Urban Development Policy Making

Home Page: https://judpm.ir

Online ISSN:

Artificial Intelligence and Its Applications in Urban Management

Hadi Veisi[1*] | Seyed Ebrahim Barahang[2]

1. Corresponding Author, Associate Professor, School of Intelligent Systems, College of Interdisciplinary Science and Technology, University of Tehran, Iran. Email: h.veisi@ut.ac.ir
2. MSc student in Computational Linguistics, School of Intelligent Systems, College of Interdisciplinary Science and Technology, University of Tehran, Iran. Email: ebrahimbarahang@ut.ac.ir

ARTICLE INFO

Article type:
Research Paper

Article History:
Received 01 January 2025
Revised 14 January 2025
Accepted 17 February 2025
Published Online 05 April 2025

Keywords:
Deployment of Artificial Intelligence,
Data Governance,
Urban Management,
Artificial Intelligence.

ABSTRACT

In recent years, artificial intelligence technology, with its numerous applications in urban management, has become one of the key pillars of transformation in this field. In this review article, the fundamentals of artificial intelligence, machine learning, and the general applications of AI were first introduced. Additionally, the concept of data governance, its layers, and its critical importance for municipalities were examined. The article then specifically discussed the applications of AI in smart cities and its role in addressing urban management challenges, demonstrating how this technology can contribute to improving transportation, enhancing public safety, optimizing waste management, strengthening urban planning, improving energy management, and facilitating city governance. Furthermore, the importance of prioritizing artificial intelligence applications in the city was discussed, and the implementation of artificial intelligence in urban management was analyzed. Finally, suggestions were provided for optimizing the use of artificial intelligence in urban management. These suggestions can be summarized as follows: 1. Enhancing organizational knowledge and expertise to fully harness the potential of AI; 2. Establishing the necessary technical infrastructures and integration between systems; 3. Collecting diverse data and formulating robust data governance; 4. Optimizing the application of AI technologies through testing; 5. Adopting a people-centered approach in proposing and designing AI projects. Given these points and the recognition of artificial intelligence's capabilities in urban management, a more efficient use of this technology in cities can be achieved.

Cite this article: Veisi, H. & Barahang, E. (2025). Artificial Intelligence and Its Applications in Urban Management. *Urban Development Policy Making*, 2 (1), 73-94. DOI: http//doi.org/10.22034/judpm.2025.510003.1012

© Hadi Veisi, Seyed Ebrahim Barahang
DOI: http//doi.org/10.22034/judpm.2025.510003.1012

1. Introduction

Nowadays, with the rapid growth of city populations and the increasing trend toward urban living, numerous challenges have emerged in the management of metropolitan areas, such as transportation management, energy resource management, waste management, and public safety. In the present era, the use of artificial intelligence in cities has been introduced as an innovative solution for better managing these issues. By employing innovative methods, artificial intelligence can overcome these challenges with exceptional speed and precision, playing a crucial role in enhancing the efficiency of urban infrastructure. In other words, artificial intelligence can offer extensive applications in urban management across areas including transportation management, waste management, city governance, public safety, urban planning, and energy management. Hence, the use of artificial intelligence in urban management is both a necessity and of high importance in today's world. By incorporating

artificial intelligence into cities, the concept of a smart city emerges. With the advent of AI, various forms of non-biological intelligence have been introduced that significantly impact smart cities; in such cities, for the first time in history, city control is not exclusively managed by humans.

Generally speaking, artificial intelligence refers to the development of computers and machines to perform tasks that require human intelligence: tasks such as learning, understanding, problem-solving, and human decision-making. With the capability to analyze both real-time and historical urban data and forecast future trends, artificial intelligence can shift managerial decisions from a reactive approach to a more controlling and forward-looking one. Since data plays a key role in the development of new AI technologies, the concept of data governance and optimal data management becomes a fundamental issue in the implementation of artificial intelligence systems.

In this paper, we first review the fundamentals of artificial intelligence and introduce the various levels of AI. Additionally, the concepts of machine learning, deep learning, generative artificial intelligence, and their applications are described. Next, the concept of data governance and its importance in AI systems is examined. Following this, we address the most significant part of the paper: the applications of artificial intelligence in urban management and its deployment. Finally, conclusions and recommendations are offered regarding the optimization of AI use in urban management.

The aim of this review study is to clarify the potential of AI and to investigate its applications in smart cities, thereby fostering a comprehensive understanding of this technology's capabilities in addressing urban management challenges.

2. Methodology

This study adopts a review-based approach to examine artificial intelligence and its applications in urban management. This article will first introduce the fundamentals and levels of artificial intelligence, machine learning, and data governance. It then specifically explores the applications of AI in smart cities and urban management.

To collect sources for this study, the following approach was taken: In the initial search, only the titles and abstracts of articles were reviewed to identify relevant sources. Keywords such as “artificial intelligence,” “urban management,” “AI implementation,” “data governance,” and other related combinations were used in the search process. The time frame for selecting articles related to AI applications in cities was set from 2015 to 2024 (with a particular emphasis on sources published after 2020) to ensure the inclusion of up-to-date and relevant papers. However, for foundational concepts such as the basics of artificial intelligence and data governance, the selection criteria were based solely on the content’s relevance to the research topic and the number of citations. After evaluating and fully reviewing the collected articles, 46 papers were selected for final analysis.

3. Results

Due to the review nature of the research, this article presents findings from the analysis of compiled articles and studies rather than direct results. According to these studies, applications of artificial intelligence in each level of urban management should first be prioritized based on the city's needs, existing infrastructure, and impact on citizens' lives. Then, artificial intelligence systems should be implemented considering deployment challenges and the technology lifecycle stages in the urban environment. Therefore, given the strategic importance of artificial intelligence deployment and lifecycle in urban settings, this topic will be explored in detail throughout the article.

4. Conclusion

In this research, we first became acquainted with the fundamental concepts of artificial intelligence and the extraordinary opportunities that this technology offers us. Then, strategies for managing AI risks and data governance were presented. Subsequently, we examined smart cities and the role of artificial intelligence in such cities in detail, and introduced examples of successful projects in this domain. Furthermore, our investigations revealed that for the application of artificial intelligence in cities, awareness of the AI lifecycle and the risks associated with deploying AI is of great importance.

However, this review study has also faced certain limitations. Firstly, due to its review nature, the analyses rely on existing findings and do not present new experimental data. Moreover, in many large-

scale AI projects in cities, detailed and up-to-date information is not publicly available. As a result, most of the examples cited in this article are based on secondary data. Additionally, due to the growing use of artificial intelligence in urban projects and the wide range of topics involved, it was not possible to conduct an in-depth analysis of all dimensions. Furthermore, political, economic, and social differences between countries can hinder the generalizability and implementation of similar projects in other countries - particularly in developing countries - and focusing on successful projects may not fully reflect the challenges faced by less developed cities. Despite these limitations, this study can offer valuable insights for policymaking and the development of smart cities.

Based on the findings of this research, several recommendations for optimizing the use of artificial intelligence in urban management can be proposed. Firstly, enhancing organizational knowledge and expertise to fully harness the capabilities of artificial intelligence is essential. Additionally, it is necessary to establish the required technical infrastructures - including both hardware and software technologies - and to achieve integration between systems. On the other hand, as mentioned in Section 3, the collection of diverse data and the formulation of data governance should not be ignored; this may include designating an agency or individuals for managing, maintaining, and providing data, as well as defining specific standards and procedures for data utilization. Moreover, testing technologies can have a significant impact on optimizing the application of artificial intelligence; for example, developing chatbots for internal or public communication and conducting intelligent analyses of existing data. Finally, to address the real needs of society, adopting a people-centered approach in designing AI projects is of utmost importance. These recommendations can pave the way toward smarter and more efficient urban management.

پیشرفت شهری
سیاستگذاری
سایت نشریه: https://judpmi.ir
شاپا الکترونیکی:

هوش مصنوعی و کاربردهای آن در مدیریت شهری

هادی ویسی[1*] | سید ابراهیم برآهنگ[2]

۱. نویسندۀ مسئول، دانشیار دانشکدۀ سامانه‌های هوشمند، دانشگاه تهران، رایانامه: h.veisi@ut.ac.ir
۲. دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکدۀ سامانه‌های هوشمند، دانشگاه تهران، رایانامه: ebrahimbarahang@ut.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
پژوهشی

تاریخ‌های مقاله:
تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۹/۱۲
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۱۰/۲۵
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۲۹
تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۱/۱۵

کلیدواژه:
استقرار هوش مصنوعی،
حکمرانی داده،
مدیریت شهری،
هوش مصنوعی.

چکیده

در سال‌های اخیر، فناوری هوش مصنوعی با کاربردهای فراوانی که از خود در مدیریت شهری به جا گذاشته، به یکی از ارکان مهم تحول در این حوزه تبدیل شده است. به منظور آشنایی بهتر با هوش مصنوعی در این مقالۀ مروری، ابتدا به معرفی مبانی هوش مصنوعی، یادگیری ماشین و کاربردهای کلی هوش مصنوعی پرداخته شد. همچنین، مفهوم حکمرانی داده، لایه‌های آن و اهمیت زیاد حکمرانی داده برای شهرداری‌ها مورد بررسی قرار گرفت. سپس، به طور خاص کاربردهای هوش مصنوعی در شهر هوشمند و نقش آن در رفع چالش‌های مدیریت شهری شرح داده شد؛ به طوری که نشان داده شد این فناوری چگونه می‌تواند در بهبود حمل‌ونقل، افزایش امنیت عمومی، بهینه‌سازی مدیریت پسماند، تقویت برنامه‌ریزی شهری، بهبود مدیریت انرژی و تسهیل ادارۀ شهر مؤثر باشد. در ادامه، اهمیت اولویت‌بندی کاربردهای هوش مصنوعی در شهر مطرح شد و استقرار هوش مصنوعی در مدیریت شهری تحلیل مورد بررسی قرار گرفت. در آخر، پیشنهادهایی در زمینۀ بهینه‌سازی به‌کارگیری هوش مصنوعی در مدیریت شهری ارائه شد. این پیشنهادها به طور خلاصه عبارت‌اند از: ۱. تقویت دانش و تخصص سازمانی برای استفاده از تمام ظرفیت‌های هوش مصنوعی؛ ۲. ایجاد زیرساخت‌های فنی لازم و برقراری یکپارچگی بین سامانه‌ها؛ ۳. جمع‌آوری داده‌های مختلف و تدوین حکمرانی داده؛ ۴. بهینه‌سازی کاربرد فناوری‌های هوش مصنوعی از طریق آزمودن فناوری‌های هوش مصنوعی؛ ۵. بهره‌گیری از رویکرد مردم‌محور برای پیشنهاد و طراحی پروژه‌های هوش مصنوعی. با توجه به این نکات و شناخت قابلیت‌های هوش مصنوعی در مدیریت شهری، می‌توان استفادۀ کارآمدتری از این فناوری در شهر داشت.

