



Civil and Project Journal
<http://www.cpjournals.com/>

Research Article

Evaluation of the Application of Building Information Modeling (BIM) and Internet of Things (IoT) Approaches in Improving Construction Project Safety

MohammadHossein Moradijou^{1*}, MohammadTaghi Nazarpour²

1*- M.Sc. in Project and Construction Management, Faculty of Architecture and Urban Planning, Shahid Beheshti University

2- Ph.D. in Architecture, Faculty of Architecture and Urban Planning, Shahid Beheshti University

Received: 28 December 2025; Revised: 08 January 2026; Accepted: 01 February 2026; Published: 21 April 2026

Abstract

In recent years, the increasing complexity of construction projects, the expansion of technical and managerial dimensions, and the need to improve the safety level of workshops have led researchers and construction industry activists to utilize new technologies. Meanwhile, Building Information Modeling (BIM) and the Internet of Things (IoT), as two transformative technologies, provide significant opportunities to improve monitoring processes, risk management, and incident prevention. The aim of this study is to evaluate the impact of using an integrated approach of building information modeling and the Internet of Things on improving the safety level of construction projects. To this end, a questionnaire was designed and data was collected from experts, project managers, and contractors active in construction companies in Tehran, and data analysis was performed using the structural equation model. The results of the analysis of significant coefficients show that the main hypothesis of the research is confirmed; that is, the evaluation of building information through the Internet of Things has a positive and significant effect on improving the safety of construction projects. The path of building information evaluation → Internet of Things with a factor loading of 0.825 and a t-statistic of 42.969 and the path of Internet of Things → Project Safety with a factor loading of 0.322 and a t-statistic of 8.947 were reported to be significant. All variables in the model have factor loadings above 0.30, indicating a good fit of the model. Also, based on the Sobel test (8.761), the mediating role of the Internet of Things was confirmed, and it was determined that this technology significantly enhances the effect of building information evaluation on project safety. Finally, by providing empirical evidence, this research has contributed to the enrichment of safety literature in the construction industry and can be a valuable guide for project managers, policymakers, and designers of intelligent systems in implementing new technologies in project safety management.

Keywords: Building information assessment, Construction projects, Safety.

Cite this article as Moradijou,M and Nazarpour,M . (2026). Evaluation of the Application of Building Information Modeling (BIM) and Internet of Things (IoT) Approaches in Improving Construction Project Safety. (e239395). Civil and Project, 8(2), e239395 doi:<https://doi.org/10.22034/cpj.2026.572451.1426>

ISSN: 2676-511X / Copyright: © 2026 by the authors.

Open Access: This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. If material is not included in the article's Creative Commons licence and your intended use is not permitted by statutory regulation or exceeds the permitted use, you will need to obtain permission directly from the copyright holder. To view a copy of this licence, visit <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Journal's Note: CPJ remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

*Corresponding author E-mail address: m.moradijou@mail.sbu.ac.ir



نشریه عمران و پروژه
<http://www.cpjournals.com/>

ارزیابی به کار گیری رویکرد مدلسازی اطلاعات ساختمان (BIM) و اینترنت اشیا (IoT) در ارتقای سطح ایمنی پروژه های ساخت محمدحسین مرادی جو^{۱*}، محمد تقی نظرپور^۲

* ۱- کارشناسی ارشد مدیریت پروژه و ساخت، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
۲- دکتری معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۰۷ دی ۱۴۰۴؛ تاریخ بازنگری: ۱۸ دی ۱۴۰۴؛ تاریخ پذیرش: ۱۲ بهمن ۱۴۰۴؛ تاریخ انتشار آنلاین: ۰۱ اردیبهشت ۱۴۰۵

چکیده

در سال های اخیر، افزایش پیچیدگی پروژه های ساخت، گسترش ابعاد فنی و مدیریتی و ضرورت ارتقای سطح ایمنی کارگاه ها، پژوهشگران و فعالان صنعت ساخت را به سمت بهره گیری از فناوری های نوین سوق داده است. در این میان، مدلسازی اطلاعات ساختمان (BIM) و اینترنت اشیا (IoT) به عنوان دو فناوری تحول آفرین، فرصت های قابل توجهی برای بهبود فرایندهای نظارت، مدیریت ریسک و پیشگیری از حوادث فراهم می آورند. هدف پژوهش حاضر، ارزیابی تأثیر به کارگیری رویکرد یکپارچه مدلسازی اطلاعات ساختمان و اینترنت اشیا بر ارتقای سطح ایمنی پروژه های عمرانی است. بدین منظور، با طراحی پرسشنامه و گردآوری داده ها از کارشناسان، مدیران پروژه و پیمانکاران فعال در شرکت های عمرانی شهر تهران، تحلیل داده ها با استفاده از روش معادلات ساختاری انجام گرفت. نتایج تحلیل ضرایب معناداری نشان می دهد که فرضیه اصلی پژوهش تأیید می شود؛ بدین معنا که ارزیابی اطلاعات ساختمان از طریق اینترنت اشیا تأثیر مثبت و معناداری بر ارتقای ایمنی پروژه های ساخت و ساز دارد. مسیر ارزیابی اطلاعات ساختمان → اینترنت اشیا با بار عاملی ۰,۸۲۵ و آماره t برابر با ۴۲,۹۶۹ و مسیر اینترنت اشیا → ایمنی پروژه با بار عاملی ۰,۳۲۲ و آماره t برابر با ۸,۹۴۷ معنادار گزارش شده است. تمامی متغیرهای مدل دارای بار عاملی بالاتر از ۰,۳۰ بوده و نشان دهنده سازگاری مناسب مدل هستند. همچنین، بر اساس آزمون سوبیل (۸,۷۶۱)، نقش میانجی اینترنت اشیا تأیید شده و مشخص گردید این فناوری اثر ارزیابی اطلاعات ساختمان بر ایمنی پروژه ها را به طور معناداری تقویت می کند. در نهایت، این پژوهش با ارائه شواهد تجربی، به غنای ادبیات ایمنی در صنعت ساخت کمک کرده و می تواند راهنمایی ارزشمند برای مدیران پروژه، سیاست گذاران و طراحان سیستم های هوشمند در جهت پیاده سازی فناوری های نوین در مدیریت ایمنی پروژه ها باشد.

کلمات کلیدی: ایمنی، ارزیابی اطلاعات ساختمان، پروژه های ساخت.

۱- مقدمه

در دهه‌های اخیر، تحول دیجیتال به‌ویژه از طریق به‌کارگیری فناوری‌هایی نظیر مدل‌سازی اطلاعات ساختمان و اینترنت اشیاء، افق‌های تازه‌ای را برای ارتقای عملکرد ایمنی، کاهش ریسک و افزایش شفافیت در فرآیندهای ساخت ایجاد کرده است. با این حال، علی‌رغم ظرفیت بالای این فناوری‌ها، استفاده نظام‌مند و یکپارچه از آن‌ها در مدیریت ایمنی پروژه‌های ساختمانی همچنان با چالش‌های جدی مواجه است (Akhavian et al., 2025). مدل‌سازی اطلاعات ساختمان به‌عنوان یک رویکرد دیجیتال یکپارچه، فراتر از یک مدل سه‌بعدی صرف بوده و شامل تولید و مدیریت داده‌های فیزیکی و عملکردی پروژه در طول چرخه عمر ساخت‌وساز است. این رویکرد امکان شناسایی زود هنگام مخاطرات ایمنی، شبیه‌سازی سناریوهای پرخطر و بهبود هماهنگی میان ذی‌نفعان پروژه را فراهم می‌سازد. از سوی دیگر، اینترنت اشیاء به شبکه‌ای از اشیای فیزیکی مجهز به حسگرها، نرم‌افزارها و فناوری‌های ارتباطی اطلاق می‌شود که قادرند داده‌ها را به‌صورت بلادرنگ جمع‌آوری، تبادل و تحلیل کنند. ترکیب BIM و IoT زمینه‌پایش لحظه‌ای شرایط کارگاهی، ردیابی نیروی انسانی و تجهیزات، و ارسال هشدارهای پیشگیرانه در مواجهه با خطرات بالقوه را فراهم می‌آورد و نقش مهمی در گذار از مدیریت واکنشی ایمنی به مدیریت پیشگیرانه ایفا می‌کند (Abioye et al., 2021). مطالعات پیشین نشان می‌دهند که ادغام فناوری‌های دیجیتال مبتنی بر هوش مصنوعی و اینترنت اشیاء در صنعت ساخت‌وساز می‌تواند منجر به کاهش حوادث، بهبود بهره‌وری نیروی کار و کاهش هزینه‌های ناشی از توقف پروژه شود (Ekanayake et al., 2021). با این وجود، شواهد حاکی از آن است که نرخ پذیرش این فناوری‌ها در صنعت ساخت‌وساز، در مقایسه با سایر صنایع، نسبتاً پایین باقی مانده است. در پاسخ به این چالش، برخی کشورها سیاست‌ها و برنامه‌های راهبردی مشخصی را برای ترویج ساخت‌وساز هوشمند تدوین کرده‌اند؛ از جمله بریتانیا با سرمایه‌گذاری هدفمند در توسعه کاربردهای هوش مصنوعی در پروژه‌های ساختمانی (Gao et al., 2018)، کره جنوبی با اجرای نقشه راه ساخت‌وساز هوشمند (Ibrahim et al., 2022) و سنگاپور با تدوین نقشه تحول صنعت ساخت‌وساز با تمرکز بر کاهش حوادث ایمنی و ارتقای بهره‌وری (Zairul & Zaremohzzabieh, 2023).

در ایران، وضعیت ایمنی پروژه‌های ساختمانی با چالش‌های ساختاری و نهادی متعددی همراه است. ضعف فرهنگ ایمنی، نبود آموزش‌های نظام‌مند، عدم الزام مؤثر به استفاده از مجریان ذی‌صلاح و ناآگاهی بخشی از کارفرمایان نسبت به مسئولیت‌های قانونی خود، از جمله عواملی هستند که به افزایش ریسک حوادث در کارگاه‌های ساختمانی منجر شده‌اند. این شرایط نشان می‌دهد که اتکا به روش‌های سنتی نظارت و کنترل ایمنی، پاسخگوی پیچیدگی‌ها و مخاطرات پروژه‌های امروزی نیست و نیاز به بهره‌گیری از راهکارهای فناورانه و داده‌محور بیش از پیش احساس می‌شود. با وجود پژوهش‌های متعدد در زمینه کاربرد BIM یا IoT به‌صورت مستقل در صنعت ساخت‌وساز، بررسی‌های جامعی که به ارزیابی هم‌زمان و یکپارچه این دو رویکرد در ارتقای ایمنی پروژه‌های ساختمانی، به‌ویژه در بستر کشورهای در حال توسعه و مشخصاً ایران بپردازد، محدود است. این خلأ پژوهشی موجب شده است که تصمیم‌گیران و مدیران پروژه از شواهد علمی کافی برای انتخاب و پیاده‌سازی مؤثر این فناوری‌ها در حوزه ایمنی برخوردار نباشند. بر این اساس، هدف اصلی پژوهش حاضر، ارزیابی میزان و چگونگی تأثیر به‌کارگیری هم‌زمان رویکرد مدل‌سازی اطلاعات ساختمان و فناوری اینترنت اشیاء بر ارتقای سطح ایمنی پروژه‌های ساخت‌وساز در ایران و ارائه چارچوبی تحلیلی برای بهبود مدیریت ریسک و توسعه فرهنگ ایمنی در این صنعت است.

