

A review of the new urban laboratory ecosystem with emphasis on the role of virtual reality laboratories in smart development

Amir Shakibamanesh

Associate Professor, Department of Urban Design, Faculty of Architecture and Urban Planning, Iran
University of Art, Tehran, Iran (Corresponding Author)

Mahshid Ghorbanian

Assistant professor, Department of landscape Architecture, School of Architecture and
Environmental Design, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran

Ali Riahi Dehkordi

PhD Candidate in Urban Planning and Design, Department of Urban Design, Faculty of Architecture
and Urban Planning, Iran University of Art, Tehran, Iran

Sogol Izadi

M.A. in Urban Design, Department of Urban Design, Faculty of Architecture and Urban Planning, Iran
University of Art, Tehran, Iran

Parisa Zeifodini

M.A. in Urban Design, Department of Urban Design, Faculty of Architecture and Urban Planning, Iran
University of Art, Tehran, Iran

Abstract

In recent years, experiment-based urban planning has emerged as a powerful tool for creating smarter, more responsive cities. Urban laboratories have become essential spaces for testing innovative solutions to complex urban challenges, playing an increasingly important role in urban studies. Among these, virtual reality (VR) laboratories represent one of the most impactful and cutting-edge developments, offering numerous advantages over traditional urban design and planning methods. This review study aims to examine the concepts of urban experimentation, urban laboratories, and their various types, with a specific focus on virtual reality laboratories and their role in advancing urban studies. Employing a developmental approach, the research utilizes document analysis and case studies to explore the potential of VR laboratories in urban planning and design. Virtual reality technology allows designers to experience their plans in a fully immersive environment, as if they were physically present in the space. This capability facilitates collaboration among designers, planners, and other stakeholders while also increasing public participation in the design process. VR laboratories enable more accurate visualization of cities and living environments, allowing professionals to virtually test the impacts of various urban policies and development plans without the need for physical alterations. The findings of this study demonstrate that VR laboratories effectively enhance urban environments through innovative methods, facilitating the development of creative solutions to real-world challenges in urban settings. By providing a platform for precise visualization and experimentation, VR laboratories enable data-driven decision-making with greater accuracy, ultimately improving the efficiency of urban systems. Moreover, VR laboratories can significantly increase public engagement in urban planning processes. By offering rich and realistic experiences, they empower citizens to participate more effectively in urban planning and development. This increased stakeholder involvement leads to more inclusive and representative urban designs that better reflect the needs and preferences of the community. The integration of VR technology in urban planning also offers cost-effective solutions for testing and refining urban interventions before implementation. This approach reduces the risks associated with large-scale urban projects and allows for iterative improvements based on virtual simulations and feedback. Furthermore, VR laboratories contribute to the development of smart cities by enabling the integration and visualization of complex data sets. This capability supports the creation of more sustainable, efficient, and livable urban environments by allowing planners to optimize various urban systems, such as transportation, energy, and public services. In conclusion, this research highlights the transformative potential of virtual reality laboratories in urban studies and smart city development. By providing immersive, interactive, and data-rich environments for urban experimentation, VR laboratories are poised to revolutionize the way we plan, design, and manage cities. As this technology continues to evolve, it promises to play an increasingly crucial role in addressing urban challenges and creating more resilient, sustainable, and inclusive cities for the future. The continuous advancements in VR technology will enable urban planners to better anticipate and mitigate the effects of rapid urbanization, climate change, and social inequality. By integrating VR laboratories into the urban planning framework, cities can become more adaptive and responsive to the dynamic needs of their populations, ultimately fostering environments that promote well-being, equity, and innovation.

Keywords: Urban semi-experiments, urban laboratories, virtual reality laboratories, urban digital simulation

فصلنامه علمی نامه معماری و شهرسازی، ۱۷(۴۶)، ۲۴-۴۸

DOI: 10.30480/AUP.2024.5393.2164

نوع مقاله: مروری

مروری بر اکوسیستم نوین آزمایشگاه‌های شهری با تأکید بر نقش آزمایشگاه‌های واقعیت مجازی در توسعه هوشمند*

امیر شکیبامنش

دانشیار گروه طراحی شهری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر ایران، تهران، ایران (نویسنده مسئول مکاتبات)

E-Mail: a.shakibamansh@art.ac.ir

مehشید قربانیان

استادیار گروه معماری منظر (هنرهای کاربردی)، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

علی ریاحی دهکردی

پژوهشگر دکتری شهرسازی، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر ایران، تهران، ایران

سوگل ایزدی

دانش آموخته کارشناسی ارشد طراحی شهری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر ایران، تهران، ایران

پریسا ضیف‌الدینی

دانش آموخته کارشناسی ارشد طراحی شهری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر ایران، تهران، ایران

چکیده

امروزه شهرسازی مبتنی بر آزمایش توانسته است به هوشمندتر شدن شهرها کمک کند. برای طی کردن این مسیر، آزمایشگاه‌های شهری مکان‌هایی بسیار حیاتی هستند که به مرور جایگاه مهمی در حوزه مطالعات شهری پیدا کرده‌اند. در این میان آزمایشگاه‌های واقعیت مجازی به‌طور فزاینده‌ای در حوزه معماری و شهرسازی کاربرد پیدا کرده‌اند. این پژوهش با هدف بررسی و مرور مفهوم آزمایشگاه‌های شهری و انواع آن‌ها، به‌طور خاص به آزمایشگاه‌های واقعیت مجازی و نقش آن‌ها در پیشبرد مطالعات شهری پرداخته است. روش‌های پژوهشی این مقاله شامل مطالعه اسنادی و موردی است و رویکرد نظری آن قیاسی و قلمرو زمانی آن مقطعی محسوب می‌شود. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که آزمایشگاه‌های واقعیت مجازی توسعه راه‌حل‌های خلاقانه برای مقابله با چالش‌های واقعی در محیط‌های شهری را تسهیل می‌کنند. این فناوری امکان تجسم بخشی دقیق‌تری از شهرها و محیط‌های زندگی را فراهم کرده و به متخصصان اجازه می‌دهد تا به‌طور مجازی و بدون نیاز به تغییرات کالبدی، تأثیرات مختلف سیاست‌های شهرسازی و طرح‌های توسعه را آزمون نمایند. همچنین، آزمایشگاه‌های واقعیت مجازی می‌توانند سطح مشارکت عمومی را در فرایندهای شهرسازی به‌طور چشمگیری افزایش دهند و با ارائه تجربیات غنی و واقع‌گرایانه، شهروندان را قادر سازند تا به‌طور مؤثرتری در برنامه‌ریزی و توسعه شهری مشارکت نمایند.

کلیدواژه‌ها: شبه‌آزمون‌های شهری، آزمایشگاه‌های شهرسازی، آزمایشگاه واقعیت مجازی، شبیه‌سازی دیجیتال شهری

* این مقاله برگرفته از طرح پژوهشی با عنوان «بهره‌گیری از ظرفیت‌های عملیاتی مدل‌سازی واقعیت مجازی در تحقق سیاست‌ها و برنامه‌های شهری» است که با حمایت مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران در خرداد ۱۴۰۳ به اتمام رسیده است.

مقدمه

در سال‌های اخیر علاقه به مفاهیمی نظیر تجزیه و تحلیل، مدیریت و درک شهرها از طریق یک لنز «تجربی» برای هوشمند شدن هرچه بیشتر شهرها به وضوح افزایش یافته است. از این روی شهرها هم به عنوان آزمایشگاه و هم به عنوان سایت‌های مطالعات میدانی که در آن‌ها نوآوری‌ها و شیوه‌های جدید زندگی شهری قابلیت آزمایش دارند، مورد توجه قرار گرفته‌اند (Evans, 2016, 2). آزمایش‌های شهری با تکیه بر فناوری‌های جدید و نوظهور، بر طیف وسیعی از موضوعات متفاوت مربوط به شهرها از قبیل مسائل مربوط به حوزه اکولوژی، حمل و نقل، صنایع خلاق و حوزه‌هایی مشابه متمرکز شده‌اند و در تلاش برای یافتن راه‌حل‌های مؤثر برای مقابله با چالش‌های محلی، منطقه‌ای و جهانی شهرها هستند (Kullman, 2013, 880).

برخلاف جامعه‌شناسان شهری که ذات شهر را به خودی خود به عنوان یک آزمایش بزرگ می‌دیدند (Cross, 1989, 245)، محققان شهرسازی معتقدند که شهرها باید به عنوان مکان‌هایی برای آزمایش‌های خاص با رویکردهای جدید دیده شوند. به همین دلیل در یک دهه گذشته آزمایشگاه‌های بسیاری با هدف یادگیری مبتنی بر تجربه به طور فزاینده‌ای شکل گرفتند (Schliwa & McCormick, 2016, 46; Voytenko., 2016, 164). آزمایشگاه‌های شهری به عنوان فضاهایی نوآورانه، بستر مشخصی را برای آزمایش فراهم می‌کنند که در آن‌ها ایده‌های جدید را می‌توان طراحی، اجرا، اندازه‌گیری و در صورت موفقیت، مقیاس‌گذاری نموده و به اجرا رساند. آزمایشگاه‌های شهری برای اهداف مختلفی راه‌اندازی می‌شوند؛ آن‌ها ممکن است در تولید ایده برای پروژه‌های شهری و کشف چشم‌اندازها (نظیر پایداری و تاب‌آوری) یا جهت‌گیری برای اقدامات (تولید ایده و ارزیابی) تجهیز و مورد استفاده قرار گیرند (Leminen, 2012, 8).

در میان انواع آزمایشگاه‌های شهری، آزمایشگاه‌های واقعیت مجازی به عنوان بستری نوین در طراحی، برنامه‌ریزی و مدیریت شهری، امکان تجسم دقیق‌تری از شهرها و محیط‌های زندگی را فراهم کرده و به بررسی عمیق‌تر پیچیدگی‌ها و تنوع فضایی شهرها کمک می‌کنند. این آزمایشگاه‌ها با به کارگیری شبیه‌سازی‌های کامپیوتری، راه‌حل‌های مقرون به صرفه ارائه نموده و جزئیات بیشتری از سناریوهای شهری محتمل را نمایش می‌دهند. همچنین شبیه‌سازی‌ها می‌توانند مدت زمان فرایند طراحی و برنامه‌ریزی شهرها را نسبت به حالت سنتی کاهش دهند. علاوه بر آن فناوری واقعیت مجازی امکان اعمال تغییر در ساختار فضایی دوبعدی و سه بعدی را فراهم کرده و فضای را تعاملی‌تر می‌سازد. در آزمایشگاه‌های واقعیت مجازی با استفاده از شبیه‌سازی می‌توان مدل‌ها را ساده کرد تا پدیده‌های بیشتری دیده شوند و سناریوهای طراحی و برنامه‌ریزی شهرها را بارها تکرار نمود (Hernández-de-Menéndez, 2019, 950). در این راستا در پژوهش حاضر پس از بررسی مفاهیم مرتبط با آزمایشگاه‌های شهری به نقش آزمایشگاه‌های واقعیت مجازی در پیشبرد اهداف طراحی و برنامه‌ریزی شهرهای هوشمند پرداخته خواهد شد.

روش پژوهش

این پژوهش توسعه‌ای، به گسترش دانش در زمینه آزمایشگاه‌های شهری، با تأکید بر آزمایشگاه‌های واقعیت مجازی در حوزه مطالعات شهری می‌پردازد. این پژوهش از نوع مروری است و از روش‌های مطالعه اسنادی و مطالعه موردی بهره گرفته است. رویکرد نظری آن قیاسی و قلمرو زمانی پژوهش مقطعی است. اطلاعات پژوهش از طریق اسناد و منابع کتابخانه‌ای، مقالات و پژوهش‌های مرتبط گردآوری شده است.

