ASPI | Afarand Scholarly Publishing Institute; Turkey
ISSN: 2538-4384; Geographical Research. 2025;40(1):41-52. 10.58209/geores.40.1.41

Role of Artificial Intelligence in Optimizing and Enhancing the Accuracy of Parametric Urban Planning and Design

ARTICLE INFO

Article Type
Original Research

Authors
Manuchehri A.[1] *MA*
Zabihi H.[1]* *PhD*
Zarabadi Z.S.S.[1] *PhD*

How to cite this article
Manuchehri A, Zabihi HA, Zarabadi ZSS. Role of Artificial Intelligence in Optimizing and Enhancing the Accuracy of Parametric Urban Planning and Design. Geographical Research. 2025;40(1):41-52.

[1]Department of Urban Development, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Correspondence
Address: Islamic Azad University, Science and Research Branch, Shohada-ye Hisarak Boulevard, Daneshgah Square, End of Shahid Sattari Highway, Tehran, Iran. Postal Code: 1477893855
Phone: +98 (912) 1937520
h.zabihi@srbiau.ac.ir

Article History
Received: February 17, 2025
Accepted: March 15, 2025
ePublished: March 18, 2025

ABSTRACT

Aims Urban design optimization techniques are constantly evolving and advancing to meet ever-changing needs. Since urban design is a multidimensional field due to complex human, social, economic, and environmental interactions, it requires innovative approaches. Accordingly, this study aims to present a model for creating flexible and responsive urban spaces that meet various needs by utilizing complex algorithms to provide this possibility.

Methodology In this paper, using a descriptive-analytical research method, the main concepts of parametric urban design and artificial intelligence were first examined. Then, based on the gathered information, the study parameters were identified. Subsequently, a set of questions and items were developed to measure each of the parameters, which formed the structure for interviews with 16 subject matter experts. In the next step, the identified outputs were used as input data, and the results obtained in the context of structural interpretive modeling provided the foundation for formulating the final model.

Findings In this project, machine learning algorithms were used to optimize the impact of various indicators on urban spaces. Based on data analysis and the prediction of human behaviors, social indicators had the most significant impact on environmental changes and information reception, followed by physical changes with a considerable gap.

Conclusion The presence of policies and defined standards in the demographic-social aspect has the greatest impact on other components.

Keywords Urban Design; Parametric; Artificial Intelligence

CITATION LINKS

[Abdeh Kolahchi *et al.*, 2014] Analysis of effective factors on housing ...; [Abdollahzadeh Roodposhti, 2025] The necessity of improving artificial intelligence ...; [Abdulsalam, 2023] Artificial intelligence based robotic platforms ...; [Abumalloh *et al.*, 2024] Impact of generative artificial intelligence models ...; [Akbari, 2023] Spatial analysis of the distribution of parks ...; [Anejionu *et al.*, 2019] Spatial urban data system: A cloud-enabled ...; [Asif *et al.*, 2024] Digitalization for sustainable buildings: Technologies ...; [Batty & Paul, 1987] Urban shapes as ...; [Chen *et al.*, 2023] A review of data-driven fault detection ...; [Cheng *et al.*, 2022] Energy-efficient SDN for Internet of ...; [Coskun, 2024] Renewed theories and discourses of 21st century ...; [Dangermond & Goodchild, 2020] Building geospatial ...; [De Wijs *et al.*, 2017] Smart city trends and ...; [Dempsey, 2009] Are good-quality environments socially ...; [Ding *et al.*, 2018] Green building evaluation system ...; [Du *et al.*, 2024] Artificial intelligence enabled participatory planning ...; [Ebadi, 2019] Parametric architecture in the urban context ...; [Eugenie, 2007] Planning in a world city: New York ...; [Ferrara *et al.*, 2019] An AI approach to collecting and analyzing ...; [Gehl, 2010] Cities for ...; [Gradišar *et al.*, 2024] Towards machine learned generative ...; [Harvey, 2012] Rebel cities: From the right to the city ...; [He & Chen, 2024] Advancing urban life: A systematic review ...; [Li & Chen, 2020] A study on database of modular façade ...; [Lopez Morales, 2013] Insurgency and institutionalized social participation ...; [Moradi, 2024] Investigating the impact of urban design ...; [Newman & Kenworthy, 2015] The end of automobile dependence: How cities ...; [Olawumi & Oladapo, 2025] AI-driven predictive models for ...; [Papandrea *et al.*, 2021] V-Cockpit: A platform for the design, ...; [Piroozfar *et al.*, 2019] Crime prevention in urban spaces through ...; [Pirtaj Hamedani & Nkhaie, 2015] Urban design planning indicators for earthquake ...; [Qian, 2023] The potential of a retractable roof ...; [Row, 1962] The death and life of great American ...; [Rui & Ban, 2011] Urban growth modeling with road network ...; [Saberifar, 2023] Comparing the use of artificial intelligence with traditional ...; [Sajadi & Jafari Tehrani, 2016] Urban green spaces planning with sustainable ...; [Son *et al.*, 2023] Algorithmic urban planning for smart and sustainable ...; [Steinø, 2010] Parametric thinking in urban design: A geometric ...; [Urban Redevelopment Authority, 2006] URA annual report ...; [Xu *et al.*, 2024] Semantic model-based large-scale deployment ...; [Zanella *et al.*, 2014] Internet of things for smart ...; [Zuboff, 2023] The age of surveillance ...;

Copyright© 2025, the Authors | Publishing Rights, ASPI. This open-access article is published under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License which permits Share (copy and redistribute the material in any medium or format) and Adapt (remix, transform, and build upon the material) under the Attribution-NonCommercial terms.

نقش هوش مصنوعی در بهینه‌سازی و ارتقای دقت فرآیند برنامه‌ریزی و طراحی شهری پارامتریک

علیرضا منوچهری MA
گروه تخصصی شهرسازی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
حسین ذبیحی* PhD
گروه تخصصی شهرسازی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
زهراسادات سعیده زرآبادی PhD
گروه تخصصی شهرسازی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

چکیده

اهداف: تکنیک‌های بهینه‌سازی طراحی شهری برای برآوردن نیازها دایماً در حال تغییر، تکامل و پیشرفت هستند. از آنجا که طراحی شهری به دلیل تعاملات پیچیده انسانی، اجتماعی، اقتصادی و محیطی، یکی از رشته‌های چندبُعدی است، نیازمند رویکردهای نوین است. بر این اساس، مطالعه حاضر با هدف ارایه الگویی برای ایجاد فضاهای شهری انعطاف‌پذیر و پاسخ‌گو به نیازهای مختلف در تلاش است تا با استفاده از الگوریتم‌های پیچیده، این امکان را فراهم آورد.

روش‌شناسی: در این مقاله با استفاده از یک روش پژوهشی توصیفی تحلیلی در شهر تهران و بین سال‌های ۱۴۰۲-۱۴۰۳، ابتدا به بررسی مفاهیم اصلی طراحی شهری پارامتریک و هوش مصنوعی پرداخته و سپس با استفاده از اطلاعات گردآوری‌شده، متغیرهای مورد بررسی مشخص شده و سپس برای هر یک از متغیرها، تعدادی گویه و سوال تدوین شده که ساختار مطالعات در بستر مصاحبه (۱۶ نفر از خبرگان موضوعی) را تشکیل داد. در گام بعدی خروجی‌های احصاشده به عنوان داده‌های ورودی استفاده شده و نتایج حاصل در بستر مدل‌سازی تفسیری ساختاری زمینه تدوین الگوی نهایی را فراهم نمود. از الگوریتم‌های یادگیری ماشین برای بهینه‌سازی نحوه تاثیرگذاری شاخص‌ها بر فضاهای شهری مختلف استفاده شد.

یافته‌ها: براساس تحلیل داده‌ها و پیش‌بینی رفتارهای انسانی شاخص‌های اجتماعی بیشترین تاثیر را در تغییرات محیطی و دریافت اطلاعات داشته و پس از آن تغییرات کالبدی با اختلاف قابل توجه قرار گرفته است.

نتیجه‌گیری: وجود سیاست‌ها و استانداردهای تعریف‌شده در بعد جمعیتی اجتماعی، بیشترین اثرگذاری را بر سایر مولفه‌ها دارد.

کلیدواژگان: طراحی شهری، پارامتریک، هوش مصنوعی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۲۹
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۲۷
*نویسنده مسئول: h.zabihi@srbiau.ac.ir

مقدمه

طبق پیش‌بینی‌ها، تا سال ۲۰۵۰ دو سوم جمعیت جهان در شهرها سکونت خواهند داشت [Rui & Ban, 2011]. در این میان شهرهای هوشمند به عنوان زیست‌بوم‌های شهری جدید معرفی شده‌اند که با یکپارچه‌نمودن فنّاوری‌های اینترنت اشیا، اطلاعات، ارتباطات و مخابرات، قابلیت پاسخ‌گویی به نیازهای شهروندان را در یک بستر هوشمند و برنامه‌ریزی‌شده فراهم کنند [Zanella *et al.*, 2014]. در این راستا ساختن محیط‌های پایدار، انعطاف‌پذیر و قابل زندگی مستلزم اتخاذ تصمیم در حوزه طراحی شهری با ابعاد پیچیده و به‌کارگیری و یکپارچه‌نمودن دانش سایر تخصص‌های تاثیرگذار در این حوزه است [Batty & Paul, 1987]. با پیشرفت در قدرت محاسباتی و افزایش میزان دسترسی به داده‌ها، سیستم‌های پارامتریک اکنون می‌توانند برای مقابله با پدیده‌های پیچیده شهری در سطح چندمقیاسی و چندبُعدی استفاده شوند. در مقایسه با روش‌های طراحی مرسوم، طراحی شهری پارامتریک از مجموعه قوانین به عنوان مبنایی برای پیکربندی مدل‌های شهری سه‌بُعدی استفاده می‌کند [Abdulsalam, 2023]. در این فرآیند ابزارهای طراحی پارامتریک داده‌های ورودی متغیر را می‌پذیرند. در این روش متغیرها در طرح پارامتریک به هم وابسته هستند که با یکدیگر روابط ریاضی ایجاد می‌کنند. به عبارتی این متغیرها به وسیله معادلات پارامتریک به‌دست می‌آیند و داده‌های بیشتری از جمله اطلاعات هندسی تولید می‌کنند [Steinø, 2010]. مزیت این امر این است که با تغییر پارامترهای رابطه منطقی، امکان دسترسی به طیف گسترده‌ای از راه حل‌ها فراهم می‌گردد. این بدان معنا است که در این صورت می‌توان با تغییری در اطلاعات و داده‌ها در یک جزء، تغییرات را در تمامی اجزا اعمال نمود و در اختیار تصمیم‌گیرندگان قرار داد. در واقع، شهر هوشمند به شهری مبتنی بر داده‌های شبکه‌ای اطلاق می‌شود که عمده عملیات در آن توسط اینترنت اشیا کنترل می‌شود [Cheng *et al.*, 2022].

