Journal of Society and Environment

Research Paper

The Impact of Artificial Intelligence on Shaping Sustainable Urban Interactions: A Study of Generation Z in Isfahan

DOI: 10.22080/JSN.2025.30244.1119

Gholami, Meysam[1], Hejazi, seyyed Naser[2], Bagheri, Esmaeil[3]

RECEIVE:
9 OCT 2025

ACCEPT:
26 DEC 2025

KEYWORDS:

ARTIFICIAL INTELLIGENCE; ENVIRONMENT; SUSTAINABLE CITY; GENERATIONZ; INTERACTION

ABSTRACT:

THE RAPID ACCELERATION OF URBANIZATION IN RECENT DECADES, ALONG WITH THE GROWING PENETRATION OF INTELLIGENT TECHNOLOGIES, HAS MADE IT INCREASINGLY NECESSARY TO REDEFINE THE INTERACTIVE PATTERNS AMONG HUMANS, INSTITUTIONS, AND THE URBAN ENVIRONMENT. THIS STUDY AIMS TO EXAMINE THE IMPACT OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE (AI) ON SHAPING SUSTAINABLE URBAN INTERACTIONS AMONG ISFAHAN'S GENERATION Z RESIDENTS. METHODOLOGICALLY, THE RESEARCH IS SURVEY-BASED, CROSS-SECTIONAL IN TIME, APPLIED IN PURPOSE, AND BROAD IN SCOPE. IN 2025, THE STATISTICAL POPULATION CONSISTED OF 451,038 MEMBERS OF GENERATION Z RESIDING IN ISFAHAN IN 2025. A SAMPLE SIZE OF 340 INDIVIDUALS WAS DETERMINED AND SELECTED THROUGH QUOTA SAMPLING PROPORTIONAL TO THE POPULATION DISTRIBUTION USING THE SAMPLE POWER SOFTWARE. DATA WERE COLLECTED USING A RESEARCHER-DESIGNED QUESTIONNAIRE WHOSE VALIDITY WAS CONFIRMED THROUGH EXPERT JUDGMENT (FACE VALIDITY) AND WHOSE RELIABILITY WAS VERIFIED USING CRONBACH'S ALPHA COEFFICIENTS. DATA ANALYSIS WAS CONDUCTED USING SPSS AND AMOS SOFTWARE (VERSION 24). THE AVERAGE LEVEL OF SUSTAINABLE URBAN INTERACTIONS AMONG GENERATION Z IN ISFAHAN (M = 47.49) WAS SLIGHTLY HIGHER THAN THE BENCHMARK VALUE (M = 39.5). THE HUMAN–ENVIRONMENT DIMENSION SHOWED THE HIGHEST MEAN SCORE (M = 19.60) AMONG THE THREE DIMENSIONS OF INTERACTION, REFLECTING A REMARKABLE DEGREE OF ENVIRONMENTAL AWARENESS AND SENSITIVITY AMONG YOUNG RESIDENTS. THE HUMAN–TECHNOLOGY (M = 15.32) AND INSTITUTIONAL–SOCIAL (M = 15.26) DIMENSIONS, THOUGH ABOVE AVERAGE, HAVE NOT YET REACHED THE LEVEL OF ACTIVE TECHNOLOGICAL AND INSTITUTIONAL PARTICIPATION. CONVERSELY, THE MEAN AI UTILIZATION LEVEL (M = 93.76) WAS LOWER THAN THE BENCHMARK (M = 102), INDICATING A GAP BETWEEN GENERATION Z AND THE INTEGRATED, SPECIALIZED USE OF AI CAPABILITIES. STRUCTURAL EQUATION MODELING RESULTS FURTHER REVEALED THAT AI EXPLAINS 38% OF THE VARIANCE IN SUSTAINABLE URBAN INTERACTIONS.

Extended Abstract

[1] PhD Student, Department of Sociology, Azad University, Dehaqan, Iran
[2] Assistant Professor, Department of Sociology, Azad University, Dehaqan, Iran
[3] Assistant Professor, Computer Department, Dehaqan Azad University, Dehaqan, Iran

Introduction

The rapid growth of urbanization in recent decades, coupled with the increasing complexity of social, spatial, and technological structures, has posed profound environmental and social challenges to urban systems. According to United Nations reports (2018, 2022), more than half of the world's population currently resides in cities, and this figure is projected to reach approximately 68% by 2050. This trend has intensified demands for resources, energy, housing, and transportation, thereby exerting greater pressure on urban sustainability. Traditional centralized planning models are no longer able to respond to the intricate dynamics of contemporary urban systems. Consequently, the "smart city" approachwhich is grounded , in data analytics, algorithmic learning, and advanced technologies such as artificial intelligence (AI)has , emerged as an innovative urban management framework. Through its capabilities in big data analysis, behavioral learning, and decision-support processes, AI can restructure the relationships among humans, institutions, and the environment, directing urban interactions toward sustainability. Despite extensive research on the technical applications of AI in domains such as energy management, transportation, and urban infrastructure, the interactive dimension of AI in reshaping social and institutional relationships has received less attention. Within this context, Isfahan, as one of Iran's major cultural metropolises, is undergoing a gradual transition toward a smart city model. However, the level of youth participation in this transformation remains limited. Generation Z, characterized by digital nativity, creativity, and technological fluency, has significant potential to shape sustainable urban interactions. Accordingly, the central question of this study is to investigate how AI influences the formation of sustainable urban interactions among Generation Z in Isfahan.

Research Methodology

This research is applied in purpose, survey-based, and cross-sectional. The statistical population comprised 451,038 members of Generation Z residing in Isfahan in 2025. A sample size of 340 participants was determined using the Sample Power software based on a statistical power of 0.9 and an effect size of 0.05. The participants were selected through quota sampling and proportionally distributed across the 15 municipal districts of Isfahan to ensure adequate target population representation. The data collection instrument was a researcher-designed questionnaire, whose validity was established through expert judgment (face validity), while its reliability was confirmed using Cronbach's alpha coefficients, all of which indicated acceptable internal consistency. The collected data were analyzed at two levels , descriptive and inferential statisticsusing the SPSS , and *AMOS* software packages. Furthermore, SEM was employed to examine the effect of AI on sustainable urban interactions.

Research Findings

The analysis of means indicated that the overall level of sustainable urban interactions among Generation Z was M = 47.49, which is higher than the benchmark value of M = 39.5. The human–environment dimension recorded the highest mean (M = 19.60) among the three dimensions of interaction, reflecting a considerable degree of environmental awareness and sensitivity among Isfahan's young residents. The other two dimensions' human–technology (M = 15.32) and institutional–social (M = 15.26) were also above the average level, yet have not fully reached the stage of active technological and institutional participation. In contrast, the mean level of AI utilization (M = 93.76) was lower than the benchmark value (M = 102),

Journal of Society and Environment

suggesting that although Generation Z is familiar with smart technologies, they still fall short of achieving an integrated, specialized, and purposeful use of AI capabilities. Furthermore, the results of SEM revealed that AI explains 38% of the variance in sustainable urban interactions. The standardized path coefficient ($\beta = 0.62$, $p = 0.001$) demonstrated a positive and statistically significant relationship between the two variables. This finding confirms that AI has a substantial and meaningful influence on sustainable urban interactions among Isfahan's Generation Z residents.

Conclusion

This study clearly demonstrated that AI is emerging as one of the structural and influential factors in shaping sustainable urban interactions. The analysis of data collected from Isfahan's Generation Z residents revealed that AI, beyond its technological function, plays a significant social, cognitive, and cultural role in the dynamics of urban life. In other words, AI has transcended the level of being a mere managerial tool and has become a key element in redefining the interrelations among humans, institutions, and the environment. Generation Z's perceptions and behaviors toward intelligent technologies indicate the emergence of a new pattern of technological interaction and environmentally conscious living. Although the specialized use of AI has not yet reached full maturity, the strong environmental awareness and sensitivity of this generation have fostered the development of a cultural and behavioral form of sustainability within the city. The dominance of the human–environment dimension among the three interactional aspects reflects a growing ecological mindset and sense of environmental responsibility among Isfahan's youth. This finding can be interpreted as a direct response to ongoing environmental crises and the widespread discourse of sustainability, which have shaped a reflexive understanding of the relationship between human behavior and the natural environment. From a theoretical standpoint, this study's results align with Bibri and Krogstie's (2017) framework of the sustainable smart city, in which urban sustainability emerges through an adaptive and feedback-driven interaction among humans, technology, and institutions. Within this framework, technology functions as a cognitive mediator that links data to social action. The findings suggest that Isfahan is currently in a transitional phase from a data-driven city to a learning city where technological infrastructures have been established, yet institutional and cultural participation patterns are still evolving. Overall, the study concludes that AI is gradually transforming the logic of urban existence. By bridging individual awareness with collective decision-making, AI enables cities to become dynamic, self-regulating, and learning systems. In such a system, sustainability is not the outcome of top-down policies but rather the result of self-organizing interactions among citizens, institutions, and the environment. Therefore, the experience of Generation Z in Isfahan suggests that the future sustainable smart city will be grounded in collective learning, technological trust, and ecological consciousnessa , paradigm in which artificial intelligence (AI) becomes an integral part of the urban mind and behavior. Overall, the study concludes that AI is gradually transforming the logic of urban existence. By bridging individual awareness with collective decision-making, AI enables cities to become dynamic, self-regulating, and learning systems. In such a system, sustainability is not the outcome of top-down policies but rather the result of self-organizing interactions among citizens, institutions, and the environment. The experience of Generation Z in Isfahan therefore suggests that the future sustainable smart city will be grounded in collective learning, technological trust, and ecological consciousness a paradigm in which AI becomes not merely a tool, but an integral part of the urban mind and behavior.

Funding

There is no funding support.

Authors' Contribution

Authors contributed equally to the conceptualization and writing of the article. All of the authors approved the content of the manuscript and agreed on all aspects of the work

Conflict of Interest

Authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

We are grateful to all the persons for scientific consulting in this paper.

فصلنامه علمی جامعه و محیط زیست

۱۵۵ دوره دوم، سال دوم، زمستان ۱۴۰۴، صص ۰۰۰– ۱۵۱

علمی پژوهشی

تأثیر هوش مصنوعی در شکل‌دهی به تعاملات شهری پایدار (مطالعه‌ای بر نسل Z در اصفهان)

میثم غلامی[۴]، سید ناصر حجازی[۵*]، اسماعیل باقری[۶]

چکیده:

شتاب فزایندهٔ شهرنشینی در دهه‌های اخیر و نفوذ روزافزون فناوری‌های هوشمند، ضرورت بازتعریف الگوهای تعاملی میان انسان، نهاد و محیط شهری را بیش از پیش آشکار ساخته است. پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر هوش مصنوعی در شکل‌دهی به تعاملات شهری پایدار در میان نسل زد شهر اصفهان انجام شد. این پژوهش از نظر روش، پیمایشی؛ از حیث زمان، مقطعی؛ از نظر هدف، کاربردی و از لحاظ گستره، پهنانگر است. جامعهٔ آماری شامل ۴۵۱۰۳۸ نفر از افراد نسل زد ساکن شهر اصفهان در سال ۱۴۰۴ بوده که با استفاده از نرم‌افزار Sample Power، حجم نمونه ۳۴۰ نفر تعیین و به روش نمونه‌گیری سهمیه‌ای متناسب با حجم جامعه انتخاب شد. ابزار گردآوری داده‌ها، پرسش‌نامهٔ محقق‌ساخته بوده که روایی آن از طریق اعتبار صوری، با نظر متخصصان و پایایی آن با استفاده از ضریب آلفای کرونباخ تأیید شد. برای تحلیل داده‌ها از نرم‌افزارهای SPSS و AMOS نسخهٔ ۲۴ استفاده گردید. نتایج نشان داد میانگین تعاملات شهری پایدار در میان نسل زد ساکن شهر اصفهان با مقدار ۴۷/۴۹ اندکی بالاتر از حد معیار ۳۹/۵ ارزیابی شده است. در میان ابعاد سه‌گانهٔ تعامل، بعد انسان - محیط با میانگین ۱۹/۶۰ بالاترین سطح را داشته و بیان‌گر آگاهی و حساسیت زیست‌محیطی چشم-گیر نسل جوان است، درحالی‌که ابعاد انسان - فناوری (۱۵/۳۲) و نهادی - اجتماعی (۱۵/۲۶) هرچند بالاتر از سطح متوسط‌اند، اما هنوز به مرحلهٔ مشارکت فعال فناورانه و نهادی نرسیده‌اند. در مقابل، میانگین بهره‌گیری از هوش مصنوعی با رقم ۹۳/۷۶ پایین‌تر از مقدار معیار ۱۰۲ بوده و نشان‌دهندهٔ فاصله نسل زد با استفادهٔ یکپارچه و تخصصی از ظرفیت‌های این فناوری است. تحلیل مدل معادلات ساختاری نیز نشان داد که هوش مصنوعی ۳۸ درصد از واریانس تعاملات شهری پایدار را تبیین می‌کند.

تاریخ دریافت:

۱۷ مهرماه ۱۴۰۴

تاریخ پذیرش:

۵ دی ماه ۱۴۰۴

کلید واژه‌ها:

هوش مصنوعی؛ محیط زیست؛ شهر پایدار؛ تعامل

[۴] دانشجوی دکتری مسائل اجتماعی ایران، گروه جامعه شناسی، واحد دهاقان، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران.

[۵] استادیارگروه جامعه شناسی، واحد دهاقان، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران(نویسنده مسئول).hejazinaser@yahoo.com

[۶] استادیارگروه کامپوتر، واحد دهاقان، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران

مقدمه

رشد شتابان شهرنشینی در دهه‌های اخیر، همراه با پیچیده‌تر شدن ساختارهای اجتماعی و فضایی، نظام‌های شهری را با فشار فزاینده بر منابع طبیعی، زیرساخت‌های حیاتی و ظرفیت‌های محیط زیستی مواجه کرده است. طبق "گزارش *چشم‌انداز شهرنشینی جهان*[۷]" (United Nations, 2018) بیش از ۵۵ درصد جمعیت جهان در مناطق شهری سکونت دارند و این رقم تا سال ۲۰۵۰ به حدود ۶۸ درصد افزایش خواهد یافت؛ روندی که بنا بر گزارش همین *سازمان* (United Nations, 2022) موجب افزایش تقاضا برای انرژی، مسکن، حمل‌ونقل و فضاهای عمومی و در نتیجه، تشدید چالش‌های پایداری محیط زیستی و اجتماعی شده است. این تحولات نه‌تنها تعادل اکولوژیکی شهرها را بر هم زده، بلکه الگوهای تعامل اجتماعی و عملکرد شبکه‌های شهری را نیز دچار ناپایداری کرده است. در چنین شرایطی، مدل‌های سنتی برنامه‌ریزی شهری که عمدتاً بر تصمیم‌گیری‌های متمرکز و خطی مبتنی‌اند، دیگر پاسخ‌گوی پیچیدگی روابط اجتماعی، نهادی و فضایی امروز نیستند. چنانکه بیبری و کروگستی نیز اشاره می‌کنند، "*مدل‌های خطی و متمرکز برنامه‌ریزی، در مواجهه با پویایی‌های نظام‌های شهری معاصر کارایی خود را از دست داده‌اند*"(Bibri & Krogstie, 2017, 184) . در پاسخ به این وضعیت، رویکرد «شهر هوشمند» با تأکید بر داده، هوشمند فناورانه و یادگیری نظام‌مند، به‌عنوان راه‌حلی نو مطرح شده است. در این میان، هوش مصنوعی نه‌تنها ابزار تحلیلی شهر هوشمند است، بلکه به‌واسطهٔ توان یادگیری ماشین[۸] و تحلیل داده‌های رفتاری، در بازپیکربندی الگوهای تعامل میان انسان، نهاد و محیط نقش‌آفرین است (Wolniak & Stecuła, 2024) پژوهش‌ها نشان می‌دهند که همگرایی فناوری‌های هوش مصنوعی، اینترنت اشیا[۹] (شبکه‌ای از اشیاء فیزیکی متصل به اینترنت است که با تبادل داده و اطلاعات، امکان کنترل و پایش هوشمند محیط را فراهم می‌کنند) و کلان‌داده[۱۰] (مجموعه‌ای عظیم از داده‌ها با حجم، تنوع و سرعت بالا که تحلیل آن‌ها به شناسایی الگوها و تصمیم‌گیری‌های هوشمند کمک می‌کند)، فرصت‌های نوینی برای بهبود کارایی زیست‌محیطی، مدیریت انرژی و حمل‌ونقل شهری فراهم می‌آورد و می‌تواند نقش مهمی در گذار به شهرهای هوشمند پایدار ایفا کند (Bibri et al., 2023; Musa et al., 2025)

تعاملات شهری پایدار به شبکه‌ای پویا از ارتباطات میان انسان، نهاد و محیط اطلاق می‌شود که در بستر زندگی شهری و با هدف ارتقاء کیفیت زندگی، بهبود بهره‌وری محیط زیستی و تقویت انسجام اجتماعی شکل می‌گیرد (Bibri & Krogstie, 2017, 185)؛ بیبری و کروگستی پایداری شهری را حاصل هم‌پیوندی نظام‌مند میان انسان، فناوری و محیط ساخته‌شده می‌دانند و معتقدند که این تعامل سه‌سویه، فرآیندی یادگیرنده و تکاملی است که از رهگذر تبادل داده، تولید

[7] World Urbanization Prospects
[8] Machine Learning
[9] Internet of Things (IoT)
[10] Big Data

دانش و بازخوردهای کنش‌های شهری، زمینهٔ خودسازمان‌یابی و یادگیری جمعیب را در شهر هوشمند پایدار فراهم می‌سازد. در نتیجه، بررسی اثر هوش مصنوعی مستلزم نگاهی فراتر از کارکردهای فنی آن است؛ نگاهی که بتواند نقش این فناوری را در شکل‌دهی، تنظیم و یادگیری متقابل میان انسان، نهاد و محیط در چارچوب شهر هوشمند پایدار آشکار سازد.

