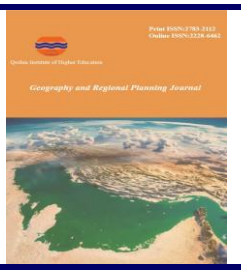
Iranian Association of Geopolitical

Geography and Regional Planning

ISSN (Print): 2783-2112 - ISSN (Online): 2228-6462

Homepage: https://www.jgeoqeshm.ir/



Analysis of the Impact of Augmented Reality and Virtual Reality Technologies on the Idea Development Process in Architectural Design with an Emphasis on Urban Space Design

Babak Monir Abbasi[1], Asadollah Shafizadeh[2]✉, Solmaz Babazadeh Oskouei[3]

1. Department of Architecture, Aha, C, Islamic Azad University, Ahar, Iran. Email: babak.abassiart@gmail.com
2. Department of Architecture, Aha, C, Islamic Azad University, Ahar, Iran. Email: asadolasad75@gmail.com
3. Department of Architecture, Osk, C, Islamic Azad University, Oskou, Iran. Email: solmazbabazadehau@gmail.com

ARTICLE INFO

Article type:
Research Paper

Article history:
Received December 29, 2025
Received in revised form March 1, 2026
Accepted April 28, 2026
Available online April 28, 2026

Keywords:
Virtual Reality
Augmented Reality
Design Creativity
Architectural Idea
Urban Design Quality

Abstract

This study examines the role of Virtual Reality (VR), Augmented Reality (AR), and Mixed Reality (MR) technologies in improving Urban Design Quality (UQ) and explains how these technologies influence cognitive and creative processes in urban design. The research follows a quantitative, descriptive–analytical approach, and data were collected through a questionnaire and analyzed using Structural Equation Modeling (SEM). In the proposed model, Virtual Reality and Augmented Reality are considered independent variables. Mixed Reality (MR), Spatial Visualization (SP), Immersive Experience (IM), and Design Interaction (DI) act as mediating constructs that transfer the influence of immersive technologies to the creative design process. Additionally, Design Creativity (DC) and Idea Development (ID) are identified as key predictive variables contributing to improved urban design quality. The findings show that immersive technologies have significant effects on urban design quality. Virtual Reality demonstrates a total effect of 0.44, while Augmented Reality shows a total effect of 0.39 on urban design quality, with much of these effects occurring indirectly through mediating variables. Among the constructs, Design Creativity (DC) has the strongest direct influence on urban design quality with a path coefficient of 0.53, emphasizing the importance of creativity in the design process. Design Interaction (DI) also contributes significantly with a coefficient of 0.42. Overall, the model explains 0.73 of the variance in urban design quality, indicating strong explanatory power and highlighting the value of immersive technologies in enhancing urban design processes and outcomes.

How to cite: Monir Abbasi, B., Shafizadeh, A. and Babazadeh Oskouei, S. (2026). Analysis of the Impact of Augmented Reality and Virtual Reality Technologies on the Idea Development Process in Architectural Design with an Emphasis on Urban Space Design. Geography and Regional Planning, 16(62),187-210. https://doi.org/10.22034/jgeoq.2026.580707.4434

© Author(s) retain the copyright and full publishing rights
DOI: https://doi.org/10.22034/jgeoq.2026.580707.4434

Publisher: Qeshm Institute of Higher Education

Introduction

Despite technological advancements, the application of Augmented Reality (AR) and Virtual Reality (VR) in architectural and urban design remains limited, and their precise role in idea development and design creativity requires further investigation. The main problem of this research is to examine the impact of these technologies on the idea development process in urban space design, including their role in enhancing creativity, spatial understanding, and design evaluation. Given the complexity of urban issues and urbanization, the use of these technologies, due to their ability to display 3D models, simulate environments, and create user interaction, has high potential for improving decision-making quality and citizen participation in design. Viewing proposed designs in the real environment helps users better understand their impacts and engage more actively in the decision-making process. Furthermore, these tools can enhance creativity in the ideation phase, reduce design errors, and improve communication among designers and users. Considering the growing importance of digital technologies and the lack of comprehensive studies on their impact on the ideation stage, this research aims to better understand the capacities of AR and VR in urban design and provide strategies for their effective use in the design process.

Methodology

This study employs a practical and mixed-methods approach (quantitative-qualitative). The primary objective is to analyze the relationships between variables related to AR and VR technologies and the idea development process in architectural and urban design. For this purpose, quantitative methods and Structural Equation Modeling (SEM) are used as the main analytical tools. Quantitative data are collected via a standardized Likert-scale questionnaire using validated indicators from previous studies related to AR, VR, design creativity, spatial visualization, and urban design. The content validity of the questionnaire is initially confirmed by architects and experts in immersive technologies, and the final version is prepared after implementing necessary revisions. The statistical population includes architectural designers, master's and doctoral students, and urban design specialists who have practical experience using AR/VR technologies. Sampling is conducted purposively among individuals who have used these systems at least once in design, modeling, or project presentation processes. Based on standard SEM criteria and recommendations for increasing accuracy and generalizability, the final sample size was set at 200 participants. Data analysis is performed using AMOS software. In the first step, the measurement model is assessed for construct reliability, composite reliability, convergent validity, and discriminant validity. In the second step, the structural model is analyzed to determine the direct and indirect effects of AR and VR on idea quality through mediating variables such as spatial visualization, immersive experience, design interaction, and design creativity. Additionally, short interviews are conducted with a subset of respondents to capture their practical experiences regarding the impact of these technologies on ideation. Combining these methods provides a comprehensive understanding of the role of AR and VR in architectural design and helps identify the specific pathways through which these technologies influence urban space design.

Results and Discussion

The results indicate that the research variables affect "Urban Design Quality" both directly and indirectly, and the model structure possesses a chain-like nature. Among the technologies, "Virtual Reality" has the highest total effect (0.44), consisting of a direct effect of 0.18 and an indirect effect of 0.26, as it facilitates interactive experience, spatial understanding, and idea testing. "Augmented Reality" also plays a significant role with a total effect of 0.39, while "Immersive Experience" (0.24) and "Spatial Visualization" (0.22) contribute to quality improvement. However, cognitive and creative variables are the strongest predictors; "Design Creativity" has the highest direct effect (0.53), followed by "Design Interaction" (0.42) and "Idea Development" (0.31). These findings suggest that while extended reality technologies provide the necessary context for experience

and interaction, the ultimate determinant in enhancing urban design quality remains the creativity and cognitive processes of designers. Therefore, the effective use of these technologies yields maximum impact when integrated with creative, interactive, and experience-oriented design processes.

Conclusion

This research aimed to elucidate the role of Virtual Reality (VR), Augmented Reality (AR), and Mixed Reality (MR) in enhancing Urban Design Quality (UDQ), emphasizing cognitive, interactive, and creative processes in design. The main achievement is the provision of a coherent structural framework demonstrating that extended reality technologies act not merely as visual representation tools but as effective drivers in strengthening Design Interaction (DI), Spatial Visualization (SP), Immersive Experience (IM), Design Creativity (DC), and Idea Development (ID), thereby influencing UDQ. Structural model results showed that VR and AR technologies, in addition to their direct effects on UDQ, transmit a significant portion of their impact through mediating constructs. This indicates that the primary role of these technologies lies in creating interactive and experiential contexts that allow for a deeper understanding of space, more accurate evaluation of design options, and testing of various scenarios. Furthermore, Mixed Reality (MR) serves as a connecting link between real and virtual elements, playing a crucial role in enhancing immersive experience and improving spatial cognitive processes. Among the model variables, "Design Creativity" showed the strongest direct effect on UDQ, emphasizing that while modern technologies provide the necessary tools, the designer's creative capacity is the decisive factor in improving urban design quality. "Idea Development" also played a significant role in improving design quality, highlighting the importance of the idea development, refinement, and evolution process in achieving high-quality urban designs. Conversely, "Design Interaction," "Spatial Visualization," and "Immersive Experience" act as mediating constructs that form the pathway for technology effects to reach the final outcome. This finding indicates that urban design quality is the result of a chain process where technology, experience, cognition, and creativity operate in an integrated manner. Theoretically, this research bridges the gap between extended reality technologies and concepts of design creativity and urban environmental quality, taking a step toward developing interdisciplinary literature among urban planning, environmental design, and digital technologies. The proposed framework shows that the impact of technologies is maximized when they serve to enhance design interaction, spatial visualization, and the development of creative ideas. Practically, the results indicate that the targeted use of VR, AR, and MR technologies in urban design processes can enhance the quality of analysis, evaluation, and design modification. These technologies enable pre-construction experience, simulation of various scenarios, and examination of the spatial consequences of design decisions, transforming the design process from a purely representational activity to an interactive, experiential, and creative process. Despite scientific and practical achievements, this research faced certain limitations, including limited access to samples with extensive practical experience in using extended reality technologies in urban projects and variations in respondents' familiarity with these technologies. However, the framework proposed by this research offers practical solutions for optimizing urban design processes through the integration of technology and creativity.

Ethical considerations

Following the principles of research ethics

The authors have observed the principles of ethics in conducting and publishing this scientific research, and this is confirmed by all of them.

Data Availability Statement

Data available on request from the authors.

Acknowledgements

First author: Preparation of samples, conducting experiments and collecting data, performing calculations, statistical analysis of data, analysis and interpretation of information and results, preparing a draft of the article.

Second author: Preparation of samples, conducting experiments and collecting data, performing calculations, statistical analysis of data, analysis and interpretation of information and results, preparing a draft of the article.

Third author: Preparation of samples, conducting experiments and collecting data, performing calculations, statistical analysis of data, analysis and interpretation of information and results, preparing a draft of the article.

Ethical Considerations

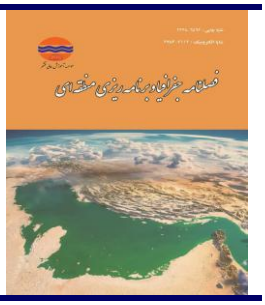
The authors affirm that they have adhered to ethical research practices, avoiding plagiarism, misconduct, data fabrication or falsification, and have provided their consent for this article's publication.

Funding

This research was conducted without any financial support from Payam Noor University.

Conflict of Interest

The authors declare no conflict of interest



فصلنامه جغرافیا و برنامه ریزی منطقه ای

شاپا چاپی: ۶۴۶۲- ۲۲۲۸ شاپا الکترونیکی: ۲۱۱۲ -۲۷۸۳

Homepage: https://www.jgeoqeshm.ir/

انجمن ژئوپلیتیک ایران

تحلیل تأثیر فناوری‌های واقعیت افزوده و واقعیت مجازی بر فرآیند پرورش ایده در طراحی معماری با تأکید بر طراحی کیفیت فضاهای شهری

بابک منیر عباسی[۱]، اسدالله شفیع زاده[۲]✉، سولماز بابازاده اسکوئی[۳]

۱. دانشجوی دکترای معماری، واحد اهر، دانشگاه آزاد اسلامی، اهر، ایران. رایانامه:babak.abassiart@gmail.com

۲. نویسنده مسئول، دانشیار گروه معماری، واحد اهر، دانشگاه آزاد اسلامی، اهر، ایران. رایانامه: asadolasad75@gmail.com

۳. استادیار گروه معماری، واحد اسکو، دانشگاه آزاد اسلامی، اسکو، ایران. رایانامه:solmazbabazadehau@gmail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۰/۸

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۵/۱۱/۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۲/۰۹

تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۰۲/۰۸

کلیدواژه ها:

واقعیت مجازی

واقعیت افزوده

خلاقیت در طراحی

ایده معماری

کیفیت طراحی شهری

چکیده

پژوهش حاضر با هدف بررسی نقش فناوری‌های واقعیت مجازی، واقعیت افزوده و واقعیت ترکیبی در ارتقای کیفیت طراحی شهری تبیین سازوکار تأثیر این فناوری‌ها بر فرآیندهای شناختی و خلاقانه طراحی انجام شد. رویکرد پژوهش کمی، از نوع توصیفی–تحلیلی بوده و داده‌ها از طریق پرسشنامه جمع‌آوری و با استفاده از مدل‌یابی معادلات ساختاری مورد تحلیل قرار گرفته‌اند. در مدل پژوهش، واقعیت مجازی و واقعیت افزوده به‌عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته شده‌اند. متغیرهای واقعیت ترکیبی، تجسم فضایی، تجربه غوطه‌ور و تعامل طراحی به‌عنوان سازه‌های میانجی، نقش انتقال اثر فناوری‌ها به فرآیندهای خلاقانه طراحی را بر عهده دارند. همچنین خلاقیت در طراحی و پرورش ایده به‌عنوان متغیرهای پیش‌بین نهایی در ارتقای کیفیت طراحی شهری در نظر گرفته شده‌اند. براساس یافته‌های پژوهش، واقعیت مجازی دارای اثر کل ۰٫۴۴ و واقعیت افزوده دارای اثر کل ۰٫۳۹ بر کیفیت طراحی شهری هستند که بخش مهمی از این تأثیر از طریق متغیرهای میانجی منتقل می‌شود. در میان متغیرهای مدل، خلاقیت در طراحی با ضریب مسیر ۰٫۵۳ قوی‌ترین اثر مستقیم را بر کیفیت طراحی شهری نشان داد، در حالی که تعامل طراحی نیز با ضریب ۰٫۴۲ نقش مهمی در بهبود فرآیند طراحی ایفا می‌کند. نتایج نشان داد که حدود ۰٫۷۳ از واریانس کیفیت طراحی شهری توسط متغیرهای مدل تبیین می‌شود که بیانگر قدرت تبیین مناسب مدل پژوهش است. به طور کلی، یافته‌های این تحقیق نشان می‌دهد که به‌کارگیری فناوری‌های واقعیت توسعه‌یافته از طریق تقویت تجربه غوطه‌ور، تجسم فضایی، تعامل طراحی و پرورش ایده‌های خلاقانه می‌تواند به ارتقای کیفیت تصمیم‌گیری‌های طراحی و بهبود کیفیت محیط‌های شهری منجر شود.

