

Application of artificial intelligence in parametric sustainable urban design

Alireza Manuchehri^a , Hossein Zabih^b , Zahra Sadat Saeideh Zarabadi^c

- ^a. PhD Candidate in Urban development, Department of Urban Development, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
- ^b. Associate Professor, Department of Urban Development, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
- ^c. Associate Professor, Department of Urban Development, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

<https://doi.org/10.22034/ispdrc.2025.2034654.1117>

ARTICLE INFO

Keywords:

artificial intelligence,
urban design,
parametric urban design,
urban context, sustainable
urban design

Received:

6 July 2024

Received in revised form:

11 October 2024

Accepted:

15 February 2024

pp.22-38

ABSTRACT

Recent developments in urban societies, such as pandemics, wars, economic instabilities, lack of access to sustainable and renewable resources, and many other factors, present ongoing challenges for cities. Urban planners and designers can leverage past experiences and modern tools to take effective steps toward achieving sustainable cities. This applied-developmental research employs sustainable development indicators gathered from various sources across cultural-social, institutional-managerial, environmental, economic, and physical dimensions. By utilizing advanced artificial intelligence tools, a framework for parametric sustainable urban design has been developed. Initially, the indicators of sustainable cities were identified. Subsequently, these indicators were evaluated parametrically using semi-open questionnaires and transformed into quantitative values with the help of stakeholders. In the next step, the extracted data was modeled using artificial intelligence within the framework of Artificial Neural Networks (ANN). Based on the research findings and the optimized model output, which meets standard levels, the proposed model demonstrates its applicability to similar challenges in predicting parameters for sustainable urban design. It can accurately forecast the desired sustainability parameters with high precision.

Corresponding author: **Hossein Zabih** (Email: : h.zabih@srbiau.ac.ir)

Extended Abstract:

Introduction

recent developments in urban societies such as epidemics, wars, economic disturbances, lack of access and shortage of sustainable and renewable resources and many other factors are challenges that cities always face. In this regard, urban planners and designers can take effective steps to achieve sustainable cities by benefiting from past experiences and new tools.

Methodology

In this applied-developmental research, using sustainable development indicators collected from various sources in cultural-social, institutional-management, environmental, economic and physical dimensions and using new tools of artificial intelligence, the field of compilation Parametric sustainable urban design model has been provided. In this way, the indicators of the sustainable city have been calculated using the method of systematic analysis. Then, the aforementioned indicators have been parametrically evaluated in the classification of the qualities expected from all types of urban spaces using the content analysis method, and in the next step, artificial intelligence, through learning from past experiences and mathematical calculations, has been used to model urban spaces in the framework of the network structure. Artificial neural network (ANN) as described; Pattern

classification, clustering, function estimation, forecasting, optimization, associative memory and control in management have been discussed.

Results and discussion

The results of the definition and explanation of the proposed algorithm show that in this way, artificial intelligence accelerates the way to achieve the goals by appropriate action and compatible with the complexities of the environment, and through learning from past experiences and mathematical calculations. Even in the lack of knowledge and insufficient information resources, it has the ability to

maximize the success of solving problems, which is one of the most important goals of research.

Conclusion

Based on the results of the research, it should be acknowledged that one of the most important advantages of using this technique is that the designer is aware of the consequences of decisions at each stage and creates a cycle of feedback. In this case, parametric design provides a set of solutions for a problem.

Funding

There is no funding support.



کاربست هوش مصنوعی در طراحی شهری پایدار پارامتریک

علیرضا منوچهری - دانشجوی دکتری، گروه تخصصی شهرسازی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات، شهر تهران، کشور ایران حسین ذبیحی^۱ - دانشیار، گروه تخصصی شهرسازی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات، شهر تهران، کشور ایران زهرا سادات سعیده زرابادی - دانشیار، گروه تخصصی شهرسازی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات، شهر تهران، کشور ایران

<https://doi.org/10.22034/ispdrc.2025.2034654.1117>

چکیده

تحولات اخیر در جوامع شهری نظیر بیماری‌های همه‌گیر، جنگها، نابسامانی‌های اقتصادی، عدم دسترسی و کمبود منابع پایدار و تجدیدپذیر و بسیاری از عوامل دیگر، چالش‌هایی است که شهرها همواره با آن روبرو هستند. در این راستا برنامه‌ریزان و طراحان شهری می‌توانند با بهره‌مندی از تجربیات گذشته و ابزارهای نوین، گام‌های موثری در جهت دستیابی به شهرهای پایدار بردارند. در این پژوهش کاربردی - توسعه‌ای با استفاده از شاخص‌های توسعه پایدار گردآوری شده از منابع مختلف در ابعاد فرهنگی - اجتماعی، نهادی - مدیریتی، زیست محیطی، اقتصادی و کالبدی و استفاده از ابزار نوین هوش مصنوعی، زمینه تدوین الگوی طراحی شهری پایدار پارامتریک فراهم گردیده است. در این مسیر ابتدا شاخصهای شهر پایدار احصاء گردیده است. در ادامه این شاخص‌ها با کمک کنشگران و با استفاده از پرسشنامه‌های نیمه باز، ارزشگذاری پارامتریک گردیده و به اعداد کمی تبدیل شده‌اند. در گام بعدی با استفاده از هوش مصنوعی در بستر ساختار شبکه عصبی مصنوعی (ANN) به مدل‌سازی داده‌های احصاء شده پرداخته شده است. مبتنی بر نتایج حاصل از پژوهش و خروجی مدل بهینه‌سازی که میزان استاندارد را دارا بوده است، مدل ارائه شده این پژوهش قابلیت تعمیم پذیری به سایر مسأله‌های مشابه پیش‌بینی پارامترهای طراحی شهری پایدار را دارد و می‌تواند پارامتر پایداری مدنظر را با دقت بالا پیش‌بینی کند.

هوش مصنوعی، طراحی شهری، طراحی شهری پارامتریک، بافت شهری، طراحی شهری پایدار پارامتریک

تاریخ دریافت:

۱۴۰۳/۰۴/۱۶

تاریخ بازنگری:

۱۴۰۳/۰۷/۲۰

تاریخ پذیرش:

۱۴۰۳/۱۱/۲۷

صص: ۲۲- ۳۸

نویسنده مسئول: حسین ذبیحی^۱ h.zabihi@srbiau.ac.ir

* این مقاله برگرفته از رساله دکترای نویسنده نخست با عنوان "نقش هوش مصنوعی در ارتقای فراروند طراحی شهری پارامتریک" به راهنمایی دکتر حسین ذبیحی و مشاوره دکتر زهرا سادات زرابادی در دانشکده عمران، معماری و هنر، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران است.

طراحی شهری گزینه‌های بهینه ارتقای کیفیت محیط را توسعه دهیم؟

این مقاله بوسیله الگوریتم‌های هوش مصنوعی و روش‌های داده محور آن، راهکاری را برای شبیه سازی یک تابع محاسباتی در طراحی شهری پایدار نشان می‌دهد که توانایی الگو شدن برای محققین این حوزه در شبیه سازیهای مرتبط محسوب می‌شود. طراحی شهری پارامتریک، به عنوان مطالعه موردی در این پژوهش در نظر گرفته شده است که بوسیله آموزش یک شبکه عصبی مصنوعی، تابعی برای شبیه سازی میزان افزایش کیفیت محیط (غایت طراحی شهری پایدار) که توسط تغییرات متغیرهای مرتبط تخمین زده می‌شود. هدف از آموزش و تخمین، رسیدن به دقت در ارزیابی میزان تغییر کیفیت محیط به ازای تغییر هر متغیر با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی است. آموزش شبکه عصبی مصنوعی توسط یک مجموعه داده آموزشی که توسط کنشگران منتخب انجام شده است، صورت می‌پذیرد. این مجموعه داده، شامل پارامترهای متغیر و پاسخ تابع هدف است. (رهبر و مهدوی نژاد، ۱۳۹۸).