۲- ادبیات نظری

۲-۱- مدل‌سازی اطلاعات ساختمان و اینترنت اشیاء

همان‌گونه که فناوری‌های هوش مصنوعی به‌تدریج تکامل یافته و به سطوح بالاتری از بلوغ می‌رسند، چشم‌اندازهای نوینی برای دگرگونی اساسی در مواجهه با چالش‌های پیچیده صنعت ساخت‌وساز فراهم می‌آورند (Mohamed & Mohamad, 2021). مدیریت اطلاعات ساختمان با افزایش کارایی، ارتقای ایمنی و بهبود فرآیندهای مدیریت پروژه، ظرفیت‌های قابل توجهی در تحول این صنعت دارد. یکی از مهم‌ترین کاربردها، تجزیه و تحلیل پیش‌بینی‌کننده است که با بهره‌گیری از داده‌های تاریخی و الگوریتم‌های هوش مصنوعی، امکان پیش‌بینی تأخیرهای احتمالی پروژه، کمبود مواد و افزایش هزینه‌ها را فراهم می‌سازد (Oluleye et al., 2023). علاوه بر این، به‌کارگیری تجهیزات هوشمند و خودران مانند بولدوزرها و بیل‌های مکانیکی،

فرآیندهای حفاری را ساده‌تر کرده و هزینه‌های نیروی کار را به میزان قابل توجهی کاهش می‌دهد. همچنین، سیستم‌های بینایی کامپیوتری امکان نظارت لحظه‌ای بر سایت‌های ساخت‌وساز را فراهم کرده و با شناسایی خطرات بالقوه و تضمین رعایت پروتکل‌های ایمنی، نقش مهمی در ارتقای ایمنی ایفا می‌کنند. در کنار این موارد، فناوری پردازش زبان طبیعی و چت‌بات‌های هوشمند نیز ارتباطات میان ذی‌نفعان پروژه را تسهیل کرده و با کاهش سوء تفاهم‌ها و تأخیرها، بستر مناسبی برای همکاری مؤثرتر فراهم می‌آورند (Shanti et al., 2021).

در سال‌های اخیر، صنعت ساخت‌وساز با چالش‌های متعددی در زمینه ایمنی، بهره‌وری و مدیریت پروژه مواجه بوده است. با این حال، ادغام فناوری‌های نوین مانند مدل‌سازی اطلاعات ساختمان و اینترنت اشیاء به عنوان راه‌حل‌های نوآورانه، پتانسیل قابل توجهی در ارتقای ایمنی و کارایی پروژه‌های ساختمانی فراهم کرده است. مطالعات اخیر نشان می‌دهند که استفاده از این فناوری‌ها می‌تواند منجر به کاهش حوادث کاری، بهبود نظارت در زمان واقعی و بهینه‌سازی فرآیندهای ساخت‌وساز شود (Sharma, 2025). با این حال، با وجود پتانسیل‌های فراوان، چالش‌هایی در زمینه پذیرش و پیاده‌سازی این فناوری‌ها در پروژه‌های ساختمانی وجود دارد. برخی از این چالش‌ها شامل کمبود آموزش‌های تخصصی، مقاومت در برابر تغییرات فناوری، هزینه‌های اولیه بالا و نیاز به زیرساخت‌های مناسب هستند. علاوه بر این، فقدان چارچوب‌های استاندارد و یکپارچه‌سازی میان سیستم‌ها می‌تواند مانعی برای بهره‌برداری کامل از این فناوری‌ها باشد (Kim et al., 2025).

۲-۲- ارتقای سطح ایمنی پروژه‌های ساخت

رعایت استانداردهای ایمنی، آموزش کارکنان و استفاده از تجهیزات حفاظتی نقش مهمی در کاهش حوادث ساختمانی دارد. این پژوهش با تمرکز بر به‌کارگیری اینترنت اشیاء در چارچوب مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM)، به بررسی نقش آن در ارتقای ایمنی تاسیسات در مرحله ساخت و اجرا می‌پردازد. هدف، بهینه‌سازی فرآیند طراحی و تصمیم‌گیری هوشمند برای کاهش هزینه‌ها و افزایش کارایی پروژه است. نتایج طراحی و ساخت می‌تواند مبنایی برای تصمیم‌های سرمایه‌گذاری و مدیریت ریسک پروژه‌ها باشد. از منظر مهندسی سیستم، ملاحظات ایمنی با رویکرد علمی و مدیریتی، به شناسایی خطرات و اجرای اقدامات پیشگیرانه کمک می‌کند. با توجه به مسئولیت قانونی کارفرما در تأمین ایمنی و محیط کار، استفاده از فناوری‌های نوینی مانند اینترنت اشیاء و BIM می‌تواند نقش مؤثری در بهبود عملکرد و کاهش ریسک پروژه‌های ساختمانی داشته باشد (Shanti et al., 2021). همانطور که در ادبیات تحقیق نشان داده شده است، مدل پذیرش اطلاعات ساختمان^۱ بر این فرض استوار است که سودمندی درک‌شده و سهولت استفاده درک‌شده، دو عامل کلیدی در شکل‌گیری قصد رفتاری و در نهایت استفاده واقعی از فناوری محسوب می‌شوند (Na et al., 2023). در این میان، سودمندی درک‌شده به میزان تأثیر فناوری بر بهبود عملکرد فرد و افزایش کارایی در فرآیندهای کاری اشاره دارد، در حالی که سهولت استفاده درک‌شده، میزان تلاش فیزیکی یا ذهنی موردنیاز برای کار با فناوری را منعکس می‌کند (Pan, Y., & Zhang, 2023). این بدان معناست که فناوری‌های نوین مانند مدل‌سازی اطلاعات ساختمان و اینترنت اشیاء تنها زمانی با استقبال کاربران مواجه می‌شوند که هم مفید و اثربخش به نظر برسند و هم استفاده از آن‌ها ساده و بدون پیچیدگی باشد. این چارچوب نظری مبنایی برای درک نحوه پذیرش فناوری در پروژه‌های ساختمانی فراهم می‌آورد، به گونه‌ای که نگرش مثبت به کاربری فناوری و قصد استفاده از آن، مستقیماً به انتخاب واقعی و پیاده‌سازی موفق منجر می‌شود. همان‌طور که تحقیقات پیشین نشان داده‌اند، مدل مذکور قابلیت انطباق و توسعه بالایی دارد و پژوهشگران متعددی آن را با افزودن متغیرهای خارجی همچون هنجارهای ذهنی، تأثیرات اجتماعی، کیفیت نتایج و روابط کاری گسترش داده‌اند (Dou et al., 2017). این انعطاف‌پذیری، به‌ویژه در حوزه ساخت‌وساز، اهمیت بسزایی دارد زیرا پذیرش فناوری نه تنها تحت تأثیر ویژگی‌های فردی کاربران بلکه تحت تأثیر عوامل محیطی، سازمانی و اجتماعی نیز قرار می‌گیرد. از این منظر، پژوهش‌های جدید در خصوص کاربرد مدل‌سازی اطلاعات ساختمان و اینترنت اشیاء نشان می‌دهند که این دو فناوری می‌توانند به‌عنوان مکمل یکدیگر عمل کنند؛ به طوری که مدل‌سازی اطلاعات ساختمان نقش اصلی در مدیریت داده‌ها و تجسم اطلاعات پروژه ایفا کرده و اینترنت اشیاء بستر لازم برای جمع‌آوری و پایش داده‌های بلادرنگ را فراهم می‌آورد. این هم‌افزایی، با ارتقای کیفیت تصمیم‌گیری و افزایش ایمنی پروژه‌ها، اثربخشی مدل پذیرش فناوری را در صنعت ساخت‌وساز تقویت می‌کند (Alazab

¹ BIM Acceptance Model

(et al., 2021). در نتیجه، مرور ادبیات تحقیق نشان می‌دهد که استفاده از این مدل نه تنها به درک بهتر رفتار کاربران در پذیرش فناوری کمک می‌کند بلکه چارچوبی کاربردی برای تحلیل تأثیر متغیرهای نوین در پروژه‌های ساختمانی فراهم می‌سازد:

۲-۳- پیشینه مطالعاتی

مطالعات پیشین نشان می‌دهد مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) و اینترنت اشیا (IoT) نقش مهمی در بهبود ایمنی، بهره‌وری و مدیریت پروژه‌های عمرانی دارند. در پژوهش خیرالهی‌پور (۱۴۰۴)، به کارگیری BIM موجب افزایش رضایت و انگیزش کارکنان عمرانی و ارتقای دانش فناوری در شهرداری شد، هرچند موانعی مانند کمبود نیروی متخصص و ضعف زیرساخت‌ها نیز شناسایی گردید. محمدی‌نسب (۱۴۰۴) بر لزوم توسعه چارچوب پذیرش BIM، ادغام فناوری‌های نوین و ایجاد پلتفرم‌های همکاری تأکید کرد. صادقی و همکاران (۱۴۰۳) در مرور نظام‌مند خود، مزایا، چالش‌ها و ابزارهای تسهیل‌کننده ادغام BIM و ساخت ناب را تبیین نمودند. طاهری و اربابی (۱۴۰۲) دریافتند BIM می‌تواند در کاهش تعارضات و دعاوی پروژه‌های احداث، به‌ویژه ناشی از خطاهای طراحی و نقشه‌ها، مؤثر باشد. عباسی و قاضی‌مرادی (۱۴۰۲) کاربرد اینترنت اشیا را با تمرکز بر نظریه پذیرش فناوری بررسی کردند و عوامل مؤثر بر نیت استفاده از IoT را شناسایی نمودند. در پژوهش یآوری (۱۴۰۲)، عوامل مدیریتی مانند آگاهی ایمنی و مسئولیت‌پذیری مدیران در ارتقای ایمنی پروژه‌های بلندمرتبه با استفاده از BIM مؤثر شناخته شدند. زمرد و همکاران (۱۳۹۹) نشان دادند IoT از طریق عوامل فنی، سازمانی و روانی می‌تواند رفتار ایمن‌تری در کارگران ایجاد کند. امیری و شعفی (۱۳۹۹) نیز مدل ارتقای سطح ایمنی در سازمان‌های پروژه‌محور را معرفی کرده و بر نقش جو ایمنی مثبت تأکید نمودند. تاجفر و همکاران (۱۳۹۶) دریافتند درک سودمندی و سادگی استفاده، پذیرش فناوری‌های IoT را در ساختمان‌های هوشمند افزایش می‌دهد.

