Journal of Architectural and Environmental Research, Volume 4, Issue 6, September 2026, pp.79-101.

Journal of Architectural and Environmental Research

DOI: 10.30470/jaer.2026.2085171.1206

Structural Analysis of the Components Affecting the Application of Virtual Reality in Assessing the Environmental Qualities of Public Spaces in Tabriz City

Masoud Haghlesan[1*]

1. Associate Professor, Department of Architecture and Urban Planning, Ilk.C., Islamic Azad University, Ilkhchi, Iran, Ma.Haghlesan@iau.ac.ir

Research Article

***Corresponding Author:**
Masoud Haghlesan
Ma.Haghlesan@iau.ac.ir

Received: 2026/02/11
Accepted: 2026/09/11

Keywords: Virtual Reality, Environmental Quality, Public Spaces, Tabriz, MICMAC Analysis.

Abstract

Urban public spaces, as the arena for social interactions and the identity-giving element of the urban landscape, play a decisive role in enhancing the quality of life of citizens. Virtual reality technology, as a novel and transformative tool, has made interactive and multi-sensory simulation of spaces possible prior to implementation and holds great potential for bridging the gap between design and users' perception. The aim of this study is to identify and structurally analyze the key components affecting the application of virtual reality in evaluating the environmental qualities of public spaces in the city of Tabriz. This research is applied in terms of purpose and has been conducted using a descriptive-analytical method. The present study, adopting a future-oriented approach and using the structural analysis technique (MicMac software), has identified and analyzed the interrelationships among the components. Data were collected through library studies and the opinions of 25 experts. The findings indicate that the system of components is in an unstable state, reflecting the high complexity and dynamism of the relationships among them. Based on quantitative analyses, the component "inter-stakeholder coordination and spatial awareness" with an influence score of 909 (direct) and 909 (indirect), "security (objective and subjective)" and "vitality and social interaction" with scores of 833 and 833, respectively, had the highest level of influence on other components and were identified as the key drivers in evaluating environmental qualities using virtual reality. The results show that virtual reality is not merely a tool for visual representation, but a platform for social co-creation and stakeholder participation in the design process. The findings of the structural analysis indicate that physical-functional, perceptual-sensory, social-interactive, and environmental-comfort components are the four main dimensions affecting the application of virtual reality in evaluating the environmental qualities of public spaces in Tabriz. The stated components can be employed as a strategic tool in the urban design process, participatory decision-making, design education, and evidence-based policymaking. The application of virtual reality in the process of evaluating environmental qualities is an effective step toward transitioning from traditional and subjective approaches to objective, dynamic, and user-centered evaluations.

Cite this article: Haghlesan, M. (2026). Structural Analysis of the Components Affecting the Application of Virtual Reality in Assessing the Environmental Qualities of Public Spaces in Tabriz City. *Journal of Architectural and Environmental Research*, *4*(6), 79-101. https://doi.org/10.30470/jaer.2026.2085171.1206

Print ISSN: 2588-6363
Online ISSN: 2981-247X

Authors

نشریه پژوهش‌های معماری و محیط، دوره ۴ ، شماره ۶، شهریور ۱۴۰۵ ، صفحات ۱۹-۱۰۱.

دوفصلنامه پژوهش های معماری و محیط

دانشگاه زنجان

DOI: 10.30470/jaer.2026.2085171.1206

تحلیل ساختاری مؤلفه‌های مؤثر بر کاربرد واقعیت مجازی در ارزیابی کیفیات محیطی فضاهای عمومی شهر تبریز

مسعود حق لسان[1*]

۱. دانشیار، گروه معماری و شهرسازی، واحد ایلخچی، دانشگاه آزاد اسلامی، ایلخچی، ایران، Ma.Haghlesan@iau.ac.ir

مقاله پژوهشی

*** نویسنده مسئول:**
مسعود حق لسان
Ma.Haghlesan@iau.ac.ir

دریافت مقاله: ۱۴۰۴/۱۱/۲۲
انتشارمقاله: ۱۴۰۵/۰۶/۲۰

واژگان کلیدی:
واقعیت مجازی، کیفیت محیطی، فضاهای عمومی، تبریز، تحلیل میک‌مک.

چکیده:

فضاهای عمومی شهری به عنوان بستر تعاملات اجتماعی و هویت‌بخش منظر شهری، نقشی تعیین‌کننده در ارتقای کیفیت زندگی شهروندان ایفا می‌کنند. فناوری واقعیت مجازی به‌عنوان ابزاری نوین و تحول‌آفرین، امکان شبیه‌سازی تعاملی و چندحسی فضاها را پیش از اجرا فراهم آورده و پتانسیل بالایی برای پُرکردن شکاف میان طراحی و ادراک کاربران دارد. هدف این پژوهش، شناسایی و تحلیل ساختاری مؤلفه‌های کلیدی مؤثر بر کاربرد واقعیت مجازی در ارزیابی کیفیات محیطی فضاهای عمومی شهر تبریز است. این پژوهش ازنظر هدف، کاربردی و به روش توصیفی- تحلیلی انجام شده است. پژوهش حاضر با رویکرد آینده‌پژوهی و با استفاده از تکنیک تحلیل ساختاری (نرم‌افزار میک‌مک) به شناسایی و تحلیل روابط متقابل مؤلفه‌ها پرداخته است. داده‌ها با بهره‌گیری از مطالعات کتابخانه‌ای و نظرات ۲۵ نفر از خبرگان گردآوری شد. یافته‌های پژوهش بیانگر آن است که سیستم مؤلفه‌ها در حالت ناپایدار قرار دارد که نشان‌دهنده پیچیدگی و پویایی بالای روابط میان آن‌هاست. بر اساس تحلیل‌های کمّی، مؤلفه «هماهنگی بین‌ذینفعی و آگاهی مکانی» با امتیاز تأثیرگذاری ۹۰۹ (مستقیم) و ۹۰۹ (غیرمستقیم)، «امنیت (عینی و ذهنی)» و«سرزندگی و تعامل اجتماعی» با امتیاز ۸۳۳ و ۸۳۳ به‌ترتیب بالاترین میزان تأثیرگذاری را بر سایر مؤلفه‌ها داشته و به عنوان کلیدی‌ترین پیشران‌ها در ارزیابی کیفیات محیطی با استفاده از واقعیت مجازی شناسایی شدند. نتایج نشان می‌دهد که واقعیت مجازی نه تنها ابزاری برای بازنمایی بصری، بلکه بستری برای هم‌آفرینی اجتماعی و مشارکت ذی‌نفعان در فرآیند طراحی است. یافته‌های تحلیل ساختاری نشان می‌دهد که مؤلفه‌های کالبدی-عملکردی، ادراکی-حسی، اجتماعی-تعاملی و زیست‌محیطی-آسایشی، چهار بعد اصلی تأثیرگذار بر کاربرد واقعیت مجازی در ارزیابی کیفیات محیطی فضاهای عمومی تبریز هستند و می‌تواند به عنوان ابزاری راهبردی در فرآیند طراحی شهری، تصمیم‌گیری مشارکتی، آموزش طراحی و سیاست‌گذاری مبتنی بر شواهد به کار گرفته شود. به‌کارگیری واقعیت مجازی در فرآیند ارزیابی کیفیات محیطی، گامی مؤثر در جهت گذار از رویکردهای سنتی و ذهنی به ارزیابی‌های عینی، پویا و کاربرمحور است.

استناد به این مقاله: حق لسان، مسعود (۱۴۰۵) تحلیل ساختاری مؤلفه‌های مؤثر بر کاربرد واقعیت مجازی در ارزیابی کیفیات محیطی فضاهای عمومی شهر تبریز. *نشریه پژوهش‌های معماری و محیط*، ۴(۶)، ۷۹-۱۰۱.
https://doi.org/10.30470/jaer.2026.2085171.1206

شاپا چاپی: ۲۵۸۸-۶۲۶۳
شاپا الکترونیکی: ۲۴۷۸-۲۹۸۱

CC BY NC

پدیدآورندگان

مقدمه

در دهه‌های اخیر، شهرها به‌عنوان عرصه‌هایی پویا برای زندگی، تعامل اجتماعی و فعالیت‌های اقتصادی، اهمیت فزون‌تری یافته‌اند. فضاهای عمومی شهری مانند خیابان‌ها، میدان‌ها، پارک‌ها و پیاده راه‌ها نقش اساسی در ارتقای کیفیت زندگی شهروندان ایفا می‌کنند.کیفیت فضاهای عمومی شهری، فراتر از ویژگی‌های کالبدی صرف، ریشه در مفاهیم بنیادی چون حس مکان (Norberg-Schulz, 1980)، ادراک محیطی (Rapoport, 1990)، تجربه شهری (Lynch, 1960) و تعاملات اجتماعی (Jacobs, 1961) دارد. این مفاهیم نشان می‌دهند که فضاهای عمومی نه صرفاً بسترهایی فیزیکی، بلکه عرصه‌هایی معنایی و ادراکی هستند که کیفیت آن‌ها از طریق رابطه دیالکتیک میان انسان، فعالیت و کالبد شکل می‌گیرد.

کیفیت این فضاها از منظر دسترسی‌پذیری، راحتی حرکت، ایمنی، جذابیت بصری و تجربه زیست‌محیطی می‌تواند بر رفتار و رضایت شهروندان تأثیر مستقیم داشته باشد (Belaroussi et al., 2024) فناوری‌های نوین مانند واقعیت مجازی[1](وی آر) با فراهم کردن محیط‌های کامپیوتری سه‌بعدی و تعاملی توانسته‌اند ابزارهای جدیدی برای شبیه‌سازی محیط شهری و اندازه‌گیری ادراک کاربران ارائه دهند. واقعیت مجازی این امکان را می‌دهد که کاربران در فضایی شبیه‌سازی‌شده قرار گیرند و تجربه‌ای نزدیک به واقعیت از محیط‌های طراحی‌شده داشته باشند، بدون اینکه به‌طور فیزیکی در آن محیط حضور یابند (Pham et al, 2025). این ویژگی موجب شده تا وی آر به‌عنوان یک ابزار ارزشمند در فرآیند طراحی شهری، تصمیم‌گیری مشارکتی و ارزیابی کیفی فضاهای عمومی موردتوجه قرار گیرد.

مهم‌ترین مزیت استفاده از وی آر در مطالعات محیط شهری، توانایی آن در جمع‌آوری داده‌های تجربی درباره ادراک و احساسات کاربران نسبت به ویژگی‌های محیطی مختلف است. به‌طور مثال، شبیه‌سازی‌های وی آر می‌تواند نشان دهد چگونه مردم پیاده راه‌ها، مبلمان شهری، سایه‌بان‌ها، نورپردازی و حتی صداهای محیطی را درک می‌کنند و این داده‌ها را می‌توان در ارزیابی کیفیت محیط به کاربرد (Ghanbari et al. 2024). علاوه بر این، بررسی‌های سیستماتیک اخیر نشان داده‌اند که استفاده از وی آر در ارزیابی رفتارهای حرکتی مانند پیاده‌روی یا دوچرخه‌سواری، می‌تواند اطلاعات عمیق‌تری نسبت به روش‌های سنتی پرسشنامه‌ای فراهم کند (Belaroussi et al., 2024). شهرها به‌عنوان بستر اصلی زندگی جمعی انسان‌ها، همواره نقش تعیین‌کننده‌ای در کیفیت زندگی ساکنان خود ایفا کرده‌اند. در این میان، فضاهای عمومی شهری به‌عنوان قلب تپنده‌ی تعاملات اجتماعی، فرهنگی و اقتصادی، نقشی حیاتی در شکل‌دهی به تجربه‌ی شهری دارند. تبریز، به‌عنوان یکی از کلان‌شهرهای تاریخی و فرهنگی ایران، دارای بافتی غنی و متنوع است که در آن فضاهای عمومی شاخصی چون بازار تاریخی تبریز، مقبره‌الشعرا، میدان ساعت، پیاده‌راه تربیت و حاشیه رودخانه مهران‌رود، هر یک با ویژگی‌های کالبدی، عملکردی و معنایی خاص، نقشی کلیدی در هویت‌بخشی به منظر شهری و شکل‌دهی به خاطره جمعی شهروندان ایفا کرده‌اند. این فضاها با تنوع در مقیاس، بافت، کاربری و الگوی فعالیت، بستری مناسب برای مطالعه کیفیات محیطی و امکان‌سنجی کاربرد ابزارهای نوین ارزیابی فراهم می‌آورند. ارزیابی کیفیات محیطی این فضاها همواره با چالش‌هایی همراه بوده است. روش‌های سنتی ارزیابی که مبتنی بر مشاهده‌ی مستقیم، پرسشنامه و تحلیل‌های میدانی هستند، اغلب قادر به ثبت دقیق ابعاد پویا و چندلایه‌ی تجربه‌ی محیطی نیستند. علاوه بر این، آزمون طرح‌های توسعه و بهبود این فضاها در دنیای واقعی، هزینه‌بر، زمان‌بر و همراه با ریسک‌های اجرایی بوده است. در این میان، ظهور فناوری‌های نوین دیجیتال، به‌ویژه واقعیت مجازی، افق‌های جدیدی را در برابر محققان و طراحان شهری گشوده است. واقعیت مجازی با ایجاد محیط‌های شبیه‌سازی‌شده‌ی سه‌بعدی و تعاملی، این امکان را فراهم می‌آورد تا کاربران بتوانند فضاهای طراحی‌شده را پیش از اجرای فیزیکی، با تمام ابعاد حسی تجربه کنند. این فناوری نه‌تنها ابزاری قدرتمند برای نمایش طرح‌هاست، بلکه با فراهم آوردن بستری برای جمع‌آوری داده‌های رفتاری و احساسی کاربران در مواجهه با فضا، روشی علمی برای سنجش تأثیرات طراحی بر ادراک و رفتار انسان ارائه می‌دهد. درزمینه‌ی فضاهای عمومی شهری، واقعیت مجازی می‌تواند متغیرهای پیچیده‌ای همچون مقیاس، تناسبات، کیفیت نور، مبلمان شهری، پوشش گیاهی، تراکم فعالیت‌ها و حتی عوامل فرهنگی و اجتماعی را در یک محیط کنترل‌شده شبیه‌سازی کند و تأثیر آن‌ها بر راحتی، ایمنی، جذابیت و اجتماع‌پذیری فضا را موردسنجش قرار دهد. این قابلیت، به‌ویژه در شهر تبریز که تلفیق معماری مدرن با بافت تاریخی حائز اهمیت است، می‌تواند راهگشای تصمیم‌گیری‌های آگاهانه‌تر در فرآیند طراحی و بهسازی فضاهای عمومی باشد. با توجه به ظرفیت‌های چشمگیر واقعیت مجازی و اهمیت ارتقای کیفیات محیطی فضاهای عمومی تبریز، این مطالعه به دنبال

