

Explanation of Key Drivers Effective in Establishing an IoT-based Smart City (Case Study: Mashhad Metropolis)

Aliakbar Anabestani^{1*}, Mohsen Kalantari², Nasim Niknami³

1- Professor, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

2- Associate Prof, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

3- MSc, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

ARTICLE INFO

Article History

Received: 2023-04-15

Accepted: 2023-05-27

Keywords

Future study

Internet of Things

Mashhad Metropolis

Smart City

ABSTRACT

Introduction

The increase in population in urban centers requires the provision of sufficient services and infrastructure to meet the needs of city residents. Furthermore, this population density in highly populated cities poses challenges in terms of governance, economic growth, environmental sustainability, quality of life, transportation, electricity, water consumption, and other issues. Smart cities are typically created with advanced infrastructure and modern information and communication technologies, and the Internet of Things (IoT) provides intelligent solutions for future cities by connecting smart devices and utilizing big data analytics. This allows city management and residents to access a wealth of real-time information about the urban environment and make decisions, take actions, and plan for the future based on that information. Given its current and future population attraction and potential, the city of Mashhad requires synchronization with modern developments to optimize the use of resources and facilities and create the necessary foundations to meet future needs. Therefore, this research aims to identify the key factors and drivers for Mashhad City to achieve a smart city model based on the Internet of Things in the future. Accordingly, the research question of this study is: What are the key drivers influencing the formation of an IoT-based smart city in the city of Mashhad in the future (by 2033)?

Materials and Methods

In the present study, the research method was a mixed approach in terms of objective and application and a combination of descriptive-analytical and future-oriented approaches in explaining the structure. Accordingly, the most influential factors in the formation of an IoT-based smart city in Mashhad were examined. Data collection was carried out through documentary methods (library sources and scientific journals) and field methods (using a questionnaire tool). In this research, the statistical population consisted of 25 experts, professionals, and urban stakeholders available, including city managers (mayors of districts, deputies, heads of organizations, and managers of urban areas, especially the Municipality of Mashhad), members of the Islamic City Council (especially the Research Center of the Islamic City Council of Mashhad), urban experts in the Mashhad County Governorate and the Office of Urban Affairs and Provincial Councils of Khorasan Razavi, the General Directorate of Roads and Urban Development of Khorasan Razavi, professors at the Ferdowsi University of Mashhad, Islamic Azad University (Mashhad Branch), Payame Noor University, and non-profit higher education institutions located in Mashhad, as well as specialists in the urban field. In this study, structured interviews were conducted with several stakeholders in urban planning and information technology using the Delphi method to identify key factors. Then, by synthesizing the factors obtained from the interviews and studying the documents in the research background, the validity and reliability of the variables were confirmed by experts. Ultimately, the factors were

* Corresponding author: a_anabestani@sbu.ac.ir

evaluated in the form of a future-oriented questionnaire.

Findings

Using field studies and library research, the most influential factors in the formation of an IoT-based smart city in Mashhad were identified. Then, using the quantitative method of future-oriented analysis and the Micmac software, the level of influence or susceptibility of the identified factors was determined. Therefore, the research findings indicate that among the 26 key factors influencing the formation of an IoT-based smart city, after examining the indicators and extracting the influential key factors (direct and indirect), 7 key drivers have had the greatest impact on the formation of an IoT-based smart city in Mashhad. These drivers include government policies in the field of information technology, improving the level of information literacy and scientific capabilities of citizens, investing in the development of communication and information technology infrastructure, creating a platform for citizen participation in urban development, raising awareness of the benefits and advantages of smart facilities through collective knowledge and culture-building, establishing and strengthening advanced infrastructure based on a smart city, and extensive use of information and communication technology (ICT).

Conclusion

In a summary of the research results, it can be mentioned that government policies in the field of information technology can have significant effects on the deployment of IoT-based smart cities in the short-term ten-year planning horizon. Furthermore, improving the level of information literacy and scientific capabilities of citizens can provide a suitable platform for this in Mashhad, as harnessing relevant knowledge and information is essential for the application of science and new trends in society. Additionally, investment in the development of communication and information technology infrastructure holds special importance. By allocating more capital to this area, the foundation for the formation of a more advanced and better smart city, considering IoT technology, will be established. It should be noted that the use of a new phenomenon requires awareness. Therefore, raising awareness among citizens and officials about the benefits and advantages of replacing conventional facilities with the utilization of collective knowledge and culture-building is crucial. Moreover, by creating and strengthening advanced infrastructure based on a smart city, progress can be made towards achieving the ultimate goals, ultimately leading to the realization of those goals through extensive use of information and communication technology.

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

Anabestani A. Kalantari M. Niknami N. Explanation of Key Drivers Effective in Establishing an IoT-based Smart City (Case Study: Mashhad Metropolis). Urban Economics and Planning Vol 4(1):232-248 [In Persian]

DOI: 10.22034/UEP.2023.390907.1346



تبیین محرک‌های کلیدی مؤثر بر استقرار شهر هوشمند مبتنی بر فناوری اینترنت اشیا (مورد مطالعه: کلان‌شهر مشهد)

علی اکبر عنابستانی^{۱*}؛ محسن کلانتری^۲؛ نسیم نیکنامی^۳

۱- استادیار گروه جغرافیای انسانی و آمایش، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

۲- دانشیار گروه جغرافیای انسانی و آمایش، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

۳- کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

اطلاعات مقاله

تاریخ‌های مقاله

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۱/۲۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۳/۰۶

چکیده

مقدمه

افزایش جمعیت در مراکز شهری مستلزم ارائه خدمات و زیرساخت‌های کافی برای پاسخ‌گویی به نیازهای ساکنان شهر است. همچنین، این ازدحام شهرهای پرجمعیت را از نظر حکمرانی، رشد اقتصادی، پایداری محیط زیست، کیفیت زندگی، حمل‌ونقل، برق، مصرف آب و سایر مسائل با مشکلاتی مواجه می‌کند. شهرهای هوشمند معمولاً با تکیه بر زیرساخت‌های پیشرفته و فناوری‌های اطلاعات و ارتباطات مدرن ایجاد می‌شوند و اینترنت اشیا با اتصال دستگاه‌های هوشمند و استفاده از تجزیه و تحلیل داده‌های بزرگ راه‌حل‌های هوشمندی را برای شهرهای آینده ارائه می‌دهد، به گونه‌ای که مدیریت شهر و شهروندان به انبوهی از اطلاعات در زمان واقعی در مورد محیط شهری دسترسی پیدا می‌کنند و بر اساس آن تصمیمات، اقدامات و برنامه‌های آینده را رقم می‌زنند. شهر مشهد با توجه به موقعیت و توان جذب جمعیت حال و آینده آن، نیازمند همگام و همسو شدن با تحولات مدرن به منظور استفاده بهینه از منابع و امکانات و همچنین، ایجاد بسترهای لازم به منظور پاسخ‌گویی به نیاز آنگان است. از این‌رو، پژوهش حاضر بر آن است تا بتواند با شناسایی عوامل و پیشران‌های کلیدی به منظور دستیابی شهر مشهد به الگوی شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا در آینده گام بردارد. بنابراین، سؤال پژوهش حاضر عبارت است از: محرک‌های کلیدی اثرگذار بر شکل‌گیری شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا در کلان‌شهر مشهد در آینده (افق ۱۴۱۲) کدام است؟