استناد: ویسی، هادی و برآهنگ، سید ابراهیم (۱۴۰۴). هوش مصنوعی و کاربردهای آن در مدیریت شهری. *سیاستگذاری پیشرفت شهری*، ۲ (۱) ۷۳-۹۴.
DOI: http//doi.org/10.22034/judpm.2025.510003.1012

© هادی ویسی، سید ابراهیم برآهنگ
DOI: http//doi.org/10.22034/judpm.2025.510003.1012

۱. مقدمه

امروزه با رشد سریع جمعیت شهرها و افزایش گرایش به زندگی شهری، چالش‌های متعددی برای مدیریت کلان‌شهرها به وجود آمده است؛ از جمله چالش‌هایی در زمینهٔ مدیریت حمل‌ونقل، مدیریت منابع انرژی، مدیریت پسماند و امنیت عمومی. در عصر حاضر، استفاده از هوش مصنوعی[1] در شهر به عنوان راهکاری مبتکرانه برای مدیریت بهتر چالش‌های یادشده معرفی شده است. هوش مصنوعی با معرفی و به‌کارگیری روش‌های نوآورانه قادر است با سرعت و دقت بسیار زیاد در جهت غلبه بر این چالش‌ها عمل کند و نقش اساسی در افزایش کارایی زیرساخت‌های شهری ایفا کند. به بیان دیگر، هوش مصنوعی می‌تواند کاربردهای گسترده‌ای برای مدیریت شهری در زمینه‌های مدیریت حمل‌ونقل، مدیریت پسماند، ادارهٔ شهر، امنیت عمومی، برنامه‌ریزی شهری و مدیریت انرژی داشته باشد. به همین‌دلیل، در دنیای امروزی استفاده از هوش مصنوعی در مدیریت شهری ضرورت و اهمیت بالایی دارد. با استفاده از هوش مصنوعی در شهرها، مفهوم شهر هوشمند[2] مطرح می‌شود. با ظهور هوش مصنوعی، انواع مختلفی از هوش‌های غیرزیستی ارائه شده است که بر شهرهای هوشمند اثر قابل توجهی می‌گذارند؛ در چنین شهری برای اولین‌بار در تاریخ، کنترل شهر فقط توسط انسان‌ها انجام نمی‌شود [1].

به طور کلی، هوش مصنوعی به معنای توسعهٔ رایانه و ماشین‌ها[3] برای انجام وظایفی است که به هوش انسانی نیاز دارند [2]: وظایفی همچون یادگیری، درک، حل مسئله و تصمیم‌گیری انسانی. هوش مصنوعی با قابلیت تحلیل لحظه‌ای[4] و تاریخی[5] داده‌های شهری و پیش‌بینی روندهای آتی، می‌تواند تصمیم‌های مدیریتی را از رویکرد واکنشی به رویکردی کنترلی و آینده‌نگر تبدیل کند. از آنجا که دادهٔ نقشی کلیدی در توسعهٔ فناوری‌های هوش مصنوعی جدید دارد، مفهوم حکمرانی داده[6] و مدیریت بهینهٔ داده‌ها یک مسئلهٔ اساسی در پیاده‌سازی سیستم‌های هوش مصنوعی به شمار می‌آید.

در این مقاله ابتدا مبانی هوش مصنوعی را مرور می‌کنیم و با سطوح مختلف هوش مصنوعی آشنا می‌شویم. همچنین، مفاهیم یادگیری ماشین[7]، یادگیری عمیق[8]، هوش مصنوعی زاینده[9] و کاربردهای آن شرح داده می‌شود. سپس، مفهوم حکمرانی داده و اهمیت آن در سیستم‌های هوش مصنوعی بررسی خواهد شد. در ادامه، به مهم‌ترین بخش مقاله یعنی کاربردهای هوش مصنوعی در مدیریت شهری و استقرار آن می‌پردازیم. در آخر، نتیجه‌گیری و پیشنهادهایی در راستای بهینه‌سازی به‌کارگیری هوش مصنوعی در مدیریت شهری ارائه می‌شود.

هدف این پژوهش مروری، معرفی ظرفیت‌های هوش مصنوعی و بررسی کاربردهای آن در شهر هوشمند است تا درک جامع‌تری از قابلیت‌های این فناوری در حل چالش‌های مدیریت شهری به دست آید.

۲. روش‌شناسی

پژوهش حاضر با رویکرد مروری به بررسی هوش مصنوعی و کاربردهای آن در مدیریت شهری می‌پردازد. در این مقاله ابتدا مبانی و سطوح هوش مصنوعی، یادگیری ماشین و حکمرانی داده معرفی خواهند شد. سپس، به طور خاص کاربردهای هوش مصنوعی در شهر هوشمند و مدیریت شهری مورد بررسی قرار خواهند گرفت.

برای جمع‌آوری منابع این پژوهش، چنین رویکردی اتخاذ شد: در جست‌وجوی اولیه، تنها عنوان و چکیدهٔ مقالات بررسی شد تا منابع مرتبط با موضوع شناسایی شوند. برای جست‌وجوی مقالات از عبارت‌های کلیدی «هوش مصنوعی»، «مدیریت شهری»، «استقرار هوش مصنوعی»، «حکمرانی داده» و سایر ترکیبات مرتبط استفاده شد. بازهٔ زمانی جست‌وجو برای انتخاب مقالات مرتبط با مفاهیم کاربردهای هوش مصنوعی در شهر، سال ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۴ (با تأکید بر منابع منتشرشده پس از سال ۲۰۲۰) تعیین

1. Artificial Intelligence
2. Smart City
3. Machines
4. Real-time
5. Historical
6. Data Governance
7. Machine Learning
8. Deep Learning
9. Generative AI

شد تا مقالات به‌روز و مرتبط جمع‌آوری شوند؛ اما برای مفاهیم بنیادی مانند مبانی هوش مصنوعی و حکمرانی داده، معیارهای انتخاب تنها بر اساس میزان ارتباط محتوایی با موضوع پژوهش و تعداد استنادات تعیین شد. پس از ارزیابی و مطالعهٔ کامل مقالات گردآوری‌شده، ۴۶ مقاله برای بررسی نهایی انتخاب شد.

۲-۱. مروری بر مفاهیم و مبانی هوش مصنوعی

هوش مصنوعی به معنای شبیه‌سازی هوش انسانی روی رایانه و ماشین‌هاست تا بتوانند رفتاری همانند انسان از خود نشان دهند. به بیان کامل‌تر، هوش مصنوعی شاخه‌ای از علوم رایانه است که در آن رایانه و ماشین‌ها برای انجام وظایف مرتبط با هوش انسانی آماده می‌شوند.

۲-۱-۱. سطوح هوش مصنوعی

هوش مصنوعی را می‌توان به ۳ سطح تقسیم کرد [3]: هوش مصنوعی محدود (ANI)[1]، هوش مصنوعی عمومی (AGI)[2] و هوش مصنوعی فوق‌العاده (ASI)[3].

هوش مصنوعی محدود: هوش مصنوعی محدود به نوعی از هوش مصنوعی گفته می‌شود که تنها برای یک وظیفهٔ خاص و محدود ساخته شده است. هوش مصنوعی محدود نمی‌تواند فراتر از وظیفهٔ تعریف‌شده عمل کند و فاقد آگاهی عمومی است. با این‌وجود، هوش مصنوعی محدود کاربردهای فراوانی در دنیای امروز دارند، از جمله:

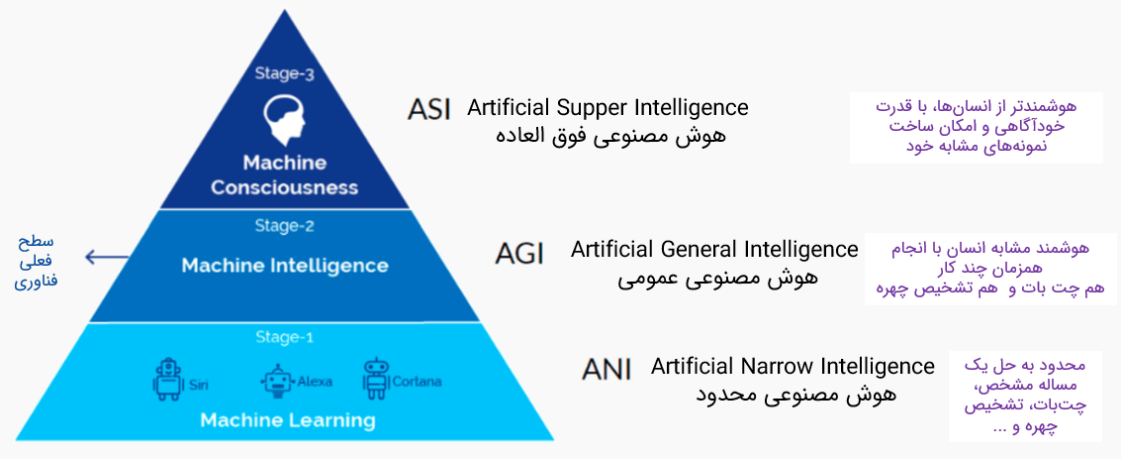
- چت‌بات‌ها مانند چت‌بات‌های پشتیبان مشتری و رزرواسیون
- تشخیص تصویر و چهره
- سامانه‌های توصیه‌گر[4]
- خودروهای خودران[5]
- تشخیص پلاک خودرو
- پیش‌بینی مصرف برق

هوش مصنوعی عمومی: میزان هوشمندی هوش مصنوعی عمومی مشابه انسان است و می‌تواند هر وظیفهٔ فکری را که یک انسان قادر به انجام آن است، به طور هم‌زمان و با همان سطح (و یا مشابه آن) انجام دهد. بنابراین، هوش مصنوعی عمومی به خلاف هوش مصنوعی محدود این توانایی را دارد که دانش خود را به حوزه‌های جدید گسترش دهد. هدف هوش مصنوعی عمومی فقط تقلید فرایندهای فکری و رفتار انسان نیست، بلکه دستیابی به درکی عمیق از آن‌هاست. این سطح از هوش مصنوعی می‌تواند آزمون تورینگ[6] را با موفقیت پشت سر بگذارد؛ یعنی قادر است رفتاری غیر قابل تمایز از انسان از خود نشان دهد. در حال حاضر، تلاش پژوهشگران بر این است که فناوری هوش مصنوعی به سطح هوش مصنوعی عمومی برسد؛ تا جایی که شرکت‌های بزرگی مانند OpenAI سرمایه‌گذاری‌های کلانی در این حوزه انجام داده‌اند.

هوش مصنوعی فوق‌العاده: هوش مصنوعی فوق‌العاده نوعی مفهوم فرضی است که به ماشینی با توانایی‌هایی فراتر از انسان در تمامی حوزه‌ها اشاره دارد. این سطح از هوش، به یک ابرهوش منتهی می‌شود که نه تنها از انسان بی‌نیاز است، بلکه می‌تواند به طور مستقل فکر کند و خود را بهبود بخشد. همین ویژگی‌ها موجب بروز نگرانی‌هایی دربارهٔ کنترل و مدیریت آن پس از ایجاد می‌شود. البته هنوز امکان دستیابی به هوش مصنوعی فوق‌العاده مشخص نیست و حداقل می‌توان گفت که سال‌های زیادی تا دستیابی به چنین سطحی از هوش مصنوعی فاصله داریم. شکل ۱، سطوح هوش مصنوعی را نشان می‌دهد.

1. Artificial Narrow Intelligence
2. Artificial General Intelligence
3. Artificial Superintelligence
4. Recommender System
5. Self-driving Vehicles

۶. آزمونی برای ارزیابی عملکرد هوش مصنوعی که توسط آلن تورینگ پیشنهاد شد. اگر هوش مصنوعی بتواند به گونه‌ای پاسخ دهد که یک انسان نتواند آن را از یک انسان واقعی تشخیص دهد، در این آزمون قبول می‌شود.



شکل ۱. سطوح هوش مصنوعی

۲-۱-۲. یادگیری ماشین و یادگیری عمیق

یادگیری ماشین و یادگیری عمیق دو مفهوم بنیادین و بسیار رایج در حوزهٔ هوش مصنوعی هستند که نقش مهمی در پیشرفت فناوری‌های هوش مصنوعی داشته‌اند. به همین‌دلیل، در ادامه به معرفی این دو مفهوم می‌پردازیم.