استناد: منیر عباسی، بابک، شفیع زاده، اسدالله و بابازاده اسکوئی، سولماز . (۱۴۰۵). تحلیل تأثیر فناوری‌های واقعیت افزوده و واقعیت مجازی بر فرآیند پرورش ایده در طراحی معماری با تأکید بر طراحی کیفیت فضاهای شهری، جغرافیا و برنامه ریزی منطقه‌ای، ۱۶(۶۲)، ۱۸۰-۲۱۰. DOI:10.22034/jgeoq.2026.580707.4434

© نویسندگان.

ناشر: موسسه آموزش عالی قشم

مقدمه

رشد سریع فناوری‌های دیجیتال در دهه‌های اخیر، تحولات چشمگیری در شیوه‌های طراحی معماری و برنامه‌ریزی شهری ایجاد کرده است. در این میان، فناوری‌های واقعیت افزوده (Augmented Reality: AR) و واقعیت مجازی (Virtual Reality: VR) به‌عنوان ابزارهای نوین تعاملی، امکان درک بهتر فضا، شبیه‌سازی محیط‌های طراحی‌شده و ارزیابی ایده‌ها پیش از اجرا را فراهم کرده‌اند. این فناوری‌ها با ترکیب داده‌های دیجیتال و محیط واقعی یا ایجاد محیط‌های کاملاً مجازی، فرصت‌های تازه‌ای برای تجسم، تحلیل و توسعه ایده‌های طراحی در اختیار معماران و طراحان شهری قرار می‌دهند (Peddie, 2017; Nawaz, 2018). طراحی شهری فرآیندی چندبعدی است که در آن عوامل کالبدی، اجتماعی، فرهنگی و زیست‌محیطی در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند و تصمیم‌گیری درباره شکل و سازمان فضایی شهر را شکل می‌دهند (Nandi, 2019 & Ghosh). در چنین فرآیندی، مرحله پرورش ایده یکی از مهم‌ترین مراحل محسوب می‌شود؛ زیرا در این مرحله مفاهیم اولیه طراحی شکل می‌گیرند و گزینه‌های مختلف فضایی بررسی و توسعه داده می‌شوند. استفاده از ابزارهای دیجیتال پیشرفته می‌تواند به طراحان کمک کند تا ایده‌های خود را در مقیاس واقعی‌تر و با درک فضایی دقیق‌تر بررسی کنند. فناوری واقعیت افزوده این امکان را فراهم می‌کند که عناصر دیجیتال سه‌بعدی بر محیط واقعی شهر قرار داده شوند و کاربران بتوانند طرح‌های پیشنهادی را در بستر واقعی مشاهده و ارزیابی کنند (Barbosa, 2020 & Silva). این ویژگی در فرآیند طراحی شهری اهمیت زیادی دارد، زیرا می‌تواند به معماران، برنامه‌ریزان و حتی شهروندان کمک کند تا تأثیر طرح‌های پیشنهادی را پیش از اجرا درک کنند. همچنین واقعیت مجازی با ایجاد محیط‌های شبیه‌سازی‌شده و قابل تعامل، امکان تجربه فضاهای طراحی‌شده و بررسی سناریوهای مختلف طراحی را فراهم می‌کند (Fotis et al., 2006). مطالعات مختلف نشان داده‌اند که استفاده از AR و VR می‌تواند به افزایش خلاقیت در طراحی، بهبود ارتباط میان طراحان و ذی‌نفعان، و تسهیل مشارکت عمومی در فرآیندهای طراحی شهری کمک کند (Zeile et al., 2011; Ursina et al., 2023). همچنین این فناوری‌ها امکان ارائه اطلاعات شهری، مدل‌های سه‌بعدی و داده‌های مکانی را در قالبی تعاملی فراهم می‌کنند که می‌تواند فرآیند تحلیل و تصمیم‌گیری طراحی را بهبود دهد (José et al., 2016). با توجه به این قابلیت‌ها، به‌کارگیری فناوری‌های واقعیت افزوده و مجازی به‌تدریج به یکی از ابزارهای مهم در فرآیند طراحی معماری و شهری تبدیل شده است. با این حال، بررسی دقیق نقش این فناوری‌ها در مرحله پرورش ایده در طراحی معماری با تأکید بر فضاهای شهری هنوز نیازمند مطالعات بیشتری است. از این رو، تحلیل تأثیر این فناوری‌ها بر فرآیند شکل‌گیری و توسعه ایده‌های طراحی می‌تواند به درک بهتر ظرفیت‌های آن‌ها در ارتقای کیفیت طراحی شهری کمک کند.

طراحی معماری و شهری فرآیندی خلاقانه و چندمرحله‌ای است که از شکل‌گیری ایده‌های اولیه آغاز می‌شود و تا مرحله اجرا ادامه می‌یابد. در این میان، مرحله پرورش ایده نقش کلیدی در تعیین جهت و کیفیت نهایی طرح دارد. در این مرحله، معماران و طراحان شهری تلاش می‌کنند با تحلیل شرایط محیطی، اجتماعی و کالبدی شهر، ایده‌های مختلف را شکل داده و آن‌ها را به طرح‌های قابل اجرا تبدیل کنند. با این حال، یکی از چالش‌های اساسی در این مرحله، محدودیت در تجسم دقیق فضا و درک تأثیر واقعی طرح‌های پیشنهادی در محیط شهری است. روش‌های سنتی طراحی مانند ترسیمات دوبعدی، ماکت‌های فیزیکی و حتی مدل‌های سه‌بعدی رایانه‌ای، اگرچه ابزارهای مهمی در فرآیند طراحی هستند، اما اغلب قادر به ایجاد تجسم فضایی واقعی و تعاملی برای طراحان و کاربران نیستند. در نتیجه، ممکن است برخی از ابعاد فضایی و عملکردی طرح در مراحل بعدی طراحی یا حتی پس از اجرا مشخص شود (Penn et al., 2005). در سال‌های اخیر، فناوری‌های واقعیت افزوده و واقعیت مجازی به‌عنوان ابزارهایی نوین در حوزه طراحی معماری و شهری مطرح شده‌اند که می‌توانند امکان مشاهده و تجربه طرح‌ها را در محیط‌های تعاملی و سه‌بعدی فراهم کنند. این فناوری‌ها قادرند مدل‌های دیجیتال را در مقیاس واقعی و در بستر محیط شهری نمایش دهند و به کاربران اجازه دهند طرح‌های پیشنهادی را پیش از اجرا بررسی و ارزیابی کنند (Barbosa, 2020; Kolivand & Silva et al., 2014). با وجود پیشرفت‌های فناوری و افزایش کاربرد AR و VR در حوزه‌های مختلف طراحی، هنوز در بسیاری از فرآیندهای طراحی معماری و شهری از این ابزارها به‌صورت محدود استفاده می‌شود و نقش دقیق آن‌ها در بهبود فرآیند پرورش ایده و افزایش خلاقیت طراحی به‌طور کامل مشخص نشده است. از سوی دیگر، بررسی چگونگی استفاده از این فناوری‌ها برای

درک بهتر فضاهای شهری و مشارکت کاربران در فرآیند طراحی نیز از موضوعات مهمی است که نیازمند مطالعه بیشتر است (Yin-Shan, 2023 & Yuchen). بنابراین، مسئله اصلی این پژوهش آن است که فناوری‌های واقعیت افزوده و واقعیت مجازی چگونه می‌توانند بر فرآیند پرورش ایده در طراحی معماری، به‌ویژه در طراحی فضاهای شهری، تأثیر بگذارند و چه نقشی در بهبود خلاقیت، درک فضایی و ارزیابی طرح‌های شهری ایفا می‌کنند. گسترش شهرنشینی و پیچیده‌تر شدن مسائل شهری، نیاز به روش‌های نوین و کارآمد در فرآیند طراحی معماری و شهری را افزایش داده است. در چنین شرایطی، استفاده از فناوری‌های پیشرفته می‌تواند به بهبود کیفیت تصمیم‌گیری در طراحی و برنامه‌ریزی شهری کمک کند. فناوری‌های واقعیت افزوده و واقعیت مجازی به دلیل توانایی در نمایش سه‌بعدی، شبیه‌سازی محیط‌های شهری و ایجاد تعامل میان کاربران و فضای طراحی‌شده، ظرفیت بالایی برای ارتقای فرآیند طراحی دارند (Peddie, 2017). از سوی دیگر، این فناوری‌ها می‌توانند زمینه را برای مشارکت بهتر شهروندان و ذی‌نفعان در فرآیند طراحی شهری فراهم کنند. امکان مشاهده طرح‌های پیشنهادی در محیط واقعی شهر، باعث می‌شود کاربران بتوانند تأثیرات طرح را بهتر درک کرده و در فرآیند تصمیم‌گیری مشارکت فعال‌تری داشته باشند (Ursina et al., 2023; Allen et al., 2011). همچنین استفاده از AR و VR می‌تواند به افزایش خلاقیت در فرآیند ایده‌پردازی، کاهش خطاهای طراحی و بهبود ارتباط میان طراحان، برنامه‌ریزان و کاربران کمک کند. این امر به‌ویژه در مرحله پرورش ایده اهمیت دارد، زیرا تصمیمات اتخاذشده در این مرحله تأثیر زیادی بر کیفیت نهایی پروژه‌های شهری خواهد داشت (Zeile et al., 2011).با توجه به اهمیت روزافزون فناوری‌های دیجیتال در طراحی معماری و شهری و همچنین کمبود مطالعات جامع در زمینه تأثیر این فناوری‌ها بر مرحله پرورش ایده، انجام پژوهشی در این زمینه می‌تواند به شناخت بهتر ظرفیت‌ها و کاربردهای واقعیت افزوده و مجازی در طراحی فضاهای شهری کمک کرده و راهکارهایی برای استفاده مؤثر از این فناوری‌ها در فرآیند طراحی ارائه دهد.

پیشینه تحقیق

در سال‌های اخیر، استفاده از فناوری‌های واقعیت افزوده و واقعیت مجازی در حوزه معماری و طراحی شهری مورد توجه بسیاری از پژوهشگران قرار گرفته است. این فناوری‌ها به دلیل قابلیت ترکیب اطلاعات دیجیتال با محیط واقعی و ایجاد محیط‌های شبیه‌سازی‌شده، امکان درک بهتر فضاهای شهری و بررسی طرح‌های پیشنهادی را پیش از اجرا فراهم می‌کنند. در این زمینه، Zeile و همکاران (۲۰۱۳) واقعیت افزوده را به‌عنوان ابزاری ارتباطی در فرآیندهای طراحی شهری معرفی کرده‌اند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان می‌دهد که استفاده از این فناوری می‌تواند ارتباط میان طراحان، برنامه‌ریزان و ذی‌نفعان شهری را بهبود داده و فرآیند انتقال ایده‌های طراحی را تسهیل کند. به‌طور مشابه، Bai و همکاران (۲۰۱۸) در پژوهشی درباره طراحی شهری مشارکتی، یک سیستم اطلاعات شهری مبتنی بر بازی طراحی کردند که به کاربران اجازه می‌دهد به‌صورت تعاملی در فرآیند طراحی شهری مشارکت کنند. نتایج این مطالعه نشان داد که استفاده از محیط‌های دیجیتال تعاملی می‌تواند خلاقیت و مشارکت کاربران را در فرآیند طراحی افزایش دهد. در حوزه داده‌های شهری و واقعیت افزوده، Martínez و همکاران (۲۰۱۶) به بررسی استفاده از داده‌های سه‌بعدی شهری در محیط‌های واقعیت افزوده پرداختند. آن‌ها نشان دادند که ترکیب داده‌های مکانی با فناوری‌های AR می‌تواند ابزار مؤثری برای تجسم و تحلیل محیط‌های شهری فراهم کند. همچنین Naji (۲۰۲۱) در پژوهشی درباره کاربرد نمونه‌های واقعیت افزوده در فضاهای شهری، به این نتیجه رسید که این فناوری می‌تواند لایه‌ای اطلاعاتی بر محیط شهری اضافه کند و امکان تعامل کاربران با داده‌های شهری را افزایش دهد. از سوی دیگر، برخی مطالعات به بررسی کاربرد واقعیت افزوده در حوزه میراث فرهنگی و فضاهای تاریخی شهری پرداخته‌اند. برای مثال، Silva و همکاران (۲۰۲۳) با استفاده از فناوری ردیابی چشم، قابلیت استفاده از واقعیت افزوده در نمایش تصاویر تاریخی در محیط‌های شهری را بررسی کردند و نتایج نشان داد که این فناوری می‌تواند تجسم فضایی و درک تاریخی از فضاهای شهری را بهبود دهد. همچنین Malysheva (۲۰۱۹) به بررسی کاربرد فناوری‌های واقعیت افزوده در محیط‌های تاریخی شهری پرداخت و بیان کرد که این فناوری می‌تواند ابزار مؤثری برای ارائه اطلاعات فرهنگی و تاریخی در فضاهای شهری باشد.

در زمینه توسعه کاربردهای آموزشی و حرفه‌ای واقعیت افزوده در معماری نیز مطالعاتی انجام شده است. Albert و همکاران (۲۰۱۲) به بررسی توسعه برنامه‌های کاربردی واقعیت افزوده در آموزش معماری پرداختند و نشان دادند که این فناوری می‌تواند درک دانشجویان از فضاهای سه‌بعدی و فرآیند طراحی را بهبود دهد. همچنین David و همکاران (۲۰۱۷) استفاده از فناوری‌های واقعیت افزوده و یادگیری موبایلی را در آموزش شهری مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که این فناوری‌ها می‌توانند محیط‌های یادگیری تعاملی و مؤثرتری ایجاد کنند. علاوه بر این، Adkins (۲۰۱۴) در مطالعه‌ای درباره آموزش بصری در دنیای معاصر، بر اهمیت استفاده از ابزارهای دیجیتال و فناوری‌های نوین برای درک بهتر محیط‌های بصری و فضایی تأکید کرده است. همچنین Kolivand و همکاران (۲۰۱۴) به بررسی جنبه‌های فنی نمایش محیط‌های واقعیت افزوده در فضای بیرونی پرداختند و نشان دادند که پیشرفت‌های گرافیکی و پردازشی می‌تواند امکان شبیه‌سازی واقع‌گرایانه محیط‌های شهری را فراهم کند. با وجود مطالعات انجام‌شده در زمینه کاربرد واقعیت افزوده و مجازی در طراحی شهری، بسیاری از این پژوهش‌ها بیشتر بر نمایش داده‌های شهری، مشارکت عمومی یا آموزش معماری تمرکز داشته‌اند و کمتر به نقش این فناوری‌ها در مرحله پرورش ایده در فرآیند طراحی معماری با تأکید بر فضاهای شهری پرداخته‌اند. بنابراین، بررسی تأثیر این فناوری‌ها بر فرآیند شکل‌گیری و توسعه ایده‌های طراحی می‌تواند به درک بهتر ظرفیت‌های آن‌ها در ارتقای کیفیت طراحی شهری کمک کند و شکاف موجود در پژوهش‌های پیشین را تا حدی برطرف سازد.