منزور و همکاران^۱ (۲۰۲۵) پژوهشی با عنوان «انقلابی در ایمنی ساخت و ساز: پرده برداری از پتانسیل دیجیتال مدل سازی اطلاعات ساختمان» انجام دادند. نتایج نشان داد ادغام مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در پروتکل‌های ایمنی ساخت و ساز پتانسیل قابل توجهی برای کاهش خطرات و بهبود مدیریت ایمنی در طول چرخه عمر دارایی ارائه می‌دهد (Manzoor et al., 2025). لیو^۲ (۲۰۲۵) پژوهشی با عنوان «ساخت پلتفرم هوشمند ایمنی سایت مبتنی بر فناوری BIM+ IoT» انجام داد. در این راستا، با توجه به الزامات واقعی پروژه، بر اساس فناوری مدل‌سازی اطلاعات ساختمان و فناوری اینترنت اشیا، این مقاله مجموعه‌ای از طرح‌های ساخت‌وساز پلتفرم مدیریت ایمنی هوشمند سایت را برای تحقق نظارت بلادرنگ و مدیریت هوشمند کل سایت ارائه می‌دهد (Liu, 2025). خان و همکاران^۳ (۲۰۲۴) پژوهشی با عنوان «اینترنت اشیا برای ایمنی و کارایی در عملیات ساخت و ساز» انجام دادند. یافته‌ها، حوزه‌های تمرکز ضروری را برجسته کرده و بینش‌های عملی برای ذینفعان ساخت‌وساز در مورد استراتژی‌های بهره‌برداری مؤثر از قابلیت‌های اینترنت اشیا ارائه می‌دهند (Khan et al., 2024). سالزانو و همکاران^۴ (۲۰۲۴) پژوهشی با عنوان ایمنی و کارایی ساخت و ساز: ادغام مدل‌سازی اطلاعات ساختمان در مدیریت ریسک و اجرای پروژه انجام دادند. نتایج نشان داد تجزیه و تحلیل مقایسه‌ای با روش‌های سنتی برتری مدل‌سازی اطلاعات ساختمان را در کاهش ریسک، نتایج ایمنی و کارایی پروژه تأیید می‌کند (Salzano et al., 2024). در مطالعات خارجی نیز، سجیری و همکاران^۵ (۲۰۲۴) پژوهشی با عنوان افزایش سطح ایمنی در سایت ساخت و ساز با استفاده از اینترنت اشیا انجام دادند. نتایج نشان داد استقرار اینترنت اشیا باعث کاهش تلفات، جراحات و تصادفات در ساخت‌وساز، بهبود انطباق و بهره‌وری شود. مزایای دولتی نیز شامل حمایت از کارگران، رعایت مقررات و منافع مالی است (Sajri et al., 2024). شیوتس و هناک^۶ (۲۰۲۳) پژوهشی با عنوان استفاده از اینترنت اشیا در صنعت ساخت و ساز و مدیریت تسهیلات: مرور نمونه‌های کاربردی انجام دادند. نتایج تحلیل نشان می‌دهند که اینترنت اشیا با توجه به پیچیدگی پروژه‌های ساخت و ساز و همچنین عمر مفید طولانی مدت تاسیسات می‌تواند پتانسیل کاربردی گسترده و متنوعی

¹ Manzoor et al.

² Liu

³ Khan et al.

⁴ Salzano et al.

⁵ Sajri et al.

⁶ Shvets & Hanák

داشته باشد (Shvets & Hanák, 2023). گائو و همکاران^۱ (۲۰۲۳) پژوهشی با عنوان تحقیق در مورد طراحی پایدار شهرهای هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا و اکوسیستم ها انجام دادند. ابتدا، این مطالعه شش عنصر (انسان، محیط، جامعه، اقتصاد و فرهنگ) و چهار بعد (فضا، منابع، مدیریت و پلت فرم) را که یک سیستم طراحی پایدار برای شهرهای هوشمند را تشکیل می دهند، تجزیه و تحلیل می کند و یک مدل سیستمی بر اساس این تحلیل ایجاد می کند (Gao et al, 2023). طباطبائی و همکاران^۲ (۲۰۲۲) پژوهشی با عنوان بررسی موانع به کارگیری فناوری های مبتنی بر اینترنت اشیا در مدیریت ایمنی سایت های ساختمانی انجام دادند. یافته ها نشان داد که موانع مربوط به «کاهش بهره وری ناشی از سنسورهای پوشیدنی»، «نیاز به آموزش فنی» و «نیاز به نظارت مستمر» مهم ترین و «محدودیت های سخت افزاری و نرم افزاری و عدم استانداردسازی در تلاش ها،» نیاز به نور مناسب برای عملکرد روان» و «خطرات ایمنی» کم اهمیت ترین موانع بودند (Tabatabaee et al., 2022). شفیق و افضل^۳ (۲۰۲۱) پژوهشی با عنوان بهبود ایمنی محل کار ساخت و ساز با مدل های اطلاعات ساختمان: فرصت ها و موانع انجام دادند. یافته ها نشان می دهد که اگرچه مصاحبه شوندگان پتانسیل مدل سازی اطلاعات ساختمان برای بهبود ایمنی را تصدیق می کنند، ولی شرکت ها در حال حاضر از آن به طور قابل توجهی برای این منظور استفاده نمی کنند (Shafiq & Afzal, 2021). اولوگبویوگا و وینداپو^۴ (۲۰۱۹) پژوهشی با عنوان مدل سازی اطلاعات ساختمان - ایمنی ساخت و ساز فعال و مدل بلوغ: رویکرد گراندد ثئوری انجام دادند. این مدل نشان می دهد که چگونه ابعاد ایمنی ساخت و ساز، سطوح بلوغ ایمنی را در میان کارگران ساختمانی که توسط فناوری های مدل سازی اطلاعات ساختمان فعال می شود، تغییر می دهد (Olugboyega & Windapo, 2019). برسیانی و همکاران^۵ (۲۰۱۸) پژوهشی با عنوان مدیریت دوسوختگی سازمانی از طریق اتحادها در زمینه جدیدی از تحلیل: پروژه های شهر هوشمند اینترنت اشیا انجام دادند. نتایج نشان داد قابلیت های KM دوسوختگی اتحاد را به طور غیرمستقیم از طریق قابلیت های ICT شرکت ها افزایش می دهد، و پیشنهاد می کند که مدیران MNE باید ابزارهای KM را طراحی کنند و مهارت های جدید ICT را توسعه دهند (Bresciani et al., 2018). بر این اساس با توجه به ادبیات موجود و پیشینه صورت گرفته در این حوزه در نهایت محقق متغیرها و مدل را به صورت زیر تعریف نمود:

متغیرهای وابسته: ارتقای سطح ایمنی پروژه

متغیر مستقل: ارزیابی اطلاعات ساختمان

متغیرهای میانجی: اینترنت اشیا در پروژه های ساخت و ساز؟

- سودمندی ادارک شده،
- سهولت ادارک شده،
- نفوذ اجتماعی،
- اعتماد،
- درک خوشایندی،
- کنترل رفتاری،
- پذیرش فناوری،

فرضیات تحقیق بر اساس مدل مفهومی ارائه شده به صورت زیر تعریف می گردند:

فرضیه اصلی: ارزیابی اطلاعات ساختمان از طریق اینترنت اشیا تاثیر معنادار و مثبتی ارتقای سطح ایمنی پروژه های ساخت و ساز دارد.

فرضیات فرعی:

- ارزیابی اطلاعات ساختمان تاثیر معنادار و مثبتی بر ارتقای سطح ایمنی پروژه دارد.

¹ Gao et al.

² Tabatabaee et al.

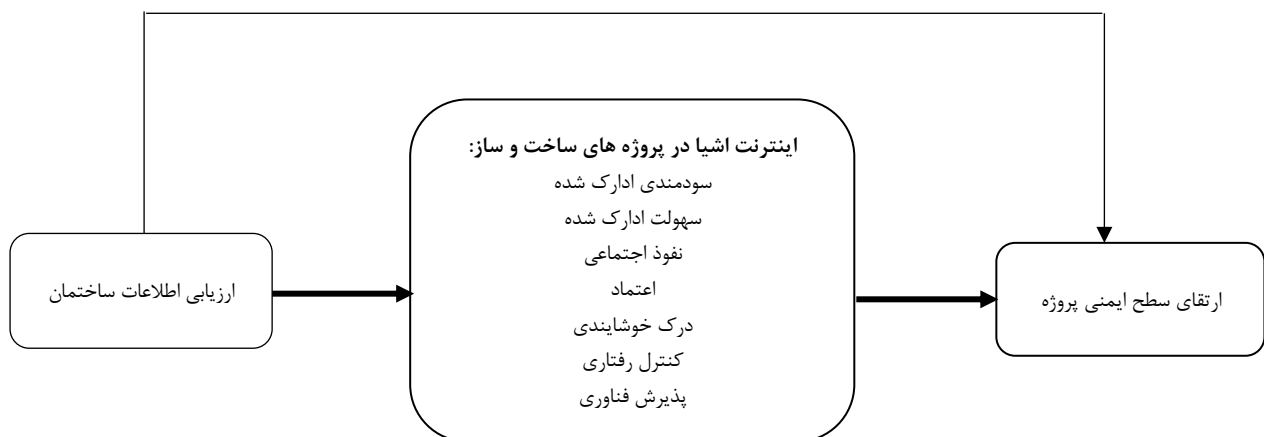
³ Shafiq & Afzal

⁴ Olugboyega & Windapo

⁵ Bresciani et al.

⁶ Internet of Things (IoT) projects

- ارزیابی اطلاعات ساختمان تاثیر معنادار و مثبتی بر اینترنت اشیا در پروژه های ساخت و ساز دارد.
- اینترنت اشیا در پروژه های ساخت و ساز تاثیر معنادار و مثبتی بر ارتقای سطح ایمنی پروژه دارد.
- ارزیابی اطلاعات ساختمان از طریق سودمندی ادارک شده اینترنت اشیا تاثیر معنادار و مثبتی بر ارتقای سطح ایمنی پروژه دارد.
- ارزیابی اطلاعات ساختمان از طریق سهولت ادارک شده اینترنت اشیا تاثیر معنادار و مثبتی بر ارتقای سطح ایمنی پروژه دارد.
- ارزیابی اطلاعات ساختمان از طریق نفوذ اجتماعی اینترنت اشیا تاثیر معنادار و مثبتی بر ارتقای سطح ایمنی پروژه دارد.
- ارزیابی اطلاعات ساختمان از طریق اعتماد اینترنت اشیا تاثیر معنادار و مثبتی بر ارتقای سطح ایمنی پروژه دارد.
- ارزیابی اطلاعات ساختمان از طریق درک خوشایندی اینترنت اشیا تاثیر معنادار و مثبتی بر ارتقای سطح ایمنی پروژه دارد.
- ارزیابی اطلاعات ساختمان از طریق کنترل رفتاری اینترنت اشیا تاثیر معنادار و مثبتی بر ارتقای سطح ایمنی پروژه دارد.
- ارزیابی اطلاعات ساختمان از طریق پذیرش فناوری اینترنت اشیا تاثیر معنادار و مثبتی بر ارتقای سطح ایمنی پروژه دارد.



شکل ۱: مدل مفهومی پژوهش برگرفته از مطالعات برسیانی و همکاران (۲۰۱۸)، شیوتس و هنانک^۱ (۲۰۲۳)، منزور و همکاران^۲ (۲۰۲۲)، گائو و همکاران^۳ (۲۰۲۳)، طباطبائی و همکاران^۴ (۲۰۲۲)

۳- روش اجرای تحقیق

این تحقیق با هدف بررسی و ارزیابی تأثیر مدلسازی اطلاعات ساختمان و فناوری اینترنت اشیا بر ارتقای ایمنی پروژه های ساختمانی انجام شده و در نتیجه، می توان آن را به عنوان یک پژوهش کاربردی دسته بندی کرد. از نظر روش شناسی، این پژوهش توصیفی از نوع همبستگی و مبتنی بر معادلات ساختاری است و در چارچوب مطالعات موردی قرار می گیرد. علاوه بر این، پژوهش حاضر از نوع کمی نیز محسوب می شود. جامعه آماری تحقیق شامل تمامی کارشناسان و پیمانکاران فعال در شرکت های عمرانی شهر تهران است که به عنوان افراد متخصص در نظر گرفته شدند. با توجه به نامحدود بودن جامعه آماری و عدم امکان برآورد دقیق تعداد اعضا، نمونه گیری بر اساس فرمول کوکران برای جامعه نامحدود انجام شد و تعداد ۳۸۴ نفر به عنوان نمونه تعیین گردید. اطلاعات مربوط به مبانی نظری و تئوریک پژوهش از طریق مطالعه کتابخانه ای و بررسی کتب و

¹ Shvets & Hanák

² Manzoor et al.