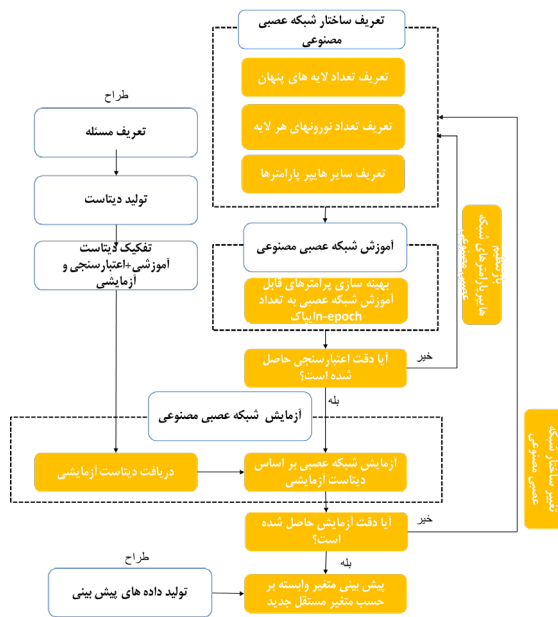
برای تهیه داده‌های مورد نظر برداشت کنشگران از میزان تاثیر هر متغیر در ارتقای کیفیت محیط در طراحی شهری پارامتریک ملاک عمل قرار گرفته است. در پژوهش حاضر از روش شبیه سازی نرم افزاری برای تهیه مجموعه داده‌های آموزشی شبکه عصبی مصنوعی استفاده شده است. فرآیندهای بررسی شده این توانایی را دارند که به روش برداشت محیطی تعمیم داده شوند و در مسئله‌های مشابه، به صورت الگو استفاده شوند. استفاده از الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی در شبیه سازی پارامترهای طراحی شهری پایدار، به عنوان یکی از کاربردهای الگوریتم‌های هوش مصنوعی، از نظر دقت بالا و قابلیت محاسبه سریع بر اساس مشاهدات شبیه سازی نرم افزاری اهمیت می‌یابد. این مورد در موضوعاتی که میتوان شبیه سازی پارامتریک را انجام داد اما مدت زمان محاسبات بسیار طولانی است پررنگ تر میشود و تابع محاسبه شده شبکه عصبی مصنوعی این توان را دارد که در زمان کوتاه ولی با دقت بالاتر محاسبات مدنظر را انجام دهد. در این تحقیق، نخست داده های آموزشی شبکه عصبی مصنوعی که ارتقای کیفیت محیط با طراحی شهری پارامتریک می‌باشد بوسیله شبیه سازی نرم افزاری گردآوری می‌شود. در ادامه با بررسی ساختار شبکه عصبی مصنوعی، الگوهای مختلف و تعداد لایه های پنهان و تعداد نرونها مورد نیاز در شبکه عصبی مصنوعی بررسی

افزایش سریع جمعیت، مهاجرت از روستاها به شهرها و تمرکز تدریجی جمعیت در آن، کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه را با مشکلات زیادی مواجه ساخته است (درخشان و سرکرده ای، ۱۰۴۱). از سویی دیگر شهرنشینی و شهرها در دهه های گذشته مورد توجه فزایندهای در گفته مان های دانشگاهی و عمومی قرار گرفته اند و برخی مضامین، مفاهیم و برجسبها مانند شهرهای هوشمند، شهرهای فراگیر، شهرهای تابآور و شهرهای پایدار محبوبیت خاصی پیدا کرده اند. هر یک از این مفاهیم با دیدگاه های نظری خاص، زمینه های تجربی، جهت گیری های سیاسی و تفاسیر هنجاری همراه است) (S, 9102 & nevarhc & enjiurB). در این راستا ساختن محیط های پایدار، انعطاف پذیر و قابل زندگی مستلزم اتخاذ تصمیم در حوزه طراحی شهری با ابعاد پیچیده و به کارگیری و یکپارچه نمودن دانش سایر تخصص های

تاثیر گذار در این حوزه است) (Longley, 2016: 215, Batty & .) پیا پیشرفت در قدرت محاسباتی و افزایش میزان دسترسی به داده ها، سیستم های پارامتریک اکنون می‌توانند برای مقابله با پدیده های پیچیده شهری در سطح چند مقیاسی و چند بعدی استفاده شوند. در مقایسه با روش های طراحی مرسوم، طراحی شهری پارامتریک از مزایای مینایی به عنوان مینایی برای پیکربندی مدل های شهرداری بعدی استفاده می کند. در این فرایند ابزار هارطی پارامتریک داده های ورودی متغیر را می پذیرند. در روش متغیرها در طرح پارامتریک به هم وابسته هستند که با

یکدیگر روابط ریاضی ایجاد می کنند. (Veirum, 2019: 19, Steino & .) مزیت این امر این است که با تغییر پارامترهای رانم محیطی، امکان دسترسی به طیف گسترده ای از راه حل ما فراهم می گردد. این بدان معنا است که در این صوتی متروان با تغییری در اطلاعات و داده ها در یک جزء، تغییرات در تمامی اجزاء اعمال نمود و در اختیار تصمیم گیرندگان قرار داد. مدل مورد استفاده در پژوهش ساختار NA به این جهت سرعت بخشیدن به تجزیه و تحلیل محیط قابلیت تعمیم پذیری و تطبیق پذیری و همچنین کاد دربربانک داده های بسیار پیچیده با روابط متعدد پیداهنشگر دیده است. در این راستا پرسش اصلی پژوهش را می توان به صورت زیر خلاصه کرد: چگونه می توانیم با استفاده از هوش مصنوعی با ایجاد تغییرات در پارامترهای

کاربست هوش مصنوعی در طراحی شهری پایدار پارامتریک



نمودار ۱- تشکیل کتابخانه پایتون با داده های ورودی
فلوچارت الگوریتم پژوهش

۲- مبانی نظری

۲-۱- طراحی شهری

پس از انقلاب صنعتی، افزایش جمعیت، آلودگی هوا، پیشرفت فناوری و گسترش بی‌رویه شهرها منجر به کاهش کیفیت زندگی شهری گردید. جنگ جهانی دوم و گستردگی خرابی‌های ناشی از آن نیز بر اهمیت توجه به دانش‌های حوزه «شهرسازی» افزود (روستا و قاسم‌پور، ۱۳۹۷). موضوعات و پروژه‌های طراحی شهری انجام شده در دهه‌های مختلف، نشان می‌دهد که در دهه ۶۰م. جهتگیری موضوعات به سمت مباحث بصری/کالبدی؛ دهه ۷۰م. به سمت مباحث ادراکی؛ دهه ۸۰م. به سمت مباحث زیست‌محیطی (بنکدار و قرایی، ۱۳۹۰) و در دهه ۹۰م. با مورد توجه واقع شدن آثار هایدگر در معماری و شهرسازی توسط نوربرگ شولتز، جنبه جدیدی از بعد ادراکی یعنی بعد اجتماعی و به تبع آن واژگانی همچون مکان، حس مکان و مکان‌سازی وارد ادبیات طراحی شهری شد (بحرینی و خسروی، ۱۳۹۳). به عبارتی طراحی شهری نظم چندسطحی است که شامل شاخه‌های متعددی از مهندسی و طراحی مانند برنامه‌ریزی و ترکیبات شهری، توسعه معماری، معماری منظر و غیره است (دانش پژوه و همکاران، ۱۳۹۶: ۴۸) از منظر توسعه اقتصادی

می‌شود. بعد از آن با آزمایش بر الگوهای شبکه‌های عصبی مصنوعی، بهترین و بهینه‌ترین الگو برای ارزیابی و پیش‌بینی مدنظر قرار می‌گیرد. در انتها، دلایل و ساختار استخراج شده از ارزیابی‌ها مورد نقد و بررسی قرار می‌گیرد و مخاطب با مطالعه این پژوهش می‌تواند در مطالعات محاسبات طراحی شهری پایدار از این الگو شبکه عصبی مصنوعی بهره‌بردار. در نهایت هدف از این تحقیق دادن راهکاری برای محاسبه دقیق پارامترهای پایداری محیطی توسط روش‌های داده‌محور هوش مصنوعی می‌باشد. همانگونه که در ادامه در الگوریتم پیشنهادی نمایش داده شده است؛ تعریف مسأله توسط طراح، ورودی اصلی مدلسازی محسوب شده و پیش‌بینی متغیر وابسته تحت تاثیر متغیرهای مستقل جدید نیز خروجی اصلی می‌شود. در کلیت نشان داده شده، بعد از تعریف مسأله، مجموعه داده‌های آموزشی (دیتاست) در دو دسته آموزشی و دسته آزمایشی تهیه می‌شود که در مرحله بعد ساختار شبکه عصبی مصنوعی تعریف می‌شود. تعداد لایه‌های پنهان و همچنین تعداد نورونهای هر لایه که به دقت تنظیم می‌شوند، مهمترین هاپیر پارامتر تاثیرگذار در تعریف ساختار شبکه عصبی به شمار می‌روند. در گام‌های بعدی، به ترتیب آموزش شبکه عصبی توسط داده‌ها و ارزیابی آن صورت می‌گیرد. در این مرحله چنانچه دقت ارزیابی مد نظر، محقق نشده باشد ساختار شبکه عصبی بازبینی می‌شود تا با ایجاد تغییراتی ظرفیت دقت مطلوب حاصل گردد. پس از تایید دقت اعتبارسنجی، دقت مدل هوش مصنوعی با داده‌های آزمایشی سنجیده می‌شود و در این گام میزان قابلیت تعمیم‌پذیری مدل آموزش دیده تدقیق می‌گردد. در این فرآیند چنانچه دقت مطلوب حاصل نشده باشد، در فرآیند برگشت پذیر ساختار اصلی شبکه عصبی مصنوعی را عوض می‌کنیم تا نتیجه به بهینه‌ترین وضعیت خود نزدیک شود. در وضعیت بهینه این توانایی وجود دارد که از مدل تولید شده در پیش‌بینی متغیرهای وابسته توسط متغیر جدید مستقل بهره‌بردار.