در این پژوهش، انتخاب و تحلیل ۹ آزمایشگاه واقعیت مجازی براساس یک فرایند علمی و ساختارمند انجام شده است. در مرحله نخست، جست‌وجوی گسترده‌ای در پلتفرم تخصصی لینکدین به منظور شناسایی

آزمایشگاه‌های فعال در زمینه واقعیت مجازی صورت گرفت. سپس، این آزمایشگاه‌ها براساس معیارهای مشخصی همچون تمرکز بر مطالعات شهری و مدل‌سازی فضاهای شهری غربال‌گری شدند. در مرحله بعد، اطلاعات دقیق و جامع هریک از آزمایشگاه‌ها از طریق وب‌سایت‌های رسمی آن‌ها و پروفایل‌های لینکدین، بررسی و تحلیل شد. پژوهش‌های علمی و پروژه‌های منتشر شده توسط این آزمایشگاه‌ها به منظور استخراج داده‌های دقیق و مستند مورد ارزیابی قرار گرفت. این رویکرد چندمرحله‌ای به منظور انتخاب آزمایشگاه‌هایی با بیشترین ارتباط و تأثیر در حوزه مطالعات شهری صورت گرفت تا روایی و دقت پژوهش تضمین شود (شکل ۱).



شکل ۱. فرایند انجام پژوهش

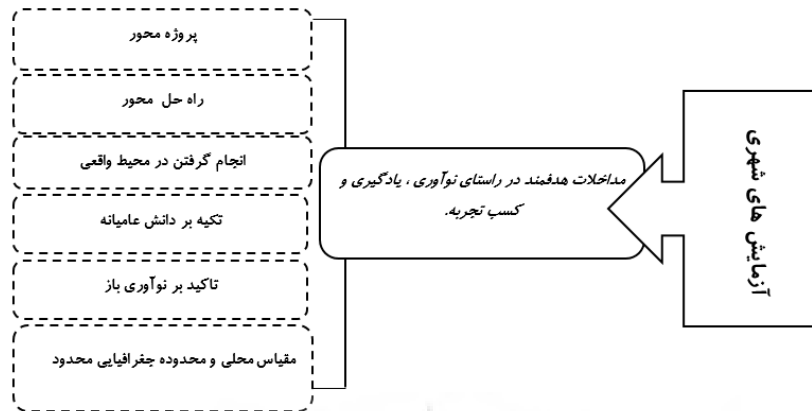
بررسی مفاهیم پایه پیرامون آزمایشگاه‌های شهری آزمایش‌های شهری

امروزه در بین سیاست‌گذاران، متخصصان و محققان شهری، توجه زیادی به مفهوم شهرسازی مبتنی بر آزمایش وجود دارد (Evans, 1, 2016). شهرسازی مبتنی بر آزمایش‌های شهری به عنوان مداخلات هدفمند در شهرها با هدف نوآوری، یادگیری و کسب تجربه تعریف می‌شود (Bulkeley & Castán Broto, 2013, 362). این رویکرد، طی چند دهه اخیر به یکی از ابزارهای کلیدی برای تحلیل و تحول محیط‌های شهری تبدیل شده است. درحالی‌که در گذشته شهر به عنوان یک آزمایشگاه اجتماعی در نظر گرفته می‌شد، امروزه آزمایش‌های شهری بر مداخلات هدفمند و نوآورانه در سایت‌های واقعی شهری برای یادگیری و توسعه راه‌حل‌های جدید تمرکز دارند (Bulkeley & Castán Broto, 2013, 363).

آزمایش‌های شهری در حال حاضر پروژه‌های نوآورانه‌ای را در بر می‌گیرند که به جای تأیید یک نتیجه از پیش تعیین شده، بر یادگیری از طریق رویارویی با سناریوهای مختلف تمرکز دارند. این آزمایش‌ها به عنوان بستری برای تولید دانش عملی و افزایش ظرفیت‌های تغییر در حکمرانی و توسعه شهری عمل می‌کنند (Sondal, 2024, 4). آن‌ها با ایجاد امکان همکاری چندبازگویی و هم‌آفرینی در محیط‌های واقعی، به شهرها اجازه می‌دهند تا به شیوه‌ای انعطاف‌پذیر و پاسخگو به چالش‌های پیچیده محیطی و اجتماعی واکنش نشان دهند (Lissandrello et al., 2023, 166). این فرایند، امکان تجربه و آزمون راه‌حل‌های جدید را بدون نیاز به تأیید کامل نتایج در ابتدا فراهم می‌آورد و از این طریق به شهرها اجازه می‌دهد که به صورت تدریجی و پایدار به بهبود و تحول بپردازند (Karvonen & Bylund, 2023, 155).

پژوهش‌های اخیر نشان می‌دهند که آزمایش‌های شهری، به ویژه در بسترهای نوآوری مشارکتی، فرصت‌های بی‌نظیری برای یادگیری اجتماعی و بهبود حکمرانی مشارکتی فراهم می‌آورند (Haderer, 2024, 2). درواقع، آزمایشگاه‌های شهری می‌توانند به تقویت دانش عمومی و پایداری شهری کمک کرده و از راه‌حل‌های نوآورانه

برای حل مسائل پیچیده شهری بهره‌گیرند (Lissandrello et al., 2023, 167). این آزمایش‌ها، به دلیل انجام در محیط‌های واقعی و در مقیاس‌های کوچک مانند محله‌ها و خیابان‌ها، امکان بسیج دانش عمومی و مشارکت فعال شهروندان را فراهم می‌کنند و به شکل‌گیری سیاست‌های انعطاف‌پذیرتر و نوآورانه‌تر منجر می‌شوند (Caprotti & Cowley, 2017, 1443).



شکل ۲. ساختار کلی آزمایش‌های شهری

آزمایشگاه‌های شهری

آزمایشگاه‌های شهری اصطلاحی عمومی شامل رویکردهای متنوع روش‌شناختی و مفهومی برای مواجهه با پیچیدگی‌های شهری است و پلتفرم‌های جدیدی برای آزمایش، مشارکت شهروندی و همکاری فراهم می‌کند (Scholl, 2017, 8). آزمایشگاه‌های شهری به عنوان پلتفرم‌های مشارکتی و بین‌رشته‌ای برای نوآوری باز شناخته می‌شوند که از آزمایش با کاربران واقعی در محیط‌های حقیقی حمایت می‌کنند و همچنین فضا و زمان را برای یادگیری، و توسعه راه‌حل‌های جایگزین برای مسائل شهری فراهم می‌کنند (Schollet al., 2017, 9; Hirvonen-). (Kantola et al., 2015, 338).

این آزمایشگاه‌ها آگاهانه برای تولید مشترک دانش توسط دولت، بخش خصوصی و دانشگاه ایجاد شده‌اند و معمولاً بر یک شهر، موضوع یا چارچوب زمانی خاص تمرکز می‌کنند تا دانشی مرتبط و کارآمد تولید نمایند (Culwick et al., 2019, 9). آزمایشگاه‌های شهری نقش حیاتی در توسعه شهرهای هوشمند، به ویژه از منظر کارآفرینی، دستیابی به پایداری، تاب‌آوری و حکمروایی شهری مطلوب و کارآمد دارند. این آزمایشگاه‌ها بدون ایده‌های ثابت یا راه‌حل‌های ازپیش تعیین شده، انواع گزینه‌های آینده را کشف نموده و فرصت‌هایی را برای مشارکت بازیگران متنوع فراهم می‌سازند (Shahzad et al., 2021, 1)؛ بدین ترتیب عنصری کلیدی در اجرای نوآوری اجتماعی و ترویج شهرهای هوشمند پایدار، با تمرکز بر تحقیقات عملی و توازن بین راهبری از بالا و راهبری از پایین به شمار می‌آیند (Caragliu et al., 2009, 6).

همچنین این مراکز نوآوری محلی را با تشویق خلاقیت شهری از طریق فضاهایی برای یادگیری آزاد و متعهد بین گروه‌های ذی‌نفع مختلف از جمله شهروندان و شهرداری‌ها برای حمایت از ایجاد و اشتراک دانش به نمایش می‌گذارند. درحالی‌که شهرداری‌ها اغلب به عنوان خالق و مروج آزمایشگاه‌ها و تجهیزات فناوری عمل می‌کنند، آزمایشگاه‌ها اغلب تحت هدایت دانشگاه در زمینه تولیدات دانش بنیان پشتیبانی می‌شوند (Shahzad et al., 2021, 571). در جدول (۱) به اختصار مهم‌ترین ویژگی‌های مورد تأکید در تعاریف آزمایشگاه‌های شهری استخراج شده است.

جدول ۱. بررسی آزمایشگاه‌های شهری: تعاریف و ویژگی‌های کلیدی

منبع	ویژگی‌های مورد تأکید	تعریف
Shakibamanesh & Ghorbanian, 2016	- درک چالش‌ها و پیچیدگی‌های شهری - استفاده از دانش سازمان یافته - رویکردهای خلاقانه و بین‌رشته‌ای - همکاری با ذی‌نفعان مرتبط - تمرین تحقیق و آموزش شهری خلاق و انتقادی - فعالیت‌های مستقل و بین‌رشته‌ای - شناسایی و آزمایش راه‌حل‌های مؤثر برای دستیابی به اهداف شهری	آزمایشگاه شهری یک مرکز یکپارچه و واحد است که به منظور درک عمیق و شناسایی چالش‌ها و پیچیدگی‌های شهری تأسیس شده است. این آزمایشگاه‌ها، با بهره‌گیری از دانش سازمان یافته و اجرای رویکردهای خلاقانه، بین‌رشته‌ای و مشارکتی، با همکاری ذی‌نفعان مرتبط، فعالیت می‌کنند. هدف اصلی این آزمایشگاه‌ها، تفکر، تمرین تحقیق و آموزش شهری خلاق و انتقادی است، که با فعالیت‌های مستقل و بین‌رشته‌ای، به شناسایی و آزمایش راه‌حل‌های مؤثر برای دستیابی به اهداف مورد نظر در حوزه‌های مختلف شهری پرداخته و می‌پردازند.
Scholl et al., 2017	- استفاده از روش‌های روش‌شناختی و مفهومی. - توجه به پیچیدگی مناطق شهری. - ارائه پلتفرم‌های جدید برای آزمایش و مشارکت شهروندان	آزمایشگاه شهری اصطلاحی است برای رویکردهای روش‌شناختی و مفهومی مختلف که به پیچیدگی مناطق شهری، ترویج پلت‌فرم‌های جدید برای آزمایش‌ها و مشارکت شهروندان می‌پردازد.
Hirvonen-Kantola et al., 2015	- پلتفرم ترکیبی و انعطاف‌پذیر - بین‌رشته‌ای - فراهم کردن فضا و زمان برای یادگیری و توسعه - پیدا کردن راه‌حل‌های جایگزین برای مسائل شهری	آزمایشگاه‌های شهری یک پلت‌فرم ترکیبی، انعطاف‌پذیر و بین‌رشته‌ای هستند که فضا و زمان را برای یادگیری، تأمل و توسعه راه‌حل‌های جایگزین برای مسائل و مشکلات مربوط به شهرها فراهم می‌کنند.
Culwick et al., 2019	- انجمن‌های آگاهانه با همکاری دولت و دانشگاه - تمرکز بر کار با دانش	آزمایشگاه‌های شهری انجمن‌هایی آگاهانه هستند که کارگزاران دانش در مسائل مربوط به جامعه با دولت و دانشگاه همکاری می‌کنند.
Anderson & Edwards, 2015	- گردآوری دانش‌ها و افراد مختلف - آزمایش ایده‌ها، سیاست‌ها و روش‌های جدید	گروه هم آوردن دانش‌ها یا افراد مختلف برای اولین بار، توسعه شکل‌ها و روش‌های جدید کار با یکدیگر، آزمایش ایده‌ها، سیاست‌ها و روش‌های جدید در مسائل از جمله فاکتورهای آزمایشگاه‌های شهری محسوب می‌شوند.
Bulkeley & Castán Broto, 2013	- کشف آینده‌های جایگزین در یک رویکرد جمعی - عدم وابستگی به ایده‌های ثابت یا راه‌حل‌های از پیش تعیین شده - مشارکت و تأثیرگذاری بازیگران مختلف در فرایندها و فعالیت‌ها	آزمایشگاه‌های شهری، آینده‌های جایگزین را در یک رویکرد جمعی، بدون ایده‌های ثابت یا راه‌حل‌های از پیش تعیین شده کشف می‌کنند؛ فرصت‌هایی را برای بازیگران متنوع فراهم می‌کند تا در فرایندها و فعالیت‌ها مشارکت کنند و بر آن‌ها تأثیر بگذارند.
Shahzad et al., 2021	- تشویق خلاقیت شهری و نوآوری محلی - ایجاد فضاهایی برای یادگیری آزاد و متعهد - مشارکت گروه‌های ذی‌نفع مختلف	آزمایشگاه‌های شهری نوآوری محلی را با تشویق خلاقیت شهری از طریق فضاهایی برای یادگیری آزاد و متعهد بین گروه‌های ذی‌نفع مختلف از جمله شهروندان و شهرداری‌ها برای حمایت از ایجاد و اشتراک دانش به نمایش می‌گذارند.
Nambisan & Nambisan, 2013	- مکان‌های مشخص در یک شهر - توسعه پیشنهادها توسط گروهی از افراد - آزمایش و اجرای اقدامات برای حل مشکلات و چالش‌های شهری	مکان‌هایی در یک شهر معین توصیف می‌کنند که در آن گروهی از افراد پیشنهادهایی را توسعه می‌دهند و احتمالاً اقداماتی را آزمایش و اجرا می‌کنند تا به مشکلات و چالش‌های مرتبط با آن شهر رسیدگی کنند.