³ Gao et al.

⁴ Tabatabaee et al.

مقالات به زبان‌های فارسی و انگلیسی گردآوری شد. همچنین، داده‌های میدانی از طریق توزیع پرسشنامه استاندارد میان مدیران پروژه جمع‌آوری گردید. پرسشنامه‌ها بر اساس مقالات پیشین طراحی و استانداردسازی شده بودند. برای تحلیل داده‌ها، از روش معادلات ساختاری استفاده شد. تحلیل‌ها شامل دو بخش توصیفی و استنباطی بود: در بخش توصیفی، شاخص‌هایی مانند درصد، میانگین و انحراف معیار محاسبه گردید؛ و در بخش استنباطی، تحلیل عاملی تأییدی و مدل‌سازی معادلات ساختاری با استفاده از نرم‌افزار Smart PLS انجام گرفت. این روش امکان بررسی روابط میان متغیرها و تأیید مدل مفهومی پژوهش را فراهم می‌سازد.

۴- تجزیه و تحلیل داده‌ها

۴-۱- اطلاعات جمعیت شناختی

بر اساس اطلاعات به دست آمده از پرسشنامه، از مجموع ۳۸۴ کارشناس و پیمانکار، ۲۳۱ نفر مرد و ۱۵۳ نفر زن بودند. به این ترتیب، مردان با ۶۰٫۲ درصد، بیشترین سهم را در پاسخ‌دهندگان دارند. در خصوص سن، ۱۶۱ نفر از پاسخ‌دهندگان در گروه سنی ۳۵ تا ۴۵ سال قرار دارند که بیشترین تعداد را شامل می‌شوند. همچنین، در زمینه تحصیلات، از ۳۸۴ نفر، ۱۷۱ نفر دارای مدرک فوق‌لیسانس هستند که معادل ۴۴٫۵ درصد از کل پاسخ‌دهندگان می‌باشد. علاوه بر این، ۱۷۵ نفر از پاسخ‌دهندگان دارای ۳ تا ۴ سال سابقه کاری در حوزه عمرانی هستند که به این ترتیب، ۴۵٫۶ درصد از پاسخ‌دهندگان تجربه قابل توجهی دارند.

۴-۲- تحلیل توصیفی

نتایج جدول توصیفی نشان می‌دهد که حجم نمونه برای تمامی متغیرها برابر با ۳۸۴ مورد بوده و هیچ داده گم شده‌ای وجود ندارد، بنابراین داده‌ها از کیفیت مناسبی برای تحلیل برخوردارند. مقادیر میانگین حاکی از آن است که درک خوشایندی (۴٫۰۱۸) و کنترل رفتاری (۴٫۱۷۹) بالاترین سطح رضایت یا ادراک مثبت را دارند، در حالی که سودمندی ادراک شده (۳٫۵۵) و سهولت ادراک شده (۳٫۷۷) نسبتاً پایین‌تر هستند. دامنه انحراف معیار (۰٫۶۹۱ تا ۱٫۰۲) نشان‌دهنده پراکندگی متعادل داده‌هاست. چولگی منفی و نزدیک به صفر اغلب متغیرها بیانگر توزیع نسبتاً نرمال است؛ تنها در متغیرهای «درک خوشایندی» و «کنترل رفتاری» انحراف اندکی به سمت چپ مشاهده می‌شود، اما در حد غیرمعمول نیست. همچنین، مقادیر کشیدگی نزدیک به صفر یا متوسط مثبت و منفی بوده و نشان می‌دهد توزیع متغیرها فاقد پیک شدید است. مقادیر حداقل و حداکثر در محدوده ۱ تا ۵ قرار دارند که با مقیاس لیکرت پنج‌درجه‌ای سازگار است. در مجموع، داده‌ها از پراکندگی متعادل، توزیع نرمال و کیفیت مناسب برخوردار بوده و برای تحلیل‌های آماری پیشرفته از جمله مدل‌سازی با Smart PLS کاملاً مناسب هستند.

جدول ۱: آمار توصیفی متغیرها

اینترنت اشیا	ارتقای سطح ایمنی پروژه	پذیرش فناوری	کنترل رفتاری	درک خوشایندی	اعتماد	نفوذ اجتماعی	سهولت ادراک شده	سودمندی ادراک شده	
حجم	مورد قبول	384	384	384	384	384	384	384	
نمونه	Missing	0	0	0	0	0	0	0	
میانگین		3.839	3.740	3.938	4.179	4.018	3.760	3.657	3.7708
انحراف معیار		.691	.708	.720	.898	.883	.9727	1.0204	.94715
چولگی		-.615	-.127	-.807	-1.483	-1.083	-.518	-.496	-.478
کشیدگی		.770	-1.023	.331	2.077	.110۳	-.514	-.493	-.566
حداقل		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
حداکثر		5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00

۴-۳- آزمون کلموگروف اسمیرنوف

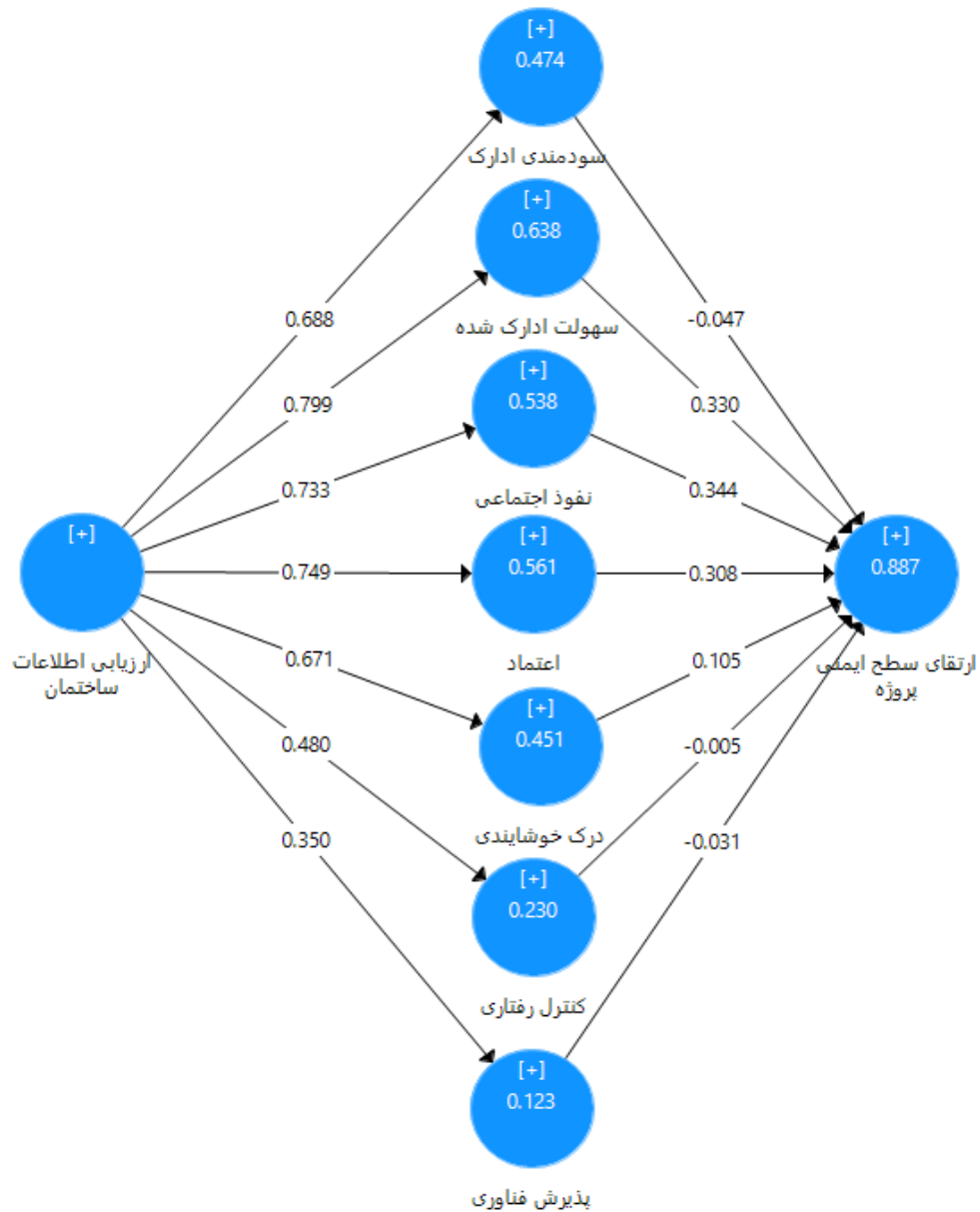
نتایج جدول نشان می‌دهد که سطح معناداری تمامی متغیرها کمتر از ۰,۰۵ است، که با اطمینان ۹۵٪ نشان می‌دهد فرض صفر مبنی بر نرمال بودن توزیع داده‌ها رد می‌شود. با توجه به غیرنرمال بودن داده‌ها و حضور متغیر میانجی، تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار Smart PLS انجام شده است تا نتایج معتبر و قابل اعتماد برای آزمون فرضیات به دست آید.

جدول ۲: آزمون کلموگروف اسمیرنوف

اینترنت اشیا	ارتقای سطح ایمنی پروژه	پذیرش فناوری	کنترل رفتاری	درک خوشایندی	اعتماد	نفوذ اجتماعی	سهولت ادراک شده	سودمندی ادراک شده		
384	384	384	384	384	384	384	384	384	حجم نمونه	
3.83	3.74	3.93	4.17	4.018	3.76	3.65	3.77	3.55	میانگین	پارامترهای نرمال
.69	.70	.72	.89	.88	.97	1.02	.94	1.004	انحراف معیار	
.056	.097	.180	.199	.192	.152	.147	.158	.113	آماره تی	
.005	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	سطح معناداری	