و پایدار شهرها، یافتن یک چیدمان بهینه و راهکارهای طراحی متناسب با هویت هر شهر از ویژگیهای اصلی طراحی شهری پایدار می باشد (Wang, Guo, Jiang, Sun, 2024).

۲-۲- طراحی پارامتریک یا الگوریتمیک

در سال‌های اخیر، کاربرد پیشرونده سیستم‌های طراحی محاسباتی در طراحی شهری امکان کاوش‌های بی‌سابقه و کل‌نگر از یک فضای فیزیکی را فراهم کرده است. با توجه به اینکه رویکردهای مرسوم طراحی و برنامه ریزی شهری ذاتاً بی اثر و زمان‌بر هستند، به ویژه هنگامی که نوبت به در نظر گرفتن گزینه‌های متعدد طراحی و بهینه سازی های طراحی می رسد، جای تعجب نیست که این نوع برنامه های کاربردی دیجیتال یک تغییر پارادایم جدید را ایجاد کرده اند که از آنالوگ به تفکر دیجیتالی گسترده منتهی شده است. (۲۰۱۸ ، ، مدلسازی پارامتریک از مهمترین کاربردهای هوش مصنوعی به شمار می‌رود که با لحاظ نمودن تمامی وجوه شکلی و فرایندی، استراتژی های متنوعی از برنامه‌ریزی را در محیط‌های شهری تدارک می‌بیند (Chowdhury and Schnabel, 2018; Vuckovic et al. 2017; Zhang and Liu, 2019). از اواسط دهه ۱۹۷۰، سیستم‌های محاسباتی فرم‌ها و الگوهای پیچیده را بسیار سریع‌تر و کارآمدتر از تکنیک‌های شبیه‌سازی آنالوگ کرده‌اند (Reas and McWilliams 2010, 27; Terzidis 2011, 97). مدل‌سازی پارامتریک با توانایی تولیدی خود که برای تبدیل قطعات در یک نظم سازمانی یکپارچه مورد ارزیابی قرار گرفته شده است (Meredith 2008, 6)، به یکی از تکنیک‌های برجسته طراحی تبدیل شده است که از اوایل دهه ۱۹۹۰ به کار گرفته شد (Rowe 2017, 11-15).

۲-۳- هوش مصنوعی

هوش مصنوعی حوزه علمی - فنی جدیدی است که بیش از ۶۰ سال از پدید آمدن آن می‌گذرد. این حوزه تأثیر غیر قابل انکاری بر اکثر فناوری‌ها داشته است، زیرا هم برای درک موجودات هوشمند تلاش میکند هم قصد دارد موجودات هوشمند بسازد (۲۰۲۱ ، ایده‌های اصلی در شکل‌گیری علم و فناوری هوش مصنوعی مدرن توسط فلاسفه کلاسیک به وجود آمد. آنها تلاش کردند تا فرآیند اندیشیدن انسان را در قالب سمبل‌ها، توصیف کنند.

دانشمندان بسیاری در این زمینه فعالیت کرده‌اند و کارهای بسیاری همچنان باید انجام شود (Buchanan, 2006). جان مک کارتی که به عنوان «پدر علم و دانش ماشین‌های هوشمند» شناخته میشود برای اولین بار از هوش مصنوعی استفاده کرده است. مک کارتی، مینسکی، کلود شانون (Claude Shannon) و ناتانیل (Nathaniel Rochester) روچستر در سال ۱۹۵۶ کارگاهی آموزشی با موضوع هوش مصنوعی (پروژه دارت موث) (Dartmouth) در دانشگاه دارتموث تشکیل دادند. (Norvig & Russell SJ, 2016).

۲-۴- هوش مصنوعی و طراحی شهری پارامتریک

رایانه‌ها بیش از ۹۰ سال است که به عنوان ابزار پشتیبانی برای طراحی محصول استفاده می‌شوند (Alcaide, 2025). در این راستا بهینه سازی طراحی، به عنوان یکی از روش‌های اصلی طراحی مولد، از دهه ۱۹۶۰ مورد مطالعه قرار گرفته است. با این حال، نیم قرن بعد، در زمینه طراحی شهری، هنوز در مرحله تحقیقاتی و آزمایشی است و به ندرت در پروژه‌های واقعی استفاده می‌شود. در سالهای اخیر، بهره‌مندی از فناوریهای جدید به خصوص هوش مصنوعی و کلان داده‌ها، در دستور کار قرار گرفته است (Guo & Peng, Dong, 2021, 116, Marcus 2018, 30). به طوریکه هوش مصنوعی امکاناتی را فراهم آورده است که تصاویر تهیه شده از فضاهای شهری با استفاده از ماهواره‌ها و یا داده‌های سنجش از دور و حتی دوربینهای معمولی، به راحتی تجزیه و تحلیل شوند (Li, Yabuki, Fukuda & Zhang, 2020). در مطالعات جدیدتر، از تکنیک‌های دید کامپیوتری مبتنی بر هوش مصنوعی بهره برداری شده تا ارتباط خودکار بین سرزندگی فضاهای شهری، به شکل کمی ارزیابی گردد. استفاده از طبقه بندی صحنه های ضبط شده به همراه مدل ردیابی چند شی برای تحلیل کلیه‌های ویدئویی تهیه شده و بازدیدهای میدانی، امکان طبقه بندی شدت فعالیت عابران پیاده و تشخیص ترجیحات آنها را در فضاهای مختلف شهری، ممکن می‌سازد. با این وجود، تاکنون تحقیقی که بتواند قابلیت‌ها و زیرساخت‌های لازم برای هر روش را تعیین نموده و مزایا و معایب آنها را مشخص نماید، به انجام نرسیده است. سیستم طراحی در این شیوه دینامیک است و دارای

بعد، خوشه، شاخص و زیرشاخص تدقیق شده است." (عراقی کزاز، ۱۳۹۸) در ادامه این شاخصها در اختیار کنشگران قرار داده شده تا با استفاده از پرسشنامه‌های نیمه باز به ارزشگذاری پارامتریک شاخصها پرداخته شود. جامعه آماری (کنشگران) در نظر گرفته شده در تدوین این پژوهش (نخبگان موثر در عرصه طراحی شهری در حوزه دانشگاهی و مدیریت شهری) با تعداد ۱۲ نخبه (تا مرحله رسیدن به اشباع نظری) بر اساس روش وداک در تحلیل محتوا مبتنی بر مرحله هدف‌گذاری تبیین شده است) تعریف شده است. تکنیک مورد استفاده در این گام از پژوهش، تکنیک تحلیل محتوا بوده است. در گام انتهایی نیز مدل‌های هوش مصنوعی موجود و معادلات ریاضی موجود در شبکه عصبی ANN از داده‌های نهایی مورد استفاده به شمار می‌رود. در جدول ذیل مشخصات داده‌های مورد استفاده اشاره گردیده است؛

جدول ۱- مشخصات داده‌های مورد استفاده در پژوهش

روش تحقیق	روش نمونه‌گیری	روش گردآوری داده‌ها	روش تحلیل محتوا	روش اعتبار سنجی
تحلیل روش سیستماتیک	احصاء شاخصهای طراحی شهری	مطالعات کتابخانه-ای	ارزشگذاری پارامتریک شاخصهای طراحی شهری	بررسی نظام‌مند متون، جستجو و انتخاب منابع، تجزیه، تحلیل و ترکیب، کنترل و ارایه یافته‌ها
تحلیل محتوا	ارزشگذاری پارامتریک شاخصهای طراحی شهری	پرسشنامه‌های نیمه باز	ارزشگذاری پارامتریک شاخصهای طراحی شهری	استخراج مفاهیم، ترکیب بندی مفاهیم، استخراج مقوله‌های اصلی و تفسیر مقوله‌ها در بستر و زمینه ANN و پایتون
اعتبار سنجی	نحوه کاربست هوش مصنوعی	تکنیکهای هوش مصنوعی	نحوه کاربست هوش مصنوعی	تکنیکهای هوش مصنوعی

۴- تجزیه و تحلیل داده‌ها (مدلسازی)

در این گام، مراحل به شرح ذیل جهت مدلسازی ساختار بندی گردیده است؛

۴-۱- اقتباس شاخص‌های طراحی شهری پارامتریک

همانگونه که اشاره گردید، با مرور ادبیات نظری موجود در پژوهش دوره دکتری به روش ساخت نظریه، تعداد ۴۱ زیر شاخص و کیفیت‌های مورد انتظار از انواع فضاهای شهری جهت دستیابی به شهر پایدار احصاء شده است.

