ORIGINAL RESEARCH ARTICLE

The Role of AI in Urben Planning and Development

Seyedeh Zahra Hosseini*

MSc, Faculty of Architecture and Art, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Rojin Raofi

MSc, Faculty of Architecture and Art, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Zahra Zarabadi Pour

MSc, Faculty of Architecture and Art, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Samane Moghadam

MSc, Faculty of Architecture and Art, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Hosseini, S.Z., Raofi, R., Zarabadi Pour, Z., and Moghadam, S., 2024. The Role of AI in Urben Planning and Development. *Soffeh* 34 (3): 113-138.

DOI: 10.48308/sofeh.2024.104799

Received: August 29, 2023
Accepted: December 18, 2023

(Pages: 113-138)

Keywords:
Artificial intelligence, Urban artificial intelligence, Urban planning, Scientometrics, VOSviewer.

Abstract:

Background and objectives: The connection between artificial intelligence (AI) and urban planning is a burgeoning research area that has gained significant traction in recent years. Researchers have explored the potential of AI in various urban planning domains, including transportation planning, energy management, land-use planning, and building construction. One of the most prominent applications of AI in cities is traffic management. Researchers have developed systems that utilise sensors and computational units embedded in vehicles and road infrastructure to assess real-time traffic conditions on

*. Copyright: © 2024 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

*. Corresponding Author Email Address: s.zahrahosseini73@gmail.com

http://dx.doi.org/10.48308/sofeh.2024.104799

highways. Additionally, there are systems like C-Air leverage sensor data, the Internet of Things (IoT), and social media to predict traffic flow and propose management solutions. In the realm of environmental protection and air quality, AI plays a crucial role in monitoring and issuing alerts. Systems like C-Air employ microscopes and machine learning algorithms to analyse air quality and identify pollutants. These capabilities empower urban planners to create more sustainable and healthy cities. Energy management is another key area where AI finds application in cities. Utilising AI technology, researchers can predict electrical load and identify energy consumption patterns across different zones. Building characteristics, household size, and occupant demographics and the like are thus factored into these predictions. Similarly, AI-powered water management systems have the potential to detect leaks within distribution networks, thereby preventing water loss and promoting efficient water utilisation. Overall, the adoption of AI in smart city planning and management facilitates automated and intelligent decision-making across various domains. This not only enhances the quality of life for city residents but also contributes significantly to the sustainable development of urban environments. As such, this research aims to investigate the applications of AI in diverse urban planning domains and trace the evolution of this concept in previous studies.

Methods: This applied research utilises a two-pronged approach. First, a theoretical foundation is established by examining AI's definition, applications in cities, and the challenges of integrating it into urban planning systems. This stage involves a descriptive analysis of relevant theoretical and empirical studies to understand the principles of AI-based urban development planning.

Second, a scientometric approach is employed using VOSviewer software. This method involves citation analysis and co-occurrence of keywords to identify the most prominent research areas related to AI and urban planning. The research population comprises 2337 articles on "artificial intelligence and urban planning" indexed in the ScienceDirect database, published from 1999 to the present. Analysis focuses on titles, abstracts, and keywords to generate a schematic representation of the research landscape.

Findings & Conclusion: The study delved into the intricate relationship between artificial intelligence (AI) and urban planning, drawing upon a comprehensive analysis of published literature. By examining 2337 articles indexed in the ScienceDirect database within the specified timeframe, the study identified six thematic clusters that profoundly impact AI's role in shaping cities. The thematic clusters unveiled a remarkable shift in the research focus, transitioning from exploring AI's fundamental concepts and mechanisms to embracing novel approaches for tackling urban challenges. The first cluster, encompassing the most frequently discussed keywords, highlighted pressing urban issues such as air pollution, transportation, resilience, and economic development, emphasising AI's potential to revolutionize the digital landscape and urban environments. Overall, the identified clusters underscore the multifaceted applications of AI in urban planning, encompassing areas such as smart cities, data-driven planning, infrastructure management, citizen engagement, disaster management, and ethical considerations. These findings demonstrate AI's transformative power in addressing critical urban challenges and promoting sustainable development. However, the study also underscores the need for careful consideration of AI's ethical implications and the establishment of robust governance frameworks. This is crucial to ensure that AI is utilised responsibly and for the benefit of all urban residents. As cities and organisations embrace AI's transformative potential, they must prioritise ethical practices, responsible data usage, and effective system management to maximise AI's positive impact on urban planning and governance.

تبیین نقش هوش مصنوعی در برنامه‌ریزی شهری و توسعهٔ شهرها

سیده‌زهرا حسینی[1]
زهرا زرآبادی‌پور[3]
روژین رئوفی[2]
سمانه مقدم[4]

دریافت: ۷ شهریور ۱۴۰۲
پذیرش: ۲۷ آذر ۱۴۰۲

(صفحهٔ ۱۱۳ –۱۳۸)

حسینی، س.ز.، ر. رئوفی، ز. زرآبادی‌پور، و س. مقدم. ۱۴۰۳. تبیین نقش هوش مصنوعی در برنامه‌ریزی شهری و توسعهٔ شهرها. فصلنامهٔ علمی معماری و شهرسازی صفه. ۳۴ (۳): ۱۱۳–۱۳۸.

کلیدواژگان: هوش مصنوعی، هوش مصنوعی شهری، برنامه‌ریزی شهری، تحلیل کتاب‌سنجی، Vosviewer.

چکیده

پیشینه‌ها و اهداف: ارتباط بین هوش مصنوعی و برنامه‌ریزی شهری یک زمینهٔ تحقیقاتی جدید است که از دههٔ گذشته اهمیت قابل‌توجهی در حوزه‌های مختلف ازجمله شهرسازی و برنامه‌ریزی شهری یافته است. تا کنون محققان کاربرد هوش مصنوعی را در حوزه‌های مختلف شهری مانند برنامه‌ریزی‌های حمل‌ونقل، انرژی، کاربری زمین، و ساختمان‌سازی بررسی کرده‌اند.

یکی از مهم‌ترین کاربردهای هوش مصنوعی مدیریت حمل‌ونقل شهری است. پژوهشگران با توسعهٔ سیستم‌هایی، از طریق استفاده از حسگرها و واحدهای محاسباتی در خودروها و زیرساخت‌های جاده‌ای، امکان ارزیابی زمان واقعی جابه‌جایی در بزرگراه‌ها را فراهم کرده‌اند. همچنین، با کمک سیستم‌هایی مانند Stmp و بهره‌گیری از داده‌های حسگرها، اینترنت اشیا، و رسانه‌های اجتماعی به پیش‌بینی جریان ترافیک و عرضهٔ راه‌حل‌های مدیریتی می‌پردازند. در زمینهٔ حفاظت از محیط زیست و کیفیت هوا، هوش مصنوعی نقش نظارت و هشدار دارد. با سیستم‌هایی مانند C-Air و با استفاده از میکروسکوپ و الگوریتم‌های یادگیری ماشینی، امکان بررسی کیفیت هوا و شناسایی ذرات موجود در آن فراهم است. این قابلیت‌ها به برنامه‌ریزان در دستیابی به شهری پایدارتر و سالم‌تر کمک می‌کند. مدیریت انرژی نیز از دیگر حوزه‌های کاربرد هوش مصنوعی است. پژوهشگران با استفاده از این فناوری، به پیش‌بینی بار الکتریکی و تشخیص مقدار انرژی مصرفی در مناطق مختلف و بررسی عواملی مانند ویژگی‌های ساختمان و تعداد اعضای خانواده و شغل آنها می‌پردازند. مدیریت منابع آبی نیز با هوش مصنوعی نشت آب را در سیستم‌های توزیع منطقه‌ای می‌یابد و از هدررفت آن جلوگیری و مصرف این مایع حیاتی را بهتر کنترل می‌کند. به‌طورکلی، با این سیستم در برنامه‌ریزی و مدیریت شهری هوشمند، امکان تصمیم‌گیری‌های خودکار و هوشمند در زمینه‌های مختلف فراهم است. این امر نه‌تنها کیفیت زندگی شهروندان، بلکه توسعهٔ پایدار شهرها را نیز بهبود می‌بخشد. ازاین‌رو هوش مصنوعی نقش مؤثری در برنامه‌ریزی شهری و در نحوهٔ برخورد با عوامل مختلف و تأثیر بر محیط شهری دارد. در این پژوهش کاربرد هوش مصنوعی در حوزه‌های مختلف برنامه‌ریزی شهری بررسی و روند شکل‌گیری آن در پژوهش‌های پیشین ردیابی می‌شود.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش دو مسیر طی شده است. در مسیر نخست، از یک‌سو، پایه‌های نظری هوش مصنوعی در شهرها (شامل تعریف، ابعاد، و کاربردهای آن در شهرها) بررسی و از سوی دیگر، خواسته‌های توسعهٔ شهری و چالش‌های به‌کارگیری آن در سیستم برنامه‌ریزی ردیابی شده است. روش پژوهش در مرحلهٔ نخست هم‌گذاری نتایج مطالعات نظری است؛ بدین‌ترتیب گردآوری، پردازش، و تحلیل اطلاعات مربوط به چارچوب‌نظری و تجربی مرتبط با موضوع

۱. نویسندهٔ مسئول، کارشناس ارشد برنامه‌ریزی شهری، دانشکدهٔ معماری و هنر، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران
s.zahrahosseini73@gmail.com

۲. کارشناسی ارشد برنامه‌ریزی شهری، دانشکدهٔ معماری و هنر، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران
rojinraofi@gmail.com

۳. دانشجوی کارشناسی ارشد برنامه‌ریزی شهری، دانشکدهٔ معماری و هنر، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران
zahra.zarabadipour95@gmail.com

۴. کارشناسی ارشد برنامه‌ریزی شهری، دانشکدهٔ معماری و هنر، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران
samane.moghadam1374@gmail.com

*. Corresponding Author Email Address: s.zahrahosseini73@gmail.com
http://dx.doi.org/10.48308/sofeh.2024.104799

*. Copyright: © 2024 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

پرسش‌های تحقیق

۱. هوش مصنوعی در چه حوزه‌هایی از برنامه‌ریزی شهری کاربرد دارد؟

۲. روند شکل‌گیری مفهوم هوش مصنوعی در پژوهش‌های پیشین چگونه بوده است؟

پژوهش، با مراجعه به متون و پژوهش‌های مرتبط، به‌منظور بررسی اصول برنامه‌ریزی توسعهٔ شهری مبتنی بر هوش مصنوعی، با رویکردی توصیفی انجام شده است. مسیر دوم با رویکرد علم‌سنجی، تحلیل استنادی، و هم‌رخدادی واژگان طی شده است. این روش با هدف تعیین اثرگذارترین واژگان منابع در مورد موضوع پژوهش، با استفاده از نرم‌افزار VOSViewer انجام شده است. جامعهٔ آماری پژوهش ۲۳۳۷ مقاله بود که با موضوع «هوش مصنوعی و برنامه‌ریزی شهری» از اولین انتشار در سال ۱۹۹۹ تا به امروز در پایگاه استنادی ساینس دایرکت نمایه شده است. خروجی نرم‌افزار بر اساس تجزیه‌وتحلیل عناوین، چکیده‌های مقالات، و کلیدواژگان مهم آنها به‌دست آمده است.

نتیجه‌ها و جمع بندی: در این مطالعه ارتباط بین مهم‌ترین حوزه های موضوعی مقالات مختلف منتشرشده حول مفهوم هوش مصنوعی و نقش آن در برنامه‌ریزی شهری بیان شده است. بررسی داده‌های به‌دست‌آمده از مقاله‌های یادشده نشان داد که ۶ خوشهٔ موضوعی تأثیر مستقیم بر نقش هوش مصنوعی در شهرسازی داشته‌اند. همچنین طی سال‌های اخیر مفاهیم مرتبط با رویکرد پژوهش از مفاهیم متمرکز بر بررسی اولیهٔ موضوع هوش مصنوعی و نحوهٔ عملکرد آن، به روش‌های نوینی برای حل مشکلات شهری تغییر مسیر یافته‌اند. در مقالات خوشهٔ نخست با پرتکرارترین کلیدواژه‌های مورد بررسی، مسائل بااهمیت حال حاضر شهرها همانند: آلودگی هوا، حمل‌ونقل، تاب‌آوری، اقتصاد، و ... و کاربرد هوش مصنوعی در حل مسائل آنها بررسی شده است و هدف در مطالعات این خوشه این بوده که با استفاده از هوش مصنوعی تحولات عمده‌ای در صنعت دیجیتال و شهرها ایجاد گردد. به‌طورکلی در هریک از خوشه‌ها به گونه‌ای به موضوعات پراهمیت در شهرها و روش‌های جدید در جهت ایجاد محلی مناسب‌تر برای زندگی شهروندان اشاره شده است. نکتهٔ قابل‌توجه اینکه، هوش مصنوعی در ابتدای پیدایش، موضوعی نو در مطالعات بود، اما با گذر زمان و با وجود مشکلات موجود در شهرها، این رویکرد به روشی برای حل مسائل و مشکلات شهری ارتقا یافت و امروز بسیاری از سیستم‌های هوش مصنوعی در چارچوب طرح‌های شهر هوشمند استفاده می‌شوند. تصمیم‌گیری‌های خودکار، مدیریت زیرساخت‌ها، به حداقل رساندن اشتباهات، تجزیه‌وتحلیل داده‌ها، عرضهٔ خدمات، و بهبود بهره‌وری از محورهای کاربردی هوش مصنوعی در شهرها و برنامه‌ریزی شهری است. به‌کارگیری هوش مصنوعی در شهر و برنامه‌ریزی شهری موجب بلوغ سیستمی در سازمان‌ها و نهادهای تصمیم‌گیری و اجرایی شهرها می‌گردد. از سویی دیگر، تنوع اهداف و کاربردهای هوش مصنوعی، شهر و آن سازمان‌ها و نهادهایش را ملزم می‌کند تا شرایط لازم را برای پذیرش موفقیت‌آمیز هوش مصنوعی ایجاد کنند. گرچه هوش مصنوعی امکان تعامل با فناوری را برای سازمان‌ها و ذی‌نفعان آنها فراهم می‌کند، ولی لازم است بیشتر به کاربردهای سالم هوش مصنوعی، پیامدهای اخلاقی، کسب دانش و تجربه در آن، و مدیریت سیستم توجه شود.

مقدمه

امروزه شهرها با چالش‌هایی، ازجمله نیاز به منابع، پیچیدگی حکمروایی، نابرابری اقتصادی ـ اجتماعی، و تهدیدات زیست‌محیطی روبه‌رو هستند، و نوآوری راه حلی مهم برای رسیدگی به این مشکلات تلقی می‌شود. به بیان

5. T. Yigitcanlar, et al., "Responsible Urban Innovation with Local Government Artificial Intelligence (AI): A Conceptual Framework and Research Agenda", *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, vol. 7, no. 1 (Mar. 2021): 3.

6. A. Kumar Jha, et al., "A Review of AI for Urban Planning: Towards Building Sustainable Smart Cities", *International Conference on Inventive Computation Technologies*, (Feb. 2021), 937.

7. T.W. Sanchez, et al., "The Prospects of Artificial Intelligence in Urban Planning", *International Journal of Urban Sciences*, vol. 27, no. 2 (Jul 2022): 181.