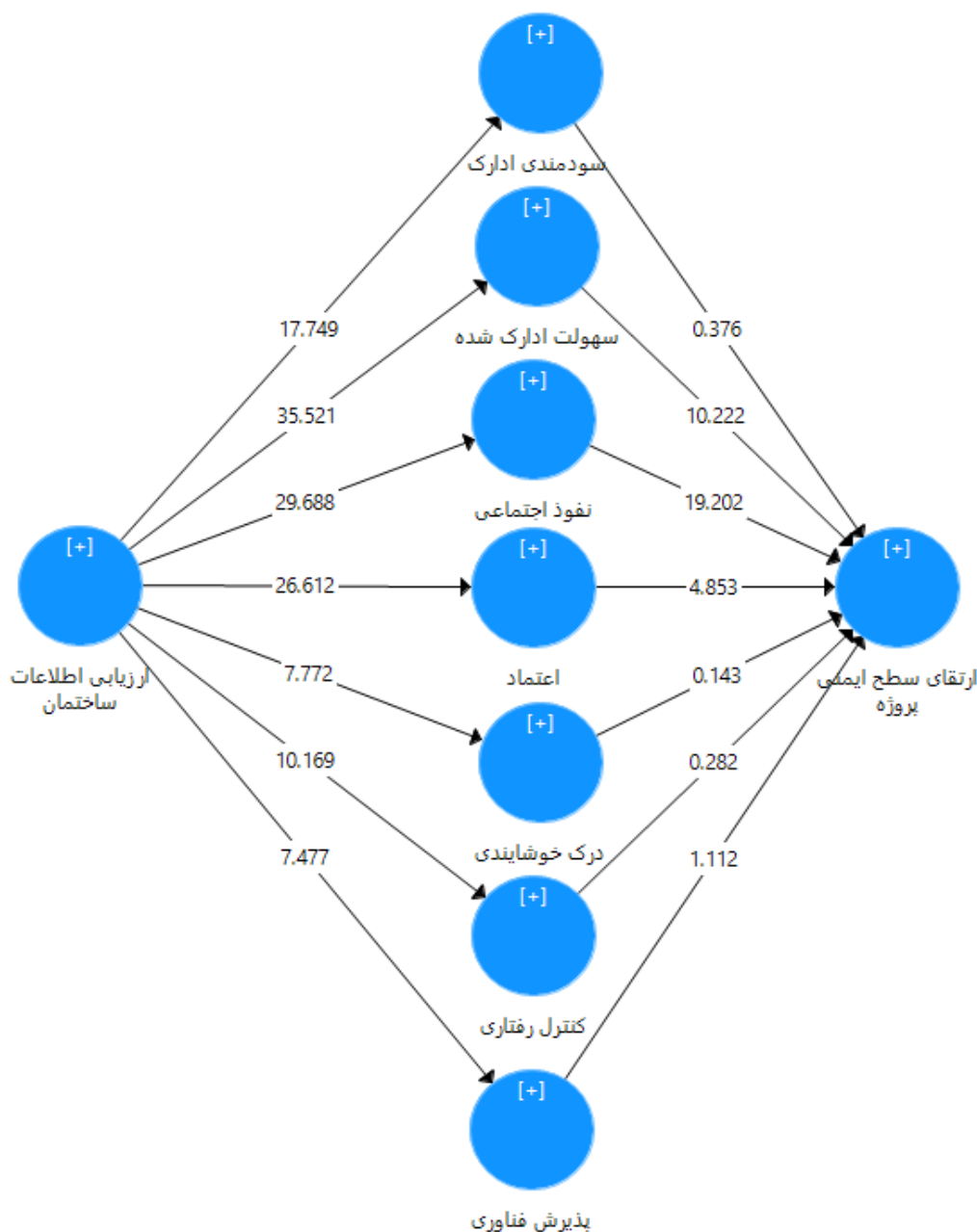
۴-۴- بررسی مدل اندازه گیری

با توجه به اینکه تصویب یا رد فرضیات بر اساس معناداری ضرایب مسیر تعیین می‌شود، برای تصمیم‌گیری، بارهای عاملی متغیرها مورد بررسی قرار گرفتند (شکل‌های ۲ و ۳). نتایج نشان داد که بارعاملی اکثر متغیرهای مدل اصلی بالاتر از ۰,۳۰ بوده و بیانگر مقادیر قابل قبول و مناسب هستند. با این حال، بارهای عاملی مسیرهای پذیرش فناوری → ارتقای ایمنی پروژه، کنترل رفتاری → ارتقای ایمنی پروژه، درک خوشایندی → ارتقای ایمنی پروژه و سودمندی ادراک شده → ارتقای ایمنی پروژه کمتر از ۰,۳۰ بوده و نشان‌دهنده اثر ضعیف این روابط است. همچنین، بر اساس آماره t مسیرهای مذکور مقادیر کمتر از ۱,۹۶ را نشان می‌دهند که این امر بیانگر رد فرضیات مربوطه است.



شکل ۲: بارعاملی مدل مربوط به فرضیات فرعی تحقیق

همان‌طور که ملاحظه می‌شود، مقدار آماره تی در روابط متغیرهای مدل که در بالا ارائه شد بالاتر از ۱/۹۶ می‌باشد که نشان از تأیید فرضیات مربوطه است. متغیرهایی که کمتر از ۱،۹۶ شده نشان‌دهنده رد فرضیات مربوطه است.



شکل ۳: آماره تی مدل مربوط به فرضیات فرعی تحقیق

۴-۵- تبیین اثرات میانجی بر اساس تست سوبل

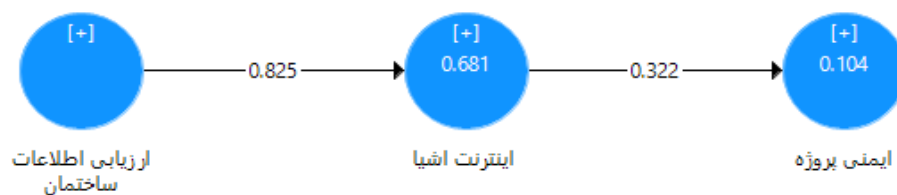
نتایج تحلیل میانجی‌گری نشان می‌دهد که مدل مجدداً در نرم‌افزار Smart PLS برآورد شده و فرضیه‌های میانجی تأیید گردیدند. مطابق شکل‌های ۴ و ۵ و جدول ۳، آزمون سوبل نشان داد که مقدار آماره Z برای برخی متغیرها بیش از ۱,۹۶ بوده و در نتیجه اثر میانجی آن‌ها معنادار است. به‌طور مشخص، متغیرهای اعتماد، سهولت ادراک شده و نفوذ اجتماعی نقش میانجی مؤثری میان ارزیابی اطلاعات ساختمان و ایمنی پروژه‌های ساخت دارند؛ به این معنا که افزایش هر یک از این عوامل، اثر مثبت ارزیابی اطلاعات ساختمان بر ایمنی پروژه را تقویت می‌کند. در مقابل، متغیرهای درک خوشایندی، سودمندی ادراک شده، پذیرش فناوری و کنترل رفتاری نقش میانجی معناداری نشان ندادند. این یافته‌ها بیانگر آن است که ایجاد اعتماد، بهبود سهولت ادراکی و بهره‌گیری از نفوذ اجتماعی می‌تواند مسیر اثرگذاری فناوری‌های نوین مانند BIM بر ارتقای ایمنی پروژه‌های ساخت را تسهیل کند، درحالی‌که سایر متغیرهای ادراکی در این زمینه نقش مؤثری ندارند.

جدول ۳: آزمون سوبل فرضیات فرعی

نتیجه	سطح معناداری	آماره تی	خطای استاندارد	بارعاملی	
تأیید فرضیه	0.000	26.612	0.028	0.747	ارزیابی اطلاعات ساختمان -> اعتماد
	0.000	4.853	0.033	0.160	اعتماد -> ایمنی پروژه
	۴,۷۷۰				آماره سوبل
رد فرضیه	0.000	7.772	0.049	0.380	ارزیابی اطلاعات ساختمان -> درک خوشایندی
	0.887	0.143	0.016	-0.002	درک خوشایندی -> ایمنی پروژه
	۰,۱۲۵				آماره سوبل
تأیید فرضیه	0.000	35.521	0.022	0.798	ارزیابی اطلاعات ساختمان -> سهولت ادارک شده
	0.000	10.222	0.033	0.340	سهولت ادارک شده -> ایمنی پروژه
	۹,۹۱۱				آماره سوبل
رد فرضیه	0.000	17.749	0.039	0.688	ارزیابی اطلاعات ساختمان -> سودمندی ادارک شده
	0.708	0.376	0.032	-0.012	سودمندی ادارک شده -> ایمنی پروژه
	۰,۳۷۵				آماره سوبل
تأیید فرضیه	0.000	29.688	0.025	0.732	ارزیابی اطلاعات ساختمان -> نفوذ اجتماعی
	0.000	19.202	0.028	0.529	نفوذ اجتماعی -> ایمنی پروژه
	۱۵,۸۷۵				آماره سوبل
رد فرضیه	0.000	7.477	0.047	0.351	ارزیابی اطلاعات ساختمان -> پذیرش فناوری
	0.269	1.112	0.027	-0.030	پذیرش فناوری -> ایمنی پروژه
	۱,۰۹۹				آماره سوبل
رد فرضیه	0.000	10.169	0.047	0.480	ارزیابی اطلاعات ساختمان -> کنترل رفتاری
	0.778	0.282	0.025	0.007	کنترل رفتاری -> ایمنی پروژه
	۰,۲۸۰				آماره سوبل

فرضیه اصلی: ارزیابی اطلاعات ساختمان از طریق اینترنت اشیا تأثیر معنادار و مثبتی بر ارتقای سطح ایمنی پروژه‌های ساخت و ساز دارد.

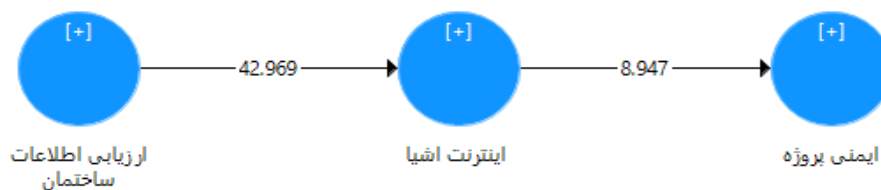
نتایج تحلیل ضرایب معناداری نشان می‌دهد که فرضیه اصلی پژوهش تأیید می‌شود؛ بدین معنا که ارزیابی اطلاعات ساختمان از طریق اینترنت اشیا تأثیر مثبت و معناداری بر ارتقای ایمنی پروژه‌های ساخت و ساز دارد. مسیر ارزیابی اطلاعات ساختمان → اینترنت اشیا با بار عاملی ۰,۸۲۵ و آماره t برابر با ۴۲,۹۶۹ ($p < ۰,۰۰۱$) و مسیر اینترنت اشیا → ایمنی پروژه با بار عاملی ۰,۳۲۲ و آماره t برابر با ۸,۹۴۷ ($p < ۰,۰۰۱$) معنادار گزارش شده است. تمامی متغیرهای مدل دارای بار عاملی بالاتر از ۰,۳۰ بوده و نشان‌دهنده سازگاری مناسب مدل هستند. همچنین، بر اساس آزمون سوبل (۸,۷۶۱)، نقش میانجی اینترنت اشیا تأیید شده و مشخص گردید این فناوری اثر ارزیابی اطلاعات ساختمان بر ایمنی پروژه‌ها را به‌طور معناداری تقویت می‌کند.



شکل ۴: نتایج بار عاملی مدل فرضیه اصلی پژوهش

عنوان چکیده بایستی مطابق سبک‌های مربوطه شامل سبک عنوان چکیده و سبک متن چکیده برای متن چکیده بایستی در یک پاراگراف تنظیم شود و حداکثر شامل ۳۰۰ کلمه باشد. چکیده باید شامل بیان مسئله، اندیشه جدید، نوآوری

مقاله، هدف و نتایج به دست آمده باشد. بدیهی است که مقالات مروری فاقد نوآوری می باشد. چکیده مقاله مروری شامل بیان مسئله، کارهای انجام شده، مزایا و معایب و مرزهای دانش و رهنمودهایی برای پژوهش های آتی می باشد.