مبانی نظری

تحولات سریع فناوری‌های دیجیتال در دهه‌های اخیر موجب شکل‌گیری نسل جدیدی از ابزارهای تعاملی در حوزه طراحی و برنامه‌ریزی شهری شده است. در میان این فناوری‌ها، واقعیت مجازی (VR)، واقعیت افزوده (AR) و واقعیت ترکیبی (MR) به‌عنوان بخشی از فناوری‌های واقعیت گسترده (XR) شناخته می‌شوند که امکان تجربه و درک فضا را به شیوه‌ای فراتر از ابزارهای سنتی فراهم می‌کنند. این فناوری‌ها با ایجاد محیط‌های سه‌بعدی تعاملی، شرایطی را فراهم می‌سازند که کاربران بتوانند به‌صورت هم‌زمان با عناصر فضایی تعامل داشته و پیامدهای تصمیمات طراحی را پیش از اجرا مشاهده کنند. ازاین‌رو، استفاده از این فناوری‌ها در حوزه معماری و طراحی شهری، که ماهیتی ذاتاً فضایی و بصری دارد، می‌تواند نقش مهمی در بهبود فرآیندهای شناختی و خلاقانه در طراحی ایفا کند (Radianti et al., 2019). واقعیت مجازی به فناوری‌ای اشاره دارد که کاربر را در یک محیط کاملاً دیجیتال و شبیه‌سازی‌شده قرار می‌دهد و امکان تجربه مستقیم فضاهای طراحی‌شده را فراهم می‌کند. در مقابل، واقعیت افزوده با افزودن عناصر دیجیتال به محیط واقعی، نوعی هم‌پوشانی میان جهان واقعی و اطلاعات مجازی ایجاد می‌کند. این قابلیت باعث می‌شود طراحان بتوانند مدل‌های سه‌بعدی، داده‌های تحلیلی و اطلاعات طراحی را در بستر محیط واقعی مشاهده و ارزیابی کنند. پژوهش‌ها نشان می‌دهد که استفاده از این فناوری‌ها می‌تواند درک فضایی کاربران را افزایش داده و امکان ارزیابی طرح‌های معماری را پیش از مرحله اجرا فراهم کند (Radianti et al., 2019؛ Davila Delgado et al., 2020). در فرآیند طراحی معماری و شهری، مرحله ایده‌پردازی یکی از مهم‌ترین مراحل شکل‌گیری طرح محسوب می‌شود. در این مرحله، طراحان از طریق ترکیب تجربه، دانش و تخیل تلاش می‌کنند راه‌حل‌های خلاقانه‌ای برای مسائل فضایی ارائه دهند. پژوهش‌های مرتبط با خلاقیت در طراحی نشان می‌دهد که محیط‌های تعاملی و ابزارهای دیجیتال می‌توانند فرآیند تولید ایده را تسهیل کنند و امکان آزمون و اصلاح سریع ایده‌ها را فراهم آورند. محیط‌های مبتنی بر واقعیت مجازی به دلیل ماهیت غوطه‌ور خود می‌توانند شرایطی فراهم کنند که کاربران به‌طور مستقیم در فضای طراحی‌شده قرار گرفته و آن را از زوایای مختلف تجربه کنند؛ امری که می‌تواند به تقویت خلاقیت و تولید ایده‌های متنوع‌تر منجر شود (Yang et al., 2018). مطالعات انجام‌شده در استودیوهای طراحی معماری نیز نشان می‌دهد که استفاده از فناوری‌های واقعیت مجازی می‌تواند فرآیند خلاقیت و توسعه ایده را تقویت کند. این فناوری‌ها به طراحان اجازه می‌دهند طرح‌های خود را در مقیاس واقعی تجربه کرده و تعامل فعال‌تری با عناصر فضایی داشته باشند. چنین قابلیتی موجب می‌شود طراحان بتوانند سریع‌تر به ارزیابی و اصلاح ایده‌های خود بپردازند و فرآیند تکرار طراحی را بهبود دهند (Obeid &Demirkan, 2023). علاوه بر این، امکان تعامل مستقیم با مدل‌های سه‌بعدی و

اصلاح آن‌ها در زمان واقعی، فرآیند تفکر طراحی را دگرگون کرده و بستر مناسبی برای توسعه ایده‌های خلاقانه فراهم می‌کند (Chandrasekera &Yoon, 2018).

در کنار واقعیت مجازی و افزوده، فناوری واقعیت ترکیبی نیز به‌عنوان نسل پیشرفته‌تری از فناوری‌های غوطه‌ور مطرح شده است. واقعیت ترکیبی امکان تعامل هم‌زمان با عناصر واقعی و مجازی را فراهم می‌کند و به کاربران اجازه می‌دهد مدل‌های دیجیتال را در بستر محیط واقعی مشاهده و دستکاری کنند. این ویژگی می‌تواند در فرآیندهای طراحی مشارکتی نقش مهمی ایفا کند، زیرا طراحان و ذی‌نفعان می‌توانند به‌صورت هم‌زمان با مدل‌های طراحی تعامل داشته و نظرات خود را در زمان واقعی ارائه دهند. پژوهش‌ها نشان می‌دهد که استفاده از ابزارهای واقعیت ترکیبی می‌تواند مشارکت کاربران را در مراحل اولیه طراحی افزایش داده و فرآیند تولید ایده را تسهیل کند (Maurya et al., 2019). علاوه بر این، فناوری‌های واقعیت گسترده نقش مهمی در تقویت توانایی‌های شناختی مرتبط با طراحی فضایی دارند. یکی از مهم‌ترین این توانایی‌ها، تجسم فضایی است که به توانایی درک و تحلیل روابط میان عناصر سه‌بعدی در فضا اشاره دارد. مطالعات نشان داده‌اند که محیط‌های مبتنی بر XR می‌توانند درک فضایی کاربران را به‌طور قابل‌توجهی افزایش دهند و به آن‌ها کمک کنند تا روابط پیچیده فضایی را بهتر درک کنند (Darwish et al., 2023). همچنین تجربه‌های یادگیری غوطه‌ور در محیط‌های مجازی می‌تواند سطح درگیری ذهنی و تعامل کاربران با فرآیند طراحی را افزایش دهد و به شکل‌گیری ایده‌های خلاقانه کمک کند (Lowell &Tagare, 2023). با وجود مزایای متعدد این فناوری‌ها، استفاده از آن‌ها در طراحی معماری و شهری با چالش‌هایی نیز همراه است. هزینه‌های تجهیزات، محدودیت‌های فنی و نیاز به مهارت‌های تخصصی از جمله عواملی هستند که می‌توانند مانع استفاده گسترده از این فناوری‌ها شوند. برخی مطالعات نشان می‌دهند که محدودیت‌هایی مانند دقت ردیابی، کیفیت نمایش و تعامل طبیعی با محیط مجازی هنوز در برخی سیستم‌ها وجود دارد و می‌تواند بر تجربه کاربری تأثیر بگذارد (Wu et al., 2013). با این حال، روند پیشرفت فناوری نشان می‌دهد که این محدودیت‌ها به‌تدریج در حال کاهش است و انتظار می‌رود استفاده از فناوری‌های واقعیت مجازی و افزوده در آینده به بخش جدایی‌ناپذیر فرآیندهای طراحی تبدیل شود (Li et al., 2017). در مجموع، مرور مبانی نظری نشان می‌دهد که فناوری‌های واقعیت مجازی، واقعیت افزوده و واقعیت ترکیبی ظرفیت بالایی برای بهبود فرآیندهای طراحی، تقویت تجسم فضایی و افزایش خلاقیت در طراحی دارند. این فناوری‌ها با ایجاد محیط‌های تعاملی و غوطه‌ور، امکان تجربه و ارزیابی طرح‌ها را در مراحل اولیه طراحی فراهم می‌کنند و به طراحان اجازه می‌دهند ایده‌های خود را سریع‌تر توسعه دهند. با وجود این، هنوز نیاز به پژوهش‌های بیشتری برای بررسی نقش این فناوری‌ها در فرآیند پرورش ایده در طراحی معماری با تأکید بر فضاهای شهری وجود دارد؛ موضوعی که پژوهش حاضر تلاش دارد به آن بپردازد.

شکل ۱. مدل مفهومی تحقیق

روش تحقیق

روش تحقیق این مطالعه با رویکردی کاربردی انجام می‌شود و از آنجا که هدف آن تحلیل روابط میان متغیرهای مرتبط با فناوری‌های واقعیت افزوده و مجازی و فرآیند پرورش ایده در طراحی معماری است، از روش کمی و مدل‌یابی معادلات ساختاری بهره گرفته می‌شود. داده‌های پژوهش از طریق پرسشنامه استاندارد مبتنی بر مقیاس لیکرت جمع‌آوری می‌شوند و برای هر سازه از شاخص‌هایی استفاده می‌شود که پیش‌تر در تحقیقات مرتبط با واقعیت افزوده، واقعیت مجازی، خلاقیت طراحی، تجسم فضایی و طراحی شهری مورد استفاده قرار گرفته‌اند. پس از طراحی اولیه پرسشنامه، روایی محتوایی آن با نظر متخصصان معماری و فناوری‌های غوطه‌ور بررسی می‌شود و نسخه نهایی پس از اعمال اصلاحات مورد استفاده قرار می‌گیرد.

جامعه آماری این تحقیق شامل طراحان معماری، دانشجویان کارشناسی ارشد و دکتری معماری، و متخصصان طراحی شهری است که تجربه استفاده از فناوری‌های واقعیت افزوده یا واقعیت مجازی در فرآیند طراحی را داشته باشند. انتخاب این جامعه به دلیل آن است که افراد یادشده بیشترین تماس را با فرآیندهای پرورش ایده و ابزارهای دیجیتال در طراحی دارند و می‌توانند ارزیابی دقیق‌تری از اثر فناوری‌های AR و VR ارائه دهند. نمونه‌گیری به‌صورت هدفمند و در میان افرادی انجام می‌شود که حداقل یک‌بار از یکی از سامانه‌های AR/VR در طراحی، مدل‌سازی یا ارائه پروژه استفاده کرده باشند.

برای تعیین حجم نمونه، معیارهای توصیه‌شده در مدل‌یابی معادلات ساختاری در نظر گرفته شده‌اند. از آنجا که مدل پژوهش شامل چند متغیر میانجی و شاخص‌های متعدد است، حداقل حجم نمونه برابر با ۱۰ تا ۱۵ برابر بیشترین تعداد شاخص در یک سازه در نظر گرفته می‌شود. با توجه به اینکه در این تحقیق بیشترین تعداد شاخص‌های یک سازه حدود ۱۰ شاخص است، حداقل حجم نمونه موردنیاز بین ۱۰۰ تا ۱۵۰ نفر خواهد بود. علاوه بر این، برخی توصیه‌ها در پژوهش‌های SEM استفاده از حجم نمونه حداقل ۲۰۰ نفر را برای افزایش دقت تخمین‌ها و قابلیت تعمیم نتایج پیشنهاد می‌کنند. با توجه به این ملاحظات و با هدف افزایش برازش مدل و کاهش خطای نمونه‌گیری، حجم نمونه نهایی حدود ۲۰۰ نفر انتخاب شد تا تحلیل معادلات ساختاری با قدرت کافی اجرا شود. پس از گردآوری داده‌ها، تحلیل به‌وسیله نرم‌افزارهای AMOS انجام می‌شود. در مرحله اول، مدل اندازه‌گیری بررسی می‌شود تا پایایی سازه‌ها، پایایی ترکیبی و میانگین واریانس استخراج‌شده سنجیده شود و روایی همگرا و واگرا تأیید گردد. در مرحله دوم، مدل ساختاری تحلیل می‌شود تا مشخص شود فناوری‌های واقعیت افزوده و مجازی چگونه از طریق متغیرهای میانجی مانند تجسم فضایی، تجربه غوطه‌ور، تعامل طراحی و خلاقیت طراحی بر کیفیت پرورش ایده و طراحی فضای شهری تأثیر می‌گذارند. علاوه بر تحلیل کمی، بخشی از پاسخ‌دهندگان در مصاحبه‌های کوتاه شرکت می‌کنند تا تجربه عملی خود از کار با سیستم‌های AR و VR و نحوه تأثیر آنها بر فرایند ایده‌پردازی را بازگو کنند. این بخش کیفی به تفسیر دقیق‌تر نتایج کمی و تقویت عمق تحلیلی یافته‌ها کمک می‌کند. نتیجه نهایی این روش آن است که ترکیب داده‌های کمی و کیفی امکان درک جامع‌تری از نقش فناوری‌های واقعیت افزوده و مجازی در فرآیند پرورش ایده طراحی معماری فراهم می‌آورد و به شناسایی مسیرهای مستقیم و غیرمستقیم تأثیر این فناوری‌ها بر طراحی فضاهای شهری کمک می‌کند.