مواد و روش

در مطالعه حاضر روش تحقیق از نظر هدف، کاربردی و از نظر روش انجام کار، آمیخته‌ای از توصیفی-تحلیلی و در تبیین ساختار به صورت رویکرد آینده‌پژوهی انجام گرفته و بر این اساس، مهم‌ترین عوامل مؤثر بر شکل‌گیری شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا در شهر مشهد مورد بررسی قرار گرفته است. جمع‌آوری اطلاعات به روش اسنادی (منابع کتابخانه‌ای، مجله‌های علمی) و میدانی (با استفاده از ابزار پرسشنامه) بوده است. در این تحقیق، جامعه آماری در تحقیق حاضر شامل ۲۵ نفر از کارشناسان، خبرگان و صاحب‌نظران شهری در دسترس متشکل از مدیران شهری (شهرداران مناطق، معاونان، رؤسای سازمان‌ها و مدیران حوزه‌های شهری و به‌ویژه فاوای شهرداری)، اعضای شورای اسلامی شهر (به‌ویژه مرکز پژوهش‌های شورای اسلامی شهر مشهد)، کارشناسان عمرانی در فرمانداری شهرستان مشهد و دفتر امور شهری و شوراهای استانداری خراسان رضوی، اداره کل راه و شهرسازی خراسان رضوی، اساتید دانشگاه‌های فردوسی مشهد، آزاد اسلامی واحد مشهد، پیام نور و مؤسسه‌های آموزش عالی غیرانتفاعی واقع در مشهد و متخصصان حوزه شهری هستند. در پژوهش حاضر ابتدا برای شناسایی عوامل کلیدی مصاحبه‌های ساختاریافته با تعدادی از صاحب‌نظران حوزه‌های برنامه‌ریزی و فناوری اطلاعات شهری با استفاده از روش دلفی به عمل آمد و سپس، در ادامه با تجمیع عوامل حاصل از

کلمات کلیدی

اینترنت اشیا

آینده‌پژوهی

شهر هوشمند

کلان‌شهر مشهد

نتیجه گیری

در یک جمع‌بندی از نتایج پژوهش می‌توان اشاره کرد سیاست‌گذاری‌های بخش دولتی در بخش فناوری اطلاعات می‌تواند اثرات قابل توجهی در زمینه استقرار شهر هوشمند مبتنی بر فناوری اینترنت اشیا در افق برنامه‌ریزی کوتاه‌مدت ده‌ساله داشته باشد. علاوه بر این ارتقاء سطح سواد اطلاعاتی و توانمندی‌های علمی شهروندان هم می‌تواند بستری مناسب جهت این امر در شهر مشهد فراهم کند، چراکه بهره‌مندی از دانش و اطلاعات مرتبط از زمینه‌های اصلی به‌کارگیری علم و روندی جدید در یک جامعه است. همچنین سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های توسعه فناوری ارتباطات و اطلاعات از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و با تمرکز هرچه بیشتر سرمایه در این حوزه زمینه شکل‌گیری هرچه بیشتر و بهتر شهر هوشمند با در نظر داشتن فناوری اینترنت اشیا فراهم خواهد شد. باید توجه داشت استفاده از یک پدیده جدید نیازمند آگاهی است. بنابراین، آگاه‌سازی شهروندان و مسئولان از فواید و مزایای جایگزینی امکانات هوشمند با بهره‌گیری از دانش جمعی و فرهنگ‌سازی حائز اهمیت است. به علاوه باید توجه داشت با ایجاد و تقویت زیرساخت‌های پیشرفته مبتنی بر شهر هوشمند می‌توان در راستای تحقق آن گام برداشت تا در نهایت با استفاده گسترده از فناوری اطلاعات و ارتباطات به اهداف غایی دست یافت.

مصاحبه و اسناد مورد مطالعه در پیشینه تحقیق روایی و پایایی متغیرها توسط متخصصان امر تأیید شد و در نهایت، عوامل در قالب پرسشنامه آینده‌پژوهی مورد ارزیابی قرار گرفت.

یافته‌ها

با استفاده از مطالعات میدانی و کتابخانه‌ای، مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر شکل‌گیری شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا در شهر مشهد شناسایی شد و در ادامه، با استفاده از روش کمی آینده‌پژوهی و استفاده از نرم‌افزار Micmac به میزان تأثیرگذاری یا تأثیرپذیری عوامل شناسایی شده اقدام شد. بنابراین، یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد از بین عوامل کلیدی ۲۶ گانه اثرگذار بر شکل‌گیری شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا، پس از بررسی شاخص‌ها و استخراج عوامل کلیدی تأثیرگذار (مستقیم و غیرمستقیم)، ۷ پیشران کلیدی سیاست‌گذاری‌های بخش دولتی در بخش فناوری اطلاعات، ارتقای سطح سواد اطلاعاتی و توانمندی‌های علمی شهروندان، سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های توسعه فناوری ارتباطات و اطلاعات، بسترسازی برای ارتقای مشارکت شهروندان در توسعه شهری، آگاه‌سازی شهروندان و مسئولان از فواید و مزایای جایگزینی امکانات هوشمند با بهره‌گیری از دانش جمعی و فرهنگ‌سازی، ایجاد و تقویت زیرساخت‌های پیشرفته مبتنی بر شهر هوشمند و استفاده گسترده از فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) دارای بیشترین اثرگذاری را بر شکل‌گیری شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا در شهر مشهد داشته‌اند.