هوش مصنوعی در یادگیری ماشین، تحلیل داده‌های رفتاری و پشتیبانی از تصمیم‌سازی‌های مشارکتی، می‌تواند ساختار تعاملات انسانی و نهادی در شهر را بازآرایی و آن را در مسیر پایداری هدایت کند. الگوریتم‌های هوشمند از طریق تحلیل جریان‌های ترافیکی، الگوهای مصرف انرژی و داده‌های اجتماعی، الگوهایی از رفتار شهری را شناسایی می‌کنند که می‌تواند به بهینه‌سازی فرآیندهای محیط زیستی و اجتماعی منجر شود (Wolniak & Stecuła, 2024) افزون بر این، هوش مصنوعی در نقش میانجی شناختی، می‌تواند هماهنگی بین نهادهای شهری و جامعه را از طریق سامانه‌های داده‌محور تسهیل کرده و شکل جدیدی از تصمیم‌گیری جمعی و یادگیری سازمانی را پدید آورد (Rasoulzadeh Aghdam, 2025; Louswa et al., 2023) براساس دیدگاه‌های نوین در حوزهٔ پایداری اجتماعی شهر هوشمند، به‌کارگیری هوش مصنوعی در حکمرانی شهری نه‌تنها موجب ارتقاء کارایی محیطی و اقتصادی می‌شود، بلکه می‌تواند انسجام اجتماعی و عدالت شهری را نیز تقویت کند (Han, 2025; Rajab et al., 2023).

اگرچه پژوهش‌های متعددی به کارکردهای فنی هوش مصنوعی در حوزه‌هایی چون مدیریت انرژی، حمل‌ونقل و زیرساخت‌های شهری پرداخته‌اند، اما بعد تعاملی آن، یعنی نقش هوش مصنوعی در بازپیکربندی روابط میان انسان، نهاد و محیط کم‌تر مورد توجه قرار گرفته است. بخش عمده‌ای از مطالعات اخیر، هوش مصنوعی را به‌عنوان ابزاری فناورانه برای بهینه‌سازی سیستم‌های شهری بررسی کرده‌اند و نه به‌عنوان سازوکاری اجتماعی که می‌تواند الگوهای تعامل، تصمیم‌گیری و مشارکت شهروندان را تغییر دهد(Dos Santos et al., 2024; Wang et al., 2025) درواقع، همانطورکه (Bibri & Krogstie, 2017) در نظریهٔ «شهر هوشمند پایدار[11]» اشاره کرده‌اند، تحقق واقعی پایداری شهری تنها زمانی ممکن است که فناوری‌های هوشمند با پویایی‌های اجتماعی و نهادهای شهری در یک چارچوب یادگیرنده و داده‌محور ادغام شوند. بااین‌حال، شواهد نشان می‌دهد که بیشتر شهرهای هوشمند معاصر هنوز در مرحله‌ای هستند که فناوری را صرفاً ابزار کارایی فنی می‌دانند، نه بستری برای یادگیری و تعامل جمعی(Yue et al., 2025) ازاین‌رو، نادیده‌گرفتن بعد تعاملی هوش مصنوعی، درک ما از «پایداری هوشمند» را ناقص می‌کند؛ زیرا روابط انسانی، پویایی‌های اجتماعی و تعامل انسان با محیط زیست سه رکن اساسی پایداری شهری‌اند که بدون حضور و مشارکت داده‌محورِ انسان، صرف اتکا به فناوری نمی‌تواند آن‌ها را تضمین کند.(Bibri et al., 2023)

[11] Sustainable smart city

به‌نظر می‌رسد شهر اصفهان، به‌عنوان یکی از کلان‌شهرهای تاریخی و فرهنگی کشور، با مجموعه‌ای از چالش‌های محیطی، فناورانه و اجتماعی روبه‌رو است؛ چالش‌هایی که استمرار آن‌ها فرآیند تحقق تعاملات پایدار شهری را در ابعاد مختلف با موانع جدی مواجه ساخته است. انتخاب شهر اصفهان برای این پژوهش به دلیل جایگاه پیشرو آن در اجرای طرح‌های شهر هوشمند و توسعهٔ زیرساخت‌های داده‌محور در مدیریت شهری است. این شهر طی سال‌های اخیر با راه‌اندازی سامانه‌های متعددی در حوزهٔ حمل‌ونقل، محیط زیست و خدمات شهری، بستری فراهم کرده است که داده‌های متنوعی از رفتار و نیاز شهروندان تولید می‌شود و امکان تحلیل علمی تعاملات شهری را فراهم می‌سازد. در سال‌های اخیر، اصفهان با گسترش زیرساخت‌های فناورانه و اجرای طرح‌های شهر هوشمند، ازجمله سامانه خدمات شهروندی «اصفهان من» برای ارائهٔ خدمات یکپارچه شهری و پلتفرم داده‌محور «سکوی اصفهان هوشمند» با هدف یکپارچه‌سازی داده‌های شهری و مدیریت هوشمند خدمات، در مسیر گذار به الگوی حکمرانی داده‌محور گام برداشته است؛ بااین‌حال، میزان مشارکت شهروندان، به‌ویژه نسل جوان، در این فرآیند هنوز به‌طور کامل تحقق نیافته است. از سوی دیگر، نسل زد به‌عنوان نسلی دیجیتالی، خلاق و آشنا با فناوری‌های نوین، ظرفیت بالایی برای تعامل با سامانه‌های هوشمند و مشارکت در فرآیندهای شهری دارد. شناخت نگرش‌ها و شیوه‌های تعامل این نسل با فناوری‌های هوش مصنوعی می‌تواند درک عمیق‌تری از چگونگی شکل‌گیری تعاملات پایدار شهری در سه بُعد محیطی، فناورانه و اجتماعی در بستر فرهنگی و فضایی اصفهان فراهم کند. بنابراین، با توجه به مطالب مطروحه، سؤال اصلی این پژوهش آن است که **هوش مصنوعی چگونه بر تعاملات پایدار شهری در میان نسل زد شهر اصفهان تأثیر می‌گذارد؟**

همچنین بر اساس این، اهداف پژوهش به شرح زیر تدوین می‌گرد:

هدف اصلی:

-تحلیل تأثیر به‌کارگیری فناوری‌های هوش مصنوعی بر شکل‌دهی و ارتقاء تعاملات پایدار شهری در میان نسل زد شهر اصفهان.

اهداف فرعی:

-بررسی تأثیر هوش مصنوعی بر تعاملات پایدار محیطی در میان نسل زد شهر اصفهان.

-بررسی تأثیر هوش مصنوعی بر تعاملات پایدار فناورانه در میان نسل زد شهر اصفهان.

-بررسی تأثیر هوش مصنوعی بر تعاملات پایدار اجتماعی در میان نسل زد شهر اصفهان.

مبانی نظری

نظریهٔ بازیگر شبکه[12]یکی از رویکردهای نوین در مطالعات علم، فناوری و جامعه است که نخستین‌بار در دههٔ ۱۹۸۰ توسط کالون[۱۳]، لا[14]و لاتور[15]مطرح شد. این نظریه، به‌جای تمایز سنتی میان جامعه و فناوری، بر درهم‌تنیدگی آن‌ها تأکید دارد و معتقد است که هر پدیدهٔ اجتماعی، حاصل شبکه‌ای از روابط میان بازیگران انسانی و غیرانسانی است. در این چارچوب، عناصر غیرانسانی نظیر ابزارها، اشیا، الگوریتم‌ها، داده‌ها، زیرساخت‌ها، در کنار انسان‌ها، در شکل‌گیری و پایداری روابط اجتماعی نقش فعال دارند (Latour, 2005). در نظریهٔ بازیگر شبکه، مفهوم ترجمه[۱۶] به‌عنوان فرآیندی کلیدی مطرح است که طی آن، بازیگران مختلف در تعامل با یکدیگر، منافع و اهداف خود را هماهنگ می‌سازند و در نتیجه، شبکه‌ای از کنش‌های متقابل ایجاد می‌شود (Callon, 1986). در این نظریه، ترجمه به معنای زبانی آن نیست، بلکه به فرآیند بازتعریف و هم‌راستاسازی نقش‌ها و منافع کنشگران انسانی و غیرانسانی در شبکه اشاره دارد. این فرآیند شامل مراحل «مسأله‌سازی، جلب توجه، درگیرسازی و بسیج» است که نشان می‌دهد روابط میان انسان و فناوری چگونه به‌طور پیوسته در حال بازپیکربندی‌اند(Latour, 2005) . این فرآیند نشان می‌دهد که روابط میان انسان و فناوری نه یک‌سویه، بلکه دوطرفه و متقابل است؛ فناوری‌ها همان‌قدر بر رفتار انسان‌ها تأثیر می‌گذارند که انسان‌ها بر طراحی و استفاده از آن‌ها. در زمینهٔ مطالعات شهری و پایداری هوشمند، ابزاری تحلیلی برای درک نقش فناوری‌های نوین ازجمله هوش مصنوعی، اینترنت اشیا و کلان‌داده در بازآرایی تعاملات اجتماعی و فضایی فراهم می‌آورد. در این دیدگاه، هوش مصنوعی به‌عنوان یک بازیگر غیرانسانی نه‌تنها داده‌ها را تحلیل و پردازش می‌کند، بلکه در تعیین نحوهٔ تصمیم‌گیری، شکل روابط شهری و تعامل میان انسان، نهاد و محیط زیست نیز نقش دارد (Gherardi & Nicolini, 2000) . به‌عنوان نمونه، در سیستم‌های هوشمند پایش کیفیت هوا، حسگرها داده‌هایی را جمع‌آوری می‌کنند که از طریق سامانه‌های شهری در اختیار شهروندان و مدیران قرار می‌گیرد؛ این داده‌ها سپس بر تصمیم‌های رفتاری شهروندان، سیاست‌گذاری‌های محیطی و حتی شبکه‌های اجتماعی شهری تأثیر می‌گذارند. بدین‌ترتیب، تعامل میان انسان، فناوری و محیط در قالب شبکه‌ای از کنش‌ها و فرآیندهای بازتعریف و هم‌تأثیری متقابل (آنچه در نظریهٔ بازیگر–شبکه «ترجمه‌های متقابل» نامیده می‌شود) بازتولید می‌گردد. از منظر این نظریه، شهر هوشمند را می‌توان به‌عنوان یک شبکهٔ پویا از کنشگران انسانی (شهروندان، نهادها، مدیران) و غیرانسانی (هوش مصنوعی، حسگرها، داده‌ها، زیرساخت‌ها و محیط طبیعی) در نظر گرفت که هر یک در شکل‌دهی به روابط اجتماعی و محیط زیستی نقش مؤثر دارند(Farias & Bender, 2012) این نظریه کمک می‌کند تا هوش مصنوعی نه به‌عنوان یک ابزار

[12] Actor Network Theory - ANT
[13] Callon
[14] Law
[15] Latour
[16] Translation

فنی، بلکه به‌عنوان یک کنشگر فعال در فرآیند تعاملات شهری پایدار دیده شود؛ کنشگری که از طریق تبادل داده و یادگیری سیستماتیک، الگوهای تصمیم‌گیری و رفتار جمعی را بازپیکربندی می‌کند. به‌طورکلی، نظریهٔ بازیگر شبکه این امکان را فراهم می‌کند که رابطهٔ میان فناوری و پایداری شهری در قالب شبکه‌ای از تعاملات چندسطحی تحلیل شود. در این چارچوب، پایداری نه‌صرفاً نتیجه سیاست‌های انسانی، بلکه حاصل هم‌زیستی و همکاری میان همه کنشگران اعم از انسان و غیرانسان در یک بستر شهری داده‌محور است (Latour, 2005) .

نظریهٔ «شهر به‌مثابه اکوسیستم[17]» بر این باور است که شهرها، همچون سیستم‌های زنده، از تعامل مستمر میان انسان‌ها، فضاها، زیرساخت‌ها و جریان‌های اطلاعات و انرژی شکل می‌گیرند. این نظریه در دو بعد تاریخی و تحلیلی، ابتدا در اندیشه‌های **جیکوبز**[18] و سپس در آثار **بتی**[19] تکوین یافته است. هر دو نظریه‌پرداز، اگرچه در دوره‌های متفاوتی می‌نوشتند، بر پویایی، پیچیدگی و خودسازمان‌دهی در حیات شهری تأکید دارند و شهر را به‌عنوان یک اکوسیستم اجتماعی- فناورانه می‌نگرند. جیکوبز در کتاب بنیادین خود "*مرگ و زندگی شهرهای بزرگ آمریکایی*[20]" نقطهٔ عطفی در نظریه‌پردازی شهری ایجاد کرد. او با انتقاد از رویکردهای مدرن و برنامه‌ریزی‌های مکانیکی شهری، استدلال می‌کند که شهرها موجوداتی زنده‌اند که حیات آن‌ها وابسته به **تعاملات انسانی روزمره، تنوع اجتماعی و خودسازمان‌دهی طبیعی جوامع شهری** است. به‌زعم جیکوبز، برنامه‌ریزی از بالا به پایین، شهر را به سیستمی ایستا و بی‌روح تبدیل می‌کند؛ درحالی‌که جوامع شهری پویا هستند و باید از درون، از طریق رفتارهای خودجوش شهروندان، تکامل یابند(Jacobs, 1961) . او شهر را اکوسیستمی پیچیده از **روابط متقابل میان مردم، فضاهای عمومی، فعالیت‌های اقتصادی و فرهنگی** می‌داند که هر جزء در بقای کل نقش دارد. به باور او، خیابان‌ها و فضاهای عمومی همانند «ارگانیسم‌های زنده» عمل می‌کنند که جریان حیات اجتماعی در آن‌ها شکل می‌گیرد. حضور مردم در فضاهای عمومی، گفت‌وگوها، خریدوفروش‌ها و تعاملات روزمره، همانند فرآیندهای زیستی در یک اکوسیستم طبیعی است که از طریق بازخوردها و سازگاری‌های پی‌درپی، موجب تداوم حیات شهری می‌شود. وی معتقد بود تنوع کاربری‌ها، تراکم جمعیت و ناهمگونی فضایی، نه نشانهٔ بی‌نظمی بلکه شرط حیات و پایداری شهر است. او مفهوم «تنوع» را معادل **تنوع زیستی در اکوسیستم‌های طبیعی** می‌داند؛ به این معنا که هرچه تنوع انسانی، فرهنگی و اقتصادی در شهر بیشتر باشد، شهر از پایداری و تاب‌آوری بالاتری برخوردار خواهد بود. از این منظر، پویایی و پایداری شهر نه در کنترل یا نظم از بالا، بلکه در **خودسازمان‌دهی اجتماعی و تعاملات انسانی متنوع** ریشه دارد (Jacobs, 1961).