یادگیری ماشین زیرمجموعه‌ای از هوش مصنوعی است که با بهره‌گیری از داده‌ها به ماشین‌ها امکان می‌دهد بدون نیاز به دستورالعمل صریح، الگوها را شناسایی کنند و برای داده‌های جدید پیش‌بینی انجام دهند [4]. درخت تصمیم[۱]، ماشین بردار پشتیبان[۲]، رگرسیون لجستیک[۳] و نزدیک‌ترین همسایه[۴] از معروف‌ترین الگوریتم‌های یادگیری ماشین کلاسیک هستند. همچنین، یادگیری ماشین را می‌توان به سه دستهٔ اصلی تقسیم کرد: یادگیری با نظارت[۵]، یادگیری بدون نظارت[۶] و یادگیری تقویتی[۷].

یادگیری عمیق زیرشاخه‌ای از یادگیری ماشین است؛ با این تفاوت که در یادگیری عمیق به جای استفاده از روش‌های آماری سنتی، از شبکه‌های عصبی عمیق[۸] برای یادگیری الگوها و پیش‌بینی استفاده می‌شود [4]. هرچه تعداد لایه‌های شبکهٔ عصبی بیشتر باشد، شبکه عمیق‌تر محسوب می‌شود. به دلیل ساختار پیچیده، این شبکه‌ها برای حل مسائل پیچیده و پردازش حجم بالایی از داده‌ها بسیار مناسب هستند. برخی از پرکاربردترین شبکه‌های عصبی عبارت‌اند از: شبکهٔ عصبی پیچشی[۹]، شبکهٔ عصبی بازگشتی[۱۰] و مبدل‌ها[۱۱].

۲-۱-۳. هوش مصنوعی زاینده

هوش مصنوعی زاینده یکی از زیرشاخه‌های هوش مصنوعی است که قادر به تولید محتوای جدید از جمله متن، گفتار، تصویر، کد، ویدئو و موسیقی است [5]. مدل‌های هوش مصنوعی زایندهٔ امروزی با بهره‌گیری از الگوریتم‌های یادگیری ماشین و پردازش حجم انبوهی از داده‌ها، الگوهای موجود را شناسایی کرده و بر اساس آن‌ها محتوای جدید با کارایی بالا ایجاد می‌کنند. جدول ۱ ابزارهای تولید محتوا مبتنی بر هوش‌مصنوعی زاینده را در ۶ حوزهٔ متن، گفتار، تصویر، کدنویسی، ویدئو و موسیقی نشان می‌دهد.

1. Decision Tree
2. Support Machine Vector (SVM)
3. Logistic Regression
4. K-Nearest Neighbors (KNN)
5. Supervised Learning
6. Unsupervised Learning
7. Reinforcement Learning
8. Deep Neural Network (DNN)
9. Convolutional Neural Network (CNN)
10. Recurrent Neural Network (RNN)
11. Transformers

جدول ۱. ابزارهای هوش مصنوعی زاینده در تولید محتوا

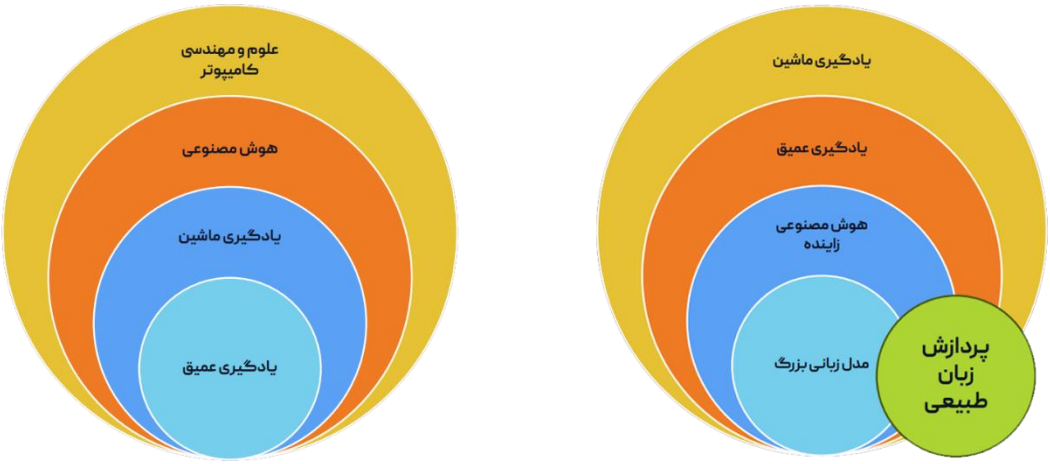
متن	گفتار	تصویر	کد	ویدئو	موسیقی
ChatGPT	Vall-E	Dall-E	CodeX	Synthesia	SoundRaw
Gemini	WellSaid	Midjourney	Replit	Sora	Boomy
Claude	VoiceBox	OpenArt	GithubCopilot	HourOne	Suno
DeepSeek	Murf	Diagram	AI2SQL	Tavus	Mubert

همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌کنید، چت‌بات‌هایی مانند ChatGPT و Gemini از برجسته‌ترین دستاوردهای هوش مصنوعی زاینده در حوزهٔ متن و پردازش زبان طبیعی[1] محسوب می‌شوند که بر پایهٔ مدل‌های زبانی‌های بزرگ[2] توسعه یافته‌اند. مدل‌های زبانی بزرگ نوعی از مدل‌های هوش مصنوعی هستند که روی حجم گسترده‌ای از داده‌های متنی آموزش داده می‌شوند تا بتوانند احتمال وقوع کلمات در جمله را با دقت زیادی تشخیص دهند [6]. این مدل‌ها با استفاده از معماری مبدل‌ها، روابط پیچیدهٔ معنایی را شناسایی می‌کنند، به طوری که پاسخ‌های تولیدی آن‌ها مشابه نوشته‌های انسان به نظر می‌رسد. از این‌رو، چت‌بات‌های مبتنی بر مدل‌های زبانی بزرگ نسبت به چت‌بات‌های قبلی بسیار هوشمندتر عمل می‌کنند. این چت‌بات‌ها مزایای فراوانی را برای کاربران فراهم می‌کنند، از جمله:

- پشتیبانی از چند زبان
- درک عمیق درخواست‌ها
- استنتاج و تولید خودکار (و نه کپی) پاسخ
- عدم حساسیت به غلط‌های املایی و دستوری
- درک سابقهٔ گفت‌وگو و محاوره بر اساس تاریخچه
- تطبیق آسان با محتواهای اختصاصی سازمان

از هوش مصنوعی زاینده می‌توان در سطوح مختلفی از مدیریت شهری بهره برد، از جمله ایجاد مدل دیجیتالی دقیق از شهر (دوقلوی دیجیتال[3])، مدیریت آب و مدیریت بحران [7]. برای مثال، مک میلان و همکاران [8] با استفاده از مدل‌های زاینده چارچوبی نوین برای تشخیص نشتی آب در شبکه‌های توزیع ارائه داده‌اند که با دقت بالای ۹۸ درصد، امکان تشخیص خودکار و لحظه‌ای نشتی‌ها را فراهم می‌سازد. این چارچوب گامی مهم برای دستیابی به زیرساخت‌های خودترمیم‌پذیر در مدیریت پایدار آب شهری به شمار می‌رود.

شکل ۲ خلاصه‌ای از مطالب گفته‌شده و سلسله‌مراتب هوش مصنوعی را نشان می‌دهد.



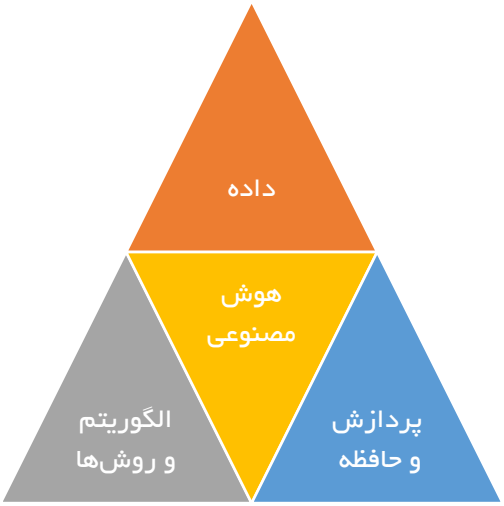
شکل ۲. سلسله‌مراتب هوش مصنوعی، از علوم کامپیوتر تا مدل‌های زبانی بزرگ

1. Natural Language Processing (NLP)
2. Large Language Models (LLM)

۳. دوقلوی دیجیتال یا Digital twin یک مدل مجازی از یک شیء فیزیکی است.

۲-۲. هوش مصنوعی و حکمرانی داده

داده، پردازش و حافظه، الگوریتم و روش‌های آن سه بعد مهم هوش مصنوعی را تشکیل می‌دهد (شکل ۳). در این میان، با گسترش استفاده از شبکه‌های عصبی عمیق، اهمیت داده بیش از پیش افزایش یافته است؛ زیرا مدل‌های عمیق‌تر برای دستیابی به دقت بالاتر به حجم وسیع‌تری از داده‌های متنوع نیاز دارند. از این‌رو، حکمرانی داده به یکی از الزامات اساسی در توسعه و به‌کارگیری هوش مصنوعی تبدیل شده است.



شکل ۳. مؤلفه‌های اصلی تأثیرگذار در ایجاد هوش مصنوعی

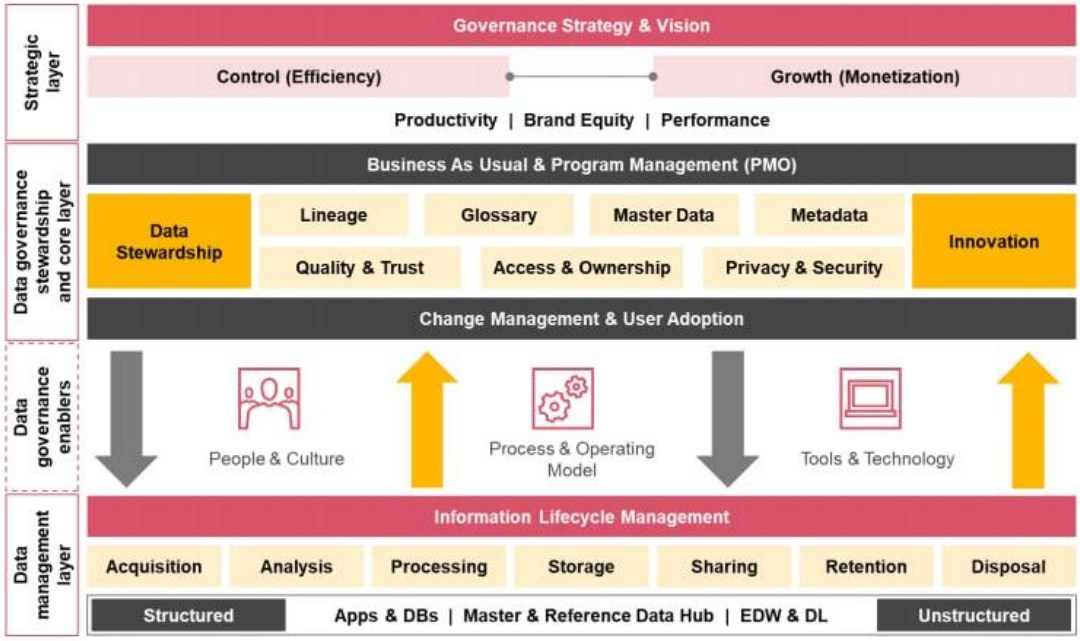
در عصر هوش مصنوعی، داده‌ها مهم‌ترین دارایی شهرداری‌ها به شمار می‌آیند. حکمرانی داده به سیاست‌ها و فرایندهایی اشاره دارد که به منظور مدیریت داده‌ها در یک سازمان اتخاذ می‌شوند [9]. حکمرانی داده چارچوب خاص خود را نیاز دارد که به صورت زیر تعریف می‌شود:

چارچوب حکمرانی داده[1] مجموعه‌ای از فرایندها است که تضمین می‌کند داده‌های مهم موجود[2] به صورت ساختارمند در تمامی بخش‌های سازمان مدیریت شوند [10]. از این‌رو، ساختارمند کردن داده‌ها و تضمین داده‌های با کیفیت و مدیریت دسترسی از مهم‌ترین ابعاد حکمرانی داده محسوب می‌شوند. در مدیریت شهری، تولید داده‌های ساختارمند و به‌روز موجب می‌شود با تحلیل دقیق نیازهای شهری، خدمات عمومی بهبود یابند. همچنین، با تعریف سطوح دسترسی، احتمال سوء استفاده از داده‌های حساس و نفوذهای غیرمجاز کاهش پیدا می‌کند.