شکل ۵: نتایج آماره تی مدل فرضیه اصلی پژوهش

جهت بررسی فرضیه میانجی مجدد مدل وارد نرم افزار شده و تخمین زده شد. همان طور که در شکل ۴ و ۵ نشان می دهد و طبق نتایج جدول ۴ فرضیه میانجی مورد تأیید قرار گرفت. نتایج آزمون سوبل نشان داد که اینترنت اشیا نقش میانجی معنادار و مثبت بین ارزیابی اطلاعات ساختمان و ایمنی پروژه های ساخت و ساز دارد. مسیر ارزیابی اطلاعات ساختمان به اینترنت اشیا با بار عاملی ۰,۸۲۵ و آماره t برابر با ۴۲,۹۶۹ ($p < 0.001$) و مسیر اینترنت اشیا به ایمنی پروژه نیز با بار عاملی ۰,۳۲۲ و آماره t برابر با ۸,۹۴۷ ($p < 0.001$) تأیید شد. آماره سوبل ۸,۷۶۱ نشان دهنده اثر میانجی قابل توجه اینترنت اشیا است. این یافته ها بیانگر آن است که ارزیابی اطلاعات ساختمان می تواند از طریق استفاده مؤثر از اینترنت اشیا، به ارتقای سطح ایمنی پروژه های ساخت و ساز کمک کند.

جدول ۴: آزمون سوبل فرضیه اصلی

نتیجه فرضیه	سطح معناداری	آماره تی	خطای استاندارد	بارعاملی	
تأیید فرضیه	0.000	42.969	0.019	0.825	ارزیابی اطلاعات ساختمان -> اینترنت اشیا
	0.000	8.947	0.036	0.322	اینترنت اشیا -> ایمنی پروژه
	۸,۷۶۱				آماره سوبل

۴-۶- بررسی مدل بر اساس معیارهای اندازه گیری

بر اساس مقادیر ارائه شده در جدول ۵، ابزار پژوهش دارای پایایی مناسب می باشد، به طوری که تمامی مقادیر آلفای کرونباخ بالاتر از ۰,۵ و تمامی مقادیر پایایی ترکیبی متغیرها بالاتر از ۰,۷ هستند. بنابراین می توان گفت ابزار مورد استفاده از نظر پایایی، معتبر است. علاوه بر این، روایی همگرایی متغیرهای پژوهش نیز برقرار است؛ زیرا تمامی مقادیر بیشتر از ۰,۵ بوده و نشان دهنده اعتبار همگرایی مناسب سازه ها می باشد.

جدول ۵: بررسی مدل بر اساس معیارهای اندازه گیری

متغیرهای تحقیق	آلفای کرونباخ	پایایی ترکیبی	روایی همگرا
ارتقای سطح ایمنی پروژه	0.924	0.906	0.593
ارزیابی اطلاعات ساختمان	0.895	0.911	0.599
اعتماد	0.746	0.855	0.664
درک خوشایندی	0.754	0.806	0.582
سهولت ادارک شده	0.775	0.855	0.596
سودمندی ادارک	0.859	0.904	0.703
نفوذ اجتماعی	0.924	0.943	0.768
پذیرش فناوری	0.780	0.779	0.529
کنترل رفتاری	0.760	0.860	0.673

۴-۷- روش فورنل و لارکر (روایی واگرا)

برای بررسی روایی واگرا، از روش فورنل و لارکر استفاده شد. نتایج نشان داد که مقدار جذر AVE متغیرهای مکنون که در قطر اصلی ماتریس قرار گرفته‌اند، بالاتر از مقادیر مربوط به همبستگی‌های بین متغیرها است. بنابراین می‌توان گفت که روایی واگرای مدل پژوهش در حد مناسبی برقرار است و متغیرها به‌طور مستقل سازه‌های خود را اندازه‌گیری می‌کنند.

جدول ۶: مقادیر همبستگی روش فورنل و لارکر

ارتقای سطح ایمنی پروژه	ارزیابی اطلاعات ساختمان	اعتماد	درک خوشایندی	سهولت ادارک شده	سودمندی ادارک	نفوذ اجتماعی	پذیرش فناوری	کنترل رفتاری
ارتقای سطح ایمنی پروژه	۷۷۰۰							
ارزیابی اطلاعات ساختمان	۰۱۷۰	۷۷۳۰						
اعتماد	۸۲۷۰	۰۷۴۹	۸۱۴۰					
درک خوشایندی	۰۶۱۶	۰۶۷۱	۰۵۵۶	۰۷۶۳				
سهولت ادارک شده	۷۲۷۰	۹۹۶۰	۹۳۶۰	۰۵۶۱	۰۷۷۲			
سودمندی ادارک	۰۷۰۵	۰۶۸۸	۰۶۶۷	۰۵۲۰	۷۷۶۰	۸۳۸۰		
نفوذ اجتماعی	۹۶۶۰	۰۷۳۳	۶۲۷۰	۰۵۵۵	۳۲۷۰	۰۷۱۲	۰۸۷۶	
پذیرش فناوری	۰۲۹۱	۰۳۵۰	۰۳۰۲	۰۳۱۷	۰۲۸۳	۰۲۵۳	۰۳۴۱	۷۲۷۰
کنترل رفتاری	۰۵۰۳	۰۴۸۰	۰۴۹۸	۰۴۸۰	۰۵۱۵	۰۴۳۹	۰۴۹۸	۰۵۱۹
								۰۸۲۱

۴-۸- معیار GOF^۱

معیار GOF در پژوهش حاضر ۰٫۶۶۶ محاسبه شد که نشان‌دهنده برازش بسیار قوی مدل می‌باشد. این مقدار تأیید می‌کند که مدل ساختاری ارائه‌شده توانایی توضیح مناسبی برای داده‌های جمع‌آوری شده دارد و با داده‌های مشاهده‌شده همخوانی بالایی دارد.

جدول ۷: مقدار معیار GOF

متغیرهای تحقیق	Communality
ارزیابی اطلاعات ساختمان	۰.۹۳۱
ایمنی پروژه	۰.۹۳۲
اعتماد	۰.۷۵۸
درک خوشایندی	۰.۷۷
سهولت ادارک شده	۰.۷۷۵
سودمندی ادارک شده	۰.۸۷
نفوذ اجتماعی	۰.۹۳۱
پذیرش فناوری	۰.۷۲۶
کنترل رفتاری	۰.۷۸۶
میانگین	۰.۸۳۱
R ²	۰.۴۸۷
GOF	۰.۶۶۶

1 Goodness of Fit

۹-۴- شاخص SRMR^۱

این شاخص یکی از شاخص‌های نیکویی برازش در مدل‌یابی معادلات ساختاری است که میانگین اختلاف بین ماتریس همبستگی مشاهده شده و ماتریس همبستگی برآورد شده مدل را نشان می‌دهد. مقدار آن بین ۰ تا ۱ است و مقادیر کمتر از ۰,۰۸ (یا در برخی منابع کمتر از ۰,۰۵) نشان‌دهنده برازش خوب مدل محسوب می‌شود. در جدول ۸ نتایج حاکی از برازش قوی مدل می‌باشد.

جدول ۸- شاخص SRMR

	مدل تخمینی	مدل اشیاء شده
SRMR	0.046	0.042
d_ULS	54.844	51.302

۴-۱۰- معیارهای ارزیابی برازش بخش ساختاری

بر اساس جدول ۹، مقادیر Q^2 تمامی متغیرهای برونزا بیش از ۰,۲۰ بوده و نشان‌دهنده برازش مناسب مدل ساختاری است. همچنین، مقادیر R^2 بیانگر قدرت پیش‌بینی مطلوب مدل است؛ به‌طوری‌که بیشترین مقدار به ارتقای سطح ایمنی پروژه (۰,۸۸۷) و کمترین مقدار به پذیرش فناوری (۰,۱۲۳) تعلق دارد. نتایج F^2 نیز نشان می‌دهد که متغیرهای «ارتقای ایمنی پروژه» و «سهولت ادراک‌شده» بیشترین تأثیر را بر متغیر وابسته دارند. در مجموع، یافته‌ها حاکی از آن است که مدل ساختاری پژوهش از برازش و توان پیش‌بینی قابل قبولی برخوردار است.

جدول ۹: مقادیر برازش مدل ساختاری

Q2	Redundancy	f Square	R Square	
0.440	08۳0.	0.885	0.887	ارتقای سطح ایمنی پروژه
0.330	48۳0.	0.560	0.561	اعتماد
0.323	۰,۳۶۹	0.449	0.451	درک خوشایندی
0.258	۰,۳۷۸	0.637	0.638	سهولت ادراک شده
0.261	92۴0.	0.472	0.474	سودمندی ادراک
0.324	15۴0.	0.536	0.538	نفوذ اجتماعی
0.267	28۳0.	0.120	0.123	پذیرش فناوری
0.333	0.272	0.228	0.230	کنترل رفتاری

۵- نتایج و بحث

یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد ترکیب مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) و اینترنت اشیاء (IoT) به‌طور معناداری موجب ارتقای ایمنی در پروژه‌های ساخت می‌شود. این رویکرد امکان پایش لحظه‌ای، شناسایی سریع ریسک‌ها و تصمیم‌گیری مبتنی بر داده را فراهم کرده و به بهبود مدیریت ریسک، کاهش خطاهای انسانی و افزایش شاخص‌های ایمنی منجر می‌گردد. همچنین، هم‌افزایی این دو فناوری موجب توسعه فرهنگ ایمنی و آگاهی ذی‌نفعان می‌شود. از نظر کاربردی، سرمایه‌گذاری در فناوری‌های هوشمند برای مدیران پروژه و سیاست‌گذاران یک ضرورت است، زیرا علاوه بر ارتقای ایمنی نیروی کار، هزینه‌های ناشی از حوادث و تأخیرات را کاهش می‌دهد. از نظر علمی نیز، این پژوهش با ارائه شواهد تجربی به ادبیات ایمنی ساخت افزوده و زمینه‌ساز توسعه مدل‌های هوشمند و ارزیابی اقتصادی فناوری‌های نوین است.

