Presenting Technological Models for Developing a Smart City in Tehran Using the Dimatel Technique

Original Article

Elham Dayani[1], Vahid Shahabi[2*]

1- Master student in Industrial Management, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran
2- Affiliated faculty member, Faculty of Management, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran

ARTICLE INFO

Article History

Received: 2024-12-21
Revised: 2025-02-03
Accepted: 2025-02-11

Keywords
Smart City
Smart Management
Technological Criteria
Tehran City

ABSTRACT

Introduction

In today's world, the increase in the population of cities and the complexity of urban management have brought many challenges to urban communities. Responding to these challenges and improving the quality of life of citizens are the main goals of city management institutions. In this regard, the development of smart cities has been proposed as a new and effective solution and has attracted a lot of attention. The development of a smart city as a multidimensional and challenging phenomenon is of great importance in social, economic, and environmental dimensions. On the other hand, given the increase in urban population and the growth of urbanization, the need for smart and optimal management of urban resources and services is of great importance. This research aims to provide a model of technological criteria for the development of a smart city, emphasizing technological dimensions and focusing on the city of Tehran.

Materials and Methods

To achieve this goal, first, information was collected through library studies and articles on the World Wide Web, then field research, i.e., compiling a questionnaire, will be used to describe the viewpoint of the research community. In this study, three questionnaires were used. The first questionnaire was the Fuzzy Delphi method, which was used to determine the main dimensions and criteria of a smart city. In this regard, seven main dimensions including smart people, smart environment, smart economy, smart life, smart transportation, technology and infrastructure, and smart governance and management were identified and examined. Initially, the Fuzzy Delphi technique was used to screen the criteria and identify the basic criteria. Then, the second questionnaire was used to determine the intensity and direction of the relationships between the criteria using the DEMET method, and the influential and influential criteria were identified. Finally, with the third questionnaire, the best-worst method, the weights of the criteria and sub-criteria were calculated, an, including smart people, smart environment, smart economy, smart life, smart transportation, technology and infrastructure, and smart governance and management,d the final prioritization was presented.

* Corresponding author: vahid.shahabi@srbiau.ac.ir

Findings

The results of this study showed that the criteria of smart governance and management, smart technology and infrastructure, and smart economy are recognized as the most important influential criteria in the development of a smart city in Tehran, while the criterion of smart life has the most influence. Therefore, the criteria of smart governance and management with rank 1, smart technology and infrastructure with rank 2, and smart economy with rank 3 are recognized as the most critical influential criteria in the development of a smart city in Tehran, while the criterion of smart life with rank seven and smart environment with rank 6 has the most influence. Information and communication technology infrastructure in Tehran needs further improvements in order to become a widespread smart network.

The findings of this study show that the development of a smart city in Tehran, with regard to the indicators of smart governance, information and communication technology infrastructure, smart economy, and quality of life, can be largely close to successful models in other countries. By examining similar indicators in leading cities such as Singapore, Seoul, and Helsinki, Tehran's strengths and weaknesses can be assessed.

Conclusion

The present study shows that compared to other smart cities in the world, Tehran requires very high investment in various areas, including smart governance, technology infrastructure, smart economy, and quality of life. Based on the findings of this study, given the potential capacities in Tehran, it is possible to use the successful experiences of other cities in developing a smart city and implement similar programs for Tehran.

According to the findings of the study, technological infrastructure in Tehran is still in the early stages of development, and the use of advanced technologies such as IoT has not yet been widely implemented in the city. Therefore, increasing investment in this area can help increase urban efficiency and reduce environmental problems.

COPYRIGHTS

©2022 The author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, as long as the original authors and source are cited. No permission is required from the authors or the publishers.

HOW TO CITE THIS ARTICLE

Dayani E. Shahabi V. Presenting Technological Models for Developing a Smart City in Tehran Using the Dimatel Technique. Urban Economics and Planning Vol 5(4):186-199. [In Persian]

DOI: 10.22034/uep.2025.492550.1569

ارائهٔ الگوهای فناورانه برای توسعهٔ شهر هوشمند در تهران با استفاده از تکنیک دیماتل

مقالهٔ پژوهشی

الهام دیانی[۱]؛ وحید شهابی[۲*]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، مدیریت صنعتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران
۲- عضو هیئت علمی وابستهٔ دانشکدهٔ مدیریت دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

اطلاعات مقاله

تاریخ‌های مقاله

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۰۱
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۱۱/۱۵
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۲۳

کلمات کلیدی

شهر هوشمند
مدیریت هوشمند
معیارهای فناورانه
شهر تهران

چکیده

مقدمه

در دنیای امروز، افزایش جمعیت شهرها و پیچیدگی‌های مدیریت شهری، چالش‌های فراوانی را برای جوامع شهری به همراه آورده است. پاسخ به این چالش‌ها و ارتقای کیفیت زندگی شهروندان از اهداف اصلی نهادهای مدیریتی شهرها است. در این راستا، توسعهٔ شهرهای هوشمند به عنوان راه‌حلی نوین و مؤثر مطرح شده و توجه زیادی به خود جلب کرده است، چرا که توسعهٔ شهر هوشمند به عنوان یک پدیدهٔ چندبعدی و چالش‌برانگیز، اهمیت زیادی در بُعدهای اجتماعی، اقتصادی، و زیست‌محیطی دارد. از طرفی، با توجه به افزایش جمعیت شهری و رشد زیاد شهرنشینی، نیاز به مدیریت هوشمند و بهینهٔ منابع و خدمات شهری از اهمیت فراوانی برخوردار است. این پژوهش با هدف ارائهٔ الگوی معیارهای فناورانه برای توسعهٔ شهر هوشمند، با تأکید بر ابعاد فناورانه و با تمرکز بر شهر تهران انجام شده است.

مواد و روش‌ها

برای دستیابی به این هدف، نخست اطلاعات از طریق روش‌های مطالعات کتابخانه‌ای و مقالات شبکهٔ جهانی اطلاعات جمع‌آوری شد. سپس، با استفاده از تحقیقات میدانی یعنی تدوین پرسشنامه به منظور توصیف دیدگاه جامعه مورد پژوهش بهره گرفته خواهد شد. در این پژوهش از سه پرسشنامه استفاده شد: پرسشنامهٔ اول روش دلفی فازی که به تعیین ابعاد و معیارهای اصلی شهر هوشمند به کار گرفته شد که در این راستا، هفت بعد اصلی شامل مردم هوشمند، محیط هوشمند، اقتصاد هوشمند، زندگی هوشمند، حمل‌ونقل هوشمند، فناوری و زیرساخت، و حکمرانی و مدیریت هوشمند شناسایی و مورد بررسی قرار گرفتند. ابتدا، تکنیک دلفی فازی برای غربال‌سازی معیارها و شناسایی معیارهای اساسی به کار گرفته شد. سپس، پرسشنامهٔ دوم با استفاده از روش دیمتل، شدت و جهت روابط میان معیارها تعیین شد و معیارهای تأثیرگذار و تأثیرپذیر شناسایی شدند. در نهایت، با پرسشنامهٔ سوم روش بهترین ـ بدترین، وزن معیارها و زیرمعیارها محاسبه و اولویت‌بندی نهایی ارائه شد.

یافته‌ها

نتایج این پژوهش نشان داد معیارهای حکمرانی و مدیریت هوشمند، فناوری و زیرساخت هوشمند و اقتصاد هوشمند به عنوان مهم‌ترین معیارهای تأثیرگذار در توسعهٔ شهر هوشمند در تهران شناخته

نویسندهٔ مسئول: vahid.shahabi@srbiau.ac.ir

می‌شوند، در حالی که معیار زندگی هوشمند بیشترین تأثیرپذیری را دارد. بنابراین، معیارهای حکمرانی و مدیریت هوشمند با رتبهٔ ۱، فناوری و زیرساخت هوشمند با رتبهٔ ۲ و اقتصاد هوشمند با رتبهٔ ۳ به عنوان مهم‌ترین معیارهای تأثیرگذار در توسعهٔ شهر هوشمند در تهران شناخته می‌شوند، در حالی که معیار زندگی هوشمند با رتبهٔ ۷ و محیط هوشمند با رتبهٔ ۶ بیشترین تأثیرپذیری را دارد. زیرساخت‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات در تهران به پیشرفت‌های بیشتری نیاز دارد تا بتواند به یک شبکهٔ هوشمند گسترده تبدیل شود.

یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهند توسعهٔ شهر هوشمند در تهران با توجه به شاخص‌های حکمرانی هوشمند، زیرساخت‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات، اقتصاد هوشمند، و کیفیت زندگی می‌تواند به میزان زیادی به الگوهای موفق در سایر کشورها نزدیک شود. با بررسی شاخص‌های مشابه در شهرهای پیشرو مانند سنگاپور، سئول و هلسینکی، ضعف‌ها و قوت‌های تهران قابل ارزیابی است.

نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر نشان می‌دهد تهران در مقایسه با سایر شهرهای هوشمند جهان، نیازمند سرمایه‌گذاری بسیار بالا در حوزه‌های مختلف از جمله حکمرانی هوشمند، زیرساخت‌های فناوری، اقتصاد هوشمند و کیفیت زندگی است. بر اساس یافته‌های این پژوهش، با توجه به وجود ظرفیت‌های بالقوه در تهران، می‌توان از تجارب موفق دیگر شهرها در توسعهٔ شهر هوشمند استفاده کرد و برنامه‌های مشابهی را برای تهران پیاده‌سازی کرد.