در شکل ۴، چارچوب حکمرانی دادهٔ شرکت PwC به نمایش گذاشته شده است. این چارچوب از چهار لایهٔ اصلی تشکیل می‌شود:

۱. **لایهٔ مدیریت داده:** مدیریت چرخهٔ حیات داده از جمع‌آوری تا حذف.
۲. **دسترسی و عوامل تسهیل‌کنندهٔ حکمرانی داده:** فراهم‌کنندهٔ بستر مناسب با تمرکز بر افراد، فرایندها و فناوری.
۳. **هسته و نظارت حکمرانی داده:** نوآوری و نظارت بر عواملی مانند کیفیت، امنیت و مالکیت داده‌ها.
۴. **لایهٔ راهبردی:** تعیین چشم‌انداز، راهبردها و اهداف کلان سازمان برای حکمرانی داده همراه با کنترل و رشد پایدار.

1. Data Governance Framework
2. Data Assets



شکل ۴. چارچوب حکمرانی دادهٔ شرکت PwC [11]

۲-۲-۱. امنیت داده و انتشار آزاد اطلاعات غیرحساس

یکی از ابعاد مهم در حکمرانی داده، تأمین امنیت داده‌ها و اطلاعات است. حکمرانی داده بر تدوین الزامات امنیتی برای حفاظت از اطلاعات شخصی تأکید دارد و نقش مشخصی برای مسئول امنیت داده‌ها در نظر می‌گیرد تا دسترسی و استفادهٔ ایمن از داده‌ها را تضمین کند [12]. با توجه به اهمیت بالای امنیت داده‌ها، چندین کشور چارچوب‌های مقرراتی برای تأمین امنیت داده‌ها ارائه کرده‌اند؛ برای مثال، قانون حفاظت از اطلاعات شخصی در ژاپن (APPI)[1].

از سوی دیگر، انتشار آزاد اطلاعات غیرحساس در حکمرانی داده با افزایش شفافیت و دسترسی به داده‌های باکیفیت، می‌تواند نقش مؤثری در تصمیم‌گیری‌های مدیریتی داشته باشد. در ایالات متحدهٔ آمریکا، حکمرانی داده در حوزه‌هایی مانند امنیت، سلامت و مدیریت بحران کاربرد دارد؛ مانند استفاده از آن در دوران کرونا برای واکنش سریع. همچنین، طرح‌های حکمرانی مانند Open Government با هدف افزایش شفافیت و مشارکت شهروندان در تصمیم‌گیری‌ها از طریق انتشار داده‌های دولتی اجرا شده است.

با توجه به نکات یادشده، می‌توان گفت که حکمرانی داده فقط یک مسئله فنی نیست، بلکه مستلزم هم‌افزایی عواملی مانند فرایندها، فرهنگ سازمانی و فناوری است. چارچوب حکمرانی داده به دنبال آن است که با بهره‌برداری مناسب از داده‌ها به عنوان منابع با ارزش سازمانی، زمینه برای تصمیم‌گیری بهتر، ایجاد نوآوری و رشد پایدار سازمان فراهم شود [13].

۲-۲-۲. محدودیت‌ها و ریسک‌های هوش مصنوعی

همان‌طور که می‌دانیم، هوش مصنوعی با سرعت و دقت زیاد امکانات گسترده‌ای را در اختیار ما قرار می‌دهد، از جمله توسعهٔ چت‌بات‌های هوشمند، تولید محتوا (متنی، صوتی، ویدئو و موسیقی)، خودکارسازی فرایندها و کمک به مدیریت شهری. با این‌حال، ابزارهای مبتنی بر هوش مصنوعی با محدودیت و ریسک‌هایی همراه هستند [14] که برخی از مهم‌ترین آن‌ها عبارت‌اند از:

۱. **اطلاعات نادرست و توهم**[2]: چت‌بات‌های مبتنی بر مدل‌های زبانی بزرگ علی‌رغم دقت زیاد گاهی اطلاعات نادرست و ساختگی تولید می‌کنند؛ برای مثال به منابعی ارجاع می‌دهند که وجود خارجی ندارند. به منظور مدیریت این چالش استفاده از روش‌های خودکار اعتبارسنجی منابع پیشنهاد می‌شود [15].

1. Act on the Protection of Personal Information
2. Hallucination

۲. **سوگیری[1] در یادگیری:** مدل‌های هوش مصنوعی تحت تأثیر داده‌های آموزشی خود قرار دارند و منعکس‌کنندهٔ آن‌ها هستند. در صورت وجود سوگیری در این داده‌ها، نتایج آن‌ها نیز می‌تواند همراه با سوگیری و ناعادلانه باشد. برای مثال، رد درخواست وام برای گروه‌های خاص و مشکلات شناسایی چهرهٔ نژادهای خاص در سیستم‌های تشخیص چهره. برای کاهش اثر این مشکل می‌توان از روش‌های تنوع‌بخشی به داده‌های آموزش و الگوریتم‌های کاهش سوگیری بهره برد.

۳. **محرمانگی و امنیت:** ذخیره و پردازش داده‌های کاربر در چت‌بات‌ها می‌تواند خطر نشت اطلاعات حساس یا سوء استفاده از آن‌ها را به همراه داشته باشد؛ برای مثال چت‌بات‌های مبتنی بر ChatGPT.

۴. **جایگزینی شغل‌ها:** امروزه بسیاری از وظایفی که پیش‌تر توسط نیروی انسانی انجام می‌شد، توسط هوش مصنوعی به صورت خودکار انجام می‌شوند. برای مثال، جایگزین شدن چت‌بات در مراکز تماس، آموزش زبان، برنامه‌نویسی و مشاورهٔ حقوقی، مالی و پزشکی. برای غلبه بر این مشکل می‌توان سیستم‌هایی را طراحی کرد که در آن‌ها هوش مصنوعی و انسان با همکاری یکدیگر به فعالیت بپردازند. در این سیستم‌ها، هوش مصنوعی به عنوان دستیار عمل می‌کند.

۵. **اثرات زیست‌محیطی:** در آموزش مدل‌های زبانی بزرگ، به توان پردازشی بالایی نیاز است که به مصرف زیاد انرژی و تولید کربن منجر می‌شود. برای مثال، طبق محاسبات انجام‌شده انرژی مصرفی در آموزش مدل زبانی بزرگ GPT-4 معادل برق‌رسانی به ۱۳۰۰ خانه در یک سال است [16].

۶. **جعبه‌سیاه[2] بودن مدل‌های شبکهٔ عصبی عمیق:** با وجود اینکه بسیاری از مدل‌های یادگیری عمیق دارای دقت و بازده بسیار زیادی هستند، اما در بیشتر موارد هنوز نحوهٔ تصمیم‌گیری آن‌ها مشخص و توضیح‌پذیر[3] نیست. یکی از راهکارهایی که برای غلبه بر این مشکل وجود دارد، استفاده از روش‌های توضیح‌پذیری مدل‌های هوش مصنوعی مانند LIME[4] و SHAP[5] است.

بنابراین، در حالی که هوش مصنوعی امکانات و فرصت‌های فراوانی را برای فراهم می‌کند، نیاز است تا راهکارهایی برای مدیریت محدودیت‌ها و ریسک‌های آن در نظر بگیریم. در این میان، حکمرانی داده و همچنین، حکمرانی هوش مصنوعی می‌توانند نقش مهمی را ایفا کنند. حکمرانی هوش مصنوعی ابزاری برای هدایت توسعهٔ آن بر اساس ارزش‌هایی مانند توسعهٔ فراگیر و پایدار است. اگر این فرایند آگاهانه انجام نشود، ساختارهای هوش مصنوعی به طور ناخودآگاه ارزش‌هایی را در خود جای می‌دهند که ممکن است چالش‌های جدی را به همراه داشته باشد [17]. بنابراین، حکمرانی آگاهانهٔ هوش مصنوعی می‌تواند ریسک‌ها و محدودیت‌های هوش مصنوعی را تعدیل و فرصت‌های بزرگی را خلق کند.

۲-۳. شهر هوشمند و هوش مصنوعی

همان‌طور که در بخش ۱ اشاره کردیم، در دنیای مدرن امروز، مدیریت شهرها به فناوری‌های نوین وابسته است. با رشد جمعیت و افزایش چالش‌های مدیریت شهری، رویکردهای سنتی دیگر پاسخ‌گوی نیازها نیستند؛ به همین‌دلیل مفهوم شهر هوشمند مطرح شده است. شهر هوشمند به شهری اشاره دارد که در آن از فناوری اطلاعات و ارتباطات[6] برای بهبود بهره‌وری، تسهیل دسترسی عمومی به اطلاعات و ارتقای کیفیت خدمات شهری استفاده می‌شود [18].

میزان بلوغ هوشمندی شهر را می‌توان به‌ترتیب به ۴ سطح تقسیم کرد:

۱. **نظارت هوشمند:** جمع‌آوری داده و نظارت بر فرایندهای شهری با استفاده از ابزارهای هوشمند.

۲. **کنترل هوشمند:** تنظیم و کنترل سیستم‌های شهری با استفاده از هوش مصنوعی.

۳. **بهینه‌سازی هوشمند:** استفاده از هوش مصنوعی برای بهینه‌سازی سازوکارهای شهری.

1. Bias
2. Black Box
3. Explainable
4. Local Interpretable Model-agnostic Explanations
5. Shapley Additive ExPlanations
6. ICT

۴. خودمختاری هوشمند: ساخت سیستم‌های خودکار و بدون نیاز به دخالت انسانی مانند خودروهای خودران.

به طور کلی، شهر هوشمند مزایای زیادی برای شهروندان و مدیریت شهری رقم می‌زنند، از جمله [18]:

- **خودکارسازی فرایندها:** که به افزایش بهره‌وری و کاهش هزینه‌ها منجر می‌شود.
- **افزایش مشارکت اجتماعی:** با ارائهٔ داده‌های شفاف و دسترسی آسان به اطلاعات، تعامل میان شهروندان و نهادهای دولتی افزایش پیدا می‌کند.
- **جذب سرمایه‌گذاری:** نوآوری در خدمات شهری می‌تواند سرمایه‌گذاری و ساکنان جدید را جذب کند.
- **مدیریت بهتر بحران‌ها:** با هوشمندسازی فرایندها، می‌توان بحران‌هایی مانند بیماری‌های همه‌گیر و بلایای طبیعی را بهتر مدیریت کرد.