آن است تا با رویکردی تحلیلی–ساختاری، مؤلفه‌های کلیدی مؤثر بر کاربرد این فناوری در ارزیابی کیفیات محیطی را شناسایی و روابط متقابل آن‌ها را تحلیل نماید تا زمینه‌ای برای شناخت نظام‌مندتر این فضاها فراهم آورد. بر این اساس، سؤال اصلی تحقیق حاضر این است: مؤلفه‌های کلیدی مؤثر بر کاربرد واقعیت مجازی در ارزیابی کیفیات محیطی فضاهای عمومی شهر تبریز کدام‌اند و روابط متقابل آن‌ها چگونه است؟

روش‌شناسی پژوهش

این پژوهش با ماهیتی کاربردی و با رویکردی آینده‌پژوهی و تحلیلی انجام شده و در آن از ترکیب روش‌های اسنادی و پیمایشی استفاده شده است. گردآوری داده‌ها با استفاده از ابزار پرسش‌نامه محقق شده است. فرآیند پژوهش در پنج گام انجام شد: گام اول، استخراج مؤلفه‌های اولیه: مؤلفه‌های مؤثر بر کاربرد واقعیت مجازی در ارزیابی کیفیات محیطی فضاهای عمومی شهر تبریز، با استناد به مرور جامع ادبیات و پیشینه پژوهش شناسایی و استخراج شدند. جستجوی منابع با استفاده از کلیدواژه‌های«Virtual Reality»، «Environmental Quality»، «Urban Public Spaces» و «Perceptual Evaluation» در پایگاه‌های معتبر علمی شامل Science Direct ، Scopus، Web of Science، SID و Magiran انجام شد. از میان منابع یافت‌شده، مطالعاتی که به‌طور مستقیم به کاربرد واقعیت مجازی در ارزیابی فضاهای شهری یا کیفیات محیطی پرداخته بودند، برای تحلیل بیشتر انتخاب گردیدند. در این مرحله، با استفاده از روش کدگذاری باز، ۳۷ کد اولیه از متون نظری و پیشینه‌های مرتبط استخراج گردید. گام دوم، دسته‌بندی و پالایش مؤلفه‌ها: مؤلفه اولیه بر اساس شباهت مفهومی و ارتباط نظری، در گروه‌های معنایی بزرگ‌تر دسته‌بندی شدند. این گروه‌بندی بر اساس پنج چارچوب نظری اصلی شامل کالبدی–عملکردی، ادراکی–حسی، اجتماعی–تعاملی، زیست‌محیطی–آسایشی و فرآیند طراحی و تصمیم‌گیری انجام گرفت. در این مرحله با استفاده از روش تحلیل مضمون، ۱۴ مؤلفه اصلی از ترکیب و ادغام مؤلفه‌های هم‌معنا و مرتبط شناسایی گردید. جدول شماره ۱ منشأ استخراج هر یک از ۱۴ مؤلفه نهایی را به‌صورت تطبیقی با کدهای اولیه و منابع مربوط نشان می‌دهد.

جدول ۱. فرآیند تبدیل کدهای اولیه به مؤلفه‌های نهایی. تدوین: نگارنده

گروه مؤلفه	مؤلفه نهایی	کدهای اولیه (نمونه)	منبع استخراج
کالبدی–عملکردی	دسترسی‌پذیری و تحرک پیاده/دوچرخه	قابلیت دسترسی عینی، پیوستگی مسیرها، سطح خدمات پیاده، مطلوبیت برای دوچرخه‌سواری	Whyte؛ Gehl (2011)؛Lynch (1960) (1980)
کالبدی–عملکردی	کارایی و خوانایی فضایی	وضوح، تشخیص‌پذیری، سازمان فضایی، جهت‌یابی، تصویر ذهنی	Lynch (1960)
کالبدی–عملکردی	انعطاف‌پذیری و تنوع فضایی	امکان استفاده‌های چندگانه، تنوع فعالیت‌ها، قابلیت تطبیق فضا	Gehl (2011)؛Whyte (1980)
ادراکی–حسی	حس مکان و هویت	روح مکان، تداعی معانی، تعلق‌خاطر، انطباق با بافت تاریخی	Rapoport؛Norberg-Schulz (1980) (1990)
ادراکی–حسی	جذابیت بصری و زیبایی‌شناسی	تناسبات، مبلمان شهری، کیفیت نماها، سرسبزی، نظم بصری	Appleyard (1977)؛Rapoport (1990)
ادراکی–حسی	حضورپذیری و غوطه‌وری	میزان واقع‌نمایی، حس بودن در فضا، اعتبار ادراکی	Slater & Wilbur (1997)؛Steuer (1992)
اجتماعی–تعاملی	امنیت (عینی و ذهنی)	نظارت طبیعی، نورپردازی، احساس امنیت، چشم‌های خیابان	Gehl (2011)؛Jacobs (1961)
اجتماعی–تعاملی	سرزندگی و تعامل اجتماعی	تراکم حضور مردم، امکان توقف و گفتگو، فضاهای جمع‌پذیر	Gehl (2011)؛Jacobs (1961)
اجتماعی–تعاملی	مشارکت‌پذیری و پذیرش عمومی	درک طرح توسط شهروندان، ارائه بازخورد، افزایش آگاهی	Whyte (1980)؛Appleyard (1977)
زیست‌محیطی–آسایشی	آسایش محیطی	سایه‌اندازی، آسایش حرارتی، آلودگی صوتی	Whyte (1980)؛Gehl (2011)
زیست‌محیطی–آسایشی	کیفیت محیط طبیعی	دسترسی به عناصر طبیعی، تنوع زیستی بصری، سرسبزی	Gehl (2011)
فرآیند طراحی	کارایی فرآیند طراحی	سرعت تکرار طرح‌ها، آزمون گزینه‌ها، کاهش خطاها	Ali et al.؛Bishop & Rohrmann (2003) (2025)
فرآیند طراحی	هماهنگی بین‌ذینفعی و آگاهی مکانی	درک مشترک طراحان، برنامه‌ریزان، سرمایه‌گذاران و شهروندان	Ali et al.؛Bishop & Rohrmann (2003) (2025)
فرآیند طراحی	کاهش ریسک و هزینه	شناسایی مشکلات طراحی پیش از اجرا، پیش‌بینی موفقیت	Bishop & Rohrmann (2003)

گام سوم: روش دلفی و تأیید نهایی مؤلفه‌ها

پرسش‌نامه‌ای بر اساس روش دلفی میان ۲۵ نفر از خبرگان توزیع شد. معیارهای انتخاب خبرگان شامل: ۱) حداقل ۵ سال سابقه علمی، اجرایی یا پژوهشی مرتبط با حوزه‌های معماری، شهرسازی، فناوری واقعیت مجازی یا برنامه‌ریزی شهری؛ ۲) داشتن حداقل یک مقاله علمی–پژوهشی یا پروژه اجرایی مرتبط با موضوع پژوهش؛ ۳) تمایل به مشارکت در هر سه دور دلفی. نمونه‌گیری به‌صورت هدفمند انجام شد و خبرگان از سه گروه انتخاب گردیدند: ۱۲ استاد دانشگاه در رشته‌های معماری و شهرسازی (با سابقه تدریس و پژوهش در حوزه کیفیت محیطی و فضاهای عمومی)، ۸ نفر از متخصصان حوزه فناوری‌های نوین در زمینه واقعیت مجازی و شبیه‌سازی (با سابقه اجرایی یا پژوهشی در کاربرد فناوری‌های دیجیتال در حوزه شهری) و ۵ نفر از برنامه‌ریزان شهری شاغل در شهرداری تبریز (با سابقه مدیریت یا کارشناسی در حوزه طراحی و بهسازی فضاهای عمومی.

فرآیند دلفی در سه دور انجام شد:

دور اول: پرسش‌نامه باز شامل همان ۳۷ مؤلفه مستخرج از مرور ادبیات که در اختیار خبرگان قرار گرفت تا ضمن تأیید یا رد هر مؤلفه، مؤلفه‌های جدید را نیز پیشنهاد نمایند. بر اساس نظرات خبرگان، هیچ مؤلفه جدیدی به مجموعه افزوده نشد و ۳۷ مؤلفه اولیه تأیید گردید.

-دور دوم: پرسش‌نامه ساختاریافته با طیف پنج درجه‌ای لیکرت برای اولویت‌بندی مؤلفه‌ها.

-دور سوم: ارائه نتایج دور دوم به خبرگان و تأیید نهایی مؤلفه‌ها.

شاخص توافق خبرگان بر اساس ضریب توافق کندال محاسبه گردید مقدار این ضریب در پایان دور سوم برابر با ۷۸۲ صدم با سطح معناداری کمتر از یک هزارم به دست آمد که نشان‌دهنده توافق قوی میان خبرگان است. جدول شماره ۲ نتایج آزمون توافق کندال در دورهای مختلف دلفی را نشان می دهد.

جدول۲. نتایج آزمون توافق کندال در دورهای مختلف دلفی. تدوین: نگارنده.

دور دلفی	تعداد خبرگان	تعداد مولفه ها	ضریب توافق کندال	درجه آزادی	مقدار معناداری(Sig.)	سطح توافق
دور اول	۲۵	۱۴	۰/۶۵۳	۱۳	۰/۰۰۰	متوسط
دور دوم	۲۵	۱۴	۰/۷۲۱	۱۳	۰/۰۰۰	قوی
دور سوم	۲۵	۱۴	۰/۷۸۲	۱۳	۰/۰۰۰	قوی

برای سنجش میزان توافق بین خبرگان در سه دور دلفی، از ضریب توافق کندال استفاده شد. محاسبات با نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶ انجام گرفت. ضریب توافق کندال بر اساس فرمول مربوطه محاسبه شد که در آن، m تعداد خبرگان (۲۵ نفر)، k تعداد مؤلفه‌ها (۱۴ مؤلفه) و Ri مجموع رتبه‌های اختصاص‌یافته به هر مؤلفه است. مقدار W بین صفر و یک متغیر است و هرچه به یک نزدیک‌تر باشد، نشان‌دهنده توافق بیشتر بین خبرگان است. در این پژوهش، سطح معناداری ۰/۵۰ در نظر گرفته شد. نتایج جدول ۲ نشان می‌دهد که ضریب توافق کندال از ۰/۶۵۳ در دور اول به ۰/۷۲۱ در دور دوم و ۰/۷۸۲ در دور سوم افزایش یافته است که بیانگر افزایش تدریجی میزان توافق بین خبرگان در طول فرآیند دلفی است. همچنین، آزمون معناداری ضریب توافق کندال در هر سه دور از نظر آماری معنادار بود $p<0/001$؛ بنابراین، توافق مشاهده‌شده بین خبرگان در هر سه دور از نظر آماری معنادار است.

جدول شماره ۳ نتایج آزمون پایایی پرسش‌نامه را نشان می دهد.

جدول۳. نتایج آزمون پایایی پرسش‌نامه (آلفای کرونباخ). تدوین: نگارنده.

گروه مولفه ها	تعداد مولفه ها	تعداد گویه ها	ضریب آلفای کرونباخ	سطح پایایی
کالبدی-عملکردی	۳	۱۲	۰/۸۵۲	عالی
ادراکی-حسی	۳	۱۲	۰/۸۷۴	عالی
اجتماعی-تعاملی	۳	۱۲	۰/۸۹۱	عالی
زیست‌محیطی-آسایشی	۲	۸	۰/۸۳۶	خوب
فرآیند طراحی و تصمیم‌گیری	۳	۱۲	۰/۸۶۳	عالی
کل پرسش‌نامه	۱۴	۵۶	۰/۸۷۰	عالی

برای تحلیل داده‌های حاصل از پرسش‌نامه دلفی از نرم‌افزار اس پی اس اس نسخه ۲۶ استفاده شد. محاسبه ضریب توافق کندال برای سنجش میزان توافق بین خبرگان در هر سه دور انجام گردید. سطح معناداری کمتر از ۰/۵۰ به عنوان معیار توافق معنی‌دار در نظر گرفته شد. همچنین ضریب آلفای کرونباخ برای سنجش پایایی درونی پرسش‌نامه محاسبه گردید و مقدار بالاتر از ۰/۷۰ به عنوان پایایی قابل‌قبول در نظر گرفته شد. معیار اجماع برای پذیرش هر مؤلفه، کسب میانگین امتیاز بالاتر از چهار از پنج و ضریب توافق بالاتر از هفت دهم در نظر گرفته شد مؤلفه‌هایی که این معیار را کسب نکردند، از پژوهش حذف شدند.