رابطه تعاملی با طراح می‌باشد و طراح قادر است تا با تغییر هر ورودی، خروجی را تغییر دهد. مجموعه‌ای از شاخصه‌های شهری و تراکم‌ها که یک وضعیت طراحی را نشان می‌دهد به صورت اتوماتیک با آپدیت نمودن هندسه تغییر می‌نماید (Beirão, Nourian, Walderveen, 2011). به عبارتی هنگامی که معیارهای انتخاب شده برای طراحی را می‌توان کمی‌سازی و بیان کرد، مسئله طراحی می‌تواند به طور طبیعی به عنوان یک مسئله بهینه‌سازی (Braibant and Sander, 1987) فرموله شود، که راهی برای ادغام تحلیل طراحی با تلفیق فراهم می‌کند (Miao, Koenig and Knecht, 2020). از سویی به اختصار بایستی اشاره گردد که فقدان فرمول‌های ریاضی برای مسائل طراحی و مسائل مربوط به کارایی و اثربخشی ناکافی از کاستی‌های روش‌های مولد مبتنی بر بهینه‌سازی طراحی است (Machairas & et al., 2014). بنابراین، یک رویکرد ترکیبی با هوش مصنوعی (یادگیری ماشینی) می‌تواند برای استفاده از هر دو پیشنهاد شود.

۳- روش پژوهش

۳-۱- داده‌ها

در فرایند اشاره شده جهت تولید دیتاست مرتبط با متغیرهای طراحی شهری پایدار، تعداد ۴۱ زیرشاخص احصاء شده جهت دستیابی به شهر پایدار از پایان نامه دکتری شهرسازی آقای دکتر عراقی به راهنمایی آقای وراز مرادی مسیحی با روش پژوهش ساخت نظریه مورد استناد قرار گرفت. در رساله مزبور در بخش تدقیق و احصاء شاخص‌های شهر پایدار؛ "نخست مواردی از منابع شناخته شده (به طور مثال، بانک جهانی، کمیسیون توسعه پایدار سازمان ملل متحد (UNCSD)، سازمان همکاری اقتصادی و توسعه (OECD) مورد مطالعه قرار گرفت تا تهیه لیست شاخص‌های پایداری شروع شود. افزون بر ۱۴۴ منبع مطالعه شده و افزون بر ۶۰۰ شاخص در بررسی کلیدواژه در پایگاه داده تهیه و تشخیص داده شده است. بعد از کم کردن موارد تکثیر و شاخص‌های آشکار از منابع بدون توصیف یا معیارهای پشتیبانی، این لیست با ۴۱ زیرشاخص (جدول شماره ۲) نهایی شد. نتیجه استخراج شده از تکنیک تحلیل سیستماتیک عبارت است از ۶ گام اصلی در قالب ۴ دسته‌ی

جدول ۲- شاخصهای دستیابی به شهر پایدار

بعد	خوشه	شاخص	زیرشاخص	
زیست محیطی	مخاطرات طبیعی	وضعیت مخاطرات طبیعی (سانحه خیزی)	وضعیت زلزله خیزی	
		پوشش گیاهی	دسترسی به فضای سبز	
	سلامت آب، هوا و خاک	بررسی وضعیت پسماند و بازیافت زباله	نحوه جمع آوری پسماند	
		وضعیت آب و فاضلاب	جمعیت تحت پوشش شبکه لوله کشی آب	
اقتصادی	تنوع اقتصادی	کیفیت هوا	متوسط آلودگی صوتی	
		مدیریت مصرف انرژی	مصرف انرژی در ابنیه	
	رونق اقتصادی	گروه های شغلی	توزیع ثروت و درآمد جامعه	
		میزان جمعیت شاغل	تنوع اقتصادی	
		تامین رفاه اقتصادی	نرخ فقر	
		سرمایه	قدرت خرید مسکن	
	جمعیتی	ارزش معاملاتی	قیمت املاک محله	
		ثبات جمعیت	نرخ رشد جمعیت	
	اعتماد اجتماعی	اعتماد اجتماعی	میزان شناخت و ارتباطات محله ای	تراکم جمعیتی
			بهداشت روح و روان	برآورد از وجود ارزشهای مشترک در محله
امنیت اجتماعی		میزان جرم و آسیب های اجتماعی	امنیت تردد کودکان	
		شناسایی فضاهای ناامن محله	فضاهای تاریک	
		شناخت غریبه در محل	ورودی و خروجی مشخص در محله	
		خدمات نظامی و انتظامی	سرانه تعداد کلانتری	
مشارکت اجتماعی		وجود اشکال یاریگری و گروه های محلی داوطلب	امکان تصمیم گیری و مدیریت جمعی محله	سابقه به نتیجه رسیدن اقدام مشارکتی
			احساس عضویت و مسولیت در محله	تمایل به فعالیت های گروهی
		مناسک خودجوش محلی	برگزاری مناسک ویژه	
		دسترسی اهالی به مسکن مناسب در محله	سرانه مسکن	
	دسترسی برابر افراد محله به زیرساخت ها و امکانات	رضایت از دسترسی به آب		
	سطح کیفیت خدمات بهداشتی	دسترسی به بهداشت عمومی		
تعلق مکانی	برآورد اهالی از منزلت اجتماعی محله	حفاظت از میراث فرهنگی محله	تمایل به حفظ هویت و تاریخچه محله (نام محله)	
		دربریگری آموزش به همه گروه های سنی و جنسی	کارگاه های حقوق شهروندی	
	امید به زندگی	کاهش مرگ و میر کودکان و مادران		
	کیفیت شبکه معابر	وضعیت پوشش معبر		
شبکه ارتباطی	کارایی شبکه حمل و نقل عمومی	ایستگاه اتوبوس		
		پیاده مداری	عرض پیاده رو	
	در دسترس بودن مناطق عمومی	وجود مراکز خرید و فراغت		
		وجود مکانی برای تعاملات اجتماعی و برگزاری مراسم	وجود پاتوق محلی	
	ریخت گونه شناسی	گونه شناسی معماری	تراکم	
		سیما و منظر	تراکم ساختمانی	
کارکرد گونه شناسی	وضعیت کیفی کاربری ها	ماتریس سازگاری		
	انطباق پذیری بودجه با نیازهای ساکنین	انطباق پذیری بودجه با نیازهای ساکنین		
نهادی - مدیریتی	اجرا	بستر نهادی	مدیریت صحیح و کارآمد	
		عملکرد نهادی	شفافیت	
فناوری اطلاعات	استفاده از بانکهای اطلاعات رایانه ای	بایگانی و آرشیو اسناد و مدارک	وجود بانک های اطلاعاتی آماری	

انجام داده اند که میانگین نظرات ارایه شده به عنوان داده های ورودی مدل استفاده شده است.

۴-۴- کاربست مدل

در پژوهش حاضر تلاش می‌گردد، با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی (شبیه سازی نرم‌افزاری) تابعی مدل‌سازی گردد که با تقریبی مناسب روابط متغیرهای ملاک عمل در مدل را پیش‌بینی و پیدا کند. پارامترهای مستقل یا پیش‌بینی این پژوهش، میزان تاثیر گذاری هر متغیر در طراحی شهری پارامتریک است که معادل میانگین مقادیر عددی اخذ شده از کنشگران است. پارامتر وابسته یا ملاک این پژوهش، میزان ارتقای کیفیت محیط است.