در چنین شهری، هوش مصنوعی به عنوان یکی از ارکان اصلی شهر هوشمند شناخته می‌شود که نقش مهمی در بهبود عملکرد و فرایندهای شهری ایفا می‌کند [19]. هوش مصنوعی را می‌توان در سطوح مختلفی از مدیریت شهری پیاده‌سازی کرد؛ سطوحی مانند:

۱. مدیریت حمل‌ونقل
۲. مدیریت پسماند
۳. امنیت عمومی
۴. اداره، حکمرانی شهر و برنامه‌ریزی شهری
۵. سلامت و بهداشت عمومی
۶. مدیریت انرژی

در ادامه، بعضی از کاربردهای هوش مصنوعی در سطوح مختلف مدیریت شهری را توضیح می‌دهیم.

۲-۳-۱. هوش مصنوعی در مدیریت حمل‌ونقل

با گسترش شهرنشینی و به‌تبع آن، افزایش وسایل نقلیه، مدیریت ترافیک و حمل‌ونقل در کلان‌شهرها به یکی از دغدغه‌های اساسی مدیریت شهری تبدیل شده است. افزایش ترافیک نه‌تنها باعث اتلاف وقت شهروندان می‌شود، بلکه آسیب‌های زیست‌محیطی و اقتصادی را به همراه دارد. خوشبختانه، فناوری‌های هوش مصنوعی با ارائهٔ راه‌حل‌های نوین و خلاقانه می‌توانند تا حد زیادی این چالش‌ها را برطرف سازند و مدیریت حمل‌ونقل را تسهیل کنند. برخی از مهم‌ترین کاربردهای هوش مصنوعی در مدیریت حمل‌ونقل عبارت‌اند از:

- **پیش‌بینی تقاضای حمل‌ونقل:** در حوزهٔ هوش مصنوعی می‌توان با آموزش مدل‌ها روی داده‌های تاریخی[1] و لحظه‌ای[2]، الگوهای تقاضا و حجم سفرها را شناسایی و پیش‌بینی کرد [20]. همچنین، هوش مصنوعی می‌تواند زمان رسیدن وسایل نقلیه مانند اتوبوس و قطار را پیش‌بینی کند و حتی برای آن برنامه‌ریزی زمانی انجام دهد.
- **یکپارچه‌سازی خدمات حمل‌ونقل[3]:** این مفهوم که تحت عنوان «حمل‌ونقل به عنوان یک خدمت واحد» نیز از آن یاد می‌شود به یکپارچه‌سازی خدمات حمل‌ونقل مانند اتوبوس، تاکسی و دوچرخه اشاره دارد. هوش مصنوعی با یکپارچه‌سازی داده‌ها و پردازش سریع آن‌ها، بستری جامع برای دسترسی به انواع خدمات حمل‌ونقل فراهم می‌کند [21]. بستری که در آن می‌توان مسیرها و وسایل حمل‌ونقل مختلف طی یک مسیر را انتخاب نمود.
- **تشخیص حوادث رانندگی:** با کمک هوش مصنوعی و داده‌های شبیه‌سازی شده، امکان تشخیص خودکار مکان و زمان حوادث رانندگی میسر شده است. همچنین، پایش و کاوش لحظه‌ای داده‌های شبکه‌های اجتماعی به کمک

1. Historical (batch) Data
2. Real-time Data
3. Mobility as a Service (MaaS)

متن‌کاوی[1]، روشی کارآمد برای اطلاع از وقوع حادثه در بزرگراه‌ها محسوب می‌شود [22].

- **بهینه‌سازی جریان ترافیک:** سامانه‌های مبتنی بر هوش مصنوعی با بهره‌گیری از دوربین‌های نظارت ترافیکی، داده‌ها را به صورت لحظه‌ای گردآوری کرده و الگوهای تردد را شناسایی می‌کنند. به این‌ترتیب، با مدیریت چراغ‌های راهنما و اطلاع‌رسانی دربارهٔ وضعیت ترافیک می‌توان جریان تردد وسایل نقلیه را بهینه‌سازی کرد.
- **خودروی خودران:** توسعه و ساخت خودروهای خودران به وسیلهٔ الگوریتم‌های بینایی ماشین و یادگیری عمیق میسر شده است. به این‌ترتیب، رانندگی خودکار، مسیریابی و حرکت ایمن به سمت مقصد امکان‌پذیر می‌شود. این قابلیت‌ها به‌ویژه در شرایط پیچیده و شلوغ شهری، اهمیت فوق‌العاده‌ای دارند و می‌توانند تحولی بزرگ در حوزهٔ حمل‌ونقل ایجاد کنند.
- **حمل‌ونقل پایدار[2]:** هوش مصنوعی نقشی مهمی را در پیشرفت سیستم‌های حمل‌ونقل پایدار ایفا می‌کند. فناوری هوش مصنوعی با بهینه‌سازی مصرف انرژی و تسهیل ادغام خودروهای برقی و خودران در شبکه‌های حمل‌ونقل، به پایداری بیشتر این حوزه کمک می‌کنند [23].
- **بهبود خودروهای برقی:** هوش مصنوعی با پردازش و شناسایی الگوی داده‌های مربوط به مصرف باتری خودروهای برقی به بهینه‌سازی مصرف باتری و شارژ آن کمک می‌کند. از سوی دیگر، هوش مصنوعی با تحلیل این داده‌ها می‌تواند در طراحی و ساخت باتری‌های جدید ایفای نقش داشته باشد.
- **زیرساخت حمل‌ونقل:** فناوری هوش مصنوعی از طریق پردازش داده‌های مرتبط با نگهداری سامانه‌های حمل‌ونقل، امکان پایش وضعیت زیرساخت‌ها و شناسایی نقاط آسیب‌پذیر شبکهٔ حمل‌ونقل شهری را فراهم می‌کند.

از نمونه‌های عینی کاربرد هوش مصنوعی در مدیریت حمل‌ونقل شهری می‌توان به پروژهٔ شرکت Alibaba Cloud با نام Hangzhou City Brain در شهر هانگژو چین اشاره کرد. سامانهٔ Hangzhou City Brain که بر کاهش ترافیک تمرکز دارد با بهره‌گیری از هوش مصنوعی، کلان‌داده[3] و رایانش ابری، ازدحام ترافیکی شهر هانژو را به میزان ۱۵ درصد کاهش داده است. همچنین این سامانه موجب کاهش ۵۰ درصدی زمان انتظار برای خدمات اضطراری مانند آمبولانس شده است [24]. یکی دیگر از کاربردهای فناوری دیجیتال در حمل‌ونقل شهری، سیستم اتوبوس سفارشی (CB[4]) در کشور چین است. اتوبوس سفارشی سیستمی نوآورانه در حمل‌ونقل عمومی چین است که با استفاده از پلتفرم‌های آنلاین، مسیرهای مسافران را هماهنگ می‌کند و خدماتی کارآمد و کاربرمحور ارائه می‌دهد. این سیستم ترافیک و آلودگی را کاهش می‌دهد و نسبت به اتوبوس‌های معمولی قابل‌اعتمادتر و از خودروهای شخصی به‌صرفه‌تر است [25].

۲-۳-۲. هوش مصنوعی در مدیریت پسماند

یکی دیگر از چالش‌های مهم در مدیریت شهرها، مدیریت پسماند و آثار زیست‌محیطی آن است. هوش مصنوعی قادر است با پیش‌بینی تولید پسماند، بهینه‌سازی مراحل جمع‌آوری پسماند و کنترل فرآیندهای مرتبط نقش شایانی در افزایش کارایی مدیریت شهرها ایفا کند. در ادامه نقش هوش مصنوعی در مدیریت پسماند به‌تفصیل آورده شده است:

- **کنترل تصفیه و دفع پسماند:** فرایند تصفیه و دفع پسماند تأثیر چشمگیری بر محیط زیست دارد و نیازمند برنامه‌ریزی دقیق برای کاهش اثرات مخرب است. با استفاده از هوش مصنوعی می‌توان داده‌های مربوط به کمپوست (مانند رنگ و بافت) را تحلیل و پردازش کرد [26] و در نتیجه به روش‌های بهینه‌تری برای تصفیه و دفع دست یافت. همچنین، هوش مصنوعی قادر است وضعیت سوزاندن پسماند را پایش کند و انرژی لازم برای سوزاندن و آلودگی ناشی از آن را تخمین بزند.
- **جمع‌آوری پسماند:** یکی از عوامل مهم در کاهش هزینه‌های جمع‌آوری پسماند، تشخیص پر بودن سطل‌های زباله و

1. Text Mining
2. Sustainable Transportation
3. Big data
4. Customized Bus

یافتن بهترین مسیر برای وسایل جمع‌آوری پسماند است. تحقیقات بسیاری در زمینهٔ بهینه‌سازی جمع‌آوری و حمل پسماند با استفاده از الگوریتم‌های هوش مصنوعی صورت گرفته است که نقش هوش مصنوعی در کاهش این هزینه‌ها را نشان می‌دهد [27].

- **دسته‌بندی پسماند:** هوش مصنوعی قادر است با شناسایی انواع پسماند دقت دسته‌بندی آن‌ها را افزایش دهد. در این زمینه ربات‌هایی با استفاده از رویکرد یادگیری عمیق و بینایی ماشین ساخته شده است که می‌توانند با دقت زیادی انواع پسماند را از یکدیگر تشخیص دهد [28].
- **پیش‌بینی مقدار تولید پسماند:** با استفاده از داده‌های زمانی تولید پسماند و آموزش مدل‌های هوش مصنوعی روی این داده‌ها، می‌توان مقدار پسماند تولیدی در مناطق مد نظر را تخمین زد [29]. این رویکرد برای پیش‌بینی تولید پسماندهای بیمارستانی نیز کاربرد دارد [30]. بنابراین، پیش‌بینی تولید پسماند می‌تواند به بهبود طراحی سیستم‌های مدیریت پسماند کمک کند.

۲-۳-۳. هوش مصنوعی برای افزایش امنیت عمومی

زندگی پایدار در شهرها نیازمند امنیت عمومی است. امنیت عمومی شهرها تحت تأثیر چالش‌های مختلفی مانند بیماری‌های همه‌گیر، حوادث طبیعی و جرائم ممکن است در معرض خطر قرار بگیرد. با رشد جمعیت شهرها و پیچیده‌تر شدن این چالش‌ها، مدیریت شهری بیش از پیش نیاز به راهکارهایی نظیر فناوری‌های هوش مصنوعی برای مقابله با این چالش‌ها دارد. نقش هوش مصنوعی در مدیریت چالش‌های امنیت عمومی عبارت است از:

- **مدیریت همه‌گیری‌ها:** هوش مصنوعی با پیش بینی وضعیت ابتلا در نواحی مختلف و کنترل تردد در همه‌گیری قادر است تا از شیوع بیشتر بیماری‌های همه‌گیر پیش‌گیری کرده و به از بین رفتن همه‌گیری کمک کند. با کمک هوش مصنوعی، می‌توان شیوع بیماری کرونا را مدل‌سازی و ابتلا به آن را پیش‌بینی کرد [31].
- **پایش وضعیت امنیت غذایی:** فناوری هوش مصنوعی می‌تواند با تحلیل داده‌های حاصل از فعالیت‌های شبکه‌های اجتماعی، کمبودهای مواد غذایی را شناسایی کند [32]. همچنین، با کمک داده‌کاوی شبکه‌های اجتماعی و الگوریتم‌های یادگیری ماشین می‌تواند رستوران‌های نیازمند بازرسی را شناسایی و از بیماری‌های ناشی از غذا جلوگیری کرد [33].
- **ارزیابی سلامت عمومی:** سیستم‌های مبتنی بر هوش مصنوعی قادرند با تحلیل عوامل مؤثر بر سلامت عمومی – از جمله کیفیت هوا، میزان آلاینده‌ها و کیفیت آب – ریسک‌های احتمالی برای سلامت شهروندان را شناسایی کنند.
- **مدیریت بحران:** الگوریتم‌های هوش مصنوعی می‌توانند با تحلیل داده‌های ویدئوهای نظارتی[1] حوادثی مانند آتش‌سوزی را به صورت خودکار تشخیص دهند و امکان واکنش سریع‌تر به این رخدادها را فراهم کنند [34]. همچنین، به وسیلهٔ یادگیری ماشین و پایش لحظه‌ای فضای مجازی می‌توان میزان خسارت واردشده را تخمین زد.
- **پیش‌بینی وضعیت جوی:** هوش مصنوعی با پیش‌بینی حوادث جوی مخاطره‌آمیز مانند سیل و توفان از وارد شدن تلفات سنگین جلوگیری می‌کند.

