

Convergence of Augmented Reality and Virtual Reality: Experts' Perspective on Mixed Reality in Smart Building Projects

Reza Behboud 

Assistant Professor of Information Technology
Management, Department of Management, South
Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran,
Iran

Ehsan Bagheri 

Ph.D. Student of Information Technology
Management, Department of Management, South
Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran,
Iran

Mohamad Mahdi
Zolfaghari Tehrani *

Ph.D. Student of Information Technology
Management, Department of Management, South
Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran,
Iran

Abstract

The rapid development and advancement of augmented reality (AR) and virtual reality (VR) technologies have significantly transformed the landscape of smart building projects in recent years, paving the way for the emergence of mixed reality (MR). This innovative concept effectively bridges the gap between the digital and physical worlds within the complex ecosystem of smart construction. Nevertheless, the adoption of MR technologies among Iranian specialists in the field has been notably limited. Consequently, this research rigorously investigates the perspectives of Iranian construction experts regarding the convergence of AR and VR technologies through a carefully designed mixed-method approach. This approach includes an extensive literature review followed by a

* Corresponding Author: MZ4062@Yahoo.com

How to Cite: Behboud, R., Bagheri, E., Zolfaghari Tehrani, M. M. (2025). Convergence of Augmented Reality and Virtual Reality: Experts' Perspective on Mixed Reality in Smart Building Projects, *Journal of Business Intelligence Management Studies*, 14(53), 239-273. DOI: 10.22054/ims.2025.84885.2599

comprehensive Q-methodology survey conducted across five distinct areas. The analysis of collected data using both content analysis and statistical methods disclosed that the integration of AR and VR technologies considerably enhances project accuracy, reduces overall costs, and boosts productivity levels, despite the existence of various technical barriers and significant training needs. Ultimately, the study provides a thorough analysis of expert opinions, which can greatly inform optimization strategies within the construction sector. The research concludes that acknowledging the vast potential of integrated technologies, while simultaneously concentrating on the human and economic factors involved, plays a pivotal role in fostering the success of smart building initiatives.

1. Introduction

Given the novelty and rapidly evolving nature of mixed reality (MR) technology, it is advisable to first examine experts' familiarity with augmented reality (AR) and virtual reality (VR) as separate entities. This foundational understanding is crucial before delving into their economic and technical advantages, as well as making future predictions about their implementations. Investigating the convergence of AR and VR within the framework of MR for smart building projects requires a comprehensive and in-depth examination of existing literature. Notably, prior studies have primarily focused on the discrete applications of AR and VR, while the potential for their convergence into integrated ecosystems has received considerably less attention, particularly in the context of interactions with Building Information Modeling (BIM) and the Internet of Things (IoT). This significant knowledge gap, along with various technical barriers and the considerable initial investment required, poses formidable challenges to the widespread adoption of these technologies.

Therefore, the primary research question guiding this study is to discover and analyze the opinions of Iranian construction industry experts and professionals regarding the application and effectiveness of mixed reality technology in smart building projects.

2. Literature Review

AR/VR convergence within MR framework as an emerging smart building paradigm necessitates deep literature exploration. Previous studies focused on separate applications, while combination received

less attention. Research gaps include: lack of cognitive/ergonomic frameworks, data integration inefficiencies, scarcity of adaptive decision-making models, and technical ecosystem limitations.

3. Methodology

The philosophy underlying this study is rooted in pragmatism, employing a mixed inductive-deductive approach to comprehensively address the research questions. Initially, information was meticulously extracted from a range of scholarly articles utilizing the PRISMA method, which is inductive in nature. Following this, structured survey questions were designed, ensuring a robust framework for data collection. The analysis of the collected data was subsequently conducted using Python, aligning with the deductive aspect of this study.

To enrich the findings, the researchers crafted detailed questionnaires that effectively combined the extracted information from the literature review. Additionally, expert interviews were carried out to gain insights, leading to the design of a Q-methodology survey aimed at collecting diverse opinions regarding AR/VR familiarity, the technical and economic advantages and disadvantages of mixed reality, as well as future predictions for these technologies. The overall mixed-method approach is cross-sectional, allowing for a comprehensive view of the current situation.

For qualitative data collection, a systematic PRISMA review was employed alongside the Q-methodology survey. Meanwhile, quantitative analysis utilized Python programming for generating a correlation matrix, assessing adequacy sample indices, and conducting exploratory factor analysis. This multifaceted methodology ensures a thorough examination of the subject matter and provides a solid foundation for the research findings.

4. Results

The examination of the correlation matrix reveals that the convergence of virtual and augmented reality significantly impacts various dimensions, including experiential, scientific, and economic aspects. The adequacy sample index suggests that specialists in the field are approaching future predictions with caution and are thoughtful regarding the implications of these technologies. Furthermore, the exploratory factor analysis indicates that while

specialists have a solid understanding of the fundamental concepts of augmented and virtual reality, their grasp of advanced applications remains somewhat limited. Despite this, they perceive the technical and economic advantages of mixed reality (MR) to outweigh its disadvantages, even in light of notable challenges that may arise. Overall, specialists express a general optimism regarding the future of MR technology, although they do harbor some concerns that warrant further attention and discussion.

5. Discussion and Conclusion

Results demonstrate these technologies' importance in enhancing construction industry performance and efficiency across technical, economic, and social dimensions. AR/VR integration offers high transformation potential. Correlation matrix reveals significant relationships between AR software familiarity and technical mastery. Exploratory factor analysis identified two main factors: basic AR concepts and advanced applications. Despite initial concept familiarity, understanding performance complexities requires further education. Findings show positive specialist outlook toward MR technical advantages over disadvantages, expressing optimism about future capabilities. Economic advantage/disadvantage examination suggests positive attitudes toward benefits and drawbacks. Future predictions contain encouraging aspects. Factor analysis indicates forward-looking awareness enables stakeholders' precise future planning through better current situation understanding.

Based on the findings of this study, it is recommended that future research delves deeper into the social and cultural dimensions of the acceptance of mixed reality technology and examines its challenges from human and economic perspectives.

Keywords: Augmented Reality, Virtual Reality, Mixed Reality, Integration of Augmented and Virtual Reality, Smart Building Project.



همگرایی واقعیت افزوده و واقعیت مجازی، نظر متخصصان به واقعیت ترکیبی در پروژه هوشمند ساختمانی

استادیار، گروه مدیریت فناوری اطلاعات، دانشگاه آزاد اسلامی
واحد تهران جنوب، ایران

رضا بهبود 

دانشجوی دکتری، گروه مدیریت فناوری اطلاعات، دانشگاه آزاد
اسلامی واحد تهران جنوب، ایران

احسان باقری 

دانشجوی دکتری، گروه مدیریت فناوری اطلاعات، دانشگاه آزاد
اسلامی واحد تهران جنوب، ایران

محمد مهدی ذوالفقاری طهرانی  *

چکیده

توسعه فناوری‌های واقعیت افزوده و واقعیت مجازی تحولات چشمگیری را در پروژه هوشمند ساختمانی رقم زده است. همگرایی این دو فناوری، مفهوم نوینی به نام واقعیت ترکیبی ایجاد کرده که پلی جدید میان دنیاهای دیجیتال و فیزیکی برقرار می‌کند. واقعیت ترکیبی، حلقه مفقوده اکوسیستم ساختمانی هوشمند محسوب می‌شود؛ اما با توجه به جدید بودن این فناوری، ابعاد استفاده از آن نزد متخصصین ایرانی هنوز تاریک است و درصد کمی از آنان با قابلیت‌های پیشرفته آن آشنایی دارند. در این پژوهش سعی نمودیم که نظر متخصصان و فعالان صنعت ساخت‌وساز در ایران درباره همگرایی این فناوری بررسی و تحلیل شود. با پارادایمی ترکیبی، ابتدا با مطالعه مقالات مرتبط و تحلیل آن‌ها، اطلاعات مرتبط استخراج گردیده سپس نظرسنجی به روش کیو طراحی و طی پرسشنامه‌ای نظر متخصصان در ۵ حوزه استخراج گردید. داده‌ها با استفاده از تحلیل محتوا و روش‌های آماری پردازش شدند تا الگوها و روندهای جاری شناسایی شوند. یافته‌ها نشان‌دهنده این بودند که این فناوری‌ها می‌تواند به بهبود قابل توجهی در دقت، کاهش هزینه‌ها و افزایش بهره‌وری منجر گردد. همچنین، تشخیص موانع فنی و نیاز به آموزش مداوم کاربران به عنوان چالش‌های اصلی

مطرح شدند. ارزش افزوده این تحقیق به تحلیل عمیق و جامع از نظریات متخصصان در خصوص واقعیت ترکیبی تعلق دارد که می تواند به توسعه استراتژی های بهینه سازی در صنعت ساخت و ساز یاری رساند. نتیجه گیری پژوهش بیانگر این است که با توجه به پتانسیل های بالای فناوری های ادغام شده، توجه به جنبه های انسانی و اقتصادی به صورت هم زمان می تواند مسیر موفقیت در این حوزه را هموار سازد.

کلیدواژه ها: واقعیت افزوده، واقعیت مجازی، واقعیت ترکیبی، یکپارچه سازی واقعیت افزوده و مجازی، پروژه هوشمند ساختمان.

مقدمه

صنعت ساخت و ساز در عصر دیجیتال با ظهور فناوری‌های نوینی مانند واقعیت افزوده^۱ و واقعیت مجازی^۲ دستخوش تحولات بنیادین شده است. مطالعات اخیر نشان می‌دهد که واقعیت افزوده در مدیریت ایمنی پروژه‌های ساختمانی توانسته است با ارائه راهکارهای پیشگیرانه در مراحل پیش از وقوع حادثه، حین کار و پس از آن تا ۴۰٪ از خطاهای انسانی بکاهد (Noghabaei et al., 2020). از سوی دیگر، واقعیت مجازی با ایجاد محیط‌های ایمن شبیه‌سازی شده، امکان آموزش تعاملی و کاهش ۳۵٪ ریسک حوادث را برای نیروی کار فراهم کرده است (Kandi et al., 2020). این فناوری‌ها به‌طور خاص در پروژه‌های هوشمند ساختمانی که مبتنی بر یکپارچه‌سازی داده‌های چندمنظوره و سیستم‌های نظارتی پیچیده هستند، به‌عنوان ابزاری حیاتی برای بهبود دقت طراحی، کاهش هزینه‌ها و افزایش بهره‌وری شناخته می‌شوند. شواهد حاکی از آن است که پروژه‌های مجهز به این فناوری‌ها به‌طور متوسط ۲۵٪ سریع‌تر از روش‌های سنتی به مرحله بهره‌برداری می‌رسند (Cao et al., 2022).