مقدمه

در سال ۲۰۲۰، بانک جهانی، بر اساس داده‌های بخش مردم سازمان ملل، تخمین زد که ۴/۲۷ میلیارد نفر در شهرها زندگی می‌کنند که بیش از ۵۵ درصد جمعیت جهان را تشکیل می‌دهد و در ۳۰ سال آینده احتمالاً ۲/۴ میلیارد نفر دیگر به جمعیت شهری جهان اضافه خواهند شد (محیط زیست سازمان ملل، ۲۰۱۸، سازمان ملل متحد، ۲۰۱۵). با رشد شهر مشکلات جدیدی مانند تراکم ترافیک، مدیریت زباله، آلودگی، تخصیص پارکینگ و غیره به وجود می‌آید که لزوم کار در زمینه انطباق شهر با نیازهای فعلی و آینده را در اولویت قرار می‌دهد [۲]. ورود فناوری بر فعالیت‌های فرهنگی، اجتماعی و عمرانی و خدمات‌رسانی شهرها تأثیر قابل توجهی می‌گذارد و عملکردهای نوینی را در ساختارهای مدیریت شهری به منظور بهبود زندگی شهروندان اضافه می‌کند [۳]. در این راستا، توجه به شهر هوشمند با در نظر گرفتن شش مؤلفه اصلی آن حائز اهمیت است. شهر هوشمند شهری پایدار است که مشکلات شهری را حل می‌کند و کیفیت زندگی شهروندان را از طریق فناوری چهارمین انقلاب صنعتی و حاکمیت بین‌ذی‌نفعان بهبود می‌بخشد [۴]. هدف شهرهای هوشمند حفظ کیفیت بالای زندگی با استفاده از فناوری‌های هوشمند و افزایش بهره‌وری اقتصادی است [۵]. شهر هوشمند مربوط به یک منطقه، ناحیه و شهر است که با سرمایه‌گذاری در حوزه زیرساخت ICT، منابع انسانی و اجتماعی از طریق مدیریت عادلانه منابع طبیعی همراه با حکمرانی مشارکتی، کیفیت بالای زندگی را برای شهروندان ارائه می‌کند [۶]. شهر هوشمند را می‌توان به عنوان یک شبکه فشرده فناوری با استفاده از فناوری‌های پیشرفته برای پیوند جمعیت، اطلاعات و وسایل نقلیه در نظر گرفت [۷]. تحقق شهر هوشمند نیازمند توجه به نقش اصلی شهروندان است، در واقع یک شهر زمانی هوشمند تلقی می‌شود که سرمایه‌گذاری اجتماعی و انسانی، حمل‌ونقل و زیرساخت‌های مدرن در حوزه فناوری اطلاعات و ارتباطات بتواند به رشد اقتصادی بلندمدت و کیفیت خوب زندگی منجر شود که ضمن گسترش حکمرانی دموکراتیک، استفاده هوشمندانه از منابع طبیعی را نیز تقویت کند [۸]. یک راه برای فراهم کردن بستر لازم آن، استفاده و بهره‌برداری از اینترنت اشیا است. اینترنت اشیا یکی از زیرساخت‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات شهرهای هوشمند پایدار است که در حال نفوذپذیری در بسیاری از حوزه‌های شهری با هدف بهینه‌سازی بهره‌وری انرژی و کاهش آثار مخرب زیست‌محیطی است که بیشتر به مدیریت هوشمند زیرساخت‌ها و تسهیلات، استفاده مؤثر از منابع طبیعی و ارتقای خدمات ارائه‌شده برای حمایت از محیط زیست مربوط می‌شود [۹]. اینترنت اشیا باعث توانمندسازی اشیا برای اتصال در هر زمان و مکان، با هر چیزی و هر شخصی است که از هر مسیر یا شبکه‌ای به منظور رسیدن به اهداف مشترک استفاده کرده و در حوزه‌های مختلف هوشمند انرژی، بهداشت، حمل‌ونقل، امنیت، کسب‌وکار، خانه، شهرها و غیره ایفای نقش می‌کنند [۱۰]. با پیشرفت سریع اینترنت اشیا، وارد دوران جدیدی در حوزه هوشمندسازی شهرها شده‌ایم و فرصت‌های جدیدی برای توسعه کاربردهای کارآمد و کم‌هزینه، با هدف بهبود کیفیت زندگی در شهرها به وجود آمده است [۱۱]. اینترنت اشیا (IoT) یکی از اجزای کلیدی زیرساخت ICT شهرهای هوشمند به دلیل پتانسیل بالای آن برای مدیریت هوشمند زیرساخت‌ها و امکانات و ارائه خدمات پیشرفته در حمایت از شهرهای پایدار است. شهرهای هوشمند معمولاً به اینترنت اشیا متکی هستند، جایی که طیف گسترده‌ای از دستگاه‌ها با یکدیگر ارتباط برقرار می‌کنند و در محیط‌های محاسباتی ناهمگن و توزیع‌شده برای ارائه اطلاعات و خدمات به نهادهای شهری و شهرنشینان با یکدیگر همکاری می‌کنند [۱۲]. در سراسر جهان طی دو دهه گذشته، پروژه‌هایی با تأکید بر شهرهای هوشمند یا شهرهای دیجیتال، شهر اطلاعاتی، شهر مبتنی بر دانش، جوامع الکترونیکی یا شهر سایبری روزبه‌روز در حال افزایش است که این امر توجه برنامه‌ریزان و مدیران شهری را به خود جلب کرده [۱۳]. تا با شناخت ویژگی‌های کلیدی شهر هوشمند، استانداردها و ارزش‌های شهر در جهت پایداری و بهبود کیفیت

زندگی و خدمات، استفاده هوشمندانه از منابع طبیعی و حاکمیت و ارائه خدمات طولانی‌مدت اقدام کنند [۱۴]. در ایران نیز توجه و به‌کارگیری این امر به‌خصوص برای کلان‌شهرها مورد توجه برنامه‌ریزان و مسئولان امور شهری قرار گرفته است. باید توجه داشت ما هم‌اکنون در آغاز انقلابی هستیم (انقلاب صنعتی چهارم) که شیوه زندگی و کار و هر آنچه به این دو مربوط می‌شود را تحت تأثیر قرار داده و بر پایه انقلاب دیجیتالی است [۱۵]. همچنین، طی چند سال گذشته توسعه سریع فناوری و تحقیقات در زمینه اینترنت اشیا مرتبط با شهر هوشمند به دو دلیل اصلی در حال انجام است. اول رشد جمعیت، دوم افزایش تعداد دستگاه‌ها و اشیا هوشمند و متصل به اینترنت. بنابراین، مباحث مرتبط با شهر هوشمند که مقوله اینترنت اشیا را در رأس مطالعات خود قرار دهد از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این راستا، با توجه به سرعت تحولات، بسیاری از رویدادهای آینده قابل پیش‌بینی هستند و انسان با دخالت و جهت دادن به برخی امور در جهت نتایج مطلوب آن می‌تواند نقش داشته باشد. تا با شناسایی مشکلات و بحران‌های موجود و در نظر گرفتن نیازها و مسائل آتی از طریق روش‌های علمی در بهتر و مطلوب‌تر رقم زدن آینده‌گام بردارد. یکی از این روش‌ها آینده‌پژوهی و شناخت محرک‌های کلیدی در به وقوع پیوستن یک فرایند و اهداف مربوطه است. آینده‌پژوهی یک پیشگویی واقعی بر پایه علم است. شامل مجموعه تلاش‌هایی است که با جست‌وجو منابع، الگوها، و عوامل تغییر یا ثبات، به تجسم آینده‌های بالقوه و برنامه‌ریزی برای آن‌ها می‌پردازد. آینده‌پژوهی بازتاب‌دهنده چگونگی زایش واقعیت «فردا» از دل تغییر یا ثبات «امروز» است [۱۶]. آینده‌پژوهی دانش و معرفتی است که دید مردم شهر و جامعه را نسبت به رویدادها، فرصت‌ها و چالش‌های احتمالی آینده باز می‌کند و از طریق کاهش ابهام و تردیدهای فرساینده، توانایی انتخاب‌های هوشمندانه مردم و جامعه را افزایش داده و به همگان اجازه می‌دهد تا بدانند که به کجا می‌توانند بروند و یا به کجاها باید بروند؟ [۱۷].