علاوه بر این، مقایسه نتایج با مطالعات پیشین نشان می‌دهد که یافته‌های پژوهش حاضر هم‌راستا با تحقیقات بین‌المللی است که بر نقش BIM و IoT در بهبود ایمنی تأکید کرده‌اند، با این تفاوت که در این تحقیق شواهد تجربی از پروژه‌های عمرانی ایران ارائه شده است. این امر نشان می‌دهد که کاربست چنین فناوری‌هایی نه‌تنها در کشورهای توسعه‌یافته بلکه در بسترهای درحال توسعه نیز می‌تواند کارآمد بوده و ارزش افزوده قابل توجهی برای ارتقای ایمنی به همراه داشته باشد. بر اساس ادبیات

¹ Standardized Root Mean Square Residual

موجود، آینده پروژه‌ها به تعامل و همکاری هم‌زمان نیروی انسانی، ماشین‌آلات و تدارکات وابسته خواهد بود. با ادغام شبکه‌سازی و هوش مصنوعی در صنعت ساخت و ساز در دوران انقلاب صنعتی چهارم، مزایای بیشتری حاصل خواهد شد (Jahanger et al., 2021). همچنین، اصطلاح «مثلث آهنی» به سه محدودیت اصلی در پروژه‌های ساخت و ساز اشاره دارد که شامل کیفیت، هزینه و زمان می‌شود. زمانی که بر روی مرحله اجرایی تمرکز می‌کنیم، متوجه می‌شویم که بسیاری از مفاهیم مرتبط با ارزیابی اطلاعات ساختمان به یک رویکرد هوشمند در جنبه‌های مختلف مربوط می‌شوند. این رویکرد شامل بررسی کلی شهرهای هوشمند، مسکن هوشمند، مدیریت جامع انرژی و مدیریت تأسیسات پیچیده، به همراه مسائل زیست‌محیطی است (Source & Issa, 2021). بر اساس آنچه در ادبیات تحقیق مطرح شده، مدل پذیرش اطلاعات ساختمان نظریه‌ای است که نشان می‌دهد سودمندی درک شده و سهولت استفاده درک شده، بر قصد رفتاری و استفاده واقعی تأثیر می‌گذارند (Bolpagni & Bartoletti, 2021). برخی از محققان، سودمندی درک شده را به عنوان میزان کمکی که یک فرد می‌تواند از طریق استفاده از یک سیستم خاص در بهبود عملکرد خود دریافت کند، تعریف می‌کنند (Sharma, 2025). در سال‌های اخیر، صنعت ساخت‌وساز با چالش‌های متعددی در زمینه ایمنی مواجهه بوده است. حوادث ناشی از سقوط، برخورد با تجهیزات، و نقص در رعایت استانداردهای ایمنی، همواره از دغدغه‌های اصلی در این حوزه بوده‌اند. با این حال، پیشرفت‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات، به‌ویژه در زمینه‌های مدل‌سازی اطلاعات ساختمان و اینترنت اشیاء، فرصت‌های جدیدی را برای بهبود شرایط ایمنی فراهم کرده است (Elrifaae & Zayed, 2025). مطالعات اخیر نشان می‌دهند که ادغام BIM و IoT می‌تواند با ارائه داده‌های زمان واقعی، شبیه‌سازی‌های مجازی، و تحلیل‌های پیش‌بینی‌کننده، به شناسایی به موقع خطرات، بهبود هماهنگی میان تیم‌های پروژه، و کاهش حوادث در محل کار کمک کند (Hire et al., 2024). به عبارت دیگر، سودمندی درک شده به ارزیابی افزایش بهره‌وری و کارایی کاربران در استفاده از فناوری جدید اشاره دارد. همچنین، سهولت استفاده درک شده به عنوان قابلیت یک کاربر برای بهره‌برداری از فناوری جدید یا فناوری اطلاعات جدید بدون مواجهه با مشکلات زیاد تعریف می‌شود (Kim et al., 2025). این بدان معناست که با استفاده از فناوری خاص، کاربران می‌توانند به راحتی و بدون نیاز به تلاش فیزیکی یا روانی خاصی از فناوری جدید بهره‌برداری کنند. همچنین نتایج این مطالعه با نتایج مطالعات طاهری و اربابی (۱۴۰۲)، عباسی و قاضی مرادی (۱۴۰۲)، یآوری، بهرام (۱۴۰۲)، زمرد و همکاران (۱۳۹۹)، امیری و شغفی (۱۳۹۹)، تاجفر و همکاران (۱۳۹۶)، سالزانو و همکاران^۱ (۲۰۲۴)، سجیری و همکاران^۲ (۲۰۲۴)، شیوتس و هناک^۳ (۲۰۲۳)، گائو و همکاران^۴ (۲۰۲۳)، طباطبائی و همکاران^۵ (۲۰۲۲)، شفیق و افضل^۶ (۲۰۲۱)، برسیانی و همکاران^۷ (۲۰۱۸) و اولوگبویوگا و وینداپو^۸ (۲۰۱۹) همراستا می‌باشد.

بر این اساس پیشنهادات کاربردی به صورت زیر ارائه می‌گردد:

- بر اساس نتایج پژوهش و تأیید فرضیات مرتبط، توصیه می‌شود که مدیران پروژه‌های ساخت‌وساز به اهمیت ارزیابی اطلاعات ساختمان در بستر اینترنت اشیا (IoT) توجه ویژه‌ای داشته باشند. پیاده‌سازی این رویکرد به مدیران کمک می‌کند تا با تغییرات سریع محیطی، از جمله کنترل ایمنی، انطباق با استانداردها و بهبود عملکرد پروژه‌ها، به‌طور مؤثرتری مواجه شوند. برای تحقق این هدف، توجه به قابلیت‌های فناوری اطلاعات، هماهنگی با روندهای نوین جامعه و رعایت سیاست‌های تجارت الکترونیکی ضروری است. در سطح اجرایی، ایجاد نوآوری از طریق تسهیل به اشتراک‌گذاری اطلاعات، یکپارچه‌سازی سیستم‌های مختلف، ارتقای ارتباطات و همکاری میان بخش‌های داخلی سازمان و همچنین همکاری فعال با شرکای تجاری پیشنهاد می‌شود. این اقدامات می‌توانند

¹ Salzano et al.

² Sajri et al.

³ Shvets & Hanák

⁴ Gao et al.

⁵ Tabatabaee et al.

⁶ Shafiq & Afzal

⁷ Bresciani et al.

⁸ Olugboye & Windapo

عملکرد سازمان را در ابعاد مالی و غیرمالی بهبود بخشند و زمینه را برای بهره‌برداری کامل از فناوری‌های نوین در پروژه‌های ساخت‌وساز فراهم کنند.

- بر اساس نتایج پژوهش و تأیید فرضیات مرتبط با اینترنت اشیا (IoT)، این فناوری شامل اتصال ماشین‌آلات، سیستم‌های حمل و نقل، تجهیزات تولید، تدارکات و مدیریت فرآیندها در کارخانه‌ها و سایر حوزه‌ها می‌باشد. با توجه به اینکه آینده تولید بر تعامل و همکاری همزمان نیروی انسانی، ماشین‌آلات، واحدهای تولیدی، تدارکات و محصولات وابسته است، پیشنهاد می‌شود شرکت‌ها با ادغام شبکه‌سازی، اینترنت اشیا و هوش مصنوعی در فرآیندهای صنعتی، به ویژه در دوران انقلاب صنعتی چهارم، از مزایای عملی بیشتری بهره‌مند شوند. از منظر اجرایی، این اقدام می‌تواند شامل پیاده‌سازی سیستم‌های هوشمند مانیتورینگ، هماهنگی فرآیندها به صورت Real-time، و ارتقای بهره‌وری و ایمنی در خطوط تولید و تدارکات باشد.
- با توجه به تأیید فرضیات مرتبط با ارزیابی اطلاعات ساختمان و اینترنت اشیا، توصیه می‌شود که مدیران پروژه‌ها به معماری فناوری اطلاعات توجه ویژه‌ای داشته باشند، زیرا پیچیدگی‌های این معماری یکی از چالش‌های اصلی پروژه‌ها محسوب می‌شود و می‌تواند عملکرد چابک سرمایه‌گذاری و اجرای پروژه‌ها را تحت تأثیر قرار دهد و شکاف‌هایی در چابکی پروژه ایجاد کند. از منظر اجرایی، تقویت معماری پروژه از طریق توسعه زیرساخت‌های فناوری مشترک، ایجاد و حفظ استانداردهای تعاملی و ارتباطی، و بهره‌گیری از پلتفرم‌های اختصاصی پیشنهاد می‌شود. این اقدامات می‌توانند کارایی زیرساخت‌های فناوری را افزایش داده، فرآیندهای تولید را بهینه کنند و از هزینه‌های اضافی جلوگیری نمایند و در نتیجه نرخ بازده دارایی‌ها و عملکرد کلی پروژه را بهبود بخشند.
- با توجه به تأیید فرضیات مرتبط با اهمیت سطح ایمنی پروژه، پیشنهاد می‌شود که مدیران به‌طور مداوم عوامل محیطی را در استراتژی‌های سازمان لحاظ کنند. تأثیر این عوامل بر سازگاری عملیات با محیط در شرکت‌های مختلف، بسته به نوع فعالیت، صنعت، موقعیت جغرافیایی و نیازهای مشتریان متفاوت است. همچنین، فشارهای مشتری ممکن است بسته به مرحله اجرای پروژه تغییر کند. از منظر اجرایی، علاوه بر توجه به عوامل سازمانی که در بسیاری از صنایع اهمیت بالایی دارند، تمرکز بر عوامل تکنولوژیک و افزایش آگاهی‌های محیطی مدیران ضروری است. ارتقای این آگاهی‌ها، که یک هدف بلندمدت است، می‌تواند به بهبود عملیات پروژه‌های ناسازگار با محیط و تسهیل توسعه پایدار کمک کند و سطح ایمنی پروژه‌ها را ارتقا دهد.
- با توجه به تأیید فرضیات مرتبط با اهمیت سطح ایمنی پروژه، می‌توان نتیجه گرفت که مدیران پروژه‌های ساخت‌وساز باید از طریق اقدامات استراتژیک در مدیریت منابع انسانی، سرمایه انسانی خود را به‌گونه‌ای هدایت کنند که به بهبود محیط پروژه در زمینه‌های کسب، اشتراک‌گذاری و استفاده از دانش منجر شود. از منظر اجرایی، پیشنهاد می‌شود که مدیران از ظرفیت‌های مدیریت دانش بهره‌برداری گسترده‌تری داشته باشند، زیرا این امر می‌تواند تفکرات خلاق و نوآورانه را تقویت کرده و در نهایت وضعیت محیطی و عملکرد سازمان را بهبود بخشد.
- به طور خلاصه، مدیران پروژه می‌توانند با ایجاد یک «سامانه یکپارچه ایمنی هوشمند» مبتنی بر BIM و IoT، کنترل لحظه‌ای کارگاه و تصمیم‌گیری ایمنی را به سطح بالاتری ارتقا دهند. در این سامانه، نقشه‌های BIM به‌عنوان مرجع اصلی ایمنی عمل کرده و نقاط پرخطر کارگاه مشخص می‌شوند، در حالی که سنسورهای IoT شامل حسگرهای گاز، دما، لرزش و ردیاب‌های پوشیدنی کارگران به صورت آنلاین با مدل BIM همگام‌سازی می‌شوند تا وضعیت هر بخش از کارگاه در همان لحظه روی نقشه دیجیتال نمایش داده شود. در صورت وقوع شرایط ناایمن، سیستم هشدار فوری به مدیر پروژه و سرپرستان شیفت ارسال می‌کند و داده‌های ثبت‌شده در طول پروژه در داشبورد مدیریتی ذخیره می‌شوند تا امکان تحلیل روند حوادث و پیش‌بینی ریسک‌های آینده فراهم گردد. این رویکرد مدیر پروژه را از حالت واکنشی به حالت پیشگیرانه منتقل کرده و علاوه بر کاهش چشمگیر حوادث، فرهنگ ایمنی را ارتقا، اعتماد کارفرما را افزایش و هزینه‌های مستقیم و غیرمستقیم ناشی از حوادث را کاهش می‌دهد.