بر اساس یافته‌های پژوهش، زیرساخت‌های فناوری در تهران هنوز در مراحل اولیهٔ توسعه قرار دارند و استفاده از فناوری‌های پیشرفته‌ای نظیر IoT به شکل گسترده در سطح شهر هنوز محقق نشده است. لذا، افزایش سرمایه‌گذاری در این حوزه می‌تواند به افزایش کارایی شهری و کاهش مشکلات محیطی کمک کند.

مقدمه

با گسترش شهرنشینی و افزایش جمعیت، شهرها با چالش‌های پیچیده‌ای در حوزه‌های مختلف مدیریت شهری مواجه شده‌اند. در پاسخ به این چالش‌ها، مفهوم شهر هوشمند به عنوان رویکردی نوین در مدیریت شهری معرفی شده است که با بهره‌گیری از فناوری‌های نوین، به بهینه‌سازی منابع، افزایش بهره‌وری و بهبود کیفیت زندگی شهروندان کمک می‌کند. اهمیت موضوع در آینده تا جایی است که بر اساس آمار، بر اساس داده‌های سازمان ملل، در سال ۲۰۲۳ حدود ۵۶ درصد از جمعیت جهان در شهرها زندگی می‌کنند. این رقم در حال افزایش است و پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۵۰ به حدود ۶۸ درصد برسد، زیرا روند شهرنشینی همچنان ادامه دارد (United Na-,2023 tions).

در کشورهای توسعه‌یافته، درصد شهرنشینی معمولاً بالاتر است (مثلاً در اروپا و آمریکای شمالی بیش از ۸۰ درصد)، در حالی که در برخی کشورهای درحال‌توسعه، این میزان کمتر است، اما با سرعت بیشتری در حال افزایش است.

همچنین، بر اساس برآوردهای سازمان ملل (۲۰۲۱) انتظار می‌رود تا سال ۲۰۳۰، تعداد کلان‌شهرها با بیش از ۱۰ میلیون نفر از ۴۰ نفر فراتر رود. همچنین، انتظار می‌رود که این کلان‌شهرها ۸۱ درصد از منابع جهان را مصرف کنند، در حالی که تا سال ۲۰۵۰، تقاضای انرژی ممکن است به حدود ۶۲۰ اگزاژول (EJ) برسد. به گفتهٔ سازمان ملل، شهرها نقش کلیدی در ارتقای توسعهٔ پایدار دارند و اهداف توسعهٔ پایدار سازمان ملل متحد (SDGs) به‌صراحت از شهرها و جوامع پایدار به عنوان یازدهمین توسعهٔ پایدار یاد می‌کند، در حالی که دستور کار ۲۰۳۰ سازمان ملل بر هدف ایمن، انعطاف‌پذیرتر و پایدارتر شهرها به منظور بهبود زندگی مردم تأکید دارد (United Nations,2021). به منظور پرداختن به مسائل شهری، مفهوم شهر هوشمند به عنوان یکی از راه حل‌های ممکن مطرح شده است.

توسعهٔ شهر هوشمند به عنوان یک پدیدهٔ چندبعدی و چالش‌برانگیز، از اهمیت بسیاری در بُعدهای اجتماعی، اقتصادی، و زیست‌محیطی برخوردار است. از یک سو، با توجه به افزایش جمعیت شهری و رشد روبه‌روی شهرنشینی، نیاز به مدیریت هوشمند و بهینهٔ منابع و خدمات شهری از اهمیت فراوانی برخوردار است. انتظار می‌رود برنامه‌ریزی شهری بر اساس مفهوم شهر هوشمند بر چالش‌های شهری مانند حمل‌ونقل متراکم، شبکهٔ انرژی با کربن بالا، تعمیر و نگهداری زیرساخت‌ها و تعمیر و امنیت شهری غلبه کند (Golubchikov & Thornbush, 2020). از سوی دیگر، شهرها به عنوان مرکزهای اصلی فعالیت‌های اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی، تأثیر بسیاری در رونق و پویایی اقتصادی کشورها دارند. بنابراین، بهبود کیفیت زندگی و بهره‌وری در شهرها تأثیر مستقیمی بر رونق اقتصادی و رفاه اجتماعی دارد. با این‌حال، ساخت شهرهای هوشمند دارای مشکلات مربوطه است. به عنوان مثال، برخی از شهرها بر ساخت شهرهای هوشمند از منظر فناوری اطلاعات تمرکز می‌کنند و شاخص‌های معیشت را در فرایند ساخت‌وساز نادیده می‌گیرند (Belitski et al, 2021. Kitchin,2015 . Langley et al, 2021).

ارائهٔ الگوهای فناورانه برای توسعهٔ شهر هوشمند نیز از اهمیت به‌سزایی برخوردار است. با استناد به مرکز تحقیقات شهر هوشمند ایران، در نظر داشتن سیاست‌های کلان و عمومی کشور، برنامه‌ریزی بنگاه رو به جلو برای تحقق شهرهای هوشمند در ایران باید بسترهای اجتماعی، اقتصادی و قانونی موجود مبنای تدوین طرح و برنامه‌های تحقق هوشمندی در شهر باشد. در این خصوص، نیازمند تدوین چارچوب‌هایی برای تحقق و مدیریت هوشمند شهر و پر کردن خلأهای حقوقی در حوزه‌های قانون‌گذاری و دسترسی آسان و مطمئن به سرمایه، دسترسی به تحقیق و توسعه و فناوری‌های پیشرفته، ظرفیت‌سازی کارآفرینان و بازیگران اکوسیستم شهر هوشمند، تنظیم محیط کسب‌وکار در شرایط جدید بازار و فرهنگ‌سازی برای زیستن در سازگاری با اکوسیستم جدید شهر هوشمند دارد. به این‌ترتیب، طی فرایندی عملی و تحقق‌پذیر با بهره‌گیری از فناوری‌های پیشرفته، محیط شهری هوشمند در ایران هماهنگ با فرهنگ و زیست ایرانی میسر خواهد شد. امید است تحقیق حاضر به این هماهنگی یادشده کمک کند. می‌توان از آن برای حل مشکلات در فرایند شهرنشینی، یعنی مشکلات اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی استفاده کرد. همچنین، می‌تواند برای نظارت از راه دور ترافیک و پارکینگ، روشنایی عمومی خیابان‌ها و مدیریت خدمات عمومی سنتی اعمال شود (Leite,2022). با بهره‌گیری از فناوری‌های نوین اطلاعات و ارتباطات، اینترنت اشیا، هوش مصنوعی و تجزیه‌وتحلیل داده‌ها، می‌توان بهبودهای قابل توجهی در زمینه‌های مختلفی از جمله حمل‌ونقل، مدیریت انرژی، مدیریت پسماند، ایجاد ارتباطات مؤثر و تأمین امنیت شهری ایجاد کرد. این الگوها نه تنها به بهبود کیفیت زندگی شهروندان کمک می‌کنند، بلکه باعث افزایش بهره‌وری و پایداری شهری نیز می‌شوند. به طور کلی، ارائهٔ الگوهای فناورانه برای توسعهٔ شهر هوشمند از اهمیت بالایی برخوردار است و می‌تواند به پیشرفت و توسعهٔ پایدار شهرها کمک فراوانی کند.

هر چند، با وجود پیشرفت‌هایی که در حوزهٔ الگوی فناورانه برای شهرها از جمله تهران صورت گرفته، هنوز چالش‌های متعددی در مسیر توسعهٔ شهر هوشمند وجود دارد. برخی از چالش‌های مهم عبارت‌اند از:

ضعف در زیرساخت‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT)، کمبود سرمایه‌گذاری در فناوری‌های نوین، عدم هماهنگی بین بخش‌های مختلف مدیریت شهری، چالش‌های مرتبط با امنیت داده‌ها و حریم خصوصی، اگرچه فرصت‌هایی نیز برای توسعهٔ شهر هوشمند تهران وجود دارد که شامل افزایش دسترسی به فناوری‌های نوین و سیاست‌های حمایتی دولت در حوزهٔ تحول دیجیتال است (molaei, 2021).

بنابراین، هدف این مطالعه پرداختن به شناسایی و رتبه‌بندی معیارها و زیرمعیارهای فناورانهٔ شهر هوشمند در تهران است که با در نظر گرفتن تعریف‌های مختلف شهرهای هوشمند است که در آن پروژه‌های هوشمند طی سال‌های اخیر به اجرا درآمده و نه تنها شامل پروژه‌هایی با بستر ICT است، بلکه ابعاد گوناگون هوشمندی یک شهر مورد بحث قرار می‌گیرد.

سوابق تحقیق

حسنی و همکاران (۲۰۱۹) با پژوهشی تحت عنوان «تبیین معیارها و شاخص‌های شهر هوشمند در شهرهای جدید با تأکید بر زندگی هوشمند» به واکاوی معیارها و شاخص‌های زندگی هوشمند در شهرهای جدید می‌پردازد، چرا که روند شهرنشینی در جهان و مسائل به‌وجودآمدهٔ ناشی از آن، چالش‌های بزرگی را برای شهرها به همراه دارد و مفهوم شهر هوشمند به عنوان یک راه حل برای مشکلات شهرها ایجاد شده است. نتایج پژوهش یادشده حاکی از آن است که معیار قابلیت دسترسی و مشارکت اینترنتی، شامل شاخص‌های توسعهٔ برنامه‌های مشارکت دیجیتال برای گروه‌های در خطر طرد شدن و دسترسی به اینترنت خانگی دارای بیشترین امتیاز است.