گام چهارم: روایی و پایایی پژوهش.

برای تأیید روایی محتوایی پرسش‌نامه، از دو روش استفاده شد:

-روایی صوری: پرسش‌نامه در اختیار ۵ نفر از خبرگان که در گروه پنل دلفی حضور نداشتند قرار گرفت و اصلاحات زبانی و مفهومی بر اساس نظرات آن‌ها اعمال گردید.

-شاخص روایی محتوایی: نسبت روایی محتوایی بر اساس فرمول لاوشه محاسبه شد با توجه به تعداد ۲۵ خبره، مقدار بحرانی این شاخص برابر با ۴۲ صدم در نظر گرفته شد کلیه مؤلفه‌ها دارای شاخص روایی محتوایی بالاتر از ۵۰ صدم بودند که نشان‌دهنده روایی محتوایی قابل‌قبول است.

برای سنجش پایایی پرسش‌نامه، از ضریب آلفای کرونباخ استفاده شد مقدار این ضریب برای کل پرسش‌نامه برابر با ۰/۸۷ محاسبه گردید که نشان‌دهنده پایایی بالای ابزار پژوهش است همچنین، پایایی بازآزمون با فاصله دو هفته روی ۱۰ نفر از خبرگان انجام شد و ضریب همبستگی پیرسون برابر با ۸۵ صدم به دست آمد.

گام پنجم: تحلیل ساختاری با نرم‌افزار میک‌مک

پس از تأیید نهایی مؤلفه‌ها، ۱۴ مؤلفه وارد نرم‌افزار میک‌مک شدند و تحلیل‌های لازم بر روی خروجی‌های آن انجام پذیرفت. در این مرحله، مؤلفه‌ها در ماتریس تحلیل آثار متقاطع قرار گرفتند و کارشناسان ارتباطات متقابل بین متغیرها را تعیین کردند. شدت و میزان تأثیرگذاری در پنج سطح طبقه‌بندی شد: بدون تأثیر (۰)، تأثیر ضعیف (۱)، تأثیر متوسط (۲)، تأثیر زیاد (۳) و تأثیرات بالقوه (p). برای تشکیل ماتریس نهایی، از قدر مطلق میانگین وزنی نظرات خبرگان استفاده شد؛ بدین صورت که برای هر سلول از ماتریس، میانگین وزنی نظرات خبرگان بر اساس تعداد پاسخ‌های هر سطح تأثیر (بدون تأثیر، ضعیف، متوسط، زیاد و بالقوه) محاسبه و سپس عدد به‌دست‌آمده در بازه‌های تعیین‌شده طبقه‌بندی گردید. این فرآیند برای تمامی ۱۹۶ سلول ماتریس (۱۴×۱۴) تکرار شده و ماتریس نهایی اثرات متقاطع تشکیل گردید. در خصوص نحوه مواجهه با تأثیرات بالقوه، چنانچه در نظرات خبرگان، تأثیر یک مؤلفه بر مؤلفه دیگر به عنوان تأثیر بالقوه شناسایی می‌شد، این مقدار در ماتریس اولیه با حرف P نشان داده می‌شد. در فرآیند تبدیل نظرات به اعداد، تأثیرات بالقوه به عنوان تأثیری در نظر گرفته شد که در شرایط فعلی قابل‌تشخیص نیست اما در افق زمانی پژوهش (پنج سال آینده) ممکن است به یک تأثیر قطعی تبدیل شود. بنابراین، در ماتریس نهایی، تأثیرات بالقوه با استفاده از روش درون‌یابی خطی به اعداد تبدیل شدند. بدین صورت که با توجه به الگوی تأثیرگذاری سایر مؤلفه‌ها و با استفاده از میانگین وزنی نظرات

خبرگان درباره احتمال وقوع آن تأثیر در آینده، مقدار عددی معادل ۲/۵ (در مرز بین تأثیر متوسط و تأثیر زیاد) به این سلول‌ها اختصاص یافت. به عنوان نمونه، اگر تأثیر مؤلفه «حضورپذیری و غوطه‌وری» بر «دسترسی‌پذیری و تحرک پیاده–دوچرخه» به عنوان p ثبت شده بود، در ماتریس نهایی این مقدار به عدد ۲/۵ تبدیل گردید که نشان‌دهنده تأثیر متوسط تا زیاد در بلندمدت است. افق زمانی این مطالعه پنج‌ساله، بازه سال‌های ۱۴۰۴ تا ۱۴۰۹ را در برمی‌گیرد.

شهر تبریز با وسعتی حدود ۲۵۰۵۶ هکتار در ۳۸ درجه و ۱ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۸ دقیقه عرض شمالی و ۴۶ درجه و ۵ دقیقه تا ۴۶ درجه و ۲۲ دقیقه طول شرقی واقع‌شده است. متوسط ارتفاع شهر حدود ۱۴۶۰ متر از سطح دریاهای آزاد برآورد شده است. محدوده مطالعاتی این پژوهش، شهر تبریز است که به‌عنوان یکی از کلان‌شهرهای تاریخی و فرهنگی ایران، دارای هویت شهری و الگوهای کالبدی منحصربه‌فردی است. فضاهای عمومی شاخص تبریز همچون بازار تاریخی تبریز (به‌عنوان بزرگ‌ترین بازار سرپوشیده جهان و ثبت‌شده در فهرست میراث جهانی یونسکو)، مجموعه مقبره‌الشعرا، میدان ساعت، پیاده‌راه تربیت و حاشیه رودخانه مهران‌رود، هر یک با ویژگی‌های کالبدی– عملکردی متمایز (از جمله تنوع در مقیاس، بافت، کاربری، الگوی فعالیت و سلسله‌مراتب دسترسی) بستری مناسب برای مطالعه کیفیات محیطی و امکان‌سنجی کاربرد ابزارهای نوین ارزیابی همچون واقعیت مجازی فراهم می‌آورند. انتخاب تبریز به دلیل تنوع فضایی– عملکردی فضاهای عمومی آن (از فضاهای تاریخی–فرهنگی تا فضاهای مدرن و طبیعی)، چالش‌های موجود در کیفیت محیطی این فضاها و ضرورت به‌کارگیری رویکردهای نوین ارزیابی در جهت ارتقای تعاملات اجتماعی و هویت شهری صورت گرفته است. شکل شماره ۱ نقشه محدوده موردمطالعه را نشان می‌دهد.



شکل ۱. نقشه محدوده موردمطالعه. تدوین: نگارنده.

پیشینه پژوهش

شکیبامنش و همکاران (۱۴۰۴) در پژوهشی با عنوان «مروری بر اکوسیستم نوین آزمایشگاه‌های شهری با تأکید بر نقش آزمایشگاه‌های واقعیت مجازی در توسعه» به بررسی نقش آزمایشگاه‌های واقعیت مجازی در هوشمندسازی شهرها پرداختند. یافته‌های آن‌ها نشان داد که این آزمایشگاه‌ها توسعه راه‌حل‌های خلاقانه برای مقابله با چالش‌های واقعی در محیط‌های شهری را تسهیل می‌کنند. با این حال، پژوهش مذکور با محدودیت عدم ارائه چارچوب عملیاتی برای پیاده‌سازی این آزمایشگاه‌ها در بافت‌های خاص شهری مواجه بود و به کاربرد عینی آن‌ها در ارزیابی کیفیات محیطی نپرداخته است. این خلأ، نقطه عزیمت پژوهش حاضر در تدوین مؤلفه‌های کلیدی مؤثر بر کاربرد واقعیت مجازی در ارزیابی فضاهای عمومی محسوب می‌شود. رحیمی و دواتگر خرسند (۱۴۰۳) در پژوهشی با عنوان «بررسی کیفیت فضاهای عمومی محلات مسکونی

شهر تبریز از دیدگاه ساکنین با استفاده از تحلیل لکه‌های داغ و شاخص موران» به تحلیل توزیع فضایی کیفیت فضاهای عمومی در محلات تبریز پرداختند. یافته‌های آن‌ها نشان داد که تنش‌هایی در کیفیت فضاهای عمومی مناطق مختلف شهر وجود دارد که عدالت فضایی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. با این حال، پژوهش مذکور با محدودیت اتکا به روش‌های صرفاً کمّی و پیمایشی مواجه بود و از ابزارهای نوین شبیه‌سازی و ارزیابی تعاملی برای سنجش ادراک کاربران استفاده نکرده است. این خلأ، ضرورت به‌کارگیری رویکردهای نوین ارزیابی در بافت تبریز را آشکار می‌سازد. طاهرطلوع دل و همکاران (۱۳۹۸) در پژوهشی با عنوان «بررسی قابلیت ادراک محیط در سیستم واقعیت مجازی بر اساس مؤلفه‌های ادراک بصری» به مقایسه ادراک بصری در محیط واقعی و واقعیت مجازی پرداختند. یافته‌های آن‌ها نشان داد که مخاطب در مؤلفه‌هایی چون رنگ، زیبایی، تصویر ذهنی و جهت‌یابی، داده‌های بیشتری را از طریق واقعیت مجازی نسبت به ادراک مستقیم دریافت می‌کند. با این حال، پژوهش مذکور با محدودیت تمرکز صرف بر مؤلفه‌های بصری و غفلت از ابعاد اجتماعی–تعاملی و زیست‌محیطی مواجه بود و در بستر فضای عمومی شهری انجام نشده است. این خلأ، پژوهش حاضر را به سمت بررسی ابعاد چندگانه کیفیات محیطی در فضاهای عمومی سوق می‌دهد. علی[۲] و همکاران در سال ۲۰۲۵ در پژوهشی با عنوان «شبیه‌سازی واقعیت مجازی در فرآیندهای طراحی شهری: ارزیابی مقایسه‌ای گردش کار و نتایج پیاده‌سازی» به مقایسه روش متداول و طراحی تقویت‌شده با واقعیت مجازی در یک پروژه توسعه شهری واقعی پرداختند. یافته‌های آن‌ها نشان داد که استفاده از واقعیت مجازی باعث بهبود درک مکانی و هماهنگی ذینفعان در فرآیند طراحی می‌شود. با این حال، پژوهش مذکور با محدودیت انجام در یک مورد مطالعاتی خاص (پارک تجاری در قاهره) مواجه بود و به تعمیم‌پذیری نتایج به بافت‌های تاریخی و فرهنگی مانند تبریز نپرداخته است. این خلأ، ضرورت مطالعه در بافت‌های متنوع شهری را نمایان می‌سازد. بلاروسی[۳] و همکاران در سال ۲۰۲۴ در پژوهشی با عنوان «کاوش در محیط‌های مجازی برای ارزیابی کیفیت فضاهای عمومی» به مقایسه مشاهدات واقعی خیابان با بازدیدهای واقعیت مجازی پرداختند. یافته‌های آن‌ها نشان داد که شبیه‌سازی واقعیت مجازی می‌تواند تا حدود زیادی برداشت‌های کاربران از قدم‌زدن، تجربه بصری و حس مکان را بازسازی کند. با این حال، پژوهش مذکور با محدودیت تفاوت در برخی معیارها (مانند احساس فضا) با تجربه واقعی مواجه بود و به ارزیابی هم‌زمان ابعاد چندگانه کیفیات محیطی نپرداخته است. این خلأ، اهمیت توسعه مدل‌های واقع‌گرایانه‌تر و توجه هم‌زمان به مؤلفه‌های کالبدی، ادراکی و اجتماعی را نشان می‌دهد. قنبری[۴] و همکاران در سال ۲۰۲۴ در پژوهشی با عنوان «استفاده از واقعیت مجازی برای ارزیابی تأثیر محیط‌های جغرافیایی بر پیاده‌روی و دوچرخه‌سواری: یک مرور نظام‌مند منابع» به بررسی تأثیر محیط‌های جغرافیایی بر رفتارهای تحرک فعال پرداختند. یافته‌های آن‌ها نشان داد که واقعیت مجازی می‌تواند بینش‌های جدیدی در مورد رابطه بین مواجهه با محیط‌های جغرافیایی و رفتارهای تحرک فعال آشکار سازد. با این حال، پژوهش مذکور با محدودیت تمرکز صرف بر تحرک فعال و غفلت از سایر ابعاد کیفیات محیطی (امنیت، سرزندگی، مشارکت‌پذیری) مواجه بود. این خلأ، پژوهش حاضر را به سمت بررسی جامع‌تر مؤلفه‌های کیفیات محیطی سوق می‌دهد. لینارس وارگاس و سیزا–موستاسرو[۵] در سال ۲۰۲۴ در پژوهشی با عنوان «محیط‌های تعاملی واقعیت مجازی و هیجانات: یک مرور نظام‌مند» به بررسی تأثیر واقعیت مجازی بر هیجانات کاربران پرداختند. یافته‌های آن‌ها نشان داد که واقعیت مجازی امکان ایجاد محیط‌هایی شبیه به تجربه واقعی را فراهم می‌کند و بر نحوه واکنش افراد تأثیر می‌گذارد. با این حال، پژوهش مذکور با محدودیت عدم بررسی هیجانات در بستر فضاهای عمومی شهری و همچنین عدم توجه به کاربرد عملیاتی آن در فرآیند طراحی و تصمیم‌گیری مواجه بود. این خلأ، ضرورت توجه به ابعاد اجتماعی–تعاملی و فرآیندهای طراحی را در پژوهش حاضر برجسته می‌سازد. گرچه مطالعات متعددی به کاربرد واقعیت مجازی در حوزه شهری پرداخته‌اند، اما اغلب آن‌ها با محدودیت‌هایی چون تمرکز بر مؤلفه‌های بصری صرف (طاهرطلوع دل و همکاران، ۱۳۹۸)، اتکا به روش‌های صرفاً کمّی (رحیمی و دوانگر خرسند، ۱۴۰۳)، عدم تعمیم‌پذیری به بافت‌های تاریخی–فرهنگی (علی و همکاران، ۲۰۲۵) و غفلت از ابعاد اجتماعی–تعاملی و زیست‌محیطی (قنبری و همکاران، ۲۰۲۴؛ لینارس وارگاس و سیزا–موستاسرو، ۲۰۲۴) مواجه بوده‌اند. با این وجود، پژوهش حاضر نیز به دلیل محدودیت‌های زمانی و مالی، قادر به انجام شبیه‌سازی عملی، جمع‌آوری داده‌های رفتاری و فیزیولوژیک و ارزیابی بلندمدت نمی‌باشد و صرفاً به شناسایی و تحلیل ساختاری مؤلفه‌های کلیدی مؤثر بر کاربرد واقعیت مجازی در ارزیابی کیفیات محیطی با رویکرد آینده‌پژوهی می‌پردازد. بنابراین، خلأهای یادشده در پیشینه (فقدان داده‌های رفتاری، فیزیولوژیک و ارزیابی بلندمدت) در این پژوهش نیز قابل پر شدن نیست و نیازمند تحقیقات آتی با رویکردهای تجربی–کاربردی خواهد بود. آنچه در این پژوهش دنبال می‌شود، فراهم آوردن

زمینه‌ای نظری–تحلیلی برای شناسایی مؤلفه‌های اثرگذار و روابط متقابل آن‌هاست تا بستری برای پژوهش‌های آتی در حوزه شبیه‌سازی عملی و ارزیابی تجربی فراهم آورد.