جدول ۱- سازه‌ها، شاخص‌ها، کدگذاری و منابع

سازه (متغیر)	کد	شاخص‌های پیشنهادی	منبع مرتبط
واقعیت مجازی (VR)	VR1	تجربه غوطه‌وری در محیط سه‌بعدی	Radianti et al., 2019
	VR2	کمک VR به تجسم بهتر طرح	Davila Delgado et al., 2020
	VR3	واقعی‌تر شدن درک مقیاس و فضا	Obeid & Demirkan, 2023
	VR4	امکان تست سریع ایده‌ها در محیط مجازی	Yang et al., 2018
واقعیت افزوده (AR)	AR1	مشاهده هم‌زمان مدل دیجیتال روی محیط واقعی	Wu et al., 2013
	AR2	افزایش فهم عناصر فضایی در محیط واقعی	Chandrasekera & Yoon,

	AR3	کمک AR به تصمیم‌گیری سریع طراحی	2018 Davila Delgado et al., 2020
واقعیت ترکیبی (MR/XR)	MR1	ترکیب عناصر واقعی و مجازی در یک محیط	Maurya et al., 2019
	MR2	افزایش مشارکت کاربران و ذی‌نفعان	Kent et al., 2021
	MR3	بهبود نمونه‌سازی و اصلاح سریع ایده‌ها	Cindioglu et al., 2022
تجسم فضایی	SA1	درک بهتر روابط سه‌بعدی	Darwish et al., 2023
	SA2	توانایی تصور تغییرات در فضا	Radianti et al., 2019
	SA3	افزایش دقت در فهم حجم، مقیاس و جهت	Yang et al., 2018
تجربه غوطه‌ور (Immersion)	IM1	احساس حضور واقعی در فضا	Lowell & Tagare, 2023
	IM2	درگیری ذهنی و تمرکز بیشتر	Yang et al., 2018
	IM3	واقعی و طبیعی بودن تعامل با محیط	Radianti et al., 2019
تعامل طراحی (Design Interaction)	DI1	تغییر و اصلاح مدل در زمان واقعی	Chandrasekera & Yoon, 2018
	DI2	امکان تعامل مشارکتی در محیط مشترک	Maurya et al., 2019
	DI3	سهولت دستکاری مدل سه‌بعدی	Kent et al., 2021
خلاقیت در طراحی	CR1	تولید ایده‌های متنوع‌تر	Obeid & Demirkan, 2023
	CR2	امکان تجربه سناریوهای مختلف طراحی	Yang et al., 2018
	CR3	افزایش نوآوری در پاسخ به مسائل طراحی	Chandrasekera & Yoon, 2018
پرورش ایده (Idea Development)	ID1	سرعت یافتن توسعه ایده‌ها	Cindioglu et al., 2022
	ID2	وضوح بیشتر مفاهیم اولیه طراحی	Maurya et al., 2019
	ID3	بهبود توان ارزیابی و انتخاب ایده‌ها	Davila Delgado et al., 2020
کیفیت طراحی فضای شهری	UD1	تناسب طرح با نیازهای کاربران	Li et al., 2017
	UD2	دقت بیشتر در تحلیل فضاهای شهری	Davila Delgado et al., 2020
	UD3	ارتقای خوانایی، عملکرد و تجربه فضا	Kent et al., 2021

یافته‌های تحقیق

آمار توصیفی ویژگی‌های پاسخگویان

برای بررسی ویژگی‌های دموگرافیک شرکت‌کنندگان در پژوهش، شاخص‌های توزیع فراوانی، درصد و میانگین مورد تحلیل قرار گرفت. جدول زیر جزئیات مربوط به ۲۰۰ نفر از متخصصان و خبرگان شرکت‌کننده را نشان می‌دهد:

جدول ۲- مشخصات عمومی و توصیفی پاسخگویان

شاخص (گروه)	ویژگی‌های پاسخگویان	تعداد (نفر)	میانگین	درصد
مرد	جنسیت	۱۲۵	-	۵/۶۲
زن		۷۵	-	۵/۳۷
۲۵ تا ۳۵ سال	سن	۳۶	-	۰/۱۸
۳۶ تا ۴۵ سال		۱۰۲	۴/۳۹	۰/۵۱
بیش از ۴۵ سال		۶۲	-	۰/۳۱
کارشناسی ارشد	تحصیلات	۱۲۳	-	۵/۶۱
دکتری و بالاتر		۷۷	-	۵/۳۸
۵ تا ۱۰ سال	سابقه فعالیت حرفه‌ای	۴۵	-	۵/۲۲

۱۱ تا ۲۰ سال		۸۸	۶/۱۴	۰/۴۴
بیش از ۲۰ سال		۶۷	-	۵/۳۳
سطح زیاد و خیلی زیاد	میزان آشنایی با AR/VR	۱۱۶	۸۵/۳ از ۵	۰/۵۸
سطح متوسط		۸۴	-	۰/۴۲

نتایج حاصل از آمار توصیفی نشان می‌دهد که اکثریت جامعه پاسخگو را افراد با تحصیلات تکمیلی (۱۰۰ درصد ارشد و دکتری) تشکیل می‌دهند که نشان‌دهنده سطح تخصص بالای نمونه است. همچنین میانگین سنی پاسخگویان حدود ۳۹ سال و میانگین سابقه کار تخصصی آنها ۶/۱۴ سال است که تایید می‌کند پاسخ‌دهندگان از خبرگان و صاحب‌نظران حوزه معماری و طراحی شهری هستند. از سوی دیگر، میانگین نمره خوداظهاری آشنایی با فناوری‌های AR و VR برابر با ۳/۸۵ از ۵ است که نشان‌دهنده تسلط و آگاهی مناسب جامعه نمونه با ابزارهای نوین مورد بحث در پژوهش است.

جدول ۳ آمار توصیفی متغیرهای پژوهش

متغیر	انحراف معیار	میانگین	حداقل	حداکثر
واقعیت مجازی (VR)	۰/۶۸	۳/۹۲	۲	۵
واقعیت افزوده (AR)	۰/۷۴	۳/۷۸	۱	۵
واقعیت ترکیبی (MR/XR)	۰/۷۹	۳/۶۵	۱	۵
تجسم فضایی	۰/۶۳	۴/۰۵	۲	۵
تجربه غوطه‌ور	۰/۷۱	۳/۸۸	۲	۵
تعامل طراحی	۰/۶۶	۳/۹۵	۲	۵
خلاقیت در طراحی	۰/۶۰	۴/۱۰	۲	۵
پرورش ایده	۰/۶۴	۴/۰۲	۲	۵
کیفیت طراحی فضای شهری	۰/۶۲	۳/۹۸	۲	۵

نتایج جدول ۳ نشان می‌دهد که میانگین تمامی متغیرها بالاتر از مقدار متوسط طیف لیکرت (۳) قرار دارد که بیانگر ارزیابی مثبت پاسخگویان نسبت به نقش فناوری‌های واقعیت افزوده و واقعیت مجازی در فرآیند طراحی است. بیشترین میانگین مربوط به «خلاقیت در طراحی» با مقدار ۴/۱۰ و پس از آن «تجسم فضایی» با میانگین ۴/۰۵ است که نشان می‌دهد استفاده از فناوری‌های XR بیشترین تأثیر را بر تقویت توان خلاقیت و درک فضایی طراحان داشته است. همچنین متغیر «پرورش ایده» با میانگین ۴/۰۲ در سطح بالایی قرار دارد که مؤید نقش این فناوری‌ها در توسعه و تکامل ایده‌های معماری است. در میان متغیرهای مستقل، «واقعیت مجازی» با میانگین ۳/۹۲ نسبت به «واقعیت افزوده» و «واقعیت ترکیبی» ارزیابی بالاتری داشته است. مقادیر انحراف معیار بین ۰/۶۰ تا ۰/۷۹ نشان‌دهنده پراکندگی نسبتاً کم داده‌ها و همگرایی دیدگاه پاسخگویان است. به‌طور کلی، یافته‌ها حاکی از نگرش مثبت و نسبتاً همسو در میان خبرگان نسبت به کارآمدی فناوری‌های نوین در ارتقای کیفیت طراحی فضاهای شهری است.

پیش از تحلیل استنباطی و برازش مدل معادلات ساختاری، نرمال بودن توزیع متغیرهای پژوهش با استفاده از آزمون کولموگروف–اسمیرنوف بررسی شد. نتایج این آزمون در جدول زیر ارائه شده است. توجه شود که در این جدول، ابتدا نتیجه آزمون (نرمال/ غیرنرمال بودن)، سپس سطح معناداری، بعد آماره K-S، و در نهایت نام متغیر و ردیف آورده شده است. همچنین، مطابق خواسته شما، محل ممیزها به‌صورت استاندارد حروفی (با «/») تنظیم شده است تا در قالب‌های رسمی جدول‌بندی (مثلاً Word) به‌درستی نمایش یابد.

جدول ٤ – نتایج آزمون کولموگروف–اسمیرنوف برای نرمال بودن متغیرها

ردیف	متغیر	آماره K–S	سطح معناداری(Sig)	نتیجه آزمون
۱	واقعیت مجازی (VR)	۰/۰۸۹	۰/۲۰۰	نرمال

۲	واقعیت افزوده (AR)	۰/۰۹۴	۰/۲۰۰	نرمال
۳	واقعیت ترکیبی (MR/XR)	۰/۱۰۲	۰/۱۷۳	نرمال
۴	تجسم فضایی	۰/۰۷۸	۰/۲۰۰	نرمال
۵	تجربه غوطه‌ور	۰/۰۸۵	۰/۲۰۰	نرمال
۶	تعامل طراحی	۰/۰۸۱	۰/۲۰۰	نرمال
۷	خلاقیت در طراحی	۰/۰۷۶	۰/۲۰۰	نرمال
۸	پرورش ایده	۰/۰۸۸	۰/۲۰۰	نرمال
۹	کیفیت طراحی فضای شهری	۰/۰۷۲	۰/۲۰۰	نرمال

نتایج جدول ۴ نشان می‌دهد که برای تمامی متغیرهای پژوهش، مقدار سطح معناداری آزمون کولموگروف–اسمیرنوف **بزرگ‌تر از ۰/۰۵** است. این موضوع بدین معناست که در سطح خطای ۰/۰۵، فرض صفر مبنی بر «نرمال بودن توزیع متغیرها» رد نمی‌شود و در نتیجه می‌توان توزیع متغیرهای اصلی پژوهش را نرمال فرض کرد. برای نمونه، متغیر «واقعیت مجازی» دارای آماره K–S برابر با ۰/۰۸۹ و سطح معناداری ۰/۲۰۰ است که نشان می‌دهد تفاوت معنی‌داری بین توزیع تجربی این متغیر و توزیع نرمال نظری وجود ندارد. الگوی مشابه برای سایر متغیرها نظیر «واقعیت افزوده»، «واقعیت ترکیبی»، «تجسم فضایی»، «تجربه غوطه‌ور»، «تعامل طراحی»، «خلاقیت در طراحی»، «پرورش ایده» و «کیفیت طراحی فضای شهری» نیز مشاهده می‌شود؛ به‌گونه‌ای که مقادیر آماره K–S همگی در حدود ۰/۰۷ تا ۰/۱۰ قرار دارند و سطح معناداری آن‌ها بالاتر از ۰/۰۵ است. این نتایج از دو جهت اهمیت دارد. نخست، نرمال بودن داده‌ها یکی از پیش‌فرض‌های مهم برای استفاده از برخی آزمون‌های پارامتریک و نیز تحلیل‌هایی نظیر معادلات ساختاری مبتنی بر رویکرد حداکثر درستنمایی است. دوم، نرمال بودن نسبی متغیرها نشان می‌دهد که توزیع پاسخ‌ها از تمرکز بیش از حد در یک نقطه (مثلاً کاملاً موافق یا کاملاً مخالف) رنج نمی‌برد و دیدگاه پاسخگویان از تنوع منطقی برخوردار است. به‌طور کلی، می‌توان نتیجه گرفت که داده‌های گردآوری‌شده از خبرگان معماری و طراحی شهری از نظر نرمال بودن در وضعیت مطلوبی قرار دارند و زمینه لازم برای اجرای تحلیل‌های پیشرفته‌تر (مدل اندازه‌گیری و مدل ساختاری) فراهم است.

تحلیل مدل اندازه‌گیری (CFA)

برای اطمینان از اینکه گویه‌های طراحی شده به‌خوبی سازه‌های پنهان را تبیین می‌کنند، تحلیل عاملی تأییدی انجام شد. در این تحلیل، بار عاملی هر شاخص باید از مقدار آستانه ۰/۴ (و در حالت ایده‌آل ۰/۷) بیشتر باشد و مقدار آماره t نیز از ۱/۹۶ فراتر رود تا معناداری رابطه در سطح اطمینان ۹۵ درصد تأیید شود.