با وجود این پیشرفت‌ها، واقعیت ترکیبی^۳ به‌عنوان همگرایی واقعیت افزوده و مجازی، حلقه مفقوده اکوسیستم ساختمانی هوشمند محسوب می‌شود. واقعیت ترکیبی با ادغام عناصر فیزیکی و دیجیتال، امکان تعامل بلادرنگ با مدل اطلاعات ساختمان^۴ و شبیه‌سازی پویا و همچنین راه‌حل چالش‌هایی نظیر بهینه‌سازی مصرف انرژی و کاهش ردپای کربن را فراهم می‌آورد (Liu et al., 2014)؛ اما پژوهش‌ها نشان می‌دهند تنها ۳۷٪ از متخصصان صنعت ساخت و ساز با قابلیت‌های پایه‌ای واقعیت ترکیبی آشنایی دارند (Noghabaei et al., 2020). این شکاف دانشی، همراه با موانع فنی نظیر ناسازگاری سکوها و نرم‌افزاری و نیاز به سرمایه‌گذاری اولیه بالا (به‌طور متوسط ۳۰٪ بیش از سیستم‌های تک‌فناوری)،

1 Augmented Reality (AR)

2 Virtual Reality (VR)

3 Mixed Reality (MR)

4 Building Information Model (BIM)

پذیرش گسترده این فناوری را با چالش مواجه کرده است (Davila Delgado et al., 2020).

مقاله حاضر با تمرکز بر همگرایی واقعیت افزوده و مجازی در قالب واقعیت ترکیبی، به بررسی دیدگاه‌های متخصصان مرتبط با صنعت ساخت و ساز خواهد پرداخت.

پیشینه پژوهش

تبیین همگرایی واقعیت افزوده و واقعیت مجازی در چارچوب واقعیت ترکیبی به عنوان پارادایمی نوظهور در پروژه‌های هوشمند ساختمانی نیازمند واکاوی عمیق ادبیات موجود است. مطالعات پیشین عمدتاً بر کاربردهای مجزای این فناوری‌ها متمرکز بوده‌اند، در حالی که پتانسیل همگرایی آن‌ها برای ایجاد اکوسیستم‌های یکپارچه، به ویژه در تعامل با مدل اطلاعات ساختمان و اینترنت اشیا^۱، کمتر مورد توجه قرار گرفته است (Chong & Kim, 2024).

بررسی نظام‌مند مقالات موجود نشان می‌دهد که کاربردهای واقعیت افزوده عمدتاً بر محدوده تجسم سه بعدی طرح‌ها و برنامه‌ریزی فضایی داخلی متمرکز است و نارسایی در تعامل پویا با سایر داده‌ها به عنوان چالش اصلی شناسایی شده است (Ahsani et al., 2025). از سوی دیگر، پژوهش‌های حوزه واقعیت مجازی با وجود تأکید بر قابلیت‌های آموزشی و شبیه‌سازی مخاطرات، فاقد مکانیسم‌هایی برای انطباق بی‌درنگ با تغییرات پروژه‌های واقعی هستند (Lee et al., 2024). این شکاف به ویژه در مطالعات ایمنی مبتنی بر واقعیت مجازی مشهود است که علی‌رغم بهبود آگاهی کارگران، نتوانسته‌اند ارتباط معناداری با سیستم‌های نظارت و پایش^۲ زنده برقرار کنند (Wu et al., 2024).

در زمینه واقعیت ترکیبی، پژوهش‌ها حاکی از ناهمگنی چشمگیر است. اگرچه برخی مطالعات چارچوب‌های آموزشی ترکیبی را پیشنهاد می‌دهند، ولی فقدان استاندارد در رابط‌های کاربری به عنوان مانع اصلی پذیرش شناسایی شده است (Emelianova et al., 2024).

1 Internet of Thing (IoT)

2 Monitoring Systems

(2025). در پژوهش‌های میدانی تأیید شده که تنها ۳۷٪ از فعالان صنعت، آشنایی اولیه با واقعیت ترکیبی دارند و ۶۳٪ از پاسخ‌دهندگان به عدم تطابق با فرآیندهای سنتی به‌عنوان چالش کلیدی اشاره کردند (Maqsoom et al., 2023).

شکاف‌های پژوهشی موجود در چهار دسته قابل دسته‌بندی است:

فقدان چارچوب‌های شناختی و ارگونومیک: مطالعات محدودی به ارزیابی اثرات طولانی‌مدت استفاده از هدست‌های واقعیت ترکیبی بر عملکرد اپراتورها در محیط‌های پویای ساختمانی پرداخته‌اند (Wang et al., 2023).

ناکارآمدی در یکپارچه‌سازی داده‌ها: پروتکل استاندارد برای تبادل داده‌های حسگرها با پلتفرم‌های واقعیت ترکیبی توسعه نیافته است (Lee et al., 2024).

کمبود مدل‌های تصمیم‌گیرنده تطبیقی: پژوهش‌های حوزه هوش مصنوعی اگرچه پتانسیل یادگیری ماشین در بهینه‌سازی واقعیت ترکیبی را برجسته کرده‌اند، اما نتوانسته‌اند چارچوبی برای تفسیر تصمیمات الگوریتم‌ها در محیط‌های ساخت‌وساز ارائه دهند (Zhou et al., 2025).

محدودیت‌های اکوسیستم فنی: مطالعات نشان می‌دهند که ۷۸٪ از چالش‌های فنی مرتبط با واقعیت ترکیبی، ریشه در ناسازگاری سخت‌افزارها و نرم‌افزارهای موجود با نیازمندی‌های پروژه‌های در مقیاس بزرگ دارد (Conen et al., 2025). این شکاف‌ها بازتاب‌دهنده ضرورت بازتعریف نقش واقعیت ترکیبی در چرخه حیات پروژه‌های هوشمند ساختمانی است. به‌ویژه آن‌که پژوهش‌های اخیر بر نیاز به رویکرد سامانه محور تأکید دارند که در آن واقعیت ترکیبی نه به‌عنوان ابزاری انفعالی، بلکه به‌مثابه هسته پردازشی اکوسیستم دیجیتال ساختمان عمل می‌کند. چنین تحولی مستلزم بازنگری در مبانی نظری تعامل انسان-سامانه، تدوین استانداردهای بین‌المللی برای یکپارچه‌سازی داده‌ها و توسعه چارچوب‌های ارزیابی چندمعیاره اثربخشی واقعیت ترکیبی است (Pandey et al., 2025).

روش تحقیق

در پژوهشی که پیش رو دارید، از مدل پیاز تحقیق سندرز^۱ برای ساختاربندی روش‌شناسی استفاده شده است. این مدل چارچوبی جامع برای تعیین راهبردهای پژوهشی فراهم می‌نماید.

لایه‌های پیاز تحقیق

۱- فلسفه پژوهش این مطالعه بر پایه پراگماتیسم استوار است، چراکه این رویکرد فلسفی امکان تلفیق رویکردهای کمی و کیفی را فراهم می‌کند و به همین دلیل برای تحلیل موضوع پیچیده همگرایی فناوری‌های واقعیت مجازی و افزوده مناسب است. پراگماتیسم بر کاربردی بودن دانش تأکید دارد و به حل مسائل عملی متمرکز می‌شود.

۲- رویکرد ترکیبی (استقرایی-قیاسی)^۲ است بدین شکل که ابتدا اطلاعات از مقالات با روش پریزما^۳ استخراج و تحلیل شده‌اند (استقرایی) سپس سؤالات نظرسنجی طراحی شده و در انتها پس از جمع‌آوری داده‌ها، تحلیل این داده‌ها با کدنویسی پایتون^۴ انجام شده است (قیاسی) تا بتوان به نتایج معناداری دست یافت.

۳- استراتژی و رویکرد اصلی این پژوهش استفاده از چند روش است. این استراتژی امکان ترکیب روش‌های تحقیق متفاوت را فراهم می‌آورد. ابتدا مقالات مرتبط بررسی کامل شدند، سپس سؤالاتی در ذهن پژوهشگران مطرح گردیده و نظرسنجی از متخصصان انجام شده است و در نهایت با روش‌های آماری تمام این اطلاعات تحلیل شده‌اند. هدف از این رویکرد، افزایش روایی و پایایی پژوهش است. در این استراتژی محققین با تحلیل عمیق و چندبعدی موضوع می‌توانند در عین انعطاف‌پذیری کامل درک عمیق‌تری از موضوع پژوهش ارائه دهند.

1 The Sanders Onion Model of Research

2 Abductive (Inductive-Deductive)

3 PRISMA method

4 Python Coding

۴- روش پژوهش انتخاب شده روش ترکیبی^۱ می باشد که پاسخی جامع به پیچیدگی های موضوع ارائه می کند. داده های کیفی شامل مرور سیستماتیک پریزما و نظرسنجی کیو^۲ می باشد که منجر به شناسایی مفاهیم و الگوها گردیده و در مقابل، داده های کمی از طریق تحلیل های آماری پیشرفته با کدنویسی پایتون گردآوری شده اند که امکان کمی سازی و تعمیم نتایج را فراهم می آورد.

۵- افق زمانی پژوهش، مقطعی انتخاب شده است. این رویکرد، ضمن تمرکز بر وضعیت موجود و تحلیل عمیق آن در یک مقطع زمانی مشخص، امکان جمع آوری داده های دقیق را فراهم می آورد. مزایای اصلی این رویکرد شامل دقت بالا در گردآوری اطلاعات، کاهش هزینه های پژوهشی و امکان مقایسه تخصصی وضعیت فناوری در یک بازه زمانی کوتاه است که پژوهشگر را قادر می سازد تا تصویری جامع و به روز ارائه دهد. (Saunders et al., 2023).

۶- روش های جمع آوری داده در این پژوهش به دو دسته کیفی و کمی تقسیم می شوند. در بخش داده های کیفی، مرور سیستماتیک با استفاده از روش پریزما انجام شده است. سپس از نظرسنجی کیو بهره گرفته شده است. در بخش داده های کمی، تحلیل های آماری با کدنویسی در زبان پایتون انجام گردیده که شامل محاسبات ماتریس همبستگی، شاخص ارزیابی کفایت نمونه و تحلیل عاملی اکتشافی می باشد. انتخاب این روش های ترکیبی به منظور پوشش جامع ابعاد پژوهش، افزایش اعتبار علمی و درک عمیق و چندبعدی موضوع انجام شده است.