مفاهیم نظری پژوهش

واقعیت مجازی به‌عنوان یک فناوری تعاملی و غوطه‌ور کننده، تجربه‌ای نزدیک به واقعیت ایجاد می‌کند که می‌تواند برداشت‌های زیباشناختی، رفتاری و عاطفی کاربران را تحت تأثیر قرار دهد (Linares-Vargas & Cieza-Mostacero, 2024). درزمینه برنامه‌ریزی شهری، وی آر به طراحان و برنامه‌ریزان کمک می‌کند تا نسخه‌های اولیه طراحی‌ها را پیش از اجرا به‌صورت سه‌بعدی ببینند و از منظر کاربران مورد ارزیابی قرار دهند. این فرآیند علاوه بر بهبود طراحی، موجب کاهش ریسک و هزینه‌های احتمالی اجرای طرح‌های ناموفق می‌شود(Ali et al, 2025)

در پژوهشی که به‌طور تجربی کیفیت فضاهای عمومی را با استفاده از مدل‌های سه‌بعدی و آزمون‌های وی آر بررسی کرده است، نتایج نشان داده‌اند که شبیه‌سازی واقعیت مجازی می‌تواند تا حدود زیادی برداشت‌های کاربر از قدم‌زدن، دوچرخه‌سواری، تجربه بصری و حس مکان را بازسازی کند، هرچند ممکن است در برخی معیارها (مثلاً احساس فضا) تفاوت‌هایی باتجربه واقعی داشته باشد(Belaroussi et al, 2024). این یافته‌ها اهمیت توسعه مدل‌های واقع‌گرایانه‌تر و توجه به جزئیات محیطی را در کاربردهای شهری نمایان می‌سازد.

فضاهای عمومی شهری همواره به‌عنوان بستر اصلی تعاملات اجتماعی، شکل‌گیری خاطره جمعی و تجربه زیسته شهروندان شناخته‌شده‌اند. جین جیکوبز[۶] (۱۹۶۱) با تأکید بر «چشم‌های خیابان»، فضاهای عمومی را عامل کلیدی در ایجاد سرزندگی، امنیت و پویایی شهری می‌داند. پس‌ازآن، کوین لینچ[۷] (۱۹۶۰) مفهوم خوانایی محیطی را مطرح کرد و نشان داد که ادراک شهروندان از عناصر کالبدی شهر، نقشی اساسی در کیفیت تجربه فضایی دارد.

در ادامه این جریان نظری، یان گل با تمرکز بر مقیاس انسانی و کیفیت فضاهای پیاده محور، معیارهایی همچون راحتی، ایمنی، جذابیت و امکان تعامل اجتماعی را به‌عنوان شاخص‌های اصلی کیفیت فضاهای عمومی معرفی کرد. از نگاه گل، کیفیت محیطی نه صرفاً یک ویژگی کالبدی، بلکه نتیجه تعامل بین انسان، فعالیت و فضا است (Gehl, 2011& 2013).

ویلیام وایت[۸] ۱۹۸۰ نیز با مطالعات رفتاری خود در فضاهای عمومی، نشان داد که نحوه طراحی عناصر ساده‌ای چون نیمکت‌ها، نور، دسترسی و دید پذیری می‌تواند به‌طور مستقیم بر مدت‌زمان حضور و الگوی استفاده شهروندان اثر بگذارد. این دیدگاه‌ها بنیان نظری ارزیابی کیفی فضاهای عمومی را شکل داده‌اند (Whyte, 1980).

ارزیابی کیفی فضاهای عمومی شامل بررسی عوامل متعددی است: دسترسی‌پذیری، ایمنی، راحتی، جذابیت بصری، سطح سرزندگی، سایه‌بان‌ها، مبلمان و ارتباطات اجتماعی. این مؤلفه‌ها نه‌تنها بر تجربه کاربران از فضا تأثیر می‌گذارند، بلکه می‌توانند بر میزان استفاده از فضاها نیز اثرگذار باشند. مفاهیمی مانند «پیاده مداری» و «دوچرخه‌سواری» به‌عنوان شاخص‌های توانمند در سنجش کیفیت کلی محیط شهری موردتوجه قرارگرفته‌اند (Ghanbari et al, 2024). واقعیت مجازی این امکان را فراهم می‌آورد تا این مؤلفه‌ها در یک محیط شبیه‌سازی‌شده تحت سنجش قرار گیرند و داده‌های تجربی برای تحلیل جمع‌آوری شود.

از منظر روان‌شناسی محیطی، کیفیت فضاهای شهری درگرو نحوه ادراک، تفسیر و تجربه ذهنی کاربران است. نوربرگ–شولتز ۱۹۸۰[۹] با مفهوم روح مکان تأکید می‌کند که فضاها دارای هویت ادراکی هستند و تجربه کاربران از فضا فراتر از ویژگی‌های فیزیکی صرف است.

در همین راستا، راپاپورت[۱۰] ۱۹۹۰ بر نقش فرهنگ، تجربه پیشین و زمینه اجتماعی در شکل‌گیری ادراک محیطی تأکید دارد. به‌زعم او، ارزیابی کیفیت محیطی بدون توجه به برداشت‌های ذهنی کاربران، ناقص و غیر واقع‌گرایانه خواهد بود. این دیدگاه نظری زمینه‌ای فراهم می‌کند که چرا روش‌های مبتنی بر تجربه در ارزیابی فضاهای عمومی اهمیت یافته‌اند.

پیش از توسعه فناوری‌های دیجیتال، ابزارهای ارزیابی کیفیت فضاهای شهری عمدتاً شامل مشاهده میدانی، نقشه‌برداری رفتاری و پرسشنامه بودند(Whyte, 1980). با پیشرفت فناوری‌های رایانه‌ای، مفاهیم شبیه‌سازی محیطی وارد مطالعات شهری شدند. اپل‌یارد از نخستین پژوهشگرانی بود که نشان داد شبیه‌سازی‌های بصری می‌توانند برداشت کاربران از فضا را تغییر دهند و ابزاری مؤثر برای ارزیابی سناریوهای

طراحی باشند(Appleyard, 1977). در دهه ۱۹۹۰ و اوایل ۲۰۰۰، با توسعه گرافیک سه‌بعدی، استفاده از مدل‌های دیجیتال برای تحلیل محیط شهری افزایش یافت (Batty, 2001). این رویکردها زمینه‌ساز ظهور واقعیت مجازی به‌عنوان ابزاری پیشرفته‌تر برای شبیه‌سازی تجربه فضایی شدند. واقعیت مجازی به‌طور رسمی از دهه ۱۹۹۰ وارد ادبیات علمی شد و به‌عنوان محیطی غوطه‌ور کننده تعریف گردید که امکان تعامل کاربر با فضا را فراهم می‌کند (Steuer, 1992). اسلاتر و ویلفرد[11] ۱۹۹۷ مفهوم حس حضور را مطرح کردند و آن را عامل کلیدی در اعتبار تجربه وی آر دانستند (Slater & Wilbur, 1997). در حوزه شهرسازی، بیشاپ و روهرمان[12] ۲۰۰۳ نشان دادند که محیط‌های مجازی می‌توانند به‌عنوان جایگزینی معتبر برای ارزیابی بصری و ادراکی طرح‌های شهری مورداستفاده قرار گیرند. پژوهش‌های بعدی نیز تأیید کردند که وی آر قابلیت سنجش واکنش‌های عاطفی، ترجیحات فضایی و رفتارهای حرکتی کاربران را دارد، بنابراین واقعیت مجازی نه‌تنها یک ابزار فناورانه، بلکه امتداد منطقی نظریه‌های ادراک محیطی، کیفیت فضا و تجربه زیسته است و می‌تواند شکاف میان طراحی کالبدی و تجربه انسانی فضاهای عمومی را پر کند. جدول شماره ۴ نشان می‌دهد که کاربرد واقعیت مجازی در ارزیابی کیفی فضاهای عمومی نه یک رویکرد صرفاً فناورانه، بلکه امتداد منطقی نظریه‌های کلاسیک ادراک محیطی، کیفیت فضایی و تجربه زیسته شهروندان است. وی آر با فراهم کردن بستر تجربه محور، امکان عملیاتی سازی مفاهیمی چون خوانایی، سرزندگی، حس مکان و مقیاس انسانی را در فرآیند طراحی و ارزیابی شهری فراهم می‌سازد.

جدول۴. کاربرد واقعیت مجازی در ارزیابی کیفیت فضاهای عمومی با اقتباس از نظریه‌های کلاسیک. تدوین: نگارنده

نظریه‌پرداز	مفهوم محوری	دلالت در ارزیابی کیفی فضاهای عمومی	ارتباط با کاربرد واقعیت مجازی	بعد کیفیت محیطی	مؤلفه کلان	شناسه	مؤلفه متناظر در پژوهش	نقش در مدل مفهومی
Kevin Lynch (1960)	خوانایی تصویر ذهنی شهر	کیفیت فضا به میزان وضوح، تشخیص و سازمان فضایی وابسته است	امکان آزمون میزان خوانایی و تصویر ذهنی کاربران از فضاهای شبیه‌سازی‌شده را پیش از اجرا فراهم می‌کند	کالبدی–عملکردی	کالبدی–عملکردی	K1	دسترسی‌پذیری و تحرک پیاده/دوچرخه	متغیر مستقل (زیربنای ادراک فیزیکی)
	خوانایی تصویر ذهنی شهر	کیفیت فضا به میزان وضوح، تشخیص و سازمان فضایی وابسته است	امکان آزمون میزان خوانایی و تصویر ذهنی کاربران از فضاهای شبیه‌سازی‌شده را پیش از اجرا فراهم می‌کند	کالبدی–عملکردی	کالبدی–عملکردی	K2	کارایی و خوانایی فضایی	متغیر مستقل (زیربنای ادراک فیزیکی)
William H. Whyte (1980)	رفتارپذیری فضا، استفاده واقعی کاربران	کیفیت فضا در گرو نحوه استفاده واقعی مردم از عناصر کالبدی است	امکان مشاهده واکنش رفتاری کاربران به عناصر طراحی را فراهم می‌سازد	کالبدی–عملکردی	کالبدی–عملکردی	K3	انعطاف‌پذیری و تنوع فضایی	متغیر مستقل (الگوهای استفاده)
Christian Norberg-Schulz (1980)	روح مکان، تجربه پدیدارشناختی	کیفیت فضا از طریق تجربه حسی و معنایی کاربران شکل می‌گیرد	ابزاری برای بازآفرینی تجربه حسی و ارزیابی حس مکان در فضاهای عمومی است	ادراکی–حسی	ادراکی–حسی	H1	حس مکان و هویت	متغیر مستقل (لایه‌های معنایی)
Amos Rapoport (1990)	ادراک فرهنگی فضا، تجربه ذهنی	ارزیابی کیفیت باید مبتنی بر برداشت ذهنی کاربران باشد	بستری مناسب برای سنجش ترجیحات و ادراک کاربران از محیط طراحی‌شده فراهم می‌کند	ادراکی–حسی	ادراکی–حسی	H2	جذابیت بصری و زیبایی‌شناسی	متغیر مستقل (برداشت ذهنی)
Jonathan Steuer (1992); Slater & Wilbur (1997)	حضور، غوطه‌وری	اعتبار تجربه محیطی وابسته به حس حضور و غوطه‌وری است	با ایجاد حس حضور، امکان ارزیابی نزدیک به تجربه واقعی فضاهای عمومی را فراهم می‌کند	ادراکی–حسی	ادراکی–حسی	H3	حضورپذیری و غوطه‌وری	متغیر میانجی (ابزار سنجش و شرط اعتبار)