8. GIS: Geographic Information Systems

9. DBMS: database management systems

10. DSS: decision support systems

11. PSS: planning support systems

12. Sanchez, et al., "The Prospects of Artificial Intelligence in Urban Planning", 180.

دیگر، نوآوری برای عرضهٔ راهکار مناسب در برابر مشکلات شهرنشینی و حصول اطمینان از رشد هوشمند، پایدار، و فراگیر ضروری است.[۵] مفهوم برنامه‌ریزی شهری پیش‌تر با چگونگی خانه‌ها، ساختمان‌های عمومی، و ساختار خیابان‌ها سروکار داشت؛ حال‌آنکه امروزه با مجموعهٔ وسیع‌تری از موضوعات مانند بهینه‌سازی حمل‌ونقل، مدیریت سیستم‌های ترافیکی، مدیریت هدررفت آب، ایمنی در خیابان‌ها، و سایر عوامل منحصر به عصر مدرن سروکار دارد.[۶] هوش مصنوعی در برنامه‌ریزی، مانند سایر بخش‌های تجاری و دولتی، در اواخر دههٔ ۱۹۵۰ شناخته شد و اوایل دهه ۱۹۶۰، به دلیل کمبود داده، با محدودیت روبه‌رو شد.[۷] هوش مصنوعی در آن زمان به دانشی تخصصی و تلاش علمی بالایی نیاز داشت، به همین دلیل توجه متخصصین و برنامه‌ریزان را جلب نکرد و پابرجا نشد؛ حال‌آنکه طی سال‌های اخیر در سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی[۸]، سیستم‌های مدیریت پایگاه داده[۹]، سیستم‌های پشتیبانی تصمیم[۱۰]، سیستم‌های پشتیبانی برنامه‌ریزی[۱۱]، و ... به‌صورت جنبه‌هایی از برنامه‌ریزی شهری در سطوح مختلف شناخته و پذیرفته شد؛[۱۲] به‌طور مثال، با ترکیب اطلاعات Gis و داده‌های ارتکاب جرم، می‌توان نقاط جرم‌خیز را به گونه‌ای دسته‌بندی کرد که بتوان به‌راحتی مکان‌های پرخطر و کم‌خطر را شناسایی کرد.[۱۳] به‌طورکلی فناوری اطلاعات در زمینهٔ برنامه‌ریزی نسبت به سایر حوزه‌ها، مانند خدمات مالی، مراقبت‌های بهداشتی، و کالاها و خدمات مصرفی، با سرعت کمتری پیشرفت کرده است به همین سبب برنامه‌ریزی‌شهری می‌تواند از کارایی این فناوری‌ها برای به‌دست آوردن بینش جدید برای جوامع سرمایه‌گذاری بهره برد. هوش مصنوعی یک دانش مبتنی بر سیستم‌های رایانه‌ای است که به‌طور معمول نیازمند هوش انسانی و همچنین استفاده از انواع روش‌ها، درک و تحلیل تصاویر، زبان طبیعی، داده‌های کمی، شناسایی الگوها و رفتارهای غیرعادی، و ... است.[۱۴] در حال حاضر، استفاده از هوش مصنوعی در مطالعات برنامه‌ریزی شهری، ازجمله تحقیقات شهری، برنامه‌ریزی و طراحی، مدیریت، و ...، به‌دلیل قابلیت تحلیلی قوی و استدلال منطقی، نقش حیاتی دارد.[۱۵] به بیان ساده، هوش مصنوعی مجموعه‌ای از فناوری‌ها و سیستم‌های مرتبط با هم است که کارکردهای شناختی ذهن انسان را برای حل مشکلات، انجام وظایف، توصیه‌ها، و تصمیم‌گیری‌ها بدون هیچ‌گونه راهنمایی یا با راهنمایی صریح و محدود از انسان انجام می‌دهد. همچنین دولت‌های محلی سیستم‌های هوش مصنوعی را برای بهبود کارایی در جنبه‌های مختلف شهر به کار گرفته‌اند.[۱۶] از جدیدترین اقدامات در حوزهٔ هوش مصنوعی می‌توان به کاربست آن در حوزهٔ مدیریت سیستم ترافیک، کشف جرم، نظارت بر کیفیت هوا ، مدیریت کارآمد انرژی، و هدررفت آب اشاره کرد.[۱۷]

با بررسی پژوهش‌های اخیر مشخص گردید که ارتباط بین هوش مصنوعی و برنامه‌ریزی شهری یک زمینهٔ تحقیقاتی نوظهور است که در دههٔ گذشته اهمیت قابل‌توجهی در شهرسازی و برنامه‌ریزی شهری یافته است. محققان خارجی کاربرد هوش مصنوعی را در حوزه‌های مختلف برنامه‌ریزی شهری مانند برنامه‌ریزی حمل‌ونقل، مدیریت انرژی، برنامه‌ریزی کاربری زمین، و ساختمان‌سازی جامعه بررسی کرده‌اند، حال‌آنکه پژوهشی در این زمینه در تحقیقات داخلی مشاهده نشد. ازآنجاکه هوش مصنوعی پتانسیل ایفای نقش در برنامه‌ریزی شهری را با عرضهٔ بینش‌هایی در مورد چگونگی تعامل عوامل مختلف و اثرگذاری بر محیط شهری دارد، در تحقیق حاضر با بررسی مطالعات علمی پیشین در زمینهٔ هوش مصنوعی و برنامه‌ریزی شهری، بر اساس داده‌های کتاب‌سنجی[۱۸] نشریات علمی نمایه‌شده در پایگاه ساینس دایرکت[۱۹]، به اهمیت پرداختن به این موضوع در ابعاد

13. Y. Zhou and A. Kankanhalli, "AI Regulation for Smart Cities: Challenges and Principles", *Public Administration and Information Technology*, vol. 37, no. 5 (2021): 111.

14. Sanchez, et al., "The Prospects of Artificial Intelligence in Urban Planning", 180.

15. M. Jiang, "Urban Planning Reform Trend Based on Artificial Intelligence", *Journal of Physics*, vol.1533, no. 3 (Apr. 2020): 2.

16. T. Yigitcanlar, et al., "Public Perceptions on Application Areas and Adoption Challenges of AI in Urban Services", *Emerging Sciences Journal*, vol. 6, no. 6 (Sep. 2022): 1200.

17. A. Kumar Jha, et al., "A Review of AI for Urban Planning: Towards Building Sustainable Smart Cities", 938.

18. Bibliometric

19. Science Direct

مختلف اشاره می‌شود. ازاین‌رو در پژوهش پیش رو پاسخ به این سؤالات پیگیری می‌شود: هوش مصنوعی در چه حوزه‌هایی از برنامه‌ریزی شهری کاربرد دارد؟ و روند شکل‌گیری مفهوم هوش مصنوعی در پژوهش‌های پیشین چگونه بوده است؟ برای پاسخ به این سؤالات در پژوهش‌های مورد نظر مرور نظام‌مندی صورت گرفته است تا از طریق بررسی پایه‌های نظری هوش مصنوعی در برنامه‌ریزی شهری، در ابتدا کاربردها و چالش‌های آن شناسایی گردد و سپس، از طریق رویکرد علم سنجی، تحلیل اسنادی، و بررسی هم‌رخدادی واژگان، فراوانی موضوعات و ارتباط بین آنها بررسی شود. از سویی دیگر، با پیشرفت تکنولوژی و افزایش اجتناب‌ناپذیر کاربردهای هوش مصنوعی در حوزه‌های متفاوت برنامه‌ریزی و مدیریت شهری، تغییرات کلانی در مفاهیم توسعهٔ شهری و هوشمندسازی رخ خواهد داد. ازاین‌رو در پژوهش حاضر با مروری سیستماتیک بر مطالعات هوش مصنوعی در شهرسازی و برنامه‌ریزی شهری، برای عرضهٔ چارچوب کارآمدی در خصوص توسعهٔ هوشمند شهرها تلاش می‌شود. همچنین این پژوهش پیش رو منبعی برای تحقیقات آتی پیرامون حوزهٔ هوش مصنوعی در شهرسازی و برنامه‌ریزی شهری خواهد بود که دربردارندهٔ مفاهیم مرتبط در بازه‌های زمانی است.

۱. پیشینهٔ پژوهش

مفهوم هوش مصنوعی در توسعهٔ شهری اغلب بر توسعهٔ فناوری و نحوهٔ اجرای آن در شهرها متمرکز است؛ بااین‌حال هوش مصنوعی در شهرها تنها بر فناوری مؤثر نیست، بلکه بر اجرای آن در برنامه‌ریزی و طراحی شهری نیز اثر می‌گذارد. در فرایند برنامه‌ریزی شهرها هوش مصنوعی در قالب یادگیری ماشینی[۲۰] تأثیری عمده دارد.[۲۱] همچنین با رشد شهرنشینی و پیشرفت تکنولوژی و نفوذ آن در ابعاد مختلف زندگی انسانی، بیش از پیش اهمیت نیاز به استفاده از پتانسیل‌های هوش مصنوعی در برنامه‌ریزی شهری، چه در بعد کلان و چه ابعاد خرد مدیریتی و حل معظلات و همچنین سهولت در انجام وظایف برنامه‌ریزان، حس می‌شود. در ادامه پژوهش‌های مرتبط با هرکدام از این مباحث بررسی شده‌اند.

یونگ چانگما[۲۲] و همکارانش در پژوهش خود چارچوبی برای ارزیابی زمان واقعی جابه‌جایی در بزرگراه‌ها یا جاده‌ها عرضه کردند. بدین‌منظور چندین وسیلهٔ نقلیه و همچنین زیرساخت جاده‌ها به واحدهای محاسباتی تجهیز شدند، به گونه‌ای که این واحدها امکان برقراری ارتباط با یکدیگر از طریق یک شبکهٔ ارتباطی را داشتند. درحقیقت با این واحد محاسباتی و سنسورهای موجود در خودروها، بررسی برخی مشخصات همانند سرعت، چرخش چرخ، و همچنین جابه‌جایی در بین خطوط حرکتی امکان‌پذیر بود. طبقه‌بندی این داده‌ها اطلاعات مناسبی را برای اطلاع از وضعیت ترافیکی می‌دهد.[۲۳] استفاده از پتانسیل‌های هوش مصنوعی در تجزیه‌وتحلیل داده‌های ترافیکی شهرها و بهبود عملکرد سیستم حمل‌ونقل با کمک راه حل‌های آن از مهم‌ترین حوزه‌های کاربرد هوش مصنوعی در مدیریت شهرهاست که در مطالعات متعدد به بررسی و امکان سنجی آن پرداخته‌اند.

در مقالهٔ دیگری نیز نالاپرمولا[۲۴] و همکارانش سیستمی را به نام Stmp[۲۵] پیشنهاد کرده‌اند. این سیستم با استفاده از شبکه‌های حسگر در جاده‌ها، اینترنت اشیا[۲۶]، و همچنین داده‌های موجود در رسانه‌های اجتماعی جریان ترافیک را پیش‌بینی و همچنین راه حل‌هایی را برای مدیریت ترافیک عرضه می‌کند. این سیستم در درجهٔ اول اقداماتی ازجمله: ۱) جمع‌آوری اطلاعات مفهومی مانند ساعات اوج ترافیک و همچنین ساعات رخداد حوادث در جاده‌ها مانند تصادفات، ۲) بررسی احساسات و عواطف رانندگان وسیلهٔ نقلیه با بررسی

20. ML: Machin learning
21. M. Batty, "Artificial Intelligence and Smart Cities". *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, vol. 45, no.1 (Jan 2018): 3.
22. Yongchangma
23. Kumar Jha, et al., "A Review of AI for Urban Planning: Towards Building Sustainable Smart Cities", 938.
24. Nallapermua
25. Smart Traffic Management Platform
26. IOT: Internet of Things

اطلاعات حاصل از شبکه‌های اجتماعی (نوع واکنش افراد در شبکه‌های اجتماعی زمانی که در ترافیک حضور دارند)، ۳) استفاده از داده‌های ساعات واقعی ترافیکی برای تقویت استراتژی‌های کنترل ترافیک، و ۴) پیش‌بینی جریان ترافیک و تخمین آن را انجام می‌دهد. این سیستم در استرالیا روی صدها ماشینْ تجهیز و در جاده‌های آزمایشی بررسی شد و در پایان به دریافت نتایج خوبی در مورد قابلیت اجرای آن به‌طور واقعی و گسترده انجامید.[۲۷]

وجود سیستم‌های خودکار بررسی و نظارت بر کیفیت هوا و هشدار در مورد هر ناهنجاری ازجمله ملزومات شهرهای هوشمند است. وو[۲۸] و همکارانش در پژوهشی سیستمی را به نام C-Air پیشنهاد کرده‌اند که می‌تواند کیفیت هوا را با استفاده از میکروسکوپ و الگوریتم‌های یادگیری ماشینی بررسی کند. این دستگاه قابلیت گرفتن تصاویر میکروسکوپی از ذرات موجود در هوا را دارد و الگوریتم‌های یادگیری ماشینی نیز حاوی اطلاعاتی در مورد نوع ذرات موجود و اندازهٔ آنهاست. در چند بررسی انجام‌شده با این سیستم دریافتند که کیفیت هوا در نزدیکی فرودگاه نامناسب و بسیار بدتر از حد متوسط است، و با افزایش فاصله از فرودگاه، کیفیت هوا افزایش می‌یابد.[۲۹] دغدغه‌های زیست‌محیطی با توسعهٔ شهرها و افزایش جمعیتشان رو به گسترش است. قابلیت‌های بالقوهٔ هوش مصنوعی در تجزیه‌وتحلیل اطلاعات، سنجش وضعیت، و پیش‌بینی شرایط آینده و نیازهای آن می‌تواند به برنامه‌ریزان شهری و مدیران در دستیابی به مفهوم ایدئال‌تری از شهر کمک شایانی کند.

استفادهٔ مناسب از انرژی و بهینه‌سازی مصرف آن ازجمله موضوعات مهم در شهرهای هوشمند است؛ به این معنی که از منابع انرژی (تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر) در خانوارها و ساختمان‌ها به‌طور کارآمد استفاده شود. در اینجا منظور از انرژی جریان‌های برق است. یکی از بخش‌های کلیدی در سیستم مدیریت برق پیش‌بینی بار الکتریکی و تشخیص مقدار انرژی مصرفی در یک منطقهٔ خاص است. کیم[۳۰] و همکارانش در پژوهشی دریافتند که مصرف انرژی به عوامل مختلفی از جمله ویژگی‌های ساختمان (تعداد دیوارهای بیرونی، مساحت، و سال ساخت)، تعداد اعضای خانواده، و شغل اعضای خانواده بستگی دارد. نتایج حاصل از آن تحقیق حاکی از آن بود که اینها برای ساختمان مؤثرترین عناصر در پیش‌بینی مصرف انرژی هستند.[۳۱]

آب یکی از ضروری‌ترین عناصر حیات است و توزیع کارآمد و هوشمندانهٔ آن در شهرها ضروری است. ازاین‌رو مهم است که سیستم‌هایی ساخته شود که قادر به تشخیص نشت آب برای جلوگیری از هدررفت آب باشد. کانگ[۳۲] و همکارانش در پژوهش خود از هوش مصنوعی در جهت تشخیص نشت آب در سیستم‌های توزیع منطقه‌ای کمک گرفتند. درحقیقت این سیستم محل دقیق نشتی را برای تعمیر نشان می‌دهد.[۳۳]

۲. ادبیات موضوع

۲. ۱. هوش مصنوعی

در دنیای امروز شهرها، همچون سیستم‌های پیچیده، مرکز تعاملات انسانی، مبادلات اقتصادی، و نیز نوآوری‌های ناشی از آنها هستند، همچنین در دنیای مدرن، هوش مصنوعی زندگی انسان را احاطه کرده است.[۳۴] برخلاف باورهای مدرن، هوش مصنوعی دارای تاریخچه‌ای غنی است که از دوران باستان شروع شده و در فرهنگ‌ها و مناطق، تکامل و تطبیق یافته است. رؤیای واگذاری وظایف و ایجاد راه حل‌های ساده از روزهای اولیهٔ بشریت باقی مانده است.[۳۵] در حال حاضر هیچ تعریف پذیرفته‌شدهٔ واحدی از اصطلاح

27. Kumar Jha, et al., "A Review of AI for Urban Planning: Towards Building Sustainable Smart Cities", 938-939.

28. Wu

29. Ibid, 939.

30. Kim

31. Ibid

32. Kang

33. Ibid, 940.

34. M. Batty, "Urban Modeling", in *International Encyclopedia of Human Geography*, edited by Nigel Thrift and Rob Kitchin, 2009, 55.

35. A. Urban, et al., "With a Little Help from AI: Pros and Cons of AI in Urban Planning and Participation", *International Journal of Urban Planning and Smart Cities*, vol. 2, no. 2 (Jun. 2021): 20.

«هوش مصنوعی» وجود ندارد. گاسر[۳۶] و آلمیدا[۳۷] معتقدند که یکی از دلایل دشواری تعریف هوش مصنوعی از منظر فنی این است که هوش مصنوعی نه‌تنها یک فناوری است، بلکه مجموعه‌ای از تکنیک‌ها و زیرشاخه‌ها از حوزه‌هایی مانند تشخیص گفتار و بینایی رایانه تا توجه و حافظه را شامل می‌شود.[۳۸] هوش مصنوعی، در مفهوم کلی، راهی برای توصیف تلاش‌های دانشمندان در راستای جهت‌دهی به اقدامات مستقل و خودکار ماشین‌هاست؛[۳۹] اقداماتی در راستای آموزش ماشین‌ها به‌منظور خودکارسازی فرایندهای شناختی مانند تشخیص الگو، برنامه‌ریزی، زبان، و تشخیص متن یا گفتار است. ازاین‌رو هوش مصنوعی یک فناوری واحد نیست، بلکه مجموعه‌ای از فرایندهای فنی است که در اکثر آنها از یادگیری ماشین استفاده می‌شود. برخلاف نرم‌افزارهای سنتی که در همهٔ آنها ورودی‌ها و خروجی‌ها از قبل تعریف شده‌اند، سیستم‌های هوش مصنوعی می‌توانند خودفراگیر[۴۰] کار و روزبه‌روز پیشرفت کنند.[۴۱] به گفتهٔ ویرجینیا دیگنوم[۴۲] هوش مصنوعی معاصر به‌طورکلی به «قابلیت محاسباتی و تفسیر حجم عظیمی از اطلاعات به‌منظور تصمیم‌گیری اشاره می‌کند، و کمتر به درک هوش انسانی، یا بازنمایی دانش و استدلال اهمیت می‌دهد».[۴۳]

همانند انسان‌ها، سیستم‌های هوش مصنوعی برای تصمیم‌گیری و حل مشکلات نیاز به گرفتن و وارد کردن داده‌ها، دریافت‌های محیطی، دارند. در دو دههٔ گذشته، سرویس‌های آن‌لاین، مانند جستجوی گوگل، آمازون، و یوتیوب (با توجه به محبوبیت روزافزونشان) حجم عظیمی از داده‌ها را در اشکال مختلف مانند متن، تصویر، ویدئو، و تراکنش‌ها تولید می‌کنند که می‌توانند ورودی سیستم‌های هوش مصنوعی قرار گیرند.[۴۴] داده‌های لازم در برنامه‌ریزی شهری به دو شکل کمی و کیفی هستند.[۴۵] داده‌های کمی (عینی یا پارامتریک) مانند ارتفاع، مسافت، و ... در حال حاضر نیز به‌منزلهٔ پایهٔ محاسبات و تجزیه‌وتحلیل‌های هوش مصنوعی استفاده می‌گردد؛ اما نکتهٔ حایز اهمیت بهینه‌سازی روش‌های پردازش هوش مصنوعی برای سنجش و تحلیل داده‌های کیفی (ذهنی یا غیرپارامتریک) مثل زیبایی، صدای احساس انسان، مطلوبیت، و ... است که تا کنون با چالش‌های فراوانی روبه‌رو بوده است.