[17] City as an Ecosystem Theory
[18] Jacobs
[19] Batty
[20] The Death and Life of Great American Cities

بتی در اثر مهم خود "*علم جدید شهرها*[۲۱]"دیدگاه جیکوبز را با بهره‌گیری از نظریهٔ سیستم‌های پیچیده و تحلیل داده‌های شهری گسترش داد. او شهر را نه‌صرفاً یک فضای فیزیکی یا مجموعه‌ای از ساختمان‌ها، بلکه **یک اکوسیستم داده‌محور و پویا** معرفی می‌کند که رفتار آن از تعاملات درونی بین انسان‌ها، زیرساخت‌ها و فناوری‌ها ناشی می‌شود(Batty, 2013) . در نظریهٔ بتی، شهر همچون موجودی زنده است که در آن **اطلاعات و داده‌ها نقش خون یا انرژی حیاتی** را دارند. همانطورکه در بدن موجودات زنده جریان خون وظیفهٔ تغذیه و ارتباط سلول‌ها را بر عهده دارد، در شهر مدرن نیز جریان داده‌ها و اطلاعات موجب تداوم حیات اجتماعی و اقتصادی می‌شود. او با تکیه بر مدل‌های ریاضی و محاسباتی، بیان می‌کند که شهرها از طریق شبکه‌های ارتباطی، حمل‌ونقل و تعاملات دیجیتال، همانند اکوسیستم‌هایی خودسازمانده و وابسته به بازخورد عمل می‌کنند. وی بر نقش فناوری‌های نوین، به‌ویژه **هوش مصنوعی**، در درک و مدیریت این اکوسیستم تأکید دارد. او معتقد است که فناوری‌های هوشمند، به‌عنوان «سیستم عصبی شهر»، امکان مشاهده، تحلیل و یادگیری از رفتارهای شهری را فراهم می‌کنند. از دید او شهر هوشمند، اکوسیستمی است که داده‌ها در آن همانند سیگنال‌های عصبی گردش می‌کنند و به تصمیم‌گیری، سازگاری و نوآوری در سطوح مختلف اجتماعی و مدیریتی منجر می‌شوند. بدین ترتیب، **هوش مصنوعی نقش تنظیم‌کننده و هماهنگ‌کنندهٔ روابط میان اجزای اکوسیستم شهری را ایفا می‌کند** و به ایجاد تعادل میان پویایی، کارایی و پایداری کمک می‌نماید(Batty, 2013) .

نظریهٔ «شهر هوشمند پایدار[۲۲]» که توسط (Bibri & Krogstie, 2017) مطرح شده، تلاشی برای همگرایی دو جریان نظری مهم در مطالعات شهری است؛ یکی رویکرد «پایداری شهری» که بر عدالت اجتماعی، کارایی محیط زیستی و رشد اقتصادی متوازن تأکید دارد و دیگری رویکرد «شهر هوشمند» که محور آن استفاده از فناوری‌های اطلاعاتی و ارتباطی برای بهبود کارکردهای شهری است. بیبری و کروگستی با تلفیق این دو دیدگاه، چارچوبی مفهومی ارائه می‌دهند که در آن، فناوری‌های نوینی چون هوش مصنوعی، اینترنت اشیا و کلان‌داده به‌عنوان عناصر میانجی و یادگیرنده در فرآیندهای اجتماعی، اقتصادی و محیطی شهر عمل می‌کنند (Bibri & Krogstie, 2017) ؛ به‌بیان دیگر، آنان شهر را نه یک ساختار ایستا، بلکه یک بستر پویا، داده‌محور و یادگیرنده می‌دانند که از طریق جریان مداوم داده و بازخورد میان انسان، نهاد و محیط، توانایی انطباق و خودتنظیمی دارد.

در این نظریه، شهر پایدار حاصل نوعی یادگیری جمعی است که از درون تعاملات پیچیدهٔ انسانی و فناورانه پدید می‌آید. فناوری‌های هوشمند، به‌ویژه هوش مصنوعی، نقش واسطه‌ای دارند که داده‌ها را به دانش و دانش را به کنش اجتماعی تبدیل می‌کنند. آن‌ها بیان می‌کنند که شهر هوشمند پایدار همان‌قدر که به زیرساخت فنی نیاز دارد، به ظرفیت‌های نهادی و اجتماعی برای یادگیری و تصمیم‌گیری مشارکتی نیز متکی است؛ زیرا پایداری نه نتیجهٔ سیاست‌گذاری‌های بالا به پایین،

[21] *The New Science of Cities*
[22] Smart Sustainable City

بلکه محصول تعاملات افقی میان شهروندان، نهادها و محیط زیست است (Bibri & Krogstie, 2017) از منظر این نظریه، تعاملات شهری پایدار در سه سطح اصلی رخ می‌دهند که به‌صورت درهم‌تنیده، بنیان پایداری شهر را شکل می‌دهند:

نخست، تعامل میان انسان و فناوری است که محور آن استفاده از هوش مصنوعی و سیستم‌های داده‌محور برای افزایش توانمندسازی شهروندان در تصمیم‌گیری‌های روزمره است. فناوری در اینجا تنها ابزار کنترل نیست، بلکه «میانجی شناختی» است که رفتار، نگرش و مشارکت شهروندان را بازآرایی می‌کند. برای مثال، حسگرهای هوشمند، اپلیکیشن‌های محیط زیستی و سیستم‌های تحلیلی داده، شهروندان را قادر می‌سازند تا تأثیر کنش‌های خود را در محیط مشاهده کنند و الگوهای رفتاری پایدارتری اتخاذ نمایند(Bibri & Krogstie, 2017) .

سطح دوم، تعامل میان انسان و محیط است که در آن فناوری نقش پل ارتباطی میان آگاهی انسانی و تغییرات اکولوژیکی را بر عهده دارد. بیبری و کروگستی تأکید می‌کنند که داده‌های محیط زیستی حاصل از شبکه‌های حسگر، در تصمیم‌سازی‌های شهری نقشی محوری دارند؛ زیرا به کمک الگوریتم‌های یادگیرنده، امکان تحلیل فوری وضعیت محیطی و ارائهٔ بازخورد برای اصلاح رفتارهای انسانی فراهم می‌شود. در نتیجه، رابطهٔ انسان و طبیعت از حالت یک‌سویه خارج شده و به کنشی دوسویه و داده‌محور بدل می‌گردد، به‌طوری‌که محیط نیز به یک «کنشگر فعال» در پایداری شهری تبدیل می‌شود(Bibri & Krogstie, 2017)

سومین سطح تعامل، ارتباط میان نهادها و جامعه است. آن‌ها معتقدند که پایداری زمانی تحقق می‌یابد که نظام‌های حکمرانی شهری از مدل‌های متمرکز و بروکراتیک فاصله گرفته و به سوی حکمرانی یادگیرنده و داده‌محور حرکت کنند. فناوری‌های هوشمند با تحلیل داده‌های عملکردی، افزایش شفافیت و تسهیل ارتباط چندسطحی میان نهادها و شهروندان، زمینهٔ تصمیم‌گیری مشارکتی را فراهم می‌کنند. از این طریق، تعامل نهادی- اجتماعی موجب افزایش اعتماد عمومی، پاسخ‌گویی نهادی و تقویت انسجام اجتماعی می‌شود. در چنین مدلی، داده‌ها نه‌فقط برای کنترل، بلکه برای یادگیری و گفت‌وگوی اجتماعی به‌کار گرفته می‌شوند (Bibri & Krogstie, 2017) در ادامه استدلال می‌کنند که بیبری و کروگستی

این سه نوع تعامل، سازوکارهای بنیادین تحقق سه بعد پایداری شهری‌اند. تعامل انسان- محیط زیربنای پایداری محیط زیستی است؛ تعامل انسان- فناوری به ارتقاء پایداری اجتماعی و فرهنگی منجر می‌شود؛ و تعامل نهادی- اجتماعی شرط لازم برای پایداری اقتصادی و حکمرانی کارآمد است. از دید آنان، پایداری حاصل هم‌افزایی این سه بعد تعاملی است، نه وجود هر یک به‌صورت منفک. بدین‌ترتیب، هوش مصنوعی و دیگر فناوری‌های داده‌محور، نه‌صرفاً ابزارهای فنی، بلکه عناصر ساختاری در بازپیکربندی نظام تعاملات شهری به‌شمار می‌روند. درنهایت، نظریهٔ شهر هوشمند پایدار بر این ایده استوار است که فناوری‌های هوشمند باید در بطن تعاملات انسانی و نهادی ادغام شوند تا بتوانند فرآیندهای یادگیری، خودتنظیمی و انطباق را در مقیاس شهری تقویت کنند. این ادغام به شهر امکان می‌دهد که از سطح کارایی فنی به سطح آگاهی جمعی و پویایی اجتماعی ارتقا یابد. از این منظر، شهر هوشمند پایدار نه‌صرفاً یک «شهر فناورانه»، بلکه شبکه‌ای پویا از ارتباطات

انسانی، نهادی و محیطی است که به‌واسطهٔ هوش مصنوعی و داده‌های کلان، ظرفیت پاسخ‌گویی، تاب‌آوری و عدالت را در سیستم شهری تقویت می‌کند (Bibri & Krogstie, 2017)

جدول ۱.خلاصهٔ نظریه‌ها

نظریه و نظریه‌پرداز	موضوع نظریه	ارتباط نظریه با موضوع پژوهش
نظریهٔ بازیگر–شبکه کالون، لا، لاتور	درهم‌تنیدگی انسان و فناوری و نقش کنشگران انسانی و غیرانسانی در شبکه‌های اجتماعی و فناورانه.	این نظریه چارچوبی برای تبیین نقش هوش مصنوعی به‌عنوان بازیگر غیرانسانی در شکل‌دهی به تعاملات پایدار شهری فراهم می‌کند و نشان می‌دهد که رابطهٔ میان انسان، فناوری و محیط دوسویه و پویا است.
نظریهٔ شهر به‌مثابه اکوسیستم جین جیکوبز و مایکل بتی	شهر به‌مثابه سیستم زنده، پویا و خودسازمانده که از تعامل میان انسان‌ها، فضاها، زیرساخت‌ها و جریان داده و انرژی شکل می‌گیرد.	این نظریه شهر را موجودی زنده و خودتنظیم می‌بیند که با رویکرد داده‌محور و فناوری‌های نوین، امکان تحلیل و درک پویایی‌های اجتماعی و محیط زیستی شهر را فراهم می‌کند.
نظریهٔ شهر هوشمند پایدار بیبری و کروگستی	تلفیق دو رویکرد پایداری شهری و شهر هوشمند و نقش فناوری‌های داده‌محور در ارتقاء عدالت اجتماعی، پایداری محیط زیستی و حکمرانی یادگیرنده.	این نظریه مبنای اصلی پژوهش است و سه بعد تعامل انسان– فناوری، انسان – محیط و اجتماعی – نهادی را تبیین می‌کند؛ ابعادی که هستهٔ مدل مفهومی پژوهش را دربارهٔ تأثیر هوش مصنوعی بر تعاملات پایدار شهری نسل زد در اصفهان تشکیل می‌دهند.

در تبیین چارچوب نظری این پژوهش، دیدگاه شهر هوشمند پایدار به‌عنوان مبنای مفهومی اصلی مورد استناد قرار گرفته است. در این چارچوب، شهر به‌منزلهٔ یک سامانهٔ پویا، داده‌محور و یادگیرنده در نظر گرفته می‌شود که پایداری آن در نتیجهٔ تعامل مداوم میان انسان، نهاد و محیط تحقق می‌یابد. از این منظر، هوش مصنوعی نه یک ابزار صرفاً فناورانه، بلکه کنشگری میانجی است که در فرآیند شکل‌گیری و بازپیکربندی تعاملات شهری نقشی فعال ایفا می‌کند. این فناوری از طریق یادگیری ماشینی، تحلیل داده‌های کلان و تولید بازخوردهای هوشمند، زمینهٔ انطباق، خودتنظیمی و تصمیم‌سازی مشارکتی را در نظام‌های شهری فراهم می‌سازد و از این رهگذر، سه حوزهٔ اساسی تعامل شهری را دگرگون می‌کند. در سطح تعامل انسان و فناوری، هوش مصنوعی با ارتقاء ظرفیت‌های شناختی و مشارکتی شهروندان، الگوی سنتی ارتباط انسان با سیستم‌های شهری را به رابطه‌ای پویا و داده‌محور تبدیل می‌کند؛ رابطه‌ای که در آن شهروند نه‌تنها مصرف‌کنندهٔ خدمات، بلکه کنشگری یادگیرنده و مؤثر در بهبود کیفیت زیست شهری است. در سطح تعامل انسان و محیط، هوش مصنوعی از طریق تحلیل فوری داده‌های محیطی، به افزایش آگاهی اکولوژیکی و اصلاح رفتارهای مصرفی و محیط زیستی

منجر می‌شود و ارتباطی بازتابی میان رفتار انسانی و تغییرات محیطی ایجاد می‌کند. در سطح تعامل نهادی- اجتماعی نیز، فناوری‌های هوشمند با ارتقاء شفافیت، پاسخ‌گویی و کارایی تصمیم‌گیری، الگوهای حکمرانی شهری را از ساختارهای سلسله‌مراتبی به نظام‌های یادگیرنده و شبکه‌ای تغییر می‌دهند. بدین ترتیب، می‌توان استنباط کرد که به نظر می‌رسد هوش مصنوعی در جایگاه یک عامل ساختاری و شناختی، از طریق بازآفرینی روابط انسانی، نهادی و محیطی، مسیر دست‌یابی به پایداری شهری را هموار می‌کند. بر اساس این، فرضیهٔ اصلی پژوهش حاضر مبنی بر اینکه "*هوش مصنوعی بر تعاملات شهری پایدار تأثیر دارد*"، حاصل پیوند منطقی میان مبانی نظری و سازوکارهای تعاملی مطرح در چارچوب شهر هوشمند پایدار است.

پیشینهٔ تجربی

زینالی عظیم (۱۴۰۴) در مقاله‌ای با عنوان "*ارزیابی تأثیر به‌کارگیری هوش مصنوعی در پایداری شهر تبریز*" به این نتایج دست پیدا کرد که هوش مصنوعی با قابلیت‌های خود در بهبود کارایی زیرساخت‌های شهری، کاهش اثرات منفی محیط زیستی و بهینه‌سازی مصرف منابع، می‌تواند نقشی کلیدی در ارتقاء پایداری شهری ایفا کند. به‌ویژه در شهرهایی مانند تبریز، به‌کارگیری این فناوری می‌تواند به افزایش بهره‌وری اقتصادی، بهبود کیفیت خدمات شهری و حرکت به‌سوی شهرهای هوشمند و پایدار منجر شود.