طراحی معماری یک فعالیت خلاقانه پیچیده است که نیازمند ایجاد تعادل بین زیبایی‌شناسی و عملکرد، در عین درنظرگرفتن عوامل متعددی از جمله فنّاوری، اقتصاد، محیط زیست و جنبه‌های اجتماعی-فرهنگی است [Papandrea *et al.*, 2021]. در پروژه‌های بزرگ‌مقیاس با پیچیدگی بالا و الزامات محیطی سخت‌گیرانه‌تر، تیم‌های طراحی با فشار فزاینده‌ای در پردازش اطلاعات مواجه هستند که منجر به افزایش زمان و مصرف منابع می‌شود. بنابراین، فنّاوری هوش مصنوعی (AI) نه‌تنها فرآیندها را بهینه‌سازی می‌کند، بلکه کارآیی طراحی ساختمان‌های سنتی را نیز بهبود می‌بخشد. از طریق یادگیری ماشین، پردازش زبان طبیعی و بهینه‌سازی الگوریتم‌ها، هوش مصنوعی به طراحان در اتخاذ تصمیمات سریع‌تر و دقیق‌تر در حوزه‌هایی مانند اکتشاف خلاقانه، تحلیل داده‌ها و حل مسایل کمک می‌کند. علاوه بر این، طراحی پارامتریک، نوآوری و کیفیت راهکارهای طراحی را ارتقا می‌دهد.

همچنین، دامنه کاربرد هوش مصنوعی محدود به مراحل اولیه طراحی نیست، بلکه می‌تواند از کل چرخه عمر ساختمان پشتیبانی کند [Xu *et al.*, 2024] و حوزه‌هایی مانند تحلیل پیش‌بینی پروژه، نظارت بر ساخت‌وساز و نگهداری مداوم تاسیسات را پوشش دهد [Chen *et al.*, 2023]. این یکپارچه‌سازی جامع فنّاوری هوش مصنوعی می‌تواند توسعه محیط ساخته‌شده را به سمت هوشمندی و پایداری بیشتر سوق دهد.

با ظهور متاورس [Qian, 2023]، این پرسش همچنان مطرح است که چگونه می‌توان از ظرفیت‌های کامل هوش مصنوعی در طراحی معماری برای احیای صنعت ساخت‌وساز بهره برد. این مقاله روش‌های سنتی طراحی معماری را بررسی کرده، فنّاوری‌های

پیشرفته هوش مصنوعی در حوزه ساخت‌وساز را خلاصه می‌کند، تاثیر هوش مصنوعی بر کارآیی طراحی را تحلیل کرده، چالش‌های بالقوه را شناسایی می‌کند و چشم‌اندازهای آینده را مورد بررسی قرار می‌دهد.

استفاده از هوش مصنوعی در طراحی شهری در مقایسه با روش‌های سنتی مزایا و معایب خاص خود را دارد. هوش مصنوعی با توانایی تحلیل حجم عظیمی از داده‌ها در زمان کوتاه، امکان شناسایی الگوها و پیش‌بینی نتایج را فراهم می‌کند که در روش‌های سنتی ممکن است غیرممکن یا بسیار زمان‌بر باشد. این فنّاوری می‌تواند بهینه‌سازی فضا، کاهش ترافیک، بهبود مصرف انرژی و افزایش کیفیت زندگی شهری را تسهیل کند. با این حال، روش‌های سنتی طراحی شهری بر پایه تجربه، شهود و درک عمیق از نیازهای انسانی و فرهنگی استوار هستند، در حالی که هوش مصنوعی ممکن است نتواند به طور کامل این جنبه‌های کیفی را درک یا مدل‌سازی کند. همچنین، روش‌های سنتی انعطاف‌پذیری بیشتری در مواجهه با شرایط غیرمنتظره دارند، در حالی که هوش مصنوعی به داده‌های دقیق و آموزش‌های گسترده وابسته است و در صورت نبود داده‌های کافی یا تغییرات ناگهانی، ممکن است عملکرد ضعیفی داشته باشد. در نهایت، ترکیب هر دو روش می‌تواند به طراحی شهری کارآمدتر و انسان‌محورتر منجر شود [Son *et al.*, 2023].

روش‌های پارامتریک مبتنی بر هوش مصنوعی و روش‌های مرسوم طراحی شهری هرکدام مزایا و محدودیت‌های خاص خود را دارند. در روش‌های پارامتریک، هوش مصنوعی با استفاده از الگوریتم‌های پیشرفته و تحلیل داده‌های گسترده، امکان ایجاد طرح‌های بهینه‌شده براساس پارامترهای مشخص (مانند ترافیک، مصرف انرژی، یا تراکم جمعیت) را فراهم می‌کند. این روش‌ها سرعت طراحی را افزایش داده و امکان شبیه‌سازی و پیش‌بینی نتایج مختلف را در زمان کوتاه فراهم می‌کنند. با این حال، این روش‌ها به داده‌های دقیق و آموزش‌های گسترده وابسته‌اند و ممکن است در مواجهه با شرایط غیرمنتظره یا داده‌های ناقص عملکرد ضعیفی داشته باشند. از سوی دیگر، روش‌های مرسوم طراحی شهری بر پایه تجربه، شهود و درک عمیق از نیازهای انسانی و فرهنگی استوار هستند. این روش‌ها انعطاف‌پذیری بیشتری در مواجهه با شرایط پیچیده و غیرقابل پیش‌بینی دارند و می‌توانند به جنبه‌های کیفی و زیبایی‌شناختی طراحی شهری بهتر پاسخ دهند. با این حال، روش‌های سنتی ممکن است زمان‌بر بوده و نتوانند به‌سرعت به تغییرات سریع محیطی یا نیازهای جدید پاسخ دهند. در نهایت، ترکیب هر دو روش می‌تواند به طراحی شهری کارآمدتر و انسان‌محورتر منجر شود، به طوری که از مزایای هر دو رویکرد بهره‌برداری شود [Du *et al.*, 2024].

فنّاوری هوش مصنوعی اکنون در نقطه عطفی از توسعه سریع قرار دارد، به طوری که ظهور هوش مصنوعی مولد (GAI) نشان‌دهنده تغییرات تحول‌آفرین در حوزه‌های بصری، هنری و زبانی در صنایع مختلف است [Abumalloh *et al.*, 2024]. این فنّاوری‌ها از مرحله آزمایشی فراتر رفته و به کاربردهای تجاری رسیده‌اند و پتانسیل عظیمی را نشان داده‌اند. در آینده، انتظار می‌رود GAI به حوزه‌هایی مانند مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) و طراحی هوشمند گسترش یابد که برای صنعت ساخت‌وساز پیچیده بسیار حیاتی هستند و موجب تقویت خلاقیت و نوآوری می‌شوند [Gradišar *et al.*, 2024].

در میان تغییرات بازار و تاثیرات نوظهور، صنعت ساخت‌وساز با سه روند اصلی مواجه است: صنعتی‌سازی، توسعه سبز [Ding *et al.*, 2018] و تحول دیجیتال-هوشمند [Li & Chen, 2020]. صنعتی‌سازی بر روش‌های ساخت مدولار و خودکار تاکید دارد [Asif *et al.*, 2024]، در حالی که توسعه سبز بر حفظ انرژی در طول چرخه عمر و استفاده از مواد پایدار تمرکز می‌کند [Coskun, 2024]. تحول دیجیتال-هوشمند، دیجیتالی‌سازی و سیستم‌های هوشمند را ادغام کرده و با بهره‌گیری از فنّاوری‌هایی مانند GAI، فرآیندها را بهینه‌سازی کرده و ارزش‌آفرینی را افزایش می‌دهد.

با توجه به اهمیت مدیریت هوشمند شهری تاکنون پژوهش‌های مختلفی از سوی محققان خارجی و داخلی انجام گرفته است. *عبادی* [Ebadi, 2019] در پژوهش خود اشاره می‌نماید که امروزه تکنیک‌های طراحی پارامتریک، مزایای آشکاری برای فرآیندهای مهندسی، تولید و ساخت ارایه می‌دهد. از طرفی استفاده از تکنولوژی باعث برهم‌زدن و گسست تاریخ شهرها شده است و شاهد آن هستیم که دیجیتالی‌شدن چهره بافت سنتی و تاریخی را مخدوش کرده است. زمینه‌گرایی، زمینه را به عنوان یک رویداد تاریخی تلقی می‌کند و رخداد بین زمینه و معماری همواره از موضوعات مهم در طراحی شهری است.

آنجینو و همکاران [Anejionu *et al.*, 2019] در مطالعه‌ای در بریتانیا، سیستم داده‌های مکانی شهری را به عنوان زیرساخت داده‌های بزرگ با قابلیت ابری به منظور تحلیل‌های اجتماعی و اقتصادی شهری پیشنهاد داده‌اند. در این مطالعه، سیستم داده‌های مکانی شهری به عنوان سیستم پشتیبان به منظور تجزیه و تحلیل در سطح کشور از جنبه‌های اجتماعی و اقتصادی شهرها شناخته شد. این سیستم از داده‌های تولیدشده از منابع سنتی و همچنین منابع جدید و نوظهور داده‌های شهری مانند فنّاوری‌های مکانی، متریک‌های شهری مناطق کوچک شهری و محاسبات ابری برای فعال‌کردن تجزیه و تحلیل شهری و تصویرسازی جغرافیایی با هدف استخراج دانش عملی برای مدیریت شهری بهتر و تصمیم‌گیری شهری مبتنی بر داده استفاده می‌کند.