اهداف و کاربردهای آینده‌پژوهی می‌تواند به موارد زیر اشاره کرد:

- ۱- شناخت و ادراک صحیح از مسائل نوظهور جامعه بشری و نحوه مقابله با آن‌ها؛
- ۲- برنامه‌ریزی بلندمدت و کوتاه‌مدت با هدف جلوگیری از بروز نتایج زیان‌بار رویدادهای پیش‌بینی‌نشده؛
- ۳- تهیه و تنظیم قواعد و چارچوب‌هایی برای درک تحولات آینده؛
- ۴- پژوهش و مطالعه در خصوص رشد فناوری و بهره‌گیری از آن‌ها در آینده [۱۸].
- ۵- جهت‌دهی فناوری‌های آینده در راستای دستیابی به اهداف ملی و کلان کشور؛
- ۶- خودداری از گام نهادن در محیط‌های پرخطر و ناشناخته؛
- ۷- افزایش خودبازی احاد ملت با هدف انتخاب و پذیرش مسئولیت در حال حاضر برای خلق آینده؛
- ۸- درک اهمیت ایده‌ها، ارزش‌ها و نگرش‌های مثبت گذشته در راستای خلق آینده برتر جهان؛
- ۹- بسترسازی برای خلق آینده برتر و مطلوب جوامع بشری؛
- ۱۰- پدید آوردن نگرشی سامانمند، منظم و منطقی برای تحولات آتی که در زندگی انسان تأثیر مستقیم دارد [۱۹].

افزایش سطح کیفیت زندگی مردم مسئله اصلی در تحقق‌پذیری شهر هوشمند است که این امر مستلزم توسعه شهر هوشمند در همه ابعاد آن است. از سویی، اینترنت اشیا در توسعه شهر هوشمند نقش اساسی دارد و کمبود تحقیق در مورد توسعه شهرهای هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا در اقتصادهای در حال ظهور مانند ایران احساس می‌شود. بر اساس این چارچوب کلان‌شهر مشهد به عنوان منطقه مورد مطالعه انتخاب شده است. رشد و توسعه شتاب‌گونه و پیامدهای آن در حوزه‌های مختلف در کنار نیازهای نشئت‌گرفته از تغییرات اجتماعی، اقتصادی، محیطی و... این شهر را بنا به جایگاه و وسعتش ملزم به ارتقا و پیشرفت در زمینه‌های نوین کرده است. شهر مشهد با توجه به موقعیت

کنار حفظ حقوق شهروند [۲۴]. از چالش‌های موجود در دستیابی به شهر هوشمند می‌توان به کمبود بودجه و به تبع آن، کاهش سرعت پروژه‌های عملیاتی هوشمندسازی اشاره کرد. همچنین، درک نکردن ضرورت شهرهای الکترونیک از سوی برنامه‌ریزان و مسئولان، کمبود نیروهای متخصص به‌ویژه در کشورهای جهان سوم، زیرساخت‌های قدیمی موجود در شهرها، عدم برابری اجتماعی در دستیابی به دانش و امکانات مرتبط با فناوری‌ها، مسائل مرتبط با حریم شخصی، نظارت، امنیت و کنترل و نادیده گرفتن نیازها و امکانات محلی در نهایت شکست در سرمایه‌گذاری‌ها از موارد قابل ذکر در این روند هستند [۲۵].

اینترنت اشیا: مفهوم اینترنت اشیا تقریباً به یک قرن پیش برمی‌گردد و از نیکلاس تسلا که در مصاحبه‌ای در سال ۱۹۲۶ درباره ارتباط بی‌سیم صحبت کرد، نشئت می‌گیرد [۲۶]. اینترنت اشیا یک الگوی ارتباطی اخیر با هدف فراگیر کردن اینترنت برای پیش‌بینی آینده‌های نزدیک است که در آن اشیای زندگی روزمره به میکروکنترل‌ها، فرستنده‌ها و گیرنده‌های دیجیتالی مجهز هستند که آن‌ها را قادر به برقراری ارتباط با یکدیگر می‌کند. این پارادایم در بسیاری از حوزه‌های مختلف مانند اتوماسیون خانگی، اتوماسیون صنعتی، کمک‌های پزشکی، مراقبت‌های بهداشتی سیار، کمک به سالمندان، مدیریت هوشمند انرژی و شبکه‌های هوشمند، خودروسازی و مدیریت ترافیک و بسیاری دیگر کاربرد دارد [۲۷]. اینترنت اشیا نقش مهمی در دو لایه اساسی برنامه‌های کاربردی شهر هوشمند، یعنی لایه‌های جمع‌آوری داده و خدمات دارند. از آنجا که این دو لایه ارتباط بین دنیای فیزیکی و دیجیتال را تضمین می‌کنند، ستون‌های مرکزی پروژه‌های شهر هوشمند را تشکیل می‌دهند [۲۸]. در مجموع، دستگاه‌های اینترنت اشیا یکی از عناصر اصلی یک شهر هوشمند است که می‌تواند برای کاهش مصرف انرژی در خانه‌ها و شرکت‌ها، کاهش مصرف انرژی و آلودگی ترافیک و ردیابی کالاها مورد استفاده قرار گیرد و همچنین، مصرف و تولید پایدارتر را گسترش دهد [۲۹]. دو مفهوم اینترنت اشیا و شهر هوشمند با یکدیگر درهم تنیده شده‌اند و در واقع، شهر هوشمند حاصل پیاده‌سازی و اجرای راهکارهای مبتنی بر اینترنت اشیا در شهر هوشمند است. اینترنت اشیا و شهر هوشمند منجر به ارتقای سطح کیفیت زندگی شهروندان و بهبود رضایت آن‌ها، افزایش کارایی بودجه شهری و ایجاد جذابیت برای سرمایه‌گذاران می‌شود. به طور کلی، اینترنت اشیا و شهر هوشمند در ۳ بخش اصلی با یکدیگر عجین شده‌اند و اینترنت اشیا کاربردهای مختلفی در شهر هوشمند و حوزه‌های مختلف آن دارد. حیطه‌های اصلی کاربرد اینترنت اشیا در مناطق شهری ۳ حوزه خدمات عمومی، حمل‌ونقل و خدمات اجتماعی است. حوزه خدمات عمومی شامل (روشنایی هوشمند، کنترل هوشمند، جمع‌آوری پسماند، پایش زیرساخت آب و برق) در حوزه حمل‌ونقل (سیستم حمل‌ونقل هوشمند، پارکینگ هوشمند، حمل‌ونقل عمومی متصل، دوربین‌های نظارتی ثبت تخلفات ترافیکی) و در حوزه خدمات اجتماعی (حمایت از خدمات اورژانسی، نظارت بر امنیت عمومی، پزشکی از راه دور، مدرسه هوشمند) از موارد قابل ذکر هستند [۳۰].