پیاده‌سازی آزمایشگاه‌های شهری

در راستای پیاده‌سازی آزمایشگاه‌های شهری چهار مقوله اساسی منطق آزمایشگاهی، محیط آزمایشگاه، رویکرد فعالیتی آزمایشگاه، و موضوعات مورد تمرکز آزمایشگاه مورد بحث و توجه قرار می‌گیرند که در ادامه به اختصار به آن‌ها پرداخته خواهد شد.

الف) منطق آزمایشگاهی^۱

منطق به محرک‌هایی اشاره دارد که هدف و چشم‌انداز «آزمایشگاه‌های شهری» و چارچوب‌های پیدایش فضا، انتظارات از خروجی‌های آن و نقشی را که آن ممکن است در آزمایش و تحول شهری بازی کند، شکل می‌دهند. منطق اول، منطق رشد اقتصادی است که در آن شکل‌گیری «آزمایشگاه شهری» مبتنی بر یافتن راه‌هایی برای ایجاد فرصت‌های جدید شهری و اقتصادی است که صراحتاً بر تجاری‌سازی پایداری متمرکز است. در حالی که آزمایشگاه‌های شهری اولیه ممکن است بر توسعه فناوری متمرکز شده باشند، این تمرکز در حال گسترش به طیفی از فعالیت‌های مختلف است که به طور فزاینده‌ای با استراتژی‌های رشد شهری مرتبط هستند. این موضوع نشان می‌دهد که این فضاها تجربه‌ای در حال تبدیل شدن به محوری برای استراتژی‌های توسعه شهری قرن بیست و یکم هستند. منطق دوم، منطق آموزش/تولید دانش است که در آن بنیان آزمایشگاه‌های شهری مبتنی بر تولید دانش در مورد آینده شهری و جهت‌گیری حول اهداف آموزشی است. منطق سوم، منطق تکنوگرایی است که در آن آزمایشگاه‌های شهری برای تولید فناوری‌های جدید از طریق مدل‌سازی، آزمایش و کاربرد نرم‌افزارها، حسگرها و برنامه‌ها راه‌اندازی می‌شوند (Marvin & Silver, 2016, 8-9).

ب) محیط آزمایشگاه^۲

محیط نهادی آزمایشگاه‌های شهری نقش مهمی در ظهور، تثبیت و رشد آن‌ها دارد و عاملی کلیدی برای چگونگی ظهور، تثبیت و رشد آن‌ها است. این محیط‌ها به پنج دسته تقسیم می‌شوند (Marvin & Silver, 2016, 9): پردیس‌ها و مجموعه‌های دانشگاهی که بیش از ۵۰ درصد از آزمایشگاه‌ها را تشکیل می‌دهند و از بخش آکادمیک تأمین مالی می‌شوند؛ محیط‌های تجاری که حدود ۱۰ درصد را تشکیل می‌دهند و توسط شرکت‌های خصوصی با هدف ایجاد بازارهای آینده تأمین مالی می‌شوند؛ مشارکت‌های دانشگاهی با ذی‌نفعان مختلف که تقریباً ۳۰ درصد را شامل می‌شوند و در توسعه فناوری‌های با نیاز به سرمایه‌گذاری بالا فعالیت می‌کنند؛ محیط‌های مبتنی بر جامعه که ۵ درصد را تشکیل می‌دهند و بر منطق پیاسرمایه‌داری و بازنگری در روابط بین سرمایه‌داری متمرکز هستند؛ و نهایتاً، ترکیبی از انواع محیط‌ها که ۵ درصد باقی‌مانده را شامل می‌شوند و فضایی برای تعامل و همکاری عاملان مختلف فراهم می‌کنند (Marvin & Silver, 2016, 9-10).

ج) رویکرد فعالیتی آزمایشگاه

رویکرد فعالیتی آزمایشگاه‌های شهری به نوع کاری که این آزمایشگاه‌ها انجام می‌دهند اشاره دارد و به چهار دسته تقسیم می‌شود. اولین دسته شامل فعالیت‌های تحقیقاتی است که به گردهم آوردن خوشه‌های تحقیقاتی در محیط‌های دانشگاهی می‌پردازد و به عنوان راهی کلیدی برای دیپارتمان‌های دانشگاهی با ابتکارات بین‌بخشی عمل می‌کند. دسته دوم، تحقیق و توسعه (R&D) است که علاوه بر تحقیق، به توسعه فناوری‌های جدید در حوزه محیط‌های ساخته‌شده می‌پردازد و از طریق فعالیت‌های تحقیقاتی مبتنی بر تولید دانش، به آزمایش، ارتقاء و اکتشاف راه‌های جدید مشغول است. دسته سوم به توسعه و اجرای چشم‌اندازهای نوین شهری اختصاص دارد و بر تولید و آزمایش ایده‌های جدید برای شهرهای هوشمند، زندگی کم‌کربن و فناوری‌های جدید تمرکز دارد. در اینجا یادگیری به تدریج از طریق آزمایش و اصلاح ایده‌ها صورت می‌گیرد و تحقیقات و تحلیل‌ها اغلب خارج از سایت انجام می‌شود. دسته چهارم بر آموزش و یادگیری متمرکز است و به توسعه دانش حرفه‌ای و عمومی در مورد مسائل شهری مانند پایداری، هوشمندی و توسعه کم‌کربن می‌پردازد. فعالیت‌های این دسته شامل آموزش رسمی در مقطع کارشناسی تا آموزش حرفه‌ای و مشاوره است (Marvin & Silver, 2016, 11).

د) تمرکز موضوعات آزمایشگاه‌ها

تمرکز موضوعات آزمایشگاه‌های شهری در جهت‌گیری استراتژیک و زمینه‌های مداخله‌ای آن‌ها توصیف می‌شود. نخستین حوزه، توسعه فناوری‌های نوین در مقیاس‌های مختلف از خانواده تا شهر است که شامل توسعه زیرساخت‌های هوشمند و نقشه‌برداری می‌شود. دومین حوزه، متمرکز بر مداخلات در محیط‌های ساخته شده شهری مانند آزمایشگاه‌های محله پایدار است که در مقیاس محلی عمل می‌کنند. سومین حوزه، مقاوم‌سازی ابنیه و بافت‌های شهری با استفاده از فناوری‌های جدید برای افزایش بهره‌وری انرژی و توسعه فناوری‌های کم‌کربن و هوشمند است. چهارمین حوزه، اقتصاد کم‌کربن شامل مشاوره تجاری، ممیزی بهره‌وری انرژی، آموزش و توسعه فضا است. نهایتاً، فعالیت‌های مرتبط با تغییرات آب و هوایی که از طریق پشتیبانی از فناوری‌های جدید و روش‌های تحقیق در جمع‌آوری و تفسیر داده‌ها، بستری برای مدل‌سازی و شبیه‌سازی اقلیمی فراهم می‌کنند (Marvin & Silver, 2016, 12).

طبقه‌بندی انواع آزمایشگاه‌های شهری

مفهوم آزمایشگاه شهری به تدریج در دهه‌های اخیر پیشرفت‌های فراوانی کرده است. این توسعه‌یافتگی در قالب اهداف، ویژگی‌ها، راه‌حل‌ها و ذی‌نفعان متفاوت در طول زمان شکل گرفت و منتج به شکل‌گیری آزمایشگاه‌های بسیاری از قبیل آزمایشگاه‌های اجتماعی، آزمایشگاه‌های زندگی شهری، آزمایشگاه‌های علم و فناوری و ... شد که در ادامه به برخی از مهم‌ترین آن‌ها خواهیم پرداخت.



شکل ۳. طبقه‌بندی براساس کارکرد و نوع فعالیت آزمایشگاه‌های شهری

الف) آزمایشگاه تغییر^۲

آزمایشگاه تغییر یک مفهوم پویا در طراحی و برنامه‌ریزی شهری است که بر رویکردهای مشارکتی و تجربی برای مقابله با چالش‌های پیچیده شهری تأکید دارد. این آزمایشگاه به عنوان یک پلتفرم نوآورانه عمل می‌کند که در آن ذی‌نفعان مختلف، از جمله برنامه‌ریزان شهری، معماران، سیاست‌گذاران، اعضای جامعه و پژوهشگران، گرد هم می‌آیند تا به طور مشترک راه‌حل‌های پایدار و فراگیر شهری را شکل دهند و آزمایش کنند. آزمایشگاه تغییر نه تنها یک فضای فیزیکی، بلکه یک فرایند ساختاریافته برای تقویت خلاقیت، گفت‌وگو و اقدام است. این فرایند شامل مجموعه‌ای از کارگاه‌ها، جلسات طوفان فکری، کارگروه‌های طراحی و آزمایش‌های دنیای

واقعی برای درک، تصور و اجرای تغییرات مثبت در یک بافت خاص شهری است (Hassan & Bojer 2005, 5).



شکل ۴. آزمایشگاه تغییر؛ مکانی برای خلاقیت و مشارکت در پروژه‌های شهری
منبع: Nordic Edge, 2024

ب) آزمایشگاه شهر^۴

پلتفرم‌های مشارکتی هستند که در آن‌ها دولت‌های محلی و سایر ذی‌نفعان به‌طور مشترک سعی دارند از راه‌های جدید مقابله با چالش‌های شهری یاد بگیرند و در آن مشارکت کنند. اغلب این کارگاه‌ها به‌عنوان نتیجه فعالیت‌هایی ازطرف دپارتمان‌های دولت‌های محلی آغاز و حداقل به‌صورتی جزئی توسط آن‌ها تأمین مالی می‌شوند^۵ (Schollet al., 2017, 10).

ج) آزمایشگاه‌های شهری تحت وب

آزمایشگاه‌های شهری تحت وب یکی از جدیدترین و جذاب‌ترین رویکردها در طراحی و برنامه‌ریزی شهری است که ترکیب فناوری اطلاعات و ارتباطات با مفاهیم معماری و شهرسازی را به کار می‌گیرد. این آزمایشگاه‌ها به‌صورت آنلاین فعالیت می‌کنند و امکان همکاری و تعامل بین افراد و گروه‌های مختلف را بدون نیاز به حضور فیزیکی فراهم می‌سازند. اولین آزمایشگاه شهری تحت وب در سال ۲۰۱۰ در شهر پوتنزا در جنوب ایتالیا با هدف افزایش مشارکت در تصمیم‌گیری‌های شهری به روش نوآورانه راه‌اندازی شد (Lanza et al., 2012, 686). شهروندان با بهره‌گیری از این فضای تحت وب می‌توانند از مشکلات سنتی برنامه‌ریزی فراتر رفته و رویکرد پایین به بالا را برای مشارکت در پروژه‌های شهری ترویج دهند (Knapp & Coors, 2007, 49).

