

Artificial Intelligence for Urban Autonomy; To the Autonomous City of Arak

Majid Godarzi¹ , Ali Mirzaei²

1. (Corresponding Author) *Department of Geography and Urban Planning, Faculty of Letters and Humanities, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.*

Email: m.godarzi@acu.ac.ir

2. *Department of Geography and Urban Planning, Faculty of Letters and Humanities, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.*

Email: mirzai@gmail.com

Article Info

Article type:
Research Article

Article History:

Received:

2 February 2025

Received in revised form:

8 April 2025

Accepted:

15 May 2025

Available online:

30 June 2025

Keywords:

Urban Planning,
Autonomous City,
Artificial Intelligence,
Arak City.

ABSTRACT

Today, the use of data and data-driven solutions in urban planning and policy-making has been greatly welcomed by citizens and urban management. In this regard, industry and technology have taken steps to produce products under artificial intelligence at a remarkable speed to ensure the well-being of human life. As a result, the performance of cities may change if these tools are used in the fields of economy, society, environment, and governance. For this purpose, the current research was developed with the aim of artificial intelligence for urban autonomy. In terms of purpose, this research is applied, and in terms of nature and method, it is considered descriptive-analytical research. Documentary and field methods have been used to collect data. Then, based on the theoretical foundations and the Delphi method, the indicators, and variables affecting the autonomous city were extracted in the eight dimensions of governance, security, institutional, economic, decision support, environmental, technology, and supervision. In the second stage, it was analyzed using the mutual effects technique (structural analysis method), scoring, and in the MICMAC software environment, and the driving and key factors of the autonomous city were selected according to the score of influence and direct and indirect influence. The results indicate that the autonomous city system is a stable system, and the driving factors with impact, such as artificial intelligent delivery services, the creation of digital platforms, digital services, connected public transportation, and the creation of a large integrated national data center, have the most impact. Direct factors such as updating old systems, automating financial processes and detecting fraud, creating large integrated national data centers, installing sensors, and creating automation have the most indirect effect and are some of the main factors in the development of the autonomous city. The innovation of the present research lies in providing solutions that incorporate the use of artificial intelligence in managing cities, aiming to move them toward autonomy.

Cite this article: Godarzi, M., & Mirzaei, A. (2025). Artificial Intelligence for Urban Autonomy; To the Autonomous City of Arak. *Geographical Urban Planning Research Quarterly*, 13 (2), 1-17.

<http://doi.org/10.22059/jurbangeo.2024.383661.2000>



© The Author (s)

Publisher: University of Tehran Press

Extended Abstract

Introduction

Today, with the development of human societies and living standards, the need for efficient tools in social interactions and industry has been felt more than ever. In the last decade, citizens and urban management have greatly welcomed the use of data and data-driven solutions in urban planning and policy-making. In this regard, industry and technology have taken steps to produce products under artificial intelligence at a remarkable speed to ensure the well-being of human life. As a result, the performance of cities may change if these tools are used in the fields of economy, society, environment, and governance. For this purpose, the current research with the aim of artificial intelligence for urban autonomy has been developed for the autonomous city of Arak. In terms of purpose, this research is applied, and in terms of nature and method, it is considered descriptive-analytical research.

Methodology

The current research is applied in terms of purpose and descriptive-analytical based on its nature and method and relies on future research methods using quantitative and qualitative models. In this research, firstly, with a systematic and structural view, the review of the theoretical literature using the method of collecting documentary and library information in the field of using artificial intelligence in governance and urban management was discussed, then based on the theoretical foundations obtained and the indicators and the influential variables related to artificial intelligence in urban governance, eight dimensions (governance, security, institutional, economic, decision support, environmental, technology, supervision) were extracted. In the second stage, it was scored using the technique of mutual effects (structural analysis method) and analyzed in the environment of MICMAC software, and finally, the driving and key factors of the autonomous city were selected according to direct influence and effectiveness.

Results and discussion

According to the preliminary analysis in the

field of MDI matrix features, it was found that the number of repetitions with the software proposal is considered 3 times, and the filling degree of the MDI matrix is 68.98%, which shows a high coefficient of influence of the variables on each other. It can be seen that the distribution and dispersion of variables affecting the use of artificial intelligence in the Arak metropolis is L-shaped and indicates the stability of the system, and four categories of variables are influencing factors, two-dimensional factors, dependent factors, and independent factors. They can be identified and separated.

Conclusion

Using the experts' Delphi questionnaire, 38 variables were extracted and analyzed using the interaction effects analysis model in Mic Mac software. The results show that key factors play a role in the future state of the realization of urban artificial intelligence in Arak metropolis. These important factors include artificial intelligent delivery services, the creation of digital platforms, digital services, connected public transportation, the creation of a large integrated national data center with the most significant direct impact, and factors such as updating old systems, automating financial processes, and detecting fraud. The large integrated national data center, the installation of sensors, and the creation of automation have the most significant indirect impact and are one of the main factors in the development of the autonomous city.

Funding

There is no funding support.

Authors' Contribution

Authors contributed equally to the conceptualization and writing of the article. All of the authors approved the content of the manuscript and agreed on all aspects of the work declaration of competing interest none.

Conflict of Interest

Authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

We are grateful to all the scientific consultants of this paper.

هوش مصنوعی برای خودمختاری شهری؛ به سمت شهر خودمختار اراک

مجید گودرزی^۱ ✉، علی میرزایی^۲ 

۱- (نویسنده مسئول) گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران. رایانامه: m.goodarzi@acu.ac.ir
۲- گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران. رایانامه: mirzai@gmail.com

اطلاعات مقاله

چکیده

نوع مقاله:

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت:

۱۴۰۳/۱۱/۱۴

تاریخ بازنگری:

۱۴۰۴/۰۱/۱۹

تاریخ پذیرش:

۱۴۰۴/۰۲/۲۵

تاریخ چاپ:

۱۴۰۴/۰۴/۰۹

واژگان کلیدی:

برنامه‌ریزی شهری،
شهر خودمختار،
هوش مصنوعی،
شهر اراک.

امروزه استفاده از داده‌ها و راه‌کارهای داده محور در خط‌مشی‌گذاری و برنامه‌ریزی شهری، به‌شدت با استقبال شهروندان و مدیریت شهری مواجه شده است. در این راستا صنعت و تکنولوژی جهت تأمین رفاه زندگی انسانی با سرعت چشمگیری به تولید محصولات تحت عنوان هوش مصنوعی گام نهاده‌اند. درنتیجه عملکرد شهرها با استفاده از این ابزارها در حوزه‌های اقتصاد، جامعه، محیط‌زیست و حاکمیت ممکن است تغییر کند. به همین منظور پژوهش حاضر باهدف هوش مصنوعی برای خودمختاری شهری تدوین شده است. این پژوهش به لحاظ هدف، کاربردی و از نظر ماهیت و روش در زمره تحقیقات توصیفی - تحلیلی است. برای جمع‌آوری داده‌ها از روش‌های اسنادی و میدانی استفاده شده است؛ سپس بر پایه مبانی نظری حاصل‌شده و با استفاده از روش دلفی، شاخص‌ها و متغیرهای اثرگذار در شهر خودمختار در ابعاد هشت‌گانه حکمرانی، امنیت، نهادی، اقتصادی، پشتیبانی تصمیم، زیست‌محیطی، فناوری و نظارت استخراج گردید. در مرحله دوم با استفاده از تکنیک تأثیرات متقابل (روش تحلیل ساختاری)، امتیازدهی و در محیط نرم‌افزار MICMAC مورد تحلیل قرار گرفت و عوامل پیشران و کلیدی شهر خودمختار با توجه به امتیاز تأثیرگذاری و تأثیرپذیری مستقیم و غیرمستقیم انتخاب شد. نتایج حاکی از آن است که سیستم شهر خودمختار، سیستمی پایدار بوده و عوامل پیشران با تأثیرگذاری، عواملی چون خدمات‌رسانی باهوش مصنوعی، ایجاد پلتفرم‌های دیجیتال، خدمات دیجیتال، حمل‌ونقل عمومی متصل و ایجاد مرکز داده بزرگ یکپارچه ملی دارای بیشترین تأثیرگذاری مستقیم و عواملی چون به‌روزرسانی سیستم‌های قدیمی، خودکارسازی فرآیندهای مالی و کشف ثقل، مرکز داده بزرگ یکپارچه ملی، نصب حسگرها، ایجاد اتوماسیون دارای بیشترین تأثیر غیرمستقیم و از اصلی‌ترین عوامل بر توسعه شهر خودمختار می‌باشد.

استناد: گودرزی، مجید و میرزایی، علی. (۱۴۰۴). هوش مصنوعی برای خودمختاری شهری؛ به سمت شهر خودمختار اراک. پژوهش‌های جغرافیای برنامه‌ریزی شهری، ۱۳ (۲)، ۱-۱۷.

<http://doi.org/10.22059/jurbangeo.2024.383661.2000>

مقدمه

جمعیت جهان تا سال ۲۰۵۰ نزدیک به ۱۰ میلیارد نفر افزایش پیدا می‌کند (Norman, 2018). بیش از ۵۰ درصد از جمعیت جهان (Bazan-Krzywoszańska et al., 2020) و در مورد اروپا ۷۰ درصد آن‌ها در شهرها زندگی می‌کنند (Bazan-Krzywoszańska et al., 2020; Son et al., 2023). به گونه‌ای که قرن حاضر را به‌درستی می‌توان «قرن شهرنشینی» نامید (زیاری و همکاران، ۱۴۰۳) و تا سال ۲۰۵۰، جمعیت شهری نسبت به سال ۲۰۰۹ تقریباً دو برابر خواهد شد (از ۳/۴ میلیارد به ۶/۳ میلیارد نفر) (رضایی و همکاران، ۱۴۰۲). بنابراین فشارها بر شهرهای ما که با چالش‌های بهداشت شهری، تغییرات آب و هوایی، عدالت اجتماعی و حکمرانی شهری روبرو هستند، احتمالاً افزایش خواهد یافت (Norman, 2018) و همچنین با فشار فزاینده‌ای در رابطه با جنبه‌های اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی و دولتی مواجه هستند (Son et al., 2023). برای پاسخگویی به شرایط نامطمئن آینده، ناکارآمدی مدیریتی و کاهش زندگی در شهرها، از سال ۲۰۱۷ رویکرد نوینی در ادبیات برنامه‌ریزی تحت عنوان کیفیت خدمات شهری بر مبنای هوش مصنوعی توسط ائتلاف شهرها به وجود آمد (انوشه‌یی و رضایی، ۱۴۰۲).