۲. ۲. هوش مصنوعی شهری

در زمینهٔ شهرها، سیستم‌های هوش مصنوعی را اولین بار بخشی از ابتکارات شهر هوشمند معرفی کردند.[۴۶] هوش مصنوعی بخشی جدایی‌ناپذیر از ساختار شهر هوشمند است که کارایی و توانایی مورد نیاز را در عرضهٔ زیرساخت‌ها، خدمات، و امکانات محلی فراهم می‌کند. همچنین موجب گرایش سازمان‌های محلی به کاربرد هوش مصنوعی در مدیریت عادی، پیشرفته، و مسائل پیچیدهٔ شهری، به‌دلیل محدود بودن دانش و تجربهٔ کارکنان آن منطقه در خصوص نوآوری مسئولانه، می‌شود.[۴۷] بااین‌حال، امروزه هوش مصنوعی دیگر منحصراً با پروژه‌های شهر هوشمند مرتبط نیست، به‌طور مثال بسیاری از دولت‌های محلی، بدون برنامهٔ شهر هوشمند وجود دارند که از چت ربات‌های مبتنی بر هوش مصنوعی در عرضهٔ خدمات به مشتریان خود استفاده می‌کنند. به گزارش Icma[۴۸] علاوه بر چت ربات‌های مبتنی بر هوش مصنوعی برای تعامل با جامعهٔ محلی، دولت‌های محلی نیز از هوش مصنوعی برای خودکارسازی وظایف معمول از طریق سلف سرویس و افزایش خدمات عمومی با داده‌ها و تحلیل‌ها استفاده می‌کنند. علاوه بر این، خدمات بیش از حد شخصی، نگهداری پیش‌بینی دارایی‌ها، نیروی کار، برنامه و بهینه‌سازی منابع، کاهش استفاده از کربن، بهینه‌سازی مصرف انرژی، و مبارزه با کودک‌آزاری و کلاهبرداری مالی ازجمله کاربردهای هوش مصنوعی در دولت‌های محلی است.[۴۹]

36. Gasser

37. Almeida

38. S. Larsson, "On the Governance of Artificial Intelligence through Ethics Guidelines". *Asian Journal of Law and Society*, vol. 7, no. 3 (Oct. 2020): 439.

39. N. Bostrom, "Strategic Implications of Openness in AI Development", *Global Policy*, vol. 8, no. 2 (2017): 139.

40. self-learn

41. T. Kaatz-Dubberke and L. Kehl, "Artificial Intelligence in Urban Development", Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, 2020, 3.

42. Virginia Dignum

43. Larsson, "On the Governance of Artificial Intelligence through Ethics Guidelines", 441.

44. Zhou and Kankanhalli, "AI Regulation for Smart Cities: Challenges and Principles", 113.

45. D. Hick, et al., "A Pattern Logic for a Citizen-Generated Subjective Quality of Life Index in Neighborhoods". in *2nd UK Engineering Mechanics Conference (UKEMC)*, 2019, 2.

هوش مصنوعی شهری نقطهٔ تلاقی بین هوش مصنوعی و مفهوم «شهرهای هوشمند» است؛ مجموعه‌ای از الگوریتم‌هایی که با استفاده از مجموعهٔ داده‌های شهری، راه حل‌هایی قابل‌استفاده در شهر را عرضه می‌کند. این مفهوم به‌طور مستقیم با مفهوم «داده‌های شهری بزرگ»[۵۰] مرتبط است. هوش مصنوعی شهری دو شاخهٔ اصلی دارد:

۱) هستی‌شناسی: تبدیل داده‌های شهری به دانش قلمرو و زیرساخت‌ها و کاربری‌ها؛

۲) رباتیک: ایجاد ربات‌هایی که با قابلیت حرکت در بافت شهری، یک یا چند کار از پیش تعریف‌شده را انجام می‌دهند، به‌ویژه در مورد وسایل نقلیهٔ خودران، پهپادهای تحویل، و ربات‌های تمیزکننده.[۵۱]

اصطلاح هوش مصنوعی شهری به هر سیستمی اطلاق می‌شود که داده‌های به‌دست‌آمده از محیط شهری را ترکیب می‌کند، پس از آن با الگوریتم‌هایی پردازش می‌شود که نتیجهٔ آن کاربردهای مفید آن در پیوند اجتماعی ـ فضایی شهر است. سه محور مهم هوش مصنوعی شهری را از سایر اشکال هوش مصنوعی متمایز می‌کند. اول، پیچیدگی شهر: به‌دلیل ماهیت چندوجهی آنها، شهرها «سیستم‌های پیچیدهٔ سیستم» توصیف شده‌اند. دوم، زمینه‌های سیاست خاص: در آن هوش مصنوعی شهری عمل می‌کند. سوم، ترکیبی بودن هوش مصنوعی شهری. درحالی‌که دیگر کاربردهای هوش مصنوعی می‌تواند به‌طورکامل در حوزهٔ دیجیتال وجود داشته باشد، هوش مصنوعی شهری دارای مادیت و جزء زیرساختی منحصربه‌فرد است.[۵۲]

سهم اصلی نوآوری مبتنی بر هوش مصنوعی در مراکز شهری اتفاق خواهد افتاد. با بهره‌برداری از مزایای بالقوهٔ هوش مصنوعی، مدیریت شهرها باید بتوانند خدمات خود را به شهروندان را سازماندهی و بهبود بخشند. این امر مستلزم نصب حسگرهای برای جمع‌آوری داده‌های شهری است تا از این طریق زیرساخت‌های شهری ارتقا یابد. جمع‌آوری مستمر داده‌های مرتبط و امکان ایجاد سیستم‌های نظارتی جامع‌تر و مؤثرتر با کمک هوش مصنوعی، می‌تواند فرایندهای برنامه‌ریزی شهری را بهبود بخشد و همچنین امکان بهره‌برداری بیشتر از زیرساخت‌های فنی را فراهم کند. امروزه از مجموعهٔ گسترده‌ای از برنامه‌های کاربردی برای کمک به بهبود خدمات به شهروندان استفاده می‌شود؛ از حوزه‌های بهره‌گیری از هوش مصنوعی می‌توان به حوزه‌های جابه‌جایی و حمل‌ونقل (مدیریت ترافیک، وسایل نقلیه خودران) در بخش زیرساختی آن، انرژی، آب و زباله (سیستم‌هایی برای تنظیم روشنایی خیابان‌ها، برق، آب، و سیستم‌های زباله مطابق با نیازهای محلی)، امنیت (نظارت در فضاهای عمومی)، و خدمات مالی (سیستم‌های پرداخت مبتنی بر تشخیص چهره) اشاره کرد.[۵۳]

علاوه بر این، سیستم‌های مجهز به هوش مصنوعی پتانسیل عمده‌ای برای مؤثرتر و شفاف‌تر کردن مشارکت شهروندان دارند. به‌طور مثال، الگوریتم‌های یادگیری ماشینی می‌توانند نظراتی را که شهروندان دربارهٔ یک موضوع خاص ارائه می‌کنند، با خوشه‌بندی، وزن‌دهی، و مکان‌یابی آنها، دسته‌بندی کنند. از این طریق تصویر جامع‌تری از شهر خلق می‌شود و در نظر گرفتن همهٔ مشارکت‌ها منجر به نتایج یکپارچه‌تر و فراگیرتر می‌شود. درعین‌حال، توانایی تجسم ابتکارات برنامه‌ریزی‌شده و اثرات آنها بر عوامل مختلف کارا در یک شهر نیز به آگاهی عمومی شهروندان نسبت به شهر می‌انجامد.[۵۴]

۲. ۳. کاربردهای هوش مصنوعی در شهرها

از کاربردهای هوش مصنوعی در حوزهٔ برنامه‌ریزی شهری

46. F. Ullah, et al., "Value Co-creation in Business-to-business Context: A Bibliometric Analysis Using HistCite and VOSviewer", *Frontiers in Psychology*, vol. 13, no. 1027775 (Jan. 2023): 15.

47. Yigitcanlar, et al., "Public Perceptions on Application Areas and Adoption Challenges of AI in Urban Services", 1200-1201.

48. International City/ Country Manegment Association

49. Ibid, 1203.

50. Big Urban Data

51. H. Beroche, *Urban AI* (Paris: Urban AI, 2021), 6.

52. S. Popelka, et al., "A Guide to Urban Artificial Intelligence: Urban AI Guide", in *Urban AI*, 2023, 14.

53. Kaatz-Dubberke and Kehl, "Artificial Intelligence in Urban Development", 9.

54. Ibid

بخش‌های گوناگونی مثل کاربری‌زمین، منطقه‌بندی، برنامه‌ریزی زیست‌محیطی، و حمل‌ونقل هستند. به‌طورکلی بخش‌های مورد توجه برنامه‌ریزان برای استفاده از این رویکرد جدید در سه بخش تقسیم می‌شود: ۱) استفاده از قابلیت‌های حال حاضر و آیندهٔ هوش مصنوعی در جهت ایجاد تأثیرات قابل‌توجه بر محیط‌های اجتماعی و ساخته‌شده از شهرها، ۲) استفاده از قابلیت‌های فعلی و آیندهٔ هوش مصنوعی برای رفع نیازهای برنامه‌ریزان، ۳) ایجاد تمایل و ظرفیت در برنامه‌ریزان برای اتخاذ و استفاده از فناوری.[۵۵]

هوش مصنوعی در برنامه‌ریزی شهری می‌تواند نقش یک تغییردهنده را ایفا کند. شورای دولتی طرح توسعهٔ چین بیان می‌کند که هوش مصنوعی به «ترویج اطلاعات کامل برنامه‌ریزی شهری، ساخت‌وساز، مدیریت و بهره‌برداری» اشاره دارد.[۵۶] در ادامه کاربردهای هوش مصنوعی در ابعاد مختلف اجتماعی، اقتصادی، حکمروایی، حمل‌ونقل، و محیطی بررسی شده است.

۲. ۳. ۱. اجتماعی

از نظر مسائل اجتماعی، دولت‌های محلی خدمات عمومی در شهرها عرضه می‌کنند. ازاین‌رو، درک نظرات کاربران در مورد منابع مالی محدود دولت محلی و قابلیت‌های سرمایه‌گذاری مهم است. به‌این‌ترتیب می‌توان دیدی کلی از باورها و نگرش‌های شهروندان در مورد امکانات بخش عمومی برای حمایت از هوش مصنوعی در توسعهٔ خدمات الکترونیکی یافت. همکاری دولت محلی یکی از ابزارهای بالقوه برای افزایش قابلیت سرمایه‌گذاری است.[۵۷] در بخش خدمات اجتماعی هوش مصنوعی می‌تواند به ارزیابی نیازها، تصمیم‌گیری، ارائهٔ مزایا، نظارت، و مدیریت بپردازد و به‌طور مثال می‌تواند به کاهش فعالیت‌های اداری کارمندان در بخش بررسی پرونده‌ها نیز کمک کند. درحقیقت با ساده‌سازی فرایندها و کاغذبازی‌ها، زمان بیشتری برای تمرکز بر مسائل پیچیده به‌وجود می‌آید. داده‌ها نقش مهمی در هوش مصنوعی و به‌خصوص در بخش خدمات بهداشتی و اجتماعی دارند. لازم به ذکر است که در بخش سلامت و خدمات اجتماعی هرروزه حجم بالایی از داده‌ها (داده‌های بهداشت عمومی، سوابق سلامتی، داده‌های بیمارستان، و ...) تولید می‌شود؛ به‌طور مثال در سونومای کالیفرنیا[۵۸] سیستم هوش مصنوعی از طریق پردازش زبان طبیعی به تجزیه‌وتحلیل مکالمات بیماران در معرض خطر می‌پردازد. افراد دارای مشکلات روانی و یا افراد معتاد ازجملهٔ این بیماران محسوب می‌شوند؛ چراکه رفتارشان دائماً در حال تغییر است. هوش مصنوعی با شناسایی این تغییرها به کادر درمان در شناسایی و ارجاع آنها به پایگاه‌های مختلف برای درمان کمک می‌کند.[۵۹] چت ربات‌های آموزش‌دیده[۶۰] نیز از روش‌های متداول دیگر در کاربست هوش مصنوعی هستند؛ به‌طور مثال، در زمان کووید ۱۹، کلارک نوادا[۶۱]، که محلی تفریحی برای گردشگران لاس‌وگاس بود، دچار رکود اقتصادی شد و نزدیک به ۲۵۰۰۰۰ نفر از افراد ساکن از خانه‌هایشان به‌دلیل بیکاری خارج شدند. به همین دلیل، مسئولان یک چت ربات برای پرداخت کمک‌هزینهٔ اجاره به افراد متقاضی راه‌اندازی کردند که تنها از طریق پرسیدن چند سؤال، به غربالگری ۱۲۲۰۰۰ نفر از افراد متقاضی تنها در عرض یک ماه پرداخت. درحقیقت هوش مصنوعی توانست با ترکیب چندین منبع داده به افزایش قدرت و کاهش زمان تصمیم‌گیری کمک کند؛ درحالی‌که در گذشته کارکنان مجبور بودند که هریک از افراد را به‌صورت مجزا بررسی کنند.[۶۲]

دپارتمان خدمات انسانی استرالیا[۶۳] از فناوری‌های شناختی و هوش مصنوعی برای کمک به کاهش فشار کاری کارکنان استفاده می‌کند. این سازمان یک دستیار مجازی داخلی به نام

55. Sanchez, et al., "The Prospects of Artificial Intelligence in Urban Planning", 182.

56. M. Jiang, "Urban Planning Reform Trend Based on Artificial Intelligence", 1.

57. T. Yigitcanlar, et al., "Artificial Intelligence in Local Governments: Perceptions of City Managers on Prospects, Constraints and Choices", *AI & Society*, vol. 38, no. 3 (Oct. 2022): 1150.