Jane Jacobs (1961)	سرزندگی، امنیت، «چشم‌های «خیابان	تعامل اجتماعی و حضور مردم شاخص اصلی کیفیت فضاهای عمومی است	در محیط وی‌آر می‌توان الگوهای حضور، تراکم و ادراک امنیت کاربران را شبیه‌سازی و ارزیابی کرد	اجتماعی–تعاملی	اجتماعی–تعاملی	G1	امنیت (عینی و ذهنی)	متغیر مستقل (کیفیت تعاملات انسانی)
Jane Jacobs (1961)؛ Jan Gehl (2011)	سرزندگی، کیفیت فعالیت‌های اجتماعی	کیفیت فضا وابسته به امکان توقف، تعامل و فعالیت انسانی است	می‌تواند سناریوهای مختلف طراحی را از منظر مقیاس انسانی و رفتار کاربران مقایسه کند	اجتماعی–تعاملی	اجتماعی–تعاملی	G2	سرزندگی و تعامل اجتماعی	متغیر مستقل (کیفیت فعالیت‌ها)
Donald Appleyard (1977)	تأثیر شبیه‌سازی بر برداشت فضایی	شبیه‌سازی بصری می‌تواند درک کاربران از فضا را تغییر دهد	نسخه تکامل‌یافته شبیه‌سازی‌های بصری برای ارزیابی کیفی محیط است	اجتماعی–تعاملی	اجتماعی–تعاملی	G3	مشارکت‌پذیری و پذیرش عمومی	متغیر مستقل (فرآیند ادراک)
Jan Gehl (2011)؛ William H. Whyte (1980)	آسایش اقلیمی و کیفیت عناصر طبیعی	آسایش حرارتی، صوتی و دسترسی به طبیعت بر تجربه کاربران اثر مستقیم دارد	امکان شبیه‌سازی شرایط اقلیمی و صوتی مختلف و ثبت ادراک آسایش کاربران را فراهم می‌کند	زیست‌محیطی–آسایشی	زیست‌محیطی–آسایشی	Z1	آسایش محیطی	متغیر مستقل (شرایط محیطی)
	آسایش اقلیمی و کیفیت عناصر طبیعی	آسایش حرارتی، صوتی و دسترسی به طبیعت بر تجربه کاربران اثر مستقیم دارد	امکان نمایش سناریوهای مختلف پوشش گیاهی و ثبت ترجیحات کاربران را فراهم می‌کند	زیست‌محیطی–آسایشی	زیست‌محیطی–آسایشی	Z2	کیفیت محیط طبیعی	متغیر مستقل (کیفیت عناصر طبیعی)
Bishop & Rohrmann (2003)	اعتبار محیط‌های شبیه‌سازی‌شده	محیط‌های مجازی می‌توانند جایگزین معتبر ارزیابی‌های میدانی شوند	تأیید علمی استفاده از وی‌آر در ارزیابی کیفیت فضاهای عمومی	فرآیند طراحی و تصمیم‌گیری	فرآیند طراحی و تصمیم‌گیری	T1	کارایی فرآیند طراحی	متغیر تعدیل‌گر (اعتبارسنجی)
Ali et al. (2025)	هماهنگی ذی‌نفعان و درک مشترک	مشارکت ذی‌نفعان و آگاهی مکانی، کیفیت تصمیم‌گیری را ارتقا می‌دهد	بستری برای جلسات مشارکتی و سنجش سطح درک مشترک فراهم می‌کند	فرآیند طراحی و تصمیم‌گیری	فرآیند طراحی و تصمیم‌گیری	T2	هماهنگی بین‌ذینفعی و آگاهی مکانی	متغیر مستقل (فرآیند مشارکتی)
Bishop & Rohrmann (2003)؛ Ali et al. (2025)	کاهش ریسک و هزینه	شناسایی مشکلات پیش از اجرا، ریسک و هزینه را کاهش می‌دهد	امکان مقایسه خطاهای شناسایی‌شده با خطاهای احتمالی اجرای واقعی را فراهم می‌کند	فرآیند طراحی و تصمیم‌گیری	فرآیند طراحی و تصمیم‌گیری	T3	کاهش ریسک و هزینه	متغیر تعدیل‌گر (اعتبارسنجی و بهینه‌سازی)

بر اساس چارچوب تحلیلی ارائه‌شده در جدول شماره ۴، مدل مفهومی پژوهش ترسیم می‌گردد. در این مدل، نظریه‌های کلاسیک کیفیت فضای عمومی (شامل آرای لینچ، جیکوبز، وایت، نوربرگ–شولتز، گل، راپاپورت، اپلیارد، استیر، اسلیتر و ویلبر، بیشاپ و روهرمان و علی و همکاران) در پنج دسته مؤلفه کلان و ۱۴ مؤلفه سازماندهی می‌شوند که هر یک، ابعاد خاصی از کیفیت فضای عمومی و نحوه سنجش آن را در محیط واقعیت مجازی تبیین می‌نمایند. این پنج دسته دقیقاً منطبق با ستون «مؤلفه کلان ارزیابی» در جدول شماره ۵ هستند:

دسته اول، مؤلفه‌های کالبدی–عملکردی (K) شامل سه مؤلفه: دسترسی‌پذیری و تحرک پیاده/دوچرخه(K1) ، کارایی و خوانایی فضایی (K2) و انعطاف‌پذیری و تنوع فضایی (K3) هستند که بر ویژگی‌های عینی و کارکردی فضا تأکید دارند و از آرای لینچ (خوانایی تصویر ذهنی شهر)، وایت (رفتارپذیری فضا و استفاده واقعی کاربران) و گل (مقیاس انسانی و کیفیت فعالیت‌ها) استخراج شده‌اند.

دسته دوم، مؤلفه‌های ادراکی–حسی (H) شامل سه مؤلفه: حس مکان و هویت(H1) ، جذابیت بصری و زیبایی‌شناسی (H2) و حضورپذیری و غوطه‌وری (H3) هستند که بر کیفیت ادراک و تجربه حسی کاربران از فضا متمرکز می‌باشند و از نظریه‌های نوربرگ–شولتز (روح مکان و تجربه پدیدارشناختی)، راپاپورت (ادراک فرهنگی فضا و تجربه ذهنی) و استیر، اسلیتر و ویلبر (حس حضور و غوطه‌وری) نشئت گرفته‌اند.

دسته سوم، مؤلفه‌های اجتماعی–تعاملی (G) شامل سه مؤلفه: امنیت عینی و ذهنی(G1)، سرزندگی و تعامل اجتماعی (G2) و مشارکت‌پذیری و پذیرش عمومی(G3) هستند که به چگونگی شکل‌گیری روابط اجتماعی در فضای عمومی می‌پردازند و بر پایه آرای جیکوبز (سرزندگی، امنیت و چشم‌های خیابان)، گل (کیفیت فعالیت‌های اجتماعی و تعاملات انسانی) و اپلیارد (مشارکت‌پذیری و پذیرش عمومی) تدوین شده‌اند.

دسته چهارم، مؤلفه‌های زیست‌محیطی–آسایشی (Z) شامل دو مؤلفه: آسایش محیطی (Z1) و کیفیت محیط طبیعی (Z2) هستند که بر شرایط محیطی و تأثیر آن بر تجربه کاربران تأکید دارند و از دیدگاه‌های گل و وایت درباره آسایش اقلیمی، کیفیت عناصر طبیعی، سایه‌اندازی، آسایش حرارتی و صوتی و دسترسی به عناصر طبیعی استخراج شده‌اند. این دسته، پاسخ مستقیم به مؤلفه‌های زیست‌محیطی–آسایشی در جدول شماره ۵ است.

دسته پنجم، مؤلفه‌های فرآیند طراحی و تصمیم‌گیری (T) شامل سه مؤلفه: کارایی فرآیند طراحی(T1)، هماهنگی بین‌ذینفعی و آگاهی مکانی (T2)و کاهش ریسک و هزینه (T3) هستند که بر اساس اعتبار محیط‌های شبیه‌سازی‌شده از منظر بیشاپ و روهرمان و نیز کاربرد عملیاتی واقعیت مجازی در فرآیند طراحی شهری از دیدگاه علی و همکاران تدوین شده‌اند.

نقش واقعیت مجازی در این مدل، متغیر میانجی است که ابزار سنجش این پنج دسته مؤلفه را فراهم می‌کند (Steuer, 1992; Slater & Wilbur, 1997) و با ایجاد حس حضور و غوطه‌وری، امکان شبیه‌سازی و ارزیابی هر یک از ۱۴ مؤلفه را قبل از اجرای فیزیکی میسر می‌سازد (Bishop & Rohrmann, 2003). روابط علی میان مؤلفه‌ها به این صورت تعریف می‌شود که مؤلفه‌های کالبدی–عملکردی K بر مؤلفه‌های ادراکی–حسی H تأثیر می‌گذارند؛ مؤلفه‌های ادراکی–حسی بر شکل‌گیری مؤلفه‌های اجتماعی–تعاملی G اثر دارند؛ مؤلفه‌های زیست‌محیطی–آسایشی Z به‌عنوان شرایط زمینه‌ای بر هر سه دسته پیشین اثر می‌گذارند؛ و در نهایت، کیفیت نهایی فضای عمومی در گرو تعامل هم‌زمان این چهار دسته مؤلفه در بستر فرآیند طراحی و تصمیم‌گیری T است. تحلیل ساختاری نیز در این مدل، نقش متغیر تعدیل‌گر را ایفا می‌کند که شدت و جهت تأثیرگذاری مؤلفه‌ها بر یکدیگر را شناسایی و اولویت‌بندی می‌نماید.

شهر تبریز با بافت تاریخی، جمعیت بالا و تنوع فعالیت‌های شهری، نیازمند ابزارهای نوین برای پیش‌بینی اثرات تغییرات کالبدی و طراحی شهری است. استفاده از وی آر در ارزیابی کیفی فضاهای عمومی این شهر می‌تواند به برنامه‌ریزان کمک کند که به‌صورت مشارکتی با شهروندان و ذی‌نفعان محلی طراحی‌ها را مورد بازبینی قرار دهند و نتیجه را پیش از اجرای فیزیکی بسنجند.

از سوی دیگر، این روش می‌تواند بستری برای آموزش شهری، آگاهی‌بخشی و افزایش مشارکت اجتماعی در فرآیند طراحی شهری فراهم آورد.

بر اساس مرور نظریه‌های کلاسیک ارائه‌شده در جدول شماره ۴ این پرسش اساسی مطرح می‌شود که چگونه می‌توان این مفاهیم انتزاعی را در محیط واقعیت مجازی عملیاتی و سنجش نمود؟ پاسخ به این پرسش، مستلزم طراحی یک چارچوب مفهومی است که در آن هر مفهوم نظری به مؤلفه‌ها و شاخص‌های قابل‌سنجش در محیط مجازی تبدیل گردد. جدول شماره ۵ چارچوب مفهومی عملیاتی‌سازی نظریه‌ها در محیط واقعیت مجازی را ارائه می‌دهد.

جدول۵. چارچوب مفهومی عملیاتی‌سازی نظریه‌ها در محیط واقعیت مجازی. تدوین: نگارنده

ردیف	مؤلفه کلان ارزیابی	شناسه	زیرمولفه‌های قابل‌سنجش در محیط واقعیت مجازی	شناسه	شاخص (با توجه به مبانی نظری و پژوهش‌های مرور شده)	منبع استخراج	شیوه سنجش در محیط واقعیت مجازی
۱	کالبدی-عملکردی	K	دسترسی‌پذیری و تحرک پیاده/دوچرخه	K1	قابلیت دسترسی عینی، پیوستگی مسیرها، سطح خدمات پیاده، مطلوبیت برای دوچرخه‌سواری.	لینچ ۱۹۶۰ گل ۲۰۱۱ وایت ۱۹۸۰	شبیه‌سازی مسیرهای پیاده/دوچرخه با امکان اندازه‌گیری زمان، فاصله و موانع درک‌شده توسط کاربر
			کارایی و خوانایی فضایی	K2	وضوح، تشخیص پذیری و سازمان فضایی (مفاهیم لینچ)، جهت‌یابی، تصویر ذهنی.		ارائه نقشه‌های ذهنی از کاربران پس از تجربه VR و تحلیل میزان تطابق با نقشه واقعی
			انعطاف‌پذیری و تنوع فضایی	K3	امکان استفاده‌های چندگانه، تنوع فعالیت‌های پیش‌بینی‌شده، قابلیت تطبیق فضا.		شبیه‌سازی سناریوهای مختلف کاربری و ثبت انتخاب‌های کاربران
۲	ادراکی-حسی	H	حس مکان و هویت	H1	روح مکان، تداعی معانی، تعلق‌خاطر، انطباق با بافت تاریخی و فرهنگی.	شولتز ۱۹۸۰ راپاپورت ۱۹۹۰ استیر (۱۹۹۲)؛ اسلیتر و ویلیر (۱۹۹۷) ویلیر ۱۹۹۷	پرسش از کاربران درباره احساس تعلق، خاطره‌انگیزی و معنای فضا پس از تجربه VR
			جذابیت بصری و زیبایی‌شناسی	H2	تناسبات، مبلمان شهری، کیفیت نماها، سرسبزی، نظم/پیچیدگی بصری.		مقیاس‌های ترجیح بصری (مقیاس لیکرت) پس از نمایش صحنه‌های مختلف VR
			حضور پذیری و غوطه‌وری	H3	میزان واقع‌نمایی، حس بودن در فضا»، اعتبار ادراکی محیط شبیه‌سازی‌شده.		پرسشنامه استاندارد حس حضور پس از تجربه VR
۳	اجتماعی-تعاملی	G	امنیت (عینی و ذهنی)	G1	قابلیت نظارت طبیعی (چشم‌های خیابان جین جیکوبز)، نورپردازی، احساس امنیت.	جاکوبز ۱۹۶۱ گل ۲۰۱۱ دونالد اپلیارد ۱۹۹۷	شبیه‌سازی شرایط نوری متفاوت و ثبت احساس امنیت کاربران
			سرزندگی و تعامل اجتماعی	G2	تراکم و تنوع حضور مردم، امکان توقف، مکث و گفتگو، فضاهای جمع‌پذیر.		شبیه‌سازی سناریوهای جمعیتی مختلف و ثبت درک کاربران از پویایی فضا
			مشارکت‌پذیری و پذیرش عمومی	G3	قابلیت درک طرح توسط شهروندان، امکان ارائه بازخورد، افزایش آگاهی.		ارائه طرح‌های مختلف در VR و ثبت بازخورد کاربران
۴	زیست‌محیطی-آسایشی	Z	آسایش محیطی	Z1	سایه‌اندازی، شرایط آسایش حرارتی، آلودگی صوتی شبیه‌سازی‌شده.	گل ۲۰۱۱ وایت ۱۹۸۰	شبیه‌سازی شرایط اقلیمی و صوتی مختلف با قابلیت تغییر پارامترها
			کیفیت محیط طبیعی	Z2	دسترسی به عناصر طبیعی (آب، گیاه)، تنوع زیستی بصری، سرسبزی.		نمایش سناریوهای مختلف پوشش گیاهی و ثبت ترجیحات کاربران
۵	فرآیند طراحی و تصمیم‌گیری	T	کارایی فرآیند طراحی	T1	سرعت تکرار طرح‌ها، آزمون گزینه‌های متعدد، کاهش خطاهای طراحی.	بیشاپ و روهرمان ۲۰۰۳ علی ۲۰۲۵	اندازه‌گیری زمان بازنگری و تعداد گزینه‌های آزمون‌شده در محیط VR
			هماهنگی بین ذینفعی و آگاهی مکانی	T2	بهبود درک مشترک بین طراحان، برنامه‌ریزان، سرمایه‌گذاران و شهروندان از طرح.		برگزاری جلسات مشارکتی در VR و سنجش سطح درک مشترک
			کاهش ریسک و هزینه	T3	شناسایی مشکلات طراحی پیش از اجرای فیزیکی، پیش‌بینی موفقیت طرح.		مقایسه خطاهای شناسایی‌شده در VR با خطاهای احتمالی در اجرای واقعی