امروزه شهرها برای تبدیل شدن به برترین موجودات اجتماعی در حال رقابت هستند (SaaDah, 2021)؛ همان‌طور که شهرها رشد می‌کنند، به‌طور جداگانه به ثروت و قدرت بیشتری در تصمیم‌گیری و نفوذ دست می‌یابند (Norman, 2018). امروزه با پیشرفت جوامع بشری و ترقی سطح معیشت، نیاز بشر به ابزارهایی کارآمد در تعاملات اجتماعی و صنعت بیش‌ازپیش احساس شده است (زرقانی و قبا سفیدی، ۱۴۰۲). در دهه اخیر استفاده از داده‌ها و راهکارهای داده محور در خطمشی‌گذاری و برنامه‌ریزی شهری، به‌شدت با استقبال شهروندان و مدیریت شهری مواجه شده است (منوریان و همکاران، ۱۴۰۲). و نرم‌افزار، سخت‌افزار و پی‌بستر موردنیاز را برای دسترسی شهروندان به پایگاه‌های داده خدمات دولتی و بخش خصوصی، به‌صورت شبانه‌روزی بر روی شبکه وب فراهم می‌آورند (صبحی و همکاران، ۱۳۸۶). همچنین در این راستا صنعت و تکنولوژی جهت تأمین رفاه زندگی انسانی با سرعت چشمگیری به تولید محصولاتی تحت عنوان هوش مصنوعی گام نهاده‌اند (زرقانی و قبا سفیدی، ۱۴۰۲).

انسان وجودی سراسر هوشمند است و هوشمندی اصل اول انسانی به حساب می‌آید. این اصل اکنون ناباورانه با هوش مصنوعی جابه‌جاشده است (ادیانی، ۱۳۹۸). هوش مصنوعی امروزه یک کلمه رایج در مباحث دانشگاهی و عمومی است (Palmini & Cugurullo, 2023)، در حال تبدیل شدن به بخشی از زندگی روزمره است (Cugurullo & Acheampong, 2023) و در مرحله‌ای است که از دوران کودکی خارج شده و در دوران جوانی خود قرار دارد و کاربردها و خدمات متنوع مبتکرانه و خلاقانه‌ای را برای کسب و کارها، مردم و دولت‌ها فراهم کرده است (صفری و ابراهیمی، ۱۴۰۱). کاربردهای هوش مصنوعی چنان گسترده و فراگیر شده‌اند که بسیاری از این کاربردها دیگر با نام هوش مصنوعی شناخته نمی‌شوند و نام تخصصی خود را دارند (انوشه‌یی و رضایی، ۱۴۰۲)؛ از این رو سازمان‌های خدماتی، تولیدی، پژوهشی و پژوهشگران زیادی به سمت این فناوری سوق یافته‌اند (صفری و ابراهیمی، ۱۴۰۱). منظور از اصطلاح هوش مصنوعی به‌طور کلی مجموعه‌ای از فناوری‌ها و سیستم‌های مرتبط با هم است که کارکردهای شناختی ذهن انسان را برای حل مشکلات، انجام وظایف، توصیه‌ها و تصمیم‌گیری بدون هیچ‌گونه یا با راهنمایی صریح محدود از انسان جعل می‌کند (Yigitcanlar et al., 2023) و قادر به کسب اطلاعات از محیط اطراف و تصمیم‌گیری منطقی به‌طور مستقل و حتی در شرایط عدم اطمینان هستند (Palmini & Cugurullo, 2023). همچنین می‌توانند واکنش‌های مشابه رفتارهای هوشمند انسانی داشته باشند (زرقانی و قبا سفیدی، ۱۴۰۲)، در نتیجه عملکرد شهرها با استفاده از این ابزارها در حوزه‌های اقتصاد، جامعه، محیط‌زیست و حاکمیت ممکن است تغییر کند (Palmini & Cugurullo, 2023).

(Cugurullo)

اگرچه استفاده از فناوری‌ها در مدیریت شهرها یک مفهوم کاملاً جدید نیست - که به اواخر دهه ۱۹۵۰ و اوایل دهه ۱۹۶۰ بازمی‌گردد - به‌تازگی است که پتانسیل این فناوری‌ها به‌طور گسترده شناخته‌شده است (Son et al., 2023). این نوآوری تکنولوژیکی به‌طور مداوم در حال تغییر دادن شکل مادی و مکانیکی شهر هوشمند است (Cugurullo, 2020). شهرهای هوشمند و نوآوری که رهبران فناوری‌های مبتنی بر فناوری اطلاعات هستند (Banaeian Far & Imani, 2023) که در آن‌ها روبات‌ها و عوامل نرم‌افزاری که در حال تبدیل شدن به اشکال گسترده‌ای از نمایندگی در بافت‌های شهری هستند (Palmini & Cugurullo, 2023). نوآوری در هوش مصنوعی که به‌عنوان یک فناوری بسیار امیدوارکننده در توسعه شهری هوشمند و پایدار شناخته‌شده است (Son et al., 2023) به شکل ماشین‌های خودران، ربات‌ها و مغزهای شهری، شهر هوشمند را به‌سوی تبدیل شدن به یک موجود شهری خودمختار سوق داده است که تا حد زیادی ناشناخته است (Cugurullo, 2021). قابلیت‌های بسیار پیچیده، محبوبیت آن را در بسیاری از بخش‌ها در سراسر جهان افزایش داده است (Yigitcanlar et al., 2023) و به‌سرعت به بخشی از زندگی روزمره تبدیل شده است (Acheampong & Cugurullo, 2023)؛ تا جایی که بسیاری از شهرها در سراسر جهان در تلاش هستند تا از طریق توسعه و استقرار سیستم‌های هوش مصنوعی خود را به‌عنوان رهبران نوآوری شهری معرفی کنند (Yigitcanlar et al., 2023).

با توجه به پیچیدگی و ماهیت پویای شهرها، شناسایی مسائل راهبردی از مهم‌ترین ضرورت‌ها و پیش‌نیازها برای کارآمدی فرایند تصمیم‌گیری در مدیریت شهری است (انوشه‌یی و رضایی، ۱۴۰۲). در سال‌های اخیر، حکومت‌های سراسر جهان در سطح ملی، بر هوش مصنوعی به‌عنوان عامل افزایش ظرفیت‌ها و رقابت‌پذیری بین‌المللی تمرکز کرده‌اند. بسیاری از شهروندان در شهرهای ایران احساس می‌کنند که حتی در قیاس با شهرهای کشورهای همسایه، میزان قابل‌توجهی از خدمات شهرها به شهروندان ارائه نمی‌شود (منوریان و همکاران، ۱۴۰۲). شهر اراک مانند تمام شهرهای دیگر دارای مشکلاتی می‌باشد که ازجمله آن‌ها حاشیه‌نشینی و اسکان غیررسمی، ترافیک، تراکم جمعیت در مرکز شهر به خاطر وابسته بودن مردم برای تأمین مایحتاج و ... که با ورود فناوری و تکنولوژی‌های جدید می‌توان از این مشکلات کاست. یکی از این علوم جدید هوش مصنوعی می‌باشد که در سال‌های اخیر در تمام قسمت‌های جامعه ورود کرده و کاربرد دارد. یکی از این عرصه‌ها شهر و حاکمیت در شهر می‌باشد. لذت در این پژوهش باهدف شناسایی عوامل پیشران برای تبدیل شهر اراک به شهر خودمختار یعنی شهری که بر اساس هوش مصنوعی اداره می‌شود، انجام شده است.

مبانی نظری

شهر خودمختار

روندهای جهانی شهرنشینی و تغییرات آب و هوایی هم‌زمان نیازمند راه‌حل‌های بسیار هوشمندانه و نوآورانه است (Norman, 2018). در سال‌های اخیر، ادبیات مربوط به شهرهای هوشمند و حکمرانی شهری توجه ویژه‌ای به فرصت‌ها و محدودیت‌های هوش مصنوعی داشته است (Yigitcanlar et al., 2023). از طریق هوش مصنوعی، به توسعه بی‌سابقه‌ای در توانایی مدیریت مسائل پیچیده دست‌یافته‌ایم که فراتر از توانایی‌های شناختی انسان یا عملکرد ذهن انسان است (Bazan-Krzywoszańska et al., 2020).

هوشمند سازی کلان‌شهرها به‌عنوان «فرآیندی برنامه‌ریزی‌شده و سازمان‌دهی شده است که توسط آن بازیگران

خصوصی و عمومی فناوری‌های هوشمند را در یک منطقه شهری اتخاذ و اجرا می‌کنند، تا به افرادی که در آن زندگی می‌کنند و کار می‌کنند خدمات بهتری ارائه دهد (Khelladi et al., 2020). به بهبود استانداردهای زندگی شهری در تمامی ابعاد آن، مانند ابعاد اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی و حتی سیاسی کمک می‌کند و کیفیت زندگی شهروندان را افزایش می‌دهد (بیات، ۱۴۰۱). همچنین مجموعه‌ای از خدمات و مزایایی را ارائه می‌دهد که باعث افزایش کیفیت زندگی ساکنان آن می‌شود و درعین‌حال به شهر اجازه می‌دهد تا رقابت و توانایی خود را برای رشد اقتصادی افزایش دهد (تقوایی و شفیی، ۱۴۰۱) و هدف در برنامه‌های آن مشارکت معنادار شهروندان است در تعیین اولویت‌ها برای استفاده از فناوری‌ها در راستای ارتقاء کیفیت زندگی در شهر (مقتدری، ۱۳۹۹).