یک نمونه عملی از پروژه‌های شهری که از هوش مصنوعی در طراحی پارامتریک استفاده کرده است، پروژه طراحی شهر هوشمند سنگاپور است. در این پروژه، از فنّاوری‌های پیشرفته هوش مصنوعی و الگوریتم‌های پارامتریک برای بهینه‌سازی طراحی شهری و تصمیم‌گیری در مورد استفاده از فضاهای شهری استفاده شده است.

در این پروژه، هوش مصنوعی به تحلیل داده‌های جمعیتی، ترافیکی

و زیست‌محیطی پرداخته و به طراحی فضاهایی با کاربری‌های مختلف کمک کرده است. الگوریتم‌های پارامتریک برای ایجاد الگوهای پیچیده‌ای از ساختمان‌ها، جاده‌ها و فضاهای سبز به کار گرفته شده‌اند تا به کارآیی بیشتر و پایداری شهری برسند [Urban Redevelopment Authority, 2006].

برای مثال، در طراحی پارامتریک، داده‌هایی نظیر جریان‌های ترافیکی، وضعیت آلودگی هوا و تغییرات دما به طور مستقیم در طراحی مدل‌های شهری ادغام می‌شوند، به طوری که پروژه‌های جدید می‌توانند براساس این داده‌ها به طور پویا تنظیم شوند.

دانگرموند و *گودچایلد* [Dangermond & Goodchild, 2020] در بررسی ضرورت ایجاد زیرساخت‌های مکانی در شهرهای هوشمند به این نتیجه رسیده‌اند که با پیشرفت‌های شتابان در فنّاوری اطلاعات، چشم‌انداز جدیدی مورد نیاز است که تمرکز امروزی را بر دسترسی باز و چندوجهی، اشتراک‌گذاری، تعامل‌های تحت وب، داده‌های بزرگ، هوش مصنوعی و علم داده منعکس کند.

بر این اساس، مطالعه حاضر به دنبال آن است تا ضمن شناسایی مولفه‌های موثر بر طراحی شهری پارامتریک، اولویت‌بندی این عوامل را از نظر میزان اثرگذاری و اثرپذیری مورد بررسی قرار دهد. بر این اساس، هدف این پژوهش تدوین الگویی برای تدقیق نتایج طراحی شهری پارامتریک با استفاده از نقش هوش مصنوعی است.

روش‌شناسی

پژوهش حاضر از نوع پیمایشی توصیفی تحلیلی بوده و در سال ۱۴۰۳ و در دو فاز کیفی و کمّی به انجام رسید. جامعه آماری پژوهش در دو فاز کیفی و کمی شامل ۱۶ نفر از خبرگان موضوعی شامل اعضای هیات علمی دانشگاه در زمینه توسعه شهری، برنامه‌ریزی شهری و هوش مصنوعی بودند. در این مطالعه سعی شد تا افرادی در پژوهش مشارکت داده شوند که به طور مستقیم با موضوع مطالعه سابقه پژوهشی یا اجرایی داشته باشند. انتخاب این افراد به روش هدفمند انجام شد. ابزار گردآوری داده‌ها مصاحبه نیمه‌ساختاریافته و پرسش‌نامه‌ای با ۴۱ پرسش بود. در فاز کیفی، مولفه‌های طراحی شهری پایدار شناسایی شدند. سپس، مولفه‌های استخراج‌شده به منظور پارامتریک‌شدن، در اختیار خبرگان قرار گرفت. پس از اعمال تغییرات براساس نظرات خبرگان، ۴۱ شاخص به عنوان داده اولیه پذیرفته شد. در فاز کمّی، به منظور شناسایی شبکه روابط و تعاملات و همچنین آزمون و تعمیم نتایج مربوط به مولفه‌های شناسایی‌شده، از روش مدل‌سازی تفسیری ساختاری استفاده شد و در نهایت مدل نهایی پژوهش ارایه شد.

تشکیل بانک داده

در این مرحله شاخص‌های طراحی شهری پارامتریک به عنوان بانک داده در مدل ANN بارگذاری گردید. با توجه به داده‌های کنشگران برای تهیه داده‌های مدل هوش مصنوعی ۴۱ شاخص پارامتریک طراحی شهری در نظر گرفته شد. پس از تهیه مجموعه بانک داده‌ها، از کتابخانه تنسرفلو و کراس در زبان برنامه‌نویسی پایتون برای شبیه‌سازی الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی استفاده شد. سپس بانک داده تهیه‌شده که مدل بر روی آن آزمایش خواهد شد، اضافه گردید. با توجه به مبانی نظری در نظر گرفته‌شده ۴۱ شاخص طراحی شهری در ۶۰۰۰ نمونه به صورت تصادفی امتیازدهی شدند. نمونه‌های تصادفی از منظر شاخص‌ها از ۰ تا ۹ امتیازدهی شده و امتیاز هر نمونه در هر شاخص در وزن آن شاخص ضرب شد تا اوزان هم مقیاس به دست بیاید. هر یک از نمونه‌های در نظر گرفته‌شده با توجه به امتیاز شاخص‌ها در یکی از دو دسته طراحی شهری خوب (۱) یا طراحی شهری بد (۰) دسته‌بندی شدند. با توجه به این موارد در ادامه نمونه‌های در یک بانک داده مرکزی وارد چرخه هوش مصنوعی شدند.

مرحله سوم، دسته‌بندی داده‌ها به دو دسته X و Y با توجه به انجام عمل پردازش بر روی آنها بود؛ داده‌های مربوط به X، داده‌هایی خواهند بود که مدل روی آنها آنالیز انجام خواهد داد و داده های Y مربوط به داده‌هایی است که مدل پس از بررسی داده‌های هر ردیف X به پاسخ آن در داده‌های Y خواهد رسید. در این دسته‌بندی X همان شاخص‌های تعریف‌شده برای ارزیابی طراحی شهری پارامتریک بوده و Y دسته‌بندی امتیاز نهایی هر ردیف نمونه موردی براساس ۰ و ۱ و ۲، یعنی سه دسته خوب متوسط و بد بود. بخش سوم مربوط به تقسیم‌بندی داده‌ها به دو دسته Train و Test بود با توجه به اینکه نیاز است تا مدل هوش مصنوعی بتواند پس از یادگیری، اطلاعات یادگرفته‌شده را تست کند نیاز است تا بخشی از داده‌های دست‌نخورده به عنوان داده‌های تست جدا شود. در این مرحله ۲۰٪ داده‌ها به این منظور جدا شدند.

با استفاده از کتابخانه sklearn.preprocessing و همچنین standardScaler داده‌های تهیه و جداشده هم مقیاس گردید تا بتوان آنها را وارد مدل کرد. پس از این مرحله وارد مرحله ساخت مدل هوش مصنوعی شدیم تا اجزا و ویژگی‌های آن را تعریف کنیم. برای این منظور و با توجه به مدل ANN برای تعریف هوش مصنوعی که یک مدل Sequential است از این مدل استفاده نمودیم.

در دقت پیش‌بینی مدل‌ها، پس از شکل‌گیری فرآیند آموزش، سه مدل شبکه عصبی در دو وضعیت جداگانه مورد بررسی و تحلیل قرار می‌گیرد. نخست حالت آنها در طی فرآیند آموزش و مقادیر توابع هزینه بر روی داده‌های آموزش و مقادیر توبع هزینه بر روی داده‌های آموزش و اعتبارسنجی مورد بررسی قرار می‌گیرد. فرآیند optimize شدن لایه‌ها با تغییر هر شاخص وابسته به وزنی است که توسط این activation تعریف می‌گردد. با توجه به اینکه نوع ورودی و لایه‌ها از نوع چند متغیر هستند از activation معروف و شناخته‌شده یعنی Relu در این مدل استفاده می‌شود. پس از تعریف لایه اول می‌بایست لایه‌های میانی را تعریف کرد. با توجه به اینکه گره‌های لایه‌های میانی تعداد مشخص ندارد. در این فرآیند به صورت تصادفی از ٤ لایه درونی و با تعداد گره ٤٠، ٥٠، ٣٠ و ١٠ استفاده شد. و در نهایت نیز لایه نهایی با ۳ گره و با توجه به تعداد

متغیرهای Y (۰ و ۱ و ۲) تعریف شد. در واقع پارامترهای مشخص‌شده فرآیند آموزش و بهینه‌سازی مدل هوش مصنوعی را انجام خواهند داد. در این مدل‌ها ابتدا در فرآیند رفت وزن‌ها مطابق چیزی که پیشتر بیان شد مشخص و تعریف می‌شوند. سپس با استفاده از ارزیاب Binary-crossentropy و الگوریتم بهینه‌سازی adam دوباره فرآیند به صورت بازگشتی و در یک چرخه به عقب بازمی‌گردد و وزن‌ها آپدیت می‌شوند. در هر مرحله امتیازات مدل هوش مصنوعی با استفاده از ارزیاب accuracy سنجیده شده و دقت مدل پرینت خواهد شد.

مدل بهینه‌سازی Adam یکی از مدل‌های شناخته‌شده جهت بهینه‌سازی وزن‌ها است که عملکرد مناسبی را نسبت به سایر الگوریتم‌های بهینه‌سازی انجام می‌دهد. در ادامه نمودار مقایسه این بهینه‌ساز و دیگر بهینه‌سازها ارایه شده است. در نهایت و پس از آموزش مدل روی داده‌های Train و تست انجام‌شده روی داده‌های دسته Test دقت به‌دست‌آمده نزدیک به ۹۹٪ بود که دقت مناسبی برای این مدل محسوب می‌گردد. به منظور انجام تست دستی مدل و سنجش میزان دقت مدل دو نمونه به صورت دستی و با شاخص‌ها امتیازدهی شده و پس از هم مقیاس‌سازی وارد مدل شد که پس از انجام پیش‌بینی مدل هر دو نمونه به صورت درست پیش‌بینی شدند که نشان‌دهنده دقت مناسب مدل و صحت پیش‌بینی‌ها بود. پیش‌بینی تغییرات تاثیرات متغیرهای ارتقای کیفیت محیط در نمودار مقایسه میزان خطای محاسباتی سه مدل آموزش نمایش داده شد.

یافته‌ها

به عنوان گام نخست مدل‌سازی ساختاری تفسیری، مجموعه‌ای از عوامل در ارتباط با مساله پژوهش شناسایی شدند. در این مرحله، با استفاده از مرور مطالعات پیشین و مصاحبه با خبرگان، مولفه‌های طراحی شهری پارامتریک شناسایی شدند (جدول ۱؛ جدول ۲).