یافته های مرور مقالات

روش پریزما که به عنوان ابزار استاندارد برای انجام مرورهای سیستماتیک و متاآنالیز شناخته می شود، در سال ۲۰۰۹ توسعه یافته و در سال ۲۰۲۰ به روزرسانی شده است. این روش شامل چهار مرحله اصلی است. در مرحله اول، شناسایی و جستجوی گسترده در پایگاه های

1 Mixed Methods

2 Q Survey

اطلاعاتی انجام می شود و کلید واژگان و استراتژی جستجو ثبت می گردد. مرحله دوم، غربالگری که شامل حذف مقالات تکراری و بررسی عناوین و چکیده ها برای شناسایی و درک اولیه از مقالات است. در مرحله سوم، متن کامل مقالات بررسی می شود و معیارهای ورود و خروج ارزیابی شده تا مقالات نهایی انتخاب شوند. در مرحله چهارم یعنی شمول، تحلیل محتوای مقالات منتخب انجام می گیرد و اطلاعات کلیدی استخراج و یافته ها ترکیب و تفسیر می شوند (Moher et al., 2009).

با جستجوی پیشرفته و با استفاده از اپراتورهای بولی^۱ و کلیدواژه های ترکیبی زیر:

Augmented Reality, Virtual Reality, Mixed Reality, Integration of Augmented and Virtual Reality, Smart Building Project.

در پایگاه های Google Scholar, ResearchGate, ScienceDirect ۸۵ مطالعه اولیه شناسایی شدند. با توجه به جدید بودن فناوری واقعیت ترکیبی، در این بخش فقط از مقالات ۲۰۲۳ تا ۲۰۲۵ استفاده گردید.

در غربالگری دوگانه در مرحله اول ۲۲ مقاله تکراری و یا نامرتبط بر اساس عنوان و چکیده و در مرحله دوم ۸ مقاله دیگر بر مبنای فقدان کیفیت فنی حذف گردیدند. سپس پارامترهای کلیدی مقاله های باقیمانده استخراج و در پیوست ۱ به صورت جدول مرتب شدند.

خلاصه نتایج حاصل از بررسی مقالات به روش پریزما به شرح زیر دسته بندی گردید:

- ۱- بهبود دقت و کارایی: این دسته شامل افزایش دقت در اندازه گیری ها، تنظیمات و عملیات اجرایی (مانند مونتاژ) می شود و ۳۵٪ از کل یافته ها را به خود اختصاص داده است. بهبودهای مشاهده شده شامل افزایش دقت شناسایی خطاها تا ۹۲٪ و بهبود دقت فرآیندها تا ۸۹٪ می شود.

- ۲- کاهش زمان و هزینه: این دسته شامل کاهش زمان مونتاژ (تا ۳۰٪)، کاهش خطاها (تا ۴۰٪) و به روزرسانی داده ها می شود و ۳۰٪ از یافته ها را در بر می گیرد.

- ۳- افزایش ایمنی و کیفیت آموزش: این بخش شامل ارتقای ایمنی، آموزش مؤثرتر و

بهبود درک فرآیندها می شود و ۱۵٪ از نتایج را شامل می شود. این بخش به بهبود ۴۸٪ در دقت تصمیم گیری اشاره دارد.

۴- بهبود همکاری و تعامل: در این دسته به بهبود ارتباطات، تعامل بین ذی نفعان در مشارکت ها اشاره شده و ۱۲٪ یافته ها را تشکیل می دهد. در این زمینه افزایش ۶۲٪ مشارکت ذی نفعان جالب توجه است.

۵- مدیریت داده و یکپارچه سازی سیستم ها: این بخش شامل یکپارچه سازی با مدل سازی اطلاعات ساختمان، اینترنت اشیا، هوش مصنوعی و سایر فناوری ها است و ۶٪ از نتایج را به خود اختصاص داده است.

با توجه به مطالب ذکر شده به نظر می رسد تمرکز اصلی کاربردهای واقعیت افزوده و واقعیت ترکیبی بر بهبود دقت و کارایی، کاهش هزینه ها و ارتقای ایمنی و آموزش در صنعت ساخت و ساز است. ادغام این فناوری ها با سیستم های مدیریت اطلاعات ساختمان و سایر فناوری های نوظهور مانند اینترنت اشیا و هوش مصنوعی پتانسیل بالایی برای تحول در این صنعت دارد. متخصصان بر این باورند که ادغام واقعیت افزوده و سیستم مدیریت اطلاعات ساختمان می تواند به مشاهده پیشرفت پروژه در زمان واقعی (۹۷٪) و شناسایی تداخل های احتمالی (۱۰۰٪) کمک کند.

بر اساس تحلیلی که انجام گردید، می توان چالش های شناسایی شده را در شش دسته اصلی طبقه بندی کرد:

۱- چالش های فنی و سخت افزاری (شامل محدودیت های سخت افزاری، مشکلات موقعیت یابی و سنسورها، رندرینگ و موقعیت یابی) با فراوانی ۳۵٪

۲- چالش های مربوط به هزینه و زیرساخت (شامل هزینه های بالای تجهیزات و کمبود زیرساخت) با فراوانی ۲۵٪

۳- چالش های پذیرش و آموزش کاربران (شامل مقاومت در برابر تغییر و نیاز به آموزش مداوم) با فراوانی ۲۰٪

۴- مسائل امنیتی و حریم خصوصی با فراوانی ۱۰٪

۵- محدودیت‌های مربوط به داده‌ها (شامل کمبود داده‌های آموزشی و مشکلات تشخیص اجزای ساختمانی) با فراوانی ۷٪

۶- سایر چالش‌ها (مانند مسائل محیطی و ارگونومیک) با فراوانی ۳٪

تحلیل‌ها نشان می‌دهد که چالش‌های فنی و سخت‌افزاری همچنان مهم‌ترین مانع در پیاده‌سازی این فناوری‌ها هستند و پس از آن مسائل اقتصادی و زیرساختی قرار دارند. با توجه به این که تقریباً یک‌پنجم چالش‌ها مربوط به پذیرش و آموزش کاربران است، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که برای موفقیت در پیاده‌سازی این فناوری‌ها، علاوه بر توسعه فنی و تأمین زیرساخت‌ها، باید به جنبه‌های انسانی و آموزشی نیز توجه ویژه‌ای شود. همچنین، مسائل امنیتی و حریم خصوصی، علی‌رغم فراوانی کمتر، نیازمند توجه جدی هستند، زیرا می‌توانند مانع مهمی در پذیرش گسترده این فناوری‌ها باشند.

یافته‌های این پژوهش در قسمت چهارچوب‌های پیشنهادی نشان می‌دهد که یکپارچه‌سازی مدیریت اطلاعات ساختمان با فناوری واقعیت ترکیبی با فراوانی ۲۵٪ بیشترین تمرکز را در مطالعات داشته است. پس از آن، استفاده از هوش مصنوعی و یادگیری ماشین با ۱۸٪ و توسعه سیستم‌های تعاملی و رابط کاربری با ۱۵٪ در رتبه‌های بعدی قرار دارند. همچنین موضوعاتی مانند استفاده از سنسورها (۱۲٪) مدیریت داده و پردازش تصویر (۱۰٪) و توسعه پلتفرم‌های مشترک (۸٪) نیز مورد توجه پژوهشگران بوده است.

بررسی‌ها نشان می‌دهد که روند پژوهش‌ها به سمت رویکردهای ترکیبی و یکپارچه‌سازی فناوری‌های مختلف حرکت می‌کند. نکته قابل توجه این است که علاوه بر جنبه‌های فنی، توجه به عوامل انسانی و ارگونومیک با ۷٪ و مباحث آموزشی با ۵٪ نیز در مطالعات دیده می‌شود که نشان‌دهنده رویکرد جامع در توسعه این فناوری‌هاست. این روند تأکید می‌کند که موفقیت در پیاده‌سازی این فناوری‌ها مستلزم توجه هم‌زمان به جنبه‌های فنی و انسانی است.

با تحلیل نکات کلیدی استخراج‌شده از مقالات، می‌توان موضوعات کلیدی را به چند دسته اصلی تقسیم کرد. این دسته‌ها و فراوانی نسبی آن‌ها عبارت‌اند از:

- ۱- کاهش خطاهای انسانی و افزایش بهره‌وری (شامل مواردی مانند کاهش خطا، افزایش کارایی و بهبود بهره‌وری) (حدود ۲۵٪)
 - ۲- بهبود دقت اندازه‌گیری و کیفیت (شامل بهبود دقت، کاهش هدررفت منابع و بهبود کیفیت طراحی) (حدود ۲۰٪)
 - ۳- تسهیل همکاری و ارتباطات (شامل بهبود همکاری تیمی، ارتباطات بین ذی‌نفعان و همکاری از راه دور) (حدود ۱۵٪)
 - ۴- بهبود آموزش و توسعه مهارت‌ها (شامل آموزش، توسعه مهارت‌های تخصصی و آموزش ایمنی) (حدود ۱۵٪)
 - ۵- یکپارچه‌سازی فناوری‌های نوین و مدیریت اطلاعات ساختمان (شامل ادغام واقعیت ترکیبی با سایر فناوری‌ها) (حدود ۲۵٪).
- در بخش بعد نظر متخصصان درباره این موضوعات بررسی شده است.

نظرسنجی با روش کیو

پژوهش حاضر از نظرسنجی کیو بهره برده است. روش کیو، به‌عنوان یک رویکرد تحقیق کمی-کیفی، امکان بررسی سیستماتیک و اکتشافی دیدگاه‌های ذهنی افراد در مورد یک موضوع خاص را فراهم می‌آورد (Watts & Stenner, 2012).

انتخاب روش کیو برای این پژوهش، مبتنی بر ماهیت چندوجهی و پیچیده موضوع موردبررسی و نیز نیاز به درک عمیق‌تر دیدگاه‌های متخصصان بود. از آنجاکه پروژه‌های هوشمند ساختمانی و فناوری‌های واقعیت ترکیبی، حوزه‌هایی نسبتاً نوظهور و با ابعاد فنی، اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی گوناگون هستند، استفاده از روش کیو این امکان را فراهم می‌سازد تا تنوع دیدگاه‌ها و الگوهای فکری متخصصان در این زمینه به‌صورت جامع و نظام‌مند شناسایی و تحلیل شود. به‌علاوه، روش کیو امکان کمی‌سازی داده‌های کیفی را فراهم می‌آورد و از این طریق، امکان مقایسه و رتبه‌بندی دیدگاه‌های مختلف را میسر می‌سازد.