ولی هوش مصنوعی شهری خودمختار ایجاد می‌کند که متفاوت از شهرهای هوشمند است. هنگامی که هوش مصنوعی وارد عمل می‌شود، "ما با کمال میل بخشی از قدرت تصمیم‌گیری خود را به ماشین‌ها واگذار می‌کنیم" (Cugurullo et al., 2024). آن‌ها به شما امکان شبیه‌سازی، نظارت، پیش‌بینی فرایندها و در نتیجه مدیریت سیستم‌های شهری را می‌دهند (Bazan-Krzywoszańska et al., 2020). سیستم‌های هوش مصنوعی به‌عنوان سیستم‌هایی اجتماعی فنی با توجه به پتانسیل اثرگذاری آن‌ها بر جوامع شهری، در کانون توجه پژوهشگران حوزه مدیریت و خط‌مشی‌گذاری شهری قرار گرفته است (منوریان و همکاران، ۱۴۰۲) و به‌عنوان یک ویژگی تأثیرگذار در زندگی، برنامه‌ریزی و حکمرانی شهرهای قرن بیست و یکم در حال ظهور است (Cugurullo et al., 2024)؛ هرچند هنوز مشخص نیست که چگونه عمل هوش مصنوعی بر نحوه برنامه‌ریزی شهرها تأثیر می‌گذارد (Yigitcanlar et al., 2023) اما دولت‌های محلی سیستم‌های هوش مصنوعی را برای بهبود کارایی در جنبه‌های مختلف شهر مستقر کرده‌اند (Cugurullo & Acheampong, 2023) و می‌تواند به برنامه ریزان شهری کمک کند تا بهترین شبکه‌های ممکن و عادلانه را برای مدیریت ترافیک بزرگ‌تر و حمل‌ونقل عمومی فراهم کنند (Son et al., 2023)، باین‌حال در حال تجربه گذار به سمت شهرها و جوامعی هستیم که توسط هوش مصنوعی مختلف مدیریت می‌شوند که خطرات و مزایای آن‌ها به‌طور کلی نامشخص است (Cugurullo & Acheampong, 2023)؛ لذا استفاده از این ابزار، نه‌تنها باعث بهبود تصمیم‌گیری‌های دولت و حکمرانی آن خواهد شد، بلکه به‌طور کلی مفهوم دولت را متحول می‌کند (منوریان و همکاران، ۱۴۰۲).

در سال‌های اخیر، فناوری هوش مصنوعی از نظر ایمنی، ربات‌های پلیس که برای حفظ نظم در فضاهای عمومی استفاده می‌شوند، هواپیماهای بدون سرنشین به ابزاری برای نظارت بر فضاهای خانگی تبدیل می‌شوند و دوربین‌های مداربسته هر حرکتی را که ساکنان شهری انجام می‌دهند زیر نظر دارند؛ از ماشین‌های خودران گرفته تا ربات‌های خدماتی و از پهپادها تا مغزهای شهری، به‌سرعت به بخشی از زندگی روزمره تبدیل شده است (Cugurullo & Acheampong, 2023). همچنین می‌تواند کیفیت هوای درون شهرها را پیش‌بینی و تجزیه و تحلیل کند و نتایج سطوح آلودگی، تراکم ذرات سوخت‌های فسیلی و سطوح آینده را منتشر کند، چون این اطلاعات ورودی ارزشمندی برای اطلاع‌رسانی به ادارات شهری و سیاست‌گذاران می‌باشند (Son et al., 2023). بسیاری از این سیستم‌های هوش مصنوعی در چارچوب طرح‌های شهر هوشمند مورد استفاده قرار می‌گیرند، جایی که دولت محلی داده‌ها و فناوری‌های دیجیتال را برای استقرار کارایی برای تقویت توسعه‌های اقتصادی، بهبود کیفیت زندگی و بهبود پایداری شهر پیاده‌سازی می‌کند (Yigitcanlar et al., 2023). مطالعات متعدد جهانی نشان می‌دهد که استفاده از هوش مصنوعی و پیاده‌سازی کارآمد زیرسیستم‌های آن موجب کاهش هزینه‌های اداره شهر و همچنین رشد اقتصادی خواهد شد (منوریان و همکاران، ۱۴۰۲)؛ لذا مشاهده می‌شود که تعداد شهرهای هوشمند روزانه در حال افزایش است و در آینده رایج خواهد شد؛ بنابراین قوانین و سیاست‌هایی باید هر چه زودتر توسط آینده‌پژوهان وضع شود (Banaeian Far & Imani Rad, 2023)

همان‌طور که شهرها به‌طور فزاینده دیجیتالی می‌شوند، نقش ارتباطات و فناوری اطلاعات در بافت‌های شهری به‌طور گسترده پوشش داده‌شده است (Allam & Dhunny, 2019).

استفاده از نرم‌افزارهای تخصصی هوش مصنوعی برای کمک به مدیران در برنامه‌ریزی، نظارت و تصمیم‌گیری به‌سرعت در حال افزایش است (عبدی و همکاران، ۱۳۹۶). اینترنت اشیا مهم‌ترین بخش تشکیل‌دهنده اکثر برنامه‌های کاربردی شهر هوشمند است که مسئول تولید حجم عظیمی از داده‌ها هستند (Ullah et al., 2020) با پیشرفت در کوچک‌سازی مدارهای الکترونیکی، اینترنت اشیا را می‌توان تقریباً در هر گوشه شهر مستقر کرد (Chen et al., 2019). داده‌های بزرگ می‌توانند از طریق اینترنت اشیا از طریق حوزه‌های مختلف پدیدار شوند. سپس هوش مصنوعی می‌تواند داده‌های تولیدشده را پردازش، تجزیه و تحلیل و تفسیر کند، و با توجه به نتایج تصمیمات اتخاذ شود (Allam & Dhunny, 2019)؛ لذا فناوری‌های شهری با هوشمندی مصنوعی، مدیریت خدمات شهری را از دست انسان‌ها خارج می‌کنند و شهر را به روشی خودمختار اداره می‌کنند (Cugurullo, 2020). در آینده، ظهور شهرسازی پس از هوشمندی که توسط هوش مصنوعی هدایت می‌شود، پتانسیل ایجاد شهرهای خودمختار را دارد (Cugurullo et al., 2024). حکمرانی هوشمند را می‌توان از طریق فناوری‌های اطلاعات و ارتباطات (ICT)، شفافیت و داده‌های باز و فعال کردن خط‌مشی، سمت عرضه و تقاضا به دست آورد (SaaDah, 2021) لذا هوش مصنوعی اکنون فراتر از ارائه خدمات شهری و نگهداری زیرساخت‌های شهری است و در حال ورود به حوزه‌های حکمرانی و برنامه‌ریزی شهری است، بنابراین تصمیم‌گیرنده و سیاست‌گذار می‌شود (Cugurullo, 2020).

«شهر خودمختار» (شهر الگوریتمی) یک رشته نوظهور از شهرسازی هوشمند است که می‌توان آن را به‌عنوان شهری درک کرد که در آن هوش مصنوعی شهری وظایفی را انجام می‌دهد و نقش‌هایی را به عهده می‌گیرد که به‌طور سنتی در قلمرو انسان‌ها بوده است (Cugurullo, 2021) مانند وسایل نقلیه خودران که قادر به رانندگی ایمن در ترافیک شهری، به اشتراک گذاشتن جاده‌ها با سایر شرکت‌کنندگان در ترافیک، مانند اتومبیل‌های انسان‌محور، عابران پیاده، دوچرخه‌ها و غیره هستند (Furda & Vlacic, 2010)، یا در پروژه کاوشگر شهر خودمختار رباتی ساخته‌شده است که قادر است در یک محیط شهری ناشناخته حرکت کند و تنها بر اساس اطلاعات استخراج‌شده از طریق تعامل با عابران و قابلیت‌های درک محلی بدون هیچ دانش و نقشه قبلی یا اطلاعات GPS، مسیر خود را از دانشگاه فنی مونیخ به میدان مرکزی مونیخ تنها با درخواست از عابران پیاده بیابد؛ این هدف در ۳۱ اوت ۲۰۰۸ با موفقیت انجام‌شده (Lidoris et al., 2007) البته اخیراً استدلال می‌کنند که فناوری هوش مصنوعی می‌تواند بسته به نحوه و مکان اجرای آن، پایداری شهرها را بهبود بخشد یا مانع از آن شود (Cugurullo & Acheampong, 2023).

روش پژوهش

پژوهش حاضر به لحاظ هدف، کاربردی و بر اساس ماهیت و روش، توصیفی - تحلیلی و متکی بر روش‌های آینده‌پژوهی با به‌کارگیری مدل‌های کمی و کیفی است. در این پژوهش ابتدا با دیدی سیستماتیک و ساختاری به‌مرور ادبیات نظری با استفاده از روش گردآوری اطلاعات اسنادی و کتابخانه‌ای در حوزه استفاده از هوش مصنوعی در حکمروایی و مدیریت شهری، پرداخته‌شده، سپس بر پایه مبانی نظری حاصل‌شده و شاخص‌ها و متغیرهای اثرگذار مرتبط با هوش مصنوعی در حکمروایی شهری، ابعاد هشت‌گانه (حکمرانی، امنیت، نهادی، اقتصادی، پشتیبانی تصمیم، زیست‌محیطی، فناوری، نظارت) استخراج گردید. در مرحله دوم با استفاده از تکنیک تأثیرات متقابل (روش تحلیل ساختاری) امتیازدهی و در محیط نرم‌افزار میک مک مورد تحلیل قرار گرفت و درنهایت عوامل پیشران و کلیدی شهر

خودمختار با توجه به تأثیر گذاری و تأثیر پذیری مستقیم انتخاب شد.