جدول ۱) مشخصات خبرگان

مصاحبه شونده	سن	سابقه کاری	جنسیت
کنشگر ۱	۳۸	۹	مرد
کنشگر ۲	۳۹	۱۰	مرد
کنشگر ۳	۳۹	۹	زن
کنشگر ۴	۳۹	۱۰	مرد
کنشگر ۵	۴۰	۱۰	مرد
کنشگر ۶	۴۴	۱۵	زن
کنشگر ۷	۴۵	۱۵	زن
کنشگر ۸	۴۷	۱۶	زن
کنشگر ۹	۴۹	۱۸	زن
کنشگر ۱۰	۴۹	۱۸	زن
کنشگر ۱۱	۴۹	۲۱	مرد
کنشگر ۱۲	۵۷	۲۴	زن
کنشگر ۱۳	۵۹	۲۵	مرد
کنشگر ۱۴	۵۹	۲۶	مرد
کنشگر ۱۵	۶۱	۳۳	مرد
کنشگر ۱۶	۶۵	۳۷	مرد

جدول ۲) تفسیر میزان تاثیرگذاری شاخص‌ها براساس خروجی‌های مدل

خوشه	شاخص	زیرشاخص	میانگین امتیاز تاثیرگذاری براساس هوش مصنوعی
بُعد زیست‌محیطی			
مخاطرات طبیعی	وضعیت مخاطرات طبیعی (سانحه‌خیزی)	وضعیت زلزله‌خیزی	۰/۵٦۵
پوشش گیاهی	بررسی کمّی و کیفی فضای سبز	دسترسی به فضای سبز	۱/۳٦۵
سلامت آب، هوا و خاک	بررسی وضعیت پسماند و بازیافت زباله	نحوه جمع‌آوری پسماند	۰/۸۸۳
	وضعیت آب و فاضلاب	جمعیت تحت پوشش شبکه لوله‌کشی آب آشامیدنی	۰/٤٤٦
	کیفیت هوا	متوسط آلودگی صوتی	۱/۱۷۲
	مدیریت مصرف انرژی	مصرف انرژی در ابنیه	۰/۵٦۳
بُعد اقتصادی			
تنوع اقتصادی	گروه‌های شغلی	توزیع ثروت و درآمد جامعه	۰/۸٦۵
رونق اقتصادی	میزان جمعیت شاغل	تنوع اقتصادی	۱/۲۳۵
	تامین رفاه اقتصادی	نرخ فقر	۰/۹۳۵
	سرمایه	قدرت خرید مسکن	۱/۰۸٦
	ارزش معاملاتی	قیمت املاک محله	۱/۱۲۵
بُعد جمعیتی اجتماعی			
جمعیتی	ثبات جمعیت	نرخ رشد جمعیت	۱/۱٤۷
اعتماد اجتماعی	میزان شناخت و ارتباطات محله‌ای	تراکم جمعیتی	۱/۱٦۵
	بهداشت روح و روان	برآورد از ارزش‌های مشترک محله	۱/۳۱٦
امنیت اجتماعی	میزان جرم و آسیب‌های اجتماعی	امنیت تردد کودکان	۱/۳۵۱
	شناسایی فضاهای ناامن محله	فضاهای تاریک	۱/۳۲٦
	شناخت غریبه در محل	ورودی و خروجی مشخص محله	۱/۳۵۹
	خدمات نظامی و انتظامی	سرانه تعداد کلانتری	۰/۷۱٦

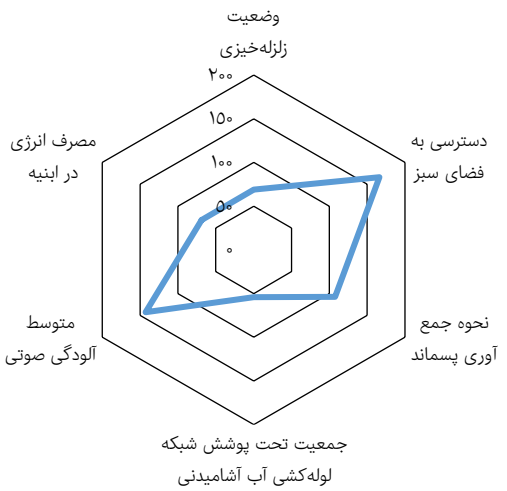
ادامه جدول ۲ از صفحه قبل

مشارکت اجتماعی	وجود اشکال یاریگری و گروه‌های محلی داوطلب	سرانه تعداد گروه‌های مردمی	۰/۷۰۱
	امکان تصمیم‌گیری و مدیریت جمعی محله	سابقه به نتیجه‌رسیدن مشارکت	۰/۶۳۰
	احساس عضویت و مسئولیت در محله	تمایل به فعالیت‌های گروهی	۰/۷۸۱
	مناسک خودجوش محلی	برگزاری مناسک ویژه	۱/۲۹۹
عدالت اجتماعی	دسترسی اهالی به مسکن مناسب در محله	سرانه مسکن	۰/۷۹۹
	دسترسی برابر افراد محله به زیرساخت‌ها و امکانات عمومی	رضایت از دسترسی به آب	۰/۴۶۵
	سطح کیفیت خدمات بهداشتی	دسترسی به بهداشت عمومی	۱/۰۷۲
تعلق مکانی	برآورد اهالی از منزلت اجتماعی محله	سطح سواد	۰/۶۵۴
	حفاظت از میراث فرهنگی محله	تمایل به حفظ هویت و تاریخچه محله (نام محله)	۱/۳۵۸
آموزش اجتماعی	دربرگیرندگی آموزش به همه گروه‌های سنی و جنسی	کارگاه‌های حقوق شهروندی	۱/۰۹۰
	امید به زندگی	کاهش مرگ و میر کودکان و مادران	۰/۵۳۱
بُعد کالبدی			
شبکه ارتباطی	کیفیت شبکه معابر	وضعیت پوشش معبر	۱/۳۰۰
	کارآیی شبکه حمل و نقل عمومی	ایستگاه اتوبوس	۱/۱۷۰
	پیاده‌مداری	عرض پیاده‌رو	۱/۳۸۲
گره	در دسترس‌بودن مناطق عمومی	وجود مراکز خرید و فراغت	۱/۳۹۳
	وجود مکانی برای تعاملات اجتماعی و مراسم	وجود پاتوق محلی	۱/۳۴۶
ریخت گونه‌شناسی	گونه‌شناسی معماری	تراکم	۱/۳۵۸
	سیما و منظر	تراکم ساختمانی	۱/۳۶۶
کارکرد گونه‌شناسی	وضعیت کیفی کاربری‌ها	ماتریس سازگاری	۱/۳۷۲
بُعد نهادی مدیریتی			
بودجه‌بندی	انطباق‌پذیری بودجه با نیازهای ساکنین		۰/۵۰۰
اجرا	بستر نهادی	مدیریت صحیح و کارآمد	۰/۷۸۳
	عملکرد نهادی	شفافیت	۰/۶۷۳
بُعد فنّاوری اطلاعات			
استفاده از اطلاعات رایانه‌ای	بانک‌های بایگانی و آرشیو اسناد و مدارک	وجود بانک‌های اطلاعاتی آماری	۰/۳۵۹

جدول ۳) وضعیت تغییرات شاخص‌های تاثیرگذار و تاثیرپذیر بُعد زیست‌محیطی در طراحی شهری پارامتریک

خوشه	شاخص	زیرشاخص	وضعیت تغییرات
مخاطرات طبیعی	وضعیت طبیعی (سانحه‌خیزی)	مخاطرات وضعیت زلزله‌خیزی	۶۸/۸۱۸۴۱۴۳۲
پوشش گیاهی	بررسی کمّی و کیفی فضای سبز	دسترسی به فضای سبز	۱۶۶/۲۴۹۱۰۴۹
سلامت آب، هوا و خاک	بررسی وضعیت پسماند و بازیافت زباله	نحوه‌جمع‌آوری‌پسماند	۱۰۷/۶۱۰۲۳۰۲
	وضعیت آب و فاضلاب	جمعیت تحت پوشش شبکه لوله‌کشی آب آشامیدنی	۵۴/۲۶۷۰۰۷۶۷
	کیفیت هوا	متوسط آلودگی صوتی	۱۴۲/۷۴۶۸۰۳۱
	مدیریت مصرف انرژی	مصرف انرژی در ابنیه	۶۸/۵۹۷۹۵۳۹۶

در ادامه با استناد به تشکیل کتابخانه پایتون و انجام فرآیند اشاره‌شده در بستر هوش مصنوعی نتایجی به شرح جداول ذیل حاصل گردید. همان‌گونه که مشاهده می‌شود بیشترین و حساس‌ترین شاخص و زیرشاخص در هر بُعد مشخص شد. لذا هوش مصنوعی با ترکیب شاخص‌های اشاره‌شده و محاسبه میزان تاثیرپذیری و تاثیرگذاری حساس‌ترین شاخص‌ها و زیرشاخص‌ها را تدقیق کرده و مبتنی بر آن مشخص می‌نماید که در صورت تغییر کدام شاخص، کیفیت فضایی به چه میزان تغییر نموده و می‌توان بهترین نتیجه را کسب نمود. حساس‌ترین شاخص در بُعد زیست‌محیطی دسترسی به فضای سبز و متوسط آلودگی صوتی بود که با تغییر هر یک می‌توان تغییرات قابل توجهی را در ارتقای کیفیت فضای شهری رقم زد (جدول ۳؛ شکل ۱).

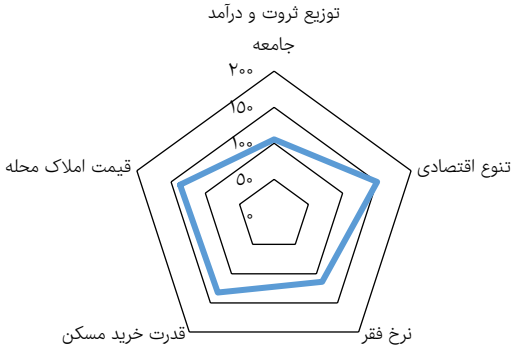


شکل ۱) وضعیت تغییرات شاخص‌های تاثیرگذار و تاثیرپذیر بعد زیست‌محیطی در طراحی شهری پارامتریک

همچنین با استناد به نتایج حاصل، حساس‌ترین شاخص در بُعد اقتصادی تنوع اقتصادی بود که با تغییر آن می‌توان تغییرات قابل توجهی را در ارتقای کیفیت فضای شهری موجب شد (جدول ۴؛ شکل ۲).