گودرزی و حاجیان (۱۴۰۳) در مقاله‌ای با عنوان "*تحلیل تأثیر هوش مصنوعی بر پایداری شهری*" به این نتایج دست یافتند که فناوری هوش مصنوعی اثرات متفاوتی بر ابعاد مختلف پایداری شهری در بوشهر دارد. به‌گونه‌ای که ابعاد اقتصادی و محیط زیستی بیشترین بهبود را تجربه کرده‌اند، درحالی‌که جنبه‌های اجتماعی و مدیریتی هنوز به تقویت و توجه بیشتری نیاز دارند. براساس یافته‌ها، هوش مصنوعی می‌تواند عاملی کلیدی در ارتقاء سطح پایداری شهری باشد؛ ازاین‌رو، دست‌یابی به بهره‌وری کامل از این فناوری مستلزم رفع موانعی چون کمبود زیرساخت‌ها و چالش‌های فرهنگی است.

میرزایی پور میبدی (۱۴۰۲) در تحقیقی با عنوان"*نقش هوش مصنوعی در توسعهٔ پایدار شهری*" نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که فناوری هوش مصنوعی در حوزه‌های گوناگون شهری، ازجمله برنامه‌ریزی و مدیریت شهری، بهینه‌سازی مصرف انرژی، سامانه‌های حمل‌ونقل، مدیریت پسماند و تعاملات شهروندی، نقشی مؤثر ایفا می‌کند. این دستاوردها بیان‌گر ظرفیت بالای هوش مصنوعی در تقویت پایداری شهرها و ارتقاء کیفیت زندگی شهری هستند. همچنین نتایج بر ضرورت بهره‌گیری آگاهانه و مسؤولانه از این فناوری برای توسعهٔ شهرهایی هوشمند، تاب‌آور، فراگیر و سازگار با نیازهای نسل‌های آینده تأکید دارد. در صورت برنامه‌ریزی صحیح و سیاست‌گذاری مناسب، هوش مصنوعی می‌تواند مسیر دست‌یابی به توسعهٔ پایدار شهری را هموار سازد.

(Ogunkan & Ogunkan, 2025) در مقالهٔ خود با عنوان "*بررسی کاربردهای کلان داده در زیرساخت‌های شهری پایدار*" به این نتایج دست یافتند، که تحلیل و یکپارچه‌سازی داده‌های شهری در حوزه‌هایی مانند انرژی، حمل‌ونقل، آب، پسماند و زیرساخت‌های سبز می‌تواند کارایی سیستم‌های شهری را افزایش داده و اثرات محیط زیستی را کاهش دهد. همچنین تأکید می‌کنند که کلان‌داده (مثل هوش مصنوعی و یادگیری ماشینی)، بستر لازم را برای گذار به شهرهای هوشمند و توسعهٔ زیرساخت‌های پایدار فراهم می‌کند و زمینه را برای بهره‌گیری از هوش مصنوعی و تحلیل‌های پیش‌بین در تصمیم‌سازی‌های شهری مهیا می‌سازد.

(Roky, 2025) در تحقیق خود با عنوان "*کاربردهای هوش مصنوعی برای حمل و نقل هوشمند و پایدار*" به این نتایج دست یافت که هوش مصنوعی می‌تواند با تسهیل تصمیم‌گیری، بهینه‌سازی مسیرها و افزایش کارایی زیست‌محیطی، بنیانی برای شکل‌دهی به نظام‌های حمل‌ونقل شهری پایدار و تعاملی‌تر فراهم کند.

(Cina et al., 2025) در تحقیقی با عنوان "*نقش مدل‌های پیش‌بینی مبتنی بر هوش مصنوعی در حمایت از توسعهٔ پایدار شهری*" به این نتایج دست یافتند که هوش مصنوعی از طریق تحلیل داده‌های کلان و مدل‌سازی پیش‌بینانه می‌تواند در بهینه‌سازی زیرساخت‌ها، مدیریت انرژی، پایش محیط زیست و سازگاری اقلیمی نقشی محوری ایفا کند. یافته‌ها حاکی از آن است که رویکردهای داده‌محور مبتنی بر هوش مصنوعی، توانایی پیش‌بینی نیازهای آیندهٔ شهر و کاهش ریسک‌های محیط زیستی را فراهم می‌کنند و درعین‌حال موجب افزایش تاب‌آوری و کارایی نظام‌های شهری می‌شوند. پژوهش بر ضرورت شفافیت الگوریتمی، حاکمیت داده و رویکردهای اخلاق‌محور در به‌کارگیری هوش مصنوعی تأکید دارد تا بهره‌گیری از این فناوری در جهت عدالت اجتماعی و پایداری محیط زیستی هدایت شود.

(Musa et al., 2025) در مقاله‌ای با عنوان "*مهار هوش مصنوعی برای توسعهٔ پایدار شهری*"به این نتایج دست یافتند که نوآوری و زیرساخت‌های هوش‌مصنوعی بیشترین تأثیر را بر پایداری شهری دارند و این اثر با سطح شهری‌شدن متغیر است؛ به‌گونه‌ای که در مراحل اولیه، هوش مصنوعی موجب تقویت پایداری می‌شود، اما در سطوح بالاتر، کارکردهای زیرساختی و بازارمحور آن نقش تعیین‌کننده‌تری می‌یابند.

(Louswa et al., 2023) در تحقیق با عنوان "*هوش مصنوعی شهری، درک نقش نوظهور هوش مصنوعی در شهرهای هوشمند*" یافته‌ها حاکی از آن است که تلفیق هوش مصنوعی با سامانه‌های شهری موجب افزایش کارایی، تاب‌آوری، امنیت سایبری و پایداری محیطی می‌شود و از طریق کاهش مصرف انرژی، بهینه‌سازی جریان داده و پیش‌بینی ناهنجاری‌ها، عملکرد محیط زیستی و بهره‌وری زیرساختی شهر را بهبود می‌بخشد.

(Bibri et al., 2023) در مقاله‌ای با عنوان "*شهرهای هوشمند پایدار از نظر محیط زیستی و فناوری‌ها و راه‌حل‌های همگرای هوش مصنوعی، اینترنت اشیا و کلان‌داده*" عوامل محرک توسعهٔ شهرهای هوشمند زیست‌پایدار را بررسی کردند. نتایج این مطالعه نشان داد که همگرایی فناوری‌های هوش مصنوعی، اینترنت اشیا و کلان‌داده، به‌ویژه پس از گسترش

دیجیتالی‌سازی و اهداف توسعهٔ پایدار، نقش مهمی در بهبود کارایی محیط زیستی و کاهش ردپای کربن شهرها ایفا کرده است. این پژوهش همچنین تأکید می‌کند که ترکیب این فناوری‌ها می‌تواند ابزارهای مؤثری برای مدیریت منابع، پایش محیطی و تصمیم‌سازی داده‌محور فراهم آورد، هرچند چالش‌هایی چون هزینه‌های زیست‌محیطی، ملاحظات اخلاقی و پیچیدگی‌های مقرراتی نیز وجود دارد.

تفاوت این پژوهش با مطالعات قبلی در این است که به جای تمرکز صرف بر جنبه‌های فنی هوش مصنوعی مثل انرژی، حمل‌ونقل یا زیرساخت‌ها، به تأثیر کلی و درهم‌تنیده آن بر خودِ ساختار شهر و روابط بین انسان، نهاد و محیط می‌پردازد. این تحقیق سعی دارد نشان دهد که هوش مصنوعی فقط یک ابزار تکنولوژیک نیست، بلکه می‌تواند باعث تغییر در شیوهٔ تصمیم‌گیری، ارتباطات اجتماعی و الگوهای محیط زیستی شهر شود. به بیان ساده‌تر، نوآوری کار در این است که شهر را به‌عنوان یک سیستم پویا و یادگیرنده می‌بینند که با کمک هوش مصنوعی می‌تواند خودش را با شرایط جدید سازگار کند.

روش تحقیق

این پژوهش از نظر بعد زمانی، یک مطالعهٔ مقطعی؛ از منظر عمق مطالعه در زمرهٔ تحقیقات پهنانگر و از حیث هدف در ردهٔ تحقیقات کاربردی دسته‌بندی می‌شود. روش نمونه‌گیری به‌کاررفته در این مطالعه، نمونه‌گیری سهمیه‌ای متناسب با حجم جامعهٔ آماری است. انتخاب روش نمونه‌گیری سهمیه‌ای در این پژوهش، مبتنی بر ملاحظات روش‌شناختی و شرایط واقعی جامعهٔ آماری بوده است. ازآنجاکه چارچوب آماری دقیق و فهرست مشخصی از اعضای جامعهٔ مورد مطالعه (نسل زد ساکن شهر اصفهان) در دسترس نبود، به‌کارگیری روش‌های نمونه‌گیری احتمالی مانند تصادفی ساده یا طبقه‌ای امکان‌پذیر نبود. بااین‌حال، وجود اطلاعات جمعیتی کلی، شامل ترکیب سنی، جنسیتی و منطقه‌ای افراد در پانزده منطقهٔ شهرداری اصفهان زمینه را برای اجرای نمونه‌گیری سهمیه‌ای فراهم ساخت. انتخاب این روش به محقق امکان داد تا با تخصیص سهمیه‌هایی متناسب با نسبت‌های واقعی جمعیت در هر منطقه و گروه سنی، **نمایندگی ساختار جمعیتی جامعه در نمونه حفظ شود** و از بروز سوگیری ناشی از عدم دسترسی به چارچوب کامل جامعهٔ آماری پیشگیری گردد. بدین‌ترتیب، نمونه‌گیری سهمیه‌ای در این پژوهش به‌منزلهٔ **راهکاری عملی برای افزایش اعتبار بیرونی یافته‌ها** و حصول اطمینان از همخوانی ویژگی‌های نمونه با ترکیب واقعی جمعیت هدف به‌کار گرفته شد. تعیین حجم نمونه با درنظرگرفتن الزامات آماری مربوط به آزمون فرضیه‌ها، با استفاده از نرم‌افزار *Sample Power* انجام شد. در این برآورد، تعداد ۳۴۰ نفر به‌عنوان حجم مطلوب نمونه مشخص گردید. این تخمین براساس درنظرگرفتن شش متغیر پیش‌بین در مدل پژوهش، اندازهٔ اثر استاندارد (۰.۰۵)، سطوح مختلف آلفا (۰.۰۱، ۰.۰۳، و ۰.۰۵) و توان آماری آزمون معادل ۰.۹۰ صورت گرفت که بهینه‌ترین

سناریو ممکن برای تحلیل‌های آماری تحقیق حاضر را نمایندگی می‌کند. جامعهٔ آماری پژوهش شامل نسل زد ساکن شهر اصفهان است که طبق تعریف (Turner, 2015) در فاصلهٔ سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۰ میلادی متولد شده‌اند. مطابق نتایج آخرین سرشماری رسمی کشور در سال ۱۳۹۵، جمعیت این گروه در شهر اصفهان حدود ۴۵۱۰۳۸ نفر برآورد شده است. بر اساس این، نمونه‌ها به‌صورت سهمیه‌ای و متناسب با تعداد افراد در ردهٔ سنی ۱۵ تا ۲۹ سال در دو جنس زن و مرد و در هر یک از مناطق پانزده‌گانهٔ شهر انتخاب شده‌اند. ابزار گردآوری داده‌ها پرسش‌نامهٔ محقق‌ساخته بوده که روایی آن با استفاده از روش روایی صوری و نظر ۱۰ نفر از صاحب‌نظران حوزهٔ جامعه‌شناسی تأیید شده است. پایایی ابزار نیز با استفاده از ضریب آلفای کرونباخ (به شرح جدول ۲) مورد بررسی و تأیید قرار گرفت. تجزیه‌وتحلیل داده‌ها نیز در دو سطح آمار توصیفی و استنباطی انجام شد. در این راستا از نرم‌افزار *SPSS* نسخهٔ ۲۴ برای تحلیل‌های اولیه و از نرم‌افزار *AMOS* نسخهٔ ۲۴ برای مدل‌یابی معادلات ساختاری بهره گرفته شد.

جدول ۲. پایایی متغیرها

متغیر و شاخص‌ها		نمونه گویه	پرسش‌نامهٔ نهایی	
			گویه	پایایی
تعاملات شهری پایدار	انسان - فناوری	فناوری‌های هوشمند شهری امکان یادگیری و آگاهی بیشتر دربارهٔ وضعیت محیط شهری را برای من فراهم کرده‌اند.	۴	۰.۷۸
	نهادی - اجتماعی	احساس می‌کنم فناوری‌های شهری زمینهٔ گفت‌وگو و تصمیم‌گیری مشترک میان نهادها و شهروندان را تقویت کرده‌اند.	۴	۰.۸۵
	انسان - محیط	احساس می‌کنم فناوری‌های هوشمند شهری نقش مهمی در کاهش آلودگی و حفاظت از محیط زیست دارند.	۴	۰.۷۷
هوش مصنوعی	آگاهی از هوش مصنوعی	هوش مصنوعی می‌تواند با تجزیه‌وتحلیل داده‌ها به کسب‌وکارها کمک کند تا فرصت‌های جدید پیدا کنند.	۵	۰.۸۸
	تعامل با هوش مصنوعی	هوش مصنوعی را جزئی از کار و زندگی خود می‌دانم.	۵	۰.۸۵
	ادراک از هوش مصنوعی	هوش مصنوعی درک خوبی از تحلیل داده‌های پیچیده به من ارائه می‌کند.	۵	۰.۷۶

متغیر و شاخص‌ها		نمونه گویه	پرسش‌نامهٔ نهایی	
			گویه	پایایی
	پذیرش هوش مصنوعی	اگر هوش مصنوعی کارم را راحت‌تر کند، بیشتر از آن استفاده می‌کنم.	۵	۰.۷۲
	اعتماد به هوش مصنوعی	چون عملکرد هوش مصنوعی مشخص و روشن است، از آن استفاده می‌کنم.	۵	۰.۸۱
	نوآوری در هوش مصنوعی	ابزارهای هوش مصنوعی مسیرهای جدیدی برای پیشرفت من ایجاد کرده‌اند.	۵	۰.۸۴

تعاریف مفهومی

الف-هوش مصنوعی

هوش مصنوعی یک فناوری است که از داده‌ها و الگوریتم‌ها برای تحلیل الگوها، پیش‌بینی نتایج و تسهیل تصمیم‌گیری‌های انسان استفاده می‌کند. این فناوری با تأثیر بر حوزه‌هایی مانند آموزش، سلامت و ارتباطات، به بازتعریف تعاملات اجتماعی کمک می‌کند (Jaber et al., 2024) در ذیل، به بررسی و تحلیل ابعاد این متغیر پرداخته خواهد شد:

– **آگاهی از هوش مصنوعی:** آگاهی از هوش مصنوعی به‌معنای شناخت و درک عمومی از قابلیت‌ها، کاربردها و اثرات این فناوری بر جوامع و صنایع مختلف است (West & Allen, 2018) که در طیف لیکرت ۵ گزینه‌ای از (کاملاً مخالفم ۱ تا کاملاً موافقم ۵) مورد سنجش قرار گرفته است.

– **تعامل با هوش مصنوعی:** تعامل با هوش مصنوعی به فرآیند ارتباط و همکاری بین انسان‌ها و سیستم‌های هوش مصنوعی اطلاق می‌شود که در آن انسان‌ها به سیستم‌های هوش مصنوعی اعتماد کرده و با آن‌ها در انجام وظایف و حل مسائل مختلف همکاری می‌کنند. این تعامل نه‌تنها به توانایی‌های فنی و عملکردی سیستم‌های هوش مصنوعی بستگی دارد، بلکه به عوامل روان‌شناختی و اجتماعی نیز مرتبط است (Hancock et al., 2011) که در طیف لیکرت ۵ گزینه‌ای از (کاملاً مخالفم ۱ تا کاملاً موافقم ۵) مورد سنجش قرار گرفته است.