و توان جذب جمعیت حال و آینده آن، نیازمند همگام و همسو شدن با تحولات مدرن به منظور استفاده بهینه از منابع و امکانات و همچنین، ایجاد بسترهای لازم برای پاسخ‌گویی به نیاز آیندگان است. از این‌رو، پژوهش حاضر بر آن است تا بتواند با شناسایی عوامل و پیشران‌های کلیدی برای دستیابی شهر مشهد به الگوی شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا در آینده گام بردارد. بنابراین، سؤال پژوهش حاضر عبارت است از: محرک‌های کلیدی اثرگذار بر شکل‌گیری شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا در کلان‌شهر مشهد در آینده (افق ۱۴۱۲) کدام است؟

پیشینه تحقیق

شهر هوشمند- در دنیای امروز با پیشرفت علم و فناوری به‌خصوص پیشرفت گسترده در زمینه فناوری اطلاعات و ارتباطات با پدیده‌ای به نام «شهر الکترونیک» یا «شهر هوشمند» مواجه هستیم که ایجاد آن مزایای بسیار زیاد و انکارناپذیری برای آحاد بشر در پی خواهد داشت، از جمله نقش مهم و اساسی آن در جهت اجرای بند ۱۰ اصل سوم قانون اساسی جمهوری اسلامی، که عبارت است از: «ایجاد نظام اداری صحیح و حذف تشکیلات غیرضروری» است [۲۰]. شهر هوشمند بستری ممتاز برای توسعه پایدار است که در آن به مسائلی مانند ترافیک، مصرف انرژی، آلودگی، تخریب سرزمین و غیره از طریق یک رویکرد نوآورانه و سامانمند، بر اساس ارتباط و تبادل اطلاعات در راستای بهینه‌سازی فرایندها پرداخته شده است. چنین شهری برای تبدیل سرمایه‌گذاری‌های گذشته به سرمایه‌های جدید، به‌روزرسانی و بهینه‌سازی زیرساخت‌ها و سیستم‌ها، بهبود کیفیت زندگی شهروندان و حتی ساخت شهر با دسترسی بهتر را امکان می‌دهد [۲۱]. یک شهر هوشمند از شش مؤلفه اصلی شامل دولت هوشمند، اقتصاد هوشمند، شهروندان باهوش، تحرک هوشمند، محیط هوشمند و زندگی هوشمند تشکیل شده است [۲۲]. شهرهای هوشمند در حال ایجاد نوآوری‌های نوظهور در دانشگاه، صنعت و دولت هستند. زمانی که سرمایه‌گذاری در سرمایه انسانی و اجتماعی و زیرساخت‌های ارتباطی سنتی و مدرن، با مدیریت خردمندانه منابع طبیعی از طریق حاکمیت مشارکتی، باعث رشد اقتصادی پایدار و کیفیت زندگی بالا می‌شود، شهر را می‌توان هوشمند نامید. شهر هوشمند همچنین به عنوان شهری تعریف می‌شود که زیرساخت‌های فیزیکی، زیرساخت‌های ICT، زیرساخت‌های اجتماعی و زیرساخت‌های تجاری را به هم متصل می‌کند تا از هوش جمعی استفاده کند [۲۳].

برخی از چالش‌های موجود در زمینه هوشمندسازی شهرها عبارت‌اند از: ۱- چالش‌های فناوری: که شامل انتخاب و استقرار فناوری‌های مناسب و سازگار با نیازها و زیرساخت‌های موجود است. همچنین، هماهنگی بین سیستم‌های مختلف و نگرانی‌های مرتبط با حفظ حریم خصوصی و امنیت داده‌ها است؛ ۲- چالش‌های اقتصادی: سرمایه‌گذاری در شهرهای هوشمند برای استقرار زیرساخت‌های دیجیتال، همچنین ایجاد مدل‌های تجاری جدید و مشارکت بخش خصوصی و عمومی؛ ۳- چالش‌های سیاسی و قانونی: برنامه‌ریزی و هماهنگی به‌موقع بین دستگاه‌ها و مقامات محلی، استانی و ملی و ایجاد قوانین و مقررات مناسب برای حمایت از برنامه‌های هوشمندسازی شهری در

جدول ۱. ویژگی‌های IOT برای رسیدن به شهر هوشمند و محدودیت‌های آن، [۳۱]

محدودیت‌ها	مشخصه‌های پلتفرم اینترنت اشیا
- ناهمگنی شبکه‌ها - تأخیر - تحرک	۱- مدیریت قابل اتصال
- الگوریتم‌های تحلیل اندازه شهرها	۲- مصورسازی و تحلیل داده‌ها
- نظارت مطمئن - کنترل زمان واقعی	۳- مدیریت دستگاه‌ها

محدودیت‌ها	مشخصه‌های پلتفرم اینترنت اشیا
- اندازه شهرها - هم‌کنش‌پذیری	۴- مقیاس‌پذیری
- ناهمگنی و تکامل فناوری‌ها	۵- چابکی
- تحلیل رمز پیشرفته - باگ‌های نرم‌افزار - ابزارهای پیشرفته حمله	۶- امنیت داده‌ها و اشیا