جدول ٤) وضعیت تغییرات شاخص‌های تاثیرگذار و تاثیرپذیر بُعد اقتصادی در طراحی شهری پارامتریک

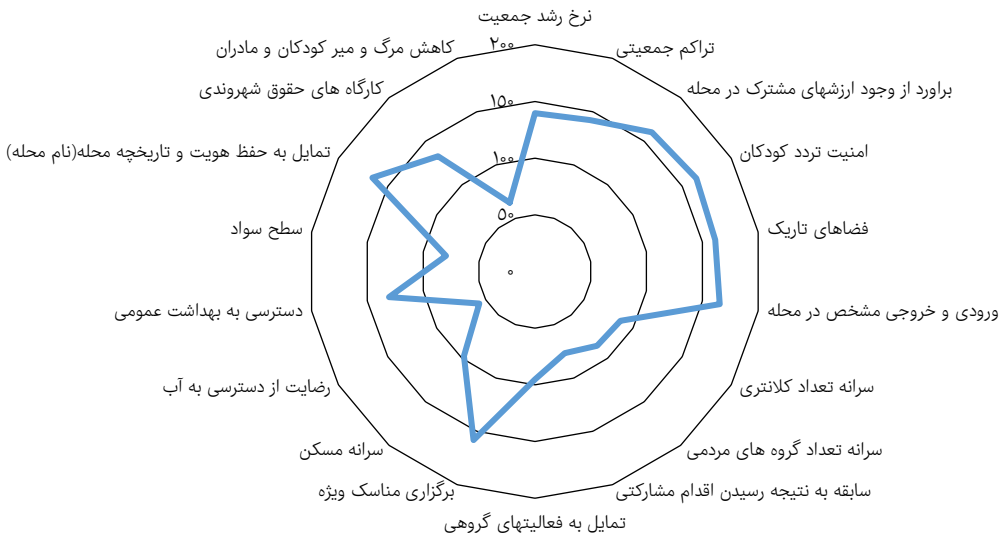
شاخص	زیرشاخص	وضعیت تغییرات
میزان جمعیت شاغل	تنوع اقتصادی	۱۵۰/۴۷۵۷۰۳۳
تامین رفاه اقتصادی	نرخ فقر	۱۱۳/۹۰۵۸۸۲۴
سرمایه	قدرت خرید مسکن	۱۳۲/۳۳۴۵۲۶۹
ارزش معاملاتی	قیمت املاک محله	۱۳۷/۰۶۸۰۳۰۷



شکل ۲) وضعیت تغییرات شاخص‌های تاثیرگذار و تاثیرپذیر بُعد اقتصادی در طراحی شهری پارامتریک

جدول ٥) وضعیت تغییرات شاخص‌های تاثیرگذار و تاثیرپذیر بُعد جمعیتی اجتماعی در طراحی شهری پارامتریک

خوشه	شاخص	زیرشاخص	وضعیت تغییرات
جمعیتی	ثبات جمعیت	نرخ رشد جمعیت	۱۳۹/۶۵۷۲۸۹
اعتماد اجتماعی	میزان شناخت و ارتباطات محله‌ای	تراکم جمعیتی	۱۴۱/۹۶۰۶۱۳۸
	بهداشت روح و روان	برآورد از وجود ارزش‌های مشترک در محله	۱۶۰/۲۸۷۴۶۸
امنیت اجتماعی	میزان جرم و آسیب‌های اجتماعی	امنیت تردد کودکان	۱۶۴/۵۰۸۹۵۱۴
	شناسایی فضاهای ناامن محله	فضاهای تاریک	۱۶۱/۵۲۲۲۵۰۶
	شناخت غریبه در محل	ورودی و خروجی مشخص در محله	۱۶۵/۵۷۵۴۴۷۶
	خدمات نظامی و انتظامی	سرانه تعداد کلانتری	۸۷/۱۸۲۶۰۸۷
مشارکت اجتماعی	وجود اشکال یاریگری و گروه‌های محلی داوطلب	سرانه تعداد گروه‌های مردمی	۸۵/۴۲۸۶۴۴۵
	امکان تصمیم‌گیری و مدیریت جمعی محله	سابقه به نتیجه‌رسیدن اقدام مشارکتی	۷۶/۷۱۰۹۹۷۴۴
	احساس عضویت و مسولیت در محله	تمایل به فعالیت‌های گروهی	۹۵/۱۰۶۹۰۵۳۷
	مناسک خودجوش محلی	برگزاری مناسک ویژه	۱۵۸/۲۵۷۲۸۹
عدالت اجتماعی	دسترسی اهالی به مسکن مناسب در محله	سرانه مسکن	۹۷/۳۵۴۴۷۵۷
	دسترسی برابر افراد محله به زیرساخت‌ها و امکانات عمومی	رضایت از دسترسی به آب	۵۶/۶۴۸۵۹۳۳۵
	سطح کیفیت خدمات بهداشتی	دسترسی به بهداشت عمومی	۱۳۰/۵۶۵۲۱۷۴
تعلق مکانی	برآورد اهالی از منزلت اجتماعی محله	سطح سواد	۷۹/۶۱۶۸۷۹۸
	حفاظت از میراث فرهنگی محله	تمایل به حفظ هویت و تاریخچه محله (نام محله)	۱۶۵/۴۷۵۷۰۳۳
آموزش اجتماعی	دربرگیرندگی آموزش به همه گروه‌های سنی و جنسی	کارگاه‌های حقوق شهروندی	۱۳۲/۷۸۲۶۰۸۷
	امید به زندگی	کاهش مرگ و میر کودکان و مادران	۶۴/۶۵۴۷۳۱۴۶



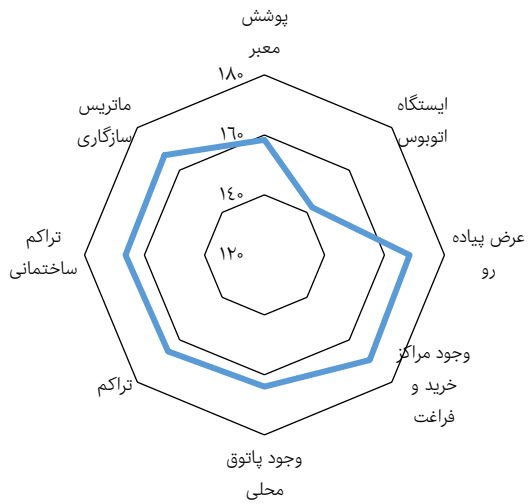
شکل ۳) وضعیت تغییرات شاخص‌های تاثیرگذار و تاثیرپذیر بُعد جمعیتی اجتماعی در طراحی شهری پارامتریک

حساس‌ترین شاخص در بُعد جمعیتی اجتماعی، تمایل به حفظ هویت و تاریخچه محله (نام محله) بود که با تغییر آن می‌توان تغییرات قابل توجهی را در ارتقای کیفیت فضای شهری موجب شد (جدول ۵؛ شکل ۳).

مستند به محاسبات صورت‌گرفته، حساس‌ترین شاخص در بُعد کالبدی، وجود مراکز خرید و فراغت بود که با تغییر آن می‌توان تغییرات قابل توجهی را در ارتقای کیفیت فضای شهری موجب شد. در این بُعد نیز وضعیت پوشش معبر کمترین تاثیرگذاری را در تغییرات کیفیت محیطی فضای شهری داشت (جدول ۶؛ شکل ۴).

جدول ٦) وضعیت تغییرات شاخص‌های تاثیرگذار و تاثیرپذیر بُعد کالبدی در طراحی شهری پارامتریک

شاخص	زیرشاخص	وضعیت تغییرات
شبکه ارتباطی		
کیفیت شبکه معابر	وضعیت پوشش معبر	۱۵۸/۳۵۰۳۸۳۶
کارآیی شبکه حمل و نقل عمومی	ایستگاه اتوبوس	۱۴۲/۴۶۵۴۷۳۱
پیاده‌مداری	عرض پیاده‌رو	۱۶۸/۳۶۸۲۸۶۴
گره		
در دسترس‌بودن مناطق عمومی	وجود مراکز خرید و فراغت	۱۶۹/۶۳۱۷۱۳۶
وجود مکانی برای تعاملات اجتماعی و برگزاری مراسم	وجود پاتوق محلی	۱۶۳/۹۱۳۰۴۳۵
ریخت گونه‌شناسی		
گونه‌شناسی معماری	تراکم	۱۶۵/۴۴۲۴۵۵۲
سیما و منظر	تراکم ساختمانی	۱۶۶/۳۴۰۴۵۳۵
کارکرد گونه‌شناسی		
وضعیت کیفی کاربری‌ها	ماتریس سازگاری	۱۶۷/۰۷۱۶۱۱۳

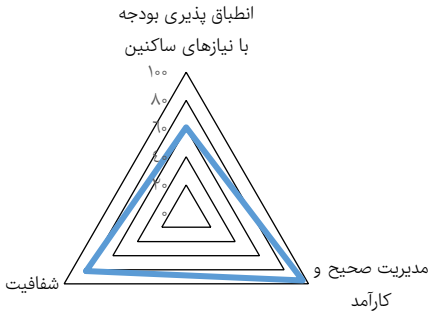


شکل ٤) وضعیت تغییرات شاخص‌های تاثیرگذار و تاثیرپذیر بُعد کالبدی در طراحی شهری پارامتریک

حساس‌ترین شاخص در بُعد نهادی مدیریتی، مدیریت صحیح و کارآمد است که با تغییر آن می‌توان تغییرات قابل توجهی را در ارتقای کیفیت فضای شهری موجب شد. در این بُعد وضعیت انطباق‌پذیری بودجه با نیازهای ساکنین کمترین تاثیرگذاری را در تغییرات کیفیت محیطی فضای شهری داشت (جدول ۷؛ شکل ۵).