تقوایی (Taghvaei,2023) در پژوهشی با عنوان «تحلیل شاخص‌ها و تبیین راهبردهای تحقق هوشمندسازی شهری (مطالعهٔ موردی: شهر اصفهان)» به بررسی مؤلفه‌های مؤثر در تحقق هوشمندسازی شهر اصفهان می‌پردازد و به این موضوع توجه دارد که با ادامهٔ روند تسلط جمعیت شهری و گسترش فیزیکی کلان‌شهر اصفهان طی سال‌های اخیر و چالش‌های اقتصادی، زیست‌محیطی، مدیریتی، همچنین فشارهای زیادی که بر شهر وارد می‌شود، هوشمندسازی شهری راهکاری ارائه‌شده از سوی مبتکران و محققان شهری است که می‌تواند به عنوان رویکردی مناسب برای حل چالش‌های فعلی شهرنشینی و عملکرد مطلوب شهر، استفاده شود.

افضلی و همکاران (۲۰۱۹) در پژوهشی با عنوان «اولویت‌بندی شاخص‌ها در فرایند هوشمندسازی شهرها (مطالعهٔ موردی: شهر کرمان)» به بررسی شهر هوشمند می‌پردازد و آن را دارای شش مؤلفهٔ اقتصاد، مردم، حکمرانی، محیط زیست، پویایی و زندگی هوشمند می‌داند که مجموع این مؤلفه‌ها دارای ۳۳

معیار و مجموع معیارها دارای ۷۴ شاخص است. اولویت‌بندی شاخص‌های هوشمندسازی یادشده در فرایند هوشمندسازی شهر کرمان از نگاه کارشناسان خبرهٔ این حوزه، مسئلهٔ اصلی این تحقیق است که از نوع تحلیلی توصیفی بوده، تحلیل‌های آن ترکیبی از تحلیل‌های کیفی و کمی است. نتایج پژوهش او نشان می‌دهد مسائل اقتصادی و معیشتی مردم باعث شده تا اولویت‌های اصلی هوشمندسازی شهر کرمان از نگاه کارشناسان خبرهٔ حوزه‌های مرتبط با هوشمندسازی کرمان بر این شاخص‌ها متمرکز شود و این همان واقعیتی است که در هوشمندسازی شهرهای جهان سوم به‌خصوص در شهر مورد مطالعه باید در نظر گرفته شود.

شراتی (۲۰۲۱) در مقاله‌ای با عنوان «بررسی پایداری زیست‌محیطی شهرهای هوشمند در هند: طراحی و کاربرد شاخص پایداری زیست‌محیطی شهر هوشمند هند» به طور خاص طراحی و کاربرد شاخص پایداری زیست‌محیطی شهر هوشمند را بررسی می‌کند. پژوهشگر مقالهٔ یادشده ۳۲ شاخص را برای ارزیابی پایداری زیست‌محیطی شهرهای هوشمند در هند شامل ۷ شاخص اجتماعی، ۱۲ شاخص اقتصادی و ۱۳ شاخص زیست‌محیطی فهرست کرده است. شاخص‌های زیست‌محیطی را نیز در ۶ عنوان زیر گروه‌بندی کرده است: فضای سبز، کاهش گازهای گلخانه‌ای/ بهره‌وری انرژی، حرکت و جابه‌جایی، کیفیت و دسترسی به آب، کیفیت هوا و بازیافت/ استفادهٔ مجدد زباله. استفاده از ارزش شاخص‌های ارائه‌شده برای ارزیابی عملکرد شهرها در فعالیت‌های زیست‌محیطی و هدایت برنامهٔ سرمایه‌گذاری برای بهبود عملکرد آن‌ها، می‌تواند برای شهرها مفید باشد.

ژو و همکاران (۲۰۱۹) در مقاله‌ای با عنوان «آیا شهر هوشمند تاب‌آور است؟ شواهدی از چین»، ۴ هدف را پیگیر شدند: الف) شناسایی شاخص‌های ارزیابی تاب‌آوری شهری؛ ب) ارزیابی سطح تاب‌آوری شهرهای هوشمند در چین با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره؛ ج) کشف رابطهٔ بین تاب‌آوری و هوشمندی یک شهر؛ د) ارائهٔ پیشنهادها برای بهبود سطح هوشمندی و تاب‌آوری شهرها.

فیض و همکاران (۲۰۲۰) در مقاله‌ای با عنوان «چارچوبی فراگیر به سمت پایداری و رشد هوشمند: ارزیابی معیارهای عملکرد حمل‌ونقل چندوجهی برای شهرهای هوشمند»، چارچوبی برای ارزیابی معیارهای عملکرد حمل‌ونقل و رشد هوشمند شهرهای ایالات متحده با تمرکز بر عملکرد شبکه، ایمنی ترافیک، اثرات زیست‌محیطی و فعالیت فیزیکی ارائه می‌کنند. پژوهشگران این مقاله بر اهمیت ارزیابی عملکرد سیستم‌های حمل‌ونقل در سال‌های اخیر و چگونگی تأثیر آن بر کیفیت زندگی از راه‌های مختلف تأکید دارند و درنهایت ۴۶ شهر آمریکا را با چارچوب یادشده رتبه‌بندی می‌کنند.

هاجوک و همکاران (۲۰۲۱) در مقاله‌ای با عنوان «تحلیل چندمعیارهٔ شهرهای هوشمند در نمونه شهرهای لهستان»، یک روش تصمیم‌گیری چندمعیاره برای رتبه‌بندی شهرهای هوشمند در ۶۶ شهر لهستان ارائه داده‌اند. شاخص‌های مربوطه در ۶ بعد و ۲۱ زیرمعیار دسته‌بندی شده است. در مقالهٔ مورد بررسی، پیشنهادهایی برای بهبود شهرهای هوشمند در لهستان ارائه شده است. برخی از این پیشنهادها عبارت‌اند از: توسعهٔ شبکه‌های ارتباطی، بهبود حمل‌ونقل عمومی، افزایش امنیت شهری، توسعهٔ فضای سبز و بهبود کیفیت زندگی شهروندان. همچنین، بر این ایده تأکید شده است که برای توسعهٔ شهرهای هوشمند، نیاز به همکاری بین بخش‌های مختلف دولت و همچنین، بین دولت و بخش خصوصی و شهروندان وجود دارد.

زاپولسکایت و همکاران (۲۰۲۰) در مقاله‌ای با عنوان «معیارهای ارزیابی سیستم تحرک شهر هوشمند با استفاده از روش MCDM» نشان داده‌اند در حالی که بسیاری از شهرها در سراسر جهان خود را به عنوان «شهرهای هوشمند» معرفی می‌کنند، هیچ روش جامعی برای ارزیابی میزان «هوشمند» بودن آن‌ها وجود ندارد. پژوهشگران این مقاله چارچوبی را برای مقایسهٔ سطح «هوشمندی» سیستم‌های تحرک شهری پیشنهاد می‌کنند. همچنین، شاخص‌های سیستم تحرک هوشمند را به پنج گروه طبقه‌بندی می‌کنند که «عوامل» نامیده می‌شوند: سفرهای موتوری و اقدامات کاهش ازدحام؛ اقدامات کاهش آلودگی؛ اقدامات ایمنی سفر و کاهش تصادف؛ ابزارها و خدمات مدیریت ترافیک؛ اقدامات زیرساخت هوشمند تعدادی شاخص به هر یک از گروه‌های یادشده نسبت داده می‌شود. برای ارزیابی اهمیت سطح هوشمندی مورد استفاده در تحقیق، از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره، یعنی روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی استفاده شده است.

اگرچه پژوهش‌های زیادی به موضوع ابعاد مختلف شهر هوشمند پرداخته‌اند، اما هدف پژوهش حاضر، ارائهٔ الگوی فناورانه برای توسعهٔ شهر هوشمند و تمرکز بر شهر تهران با رویکرد ترکیبی روش‌شناسی با هدف ارائهٔ پیشنهادهای سیاست‌گذاری و اجرایی است.

مبانی نظری

مدیریت شهری و فناوری

فناوری فرایند تبدیل مواد خام به محصولات مفید از طریق نیروی کار انسانی است (Cuthbert & Suartika, 2020). در سال‌های اخیر گرایش به فناوری که راه حل‌ها، خدمات و زیرساخت‌های مبتنی بر فناوری دیجیتال را در اولویت قرار می‌دهند، ایدئولوژی غالبی را تقویت کرده است که تصمیم‌گیری، چارچوب‌ها و نتایج شهری را شکل می‌دهد. این ایدئولوژی فناوری در حکمرانی شهری دارای دو بعد اصلی است که برای تغییر شکل فرایندهای شهری تعامل دارند. بعد اول اولویتی است که به جذب صنایع با فناوری پیشرفته به عنوان موتور محرک برای اقتصاد شهری داده شده است. بعد دوم گرایش به چارچوب مجدد مسائل شهری به عنوان مشکلات فناورانه‌ای است که نیازمند راه حل‌های فناورانه هستند (Rosen&Leon, 2021). دیجیتالی شدن متابولیسم شهری به استفاده از فناوری‌های دیجیتال برای مدیریت و بهینه‌سازی جریان منابع اجتماعی، زیست‌محیطی و اقتصادی در شهرها اشاره دارد. سیاست‌گذاران، مدیران شهری، برنامه‌ریزان و مدیران می‌توانند از این رویکرد برای شناسایی، کنترل و ارزیابی داده‌های مربوط به این جریان‌های منابع استفاده کنند. زیرساخت‌های دیجیتال ثابت و سیار مانند ایستگاه‌های پایش بلادرنگ، حسگرهای ردیابی GPS واقعیت افزوده، پلتفرم‌های اشتراک‌گذاری مجازی، داشبورد رسانه‌های اجتماعی و شبکه‌های هوشمند نقش مهمی در توسعه و تقویت کیفیت و کارایی گردش منابع دارند. ادغام فناوری‌های دیجیتال در تحرک، پسماند، مدیریت آب و فاضلاب، بهره‌وری انرژی، ایمنی و سایر زمینه‌ها برای شهرهایی که در چرخش متابولیسم شهریشان دخیل هستند، ضروری است (Amicod et al, 2021).