این مطالعه شامل نظرسنجی از ۱۵ متخصص است و از نظر سنی و تحصیلی تنوع

چشمگیری دارند. ۱۳٪ از پاسخ‌دهندگان دارای تجربه کاری کمتر از ۵ سال، ۲۰٪ بین ۵ تا ۱۰ سال سابقه کار، ۲۶٪ بین ۱۰ تا ۲۰ سال و ۴۰٪ دارای بیش از ۲۰ سال تجربه کاری هستند. این توزیع سنی نشان‌دهنده گستردگی و تجربه عمیق پرسش‌شوندگان درباره این فناوری‌ها می‌باشد. تنوع در تحصیلات متخصصان نیز بخش مهمی از این تحقیق را تشکیل می‌دهد. از بین ۱۵ متخصص، ۴۰٪ دارای مدرک کارشناسی، ۲۶٪ کارشناسی ارشد و ۳۳٪ دارای دکترای هستند. این توزیع تحصیلی نشان‌دهنده کیفیت بالای نظرات و برداشتها در خصوص موضوع پژوهش است.

اجرای روش کیو در این پژوهش شامل مراحل زیر بوده است:

- (۱) تدوین مجموعه عبارات کیو^۱ بر اساس نتیجه بررسی مقالات مرحله قبل؛ (۲) انتخاب نمونه‌ای هدفمند از متخصصان حوزه^۲؛ (۳) انجام فرایند مرتب‌سازی عبارات کیو توسط متخصصان^۳؛ (۴) تحلیل داده‌های حاصل از مرتب‌سازی.
- در جدول شماره ۱ سؤالات پرسشنامه یا همان مجموعه عبارات کیو به ترتیب حوزه‌های نظرسنجی مورد پرسش درج شده‌اند.

جدول ۱. سؤالات نظرسنجی

ردیف	سؤال	حوزه نظرسنجی
Q1	میزان آشنایی با اصول اولیه تکنولوژی واقعیت افزوده	میزان آشنایی با واقعیت افزوده
Q2	میزان آشنایی با نحوه کارکرد تکنولوژی واقعیت افزوده	
Q3	تعداد حضور در دوره‌های آموزشی مرتبط با واقعیت افزوده	
Q4	میزان آشنایی با کاربردهای واقعیت افزوده در پروژه هوشمند ساختمانی	
Q5	میزان تبصر در کار با واقعیت افزوده در پروژه هوشمند ساختمانی	
Q6	مقدار مقالات خوانده‌شده و فیلم‌های آموزشی مشاهده‌شده درباره واقعیت افزوده	
Q7	میزان آشنایی با مزایا و محدودیت‌های تکنولوژی واقعیت افزوده	
Q8	میزان آشنایی با نرم‌افزارها و ابزارهای مختلف واقعیت افزوده	

1 Q-set

2 P-set

3 Q-sorting

ردیف	سؤال	حوزه نظرسنجی
Q9	تعداد حضور در سمینارها و کنفرانس‌های مرتبط با واقعیت افزوده	
Q10	میزان توانایی پیاده‌سازی واقعیت افزوده در پروژه هوشمند ساختمانی	
Q11	میزان آشنایی با اصول اولیه تکنولوژی واقعیت مجازی	میزان آشنایی با واقعیت مجازی
Q12	میزان آشنایی با نحوه کارکرد تکنولوژی واقعیت مجازی	
Q13	تعداد حضور در دوره‌های آموزشی مرتبط با واقعیت مجازی	
Q14	میزان اطلاع از کاربردهای واقعیت مجازی در پروژه هوشمند ساختمانی	
Q15	مقدار مقالات خوانده‌شده و فیلم‌های آموزشی مشاهده‌شده درباره واقعیت مجازی	
Q16	میزان اطلاع از مزایا و محدودیت‌های واقعیت مجازی	
Q17	میزان آشنایی با نرم‌افزارها و ابزارهای مختلف واقعیت مجازی	
Q18	تعداد حضور در سمینارها و کنفرانس‌های مرتبط با واقعیت مجازی	
Q19	میزان توانایی پیاده‌سازی واقعیت مجازی در پروژه هوشمند ساختمانی	
Q20	میزان افزایش دقت در اجرای نقشه‌ها با استفاده از سیستم‌های یکپارچه واقعیت افزوده و مجازی در پروژه‌های ساخت‌وساز	مزایا و معایب فنی واقعیت ترکیبی
Q21	میزان کاهش خطاهای اجرایی در پروژه‌های ساختمانی با کمک فناوری‌های یکپارچه واقعیت افزوده و مجازی	
Q22	میزان مقرون به صرفه‌بودن هزینه پیاده‌سازی سیستم‌های یکپارچه واقعیت افزوده و مجازی در مقایسه با مزایای آن در پروژه‌های ساخت‌وساز	
Q23	میزان بهبود ارتباط و همکاری بین تیم‌های مختلف پروژه با استفاده از سیستم‌های یکپارچه واقعیت افزوده و مجازی	
Q24	میزان تسهیل آموزش کارکنان با استفاده از سیستم‌های یکپارچه واقعیت افزوده و مجازی در محیط کارگاه ساختمانی	
Q25	میزان تأثیر استفاده از سیستم‌های یکپارچه واقعیت افزوده و مجازی در بازرسی‌های ایمنی و کنترل کیفیت ساخت‌وساز	
Q26	امکان شناسایی و رفع مشکلات احتمالی قبل از اجرای فیزیکی توسط فناوری یکپارچه واقعیت افزوده و مجازی	
Q27	امکان یکپارچه‌سازی آسان واقعیت افزوده و مجازی با سیستم‌های مدل‌سازی اطلاعات ساختمان موجود	
Q28	میزان صرفه‌جویی در زمان و هزینه با استفاده از سیستم‌های یکپارچه واقعیت افزوده و مجازی در مدیریت پروژه ساختمانی	

ردیف	سؤال	حوزه نظرسنجی
Q29	میزان بهبود ایمنی کارگران در محیط ساخت و ساز با کمک فناوری های یکپارچه واقعیت افزوده و مجازی	
Q30	میزان موانع برای استفاده مناسب از فناوری یکپارچه واقعیت افزوده و مجازی با توجه به محدودیت های سخت افزاری برای پردازش مدل های سه بعدی	
Q31	میزان موانع پیاده سازی بابت هزینه های بالای سرمایه گذاری اولیه، برای خرید تجهیزات و نرم افزارهای تخصصی این فناوری ها	مزایا و معایب اقتصادی واقعیت ترکیبی
Q32	میزان موانع یادگیری و هزینه های آموزش کارکنان و زمان صرف شده برای اجرای این فناوری ها	
Q33	میزان محدودکننده بودن استفاده از فناوری یکپارچه واقعیت افزوده و مجازی، در پروژه های کوچک با توجه به نسبت هزینه به فایده و عدم توجه اقتصادی	
Q34	مقدار چالش برانگیز بودن و مقاومت کارکنان در پذیرش و استفاده از فناوری های جدید، ترس از تغییر در روش های کاری و نگرانی از جایگزینی نیروی انسانی	
Q35	میزان مشکل ساز بودن کمبود متخصصان با دانش کافی در زمینه توسعه، پیاده سازی و پشتیبانی سیستم های فناوری یکپارچه واقعیت افزوده و مجازی	
Q36	میزان موانع و مشکلات فیزیولوژیکی کاربران در استفاده طولانی مدت از هدست های این تکنولوژی ها	
Q37	مقدار بی اعتمادی و منع پذیرش در مدیران و کارفرمایان به کارایی و قابلیت فناوری های واقعیت افزوده و مجازی در محیط های ساختمانی	
Q38	میزان موانع و محدودیت های زیرساختی برای استفاده مؤثر در محل (مانند سرعت پایین اینترنت، عدم پوشش شبکه مناسب و مشکلات انتقال داده)	
Q39	میزان نگرانی های امنیتی مربوط به حفاظت از داده های حساس پروژه، حریم خصوصی و خطرات حملات سایبری	
Q40	مقدار احتمال فراهم کردن امکان احساس بافت، دما و مقاومت مصالح ساختمانی در محیط مجازی برای انسان توسط فناوری های لمسی پیشرفته	پیش بینی آینده
Q41	مقدار احتمال روایات های ساختمانی مجهز به واقعیت افزوده و مجازی و فناوری لمسی که قادر به انجام عملیات ساخت و ساز پیچیده با دقت بالا باشند	
Q42	مقدار احتمال جایگزین شدن سیستم های آموزش حرفه ای مبتنی بر واقعیت افزوده و مجازی با روش های سنتی آموزش در صنعت ساختمان	
Q43	مقدار احتمال توسعه سیستم های تشخیص خودکار عیوب با استفاده از ترکیب سنسورهای اینترنت اشیا و نمایش واقعیت افزوده و مجازی با بازخورد لمسی	

ردیف	سؤال	حوزه نظرسنجی
Q44	مقدار احتمال ایجاد سیستم‌های هوشمند مدیریت مصالح از ترکیب سنسورهای اینترنت اشیا و نمایش واقعیت افزوده و مجازی با بازخورد لمسی	
Q45	مقدار احتمال توسعه سیستم‌های طراحی تعاملی که امکان تغییر آبی طرح‌ها را با استفاده از حرکات دست و بازخورد لمسی فراهم می‌کند	

ماتریس کامل داده‌های حاصل از پاسخ‌های نظرسنجی سؤالات فوق، در پیوست ۲ ارائه شده است.

ماتریس همبستگی^۱

ماتریس همبستگی در روش کیو، یک جدول مقارن است که ضرایب همبستگی بین پاسخ‌های شرکت کنندگان (افراد) به سؤالات پرسشنامه کیو را نشان می‌دهد. هر سطر و ستون این ماتریس، نشان‌دهنده یک شرکت کننده است و مقدار عددی موجود در هر خانه، ضریب همبستگی بین پاسخ‌های دو شرکت کننده را نشان می‌دهد. این ضریب همبستگی، میزان شباهت یا تفاوت بین دیدگاه‌ها و نظرات دو شرکت کننده را مشخص می‌کند. ضرایب همبستگی معمولاً بین ۱- و ۱ متغیر هستند، جایی که ۱ نشان‌دهنده همبستگی کامل مثبت، ۱- نشان‌دهنده همبستگی کامل منفی و ۰ نشان‌دهنده عدم وجود همبستگی است.