جدول ۷) وضعیت تغییرات شاخص‌های تاثیرگذار و تاثیرپذیر بُعد نهادی مدیریتی در طراحی شهری پارامتریک

خوشه	شاخص	زیرشاخص	وضعیت تغییرات
بودجه بندی	انطباق‌پذیری بودجه با نیازهای ساکنین	بودجه با انطباق‌پذیری نیازهای ساکنین	۶۰/۸۸
اجرا	بستر نهادی	مدیریت صحیح و کارآمد	۹۵/۳۳
	عملکرد نهادی	شفافیت	۸۱/۹۴



شکل ۵) وضعیت تغییرات شاخص‌های تاثیرگذار و تاثیرپذیر بُعد نهادی مدیریتی در طراحی شهری پارامتریک

در زمینه وضعیت تغییرات شاخص‌های تاثیرگذار و تاثیرپذیر در بُعد فنّاوری اطلاعات در طراحی شهری پارامتریک، زیرشاخص "بایگانی و آرشیو اسناد و مدارک" بررسی شد که در آن، وجود بانک‌های اطلاعاتی آماری به عنوان یک معیار مهم در نظر گرفته شده و مقدار تغییرات آن برابر با ۴۳/۷۳ گزارش شد. این داده‌ها نشان‌دهنده میزان تغییرات و نقش بانک‌های اطلاعاتی در بهبود فرآیندهای طراحی شهری پارامتریک از طریق فنّاوری اطلاعات بودند.

بر پایه مراحلی که تشریح شد، ۴۱ مولفه ورودی در ۶ دسته کلی‌تر در پنج سطح دسته‌بندی شدند که مولفه‌های سطح نخست بیشترین اثرپذیری و مولفه‌های سطح پنجم بالاترین میزان نفوذ را بر سایر مولفه‌ها داشتند.

بحث

هدف این پژوهش تدوین الگویی برای تدقیق نتایج طراحی شهری پارامتریک با استفاده از نقش هوش مصنوعی بود.

ضعف جایگاه قانونی "طراحی شهری" در نظام قانون‌گذاری و تهیه چارچوب اسناد توسعه شهری در ایران، بستر تحقق ابعاد کیفی در شهر را دچار مشکل نموده است. در نظام برنامه‌ریزی شهری کنونی کشور، به‌ویژه در طرح‌های توسعه شهری، تصویر چندان روشنی از حوزه عمل و فرآیند تهیه طرح‌ها و تحقق‌پذیری و نیز جایگاه قانونی حیطه طراحی شهری وجود ندارد. ارایه الگو و ساز و کاری مشخص در زمینه جایگاه صحیح طراحی شهری در نظام برنامه‌ریزی در گرو شناخت و توجه به جایگاه طراحی شهری در نظام هدایت توسعه

شهری است. این امر در دهه اخیر در میان نهادهای دولتی متولی امر شهرسازی مورد توجه بوده است، اما کماکان به توفیقی دست نیافته است.

در زمینه استفاده از هوش مصنوعی در طراحی شهری پارامتریک، ایران و چند کشور دیگر تفاوت‌هایی در رویکردها، فنّاوری‌ها و کاربردها دارند. در ایران، طراحی شهری پارامتریک هنوز در مراحل ابتدایی است و بیشتر در پروژه‌های دانشگاهی و تحقیقاتی مورد استفاده قرار می‌گیرد. دانشگاه‌هایی مانند دانشگاه تهران و شهید بهشتی شروع به استفاده از ابزارهای پارامتریک و هوش مصنوعی برای شبیه‌سازی و بهینه‌سازی طراحی‌های شهری کرده‌اند، اما این فنّاوری‌ها هنوز به طور گسترده در پروژه‌های عملیاتی شهری به کار گرفته نشده‌اند [Saberifa, 2023].

در مقایسه، کشورهایی مانند هلند و سنگاپور پیش‌رو در استفاده از هوش مصنوعی و طراحی پارامتریک در شهرسازی هستند. هلند از ابزارهای پارامتریک و هوش مصنوعی برای طراحی شهرهای هوشمند و پایدار استفاده می‌کند. به عنوان مثال، در پروژه‌هایی مانند توسعه منطقه زایداس در آمستردام، از الگوریتم‌های پارامتریک برای بهینه‌سازی فضاهای شهری و کاهش مصرف انرژی استفاده شده است [De Wijs *et al.*, 2017]. سنگاپور نیز با استفاده از هوش مصنوعی و طراحی پارامتریک، شهرهایی با قابلیت تطبیق‌پذیری بالا ایجاد کرده است. پروژه‌هایی مانند "شهر آینده" در سنگاپور از الگوریتم‌های پارامتریک برای پیش‌بینی نیازهای شهری و طراحی فضاهای چندمنظوره استفاده می‌کنند [Urban Redevelopment Authority, 2006].

در آمریکا، شهرهایی مانند نیویورک و سان فرانسیسکو از طراحی پارامتریک و هوش مصنوعی برای بهبود مدیریت ترافیک، بهینه‌سازی مصرف انرژی و طراحی فضاهای عمومی استفاده می‌کنند. به عنوان مثال، در نیویورک، از الگوریتم‌های پارامتریک برای طراحی پارک‌ها و فضاهای سبز با توجه به الگوهای رفتاری شهروندان استفاده شده است [Eugenie, 2007].

در ایران، با وجود پتانسیل‌های بالا، استفاده از طراحی پارامتریک و هوش مصنوعی در شهرسازی به دلیل محدودیت‌های فنّاوری، کمبود تخصص و نبود زیرساخت‌های لازم، هنوز به طور گسترده عملیاتی نشده است. با این حال، پروژه‌های تحقیقاتی و دانشگاهی نشان می‌دهند که ایران می‌تواند با سرمایه‌گذاری بیشتر و آموزش نیروی انسانی متخصص، از این فنّاوری‌ها در طراحی شهری بهره‌برداری کند [Abdollahzadeh Roodposhti, 2025].

نتایج به‌دست‌آمده از تحلیل شاخص‌های زیست‌محیطی در طراحی شهری پارامتریک نشان داد که وضعیت متغیرهای تاثیرگذار و تاثیرپذیر در حوزه‌هایی مانند مخاطرات طبیعی، پوشش گیاهی، سلامت آب، هوا و خاک، و مدیریت مصرف انرژی، دارای نوسانات و الگوهای متفاوتی بود. این یافته‌ها با مطالعات پیشین در حوزه توسعه شهری پایدار هم‌خوانی دارد، به‌ویژه در تاکید بر اهمیت کاهش ریسک مخاطرات طبیعی و بهینه‌سازی مدیریت منابع زیست‌محیطی. به عنوان مثال، *پیرتاج همدانی* و *نخعی* [Pirtaj Hamedani & Nkhaie, 2015]، تایید کرده‌اند که استفاده از مدل‌های پارامتریک و الگوریتم‌های شبیه‌سازی می‌تواند نقش مهمی در بهبود تاب‌آوری شهری داشته باشد. یافته‌های مشابهی نیز در مطالعات مرتبط با دسترسی به فضای سبز شهری مشاهده شده است که نشان می‌دهند طراحی مبتنی بر داده و تکنیک‌های پارامتریک می‌تواند به توزیع متوازن‌تر فضای سبز و افزایش دسترسی شهروندان کمک کند [Akbari, 2023]. از سوی دیگر، بررسی وضعیت آلودگی صوتی و مصرف انرژی در این مطالعه نشان می‌دهد که چالش‌های موجود در این زمینه با یافته‌های مطالعات دیگر هم‌خوانی دارد، زیرا مطالعات متعددی نشان داده‌اند که مدیریت بهینه مصرف انرژی در ساختمان‌ها و به‌کارگیری فنّاوری‌های نوین می‌تواند تاثیر بسزایی بر کاهش آلاینده‌های زیست‌محیطی داشته باشد. همچنین، مطالعه *سجادی* و *جعفری تهرانی* [Sajadi & Jafari Tehrani, 2016] نشان داده‌اند که توسعه سیستم‌های پایدار جمع‌آوری پسماند و بهینه‌سازی مدیریت فاضلاب شهری، از طریق راهکارهای هوشمند و طراحی مبتنی بر شبیه‌سازی، می‌تواند تاثیر قابل توجهی بر کیفیت زندگی شهری و سلامت عمومی داشته باشد. بنابراین، نتایج این پژوهش با سایر مطالعات علمی همراستا بوده و نشان‌دهنده ضرورت تلفیق فنّاوری‌های نوین با برنامه‌ریزی شهری در راستای توسعه پایدار است.

شاخص‌های اقتصادی این مطالعه در طراحی شهری پارامتریک دستخوش تغییرات قابل توجهی هستند. مقایسه این یافته‌ها با پژوهش‌های پیشین حاکی از آن است که طراحی شهری می‌تواند به شکل معناداری بر اقتصاد محلی و کلان تاثیر بگذارد. پژوهش‌های گذشته نشان داده‌اند که افزایش تنوع اقتصادی از طریق ایجاد فضاهای انعطاف‌پذیر و چندمنظوره می‌تواند به بهبود شاخص‌های اشتغال منجر شود. به عنوان مثال، مطالعه‌ای در مورد توسعه شهری پایدار در ایران تاکید کرده است که طراحی شهری مناسب می‌تواند از طریق افزایش فعالیت‌های اقتصادی متنوع، فرصت‌های شغلی بیشتری ایجاد کند [Moradi, 2024]. این یافته‌ها با مطالعاتی که بر تاثیر طراحی شهری بر کاهش نابرابری‌های اقتصادی تاکید دارند، همراستا هستند. برای نمونه، پژوهشی در زمینه برنامه‌ریزی شهری نشان داده است که طراحی شهری کارآمد می‌تواند به افزایش بهره‌وری اقتصادی و کاهش نرخ فقر کمک کند [Abdeh Kolahchi *et al.*, 2014].

شاخص‌های اجتماعی و جمعیتی در طراحی شهری پارامتریک تغییرات قابل توجهی داشتند. این یافته‌ها نشان‌دهنده تاثیر طراحی شهری بر امنیت اجتماعی، مشارکت شهروندان، عدالت اجتماعی و تعلق مکانی یودند. در مقایسه با پژوهش‌های مشابه، مشخص شد که تراکم جمعیتی می‌تواند همبستگی اجتماعی را افزایش دهد، اما در برخی مطالعات دیگر، این عامل باعث کاهش اعتماد اجتماعی شده است [Dempsey, 2009]. همچنین، مطالعات نشان داده‌اند

که طراحی شهری می‌تواند با بهینه‌سازی فضاهای عمومی، احساس امنیت را بهبود بخشد که این یافته با پژوهش‌های مربوط به امنیت محیطی و کاهش جرم هم‌خوانی دارد [Piroozfar *et al.*, 2019]. در حوزه مشارکت اجتماعی، مطالعات پیشین تایید کرده‌اند که اقدام‌های جمعی و داوطلبانه تاثیر مستقیمی بر کیفیت زندگی شهری دارد و افزایش گروه‌های محلی می‌تواند بهبود مشارکت و مدیریت محله‌ای را تسهیل کند [Lopez Morales, 2013].