یافته‌ها

در اولین مرحله پیاده‌سازی مدل در پژوهش حاضر تمامی ۳۸ عامل مؤثر بر ایجاد شهر خودمختار وارد نرم‌افزار شده و برای هر یک نشانگر کوتاه در نظر گرفته شد. بر اساس روش دلفی، ۳۸ متغیر در هشت بعد به‌عنوان عوامل مؤثر بر ایجاد شهر خودمختار شناسایی شد و سپس روش تحلیل ساختاری توسط نرم‌افزار MICMAC جهت استخراج عوامل اصلی تأثیرگذار بر وضعیت آینده محیط مورد مطالعه بکار گرفته شد. بر اساس تعداد متغیرها ابعاد ماتریس 38×38 می‌باشد. با قرار دادن این عوامل در ماتریس، تأثیر هر کدام از این عوامل بر یکدیگر توسط وزن دهی به عوامل از صفر تا ۳ مشخص شد. تمامی عوامل دخیل در شهر خودمختار، همچون سیستمی با عناصر درهم‌تنیده و به‌صورت یک ساختار، در نظر گرفته می‌شود و ارتباطات این عوامل با هم موردسنجش قرار می‌گیرد تا عوامل برتر که تأثیرگذاری بیشتری دارند استخراج شوند.

جدول ۱. ماتریس اثرات مستقیم MDI

[illegible]

طبق تحلیل‌های اولیه در زمینه ویژگی‌های ماتریس MDI مشخص گردید که تعداد تکرارها با پیشنهاد نرم‌افزار ۳ بار در نظر گرفته‌شده و درجه پرشدگی ماتریس MDI با ۶۸/۹۸ درصد نشان از ضریب بالای تأثیرگذاری متغیرها بر یکدیگر است. از مجموع ۹۹۶ رابطه قابل ارزیابی در این ماتریس، ۴۰۴ رابطه عدد ۱ (تأثیر ضعیف)، ۳۵۰ رابطه عدد ۲ (تأثیر

متوسط) و ۲۴۲ رابطه عدد ۳(تأثیر زیاد) بوده است. لازم به ذکر است در ماتریس مذکور ۴۴۸ رابطه عدد صفر (عدم وجود تأثیر) را در بر گرفته‌اند.

جدول ۲. ویژگی‌های اثر مستقیم (MDI)

شاخص	اندازه ماتریس	تعداد تکرار	تأثیر اندک (یک)	تأثیر متوسط (دو)	تأثیر زیاد (سه)	بدون تأثیر (صفر)	میزان پرشدگی
مقدار	۳۸*۳۸	۲	۴۰۴	۳۵۰	۲۴۲	۴۴۸	۶۸/۹۸

سپس بر اساس نتایج مستخرج میزان تأثیر هر یک از عوامل بر سایر عوامل توسعه سنجیده شد که به بیان دیگر ماتریس اثرات متقاطع تشکیل شده است. انواع شدت و میزان تأثیر در این الگو در چهار گروه بدون تأثیر (عدد صفر)، تأثیر ضعیف (عدد یک)، تأثیر متوسط (عدد دو) و تأثیر زیاد (عدد سه) می‌باشد. در تشکیل ماتریس نهایی قدر مطلق میانگین مدنظر قرار گرفته است.

جدول ۳. میزان تأثیرات مستقیم و غیرمستقیم متغیرها بر یکدیگر

ردیف	کد	متغیر	اثرات مستقیم		اثرات غیرمستقیم	
			میزان تأثیرگذاری	میزان تأثیرپذیری	میزان تأثیرگذاری	میزان تأثیرپذیری
۱	programs	در دسترس بودن برنامه‌های کاربردی	۶۱	۶۰	۷۲۱۷۸۷۶	۷۲۸۱۱۲۰
۲	platform	ایجاد پلتفرم‌های دیجیتالی	۷۵	۷۹	۸۴۴۲۱۵۲	۹۲۳۴۹۰۵
۳	discover	خودکارسازی فرآیندهای مالی و کشف تقلب	۵۰	۲۷	۶۰۸۱۱۹۴	۳۶۹۷۴۸۹
۴	Integratio	یکپارچه‌سازی محاسبات شناختی	۶۲	۵۱	۷۱۰۴۴۸۳	۶۰۹۰۹۷۶
۵	education	آموزش عمومی	۳۷	۶۵	۴۳۱۵۱۵۲	۷۸۶۷۱۳۴
۶	robot	ربات‌های پلیس	۴۹	۳۷	۵۷۰۷۱۴۵	۴۳۵۳۲۴۷
۷	Drones	هواپیماهای بدون سرنشین	۵۱	۲۷	۵۸۲۵۱۹۴	۲۸۹۵۸۵۵
۸	camera	دوربین‌های مدار بسته	۵۹	۵۷	۶۷۳۲۵۵۵	۶۷۷۵۶۰۰
۹	LPR	یافتن خودروهای دزدیده‌شده	۴۷	۳۱	۵۵۴۳۶۶۳	۳۵۹۸۸۵۱
۱۰	cyber	امنیت سایبری	۳۴	۵۲	۴۲۰۰۶۰۳	۶۴۱۱۴۲۰
۱۱	manage	مدیریت زیرساخت	۵۸	۵۹	۶۹۱۴۲۶۰	۶۸۰۳۹۰۳
۱۲	center	مرکز داده بزرگ یکپارچه ملی	۶۵	۷۵	۷۵۴۰۸۸۰	۸۷۳۶۸۴۴
۱۳	Automa	ایجاد اتوماسیون	۶۴	۶۷	۷۶۴۴۰۳۸	۸۱۳۲۲۳۵
۱۴	transp	مدیریت شهری شفاف	۴۱	۵۳	۵۰۳۳۸۹۰	۶۵۱۱۰۴۴
۱۵	Digital	خدمات دیجیتالی	۷۴	۵۶	۸۷۵۰۱۳۱	۷۰۲۵۹۴۳
۱۶	Human	توسعه منابع انسانی	۲۱	۵۲	۲۶۴۰۷۰۵	۶۴۶۹۷۱۸
۱۷	Asset	مدیریت دارایی‌های شهر	۵۱	۴۴	۵۹۵۴۷۵۱	۴۹۲۶۸۱۲
۱۸	Infrast	توسعه زیرساخت حمل‌ونقل	۶۳	۳۲	۷۲۶۹۵۳۳	۳۶۷۱۹۹۷
۱۹	private	سرمایه خصوصی	۴۹	۵۱	۶۰۸۲۵۳۱	۵۵۱۸۰۸۷
۲۰	refresh	به‌روزرسانی سیستم‌های قدیمی	۴۰	۸۳	۵۰۵۰۴۲۱	۹۳۴۶۰۲۶
۲۱	Strategic	برنامه‌ریزی استراتژیک	۵۱	۵۶	۵۹۸۶۵۸۹	۶۵۵۵۴۱۴
۲۲	Service	خدمات‌رسانی با هوش مصنوعی	۷۷	۳۸	۸۹۶۵۲۱۴	۴۶۰۹۸۷۱
۲۳	feelings	جمع‌آوری احساسات عمومی از رسانه‌های اجتماعی	۳۸	۵۲	۴۶۶۶۳۸۸	۶۴۴۴۴۵۴
۲۴	sharing	اشتراک‌گذاری داده‌ها	۴۰	۵۱	۴۹۳۴۴۱۳	۶۳۶۹۶۰۴
۲۵	carbon	فناوری‌های انتشار کربن کم	۵۴	۳۳	۶۲۳۷۰۱۸	۳۸۴۰۵۴۶
۲۶	Residue	مدیریت پسماند و زباله	۵۱	۳۵	۶۲۹۱۴۹۵	۴۲۴۲۵۸۴

۲۷	error	خطاهای زیرساخت انرژی	۳۶	۴۰	۴۱۲۶۰۴۵	۴۹۲۱۷۱۳
۲۸	tracking	ردیابی گسترش میکروب‌ها	۲۴	۲۵	۳۰۰۶۸۰۱	۳۰۳۷۹۹۰
۲۹	map	نقشه‌های انرژی	۳۴	۴۰	۴۰۲۰۳۴۸	۴۶۸۲۷۸۵
۳۰	changes	پایش تغییرات زیست‌محیطی	۳۶	۲۶	۴۰۸۰۰۵۲	۲۹۹۱۶۷۷
۳۱	Internet	استفاده از اینترنت اشیاء	۴۴	۵۰	۵۲۷۳۶۹۱	۶۰۳۳۹۴۱
۳۲	street	روشنایی خیابان	۲۸	۲۹	۳۶۶۹۹۲۳	۳۶۲۰۲۹۰
۳۳	Sensors	نصب حسگرها	۴۷	۶۹	۵۳۵۸۸۵۶	۷۸۲۲۷۷۸
۳۴	transport	حمل‌ونقل عمومی متصل	۷۰	۴۰	۸۲۴۹۳۷۶	۴۶۷۲۶۵۶
۳۵	regulation	مقررات عمومی	۳۱	۶۷	۳۷۲۳۷۱۳	۷۷۳۳۲۹۵
۳۶	police	پلیس رباتیک	۴۵	۳۴	۵۲۳۴۵۴۵	۳۷۹۰۸۰۵
۳۷	cctv	دوربین‌های مداربسته خودکار	۳۷	۵۴	۴۴۱۹۱۴۹	۶۲۲۹۱۲۳
۳۸	face	تشخیص چهره از فریم‌های ویدیویی	۳۶	۳۳	۴۳۵۰۳۵۳	۳۶۸۶۳۹۴