58. Sonoma County, California

59. D. Gruen, "Artificial Intelligence in Government Social Service Agencies", *Merative*, 2022, 5.

60. Trained chatbots

61. Clark County, Nevada

62. Ibid, 6.

63. Dhs: Department of Human Services

Roxy را برای پاسخ‌گویی مستقر کرد که با استفاده از یادگیری ماشینی و زبان طبیعی به پردازش اطلاعات می‌پردازد. این دستیار مجازی به ۷۸٪ سؤالات پاسخ می‌دهد و برای سؤالات پیچیده، افراد را به کارشناسان مربوطه وصل می‌کند.[۶۴]

۲. ۳. ۲. اقتصادی

صرفه‌جویی در هزینه و انرژی و همچنین افزایش بهره‌وری از مهم‌ترین و اصلی‌ترین عوامل پیشرفت در زمینهٔ پذیرش هوش مصنوعی در بخش‌های مختلف شهرهاست؛ به‌طور مثال شبکه‌های آب‌رسانی و فاضلاب برای زندگی بشر اهمیت بالایی دارند. در بسیاری از کشورهای غربی، اکثر شبکه‌های زیرساختی آب در حال حاضر چندین دهه قدمت دارند و لازم است تعمیر و تجهیز شوند. با کاهش قیمت سنسورها، بیشتر عوامل تأمین‌کنندهٔ آب به سمت تجهیز سیستم‌های به حسگرهای IOT و فناوری‌های مبتنی بر داده‌ها روی آورده‌اند که به‌طور مداوم داده‌های مربوط به عرضه و تقاضای آب را جمع‌آوری می‌کنند. این سنسورها درحقیقت برای نظارت بر مصرف واقعی آب و شناسایی و مکان‌یابی آلودگی یا نشت در کوتاه‌ترین زمان است. درحقیقت فناوری‌های مبتنی بر یادگیری ماشینی، با کارآمدتر و مؤثرتر کردن سیستم تأمین آب، هرگونه مشکل موجود در سیستم را در همان مراحل اولیه شناسایی می‌کنند و برای رفع آن هشدارهای لازم را می‌دهند. لازم به ذکر است که استفاده از حسگرها می‌تواند شکستگی احتمالی را قبل از وقوع تشخیص دهد، همچنین تعمیر آن در این مرحله ارزان‌تر است و از هدررفت آب جلوگیری می‌کند. سیستم‌های هوش مصنوعی همچنین می‌توانند برای پیش‌بینی زمان اوج مصرف آب نیز استفاده شوند. درصورت استفاده از کنتورهای هوشمند، می‌توان با تشویق مصرف‌کنندگان به استفادهٔ مؤثرتر و کاهش مصرف آب نیز کمک کرد. از هوش مصنوعی همچنین می‌توان برای سیستم‌های پیش‌بینی دوره‌های بارندگی شدید محلی و بهبود مدیریت آب شهری نیز استفاده کرد. سیل ناگهانی و رانش زمین ناشی از بارندگی های شدید از دیگر چالش‌های اصلی مدیریت آب هستند، ازاین‌رو جمع‌آوری داده‌ها به کمک حسگر و الگوریتم‌ها می‌توانند برای پیش‌بینی بارندگی استفاده شوند تا بتوان قبل از وقوع فاجعه، نجات جان انسان‌ها و حفظ زیرساخت‌ها را تضمین کرد.[۶۵]

۲. ۳. ۳. حکمروایی

نقش هوش مصنوعی در حکمروایی به حمایت سازمان‌های دولتی و جامعه در جهت حکمرانی و ایجاد تحول از طریق فناوری در محیط سیاسی شهر مربوط می‌شود. برای تبدیل شهرهای موجود به شهرهای هوشمند، سازمان‌های دولتی نه‌تنها نیاز به حمایت‌های سیاسی و اداری دارند، بلکه برای جذب سهامداران مختلف (شهروندان و شرکت‌ها) به حاکمیت و تسهیل همکاری در بخش‌های مختلف و جوامع نیز نیازمند هستند.[۶۶] هوش مصنوعی همچنین می‌تواند در کمک به کارهای مشارکتی در برنامه‌ریزی شهری مثمر باشد؛ به‌طور مثال، نامه‌های دیجیتالی ارسالی از جانب شهروندان را می‌توان با استفاده از سیستم‌های درک زبان طبیعی، استخراج استدلال‌ها، و تجزیه‌وتحلیل احساسات، قبل از ارزیابی دستی، پیش‌پردازش کرد. این امر به برنامه‌ریزان شهری یک برداشت اولیه از نظرات می‌دهد و همچنین سبب شناسایی شباهت‌ها در نظرات می‌گردد. سپس می‌توان استدلال‌های مربوطه را استخراج و راه حل‌هایی را پیشنهاد کرد. درحقیقت این سیستم‌ها جای برنامه‌ریزان را نمی‌گیرند، بلکه برای پشتیبانی از تصمیمات آنها بر اساس تحلیل داده‌ها هستند. درمجموع، هوش مصنوعی را باید یک ابزار کمک‌کننده و مکمل در نظر گرفت، ابزاری که می‌تواند وظایف خاصی را بهتر و سریع‌تر

64. Ibid

65. Kaatz-Dubberke and Kehl, "Artificial Intelligence in Urban Development", 18-19.

66. Zhou and Kankanhalli, "AI Regulation for Smart Cities: Challenges and Principles", 104.

از انسان انجام دهد. بااین‌حال، استفاده از این ابزار همچنین مستلزم آن است که شهرها و برنامه‌ریزان مهارت‌ها و استراتژی‌های دیجیتالی خود را بهبود و توسعه بخشند. نباید ورود هوش مصنوعی را امری اجتناب‌ناپذیر دانست و تسلیم آن شد، بلکه باید آن را یک موضوع نوظهور دید که افراد می‌توانند خودشان بر آن اثر بگذارند.[۶۷] با توجه به این تفاسیر، عدم قطعیت و پیچیدگی چشم‌انداز هوش مصنوعی چالش‌های زیادی را برای دولت‌ها در طراحی و اجرای سیاست‌های مؤثر برای حاکمیت هوش مصنوعی ایجاد می‌کند. بسیاری از چالش‌های ایجادشده توسط هوش مصنوعی به این دلیل است که بسیار پیش‌بینی‌ناپذیر، حل‌نشدنی، و غیرخطی هستند و تدوین اهداف مشخص در سیاست‌های آنها برای دولت‌ها دشوار است.[۶۸]

۲. ۳. ۴. حمل‌ونقل

حمل‌ونقل تعیین‌کننده‌ترین سنگ بنای عملکرد، توسعه، و شکوفایی یک شهر است، تحول در حمل‌ونقل مفهوم شهر را متحول می‌کند. بنابراین غیرممکن است که چشم‌انداز شهرهای فردا را از پیکربندی آیندهٔ سیستم‌های حمل‌ونقل آنها مستقل دانست.[۶۹] از سویی، رشد سریع شهرها در سراسر جهانْ جابه‌جایی‌ها را زیادتر و زیرساخت‌ها را با محدودیت‌هایی رو به‌رو کرده است و این امر منجر به ترافیک، آلودگی هوا، و افزایش انتشار کربن‌دی‌اکسید شده است. با هوش مصنوعی از طریق روش‌هایی، ازجمله فعال کردن ناوبری هوشمندانه‌تر جاده و مدیریت ترافیک، مدل‌های کسب‌وکار برای جابه‌جایی‌های شخصی، پارکینگ هوشمند، و ...، می‌توان راهکارهایی را برای بهبود سیستم‌های مربوطه در دسترس داشت. سیستم‌های کنترل چراغ راهنمایی در سطح شهر یکی از این کاربردها برای ایجاد تغییرات در زمان رفت‌وآمد و ازدحام ترافیک است که در بسیاری از شهرها به‌صورت آزمایشی اجرا می‌شوند. پارکینگ‌های هوشمند نیز فرایند جستجوی مکان برای پارک خودرو[۷۰] را کاهش می‌دهند؛ به‌طور مثال علی‌بابا[۷۱] که برای اولین بار در شهر هانگژو ظاهر شد، بلندپروازانه‌ترین تلاشی است که تاکنون برای جمع‌آوری داده‌های شهر از گوشی‌های هوشمند، حسگرها، و دوربین‌ها، همراه با داده‌های GPS خودرو و ذخیرهٔ آن در فضای ابری با هدف جمع‌آوری اطلاعات شهری انجام شده است. درحقیقت از هوش مصنوعی برای حل مشکلات مختلف مرتبط با تحرک و جابه‌جایی، به‌ویژه از طریق بهبود سیستم‌های مدیریت ترافیکی، استفاده می‌شود. در جاکارتا نیز راه حلی برای بهبود برنامه‌ریزی حمل‌ونقل و تصمیم‌گیری عملیاتی با استفاده از تجزیه‌وتحلیل داده‌ها با موفقیت آزمایش شده است. با استفاده از داده‌های TransJakarta، شبکهٔ اتوبوس‌های سریع‌السیر شهر در ایستگاه‌های اتوبوس و مسافربری، به‌منظور کشف روند حرکت، مبدأ، و مقصد حرکت مسافران برای برنامه‌ریزی حرکت در مسیرهای مفید تجزیه‌وتحلیل شد. بر اساس بازخوردهای این پروژه، مسئولان شهری مجموعه‌ای از تغییرات هدفمند مورد نظر در برنامه‌های خود را اعمال کردند؛ ازجمله استقرار پلیس راهنمایی‌ورانندگی بیشتر، موانع پرشمارتر به‌منظور ایمن‌سازی مسیرهای مستقیم در مناطق معمولاً شلوغ، و همچنین افزایش اتوبوس‌ها در برخی از خطوط و سفرهای خاص.[۷۲]

ـ وسایل نقلیه خودران[۷۳]: با بهره‌گیری از هوش مصنوعی، وسایل نقلیهٔ خودران کم‌کم در حال تبدیل شدن به یک قابلیت هستند. توسعه و استقرار وسایل نقلیهٔ خودران در خدمات حمل‌ونقل عمومی می‌تواند نیروی انسانی (رانندگان اتوبوس یا قطار) را کاهش دهد. به‌علاوه، این وسایل نقلیه ممکن است با رعایت بیشتر قوانین حمل‌ونقل نسبت به رانندگان انسانی، به نجات جان استفاده‌کنندگان نیز کمک کنند؛ بااین‌حال، برای این

67. Kaatz-Dubberke and Kehl, "Artificial Intelligence in Urban Development", 17.

68. A. Taeihagh, "Governance of Artificial Intelligence", *Policy and Society* , vol. 40, no. 2 (Jun. 2021): 143.

69. A. Nikitas, et al., "Artificial Intelligence, Transport and the Smart City: Definitions and Dimensions of a New Mobility Era". *Sustainability*, vol. 12, no. 2789 (Apr. 2022): 2.

70. search traffic

71. Alibaba

72. Kaatz-Dubberke and Kehl, "Artificial Intelligence in Urban Development", 20.

73. autonomous vehicles

وسایل باید نحوهٔ واکنش در شرایطی که تصادف اجتناب‌ناپذیر است را یافت و آسیب‌های احتمالی (تعداد مرگ‌ومیر) را به حداقل برساند. علاوه بر چنین مشکلاتی، خودمختار بودن خودروهای خودران ممکن است مشکلات قانونی نیز در پی داشته باشد؛ به‌طور مثال وقتی یک رانندهٔ انسانی حضور ندارد، این سؤال طـرح می‌شود که مسئول خسارت ناشی از تصادف کیست؟! صاحب خودرو یا فقط سازندهٔ آن.[۷۴]

۲. ۳. ۵. محیطی

ـ مدیریت پسماند[۷۵]: جمع‌آوری زباله یکی از جنبه‌های مهم مدیریت پسماند است. حدود ۸۰٪ از هزینه‌های مربوط به دفع زباله‌ها مربوط به استفاده و نگهداری از ناوگان کامیون‌هایی است که روزانه زباله‌ها را از سراسر شهر جمع می‌کنند؛ حال‌آنکه رابط بین هوش مصنوعی و اینترنت اشیا می‌تواند راهکاری بابت مدیریت پسماند عرضه کند. درحقیقت از طریق تجهیز سیستماتیک سطل‌های زباله در سراسر شهر به حسگرها یا برچسب‌های Rfid متصل به اینترنت، امکان انتقال داده‌های مختلف (به‌طور مثال در مورد میزان زباله در هر سطل) به سرور را فراهم می‌کند. اگر داده‌های هر سطل به صورت جداگانه در یک مجموعه داده ادغام شوند، این امکان خواهد بود که مشخص شود کدام سطل‌ها باید در هرروز خالی شوند. سپس می‌توان از هوش مصنوعی برای ترسیم مسیرهای جمع‌آوری بهینه، همچنین دادن نشانه‌هایی برای تعیین محل جاگذاری سطل‌های اضافی استفاده کرد. این به کاهش مصرف سوخت خودرو و همچنین جلوگیری از آلودگی هوا می‌انجامد.[۷۶]

ـ مدیریت ساخت‌وساز: ساختمان‌ها و بخش ساخت‌وساز ۳۶٪ از انرژی جهانی را مصرف می‌کنند، که باعث انتشار گاز کربن دی‌اکسید می‌شوند. ازآنجاکه مصالح سازه‌ای اغلب حجم کلی ساختمان را تشکیل می‌دهند، بنابراین روش‌های کارآمد ساخت‌وساز و استفاده از مصالح پایدار ساختمانی به‌طور بالقوه می‌توانند کاهش قابل‌توجهی در سطح کربن دی‌اکسید ایجاد کنند. با در نظر گرفتن این موضوع، از روش‌های مختلفی برای ارزیابی پایداری ساختمان‌ها (مانند ارزیابی چرخهٔ عمر) استفاده می‌شود؛ بااین‌حال، با توجه به انبوهی از پارامترها و متغیرهایی که تأثیر زیست‌محیطی یک ساختمان را در طول چرخهٔ عمر آن تعیین می‌کنند، از چنین روش‌هایی نمی‌توان انتظار داشت که مزایای مورد انتظار را به‌همراه داشته باشند.[۷۷]

۲. ۳. ۶. امنیت

یکی از کاربرد مهم هوش مصنوعی، در بخش امنیت عمومی است. در این حوزه دوربین‌های شبکه‌ای ورودی داده‌های خود را از جاده‌ها و مکان‌های عمومی دریافت و بعد از این داده‌ها، از طریق فناوری‌های تشخیص چهره، برای ردیابی مجرمان استفاده می‌کنند. این منبع داده همچنین می‌تواند با سایر منابع داده مانند رسانه‌های اجتماعی، استفاده از اینترنت، اقامت در هتل، و سفرها برای نظارت بر ردیابی مجرمان نیز مرتبط شود. وقتی از هوش مصنوعی برای پیشگیری از جرم استفاده می‌شود، ممکن است عواقب جدی حقوقی و اجتماعی دیگری نیز رخ دهد. به‌طور مثال، ممکن است تعصب نژادی، به‌دلیل مجموعهٔ آموزشی یا الگوریتم‌های مغرضانه در سیستم هوش مصنوعی، وجود داشته باشد؛ به‌طور مثال در سیستم پیش‌بینی جرم Compas، هدف آن بود که پیش‌بینی تکرار جرم در افرادی که توسط پلیس بازداشت شده‌اند، صورت گیرد، که این کار با تعیین «امتیاز خطر» به آنها انجام می‌شود. مشخص شد که این الگوریتم به‌شدت علیه افراد رنگین‌پوست تعصب دارد، و به‌طور مداوم امتیاز ریسک بالاتر را به افراد رنگین‌پوست اختصاص می‌دهد (حتی اگر مشخص شود که در معرض ارتکاب جرم نسبتاً پایینی هستند).[۷۸]

74. Zhou and Kankanhalli, "AI Regulation for Smart Cities: Challenges and Principles", 107.
75. Waste Management
76. Ibid
77. Ibid
78. Ibid, 108.

در «جدول ۱» خلاصه‌ای از کاربردهای استفاده از هوش مصنوعی که پیش‌تر بیان شد، آورده شده است.

با توجه به مبانی نظری بررسی‌شده در این بخش، شش حوزهٔ کاربردی هوش مصنوعی در برنامه‌ریزی شهری به‌تخلیص در جدول یادشده مشاهده می‌شود. عمده‌ترین حوزه‌های دخالت هوش مصنوعی در شهر و دولت‌های محلی به اتخاذ تصمیمات معمولی و خودکار، بهبود بهره‌وری و راندمان اداری، تسهیل ارتباط مردم و مسئولین و سرویس‌دهی مشتریان، به حداقل رساندن خطاها، کمک به بهبود نگهداری و عیب‌یابی تجهیزات و تأسیسات شهری، و مدیریت منابع شهر بازمی‌گردد. هرچند هوش مصنوعی عمدتاً در غالب طرح‌های شهر هوشمند عرضه می‌شود، اما کاربردها و چالش‌های پیش روی استفاده از آن در شهر، محدود به شهرهای هوشمند نیست. ازاین‌رو پس از بررسی ابعاد کاربرد هوش مصنوعی در شهر به چالش‌های پیش روی آن پرداخته می‌شود.

۲. ۴. چالش‌های به‌کارگیری هوش مصنوعی در شهرها

هوش مصنوعی یکی از قدرتمندترین فناوری‌های زمان است که اثرات مثبت و منفی بسیاری بر شهرها دارد و به‌طور روزافزون کاربردهای آن در بافت شهری افزایش می‌یابد.[۷۹] در جایی که محوری‌ترین جنبه‌ها برای توسعه و استفادهٔ امروزی هوش مصنوعی به خودمختاری، خودآموزی از مقادیر زیاد داده (یا «انطباق‌پذیری»)، و درجهٔ یادگیری قابل‌تعمیم اشاره دارد، باید چالش‌های پیش رو را نیز در نظر گرفت.[۸۰] مشارکت و عرضهٔ خدمات بهبودیافتهٔ سیستم‌های مبتنی بر هوش مصنوعی این پتانسیل را دارند که به فرد در طراحی فرایندهای کارآمدتر و حفظ منابع، همزمان با افزایش بهره‌وری، کمک کنند، اما این فرایند همواره چالش‌ها و خطراتی را نیز به‌همراه دارد که در ادامه به آنها پرداخته می‌شود:

ـ **پیامدهای مؤثر بر بازار کار:** یکی از نگرانی‌های بسیار مطرح در موضوع دیجیتالی‌سازی و هوش مصنوعی، امکان از بین رفتن

حوزه‌ها	نمونه‌های کاربردی
اجتماعی	ـ ارزیابی نیازها، تصمیم‌گیری‌ها، بیان مزایا، نظارت و مدیریت در بخش اجتماعی ـ کاهش فعالیت اداری کارمندان بخش اجتماعی ـ حوزهٔ سلامت و بهداشت ـ راه‌اندازی چت ربات‌ها برای پرسش و پاسخ‌های مردمی
اقتصادی	ـ صرفه‌جویی در هزینه و انرژی ـ افزایش بهره‌وری
حکمروایی	ـ حمایت‌های سیاسی و اداری به شهروندان و کارهای مشارکتی ـ پشتیبانی از برنامه‌ریزان شهری در جهت رفع نیاز شهروندان
حمل‌ونقل	ـ بهبود سیستم حمل‌ونقل از طریق فعال کردن ناوبری هوشمندانه‌تر جاده و مدیریت ترافیک، پارکینگ هوشمند، سیستم‌های کنترل چراغ راهنمایی، و ... ـ بهبود مسیر حرکتی سیستم حمل‌ونقل عمومی (اتوبوس شهری) ـ وسایل نقلیهٔ خودران با هدف کاهش تصادفات و افزایش امنیت استفاده‌کنندگان
محیطی	ـ مدیریت پسماند و جمع‌آوری بهینهٔ زباله‌های سطح شهر در جهت کاهش تولید گازهای آلاینده ـ مدیریت ساخت‌وساز از طریق تکنیک‌های کارآمد و مصالح پایدار ساختمانی
امنیتی	ـ شناسایی نقاط جرم‌خیز ـ ردیابی مجرمان

جدول ۱. حوزه‌های کاربرد هوش مصنوعی، تدوین: نگارندگان.