استفاده از هوش مصنوعی در طراحی شهری ممکن است به کاهش تعاملات اجتماعی و ازدست‌رفتن حس تعلق مکانی منجر شود. طراحی‌های پارامتریک و الگوریتم‌محور ممکن است فضاهای شهری را بیش از حد استانداردسازی کنند و از تنوع فرهنگی و محلی بکاهند. این مساله می‌تواند به یکنواختی فضاهای شهری و کاهش هویت محلی منجر شود. به عنوان مثال، طراحی‌های مبتنی بر الگوریتم‌ها ممکن است ویژگی‌های منحصر به فرد فرهنگی و تاریخی یک منطقه را نادیده بگیرند و فضاهایی ایجاد کنند که با بافت اجتماعی و فرهنگی آن منطقه ناسازگار است [Ferrara *et al.*, 2019].

همچنین، استفاده از هوش مصنوعی در طراحی شهری می‌تواند نگرانی‌هایی درباره حریم خصوصی و امنیت داده‌ها ایجاد کند. جمع‌آوری و تحلیل داده‌های رفتاری شهروندان برای طراحی فضاهای شهری ممکن است به نقض حریم خصوصی افراد منجر شود. این مساله به‌ویژه در جوامعی که قوانین محکمی برای حفاظت از داده‌ها وجود ندارد، می‌تواند چالش‌برانگیز باشد [Zuboff, 2023].

از نظر فرهنگی، استفاده از هوش مصنوعی در طراحی شهری می‌تواند به تقویت یا تضعیف هویت فرهنگی منجر شود. در برخی موارد، این فنّاوری می‌تواند با تحلیل الگوهای فرهنگی و تاریخی، به طراحی فضاهایی کمک کند که بازتاب‌دهنده هویت محلی هستند. با این حال، در موارد دیگر، ممکن است طراحی‌های الگوریتم‌محور به ایجاد فضاهایی منجر شوند که فاقد ویژگی‌های فرهنگی و تاریخی خاص هستند و به یکسان‌سازی فرهنگی دامن می‌زنند [Harvey, 2012].

استفاده از هوش مصنوعی در طراحی شهری می‌تواند به ایجاد شکاف دیجیتالی بین جوامع مختلف منجر شود. جوامعی که دسترسی کمتری به فنّاوری‌های پیشرفته دارند، ممکن است از مزایای این فنّاوری‌ها محروم بمانند و این مساله می‌تواند به نابرابری‌های اجتماعی و اقتصادی بیشتر دامن بزند. بنابراین، برای بهره‌برداری موثر از هوش مصنوعی در طراحی شهری، لازم است به تاثیرات اجتماعی و فرهنگی آن توجه ویژه‌ای شود و سیاست‌هایی برای کاهش پیامدهای منفی آن تدوین گردد.

شاخص‌های کالبدی در طراحی شهری پارامتریک تغییرات مهمی را تجربه کردند. این یافته‌ها بر نقش شبکه ارتباطی، دسترسی به فضاهای عمومی، گونه‌شناسی معماری و کیفیت کاربری‌ها تاکید داشتند. در مقایسه با پژوهش‌های مشابه، مشخص شده که بهبود کیفیت شبکه معابر و توسعه حمل و نقل عمومی تاثیر مثبتی بر دسترسی شهروندان داشت، که با مطالعات پیشین درباره پیاده‌مداری و توسعه پایدار حمل و نقل هم‌خوانی دارد [Newman & Kenworthy, 2015]. همچنین، بررسی‌های گذشته نشان داده‌اند که افزایش فضاهای تعاملی مانند مراکز خرید و پاتوق‌های محلی می‌تواند انسجام اجتماعی را تقویت کند، یافته‌ای که در پژوهش حاضر نیز تایید شده است [Gehl, 2010].

در حوزه گونه‌شناسی معماری، مطالعات قبلی تایید کرده‌اند که تراکم ساختمانی می‌تواند تاثیرات متفاوتی بر کیفیت زندگی شهری داشته باشد. در برخی موارد، تراکم بالاتر به بهینه‌سازی استفاده از فضاهای شهری و افزایش تعاملات اجتماعی منجر می‌شود، اما در برخی پژوهش‌ها، این عامل می‌تواند منجر به کاهش رضایتمندی ساکنان از محیط شود [Row, 1962]. این موضوع نشان می‌دهد که نحوه مدیریت تراکم ساختمانی می‌تواند بر موفقیت طراحی شهری پارامتریک تاثیرگذار باشد.

بر مبنای آنچه گفته شد مطالعات برنامه‌ریزی و برنامه‌سازی در پروژه‌های توسعه در سطوح مختلف اعم از ملّی، منطقه‌ای و ناحیه‌ای حوضه‌های محلی، زیرمحلی و غیره از پیشینه‌ای فراتر از هفت دهه برخوردار است اما کارآیی آنها در پاسخ به الزامات توسعه نه‌تنها در شرایط غیرعادی که به صورت بحرانی بروز داده می‌شود، بلکه در پاسخ به الزامات توسعه در شرایط عادی (نرمال) نیز فاقد مطلوبیت است و در سامانه نهادی-مدیریتی کشور قابلیت خود را از دست داده است.

در طول دو دهه اخیر با توجه به تجارب برنامه‌ریزی و بروز مشکلات و محدودیت‌های موجود، اصلاحات جدیدی در برنامه‌ریزی و طراحی شهری هم در عرصه نظری و هم در عرصه عملی وارد شده است. جهات اصلی این اصلاحات در مسیر تقویت توسعه پایدار در توسعه و عمران شهری بوده است و ساختار طراحی شهری هوشمند به عنوان ناجی ارتقای کیفیت محیط پذیرفته شده و تلاش می‌گردد تا در بستر آن برنامه‌ریزی متناسبی هدایت و کنترل گردد. در ادامه نتایج حاصل از پژوهش می‌تواند منجر به تجویز راهکارهایی که قابلیت کارآیی و مطلوبیت یا پاسخ‌دهندگی برنامه‌های مکان‌سازانه را ارتقا دهد، در فرآیند تبیین برنامه توسعه شهر گردد.

در این راستا، باید به چالش‌ها و محدودیت‌های هوش مصنوعی نیز توجه نمود. استفاده از هوش مصنوعی در طراحی شهری پارامتریک با چالش‌های متعددی روبه‌رو است. اولاً، پیچیدگی الگوریتم‌های هوش مصنوعی و نیاز به داده‌های دقیق و گسترده می‌تواند باعث ایجاد خطا یا سوگیری در نتایج شود. ثانیاً، عدم شفافیت در تصمیم‌گیری‌های هوش مصنوعی ممکن است اعتماد طراحان و شهروندان را کاهش دهد. همچنین، ادغام فنّاوری‌های پیشرفته با نیازهای انسانی و فرهنگی شهروندان چالش‌برانگیز است. از سوی دیگر، هزینه‌های بالای توسعه و پیاده‌سازی این سیستم‌ها و نیاز به تخصص فنّی ویژه، استفاده گسترده از آن را محدود می‌کند. مسایل اخلاقی و حریم خصوصی ناشی از جمع‌آوری و تحلیل داده‌های

شهری نیز از جمله موانع مهم محسوب می‌شوند [He & Chen, 2024].

علاوه بر این، مدل‌های هوش مصنوعی در پیش‌بینی رفتارهای انسانی و تغییرات محیطی با محدودیت‌های قابل توجهی مواجه هستند. اولاً، رفتارهای انسانی بسیار پیچیده و تحت تاثیر عوامل متعدد روانی، اجتماعی، فرهنگی و اقتصادی قرار دارند که مدل‌سازی دقیق آنها را دشوار می‌کند. هوش مصنوعی اغلب قادر به درک کامل این پیچیدگی‌ها نیست و ممکن است پیش‌بینی‌هایش نادرست یا ساده‌انگارانه باشد. ثانیاً، تغییرات محیطی مانند تحولات آب و هوایی یا اکوسیستم‌ها نیز به دلیل ماهیت پویا و غیرخطی خود، پیش‌بینی دقیق را با چالش مواجه می‌کنند. داده‌های ناقص یا نادرست نیز می‌توانند دقت مدل‌ها را کاهش دهند. علاوه بر این، هوش مصنوعی ممکن است در مواجهه با رویدادهای غیرمنتظره یا شرایط بحرانی که قبلاً در داده‌های آموزشی وجود نداشته‌اند، عملکرد ضعیفی داشته باشد. در نهایت، مسایل اخلاقی مانند سوگیری در داده‌ها یا الگوریتم‌ها نیز می‌توانند پیش‌بینی‌ها را تحت تاثیر قرار دهند و نتایج را ناعادلانه یا گمراه‌کننده کنند [Olawumi & Oladapo, 2025].

تحقیقات آینده در زمینه بهبود مدل‌های هوش مصنوعی در طراحی شهری می‌تواند بر چند محور کلیدی متمرکز شود. اولاً، توسعه مدل‌های هوش مصنوعی که قادر به درک و تحلیل بهتر داده‌های چندمنظوره شهری هستند، مانند ترکیب داده‌های محیطی، اجتماعی، اقتصادی و فرهنگی، می‌تواند به طراحی شهری جامع‌تر و پایدارتر کمک کند. این مدل‌ها باید بتوانند تعاملات پیچیده بین عوامل مختلف را در نظر بگیرند و پیش‌بینی‌های دقیق‌تری ارایه دهند. ثانیاً، پژوهش‌ها می‌توانند بر بهبود قابلیت تفسیرپذیری مدل‌های هوش مصنوعی متمرکز شوند تا طراحان و برنامه‌ریزان شهری بتوانند به‌راحتی از نتایج این مدل‌ها استفاده کنند و تصمیم‌گیری‌های بهتری انجام دهند. این امر به‌ویژه در زمینه‌هایی مانند طراحی فضاهای عمومی و مدیریت ترافیک اهمیت دارد.