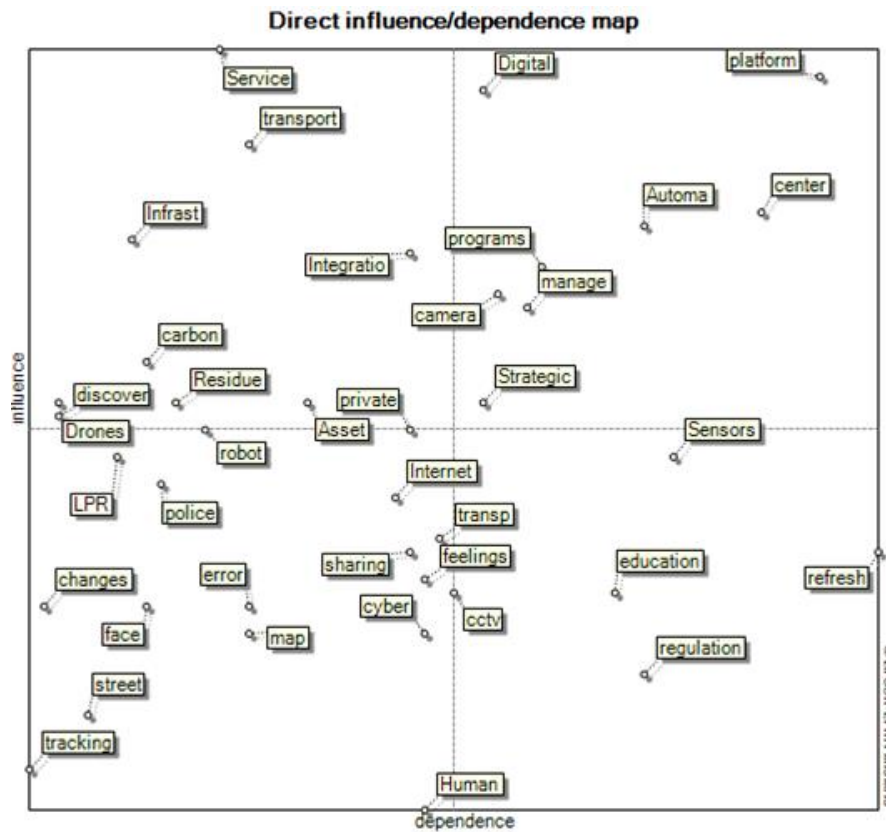
تعداد تکرار محاسبه اثرات متقاطع در ماتریس موردنظر برابر بر ۳ مرتبه صورت گرفته است. لازم به توضیح است که تکرار ۳ مرتبه‌ای پیشنهاد پایه نرم‌افزار میک مک برای رسیدن به پایداری این ماتریس بوده است.

جدول ۴. تعداد تکرار محاسبات

تکرار	نفوذ	وابستگی
۱	۹۶٪	۱۰۱٪
۲	۱۰۰٪	۱۰۱٪
۳	۱۰۰٪	۱۰۰٪

نقشه مختصات اثرگذاری و اثرپذیری متغیرهای مؤثر بر شهر خودمختار

شیوه توزیع و پراکنش متغیرها در صفحه پراکندگی حاکی از میزان پایداری و یا ناپایداری سیستم است در حوزه روش تحلیل ساختاری تحت نرم‌افزار میک مک درمجموع دو نوع پراکنش تعریف شده است که به نام سیستم‌های پایدار و سیستم‌های ناپایدار معروف هستند در سیستم‌های پایدار پراکنش متغیرها به صورت L انگلیسی است یعنی برخی متغیرها دارای تأثیرگذاری بالا و برخی دارای تأثیرپذیری بالا هستند؛ به عبارت دیگر در روش تحلیل اثرات متقاطع اگر نمودار حاضر به صورت L باشد نشان‌دهنده سیستم پایدار است. در سیستم‌های پایدار مجموع سه دسته متغیر قابل مشاهده است: الف متغیرهای بسیار تأثیرگذار بر سیستم عوامل کلیدی (ب) متغیرهای مستقل (ج) متغیرهای خروجی سیستم متغیرهای نتیجه در این سیستم جایگاه هر یک از عوامل کاملاً مشخص و نقش آن نیز به وضوح قابل ارائه است؛ اما اگر نمودار حاصل به فرم بیضی کشیده حول محور قطری نمودار قرار بگیرد، نشان‌دهنده سیستم ناپایدار می‌باشد در مقابل در سیستم‌های ناپایدار وضعیت پیچیده‌تر از سیستم‌های پایدار است. در این سیستم نیز متغیرها به صورت L مانند در صفحه پراکنده هستند و سیستم حالت پایدار دارد.



شکل ۱. مختصات تأثیرگذاری و وابستگی مستقیم متغیرهای مؤثر بر ایجاد شهر خودمختار

در شکل (۱) ملاحظه می‌شود که شیوه توزیع و پراکنش متغیرهای مؤثر بر کاربرد هوش مصنوعی در کلان‌شهر اراک به صورت L مانند بوده و حاکی از پایداری سیستم است و چهار دسته از متغیرها عوامل تأثیرگذار، عوامل دوجوهی، عوامل وابسته و عوامل مستقل قابل‌شناسایی و تفکیک هستند که در جدول (۵) تشریح شده‌اند متغیرهای دوجوهی که در ناحیه اول قرار دارند به دو گروه متغیرهای ریسک و هدف تقسیم می‌شوند همچنین متغیرهای مستقل که در ناحیه سوم قرار دارند به متغیرهای گسسته، اهرمی ثانویه و تنظیمی تقسیم می‌شوند.

جدول ۵. عوامل اصلی ایجاد شهر خودمختار

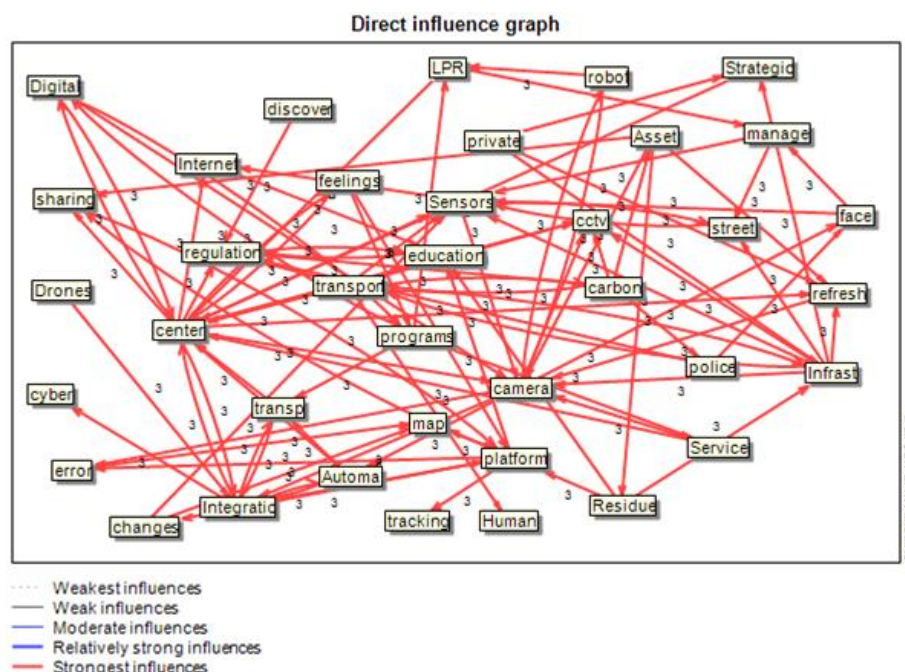
طبقه	کد	متغیر
عوامل تأثیرگذار	service	خدمات رسانی باهوش مصنوعی
	transport	حمل و نقل عمومی متصل
	Infrast	توسعه زیرساخت حمل و نقل
	Integratio	یکپارچه‌سازی محاسبات شناختی
	discover	خودکارسازی فرایندهای مالی و کشف تقلب
	Drones	هواپیماهای بدون سرنشین
	carbon	فناوری‌های انتشار کربن کم
	Residue	مدیریت پسماند و زباله
	Asset	مدیریت دارایی‌های شهر
	Digital	خدمات دیجیتالی
عوامل دوگانه	platform	ایجاد پلتفرم‌های دیجیتالی
	center	مرکز داده بزرگ یکپارچه ملی
	Automa	ایجاد اتوماسیون

programs	در دسترس بودن برنامه‌های کاربردی	عوامل تأثیرپذیر
camera	دوربین‌های مداربسته	
manage	مدیریت زیرساخت	
Strategic	برنامه‌ریزی استراتژیک	
Sensors	نصب حسگرها	
education	آموزش عمومی	
refresh	به‌روزرسانی سیستم‌های قدیمی	
regulation	مقررات عمومی	
CCTV	دوربین‌های مداربسته خودکار	
private	سرمایه خصوصی	
robot	ربات‌های پلیس	عوامل مستقل
LPR	یافتن خودروهای دزدیده‌شده	
police	پلیس رباتیک	
Internet	استفاده از اینترنت اشیاء	
transp	مدیریت شهری شفاف	
feelings	جمع‌آوری و شناسایی احساسات عمومی از رسانه‌های اجتماعی	
cyber	امنیت سایبری	
error	خطاهای زیرساخت انرژی	
map	نقشه‌های انرژی	
changes	پایش تغییرات زیست‌محیطی	
face	تشخیص چهره از فریم‌های ویدیویی	
street	روشنایی خیابان	
tracking	ردیابی گسترش میکروب‌ها	
Human	توسعه منابع انسانی	
sharing	اشتراک‌گذاری داده‌ها	

نرم‌افزار MICMAC در مجموع دو نوع تحلیل و گراف تحلیلی را نشان می‌دهد: ۱ - اثرات مستقیم، ۲ - اثرات غیرمستقیم. تحلیل اثرات مستقیم درواقع، نتیجه برهم‌کنش داده‌های ماتریس اولیه است و تحلیل اثرات غیرمستقیم، نتیجه محاسبه توان‌های بالاتر و تکرار ماتریس اولیه است (بهزادی و همکاران، ۱۳۹۷)؛ لذا در این پژوهش بر اساس پیشنهاد نرم‌افزار تکرار ۳ در نظر گرفته شده است. تحلیل اثرات مستقیم می‌تواند ویژگی‌های ذاتی هر یک از عوامل را در محیط شکل گرفته از همه عوامل تبیین نماید و درنهایت به‌منظور تحلیل کلیدی‌ترین و اثرگذارترین عامل باید از مقایسه دو تحلیل اثرات مستقیم و غیرمستقیم بهره برد.