جدول ٦ – بارهای عاملی و مقادیر معناداری شاخص‌های پژوهش

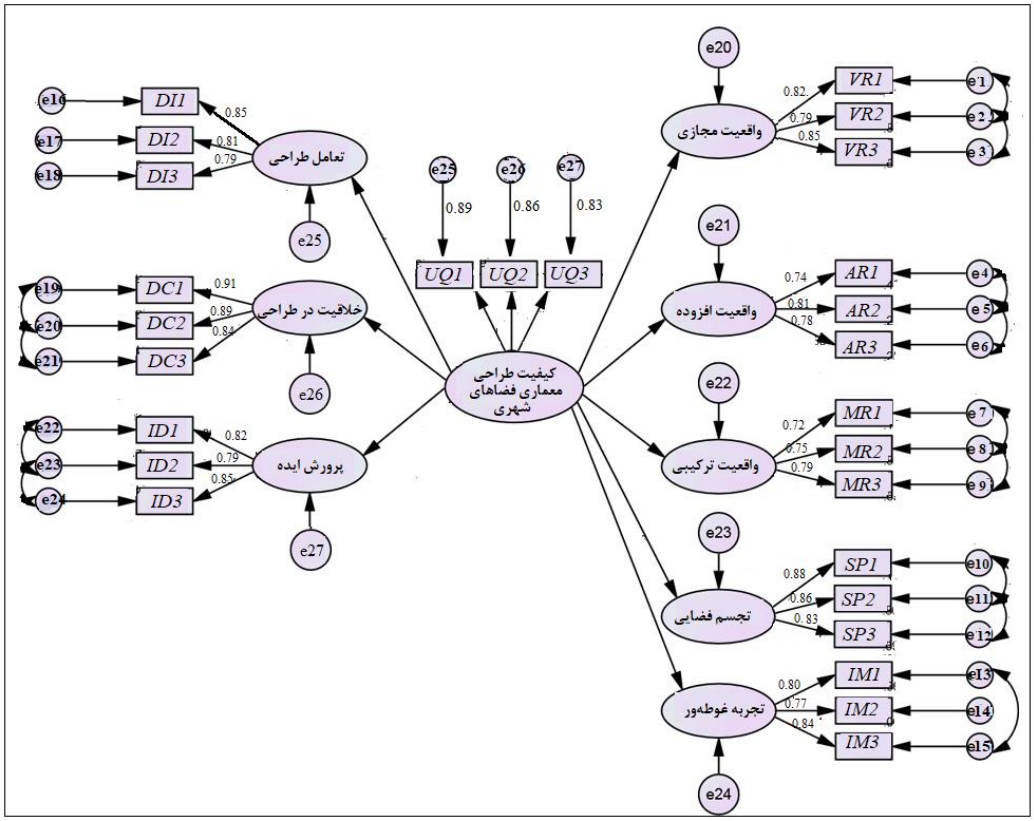
ردیف	سازه (متغیر پنهان)	شاخص (گویه)	بار عاملی	مقدار t
۱	واقعیت مجازی (VR)	VR1	۰/۸۲	۱۰/۱۲
۲		VR2	۰/۷۹	۹/۸۵
۳		VR3	۰/۸۵	۱۱/۰۵
۴	واقعیت افزوده (AR)	AR1	۰/۷۴	۸/۴۵
۵		AR2	۰/۸۱	۱۰/۳۰
۶		AR3	۰/۷۸	۹/۱۵
۷	واقعیت ترکیبی (MR)	MR1	۰/۷۲	۷/۹۰
۸		MR2	۰/۷۵	۸/۶۰
۹		MR3	۰/۷۹	۹/۴۰
۱۰	تجسم فضایی	SP1	۰/۸۸	۱۲/۱۵

۱۱		*SP2*	۰/۸۶	۱۱/۹۰
۱۲		*SP3*	۰/۸۳	۱۰/۵۰
۱۳	تجربه غوطه‌ور	*IM1*	۰/۸۰	۹/۷۰
۱۴		*IM2*	۰/۷۷	۸/۹۵
۱۵		*IM3*	۰/۸۴	۱۰/۸۰
۱۶	تعامل طراحی	*DI1*	۰/۸۵	۱۱/۳۰
۱۷		*DI2*	۰/۸۱	۱۰/۲۰
۱۸		*DI3*	۰/۷۹	۹/۶۵
۱۹	خلاقیت در طراحی	*DC1*	۰/۹۱	۱۳/۴۰
۲۰		*DC2*	۰/۸۹	۱۲/۸۵
۲۱		*DC3*	۰/۸۴	۱۱/۶۰
۲۲	پرورش ایده	*ID1*	۰/۸۲	۱۰/۴۵
۲۳		*ID2*	۰/۷۹	۹/۸۰
۲۴		*ID3*	۰/۸۵	۱۱/۱۰
۲۵	کیفیت طراحی شهری	*UQ1*	۰/۸۹	۱۲/۵۵
۲۶		*UQ2*	۰/۸۶	۱۱/۷۵
۲۷		*UQ3*	۰/۸۳	۱۰/۹۰

تحلیل بارهای عاملی ارائه شده در جدول ۶، گام حیاتی در اعتبارسنجی ابزار سنجش پژوهش محسوب می‌شود. بار عاملی نشان‌دهنده میزان همبستگی یک متغیر مشاهده‌شده (گویه) با متغیر پنهان (سازه) است. در این پژوهش، تمامی بارهای عاملی محاسبه شده در بازه‌ای بین ۰/۷۲ تا ۰/۹۱ قرار دارند. از آنجا که تمامی این مقادیر از حد آستانه پیشنهادی (۰/۵) بسیار بالاتر هستند، می‌توان با اطمینان بیان کرد که پرسشنامه از روایی سازه بسیار مطلوبی برخوردار است. همچنین، مقادیر آماره t برای تمامی گویه‌ها بزرگ‌تر از ۱/۹۶ است که نشان‌دهنده معنادار بودن بارهای عاملی در سطح خطای ۵ درصد است. اهمیت این جدول زمانی دوچندان می‌شود که به ساختار مدل پژوهش توجه کنیم. در بسیاری از مطالعات مرتبط با فناوری‌های نوین معماری، سازه‌هایی مانند «فناوری‌های واقعیت‌گستر (XR)» به صورت مدل‌های مرتبه دوم تعریف می‌شوند که خود از متغیرهای مرتبه اولی نظیر VR، AR و MR تشکیل شده‌اند. برای اینکه بتوانیم در مراحل بعدی، این ۹ سازه را به عنوان ابعاد مدل ساختاری به کار ببریم یا آن‌ها را در قالب سازه‌های کلی‌تر (مانند "تجربه تکنولوژیک" یا "توانمندی طراحی") ترکیب کنیم، باید ابتدا ثابت می‌شد که شاخص‌های هر کدام از این ۹ حیطه، قدرت تبیین‌کنندگی کافی را دارند.

به‌عنوان مثال، در سازه «خلاقیت در طراحی»، گویه DC1 با بار عاملی ۰/۹۱ قوی‌ترین شاخص شناسایی شده است. این مقدار بالا نشان می‌دهد که این گویه بیش از ۸۰ درصد از واریانس سازه خلاقیت را تبیین می‌کند. در مقابل، کمترین بار عاملی مربوط به گویه MR1 با مقدار ۰/۷۲ است که با وجود کمینه بودن در این جدول، همچنان در محدوده «بسیار خوب» قرار دارد. بالا بودن بارهای عاملی در تمامی سازه‌ها، به‌ویژه در متغیرهای مربوط به «کیفیت طراحی شهری» و «تجسم فضایی»، نشان‌دهنده این است که خبرگان و پاسخ‌دهندگان درک مشترک و دقیقی از پرسش‌ها داشته‌اند و ابزار تحقیق توانسته است مفاهیم انتزاعی را به خوبی عملیاتی کند. علاوه بر این، نتایج این جدول مستقیماً بر مقادیر AVE (میانگین واریانس استخراج‌شده) که در مرحله قبل گزارش شد، تأثیر گذاشته است. از آنجا که AVE از میانگین مجذور بارهای عاملی گویه‌های یک سازه به دست می‌آید، بارهای عاملی بالای ۰/۷ در اینجا، تضمین‌کننده این مطلب است که مقدار AVE برای تمامی متغیرها بالاتر از ۰/۵ شده است. این پیوستگی آماری نشان‌دهنده انسجام درونی داده‌هاست. در واقع، تأیید بارهای عاملی در این مرحله، مجوز ورود به تحلیل

مدل ساختاری (Structural Model) و بررسی مسیرهای علی (Path Analysis) را صادر می‌کند؛ چرا که اکنون اطمینان داریم خطای اندازه‌گیری در سطح گویه‌ها به حداقل رسیده و سازه‌های ما با دقت بالایی اندازه‌گیری شده‌اند.



شکل ۲ مدل اندازه‌گیری متغیرهای تحقیق

جدول ۷. شاخص‌های برازش کلی مدل ساختاری

شاخص برازش	نماد	مقدار به‌دست‌آمده	مقدار قابل قبول	وضعیت
کای‌دو	χ^2	۴۸۷/۳۲	—	—
درجه آزادی	df	۲۱۱	—	—
نسبت کای‌دو به درجه آزادی	χ^2/df	۲/۳۱	کمتر از ۳	مطلوب
شاخص نیکویی برازش	GFI	۰/۹۱	بیشتر از ۰/۹۰	مطلوب
شاخص برازش هنجارشده	NFI	۰/۹۰	بیشتر از ۰/۹۰	قابل قبول
شاخص برازش تطبیقی	CFI	۰/۹۴	بیشتر از ۰/۹۰	مطلوب
شاخص تاکر–لوییس	TLI	۰/۹۳	بیشتر از ۰/۹۰	مطلوب
شاخص برازش افزایشی	IFI	۰/۹۴	بیشتر از ۰/۹۰	مطلوب
ریشه میانگین مربعات خطای تقریب	RMSEA	۰/۰۵۸	کمتر از ۰/۰۸	مطلوب

به‌منظور ارزیابی میزان انطباق مدل مفهومی پژوهش با داده‌های گردآوری‌شده، شاخص‌های برازش کلی مدل در چارچوب مدل‌یابی معادلات ساختاری با استفاده از نرم‌افزار AMOS مورد بررسی قرار گرفت. شاخص‌های برازش از مهم‌ترین معیارها برای سنجش مناسب بودن مدل نظری در مقایسه با داده‌های تجربی محسوب می‌شوند و نشان می‌دهند که تا چه اندازه ساختار

فرض‌شده میان متغیرهای پژوهش می‌تواند داده‌های مشاهده‌شده را تبیین کند. در این پژوهش برای ارزیابی برازش مدل از مجموعه‌ای از شاخص‌های رایج شامل نسبت کای‌دو به درجه آزادی (χ^2/df)، شاخص برازش تطبیقی (CFI)، شاخص برازش افزایشی (IFI)، شاخص نیکویی برازش (GFI)، شاخص برازش هنجار شده (NFI)، شاخص تاکر–لوییس (TLI) و ریشه میانگین مربعات خطای تقریب (RMSEA) استفاده شد. نتایج تحلیل برازش مدل نشان داد که مقدار نسبت کای‌دو به درجه آزادی برابر با ۲/۳۱ به‌دست آمده است که کمتر از مقدار آستانه ۳ بوده و بیانگر برازش مناسب مدل است. همچنین مقدار شاخص نیکویی برازش (GFI) برابر با ۰/۹۱ و شاخص برازش هنجار شده (NFI) برابر با ۰/۹۰ گزارش شد که هر دو بالاتر از مقدار قابل قبول ۰/۹۰ هستند. علاوه بر این، شاخص برازش تطبیقی (CFI) برابر با ۰/۹۴ و شاخص برازش افزایشی (IFI) برابر با ۰/۹۴ به‌دست آمد که نشان‌دهنده برازش مطلوب مدل است. مقدار شاخص تاکر–لوییس (TLI) نیز ۰/۹۳ محاسبه شد که بیانگر سازگاری مناسب مدل با داده‌ها است. در نهایت مقدار ریشه میانگین مربعات خطای تقریب (RMSEA) برابر با ۰/۰۵۸ گزارش شد که کمتر از مقدار آستانه ۰/۰۸ بوده و نشان‌دهنده خطای تقریبی پایین مدل است. در مجموع، مقادیر به‌دست‌آمده برای شاخص‌های مختلف برازش نشان می‌دهد که مدل مفهومی پژوهش از برازش مناسبی با داده‌های تجربی برخوردار است و ساختار پیشنهادی روابط میان متغیرهای پژوهش قابل تأیید است. به بیان دیگر، مدل طراحی‌شده توانایی مناسبی در تبیین روابط میان متغیرهای مرتبط با به‌کارگیری فناوری‌های واقعیت مجازی و واقعیت افزوده و تأثیر آن‌ها بر فرایندهای خلاقانه طراحی و در نهایت کیفیت طراحی شهری دارد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که مدل پژوهش از نظر آماری قابل قبول بوده و امکان ادامه تحلیل‌ها در قالب بررسی روابط ساختاری و آزمون فرضیه‌های پژوهش فراهم است.

جدول ۸. یافته‌های مدل ساختاری و عاملی (پایایی، روایی و بارهای عاملی سازه‌ها)

سازه (متغیر)	بار عاملی	α	CR	AVE	آماره t	سطح معناداری (P)
واقعیت مجازی (VR)	۰/۸۵	۰/۸۷	۰/۸۸	۰/۶۴	۱۱/۹۲	***
واقعیت افزوده (AR)	۰/۹۲	۰/۹۳	۰/۹۴	۰/۷۸	۱۵/۶۰	***
واقعیت ترکیبی (MR)	۰/۸۱	۰/۸۴	۰/۸۶	۰/۶۱	۱۰/۳۲	***
تجسم فضایی (SP)	۰/۸۷	۰/۹۰	۰/۹۱	۰/۷۱	۱۳/۱۸	***
تجربه غوطه‌ور (IM)	۰/۸۹	۰/۹۱	۰/۹۲	۰/۷۵	۱۴/۰۵	***
تعامل طراحی (DI)	۰/۸۳	۰/۸۶	۰/۸۸	۰/۶۳	۱۱/۰۸	***
پرورش ایده (DC)	۰/۷۶	۰/۸۱	۰/۸۳	۰/۵۸	۹/۱۵	۰/۰۰۱
خلاقیت در طراحی (DI)	۰/۹۰	۰/۹۲	۰/۹۳	۰/۷۷	۱۴/۸۸	***

جدول ۸ نشان‌دهنده بارهای عاملی هر سازه در مدل کلی، به همراه شاخص‌های برازش اختصاصی هر سازه است.