۲-۳-۴. هوش مصنوعی برای برنامه‌ریزی شهری

شهرها – به‌خصوص کلان‌شهرها – به طور پیوسته در حال دگرگونی و تکامل هستند. رشد سریع شهرنشینی، افزایش نیاز به محل سکونت و کمبود منابع، برنامه‌ریزی شهری را با چالش‌های اساسی روبه‌رو کرده است. در چنین شرایطی، هوش مصنوعی با ارائهٔ روش‌های بهینه می‌تواند برنامهٔ شهری را برای رویارویی با چالش‌های حال و آینده آماده کند. بنابراین، امروزه هوش مصنوعی کاربردهای بسیاری در برنامه‌ریزی شهری دارد، از جمله:

- **ساخت‌وساز:** به وسیلهٔ هوش مصنوعی می‌توان هزینه‌های پروژه را تخمین زد و با ریسک‌های احتمالی آن آشنا شد.

1. Surveillance Video

- **خانه و فضای عمومی هوشمند:** به‌کارگیری فناوری‌های هوش مصنوعی در خانه‌های هوشمند به افزایش کیفیت زندگی منجر می‌شود [35]. این امر با ادغام هوش مصنوعی و تجهیزات اینترنت اشیا[1] تحقق می‌یابد. در ابعاد بزرگ‌تر، با استفاده از هوش مصنوعی امکان مدیریت هوشمند فضاهای عمومی مانند پارک‌ها و پارکینگ‌ها نیز فراهم می‌شود.
- **رفع آلودگی صوتی:** برای تشخیص آلودگی صوتی ناشی از وسایل نقلیه، می‌توان از دستگاه‌های جمع‌آوری داده و نظارت لحظه‌ای استفاده کرد تا هنگام فراتر رفتن دامنه صدا از یک حد مشخص به مسئولان محلی اعلان صادر شود [36].
- **شبیه‌سازی فرایند شهری و مدیریت ریسک:** با طراحی مدل دیجیتالی دقیق از شهر (دوقلوی دیجیتال) و نقشهٔ ریسک شهری می‌توان فرایندهای شهری را شبیه‌سازی و ریسک‌های آتی را ارزیابی و مدیریت کرد [37].
- **بازار املاک:** به کمک هوش مصنوعی می‌توان تصاویر ۳بعدی از املاک را شبیه‌سازی کرد و به این‌ترتیب، خریداران قادر خواهند بود تا به صورت مجازی جزئیات املاک را بررسی کنند. همچنین، فناوری هوش مصنوعی می‌تواند با پردازش داده‌های قیمتی و روند میزان معاملات، قیمت املاک و نرخ اجازه را تخمین بزند [38].
- **تخمین جمعیت:** الگوریتم‌های هوش مصنوعی با تحلیل تصاویر و داده‌هایی مانند تراکنش‌های بانکی ما را قادر می‌سازد تا جمعیت شهر را تخمین بزنیم.

۲-۳-۵. هوش مصنوعی و مدیریت انرژی

امروزه، هوش مصنوعی نقش شایانی در بهبود کارایی و پایداری سیستم‌های انرژی ایفا می‌کنند. با به‌کارگیری الگوریتم‌های پیشرفتهٔ هوش مصنوعی، می‌توان مصرف انرژی را مدیریت کرد و نیازهای آتی را پیش‌بینی کرد. برخی از کاربردهای هوش مصنوعی در مدیریت انرژی عبارت‌اند از:

- **پیش‌بینی مصرف انرژی:** به وسیلهٔ داده‌های زمانی مصرف انرژی و الگوریتم‌های یادگیری ماشین، می‌توان مصرف انرژی ساختمان‌ها را پیش‌بینی کرد [39]. به این‌ترتیب، مدیران شهری قادر خواهند بود تا بین عرضه و تقاضای انرژی تعادل برقرار سازند.
- **تنظیم مصرف انرژی:** سیستم‌های مبتنی بر هوش مصنوعی امکان تنظیم مصرف انرژی را از طریق مدیریت هوشمند تأسیسات ساختمانی، از جمله سیستم‌های روشنایی و تأسیسات گرمایشی را فراهم می‌کنند. این سیستم‌ها با تشخیص حضور یا عدم حضور افراد در فضاهای مختلف ساختمان، به صورت خودکار تنظیمات لازم را اعمال می‌کنند که نتیجهٔ آن، مدیریت بهینهٔ مصرف انرژی خواهد بود.

۲-۳-۶. هوش مصنوعی برای ادارهٔ شهر

علاوه‌بر مواردی که تا اینجا گفته شد، می‌توان از هوش مصنوعی در سطوح کلان‌تر مانند ادارهٔ شهر استفاده کرد تا با بهبود سیاست‌گذاری شهری به کاهش هزینه‌ها و افزایش کیفیت زندگی شهری کمک شود. در ادامه کاربردهای هوش مصنوعی در ادارهٔ شهر را به‌تفصیل توضیح می‌دهیم:

- **ارزیابی و تدوین خط مشی:** به کمک دوقلوی دیجیتال شهر – که به کمک هوش مصنوعی به دست می‌آید – می‌توان اثرات تصمیم‌گیری‌های مختلف بر شهر را شبیه‌سازی کرد [40]. به این‌ترتیب، مدیران شهری قادر خواهند بود تا با ارزیابی تصمیمات مختلف، خط مشی مناسب را اتخاذ کنند.
- **فرایندهای اداری:** به کمک هوش مصنوعی امکان خدمات و احراز هویت غیرحضوری فراهم می‌شود. همچنین، می‌توان با به‌کارگیری هوش مصنوعی و تحلیل داده برخی فرایندها ادارای را به صورت خودکار انجام داد؛ برای مثال خودکارسازی تولید گزارش‌های اداری و سامانه‌های پاسخ‌گویی.

1. Internet of Things (IoT)

- **تعامل با شهروندان:** با پیاده‌سازی روش‌های پردازش زبان طبیعی و یادگیری ماشین می‌توان به صورت هدفمند با شهروندان تعامل داشت [41]. بارزترین نمونه‌های کاربرد هوش مصنوعی در این حوزه، چت‌بات‌ها و سامانه‌های تحلیل احساس[1] خودکار هستند که از آن‌ها برای پایش تجربه‌ها و نگرش شهروندان استفاده می‌شود.
- **افزایش کارایی:** به‌کارگیری ابزارهای هوشمند تولید محتوا در بخش‌های مختلف اداری و بهینه‌سازی تخصیص منابع به افزایش کارایی ادارهٔ هوشمند شهر منجر می‌شود.

پروژهٔ Smart Dublin یکی از نمونه‌های نقش هوش مصنوعی در ادارهٔ شهر و تعامل با شهروندان است. در این پروژه با بهره‌گیری از پردازش زبان طبیعی و یادگیری ماشین، تحلیل احساس داده‌های غیرساختاریافته شهروندان (مانند نظرات مردم در شبکه‌های اجتماعی) انجام می‌شود که در نتیجه آن، بینشی ارزشمند از نظرات و احساس مردم دربارهٔ رویدادها به دست می‌آید [41].

جدول ۲ خلاصه‌ای ار کاربردهای هوش مصنوعی در سطوح مختلف مدیریت شهری را نشان می‌دهد.

جدول ۲. کاربرد هوش مصنوعی در مدیریت شهری

کاربرد	توضیحات
مدیریت حمل‌ونقل	▪ پیش‌بینی تقاضای سفر ▪ یکپارچه‌سازی خدمات حمل‌ونقل ▪ تشخیص حوادث رانندگی ▪ بهینه‌سازی جریان ترافیک ▪ خودروی خودران ▪ حمل‌ونقل پایدار ▪ بهبود خودروهای برقی ▪ زیرساخت حمل‌ونقل
مدیریت پسماند	▪ کنترل تصفیه و دفع پسماند ▪ جمع‌آوری پسماند ▪ دسته‌بندی پسماند ▪ پیش‌بینی مقدار تولید پسماند
افزایش امنیت عمومی	▪ مدیریت همه‌گیری‌ها ▪ پایش وضعیت امنیت غذایی ▪ ارزیابی سلامت عمومی ▪ مدیریت بحران ▪ پیش‌بینی وضعیت جوی
برنامه‌ریزی شهری	▪ ساخت و ساز ▪ خانه و فضای عمومی هوشمند ▪ رفع آلودگی صوتی ▪ شبیه‌سازی فرایند شهری و مدیریت ریسک ▪ بازار املاک ▪ تخمین جمعیت
مدیریت انرژی	▪ پیش‌بینی مصرف انرژی ▪ تنظیم مصرف انرژی
اداره شهر	▪ ارزیابی و تدوین خط مشی ▪ فرایندهای اداری ▪ تعامل با شهروندان ▪ افزایش کارایی

1. Sentiment Analysis

۳. نتایج

به دلیل ماهیت مروری پژوهش، این مقاله به جای ارائهٔ نتایج مستقیم، یافته‌های حاصل از تحلیل مقالات و مطالعات گردآوری‌شده در مدیریت شهری و نحوهٔ استقرار و استفاده از آن‌ها را ارائه می‌دهد. طبق این مطالعات، ابتدا باید کاربردهای هوش مصنوعی در هر یک از سطوح مدیریت شهری بر اساس نیاز شهر، زیرساخت‌های موجود و تأثیر بر زندگی شهروندان اولویت‌بندی شوند و سپس، سیستم‌های هوش مصنوعی با در نظر گرفتن چالش‌های استقرار و مراحل چرخهٔ عمر این فناوری در محیط شهری مستقر شوند. بنابراین، با توجه به اهمیت راهبردی موضوع استقرار و چرخهٔ عمر هوش مصنوعی در محیط شهری، این مبحث در ادامه به‌تفصیل مورد واکاوی قرار خواهد گرفت.

۳-۱. استقرار و چرخهٔ عمر هوش مصنوعی در مدیریت شهری

به دلیل کاربردهای گسترده و مؤثر هوش مصنوعی در مدیریت شهری، تمایل به استفاده از این فناوری در شهرها رو به افزایش است. یکی از جنبه‌های حیاتی استفاده از هوش مصنوعی در مدیریت شهری، نحوهٔ استقرار آن در شهرها است. استقرار هوش مصنوعی در شهر را می‌توان در چارچوب مفهوم «چرخهٔ هوش مصنوعی» بررسی کرد. چرخهٔ عمر هوش مصنوعی نوعی رویکرد ساختاریافته است که به سازمان‌ها کمک می‌کند تا سیستم‌های هوش مصنوعی را از مراحل ابتدایی مفهوم‌سازی تا استقرار و نگهداری به طور بهینه مدیریت کنند. با توجه به شکل ۵، چرخهٔ عمر هوش مصنوعی نمایانگر تعامل سیستم با محیط اطرافش است که شامل ۵ فاز اصلی در هم تنیده می‌شود [42]:

۱. **چارچوب‌بندی و تحلیل**[1]: اولین فاز چرخهٔ هوش مصنوعی، فاز چارچوب‌بندی و تحلیل نیازهای پروژه است [43]. در این فاز، ابتدا مسئله و اهداف پروژهٔ مدیریت شهری مشخص می‌شود. همچنین، در فاز چارچوب‌بندی ارزیابی‌هایی همچون میزان نقش هوش مصنوعی در فرایند صورت می‌گیرد. این فاز از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است، زیرا ارزیابی‌ها و تصمیمات اتخاذشده در این بخش، شالودهٔ تصمیم‌گیری فازهای بعدی را تعیین می‌کند.