نقش تکنولوژی در مدیریت شهری به عنوان یکی از عوامل اساسی و مؤثر در توسعه و بهبود شهرها و نیز بهینه‌سازی عملکرد مدیریت شهری تلقی می‌شود. تکنولوژی‌های مختلف با ارتباط به شبکه‌های ارتباطی، دستگاه‌های حسگر، تحلیل داده‌ها، هوش مصنوعی و سایر ابزارهای نوآورانه، می‌توانند در زمینه‌های مختلف مدیریت شهری به کار گرفته شوند. تکنولوژی در مدیریت شهری نقش‌هایی دارد همچون: تکنولوژی‌های مدیریت حمل‌ونقل مانند سیستم‌های ترافیک، پارکینگ و اطلاعات ترافیک بر مبنای داده‌ها که می‌توانند به بهبود جریان ترافیک، کاهش زمان ترافیکی و بهینه‌سازی مصرف سوخت کمک کنند (Ye et al , 2019). تکنولوژی به مدیریت کارآمد زیرساخت‌های شهری مانند توزیع انرژی، تأمین آب و مدیریت پسماند کمک می‌کند. شبکه‌های هوشمند، شبکه‌های حسگر و تجزیه‌وتحلیل داده‌ها، تخصیص بهتر منابع و کاهش ضایعات را ممکن می‌سازند و همچنین، از طریق استفاده از سامانه‌های جمع‌آوری پسماند هوشمند و تحلیل داده‌های مرتبط، می‌توان به بهبود مدیریت پسماندها،کاهش آلایندگی و تجزیه‌وتحلیل الگوهای مصرف مواد دست یافت (Soyinka et al, 2016).

در نتیجه، فناوری نقش مهمی در مدیریت شهری، ترویج توسعهٔ پایدار، تخصیص کارآمد منابع، مشارکت شهروندان، تصمیم‌گیری آگاهانه و تاب‌آوری در برابر بلایا ایفا می‌کند. ادغام راه حل‌های فناورانه در مدیریت شهری به

ایجاد شهرهای هوشمندتر، قابل زندگی‌تر و انعطاف‌پذیرتر کمک می‌کند.

ابعاد شهر هوشمند

با توجه به طبقه‌بندی ارائه‌شده توسط ISO، شاخص‌ها را می‌توان از نظر ابعاد بررسی به دو نوع تقسیم کرد: مدل‌های ساده (بررسی شهر از یک جنبه) و مدل‌های پیچیده (بررسی شهر از ابعاد مختلف).

جدول ۱ خلاصهٔ برخی معیارهای سیستم شاخص پیچیده و ترکیبی مربوط به شهرهای هوشمند را در ادبیات موجود ارائه می‌کند.

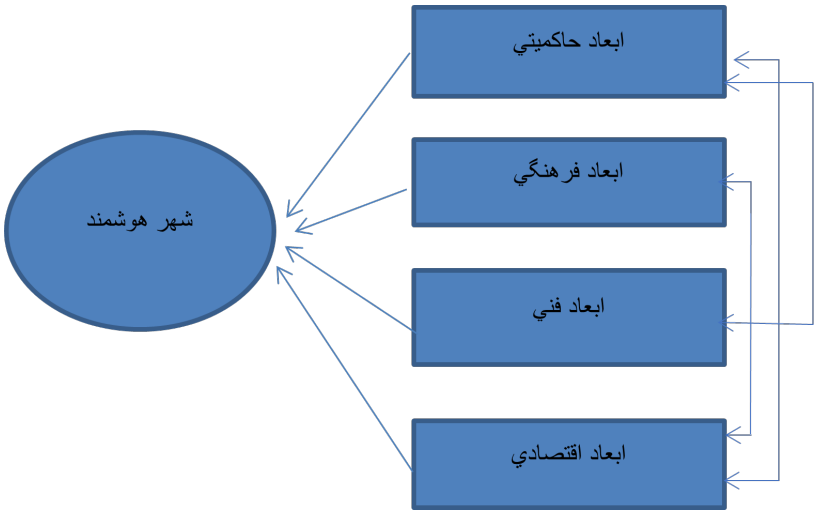
جدول ۱. معیارهای سیستم شاخص پیچیده و ترکیبی مربوط به شهرهای هوشمند

نویسنده	محیط هوشمند	اقتصاد هوشمند	حکمرانی هوشمند	حمل‌ونقل هوشمند	زندگی هوشمند	مردم هوشمند	مدیریت هوشمند	تکنولوژی زیرساخت
Manupati et al., 2018	*	*	*					*
Shen et al, 2018	*	*	*					*
Yadav et al, 2019	*		*	*			*	*
Koca et al, 2021	*	*	*	*	*			
Hanine et al 2021	*	*	*	*	*			
Milošević et al, 2019	*	*	*	*	*			
Hajduk, 2019	*	*		*	*	*		
Zhu, 2019	*	*	*					*
Devici et al, 2020		*	*			*	*	
Yi et al, 2018	*	*						
Ye et al, 2018		*	*					*
Lazaroiu & Roscia,2021	*	*		*	*			
Et al, 2018 Liu	*	*	*	*	*	*		*
Ozkaya & Erdin, 2018	*	*		*	*			
Shi et al, 2018		*	*			*		*
Y. Wu ,2018		*				*	*	*

توسعهٔ مدل

این پژوهش با هدف ارائهٔ الگوی معیارهای فناورانه برای توسعهٔ شهر هوشمند، با تأکید بر ابعاد فناورانه و با تمرکز بر شهر تهران انجام شده است. برای دستیابی به این هدف، نخست اطلاعات از طریق روش‌های مطالعات کتابخانه‌ای و مقالات شبکهٔ جهانی اطلاعات جمع‌آوری شد. سپس، با استفاده از تحقیقات میدانی یعنی تدوین پرسشنامه به منظور توصیف دیدگاه جامعه مورد پژوهش بهره گرفته شد. در این پژوهش از سه پرسشنامه استفاده شد: پرسشنامهٔ اول روش دلفی فازی که به تعیین ابعاد و معیارهای اصلی شهر هوشمند به کار گرفته شد که در این راستا، هفت بعد اصلی شامل مردم هوشمند، محیط هوشمند، اقتصاد هوشمند، زندگی هوشمند، حمل‌ونقل هوشمند، فناوری و زیرساخت، و حکمرانی و مدیریت هوشمند شناسایی شدند و مورد بررسی قرار گرفتند. ابتدا، تکنیک دلفی فازی برای غربال‌سازی معیارها و شناسایی معیارهای اساسی به کار گرفته شد. سپس، پرسشنامهٔ دوم با استفاده از روش دیمتل، شدت و جهت روابط میان معیارها تعیین شد و معیارهای تأثیرگذار و تأثیرپذیر شناسایی شدند. در نهایت، با پرسشنامهٔ سوم روش بهترین ـ بدترین، وزن معیارها و زیرمعیارها محاسبه و اولویت‌بندی نهایی ارائه شد.

در شکل ۱ گام‌های پژوهش آورده شده است.



شکل ۱. گام‌های پژوهش

سؤال‌های تحقیق

- ابعاد فناورانهٔ ارزیابی شهرهای هوشمند کدام است؟
-شناخت معیارهای مؤثر بر توسعهٔ شهر هوشمند چگونه حاصل می‌شود؟
-شناخت زیرمعیارهای مؤثر بر توسعهٔ شهر هوشمند چگونه حاصل می‌شود؟
-رابطهٔ بین معیارها چگونه است؟

غربال ابعاد و معیارهای شهر هوشمند

با توجه به تعدد معیارهای حاصله از هریک از مؤلفه‌های مشروح در قسمت قبلی، معیارهایی که حداقل در دو پژوهش (جدول ۱) به آن‌ها پرداخته شده، به عنوان ورودی روش دلفی فازی در نظر گرفته شده است. با استفاده از نظر ۱۰ خبره از بخش کارخانه‌ها و ساخت گروه مپنا، مهم‌ترین معیارها شناسایی شدند. درخور یادآوری است در امتیازدهی خبرگان عواملی همچون هم‌پوشانی معیارها، توانایی سنجش معیارها و از همه مهم‌تر شرایط و جوانب حاضر در کشور ایران مؤثر بوده است. در جدول ۳ معیارهای نهایی‌شده با استفاده از تکنیک دلفی فازی توسط خبرگان با مشخصات قیدشده در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲. خلاصهٔ اطلاعات خبرگان