بر اساس چارچوب مفهومی ارائه‌شده در جدول شماره۵، مشخص می‌شود که هر یک از مفاهیم نظری کلاسیک، به شیوه‌ای خاص در محیط واقعیت مجازی قابل عملیاتی‌سازی و سنجش است. به عنوان مثال، مفهوم خوانایی لینچ از طریق شبیه‌سازی مسیرها و اندازه‌گیری میزان تطابق نقشه ذهنی کاربران با نقشه واقعی در محیط VR سنجیده می‌شود. مفهوم روح مکان شولتز با استفاده از پرسشنامه‌های استاندارد حس مکان پس از تجربه غوطه‌ور در محیط مجازی اندازه‌گیری می‌گردد. همچنین، سرزندگی جاکوبز و گل از طریق شبیه‌سازی سناریوهای مختلف جمعیتی و ثبت ادراک کاربران از پویایی و تعاملات اجتماعی در فضا، قابل ارزیابی است. این چارچوب، شکاف میان نظریه‌های انتزاعی و قابلیت‌های عملی واقعیت مجازی را پر می‌کند و زمینه را برای شناسایی مؤلفه‌های کلیدی اثرگذار در فرآیند ارزیابی فراهم می‌سازد.

تفسیر، تبیین و بحث

نرم‌افزار میک مک به‌عنوان یکی از برجسته‌ترین ابزارهای تحلیلی، برای اجرای محاسبات مربوط به ماتریس تحلیل اثرات متقاطع طراحی و توسعه‌یافته است. فرآیند عملکردی این نرم‌افزار بر پایه آن استوار است که نخست، تمامی متغیرها و مؤلفه‌های حیاتی مرتبط با موضوع پژوهش استخراج‌شده و در ماتریس اثرات جایگذاری می‌شوند. در گام بعدی، شدت و ماهیت روابط متقابل میان این متغیرها با اتکا به قضاوت کارشناسان و خبرگان حوزه موردنظر سنجیده و تعیین می‌گردد. ساختار این ماتریس به‌گونه‌ای تنظیم‌شده که متغیرهای واقع در سطرها، بر متغیرهای مستقر در ستون‌ها اثر می‌گذارند؛ ازاین‌رو، متغیرهای سطری در نقش عوامل تأثیرگذار و متغیرهای ستونی در نقش عوامل تأثیرپذیر ظاهر می‌شوند. یکی از قابلیت‌های مهم این روش، تشخیص وضعیت تعادل یا بی‌ثباتی یک سیستم بر اساس الگوی توزیع عوامل در نمودارهای مختصات (مانند نمودار تأثیر–تأثیرپذیری) است که این امر چارچوبی اولیه برای تحلیل عمیق‌تر عوامل فراهم می‌آورد. در سیستم‌هایی که دارای پایداری هستند، توزیع عوامل الگوی مشخصی به شکل حرف L را نشان می‌دهد که در آن سه دسته عامل شامل عوامل تأثیرگذار (به‌عنوان علل)، عوامل تأثیرپذیر و عوامل مستقل به‌وضوح از یکدیگر تفکیک می‌شوند. در سوی دیگر، سیستم‌های ناپایدار ساختاری پیچیده‌تر دارند؛ در این حالت، عوامل به‌صورت پراکنده در سطح نمودار و اطراف محور قطری توزیع‌شده و غالباً ماهیتی واسطه و بینابینی پیدا می‌کنند. تحلیل چنین سیستم‌هایی به دلیل تعدد عوامل و پیچیدگی روابط، دشواری‌های بیشتری دارد. در این دسته از سیستم‌ها، عوامل به پنج گروه اصلی تقسیم‌بندی می‌شوند:

۱. عوامل تعیین‌کننده (تأثیرگذار)، ۲. عوامل دووجهی (که شامل زیرمجموعه‌هایی نظیر عوامل ریسک و عوامل هدف می‌باشند)، ۳. عوامل تأثیرپذیر (که به‌عنوان نتایج سیستم شناخته می‌شوند)، ۴. عوامل مستقل (شامل: عوامل گسسته و عوامل اهرمی ثانویه)، ۵. عوامل تنظیمی. در بخش روش تحقیق و با اتکا بر مطالعات کتابخانه‌ای، پنج محور اصلی شامل کالبدی–عملکردی، ادراکی–حسی، اجتماعی–تعاملی، زیست‌محیطی–آسایشی و فرآیند طراحی و تصمیم‌گیری به‌عنوان مؤلفه‌های کلیدی و تأثیرگذار در کاربرد واقعیت مجازی در شبیه‌سازی فضاهای عمومی شهر تبریز با رویکرد ارتقای کیفیت محیطی و تجربه کاربری شناسایی شدند. پس از تأیید این ابعاد، مجموعاً ۱۴ مؤلفه مؤثر بر به‌کارگیری واقعیت مجازی در شبیه‌سازی کیفیات محیطی از منظر مطالعات شهری استخراج شد. برای اطمینان از جامعیت و اعتبار علمی این مؤلفه‌ها، نظرات ۲۵ نفر از خبرگان (اساتید و کارشناسان رشته‌های معماری، شهرسازی و فناوری‌های نوین) که در جلسات دلفی مشارکت داشتند، اخذ گردید. در گام نخست اجرای مدل، کلیه این ۱۴ مؤلفه کلیدی وارد نرم‌افزار میک مک شدند. این مؤلفه‌ها طوری انتخاب‌شده‌اند که ابعاد گوناگون موضوع را پوشش داده و نقشی تعیین‌کننده در تحلیل و سنجش معیارهای مرتبط با شبیه‌سازی فضاهای عمومی تبریز ایفا کنند. درواقع، این عوامل به‌عنوان ابزارهای پایه برای ارزیابی کارایی واقعیت مجازی در درک کیفیات محیطی در نظر گرفته‌شده‌اند و بررسی تعاملات و روابط متقابل میان آن‌ها می‌تواند به درکی عمیق‌تر از وضعیت موجود و آینده این فناوری‌ها منجر شود. بر اساس نتایج حاصل از جلسات دلفی، ۲۵ نفر

از خبرگان شامل ۱۲ استاد دانشگاه (رشته‌های معماری و شهرسازی)، ۸ نفر از متخصصان حوزه فناوری‌های نوین (واقعیت مجازی و شبیه‌سازی) و ۵ نفر از برنامه‌ریزان شهری شاغل در شهرداری تبریز، به‌عنوان مشارکت‌کنندگان اصلی در تمامی مراحل پژوهش (استخراج مؤلفه‌ها، تأیید شاخص‌ها و تکمیل ماتریس اثرات متقاطع) حضور داشتند. این فرآیند تحلیلی امکان درک چگونگی ارتباط و اثرگذاری هر مؤلفه بر سایرین را فراهم می‌آورد؛ به‌طوری‌که مجموعه‌ای از ۱۴ ماتریس اثرات متقاطع تشکیل شد که در هر یک، میزان تأثیر یک مؤلفه بر بقیه مشخص گردید. در این الگو، شدت و میزان تأثیرگذاری در پنج سطح طبقه‌بندی شد: بدون تأثیر (عدد صفر)، تأثیر ضعیف (عدد یک)، تأثیر متوسط (عدد دو)، تأثیر زیاد (عدد سه) و تأثیرات بالقوه (با حرف P) درنهایت، برای تشکیل ماتریس نهایی، از قدر مطلق میانگین نظرات خبرگان استفاده شد. جدول شماره ۶ شیوه امتیازدهی بین شاخص‌های پژوهش را نشان می‌دهد.

جدول ۶. شیوه امتیازدهی بین متغیرها در نرم‌افزار میک مک. تدوین: نگارنده

امتیاز	نحوه تأثیر
۰	بدون تأثیر
۱	تأثیر نسبتاً ضعیف
۲	تأثیر متوسط
۳	تأثیر زیاد
P	تأثیر بالقوه

جدول شماره ۷ ماتریس اثرات متقاطع در نرم‌افزار میک مک را نشان می‌دهد.

جدول ۷. ماتریس اثرات متقاطع در نرم‌افزار میک مک. تدوین: نگارنده

مولفه	K1	K2	K3	H1	H2	H3	G1	G2	G3	Z1	Z2	T1	T2	T3
K1	0	3	2	1	1	P	3	2	1	1	P	2	2	2
K2	3	0	3	2	2	1	2	1	1	P	P	1	2	2
K3	2	3	0	2	2	1	1	2	2	1	P	2	1	2
H1	1	2	2	0	3	2	2	2	1	1	1	P	2	1
H2	1	2	2	3	0	2	1	2	1	1	2	1	1	P
H3	P	1	1	2	2	0	1	1	P	P	P	2	2	1
G1	3	2	1	2	1	1	0	3	2	1	P	1	2	3
G2	2	1	2	2	2	1	3	0	3	1	1	1	2	1
G3	1	1	2	1	1	P	2	3	0	1	1	2	3	2
Z1	1	P	1	1	1	P	1	1	1	0	3	1	1	1
Z2	P	P	P	1	2	1	P	1	1	3	0	1	1	P
T1	2	1	2	P	1	2	1	1	2	1	1	0	3	3
T2	2	2	1	2	1	2	2	2	3	1	1	3	0	2
T3	2	2	1	1	P	1	3	1	2	1	P	3	2	0

فرآیند محاسبه اثرات متقاطع در ماتریس مذکور، در دو نوبت اجرا گردید. این تکرار دومرحله‌ای بر اساس پیشنهاد پایه نرم‌افزار میک مک جهت دستیابی به پایداری ماتریس اعمال‌شده است. جدول شماره ۸ تعداد تکرار محاسبه ماتریس اثرات متقاطع را نشان می‌دهد.

جدول ۸. تعداد تکرار محاسبه ماتریس اثرات متقاطع. تدوین: نگارنده

تکرار	تأثیر	وابستگی
۱	٪۹۵	٪۸۵
۲	٪۹۵	٪۹۸

نرم‌افزار میک مک از طریق دو رویکرد تحلیلیِ اثرات مستقیم و غیرمستقیم، یافته‌ها را به‌صورت نمودار و گراف ارائه می‌دهد. در تحلیل اثرات مستقیم، تعاملات موجود در ماتریس اولیه داده‌ها موردبررسی قرارگرفته و ویژگی‌های ذاتی هر عامل در ساختار کلی سیستم تحلیل می‌شود. در سوی دیگر، تحلیل اثرات غیرمستقیم با محاسبه توان های بالاتر ماتریس پایه و تکرار آن انجام می‌پذیرد؛ که در این مطالعه، تبعیت از پیشنهاد نرم‌افزار، این فرآیند دو بار تکرار شده است. هدف اصلی هر دو نوع تحلیل، شناسایی عواملی است که بیشترین تأثیر را در محیط موردمطالعه دارند. مقایسه نتایج حاصل از این دو روش، امکان تعیین کلیدی‌ترین عامل را فراهم آورده و درنهایت منجر به درک عمیق‌تری از روابط میان اجزای سیستم می‌شود. این فرآیند تحلیلی، زمینه را برای بررسی جامع و دقیق روابط پیچیده بین عوامل فراهم کرده و نتایجی معتبر را به دست می‌دهد. ویژگی‌های اثرات مستقیم MDI نیز در جدول شماره ۹ آورده شده است.

جدول۹. ویژگی‌های اثرات مستقیم (MDI) در نرم‌افزار میک مک. تدوین: نگارنده.