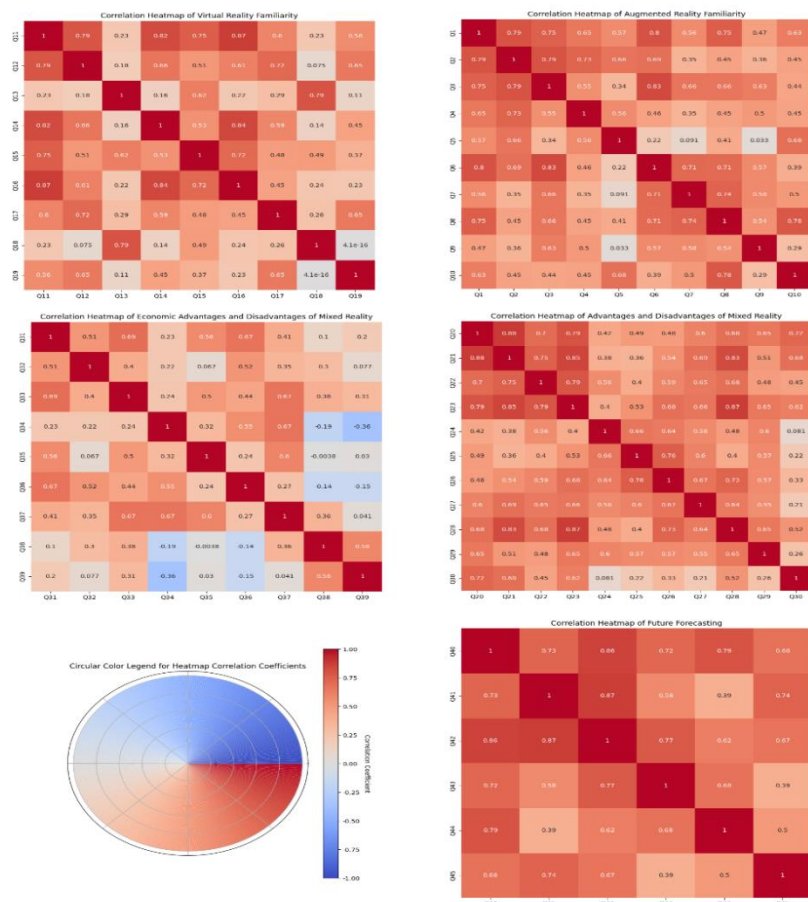
نمودار حرارتی ماتریس همبستگی^۲ یک نمایش گرافیکی از ماتریس همبستگی است که در آن، از رنگ‌ها برای نشان دادن مقادیر ضرایب همبستگی استفاده می‌شود. به‌طور معمول، رنگ‌های گرم (مانند قرمز) برای نشان دادن همبستگی‌های مثبت قوی، رنگ‌های سرد (مانند آبی) برای نشان دادن همبستگی‌های منفی قوی و رنگ‌های میانی (مانند سفید یا خاکستری) برای نشان دادن همبستگی‌های ضعیف یا عدم وجود همبستگی استفاده می‌شوند. استاندارد مشخصی برای رنگ‌ها وجود ندارد و بسته به نرم‌افزار و تنظیمات مورد استفاده، می‌تواند متفاوت باشد. این نمودار حرارتی به محقق کمک می‌کند

1 Correlation Matrix

2 Correlation Matrix Heatmap

تا به سرعت الگوها و ساختارهای موجود در داده‌ها را شناسایی کند. به عنوان مثال، خوشه‌هایی از شرکت کنندگان که دارای همبستگی مثبت قوی هستند، ممکن است نشان‌دهنده وجود گروه‌هایی با دیدگاه‌های مشابه باشند (Watts & Stenner, 2012). در شکل ۱ نقشه حرارتی ماتریس‌های همبستگی این پژوهش را با توجه به حوزه مورد نظر ترسیم گردیده است.^۱

شکل ۱. نقشه حرارتی ماتریس‌های همبستگی



منبع: یافته‌های تحقیق حاضر

۱ کدهای پایتون کلیه تحلیل‌های نظر سنجی کیو در پیوست ۳ موجود است.

شاخص ارزیابی کفایت نمونه^۱:

این شاخص معیاری برای سنجش کفایت نمونه‌برداری در تحلیل عاملی است. این شاخص نشان می‌دهد که آیا داده‌ها برای انجام تحلیل عاملی مناسب هستند یا خیر و مقدار آن بین صفر و یک است. مقادیر نزدیک به ۱ کفایت نمونه‌برداری عالی، بین ۰/۷ و ۰/۸ کفایت نمونه‌برداری خوب، بین ۰/۶ و ۰/۷ کفایت نمونه‌برداری متوسط و کمتر از ۰/۵ کفایت نمونه‌برداری غیرقابل قبول را نشان می‌دهند (Watts & Stenner, 2012).

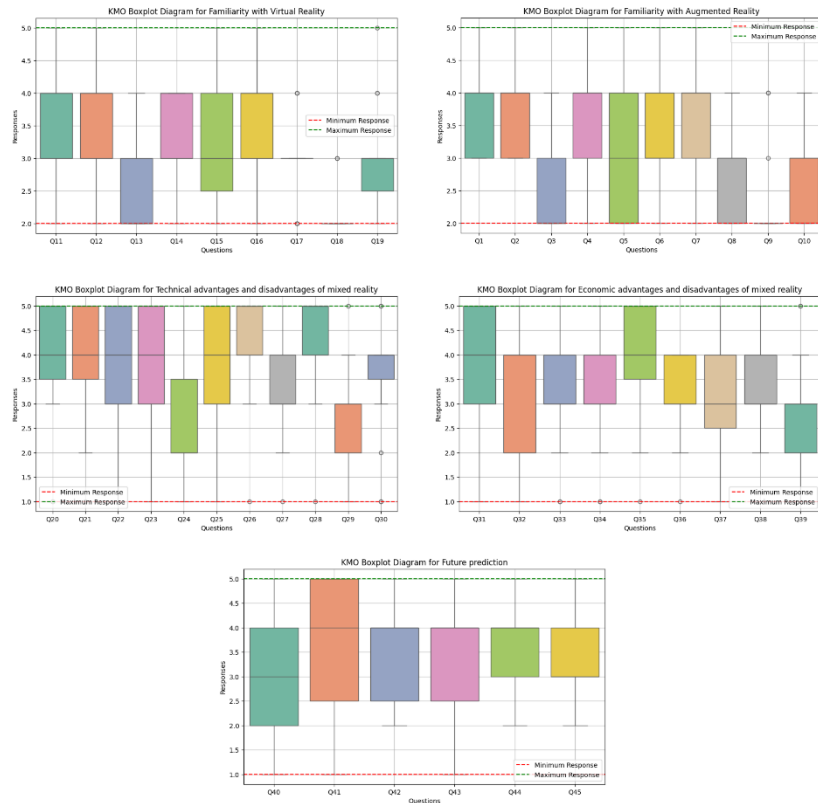
نمودار جعبه‌ای شاخص ارزیابی کفایت نمونه، توزیع مقادیر در بین متغیرها را به صورت شکل نشان می‌دهد. این نمودار فقط به تحلیل اولیه بصری پژوهشگر کمک می‌کند.

در شکل ۲ نمودار جعبه‌ای شاخص ارزیابی کفایت نمونه این پژوهش را به تفکیک حوزه‌ها ترسیم گردیده است.^۲

1 KMO (Kaiser-Meyer-Olkin)

۲ کدهای پایتون کلیه تحلیل‌های نظر سنجی کیو در پیوست ۳ موجود است

شکل ۲. نمودار جعبه‌ای شاخص ارزیابی کفایت نمونه



منبع: یافته‌های تحقیق حاضر

تحلیل عاملی اکتشافی

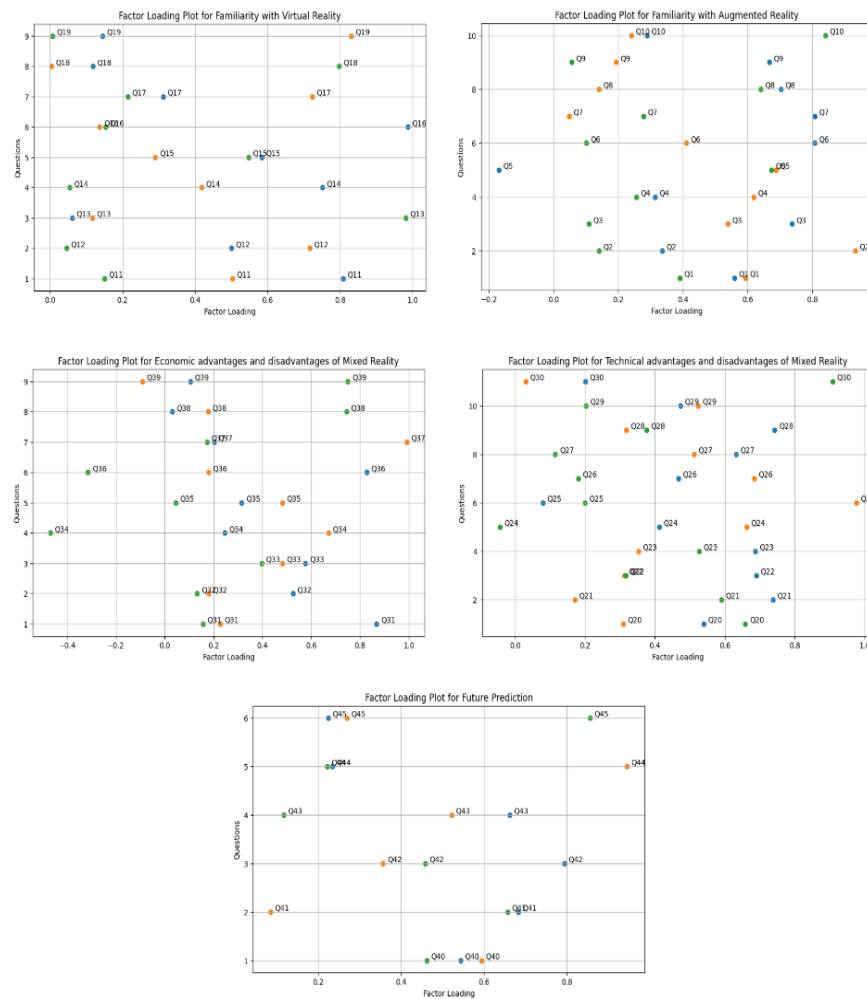
تحلیل عاملی اکتشافی یک روش آماری است که به محقق این امکان را می‌دهد تا ساختار زیرین داده‌های پیچیده را شناسایی کند و روابط عمیق بین متغیرها را بررسی نماید، بدون این که فرضیات مشخصی درباره این روابط داشته باشند. این تحلیل به دنبال کشف عوامل نهفته‌ای است که می‌توانند بر متغیرهای مشاهده‌شده تأثیر بگذارند. این روش به محقق این امکان را می‌دهد که با تحلیل داده‌ها، الگوها و روابط جدیدی را شناسایی کند و فرضیات جدیدی را برای تحقیقات آینده شکل دهد.