د) آزمایشگاه زیست شهری^۶

اصطلاح آزمایشگاه زندگی شهری برای اولین بار توسط ویلیام میچل در دهه ۱۹۹۰ معرفی شد. این مفهوم بلافاصله در تعامل کامپیوتر و انسان و با تمرکز بر اصول طراحی کاربر محور مورد پذیرش قرار گرفت و به‌عنوان یک رویکرد انسان محور و اساسی برای طراحی مشارکتی شناخته شد. این آزمایشگاه‌ها به‌عنوان محیط‌های تحقیقاتی برای سنجش، نمونه‌سازی، و اعتبارسنجی راه‌حل‌های پیچیده در زندگی واقعی عمل می‌کنند و

افراد متخصص و غیرمتخصص را برای همکاری در پروژه‌های تجربی گردهم می‌آورند (Concilio, 2016, 22). این مفهوم از مطالعات نوآوری نشئت گرفته و درحوزه حکمروایی شهری و مدیریت شهری به کار می‌رود. آزمایشگاه‌های زیست شهری با تأکید بر پایداری، به توسعه اقدامات یکپارچه و مشترک در محیط‌های مشارکتی و سیاست‌گذاری افقی کمک می‌کنند (Frantzeskaki, 2019, 122; Franz, 2015, 22). سه نوع متداول آزمایشگاه‌های زیست شهری شامل آزمایشگاه‌های تحقیقاتی فناوری محور، آزمایشگاه‌های مشارکتی توسعه محلی و شهری و آزمایشگاه‌های برنامه‌ریزی مشارکتی است. این آزمایشگاه‌ها به ترتیب در بهبود محیط شهری، مشارکت در مدیریت محصولات شهری، و توسعه برنامه‌ریزی شهری با مشارکت شهروندان فعالیت می‌کنند. توجه به این نکته ضروری است که در مناطق شهری جدید، مرزهای بین آزمایشگاه‌های زیست شهری مختلف ممکن است مبهم باشد، زیرا بازیگران مختلف می‌توانند به طور هم‌زمان در چندین آزمایشگاه با یکدیگر همکاری کنند.

ه) آزمایشگاه طراحی^۶

یکی دیگر از آزمایشگاه‌های پیشرو شهری، آزمایشگاه‌های طراحی است. این آزمایشگاه‌ها نام عمومی است که به گروهی از آزمایشگاه‌ها از قبیل آزمایشگاه‌های دولتی^۸، آزمایشگاه‌های تأثیر^۹، آزمایشگاه‌های نوآوری^{۱۰} و آزمایشگاه‌های طراحی برای نوآوری اجتماعی و پایداری (DESIS)^{۱۱} اطلاق می‌شود. این آزمایشگاه‌ها کمتر بر فناوری و بیشتر بر رویکردهای طراحی محور و پایداری شهری تمرکز دارند و برای آزمایش‌های حکمرانی شهری استفاده می‌شوند (Scholl et al., 2017, 12). آزمایشگاه‌های طراحی مشارکتی بر مسائل قدرت و دموکراسی تمرکز دارند و بر نیاز به مشارکت ذی‌نفعان به حاشیه رانده شده در فرایندهای نوآوری تأکید می‌کنند (Kemp & Scholl, 2016, 91).

و) آزمایشگاه‌های ساخت^{۱۲}

آزمایشگاه‌های ساخت، فضاهای کوچک مقیاسی هستند که ابزارها و دانش لازم برای مشارکت در تولید و آزمایش فناوری را فراهم می‌کنند (Scholl et al., 2017, 13). هدف اصلی این آزمایشگاه‌ها ایجاد محیطی دسترسی‌پذیر و مستقل برای طراحی و تولید اشیاء فیزیکی است، جایی که افراد می‌توانند از ابزارهای پیشرفته‌ای مانند پرینترهای سه‌بعدی، لیزرهای برش، دستگاه‌های CNC و دیگر ابزارهای دیجیتال استفاده کنند. آزمایشگاه‌های ساخت به طور متن‌باز و با همکاری اجتماعی کار می‌کنند، به این معنا که دانش، نرم‌افزارها و طرح‌های آن‌ها برای استفاده عمومی در دسترس است. علاوه بر ابزارها و تجهیزات، این آزمایشگاه‌ها فضایی آموزشی فراهم می‌کنند که افراد می‌توانند مهارت‌های ساخت و طراحی را یاد بگیرند. این اماکن به عنوان مراکزی برای اشتراک تجربیات و دانش در زمینه‌های فناوری، هنر و نوآوری شناخته می‌شوند و می‌توانند پل ارتباطی بین فرهنگ‌ها و جوامع علمی-صنعتی باشند.



شکل ۵. آزمایشگاه‌های ساخت سوویلا^{۱۳}: مرکزی برای خلاقیت و نوآوری در ساخت‌وساز؛ شهر سوویلا، کشور اسپانیا
منبع: FabLab Sevilla, 2024

ز) آزمایشگاه اقلیم

نگرانی‌ها درباره افزایش سطح دریاها، دمای هوا و رخدادهای شدید آب‌وهوایی در دهه‌های آینده رو به افزایش است. نخستین آزمایشگاه اقلیم در قالب یک سازمان غیرانتفاعی در سال ۲۰۰۸ راه‌اندازی شد و کار خود را در زمینه جمع‌آوری داده‌های مربوط به تغییرات آب‌وهوا برای شناسایی مرتبط‌ترین اطلاعات و رسیدن به تعریف یک مشترک آغاز کرد. هدف این آزمایشگاه‌ها گسترش و بهبود روش‌های اشتراک‌گذاری اطلاعات برای مقابله با تغییرات اقلیمی است. از سال ۲۰۱۱، آزمایشگاه‌های اقلیمی به دنبال یافتن راه‌حلی برای مسائل تغییرات اقلیمی هستند و بر تشویق مشارکت مردم و ایجاد اراده قوی برای حل این مسائل تمرکز دارند. (Ali, 2017, 6)

ح) آزمایشگاه واقعیت^{۱۴}

بسترهای آزمایشی هستند که در آن‌ها راه‌حل‌ها و طرح‌های مختلف در شرایط شبه واقعی آزمایش می‌شوند (Scholl et al., 2017, 13). آزمایشگاه‌های واقعیت، که اغلب زیر چتر گسترده‌تر آزمایشگاه‌های شهری قرار می‌گیرند، محیط‌های تخصصی هستند که در آن‌ها پژوهشگران و توسعه‌دهندگان شهری می‌توانند با استفاده از فناوری‌های پیشرفته‌ای مانند واقعیت مجازی (VR) و واقعیت افزوده (AR)، جنبه‌های مختلف زندگی شهری را بررسی و آزمایش کنند. این آزمایشگاه‌ها به عنوان مکانی برای شبیه‌سازی، تجسم بخشی و تحلیل پویایی‌های شهری در محیط‌های کنترل‌شده و درعین حال بسیار واقع‌گرایانه عمل نموده و سناریوهای دنیای واقعی را تقلید می‌کنند.

مهم‌ترین ویژگی‌های آزمایشگاه‌های واقعیت عبارت‌اند از:

- **تلفیق فناوری.** آزمایشگاه‌های واقعیت از فناوری‌های پیشرفته‌ای مانند واقعیت مجازی و واقعیت افزوده برای ایجاد تجربیات فراگیر استفاده می‌کنند که به‌طور خاص برای برنامه‌ریزی و طراحی شهری مفید هستند. با استفاده از واقعیت مجازی، برنامه‌ریزان می‌توانند قبل از اجرای آن‌ها در دنیای واقعی، خود را در مدل‌های مجازی از محیط‌های شهری غرق کنند تا تأثیر انتخاب‌های مختلف طراحی و مداخلات را ارزیابی کنند.
- **شبیه‌سازی محیط‌های شهری.** این آزمایشگاه‌ها امکان شبیه‌سازی دقیق سناریوهای شهری

از جمله سیستم‌های ترافیک، جریان عابران پیاده یا استراتژی‌های مقابله با بلایا را فراهم می‌کنند. این قابلیت برای آزمایش و اصلاح سیاست‌ها و پروژه‌ها به روشی مقرون به صرفه و بدون ریسک بسیار مهم است.

- **مشارکت ذی‌نفعان.** آزمایشگاه‌های واقعیت، بستری منحصربه‌فرد برای مشارکت دادن ذی‌نفعان مختلف از جمله مقامات شهر، رهبران جامعه و مردم عادی فراهم می‌کنند. با تجربه تغییرات شهری در یک محیط مجازی، ذی‌نفعان می‌توانند بازخورد آگاهانه ارائه دهند و به مشارکت‌کنندگان فعال در فرایندهای طراحی و برنامه‌ریزی تبدیل شوند.
- **کاربردهای آموزشی و پژوهشی.** این آزمایشگاه‌ها نه تنها ابزارهایی برای توسعه عملی شهر هستند، بلکه به عنوان منابع آموزشی برای دانشجویان و پژوهشگران نیز عمل می‌کنند. آن‌ها با ارائه تجربیات عملی با سیستم‌های شهری، درک عمیق‌تری از مسائل پیچیده شهری را از طریق یادگیری تعاملی تقویت می‌کنند.
- **برنامه‌ریزی و پیش‌بینی آینده.** با تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از حسگرها و ورودی‌های مختلف، آزمایشگاه‌های واقعیت می‌توانند به شهرسازان در پیش‌بینی روندها و پیامدهای آتی کمک کنند و آن‌ها را قادر سازند تا برای توسعه پایدار شهری به طور مؤثرتر برنامه‌ریزی کنند.



شکل ۶. آزمایشگاه واقعیت شرکت فیس بوک. این آزمایشگاه بر روی تحقیقات و توسعه در زمینه‌هایی مانند بینایی کامپیوتری، منظر صوتی، ردیابی حرکت و ... تمرکز دارد

منبع: TechCrunch, 2018

در حالی که آزمایشگاه‌های واقعیت مزایای قابل توجهی ارائه می‌کنند، اما با چالش‌هایی مانند هزینه‌های بالای راه‌اندازی و نگهداری، نیاز به تخصص فنی و مسائل بالقوه مربوط به حریم خصوصی و امنیت داده‌ها نیز روبرو هستند. علاوه بر این، اطمینان از صحت و قابلیت اطمینان شبیه‌سازی‌ها بسیار مهم است، زیرا تصمیماتی که براساس مدل‌های ناقص گرفته می‌شود می‌تواند منجر به برنامه‌ریزی ناکافی شهری شود. به طور خلاصه، آزمایشگاه‌های واقعیت ابزاری قدرتمند در زمینه طراحی و برنامه‌ریزی شهری هستند و رویکردی نوآورانه برای درک و شکل‌دهی به محیط‌های شهری آینده ارائه می‌دهند. آن‌ها شکاف بین تحقیقات نظری و کاربرد عملی را پر می‌کنند و برنامه‌ریزی شهری را تعاملی‌تر، فراگیرتر و مبتنی بر اطلاعات دقیق‌تر می‌سازند.

جدول ۲. دسته‌بندی آزمایشگاه‌های شهری براساس ویژگی‌ها و کارکردها

نوع آزمایشگاه	توضیحات	ویژگی‌های کلیدی
آزمایشگاه تغییر	مفهوم پویا در طراحی و برنامه‌ریزی شهری که بر رویکردهای مشارکتی و تجربی تأکید دارد.	- همکاری میان رشته‌ای - مشارکت جامعه - رویکرد عمل‌گرا - تفکر سیستمی - فرایند تکرارپذیر - تبادل دانش - تأثیرگذاری بر سیاست‌گذاری
آزمایشگاه شهری	پلتفرم‌های مشارکتی که به‌وسیله دولت‌های محلی و دیگر ذی‌نفعان حمایت می‌شوند.	- مشارکت دولت محلی - تأمین مالی جزئی توسط دولت‌های محلی
آزمایشگاه‌های شهری تحت وب	آزمایشگاه‌های آنلاین که فناوری اطلاعات و ارتباطات را با معماری و شهرسازی ترکیب می‌کنند.	- همکاری و تعامل آنلاین - دسترسی آسان و بدون نیاز به حضور فیزیکی - مشارکت پایین به بالا
آزمایشگاه زیست شهری	روش تحقیق کاربر محور برای سنجش، نمونه‌سازی، اعتبارسنجی، و پالایش راه‌حل‌های پیچیده.	- محیط‌ها/پلتفرم‌های بلند مدت - دیدگاه‌های کاربر محور - رویکردهای آفرینش مشترک - آزمایش‌های محلی در زمینه‌های دنیای واقعی
آزمایشگاه طراحی	آزمایشگاه‌هایی با تمرکز کمتر بر فناوری و بیشتر بر پایداری شهری و حکمرانی.	- رویکرد مبتنی بر پروژه - توسعه پایدار و نوآوری در مدیریت
آزمایشگاه‌های ساخت	آزمایشگاه‌های کوچک مقیاس با دسترسی به ابزارها و دانش برای تولید و آزمایش با فناوری.	- دسترسی به ابزار پیشرفته - همکاری و به اشتراک‌گذاری منابع - فضای آموزشی
آزمایشگاه اقلیم	متمرکز بر تغییرات آب‌وهوایی و اثرات آن بر محیط زیست و جامعه.	- جمع‌آوری داده‌ها - ارتقاء روش‌های به اشتراک‌گذاری اطلاعات
آزمایشگاه‌های واقعیت	پلتفرم‌های تخصصی برای آزمایش با استفاده از AR و VR در شرایط شبه واقعی.	- تلفیق فناوری VR و AR - شبیه‌سازی محیط‌های شهری - مشارکت ذی‌نفعان - کاربردهای آموزشی و پژوهشی - برنامه‌ریزی و پیش‌بینی آینده