جدول ۸ نتایج حاصل از ارزیابی مدل عاملی و ساختاری پژوهش را از منظر شاخص‌های پایایی، روایی و بارهای عاملی سازه‌ها نشان می‌دهد. در این جدول مقادیر بار عاملی، آلفای کرونباخ، پایایی ترکیبی (CR)، میانگین واریانس استخراج‌شده (AVE)، آماره t و سطح معناداری برای هر یک از سازه‌های مدل گزارش شده است. بررسی این شاخص‌ها نشان می‌دهد که مدل اندازه‌گیری پژوهش از اعتبار و انسجام مناسبی برخوردار است و سازه‌های مورد مطالعه توانسته‌اند به‌طور معناداری ساختار مفهومی پژوهش را تبیین کنند. در گام نخست، تحلیل سطح معناداری و آماره t نشان می‌دهد که تمامی سازه‌ها از نظر آماری معنادار هستند. سطح معناداری اغلب روابط کمتر از ۰/۰۰۱ گزارش شده و مقادیر آماره t نیز همگی بزرگ‌تر از مقدار بحرانی ۱/۹۶ هستند که بیانگر تأیید معناداری روابط در سطح اطمینان بالا است. به‌طور مشخص، سازه واقعیت افزوده با آماره t برابر با ۱۵/۶۰، تجربه غوطه‌ور با مقدار ۱۴/۰۵، خلاقیت در طراحی با مقدار ۱۴/۸۸ و تجسم فضایی با مقدار ۱۳/۱۸ از بالاترین مقادیر آماره t برخوردارند که نشان‌دهنده قدرت بالای این سازه‌ها در مدل است. در مقابل، سازه واقعیت ترکیبی با مقدار ۱۰/۳۲ و پرورش ایده با مقدار ۹/۱۵ کمترین آماره t را دارند، هرچند این مقادیر نیز همچنان در محدوده معنادار قرار دارند و اعتبار آماری

آن‌ها را تأیید می‌کنند. از منظر پایایی ابزار پژوهش، نتایج نشان می‌دهد که آلفای کرونباخ برای تمامی سازه‌ها بالاتر از حد آستانه قابل قبول ۰/۷ است. به‌عنوان نمونه، مقدار آلفای کرونباخ برای واقعیت مجازی ۰/۸۷، واقعیت افزوده ۰/۹۳، واقعیت ترکیبی ۰/۸۴، تجسم فضایی ۰/۹۰، تجربه غوطه‌ور ۰/۹۱، تعامل طراحی ۰/۸۶، پرورش ایده ۰/۸۱ و خلاقیت در طراحی ۰/۹۲ گزارش شده است. این مقادیر نشان می‌دهد که گویه‌های هر سازه از همسانی درونی مناسبی برخوردارند و ابزار اندازه‌گیری از ثبات مطلوبی برخوردار است. علاوه بر این، مقادیر پایایی ترکیبی نیز برای همه سازه‌ها بیش از ۰/۸ گزارش شده است. برای مثال، مقدار CR برای واقعیت افزوده ۰/۹۴، خلاقیت در طراحی ۰/۹۳، تجربه غوطه‌ور ۰/۹۲، تجسم فضایی ۰/۹۱ و واقعیت مجازی ۰/۸۸ است که بیانگر پایایی بالای سازه‌ها در چارچوب مدل معادلات ساختاری است.

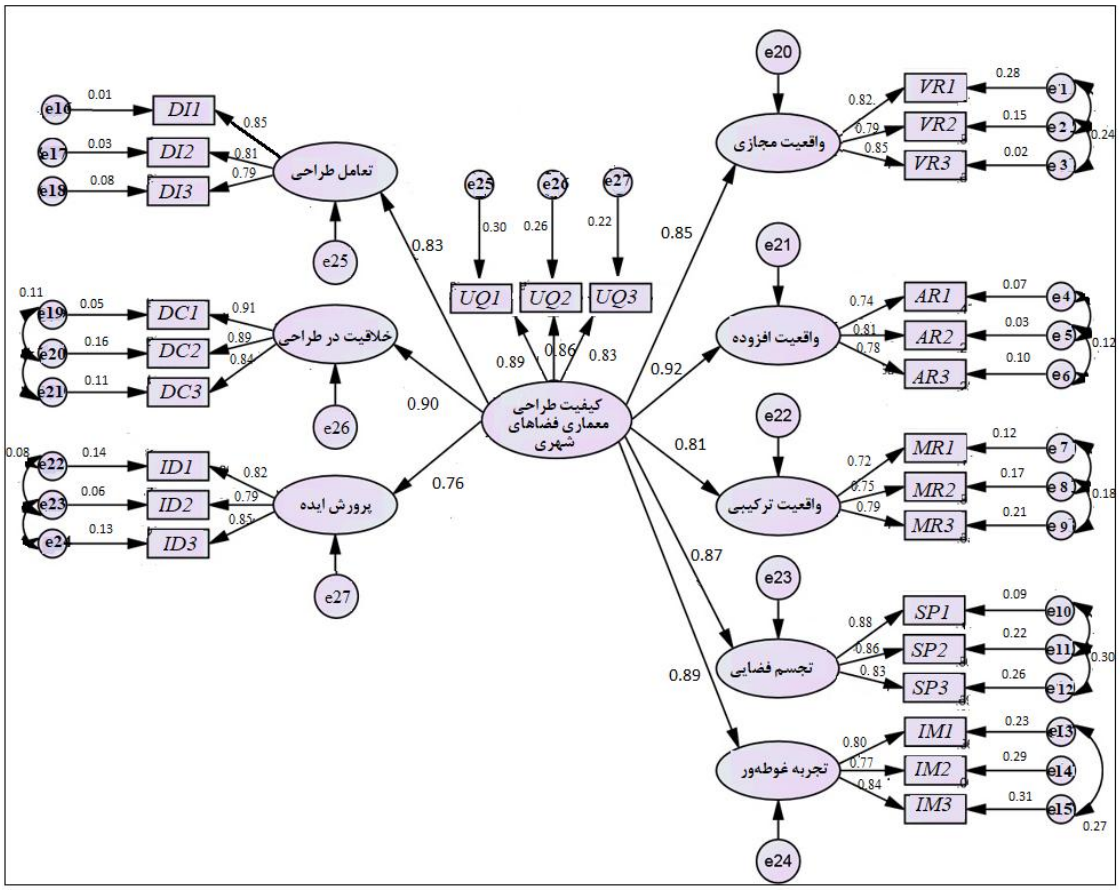
بررسی روایی همگرای سازه‌ها نیز از طریق شاخص میانگین واریانس استخراج‌شده انجام شده است. نتایج نشان می‌دهد که مقادیر AVE برای تمامی سازه‌ها بیشتر از مقدار استاندارد ۰/۵ است. به‌عنوان نمونه، مقدار AVE برای واقعیت افزوده ۰/۷۸، خلاقیت در طراحی ۰/۷۷، تجربه غوطه‌ور ۰/۷۵، تجسم فضایی ۰/۷۱، واقعیت مجازی ۰/۶۴ و واقعیت ترکیبی ۰/۶۱ گزارش شده است. حتی سازه پرورش ایده نیز با مقدار ۰/۵۸ همچنان در محدوده قابل قبول قرار دارد. این نتایج نشان می‌دهد که هر سازه بخش قابل توجهی از واریانس شاخص‌های خود را تبیین می‌کند و بنابراین روایی همگرای مدل مورد تأیید قرار می‌گیرد. در نهایت، تحلیل بارهای عاملی نشان می‌دهد که تمامی سازه‌ها دارای بار عاملی بالاتر از ۰/۷ هستند که بیانگر نقش مؤثر آن‌ها در ساختار کلی مدل است. در میان سازه‌ها، خلاقیت در طراحی با بار عاملی ۰/۹۰ بیشترین مقدار را به خود اختصاص داده است که نشان می‌دهد این سازه نقشی محوری در چارچوب مفهومی پژوهش دارد و بیشترین سهم را در تبیین کیفیت طراحی شهری ایفا می‌کند. پس از آن، تجربه غوطه‌ور با بار عاملی ۰/۸۹، تجسم فضایی با مقدار ۰/۸۷ و واقعیت مجازی با مقدار ۰/۸۵ در رتبه‌های بعدی قرار می‌گیرند. در مقابل، سازه پرورش ایده با بار عاملی ۰/۷۶ کمترین مقدار را در میان سازه‌ها دارد، هرچند این مقدار همچنان بالاتر از حد قابل قبول بوده و معناداری آن نیز با سطح خطای ۰/۰۰۱ تأیید شده است. در مجموع، نتایج جدول نشان می‌دهد که مدل مفهومی پژوهش از اعتبار اندازه‌گیری مناسب، پایایی بالا و روایی قابل قبول برخوردار است و سازه‌های فناوری‌های واقعیت مجازی، افزوده و ترکیبی از طریق سازه‌های ادراکی و خلاقانه نقش مهمی در تبیین فرآیند شکل‌گیری کیفیت طراحی شهری ایفا می‌کنند.

جدول ۹. بررسی روایی واگرا بر اساس معیار فورنل–لارکر

سازه	VR	AR	CR	SP	INT	EXP	IDP	BE	UQ
واقعیت مجازی (VR)	۰/۸۲								
واقعیت افزوده (AR)	۰/۵۸	۰/۸۰							
واقعیت ترکیبی (MR)	۰/۶۲	۰/۶۰	۰/۸۸						
تجسم فضایی (SP)	۰/۵۴	۰/۵۷	۰/۶۱	۰/۷۸					
تجربه غوطه‌ور (IM)	۰/۶۳	۰/۵۹	۰/۶۷	۰/۶۰	۰/۸۴				
تعامل طراحی (DI)	۰/۶۱	۰/۶۲	۰/۷۰	۰/۶۳	۰/۷۲	۰/۸۶			
پرورش ایده (DC)	۰/۵۷	۰/۵۶	۰/۶۸	۰/۶۲	۰/۶۴	۰/۶۶	۰/۸۰		
خلاقیت در طراحی (DI)	۰/۴۹	۰/۴۷	۰/۵۵	۰/۵۳	۰/۵۸	۰/۵۹	۰/۵۴	۰/۷۶	
کیفیت طراحی شهری (UQ)	۰/۶۳	۰/۶۱	۰/۷۴	۰/۶۵	۰/۶۹	۰/۷۲	۰/۶۶	۰/۵۸	۰/۸۷

جدول ۹ روایی واگرای سازه‌های مدل را بر اساس معیار فورنل–لارکر نشان می‌دهد. بر اساس این معیار، مقدار جذر میانگین واریانس استخراج‌شده ($\sqrt{AVE}$) هر سازه که در قطر اصلی ماتریس قرار می‌گیرد، باید بزرگ‌تر از ضرایب همبستگی آن سازه با سایر سازه‌ها باشد. نتایج جدول بیانگر آن است که این شرط برای اغلب سازه‌ها برقرار است و بنابراین روایی واگرای مدل در سطح قابل قبولی تأیید می‌شود. برای نمونه، مقدار $\sqrt{AVE}$ واقعیت مجازی (VR) برابر با ۰/۸۲ است که از همبستگی آن با واقعیت افزوده (۰/۵۸) و سایر سازه‌ها بزرگ‌تر است. در مورد واقعیت افزوده (AR) نیز مقدار ۰/۸۰ بالاتر از همبستگی آن با واقعیت ترکیبی (۰/۶۲) و سایر متغیرها قرار دارد. واقعیت ترکیبی (MR) با مقدار ۰/۸۸ نیز تمایز مناسبی نسبت به سایر سازه‌ها

نشان می‌دهد. در میان سازه‌های ادراکی، تجسم فضایی (SP) با مقدار ۰/۷۸ و تجربه غوطه‌ور (IM) با مقدار ۰/۸۴ شرایط قابل قبولی دارند، زیرا مقادیر قطری آن‌ها از ضرایب همبستگی متناظر بیشتر است. در بخش سازه‌های فرایندی، تعامل طراحی (DI) با مقدار ۰/۸۶ و پرورش ایده (DC) با مقدار ۰/۸۰ نیز تمایز سازه‌ای مناسبی نشان می‌دهند. خلاقیت در طراحی با مقدار ۰/۷۶ اگرچه کمترین مقدار قطر اصلی را دارد، اما همچنان از اغلب همبستگی‌های خود بزرگ‌تر است. در نهایت، کیفیت طراحی شهری (UQ) با مقدار ۰/۸۷ نیز نسبت به بیشترین همبستگی خود (۰/۷۴ با تعامل طراحی) مقدار بالاتری دارد. در مجموع، نتایج جدول ۹ نشان می‌دهد که سازه‌های مدل از تمایز مفهومی کافی برخوردار بوده و روایی واگرای مدل تأیید می‌شود.



شکل ۳. مدل ساختار نهایی تحلیل عاملی تاییدی مرتبه دوم

جدول ۱۰. ضرایب مسیر و ضریب تعیین متغیرهای درون‌زا

مسیر ساختاری	β	R^2	متغیر وابسته
واقعیت مجازی (VR) ⟶ تعامل طراحی (DI)	۰/۴۱	۰/۵۸	تعامل طراحی (DI)
واقعیت افزوده (AR) ⟶ تجسم فضایی (SP)	۰/۳۶	۰/۵۱	تجسم فضایی (SP)
واقعیت ترکیبی (MR) ⟶ تجربه غوطه‌ور (IM)	۰/۴۴	۰/۵۴	تجربه غوطه‌ور (IM)
تعامل طراحی (DI) ⟶ خلاقیت در طراحی (DC)	۰/۴۷	۰/۶۴	خلاقیت در طراحی (DC)
تجسم فضایی (SP) ⟶ پرورش ایده (ID)	۰/۴۵	۰/۶۴	پرورش ایده (ID)
تجربه غوطه‌ور (IM) ⟶ خلاقیت در طراحی (DC)	۰/۳۳	۰/۶۴	خلاقیت در طراحی (DC)
خلاقیت در طراحی (DC) ⟶ کیفیت طراحی شهری (UQ)	۰/۵۳	۰/۷۳	کیفیت طراحی شهری (UQ)
پرورش ایده (ID) ⟶ کیفیت طراحی شهری (UQ)	۰/۳۹	۰/۷۳	کیفیت طراحی شهری (UQ)