هدایت این انقلاب را به دست بگیریم و اثراتش بر زندگی خود را کنترل کنیم. در پژوهش دیگری توسط دیکن و رید [۳۸] ضمن مروری بر ادبیات شهرهای هوشمند و اشاره به دیدگاه‌های انتقادی آن، معیارهای توسعه آینده بر اساس اینترنت پیشنهاد شده است. همچنین، مواردی مانند زیرساخت‌های دیجیتال، سیستم‌های مدیریت داده، انرژی‌های تجدیدپذیر و پردازش ابری برای رشد هوشمند و پایدار و جامع مورد بررسی قرار گرفته است که نتیجه آن اجزای استراتژی رشد از قبیل زیرساخت‌های دیجیتال، سیستم‌های مدیریت داده، انرژی تجدیدپذیر، ساختمان‌های هوشمند و حمل‌ونقل هوشمند بوده و عواملی هم که در این موارد مؤثر بوده بررسی شده است. مورینو و همکاران [۳۹] به ارائه مبانی اصلی کلان داده‌های اینترنت اشیا در شهرهای هوشمند پرداختند. یک معماری مبتنی بر اینترنت اشیا عمومی برای کاربردهای مختلف شهرهای هوشمند پیشنهاد کردند. آن‌ها به کاربرد و کارایی سطح بالای تجزیه و تحلیل کلان داده‌های اینترنت اشیا برای ارائه خدمات سودآور در شهرهای هوشمند، همانند مدیریت مصرف انرژی و آسایش در ساختمان‌های هوشمند و تشخیص مشخصات سفر در حمل‌ونقل هوشمند اشاره کردند. سودیپ و همکاران [۴۰] در پژوهشی نقش اینترنت اشیا را برای توسعه شهر هوشمند بررسی می‌کنند. همچنین، اشاره به معماری ویژه جهت کارآمدی شهر هوشمند و زیرساخت‌های آن دارند. در ادامه، به چالش‌های توسعه زیرساخت اینترنت اشیا و راه‌حل‌های آن می‌پردازند و برنامه‌های کاربردی اینترنت اشیا را بر اساس دامنه آن‌ها فهرست می‌کنند. سودان و همکاران [۴۱] اظهار داشتند که مفهوم جدیدی از چشم‌انداز شهر هوشمند یکپارچه اینترنت اشیا هنوز پیشنهاد نشده است. مقاله آن‌ها بر توسعه یک سیستم مؤثر برای نظارت احتمالی تلفات، مدیریت ترافیک، در نتیجه نوآوری شهر هوشمند به طور کلی با سیستم‌ها و نرم‌افزارهای دیجیتالی و یکپارچه برای پیاده‌سازی سریع و مؤثر تمرکز دارد. داده‌هایی که توسط حسگرها برای تجزیه و تحلیل عوامل مختلف که مسئول چنین تلفاتی هستند، جمع‌آوری می‌شوند و در یک مطالعه موردی ارائه شده‌اند. پیرفرانچسکو و همکاران [۴۲] در پژوهشی پس از مرور ادبیات تحقیقاتی در مورد شهرهای هوشمند مجهز به اینترنت اشیا به برجسته کردن روندهای اصلی و چالش‌های پذیرش فناوری‌های اینترنت اشیا برای توسعه شهرهای هوشمند پایدار و کارآمد می‌پردازند. این کار ابتدا یک بررسی در مورد فناوری‌های کلیدی پیشنهاد شده در ادبیات برای پیاده‌سازی چارچوب‌های اینترنت اشیا ارائه می‌کند و سپس، مروری بر رویکردها و چارچوب‌های اصلی شهر هوشمند، بر اساس طبقه‌بندی به هشت حوزه صورت می‌گیرد. از این تجزیه و تحلیل، مشخص شد که در سال‌های اخیر، ادغام راه‌حل‌های اینترنت اشیا و چارچوب‌های شهر هوشمند به سطوح بالاتری از پیچیدگی و دامنه کاربرد گسترده‌تر دست می‌یابد. هو و همکاران [۴۳] یک سیستم پایش کیفیت هوا در زمان واقعی بر اساس سنسورهای هوایی و زمینی ارائه دادند. معماری این سیستم از چهار لایه تشکیل شده است: لایه حسگر برای جمع‌آوری داده‌ها؛ لایه انتقال برای فعال کردن ارتباطات دو طرفه؛ لایه پردازش برای تجزیه و تحلیل و پردازش داده‌ها و لایه ارائه برای ارائه رابطه رابط گرافیکی برای کاربران. نی و همکاران [۴۴] چالش‌های امنیتی، حریم خصوصی و کارایی در پردازش داده‌ها برای محاسبات لبه تلفن همراه را مورد مطالعه قرار می‌دهند. و از بعد امنیت و بهبود کارایی این بخش

در این میان پژوهش‌هایی که نزدیکی بیشتری با موضوع پژوهش دارند در حوزه تحقیقات داخلی و خارجی عبارت‌اند از:

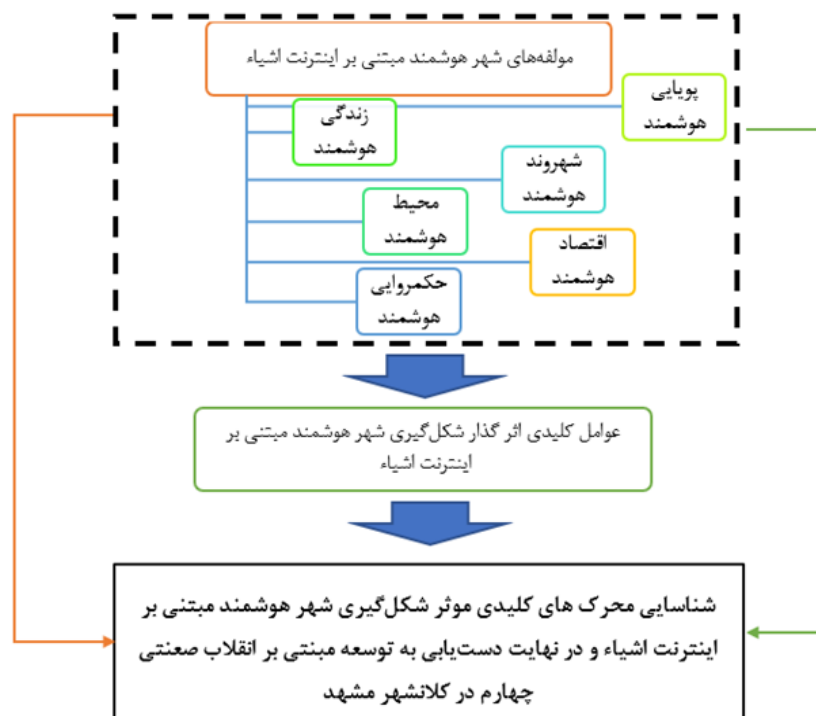
محمدی و همکاران [۳۲] در مطالعه‌ای به شناسایی زیرساخت‌های فناوری، توانمندی و صلاحیت شهروندان، حکمروایی شفاف، مشارکت شهروندان، امکانات فرهنگی و جاذبه‌های گردشگری به عنوان مهم‌ترین معیارهای بومی شناسایی شده در شهر هوشمند در زنجار پرداختند. رنجبر [۲۹] مروری بر ضرورت اینترنت اشیا در پروژه‌های شهر هوشمند با رویکرد نوین در توسعه پایدار شهری داشته است که هدف از این مطالعه، تبیین جنبه‌های مختلف شهرهای هوشمند، هوشمندسازی شهری و توسعه پایدار شهری است. موسوی داویجانی [۱۱] در مطالعه‌ای نقش اینترنت اشیا در توسعه شهرهای هوشمند، کاربردهای نوآورانه و چالش‌ها را مورد بررسی قرار داد و اظهار داشت می‌تواند یک طبقه‌بندی برای شهر هوشمند بر اساس پروتکل‌های ارتباطی موجود، ارائه‌دهندگان اصلی خدمات، انواع شبکه، مراجع بین‌المللی استانداردسازی، خدمات ارائه‌شده و الزامات در نظر گرفت. شربت‌دار و همکاران [۳۳] در راستای مطالعات سند راهبردی شهر هوشمند مشهد به مطالعه تطبیقی سه شهر هوشمند آمستردام، بارسلون و نیویورک پرداختند. سپس، با مروری بر جایگاه و موقعیت کلان‌شهر مشهد، رویکرد و مؤلفه‌های مطالعه و تدوین سند راهبردی شهر هوشمند آن مورد بررسی قرار گرفته است. پوراحمد و همکاران [۳۴] در پژوهشی به ارائه یک پایه و اساس برای تحقیقات در زمینه شهر هوشمند پرداختند و به دنبال مفهوم، معانی، ابعاد، مشخصه‌ها، شاخص‌ها، باورهای متعارف و چالش‌های پیش روی شهر هوشمند بودند. فهم فام و حمیدی [۳۵] برای توسعه و مدیریت شهرهای هوشمند و برنامه‌ریزی‌های شهری، ساختار ترکیبی با استفاده از تجزیه و تحلیل و پردازش داده‌ها توسط ابر و فناوری اینترنت اشیا پیشنهاد دادند. نتایج پژوهش صابری‌فر [۳] نشان می‌دهد در طراحی عوامل مؤثر بر طراحی سازمان هوشمند در شهرداری و مدیریت شهری مشهد مؤلفه‌های حکمرانی هوشمند، پویایی هوشمند، زندگی هوشمند، مردم هوشمند، اقتصاد هوشمند و محیط هوشمند تأثیرگذار است و استفاده از فناوری شبیه‌سازی روند ارائه خدمات و اینترنت موجب افزایش کارایی سازمان و افزایش رضایتمندی می‌شود. فلاحی و همکاران [۳۶] نبود سیاست‌ها، چشم‌اندازها و دستورالعمل‌های نظارتی، هزینه آموزشی، عملیاتی و نگهداری بالا، نابرابری (اجتماعی)، عدم شفافیت و مسئولیت، فقدان دانش فنی در بین برنامه‌ریزان و ضعف زیرساخت فناوری و کمبود هوشمندی به عنوان چالش‌های اصلی کاربرد اینترنت اشیا برای حمایت از توسعه شهرهای هوشمند در ایران معرفی می‌کنند. هارمون و همکاران [۳۷] با بررسی مفهوم شهر هوشمند به ارائه یک الگوی توسعه استراتژیک برای اجرای سیستم‌های اینترنت اشیا در بافت شهر هوشمند پرداختند و توسعه الگوی استراتژیک شهر هوشمند را با اجرای مراحل کاهش هزینه‌ها، مهندسی مجدد محصولات و فرایندها، تغییر کسب‌وکار اصلی و ایجاد مدل کسب‌وکار جدید معرفی کردند. کلاوس شواب (۱۵) در کتاب انقلاب صنعتی چهارم، ابتدا سه انقلاب صنعتی قبلی و نتایجش را به شکل مختصر توضیح می‌دهد. سپس، چهارمین انقلاب صنعتی، فرصت‌ها و چالش‌هایش را تعریف می‌کند. در نهایت، ۱۲ گروه فناوری‌های جدیدی که همراه انقلاب صنعتی چهارم وارد زندگی ما خواهند شد را معرفی کرده. در بخش آخر هم توضیح می‌دهد که ما چطور می‌توانیم