79. Yigitcanlar, et al., "Public Perceptions on Application Areas and Adoption Challenges of AI in Urban Services", 1200-1201.

80. Larsson, "On the Governance of Artificial Intelligence through Ethics Guidelines", 441.

شغل افراد است که این مسئله در کشورهای کم‌درآمد اهمیت زیادی دارد. درحقیقت بیش از دوسوم مشاغل در کشورهای کم‌درآمد ممکن است، به‌خاطر اتوماسیونی شدن، از بین بروند و شکاف بین فقیر و غنی بیشتر شود. از سوی دیگر، دیجیتالی شدن و دسترسی گسترده به اینترنتْ موجب تغییر بازار کار و ایجاد مشاغل جدید خواهد شد. با جهانی شدن و دیجیتالی شدن شبکه‌ها، فرایندهای جهانی و دسترسی به دانش (مانند الگوریتم‌های باز)، خدمات (مشاوره)، و ابزارها (مانند فضای ذخیره‌سازی ابری[۸۱]) بیشتر خواهد شد، که جهشی چشمگیر، نوآوری محلی، و ایجاد شغل را در پی خواهد داشت. به‌طورکلی، فرض بر این است که دیجیتالی شدن و هوش مصنوعی بیش از آنکه باعث از بین رفتن مشاغل شود، شغل ایجاد می‌کند، و این امر مستلزم آن است که این فرایند در شرایط مناسب انجام شود. با در نظر گرفتن این موضوع، بخش آموزش نقش مهمی در ایجاد ظرفیت و توسعهٔ تخصص فنی خواهد داشت. علاوه بر این، رایانه‌ها و ربات‌ها می‌توانند وظایف عادی انسان‌ها انجام دهند، از افراد در کارشان حمایت و آنها را به مشارکت تشویق کنند، و از این طریق زمینهٔ خلاقیت ایجاد کنند.[۸۲] با رشد تکنولوژی و نفوذ آن در ابعاد وسیعی از زندگی انسان، مفاهیمی چون اقتصاد بی‌وزن متبلور شده‌اند. اقتصادی که برخلاف گذشته نه بر تولیدکالاهای فیزیکی، بلکه بر اطلاعات و ارتباطات استوار است. حضور هوش مصنوعی در اقتصاد شهری، به‌مثابهٔ یکی از مهم‌ترین بازوان رشد و توسعهٔ شهر، می‌تواند با تغییر سازوکارهای اطلاعاتی و تسهیل معادلات و معاملات کلان شهری، تأثیر چشمگیری در مدیریت بازارهای سهام و کنترل اقتصاد بی‌وزن بگذارد.

ـ الگوریتم‌های تبعیض‌آمیز: خروجی‌های تبعیض‌آمیز از دیگر مشکلات هوش مصنوعی است که می تواند ناشی از سه دلیل باشد:

۱) **الگوریتم‌های مغرضانه:** این خطر هست که الگوریتم‌های عرضه‌شده یک‌طرفه و تعصب‌آمیز باشد. بنابراین باید تیم‌های توسعه متنوع و دارای دیدگاه‌های مختلفی باشند.

۲) **داده‌های آموزشی غیراصولی:** در صورت استفاده از داده‌های غیراصولی و ناکافی، پردازش به‌درستی انجام نخواهد گرفت.

۳) **نمایش دادن داده‌هایی خاص و ناخواستهٔ ناشی از تحریفات:** همواره الگوریتم‌ها همبستگی ایجاد می‌کنند، اما علت را توضیح نمی‌دهند؛ این بدان معناست که حتی الگوریتم‌های متعادلی که بر روی حجم وسیعی از داده‌ها آموزش داده شده‌اند، درصورت بازتولید نابرابری‌هایی که در دنیای واقعی وجود دارد، همچنان می‌توانند خروجی‌های تبعیض‌آمیز تولید کنند.

ـ توضیح‌ناپذیر بودن تصمیمات: یکی از بزرگ‌ترین زمینه‌ها در تحقیقات هوش مصنوعی، «توضیح‌پذیر نبودن هوش مصنوعی»[۸۳] یا نحوهٔ توضیح در زمینهٔ تصمیمات اتخاذشده توسط سیستم‌های هوش مصنوعی است. درحقیقت توضیح و تشخیص اینکه سیستم یادگیری ماشینی دقیقاً چگونه یاد می‌گیرد، چگونه نتیجه‌گیری می‌کند، چه جزئیاتی از داده‌های واردشده به سیستم را می‌شناسد و مرتبط می‌داند، این اطلاعات کجا ذخیره می‌شود، و میزان اثرگذاری این اطلاعات چگونه است، بسیار دشوار است، ازاین‌رو محققین آن را «جعبهٔ سیاه» می‌نامند. تاآنجاکه به الگوریتم‌ها مربوط می‌شود، می‌توان برای کاهش خطر تبعیض و تصمیم‌گیری‌های خودسرانه، در وهلهٔ اول برای شروع کار از الگوریتم‌هایی مطابق با تصمیم توسعه‌دهندگان استفاده کرد. به‌طورکلی توصیه می‌شود که از الگوریتم های از پیش توسعه‌یافته‌ای که برای در نظر گرفتن شرایط خاص مرتبط پیش‌بینی نشده‌اند، استفاده نشود.[۸۴] اتخاذ روشی کارآمد برای مدیریت حجم داده نیز از موارد ضروری در زمینهٔ به‌کارگیری هوش مصنوعی است؛ زیرا حجم بالای داده‌ها بدون زمینه‌سازی و فراهم آوردن مقدمات سازمانی و

81. cloud storage

82. Zhou and Kankanhalli, "AI Regulation for Smart Cities: Challenges and Principles", 110.

83. explanable AI

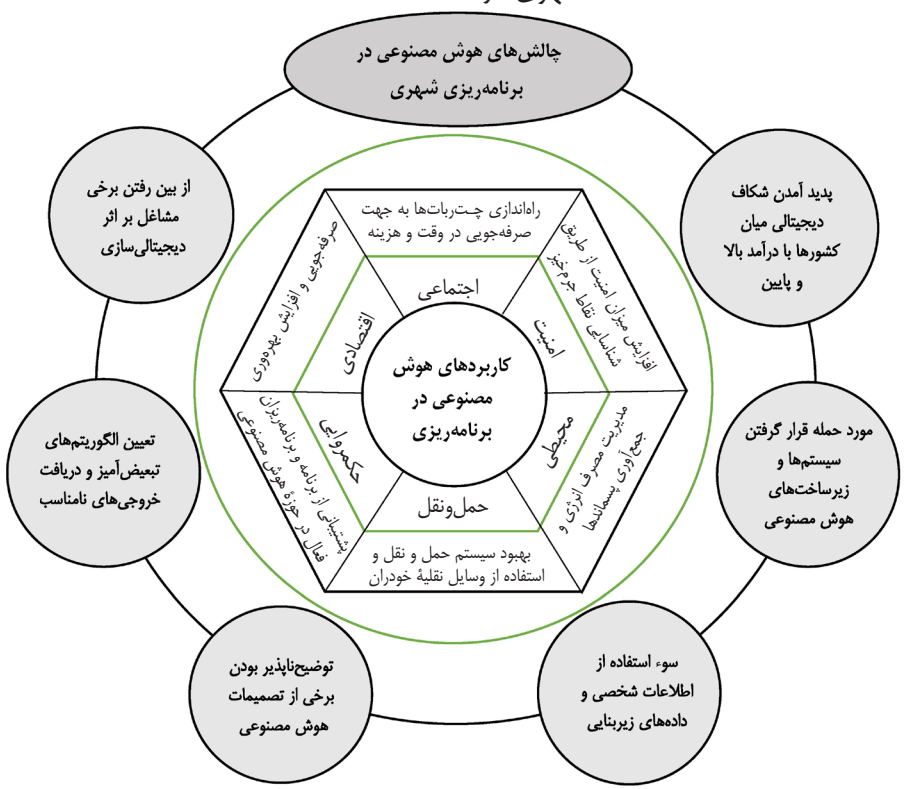
84. Ibid, 111.

ذهنی لازم، می‌تواند موجب گمراهی و افزایش ابهامات در تصمیم‌گیری‌ها گردد.

ـ امنیت فضای مجازی: در کنار این خطر که هوش مصنوعی ممکن است به گونه‌ای توسعه یابد که نتایج نامطلوب ایجاد کند، این خطر نیز هست که تحت تأثیر قرارگیرد؛ یعنی سیستم‌های هوش مصنوعی دست‌کاری شوند یا به زیرساخت‌های پشتیبانی‌کنندهٔ آنها حمله شود که می‌تواند پیامدهایی را همانند جاسوسی و سوءاستفاده از داده‌های شخصی تا دست‌کاری عمدی برای خدمت به منافع خود مهاجمان یا آسیب رساندن به دیگران را شامل شود. با در نظر گرفتن این موضوعات، امنیت سایبری نقش مهمی در توسعهٔ سیستم‌های هوش مصنوعی شهری دارد.[85]

85. Ibid, 112.
86. Ibid
87. Africa's statistical tragedy
88. Ibid, 113.

ت ۱. نمودار کاربردها و چالش‌های هوش مصنوعی در برنامه‌ریزی شهری، تدوین: نگارندگان.



ـ سوءاستفاده: جمع‌آوری داده‌های شخصی در فضاهای عمومی و وارد کردن آنها به سیستم‌های هوش مصنوعی این پتانسیل را دارد که فضاهای شهری را ایمن‌تر کند؛ به‌طور مثال با ایجاد آن به‌راحتی می‌توان مجرمان را شناسایی و ثبت جرم کرد، همچنین امکان مدیریت مؤثرتر نیروهای پلیس و سایر خدمات اضطراری و سرعت تخلیه در طول حوادث بزرگ را بالا برد. هوش مصنوعی همچنین منجر به کارآمد شدن فرایندهای مختلف نیز می‌شود؛ به‌طور مثال استفاده از آن در جهت فازبندی هوشمند چراغ راهنمایی برای کنترل ترافیک. از سوی دیگر، این شکل از «نظارت» ممکن است منجر به محدود شدن آزادی‌های شخصی و یا اجبار افراد توسط دولت شود و بنابراین خطر سوءاستفاده از این سیستم‌ها و داده‌های زیربنای آنها را پدید آورد.[86]

ـ شکاف دیجیتال: تشکیل سطوح مختلف دیجیتالی شدن بین کشورهای پردرآمد و همتایان کم‌درآمد و متوسط، منجر به ایجاد «شکاف دیجیتال» گسترده و همواره در حال رشد می‌شود. درحقیقت باید دسترسی لازم به پهنای باند جهانی باشد تا بتوان شرایط مثبتی را برای برنامه‌های کاربردی دیجیتالی و مشارکت شهروندان از طریق شبکه‌های جهانی فراهم کرد. داده‌های اساسی ناکافی یک شکایت رایج در بسیاری از کشورهای در حال توسعه است که بسیاری از محققان آفریقایی آن را «تراژدی آماری آفریقا»[87] توصیف می‌کنند. این فقدان داده مانع از نتیجه‌گیری‌های محکم بر اساس آمار می‌شود، که این خود تلاش‌ها برای ترسیم استراتژی های توسعهٔ هدفمند را تضعیف می‌کند و همچنین مانع از توسعهٔ سیستم‌های هوش مصنوعی متناسب با شرایط محلی و مبتکران محلی می‌شود.[88] به‌طورکلی این دانش تولیدشده درنهایت نهادها را به یادگیری و بلوغ سیستم‌های هوش مصنوعی سوق می‌دهد و از سوی دیگر، برخی نهادها و یا در سطح کلان، شهرها و کشورها

عقب خواهند ماند که توانایی پرداخت، اولویت بندی، داشتن دانش، و یا آمادگی لازم برای پذیرش هوش مصنوعی را ندارند. پیش‌بینی می‌شود که اثرات مخرب پذیرش هوش مصنوعی به‌منزلهٔ شکاف دانشی در حال افزایش بین عوامل استفاده‌کننده از آن همواره در حال افزایش باشد.[۸۹]

در «ت ۱» خلاصه‌ای از مجموعهٔ یافته‌های حاصل از مرور مبانی نظری موضوع پژوهش با هدف تبیین ابعاد مؤثر هوش مصنوعی در برنامه‌ریزی شهری و چالش‌های پیش روی آن تدوین شده است. بدین‌منظور کاربردهای هوش مصنوعی در مرکز نمودار و ابعاد مؤثر بر آن پیرامون آن شکل گرفته است. متناظر با هریک از ابعاد اصلی، نمونه‌ای از کاربست هوش مصنوعی در آن حوزه ارائه شده است.

همان‌طور که در نمودار مشخص شده است، هوش مصنوعی می‌تواند تأثیرات قابل‌توجهی در ابعاد اجتماعی، اقتصادی، حمل‌ونقل، حکمروایی، محیطی، و امنیتی بگذارد؛ بااین‌حال، لازم به ذکر است که استفاده از هوش مصنوعی چالش‌هایی را نیز به‌همراه دارد. پیامدهای مؤثر بر بازارکار، خروجی‌های تبعیض‌آمیز، توضیح‌پذیر نبودن هوش مصنوعی، امنیت فضای مجازی، و تشکیل سطوح مختلف دیجیتالی شدن و درنتیجه ایجاد شکاف دیجیتال ازجمله چالش‌های پیش روی کاربست هوش مصنوعی در برنامه‌ریزی شهری است. این چالش‌ها در نمودار یادشده پیرامون ابعاد و حوزه‌های به‌کارگیری هوش مصنوعی در برنامه‌ریزی شهری ارائه شده است؛ چراکه امکان رخداد این چالش‌ها به‌طور مساوی در هریک از این حوزه‌ها وجود دارد. ازاین‌رو لازم است هنگام اجرای هریک از ابعاد به همهٔ چالش‌ها توجه گردد. بدین‌ترتیب ضروری است پیش از نهادینه کردن استفاده از هوش مصنوعی، دولت‌ها در ابتدا تدابیر در جهت رفع مشکلات و جلوگیری از سوءاستفاده‌های احتمالی بیاندیشند و قوانینی در این خصوص وضع کنند.

۳. روش پژوهش

دولت‌های محلی برای سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی شهری متناسب با تغییرات ناشی از کاربست هوش مصنوعی در شهرها و بهره‌گیری از فناوری‌های نوین ناگزیر به شناخت پتانسیل استفاده از آن در ابعاد گوناگون و نیز چالش‌های پیش روی آن هستند. تحقیق حاضر با هدف مروری سیستماتیک بر مبانی‌نظری، حول مفهوم هوش مصنوعی و برنامه‌ریزی شهری انجام پذیرفته است. این تحقیق به‌صورت کاربردی و بر اساس رویکرد علم‌سنجی و تحلیل هم‌رخدادی واژگان انجام شده است. برای دستیابی به هدف مورد نظر، در این پژوهش یک مسیر دوگانه طی می‌شود (ت ۲). در مسیر نخست، از یک سو، پایه‌های نظری هوش مصنوعی در شهرها (شامل تعریف، ابعاد، و کاربردهای آن در شهرها) بررسی و از سوی دیگر، خواسته‌های توسعهٔ شهری و چالش‌های به‌کارگیری آن در سیستم برنامه‌ریزی ردیابی شده است. بدین‌ترتیب که در این مرحله اصول برنامه‌ریزی شهری مبتنی بر هوش مصنوعی بر پایهٔ تعریف‌ها و ابعاد مشخص آن ردیابی شده است. روش پژوهش در مرحلهٔ نخست هم‌گذاری نتایج مطالعات نظری است؛ بدین‌ترتیب گردآوری، پردازش، و تحلیل اطلاعات مربوط به چارچوب‌نظری و تجربی مرتبط با موضوع پژوهش، با مراجعه به متون و پژوهش‌های مرتبط، به‌منظور بررسی اصول برنامه‌ریزی توسعهٔ شهری مبتنی بر هوش مصنوعی، با رویکردی توصیفی انجام شده است.[۹۰] مسیر دوم با رویکرد علم‌سنجی، تحلیل استنادی، و هم‌رخدادی واژگان انجام شده است. به‌طور کلی تجزیه‌وتحلیل کتاب‌سنجی یک روش کمّی برای مروری به گذشته و توصیف مقالات منتشرشده است و برای محققانی که مطالعات آکادمیکی را در یک زمینه کانونی ارزیابی می‌کنند، مفید است.[۹۱] این روش با هدف تعیین اثرگذارترین واژگان مطالعه‌شده در خصوص موضوع پژوهش[۹۲]،

89. Yigitcanlar, et al., "Public Perceptions on Application Areas and Adoption Challenges of AI in Urban Services", *Emerging Sciences Journal*, vol.6, no.6 (Sep 2022): 1210.