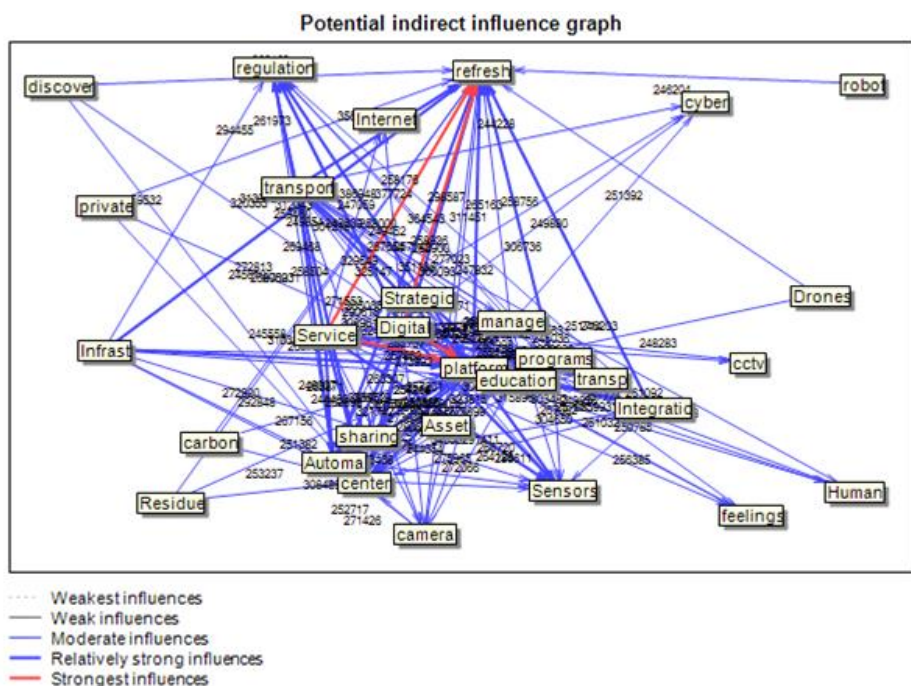
تحلیل گراف اثرگذاری مستقیم و غیرمستقیم

گراف؛ اثرگذاری نشان‌دهنده روابط متغیرها و چگونگی تأثیر آن‌ها بر یکدیگر است. این گراف در قالب خطوط قرمز و آبی است که انتهای هر خط با یک پیکان نشان داده شده و بیانگر جهت اثرگذاری متغیر است. خطوط قرمز نشان‌دهنده اثرگذاری شدید عوامل بر هم دیگر است و خطوط آبی، با تفاوت در ضخامت، روابط متوسط تا ضعیف را نشان می‌دهد (بهزادی و همکاران، ۱۳۹۷). در شکل ۲ تأثیرات مستقیم بین عوامل و در شکل ۳ تأثیرات غیرمستقیم بین عوامل نشان داده شده است.



شکل ۲. گراف اثرات مستقیم عوامل مؤثر بر ایجاد شهر خودمختار

توان‌های دوم به بعد تا درجه پایداری ماتریس که در این پژوهش مرتبه ۲ است، در محاسبه نرم‌افزار میک مک، ماتریس غیرمستقیم را نشان می‌دهد (بهزادی و همکاران، ۱۳۹۷). شکل ۳ گراف نشان‌دهنده اثرات غیرمستقیم عوامل مؤثر بر ایجاد شهر خودمختار است. همان‌طور که گراف نشان می‌دهد مواردی که بیشترین اثرگذاری غیرمستقیم را داشته‌اند در شکل قابل مشاهده می‌باشند.



شکل ۳. تأثیرات غیرمستقیم بین عوامل مؤثر بر ایجاد شهر خودمختار

از میان ۳۸ عامل بررسی شده در این پژوهش، نهایتاً ۳۸ عامل به عنوان متغیرهای کلیدی و پیشران در توسعه و ایجاد شهر خودمختار رتبه‌بندی و استخراج گردید؛ که تمام این ۳۸ عامل در فواصل معین در روش غیرمستقیم KDC هم در جدول نشان داده شده است. این ۳۸ عامل تأثیرگذار مهم موردبررسی در روش مستقیم و غیرمستقیم به شرح جدول هستند.

جدول ۶. رتبه‌بندی عوامل کلیدی مؤثر بر شهر خودمختار

تأثیرگذاری مستقیم				تأثیرگذاری غیرمستقیم			
رتبه	امتیاز نهایی	رتبه	کد	متغیر	امتیاز نهایی	رتبه	امتیاز نهایی
۱	Service	۴۲۰	۱	refresh	به‌روآوری سیستم‌های قدیمی	۴۵۳	۴۵۳
۲	platform	۴۰۹	۲	platform	خودکارسازی فرایندهای مالی و کشف تقلب	۴۳۱	۴۳۱
۳	Digital	۴۰۴	۳	center	مرکز داده بزرگ یکپارچه ملی	۴۰۹	۴۰۹
۴	transport	۳۸۲	۴	Sensors	نصب حسگرها	۳۷۷	۳۷۷
۵	center	۳۵۵	۵	Automa	ایجاد اتوماسیون	۳۶۶	۳۶۶
۶	Automa	۳۴۹	۶	regulation	مقررات عمومی	۳۶۶	۳۶۶
۷	Infrast	۳۴۴	۷	education	آموزش عمومی	۳۵۵	۳۵۵
۸	Integratio	۳۳۸	۸	programs	در دسترس بودن برنامه‌های کاربردی	۳۲۷	۳۲۷
۹	programs	۳۳۳	۹	manage	مدیریت زیرساخت	۳۲۲	۳۲۲
۱۰	camera	۳۲۲	۱۰	camera	دوربین‌های مداربسته	۳۱۱	۳۱۱
۱۱	manage	۳۱۶	۱۱	Digital	خدمات دیجیتالی	۳۰۶	۳۰۶
۱۲	carbon	۲۹۵	۱۲	Strategic	برنامه‌ریزی استراتژیک	۳۰۶	۳۰۶
۱۳	Drones	۲۷۸	۱۳	cctv	دوربین‌های مداربسته خودکار	۲۹۵	۲۹۵
۱۴	Asset	۲۷۸	۱۴	transp	مدیریت شهری شفاف	۲۸۹	۲۸۹
۱۵	Strategic	۲۷۸	۱۵	cyber	امنیت سایبری	۲۸۴	۲۸۴
۱۶	Residue	۲۷۸	۱۶	Human	توسعه منابع انسانی	۲۸۴	۲۸۴
۱۷	discover	۲۷۳	۱۷	feelings	جمع‌آوری و شناسایی احساسات عمومی از رسانه‌های اجتماعی	۲۸۴	۲۸۴
۱۸	robot	۲۶۷	۱۸	Integratio	یکپارچه‌سازی محاسبات شناختی	۲۷۸	۲۷۸
۱۹	private	۲۶۷	۱۹	private	سرمایه خصوصی	۲۷۸	۲۷۸
۲۰	LPR	۲۵۶	۲۰	sharing	اشتراک‌گذاری داده‌ها	۲۷۸	۲۷۸
۲۱	Sensors	۲۵۶	۲۱	Internet	استفاده از اینترنت اشیاء	۲۷۳	۲۷۳
۲۲	police	۲۴۵	۲۲	Asset	مدیریت دارایی‌های شهر	۲۴۰	۲۴۰
۲۳	Internet	۲۴۰	۲۳	error	خطاهای زیرساخت انرژی	۲۱۸	۲۱۸
۲۴	transp	۲۲۴	۲۴	Map	نقشه‌های انرژی	۲۱۸	۲۱۸
۲۵	refresh	۲۱۸	۲۵	transport	حمل‌ونقل عمومی متصل	۲۱۸	۲۱۸
۲۶	sharing	۲۱۸	۲۶	Service	خدمات‌رسانی باهوش مصنوعی	۲۰۷	۲۰۷
۲۷	feelings	۲۰۷	۲۷	robot	ربات‌های پلیس	۲۰۲	۲۰۲
۲۸	education	۲۰۲	۲۸	Residue	مدیریت پسماند و زباله	۱۹۱	۱۹۱
۲۹	cctv	۲۰۲	۲۹	police	پلیس رباتیک	۱۸۵	۱۸۵
۳۰	error	۱۹۶	۳۰	carbon	فناوری‌های انتشار کربن کم	۱۸۰	۱۸۰
۳۱	changes	۱۹۶	۳۱	face	تشخیص چهره از فریم‌های ویدیویی	۱۸۰	۱۸۰
۳۲	face	۱۹۶	۳۲	Infrast	توسعه زیرساخت حمل‌ونقل	۱۷۴	۱۷۴
۳۳	cyber	۱۸۵	۳۳	LPR	یافتن خودروهای دزدیده‌شده	۱۶۹	۱۶۹
۳۴	map	۱۸۵	۳۴	street	روشنایی خیابان	۱۵۸	۱۵۸
۳۵	regulation	۱۶۹	۳۵	discover	خودکارسازی فرایندهای مالی و کشف تقلب	۱۴۷	۱۴۷
۳۶	street	۱۵۳	۳۶	Drones	هواپیماهای بدون سرنشین	۱۴۷	۱۴۷
۳۷	tracking	۱۳۱	۳۷	changes	پایش تغییرات زیست‌محیطی	۱۴۲	۱۴۲
۳۸	Human	۱۱۴	۳۸	tracking	حمل‌ونقل عمومی متصل	۱۳۶	۱۳۶