توسعه آزمایشگاه‌های واقعیت مجازی

تحول در طراحی و برنامه‌ریزی شهری با کمک آزمایشگاه‌های واقعیت مجازی

آزمایشگاه‌های واقعیت مجازی شهری^{۱۵} با استفاده از قدرت فناوری فراگیر واقعیت مجازی در حال متحول کردن برنامه‌ریزی، مدیریت و طراحی شهری هستند. این آزمایشگاه‌ها به طراحان شهری، معماران و سیاست‌گذاران اجازه می‌دهند تا به‌صورت تعاملی، محیط‌های شهری را شبیه‌سازی کنند و بدین ترتیب امکان مشاهده تأثیرات احتمالی پروژه‌های شهری قبل از اجرا را فراهم می‌آورند. این بینش پیش از اجرا در مورد سیستم‌های ترافیک، پویایی جمعیت، تغییرات محیط زیستی و واکنش‌های اضطراری، آزمایشگاه‌های واقعیت مجازی شهری را به ابزاری نوآورانه برای توسعه شهری تبدیل می‌کند (Portman et al., 2015, 376). علاوه بر این ابزارهای واقعیت مجازی تجربیات توأم با حس غوطه‌وری را به همراه داشته و راهکارهای نوآورانه‌ای برای تجسم بخشی شهری، رابط‌های مدیریتی، مشارکت شهروندی و آموزش عرضه می‌کنند (Del Campo et al., 2024, 1).

نقش واقعیت مجازی در افزایش دقت و قابلیت تعامل شبیه‌سازی‌های شهری حیاتی است. پیشرفت‌های فناوری واقعیت مجازی امکان نمایش دقیق و پویای محیط‌های شهری را فراهم نموده و بازخورد لحظه‌ای و پشتیبانی از تحلیل چند سناریویی را ارائه می‌دهند، که خود به نوعی جنبه‌های کلیدی برای برنامه‌ریزی مؤثر شهری و تصمیم‌گیری به شمار می‌روند.

یکی از مزایای قابل توجه آزمایشگاه‌های واقعیت مجازی شهری، توانایی آن‌ها در جلب مشارکت عمیق ذی‌نفعان است. با غوطه‌ور کردن این ذی‌نفعان در یک محیط مجازی که می‌توانند با توسعه‌های بالقوه شهری تعامل و آن‌ها را کاوش کنند، آزمایشگاه‌های واقعیت مجازی شهری درک و تجسم بهتر نتایج پروژه را تسهیل می‌کنند. این مشارکت فراگیر به بهبود ارتباطات کمک می‌کند و منجر به تصمیم‌گیری آگاهانه و اجماع قوی‌تر در میان گروه‌های مختلف مانند ساکنان، صاحبان مشاغل و مقامات دولتی می‌شود (Portman et al., 2015, 381). یکی از مزایای دیگر استفاده از واقعیت مجازی نسبت به آزمایش‌های دنیای واقعی، محیط امنی است که در آن شرایط اضطراری می‌تواند توسط شرکت‌کنندگان تجربه شود. علاوه بر این، هزینه‌های یک آزمایش واقعیت مجازی در مقایسه با یک مطالعه دنیای واقعی نسبتاً پایین است و یک برنامه واقعیت مجازی می‌تواند به طور مکرر استفاده شود، بنابراین پذیرش فناوری را به راحتی مقیاس پذیر و مقرون به صرفه می‌کند (Wiltenburg et al., 2024, 1).

در حوزه طراحی و زیبایی‌شناسی شهری، آزمایشگاه‌های واقعیت مجازی شهری طراحان را قادر می‌سازند تا گزینه‌های مختلف طراحی را در لحظه آزمایش و ارزیابی کنند. این قابلیت، بهینه‌سازی جذابیت بصری و عملکرد فضاهای شهری را ممکن می‌سازد، و طراحان می‌توانند براساس بازخورد شبیه‌سازی‌شده، تنظیمات لحظه‌ای انجام دهند و بدین ترتیب کارایی فرایند طراحی و برنامه‌ریزی را به طور قابل توجهی بهبود بخشند (Portman et al., 2015, 381).

علاوه بر این، آزمایشگاه‌های واقعیت مجازی شهری در ارتقای پایداری شهری نقش اساسی دارند. برنامه‌ریزان از این شبیه‌سازی‌ها برای ارزیابی تأثیرات بلندمدت زیست‌محیطی پروژه‌های خود، از جمله مصرف انرژی، مدیریت منابع و رد پای اکولوژیکی استفاده می‌کنند. این قابلیت پیش‌بینی برای توسعه استراتژی‌های اقتصادی و زیست‌محیطی پایدار بسیار مهم است. آزمایشگاه‌های واقعیت مجازی شهری همچنین در حوزه مدیریت شهری، به ویژه در آموزش و آمادگی برای واکنش اضطراری، نقش مهم و ارزشمندی برعهده دارند. با شبیه‌سازی سناریوهای مختلف اضطراری، مدیران شهری و تیم‌های واکنش اضطراری می‌توانند آموزش و آمادگی بیشتری داشته باشند و بدین ترتیب کارایی استراتژی‌های واکنش شهری را بهبود بخشیده و تاب‌آوری شهر را افزایش دهند.

ادغام واقعیت مجازی در طراحی و برنامه‌ریزی شهری نقش قابل توجهی در تکامل و پیشرفت مطالعات این حوزه داشته است. ابزارهای مورد استفاده در آزمایشگاه‌های واقعیت مجازی از قبیل نمایشگرهای قابل نصب بر روی سر (HMD) یا سیستم‌های مبتنی بر پروژکتور (CAVE)، تصاویر واقع‌گرایانه و باورپذیری از محیط‌های شبیه‌سازی‌شده را ارائه می‌دهند. این فناوری‌ها امکان پیمایش شبه حقیقی در طرح‌های پیشنهادی و کاوش دقیق در میان مدل‌های سه‌بعدی شهری را فراهم می‌کنند (Hernández de Menéndez et al., 2019, 947).

ظرفیت‌های بالقوه آزمایشگاه‌های واقعیت مجازی در پژوهش‌ها و پروژه‌های شهرسازی

با نگاه به آینده، به نظر می‌رسد پتانسیل آزمایشگاه‌های واقعیت مجازی شهری در طراحی و برنامه‌ریزی شهری در حال افزایش است. توانایی شبیه‌سازی و اصلاح مکرر طرح‌های شهری در محیط‌های مجازی،

جایگزینی کم‌هزینه، تعاملی و کارآمد برای روش‌های سنتی مطالعات شهری ارائه می‌دهد. این احتمالاً منجر به تبدیل شدن آزمایشگاه‌های واقعیت مجازی شهری به جزئی ضروری از توسعه شهری، و ابزاری برای تقویت نوآوری و پایداری در برنامه‌ریزی و مدیریت شهری خواهد شد. آزمایشگاه‌های واقعیت مجازی با دارا بودن ظرفیت‌های بالقوه‌ای در زمینه پژوهش‌ها و پروژه‌های شهرسازی می‌توانند به عنوان ابزاری کارآمد و نوآورانه مورد استفاده قرار گیرند. این آزمایشگاه‌ها می‌توانند سیستم‌های هوشمند حمل‌ونقل شهری را بهینه‌سازی کرده و مدل‌های پایداری را تسهیل کنند. همچنین، با تحلیل داده‌ها و استفاده از مدل‌های پیش‌بینی، می‌توانند رفتارشناسی شهروندان را درک و بهبود دهند. این قابلیت‌ها شامل تحلیل میکروژئولوژی شهری، طراحی و ارزیابی فضای عمومی، برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری تاب‌آوری و مدیریت بحران، و ارزیابی اثرات زیست محیطی می‌شود. علاوه بر این، آزمایشگاه‌های واقعیت مجازی می‌توانند با ارتقاء مشارکت اجتماعی و مدیریت بهتر منابع شهری، به توسعه شهرهای هوشمند و پایدار کمک کنند. از این رو، استفاده از این فناوری در پروژه‌های شهری می‌تواند به بهبود زندگی و ایجاد محیط‌های شهری کارآمد و قابل دسترس منجر شود. در جدول (۳) برخی از مهم‌ترین مصارف کاربردی آزمایشگاه‌های واقعیت مجازی در پژوهش‌ها و پروژه‌های شهرسازی آورده شده است.

جدول ۳. ظرفیت‌های بالقوه آزمایشگاه‌های واقعیت مجازی در پژوهش‌ها و پروژه‌های شهرسازی

ظرفیت بالقوه	توضیح
تجسم بخشی سیستم حمل‌ونقل هوشمند در شهر	استفاده از واقعیت مجازی برای تجسم بخشی و شبیه‌سازی سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند، از جمله جریان ترافیک، مسیرهای حمل‌ونقل عمومی و بهبود زیرساخت‌ها، برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری برای حرکت شهری پایدار را تسهیل می‌کند.
مدیریت داده‌ها	استفاده از واقعیت مجازی برای تجسم بخشی، تحلیل و مدیریت داده‌ها در پژوهش‌های شهری و پروژه‌ها، به ذی‌نفعان اجازه می‌دهد مجموعه داده‌های پیچیده را به صورت تعاملی بررسی و تفسیر کنند و این امر درک از محیط را بهبود بخشیده و به تصمیم‌گیری کمک می‌کند.
رفتار شناختی عابران پیاده	استفاده از واقعیت مجازی برای تجسم بخشی و تحلیل الگوهای رفتاری افراد پیاده (نظیر الگوهای حرکت و مکث)، فرایندهای تصمیم‌گیری و شناخت فضایی و ... با هدف تحلیل مداخلات طراحی برای بهبود قابلیت زندگی و کیفیت محیطی.
تحلیل مورفولوژی شهری	استفاده از واقعیت مجازی برای تحلیل و تجسم بخشی فرم کالبدی و چیدمان محیط‌های شهری، درک الگوهای فضایی، استفاده از زمین و مورفولوژی شهری را تسهیل می‌کند.
طراحی و ارزیابی فضای عمومی	استفاده از واقعیت مجازی برای طراحی و ارزیابی فضاهای عمومی، به ذی‌نفعان اجازه می‌دهد تا طرح‌های پیشنهادی را در محیط‌های شبه حقیقی با غوطه‌ور تجربه و نسبت به آن بازخورد دهند.
برنامه‌ریزی و شبیه‌سازی تاب‌آوری در برابر بلایا	استفاده از واقعیت مجازی برای شبیه‌سازی و برنامه‌ریزی پاسخ‌ها به بلایا و شرایط اضطراری طبیعی و انسان ساخت، به ذی‌نفعان اجازه می‌دهد آسیب‌پذیری شهرها را ارزیابی، استراتژی‌های تخلیه را آزمایش و مقاومت در مناطق شهری را افزایش دهند.
ارزیابی اثرات زیست محیطی	استفاده از واقعیت مجازی برای ارزیابی اثرات زیست محیطی پروژه‌های توسعه شهری، شبیه‌سازی سناریوها برای تحلیل عواملی مانند آلودگی هوا و صدا، توزیع فضای سبز و خدمات اکوسیستمی.
مشارکت اجتماعی و طراحی مشارکتی	درگیر کردن جوامع در فرایند طراحی و برنامه‌ریزی شهری از طریق کارگاه‌های طراحی مشارکتی مبتنی بر واقعیت مجازی و شبیه‌سازی‌ها، همکاری را تقویت کرده و به ساکنان امکان مشارکت در تصمیم‌گیری را می‌دهد.
تجسم بخشی و حفظ میراث تاریخی و فرهنگی	استفاده از واقعیت مجازی برای بازسازی محیط‌های شهری تاریخی و تجسم بخشی سایت‌های میراث فرهنگی، به تلاش‌ها در حوزه حفاظت، تجربه‌های آموزشی مبتنی بر مکان و فرصت‌های گردشگری مجازی کمک می‌کند.