بی‌سابقه‌ای را به وجود آورده است و در مقابل با چالش‌های متعددی نیز روبه‌رو است. که با بهره‌گیری مناسب و سنجیده از آن می‌توان محیط پایدار، کاهش هزینه زندگی، افزایش کیفیت زندگی را به ارمغان آورد. در عین بهره بردن از منابع و مطالعات صورت گرفته باید اظهار داشت که کمبود تحقیق در مورد توسعه شهرهای هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا در اقتصادهای در حال ظهور مانند ایران به‌خصوص کلان‌شهرهای آن احساس می‌شود که نیازمند تحقیقات بیشتر و اصولی‌تر در این زمینه هستیم. به این جهت تصمیم داریم پیشران‌های کلیدی اثر گذار جهت استقرار شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا در کلان‌شهر مشهد را شناسایی کنیم.

بر پایه مطالعات انجام‌شده در خصوص شهر هوشمند و شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا می‌توان گفت که شهر هوشمند معمولاً به یک شهر اشاره دارد که با استفاده از تکنولوژی‌های مدرن به منظور بهبود زندگی شهروندان، مقابله با چالش‌های شهری، بهبود مدیریت شهری، افزایش امنیت و بهره‌وری در مصرف انرژی طراحی شده است، در حالی که شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا تمرکز خود را بیشتر روی ارتباط بین اشیا و داده‌هایی است که توسط این ارتباطات در اختیار قرار می‌گیرند و در جهت بهبود فرایندهای شهری استفاده می‌شوند. به طور مثال، سامانه ترافیک و جمع‌آوری اطلاعات از خودروها برای کاهش ترافیک در یک شهر از فناوری‌های اینترنت اشیا برای جمع‌آوری داده‌ها است. بنابراین، در پژوهش حاضر محبت شهر هوشمند از کانال اینترنت اشیا مورد مطالعه قرار گرفته و پیشران‌های مورد ارزیابی از دل فاکتورهای مرتبط با اینترنت اشیا برخاسته و مطالعه شهر هوشمند را منحصر به اینترنت اشیا کرده که در تحقیقات صورت گرفته به این زمینه توجه نشده و پژوهش پیش رو از این جهت حاوی نوآوری است.

از اینترنت اشیا در شهر هوشمند را مورد مطالعه قرار داده‌اند. هاوو و همکاران [۴۵] مطالعه‌ای در خصوص یک لبة هوشمند جدید مجهز به هوش مصنوعی با معماری ناهمگن اینترنت اشیا که محاسبات لبه، حافظه پنهان و ارتباطات را با هم ترکیب می‌کند و الگوریتم smart-Edge-Cocaco را پیشنهاد می‌کند، به انجام رساندند. علی‌خطک و همکاران [۴۶] بینش عمیقی را برای سناریوهای مختلف برنامه‌های کاربردی در دنیای واقعی، خانه‌های هوشمند، چراغ‌های راهنمایی هوشمند و شهر هوشمند با استفاده از IOT-VC برای کنترل عمومی و اتوماسیون همراه با چالش‌های مرتبط با آن ارائه می‌دهند. ژو و همکاران [۴۷] یک شبکه اینترنت اشیا ۵G با وسایل نقلیه هوایی بدون سرنشین (UAVs) برای معماری شهرهای هوشمند آینده پیشنهاد داد. لیو و همکاران [۴۸] مطالعه‌ای در رابطه با محاسبات لبة هوشمند برای مدیریت انرژی مبتنی بر اینترنت اشیا در شهرهای هوشمند داشتند که طی آن، چارچوب و مدل نرم‌افزاری سیستم مبتنی بر اینترنت اشیا با محاسبات لبه را پیشنهاد می‌کنند. جانسن و همکاران [۲۶] در پژوهشی به استفاده گسترده از اینترنت اشیا به منظور ایجاد شهرهای هوشمند اشاره کردند. هدف آنان، شناسایی چالش‌های کلیدی اینترنت اشیا و درک رابطه بین این چالش‌ها برای حمایت از توسعه شهرهای هوشمند است و در نتیجه، بیان کردند امنیت و حریم خصوصی، مدل‌های کسب‌وکار، کیفیت داده‌ها، مقیاس‌پذیری، پیچیدگی و حاکمیت قدرت محرکه قوی دارند و به همین دلیل، چالش‌های کلیدی هستند که باید در پروژه‌های شهرهای پایدار مورد توجه قرار گیرند.