شاخص	ابعاد ماتریکس	تکرار	تعداد صفرها	تعداد یک	تعداد دو	تعداد سه	تعداد P	جمع	درجه پرشدگی
مقدار	۱۴×۱۴	۲	۱۴	۷۶	۶۱	۲۲	۲۳	۱۸۲	٪۹۲٫۸۵

در ماتریس تحلیل ساختاری، مجموع مقادیر هر سطر بیانگر میزان تأثیرگذاری متغیر مربوطه بوده و در مقابل، مجموع مقادیر هر ستون نشان‌دهنده میزان تأثیرپذیری آن متغیر است. بر اساس یافته‌های حاصل از تحلیل این ماتریس، گروه مؤلفه‌های «اجتماعی–تعاملی» با مجموع تأثیرگذاری ۶۴، بیشترین تأثیر را بر کاربرد واقعیت مجازی در شبیه‌سازی و ارزیابی کیفیات محیطی فضاهای عمومی شهر تبریز داشته است، در حالی‌که گروه مؤلفه‌های «زیست‌محیطی–آسایشی» با مجموع تأثیرگذاری ۲۴، کمترین میزان تأثیرگذاری را نشان داده است. همچنین، گروه مؤلفه‌های «اجتماعی–تعاملی و فرآیند طراحی و تصمیم‌گیری» با مجموع تأثیرپذیری ۶۴، به‌عنوان متغیری با بیشترین میزان تأثیرپذیری شناسایی شده است. جدول شماره ۱۰ میزان اثرگذاری و اثرپذیری مستقیم مؤلفه‌ها را به تفکیک نمایش می‌دهد.

جدول ۱۰. میزان اثرگذاری و اثرپذیری مستقیم مؤلفه‌ها. تدوین: نگارنده.

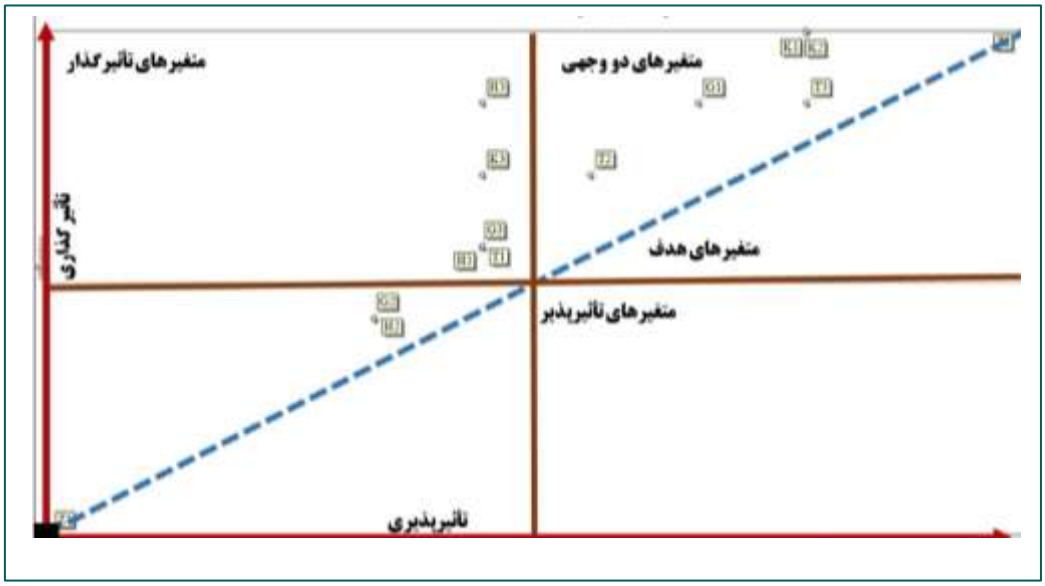
ردیف	مؤلفه‌ها	میزان تأثیرگذاری	میزان تأثیرپذیری
۱	دسترسی‌پذیری و تحرک پیاده – دوچرخه	۲۰	۲۰
۲	کارایی و خوانایی فضایی	۲۰	۲۰
۳	انعطاف‌پذیری و تنوع فضایی	۲۱	۲۰
	جمع کالبدی عملکردی	۶۱	۶۰
۴	حس مکان و هویت	۲۰	۲۰
۵	جذابیت بصری و زیبایی‌شناسی	۱۹	۱۹
۶	حضور پذیری و غوطه‌وری	۱۳	۱۴
	جمع ادراکی حسی	۵۲	۵۳
۷	امنیت (عینی و ذهنی)	۲۲	۲۲
۸	سرزندگی و تعامل اجتماعی	۲۲	۲۲
۹	مشارکت‌پذیری و پذیرش عمومی	۲۰	۲۰
	جمع اجتماعی تعاملی	۶۴	۶۴
۱۰	آسایش محیطی	۱۳	۱۳
۱۱	کیفیت محیط طبیعی	۱۱	۱۰
	جمع زیست‌محیطی آسایشی	۲۴	۲۳
۱۲	کارایی فرآیند طراحی	۲۰	۲۰
۱۳	هماهنگی بین ذینفعی و آگاهی مکانی	۲۴	۲۴
۱۴	کاهش ریسک و هزینه	۱۹	۲۰
	جمع فرآیند طراحی و تصمیم‌گیری	۶۳	۶۴
	جمع کل	۲۶۴	۲۶۴

در گام بعدی، پس از شناسایی مؤلفه‌های کلیدی، به تحلیل پایداری و ناپایداری سیستم پرداخته می‌شود. همان‌طور که در بخش روش پژوهش بیان شد، در این مرحله الگوی پراکنش متغیرها مشخص‌کننده وضعیت پایداری یا ناپایداری سیستم است. بررسی صفحه پراکندگی مؤلفه‌های اثرگذار نشان می‌دهد که سیستم در وضعیت ناپایداری قرار دارد؛ چراکه اکثریت متغیرها در اطراف محور قطری صفحه متمرکزشده‌اند.

از دستاوردهای مهم نرم‌افزار میک مک، تدوین ماتریس تحلیل ساختاری است که امکان نمایش عوامل گوناگون در یک فضای دوبعدی را فراهم می‌کند. این نمایش به‌صورت یک نمودار چهاربخشی طراحی‌شده که به تفکیک چهار گروه اصلی از متغیرها کمک می‌کند.

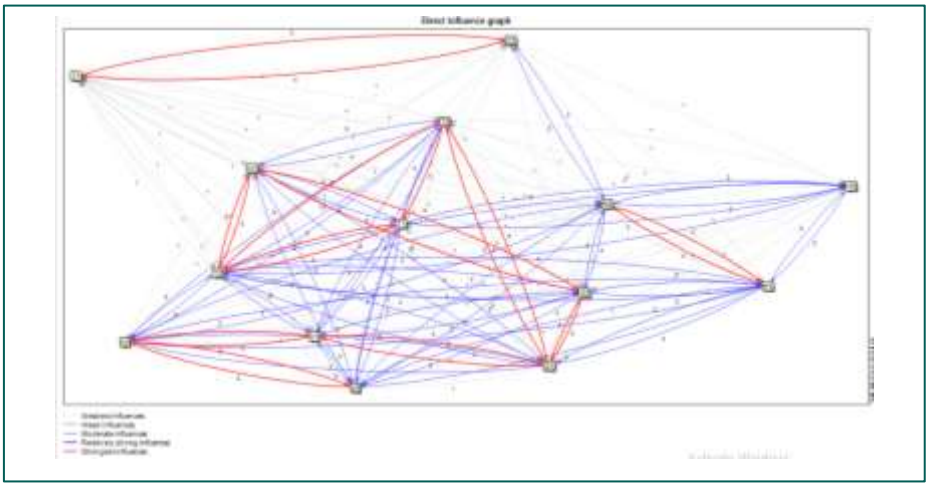
بدین ترتیب، تحلیل‌گران می‌توانند با بررسی این چهار دسته، درک عمیق‌تری از روابط و تأثیرات متقابل میان متغیرها پیداکرده و به تحلیلی جامع‌تر از داده‌ها دست یابند. این نوع تحلیل می‌تواند در اتخاذ تصمیم‌های استراتژیک مؤثر واقع‌شده و درنهایت بهبود فرایندهای مدیریتی و برنامه‌ریزی را به همراه داشته باشد. با بهره‌گیری از این ابزار، سازمان‌ها قادرند نقاط قوت و ضعف خود را شناسایی کرده و با بهینه‌سازی عملکرد، به تحقق اهداف خود نزدیک‌تر شوند. عوامل تنظیم‌کننده می‌توانند عواملی اصلی به‌منظور حرکت به‌سوی پایداری سیستم باشند.

مؤلفه‌های «T2»، «G1»، «K2»، «K1»، «T3» و «Z2» جزو متغیرهای دووجهی، مؤلفه «H1»، «T1»، «G3»، «K3» و «H3» متغیرهای تأثیرگذار و مؤلفه‌های «Z1»، «G2» و «H2» جز مؤلفه‌های مستقل هستند. شکل شماره ۲ نقشه تأثیرات متقاطع در نرم‌افزار میک مک را نشان می‌دهد.

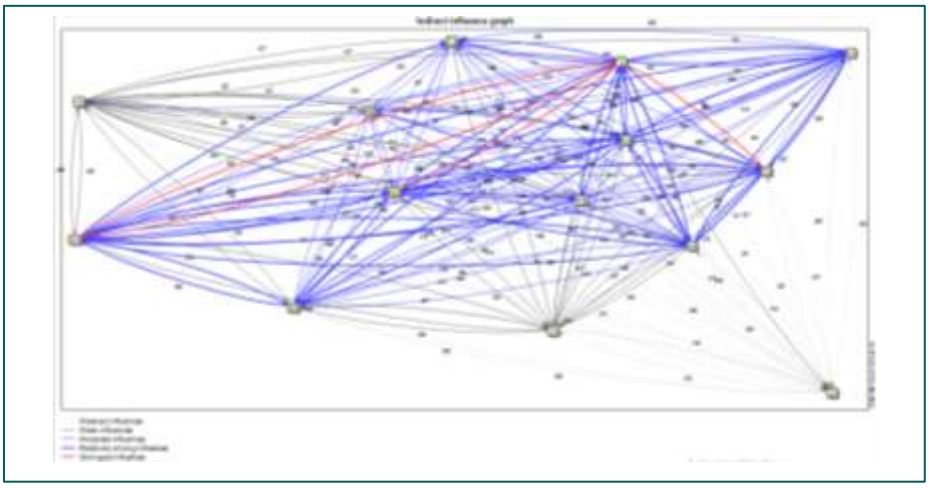


شکل ۲. نقشه تأثیرات متقاطع در نرم‌افزار میک مک (خروجی نرم‌افزار میک مک)؛ تدوین: نگارنده

گراف تأثیرگذاری مستقیم و غیرمستقیم شاخص‌ها در شکل شماره ۳ و ۴ آورده شده است. در این گراف‌ها، خطوط قرمز به معنای اثرگذاری قوی «۳»، خطوط آبی به معنای تأثیرگذاری متوسط «۲» و خطوط مشکی نقطه‌چین به معنای تأثیرگذاری ضعیف «۱» عامل اول بر عاملی است که جهت فلش به سمت آن رفته است.



شکل ۳. گراف چرخه اثرگذاری مستقیم برحسب شماره متغیر (خروجی نرم‌افزار میک مک). تدوین: نگارنده



شکل ۴. گراف چرخه اثرگذاری غیرمستقیم برحسب شماره متغیر (خروجی نرم‌افزار میک مک). تدوین: نگارنده

در مرحله بعد برای استخراج عوامل پیشران، به جابه‌جایی و همچنین رتبه‌بندی متغیرهای موردنظر به لحاظ تأثیرگذاری و تأثیرپذیری (مستقیم و غیرمستقیم) پرداخته می‌شود. جدول شماره ۱۱ مؤلفه‌های کلیدی اثرگذار بر کاربرد واقعیت مجازی در شبیه‌سازی و ارزیابی کیفیات محیطی فضاهای عمومی شهر تبریز را نشان می‌دهد.

جدول ۱۱. مؤلفه‌های کلیدی اثرگذار بر واقعیت مجازی در شبیه‌سازی و ارزیابی کیفیات محیطی فضاهای عمومی. تدوین: نگارنده

رتبه	مستقیم		رتبه	غیرمستقیم	
	مؤلفه	تأثیرگذاری		مؤلفه	تأثیرگذاری
۱	هماهنگی بین ذینفعی و آگاهی مکانی	۹۰۹	۱	هماهنگی بین ذینفعی و آگاهی مکانی	۹۰۹
۲	امنیت (عینی و ذهنی)	۸۳۳	۲	امنیت (عینی و ذهنی)	۸۳۳
۳	سرزندگی و تعامل اجتماعی	۸۳۳	۳	سرزندگی و تعامل اجتماعی	۸۳۳
۴	انعطاف‌پذیری و تنوع فضایی	۷۹۵	۴	دسترسی‌پذیری و تحرک پیاده–دوچرخه	۷۵۷

ازآنجاکه نرم‌افزار برای محاسبه اثرات غیرمستقیم، ماتریس را در مراحل متعدد به توان می‌رساند، مجموع اثرگذاری و اثرپذیری‌های غیرمستقیم به ارقام چندرقمی می‌انجامد و مقایسه آن‌ها با اثرات مستقیم با دشواری همراه است. جهت رفع این چالش، نرم‌افزار جدولی را ارائه می‌دهد که در آن سهم عوامل بر مبنای اثرات مستقیم و غیرمستقیم در مقیاس ده هزار تنظیم‌شده است. بر این اساس، مجموع کل اثرگذاری و اثرپذیری‌ها

معادل عدد ده هزار در نظر گرفته‌شده و سهم هر یک از عوامل از این مجموع، بیانگر جایگاه آن‌ها در کل سیستم است. بر این اساس، مؤلفه‌های «هماهنگی بین ذینفعی» و «آگاهی مکانی» با عدد ۹۰۹ بیشترین سهم را در اثرگذاری مستقیم دارند و همین مؤلفه‌ها با عدد ۹۰۹ بالاترین میزان تأثیرگذاری را در اثرگذاری غیرمستقیم به خود اختصاص داده‌اند؛ همچنین تمامی مؤلفه‌های کلیدی که در اثرگذاری مستقیم شناسایی‌شده بودند، با اندکی تغییر در رتبه‌بندی، در اثرگذاری غیرمستقیم نیز تکرار شده‌اند.

نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با هدف پاسخ به این پرسش اصلی که «مؤلفه‌های کلیدی مؤثر بر کاربرد واقعیت مجازی در ارزیابی کیفیات محیطی فضاهای عمومی شهر تبریز کدام‌اند و روابط متقابل آن‌ها چگونه است؟» انجام شد. یافته‌های حاصل از تحلیل ساختاری با استفاده از نرم‌افزار میک‌مک نشان داد که سیستم مؤلفه‌های مؤثر بر کاربرد واقعیت مجازی در ارزیابی کیفیات محیطی فضاهای عمومی تبریز، در وضعیت ناپایدار قرار دارد که بیانگر پیچیدگی و پویایی بالای روابط میان آن‌هاست.

بر اساس تحلیل اثرات مستقیم و غیرمستقیم، مؤلفه‌های هماهنگی بین‌ذینفعی و آگاهی مکانی، امنیت (عینی و ذهنی)، سرزندگی و تعامل اجتماعی و دسترسی‌پذیری و تحرک پیاده–دوچرخه به‌عنوان کلیدی‌ترین پیشران‌ها با بیشترین میزان تأثیرگذاری بر سایر مؤلفه‌ها شناسایی شدند. پژوهش‌هایی مانند علی و همکاران (۲۰۲۵) و بلاروسی و همکاران (۲۰۲۴) نیز بر نقش واقعیت مجازی در بهبود کارایی فرآیند طراحی، افزایش مشارکت ذینفعان و ارزیابی کیفیت فضاهای عمومی تأکید کرده‌اند که تأثیر واقعیت مجازی بر آگاهی مکانی و کاهش ریسک تصمیم‌گیری در این مطالعات تأییدشده است. مطالعاتی مانند طاهر طلوع دل و همکاران (۱۳۹۸) بر قابلیت‌های ادراکی واقعیت مجازی در حوزه معماری تمرکز داشتند.

نوآوری پژوهش حاضر شامل:

- استفاده از نرم‌افزار میک‌مک به‌عنوان یک ابزار تحلیلی– ساختاری برای شناسایی روابط پیچیده بین مؤلفه‌های اثرگذار در کاربرد واقعیت مجازی برای ارزیابی کیفیات محیطی.
- تمرکز بر فضاهای عمومی شهر تبریز و استخراج مؤلفه‌های کلیدی مبتنی بر شرایط محلی (مانند حس مکان و هویت، مشارکت‌پذیری و کیفیت محیط طبیعی).
- تأکید هم‌زمان بر ابعاد ادراکی، اجتماعی و فرآیندهای تصمیم‌گیری در کاربرد واقعیت مجازی می‌باشد.

محدودیت پژوهش حاضر شامل:

- محدودیت در تعداد خبرگان بوده است؛ اگرچه نظرات ۲۵ خبره در رشته‌های مرتبط اخذ شد، اما گسترش دامنه مشارکت متخصصان بین‌المللی می‌تواند به تعمیم‌پذیری بیشتر نتایج کمک کند.

وابستگی به قضاوت ذهنی:

- داده‌های اولیه مبتنی بر نظرات کارشناسان بودند که ممکن است تحت تأثیر سوگیری‌های فردی قرار گرفته باشد.

عدم امکان شبیه‌سازی عملی

- پژوهش حاضر به دلیل محدودیت‌های زمانی و مالی، صرفاً به شناسایی و تحلیل ساختاری مؤلفه‌ها با استفاده از نظرات خبرگان پرداخته است و قادر به انجام شبیه‌سازی عملی، جمع‌آوری داده‌های رفتاری و ارزیابی میدانی نبوده است.

بنابراین، یافته‌های این پژوهش، زمینه‌ای نظری–تحلیلی برای پژوهش‌های آتی فراهم می‌آورد. پیشنهاد می‌شود در تحقیقات بعدی، چارچوب ارائه‌شده در این پژوهش در محیط‌های واقعی یا محیط‌های غوطه‌ور واقعیت مجازی مورد اعتبارسنجی عملی قرار گیرد و داده‌های رفتاری و فیزیولوژیک کاربران در مواجهه با فضاهای شبیه‌سازی‌شده جمع آوری و تحلیل شود.

کاربرد مؤثر واقعیت مجازی در ارزیابی کیفیات محیطی فضاهای عمومی تبریز، نیازمند نگرشی نظام‌مند و چندبعدی است که در آن مؤلفه‌های کالبدی، ادراکی، اجتماعی و زیست‌محیطی به‌طور هم‌زمان موردتوجه قرار گیرند. با توجه به یافته‌ها، تدوین راهبردهای مشارکتی (با محوریت هماهنگی بین ذینفعی)، ارتقای امنیت و سرزندگی فضاها و توجه به دسترسی‌پذیری به‌عنوان اولویت‌های کلیدی در به‌کارگیری واقعیت مجازی پیشنهاد می‌شوند. همچنین، توسعه پلتفرم‌های یکپارچه شبیه‌سازی که قابلیت تحلیل تعاملات پیچیده بین مؤلفه‌ها را داشته باشند، می‌تواند گامی مؤثر در جهت عملیاتی سازی یافته‌های این پژوهش باشد.

از منظر کاربرد عملی در فرآیند طراحی و تصمیم‌گیری فضاهای عمومی تبریز، مؤلفه‌های شناسایی‌شده در این پژوهش می‌توانند به‌صورت زیر مورد استفاده قرار گیرند: مؤلفه «هماهنگی بین‌ذینفعی» می‌تواند مبنای طراحی جلسات مشارکتی با استفاده از واقعیت مجازی قرار گیرد تا طراحان، برنامه‌ریزان و شهروندان بتوانند درک مشترکی از طرح‌های پیشنهادی پیدا کنند. مؤلفه «امنیت (عینی و ذهنی)» می‌تواند در شبیه‌سازی شرایط نوری مختلف و سنجش ادراک امنیت کاربران به کار رود. مؤلفه «سرزندگی و تعامل اجتماعی» می‌تواند در ارزیابی سناریوهای مختلف جمعیتی و الگوهای فعالیت در فضاهای عمومی مؤثر باشد. همچنین اولویت‌بندی انجام‌شده نشان می‌دهد که برای به‌کارگیری مؤثر واقعیت مجازی در ارزیابی کیفیات محیطی فضاهای عمومی تبریز، باید به ترتیب بر هماهنگی بین‌ذینفعی، امنیت، سرزندگی و دسترسی‌پذیری تمرکز شود.

ملاحظات اخلاقی و اطلاعات تکمیلی

تشکر و قدردانی: «از تمامی شرکت کنندگان در مصاحبه تشکر و قدر دانی می شود»

برگرفته از پایان نامه/رساله: «نویسنده اعلام می‌دارند که این مقاله حاصل پژوهش مستقل بوده و مستخرج از پایان‌نامه کارشناسی ارشد یا رساله دکتری نیست.»

حمایت مالی: «این پژوهش هیچ بودجه خارجی دریافت نکرده است.»

تعارض منافع: «نویسنده اعلام می‌دارد که هیچ‌گونه تعارض منافع شخصی، مالی یا حرفه‌ای در رابطه با پژوهش حاضر و انتشار این مقاله ندارند.»

استفاده از ابزارهای هوش مصنوعی: «نویسنده در این پژوهش از ابزارهای هوش مصنوعی ChatGPT،صرفاً جهت ویرایش زبانی و بهبود روانی متن استفاده کرده است. نویسنده مسئولیت نهایی محتوای تولید شده و صحت مطالب علمی ارائه‌شده در این مقاله را بر عهده دارد و تایید می کند که استفاده از این ابزارها با اصول اخلاق پژوهشی و سیاست‌های این نشریه همخوانی دارد.»

پی‌نوشت

1. Virtual Reality–VR
2. Ali
3. Belaroussi
4. Ghanbari
5. Linares-Vargas & Cieza-Mostacero
6. Jacobs
7. Lynch
8. Whyte
9. Norberg-Schulz
10. Rapoport
11. Slater & Wilbur
12. Bishop & Rohrmann

منابع

طاهرطلوع دل، محمدصادق، ضرغامی، اسماعیل، کمالی تبریزی، سینا و حیدری پور، امید. (۱۳۹۸). بررسی قابلیت ادراک محیط در سیستم واقعیت مجازی بر اساس مؤلفه‌های ادراک بصری. *نشریه علمی اندیشه معماری* ۳ (۵)، ۱۰۶-۱۲۴. doi: 10.30479/at.2019.10665.1194

شکیبامنش، ا. قربانیان، م. ریاحی دهکردی، ع. ایزدی، س؛ و ضیف الدینی، پ. (۱۴۰۴). مروروی براکوسیستم نوین آزمایشگاه های شهری با تاکید بر نقش آزمایشگاه های واقعیت مجازی در توسعه. *نامه معماری و شهرسازی*، ۱۷ (۶)، ۲۴-۴۸. doi: 10.30480/aup.2024.5393.2164

رحیمی، اکبر و دوانگر خرسند، المیرا. (۱۴۰۳). بررسی کیفیت فضاهای عمومی محلات مسکونی شهر تبریز از دیدگاه ساکنین با استفاده از تحلیل لکه‌های داغ و شاخص موران. *فضای شهری و حیات اجتماعی*، ۳ (۹)، ۴۷-۶۱. doi: 10.22034/jprd.2024.61097.1087

Ali, A. S., Afifi, S., El Khateeb, S., El Fayoumi, M. A., & ElHusseiny, O. M. (2025). Virtual reality simulation in urban design processes: Comparative workflow assessment and implementation outcomes. *Ain Shams Engineering Journal*, *16*(11), 103671. doi:10.1016/j.asej.2025.103671

Appleyard, D. (1977). *Understanding professional media: issues, theory, and a research agenda in I Altman and JF Wohlwill (eds) Human behavior and environment Vol 2*. Plenum Press, New York, 43-88. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4684-0808-9_2

Batty, M. (2001). Exploring isovist fields: space and shape in architectural and urban morphology. *Environment and planning B: Planning and Design*, *28*(1), 123-150. doi:10.1068/b2725

Belaroussi, R., Issa, E., Cameli, L., Lantieri, C., & Adelé, S. (2024). Exploring virtual environments to assess the quality of public spaces. *Algorithms*, *17*(3), 124. https://doi.org/10.3390/a17030124

Bishop, I. D., & Rohrmann, B. (2003). Subjective responses to simulated and real environments: a comparison. *Landscape and urban planning*, *65*(4), 261-277. doi:10.1016/S0169-2046(03)00070-7

Ghanbari, M., Dijst, M., McCall, R., & Perchoux, C. (2024). The use of Virtual Reality to assess the impact of geographical environments on walking and cycling: a systematic literature review. *International Journal of Health Geographics*, *23*(1), 15. https://link.springer.com/article/10.1186/s12942-024-00375-6

Gehl, J. (2011). *Life between buildings*. https://cus.ubt-uni.net/wp-content/uploads/2024/11/Jan-Gehl-Life-Between-Buildings_-Using-Public-Space-2011-Island-Press.pdf

Gehl, J. (2013). *Cities for people*. Island press. https://www.goodreads.com/book/show/8556291-cities-for-people

Jacobs, J. (1961). Jane jacobs. *The Death and Life of Great American Cities*, *21*(1), 13-25. https://www.petkovstudio.com/bg/wp-content/uploads/2017/03/The-Death-and-Life-of-Great-American-Cities_Jane-Jacobs-Complete-book.pdf

Linares-Vargas, B. G., & Cieza-Mostacero, S. E. (2024). Interactive virtual reality environments and emotions: A systematic review. *Virtual Reality*, *29*(1), 3. doi:10.21203/rs.3.rs-3631584/v1

Lynch, K. (1960). *The image of the city/Lynch Kevin*. https://www.cooldavis.org/wp-content/uploads/2022/03/THE_IMAGE_OF_THE_CITY_Kevin_Lynch.pdf

Norberg-Schulz, C. (1980). *Genius loci: Towards a phenomenology of architecture*. (No Title). https://marywoodthesisresearch.wordpress.com/wp-content/uploads/2014/03/genius-loci-towards-a-phenomenology-of-architecture-part1_.pdf

Pham, V. H., Wagenfeld, M., & Bernhaupt, R. (2025). Virtual Reality for Urban Walkability Assessment. *arXiv preprint arXiv:2504.14580*. https://doi.org/10.48550/arXiv.2504.14580

Rapoport, A. (1990). *The meaning of the built environment: A nonverbal communication approach*. University of Arizona Press. https://books.google.com.mm/books/about/The_Meaning_of_the_Built_Environment.html?id=bn_7_UFAbdUC&redir_esc=y

Slater, M., & Wilbur, S. (1997). A framework for immersive virtual environments (FIVE): Speculations on the role of presence in virtual environments. *Presence: Teleoperators and virtual environments*, *6*(6), 603-616. https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.6.603

Steuer, J. (1992). Defining virtual reality: Dimensions determining telepresence. *Journal of communication*, *42*(4), 73-93. https://papers.cumincad.org/data/works/att/27eb.content.pdf

Whyte, W. H. (1980). *The social life of small urban spaces (Vol. 116)*. Washington, DC: Conservation Foundation. https://streetlifestudies.wordpress.com/wp-content/uploads/2017/06/1980_whyte_small_spaces_book.pdf.