۴-۴-۱- تشکیل بانک داده

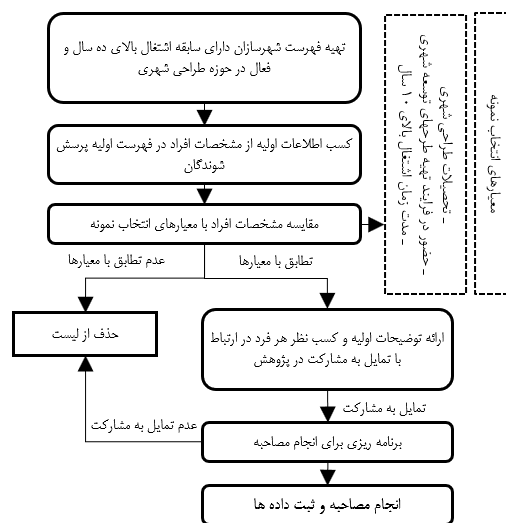
از مهمترین دلایل قابل ذکر در خصوص استفاده از مدل ANN در پژوهش پیش رو، تعداد زیاد پارامترهای پیش رو در طراحی شهری و پیچیدگی روابط بین آنها در تاثیر گذاری بر کیفیت محیط شهری می باشد. در این مدل گام ها و مراحل جهت دریافت خروجی و تفسیر نهایی مدل ساختار بندی گردیده است که در ادامه به ترتیب ارایه می گردد؛ در این مرحله شاخص های طراحی شهری پارامتریک به عنوان بانک داده در مدل ANN بار گذاری گردیده است. با توجه به داده‌های کنشگران برای تهیه داده‌های مدل هوش مصنوعی ۴۱ شاخص پارامتریک طراحی شهری در نظر گرفته شده است. پس از تهیه مجموعه بانک داده ها، از کتابخانه تنسرفلو و کراس در زبان برنامه نویسی پایتون برای شبیه سازی الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی استفاده شده است. سپس بانک داده تهیه شده که مدل بر روی آن آزمایش خواهد شد، اضافه گردیده است. با توجه به مبانی نظری در نظر گرفته شده ۴۱ شاخص طراحی شهری در ۶۰۰۰ نمونه به صورت تصادفی امتیازدهی شدند. نمونه های تصادفی از منظر شاخص ها از ۰ تا ۹ امتیاز دهی شده و امتیاز هر نمونه در هر شاخص در وزن آن شاخص ضرب شد تا اوزان هم مقیاس به دست بیاید. هر یک از نمونه های در نظر گرفته شده با توجه به امتیاز شاخص ها در یکی از دو دسته طراحی شهری خوب (۱) یا طراحی شهری بد (۰)

جدول ۳- کیفیات مورد انتظار از انواع فضاهای شهری

کیفیت	ورودی		گره	
	پدیری تبدیل	فوق پدیری	سکون	پدیری
نوع فضا	مسیر		لبه آب	
کیفیت	حضور پذیری	یوایی	موج بودن	طراوت
نوع فضا	پله			
کیفیت	خوش منظر بودن	القای سلسله مراتب	مراکز	تاریکی

۴-۲- انتخاب کنشگران

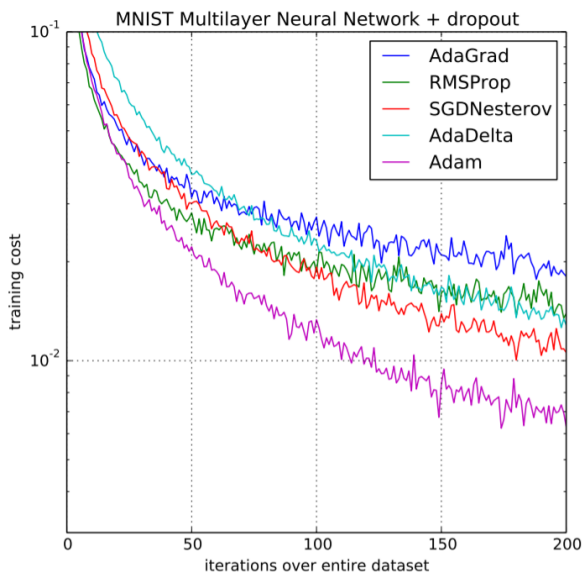
در این مرحله جهت ادامه فرایند به شرح نمودار ذیل به شناسایی کنشگران تاثیر گذار در فرایند پژوهش پرداخته شد.



نمودار ۲- نحوه انتخاب کنشگران

۴-۳- ارزش گذاری پارامتریک شاخصهای گام ۴-۱

لیست تهیه شده در گام ۴-۱ در اختیار کنشگران قرار داده شده و بر اساس کیفیات مورد انتظار از انواع فضاهای شهری، ارزش گذاری پارامتریک زیر شاخص ها را با صرف زمان ۱۹۴ ساعت کار شناسی با استفاده از پرسشنامه های نیمه باز،



نمودار 9: مدل بهینه سازی Adam

در نهایت و پس از آموزش مدل روی داده های *Train* و تست انجام شده روی داده های دسته *Test* دقت به دست آمده نزدیک به ۹۹٪ می باشد که دقت مناسبی برای این مدل محسوب می گردد. به منظور انجام تست دستی مدل و سنجش میزان دقت مدل دو نمونه به صورت دستی و با شاخص ها امتیازدهی شده و پس از هم مقیاس سازی وارد مدل شده است که پس از انجام پیش بینی مدل هر دو نمونه به صورت درست پیش بینی شده اند که نشان دهنده دقت مناسب مدل و صحت پیش بینی ها می باشد. پیش بینی تغییرات تاثیرات متغیرهای ارتقای کیفیت محیط در نمودار مقایسه میزان خطای محاسباتی سه مدل آموزش نمایش داده شده است. همانطور که مشاهده می گردد، در مدل سوم، دقت پاسخ از همه بیشتر است و کمترین خطا گزارش می گردد. علت آن نیز پیچیدگی فضای جستجو می باشد. به دلیل پیچیدگی پاسخ ها و تنوع آنها در هر متغیر، به یک شبکه عصبی با پیچیدگی زیاد مورد نیاز است تا توانایی شبیه سازی با دقت بالا انجام دهد. باید توجه کرد که پیچیده تر کردن شبکه عصبی مصنوعی نتیجه به ایجاد مشکل بیش برآزش می شود و الزاماً به سمت بهینه شدن مدل حرکت نمی کند.

Part5 : Bulding the ANN

Initializing the Ann

```
ann = tf.keras.models.Sequential()
```

نمودار 8: مرحله ساخت مدل ANN

۴-۲- دقت پیش بینی مدلها

در دقت پیش بینی مدلها، پس از شکل گیری فرآیند آموزش، سه مدل شبکه عصبی در دو وضعیت جداگانه مورد بررسی و تحلیل قرار می گیرد. نخست حالت آنها در طی فرآیند آموزش و مقادیر توابع هزینه بر روی داده های آموزش و مقادیر توابع هزینه بر روی داده های آموزش و اعتبارسنجی مورد بررسی قرار می گیرد. فرایند *optimize* شدن لایه ها با تغییر هر شاخص وابسته به وزنی می باشد که توسط این *activation* تعریف می گردد. با توجه به اینکه نوع ورودی و لایه ها از نوع چند متغیر هستند از *activation* معروف و شناخته شده یعنی *Relu* در این مدل استفاده می شود. پس از تعریف لایه اول می بایست لایه های میانی را تعریف کرد. با توجه به اینکه لایه های تعداد گره های لایه های میانی تعداد مشخص ندارد. در این فرایند به صورت تصادفی از ۴ لایه درونی و با تعداد گره ۴۰، ۵۰، ۳۰ و ۱۰ استفاده شده است. و در نهایت نیز لایه نهایی با ۳ گره و با توجه به تعداد متغیرهای Y (۲۰ و ۱) تعریف شده است. در واقع پارامترهای مشخص شده فرایند آموزش و بهینه سازی مدل هوش مصنوعی را انجام خواهند داد. در این مدل ها ابتدا در فرایند رفت وزن ها مطابق چیزی که پیشتر بیان شد مشخص و تعریف می شوند. سپس با استفاده از ارزیاب *Binary_crossentropy* و الگوریتم بهینه سازی *adam* دوباره فرایند به صورت بازگشتی و در یک چرخه به عقب باز میگردد و وزن ها آپدیت می شوند. در هر مرحله امتیازات مدل هوش مصنوعی با استفاده از ارزیاب *accuracy* سنجیده شده و دقت مدل پیرینت خواهد شد. مدل بهینه سازی *Adam* یکی از مدل های شناخته شده جهت بهینه سازی وزن ها می باشد که عملکرد مناسبی را نسبت به سایر الگوریتم های بهینه سازی انجام میدهد. در ادامه نمودار مقایسه این بهینه ساز و دیگر بهینه سازها ارائه شده است.