ظرفیت بالقوه	توضیح
بازی‌سازی و برنامه‌ریزی سناریوهای شهری	توسعه بازی‌های شبیه‌سازی شهری مبتنی بر واقعیت مجازی و ابزارهای برنامه‌ریزی سناریو برای ذی‌نفعان به منظور کاوش و آزمایش سناریوهای مختلف توسعه، به درک دینامیک پیچیده شهری و فرایندهای تصمیم‌گیری کمک می‌کند.
توسعه املاک و تجسم‌بخشی و بازاریابی	استفاده از واقعیت مجازی برای تجسم‌بخشی و بازاریابی پروژه‌های توسعه املاک، به خریداران و سرمایه‌گذاران احتمالی اجازه می‌دهد تا املاک و محله‌ها را به صورت مجازی قبل از ساخت تجربه کنند و تصمیم‌گیری و تلاش‌های بازاریابی را بهبود یخشد.

مروری بر ۹ نمونه از آزمایشگاه‌های شهری فعال در حوزه مدل‌سازی واقعیت مجازی

وجود منابع مالی لازم و میل و اشتیاق درحال ظهور برای تجربه نخستین نوع از داستان‌های موفقیت شهرهای هوشمند منجر به افزایش ابتکارات در این حوزه در سراسر جهان شده است. در این میان به کارگیری آزمایشگاه‌های واقعیت مجازی در پیشبرد اهداف شهرهای هوشمند به طور فزاینده‌ای توسط مدیریت شهری، دولت‌های فراملی (مانند کمیسیون اروپا) و شبکه‌های بین‌المللی (مانند یوروسیتیز)^{۱۶} در سال‌های گذشته مورد توجه قرار گرفته است (Alam & Porras, 2018, 2). در ایران به این نوع از آزمایشگاه‌ها کمتر پرداخته شده و از پتانسیل‌های آن‌ها در توسعه مطالعات شهری استفاده کمتری شده است.

برای درک بهتر نقش آزمایشگاه‌های واقعیت مجازی در پیشبرد مطالعات شهری، در این بخش به بررسی ۹ نمونه از آزمایشگاه‌های شهری موفق در حوزه مدل‌سازی واقعیت مجازی در جهان پرداخته خواهد شد. برای ارزیابی صحیح و امکان مقایسه این آزمایشگاه‌ها از ساختار و نظامی واحد در بررسی آن‌ها استفاده گردید. در جدول (۴) به بررسی ابزار و تجهیزات مورد استفاده هر آزمایشگاه، تخصص‌های فعال، ابعاد شهرسازی مورد تأکید (ابعاد عملکردی، اکولوژیک، حمل‌ونقل، مورفولوژیک، بصری-ادراکی، اجتماعی، مدیریت)، حوزه پژوهش، تأثیر بر پوشش اکوسیستم شهر هوشمند (محیط هوشمند، ساختمان هوشمند، آموزش هوشمند، هوشمند، خدمات هوشمند، زیرساخت هوشمند، دولت هوشمند، شهروند هوشمند، آموزش هوشمند، زندگی هوشمند، کسب و کار هوشمند، اقتصاد هوشمند) و اهداف آزمایشگاه پرداخته شده است. براساس مطالب ارائه شده در جدول (۴) می‌توان به نتایج زیر دست یافت:

- **فناوری‌های مورد استفاده در آزمایشگاه‌های شهری.** آزمایشگاه‌های شهری برای مدل‌سازی و شبیه‌سازی محیط‌های شهری به طیف وسیعی از فناوری‌ها و ابزارهای پیشرفته متکی هستند که به پژوهشگران امکان جمع‌آوری داده‌های دقیق و تحلیل جامع از تعاملات انسانی و فضایی را می‌دهند. در این آزمایشگاه‌ها، فناوری‌های ردیابی حرکت نظیر سنسورهای ردیابی حرکت، پلتفرم‌های شبیه‌سازی حرکت، و ردیاب‌های چشمی به طور گسترده به کار گرفته می‌شوند تا داده‌های مرتبط با الگوهای حرکتی افراد و نحوه تعامل آن‌ها با فضاهای شهری ثبت شود. این داده‌ها به طراحان و برنامه‌ریزان کمک می‌کنند تا مسیرها و دسترسی‌ها را بهینه‌سازی کرده و تأثیرات طراحی فضاهای شهری بر رفتارهای حرکتی و بصری افراد را ارزیابی کنند. همچنین، ابزارهای دیگری مانند اسکنرهای لیدار (LiDAR) و اسکنرهای سه بعدی پیشرفته برای ثبت دقیق و جامع ساختار سه بعدی محیط‌های شهری مورد استفاده قرار می‌گیرند. این اسکنرها با ایجاد مدل‌های دیجیتالی با دقت بالا، به پژوهشگران امکان می‌دهند تا تغییرات فضایی و ساختاری محیط‌های شهری را با جزئیات کامل تحلیل کنند و از این داده‌ها برای شبیه‌سازی‌های تعاملی بهره ببرند. علاوه بر این، آزمایشگاه‌ها از ابزارهای پیشرفته‌ای

برای اندازه‌گیری واکنش‌های فیزیولوژیکی افراد مانند پاسخ گالوانیکی پوست و سنسورهای ضربان قلب استفاده می‌کنند. این ابزارها به پژوهشگران کمک می‌کنند تا تأثیرات عاطفی و روانی محیط‌های شهری بر افراد را بررسی و تحلیل کنند، و از این داده‌ها برای بهبود طراحی‌هایی که با سلامت عمومی و روان‌شناختی شهروندان مرتبط هستند بهره‌برداری کنند. همچنین، عینک‌های واقعیت مجازی و افزوده به عنوان ابزاری اساسی در این آزمایشگاه‌ها به کار گرفته می‌شوند، که امکان تجسم بخشی و تجربه تعاملی با محیط‌های شهری را در شرایط شبیه‌سازی شده و غوطه‌ور فراهم می‌کنند.

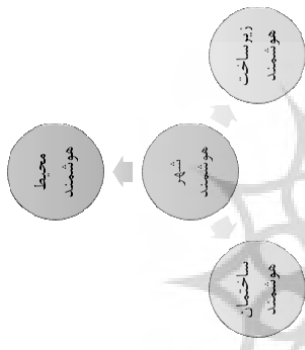
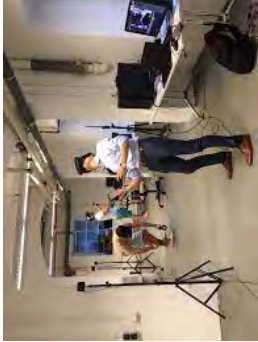
- **حوزه‌های پژوهشی در آزمایشگاه‌های شهری.** آزمایشگاه‌های شهری به حوزه‌های پژوهشی گسترده‌ای می‌پردازند که هریک به تحلیل و بهبود جنبه‌های مختلف طراحی و برنامه‌ریزی شهری کمک می‌کنند. یکی از مهم‌ترین حوزه‌ها طراحی و برنامه‌ریزی شهری است که در آن، پژوهشگران با استفاده از فناوری‌های پیشرفته به بررسی و تحلیل زیرساخت‌های شهری مانند حمل‌ونقل، کاربری زمین، و ساختارهای فضایی می‌پردازند. هدف این پژوهش‌ها، بهینه‌سازی فضاهای شهری و بهبود دسترسی‌پذیری و تعاملات اجتماعی در محیط‌های شهری است. تأکید دیگر آزمایشگاه‌ها بر پایداری و انعطاف‌پذیری شهری است، که در آن تلاش می‌شود تا راهکارهایی برای کاهش مصرف انرژی، مدیریت هوشمند منابع، و مقابله با تغییرات اقلیمی ارائه شود. این آزمایشگاه‌ها با تحلیل داده‌های زیست‌محیطی و شبیه‌سازی سناریوهای مختلف به دنبال توسعه شهرهایی هستند که به لحاظ زیست‌محیطی پایدار و در برابر مخاطرات اقلیمی مقاوم باشند. حوزه دیگری که بسیاری از آزمایشگاه‌های مورد مطالعه بر آن تمرکز دارند سلامت عمومی و رفاه اجتماعی است. پژوهش‌ها در این حوزه با استفاده از واقعیت مجازی و شبیه‌سازی محیط‌های شهری، به بررسی تأثیر طراحی شهری بر سلامت جسمی و روانی شهروندان می‌پردازند. از طریق این شبیه‌سازی‌ها، تعاملات اجتماعی، ادراکات روان‌شناختی و تأثیرات محیطی بر سلامت شهروندان به طور دقیق تحلیل می‌شود و نتایج حاصل به برنامه‌ریزان شهری کمک می‌کند تا فضاهایی انسان‌محورتر و سلامت‌محورتر طراحی کنند.
- **تمرکز بر تخصص‌ها و حوزه‌های علمی بین رشته‌ای.** آزمایشگاه‌های شهری با بهره‌گیری از رویکرد میان‌رشته‌ای، مجموعه‌ای از تخصص‌ها را گرد هم می‌آورند تا به چالش‌های پیچیده توسعه شهری پاسخ دهند. این رویکرد به کارگیری ترکیبی از علوم مختلف مانند طراحی و برنامه‌ریزی شهری، معماری، علوم کامپیوتر و برنامه‌نویسی، علوم محیطی، و علوم اجتماعی را شامل می‌شود. در این آزمایشگاه‌ها، معماران و طراحان شهری با همکاری متخصصان علوم کامپیوتر و برنامه‌نویسان به توسعه مدل‌های سه‌بعدی و شبیه‌سازی‌های پیچیده می‌پردازند که الگوهای حرکتی و فضایی شهری را به دقت تحلیل و بهبود می‌بخشند. این تعاملات میان‌رشته‌ای، استفاده از فناوری‌هایی مانند سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) و ابزارهای تحلیل داده‌های بزرگ را تسهیل می‌کند، که برای درک بهتر پویایی‌های فضایی و اجتماعی و ارتباط آن‌ها با الگوهای اقتصادی و زیست‌محیطی ضروری هستند. علاوه بر این، همکاری متخصصان علوم محیطی با برنامه‌ریزان شهری در این آزمایشگاه‌ها منجر به تحلیل دقیق اثرات زیست‌محیطی و توسعه راهکارهای پایدار برای مدیریت منابع می‌شود. متخصصان علوم اجتماعی نیز به منظور درک بهتر تعاملات اجتماعی و تأثیرات روان‌شناختی محیط‌های شهری بر افراد، نقش مهمی در این آزمایشگاه‌ها ایفا می‌کنند. این رویکرد میان‌رشته‌ای به پژوهشگران امکان می‌دهد تا از دیدگاه‌های مختلف به مسائل پیچیده شهری نگرسته و راه‌حل‌های جامع‌تر و کارآمدتری ارائه دهند.