نمودار بار عاملی به تحلیل‌گران کمک می‌کند تا به سرعت متغیرهای کلیدی که

همگرایی واقعیت افزوده و واقعیت مجازی، نظر متخصصان به واقعیت ترکیبی...؛ بهبود و همکاران | ۲۶۱

بیشترین ارتباط را با هر عامل دارند شناسایی کنند. این فهم بصری در شناسایی باعث فهم عمیق تری از ساختار داده‌ها و تأثیر متغیرها بر یکدیگر می‌شود.

شکل ۳. نمودار بار عاملی برای هر حوزه



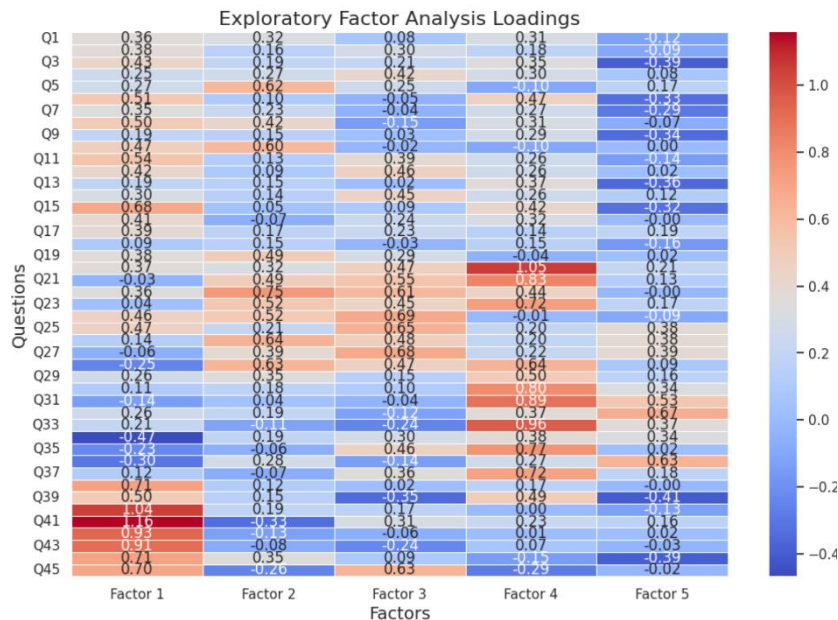
منبع: یافته‌های تحقیق حاضر

بارهای عاملی، اعدادی هستند که نشان‌دهنده قدرت و جهت رابطه یک متغیر ویژه (سوالات نظرسنجی در اینجا) با یک عامل خاص (حوزه در اینجا) هستند. به هر متغیر

یک بار عاملی اختصاص داده می شود که مقدار آن نشان دهنده چقدر متغیر با آن عامل مرتبط است.

جدول حرارتی بارهای عاملی، ابزاری بصری برای نمایش روابط بین متغیرهای مشاهده شده و عوامل پنهان در تحلیل عاملی اکتشافی است. این جدول شامل سطرهایی برای سؤالات و ستون هایی برای عوامل است و هر خانه بار عاملی مربوطه را نمایش می دهد. رنگ ها در این جدول اطلاعات کلیدی را منتقل می کنند: رنگ های قرمز نشان دهنده بارهای عاملی مثبت قوی (نزدیک به ۱) هستند و تأثیر مثبت متغیر بر عامل را نشان می دهند. رنگ های آبی نمایانگر بارهای منفی یا ضعیف (نزدیک به -۱) هستند که به تأثیر منفی متغیر بر عامل اشاره دارند و رنگ های خاکستری نشان دهنده بارهای نزدیک به ۰ هستند که تأثیر چندانی ندارند. این نمودار ابزاری مهم برای درک روابط پیچیده داده ها و شناسایی الگوهای کلیدی در پژوهش ها است (Watts & Stenner, 2012).

شکل ۴. جدول حرارتی بارهای عاملی



منبع: یافته های تحقیق حاضر

یافته‌های پژوهش

ماتریس همبستگی

ماتریس همبستگی در حوزه میزان آشنایی با واقعیت افزوده نشان‌دهنده ارتباط قوی بین سؤالات موجود است. بالاترین همبستگی ۰/۸۰۰۸ میان Q1 و Q6 وجود دارد که به‌وضوح بیانگر این است که آشنایی بیشتر با نرم‌افزارها و ابزارهای واقعیت افزوده به تسلط در جنبه‌های فنی و عملی آن مرتبط است. همچنین همبستگی ۰/۷۲۷۳ بین Q2 و Q4 حاکی از این است که پاسخ‌دهندگان که در شناخت اولیه نسبت به واقعیت افزوده قوی‌تر هستند، درک بهتری از جنبه‌های فنی آن دارند. میزان آشنایی با واقعیت مجازی نیز با همبستگی بالایی بین Q11 و Q16 به مقدار ۰/۸۶۷۴ مشخص شده که حاکی از رابطه نزدیک و مؤثر در درک این فناوری‌ها است. همچنین همبستگی ۰/۶۵۷۹ بین Q12 و Q14 می‌تواند نشان‌دهنده این باشد که تخصص در یکی از جنبه‌های واقعیت مجازی می‌تواند به درک بهتر از سایر جنبه‌ها نیز منجر شود.

در حوزه مزایا و معایب فنی واقعیت ترکیبی، همبستگی ۰/۸۸۱۶ بین Q20 و Q21 نمایانگر وجود نگرش مشابه نسبت به مزایا و معایب فنی واقعیت ترکیبی است. با همبستگی ۰/۸۵۰۶ بین Q21 و Q23 به نظر می‌رسد که نگرش متخصصان در زمینه تحلیل تجربی این فناوری‌ها، بر اساس تجارب مشابه ساخته شده است. ماتریس همبستگی بین Q31 و Q33 نشان می‌دهد که همبستگی ۰/۶۸۷۶ موجود بیانگر همسویی رویکردهای اقتصادی در ارزیابی واقعیت ترکیبی است. در ضمن، همبستگی ۰/۳۱۸۹ بین Q34 و Q35 می‌تواند نشان‌دهنده نیاز به تحقیقات بیشتر در خصوص ابعاد اقتصادی جوانب فناوری باشد. در حوزه پیش‌بینی آینده، همبستگی قوی ۰/۸۵۷۳ بین Q40 و Q42 حاکی از تأثیر مثبت تجربیات کنونی بر پیش‌بینی‌های آینده است. همبستگی ۰/۷۲۷۱ بین Q40 و Q41 می‌تواند بیانگر دیدگاه مثبت متخصصان در رابطه با زمینه‌های اقتصادی و اجتماعی فناوری‌های نوین باشد.

بررسی ماتریس همبستگی کلی بین حوزه‌های مختلف به محقق این امکان را می‌دهد

که ارتباطات عمیق و پیچیده‌ای را که میان یافته‌ها و تجربیات مختلف وجود دارد، شناسایی نماید. همبستگی $0/8573$ بین Q42 (پیش‌بینی آینده) و Q40 (مزایا و معایب اقتصادی) بیانگر این است که تفکر اقتصادی مثبت و ارزیابی دقیق از وضعیت کنونی، می‌تواند پیش‌بینی‌های دقیق‌تری را به همراه داشته باشد. این همبستگی می‌تواند دلیلی بر ارتباط مثبت میان تحلیل‌های اقتصادی و آینده‌نگری در زمینه پروژه‌های هوشمند ساختمانی باشد. علاوه بر این، همبستگی $0/6765$ میان Q11 (واقعیت مجازی) و Q16 (واقعیت افزوده) نشان می‌دهد که توانایی متخصصان در یک حوزه می‌تواند به ارتقای درک آنان از دیگر حوزه‌ها منجر شود. این موارد تأکید می‌کند که تأثیر همگرایی فناوری‌های واقعیت مجازی و افزوده، نه تنها در جنبه‌های تجربی و علمی بلکه در جنبه‌های اقتصادی نیز قابل توجه است.

شاخص ارزیابی کفایت نمونه

این شاخص به منظور سنجش کفایت نمونه برای تحلیل عاملی استفاده می‌شود و مقدار آن بین صفر و یک متغیر است و مقادیر زیر $0/5$ معمولاً به عنوان داده ناکافی برای انجام تحلیل عاملی در نظر گرفته می‌شوند.

برای حوزه میزان آشنایی با واقعیت افزوده، این شاخص برابر با $0/743$ محاسبه شد. این مقدار نشان‌دهنده کفایت نمونه و قابلیت مناسب داده‌ها برای تحلیل عاملی است. به وضوح، آشنایی با واقعیت افزوده در میان شرکت‌کنندگان نمرات مناسبی کسب کرده است که نشان‌دهنده فهم و آگاهی خوب متخصصان در این حوزه می‌باشد.

این شاخص برای حوزه میزان آشنایی با واقعیت مجازی برابر با $0/671$ می‌باشد. این عدد نشان‌دهنده آن است که داده‌ها به اندازه کافی برای تحلیل عاملی مناسب هستند، اما به اندازه حوزه آشنایی با واقعیت افزوده قوی نیستند. متخصصان در حوزه واقعیت مجازی نیز نسبتاً نمرات بالایی کسب کرده‌اند که بر امیدواری به تداوم آموزش و به‌روزرسانی اطلاعات در این زمینه تأکید دارد.

در حوزه مزایا و معایب فنی واقعیت ترکیبی، این شاخص برابر با $0/792$ محاسبه گردید که نشان‌دهنده کفایت بالای نمونه و یک تناسب مطلوب برای تحلیل عاملی است. این مقدار

بازتاب‌دهنده این واقعیت است که متخصصان با مزایا و معایب فنی واقعیت ترکیبی آشنا هستند و به این شناخت تسلط دارند.

در حوزه مزایا و معایب اقتصادی واقعیت ترکیبی، این شاخص برابر با ۰/۷۴۳ محاسبه شد. این مقدار قابل قبول نشان‌دهنده وجود اطلاعات معنادار در باری مزایا و معایب اقتصادی این فناوری‌ها است، به‌طوری که متخصصان می‌توانند در زمینه‌های اقتصادی به درک عمیق تفاوت‌ها و مزیت‌ها بپردازند.

مقدار این شاخص در حوزه پیش‌بینی آینده ۰/۶۸۴ محاسبه شده است. باوجود این که این عدد نسبت به سایر حوزه‌ها کمی پایین‌تر است، اما به‌طور کلی نشانه‌های کافی از مناسب بودن داده‌ها برای تحلیل عاملی را فراهم می‌کند. از بررسی این اطلاعات به نظر می‌رسد که متخصصان در زمینه پیش‌بینی آینده با دقت و احتیاط بیشتری عمل می‌کنند.