– **ادراک از هوش مصنوعی:** به‌معنای نحوهٔ درک و تفسیر افراد از عملکردهای سیستم‌های هوش مصنوعی است که به‌ویژه در زمینه‌های مختلف، مانند تحلیل داده‌های اجتماعی و شناسایی الگوها به کار می‌روند. به‌عبارت دیگر، ادراک از

هوش مصنوعی نه‌تنها به شناخت ویژگی‌های فنی آن بلکه به درک کاربردهای اجتماعی و اخلاقی آن نیز مربوط می‌شود (Sainju et al., 2021)که در طیف لیکرت ۵ گزینه‌ای از (کاملاً مخالفم ۱ تا کاملاً موافقم ۵) مورد سنجش قرار گرفته است.

– **پذیرش هوش مصنوعی:** پذیرش هوش مصنوعی به‌معنای فرآیند پذیرش و استفاده از فناوری‌های نوین توسط افراد است. پذیرش هوش مصنوعی به‌عواملی همچون ادراک سودمندی، سهولت استفاده و انگیزه‌های فردی وابسته است. درواقع، پذیرش هوش مصنوعی نه‌تنها تحت تأثیر ویژگی‌های تکنولوژیکی سیستم قرار دارد، بلکه به‌عوامل روان‌شناختی و اجتماعی نیز بستگی دارد (Venkatesh & Bala, 2008) که در طیف لیکرت ۵ گزینه‌ای از (کاملاً مخالفم۱ تا کاملاً موافقم ۵) مورد سنجش قرار گرفته است.

– **اعتماد به هوش مصنوعی:** اعتماد به هوش مصنوعی به‌معنای اعتماد کاربران به سیستم‌های خودکار و هوش مصنوعی برای انجام وظایف خاص و تصمیم‌گیری‌های صحیح است. به‌عبارت دیگر، اعتماد به هوش مصنوعی تنها زمانی به‌طور مؤثر ایجاد می‌شود که این سیستم‌ها در ارائهٔ نتایج قابل اعتماد و پیش‌بینی‌شده عمل کنند و کاربران بتوانند به‌درستی ارزیابی کنند که تا چه حد می‌توانند بر این سیستم‌ها تکیه کنند (Lee & See, 2004) که در طیف لیکرت ۵ گزینه‌ای از (کاملاً مخالفم ۱ تا کاملاً موافقم ۵) مورد سنجش قرار گرفته است.

– **نوآوری در هوش مصنوعی:** به‌معنای ایجاد و توسعهٔ فناوری‌هایی است که به‌طور چشم‌گیری توانایی‌های اقتصادی، اجتماعی و فنی بشر را ارتقا می‌دهند. نوآوری در هوش مصنوعی به‌ویژه به توانایی این فناوری در بهبود عملکرد سیستم‌ها و افزایش بهره‌وری در صنایع مختلف مربوط می‌شود؛ به‌طوری که باعث ایجاد فرصت‌های جدید اقتصادی و اجتماعی می‌شود و قدرت‌های اقتصادی و اجتماعی را دوباره تنظیم می‌کند (Brynjolfsson & McAfee, 2014) که در طیف لیکرت ۵ گزینه‌ای از (کاملاً مخالفم ۱ تا کاملاً موافقم ۵) مورد سنجش قرار گرفته است.

ب- تعاملات شهری پایدار

تعاملات شهری پایدار به شبکه‌ای پویا از روابط متقابل میان انسان، فناوری، نهادها و محیط‌های شهری اشاره دارد که در بستر داده و فناوری‌های هوشمند شکل می‌گیرد و با هدف ارتقاء پایداری زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی عمل می‌کند. در این رویکرد، شهر همچون یک نظام پیچیده و زنده در نظر گرفته می‌شود که اجزای آن شهروندان، زیرساخت‌ها، داده‌ها و نهادها از طریق چرخه‌های یادگیرنده و بازخوردی، به‌طور مداوم در تعامل هستند تا تعادل میان کارایی، نوآوری و پایداری حفظ شود (Bibri & Krogstie, 2017) .

– **تعامل انسان– فناوری**[۲۳]: در شهر هوشمند پایدار، به رابطه‌ای بازخوردی و پویا میان شهروندان و سامانه‌های فناورانه شهری اطلاق می‌شود؛ رابطه‌ای که از طریق داده‌های شهری و فناوری‌های هوشمند، زمینهٔ توانمندسازی، یادگیری و تصمیم‌گیری جمعی را در سطح کلان شهری فراهم می‌سازد. در این رویکرد، فناوری نه صرفاً ابزار کاربر فردی، بلکه بخشی از نظام اجتماعی و نهادی شهر است که در پویایی‌های پایداری شهری نقش دارد (Bibri & Krogstie, 2017) که در طیف لیکرت ۵ گزینه‌ای از (کاملاً مخالفم ۱ تا کاملاً موافقم ۵) مورد سنجش قرار گرفته است.

– **تعامل انسان– محیط**[۲۴]: در چارچوب شهر هوشمند پایدار، فرآیندی داده‌محور است که در آن اطلاعات حاصل از سامانه‌های حسگر و فناوری‌های تحلیلی، رابطهٔ میان انسان و محیط طبیعی یا ساخته شده را بازآفرینی می‌کند. در این بعد، محیط به‌عنوان موجودیتی فعال و داده‌محور عمل کرده و از طریق بازخوردهای زیست‌محیطی، رفتارهای اکولوژیکی انسان را هدایت نموده و آگاهی او را نسبت به پایداری محیط زیستی افزایش می‌دهد ((Bibri & Krogstie, 2017) که در طیف لیکرت ۵ گزینه‌ای از (کاملاً مخالفم ۱ تا کاملاً موافقم ۵) مورد سنجش قرار گرفته است.

– **تعامل نهادی– اجتماعی**[۲۵]: عبارت است از شبکهٔ ارتباطی و داده‌محور میان نهادهای شهری، بخش خصوصی و جامعهٔ مدنی که به‌وسیلهٔ فناوری‌های هوشمند پشتیبانی می‌شود و هدف آن ارتقاء شفافیت، پاسخ‌گویی، اعتماد عمومی و حکمرانی مشارکتی است. این تعامل با ایجاد جریان آزاد داده و ارتباطات چندسطحی، زمینهٔ تصمیم‌گیری یادگیرنده، هماهنگی نهادی و تحقق پایداری اجتماعی و اقتصادی را در بستر شهر هوشمند فراهم می‌کند (Bibri & Krogstie, 2017) که در طیف لیکرت ۵ گزینه‌ای از (کاملاً مخالفم ۱ تا کاملاً موافقم ۵) مورد سنجش قرار گرفته است.

یافته‌ها و بحث

پیش از تحلیل فرضیه‌ها، به‌منظور توصیف ویژگی‌های نمونه، توزیع پاسخ‌گویان براساس متغیرهای جمعیت‌شناختی شامل سن، جنسیت، وضعیت تأهل، سطح تحصیلات و وضعیت اشتغال بررسی شد. نتایج حاصل از این بررسی در جدول (۳) ارائه شده است.

جدول ۳. ویژگی‌های جمعیت‌شناختی پاسخ‌گویان

[23] Human–Technology Interaction
[24] **Human–Environment Interaction**
[25] Institutional–Social Interaction

متغیر	گروه	فراوانی	درصد
سن	۱۹–۱۵ سال	۹۵	۲۷،۹
	۲۴–۲۰ سال	۱۰۵	۳۰،۹
	۲۹–۲۵ سال	۱۴۰	۴۱،۲
جنسیت	زن	۱۶۹	۴۹،۷
	مرد	۱۷۱	۵۰،۳
وضعیت تأهل	مجرد	۱۶۰	۴۷،۱
	متأهل	۱۳۷	۴۰،۳
	سایر/ طلاق- فوت	۴۳	۱۲،۶
سطح تحصیلات	سیکل و پایین‌تر	۱۰۶	۳۱،۲
	دیپلم	۱۰۲	۳۰،۰
	فوق‌دیپلم	۷۲	۲۱،۲
	کارشناسی	۳۰	۸،۸
	کارشناسی‌ارشد و بالاتر	۳۰	۸،۸
وضعیت اشتغال	دانش‌آموز	۱۱۷	۳۴،۴
	دانشجو	۱۰۵	۳۰،۹
	شغل آزاد	۵۰	۱۴،۷
	بیکار	۳۴	۱۰
	شاغل بخش خصوصی	۲۱	۶،۲
	شاغل بخش دولتی	۱۳	۳،۸

همان گونه که در جدول مشاهده می‌شود، بیشترین سهم پاسخ‌گویان در گروه سنی ۲۵ تا ۲۹ سال و ترکیب جنسیتی تقریباً متوازن است. همچنین، اکثریت شرکت‌کنندگان مجرد و دارای تحصیلات متوسطه یا دیپلم بوده و بیشترین اشتغال در میان آنان به دانش‌آموزان و دانشجویان تعلق دارد؛ این ویژگی‌ها با ساختار جمعیتی نسل زد در شهر اصفهان همخوانی دارد.

در ادامه به‌منظور توصیف وضعیت متغیرهای پژوهش، شاخص‌های آمار توصیفی شامل میانگین، انحراف معیار، حداقل و حداکثر محاسبه شده است. همچنین، به‌منظور ارزیابی معناداری تفاوت میانگین مشاهده‌شده هر بُعد با مقدار معیار، آزمون t تک‌نمونه‌ای اجرا گردیده است. نتایج حاصل در جدول (۴) ارائه شده و مبنایی برای تفسیر وضعیت ابعاد اصلی پژوهش فراهم می‌سازد. در این پژوهش، «میانگین معیار» به‌عنوان نقطه‌ی خنثی مقیاس، براساس رابطهٔ «حداقل به اضافهٔ حداکثر، تقسیم بر دو» (Pallant,2020) محاسبه شده است. بدین ترتیب، چنانچه میانگین مشاهده‌شده (میانگین نمونه) به‌طور معناداری از میانگین معیار بالاتر باشد، نشان‌دهندهٔ ارزیابی مثبت‌تر پاسخ‌گویان نسبت به وضعیت آن شاخص است. ازآنجاکه تمرکز این پژوهش صرفاً بر نسل زد بوده است، مقایسهٔ میان‌نسلی انجام نشده و تحلیل‌ها بر مبنای سنجش درون‌گروهی و فاصله مشاهده‌شده از مقدار معیار نظری صورت گرفته است.

جدول ۴. شاخص‌های توصیفی متغیرها

متغیر و شاخص‌ها		میانگین	انحراف معیار	حداقل	حداکثر	میانگین معیار	t	sig
تعاملات شهری پایدار	انسان - فناوری	۱۵.۳۲	۲.۹۸	۶	۲۰	۱۳	۱۴.۵۱	۰.۰۰
	انسان - محیط	۱۹.۶۰	۲.۷۶	۶	۲۰	۱۳	۱۲.۷۲	۰.۰۰
	نهادی - اجتماعی	۱۵.۲۶	۳.۲۳	۴	۲۰	۱۲	۱۴.۶۱	۰.۰۰
	کل	۴۷.۴۹	۷.۸	۱۹	۶۰	۳۹.۵	۱۵.۹۴	۰.۰۰
هوش مصنوعی	آگاهی از هوش مصنوعی	۱۹.۴۷	۴.۸۷	۶	۲۵	۱۵.۵	۱۳.۸۹	۰.۰۰
	تعامل با هوش مصنوعی	۱۷.۳۰	۴.۴۰	۶	۲۵	۱۵.۵	۱۱.۶۵	۰.۰۰

متغیر و شاخص‌ها		میانگین	انحراف معیار	حداقل	حداکثر	میانگین معیار	t	sig
	ادراک از هوش مصنوعی	۱۱.۲۶	۳.۷۵	۶	۲۵	۱۵.۵	۱۷.۶۱	۰.۰۰
	پذیرش هوش مصنوعی	۱۰.۳۵	۳.۷۴	۵	۲۵	۱۵	۱۴.۸۹	۰.۰۰
	اعتماد به هوش مصنوعی	۱۸.۶۰	۴.۰۶	۸	۲۵	۱۶.۵	۱۶.۳۳	۰.۰۰
	نوآوری در هوش مصنوعی	۱۶.۷۷	۵	۶	۲۵	۱۵.۵	۱۱.۵۲	۰.۰۰
	کل	۹۳.۷۶	۱۹.۵۱	۵۴	۱۵۰	۱۰۲	۱۳.۷۸	۰.۰۰

نتایج به‌دست‌آمده از تحلیل تعاملات شهری پایدار در میان نسل زد شهر اصفهان نشان می‌دهد که هر سه بعد تعامل انسان - فناوری، انسان - محیط و تعامل نهادی - اجتماعی عملکردی بالاتر از میانگین معیار داشته‌اند، اما شدت این برتری در میان ابعاد متفاوت است و این تفاوت خود بیان‌گر الگوی خاصی از نحوهٔ درگیری نسل زد با فناوری، محیط و ساختارهای نهادی شهر است. درواقع، مقادیر عددی این سه مؤلفه نوعی ناهم‌ترازی میان ابعاد مختلف پایداری شهری را نشان می‌دهد که می‌توان آن را نتیجهٔ ویژگی‌های فرهنگی، فناورانه و نهادی خاص شهر اصفهان دانست. این تفاوت با یافته‌های (Bibri & Krogstie, 2017) نیز همخوان است؛ زیرا آنان نیز بر این باورند که پویایی تعاملات شهری پایدار به زمینه‌های فرهنگی و نهادی هر شهر وابسته است.

در بعد تعامل انسان- فناوری، میانگین به‌دست‌آمده (۱۵.۳۲) در مقایسه با مقدار معیار (۱۳) نشان می‌دهد که نسل زد شهر اصفهان در استفاده از فناوری‌های داده‌محور و سامانه‌های هوشمند شهری ازجمله اپلیکیشن‌های حمل‌ونقل، سامانه‌های انرژی و خدمات شهری سطحی بالاتر از حد متوسط تعامل را از خود نشان داده است. بااین‌حال، فاصلهٔ نسبتاً محدود میان میانگین واقعی و مقدار معیار بیان‌گر آن است که این تعامل بیشتر در سطح مصرف و استفاده روزمره باقی مانده و هنوز به مرحلهٔ درگیرشدگی فعال و مشارکت فناورانه نرسیده است. این برداشت از آنجا حاصل می‌شود که اختلاف میانگین واقعی و مقدار معیار اندک است و نشان‌دهندهٔ تعاملی نسبتاً ضعیف‌تر از سطح مشارکت فعال است. به عبارت دیگر، هرچند جوانان اصفهان در زندگی شهری به‌طور مستمر با ابزارهای دیجیتال در تماس‌اند، اما این استفاده بیش‌تر جنبهٔ کارکردی و

تسهیل‌گرایانه دارد تا نقشی بازخوردی و تحلیلی در تصمیم‌سازی‌های شهری. این وضعیت را می‌توان در بستر فرهنگی و ساختاری شهر توضیح داد؛ زیرا آموزش‌های رسمی و غیررسمی مرتبط با سواد داده، شهروندی دیجیتال و مشارکت فناورانه هنوز فراگیر نیستند و از سوی دیگر، سامانه‌های شهری نیز غالباً برای اطلاع‌رسانی طراحی شده‌اند، نه برای دریافت و پردازش بازخوردهای شهروندی. چنین تبیینی با دیدگاه (Bibri & Krogstie, 2017) نیز همخوان است؛ آنان تأکید می‌کنند که کیفیت تعامل فناورانه در شهرهای هوشمند، تابع سطح سرمایهٔ فرهنگی، سواد فناورانه و ساختارهای نهادی هر شهر است. بنابراین، اگرچه سطح استفاده از فناوری در میان نسل زد شهر اصفهان بالاست، اما کیفیت و عمق تعامل فناورانه هنوز در حد متوسط باقی مانده است.