۲. **طراحی**[2]: یکی از بخش‌های مهم در فاز طراحی، تعریف و انتخاب الگوریتم یا معماری سیستم است [43]. تعریف الگوریتم تحت تأثیر نحوهٔ تفکر و درک طراحان از مسئله قرار دارد. لذا، در فاز طراحی باید به این نکته توجه داشت که تصمیمات اتخاذشده ممکن است به سوگیری‌ها و تبعیض علیه برخی گروه‌ها در جامعه ختم شود. علاوه بر این، در فاز طراحی جمع‌آوری داده‌ها و ارزیابی آن‌ها نیز صورت می‌گیرد [44].

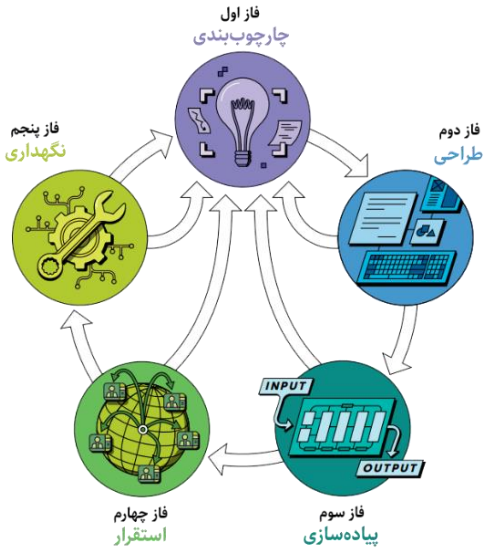
۳. **پیاده‌سازی**[3]: در فاز پیاده‌سازی، الگوریتم تعریف‌شده در فاز طراحی، پیاده‌سازی می‌شود. همانند سایر پیاده‌سازی‌ها، کیفیت و حجم داده در این فاز از اهمیت قابل توجهی برخوردار است، زیرا خروجی نهایی سیستم وابستگی زیادی با کیفیت ورودی دارد. از اساسی‌ترین چالش‌های این فاز، توضیح‌پذیری الگوریتم پیاده‌سازی‌شده برای سیستم است؛ به‌ویژه آنکه بسیاری از الگوریتم‌های جدید هوش مصنوعی، توضیح‌پذیری چندانی ندارند.

۴. **استقرار**[4]: زمانی که مدل پیاده‌سازی‌شده در مرحلهٔ آزمایش عملکرد مطلوبی از خود نشان دهد، وارد فاز استقرار می‌شویم. در فاز استقرار، مدل به‌دست‌آمده به محیط عملیاتی منتقل می‌شود. در این فاز، نظارت بر عملکرد مدل و دریافت بازخورد از کاربران صورت می‌گیرد [45]. همچنین، مواردی مانند امنیت سیستم پیاده‌سازی‌شده و کارکرد آن در دنیای واقعی مطرح می‌شود. این موارد بر محافظت از داده‌ها و حریم خصوصی کاربران تأثیر مستقیم می‌گذارد. از طرفی، در این فاز ممکن است مدل با سیستم‌های قبلی ادغام شود.

۵. **نگهداری**[5]: پس از استقرار هوش مصنوعی، فاز نگهداری آغاز می‌شود که تا آخر حیات آن ادامه دارد. در این فاز، حفظ عملکرد الگوریتم و به‌روزرسانی آن بیشترین اهمیت را دارند. همان‌طور که در شکل ۵ مشاهده می‌کنید، فاز نگهداری

1. Framing
2. Design
3. Implementation
4. Deployment
5. Maintenance

تحت تأثیر فازهای قبلی قرار دارد؛ به طوری که در بعضی از موارد به دلیل مشکلاتی که در فاز نگهداری به وجود می‌آید، فازهای قبلی دوباره باید انجام شوند. برای رویارویی با این مسئله، باید در فازهای قبلی امکاناتی را برای تحلیل و اصلاح سیستم‌ها پیش‌بینی کرد.



شکل ۵. چرخهٔ عمر هوش مصنوعی [42]

۳-۲. ریسک‌های هوش مصنوعی در مدیریت شهری

در هر یک از فازهای چرخهٔ عمر هوش مصنوعی، ممکن است با محدودیت‌ها و ریسک‌های خاص آن فاز مواجه شویم. به همین‌دلیل، آشنایی با این محدودیت‌ها و یافتن راهکارهایی برای پیشگیری از آن‌ها قبل از استقرار هوش مصنوعی بسیار حائز اهمیت است. برخی ریسک‌ها و محدودیت‌ها در هر یک از فازهای چرخهٔ عمر هوش مصنوعی در ادامه مورد بررسی قرار خواهد گرفت [46].

۳-۲-۱. ریسک‌های فاز چارچوب‌بندی

در فاز چارچوب‌بندی، چالش‌های متعددی وجود دارد که شامل عدم شفافیت مأموریت، کمبود مهارت و ظرفیت انسانی، نبود زیرساخت متناسب با سطح هوش مصنوعی، کمبود بودجه، ناسازگاری یک فناوری هوش مصنوعی خاص با مقررات و افزایش تدریجی وظایف پروژه می‌شود.

برای مقابله با این مشکلات، راهکارهایی همچون اطلاع‌رسانی عمومی دربارهٔ قابلیت‌های هوش مصنوعی، تضمین حضور نیروی متخصص در تمامی مراحل پروژه، ارزیابی زیرساخت‌های دیجیتال موجود پیش از پیاده‌سازی پروژهٔ هوش مصنوعی، برآورد دقیق هزینه‌ها، ارزیابی دقیق قوانین قبل از طراحی فناوری هوش مصنوعی و بررسی دقیق کاربرد اصلی فناوری هوش مصنوعی قبل از استفاده در وظایف جدید پیشنهاد می‌شود.

۳-۲-۲. ریسک‌های فاز طراحی

در فاز طراحی ممکن است با محدودیت‌هایی از قبیل کمبود تنوع (فرهنگی، نژادی و تحصیلی) در اعضای گروه، شکاف دیجیتال و تفاوت در دسترسی به فناوری‌های نوین، سوء استفاده از هوش مصنوعی، ناهمسویی ارزش‌های انسانی و هوش مصنوعی (عدم تطابق خروجی با ارزش‌های مشخص‌شده) مواجه شویم.

به منظور غلبه بر این محدودیت‌ها می‌توان راهکارهایی مانند تشکیل تیم‌های طراحی متنوع از افراد با زمینه‌های مختلف، آموزش سواد دیجیتال، ارتقای سواد عمومی در زمینهٔ تأثیرات پنهان هوش مصنوعی و تعریف دقیق ارزش‌های انسانی در الگوریتم هوش مصنوعی را مد نظر قرار داد.

۳-۲-۳. ریسک‌های فاز پیاده‌سازی

برخی از مهم‌ترین ریسک‌هایی که ممکن است در فاز پیاده‌سازی با آن‌ها روبه‌رو شویم عبارت‌اند از: سوگیری، دقت ناکافی برای برخی جمعیت‌های آماری[1]، نشت اطلاعات حساس، عدم توضیح‌پذیری، وجود اطلاعات حساس و تبعیض‌آمیز، مقاوم نبودن سیستم[2]، حریم خصوص ناکافی، مصرف انرژی بالا و نقض حریم خصوصی هنگام جمع آوری داده.

برای مدیریت این چالش‌ها راهکارهایی همچون تحلیل تبعیض‌های ساختاری در داده‌ها، جمع‌آوری داده‌های متنوع، شناسایی و حذف ویژگی‌های حساس غیرضروری، استفاده از الگوریتم‌های قابل تفسیر یا شفاف کردن نحوهٔ تصمیم‌گیری الگوریتم‌ها با روش‌های تفسیرپذیری، طراحی سیستم با در نظر گرفتن داده‌های دارای نویز و استفاده از مدل‌های از پیش آموزش‌دیده برای کاهش هزینه‌های انرژی در فاز آموزش می‌تواند مناسب باشد.

۳-۲-۴. ریسک‌های فاز استقرار

در فاز استقرار ریسک‌هایی همچون امنیت ناکافی سامانه، ذخیره‌سازی ناامن داده‌ها، بی‌اعتمادی مردم نسبت به سیستم هوش مصنوعی، خرید بدون بررسی الگوریتم‌های آماده دیده می‌شود.

برای مقابله با ریسک‌های گفته‌شده در فاز استقرار راه‌حل‌هایی مانند انجام آزمایش‌های امنیتی و نظارت مداوم بر سیستم‌ها، رعایت استانداردهای امنیتی برای ذخیره‌سازی داده‌ها و تعامل مؤثر با جامعه پیشنهاد می‌شود.

۳-۲-۵. ریسک‌های فاز نگهداری

در فاز نگهداری نیز ممکن است با چالش‌هایی همچون آسیب‌های اجتماعی (عدم همسویی بین اهداف انسانی و اهداف هوش مصنوعی)، کاهش تدریجی تطابق داده‌ها و مفهوم با واقعیت‌های جامعه[3] و از دور خارج نکردن سیستم هوش مصنوعی با وجود پایان چرخهٔ عمر آن مواجه شویم.

برای رفع این چالش‌ها می‌توان راهکارهایی مانند بررسی مستمر و اصلاح الگوهای مضر سیستم، اطمینان از به‌روز بودن داده‌ها و مدل‌ها و برنامه‌ریزی برای از دور خارج کردن سیستم‌های هوش مصنوعی قدیمی را مد نظر قرار داد.

با توجه به نکات یادشده، نیاز است قبل از استقرار هوش مصنوعی در مدیریت شهری، ریسک‌ها و محدودیت‌های آن به دقت بررسی شود تا از بروز مشکلات در هر یک از فازها جلوگیری شود. از آنجا که هر یک از فازهای چرخهٔ عمر هوش مصنوعی به یکدیگر وابسته هستند، بروز مشکل در هر یک از فازها، بخش‌های دیگر را تحت تأثیر خود قرار می‌دهد. بنابراین، تعیین هدف و بودجه به صورت شفاف، ایجاد زیرساخت‌های لازم، دسترسی به فناوری‌های نوین، جلوگیری از سوگیری‌های اجتماعی، تأمین امنیت سامانه و به‌کارگیری دادگان به‌روز از اهمیت بالایی در کاهش ریسک برخوردار هستند.

۴. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این پژوهش، ابتدا با مفاهیم بنیادین هوش‌مصنوعی و فرصت‌های فوق‌العاده‌ای که این فناوری برای ما فراهم می‌کند، آشنا شدیم. سپس، راهکارهایی برای مدیریت ریسک‌های هوش مصنوعی و حکمرانی داده ارائه شد. در ادامه، شهر هوشمند و نقش هوش مصنوعی در چنین شهری را به‌تفصیل بررسی و نمونه پروژه‌های موفق در این حوزه را معرفی کردیم. همچنین، با

1. Demography
2. Lack of Robustness
3. Data and Concept Drift

بررسی‌های صورت‌گرفته مشخص شد که برای به‌کارگیری هوش مصنوعی در شهر، آگاهی از چرخهٔ عمر هوش مصنوعی و ریسک‌های استقرار هوش در مصنوعی از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است.