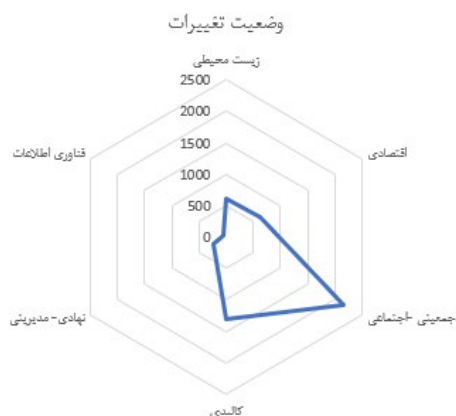
۵- یافته های پژوهش

مهم‌ترین کمکی که ابزارهای تولید محتوای هوش مصنوعی به روند تولید محتوا می‌کنند، خودکارسازی بسیاری از وظایف و تسک‌های تولید محتوا است. در این راستا یکی از ابزارهای قدرتمند، مدل سازی پارامتری است که از فرآیند تفکرات پارامتریک ناشی می‌شود که تمام جنبه های طراحی در برخی سطوح با یکدیگر در ارتباط است. جهت تولید محتوای جدید و یا بررسی و ارایه تمامی محتواهای موجود، با استفاده از نرم افزارهای پارامتری، اجزای طراحی با یکدیگر مرتبط و به صورت خودکار بر یکدیگر تاثیر می‌گذارد، سپس تمامی حالت‌های ممکن از ترکیب پارامترهای طراحی ایجاد شده و تصمیم‌گیری در جهت مطلوبترین گزینه را تدارک می‌بیند. کامپیوتر قادر است در لحظه میلیون‌ها محاسبه را انجام دهد و نتیجه‌ها را مصور سازد. شاخصهای پارامتریک و توپولوژیکال داده شده به مدل انعطاف پذیری برای تطبیق پذیری و تغییر در هر مرحله از توسعه را فراهم می‌کند. در متودولوژی طراحی شهری پارامتریک فرم‌های متفاوت و گزینه‌های مختلف از نواحی شهری توسط ابزارهای دیجیتال جستجو می‌شود. در پژوهش حاضر ۴۱ زیر شاخص نهایی جهت تعریف محیط طراحی شهری احصاء گردیده است. ترکیب شاخصهای اشاره شده منجر به تولید محتوایی با ۴۱۹۱۶ حالت مختلف در فضای شهری گردیده است که در محاسبات به طور کامل وارد شده‌اند. به عبارتی می‌توان اشاره نمود که ۴۱ شاخص به کاررفته در پژوهش حاضر منجر به تولید ۴۱۹۱۶ حالت فضایی مختلف شده است که هر یک ویژگی‌ها و کیفیتهای فضایی مختلفی را منجر می‌شوند. در خصوص وضعیت تحلیلی پژوهش پیش رو، جهت رفع محدودیت‌های طراحی شهری پارامتریک و مدیریت داده‌های پیچیده تلاش گردیده است در گام نخست به دسته بندی شاخصها پرداخته شده است و در این راستا با توجه به زمینه ذهنی کنشگران و در فرایند ذکر شده در فصل چهارم از پژوهش حاضر، امتیازدهی توسط کنشگران صورت گرفته است. سپس امتیازهای داده شده به عنوان داده های ورودی در هوش مصنوعی و در کتابخانه پایتون

وارد گردیده است که منجر به احصاء نتایجی به شرح ذیل شده است؛

جدول 4- وضعیت تغییرات شاخص های تاثیر گذار و تاثیرپذیر در طراحی شهری پارامتریک

رتبه تاثیرگذاری و تاثیرپذیری	وضعیت تغییرات	بعد
1	2163.29	جمعیتی-اجتماعی
2	1301.583	کالبدی
3	639.1616	اقتصادی
4	608.2895	زیست محیطی
5	238.1529	نهادی-مدیریتی
6	43.73043	فناوری اطلاعات



نمودار 10: وضعیت تغییرات شاخص های تاثیر گذار و تاثیرپذیر در طراحی شهری پارامتریک

همانگونه که دیده می‌شود شاخص جمعیتی - اجتماعی بیشترین تاثیرگذاری و تاثیرپذیری را در طراحی شهری پارامتریک و ارتقا کیفیت محیط داشته و پس از آن نیز شاخص های کالبدی. همچنین فاصله تاثیرگذاری و تاثیرپذیری شاخص کالبدی از شاخص های قبل و بعد خودش قابل توجه می‌باشد. سپس فاصله بعد اقتصادی از زیست محیطی می‌باشد که می‌توان اشاره نمود در اختلاف اندکی نسبت به یکدیگر قرار گرفته‌اند. در جدول ۵ نیز تفسیر میزان تاثیرگذاری شاخص ها بر اساس خروجی های مدل ارایه گردیده است؛

جدول ۵- تفسیر میزان تاثیرگذاری شاخص ها بر اساس خروجی های مدل

بعد	خوشه	شاخص	زیرشاخص	میانگین امتیاز تاثیرگذاری بر اساس هوش مصنوعی	سهم زیرشاخص در حساسیت مدل
زیست محیطی	مخاطرات طبیعی	وضعیت مخاطرات طبیعی (سانحه خیزی)	وضعیت زلزله خیزی	0.565	1.378
			پوشش گیاهی	دسترسی به فضای سبز	1.365
	سلامت آب، هوا و خاک	وضعیت آب و فاضلاب	نحوه جمع آوری پسماند	0.883	2.155
			جمعیت تحت پوشش شبکه لوله کشی آب آشامیدنی	0.446	1.087
			کیفیت هوا	1.172	2.858
			مدیریت مصرف انرژی	0.563	1.374
اقتصادی	تنوع اقتصادی	گروه های شغلی	توزیع ثروت و درآمد جامعه	0.865	2.110
			میزان جمعیت شاغل	1.235	3.013
	رونق اقتصادی	تامین رفاه اقتصادی	نرخ فقر	0.935	2.281
			سرمايه	1.086	2.650
			ارزش معاملاتی	1.125	2.745
			قدرت خرید مسکن	1.147	2.796
جمعیتی - اجتماعی	اعتماد اجتماعی	میزان شناخت و ارتباطات محله ای	تراکم جمعیتی	1.165	2.843
			بهداشت روح و روان	1.316	3.209
	امنیت اجتماعی	میزان جرم و آسیب های اجتماعی	امنیت تردد کودکان	1.351	3.294
			شناسایی فضاهای ناامن محله	1.326	3.234
			شناخت غریبه در محل	1.359	3.315
			خدمات نظامی و انتظامی	0.716	1.746
	مشارکت اجتماعی	وجود اشکال یاریگری و گروه های محلی داوطلب	سرانه تعداد کلانتری	0.701	1.711
			امکان تصمیم گیری و مدیریت جمعی محله	0.630	1.536
			احساس عضویت و مسولیت در محله	0.781	1.904
			تمایل به فعالیت های گروهی	1.299	3.169
	عدالت اجتماعی	مناسک خودجوش محلی	دسترسی اهالی به مسکن مناسب در محله	0.799	1.949
			دسترسی برابر افراد محله به زیرساخت ها و امکانات عمومی	0.465	1.134
سطح کیفیت خدمات بهداشتی			1.072	2.614	
برآورد اهالی از منزلت اجتماعی محله			0.654	1.594	
آموزش اجتماعی	تعلق مکانی	حفاظت از میراث فرهنگی محله	تمایل به حفظ هویت و تاریخچه محله (نام محله)	1.358	3.313
			دربرگیرندگی آموزش به همه گروه های سنی و جنسی	1.090	2.659
	شبکه ارتباطی	کیفیت شبکه معابر	امید به زندگی	0.531	1.295
			کاهش مرگ و میر کودکان و مادران	1.300	3.171
			کارایی شبکه حمل و نقل عمومی	1.170	2.853
			کیفیت پوشش معبر	1.382	3.371
کالبدی	گره	در دسترس بودن مناطق عمومی	عرض پیاده رو	1.393	3.397
			وجود مراکز خرید و فراغت	1.346	3.282
	ریخت گونه شناسی	وجود مکانی برای تعاملات اجتماعی و مراسم	وجود پاتوق محلی	1.358	3.313
			گونه شناسی معماری	1.366	3.331
			سیما و منظر	1.372	3.345
			ماتریس سازگاری	0.500	1.219
نهادی - مدیریتی	بودجه بندی	انطباق پذیری بودجه با نیازهای ساکنین	مدیریت صحیح و کارآمد	0.783	1.909
			بستر نهادی	0.673	1.641
			عملکرد نهادی	0.673	1.641
فناوری اطلاعات	استفاده از بانک های اطلاعات رایانه ای	بایگانی و آرشیو اسناد و مدارک	وجود بانک های اطلاعاتی آماری	0.359	0.876