جمع‌بندی عملی و توصیه‌های کاربردی برای پیشرفت‌های آتی و محدودیت‌ها

برای پژوهشگران آتی، این مطالعه نشان می‌دهد که ارزیابی اطلاعات ساختمان و اینترنت اشیا (BIM-IoT) می‌تواند نقش مؤثری در ارتقای ایمنی پروژه‌های ساخت‌وساز داشته باشد. پیشنهاد می‌شود تحقیقات بعدی با تمرکز بر توسعه سامانه‌های هوشمند پیشگیرانه، تحلیل داده‌های زمان واقعی و یکپارچه‌سازی سیستم‌ها انجام شود تا کاربرد عملی فناوری‌ها بهینه گردد. همچنین، استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، بهره‌گیری از نظرات کارشناسان و مقایسه نتایج با سایر سازمان‌ها و صنایع غیرپروژه‌ای می‌تواند به تعمیم یافته‌ها و افزایش اعتبار پژوهش کمک کند. پژوهشگران باید به چالش‌های مرتبط با هزینه، آموزش نیروی انسانی، امنیت داده‌ها و زیرساخت‌های فناوری توجه داشته باشند و راهکارهایی برای کاهش این محدودیت‌ها ارائه دهند. این اقدامات می‌تواند بهبود عملکرد پروژه، پیشگیری از حوادث و توسعه پایدار صنعت ساخت‌وساز را تسهیل کند و زمینه را برای تحقیقات کاربردی و تجربی آینده فراهم آورد.

با وجود مزایای سامانه یکپارچه ایمنی هوشمند مبتنی بر BIM و IoT، پیاده‌سازی آن با محدودیت‌هایی مواجه است. از جمله این محدودیت‌ها می‌توان به هزینه‌های بالای راه‌اندازی و نگهداری، نیاز به تخصص فنی و آموزش نیروی انسانی، چالش‌های یکپارچه‌سازی داده‌ها و مسائل امنیت سایبری اشاره کرد. علاوه بر این، در برخی محیط‌های پیچیده یا غیرقابل دسترس، نصب سنسورها و پوشش کامل کارگاه ممکن است دشوار باشد و وابستگی سامانه به زیرساخت‌های اینترنت و شبکه پایدار می‌تواند کارایی آن را محدود کند. این محدودیت‌ها باید هنگام طراحی و اجرای سامانه مدنظر قرار گرفته و با برنامه‌ریزی مناسب کاهش یابند.

مراجع

- Akhavian, R., Amani, M., Mootz, J., Ashe, R., & Beheshti, B. (2025). Building Information Models to Robot-Ready Site Digital Twins (BIM2RDT): An Agentic AI Safety-First Framework. arXiv preprint arXiv:2509.20705.
- Alazab, M., Alhyari, S., Awajan, A., & Abdallah, A. B. (2021). Blockchain technology in supply chain management: an empirical study of the factors affecting user adoption/acceptance. *Cluster Computing*, 24(1), 83-101.
- Abioye, S. O., Oyedele, L. O., Akanbi, L., Ajayi, A., Delgado, J. M. D., Bilal, M., ... & Ahmed, A. (2021). Artificial intelligence in the construction industry: A review of present status, opportunities and future challenges. *Journal of Building Engineering*, 44, 103299.
- Amiri, Mojtaba. Shaafi, Farhang. (۲۰۱۹). Introducing a model for implementing and promoting safety in project-based construction organizations in order to reduce risks in the construction industry. *Environmental Risk Management (formerly Risk Knowledge)*. Volume ۷, Issue ۴. pp. ۴۴۴-۴۲۷. (In persian)
- Abbasi, Ahmad Ali. Ghazi Moradi, Mustafa. (۲۰۲۳). A review of the research background on the evaluation of the use of the Internet of Things in high-rise construction projects in Tehran. Conference: National Conference Towards Knowledge-Based Urban Planning and Architecture. Period: ۴. (In persian)
- Bolpagni, M., & Bartoletti, I. (2021, October). Artificial intelligence in the construction industry: adoption, benefits and risks. In *Proc. of the Conference CIB W* (Vol. 78, pp. 11-15).
- Bresciani, S., Ferraris, A., & Del Giudice, M. (2018). The management of organizational ambidexterity through alliances in a new context of analysis: Internet of Things (IoT) smart city projects. *Technological Forecasting and Social Change*, 136, 331-338.
- Dou, K., Yu, P., Deng, N., Liu, F., Guan, Y., Li, Z., ... & Duan, H. (2017). Patients' acceptance of smartphone health technology for chronic disease management: a theoretical model and empirical test. *JMIR mHealth and uHealth*, 5(12), e177.
- Ekanayake, B., Wong, J. K. W., Fini, A. A. F., & Smith, P. (2021). Computer vision-based interior construction progress monitoring: A literature review and future research directions. *Automation in construction*, 127, 103705.
- Elrifae, M., & Zayed, T. (2025). Smart IoT-BIM framework with modified zonal safety analysis (ZSA) for real-time safety monitoring in construction. *Automation in Construction*, 178, 106431.

Gao, S., Low, S. P., & Nair, K. (2018). Design for manufacturing and assembly (DfMA): A preliminary study of factors influencing its adoption in Singapore. *Architectural engineering and design management*, 14(6), 440-456.

Gao, C., Wang, F., Hu, X., & Martinez, J. (2023). Research on sustainable design of smart cities based on the Internet of Things and ecosystems. *Sustainability*, 15(8), 6546.

Hire, S., Sandbhor, S., & Ruikar, K. (2024). A conceptual framework for BIM-based site safety practice. *Buildings*, 14(1), 272.

Ibrahim, F. S. B., Ebekozi, A., Khan, P. A. M., Aigbedion, M., Ogbaini, I. F., & Amadi, G. C. (2022). Appraising fourth industrial revolution technologies role in the construction sector: How prepared is the construction consultants?. *Facilities*, 40(7/8), 515-532.

Jahanger, Q. K., Louis, J., Pestana, C., & Trejo, D. (2021). Potential positive impacts of digitalization of construction-phase information management for project owners. *Journal of Information Technology in Construction*, 26.

Khairollahipour, Amir Jafar.(2015). Analysis of the role of Building Information Modeling (BIM) in optimizing municipal construction projects: A case study of Ilam city, 28th National Conference on Urban Planning, Architecture, Civil Engineering and Environment, Shirvan, <https://civilica.com/doc/2322003>(In persian)

Kim, J. Y., Kang, S., Cho, J., Jeong, S., Kim, S., Sung, Y., ... & Kim, G. H. (2025). Implementation of Integrated Smart Construction Monitoring System Based on Point Cloud Data and IoT Technique. *Sensors*, 25(13), 3997.

Khan, A. M., Alrasheed, K. A., Waqar, A., Almujiab, H., & Benjeddou, O. (2024). Internet of things (IoT) for safety and efficiency in construction building site operations. *Scientific reports*, 14(1), 28914.

Liu, Z. (2025). Construction of Smart Site Safety Platform Based on BIM+ IoT Technology. *ce/papers*, 8(2), 1379-1385.

Mohammadi Nasab, Afroz.(2024). A review of the effects of building information modeling in the construction industry, <https://civilica.com/doc/2301420> (In persian)

Manzoor, B., Charef, R., Antwi-Afari, M. F., Alotaibi, K. S., & Harirchian, E. (2025). Revolutionizing Construction Safety: Unveiling the Digital Potential of Building Information Modeling (BIM). *Buildings*, 15(5).

Mohamed, M. A., & Mohamad, D. (2021). The implementation of artificial intelligence (AI) in the Malaysia construction industry. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2339, No. 1). AIP Publishing.

Na, S., Heo, S., Choi, W., Kim, C., & Whang, S. W. (2023). Artificial intelligence (AI)-Based technology adoption in the construction industry: a cross national perspective using the technology acceptance model. *Buildings*, 13(10), 2518.

Oluleye, B. I., Chan, D. W., & Antwi-Afari, P. (2023). Adopting Artificial Intelligence for enhancing the implementation of systemic circularity in the construction industry: A critical review. *Sustainable Production and Consumption*, 35, 509-524.

Olugboyega, O., & Windapo, A. (2019). Building information modeling—enabled construction safety culture and maturity model: A grounded theory approach. *Frontiers in Built Environment*, 5, 35.

Pan, Y., & Zhang, L. (2021). Roles of artificial intelligence in construction engineering and management: A critical review and future trends. *Automation in Construction*, 122, 103517.

Shanti, M. Z., Cho, C. S., Byon, Y. J., Yeun, C. Y., Kim, T. Y., Kim, S. K., & Altunaiji, A. (2021). A novel implementation of an ai-based smart construction safety inspection protocol in the uae. *IEEE Access*, 9, 166603-166616.

Sharma, S. (2025). Exploring The Impact of BIM on Construction Project in Reducing Life Cycle Cost. *Journal of Information Systems Engineering and Management*, 10 (23s), xyz, 1.

Sorce, J., & Issa, R. R. (2021). Extended Technology Acceptance Model (TAM) for adoption of Information and Communications Technology (ICT) in the US Construction Industry. *Journal of information technology in construction*, 26.

Shafiq, M. T., & Afzal, M. (2021). Improving construction job site safety with building information models: Opportunities and barriers. In Proceedings of the 18th International Conference on Computing in Civil and Building Engineering: ICCBE 2020 (pp. 1014-1036). Springer International Publishing.

Sadeghi, Ali and Hosseini-Biouki, Seyed Mohammad and Mirzaei, Amir Hossein and Moradi Ghazi, Mustafa, 2014, An overview of research on Building Information Modeling (BIM) and Lean Construction Management, <https://civilica.com/doc/2316319>(In persian)

Salzano, A., Cascone, S., Zitiello, E. P., & Nicoella, M. (2024). Construction Safety and Efficiency: Integrating Building Information Modeling into Risk Management and Project Execution. *Sustainability*, 16(10), 4094.

Sajri, N. A., Omar, R., Sarpin, N., & Nordin, Z. (2024). Enhancing Safety Level at Construction Site Using Internet of Things (IoT). *Research in Management of Technology and Business*, 5(1), 1468-1485.

Shvets, Y., & Hanák, T. (2023). Use of the internet of things in the construction industry and facility management: usage examples overview. *Procedia Computer Science*, 219, 1670-1677.

Tajfar, Amirhooshang. Vahdat, Davood. Saeedi, Mahdieh. (۱۴۰۱). Evaluation of factors affecting the adoption of Internet of Things technology in building smartization (case study of customers of companies active in building smartization in Tehran). Master's thesis. (In persian)

Tabatabaee, S., Mohandes, S. R., Ahmed, R. R., Mahdiyar, A., Arashpour, M., Zayed, T., & Ismail, S. (2022). Investigating the barriers to applying the internet-of-things-based technologies to construction site safety management. *International journal of environmental research and public health*, 19(2), 868.

Taheripour, Sahar. Arbabi, Hani. (۱۴۰۳). The role of Building Information Modeling (BIM) in reducing conflicts, lawsuits and disputes in construction industry projects. *Science and Engineering Elites*. Volume: ۸. Issue: ۱. Pages: ۷۱-۸۶ (In persian)

Yavari, Bahram. (۱۴۰۳). Using Building Information Modeling (BIM) to Improve Safety Management of High-Rise Projects, ۸th International Conference on Research in Science and Engineering and ۹th International Congress on Civil Engineering, Architecture and Urban Planning of Asia, <https://civilica.com/doc/۱۹۴۷۷۵۱> (In persian)

Zairul, M., & Zaremohzzabieh, Z. (2023). Thematic Trends in Industry 4.0 Revolution Potential towards Sustainability in the Construction Industry. *Sustainability*, 15(9), 7720.

Zomorud, Hamid Reza and Abbasian Jahromi, Hamid Reza. (۱۴۰۹). Internet of Things Technology as a Solution to Improve Safety in the Construction Industry, Third International Conference on Civil Engineering, Architecture and Urban Development Management in Iran, Tehran <https://civilica.com/doc/۱۱۱۹۰۶۸>(In persian)