ردیف	سمت	بخش
۱	رئیس	مرکز تحقیقات شهر هوشمند
۲	رئیس	کمیتهٔ فنی شهرها و جوامع پایدار سازمان ISO در ایران
۳	معاون	مرکز تحقیقات شهر هوشمند
۴	دبیر کارگروه تحول هوشمند	مرکز تحقیقات شهر هوشمند
۵	رئیس	مرکز توسعهٔ فناوری اطلاعات امنیت و هوشمندسازی وزارت کشور
۶	سرپرست	مرکز تهران هوشمند
۷	دکترای GIS و محقق شهر هوشمند	دانشگاه خواجه نصیر طوسی
۸	دکترای GIS و محقق شهر هوشمند	دانشگاه خواجه نصیر طوسی
۹	دکترای GIS و محقق شهر هوشمند	دانشگاه خواجه نصیر طوسی
۱۰	عضو	پنل اقتصاد هوشمند مرکز تحقیقات شهر هوشمند

جدول ۳. معیارهای تأییدشده برای ادامهٔ تحقیق

ردیف	نام فاکتور	نام زیرفاکتور
En1	محیط هوشمند	درصد استفاده از کنتورهای انرژی هوشمند
En2		سیستم‌های رصد سلامت فضاهای سبز
En3		درصد شبکهٔ توزیع آب شهری تحت پایش یک سامانهٔ آب هوشمند
En4		سرمایه‌گذاری در هوشمندسازی حفاظت از محیط زیست به عنوان نسبت GPD
En5		تعداد پایگاه‌های در لحظه پایش از راه دور بر کیفیت هوا
En6		میزان بهره‌گیری از فناوری‌های نوین دیجیتال در سیستم پیش‌بینی بلایای طبیعی
Pe1	مردم هوشمند	درصد جمعیت با توانایی استفاده از ابزارهای هوشمند
PE2		تمایل به یادگیری مادام‌العمر و الکترونیکی
Pe3		تعداد عناوین کتاب‌های الکترونیک کتابخانه‌های عمومی
Pe4		میزان خلاقیت، انعطاف‌پذیری و ذهن باز
Pe5		افزایش آگاهی مدنی از طریق رسانه‌های اجتماعی
Mo1	جابه‌جایی هوشمند	سیستم پارکینگ هوشمند (پارکینگ‌های دارای پرداخت الکترونیک و اعلام ظرفیت برخط/بهره‌برداری مؤثر از فضاهای پارکینگ)
Mo2		تعداد دوچرخه‌های دردسترس از طریق خدمات اشتراک دوچرخهٔ شهری
Mo3		منطقهٔ شهری با نقشهٔ تعاملی خیابان‌ها به صورت آنلاین به عنوان درصدی از مساحت شهری
Mo4		درصد ناوگان شهری که با موتور هیبریدی یا برقی کار می‌کند
Mo5		میزان پوشش دوربین هوشمند ترافیکی
Mo6		نرخ رسیدگی آنلاین به حوادث ترافیکی
Mo7		شبکهٔ اطلاع‌رسانی راه‌های شهری
Mo8		سطح ساخت ایستگاه اتوبوس هوشمند
Mo9		تعداد کاربران حمل‌ونقل اینترنتی (مانند اسنپ و تپسی)
EC1	اقتصاد هوشمند	نرخ کاهش بیکاری به واسطه به‌کارگیری فناوری‌های جدید
EC2		نسبت تولید ناخالص داخلی تولیدشده توسط صنایع با فناوری پیشرفته
EC3		میزان سرمایه‌گذاری در شرکت‌ها و صنایع با فناوری پیشرفته
EC4		حجم صادرات تجهیزات برقی و مخابراتی (وجود داده در سازمان توسعه و تجارت ایران)
EC5		رصد نیروی کار شاغل در صنعت ICT
EC6		تعداد یا درصد شرکت‌های ICT
EC7		سطح تحقیق و توسعه دانش‌بنیان
Li1	زندگی هوشمند	رزرو خدمات تفریحی و فرهنگی عمومی به صورت آنلاین
Li2		درصد پروانه‌های ساخت اعطاشده از طریق یک سامانهٔ الکترونیک
Li3		تعداد کارکنان علمی و فناوری در هر میلیون نفر
Li4		درصد سالانهٔ قرار ملاقات‌های پزشکی مجازی
Li5		نرخ پروندهٔ الکترونیک سلامت شهروندان
Li6		درصد ساختمان‌های عمومی و خصوصی هوشمند
Li7		سرانهٔ معاملات تجارت‌الکترونیکی

ردیف	نام فاکتور	نام زیرفاکتور
Go1	حکمرانی و مدیریت	دسترسی به خدمات و دولت الکترونیک
Go2		پروژه‌های حمایتی محیطی و کارآفرینی
Go3		میانگین زمان‌پاسخ به استعلام‌های انجام‌شده از طریق سامانهٔ استعلام غیراضطراری شهر
Go4		مشارکت سیاسی از طریق پلتفرم‌های الکترونیکی (مانند نظرسنجی اینترنتی یا انتخابات بر بستر بلاکچین)
Go5		سطح تبیین استراتژی‌ها و چشم‌اندازهای توسعهٔ شهر هوشمند
Go6		شفافیت حکمرانی باز و استفاده از داده‌های باز
Go7		درصد سالانهٔ بودجهٔ شهری برای فعالیت‌های دانش‌بنیان
Go8		مشارکت افراد با تحصیلات مرتبط شهر هوشمند در حوزهٔ مدیریت شهری
Te1	تکنولوژی و زیرساخت	درصد خانوارهایی که به اینترنت دسترسی دارند (%)
Te2		توسعهٔ پلتفرم ابری و استفاده از اپلیکیشن
Te3		پذیرش تکنیک‌های نوین ساخت‌وساز
Te4		پوشش ایستگاه‌های پایه 5G
Te5		تعداد رایانه به ازای هر صد خانوار
Te6		نرخ دسترسی باند پهن و فیبر کابلی
Te7		ایجاد و به‌اشتراک‌گذاری منابع اطلاعاتی پایه سازمان‌ها
Te8		میانگین ازکارافتادگی زیرساخت‌های IT شهر
Te9		سیستم حسگر و شبکهٔ انتقال داده قوی برای نظارت بر شهر

با استفاده از ماتریس کل میزان تأثیرگذاری مستقیم و غیر مستقیم هر معیار را مشخص کنیم. در این راستا، جمع سطرها را با ri و جمع ستون‌ها را با ci نشان می‌دهیم که نشان‌دهندهٔ جمع اثرات مستقیم و غیر مستقیم هستند. همچنین، می‌توان شدت تأثیرگذار بودن هر یک از متغیرها را با رابطهٔ r+c، و یا شدت تأثیرپذیر بودن هر یک از متغیرها را با رابطهٔ r-c محاسبه کرد.

غربال ابعاد و معیارهای شهر هوشمند با روش دلفی فازی

روش DEMATEL برای ایجاد نقشهٔ روابط شبکه، روابط متقابل بین عوامل / معیارها را ایجاد می‌کند.

DEMATEL یک روش مفید برای تحلیل روابط علت و معلولی است، جایی که می‌تواند معیارهای کمی را ارائه دهد و مدل ساختاری مرتبط را در نظر بگیرد. با این‌حال، DEMATEL قادر به تعیین وزن معیارهای فردی نیست.

DEMATEL می‌تواند به طور مؤثر ساختار یک نقشهٔ روابط را با روابط متقابل واضح بین زیرمعیارها برای هر معیار بسازد. همچنین، می‌توان از آن برای ایجاد نمودارهای علّی استفاده کرد که بتوانند رابطهٔ علّی و معلولی زیرسیستم‌ها را تجسم کنند. از DEMATEL می‌توان برای سنجش جنبه‌های کیفی و عوامل مرتبط با آن‌ها که اغلب در مسائل اجتماعی و همچنین، در سایر مسائل چالش‌برانگیز که شامل تکنیک‌های تعاملی انسان مدل است استفاده کرد. در ادبیات، DEMATEL برای موضوعات مختلف، از جمله برنامه‌ریزی صنعتی، تصمیم‌گیری، ارزیابی محیط زیست منطقه‌ای، توسعهٔ پایدار و سایر مسائل جهان اقتباس شده است.

در یک سیستم دارای وابستگی داخلی، تمام معیارهای سیستم‌ها دو به دو مشابه، مستقیم یا غیر مستقیم هستند. بنابراین، هر رابطه داخلی با یکی از معیارها روی سایر معیارها نیز تأثیر می‌گذارد. از این‌رو، پیدا کردن اولویت در عمل کار بسیار دشواری است. روش DEMATEL بر مبنای تئوری گراف، ما را قادر می‌سازد تا مسائل را بهتر برنامه‌ریزی و حل کنیم؛ به نحوی که ممکن است چندین معیار را در گروه علت ـ معلول برای درک بهتر روابط علّی، در جهت ترسیم نقشهٔ روابط شبکه‌ای تقسیم کنیم. این روش‌شناسی ممکن است تأییدکنندهٔ روابط متقابل میان متغیر معیارها و محدودکنندهٔ روابطی باشد که در یک روند توسعه‌ای و سیستماتیک ضروری هستند محصول نهایی فرایند DEMATEL ارائهٔ تصویری است که پاسخ‌گو بر اساس آن فعالیت‌های خود را سازمان می‌دهد.