۶- بحث و نتیجه گیری

همانطور که در بخش مقدمه و مبانی نظری اشاره گردید، در دو دهه گذشته با وجود تجربه‌های برنامه ریزی و مشکلات موجود، در طراحی و برنامه ریزی شهری در عرصه عملی و نظری اصلاحاتی جدیدی ایجاد شده است. این اصلاحات در مسیر انعطاف پذیری بیشتر طرح‌ها صورت می‌گیرد و الگوریتم‌های مستخرج شده از هوش مصنوعی توانایی دارد که به عنوان ناجی در برنامه ریزی مورد قبول واقع شود و تلاش می‌شود در بستر آن برنامه ریزی مناسبی کنترل و هدایت شود. با توجه به مطالب گفته شده در بررسی احصاء شاخص‌های طراحی شهری پارامتریک، طبق تکنیک سیستماتیک نتیجه‌های بدست آمده نشان می‌دهد که ۵ نوع فضای شهری در این موضوع وجود دارد هر کدام بر اساس انتظارات منتهی به ارتقا کیفیت محیط در حالت ایده آل باید نجر به وجود آمدن کیفیت‌های فضایی گردند. بر اساس نتایج تحلیلی مزبور، هر یک از زیرشاخه‌های اشاره شده دارای خصوصیتی هستند که می‌توانند به صورت کمی درآمده تا در معادلات ریاضی و هندسی هوش مصنوعی وارد شوند. به عنوان مثال در دسته فرم از فضاهای شهری عنصری به نام بدنه موجود می‌باشد که تغییرات ارتفاع آن به نسبت محور مجاورش درجه محصوریت را تعریف می‌نماید. این شاخص در ترکیب با سایر شاخص‌های معرفی شده می‌تواند منجر به تدارک مجموعه کیفیت‌هایی گردد که در تغییراتی را در احساسات استفاده کنندگان از فضا موجب گردد. تعریف چگونگی تبدیل شاخص‌های اشاره شده به شاخص‌های کمی

و قابل اندازه‌گیری توسط اجماع نظری کنشگران در بستر تحلیل محتوا تدارک دیده شده است. در مجموع مستند به نتایج حاصل، اگرچه که ممکن است برخی شاخص‌ها در این میان مغفول واقع شده باشند، اما مجموعه‌ای از آلترناتیوها طراحی می‌گردند که می‌توانند بر اساس توابع ریاضی تعریف شده در ترکیب با دانش طراحان شهری دامنه گسترده‌ای از موقعیتهای قابل دسترسی را تعریف نمایند.

در ادامه نتایج حاصل از پژوهش می‌تواند منجر به تجویز راهکارهایی که قابلیت کار آیی و مطلوبیت یا پاسخ دهندگی برنامه‌های مکان سازانه را ارتقا دهد، در فرایند تبیین برنامه توسعه شهر گردد. بنابراین در راستای بهبود شرایط و تحقق هدایت و کنترل ارتقای کیفیت محیط شهری در بستر هوش مصنوعی تمرکز بر اقدامات زیر پیشنهاد می‌گردد:

— در گام نخست داده‌پردازی، آگاهی سنجی و یافته‌اندوزی مطالعات و برنامه‌های موضوعی می‌باید به‌مثابه اسناد الزامی ماقبل برنامه‌های مکان سازی سازگار با محتوی هر مطالعه و برنامه تهیه شود. این مطالعات و برنامه‌های موضوعی باید قبل از شروع فرآیند برنامه‌سازی در اختیار مشاوران و یا گروه‌های برنامه‌ساز قرار گیرد.

— در گام دوم برنامه‌ریزی؛ استخراج متناسب نتایج توجه به ابعاد توسعه پایدار از سطح یک شرح خدمات به سطح دوم و اجرایی‌تر برنامه‌ها

— در گام سوم؛ پایش متناسب برنامه در سطح یک مطالعات جهت استخراج متناسب نتایج توجه به ابعاد ارتقای کیفیت محیط از سطح یک شرح خدمات به سطح دوم و اجرایی‌تر برنامه‌ها

۶- منابع

۱. بحرینی، حسین؛ خسروی، حسین. (۱۳۹۳). راهنمای طراحی فضاهای شهری: جداره فضای شهری (جلد ۱)، ناشر: موسسه چاپ و انتشارات دانشگاه تهران، نوبت چاپ: ۱.
۲. مرتضی رهبر، محمد جواد مهدوی نژاد، محمدرضا بمانیان، و امیرحسین دوائی مرکزی. ۱۳۹۸. «تبیین پارامترهای پایداری محیطی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی».
۳. بنکدار، احمد؛ قزایی، فریبا. (۱۳۹۰). تغییر پارادایم ها در اصول طراحی شهری؛ از مؤلفه های کالبدی و اجتماعی و ادراکی به رهیافت مکان سازی، فصلنامه نامه معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر، دوره ۳، شماره ۶.
۴. روستا، مریم؛ قاسم پور، محمود. (۱۳۹۷). بررسی جایگاه «طراحی شهری» در قوانین شهرسازی ایران (تحلیل محتوای مصوبات شورای عالی شهرسازی و معماری ایران از سال ۱۳۴۳ تا ۱۳۹۵ ه.ش)، فصلنامه دانش شهرسازی، شماره ۳، شهریور ۱۳۹۷.
۵. جباری، س. (۱۳۹۷). الگوشناسی بلوک شهری سازگار با اقلیم با بهره گیری از طراحی پارامتریک (نمونه موردی: ناحیه ۲ منطقه (دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه تهران. پایان نامه کارشناسی ارشد.
۶. دانش پژوه، حمید؛ ماجدی، حمید؛ زرآبادی، زهراسادات. (۱۳۹۶). ارزیابی کیفی ریخت شناسی میدان شهری بر اساس دو مدل HSE و AGE، فصلنامه آمایش محیط، شماره ۴۸.
۷. بهزاد عراقی کزاز، و وراز مرادی مسیحی. ۱۳۹۸. «کاربست پایداری در طرح های توسعه شهری بر اساس تحلیل گفتمان انتقادی (مورد پژوهی: کلانشهر کرج)».
۸. درخشان، ف. سرکرده ای؛ الهام، کرمی، اسلام (۱۴۰۱). تحلیل و ارزیابی معیارهای تأثیرگذار در رشد هوشمند شهری با تأکید بر TOD (نمونه موردی: شهر بسطام) علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و چهارم، شماره دوازده، اسفند ماه ۱۴۰۱.
9. Alcaide, Jorge -Marzal, Antonio, Jose Diego-Mas.(2025)Computers as co-creative assistants. A comparative study on the use of text-to-image AI models for computer aided conceptual design,
10. Computers in Industry,Volume 164.
11. Batty and Longley. (۲۰۱۶), urban shapes as fractals, area, Publisher : The Royal Geographical Society (with the Institute of British Geographers, 215-221.
12. Buchanan,A. (۲۰۰۶) , The Legitimacy of Global Governance Institutions, Ethics & International Affairs, Volume 20, Issue 4 p. 405-437.
13. Beirão, J. N., Nourian, P., and Mashoodi, B. (2011). Parametric urban design: An interactive sketching system for shaping neighbourhoods. 29th Conference on Education in Computer Aided Architectural Design in Europe –eCAADe 2011, (pp. 225-234).
14. Braibant. and Sanders, J.R. (1987) Educational Evaluation: Alternative Approaches and Practical Guidelines. Longman Press, New York, 102.
15. Chowdhury and Schnabel.(2018), An Algorithmic Methodology to Predict Urban Form: An Instrument for Urban Design, Conference: Learning, Adapting and Prototyping - 23rd International Conference of the Association for Computer-Aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA).volume: 2, 401-410.
16. Dong, Y. H., Peng, F. L., & Guo, T. F. (2021). Quantitative assessment method on urban vitality of metro-led underground space based on multi-source data: A case study of Shanghai Inner Ring area. Tunnelling and Underground Space Technology, 116.
17. Fink, T., et al. (2021). "KPI-Driven Parametric Design of Urban Systems."
18. J. Zhang, L. Xu, V. Shabunko, S.E.R. Tay, H. Sun, S.S.Y. Lau, T.(2019),Reindl, Impact of urban block typology on building solar potential and energy use efficiency in tropical high-density city, Appl. Energy 240 (2019) 513-533.
19. Ma, Schraven, de Bruijne, de Jong & ,Lu.(۲۰۱۹), Tracing the Origins of Place Branding Research: A Bibliometric Study of Concepts in Use, Sustainability, 11(11), 2999; <https://doi.org/10.3390/su11112999>.