90. N.J. van Eck and L. Waltman, *Manual for VOSviwer version 1.6.10, CWTS Meaningful metrics* (Jan 2019), 3.

91. X. Ding, "Knowledge Mapping of Platform Research: A Visual Analysis Using VOSviewer". in *Proceedings of the 5th International Conference on Economics, Management, Law and Education (EMLE 2019)*, 2019, 455

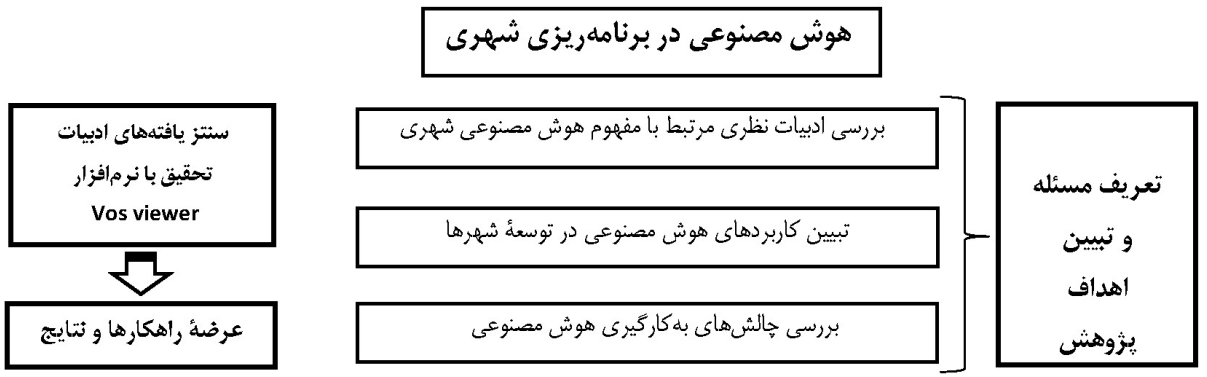
92. Ullah, et al., "Value Co-creation in Business-to-business Context: A Bibliometric Analysis Using HistCite and VOSviewer", 16.

با استفاده از نرم‌افزار VOSViewer، انجام گرفته شده است. این نرم‌افزار ابزاری برای خلق نقشه‌های مبتنی بر شبکهٔ داده‌ها و نیز تصویرسازی آنها به‌صورت ۱) تصویرسازی هم‌پوشانی[۹۳]، ۲) تصویرسازی شبکه‌ای[۹۴]، و ۳) تصویرسازی تراکم[۹۵] واژگان کلیدی است.[۹۶] جامعهٔ آماری پژوهش ۲۳۳۷ مقالهٔ نمایه‌شده در پایگاه استنادی ساینس دایرکت بوده است. نتایج حاصل منجر به تولید نقشه‌های دانش[۹۷] یا نقشه‌های کتاب‌سنجی می‌گردد.[۹۸] ترسیم نقشه‌های علمی می‌تواند با شیوه‌های مختلف به‌صورت تاریخ‌نگاری، هم‌رخدادی واژگان، و یا هم‌استنادی انجام شود.[۹۹] روش ترسیم نقشه‌های هم‌استنادی در دههٔ ۱۹۷۰ توسعه داده شد و هم‌رخدادی واژگان نیز در دههٔ ۱۹۸۳، به‌منظور شناسایی و ترسیم شبکه‌های ارتباطی در مسائل پژوهشی، علمی، فنی، سیاسی، و اقتصادی عرضه گردید.[۱۰۰] تحلیل هم‌رخدادی واژگان یک فن تحلیل محتواست که هم فراوانی موضوعات و هم ارتباط بین آنها با هم را بیان می‌کند. ارتباطات از همایندی (هم‌رخدادی) جفت‌هایی از واژه‌ها در متون انتخاب‌شده یا پایگاه نمایه‌ای به‌دست می‌آید. فراوانی هم‌رخدادها برای سنجش شدت این ارتباطات استفاده می‌شود. بر اساس این ارتباطات، موضوعات یا واژه‌ها خوشه‌بندی و در نقشه‌های شبکه‌ای برای تحلیل کمی بیشتر ترسیم می‌شوند. با این روش علاقهٔ محقق به یک حوزهٔ خاص ارزیابی می‌شود و می‌توان ویژگی‌هایی مانند موضوعات تحقیق، نویسندگان، انتشارات، تعداد استنادها، و کانون‌های توجه در تحقیق و گرایش‌ها را بررسی کرد.[۱۰۱] در ادامه فرایند انجام پژوهش (ت ۲) به‌تفصیل توضیح داده خواهد شد.

همانطور که پیش‌تر اشاره شد، در این پژوهش مروری نظام‌مند بر مبانی نظری هوش مصنوعی در برنامه‌ریزی شهری، از اولین انتشار در سال ۱۹۹۹ تا به امروز است. فرایند مرور سیستماتیک داده‌های مد نظر (ت ۳) را می‌توان به شرح زیر خلاصه کرد:

الف) در گام نخست موضوع تحقیق «هوش مصنوعی و برنامه‌ریزی شهری» تعیین شد. بدین‌ترتیب که این واژگان در پایگاه داده ساینس دایرکت در تاریخ ۱۹ تیر ماه ۱۴۰۲ جستجو گردید. خروجی نمایش داده‌شده برحسب این موضوع بدون هیچ‌گونه فیلتر ۱۳,۲۷۶ مقاله بود.

ب) در گام دوم فیلترهای لازم به‌این‌صورت اعمال شد: ۱) نوع مقاله به مقالات پژوهشی محدود شد، ۲) موضوعات پیرامون حوزهٔ مهندسی، محیط زیست و انرژی انتخاب شدند، و همچنین ۳) همهٔ سال‌های نمایش داده‌شده و نیز مجلات مرتبط (۲۵ مجله) انتخاب شدند. درنتیجه جامعهٔ آماری پژوهش شامل



ت ۲. فرایند انجام تحقیق.

93. Overlay Visualization
94. Network Visualization
95. Density Visualization
96. I. Hamidah, et al., "A Bibliometric Analysis of Covid-19 Research Using VOSviewer", *Indonesian Journal of Science and Technology*, vol. 5, no. 2 (Sep. 2020): 210.
97. Knowledge Maps
98. N.J. Van Eck and L. Waltman, "Software Survey: VOSviewer, a Computer Program for Bibliometric Mapping", *Scientometrics*, vol. 84, no. 2 (Jun 2010): 530.

۹۹. روح‌الله خادمی و حسین مرادی‌مقدم، «ترسیم نقشه علمی حوزه پژوهشی طلاق با استفاده از تحلیل هم‌استنادی»، *دوفصلنامه علم‌سنجی کاسپین*، ش. ۱۳ (شهریور ۱۳۹۹): ۶۳.

۱۰۰. روح‌الله خادمی و غلامرضا حیدری، «ترسیم ساختار موضوعی مدیریت اطلاعات با استفاده از روش همایندی واژگان طی سال‌های ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۲»، *فصلنامه علوم و فنون مدیریت اطلاعات*، ش. ۲ (شهریور ۱۳۹۵): ۷۴.

همهٔ مقالات نمایه‌شده در پایگاه یادشده در طول سال‌های ۱۹۹۹–۲۰۲۳ به تعداد ۲۳۳۷ مقاله بود که خروجی این مقالات به‌صورت فایل RIS ذخیره شد.

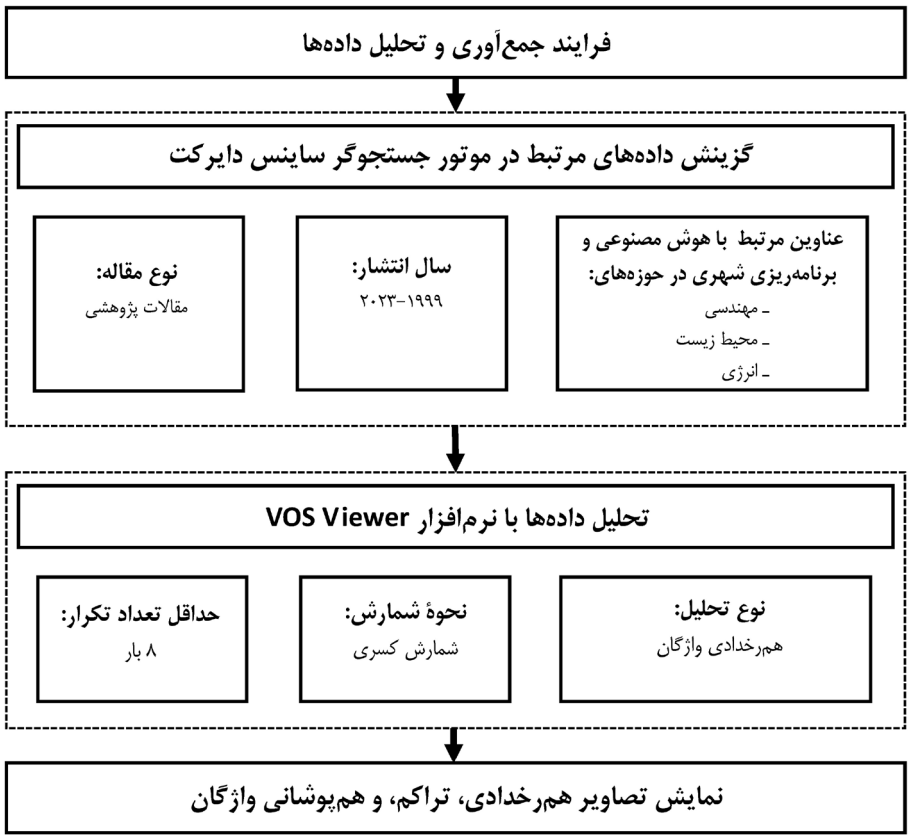
ج) در آخرین مرحله از تجزیه‌وتحلیل کتاب‌سنجی، داده‌ها با نرم‌افزار VosViewer[۱۰۲] تحلیل شد. خروجی نرم‌افزار بر اساس تجزیه‌وتحلیل عناوین، چکیدهٔ مقالات، و کلیدواژگان مهم آنها به‌دست آمد که به‌صورت شماتیک در نرم‌افزار نمایش داده شدند.

۴. تحلیل یافته‌ها

در ابتدا تعداد مقالات منتشرشده (۲۳۳۷ مقاله) در چهار بازهٔ زمانی بررسی شده است، بدین‌صورت که دورهٔ اول شامل ۶۸ مقاله، دورهٔ دوم ۱۳۴مقاله، دورهٔ سوم ۳۵۰ مقاله، و دورهٔ چهارم نیز ۱۷۸۵ مقاله را در بر گرفته است (ت ۴). با وجود افزایش تعداد اسناد منتشرشده در دوره‌های اول تا سوم، تعداد پژوهش‌های انجام‌شده در این دوره‌ها بسیار پایین و گاه نوسانی بوده است. دورهٔ چهارم، در مقایسه با دوره‌های پیشین، روندی افزایشی داشته است. به‌طوری‌که میانگین تعداد اسناد منتشرشده در دورهٔ زمانی چهارم برابر با ۲۹۷/۵ مقاله است. این رقم در مقایسه با میانگین دوره‌های قبلی (دورهٔ اول: ۱۱/۳۳، دورهٔ دوم: ۲۲/۳۳، و دورهٔ سوم: ۵۸/۳۳) بسیار بالاتر بوده است که بیانگر افزایش اهمیت موضوع هوش مصنوعی در برنامه‌ریزی شهری در سال‌های اخیر است. مطابق «ت ۴»، در سال ۲۰۲۲ تعداد مقالات منتشرشده به بالاترین میزان نسبت به دوره‌های پیشین (۴۵۴ مقاله) رسیده است.

نرم‌افزار VosViewer قابلیت نمایش بیشترین ارجاعات، هم‌رخدادی واژگان، نویسندگان را براساس داده‌های کتاب‌سنجی دارد. در «ت ۵» خروجی نرم‌افزار مشاهده می‌شود. برای شناسایی خوشه‌های موضوعی مرتبط با مفهوم هوش مصنوعی و برنامه‌ریزی شهری، هم‌رخدادی واژگان انتخاب گردید. این کلیدواژگان از تجزیه‌وتحلیل عناوین، چکیدهٔ مقالات، و کلیدواژگان مهم آنها حاصل شده است. ترسیم ساختار علم بر اساس روش‌های مختلفی صورت می‌گیرد که یکی از آنها تحلیل هم‌رخدادی واژگان است. با استفاده از این روش می‌توان به بررسی و شناسایی روابط مفهومی میان متون حوزه‌های علمی پرداخت و از آن برای سیاست‌گذاری کلی و انتخاب موضوع پژوهش در حوزه‌های مختلف موضوعی استفاده کرد. کلیدواژه‌های استفاده‌شده برای توصیف محتوای یک مقاله، بلوک‌های سازندهٔ ساختار حوزه‌های پژوهشی

ت ۳. نمودار فرایند جمع‌آوری و تحلیل داده‌ها.



هستند. یک خوشهٔ واژگانی می‌تواند توصیفی کوتاه از حوزهٔ پژوهشی شناخته شود. بنابراین، یک حوزهٔ پژوهشی به‌مثابهٔ ساختاری از موضوعات پژوهشی است که به‌صورت دوجانبه به یکدیگر متصل شده‌اند.[۱۰۳]

نحوهٔ شمارش واژگان نیز شمارش کسری انتخاب شد. تفاوت این نوع شمارش با شمارش کامل این است که این رویکرد مبتنی بر آن است که همهٔ واژگان در پژوهش‌ها باید وزن یکسانی داشته باشند؛ به این معنی که تصمیم یک محقق برای استناد به یک نشریه که قبلاً پنج بار استناد شده است، باید با همان وزن برای استناد به نشریه‌ای باشد که قبلاً ۵۰۰ بار استناد شده است.[۱۰۴] ازاین‌رو شمارش کسری قابل‌اعتمادتر از شمارش کامل بوده است.

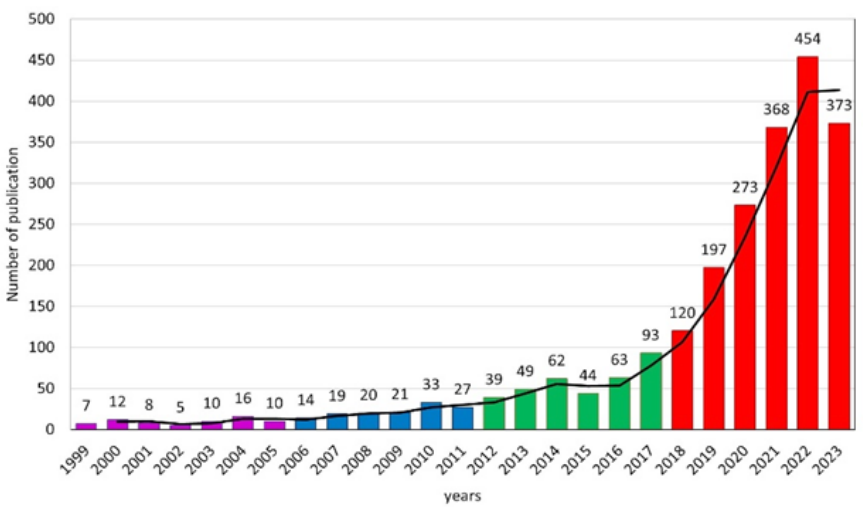
در شمارش تعداد دفعات تکرار، ابتدا کلیدواژه‌ها به‌ترتیب از دفعات تکرار زیاد به کم دسته‌بندی شدند تا آنهایی که کمتر تکرار شده‌اند، تبیین شوند. کلیدواژگانی که شش یا هفت بار تکرار شده بودند عمدتاً مربوط به روش پژوهش می‌شدند و از تکرار هشتم به بعد، بیشتر به موضوعات مرتبط با هوش مصنوعی و شهرسازی مربوط بود، به همین دلیل، حداقل میزان تکرار واژگان مهم در پژوهش از تکرار هشتم تعیین گردید. در ادامه کلیدواژه‌های مقالات، که بر اساس فیلترهای اعمال‌شده به‌دست آمده بودند، یکدست شدند. بدین‌صورت از بین واژگان کلیدی مقاله جمع و مفرد کلمات بررسی شد و کلمات مشابه یکی شدند و کلمات مترادف نیز ویرایش گردید. بعد از مرتب‌سازی داده‌ها و حذف موارد مشابه، خوشه‌بندی موضوعی مقالات با انتخاب کلیدواژه‌هایی که حداقل هشت بار در مقالات تکرار شده بودند، انجام گرفت که تعداد آنها برابر با ۱۰۱ مورد مشخص گردید.[۱۰۴]

بر اساس خروجی نرم‌افزار، هم‌رخدادی واژگان ۶ خوشهٔ موضوعی را شکل داده است که در «ت ۵ ـ الف» قابل‌مشاهده است. واژگان پرتکرار در این تصویر به‌صورت خوشه نمایش داده شده است. هر خوشه با رنگ مشخصی متمایز شده که کلمات مربوط به آن خوشه نیز با همان رنگ نمایش داده شده‌اند. خوشه‌بندی محورهای مطالعاتی به معنی ارتباط نزدیک محورهایی است که در یک خوشه قرار دارند. با تجزیه‌وتحلیل آن می‌توان دریافت که در بازهٔ زمانی مورد نظر پژوهش، چه موضوعاتی بیشترین اهمیت پژوهشی را داشته‌اند و چه موضوعاتی نیازمند توجه بیشتر هستند. همچنین ارتباط بین مفاهیم در خوشه‌های مختلف نیز به‌صورت شبکه‌ای نمایش داده شده است که امکان بررسی دقیق‌تر را فراهم می‌کند. اندازهٔ دایره‌ها و کلمات به تعداد دفعات رخداد آن واژگان در عناوین، چکیده‌ها، و کلمات کلیدی مقالات مرتبط است؛ به این معنی که هرچه اندازهٔ دایره‌ها و کلمات بزرگ‌تر باشد، نشان‌دهندهٔ میزان تکرار بیشتر آنها و همچنین اهمیت واژگان است. بزرگ‌ترین خوشهٔ موضوعی، که با رنگ قرمز مشخص شده است، دارای ۲۰ کلیدواژه و کوچک‌ترین آن دارای ۶ کلیدواژه است (جدول ۲).