جدول ۴. مروری بر ۹ نمونه از تجربیات جهانی و آزمایشگاه‌های شهری فعال در حوزه مدل سازی واقعیت مجازی

عنوان	آزمایشگاه هم آفرینی شهری سوئد (گوتنبرگ) ^{۱۷}	آزمایشگاه رسانه ام.آی.تی ^{۱۸} آمریکا (کمبریج)
اهداف آزمایشگاه	ارتقای محیط های شهری از طریق روش های نوآورانه، فراگیر و مشارکتی از طریق یکپارچه سازی فناوری های پیشرفته	- پشتیبانی از تحقیقات پیشگامانه در فناوری های نو ظهور - تشویق همکاری های خلاقانه در زمینه های متنوع - توسعه راه حل هایی برای مقابله با چالش های واقعی در محیط های شهری - تعمیق درک تعامل انسان و کامپیوتر و رسانه های دیجیتال
تأثیر بر پوشش اکوسیستم شهر هوشمند	(محیط هوشمند، ساختمان هوشمند، حمل و نقل هوشمند، خدمات هوشمند، زیرساخت هوشمند، دولت هوشمند، شهروند هوشمند، آموزش هوشمند، زندگی هوشمند، کسب و کار هوشمند، اقتصاد هوشمند)	محیط هوشمند شهر هوشمند دولت هوشمند شهروند هوشمند خدمات هوشمند شهر هوشمند شهروند هوشمند زندگی هوشمند
حوزه پژوهش آزمایشگاه	- برنامه ریزی شهری با فناوری پیشرفته - طراحی مشارکتی و هم آفرینی - توسعه پایدار شهری - شهرهای هوشمند و داده های شهری - ارزیابی تاب آوری شهری - کاربردهای دنیای واقعی و مطالعات موردی	- تداخل انسان و کامپیوتر - هوش مصنوعی و یادگیری ماشین - حسگرهای شهری و تحلیل داده ها - رسانه های دیجیتال و ارتباطات - سیستم های شهری پایدار
ابعاد شهرسازی مورد تأکید	- عملکرد- فعالیت - اجتماعی - اکولوژیک - کالبدی - حمل و نقل	- بعد عملکرد - بعد اکولوژی - بعد حمل و نقل - بعد بصری - بعد اجتماعی - بعد مدیریت
تخصص های فعال	- طراحان برنامه ریزان شهری - مهندسان نرم افزار - طراحان محیط های تعاملی	- علوم رایانه و مهندسی - برنامه ریزی شهری و معماری - علوم محیط زیست - هنر و طراحی رسانه ای - علوم اجتماعی
ابزار و تجهیزات مورد استفاده	- هدست های واقعیت مجازی - هدست های واقعیت افزوده - پلتفرم های مدل سازی سه بعدی مبتنی بر وب	- خوشه های محاسباتی با کارایی بالا برای پردازش داده ها و پژوهش هوش مصنوعی - پلتفرم های شبیه سازی حرکت مجازی در شهر - عینک های واقعیت مجازی و واقعیت افزوده - دستگاه ها و حسگرهای اینترنت اشیا برای پایش لحظه ای شهر

سیستم های واقعیت مجازی مختلف	- معماری - معماری منظر - طراحی شهری - سلامت عمومی - فناوری واقعیت مجازی - روان‌شناسان محیطی - پژوهشگران داده	- بعد عملکرد- فعالیت - بعد اکولوژی - بعد حمل و نقل - بعد مدیریت	- ارتباط سلامت انسان و محیط ساخته شده - استفاده از واقعیت مجازی در پیدا کردن رابطه بین سلامت روان انسان و محیط ساخته شده - منظر شهری	<pre> graph TD A((شهر هوشمند)) --> B((محیط هوشمند)) B --> C((شهر هوشمند)) </pre>	- درک پویایی سلامت شهری - توسعه راه‌حل‌های نوآورانه‌ی واقعیت مجازی - ارائه راهکارهای عملی	
- هدست‌های واقعیت مجازی - عینک‌های واقعیت افزوده - فناوری ردیابی حرکت - نرم‌افزار مدل‌سازی و شبیه‌سازی سه‌بعدی - برای توسعه واقعیت بسط‌یافته	- متخصص توسعه واقعیت مجازی، - واقعیت ترکیبی - طراحی و برنامه‌ریز شهری - متخصص تعامل انسان و کامپیوتر - متخصص تجزیه و تحلیل و تجسم داده‌های شهری	- بعد اجتماعی - بعد بصری - ساختار فضایی - بعد مدیریت	- نمایش معماری در واقعیت بسط‌یافته - حفظ میراث فرهنگی با استفاده از واقعیت افزوده - آموزش و آموزش مبتنی بر واقعیت بسط‌یافته - طراحی ساختمان‌های پایدار - آنالیز محیط با واقعیت مجازی	<pre> graph TD A((محیط هوشمند)) --> B((شهر هوشمند)) B --> C((شهر هوشمند)) C --> D((محیط هوشمند)) </pre>	- بررسی کاربردهای نوآورانه فناوری‌های واقعیت گسترده - پیشرفت دانش در زمینه‌های واقعیت مجازی، واقعیت افزوده و واقعیت ترکیبی - ترویج همکاری بین رشته‌ای - ایجاد تجربیات مؤثری که دنیای دیجیتال و فیزیکی را به یکدیگر پیوند می‌دهد.	
- هدست‌های واقعیت مجازی - سنسورهای ردیابی حرکت - اسکنرهای لیدار - پلتفرم‌های شبیه‌سازی حرکت در فضای مجازی	- طراحی و برنامه‌ریز شهری - مهندس حمل و نقل - مهندس معمار - متخصص GIS - مهندس کامپیوتر و برنامه نویسی - متخصص حوزه واقعیت مجازی و واقعیت ترکیبی	- بعد دسترسی (نظیر تحرک و دسترسی، اتصال و کارایی شبکه) - عملکرد و فعالیت (از قبیل ترکیب و تراکم کاربری اراضی) - بعد اجتماعی (نظیر عدالت و تعامل اجتماعی در محیط‌های شهری)	- الگوهای تحرک و تحلیل شبکه عابران پیاده - تحلیل فضایی کاربری اراضی و فرم شهری - تأثیر طراحی شهری بر سلامت عمومی و رفاه - توسعه ابزارهای مدل‌سازی محاسباتی برای برنامه‌ریزی شهری - عدالت و دسترسی در طراحی شهری	<pre> graph TD A((شهر هوشمند)) --> B((محیط هوشمند)) B --> C((شهر هوشمند)) </pre>	- توسعه ابزارهای دیجیتال و روش‌های تحلیلی جدید برای درک روابط بین فرم شهری، الگوهای تحرک، راه‌حل‌های سیاسی، ارتقاء طراحی شهری انسان‌محور که اولویت را به تحرک پایدار و اولویت دادن به قلمرو عابران پیاده اختصاص می‌دهد. - درک الگوهای حرکت شهری و رفتار فضایی بهبود طراحی شهری، حمل و نقل و دسترسی	

آزمایشگاه فرم شهری
آمریکا (ماساچوست)آزمایشگاه واقعیت گسترده (واقعیت مجازی،
افزوده و ترکیبی)^{۲۰}
آمریکا (کالیفرنیا)آزمایشگاه واقعیت مجازی محیط‌های شهری
و سلامت انسان^{۲۱}
چین (هنگ‌کنگ)

 آزمایشگاه شهرهای آینده^{۳۲} سنگاپور (با همکاری‌هایی در زوریخ، سوئیس)	- توسعه راه‌حل‌های نوآورانه برای چالش‌های پیش روی شهرهای قرن بیست و یکم، با تمرکز بر پایداری. - ارتقای تحقیقات میان رشته‌ای که رشته‌های مختلف مرتبط با برنامه‌ریزی شهری را ادغام می‌کند. - دستیابی به شهرها و سیستم‌های سکونتگاهی پایدار، از طریق علم، با طراحی، در مکان، در طول زمان.		- متابولیسم شهری و مدیریت منابع (آب، انرژی، روزانه) - تحرک شهری و سیستم‌های حمل و نقل - تاب‌آوری شهری در برابر تغییرات آب و هوایی و بلایای طبیعی - پایداری اجتماعی و توسعه جامعه در شهرها - طراحی و برنامه‌ریزی شهری برای محیط‌های شهری متراکم (شهرهای عمودی)	- پایداری محیط زیست و بهرهوری منابع - عدالت اجتماعی و توسعه فراگیر - تاب‌آوری شهری و تطبیق با تغییرات آب و هوایی	- برنامه‌ریز و طراح شهری - معمار - متخصص محیط زیست - مدیریت منابع - متخصص علوم اجتماعی و اقتصاد - متخصص علم داده‌ها و فناوری اطلاعات	- نرم افزار شبیه‌سازی برای مدل سازی سیستم‌های شهری و جریان انرژی. - ابزارهای تجربه و تحلیل داده‌های بزرگ برای استخراج بینش از مجموعه داده‌های بزرگ مرتبط با محیط‌های شهری. - پلتفرم‌های رباتیکی سفارشی و حسگرها - عینک واقعیت مجازی و واقعیت افزوده
 آزمایشگاه واقعیت‌های شهری^{۳۳} کانادا (انتاریو)	- درک تأثیر طراحی شهری بر روانشناسی انسان - کمک به توسعه نظریه‌های روانشناسی محیطی - بسط فهم ما از نحوه رفتار انسان در محیط‌های ساخته شده - بررسی ادراک از ساختارهای معماری و تأثیر آنها بر شناخت، مسیریابی و احساس		- مسیریابی - شناخت فضایی - تأثیر روانی طراحی معماری و استفاده از واقعیت مجازی برای شبیه‌سازی محیط‌های شهری	- عملکردی، درک چگونگی تأثیر طراحی بر فعالیتهای روزانه و تحرک پذیری. - آکولوژی، بررسی چگونگی تأثیر عناصر طبیعی در طراحی شهری بر رفاه، مورفولوژی، تحلیل تأثیر چندمان فضایی بر مسیریابی و رفتار. - بعد اجتماعی، بررسی چگونگی تأثیر طراحی شهری بر تعاملات اجتماعی و مشارکت جامعه.	- متخصص روانشناسی محیطی - متخصص علوم اعصاب - شناختی - متخصص فناوری واقعیت مجازی - محقق حوزه رایانیک و علوم کامپیوتر	- عینک‌های واقعیت مجازی با غوطه‌وری بالا - ابزارهای اندازه‌گیری واکشن‌های فیزیولوژیکی - آرجمله پاسخ گالوانیکی پوست، ضربان قلب، جهت نگاه و حرکات چشم - دو CAVE اختصاصی مجهز به دوربین‌های ردیاب موقعیت و رایانه‌های رندریگ

نتیجه‌گیری

مطالب ارائه شده در این مقاله بر روی آزمایشگاه‌های واقعیت مجازی و افزوده شهری تمرکز نمود و روندها و پیشرفت‌های قابل توجه در این فناوری‌ها را به عنوان ابزاری برای برنامه‌ریزی و توسعه شهری مورد بررسی قرار داد. بررسی فناوری‌های واقعیت مجازی و افزوده در آزمایشگاه‌های شهری نشان‌دهنده پتانسیل تحول‌آفرین آن‌ها در حوزه برنامه‌ریزی و طراحی شهری است. این فناوری‌ها رویکردهای نوآورانه‌ای برای مقابله با چالش‌های پیچیده شهری مانند حمل و نقل، فضاهای عمومی و توسعه زیرساخت‌ها ارائه می‌دهند. آزمایشگاه‌های واقعیت مجازی با تمرکز بر یکپارچه‌سازی فناوری‌های واقعیت مجازی و افزوده در جهت طراحی و برنامه‌ریزی شهری فراگیر و دموکراتیک‌تر، با تعامل حداکثری ذی‌نفعان و تغییر مدل‌های شهری در زمان واقعی، تأکید می‌کنند.

آزمایشگاه‌های واقعیت مجازی و افزوده امکان شبیه‌سازی سناریوهای مختلف برنامه‌ریزی شهری را فراهم می‌کنند و از این طریق به استراتژی‌های توسعه شهری پایدارتر حمایت می‌کنند. این آزمایشگاه‌ها نه تنها مشارکت عمومی و آموزش را بهبود می‌بخشند، بلکه ابزارهای عملی و نوآورانه‌ای برای برنامه‌ریزان و سیاست‌گذاران شهری فراهم می‌کنند. مطالعات مختلف نشان می‌دهند که این آزمایشگاه‌ها با استفاده از مدل‌سازی دقیق و واقع‌گرایانه، امکان بررسی و تحلیل تأثیرات مختلف برنامه‌ریزی شهری و طرح‌های کالبدی را بدون نیاز به تغییرات فیزیکی فراهم می‌کنند، که این امر دقت و کارایی تصمیم‌گیری‌ها را افزایش می‌دهد. همچنین، این آزمایشگاه‌ها به عنوان ابزارهای آموزشی و پژوهشی نیز کاربرد دارند و امکان یادگیری و آموزش مفاهیم پیچیده شهری را به صورت تعاملی و تجربی فراهم می‌کنند. این امر به شهروندان و متخصصان اجازه می‌دهد تا به طور مستقیم با مسائل شهری آشنا شوند و در فرایندهای برنامه‌ریزی و توسعه شهری مشارکت کنند. با توجه به بررسی‌های انجام شده، می‌توان نتیجه گرفت که آزمایشگاه‌های واقعیت مجازی نقش مهمی در شکل‌دهی به آینده شهرها دارند.