بحث

در پژوهش حاضر، تحلیل ساختاری به وسیله نرم افزار MICMAC برای شناسایی و رتبه بندی عوامل کلیدی مؤثر بر ایجاد شهر خودمختار انجام شد. نتایج این مطالعه نشان داد که شهر خودمختار به عنوان یک سیستم پیچیده دارای عوامل متعدد و درهم تنیده ای است که هر یک تأثیر متفاوتی بر دیگر عناصر سیستم دارند. یکی از یافته های کلیدی این پژوهش، اهمیت تحلیل تأثیرات متقاطع در درک روابط بین متغیرها بود. بر اساس روش دلفی، ۳۸ عامل در هشت بعد شناسایی و در ماتریس 38×38 مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که 98.68 درصد ماتریس MDI پر شده است که نشان از سطح بالای تأثیرگذاری متغیرها بر یکدیگر دارد. این میزان بالای تعامل میان متغیرها بیانگر آن است که ایجاد شهر خودمختار مستلزم در نظر گرفتن تعاملات پیچیده بین عوامل مختلف است. علاوه بر این، بیش از 50 درصد از روابط ارزیابی شده دارای تأثیر متوسط یا زیاد بودند که تأییدی بر نقش برجسته برخی متغیرهای کلیدی در شکل گیری آینده شهرهای خودمختار است.

پراکنش متغیرها در صفحه تحلیل ساختاری نشان داد که سیستم مورد مطالعه دارای پایداری نسبی است. این یافته بر اساس توزیع متغیرها در نمودار L-مانند تأیید شد که نشان دهنده وجود متغیرهای تأثیرگذار و تأثیرپذیر به طور مشخص است. همچنین، این تحلیل امکان تفکیک متغیرها به چهار دسته عوامل تأثیرگذار، عوامل دوجبهی، عوامل وابسته و عوامل مستقل را فراهم کرد. این دسته بندی از اهمیت بالایی برخوردار است زیرا به سیاست گذاران و برنامه ریزان شهری کمک می کند تا متغیرهای کلیدی را شناسایی و بر آنها تمرکز کنند.

نرم افزار MICMAC در این پژوهش دو نوع تحلیل ارائه داد: اثرات مستقیم و اثرات غیرمستقیم. تحلیل اثرات مستقیم نشان داد که برخی از متغیرها دارای تأثیرگذاری شدیدی بر سایر متغیرها هستند، در حالی که برخی دیگر عمدتاً تحت تأثیر سایر عوامل قرار دارند. در مقابل، تحلیل اثرات غیرمستقیم به شناسایی متغیرهایی پرداخت که از طریق زنجیره ای از روابط بر سیستم تأثیر می گذارند. مقایسه این دو تحلیل، بینشی جامع تر از نحوه تأثیرگذاری متغیرها بر یکدیگر ارائه داد و به شناسایی مهم ترین متغیرهای پیشران در توسعه شهر خودمختار کمک کرد.

یکی از یافته های مهم این پژوهش، اهمیت تحلیل روابط غیرمستقیم بین متغیرها بود. نتایج نشان داد که برخی از متغیرها که در تحلیل اثرات مستقیم تأثیر بالایی نداشتند، در تحلیل اثرات غیرمستقیم نقشی کلیدی ایفا می کنند. این موضوع اهمیت رویکرد سیستمی در برنامه ریزی شهری را برجسته می کند، زیرا بسیاری از اثرات در بلندمدت و از طریق تعاملات پیچیده بین متغیرها نمایان می شوند. در نهایت، پژوهش حاضر با شناسایی و رتبه بندی ۳۸ عامل کلیدی، چارچوبی علمی و کاربردی برای سیاست گذاران شهری فراهم کرد. این چارچوب می تواند به عنوان مبنایی برای برنامه ریزی و توسعه شهرهای خودمختار مورد استفاده قرار گیرد. پیشنهاد می شود در پژوهش های آتی، تأثیرات پویای این متغیرها در طول زمان بررسی شده و از مدل سازی های پیچیده تر برای تحلیل تعاملات بین متغیرها استفاده شود.

نتیجه گیری

امروزه با پیشرفت جوامع بشری و ترقی سطح معیشت، نیاز بشر به ابزارهایی کارآمد در تعاملات اجتماعی و صنعت بیش از پیش احساس شده است. این در دهه اخیر یا استفاده از داده ها و راه کارهای داده محور در خط مشی گذاری و برنامه ریزی شهری، به شدت با استقبال شهروندان و مدیریت شهری مواجه شده است. در این راستا صنعت و تکنولوژی جهت تأمین رفاه زندگی انسانی با سرعت چشمگیری به تولید محصولات و محصولات هوش مصنوعی گام نهاده اند. در نتیجه عملکرد شهرها با استفاده از این ابزارها در حوزه های اقتصاد، جامعه، محیط زیست و حاکمیت ممکن است تغییر

کند تا جایی که شهر را به‌سوی تبدیل‌شدن به یک موجود شهری خودمختار سوق داده است (در شهرهای ایران مانند اراک نیز قابل تشخیص و مشاهده است). از این‌رو، تأکید بر استفاده از هوش مصنوعی در اداره شهر، با تمرکز بر مشارکت تمام ذی‌نفعان، می‌تواند در تحقق اهداف توسعه شهری با هوش مصنوعی و بهبود شرایط زندگی شهرنشینان مؤثر باشد. هدف اصلی این پژوهش شناسایی عوامل مؤثر بر استفاده از هوش مصنوعی برای خودمختاری شهری؛ به سمت شهر خودمختار اراک در کلان‌شهر اراک با استفاده از روش تحلیل اثرات متقابل می‌باشد. در این راستا با استفاده از پرسشنامه دلفی متخصصین، ۳۸ متغیر استخراج شد و با استفاده از مدل تحلیل اثرات متقابل در نرم‌افزار میک مک مورد تحلیل و بررسی قرار گرفت. نتایج نشان می‌دهد که عوامل کلیدی بر وضعیت آینده تحقق‌پذیری هوش مصنوعی شهری در کلان‌شهر اراک نقش دارند. این عوامل مهم شامل خدمات‌رسانی باهوش مصنوعی، ایجاد پلتفرم‌های دیجیتال، خدمات دیجیتال، حمل‌ونقل عمومی متصل و ایجاد مرکز داده بزرگ یکپارچه ملی دارای بیشترین تأثیرگذاری مستقیم و عواملی چون به‌روزرسانی سیستم‌های قدیمی، خودکارسازی فرآیندهای مالی و کشف تقلب، مرکز داده بزرگ یکپارچه ملی، نصب حسگرها، ایجاد اتوماسیون دارای بیشترین تأثیر غیرمستقیم و از اصلی‌ترین عوامل بر توسعه شهر خودمختار می‌باشد. تفسیر کلیدی‌ترین متغیرهای مستخرج از نتایج مدل تحلیل اثرات متقابل به‌صورت زیر قابل‌ارائه می‌باشند:

- استفاده از اینترنت اشیا، ایجاد حسگرها در سطح شهر برای جمع‌آوری داده‌های بزرگ و تجزیه و تحلیل آن‌ها با هوش مصنوعی؛
- بخش‌هایی از شهر بدون دخالت انسان مدیریت شوند. مانند کنترل ترافیک، پارکینگ طبقاتی؛
- تعامل و همکاری بین محققان، برنامه‌ریزان، سازمان‌ها و جوامع - دینفعان کلیدی تصمیم‌گیری شهری - برای پذیرش گسترده‌تر و جامع‌تر هوش مصنوعی در شهر؛
- بررسی دقیق حفظ حریم خصوصی، تعصبات و نابرابری، مسائل پیچیده‌ای هستند که به بهترین روش برای به حداقل رساندن این خطرات در هنگام اجرای فناوری‌های هوش مصنوعی برای برنامه‌ریزی شهری؛
- انجام مطالعات بین‌رشته‌ای توسط محققان هوش مصنوعی و محققان حکمرانی؛
- استفاده از هوش مصنوعی در برابر تهدیدات و حملات سایبری؛
- استفاده از سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند؛
- مراقبت بهداشتی هوشمند؛
- استفاده از هوش مصنوعی برای پشتیبانی از فرآیندهای تصمیم‌گیری با حمایت از مدیریت شهر از طریق سیستم‌سازی و به اشتراک‌گذاری داده‌ها.

حامی مالی

این اثر حامی مالی نداشته است.

سهام نویسندگان در پژوهش

نویسندگان در تمام مراحل و بخش‌های انجام پژوهش سهم برابر داشتند.

تضاد منافع

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

تقدیر و تشکر

نویسندگان از همه کسانی که در انجام این پژوهش به ما یاری رساندند، به ویژه کسانی که کار ارزیابی کیفیت مقالات را انجام دادند، تشکر و قدردانی می نمایند.