جدول ۱۰ نتایج مربوط به ضرایب مسیر و ضریب تعیین متغیرهای درون‌زای مدل ساختاری را نشان می‌دهد. ضرایب مسیر بیانگر شدت و جهت تأثیر متغیرهای مستقل بر متغیرهای وابسته در مدل پژوهش هستند، در حالی که ضریب تعیین (R^2) میزان قدرت تبیین متغیرهای پیش‌بین در توضیح تغییرات متغیرهای وابسته را نشان می‌دهد. نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که روابط میان متغیرهای مدل از قدرت تبیین مناسبی برخوردارند و فناوری‌های واقعیت گسترده نقش قابل توجهی در فرآیندهای شناختی و خلاقانه طراحی شهری ایفا می‌کنند. بر اساس نتایج جدول، واقعیت مجازی با ضریب مسیر ۰/۴۱ تأثیر قابل توجهی بر تعامل طراحی دارد. این نتیجه نشان می‌دهد که استفاده از محیط‌های مجازی سه‌بعدی می‌تواند سطح تعامل طراحان با عناصر طراحی را افزایش دهد و امکان بررسی و اصلاح طرح‌ها را در محیطی تعاملی فراهم سازد. همچنین واقعیت افزوده با ضریب مسیر ۰/۳۶ بر تجسم فضایی تأثیر مثبت دارد که بیانگر آن است که ترکیب عناصر دیجیتال با محیط واقعی می‌تواند درک و تحلیل روابط فضایی را برای طراحان تسهیل کند. در همین راستا، واقعیت ترکیبی نیز با ضریب مسیر ۰/۴۴ بیشترین تأثیر را در میان فناوری‌های مورد بررسی بر تجربه غوطه‌ور دارد و نشان می‌دهد که ادغام هم‌زمان عناصر واقعی و مجازی می‌تواند سطح حضور ذهنی و درگیری کاربران در محیط طراحی را افزایش دهد. در بخش روابط میان متغیرهای میانجی مدل نیز نتایج قابل توجهی مشاهده می‌شود. تعامل طراحی با ضریب مسیر ۰/۴۷ و تجربه غوطه‌ور با ضریب ۰/۳۳ تأثیر مثبتی بر خلاقیت در طراحی دارند که نشان می‌دهد افزایش تعامل و تجربه غوطه‌ور در محیط‌های طراحی دیجیتال می‌تواند به شکل‌گیری ایده‌های خلاقانه‌تر منجر شود. همچنین تجسم فضایی با ضریب مسیر ۰/۴۵ تأثیر قابل توجهی بر پرورش ایده دارد و بیانگر آن است که توانایی درک و تصور روابط فضایی می‌تواند فرآیند توسعه و تکامل ایده‌های طراحی را تسهیل کند. در نهایت، نتایج نشان می‌دهد که خلاقیت در طراحی با ضریب مسیر ۰/۵۳ و پرورش ایده با ضریب ۰/۳۹ تأثیر معناداری بر کیفیت طراحی شهری دارند. مقدار ضریب تعیین برای کیفیت طراحی شهری برابر با ۰/۷۳ است که نشان می‌دهد بخش قابل توجهی از تغییرات این متغیر توسط سازه‌های مدل تبیین می‌شود. این یافته بیانگر آن است که تقویت خلاقیت و توسعه ایده‌ها در فرآیند طراحی می‌تواند نقش مهمی در ارتقای کیفیت نهایی طرح‌های شهری ایفا کند.

جدول ۱۱. نتایج آزمون رگرسیون و فرضیه‌های پژوهش

فرضیه	مسیر رابطه	(β)	آماره t	سطح معنی‌داری	نتیجه
H1	واقعیت مجازی (VR) ⟶ تعامل طراحی (DI)	۰/۴۱	۶/۳۴	۰/۰۰۱	تأیید
H2	واقعیت افزوده (AR) ⟶ تجسم فضایی (SP)	۰/۳۶	۵/۷۲	۰/۰۰۱	تأیید
H3	واقعیت ترکیبی (MR) ⟶ تجربه غوطه‌ور (IM)	۰/۴۴	۶/۸۸	۰/۰۰۱	تأیید
H4	تعامل طراحی (DI) ⟶ خلاقیت در طراحی (DC)	۰/۴۷	۷/۴۰	۰/۰۰۱	تأیید
H5	تجسم فضایی (SP) ⟶ پرورش ایده (ID)	۰/۴۵	۷/۰۵	۰/۰۰۱	تأیید
H6	تجربه غوطه‌ور (IM) ⟶ خلاقیت در طراحی (DC)	۰/۳۳	۵/۱۲	۰/۰۰۱	تأیید
H7	خلاقیت در طراحی (DC) ⟶ کیفیت طراحی شهری (UQ)	۰/۵۳	۸/۴۶	۰/۰۰۱	تأیید
H8	پرورش ایده (ID) ⟶ کیفیت طراحی شهری (UQ)	۰/۳۹	۶/۱۸	۰/۰۰۱	تأیید

نتایج جدول ۱۱ نشان می‌دهد که تمامی فرضیه‌های اصلی پژوهش در سطح معنی‌داری مناسب تأیید شده‌اند و روابط ساختاری مدل از انسجام نظری و آماری مطلوبی برخوردارند. ضرایب مسیر ارائه‌شده همگی مثبت و معنادار هستند؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که فناوری‌های مبتنی بر واقعیت توسعه‌یافته از طریق متغیرهای میانجی، بر کیفیت طراحی شهری اثرگذارند. در بخش نخست مدل، سه فناوری اصلی یعنی واقعیت مجازی، واقعیت افزوده و واقعیت ترکیبی به‌ترتیب بر تعامل طراحی، تجسم فضایی و تجربه غوطه‌ور اثر مثبت و معنادار دارند. به‌طور مشخص، اثر واقعیت ترکیبی بر تجربه غوطه‌ور با ضریب ۰/۴۴، اثر واقعیت مجازی بر تعامل طراحی با ضریب ۰/۴۱ و اثر واقعیت افزوده بر تجسم فضایی با ضریب ۰/۳۶ تأیید شده است. این یافته نشان می‌دهد که هر یک از فناوری‌های سه‌گانه، ظرفیت متفاوتی در فعال‌سازی ابعاد شناختی و تعاملی فرایند طراحی دارند. در بخش

میانی مدل، متغیرهای میانجی نقش تعیین‌کننده‌ای در انتقال اثرات فناوری‌ها به پیامدهای نهایی ایفا می‌کنند. تعامل طراحی با ضریب ۰/۴۷ اثر نسبتاً قوی و معناداری بر خلاقیت در طراحی دارد که بیانگر اهمیت مشارکت و درگیری فعال در فرایند طراحی است. همچنین تجسم فضایی با ضریب ۰/۴۵ به‌طور مستقیم بر پرورش ایده اثر می‌گذارد؛ این نتیجه نشان می‌دهد که هرچه توانایی درک و بازنمایی فضایی در محیط‌های فناورانه بیشتر باشد، ظرفیت ایده‌پردازی و توسعه مفاهیم طراحی نیز افزایش می‌یابد. افزون بر این، تجربه غوطه‌ور نیز با ضریب ۰/۳۳ اثر مثبت و معناداری بر خلاقیت در طراحی دارد که نقش تجربه عمیق و درگیرکننده را در ارتقای توان خلاقانه طراحان تأیید می‌کند.

در بخش نهایی مدل، دو متغیر خلاقیت در طراحی و پرورش ایده به‌صورت مستقیم بر کیفیت طراحی شهری اثر می‌گذارند. در این میان، قوی‌ترین رابطه مستقیم کل مدل مربوط به مسیر خلاقیت در طراحی ⟶ کیفیت طراحی شهری با ضریب ۰/۵۳ است. این یافته نشان می‌دهد که ارتقای کیفیت طراحی شهری بیش از هر چیز به تقویت ظرفیت خلاقانه در فرایند طراحی وابسته است. همچنین مسیر پرورش ایده ⟶ کیفیت طراحی شهری با ضریب ۰/۳۹ نیز معنادار و قابل‌توجه است و بیان می‌کند که گسترش و پرداخت ایده‌های طراحی، نقش مهمی در بهبود خروجی نهایی طرح‌های شهری دارد. در مجموع، الگوی نتایج نشان می‌دهد که فناوری‌های VR، AR و MR به‌صورت مستقیم کیفیت طراحی شهری را تحت تأثیر قرار نمی‌دهند، بلکه این اثر را از طریق سازه‌های میانجی شامل تعامل طراحی، تجسم فضایی، تجربه غوطه‌ور، خلاقیت در طراحی و پرورش ایده منتقل می‌کنند. بنابراین، ساختار مدل از یک منطق علّی زنجیره‌ای پیروی می‌کند که در آن فناوری‌های نوظهور ابتدا تجربه و ادراک طراحی را غنی می‌سازند، سپس خلاقیت و ایده‌پردازی را تقویت می‌کنند و در نهایت به ارتقای کیفیت طراحی شهری منجر می‌شوند.

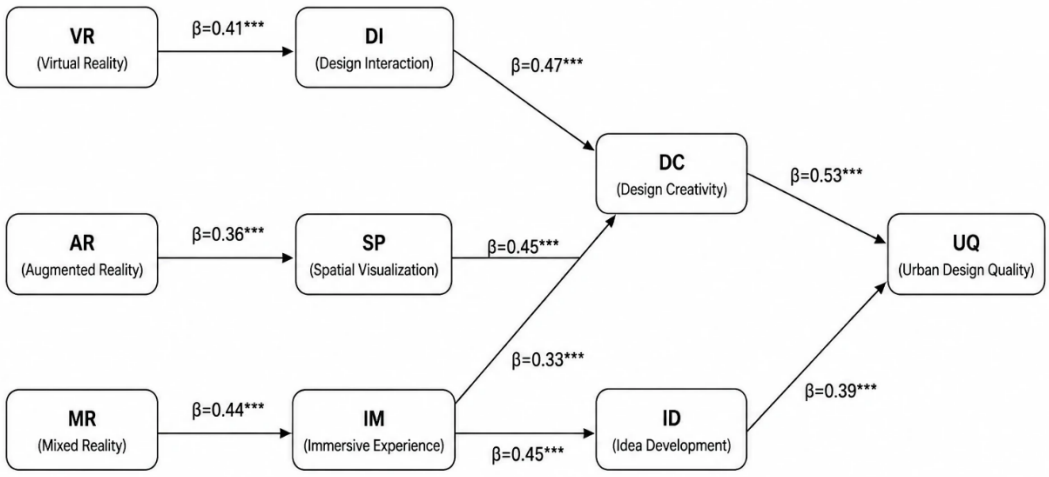
جدول۱۲. نقش متغیرها و اثرات مستقیم، غیرمستقیم و کل در مدل ساختاری

نام متغیر	نقش در مدل	اثر مستقیم بر کیفیت طراحی شهری	اثر غیرمستقیم (از مسیر میانجی‌ها)	اثر کل
واقعیت مجازی (VR)	متغیر مستقل	۰/۱۸	۰/۲۶	۰/۴۴
واقعیت افزوده (AR)	متغیر مستقل	۰/۱۵	۰/۲۴	۰/۳۹
واقعیت ترکیبی (MR)	متغیر میانجی	—	۰/۲۷	۰/۲۷
تجسم فضایی (SP)	متغیر میانجی	—	۰/۲۲	۰/۲۲
تجربه غوطه‌ور (IM)	متغیر میانجی	—	۰/۲۴	۰/۲۴
تعامل طراحی (DI)	متغیر میانجی	۰/۴۲	—	۰/۴۲
پرورش ایده (DC)	متغیر پیش‌بین	۰/۵۳	—	۰/۵۳
خلاقیت در طراحی (DI)	متغیر پیش‌بین	۰/۳۱	—	۰/۳۱
کیفیت طراحی(UQ)	متغیر وابسته نهایی	—	—	—

نتایج ارائه‌شده در جدول ۱۲ نشان می‌دهد که متغیرهای مدل پژوهش به شیوه‌های متفاوت و از مسیرهای مستقیم و غیرمستقیم بر «کیفیت طراحی شهری» اثر می‌گذارند. این یافته بیانگر آن است که ساختار مدل پژوهش از ماهیتی چندسطحی و زنجیره‌ای برخوردار است؛ به‌گونه‌ای که برخی سازه‌ها اثر خود را به‌صورت مستقیم بر متغیر وابسته اعمال می‌کنند، در حالی که برخی دیگر از طریق متغیرهای میانجی به ارتقای کیفیت طراحی شهری کمک می‌کنند. در میان متغیرهای مستقل، «واقعیت مجازی» بیشترین اثر کل را بر کیفیت طراحی شهری نشان می‌دهد. این متغیر دارای اثر مستقیم ۰/۱۸ و اثر غیرمستقیم ۰/۲۶ است که در مجموع اثر کل آن را به ۰/۴۴ می‌رساند. این نتیجه نشان می‌دهد که تأثیر واقعیت مجازی تنها به ارتباط مستقیم محدود نمی‌شود، بلکه بخش قابل‌توجهی از اثر آن از طریق متغیرهای میانجی مدل منتقل می‌شود. محیط‌های واقعیت مجازی با

فراهم‌کردن تجربه‌ای تعاملی و نزدیک به واقعیت، امکان درک بهتر فضاهای شهری، آزمایش ایده‌های طراحی و تعامل فعال‌تر با محیط را فراهم می‌کنند و از این طریق بر کیفیت طراحی شهری تأثیر می‌گذارند. «واقعیت افزوده» نیز الگویی مشابه اما با شدت اندکی کمتر نشان می‌دهد. این متغیر دارای اثر مستقیم ۰/۱۵ و اثر غیرمستقیم ۰/۲۴ است که اثر کل آن را به ۰/۳۹ می‌رساند. این یافته نشان می‌دهد که واقعیت افزوده نیز از طریق تقویت درک بصری و ارائه اطلاعات تکمیلی در بستر محیط واقعی، می‌تواند در بهبود فرآیندهای طراحی شهری مؤثر باشد. تفاوت اندک میان اثر کل واقعیت مجازی و واقعیت افزوده را می‌توان به ماهیت فراگیرتر تجربه‌های واقعیت مجازی نسبت داد. در بخش متغیرهای میانجی، سازه‌هایی مانند «واقعیت ترکیبی»، «تجسم فضایی» و «تجربه غوطه‌ور» نقش مهمی در انتقال اثر فناوری‌ها به کیفیت طراحی شهری ایفا می‌کنند. واقعیت ترکیبی با اثر کل ۰/۲۷ نشان می‌دهد که ترکیب عناصر مجازی و واقعی می‌تواند به درک بهتر محیط و ارزیابی دقیق‌تر گزینه‌های طراحی کمک کند. همچنین «تجربه غوطه‌ور» با اثر ۰/۲۴ و «تجسم فضایی» با اثر ۰/۲۲ بیانگر اهمیت تجربه ذهنی و توانایی تصور فضاهای طراحی‌شده در ارتقای کیفیت طراحی هستند.