گام‌های این روش به شرح ذیل است:

گام ۱: ساخت ماتریس رابطهٔ مستقیم است. ابتدا اندازه‌گیری رابطهٔ بین شاخص‌ها مستلزم آن است که مقیاس مقایسه به صورت چهار سطح طراحی شود: ۰ (بدون تأثیر)، ۱ (تأثیر خیلی کم)، ۲ (تأثیر کم)، ۳ (تأثیر زیاد) و ۴ (تأثیر بسیار زیاد). سپس، کارشناسان مجموعه‌ای از مقایسه‌های زوجی را از نظر تأثیر و جهت بین شاخص‌ها انجام می‌دهند. درنتیجه این ارزیابی‌ها و داده‌های اولیه را می‌توان به عنوان ماتریس رابطهٔ مستقیم به دست آورد که یک ماتریس $n \times n$ است که در آن به عنوان درجه‌ای که معیار i بر معیار j تأثیر می‌گذارد نشان داده می‌شود.

گام ۲: نرمال‌سازی ماتریس رابطهٔ مستقیم است. ماتریس رابطهٔ مستقیم نرمال‌شده X را می‌توان از طریق فرمول‌های ۱ و ۲ به دست آورد:

$$X = K.A \quad (1)$$

$$K = \frac{1}{\max_{1 \le i \le n} \sum_{j=1}^{n} aij}.i.j = 1.2.....n \quad (2)$$

گام ۳: به دست آوردن ماتریس کل (T)است. این ماتریس را می‌توان به ماتریس (X) و بردار که با فرمول ۳ محاسبه کرد:

$$T = X(I - X)^{-1} \quad (3)$$

گام ۴: تهیهٔ نمودار علّی- معلولی است. مجموع سطرها و مجموع ستون‌ها به طور جداگانه به صورت بردار D و بردار R از طریق فرمول (۴-۶) نشان داده شده است. سپس بردار محور افقی $(D+R)$ نشان می‌دهد این معیار چقدر اهمیت دارد. به طور مشابه، محور عمودی $(D-R)$ نشان می‌دهد معیار یک معیار علت است. اگر $(D-R)$ یک عدد منفی شود به این معناست که معیار، یک معیار معلول و تأثیرپذیر است .

$$T = [t_{ij}]_{n\times n}.i.j = 1.2.....n \quad (4)$$

$$D = \left[\sum_{j=1}^{n} t_{ij}\right]_{n\times 1} = [t_i]_{n\times 1} \quad (5)$$

$$R = \left[\sum_{i=1}^{n} t_{ij}\right]_{1\times n} = [t_j]_{n\times 1} \quad (6)$$

گام ۵: وزن هر یک از ابعاد را با نرمال‌سازی اعداد $D+R$ به دست می‌آوریم (Koca et al., ۲۰۲۱):

$$W_D = \frac{D+R}{\sum_i^n D+R} \quad (7)$$

گام ۶: به دست آوردن ماتریس آستانهٔ رابط است. به این‌صورت که هر درایه در ماتریس T کوچک‌تر از حد آستانه باشد عدد صفر را دریافت می‌کند و در غیر این صورت، عدد متناظر تخصیص پیدا خواهد کرد.

$$\begin{cases} if\ t_{ij} < threshold, 0 \\ if\ t_{ij} > threshold, t_{ij} \end{cases} \quad (8)$$

$$threshold = average[t_{ij}]_{n\times n}$$

با استفاده از ماتریس کل میزان تأثیرگذاری مستقیم و غیر مستقیم هر معیار را مشخص کنیم. در این راستا جمع سطرها را با ri و جمع ستون‌ها را با ci نشان می‌دهیم که نشان‌دهندهٔ جمع اثرات مستقیم و غیر مستقیم هستند. همچنین، می‌توان شدت تأثیرگذار بودن هر یک از متغیرها را با رابطهٔ r+c، و یا شدت تأثیرپذیر بودن هر یک از متغیرها را با رابطهٔ r-c محاسبه کرد. (جدول‌های ۴ و ۵).

جدول ۴. ماتریس کل و محاسبهٔ r, c

	en	pe	mo	ec	li	go	te	r
en	۰.۲۱۱۹۱۳	۰.۲۸۳۶۶۴	۰.۲۷۵۳۱	۰.۲۷۳۹۹۳	۰.۳۴۸۸۳	۰.۳۳۶۹۷	۰.۲۴۵۷۹۱	۱.۹۷۶۴۷۱
pe	۰.۳۴۶۸۸۲	۰.۲۸۶۱۷	۰.۳۷۴۶۰۷	۰.۳۶۵۵۹۳	۰.۴۳۶۶۹۴	۰.۴۳۶۰۸۵	۰.۳۰۲۱۷۱	۲.۵۴۸۲۰۱
mo	۰.۴۰۹۳۸	۰.۴۵۸۵۴۱	۰.۳۱۵۵۹	۰.۴۰۴۱۳۴	۰.۵۱۷۵۴۳	۰.۴۹۷۷۴	۰.۳۶۸۰۵۲	۲.۹۷۰۹۸
ec	۰.۴۴۶۶۰۵	۰.۴۹۴۸	۰.۴۶۷۶۱۷	۰.۳۳۷۲۳۶	۰.۵۵۴۹۸۹	۰.۵۴۲۱۸۷	۰.۳۹۸۷۳۹	۳.۲۴۲۱۷۴
li	۰.۳۵۰۶۸۱	۰.۳۳۸۶۵۸	۰.۳۱۹۹۴۹	۰.۳۲۵۹۷۳	۰.۲۸۷۸۰۸	۰.۳۵۹۲۱۱	۰.۲۸۲۵۰۱	۲.۲۶۴۷۸۱
go	۰.۴۷۹۳۶۹	۰.۴۹۷۱۵۶	۰.۴۸۰۴۲۸	۰.۴۷۲۳۹۵	۰.۵۵۰۷۷۲	۰.۴۰۴۸۵	۰.۴۲۹۱۳۴	۳.۳۱۴۱۰۴
te	۰.۵۳۵۹۳۱	۰.۵۶۰۹۴۱	۰.۵۳۳۸۸۸	۰.۵۲۵۰۸۲	۰.۶۲۳۳۳۲	۰.۶۰۳۰۵	۰.۳۳۷۹۸۸	۳.۷۲۰۲۱۲
c	۲.۷۸۰۷۶۱	۲.۹۱۹۹۳	۲.۷۶۷۳۹	۲.۷۰۴۴۰۵	۳.۳۱۹۹۶۸	۳.۱۸۰۰۹۴	۲.۳۶۴۳۷۵	

جدول ۵. نتایج r و c و تأثیرگذاری و تأثیرپذیری معیارها

	r	c	r+c	r-c
en	۱.۹۷۶۴۷۱	۲.۷۸۰۷۶۱	۴.۷۵۷۲۳۲	-۰.۸۰۴۲۹
pe	۲.۵۴۸۲۰۱	۲.۹۱۹۹۳	۵.۴۶۸۱۳۱	-۰.۳۷۱۷۳
mo	۲.۹۷۰۹۸	۲.۷۶۷۳۹	۵.۷۳۸۳۷	۰.۲۰۳۵۹
ec	۳.۲۴۲۱۷۴	۲.۷۰۴۴۰۵	۵.۹۴۶۵۷۸	۰.۵۳۷۷۶۹
li	۲.۲۶۴۷۸۱	۳.۳۱۹۹۶۸	۵.۵۸۴۷۴۸	-۱.۰۵۵۱۹
go	۳.۳۱۴۱۰۴	۳.۱۸۰۰۹۴	۶.۴۹۴۱۹۸	۰.۱۳۴۰۰۹
te	۳.۷۲۰۲۱۲	۲.۳۶۴۳۷۵	۶.۰۸۴۵۸۷	۱.۳۵۵۸۳۷

برای تعیین رتبه‌بندی هر یک از مؤلفه‌ها با استفاده از خروجی‌های روش دیمتل از مقدار r+c استفاده شده است. ابتدا مقدار r+c طبق جدول نرمال شده و سپس رتبه‌بندی شده است (جدول ۶).

جدول ۶. رتبه‌بندی معیارها

	rank	r+c normal
en	۷	۰.۱۱۸۷۱۱۶۴۵
pe	۶	۰.۱۳۶۴۵۱۳۶۳
mo	۴	۰.۱۴۳۱۹۴۸۹۱
ec	۳	۰.۱۴۸۳۹۰۵۱۲
li	۵	۰.۱۳۹۳۶۱۴۲۷
go	۱	۰.۱۶۲۰۵۵۷۸۲
te	۲	۰.۱۵۱۸۳۴۳۷۹

روش BWM

گام ۱: مجموعه معیارهای تصمیم‌گیری مشخص‌شده در روش دلفی برای محاسبهٔ وزن به روش BWM استفاده شده است:

گام ۲: بهترین و بدترین معیار مشخص شده است: با توجه به پرسشنامهٔ روش BWM که در پیوست آورده شده است، نظر ده خبره جمع‌آوری و بهترین و بدترین معیار مربوط به هریک از ابعاد مشخص شده است.