سوم، توسعه مدل‌های هوش مصنوعی که قادر به یادگیری تطبیقی و به‌روزرسانی خودکار براساس داده‌های جدید هستند، می‌تواند به بهبود پویایی و انعطاف‌پذیری طراحی شهری کمک کند. این مدل‌ها باید بتوانند تغییرات سریع در شرایط شهری، مانند رشد جمعیت، تغییرات آب و هوایی و تحولات اقتصادی، را به‌سرعت در نظر بگیرند و پاسخ‌های مناسب ارایه دهند. چهارم، پژوهش‌ها می‌توانند بر توسعه مدل‌های هوش مصنوعی که قادر به شبیه‌سازی و پیش‌بینی تاثیرات اجتماعی و فرهنگی طراحی‌های شهری هستند، متمرکز شوند. این مدل‌ها باید بتوانند بازخوردهای جامعه محلی را در نظر بگیرند و به طراحی فضاهایی کمک کنند که با ارزش‌ها و هویت‌های محلی سازگار هستند.

مطالعات می‌توانند بر توسعه مدل‌های هوش مصنوعی که قادر به درنظرگرفتن عدالت اجتماعی و برابری در طراحی شهری هستند، متمرکز شوند. این مدل‌ها باید بتوانند به کاهش نابرابری‌های اجتماعی و اقتصادی در شهرها کمک کنند و فضاهایی ایجاد کنند که برای همه اقشار جامعه قابل دسترسی و مفید باشند. این رویکردها می‌توانند به بهبود کارآیی و اثربخشی مدل‌های هوش مصنوعی در طراحی شهری و ایجاد شهرهای پایدارتر و عادلانه‌تر کمک کنند.

نتیجه‌گیری

ترکیب هوش مصنوعی با داده‌های محیطی که در میان آنها شاخص اجتماعی بیشترین اثرگذاری را دارد و با ایجاد الگویی نظام‌مند به تحقق سایر مولفه‌های طراحی شهری پارامتریک با استفاده از داده‌های مکانی کمک می‌کند.

تشکر و قدردانی: نویسندگان از مدیران، اساتید و متخصصان به خاطر پاسخ‌گویی به پرسش‌نامه کمال قدردانی را دارند.

تاییدیه اخلاقی: موردی برای گزارش وجود ندارد.

تعارض منافع: این مقاله برگرفته از رساله نویسنده اول است. هیچ‌گونه تعارض منافعی در راستای نگارش و چاپ این مقاله وجود ندارد.

سهم نویسندگان: علیرضا منوچهری (نویسنده اول)، نگارنده مقدمه/نگارنده بحث/روش‌شناس (۵۰٪)؛ حسین ذبیحی (نویسنده دوم)، نگارنده بحث/نگارنده مقدمه (۲۵٪)؛ زهرا سادات سعیده زرآبادی (نویسنده سوم)، نگارنده مقدمه/نگارنده بحث (۲۵٪)

منابع مالی: موردی برای گزارش وجود ندارد.

منابع

- Abdeh Kolahchi M, Rafieian Najafabadi M, Dehghani M, Mirzadeh H (2014). Analysis of effective factors on housing prices by using stepwise regression analysis (a case study of Tehran's Fatemi district). Journal of Urban Economics and Management. 2(7):69-80. [Persian]
- Abdollahzadeh Roodposhti M (2025). The necessity of improving artificial intelligence technology in urban planning design. Proceedings of the 23rd National Conference on Civil Engineering, Architecture and Urban Planning. North Khorasan: CIVILICA. [Persian]
- Abdulsalam M (2023). Artificial intelligence based robotic platforms for autonomous precision agriculture [dissertation]. London: University of London.
- Abumalloh RA, Nilashi M, Ooi KB, Tan GWH, Chan HK (2024). Impact of generative artificial intelligence models on the performance of citizen data scientists in retail firms. Computers in Industry. 161:104128.
- Akbari M (2023). Spatial analysis of the distribution of parks and urban green spaces in Iranian metropolises. Urban Economics and Planning. 4(3):22-37. [Persian]
- Anejionu OCD, Thakuriah P, McHugh A, Sun Y, McArthur D, Mason P, et al (2019). Spatial urban data system: A cloud-enabled big data infrastructure for social and economic urban analytics. Future Generation Computer Systems. 98:456-473.
- Asif M, Naeem G, Khalid M (2024). Digitalization for sustainable buildings: Technologies, applications, potential, and challenges. Journal of Cleaner Production. 405:141814.
- Batty M, Paul A (1987). Urban shapes as fractals. Area. 19(3):215-221.

- Newman P, Kenworthy J (2015). The end of automobile dependence: How cities are moving beyond car-based planning. Washington DC: Island Press.
- Olawumi MA, Oladapo BI (2025). AI-driven predictive models for sustainability. Journal of Environmental Management. 373:123472.
- Papandrea M, Peternier A, Frei D, La Porta N, Gelsomini M, Allegri D, et al (2021). V-Cockpit: A platform for the design, testing, and validation of car infotainment systems through virtual reality. Applied Science. 14(18):8160.
- Piroozfar P, Farr ER, Aboagye-Nimo E, Osei-Berchie J (2019). Crime prevention in urban spaces through environmental design: A critical UK perspective. Cities. 95:102411.
- Pirtaj Hamedani M, Nkhaie J (2015). Urban design planning indicators for earthquake vulnerability response, case study, Tehran, District 20. Proceedings of the 3rd International Conference on Applied Research in Civil Engineering, Architecture and Urban Management. Tehran: CIVILICA. [Persian]
- Qian F (2023). The potential of a retractable roof of the natatorium on the indoor environmental improvement: Taking Jiading natatorium of Tongji University as an example. Indoor & Built Environment. 32(7):1505-1515.
- Row AT (1962). The death and life of great American cities. The Yale Law Journal. 71(8):1597-1602.
- Rui Y, Ban Y (2011). Urban growth modeling with road network expansion and land use development. In: Advances in cartography and GIScience (Volume 2). Heidelberg: Springer. p. 399-412.
- Saberifar R (2023). Comparing the use of artificial intelligence with traditional methods in determining the vitality of urban spaces in Iran (case study, Mashhad city). Urban Planning Knowledge. 7(2):33-50. [Persian]
- Sajadi M, Jafari Tehrani H (2016). Urban green spaces planning with sustainable development (case study: 3th Municipal District of Isfahan City). Journal of Sustainable Architecture & Urban Design. 2(2):27-43. [Persian]
- Son TH, Weedon Z, Yigitcanlar T, Sanchez T, Corchado JM, Mehmood R (2023). Algorithmic urban planning for smart and sustainable development: Systematic review of the literature. Sustainable Cities and Society. 94:104562.
- Steinø N (2010). Parametric thinking in urban design: A geometric approach. Proceedings of the Fifth International Conference of the Arab Society for Computer Aided Architectural Design. Morocco: ASCAAD.
- Urban Redevelopment Authority (2006). URA annual report 05/06. Singapore: Urban Redevelopment Authority.
- Xu K, Chen Z, Xiao F, Zhang J, Zhang HB, Ma TY (2024). Semantic model-based large-scale deployment of AI-driven building management applications. Automation in Construction. 165:105579.
- Zanella A, Bui N, Castellani A, Vangelista L, Zorzi M (2014). Internet of things for smart cities. IEEE Internet of Things Journal. 1(1):22-32.
- Zuboff S (2023). The age of surveillance capitalism. In: Social theory re-wired. London: Routledge. p. 203-213.
- Chen ZL, O'Neill Z, Wen J, Pradhan O, Yang T, Lu X, et al (2023). A review of data-driven fault detection and diagnostics for building HVAC systems. Applied Energy. 339:121030.
- Cheng C, Dou J, Zheng Z (2022). Energy-efficient SDN for Internet of things in smart city. Internet of Things and Cyber-Physical Systems. 2:145-158.
- Coskun H (2024). Renewed theories and discourses of 21st century; City planning and housing design COVID-19 and beyond, sustainable, and green design. Global Journal of Ecology. 9(2):122-131.
- Dangermond J, Goodchild MF (2020). Building geospatial infrastructure. Geo-Spatial Information Science. 23(1):1-9.
- De Wijs L, Witte PA, De Klerk D, Geertman SCM (2017). Smart city trends and ambitions. Proceedings of the Agile Conference Wageningen. Wageningen: ACW.
- Dempsey N (2009). Are good-quality environments socially cohesive?: Measuring quality and cohesion in urban neighbourhoods. Town Planning Review. 80(3).
- Ding ZK, Fan Z, Tam VWY, Bian Y, Li SH, Illankoon IMCS, et al (2018). Green building evaluation system implementation. Building & Environment. 133:32-40.
- Du J, Ye X, Jankowski P, Sanchez TW, Mai G (2024). Artificial intelligence enabled participatory planning: A review. International Journal of Urban Sciences. 28(2):183-210.
- Ebadi M (2019). Parametric architecture in the urban context; Design of Plasco's new building in Tehran [dissertation]. Gilan: University of Gilan. [Persian]
- Eugenie LB (2007). Planning in a world city: New York and its communities. Journal of the American Planning Association. 62(4):442-459.
- Ferrara E, Fragale L, Fortino G, Song W, Perra C, Di Mauro M, et al (2019). An AI approach to collecting and analyzing human interactions with urban environments. IEEE Access. 7:141476-141486.
- Gehl J (2010). Cities for people. Washington DC: Island Press.
- Gradišar L, Dolenc M, Klinc R (2024). Towards machine learned generative design. Automation in Construction. 159:105284.
- Harvey D (2012). Rebel cities: From the right to the city to the urban revolution. London: Verso Books.
- He W, Chen M (2024). Advancing urban life: A systematic review of emerging technologies and artificial intelligence in urban design and planning. Buildings. 14(3):835.
- Li Y, Chen L (2020). A study on database of modular façade retrofitting building envelope. Energy & Buildings. 214:109826.
- Lopez Morales E (2013). Insurgency and institutionalized social participation in local-level urban planning. In: Locating right to the city in the global south. London: Routledge.
- Moradi A (2024). Investigating the impact of urban design on economic development and entrepreneurship in the city of Khorram Darah. Quarterly Journal of Geographical Sciences, Architecture and Urban Planning Research. 5(48). [Persian]