101. B. Bagheri, et al., "Global City Data Analysis Using SciMAT: A Bibliometric Review", *Environment, Development and Sustainability*, vol. 26, no. 6 (May 2023): 6.

102. Visualization of Similarities

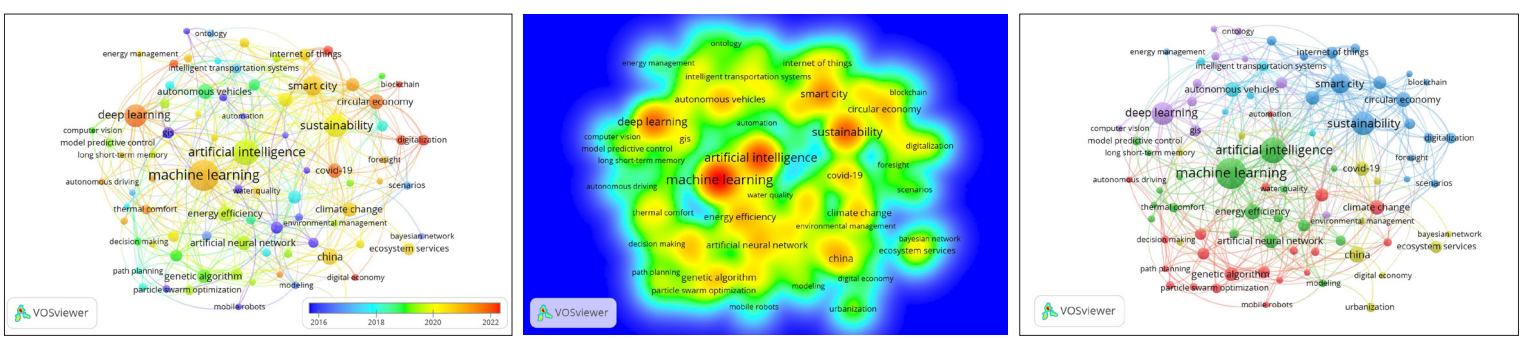
ت ۴. نمودار مقالات منتشرشده طی سال‌های ۱۹۹۹ تا ۲۰۲۳.



خوشه	رنگ	کلیدواژه
اول	قرمز	رانندگی خودکار، تغییرات اقلیمی، وسایل نقلیهٔ الکتریکی، الگوریتم ژنتیک، ارزیابی چرخهٔ حیات، تصمیم‌گیری، ربات‌های متحرک، یادگیری تقویتی، روش بهینه‌سازی ازدحام ذرات، رباتیک، حمل‌ونقل، اتوماسیون، برنامه‌ریزی مسیر، ...
دوم	سبز	یادگیری ماشینی، هوش مصنوعی، شبکه عصبی مصنوعی، منطق فازی، مدل‌سازی، طبقه‌بندی، بهره‌وری انرژی، پیش‌بینی، شبکهٔ عصبی، برنامه‌ریزی، آسایش حرارتی، کیفیت آب، کنترل پیش‌بینی مدل، حافظهٔ طولانی و کوتاه‌مدت، ...
سوم	سرمه‌ای	شهر هوشمند، اینترنت اشیا، بلاکچین، داده‌های بزرگ، پایداری، سناریوها، دیجیتالی شدن، اقتصاد گردشی، انرژی تجدیدپذیر، نوآوری، آینده‌نگری، فناوری، حکمروایی، دوقلوهای دیجیتال، تحول دیجیتالی، مدیریت انرژی، ...
چهارم	زرد	کووید ۱۹، چین، اقتصاد دیجیتالی، خدمات اکوسیستم، آلودگی هوا، تحلیل حساس، پیش‌بینی، ماشین‌برداری پشتیبان، شهرسازی، مدیریت محیط زیست، شبکهٔ بیزین، ...
پنجم	بنفش	محیط ساخته‌شده، یادگیری عمیق، مدیریت دانش، سیستم اطلاعات جغرافیایی، پردازش زبان طبیعی، هستی‌شناسی، سنجش از راه دور، داده‌کاوی، چشم‌انداز رایانه‌ای، ....
ششم	آبی	شبیه‌سازی ترافیک، حمل‌ونقل عمومی، شبیه‌سازی، وسایل‌نقلیهٔ خودران، سیستم حمل‌ونقل هوشمند، ....

تصویرسازی تراکم واژگان از دیگر خروجی‌های مربوط به تحلیل کتاب‌سنجی در نرم‌افزار VosViewer است. در «ت ۵ ـ ب» تراکم واژگان در محورهای یادشده نمایش داده شده است. بر اساس طیف رنگی استفاده‌شده، هرچه رنگ مربوط به موضوعاتْ پررنگ‌تر باشد، مطالعات بیشتری پیرامون آن موضوع انجام شده است و هرچه رنگ‌ها کمرنگ‌تر باشد، نشان‌دهندهٔ مطالعات کمتر دربارهٔ آن است. به‌طور مثال در خوشهٔ سبز رنگ کلیدواژه‌هایی همانند یادگیری ماشینی و هوش مصنوعی با توجه به رنگ آن از اهمیت بالایی برخوردار هستند و واژهٔ مدل‌سازی در همین خوشه کمترین اهمیت را در مطالعات انجام‌شده داشته است.

در «ت ۵ ـ ج» مهم‌ترین کلیدواژه‌های حوزهٔ هوش مصنوعی در برنامه‌ریزی شهری در سال‌های اخیر بررسی شده است. با توجه به این تصویر، کلیدواژه‌های بررسی‌شده در مقالات طبق نیازهای هر دوره در حال تغییر و تکامل است. با توجه به «جدول ۳»، از ابتدای سال ۲۰۱۶ تا انتهای سال ۲۰۱۷ بیشتر کلیدواژه‌ها در حوزهٔ بررسی رویکرد هوش مصنوعی از طریق روش‌های مختلف و همچنین استفاده از آن در مسائل شهری همانند شبکهٔ حمل‌ونقل شهری بوده است. در دورهٔ بعدی یعنی از ابتدای سال ۲۰۱۸ تا انتهای سال ۲۰۱۹ هوش مصنوعی تمرکز بیشتری به سمت شهر و موضوعات شهری یافته است؛ چراکه کلیدواژگانی همانند بهره‌وری انرژی، مدیریت



جدول ۲ (بالا). خوشه‌بندی موضوعی شکل‌گرفته پیرامون موضوع هوش مصنوعی و برنامه‌ریزی شهری، تدوین: نگارندگان.

ت ۵ (پایین). خروجی نرم‌افزار Vos viewer:
الف (راست). تصویرسازی شبکهٔ هم‌رخدادی واژگان؛
ب (میان). تصویرسازی تراکم رخداد واژگان؛
ج. (چپ) تصویرسازی هم‌پوشانی واژگان در سال‌های اخیر.

۱۰۳. علی‌اکبر خاصه، حیدر مختاری، و نرگس آقایی، «تحلیل علم سنجی و دیداری‌سازی برونداد علمی فصلنامه کتابداری و اطلاع رسانی طی سال‌های ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۷»، *کتابداری و اطلاع‌رسانی*، دورهٔ ۲۴، ش. ۱ (بهار ۱۴۰۰): ۸۲.

محیط زیست، وسایل نقلیهٔ خودران، پایداری، و ... مورد توجه بودند. اما در سال‌های اخیر یعنی از ابتدای سال ۲۰۲۰ تا کنون پژوهشگران بیشتر از هوش مصنوعی برای حل مشکلات شهری استفاده کرده‌اند. در این سال‌ها کووید ۱۹، مدیریت انرژی، کیفیت آب، تغییرات اقلیم، اقتصاد دیجیتالی، آسایش حرارتی، و ... پرتکرارترین کلیدواژه‌ها بوده‌اند. برخی کلیدواژه‌ها همانند چین نیز به سبب تعدد بالای تحقیقات انجام‌شده در حوزهٔ هوش مصنوعی در این کشور اهمیت یافته است.

با مقایسهٔ «جدول‌های ۲ و ۳» که به‌ترتیب هم‌رخدادی واژگان مرتبط با هوش مصنوعی و برنامه‌ریزی شهری و پژوهش‌های انجام‌شده طی سال‌های اخیر را نشان می‌دهند، مشخص گردید که در سال ۲۰۱۶ و ۲۰۱۷ تنها واژهٔ «اتوماسیون» در خوشهٔ با اهمیت بالا (قرمز و سبز) تکرار شده است. کلیدواژه‌هایی همانند «روش بهینه‌سازی ازدحام ذرات، هوش مصنوعی، کنترل پیش‌بینی مدل، بهره‌وری انرژی، شبکه عصبی مصنوعی، الگوریتم ژنتیک، و برنامه‌ریزی مسیر» نیز ازجمله مهم‌ترین کلیدواژگانی بودند که در سال‌های ۲۰۱۸–۲۰۱۹ حایز اهمیت بودند. در هم‌رخدادی واژگان در سال‌های ۲۰۲۰ تا کنون «حافظهٔ طولانی و کوتاه‌مدت، رانندگی خودکار، کیفیت آب، آسایش حرارتی، و تغییرات اقلیمی» ازجمله کلیدواژه‌های موجود در خوشه‌های با اهمیت بالا (خوشهٔ اول و دوم) در دوره‌ی اخیر بوده‌اند. واژگانی همانند «اقتصاد گردشی، بلاکچین، اینترنت اشیا، دیجیتالی شدن، و آینده‌نگری» با قرارگیری در خوشهٔ سوم دارای اهمیت متوسطی هستند، اما واژگان مهمی محسوب می‌شوند. بنابراین امکان دارد که با افزایش تعداد پژوهش‌ها تحت عنوان این کلیدواژه‌ها در آینده، در خوشهٔ کلیدواژه‌ها با اهمیت بالا قرار گیرند. پس این کلیدواژه‌ها را می‌توان به گونه‌ای در خوشهٔ کلیدواژه‌ها با اهمیت بالا در دورهٔ اخیر نیز جای‌گذاری کرد. از طرف دیگر، واژگان پرتکراری در سال‌های اخیر طرح شده‌اند مانند واژهٔ کووید ۱۹ که احتمال هم‌رخدادی آن در آینده ممکن است کاهش یابد؛ چراکه هم در خوشهٔ چهارم است و هم به‌دلیل شیوع این ویروس در سال‌های اخیر مطرح بوده است.

تحلیل و نتیجه‌گیری

در مسیر اول پژوهش حاضر، با هدف تبیین مفاهیم پرکاربرد هوش مصنوعی در شهرسازی و چالش‌های پیش روی آن، به بررسی مقالات متعدد با موضوع هوش مصنوعی در برنامه‌ریزی شهری پرداخته شد. بسیاری از سیستم‌های هوش مصنوعی در چارچوب طرح‌های شهر هوشمند استفاده می‌شوند. تصمیم‌گیری‌های خودکار، مدیریت زیرساخت‌ها، به حداقل رساندن اشتباهات، تجزیه‌وتحلیل داده‌ها، عرضهٔ خدمات، و بهبود بهره‌وری از محورهای کاربردی هوش مصنوعی در شهر و برنامه‌ریزی شهری هستند. به‌کارگیری هوش مصنوعی در

104. A. Perianes-Rodriguez, et al., "Constructing Bibliometric Networks: A Comparison between Full and Fractional Counting", *Journal of Informetrics*, vol. 10, no. 4 (Nov 2016): 1180.

جدول ۳. هم‌پوشانی واژگان در سال‌های اخیر، تدوین: نگارندگان.

سال	کلیدواژه
۲۰۱۶–۲۰۱۷	سیستم اطلاعات جغرافیایی، سناریوها، هستی‌شناسی، مدل‌سازی، شبکهٔ بیزین، سیستم حمل‌ونقل هوشمند، اتوماسیون، و ...
۲۰۱۸–۲۰۱۹	پایداری، هوش مصنوعی، وسایل نقلیهٔ خودران، کنترل پیش‌بینی مدل، بهره‌وری انرژی، مدیریت محیط زیست، شبکهٔ عصبی مصنوعی، الگوریتم ژنتیک، روش بهینه سازی ازدحام ذرات، برنامه‌ریزی مسیر، و ...
۲۰۲۰–۲۰۲۳	یادگیری عمیق، کووید ۱۹، اینترنت اشیا، مدیریت انرژی، بلاکچین، شهر هوشمند، اقتصاد گردشی، چشم‌انداز رایانه‌ای، دیجیتالی شدن، حافظهٔ طولانی و کوتاه‌مدت، آینده‌نگری، رانندگی خودکار، کیفیت آب، آسایش حرارتی، چین، تغییرات اقلیمی، خدمات اکوسیستم، اقتصاد دیجیتالی، و ...

شهر و برنامه‌ریزی شهری موجب بلوغ سیستمی در سازمان‌ها و نهادهای تصمیم‌گیری و اجرایی می‌گردد. از سویی دیگر، تنوع اهداف و کاربردهای هوش مصنوعی، شهرها و سازمان‌های اجرایی و نهادهای تصمیم‌گیری را ملزم می‌کند تا شرایط لازم را برای پذیرش موفقیت‌آمیز هوش مصنوعی ایجاد کنند. متداول‌ترین برنامه‌های پذیرش هوش مصنوعی در خدمات و عملیات دولت محلی بر حمل‌ونقل، انرژی، ارتباطات و مخابرات، مدیریت پسماند و آب و فاضلاب، حفظ و نگهداری زیرساخت‌ها، ساختمان‌های هوشمند، ایمنی عمومی و ابعاد امنیت، و ابعاد تجاری و صنعتی متمرکز است. با بررسی ادبیات تحقیق این نتیجه به‌دست آمد که سیستم‌های هوشمند می‌توانند مشکلات موجود در شهرها را با روش‌های راحت‌تری رفع کنند و مواردی همانند خانه‌های هوشمند، خیابان‌های ایمن، بالا بردن سطح امنیت، و ... از مواردی هستند که هوش مصنوعی و اینترنت اشیا می‌تواند برای تحقق در چشم‌انداز یک جامعه اعمال کند. همچنین دولت‌های محلی می‌توانند هوش مصنوعی را در حوزه‌های حکمروایی، حمل‌ونقل، اقتصاد، و ... اعمال و شهرها را به مکانی بهتر برای زندگی تبدیل کنند؛ به‌طور مثال در بخش اقتصاد، راه حل‌های نوآورانهٔ هوش مصنوعی و حمایت از پذیرش گستردهٔ آن از طریق مهارت‌سازی، سرمایه‌گذاری، مشوق‌های پذیرش، و مقررات، می‌توانند به‌طور بالقوه به کشورها کمک کنند تا ارزش اقتصادی کاربست هوش مصنوعی بالا رود. همچنین در بخش حکمروایی، می‌توانند از طریق آموزش بخش خصوصی در مورد پتانسیل‌های هوش مصنوعی، به شناسایی بزرگ‌ترین فرصت‌ها و حمایت از پذیرش فناوری‌های هوش مصنوعی در شرایطی اخلاقی و ایمن، راه را برای کسب ارزش کامل هوش مصنوعی هموار کنند. از دیگر بخش‌های اثرپذیر در حوزه هوش مصنوعی می‌توان به بخش حمل‌ونقل اشاره کرد؛ چراکه بر آیندهٔ محیط زیست و سلامت جامعه به‌طور مستقیم اثر می‌گذارد. بنابراین می‌توان از طریق ایجاد تدابیری همانند سامانهٔ عمومی و یکپارچهٔ حمل‌ونقل و وسایل نقلیهٔ خودران گام بزرگی در جهت پیشرفت در این زمینه طی کرد.