گام ۳: اولویت بهترین معیار نسبت به سایر معیارها با استفاده از اعداد ۱ تا ۹ مشخص شده است. همچنین، اولویت سایر معیارها نسبت به بدترین معیار با عدد ۱ تا ۹ مشخص شده است. با توجه به پرسشنامه روش BWM که در پیوست آورده شده است، نظر خبرگان جمع‌آوری شده و نتیجهٔ رتبه‌بندی برای هر یک از پرسشنامه‌ها به تفکیک جمع‌آوری شده که به صورت زیر بوده است:

جدول ۷. جدول نهایی BMW: وزن معیارهای تکنولوژی و زیرساخت

	Te1	Te2	Te3	Te4	Te5	Te6	Te7	Te8	Te9
W	۰.۱۴۶۶۱۴	۰.۰۷۶۸۴	۰.۰۹۶۱۲۶	۰.۰۵۱۶۸۴	۰.۰۹۶۱۲۶	۰.۰۴۶۳۶۹	۰.۱۱۱۶۶۴	۰.۲۸۹۶۹۳	۰.۰۸۴۸۷۹

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها انجام شده و نتایج این تجزیه‌وتحلیل با جزئیات کاملی ارائه شده و به تحلیل ابعاد و معیارهای شهر هوشمند با استفاده از روش‌های پیشرفته پرداخته و فرایند تصمیم‌گیری را ارتقا داده است. با استفاده از روش دلفی فازی، ابعاد و معیارهای شهر هوشمند غربال‌بندی شده و مهم‌ترین موارد مورد توجه قرار گرفته‌اند. در ادامه، با استفاده از جدول‌های تصمیم DEMATEL، شناسایی شده‌اند. سپس، با استفاده از روش بهترین ـ بدترین، وزن معیارها محاسبه شده و اجماع برای تعیین وزن نهایی انجام شده است. این مرحلهٔ نهایی تعیین وزن معیارها را تجمیع کرده و رتبه‌بندی نهایی شهر هوشمند را مشخص می‌کند. درنهایت، با اجرای مراحل مختلف تجزیه‌وتحلیل داده‌ها و محاسبهٔ وزن‌ها، رتبه‌بندی نهایی معیارها ارائه شده است که به مخاطبان نتایج دقیق و مشخص ارائه می‌دهد و به آن‌ها امکان می‌دهد با دقت به تجزیه‌وتحلیل‌ها و نتایج پیشروی که انجام شده، دست پیدا کنند.

بحث و نتیجه‌گیری

این پژوهش با هدف ارائهٔ الگوی معیارهای فناورانه برای توسعهٔ شهر هوشمند، با تأکید بر ابعاد فناورانه و با تمرکز بر شهر تهران انجام شده است. برای دستیابی به این هدف، نخست ابعاد و معیارهای اصلی شهر هوشمند شناسایی شدند. در این راستا، هفت بعد اصلی شامل مردم هوشمند، محیط هوشمند، اقتصاد هوشمند، زندگی هوشمند، حمل‌ونقل هوشمند، فناوری و زیرساخت، و حکمرانی و مدیریت هوشمند شناسایی و مورد بررسی قرار گرفتند. ابتدا، تکنیک دلفی فازی برای غربال‌سازی معیارها و شناسایی معیارهای اساسی به کار گرفته شد. سپس، با استفاده از روش دیمتل، شدت و جهت روابط میان معیارها تعیین شد و معیارهای تأثیرگذار و تأثیرپذیر شناسایی شدند. در نهایت، با روش بهترین ـ بدترین، وزن معیارها و زیرمعیارها محاسبه شده و اولویت‌بندی نهایی ارائه شد.

نتایج این پژوهش نشان داد معیارهای حکمرانی و مدیریت هوشمند، فناوری و زیرساخت هوشمند و اقتصاد هوشمند به عنوان مهم‌ترین معیارهای تأثیرگذار در توسعهٔ شهر هوشمند در تهران شناخته می‌شوند، در حالی که معیار زندگی هوشمند بیشترین تأثیرپذیری را دارد.

یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهند توسعهٔ شهر هوشمند در تهران با توجه به شاخص‌های حکمرانی هوشمند، زیرساخت‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات، اقتصاد هوشمند، و کیفیت زندگی می‌تواند به میزان زیادی به الگوهای موفق در سایر کشورها نزدیک شود. با بررسی شاخص‌های مشابه در شهرهای پیشرو مانند سنگاپور، سئول و هلسینکی، ضعف‌ها و قوت‌های تهران قابل ارزیابی است.

در کشورهای پیشرو، حکمرانی هوشمند از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. برای مثال، سنگاپور با ایجاد یک سیستم جامع داده‌ای تحت عنوان Virtual Singapore، به مدیران شهری اجازه می‌دهد که بر اساس اطلاعات لحظه‌ای و دقیق تصمیم‌گیری کنند. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهند در تهران، هرچند زیرساخت‌های داده‌ای و مدیریت اطلاعات موجود است، اما هنوز این سیستم‌ها به اندازهٔ کافی جامع و یکپارچه نیستند. در اینجا لزوم بهبود دسترسی به داده‌های بلادرنگ و سرمایه‌گذاری در سیستم‌های اطلاعاتی مشهود است. این امر می‌تواند نه تنها به شفافیت تصمیم‌گیری‌ها کمک کند، بلکه به اعتماد عمومی نیز بیفزاید.

از سوی دیگر، شهرهایی مانند سئول در کرهٔ جنوبی نشان داده‌اند بهره‌برداری از فناوری‌هایی نظیر اینترنت اشیا (IoT) و 5G در بهبود خدمات شهری تأثیر به‌سزایی دارد. سئول با استفاده از این فناوری‌ها توانسته است در حوزه‌های مختلفی از جمله مدیریت ترافیک و کاهش آلودگی موفق عمل کند. در مقایسه، زیرساخت‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات در تهران به پیشرفت‌های بیشتری نیاز دارد تا بتواند به یک شبکهٔ هوشمند گسترده تبدیل شود. بر

اساس یافته‌های پژوهش، زیرساخت‌های فناوری در تهران هنوز در مراحل اولیهٔ توسعه قرار دارند و استفاده از فناوری‌های پیشرفته‌ای نظیر IoT به شکل گسترده در سطح شهر هنوز محقق نشده است. لذا، افزایش سرمایه‌گذاری در این حوزه می‌تواند به افزایش کارایی شهری و کاهش مشکلات محیطی کمک کند.

در زمینهٔ اقتصاد هوشمند، هلسینکی در فنلاند یکی از نمونه‌های موفق به شمار می‌رود. این شهر با ارائهٔ مشوق‌های مالی برای شرکت‌های فناورانه و استارتاپ‌ها، توسعهٔ اقتصاد هوشمند را تسهیل کرده و با استفاده از داده‌های باز، امکان نوآوری و کارآفرینی را فراهم آورده است. بر اساس نتایج این پژوهش، در تهران نیز علاقه به توسعهٔ اقتصاد هوشمند و حمایت از استارتاپ‌ها وجود دارد؛ با این‌حال، وجود برخی محدودیت‌های مالی و قانونی باعث شده که نوآوری و کارآفرینی در این حوزه با چالش‌های مختلفی مواجه شود. با توجه به اینکه توسعهٔ اقتصاد هوشمند می‌تواند به ایجاد فرصت‌های شغلی و بهبود وضعیت اقتصادی شهر منجر شود، پیشنهاد می‌شود تهران با ایجاد سیاست‌های حمایتی مناسب، به‌ویژه در حوزهٔ فناوری اطلاعات، از رشد کسب‌وکارهای نوپا حمایت کند و فضای مناسبی برای کارآفرینی فراهم آورد.

کیفیت زندگی نیز یکی از عوامل کلیدی در شهرهای هوشمند است که تهران می‌تواند از تجارب سایر کشورها بهره‌برداری کند. در شهرهای پیشرو مانند کپنهاگ و آمستردام، اقدامات زیادی برای بهبود کیفیت زندگی شهروندان از طریق فناوری صورت گرفته است. برای مثال، این شهرها با کاهش آلودگی و بهینه‌سازی سیستم‌های حمل‌ونقل عمومی توانسته‌اند محیطی سالم و مناسب برای زندگی فراهم آورند. در مقابل، یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهند در تهران کیفیت زندگی به دلیل مشکلاتی همچون آلودگی هوا، ترافیک و نبود فضاهای عمومی کافی، تحت تأثیر قرار گرفته است. اگر تهران بتواند با بهره‌گیری از فناوری‌های هوشمند و بهینه‌سازی سیستم‌های حمل‌ونقل، آلودگی محیطی را کاهش دهد، می‌توان انتظار داشت که کیفیت زندگی در این شهر بهبود یابد.

به طور کلی، مقایسهٔ تهران با سایر شهرهای هوشمند جهان نشان می‌دهد توسعهٔ شهر هوشمند نیازمند سرمایه‌گذاری در حوزه‌های مختلف از جمله حکمرانی هوشمند، زیرساخت‌های فناوری، اقتصاد هوشمند و کیفیت زندگی است. بر اساس یافته‌های این پژوهش، با توجه به وجود ظرفیت‌های بالقوه در تهران، می‌توان از تجارب موفق دیگر شهرها در توسعه شهر هوشمند استفاده کرد و برنامه‌های مشابهی را برای تهران پیاده‌سازی کرد.

ـ ایجاد سامانهٔ حکمرانی هوشمند: تهران می‌تواند با ایجاد سامانه‌های نظارتی جامع مشابه Virtual Singapore، به بهبود دسترسی به داده‌ها و اتخاذ تصمیمات مبتنی بر اطلاعات به‌روز کمک کند.

ـ افزایش زیرساخت‌های فناوری ارتباطی: توسعه و بهره‌برداری از فناوری‌های اینترنت اشیا و شبکه‌های ارتباطی پرسرعت (مانند 5G) برای مدیریت ترافیک، نظارت بر آلودگی و بهینه‌سازی مصرف انرژی پیشنهاد می‌شود.