تحلیل عاملی اکتشافی

در حوزه تجزیه و تحلیل میزان آشنایی با واقعیت افزوده، از داده‌های مربوط به سؤالات Q1 تا Q10 استفاده شد. از نتایج تحلیل عاملی اکتشافی، دو عامل اصلی شناسایی شدند که به ترتیب ۴۲٪ و ۲۸٪ از واریانس داده‌ها را توضیح می‌دهند. عامل اول غالباً با سؤالات Q1، Q2، Q4، Q6 و Q7 همبستگی بالایی داشت و نشان می‌دهد که متخصصان بیشتر با مفاهیم پایه‌ای واقعیت افزوده آشنایی دارند. عامل دوم به سؤالات Q3، Q5، Q8، Q9 و Q10 مرتبط بود که بیانگر آشنایی کمتر آن‌ها با کاربردهای پیشرفته‌تر واقعیت افزوده است. به‌طور کلی، نشان می‌دهد که درک عمیقی از مفاهیم پایه‌ای وجود دارد، درحالی که کاربردهای پیشرفته‌تر کمتر مورد توجه قرار گرفته‌اند.

در حوزه آشنایی با واقعیت مجازی، نتایج تحلیل عاملی اکتشافی بر روی سؤالات Q11 تا Q19 نشان داد که دو عامل اصلی به ترتیب ۳۸٪ و ۳۱٪ از واریانس داده‌ها را تبیین می‌کنند. عامل اول با سؤالات Q11، Q12، Q14، Q16 و Q19 همبستگی دارد و بر آشنایی عمومی با مفاهیم پایه‌ای واقعیت مجازی تأکید می‌کند. عامل دوم نیز با سؤالات Q13، Q15، Q17 و Q18 همبسته است و نشان‌دهنده چالش‌های درک کاربردهای پیشرفته‌تر واقعیت مجازی

می‌باشد. مشابه با حوزه واقعیت افزوده، متخصصان در زمینه واقعیت مجازی نیز بیشتر با مفاهیم پایه‌ای آشنا هستند و درک کمتری از کاربردهای پیشرفته دارند.

در تحلیل مزایا و معایب فنی واقعیت ترکیبی، سؤالات Q20 تا Q30 موردبررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که سه عامل اصلی به ترتیب ۳۵٪، ۲۷٪ و ۱۸٪ از واریانس داده‌ها را در بر می‌گیرند. عامل اول با سؤالات Q20، Q21، Q23، Q26 و Q28 در ارتباط است و نشان‌دهنده مزایای فنی واقعیت ترکیبی است. عامل دوم به چالش‌های فنی مرتبط با سؤالات Q22، Q24، Q25 و Q27 اشاره دارد. عامل سوم نیز به چالش‌های پیاده‌سازی واقعیت ترکیبی مربوط می‌شود. در کل به نظر می‌رسد، متخصصان مزایا را بیشتر از معایب می‌بینند، اما چالش‌های فنی نیز تاثیر گذارند.

در بررسی مزایا و معایب اقتصادی واقعیت ترکیبی، سؤالات Q31 تا Q39 تحلیل شد. دو عامل اصلی به ترتیب ۴۰٪ و ۲۹٪ از واریانس داده‌ها را تبیین کردند. عامل اول با سؤالات Q31، Q33، Q35 و Q37 همبستگی داشت و نشان‌دهنده مزایای اقتصادی واقعیت ترکیبی است. عامل دوم با سؤالات Q32، Q34، Q36 و Q38 مرتبط بود و به معایب اقتصادی این فناوری اشاره می‌کرد. به نظر می‌رسد متخصصان مزایای اقتصادی را بیشتر از معایب آن می‌دانند، اما معایب اقتصادی نیز باید جدی گرفته شوند.

در تحلیل حوزه پیش‌بینی آینده، سؤالات Q40 تا Q45 موردبررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که دو عامل اصلی به ترتیب ۳۶٪ و ۳۰٪ از واریانس داده‌ها را تبیین می‌کنند. عامل اول با سؤالات Q41، Q42، Q44 و Q45 در ارتباط بود و نشان‌دهنده خوش‌بینی نسبت به آینده واقعیت ترکیبی است. عامل دوم به تردیدهای موجود در مورد آینده این فناوری مربوط می‌شود که با سؤالات Q40 و Q43 همبستگی دارد. در کلیت، به نظر می‌رسد که متخصصان اغلب نسبت به آینده واقعیت ترکیبی خوش‌بین هستند، اما برخی نگرانی‌ها نیز وجود دارد.

تحلیل عاملی اکتشافی در مورد تمام حوزه‌ها نیز با استفاده از داده‌های مربوط به سؤالات Q1 تا Q45 انجام شد. این تحلیل سه عامل اصلی را شناسایی کرد که به ترتیب ۳۲٪، ۲۵٪ و ۱۸٪ از واریانس داده‌ها را تبیین می‌کنند. عامل اول به سؤالات مربوط به آشنایی با واقعیت

افزوده و واقعیت مجازی ارتباط دارد و نشان‌دهنده آشنایی عمومی با این فناوری‌ها است. عامل دوم به سؤالات مزایا و معایب فنی و اقتصادی واقعیت ترکیبی مربوط می‌شود که شناخت متخصصان از این فناوری را نشان می‌دهد. عامل سوم نیز به سؤالات مرتبط با پیش‌بینی آینده مربوط است و بینش متخصصان نسبت به آینده واقعیت ترکیبی را منعکس می‌سازد.

این نتایج نشان می‌دهد که متخصصان در مجموع با مفاهیم پایه‌ای واقعیت افزوده و واقعیت مجازی آشنایی بیشتری دارند و درک کمتری از کاربردهای پیشرفته‌تر این فناوری‌ها دارند. علاوه بر این، آن‌ها مزایای فنی و اقتصادی واقعیت ترکیبی را بیشتر از معایب آن می‌دانند، هرچند که چالش‌های فنی و اقتصادی نیز قابل توجه است. درنهایت، متخصصان به‌طور کلی در مورد آینده واقعیت ترکیبی خوش‌بین هستند، اما نگرانی‌ها و تردیدهایی نیز وجود دارد.

بحث و نتیجه‌گیری

هدف این پژوهش بررسی نظرات متخصصان ایرانی درباره ادغام واقعیت افزوده و واقعیت مجازی در پروژه‌های هوشمند ساختمانی بوده است. نتایج به‌دست آمده از این مطالعه به‌خوبی نمایان‌گر اهمیت این فناوری‌ها در بهبود عملکرد و کارایی در صنعت ساخت‌وساز بوده و تأثیرات متعدد آن‌ها بر جنبه‌های فنی، اقتصادی و اجتماعی شناسایی گردید. یافته‌ها نشان می‌دهد که ادغام واقعیت افزوده و واقعیت مجازی پتانسیل بالایی در تحول صنعت ساخت‌وساز ارائه می‌دهد.

در حوزه میزان آشنایی با واقعیت افزوده و واقعیت مجازی، نتایج مربوط به ماتریس همبستگی، ارتباط عمیق و قابل توجهی بین آشنایی متخصصان با نرم‌افزارها و ابزارهای واقعیت افزوده و توانایی آن‌ها در تسلط بر جنبه‌های فنی و عملی این فناوری نشان می‌دهد. به‌ویژه، همبستگی قوی موجود میان سؤالات می‌تواند نشان‌دهنده این باشد که تخصص در یک حوزه می‌تواند به تسلط در سایر جنبه‌های فناوری‌های واقعیت افزوده و مجازی منجر شود. در تحلیل عاملی اکتشافی، دو عامل اصلی شناسایی شدند که نشان‌دهنده ساختارهای مشخصی از دانش میان متخصصان است. عامل اول به مفاهیم پایه‌ای واقعیت افزوده مربوط می‌شود و عامل دوم به

کاربردهای پیشرفته تر. نتایج به دست آمده از این تحلیل به خوبی گویای این مطلب است که با وجود آشنایی با مفاهیم اولیه، درک عملکرد و قابلیت های پیچیده تر این فناوری ها نیازمند توجه و آموزش بیشتر است.

یافته های پژوهش در زمینه مزایا و معایب فنی واقعیت ترکیبی نشان دهنده یک نگاه مثبت در میان متخصصان نسبت به این فناوری است. همبستگی بالای موجود با توجه به نتایج ماتریس همبستگی، نشان می دهد که نظرات مشابهی در مورد مزایا و چالش های فنی این فناوری وجود دارد. همچنین، نتایج تحلیل عاملی اکتشافی نیز نشان می دهد که متخصصان به طور کلی مزایای فنی واقعیت ترکیبی را بیشتر از معایب آن در نظر دارند که می تواند به نوعی بیانگر امیدواری به پیشرفت های آینده و توانمندی های این فناوری باشد. این نکته اعتبار و مشروعیت پیشرفت های فنی را تأیید می کند و بنابراین می توان امیدوار بود که با توسعه مداوم و تشویق به پذیرش این فناوری، صنعت ساختمان سازی در ایران می تواند از بهبود کارایی، کاهش خطا و بهینه سازی فرآیندها بهره مند گردد. یافته های مربوط به این حوزه مستلزم توجه خاص در استراتژی گذاری های مدیریتی و تبلیغاتی است تا به تسهیل پذیرش این فناوری ها توسط ذی نفعان کمک کند.

در بررسی مزایا و معایب اقتصادی واقعیت ترکیبی، همبستگی موجود نشان می دهد که متخصصان نسبت به مزایا و معایب اقتصادی این فناوری ها دارای نگرش مثبت هستند. تحلیل عاملی در این بخش نیز نشان گر این موضوع است که هزینه ها و منافع اقتصادی باید در ترکیب با ارزیابی فنی لحاظ شوند. با تحلیل نتایج به نظر می رسد متخصصان توانسته اند به آگاهی نسبی به ابعاد اقتصادی این فناوری دست یابند اما به نظر می رسد که درک عمیق تری از چالش ها و مشکلات وجود ندارد. نکته ای که در این زمینه برجسته است، نشان دهنده اهمیت تحقیق در ابعاد اقتصادی و تجاری فناوری واقعیت ترکیبی است. پیشرفت های اقتصادی مستلزم فعالیت های پژوهشی مستمر برای شفاف سازی ابعاد هزینه-فایده در این فناوری ها هستند تا از طریق آن ها، پذیرش و پیاده سازی مؤثرتر امکان پذیر گردد.