اگرچه هوش مصنوعی امکان تعامل با فناوری را برای سازمان‌ها و ذی‌نفعان آنها فراهم می‌کند، درعین‌حال لازم است بیشتر به کاربردهای سالم هوش مصنوعی، پیامدهای اخلاقی، کسب دانش و تجربه در آن، و مدیریت سیستم توجه کرد. استفاده از دانش هوش مصنوعی در سه سطح تصمیم‌سازی، ارزیابی، و مدیریت می‌تواند شهرها و برنامه‌ریزی شهری را به بلوغ سیستمی متفاوتی برساند؛ اما از سوی دیگر، برخی سازمان‌ها که توانایی پرداخت، اولویت‌بندی، داشتن دانش، و یا آمادگی لازم برای پذیرش هوش مصنوعی را ندارند، عقب خواهند ماند؛ این یعنی تأثیرات مخرب پذیرش هوش مصنوعی به‌منزلهٔ شکاف دانش نیز از موارد مهم در استفادهٔ هوش مصنوعی در برنامه‌ریزی شهری است. اجرای گام‌به‌گام و تبیین برنامهٔ بلندمدت، میان‌مدت، و کوتاه‌مدت برای اجرا و استفاده از هوش مصنوعی در شهر و برنامه‌ریزی شهری ازجمله راهکارهای مدیریت شکاف سیستمی و کنترل چالش‌های پیش روی استفاده از هوش مصنوعی است. درنتیجه بررسی کاربردها، مزایا، چشم‌اندازها، و محدودیت‌های پذیرش هوش مصنوعی در شهر و برنامه‌ریزی شهری نشان داد که استقرار هوش مصنوعی سالم نیاز به برنامه‌ریزی و زمان‌بندی مناسب دارد. به‌دلیل ماهیت هوش مصنوعی و تفاوت آن با سایر فناوری‌های دیجیتال، استقرار آن در سیستم تصمیم‌گیری و مدیریت شهری و کاربرد سالم آن با سختی و چالش های بیشتری همراه خواهد بود؛ چالش‌هایی که فنی (مثلاً قابلیت‌های محدود فناوری) و غیرفنی (مثلاً عدم پشتیبانی رهبری) هستند و قبل و در حین اجرا ایجاد می‌شوند. همچنین چالش‌های اخلاقی ناشی از استفاده هوش مصنوعی

(انصاف، شفافیت، قابل‌اعتماد بودن، حفاظت از حریم خصوصی و احترام، و ...)، توضیح‌ناپذیر بودن برخی از تصمیمات گرفته‌شده توسط هوش مصنوعی، از بین رفتن برخی مشاغل از طریق دیجیتالی‌سازی آنها، و... ازجمله نواقص موجود در این حوزه است که باید با نهایت دقت به آنها پرداخت. ازآنجاکه اساس کار هوش مصنوعی بر داده‌ها استوار است و سیستم همیشه از ورودی‌های مبتنی بر داده بهره می‌گیرد، کیفیت و صلاحیت داده‌ها در آن بسیار حایز اهمیت است. یکی دیگر از مهم‌ترین چالش‌های پذیرش هوش مصنوعی مربوط به داده‌هاست. در شهرسازی، از داده‌ها به دو صورت کمّی (عینی مانند: ارتفاع، حجم، جمعیت) و کیفی (ذهنی مانند: خوب بودن، زیبایی، صدای احساس‌شده) استفاده می‌شود. پردازش داده‌های کیفی ازجمله موارد چالش‌برانگیز این حوزه است. از سویی، باید اطمینان یافت که داده‌های ورودی با دقت و بدون سوءگیری باشند تا نتایج مطلوب و دقیقی حاصل گردد، و از سویی دیگر، حفظ حریم شخصی و تأمین امنیت داده‌ها از موارد پراهمیتی است که باید قبل از اجرای هوش مصنوعی در سطح گسترده، از آن اطمینان یافت. سازمان های اجرایی و نهادهای تصمیم‌گیرنده از هوش مصنوعی به‌منظور افزایش بهره‌وری، توسعهٔ اقتصادی، بهبود کیفیت زندگی، و بهبود پایداری شهر استفاده می‌کنند؛ اما، شکاف سیستمی بین نهادها، سازمان‌ها، و شهرهایی که از این تکنولوژی بهره‌مند هستند با دیگر ارگان‌ها و شهرهایی که حمایت مالی و یا زیرساختی برای استفاده از هوش مصنوعی را دارا نبوده‌اند، از موارد دیگر چالش‌برانگیز استفاده از هوش مصنوعی در شهرسازی و برنامه‌ریزی شهری است. به‌نظر می‌رسد، اجرای گام‌به‌گام و برنامه‌ریزی بلندمدت، میان‌مدت، و کوتاه‌مدت و همچنین تلاش برای آموزش و فرهنگ‌سازی استفاده از هوش مصنوعی در بین نهادها و شهروندان راه حل مناسبی برای اجرای موفق آن در شهر باشد.

در مسیر دوم پژوهش، تبیین محورهای پرتکرار و حایز اهمیت در موضوع کاربرد هوش مصنوعی در شهرسازی مورد نظر بوده است. استفاده از هوش مصنوعی در برنامه‌ریزی شهری به‌سرعت درحال گسترش است که نتایج این پژوهش سندی بر اثبات این ادعاست. همان‌طور که اشاره شد، از تحلیل هم‌رخدادی واژگان در این پژوهش استفاده شد؛ این بدین معنی است که دو مفهومی در یک مدرک با یکدیگر ظاهر می‌شوند که ارتباط بیشتری با هم دارند. اصل مصورسازی نیز بر این نکته دلالت دارد که دو عنصری که با هم ارتباط بیشتری دارند در نقشه کنار همدیگر قرار می‌گیرند. بدین‌دلیل، ۱۳۲۷۶ مقاله که بین سال ۱۹۹۹ تا ۱۰ جولای ۲۰۲۳ حول محور هوش مصنوعی در برنامه‌ریزی شهری منتشر شده بود، بررسی گردید. در پژوهش حاضر ترسیم نقشهٔ علمی حوزهٔ هوش مصنوعی و برنامه‌ریزی شهری با فن تحلیل هم‌رخدادی واژگان تدوین و مبتنی بر یافته‌ها بر ۶ خوشه بر اساس درجهٔ اهمیت تقسیم شد. در خوشهٔ نخست که پرتکرارترین کلیدواژه‌های مورد بررسی در مقالات را داشته، به‌طور عمده به مسائل مورد اهمیت حال حاضر شهرها همانند آلودگی هوا، حمل‌ونقل، تاب‌آوری، اقتصاد، و ... اشاره شده است و هدف این بوده که با استفاده از هوش مصنوعی تحولات عمده‌ای در صنعت دیجیتال و شهرها ایجاد شود. به‌طورکلی همهٔ خوشه‌ها به گونه‌ای به موضوعات پراهمیت در شهرها و روش‌های نوظهور در جهت ایجاد محلی مناسب‌تر برای زندگی شهروندان اشاره دارد. نکتهٔ قابل توجه آن است که هوش مصنوعی در ابتدای پیدایش، به‌منزلهٔ موضوعی نوظهور، در مقالات بررسی شده است، اما با گذر زمان و با وجود مشکلات موجود در شهرها، این رویکرد به روشی برای حل مسائل و مشکلات شهری ارتقا یافته است. به گونه‌ای که کلیدواژه‌های مانند کویید ۱۹، دیجیتالی شدن، شهر هوشمند، و ... از عناوینی هستند که در سال‌های

اخیر شهرها را به چالش کشیده و به همین دلیل پژوهشگران را بیشتر متمایل به استفاده از هوش مصنوعی کرده است. نتیجهٔ قابل‌تأمل در این پژوهش آن است که هوش مصنوعی با توجه به تأثیرات چشمگیری که در همهٔ حوزه‌های زیستی انسان داراست، نتایج قابل‌اطمینانی را تولید نمی‌کند و به همین سبب، سازمان‌ها تمایل کمتری به استفاده از آن دارند؛ بااین‌حال اخیراً تلاش‌هایی برای بهره‌مندی از فناوری‌ها و سیستم‌های هوش مصنوعی در زمینهٔ خدمات عمومی و شهری، به‌ویژه پس از جنبش شهرهای هوشمند، پدید آمده است. با توجه به گستردگی بانک داده‌ها و محدودیت‌های زمانی و حجم اطلاعاتی در پژوهش حاضر، در این مقاله به بررسی تنها یکی از مهم‌ترین پایگاه‌های تولید علم جهان یعنی پایگاه ساینس دایرکت پرداخته شد و شناخت جامعی از پژوهش‌های پیرامون موضوع هوش مصنوعی و برنامه‌ریزی شهری که در نمایه‌های استنادی دیگر همچون اسکوپوس و غیره در جهان منتشر شده است بررسی نگردید؛ بااین‌حال مرجعیت پایگاه ساینس دایرکت و قلمرو زمانی وسیع مقالهٔ حاضر موجب شده است تا نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش قابل‌استناد و ارجاع باشد.

References

Beroche, Hubert. *Urban AI*. Paris: Urban AI, 2021. Retrieved from https://urbanai.fr/wp-content/uploads/2021/03/URBAN-AI-1.pdf

Batty, Michael. "Artificial Intelligence and Smart Cities". *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, vol. 45, isssue. 1 (Jan. 2018): 3-6. Available at: https://doi.org/10.1177/2399808317751169

_____ . "Urban Modeling". in *International Encyclopedia of Human Geography*, edited by Nigel Thrift and Rob Kitchin, Oxford, UK: Elsevier, 2009, 51-58. Available at: https://doi.org/10.1016/B978-008044910-4.01092-0

Bostrom, Nick. "Strategic Implications of Openness in AI Development". *Global Policy*, vol. 8, no.2 (May 2017): 135-48. Available at: https://doi.org/10.1111/1758-5899.12403

Bagheri, Bagher, Hossein Azadi, Ali Soltani, and Frank Witlox. "Global City Data Analysis Using SciMAT: A Bibliometric Review". *Environment, Development and Sustainability*, vol. 26, no. 6 (Jun 2023): 1-25. Available at: https://doi.org/10.1007/s10668-023-03255-4

Ding, Xue. "Knowledge Mapping of Platform Research: A Visual Analysis Using VOSviewer". in *Proceedings of the 5th International Conference on Economics, Management, Law and Education (EMLE 2019)*, 2019. Available at: https://doi.org/10.2991/aebmr.k.191225.081

Gruen, David. "Artificial Intelligence in Government Social Service Agencies". *Merative*, United States of America, 2022, 1-8.

Hamidah, Ida, Sriyono Sriyono, Muhammad Nur Hudha, and Ijost Ijost. "A Bibliometric Analysis of Covid-19 Research Using VOSviewer". *Indonesian Journal of Science and Technology*, vol. 5, no.2 (Sep. 2020): 209-216. Available at: https://doi.org/10.17509/ijost.v5i2.24522

Hick, David, Adam Urban, and Jorg R. Noennig. "A Pattern Logic for a Citizen-Generated Subjective Quality of Life Index in Neighborhoods". in *2nd UK Engineering Mechanics Conference (UKEMC)*, 2019. Available at: https://doi.org/10.1109/UKRCON.2019.8879987

Jiang, MingZhuo. "Urban Planning Reform Trend Based on Artificial Intelligence". *Journal of Physics*, vol. 1533, no. 3 (Apr 2020): 1-5. Available at: https://doi.org/10.1088/1742-6596/1533/3/032020

Kaatz-Dubberke, Tony and Lennard Kehl. "Artificial Intelligence in Smart City Applications: An Overview". Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, 2020.

Khademi, R. and G. Heydari. "Drawing the Subject Structure of Information Management Using the Vocabulary Matching Method during the Years 1986 to 2012". *Quarterly Journal of Information Management Sciences and Techniques*, vol. 2, no. 2 (Sep. 2016): 59-93. (In Persian)

Khademi, R. and H. MoradiMoghadam. "Drawing a Scientific Map of the Research Field of Divorce Using Co-Citation Analysis". *Caspian Journal of Scientometrics*, no. 13 (Aug. 2020): 62-68. (In Persian)

Khaseh, A., H. Mokhtari, and N. Aghayi. "A Scientometric Analysis and Visualization of the Scientific Output of the Library and Information Science Quarterly during 2009-2018".

Library and Information Sciences, vol. 24, no. 1 (Apr. 2021): 78-110. (In Persian)

Kumar Jha, Avinash, Awishkar Ghimire, Surendrabikram Thapa, Aryan Mani Jha, and Ritu Raj. "A Review of AI for Urban Planning: Towards Building Sustainable Smart Cities". in *6th International Conference on Inventive Computation Technologies (ICICT)*, 2021, 937-944. Available at: https:// doi.org/10.1109/ICICT50816.2021.9358548

Larsson, Stefan. "On the Governance of Artificial Intelligence through Ethics Guidelines". *Asian Journal of Law and Society*, vol. 7, no. 3 (Oct. 2020): 437-451. Available at: https://doi.org/10.1017/als.2020.19

Nikitas, Alexandros, Kalliopi Michalakopoulou, Eric Tchouamou Njoya, and Dimitris Karampatzakis. "Artificial Intelligence, Transport and the Smart City: Definitions and Dimensions of a New Mobility Era". *Sustainability*, vol. 12, no. 2789 (Apr. 2020): 2-19. Available at: https://doi.org/10.3390/su12072789

Popelka, Sarah, Laura Narvaez Zertuche, and Hubert Beroche. "A Guide Urban Artificial Intelligence: AI Guide". in *Urban AI*, 2023. Available at: https://doi.org/10.5281/zenodo.77088333

Perianes-Rodriguez, Antonio, Ludo Waltman, and Nees Jan van Eck. "Constructing Bibliometric Networks: A Comparison between Full and Fractional Counting". *Journal of Informetrics*, vol.10, no. 4 (Nov. 2016): 1178-1195. Available at: https://doi.org/10.1016/j.joi.2016.10.006

Sanchez, Thomas W., Hannah Shumway, Trey Gordner, and Theo Lim. "The Prospects of Artificial Intelligence in Urban Planning". *International Journal of Urban Sciences*, vol. 27, no. 2 (Jul. 2022): 179-194. Available at: doi:10.1080/12265934.2022.2102538

Taeihagh, Araz. "Governance of Artificial Intelligence". *Policy and Society*, vol. 40, no. 2 (Jun. 2021): 137-157. Available at: https://doi.org/10.1080/14494035.2021.1928377

Ullah, Fawad, Lei SHEN, and Syed Hamad Hassan Shah. "Value Co-creation in Business-to-business Context: A Bibliometric Analysis Using HistCite and VOSviewer". *Frontiers in Psychology*, vol. 13, no. 1027775 (Jan. 2023). Available at: https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.1027775

Urban, Adam, Jorg Robert Noening, David Hick, and Dietrich Kammer. "With a Little Help from AI: Pros and Cons of AI in Urban Planning and Participation". *International Journal of Urban Planning and Smart Cities*, vol. 2, no. 2 (Jun. 2021): 19-33. Available at: https://doi.org/10.4018/IJUPSC.202107010

Van Eck, Nees Jan, and Ludo Waltman. *Manual for VOSviwer version 1.6.10*, CWTS Meaningful Metrics, 2019.

Van Eck, Nees Jan, and Ludo Waltman. "Software Survey: VOSviewer, a Computer Program for Bibliometric Mapping". *Scientometrics*, vol. 84, no. 2 (Jun. 2010): 523-538. Available at: https://doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3

Yigitcanlar, Tan, R.Y.M. Li Tommi Inkinen, and Alexander Paz. "Public Perceptions on Application Areas and Adoption Challenges of AI in Urban Services". *Emerging Sciences Journal,* vol. 6, no. 6 (Sep. 2022): 1199-1236. Available at: https://doi.org/10.28991/ESJ-2022-06-06-01

Yigitcanlar, Tan, Duzgun Agdas, and Kenan Degirmenci. "Artificial Intelligence in Local Governments: Perceptions of City Managers on Prospects, Constraints and Choices". *AI & Society*, vol. 38, no.3 (May 2022): 1135-1150. Available at: https://doi.org/10.1007/s00146-022-01450-x

Yigitcanlar, Tan, Juan M. Corchado, Rashid Mehmood, Rita Yi Man Li, Karen Mossberger, and Kevin Desouza. "Responsible Urban Innovation with Local Government Artificial Intelligence (AI): A Conceptual Framework and Research Agenda". *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, vol. 7, no. 1 (Mar. 2021): 1-16. Available at: https://doi.org/10.3390/joitmc7010071

Zhou, Ya and Atreyi Kankanhalli. "AI Regulation for Smart Cities: Challenges and Principles". in *Public Administration and Information Technology*, vol. 37, no. 5 (Mar. 2021):101-118. Available at: https://www.researchgate.net/publication/350116016_AI_Regulation_for_Smart_Cities_Challenges_and_Principles