این آزمایشگاه‌ها با تمرکز بر پایداری و مشارکت فعال ذی‌نفعان، می‌توانند به ایجاد شهرهای هوشمندتر، پایدارتر و پاسخگوتر کمک کنند. ادغام این فناوری‌ها در فرایندهای شهری، امکان پرورش محیط‌های شهری پویا، فراگیر و پایدارتر را فراهم می‌کند و بسترهای جدیدی برای مشارکت فعال عمومی و توسعه راه‌حل‌های نوآورانه شهری ایجاد می‌کند. به طور کلی، آزمایشگاه‌های واقعیت مجازی و افزوده به عنوان ابزارهای نوین و قدرتمند در عرصه طراحی و برنامه‌ریزی شهری، یک رویکرد امیدوارکننده برای مقابله با چالش‌های پیچیده شهری ارائه می‌دهند. این آزمایشگاه‌ها با فراهم آوردن امکان شبیه‌سازی سناریوهای مختلف و حمایت از استراتژی‌های توسعه پایدار، می‌توانند به بهبود کیفیت زندگی شهروندان و ایجاد شهرهای پایدار و تاب‌آور کمک شایانی کنند. ادامه پژوهش‌ها و توسعه این آزمایشگاه‌ها می‌تواند به شکل‌گیری راه‌حل‌های عملی و مؤثر برای مسائل شهری و تقویت همکاری‌های گسترده در مقیاس کلان (ملی و بین‌المللی) در این زمینه منجر شود.

پی‌نوشت‌ها

1. Lab Logics
2. Lab Setting
3. Change Lab
4. City lab
۵. «آزمایشگاه‌های شهری» و «آزمایشگاه‌های تغییر» هم‌پوشانی قابل توجهی در نوع فعالیت و اهداف خود دارند. هر دو مفهوم بر رویکردهای مشارکتی و تجربی برای مقابله با چالش‌های شهری، با مشارکت ذی‌نفعان مختلف، تقویت مشارکت جامعه و اولویت دادن به اقدام و اجرا تأکید دارند. ممکن است در برخی از «آزمایشگاه‌های شهری» و «آزمایشگاه‌های

تغییر» خاص، تفاوت‌های ظریفی در تمرکز یا روش‌شناسی وجود داشته باشد، اما اصول و اهداف اصلی آن‌ها در غالب موارد بسیار شبیه به یکدیگرند.

6. Urban living lab
7. Design lab
8. Gov lab
9. Impact Labs
10. Innovation lab
11. Design for Social Innovation and Sustainability Lab (DESI)
12. FabLabs
13. Sobre FabLab Sevilla
14. Reality Lab
15. Urban Virtual Reality Labs (UVRLs)
16. EuroCities
17. Urban Co-Creation Lab
18. MIT Media Lab
19. Virtual Reality Lab of Urban Environments & Human Health (UEHH)
20. XR Lab – Virtual, Augmented and Mixed Reality Laboratory (VR/AR/MR)
21. The City Form Lab at MIT
22. Future Cities Laboratory
23. Urban realities laboratory university of waterloo
24. Center for advanced studies in urban science and design
25. Virtual reality and immersive visualization group

منابع

- Alam, M. T., & Porras, J. (2018). Architecting and designing sustainable smart city services in a living lab environment. *Technologies*, 6(4), 99.
- Ali, A. (2017). Identifying Urban Laboratory as a New Method for Tackling Urban Development. In 1st International Conference on Towards a Better Quality of Life, *Technische Universität Berlin Campus El Gouna, Egypt*.
- Anderson, D.M., & Edwards, B.C. (2015). Unfulfilled promise: Laboratory experiments in public management research. *Public Management Review*, 17(10), 1518-1542.
- Bulkeley, H., & Castán Broto, V. (2013). Government by experiment? Global cities and the governing of climate change. *Transactions of the institute of British geographers*, 38(3), 361-375.
- Caprotti, F., & Cowley, R. (2017). Interrogating urban experiments. *Urban Geography*, 38(9), 1441-1450.
- Caragliu, A., Del Bo, C. & Nijkamp, P. (2009) Smart Cities in Europe. Serie Research Memoranda 0048 (VU University Amsterdam, Faculty of Economics, Business Administration and Econometrics).
- Center for Advanced Studies in Urban Science and Design. (2024). Center for Advanced Studies in Urban Science and Design - University of Groningen. Retrieved February 25, 2024, from <https://www.rug.nl/>
- Concilio, G. (2016). Urban living labs: opportunities in and for planning. In *Human Smart Cities: Rethinking the Interplay between Design and Planning*, (21-40). Springer International Publishing.
- City Form Lab. (2024). *City Form Lab* at MIT. Retrieved May 5, 2024, from <https://dusp.mit.edu>
- Cross, W.M. (1989). Waste: Power and Pluralism in American Cities: Researching the Urban Laboratory (Book Review). *Rural Sociology*, 54(3), 470.
- Culwick, C., Washbourne, C.L., Anderson, P.M., Cartwright, A., Patel, Z., & Smit, W..(2019) CityLab reflections and evolutions: nurturing knowledge and learning for urban sustainability through co-production experimentation. *Current opinion in environmental sustainability*, 39, 9-16.

- Del Campo, G., Saavedra, E., Piovano, L., Luque, F., & Santamaria, A. (2024). Virtual Reality and Internet of Things Based Digital Twin for Smart City Cross-Domain Interoperability. *Applied Sciences*, 14(7), 2747.
- Evans, J., Karvonen, A., & Raven, R. (2016). The experimental city: New modes and prospects of urban transformation. In the *experimental city* (1-12). Routledge.
- Frantzeskaki, N. (2019). Seven lessons for planning nature-based solutions in cities. *Environmental science & policy*, 93, 101-111.
- Fablab Sevilla. (2024). *Sobre FabLab Sevilla*. Fablab Sevilla. Retrieved November 26, 2024 from <https://fablabsevilla.us.es/>
- Franz, Y. (2015). Designing social living labs in urban research. *info*, 17(4), 53-66.
- Future Cities Laboratory (FCL). (2024). Future Cities Laboratory. Retrieved June 2, 2024, from <https://fcl.ethz.ch/>
- Haderer, M., Dannemann, H., & Blühdorn, I. (2024). Revisiting the promise of eco-political experimentation. *Sustainability: Science, Practice and Policy*, 20(1), 2296722. <https://doi.org/10.1080/15487733.2024.2296722>.
- Hassan Z. & Bojer M. (eds.) (2005). The Change Lab Fieldbook, p.5. Available at <[http:// social-labs.org/wp-content/uploads/2014/12/Generon_Fieldbook_V2.0.pdf](http://social-labs.org/wp-content/uploads/2014/12/Generon_Fieldbook_V2.0.pdf)> [Accessed 15.03.2020].
- Hernández-de-Menéndez, M., Vallejo Guevara, A., & Morales-Menendez, R. (2019). Virtual reality laboratories: a review of experiences. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)*, 13, 947-966. doi:10.1007/s12008-019-00558-7.
- Hirvonen-Kantola, S., Ahokangas, P., Iivari, M., Heikkilä, M., & Hentilä, H.L. (2015). Urban development practices as anticipatory action learning: Case Arctic smart city living laboratory. *Procedia Economics and Finance*, 21, 337-345.
- Karvonen, A., & Bylund, J. (2023). Small measures, large change: the promise and peril of incremental urbanism. In *Haste, The Slow Politics of Climate Emergency* (155-157), UCL Press.
- Karvonen, A., & Van Heur, B. (2014). Urban laboratories: Experiments in reworking cities. *International Journal of Urban and Regional Research*, 38(2), 379-392.
- Kemp, R., & Scholl, C. (2016). City labs as vehicles for innovation in urban planning processes. *Urban Planning*, 1(4), 89-102.
- Knapp, S., & Coors, V. (2007). The use of eParticipation systems in public participation: The VEPs example. In *Urban and Regional Data Management* (93-104). CRC Press.
- Kullman, K. (2013). Geographies of experiment/experimental geographies: A rough guide. *Geography Compass*, 7(12), 879-894.
- Lanza, V., Tilio, L., Azzato, A., Casas, G.B.L., & Pontrandolfi, P. (2012). From urban labs in the city to urban labs on the web. In *Computational Science and Its Applications-ICCSA 2012: 12th International Conference, Salvador de Bahia, Brazil, June 18-21, 2012, Proceedings, Part II 12* (686-698). Springer Berlin Heidelberg.
- Leminen, S., Westerlund, M., & Nyström, A-G. (2012). Living Labs as Open-Innovation Networks. *Technology Innovation Management Review*, 2(9), 6-11.
- Lissandrello, E., Sørensen, J., Olesen, K., & Steffansen, R.N. (2023). The 'New Normal' in Planning, Governance and Participation: Transforming Urban Governance in a Post-pandemic World. Springer International Publishing.
- Marvin, S., & Silver, J. (2016). The urban laboratory and emerging sites of urban experimentation. In *The experimental city*, Routledge, 47-60.
- MIT Media Lab. (2024). MIT Media Lab. Retrieved February 10, 2024, from <https://www.media.mit.edu/>
- Nambisan, S., & Nambisan, P. (2013). Engaging citizens in co-creation in public services. *IBM Center for Business Development, Collaborating Across Boundaries Series*.

- Nordic Edge. (2024.). Change Lab: A Place for Creativity and Participation in Urban Projects. Retrieved July 12, 2024, from <https://nordicedge.org/>
- Portman, M., Natapov, A., & Fisher-Gewirtzman, D. (2015). To go where no man has gone before: Virtual reality in architecture, landscape architecture and environmental planning. *Computers, Environment and Urban Systems*, 54, 376–384.
- Schliwa, G., & McCormick, K. (2016). Living labs: Users, citizens and transitions. In *The experimental city* (163-178). Routledge.
- Scholl, C., Eriksen, M.A., Baerten, N., Clark, E., Drage, T., Essebo, M., ... & Wlasak, P. (2017). Guidelines for Urban Labs. URB@ Exp Project 2014–2017. *JPI Urban Europe*.
- Shahzad, F., Javed, A.R., Zikria, Y.B., Hassan, S., & Jalil, Z. (2021). *Future smart cities: Requirements, emerging technologies, applications, challenges, and future aspects*. TechRxiv.
- Shakibamanesh, A., & Ghorbanian, M. (2016). Using advanced approaches in urban design research: A mutation from 3D digital models to virtual reality. In *Mobile Computing and Wireless Networks: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications* (2281-2308). IGI Global.
- Sondal, J., Hellquist, A., & Balfors, B. (2024). From pilot to practice: navigating pre-requisites for up-scaling sustainable urban solutions. *Urban Transformations*. <https://doi.org/10.1186/s42854-024-00063-5>.
- TechCrunch. (2018). *Facebook's reality lab*. *TechCrunch*. Retrieved December 20, 2018, from <https://techcrunch.com/2018/>
- Urban Environments & Human Health (UEHH). (2024). Virtual Reality Lab of Urban Environments & Human Health. Retrieved March 8, 2024, from <https://www.arch.hku.hk/researchcentre/urban-environments-human-health-lab/>
- Urban Realities Laboratory (URL). (2024). Urban Realities Laboratory - University of Waterloo. Retrieved March 20, 2024, from <https://uwaterloo.ca/>
- Virtual Reality and Immersive Visualization Group. (2024). Virtual Reality and Immersive Visualization Group. Retrieved April 30, 2024, from <http://www.vr.rwth-aachen.de/>
- Voytenko, Y., McCormick, K., Evans, J., & Schliwa, G. (2016). Urban living labs for sustainability and low carbon cities in Europe: *Towards a research agenda*. *Journal of cleaner production*, 123, 45-54.
- Wiltenburg, R., Mendoza, F.R., Hurst, W., & Tekinerdogan, B. (2024). Virtual Reality for Spatial Planning and Emergency Situations: Challenges and Solution Directions. *Applied Sciences*, 14(9), 3595.
- XR Lab. (2024). Virtual, Augmented and Mixed Reality Laboratory (VR/AR/MR). Retrieved April 12, 2024, from <https://xrlab.berkeley.edu/>

COPYRIGHTS

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to Journal of Architecture and Urban Planning. This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



نحوه ارجاع به این مقاله

شکیبامنش، امیر؛ قربانیان، مهشید؛ ریاحی دهکردی، علی؛ ایزدی، سوگل و ضیف الدینی، پریسا (۱۴۰۴). مروری بر اکوسیستم نوین آزمایشگاه‌های شهری با تأکید بر نقش آزمایشگاه‌های واقعیت مجازی در توسعه هوشمند. *فصلنامه علمی نامه معماری و شهرسازی*، ۱۷(۴۶)، ۲۴-۴۸.

DOI: 10.30480/AUP.2024.5393.2164

URL: https://aup.journal.art.ac.ir/article_1372.html