با این‌حال، در این پژوهش مروری با محدودیت‌هایی نیز روبه‌رو بوده‌ایم. نخست آنکه، به دلیل ماهیت مروری، تحلیل‌ها به یافته‌های موجود وابسته بوده و داده‌های تجربی جدیدی ارائه نشده است. علاوه بر این، در بسیاری از پروژه‌های کلان هوش مصنوعی در شهر، اطلاعات دقیق و به‌روز منتشر نمی‌شود؛ به همین‌دلیل، بیشتر نمونه‌های یادشده در مقاله براساس داده‌های ثانویه بوده است. از طرفی، به دلیل افزایش استفاده از هوش مصنوعی در پروژه‌های شهری و گستردگی موضوعات مورد بررسی، امکان تحلیل عمیق همهٔ ابعاد وجود نداشت. همچنین، تفاوت‌های سیاسی، اقتصادی و اجتماعی میان کشورها می‌تواند مانعی برای تعمیم‌پذیری و پیاده‌سازی پروژه‌های مشابه در کشورهای دیگر (به‌ویژه کشورهای در حال توسعه) باشد و تمرکز بر پروژه‌های موفق ممکن است چالش‌های شهرهای کمترتوسعه‌یافته را به‌خوبی منعکس نکند. با وجود این محدودیت‌ها، پژوهش حاضر می‌تواند راهکارهای مفیدی را برای سیاست‌گذاری و توسعهٔ شهرهای هوشمند ارائه دهد.

بر اساس یافته‌های این پژوهش، می‌توان پیشنهادهایی برای بهینه‌سازی به‌کارگیری هوش مصنوعی در مدیریت شهری مطرح کرد. در وهلهٔ اول، تقویت دانش و تخصص سازمانی برای استفاده از تمام ظرفیت‌های هوش مصنوعی امری ضروری است. همچنین، نیاز است زیرساخت‌های فنی لازم – شامل زیرساخت‌های سخت‌افزاری و فناوری‌های نرم‌افزاری – ایجاد و یکپارچگی بین سامانه‌ها انجام شود. همان‌طور که در بخش ۲-۲ اشاره شد، جمع‌آوری داده‌های مختلف و تدوین حکمرانی داده‌ها نباید نادیده گرفته شود؛ این مورد می‌تواند شامل تعیین اداره یا افراد برای مدیریت، نگهداری و ارائهٔ داده‌ها و همچنین تعریف استانداردها و رویه‌های مشخص در به‌کارگیری داده‌ها باشد. علاوه بر این، آزمودن فناوری‌ها می‌تواند تأثیر به‌سزایی در بهینه‌سازی کاربرد هوش مصنوعی داشته باشد؛ برای مثال توسعهٔ چت‌بات‌ها برای ارتباط درون‌سازمانی یا ارتباط مردمی و تحلیل هوشمند داده‌های موجود. در نهایت، برای برطرف کردن نیازهای واقعی جامعه، استفاده از رویکرد مردم‌محور برای طراحی پروژه‌های هوش مصنوعی بسیار حائز اهمیت است. این پیشنهادها می‌توانند مسیر حرکت به‌سوی مدیریت شهری هوشمندتر و کارآمدتر را هموار سازند.

منابع

1. Cugurullo F, Caprotti F, Cook M, Karvonen A, Mcguirk P, Marvin S. Artificial Intelligence and the City: Urbanistic Perspectives on AI. 2023.
2. Russell SJ, Norvig P. Artificial intelligence : a modern approach. 3rd ed. Pearson; 2016.
3. Strelkova O. Three Types of Artificial Intelligence. 2017.
4. Janiesch C, Zschech P, Heinrich K. Machine learning and deep learning. Electron Markets. 2021 Sep 1;31(3):685–95.
5. Jovanovic M, Campbell M. Generative Artificial Intelligence: Trends and Prospects. Computer. 2022 Oct;55(10):107–12.
6. Zhao WX, Zhou K, Li J, Tang T, Wang X, Hou Y, et al. A Survey of Large Language Models. arXiv; 2024.
7. Xu H, Omitaomu F, Sabri S, Zlatanova S, Li X, Song Y. Leveraging generative AI for urban digital twins: a scoping review on the autonomous generation of urban data, scenarios, designs, and 3D city models for smart city advancement. Urban Info. 2024;3(1):29.
8. McMillan L, Fayaz J, Varga L. Domain-informed variational neural networks and support vector machines based leakage detection framework to augment self-healing in water distribution networks. Water Research. 2024;249:120983.
9. Chamberlain A. Using Aspects of Data Governance Frameworks to Manage Big Data as an Asset. University of Oregon; 2013.
10. Sarsfield S. The Data Governance Imperative. IT Governance Publishing; 2009.
11. PricewaterhouseCoopers. Global and industry frameworks for data governance. PwC.
12. Ning Z, Yuan QJ. An Overview of Data Governance. Economics Paper. 2016;
13. Bernardo BMV, Mamede HS, Barroso JMP, Dos Santos VMPD. Data governance & quality management—Innovation and breakthroughs across different fields. Journal of Innovation & Knowledge. 2024 Oct;9(4):100598.
14. Khanzode K, Sarode R. Advantages and disadvantages of artificial intelligence and machine learning: a literature review. International Journal of Library & Information Science (IJLIS). 2020 Jan 1;9(1):3.
15. Li W, Li J, Ma W, Liu Y. Citation-Enhanced Generation for LLM-based Chatbots. arXiv; 2024.
16. Vaidheeswaran A. The Carbon Impact of Large Language Models: AI's Growing Environmental Cost | LinkedIn.
17. Hutter R, Hutter M. Chances and Risks of Artificial Intelligence—A Concept of Developing and Exploiting Machine Intelligence for Future Societies. ASI. 2021 Jun 2;4(2):37.
18. Harnessing open data to create smart communities [Internet]. opendatasoft.; Available from: https://www.opendatasoft.com/wp-content/uploads/2023/01/202212_Smart-cities_V3.pdf
19. Diran D, Van Veenstra AF, Timan T, Testa P, Kirova M. Artificial Intelligence in smart cities and urban mobility. Policy Department for Economic, Scientific and Quality of Life Policies. 2021;
20. Zhang X, Ke Q, Zhao X. Travel Demand Forecasting: A Fair AI Approach. IEEE Trans Intell Transport Syst. 2024 Oct;25(10):14611–27.
21. Rajabi E, Nowaczyk S, Pashami S, Bergquist M, Ebby GS, Wajid S. A Knowledge-Based AI Framework for Mobility as a Service. Sustainability. 2023 Feb 2;15(3):2717.
22. Gu Y, Qian Z (Sean), Chen F. From Twitter to detector: Real-time traffic incident detection using social media data. Transportation Research Part C: Emerging Technologies. 2016;67:321–42.
23. Hasan U, Whyte A, Al Jassmi H. A Review of the Transformation of Road Transport Systems: Are We Ready for the Next Step in Artificially Intelligent Sustainable Transport? ASI. 2019;3(1):1.
24. How ET City Brain Is Transforming the Way We Live – One City at a Time [Internet]. Alibaba Cloud Community. Available from: https://www.alibabacloud.com/blog/how-et-city-brain-is-transforming-the-way-we-live-one-city-at-a-time_593745
25. Liu T, Ceder A (Avi). Analysis of a new public-transport-service concept: Customized bus in China. Transport Policy. 2015;39:63–76.
26. Aydın Temel F, Cagcag Yolcu O, Turan NG. Artificial intelligence and machine learning approaches in composting process: A review. Bioresource Technology. 2023;370:128539.

27. Fang B, Yu J, Chen Z, Osman AI, Farghali M, Ihara I, et al. Artificial intelligence for waste management in smart cities: a review. Environ Chem Lett. 2023 Aug 1;21(4):1959–89.
28. Mao wei lung, Chen WC, Fathurrahman HIK, Lin YH. Deep learning networks for real-time regional domestic waste detection. Journal of Cleaner Production. 2022 Feb 1;344:131096.
29. Soni U, Roy A, Verma A, Jain V. Forecasting municipal solid waste generation using artificial intelligence models—a case study in India. SN Appl Sci. 2019 Jan 14;1(2):162.
30. Golbaz S, Nabizadeh R, Sajadi HS. Comparative study of predicting hospital solid waste generation using multiple linear regression and artificial intelligence. J Environ Health Sci Engineer. 2019 Jun 1;17(1):41–51.
31. Namasudra S, Dhamodharavadhani S, Rathipriya R. Nonlinear Neural Network Based Forecasting Model for Predicting COVID-19 Cases. Neural Process Lett. 2023;55(1):171–91.
32. Kim J, Cha M, Lee JG. Nowcasting commodity prices using social media. PeerJ Computer Science. 2017 Jul 31;3:e126.
33. Sadilek A, Kautz H, DiPrete L, Labus B, Portman E, Teitel J, et al. Deploying nEmesis: Preventing Foodborne Illness by Data Mining Social Media. Ai Magazine. 2017 Mar 1;38:37–48.
34. Jung D, Tran Tuan V, Quoc Tran D, Park M, Park S. Conceptual Framework of an Intelligent Decision Support System for Smart City Disaster Management. Applied Sciences. 2020 Jan 17;10(2):666.
35. Alaa M, Zaidan AA, Zaidan BB, Talal M, Kiah MLM. A review of smart home applications based on Internet of Things. Journal of Network and Computer Applications. 2017 Nov 1;97:48–65.
36. Garcia E. Ai-Driven Noise Pollution Monitoring and Mitigation in Smart Cities.
37. Shahat E, Hyun CT, Yeom C. City Digital Twin Potentials: A Review and Research Agenda. Sustainability. 2021;13(6):3386.
38. Pinter G, Mosavi A, Felde I. Artificial Intelligence for Modeling Real Estate Price Using Call Detail Records and Hybrid Machine Learning Approach. Entropy. 2020 Dec;22(12):1421.
39. Wei N, Li C, Peng X, Zeng F, Lu X. Conventional models and artificial intelligence-based models for energy consumption forecasting: A review. Journal of Petroleum Science and Engineering. 2019 Oct 1;181:106187.
40. Bosco G, Riccardi V, Sciarrone A, D'Amore R, Visvizi A. AI-driven innovation in smart city governance: achieving human-centric and sustainable outcomes. Transforming Government: People, Process and Policy. 2024;
41. SmartDublin. The Dublin Beat Understanding Citizen Sentiment [Internet]. Smart Dublin. 2020. Available from: https://smartdublin.ie/the-dublin-beat-understanding-citizen-sentiment/
42. Koseki S, Jameson S, Farnadi G, Rolnick D, Régis C, Denis JL, et al. AI & Cities: Risks, Applications and Governance. United Nations Human Settlements Programme (UN-Habitat); 2022.
43. Padmanaban H, Sharma DrY. Implication of Artificial Intelligence in Software Development Life Cycle: A state of the art review. 2019 Jun 1;93–928.
44. De Silva D, Alahakoon D. An artificial intelligence life cycle: From conception to production. Patterns. 2022 Jun 10;3(6):100489.
45. Chen Y, Clayton E, Novak L, Anders S, Malin B. Human-Centered Design to Address Biases in Artificial Intelligence. Journal of medical Internet research. 2023 Mar 24;25:e43251.
46. Ben Dhaou S, Isagah T, Distor C, Campos Ruas I. Global Assessment of Responsible AI in Cities – Research and recommendations to leverage AI for people-centred smart cities. Nairobi, Kenya: United Nations Human Settlements Programme (UN-Habitat); 2024.