20. Reas and McWilliams .(2010), Form+code in design, art, and architecture / Casey Reas, Chandler McWilliams, LUST, Publisher: Princeton Architectural Press.
21. Rowe, Fiona.(2017), Stroke survivors' views and experiences on impact of visual impairment, Publisher: Brain and Behavior, Volume 7, Issue 9 e00778
22. Russell SJ and Norvig P. (2021) Artificial intelligence in business: State of the art and future research agenda, Journal of Business Research, Volume 129, May 2021, Pages 911-926.
23. Russell SJ and Norvig P. (2016) Artificial intelligence: a modern approach, Publisher: Malaysia; Pearson Education Limited.
24. Steinø and Veirum. (۲۰۱۰), Parametric Thinking in Urban Design: A Geometric Approach, Paper for the 2010 ASCAAD Conference: CAAD, Cities, Sustainability, Fez, October 19-21.
25. Terzidis. (2011), Reactivity of the Mitsunobu reagent toward 3-formylchromones: a strategy for the one-pot synthesis of chromeno[2,3-c]pyrazolines and chromeno[2,3-e]tetrazepines, A Papafilippou, MA Terzidis, J Stephanidou-Stephanatou, CA Tsoleridis, Tetrahedron letters 52 (12), 1306-1309.
26. Vuckovic et al.(2017), BUILD SIMUL, Urban weather modeling applications, Department of Building Physics and Building Ecology, TU Vienna, Vienna, Austria.
27. Li, Y., Yabuki, N., Fukuda, T., & Zhang, J. (2020). September 16. A big data evaluation of urban street walkability using deep learning and environmental sensors, a case study around osaka university suite campus (Vol. 2, pp. 319-328). Berlin, Germany: TU Berlin.
28. Marcus, L. (2018). Spatial capital. The Journal of Space Syntax, 1(1), 30-40.
29. Meredith. (2008), Implant stability measurements using resonance frequency analysis: biological and biomechanical aspects and clinical implications LARS SENNERBY & NEIL MEREDITH, Periodontology 2000, Vol. 47, 2008, 51–66 .
30. Miao, Y., et al. (2020). The development of optimization methods in generative urban design: a review. Proceedings of the 11th Annual Symposium on Simulation for Architecture and Urban Design.
31. Machairas & et.al.(2014), Algorithms for optimization of building design, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 31, March 2014, Pages 101-112
32. Quan SJ, Li Q, Augenbroe G, et al. (2015) Urban data and building energy modeling: A GIS-based urban building energy modeling system using the urban-EPC engine. In: Geertman S, Ferreira J, Goodspeed R, et al. (eds) Planning Support Systems and Smart Cities. Cham: Springer, 447-469.
33. Wang Yubo, Guo Jiwei, Jiang Yiqiang, Sun Cheng.(2024) Multi-objective optimization of buildings in urban scale for early stage planning and parametric design, Sustainable Cities and Society, Volume 113.

پیوست:

جدول 6: میانگین ارزشگذاری پارامتریک شاخص های طراحی شهری پایدار
 * ۱: میزان تاثیر خیلی کم، ۲: میزان تاثیر کم، ۳: میزان تاثیر بی اهمیت، ۴: میزان تاثیر بالا، ۵: میزان تاثیر خیلی بالا

زیرشاخص	ورودی			گره				مسیر			لبه آب		پله	
	تبدیل پذیری	نفوذ پذیری	سکون	تجمع پذیری	یکپارچگی	حضورپذیری	پویایی	مفرح بودن	طراوت	فراغت بال	خوش منظر بودن	الفا سلسله مراتب	راحتی	
وضعیت زلزله خیزی	۱	۱	۴	۵	۱	۵	۵	۱	۱	۱	۱	۱	۱	
دسترسی به فضای سبز	۵	۵	۵	۵	۴	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۴	۵	
نحوه جمع آوری پسماند	۱	۱	۳	۳	۲	۳	۴	۳	۵	۵	۵	۲	۳	
جمعیت تحت پوشش شبکه لوله کشی آب آشامیدنی	۱	۱	۱	۱	۳	۱	۴	۱	۱	۱	۲	۳	۱	
متوسط آلودگی صوتی	۳	۱	۵	۵	۳	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۳	۵	
مصرف انرژی در ابنیه	۳	۱	۱	۱	۳	۱	۵	۱	۱	۱	۵	۳	۱	
توزیع ثروت و درآمد جامعه	۳	۱	۱	۱	۵	۱	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۱	
تنوع اقتصادی	۴	۵	۴	۴	۵	۴	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۴	
نرخ فقر	۳	۱	۳	۳	۳	۳	۵	۳	۵	۵	۴	۳	۳	
قدرت خرید مسکن	۳	۱	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۳	۵	۴	۳	۵	
قیمت املاک محله	۵	۱	۵	۵	۳	۵	۵	۵	۳	۵	۱	۳	۵	
نرخ رشد جمعیت	۵	۵	۵	۵	۳	۵	۵	۵	۳	۵	۱	۳	۵	
تراکم جمعیتی	۵	۵	۵	۵	۳	۵	۵	۵	۳	۵	۱	۳	۵	
برآورد از وجود ارزشهای مشترک در محله	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۳	۵	۵	
امنیت تردد کودکان	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۳	۵	۵	
فضاهای تاریک	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۴	۵	۵	
ورودی و خروجی مشخص در محله	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	
سرانه تعداد کلانتری	۱	۱	۲	۲	۳	۲	۴	۲	۳	۴	۱	۳	۲	
سرانه تعداد گروه های مردمی	۱	۱	۲	۲	۲	۳	۴	۲	۳	۴	۱	۳	۲	
سابقه به نتیجه رسیدن اقدام مشارکتی	۱	۱	۱	۱	۳	۱	۴	۱	۳	۴	۱	۳	۱	
تمایل به فعالیتهای گروهی	۴	۱	۱	۱	۵	۱	۵	۱	۵	۴	۱	۵	۱	
برگزاری مناسک ویژه	۴	۴	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	
سرانه مسکن	۱	۱	۵	۵	۳	۵	۵	۵	۳	۱	۱	۳	۵	
رضایت از دسترسی به آب	۱	۱	۱	۱	۳	۱	۳	۱	۳	۴	۱	۳	۱	
دسترسی به بهداشت عمومی	۱	۱	۵	۵	۳	۵	۴	۵	۳	۴	۵	۳	۵	
سطح سواد	۱	۱	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۱	۱	۳	۳	
تمایل به حفظ هویت و تاریخچه محله(نام محله)	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	
کارگاه های حقوق شهروندی	۴	۱	۵	۵	۵	۵	۴	۳	۵	۱	۱	۵	۵	
کاهش مرگ و میر کودکان و مادران	۲	۱	۲	۲	۲	۴	۲	۲	۲	۲	۱	۲	۲	
وضعیت پوشش معبر	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	
ایستگاه اتوبوس	۳	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۱	۱	۵	۵	
عرض پیاده رو	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	
وجود مراکز خرید و فراغت	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	
وجود پاتوق محلی	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	
تراکم	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	
تراکم ساختمانی	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	
ماتریس سازگاری	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	
انطباق پذیری بودجه با نیازهای ساکنین	۳	۱	۱	۱	۱	۳	۱	۲	۱	۱	۱	۲	۱	
مدیریت صحیح و کارآمد	۳	۱	۱	۱	۱	۴	۱	۲	۱	۱	۵	۲	۱	
شفافیت	۳	۱	۱	۱	۱	۴	۱	۲	۱	۱	۱	۲	۱	
وجود بانک های اطلاعاتی آماری	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	