در میان متغیرهای دارای اثر مستقیم، «خلاقیت در طراحی» با ضریب ۰/۵۳ قوی‌ترین اثر را بر کیفیت طراحی شهری دارد. این نتیجه نشان می‌دهد که علی‌رغم اهمیت فناوری‌های نوین، عامل اصلی در ارتقای کیفیت طراحی شهری همچنان خلاقیت طراحان است. پس از آن، «تعامل طراحی» با ضریب ۰/۴۲ و «پرورش ایده» با ضریب ۰/۳۱ قرار دارند که نشان‌دهنده اهمیت مشارکت فعال در فرآیند طراحی و توسعه ایده‌های نوآورانه است. به‌طور کلی، نتایج این جدول نشان می‌دهد که فناوری‌های نوین مانند واقعیت مجازی، واقعیت افزوده و واقعیت ترکیبی، از طریق تقویت تجربه طراحی، تجسم فضایی و تعامل طراحی، بستر لازم برای شکل‌گیری خلاقیت و توسعه ایده‌ها را فراهم می‌کنند. در نهایت این عوامل شناختی و خلاقانه هستند که بیشترین سهم را در ارتقای کیفیت طراحی شهری ایفا می‌کنند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که بهره‌گیری مؤثر از فناوری‌های واقعیت توسعه‌یافته در طراحی شهری زمانی بیشترین تأثیر را خواهد داشت که با فرآیندهای خلاقانه، تعاملی و تجربه‌محور در طراحی همراه شود.



شکل ٤. مدل نهایی تحقیق

نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با هدف تبیین نقش فناوری‌های واقعیت مجازی (VR)، واقعیت افزوده (AR) و واقعیت ترکیبی (MR) در ارتقای کیفیت طراحی شهری (UQ) و با تأکید بر فرآیندهای شناختی، تعاملی و خلاقانه در طراحی انجام شد. دستاورد اصلی این تحقیق ارائه یک چارچوب ساختاری منسجم است که نشان می‌دهد فناوری‌های واقعیت توسعه‌یافته نه صرفاً به‌عنوان ابزارهای بازنمایی بصری، بلکه به‌عنوان محرک‌های مؤثر در تقویت تعامل طراحی (DI)، تجسم فضایی (SP)، تجربه غوطه‌ور (IM)، خلاقیت در طراحی (DC) و پرورش ایده (ID) عمل می‌کنند و از این طریق بر کیفیت طراحی شهری اثرگذار هستند. نتایج مدل ساختاری

نشان داد که فناوری‌های VR و AR علاوه بر اثر مستقیم بر کیفیت طراحی شهری، بخش مهمی از تأثیر خود را از طریق سازه‌های میانجی منتقل می‌کنند. این یافته بیانگر آن است که نقش اصلی این فناوری‌ها در ایجاد بسترهای تعاملی و تجربه‌محور است که امکان درک عمیق‌تر فضا، ارزیابی دقیق‌تر گزینه‌های طراحی و آزمون سناریوهای مختلف را فراهم می‌سازد. همچنین واقعیت ترکیبی (MR) به‌عنوان حلقه پیونددهنده عناصر واقعی و مجازی، در تقویت تجربه غوطه‌ور و بهبود فرآیند شناخت فضایی نقش مهمی ایفا می‌کند.

در میان متغیرهای مدل، خلاقیت در طراحی (DC) قوی‌ترین اثر مستقیم را بر کیفیت طراحی شهری نشان داد. این نتیجه تأکید می‌کند که هرچند فناوری‌های نوین بستر و ابزار لازم را فراهم می‌کنند، اما عامل تعیین‌کننده در ارتقای کیفیت طراحی شهری، توان خلاقانه طراحان است. همچنین پرورش ایده (ID) نقش معناداری در بهبود کیفیت طراحی ایفا می‌کند که نشان‌دهنده اهمیت فرآیند توسعه، پالایش و تکامل ایده‌ها در دستیابی به طرح‌های شهری باکیفیت است. از سوی دیگر، تعامل طراحی (DI)، تجسم فضایی (SP) و تجربه غوطه‌ور (IM) به‌عنوان سازه‌های میانجی، مسیر انتقال اثر فناوری‌ها به پیامد نهایی را شکل می‌دهند. این یافته بیانگر آن است که کیفیت طراحی شهری حاصل یک فرآیند زنجیره‌ای است که در آن فناوری، تجربه، شناخت و خلاقیت به‌صورت یکپارچه عمل می‌کنند. از منظر نظری، این پژوهش با پیوند دادن حوزه فناوری‌های واقعیت توسعه‌یافته با مفاهیم خلاقیت طراحی و کیفیت محیط شهری، گامی در جهت توسعه ادبیات میان‌رشته‌ای میان شهرسازی، طراحی محیطی و فناوری‌های دیجیتال برداشته است. چارچوب پیشنهادی نشان می‌دهد که تأثیر فناوری‌ها زمانی به حداکثر می‌رسد که در خدمت تقویت تعامل طراحی، تجسم فضایی و پرورش ایده‌های خلاقانه قرار گیرند. از منظر کاربردی، نتایج تحقیق بیانگر آن است که بهره‌گیری هدفمند از فناوری‌های VR، AR و MR در فرآیند طراحی شهری می‌تواند کیفیت تحلیل، ارزیابی و اصلاح طرح‌ها را ارتقا دهد. این فناوری‌ها امکان تجربه پیش از اجرا، شبیه‌سازی سناریوهای مختلف و بررسی پیامدهای فضایی تصمیم‌های طراحی را فراهم می‌کنند و فرآیند طراحی را از یک فعالیت صرفاً ترسیمی به فرآیندی تعاملی، تجربه‌محور و خلاقانه تبدیل می‌سازند. با وجود دستاوردهای علمی و کاربردی، پژوهش حاضر با محدودیت‌هایی نیز همراه بوده است؛ از جمله محدودیت در دسترسی به نمونه‌هایی با تجربه عملی گسترده در استفاده از فناوری‌های واقعیت توسعه‌یافته در پروژه‌های شهری و تفاوت سطح آشنایی پاسخ‌دهندگان با این فناوری‌ها.

بر این اساس، پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی، کاربرد عملی فناوری‌های VR، AR و MR در پروژه‌های واقعی شهری و در مقیاس‌های مختلف بررسی شود. همچنین توسعه ابزارهای تعاملی مبتنی بر واقعیت ترکیبی برای افزایش مشارکت شهروندان در فرآیند طراحی شهری می‌تواند مسیر مهمی برای تحقیقات آینده باشد. انجام مطالعات مقایسه‌ای میان روش‌های سنتی طراحی و رویکردهای مبتنی بر واقعیت توسعه‌یافته نیز می‌تواند به درک دقیق‌تر مزایا و چالش‌های این فناوری‌ها کمک کند. در مجموع، یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که آینده طراحی شهری در همگرایی میان فناوری‌های واقعیت توسعه‌یافته، تعامل طراحی، تجسم فضایی و خلاقیت نهفته است؛ همگرایی‌ای که می‌تواند به ارتقای کیفیت محیط‌های شهری و بهبود فرآیندهای تصمیم‌گیری طراحی در عصر دیجیتال منجر شود.

References

Adkins, K. K. A. (2014). Aesthetics, authenticity, and the spectacle of reality: How to educate the visual world in which we live. *International Journal of Art & Design Education*, 33(3), 328–334. https://doi.org/10.1111/jade.12062

Albert, S., Ernest, R., David, F., & others. (2012, November). *Augmented reality application development within the framework of the architecture degree.* In *Proceedings of the 9th International Conference on User Experience in E-Learning and Augmented Technologies in Education* (pp. 37–42). Japan.

Allen, M., Regenbrecht, H., Abbott, M. (2011). Smartphone augmented reality for public engagement in urban planning. In *Proceedings of the 23rd Australian Conference on Human-Computer Interaction* (pp. 1–20).

Bai, N., Ye, W., Li, J., & others. (2018). *Customized collaborative urban design – A collective user-based urban information system through gaming*. In *Proceedings of eCAADe 36 Conference* (Berlin, Germany).

Chandrasekera, T., & Yoon, S. Y. (2018). The effect of augmented and virtual reality interfaces in the creative design process. *International Journal of Virtual and Augmented Reality*, 2(1), 1–13. https://doi.org/10.4018/IJVAR.2018010101

Christen, U., Tumasch, R., Kalberer, P., et al. (2023). An augmented reality study of public participation in urban planning. *Journal of Location-Based Services*, 17(1), 2–9. https://doi.org/10.1080/17489725.2022.2086309

Cindioglu, H. C., Gürsel Dino, I., & Sürer, E. (2022). Proposing a novel mixed-reality framework for basic design and its hybrid evaluation using linkography and interviews. *International Journal of Technology and Design Education*, 32(5), 2775–2800. https://doi.org/10.1007/s10798-021-09707-0

Darwish, M., Kamel, S., & Assem, A. (2023). Extended reality for enhancing spatial ability in architecture design education. *Ain Shams Engineering Journal*, 14(6), 102104. https://doi.org/10.1016/j.asej.2022.102104

David, F., Ernest, R., Albert, S., (2017). N urban education: Augmented reality and mobile learning technologies. *Ibero-American Journal of Distance Education*, 20(2), 141–165.

Davila Delgado, J. M., Oyedele, L., Demian, P., & Beach, T. (2020). A research agenda for augmented and virtual reality in architecture, engineering and construction. *Advanced Engineering Informatics*, 45, 101122. https://doi.org/10.1016/j.aei.2020.101122

Ghosh, M., & Nandi, S. (2019). Urban design: Introduction, history, characteristics, parameters. In *The Encyclopedia of Design* (1st ed., p. 69). Bloomsbury.

José, M., Jochen, W., Agustín, T., & others. (2016, October). *Multimodal location-based services – Semantic 3D city data as virtual and augmented reality.* In *Proceedings of the Thirteenth Conference on Advances in Location-Based Services* (p. 231). Vienna, Austria.

Kent, L., Snider, C., Gopsill, J., & Hicks, B. (2021). Mixed reality in design prototyping: A systematic review. *Design Studies*, 77, 101046. https://doi.org/10.1016/j.destud.2021.101046

Kolivand, H., Sunar, S., Ji, R., et al. (2014). Realistic real-time outdoor rendering in augmented reality. *PLOS ONE*, 9(9). https://doi.org/10.1371/journal.pone.0108334

Li, X., Yi, W., Chi, H. L., Wang, X., & Chan, A. P. C. (2017). A critical review of virtual and augmented reality (VR/AR) applications in construction safety. *Automation in Construction*, 86, 150–162. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.11.003

Liarokapis, F., Bruns, V., Petridis, P., et al. (2006). Exploring urban environments using virtual and augmented reality. *Journal of Virtual Reality and Broadcasting*, 3(5).

Lowell, V. L., & Tagare, D. (2023). Authentic learning and fidelity in virtual reality learning experiences for self-efficacy and transfer. *Computers & Education: X Reality*, 2, 100017. https://doi.org/10.1016/j.cexr.2023.100017.

Malysheva, S. G. (2019). Use of augmented reality information and communication technologies in urban historical environment. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (p. 5). Russia.

Maurya, S., Arai, K., Moriya, K., Arrighi, P. A., & Mougenot, C. (2019). A mixed reality tool for end-users participation in early creative design tasks. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing*, 13(1), 163–182. https://doi.org/10.1007/s12008-018-0499-z

Maurya, S., Arai, K., Moriya, K., Arrighi, P. A., & Mougenot, C. (2019). A mixed reality tool for end-users participation in early creative design tasks. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing*, 13(1), 163–182. https://doi.org/10.1007/s12008-018-0499-z

Naji, P. (2021). Introduction of augmented reality instances utilizing matter-information hybrid via technology in urban spaces. *International Journal of Architectural and Urban Development*, 11(4), 49.

Nawaz, M. (2018). *State-of-the-art virtual and augmented reality technology*. London: IntechOpen.

Obeid, S., & Demirkan, H. (2023). The influence of virtual reality on design process creativity in basic design studios. *Interactive Learning Environments*, 31(4), 1841–1859. https://doi.org/10.1080/10494820.2020.1858116

Peddie, J. (2017). *Augmented reality: Where we will all live*. Springer.

Penn, A., Mottram, C., Fatah, A., et al. (2005). Augmented reality meetings: A multi-user narrative interface for architectural design. *Bartlett Postgraduate School Journal*, 5. https://doi.org/10.1007/1-4020-2409-6_14

Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J., & Wohlgenannt, I. (2019). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. *Computers & Education*, 147, 103778. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778

Silva, D., & Barbosa, B. (2020). Augmented reality in urban design: A systematic literature review. *Journal of Urban Technology*, 27(4), 110–112. https://doi.org/10.1080/10630732.2020.1785149

Silva, D., Barbosa, S.. (2023). Evaluating usability with eye tracking: A case study of mobile augmented reality with historical images of urban cultural heritage. *Heritage Journal*, 6(3), 3256–3270. https://doi.org/10.3390/heritage6030172

Wang, Y., & Li, Y.S. (2023). Public participation in urban design with augmented reality technology based on indicator evaluation. *Frontiers in Virtual Reality*, 4, 1071355. https://doi.org/10.3389/frvir.2023.1071355

Wu, H. K., Lee, S. W. Y., Chang, H. Y., & Liang, J. C. (2013). Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education. *Computers & Education*, 62, 41–49. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.10.024

Yang, X., Lin, L., Cheng, P. Y., Yang, X., Ren, Y., & Huang, Y. M. (2018). Examining creativity through a virtual reality support system. *Educational Technology Research and Development*, 66(5), 1231–1254. https://doi.org/10.1007/s11423-018-9604-z

Zeile, M., Popovich, V., Memmel, M., & others. (2011). *Mobile augmented city – New methods for urban analysis and urban design processes by using mobile augmented reality services.* In *Real CORP 2011, 16th International Conference: Change for Stability – Life Cycles of Cities and Regions* (pp. 433–441). Essen, Germany.

Zeile, P., Bernd, S. (2013). *Augmented reality as a communication tool in urban design processes.* In *Proceedings of the 18th International Conference on Urban Development, Regional Planning and Information Society* (pp. 119–126). Rome, Italy.