باید توجه داشت که در تبیین نتایج مربوط به بعد تعامل انسان–فناوری، مقصود از «درگیرشدگی فعال و مشارکت فناورانه» ناظر به سطح تمایل، آگاهی و آمادگی فرهنگی نسل زد برای ورود به فرآیندهای داده‌محور است، نه مشارکت نهادی به معنای رسمی آن. درواقع، همان‌گونه که در بخش مبانی نظری و براساس دیدگاه (Bibri & Krogstie, 2017) اشاره شد، ساختار حکمرانی شهری در اصفهان هنوز ماهیتی متمرکز دارد و زیرساخت‌های «داده‌باز» و بسترهای بازخورد شهروندی در سامانه‌های شهری به‌صورت کامل شکل نگرفته‌اند. بنابراین، فقدان مشارکت فناورانه در معنای عملی، بیش از آنکه ناشی از ضعف تمایل یا آگاهی شهروندان باشد، بازتاب محدودیت‌های ساختاری و نهادی نظام مدیریت شهری است. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که نسل زد، هرچند از نظر فرهنگی و فناورانه آمادگی لازم برای مشارکت در تصمیم‌سازی‌های داده‌محور را دارد، اما بستر نهادی لازم برای بروز این آمادگی هنوز فراهم نشده است. از این منظر، تفاوت میان سطح بالای استفادهٔ فناورانه و سطح نسبتاً پایین مشارکت بازخوردی را می‌توان بازتاب شکاف میان ظرفیت فرهنگی و ظرفیت نهادی شهر دانست؛ شکافی که رفع آن نیازمند توسعهٔ سازوکارهای شفافیت داده، مشارکت دیجیتال و بازخورد شهروندی در سامانه‌های شهری است.

در بعد تعامل انسان – محیط، میانگین به‌دست‌آمده (۱۹.۶۰) در مقایسه با مقدار معیار (۱۳) بسیار بالاتر است. این فاصلهٔ چشم‌گیر بیان‌گر سطح بالای آگاهی زیست‌محیطی، حساسیت اکولوژیکی و درک نسبی شهروندان نسل زد از اهمیت پایداری محیطی در زندگی شهری است. این نتیجه بر پایهٔ تفاوت معنادار میان میانگین مشاهده‌شده (۱۹.۶۰) و مقدار معیار (۱۳) است؛ فاصلهٔ زیاد میان این دو عدد نشان می‌دهد که سطح آگاهی و حساسیت اکولوژیکی نسل زد اصفهان بالاتر از حد متوسط ارزیابی می‌شود. بر اساس این، می‌توان گفت نسل زد اصفهان نسبت به مسائل محیطی آگاه‌تر از سایر ابعاد پایداری است و واکنش فعال‌تری نسبت به داده‌ها و اطلاعات محیط زیستی از خود نشان می‌دهد. این تبیین بر پایهٔ زمینه اجتماعی و محیط زیستی شهر اصفهان است؛ شهری که در سال‌های اخیر با بحران‌های مزمن آبی، خشک‌شدن زاینده‌رود، افزایش آلودگی هوا و کاهش کیفیت زیست شهری روبه‌رو بوده است. برجستگی این بحران‌ها در گفتمان عمومی و رسانه‌های محلی سبب شده است تا موضوع محیط زیست و پایداری اکولوژیکی به یکی از دغدغه‌های اصلی نسل جوان تبدیل شود و

آگاهی آنان به‌طور طبیعی افزایش یابد. از منظر نظری (Bibri & Krogstie, 2017)، این یافته با دیدگاه آنان همخوان است؛ زیرا معتقدند فناوری‌های داده‌محور با ارائهٔ بازخوردهای زیست‌محیطی، آگاهی اکولوژیکی انسان را افزایش داده و او را از مصرف‌کننده منفعل داده به کنشگر فعال اکولوژیکی تبدیل می‌کنند.

در بعد تعامل نهادی- اجتماعی، میانگین به‌دست‌آمده (۱۵.۲۶) در مقایسه با مقدار معیار (۱۲) بالاتر است. هرچند این مقدار نیز از سطح معیار فراتر رفته، اما فاصلهٔ آن نسبت به سایر ابعاد کم‌تر است. **از این تفاوت می‌توان نتیجه گرفت که هرچند میانگین مشاهده‌شده (۱۵.۲۶) به‌طور معناداری بالاتر از مقدار معیار (۱۲) است، اما فاصلهٔ محدود میان این دو عدد در مقایسه با سایر ابعاد، بیان‌گر سطح پایین‌تر تعامل نهادی در میان نسل زد شهر اصفهان است. به عبارت دیگر، درحالی‌که ابعاد انسان- فناوری و انسان- محیط از پویایی بیشتری برخوردارند، تعامل نهادی- اجتماعی در سطحی محدودتر باقی مانده است.** این یافته نشان می‌دهد که ارتباط شهروندان جوان با نهادهای شهری و ساختارهای حکمرانی هرچند وجود دارد، اما هنوز به سطح بالای مشارکت مؤثر و تصمیم‌سازی جمعی نرسیده است. به بیان دیگر، شهروندان به نهادهای رسمی شهری دسترسی ارتباطی دارند و از ابزارهای دیجیتال برای تعامل استفاده می‌کنند، اما در فرآیندهای سیاست‌گذاری، نظارت و تصمیم‌گیری نهادی نقش فعالی ندارند. **این وضعیت را می‌توان بر پایهٔ ساختار مدیریتی شهر اصفهان تبیین کرد؛ زیرا ادبیات نظری** (Bibri & Krogstie, 2017)**و شواهد میدانی هر دو تأکید دارند که در شهرهایی با ساختار متمرکز، نبود داده‌باز، ضعف شفافیت و محدودیت دسترسی به اطلاعات عملکردی نهادها موجب کاهش سطح مشارکت و تعامل نهادی می‌شود. به نظر می‌رسد وضعیت اصفهان نیز از همین الگو پیروی می‌کند؛ ساختار مدیریت شهری آن هنوز به‌طور کامل به سمت حکمرانی شبکه‌ای و مشارکتی گذار نکرده است و در نتیجه، بستر لازم برای گفت‌وگوی دوسویه و تصمیم‌گیری جمعی میان شهروندان و نهادها به‌طور کامل فراهم نیست.** بنابراین، تعامل نهادی - اجتماعی در شهر اصفهان بیش از آنکه مشارکتی و تصمیم‌محور باشد، جنبهٔ ارتباطی و اطلاع‌رسانی دارد. این تفسیر با دیدگاه (Bibri & Krogstie, 2017) نیز همخوان است؛ زیرا آنان معتقدند پویایی تعاملات نهادی در شهرهای هوشمند زمانی به حداکثر می‌رسد که ساختارهای حکمرانی داده‌محور، شفاف و مشارکت‌پذیر باشند.

در مجموع، میانگین کل تعاملات شهری پایدار برابر با (۴۷.۴۹) در مقایسه با مقدار معیار (**۳۹.۵**) است. این نتیجه نشان می‌دهد که تعاملات شهروندی نسل زد در شهر اصفهان در مجموع بالاتر از حد متوسط ارزیابی می‌شود. بااین‌حال، تحلیل مقایسه‌ای میان ابعاد مختلف تعاملات شهری بیان‌گر نوعی **عدم تعادل در ساختار کلی تعاملات نسل زد** است؛ به‌گونه‌ای که تعامل انسان- محیط به‌مراتب بالاتر از سایر ابعاد قرار دارد، درحالی‌که تعامل انسان- فناوری و نهادی- اجتماعی در سطوح نسبتاً متوسط باقی مانده‌اند. **منشأ این عدم تعادل را می‌توان در تفاوت میانگین هر بعد با مقدار معیار**

مشاهده کرد؛ به‌ویژه آنکه فاصلهٔ بعد انسان- محیط (حدود ۶.۶ واحد) بیش از دو برابر فاصلهٔ بعد نهادی-اجتماعی (۳.۲۶ واحد) است. این اختلاف نشان می‌دهد که نسل زد در اصفهان، گرچه از آگاهی و حساسیت محیط زیستی **بالایی برخوردار است، اما در حوزه‌های فناورانه و نهادی هنوز به سطح هم‌افزایی و تعامل یکپارچه نرسیده است. چنین وضعیتی از منظر آماری و رفتاری، نشانه‌ای از ناهماهنگی در بلوغ اکولوژیکی، فناورانه و نهادی نظام شهری محسوب می‌شود.** از منظر نظری «شهر به‌مثابه اکوسیستم»، این ناهماهنگی معادل با **مرحلهٔ گذار از پایداری بخشی به پایداری یکپارچه** است؛ یعنی بخشی از مؤلفه‌های اکوسیستم شهری، به‌ویژه آگاهی محیط زیستی و حساسیت اجتماعی نسل جوان رشد یافته‌اند، اما ساختارهای نهادی و فناورانه هنوز به اندازهٔ کافی با آن هم‌افزا نشده‌اند. داده‌های این پژوهش دقیقاً چنین الگویی را تأیید می‌کنند و نشان می‌دهند که **شهر اصفهان و نسل زد آن در مسیر گذار از شهر داده‌محور به شهر یادگیرنده قرار دارند.** در این مسیر، نسل زد به‌عنوان نسلی دیجیتال، انعطاف‌پذیر و آگاه به مسائل زیست‌محیطی، بیش از سایر گروه‌های سنی از فناوری‌های شهری و سامانه‌های داده‌محور استفاده می‌کند؛ بااین‌حال، این استفاده هنوز بیشتر در سطح کارکردی و مصرفی باقی‌مانده و به مشارکت بازخوردی و نهادی تبدیل نشده است. به بیان دیگر، نسل زد به لحاظ فرهنگی و فناورانه آمادهٔ مشارکت فعال در نظام شهری است، اما هنوز **بستر نهادی، آموزشی و سیاستی لازم برای ادغام این آمادگی در فرآیند حکمرانی شهری** به‌طور کامل شکل نگرفته است.

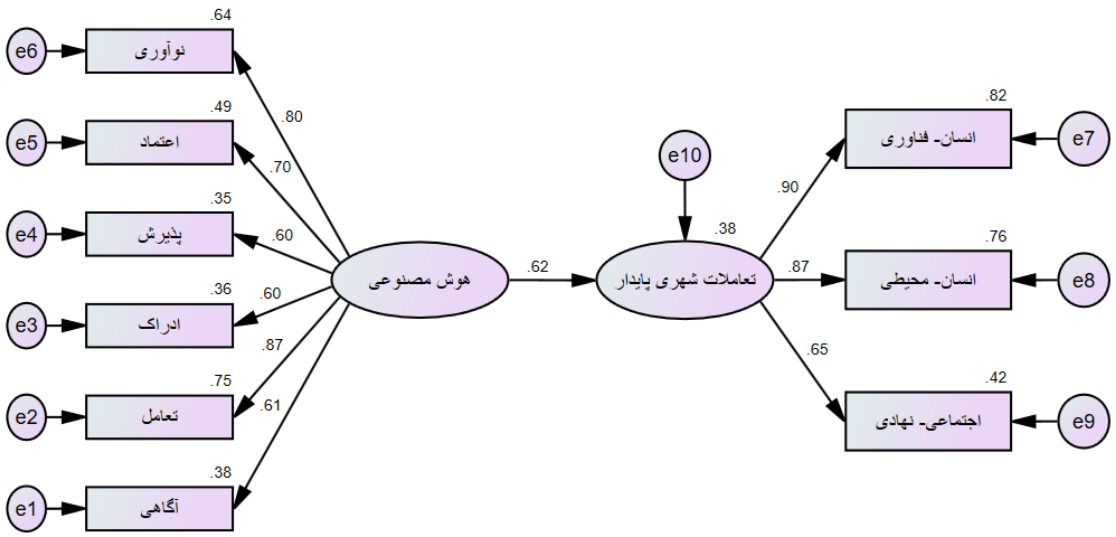
بااین‌حال، این وضعیت صرفاً نشانهٔ ضعف نیست، بلکه بیان‌گر **بلوغ تدریجی و شکل‌گیری زیرساخت‌های ذهنی و فرهنگی شهر در مسیر هوشمندی پایدار** است. نسل زد، به‌عنوان سرمایهٔ فرهنگی و فناورانهٔ نوظهور اصفهان، توان بالقوه‌ای برای هدایت شهر به‌سمت حکمرانی داده‌محور، یادگیری جمعی و پایداری اکولوژیکی دارد. تقویت سواد داده، آموزش مشارکتی و گسترش بسترهای شفافیت نهادی می‌تواند این ظرفیت را از سطح رفتارهای فردی به سطح تعامل جمعی و بازخوردی در اکوسیستم شهری ارتقا دهد.

میانگین کل نمرات مربوط به سطح بهره‌گیری از هوش مصنوعی در میان پاسخ‌گویان برابر با ۹۳.۷۶ به‌دست آمده است که پایین‌تر از میانگین معیار ۱۰۲ ارزیابی می‌شود. بررسی مؤلفه‌ها به‌صورت جداگانه (به‌استثنای بعد ادراک و پذیرش) نشان می‌دهد که اغلب ابعاد هوش مصنوعی از میانگین معیار خود فراتر رفته و عملکرد نسبتاً مطلوبی داشته‌اند، بااین‌حال پایین‌تر بودن میانگین کل از سطح معیار، بیان‌گر وجود شکاف میان عملکرد تفکیکی و یکپارچگی کلی در استفاده از هوش مصنوعی است. این وضعیت نشان می‌دهد که هرچند نسل زد با اجزای مختلف فناوری‌های هوشمند آشنایی دارد و در هر بعد به‌طور مستقل عملکرد قابل قبولی از خود نشان می‌دهد، اما هنوز در زمینهٔ ادغام کارکردی و بهره‌گیری هم‌زمان و نظام‌مند از تمام ابعاد هوش مصنوعی محدودیت‌هایی دارد. به بیان دیگر، توانایی این نسل در سطح کاربردهای پراکنده و سطحی قابل توجه است، ولی در استفادهٔ جامع، هدفمند و تخصصی از این فناوری هنوز به سطح بلوغ لازم نرسیده است.

تفاوت میان عملکرد تفکیکی نسبتاً بالا و انسجام کلی پایین‌تر پدیده‌ای طبیعی و منطقی است؛ زیرا نشان می‌دهد دانش و مهارت فناورانهٔ نسل زد در مرحلهٔ گذار از آشنایی عمومی به تسلط یکپارچه و کاربرد تخصصی قرار دارد. از منظر جامعه‌شناختی، می‌توان این وضعیت را نتیجهٔ الگوی غالب استفاده این نسل از فناوری‌های دیجیتال دانست؛ الگویی که بیشتر در بستر مصرف رسانه‌ای، تعاملات غیررسمی و فعالیت‌های تفریحی شکل گرفته است. در چنین شرایطی، هرچند ارتباط نسل زد با فناوری گسترده و مداوم است، اما این ارتباط بیشتر جنبه مصرفی دارد تا مهارت‌محور و تولیدی. در نتیجه، پایین‌تر بودن میانگین کل نمرات از معیار مورد انتظار بیان‌گر آن است که نسل زد، با وجود دسترسی وسیع به فناوری‌های دیجیتال، هنوز در استفاده مؤثر، تحلیلی و تخصصی از هوش مصنوعی عملکردی پایین‌تر از سطح مطلوب دارد. این امر نشان می‌دهد که گذار از آشنایی عمومی با فناوری به سمت به‌کارگیری آگاهانه و راهبردی هوش مصنوعی، مستلزم ارتقاء سواد فناورانه، آموزش تخصصی و کسب تجربه‌های عملی در زمینه‌های کاربردی است.