در آخرین حوزه مورد بررسی، یعنی پیش بینی آینده واقعیت ترکیبی آشکارا دارای نکات

امیدبخشی است. همبستگی قوی حاکی از یک بینش مثبت و خوش بینانه در خصوص آینده فناوری‌های نوین است. اگرچه نگرانی‌هایی مربوط به چالش‌ها و تردیدها در این زمینه وجود دارد، اما باید توجه داشت که متخصصان به پیشرفت‌های قابل ملاحظه‌ای در این حوزه امید دارند. تحلیل عاملی اکتشافی نیز نشان می‌دهد که آگاهی از نگرش‌های آینده‌نگر باعث می‌شود که متولیان و فعالان این زمینه بتوانند با درک بهتر از وضعیت کنونی، به برنامه‌ریزی‌های دقیق‌تری برای آینده دست یابند. این روند می‌تواند بستری برای نوآوری و هم‌افزایی میان فناوری‌های واقعیت افزوده و مجازی باشد.

این پژوهش دارای محدودیت‌هایی است که باید مورد توجه قرار گیرد. اول اینکه، عدم پوشش کامل و جامع تمامی تخصص‌ها و رشته‌های مرتبط ممکن است به فقدان تنوع داده‌های اصلی منجر شود. همچنین، به دلیل جدید بودن فناوری واقعیت ترکیبی، اطلاعات ممکن است به سرعت تغییر کند و این نکته می‌تواند بر دقت و اعتبار یافته‌ها تأثیر بگذارد. در نهایت، این پژوهش بیشتر بر روی متخصصان ایرانی متمرکز بوده و ممکن است این موضوع بر تعمیم‌پذیری یافته‌ها به سایر کشورها یا حتی مناطق ایران تأثیر گذار باشد.

با توجه به یافته‌های این پژوهش، پیشنهاد می‌شود که تحقیقات آینده به ابعاد عمیق‌تری از جوانب اجتماعی و فرهنگی پذیرش فناوری واقعیت ترکیبی پرداخته و چالش‌های آن را از منظر انسانی و اقتصادی بررسی کنند. علاوه بر این، انجام مطالعات تجربی در پروژه‌های واقعی می‌تواند به شفاف‌سازی بهتر و درک عمیق‌تر از مزایا و معایب فناوری‌های واقعیت ترکیبی کمک کند. همچنین، به کارگیری نظرات و نگرش‌های متخصصان می‌تواند به طراحی و عملیاتی کردن استراتژی‌های آموزشی و مشاوره‌ای مؤثر در این زمینه کمک کند. از طرفی، برگزاری کارگاه‌ها و سمینارهای آموزشی باهدف افزایش آشنایی و توانمندی‌های فنی متخصصان نیز می‌تواند ایمن‌ترین راه برای پذیرش گسترده این فناوری‌ها در صنعت ساختمان‌سازی باشد.

به عنوان نتیجه‌گیری نهایی، پژوهش حاضر نشان می‌دهد که همگرایی واقعیت افزوده و واقعیت مجازی در پروژه‌های هوشمند ساختمانی، پتانسیل قابل توجهی برای تحول در این

صنعت دارد. یافته‌های محققین حاکی از آن است که این فناوری‌ها می‌توانند منجر به بهبود چشمگیری در دقت، کارایی و ایمنی فرآیندهای ساختمانی شوند. بر اساس تحلیل‌های انجام‌شده، به نظر می‌رسد که متخصصان بیشتر با مفاهیم پایه‌ای واقعیت افزوده و مجازی‌آشنایی دارند و درک عمیقی از کاربردهای پیشرفته‌تر این فناوری‌ها هنوز در حال شکل‌گیری است. علی‌رغم این محدودیت، نتایج پژوهش نشان می‌دهد که مزایای فنی و اقتصادی این فناوری‌ها می‌تواند بسیار امیدوارکننده باشد. چالش‌های موجود، به‌ویژه در حوزه‌های فنی، سخت‌افزاری و زیرساختی، می‌تواند از موانع اصلی پیاده‌سازی گسترده این فناوری‌ها باشد. با این حال، یافته‌ها نشان می‌دهد که توجه هم‌زمان به جنبه‌های فنی و انسانی می‌تواند راهکار مؤثری برای غلبه بر این چالش‌ها باشد.

پیش‌بینی آینده نشان می‌دهد که متخصصان نسبتاً خوش‌بین هستند، اما همچنان نگرانی‌هایی در مورد پیچیدگی‌های فنی، هزینه‌ها و پذیرش کاربران وجود دارد. به نظر می‌رسد که یکپارچه‌سازی این فناوری‌ها با سیستم‌های مدیریت اطلاعات ساختمان و سایر فناوری‌های نوظهور مانند هوش مصنوعی و اینترنت اشیا می‌تواند نقطه عطفی در توسعه پروژه‌های هوشمند ساختمانی باشد. درنهایت، این پژوهش پیشنهاد می‌کند که موفقیت در پیاده‌سازی واقعیت ترکیبی، مستلزم رویکردی جامع است که شامل توسعه فنی، سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌ها، آموزش مداوم کاربران و توجه به جنبه‌های اقتصادی و اجتماعی می‌باشد.

تعارض منافع

نویسندگان هیچ‌گونه تعارض منافع ندارند.

ORCID

Reza Behbood

Ehsan Bagheri

Mohamad Mahdi

Zolfaghari Tehrani



<https://orcid.org/0000-0001-7547-6212>



<https://orcid.org/0000-0002-6307-8038>



<https://orcid.org/0009-0004-3905-2518>

References

1. Ahsani, M., Ismail, S. B., al-Ameen, A., Fereidooni, M., Dadashzadeh, R., & Ahmadi, P. (2025). Augmented reality in the interior spaces: A systematic review. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 15(1), 1816-1834. <http://dx.doi.org/10.6007/IJARBS/v15-i1/24558>
2. Cao, Y. (2022). Developing teachers' contingent responsiveness in dialogic science teaching via mixed-reality simulations: A design-based study [Apollo - University of Cambridge Repository]. <https://doi.org/10.17863/CAM.90530>
3. Chong, H., & Kim, S. (2024). Systematic literature review of Korean research for the integration of VR, AR, and MR technologies in construction BIM: An exploration across the construction lifecycle. *The 10th International Conference on Construction Engineering and Project Management*. <https://dx.doi.org/10.6106/ICCEPM.2024.0524>
4. Conen, R., Mueller, S., & Tibubos, A. (2025). Integration of conventional and virtual reality approaches in augmented reality for theory-based psychoeducational intervention design for chronic low back pain: Scoping review. *Interactive Journal of Medical Research*, 14, e59611. <https://doi.org/10.2196/59611>
5. Davila Delgado, M., Oyedele, L., Beach, T., & Demian, P. (2020). Augmented and virtual reality in construction: Drivers and limitations for industry adoption. *Journal of Construction Engineering and Management*, 146, 04020079. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001844](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001844)
6. Emelianova, O., Tytok, V., Lavrukina, K., Shatrova, I., & Demydova, O. (2025). Digital transformation in the construction industry: Analysing the impact of technological changes on construction processes. *Estoa. Revista de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca*, 14(27), 257-268. <https://doi.org/10.18537/est.v014.n027.a16>
7. Kandi, V. R., Castronovo, F., Brittle, P., Ventura, S. M., & Nikolic, D. (2020). Assessing the impact of a construction virtual reality game on design review skills of construction students. *Journal of Architectural Engineering*, 26(4), 04020035. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)AE.1943-5568.0000434](https://doi.org/10.1061/(ASCE)AE.1943-5568.0000434)
8. Lee, S., Kim, S., & Roh, B.-h. (2024). Mixed reality virtual device (MRVD) for seamless MR-IoT-digital twin convergence. *Internet of Things*, 26, 101155. <https://doi.org/10.1016/j.iot.2024.101155>
9. Liu, Y., Li, S., & Wang, J. (2014). Interactive operation of physically-

- based slender flexible parts in an augmented reality environment. *Scientia Sinica Technologica*, 57(7), 1383–1391. <https://doi.org/10.1007/s11431-014-5522-4>
10. Maqsoom, A., Zulqarnain, M., Irfan, M., Ullah, F., Alqahtani, F. K., & Khan, K. I. A. (2023). Drivers of, and barriers to, the adoption of mixed reality in the construction industry of developing countries. *Buildings*, 13(4), 872. <https://doi.org/10.3390/buildings13040872>
11. Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., & Altman, D. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *Open Medicine*, 3, e123. <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2009.06.005>
12. Noghabaei, M., Heydarian, A., Balali, V., & Han, K. (2020). Trend analysis on adoption of virtual and augmented reality in the architecture, engineering, and construction industry. *Data*, 5, 26. <https://doi.org/10.3390/data5010026>
13. Pandey, P. K., Mahajan, S., Paul, J., & Iyer, S. (2025). Digital twin and virtual reality, augmented reality, and mixed reality. In S. Iyer, A. Nayyar, A. Paul, & M. Naved (Eds.), *Digital twins for smart cities and villages* (pp. 273-293). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-28884-5.00013-0>
14. Saunders, M. N. K., Lewis, P., & Thornhill, A. (2023). *Research methods for business students* (9th ed.). Pearson. https://www.researchgate.net/publication/240218229_Research_Methods_for_Business_Students
15. Watts, S., & Stenner, P. (2012). *Doing Q methodological research: Theory, method & interpretation*. SAGE Publications. <https://doi.org/10.4135/9781446251911>
16. Wang, K., Guo, F., Zhou, R., & Qian, L. (2023). Implementation of augmented reality in BIM-enabled construction projects: A bibliometric literature review and a case study from China. *Construction Innovation*. <https://doi.org/10.1108/CI-08-2022-0196>
17. Wu, S., Chen, H., Hou, L., Zhang, G. K., & Li, C. Q. (2024). Using eye-tracking to measure worker situation awareness in augmented reality. *Automation in Construction*, 165, 105582. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2024.105582>
18. Zhou, J., & Wang, Y. (2025). Research on the digital technological factors influencing the development of the global construction industry under the context of digitalization—Based on bibliometric analysis and the fuzzy Delphi method. In Y. Qiu et al. (Eds.), *Proceedings of the 2024 7th International Conference on Civil Architecture, Hydropower and Engineering Management (CAHEM*

2024), Advances in Engineering Research, 256. https://doi.org/10.2991/978-94-6463-650-5_33

استناد به این مقاله: بهبود، رضا، باقری، احسان، ذوالفقاری طهرانی، محمد مهدی. (۱۴۰۴). همگرایی واقعیت افزوده و واقعیت مجازی، نظر متخصصان به واقعیت ترکیبی در پروژه هوشمند ساختمانی، مطالعات مدیریت کسب و کار هوشمند، ۱۴(۵۳)، ۲۳۹-۲۷۳. DOI: 10.22054/ims.2025.84885.2599



Journal of Business Intelligence Management Studies is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License..