ـ حمایت از کسب‌وکارهای نوپا: ایجاد بستر حمایتی برای استارتاپ‌ها و شرکت‌های فناورانه، مشابه مدل‌های هلسینکی و کپنهاگ، به توسعهٔ اقتصاد هوشمند و کارآفرینی در تهران کمک خواهد کرد.

ـ بهبود کیفیت زندگی: توسعهٔ سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند و بهبود زیرساخت‌های محیطی مانند فضاهای سبز و نظارت بر کیفیت هوا از جمله اقداماتی است که تهران می‌تواند برای افزایش کیفیت زندگی شهروندان انجام دهد.

این پژوهش با محدودیت‌هایی مواجه بود، از جمله عدم دسترسی به داده‌های دقیق و گسترده در برخی حوزه‌ها و عدم امکان بررسی برخی شاخص‌های تخصصی به دلیل محدودیت زمانی و منابع. برای پژوهش‌های آتی، پیشنهاد می‌شود که داده‌های به‌روزتر و گسترده‌تری از شاخص‌های شهر هوشمند تهران جمع‌آوری شود و پژوهش‌های مقایسه‌ای بیشتری با شهرهای پیشرو انجام گیرد.

این پژوهش در مقایسه با سایر پژوهش‌ها چندین تفاوت کلیدی دارد:

۱. تمرکز بر شهر تهران: به خلاف بسیاری از پژوهش‌های دیگر که به بررسی کلی شهرهای هوشمند پرداخته‌اند، این پژوهش به طور خاص شهر تهران را مورد بررسی قرار داده و معیارهای فناورانهٔ آن را تحلیل کرده است.

۲. رویکرد ترکیبی در روش‌شناسی: این پژوهش از روش‌های چندگانه شامل دلفی فازی، دیمتل و بهترین ـ بدترین (BWM) برای تحلیل معیارهای فناورانه استفاده کرده است، در حالی که بسیاری از مطالعات مشابه تنها از یک روش تصمیم‌گیری چندمعیاره بهره برده‌اند.

۳. تأکید بر فناوری و زیرساخت‌های هوشمند: در حالی که بسیاری از پژوهش‌های قبلی ابعاد اجتماعی یا اقتصادی شهر هوشمند را بررسی کرده‌اند، این پژوهش به طور ویژه بر معیارهای فناورانه و زیرساختی تأکید دارد.

۴. مقایسه با شهرهای پیشرو: پژوهش حاضر یافته‌های خود را با تجربیات موفق شهرهای هوشمندی مانند سنگاپور، سئول، هلسینکی و کپنهاگ مقایسه کرده است، در حالی که بسیاری از مطالعات قبلی به چنین مقایسه‌ای نپرداخته‌اند.

۵. ارائهٔ پیشنهادهای سیاست‌گذاری و اجرایی: این پژوهش علاوه بر شناسایی معیارهای کلیدی، پیشنهادهای مشخصی برای بهبود وضعیت شهر هوشمند در تهران ارائه کرده است، در حالی که برخی پژوهش‌ها فقط به ارائهٔ چارچوب‌های نظری بسنده کرده‌اند.

۶. تمرکز بر چالش‌های اجرایی: این تحقیق علاوه بر بررسی وضعیت موجود، چالش‌های اجرایی تهران در حوزهٔ شهر هوشمند را نیز بررسی کرده و محدودیت‌های مرتبط با داده‌ها، زیرساخت‌ها و سیاست‌گذاری‌ها را مورد توجه قرار داده است.

این تفاوت‌ها موجب شده‌اند که این پژوهش نه‌تنها یک چارچوب نظری برای توسعهٔ شهر هوشمند ارائه دهد، بلکه به عنوان یک راهنمای عملی برای سیاست‌گذاران و مدیران شهری تهران نیز قابل استفاده باشد.

مشارکت نویسندگان

الهام دیانی (تدوین محتوا و پیشینه و تحلیل نتایج) ۶۰ درصد؛ و وحید شهابی (اصلاح محتوایی متن و بازخوانی متن نهایی) ۴۰ درصد.

تشکر و قدردانی

پژوهش حاضر حامی مالی نداشته و حاصل فعالیت علمی نویسندگان است.

تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است.

منابع

Afzali, Modiri, & Farhoudi. (2019). Prioritizing indicators in the smart city process (Case study: Kerman city). Quarterly Journal of Urban Research and Planning 30 9(35), 21- . https://journals.marvdasht.iau.ir/article_3276.html [In Persian]

Attaran, H.; Kheibari, N.; Bahrepour, D. Toward integrated smart city: A new model for implementation and design challenges. GeoJournal 2022, 87, 511–526

Deveci, M., Pekaslan, D., & Canıtez, F. (2020). The assessment of smart city projects using zSlice type-2 fuzzy sets based Interval Agreement Method. Sustainable Cities and Society, 53(October 2019). https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101889

Feizi, A., Joo, S., Kwigizile, V., & Oh, J. S. (2020). A pervasive framework toward sustainability and smart-growth: Assessing multifaceted transportation performance measures for smart cities. In Journal of Transport and Health (Vol. 19). https://doi.org/10.1016/j.jth.2020.100956

Hajduk, S. (2021). Multi-criteria analysis of smart cities on the example of the Polish cities. Resources, 10(5). https://doi.org/10.3390/resources10050044 22

Hajduk, S., & Jelonek, D. (2021). A decision-making approach based on topsis method for ranking smart cities in the context of urban energy. In Energies (Vol. 14, Issue 9). https://doi.org/10.3390/en14092691

Hassani, Zahra and Ahmadi, Fereshteh, 2019, Explanation of smart city criteria and indicators in new cities with emphasis on smart living, National Conference on Civil Engineering, Architecture and Information Technology in Urban Life, Mashhad https://civilica.com/doc/1134705 [In Persian]

Koca, G., Egilmez, O., & Akcakaya, O. (2021). Evaluation of the smart city: Applying the dematel technique. Telematics and Informatics, 62(April), 101625. https://doi.org/10.1016/j.tele.2021.101625

Manupati, V. K., Ramkumar, M., & Samanta, D. (2018). A multi-criteria decision making approach for the urban renewal in Southern India. Sustainable Cities and Society, 42, 471–481. https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.08.011

Milošević, M. R., Milošević, D. M., Stević, D. M., & Stanojević, A. D. (2019). Smart city: Modeling key indicators in Serbia using IT2FS. Sustainability (Switzerland), 11(13). https://doi.org/10.3390/su11133536

Molaei. (2021). Explaining the principles and strategies of a smart city with a sustainability approach in the field of crisis management (case study; Tehran metropolis). Quarterly Journal of Disaster Prevention and Management Knowledge, 11(3), 255-273. https://dpmk.ir/article-1-417-fa.html [In Persian]

Ozkaya, G., & Erdin, C. (2020). Smart and sustainable cities are evaluated through a hybrid MCDM approach based on ANP and TOPSIS technique. Heliyon, 6(10), e05052. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05052

Parasol, 2016 Parasol M. The impact of China's 2016 cyber security law on foreign technology firms and China's big data and smart city dreams Comput. Law Secur. Rev., 34 (1) (2016), pp. 67-98

Population Division, Department of Economic and Social Affairs, United Nations. 2018 United Nations Report. Available online: https://www.un.org/en/desa/around-25-billion-more-people-will-be-living-cities-2050-projects-new-un-report (accessed on 10 March 2021).

Rezaei, J. (2015). Best-worst multi-criteria decision-making method. Omega (United Kingdom), 53, 49–57. https://doi.org/10.1016/j.omega.2014.11.009134–154. https://doi.org/10.3390/smartcities1010008

Ritchie, H.; Roser, M. Urbanization. Our World in Data. 2018. Available online: https://ourworldindata.org/urbanization (accessed on 10 March 2021).

Shruti, S., Singh, P. K., & Ohri, A. (2021). Evaluating the environmental sustainability of smart cities in India: The design and application of the Indian smart city environmental sustainability index. In Sustainability (Switzerland) (Vol. 13, Issue 1, pp. 1–19). https://doi.org/10.3390/su13010327

Taghvaei, Masoud and Shafiei, Marjan, 2023, An analysis of the indicators affecting the realization of smart development in urban areas (Case study: Isfahan city) https://civilica.com/doc/1855069 [In Persian]

United Nations. Agenda 2030: The Sustainable Development Goals. 2016. Available online: https://www.un.org/sustainabledevelopment/development-agenda/ (accessed on 10 March 2021).

Wu, W.-W. (2008). Choosing knowledge management strategies by using a combined ANP and DEMATEL approach (p. 8). https://doi.org/10.1016/j.eswa.2007.07.025

Ye, F., Chen, Y., Li, L., Li, Y., & Yin, Y. (2022). Multi-criteria decision-making models for smart city ranking: Evidence from the Pearl River Delta region, China. Cities, 128(June), 103793. https://doi.org/10.1016/j.cities.2022.103793 84

Yi, P., Li, W., & Li, L. (2018). Evaluation and prediction of city sustainability using MCDM and stochastic simulation methods. Sustainability (Switzerland), 10(10). https://doi.org/10.3390/su10103771 85

Zapolskytė, S., Burinskienė, M., & Trépanier, M. (2020). Evaluation criteria of smart city mobility system using MCDM method. Baltic Journal of Road and Bridge Engineering, 15(4), 196–224. https://doi.org/10.7250/bjrbe.2020-15.501

Zhu, S., Li, D., & Feng, H. (2019). Is smart city resilient? Evidence from China. Sustainable Cities and Society, 50(March), 101636. https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101636