نتایج آزمون t تک‌نمونه‌ای نشان داد که میانگین مشاهده‌شده در اغلب شاخص‌های مرتبط با هوش مصنوعی و تعاملات پایدار شهری، به‌طور معناداری بالاتر از مقدار معیار نظری است. این یافته حاکی از آن است که اعضای نسل زد نگرش مثبت‌تر، سطح آگاهی بالاتر و تمایل بیشتری به استفاده از فناوری‌های هوشمند در فعالیت‌های شهری دارند. ازآنجاکه جامعهٔ آماری پژوهش تنها شامل افراد نسل زد بوده است، این برتری نه در مقایسهٔ تجربی با سایر گروه‌های سنی، بلکه در قیاس با سطح نظری «میانگین معیار» تفسیر می‌شود. بنابراین، نتایج نشان می‌دهد نسل زد در چارچوب درون‌گروهی خود از سطح بالاتری از آمادگی فناورانه و مشارکت شهری برخوردار است.

برآورد فرضیهٔ مذکور شامل دو بخش اصلی است: نخست، ارزیابی برازش کلی مدل ساختاری و دوم، تحلیل پارامتر مسیر اصلی مدل اثر سازهٔ «هوش مصنوعی» بر «تعاملات شهری پایدار». نتایج این تحلیل در قالب شکل و جدول زیر ارائه شده‌اند:



شکل ۱. مدل معادلات ساختاری

جدول ۵. برآورد مقادیر شاخص‌های برازش کلیت مدل

شاخص	GFI	IFI	TLI	CFI	NFI	RMSEA	CMIN/DF
مقدار	۰.۹۳	۰.۹۰	۰.۹۱	۰.۹۱	۰.۹۲	۰.۰۳	۱.۸۷

یافته‌های مربوط به شاخص‌های برازش مدل ساختاری نشان می‌دهد که **الگوی نظری تحقیق از انسجام و انطباق قابل قبولی با داده‌های مشاهده‌شده برخوردار است.** مقدار شاخص‌های برازش در محدوده مطلوب قرار دارد که این امر **نشان‌دهندهٔ اعتبار تجربی مدل و توانایی آن در تبیین روابط میان سازه‌های پژوهش** است.

جدول ۶. برآورد مقادیر اثر متغیر هوش مصنوعی بر تعاملات شهری پایدار

متغیر مستقل	مسیر	متغیر وابسته	ضریب تعیین	برآورد	
				Beta	P
هوش مصنوعی	←	تعاملات شهری پایدار	۰.۳۸	۰.۶۲	۰.۰۰۱

مقدار ضریب تعیین معادل ۰.۳۸ نشان می‌دهد که نزدیک به ۳۸ درصد از واریانس تعاملات پایدار شهری توسط این متغیر تبیین می‌شود؛ ضریب مسیر استاندارد شده برابر با ۰.۶۲ نیز بیان‌گر اثر مثبت است. این رابطه علاوه بر شدت مناسب، از منظر معناداری آماری نیز استحکام بالایی دارد؛ چراکه مقدار احتمال به‌دست‌آمده (۰.۰۰۱) بسیار کوچک‌تر از آستانهٔ متعارف ۰.۰۵ است و در نتیجه فرضیهٔ پژوهش مبنی بر اثرگذاری هوش مصنوعی بر شکل‌دهی تعاملات پایدار شهری تأیید می‌شود.

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

در سال‌های اخیر، نفوذ هوش مصنوعی از سطح ابزارهای هوشمند به لایه‌های عمیق زیست شهری رسیده و منطق تعاملات روزمره را دگرگون کرده است. شهرها به محیط‌های داده‌محور بدل شده‌اند که در آن تصمیم‌گیری، ارتباط و کنش جمعی بر پایهٔ الگوریتم‌ها بازتعریف می‌شود. در این میان، نسل زد به‌عنوان دیجیتال‌زادگان واقعی، نخستین گروهی است که الگوهای تعامل پایدار شهری‌اش به‌طور مستقیم و مداوم با سامانه‌های هوشمند شکل می‌گیرد.

در همین راستا، بررسی حاضر با تمرکز بر الگوهای رفتاری نسل زد در شهر اصفهان، می‌کوشد چگونگی بازتاب این تحول فناورانه را در سطح خرد تعاملات شهری تحلیل کند. لازم به تأکید است که داده‌های این پژوهش در سطح فردی و بر پایهٔ ادراک، نگرش و رفتار اعضای نسل زد گردآوری شده‌اند؛ بنابراین، استنباط‌های کلان دربارهٔ وضعیت شهر اصفهان نه بر مبنای سنجش مستقیم زیرساخت‌ها و سامانه‌های مدیریت شهری، بلکه بر پایهٔ تبیین‌های نظری و همخوانی میان الگوهای رفتاری نسل جوان و شاخص‌های نظری «شهر یادگیرنده» صورت گرفته است. به بیان دیگر، هنگامی که از «گذار اصفهان از شهر داده‌محور به شهر یادگیرنده» سخن گفته می‌شود، مقصود، تبیین گرایش‌های شناختی و فرهنگی نسل زد به‌عنوان حاملان بالقوهٔ این گذار است، نه ادعای سنجش عینی سطح هوشمندی زیرساخت‌های شهری. از منظر روش‌شناختی، این

نوع استنباط در چارچوب تحلیل تفسیری میان سطح خرد و کلان قابل دفاع است؛ زیرا رفتارهای فناورانه و محیطی نسل جوان را می‌توان بازتابی از ظرفیت‌های فرهنگی شهر برای پذیرش و تحقق پایداری هوشمند دانست.

نتایج حاصل از آزمون فرضیه نیز حاکی از آن است که هوش مصنوعی تأثیر معناداری بر تعاملات شهری پایدار نسل زد در شهر اصفهان دارد که با یافته‌های زینالی عظیم (۱۴۰۴)، گودرزی و حاجیان (۱۴۰۳)، میرزایی پور میبدی (۱۴۰۲)، **(Ogunkan & Ogunkan, 2025), (Roky,2025) (Cina et al., 2025), (Musa et al., 2025), (Louswa et al., 2023), (Bibri et al., 2023)** همسو بوده است.

به‌طور خلاصه، سطح «تعاملات شهری پایدار» در نسل زد اصفهان بالاتر از معیار ارزیابی شده است: میانگین نظری کل ۴۷.۴۹ در برابر ۳۹.۵ قرار دارد. بااین‌حال، این برتری در ابعاد سه‌گانه یکنواخت نیست؛ تعامل انسان – محیط با ۱۹.۶۰ در برابر ۱۳ به‌مراتب بالاتر از حد معیار است (ناشی از حساسیت محیط زیستی برآمده از بحران‌هایی چون زاینده‌رود و آلودگی هوا)، درحالی‌که انسان – فناوری (۱۵.۳۲ در برابر ۱۳) و نهادی – اجتماعی (۱۵.۲۶ در برابر ۱۲) تنها اندکی فراتر از معیارند. در مقابل، «بهره‌گیری از هوش مصنوعی» به‌صورت یکپارچه پایین‌تر از معیار است (۹۳.۷۶ در برابر ۱۰۲)، هرچند اغلب مؤلفه‌های آن به‌طور تفکیکی عملکرد قابل قبولی دارند.

یافته‌های این پژوهش در پرتو نظریهٔ «شهر هوشمند پایدار» (Bibri & Krogstie, 2017) نشان می‌دهد که رابطهٔ میان هوش مصنوعی و تعاملات شهری پایدار در شهر اصفهان، نه‌صرفاً یک پیوند فنی، بلکه فرآیندی اجتماعی - شناختی و یادگیرنده است. این نظریه، همان‌گونه که در چارچوب مفهومی تحقیق تشریح شد، شهر را سامانه‌ای پویا، داده‌محور و خودتنظیم می‌داند که پایداری آن از رهگذر تعامل بازخوردی و چندسطحی میان انسان، فناوری، نهاد و محیط شکل می‌گیرد. براساس این دیدگاه، فناوری‌های نوینی همچون هوش مصنوعی، نه ابزارهای منفعل بلکه کنشگرانی میانجی‌اند که از طریق تحلیل داده و تولید بازخورد، امکان تبدیل آگاهی فردی به کنش جمعی و یادگیری نهادی را فراهم می‌کنند. یافته‌های حاصل از پژوهش حاضر با این منطق نظری همخوانی بالایی دارد و به‌خوبی نشان می‌دهد که نسل زد شهر اصفهان در مسیر گذار از یک شهر داده‌محور به سوی شهر یادگیرنده و پایدار قرار گرفته است.

ضریب مسیر مثبت و معنادار میان هوش مصنوعی و تعاملات شهری پایدار، دقیقاً همان سازوکار نظری را تأیید می‌کند که بیبری و کروگستی در مدل خود مطرح کرده‌اند؛ یعنی فناوری‌های هوشمند به‌واسطهٔ قابلیت یادگیری و تحلیل داده، ساختارهای تعاملی شهر را بازپیکربندی می‌کنند. یافته‌ها نشان دادند که هرچند میانگین کل هوش مصنوعی (۹۳.۷۶) اندکی پایین‌تر از معیار نظری (۱۰۲) است، اما در مؤلفه‌هایی نظیر آگاهی، اعتماد و نوآوری، عملکرد بالاتر از میانگین مشاهده می‌شود. این امر را می‌توان به منزلهٔ شکل‌گیری یک ذهنیت فناورانه بالقوه در میان نسل زد دانست؛ ذهنیتی که هنوز به کاربست منسجم و تخصصی منجر نشده، اما بنیان‌های فرهنگی و شناختی لازم برای آن فراهم است. از منظر نظری، (Bibri & Krogstie, 2017) تأکید می‌کنند که پایداری شهری زمانی رخ می‌دهد که فناوری نه در حاشیه، بلکه در

بطن روابط انسانی و نهادی ادغام شود و به بخشی از فرآیند یادگیری اجتماعی بدل گردد. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که چنین فرآیندی در اصفهان در حال تکوین است: شهروندان جوان با فناوری‌های هوشمند در تماس مستمرند، اما این تماس هنوز به سطح یادگیری جمعی نرسیده است. این وضعیت را می‌توان مرحلهٔ میانجی گذار از مصرف فناوری به زیست فناورانه دانست؛ مرحله‌ای که در آن، هوش مصنوعی بیش از آنکه ابزار باشد، در حال تبدیل‌شدن به زبان جدیدی برای درک و بازنمایی زندگی شهری است.

میانگین به‌دست‌آمده برای تعامل انسان - فناوری (۱۵.۳۲ در برابر معیار ۱۳) بیان‌گر سطحی بالاتر از حد متوسط است، اما همان‌گونه که در یافته‌ها تحلیل شد، این تعامل بیشتر در سطح مصرف و استفادهٔ روزمره قرار دارد. از منظر نظریهٔ شهر هوشمند پایدار، این یافته نشانهٔ مرحلهٔ نخست در چرخهٔ یادگیری فناورانه شهری است؛ مرحله‌ای که در آن فناوری در نقش میانجی شناختی ظاهر می‌شود، اما هنوز به کنشگر بازخوردی تبدیل نشده است. بیبری و کروگستی معتقدند که هوش مصنوعی، با ارائهٔ داده‌های فوری، می‌تواند شهروندان را از مصرف‌کنندهٔ خدمات به تحلیل‌گر فعال محیط پیرامون خود تبدیل کند. در اصفهان، سطح بالای دسترسی به ابزارهای هوشمند و اپلیکیشن‌های شهری موجب شکل‌گیری عادت استفاده از فناوری شده است، ولی نبود ساختارهای داده‌باز و بسترهای مشارکت دیجیتال باعث شده این تعامل در حد استفادهٔ فردی باقی بماند. به بیان جامعه‌شناختی، فرهنگ مصرف فناوری در میان نسل زد شکل گرفته، اما هنوز به فرهنگ مشارکت فناورانه ارتقا نیافته است. بنابراین، یافته‌های پژوهش ضمن تأیید بعد شناختی نظریه، بر شکاف میان زیرساخت‌های فناورانه و ظرفیت‌های نهادی در شکل‌گیری پایداری اجتماعی تأکید می‌کند.

بعد انسان - محیط با میانگین ۱۹.۶۰ (در برابر معیار ۱۳) چشم‌گیرترین یافتهٔ تحقیق است و در چارچوب نظری شهر هوشمند پایدار، این بخش بیش از سایر ابعاد با مفهوم یادگیری اکولوژیکی پیوند دارد (Bibri & Krogstie, 2017). در سطح دوم تعاملات، فناوری را پلی میان آگاهی انسانی و تغییرات محیطی می‌دانند؛ ابزاری که با جمع‌آوری داده‌های زیست‌محیطی، بازخوردهای رفتاری تولید می‌کند و از این طریق رابطهٔ انسان و طبیعت را از حالت یک‌سویه به رابطه‌ای دوسویه و داده‌محور بدل می‌سازد. در شهر اصفهان، بحران‌های محیط زیستی همچون خشک‌شدن زاینده‌رود و آلودگی هوا، در کنار گسترش رسانه‌های محلی و شبکه‌های اجتماعی داده‌محور، موجب افزایش چشم‌گیر حساسیت اکولوژیکی در میان نسل جوان شده است. این نسل در معرض انبوهی از داده‌ها، تصاویر و تحلیل‌های محیطی قرار دارد که آگاهی آن‌ها را از وضعیت زیست شهری ارتقا داده است. یافته‌های پژوهش حاکی از آن است که فناوری‌های دیجیتال در اصفهان به‌صورت ضمنی نقش میانجی محیطی یافته‌اند؛ هرچند سامانه‌های رسمی حسگرهای شهری هنوز فراگیر نیستند، اما شبکه‌های اجتماعی و داده‌های مشارکتی توانسته‌اند بازخوردهایی شبه‌هوشمند ایجاد کنند که موجب شکل‌گیری نوعی کنش بازتابی در رفتارهای محیط زیستی نسل زد شده است. از منظر نظری، این امر با مفهوم محیط به‌مثابه کنشگر در نظریه (Bibri & Krogstie, 2017) همخوان است؛ جایی که محیط نه‌فقط بستر کنش، بلکه عاملی فعال در بازآفرینی

آگاهی و رفتار انسانی است. در اصفهان نیز محیط زیست شهری از طریق تجربه‌های زیستهٔ بحران و داده‌های قابل مشاهده، به عاملی درونی در هویت و نگرش جوانان بدل شده است. بنابراین، بعد انسان - محیط را می‌توان قوی‌ترین مصداق تحقق پایداری در معنای نظری آن دانست؛ جایی که فناوری و تجربهٔ محیط زیستی درهم تنیده‌اند و یادگیری جمعی در حال شکل‌گیری است. این الگوی آگاهی محیط زیستی را می‌توان در چارچوب مفهوم عدالت محیطی نیز تبیین کرد؛ زیرا نسل زد با تجربهٔ مستقیم بحران‌های زیست‌محیطی، به‌ویژه زاینده‌رود، در حال بازتعریف رابطهٔ خود با محیط به‌مثابه حق جمعی و سرمایهٔ مشترک شهری است.

میانگین ۱۵.۲۶ برای تعامل نهادی - اجتماعی (در برابر معیار ۱۲) نشانگر وجود ارتباط اما ضعف در عمق مشارکت است. (Bibri & Krogstie, 2017) تأکید دارند که پایداری زمانی محقق می‌شود که نهادهای شهری از ساختارهای بروکراتیک فاصله گرفته و به سوی حکمرانی داده‌محور و یادگیرنده حرکت کنند. یافته‌های این پژوهش بیان‌گر آن است که در اصفهان هنوز این تحول نهادی به‌طور کامل شکل نگرفته است. شهروندان جوان دسترسی ارتباطی با نهادهای شهری دارند و از فناوری برای ارتباط استفاده می‌کنند، اما این تعامل بیشتر جنبهٔ اطلاع‌رسانی دارد تا تصمیم‌سازی مشارکتی. از دید جامعه‌شناختی، این وضعیت بازتابی از ساختار قدرت متمرکز و فرهنگ سازمانی سنتی در مدیریت شهری است که مانع از شکل‌گیری شبکه‌های یادگیری جمعی می‌شود. بنابراین، هرچند ظرفیت اجتماعی برای حکمرانی مشارکتی وجود دارد، اما بستر نهادی لازم برای تبدیل داده به تصمیم هنوز فراهم نشده است. در چارچوب نظری (Bibri & Krogstie, 2017)، این همان «شکاف میان ظرفیت فنی و ظرفیت یادگیری نهادی» است که پایداری را در مرحلهٔ نیمه‌فعال نگاه می‌دارد.