منابع

- ادیانی، سید یونس. (۱۳۹۸). تأملات عقلانی در هوش مصنوعی. تهران، ایران: مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی.
- انوشه‌یی، علیرضا و رضایی، علی اکبر. (۱۴۰۲). ارزیابی نقش ابزارهای هوش مصنوعی در توسعه مدیریت شهری. نشریه رویکردهای پژوهشی نوین مدیریت و حسابداری، ۷(۲۴)، ۱۶۲۳-۱۶۳۲.
- بیات، زهرا. (۱۴۰۱). بررسی قابلیت هوشمند سازی شهرها در ایران. کنفرانس بین‌المللی مطالعات بین‌رشته‌ای در مدیریت و مهندسی.
- تقوایی، مسعود و شفیعی، مرجان. (۱۴۰۱). تحلیل شاخص‌ها و تبیین راهبردهای تحقق هوشمند سازی شهری (مطالعه موردی: شهر اصفهان). برنامه‌ریزی فضایی، ۱۲(۱)، ۵۱-۸۰.
- رضائی، مریم، تدین، بهاره و جوانبخت قهفرخی، مرضیه. (۱۴۰۲). بررسی و ارزیابی مطلوبیت فضاهای شهری در راستای رضایت‌مندی روانی جامعه سالمندان مطالعه موردی: خیابان ملت شهرکرد. پژوهش‌های جغرافیایی برنامه‌ریزی شهری، ۱۱(۳)، ۷۹-۹۸. doi: 10.22059/jurbangeo.2023.361322.1838
- زرقانی، سید هادی، عباسفیدی، سیده الهام، (۱۴۰۲). هوش مصنوعی و امنیت شهری، فرصت‌ها و چالش‌ها. دهمین کنفرانس ملی و سومین کنفرانس بین‌المللی برنامه‌ریزی شهری و مدیریت شهری، مشهد.
- زیاری، کرامت اله: توکلی نغمه، مصطفی و خانی، هادی. (۱۴۰۳). تحلیل توزیع و الگوی فضایی سالمندان با تأکید بر شهر دوست دار سالمند مطالعه موردی: شهر قم. پژوهش‌های جغرافیایی برنامه‌ریزی شهری، ۱۲(۳)، ۴۰-۲۳. doi: 10.22059/jurbangeo.2024.378784.1962
- صبوحی، هادی، امینی، امینه و ابوالحسنی، حسن. (۱۳۸۶). مدیریت فرایندهای شهر الکترونیک با استفاده از ترکیب مؤلفه‌های نرم‌افزاری خودمختار و توزیع شده با قابلیت کنترل خطا. کنفرانس بین‌المللی شهر الکترونیک تهران.
- صفری، احرام و ابراهیمی، کریم. (۲۰۲۲). اولویت‌بندی حوزه‌های کاربردی به‌منظور جاری‌سازی فناوری هوش مصنوعی با روش تحلیل مضمون و کپراس. پژوهش در مدیریت تولید و عملیات، ۱۳(۴)، ۹۱-۱۱۰. doi:10.22108/POM.2023.134630.1457
- عبدی، آیدا. (۱۳۹۶). بررسی وضعیت فناوری هوش مصنوعی در ایران و جهان. تهران، ایران: مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی.
- منوریان، عباس؛ صادقی، جواد و پیران نژاد، علی. (۱۴۰۲). چارچوب خطنگاری برای به‌کارگیری سامانه‌های هوش مصنوعی در حوزه شهری با استفاده از رویکرد فراترکیب. مدیریت دولتی، ۱۵(۳)، ۵۱۲-۵۵۲. https://doi.org/10.22059/jjpa.2023.355649.3298

References

- Abdi, A. (2017). *Assessing the status of artificial intelligence technology in Iran and the world*. Tehran, Iran: Islamic Parliament Research Center. [In Persian]
- Adyani, S. Y. (2019). *Rational reflections on artificial intelligence*. Tehran, Iran: Islamic Parliament Research Center. [In Persian]
- Allam, Z., & Dhunny, Z. A. (2019). On big data, artificial intelligence and smart cities. *Cities*, 89, 80–91. https://doi.org/10.1016/j.cities.2019.01.032
- Banaeian Far, S., & Imani Rad, A. (2023). What are the benefits and opportunities of launching a Metaverse for NEOM city?. *Security And Privacy*, 6(3), 1–7. https://doi.org/10.1002/spy2.282
- Bayat, Z. (2022). Examining the potential for smart cities in Iran. *International Conference on Interdisciplinary Studies in Management and Engineering*. [In Persian]

- Bazan-Krzywoszańska, A., Lach, R., & Mrówczyńska, M. (2020). City as a System Supported by Artificial Intelligence. *Urban and Regional Planning*, 5(2), 32. <https://doi.org/10.11648/j.urp.20200502.11>
- Chen, B. W., Imran, M., Nasser, N., & Shoaib, M. (2019). Self-Aware autonomous city: From sensing to planning. *IEEE Communications Magazine*, 57(4), 33–39. <https://doi.org/10.1109/MCOM.2019.1800628>
- Cugurullo, F. (2020). Urban Artificial Intelligence: From Automation to Autonomy in the Smart City. *Frontiers in Sustainable Cities*, 2, 1–14. <https://doi.org/10.3389/frsc.2020.00038>
- Cugurullo, F. (2021). Frankenstein urbanism: Eco, smart and autonomous cities, artificial intelligence and the end of the city. *Frankenstein Urbanism: Eco, Smart and Autonomous Cities, Artificial Intelligence and the End of the City*, 1–214. <https://doi.org/10.4324/9781315652627>
- Cugurullo, F., & Acheampong, R. A. (2023). Fear of AI: an inquiry into the adoption of autonomous cars in spite of fear, and a theoretical framework for the study of artificial intelligence technology acceptance. *AI and Society*, 0123456789. <https://doi.org/10.1007/s00146-022-01598-6>
- Cugurullo, F., Caprotti, F., Cook, M., Karvonen, A., McGuirk, P., & Marvin, S. (2024). The rise of AI urbanism in post-smart cities: A critical commentary on urban artificial intelligence. *In Urban Studies*, 61(6), 1168–1182. <https://doi.org/10.1177/00420980231203386>
- Furda, A., & Vlacic, L. (2010). An Object-Oriented Design of a World Model for Driverless City Vehicles. *2010 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV 2010)*, 1054–1059.
- Khelladi, I., Castellano, S., & Kalisz, D. (2020). The smartization of metropolitan cities: the case of Paris. *International Entrepreneurship and Management Journal*, 16(4), 1301–1325. <https://doi.org/10.1007/s11365-020-00691-w>
- Lidoris, G., Klasing, K., Bauer, A., Xu, T., Kühnlenz, K., Wollherr, D., & Buss, M. (2007). The Autonomous City Explorer Project: Aims and system overview. *IEEE International Conference on Intelligent Robots and Systems*, 560–565. <https://doi.org/10.1109/IROS.2007.4399411>
- Manourian, A., Sadeghi, J., & Piran-Nejad, A. (2023). A roadmap framework for implementing artificial intelligence systems in the urban domain using a meta-synthesis approach. *Public Administration Management*, 15(3), 512–552. <https://doi.org/10.22059/jipa.2023.355649.3298> [In Persian]
- Norman, B. (2018). Are autonomous cities our urban future?. *In Nature Communications* (Vol. 9, Issue 1, pp. 9–11). Springer US. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-04505-0>
- Palmini, O., & Cugurullo, F. (2023). Charting AI urbanism: conceptual sources and spatial implications of urban artificial intelligence. *Discover Artificial Intelligence*, 3(1). <https://doi.org/10.1007/s44163-023-00060-w>
- Rezaee, M., Tadayon, B., & Javanbakht Ghahfarokhi, M. (2023). Studying and evaluating of the desirability of urban spaces toward the psychic satisfaction of the elderly community the case study of Mellat Street, Shahrekord. *Geographical Urban Planning Research (GUPR)*, 11(3), 79–98. doi: 10.22059/jurbangeo.2023.361322.1838 [In Persian]
- SaaDah, M. (2021). Artificial Intelligence for Smart Governance; towards Jambi Smart City. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 717(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/717/1/012030>
- Sabouhi, H., Amini, A., & Abolhassani, H. (2007). Managing electronic city processes using a combination of autonomous and distributed software components with fault control capability. *International Conference on the Electronic City, Tehran, Iran*. [In Persian]
- Safari, A., & Ebrahimi, K. (2022). Prioritizing application areas for implementing artificial intelligence technology using thematic analysis and COPRAS method. *Research in Operations and Production Management*, 13(4), 91–110. <https://doi.org/10.22108/POM.2023.134630.1457> [In Persian]
- Son, T. H., Weedon, Z., Yigitcanlar, T., Sanchez, T., Corchado, J. M., & Mehmood, R. (2023). Algorithmic urban planning for smart and sustainable development: Systematic review of the literature. *Sustainable Cities and Society*, 94, 104562. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.104562>
- Taghvaei, M., & Shafiee, M. (2022). Analysis of indicators and strategies for achieving urban smartness: A case study of Isfahan city. *Spatial Planning*, 12(1), 51–80. [In Persian]

- Ullah, Z., Al-Turjman, F., Mostarda, L., & Gagliardi, R. (2020). Applications of Artificial Intelligence and Machine learning in smart cities. In *Computer Communications (Vol. 154, Issue February, pp. 313–323). Elsevier B.V.* <https://doi.org/10.1016/j.comcom.2020.02.069>
- Yigitcanlar, T., Agdas, D., & Degirmenci, K. (2023). Artificial intelligence in local governments: perceptions of city managers on prospects, constraints and choices. *AI and Society*, 38(3), 1135–1150. <https://doi.org/10.1007/s00146-022-01450-x>
- Zarghani, S. H., & Ghabasifidi, S. E. (2023). Artificial intelligence and urban security: Opportunities and challenges. *10th National and 3rd International Conference on Urban Planning and Urban Management, Mashhad, Iran*. [In Persian]
- Zhang, J., Hua, X. S., Huang, J., Shen, X., Chen, J., Zhou, Q., Fu, Z., & Zhao, Y. (2019). City brain: practice of large-scale artificial intelligence in the real world. *IET Smart Cities*, 1(1), 28–37. <https://doi.org/10.1049/iet-smc.2019.0034>
- Ziari, K., Tavakoli, M. and Khani, H. (2024). Analysis of the distribution and spatial pattern of the elderly with an emphasis on the elderly-friendly city: the case study of Qom city. *Geographical Urban Planning Research (GUPR)*, 12(3), 23-40. doi: [10.22059/jurbangeo.2024.378784.1962](https://doi.org/10.22059/jurbangeo.2024.378784.1962)[In Persian]