الگوهای مشاهده‌شده در میان نسل زد شهر اصفهان نشان می‌دهد که این شهر از منظر فرهنگی و رفتاری، در حال شکل‌گیری مقدمات گذار از یک شهر داده‌محور به سوی شهر یادگیرنده و پایدار است. به‌زعم (Bibri & Krogstie, 2017)، شهر زمانی پایدار می‌شود که داده، فناوری، نهاد و آگاهی انسانی در چرخه‌ای بازخوردی و خودتنظیم عمل کنند. در اصفهان، مؤلفه‌های فرهنگی و محیط زیستی این چرخه فعال‌تر از مؤلفه‌های فناورانه و نهادی‌اند. این عدم تعادل، هرچند چالشی است، اما نشانه‌ای از فرآیند طبیعی بلوغ شهری است؛ جامعه‌ای که ابتدا درک محیطی و فرهنگی پایداری را می‌سازد و سپس به سمت ساختاردهی فناورانه و نهادی آن حرکت می‌کند. از منظر جامعه‌شناختی، نتایج این پژوهش تأییدکنندهٔ این فرض نظری است که فناوری تنها زمانی به پایداری منجر می‌شود که در بطن شبکهٔ تعاملات انسانی و محیطی ادغام گردد. در اصفهان، نسل زد به‌عنوان حامل اصلی این فرآیند، در حال تجربهٔ شکل جدیدی از شهروندی است؛ شهروندی که از سطح آگاهی فردی نسبت به محیط آغاز می‌شود و به سمت مشارکت فناورانه و یادگیری نهادی در حرکت است. بنابراین، به نظر می‌رسد که نظریهٔ شهر هوشمند پایدار می‌تواند چارچوبی کارآمد برای فهم پویایی‌های نسلی و فناورانه شهرهای در حال گذار در ایران باشد.

در مجموع، یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که مسیر پایداری شهری در اصفهان از بستر فرهنگی و محیط زیستی آغاز شده و نیازمند پیوند ساختاری با نظام فناورانه و نهادی است. ازاین‌رو، آیندهٔ شهرهای ایرانی در گرو گذار از الگوی مدیریت دستوری به الگوی یادگیری داده‌محور است؛ الگویی که در آن هوش مصنوعی به ابزار شناخت جمعی تبدیل می‌شود. همچنین پیشنهادات تحقیق بدین شرح می‌باشند:

۱-تقویت سواد فناورانهٔ مشارکتی نسل زد (در بعد انسان- فناوری)

طراحی **کارگاه‌ها و دوره‌های سواد داده و هوش مصنوعی برای شهروندان** با محوریت مدارس، دانشگاه‌ها و فرهنگ‌سراها؛ تمرکز بر مهارت‌های تحلیلی، کار با پایگاه‌های داده‌های شهری و درک داده‌های عمومی.

توسعهٔ **سامانه‌های آموزشی تعاملی شهرداری** نظیر شهر یادگیرندهٔ اصفهان که شهروندان بتوانند در آن یاد بگیرند چگونه از داده‌های شهری برای تصمیم‌گیری محلی یا محیط زیستی استفاده کنند.

۲- گسترش زیست فناوری شهری برای ارتقاء تعامل (انسان - محیط)

پیاده‌سازی **سامانهٔ داده‌محور پایش محیط زیست شهری** که داده‌های کیفیت هوا، مصرف انرژی، آلودگی صوتی و پوشش سبز را به‌صورت فوری در اختیار شهروندان قرار دهد.

توسعهٔ **اپلیکیشن‌های بازخورد محیطی** که به شهروندان نشان دهند رفتارهای روزمره‌شان (رفت‌وآمد، مصرف آب، تفکیک پسماند) چه تأثیری بر شاخص‌های محیط زیستی شهر دارد.

۳-گذار از اطلاع‌رسانی به حکمرانی داده‌محور در (بعد نهادی - اجتماعی)

راه‌اندازی پایگاه اطلاعات شهری برای شهروندان با قابلیت دسترسی عمومی به داده‌های عملکرد شهرداری (بودجه، پروژه‌ها، شاخص‌های محیط زیستی و اجتماعی) برای تقویت اعتماد عمومی.

توسعهٔ **سامانهٔ شهروند ناظر هوشمند** که امکان ارسال بازخورد، گزارش مشکلات محلی و رأی‌گیری دیجیتال در طرح‌های شهری را برای نسل جوان فراهم کند.

ایجاد **نهادهای میانجی داده‌محور** مانند مراکز آزمایشگاه حکمرانی شهری که داده‌های حاصل از شهروندان، نهادها و محیط را ادغام و برای تصمیم‌گیری استفاده کنند.

۴- ایجاد شبکه‌های یادگیری میان‌نسلی برای انتقال تجربهٔ پایداری

راه‌اندازی **برنامه‌های** محیط زیستی که در آن جوانان نسل زد همراه با فعالان محیط زیست، معلمان و کارشناسان شهری در پروژه‌های مشترک مشارکت کنند.

تشکیل **انجمن‌های محلی یادگیری شهری** در محلات برای پیوند دانش بومی، تجربهٔ سنتی و فناوری‌های نوین در حل مسائل محلی (آب، فضای سبز، مدیریت پسماند).

استفاده از **سامانه‌های تعاملی دیجیتال** برای مستندسازی و اشتراک تجربه‌های محیط زیستی شهروندان و پیوند دادن آن با داده‌های رسمی.

۵- سیاست‌گذاری تلفیقی در سه سطح، انسان، فناوری و محیط

ایجاد **نقشهٔ راه هم‌افزایی داده‌های انسانی، محیطی و نهادی** با مشارکت دانشگاه‌ها، شهرداری و بخش خصوصی.

طراحی **برنامهٔ جامع شهر یادگیرندهٔ اصفهان** با سه محور اصلی:

ارتقاء هوش مصنوعی شهری

توانمندسازی اجتماعی و فناورانهٔ نسل جوان

نهادسازی مشارکتی برای حکمرانی یادگیرنده

درنهایت، پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی، سنجش عینی زیرساخت‌های هوشمند شهری مانند سامانه‌های ترافیکی، انرژی و محیط زیست نیز به‌صورت مکمل انجام شود تا پیوند میان رفتار شهروندان و کارکرد سامانه‌های هوشمند روشن‌تر گردد.

حامی مالی

بنا به اظهار نویسندهٔ مسؤول، این مقاله حامی مالی نداشته است.

سهم نویسندگان در پژوهش

همهٔ نویسندگان سهم برابری در انجام این پژوهش داشته‌اند.

تضاد منافع

نویسندگان اعلام می‌کنند که هیچ تضاد منافعی در رابطه با نویسندگی و یا انتشار این مقاله ندارند.

تقدیر و تشکر

نویسندگان، از همهٔ افراد، به دلیل مشاوره و راهنمایی علمی و مشارکتشان در این مقاله تشکر و قدردانی می‌کنند.

منابع

Batty, M. (2013). *The New Science of Cities*. Cambridge, MA: MIT Press.

Bibri, S. E., & Krogstie, J. (2017). Smart sustainable cities of the future: An extensive interdisciplinary literature review. *Sustainable cities and society*, *31*, 183-212. https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.02.016.

Bibri, S. E., Alexandre, A., Sharifi, A., & Krogstie, J. (2023). Environmentally sustainable smart cities and their converging AI, IoT, and big data technologies and solutions: an integrated approach to an extensive literature review. *Energy informatics*, *6*(1), 9. https://doi.org/10.1186/s42162-023-00259-2.

Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2014). *The second machine age: Work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies*. WW Norton & company.

Callon, M. (1984). Some elements of a sociology of translation: domestication of the scallops and the fishermen of St Brieuc Bay. *The sociological review*, *32*(1_suppl), 196-233. https://doi.org/10.1111/j.1467-954X.1984.tb00113.x.

Cina, E., et al. (2025). The role of AI-powered predictive models in supporting sustainable urban development. *Sustainability*, *17*(11), 5148. https:// DOI:10.3390/su17115148

Dos Santos, S. C., Vilela, J. F., Carvalho, T. H., Rocha, T. C., Candido, T. B., Bezerra, V. S., & Silva, D. J. (2024). Artificial Intelligence in Sustainable Smart Cities: A Systematic Study on Applications, Benefits, Challenges, and Solutions. https:// DOI: 10.5220/0012617900003690.

Farías, I., & Bender, T. (Eds.). (2012). *Urban assemblages: How actor-network theory changes urban studies*. Routledge.

Gherardi, S., & Nicolini, D. (2000). To transfer is to transform: The circulation of safety knowledge. *Organization*, *7*(2), 329-348. https://doi.org/10.1177/135050840072008.

Goodarzi, M., & Hajian, M. (2024). Analysis of the impact of artificial intelligence on urban sustainability: A case study of Bushehr city. *Journal of Geography and Environmental Studies*, *13*(52), 94–111. [In Persian]

Han, M. J. N., & Kim, M. J. (2025). A smart social sustainability model for smart city to enhance human context experience. *Cities*, *159*, 105788. https://doi.org/10.1016/j.cities.2025.105788.

Hancock, P. A., Billings, D. R., Schaefer, K. E., Chen, J. Y., De Visser, E. J., & Parasuraman, R. (2011). A meta-analysis of factors affecting trust in human-robot interaction. *Human factors*, *53*(5), 517-527. https://doi.org/10.1177/0018720811417254

Jabar, M., Chiong-Javier, E., & Pradubmook Sherer, P. (2024). Qualitative ethical technology assessment of artificial intelligence (AI) and the internet of things (IoT) among Filipino Gen Z members: implications for ethics education in higher learning institutions. *Asia Pacific Journal of Education*, 1-15. https://doi.org/10.1080/02188791.2024.2303048.

Jacobs, J. (1961). *The Death and Life of Great American Cities*. New York: Random House.

Latour, B. (2005). *Reassembling the social: An introduction to actor-network-theory*. Oxford university press.

Law, J. (1992). Notes on the theory of the actor-network: Ordering, strategy, and heterogeneity. *Systems practice*, *5*(4), 379-393. https://doi.org/10.1007/BF01059830.

Lee, J. D., & See, K. A. (2004). Trust in automation: Designing for appropriate reliance. *Human factors*, *46*(1), 50-80. https://doi.org/10.1518/hfes.46.1.50_30392.

Luusua, A., Ylipulli, J., Foth, M., & Aurigi, A. (2023). Urban AI: Understanding the emerging role of artificial intelligence in smart cities. *AI & society*, *38*(3), 1039-1044. https://doi.org/10.1007/s00146-022-01537-5.

Miraziyi Pour Meybodi, F. (2023). The role of artificial intelligence in sustainable urban development: Paving the way for smarter cities. *The 1st National and International Conference on Architecture, Modern Technologies, and Construction Management*, 1–12. [In Persian] https://civilica.com/doc/1877095

Musa, M., Rahman, T., Deb, N., & Rahman, P. (2025). Harnessing artificial intelligence for sustainable urban development: advancing the three Zeros method through innovation and infrastructure. *Scientific Reports*, *15*(1), 23673. https://doi.org/10.1038/s41598-025-07436-1.

Ogunkan, D. V., & Ogunkan, S. K. (2025). Exploring big data applications in sustainable urban infrastructure: A review. *Urban Governance*. https://doi.org/10.1016/j.ugj.2025.02.003.

Pallant, J. (2020). *Ebook: SPSS Surival Manual: A Step by Step Guide to Data Analysis using IBM SPSS*. McGraw-Hill Education (UK). https://books.google.com/books?hl=fa&lr=&id=CxUsEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Pallant,+J.+(2020).+SPSS+Survival+Manual.+McGraw+Hill.&ots=n46zuJF81U&sig=HMnSCQuv1EIHJLxe4hRIzHqsqUU#v=onepage&q=Pallant%2C%20J.%20(2020).%20SPSS%20Survival%20Manual.%20McGraw%20Hill.&f=false.Rasoulzadeh Aghdam, S., Bababei Morad, B., Ghasemzadeh, B., Irani, M., & Huovila, A. (2025). Social smart city research: interconnections between participatory governance, data privacy, artificial intelligence and ethical sustainable development. *Frontiers in Sustainable Cities*, *6*, 1-15. https://**DOI** 10.3389/frsc.2024.1514040.

Rjab, A. B., Mellouli, S., & Corbett, J. (2023). Barriers to artificial intelligence adoption in smart cities: A systematic literature review and research agenda. *Government information quarterly*, *40*(3), 101814. https://doi.org/10.1016/j.giq.2023.101814.

Rouky, N., et al. (2025). Artificial Intelligence Applications for Smart and Sustainable Mobility as a Service: A Systematic Literature Review. *Future Transportation*, *5*(3), 122. https://doi.org/10.3390/futuretransp5030122.

Sainju, K. D., Mishra, N., Kuffour, A., & Young, L. (2021). Bullying discourse on Twitter: An examination of bully-related tweets using supervised machine learning. *Computers in human behavior*, *120*, 106735. https://doi.org/10.1016/j.chb.2021.106735.

Turner, A. (2015). Generation Z: Technology and social interest. *The Journal of Individual Psychology, 71*(2), 103–113. https://doi.org/10.1353/jip.2015.0021.

UN-Habitat. (2022). *World Cities Report 2022: Envisaging the Future of Cities.* United Nations Human Settlements Programme. https://unhabitat.org/sites/default/files/2022/06/wcr_2022.pdf

United Nations, Department of Economic and Social Affairs (UN DESA). (2018). *World urbanization prospects: The 2018 revision – highlights.* United Nations Publications. https://population.un.org/wup/assets/WUP2018-Highlights.pdf

Venkatesh, V., & Bala, H. (2008). Technology acceptance model 3 and a research agenda on interventions. *Decision sciences*, *39*(2), 273-315. https://doi.org/10.1111/j.1540-5915.2008.00192.x.

Wang, L., Li, J., Cen, W., & Feng, W. (2025). Governing sustainable smart cities supported by city information modelling: a bibliometric analysis and systematic review. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, *24*(5), 4433-4451. https://doi.org/10.1080/13467581.2024.2399680.

West, D. M., & Allen, J. R. (2018). How artificial intelligence is transforming the world. *Brookings Institution. URL: https://www. brookings. edu/research/howartificial-intelligence-is-transforming-the-world/ (дата обращения: 07.04. 2021). Научное издание*. https://www.brookings.edu/articles/how-artificial-intelligence-is-transforming-the-world/.

Wolniak, R., & Stecuła, K. (2024). Artificial intelligence in smart cities—applications, barriers, and future directions: a review. *Smart cities*, *7*(3), 1346-1389. https://doi.org/10.3390/smartcities7030057.

Yue, Y., Yan, G., Lan, T., Cao, R., Gao, Q., Gao, W., ... & Claramunt, C. (2025). Shaping future sustainable cities with AI-powered urban informatics: Toward human-AI symbiosis. *Computational Urban Science*, *5*(1), 31. https://doi.org/10.1007/s43762-025-00190-0.

Zeynali Azim, A. (2025). Evaluation of the impact of applying artificial intelligence on the sustainability of Tabriz city. *Popular Science Quarterly*, *16*(1), 1–19. [In Persian] https://doi.org/10.22034/POPSCI.2025.477115.1359.