با مطالعه پیشینه موجود در خصوص موضوع تحقیق می‌توان دریافت که بیشتر پژوهش‌های صورت گرفته در این زمینه با در نظر داشتن مؤلفه‌های اصلی شهر هوشمند و ادغام اینترنت اشیا با محیط و شهر هوشمند فرصت‌های



شکل ۱. مدل تحلیلی تحقیق

رویکرد آینده‌پژوهی صورت گرفته که بر این اساس مهم‌ترین عوامل مؤثر بر استقرار شهر هوشمند مبتنی بر فناوری اینترنت اشیا در شهر مشهد مورد بررسی قرار گرفته است. روش گردآوری اطلاعات نیز اسنادی (کتابخانه‌ای) و

■ مواد و روش‌ها

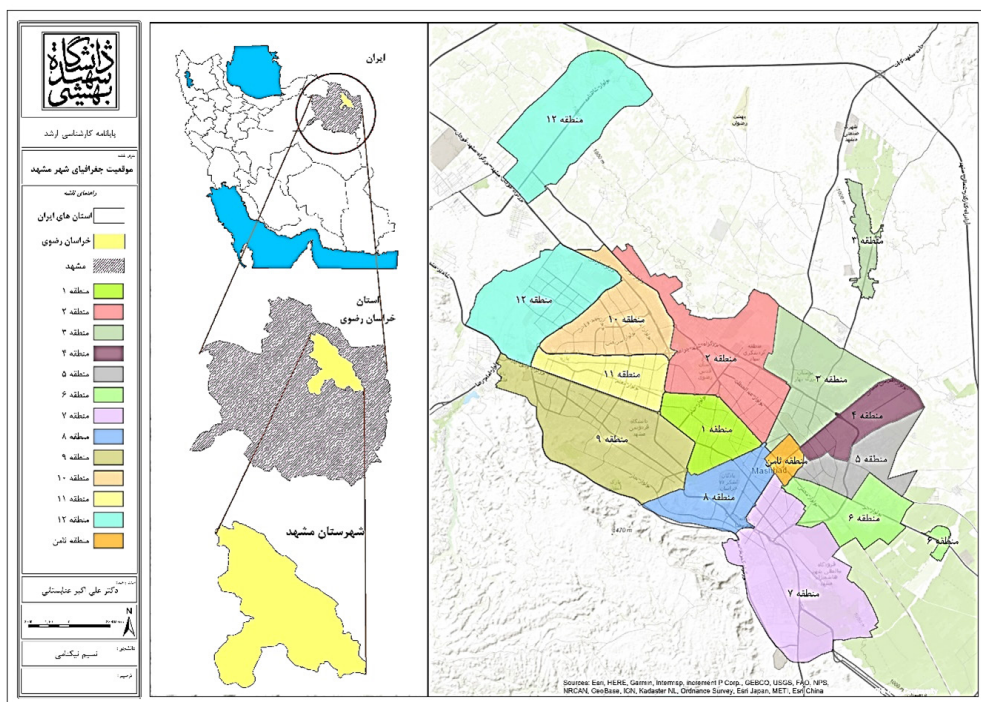
پژوهش حاضر به لحاظ هدف از نوع کاربردی و به لحاظ ماهیت و روش تحقیق از نوع مطالعه توصیفی-تحلیلی است و در تبیین ساختار به صورت

و در ادامه با استفاده از آن‌ها پیشران‌های مؤثر جهت استقرار شهر هوشمند مبتنی بر فناوری اینترنت اشیا به نگارش درآمدند. سپس، پیشران‌ها به روش دلفی توسط کارشناسان اولویت‌بندی و مورد اصلاحات قرار گرفت و در نهایت، پرسشنامه‌ای متشکل از پیشران‌های نهایی جهت امتیازدهی و تعیین پیشران‌های کلیدی تهیه شد.

در پژوهش حاضر ابتدا برای شناسایی عوامل کلیدی مصاحبه‌های ساختاریافته با تعدادی از صاحب‌نظران حوزه‌های شهر هوشمند، برنامه‌ریزی شهری و شهرسازی با استفاده از روش دلفی به عمل آمد و سپس، در ادامه با جمع‌آوری عوامل حاصل از مصاحبه و اسناد مورد مطالعه در پیشینه تحقیق روایی و پایایی متغیرها توسط متخصصان امر تأیید شد و در نهایت، عوامل در قالب پرسشنامه آینده‌پژوهی مورد ارزیابی و تأیید قرار گرفت. بنابراین، پرسشنامه یادشده با استفاده از رویکرد آینده‌نگاری پرسشنامه تهیه و در اختیار خبرگان حوزه شهری قرار داده شد و از افراد خواسته شد تا در چارچوب ماتریس اثرات متقاطع (Micmac) متغیرها را بر مبنای میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری آن‌ها (مستقیم و غیرمستقیم) با اعدادی در طیف صفر تا ۳ که در آن عدد صفر به منزله بدون تأثیر، عدد ۱ به منزله تأثیر ضعیف، عدد ۲ به منزله تأثیر متوسط، عدد ۳ به منزله تأثیر زیاد و P به معنای اثرگذاری مستقیم و غیرمستقیم به صورت بالقوه هستند، بسنجند. سپس، با تشکیل ماتریس اثرات متقاطع، امتیازدهی به شاخص‌ها برحسب میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری آن‌ها انجام شد. با محاسبه میزان ضریب پرشدگی داده‌ها، صحت ابزار گردآوری داده‌ها مورد سنجش قرار گرفت و با توجه به ماتریس به‌دست‌آمده پیشران‌های کلیدی این پژوهش شناسایی شدند.

میدانی است، به این صورت که مبانی نظری و اطلاعات استخراج‌شده از آن به صورت اسنادی (کتابخانه‌ای) جمع‌آوری شده و به منظور بررسی آن‌ها در محدوده مورد نظر از روش میدانی و تکمیل پرسشنامه از کارشناسان استفاده شده است. برای محاسبه تعداد جامعه آماری در روش‌های خبره‌محور، فرمول یا رابطه دقیقی وجود ندارد. در این نوع روش‌ها دانش و تخصص خبرگان بر کمیّت آن‌ها ارجحیت دارد اما در مطالعات سناریونگاری عموماً تعداد خبرگان نباید کمتر از ۲۵ نفر باشد [۴۹]. جامعه آماری در تحقیق حاضر شامل ۲۵ نفر از کارشناسان، خبرگان و صاحب‌نظران شهری در دسترس متشکل از مدیران شهری (شهرداران مناطق، معاونان، روسای سازمان‌ها و مدیران حوزه‌های شهری و به‌ویژه فاوای شهرداری)، اعضای شورای اسلامی شهر (به‌ویژه مرکز پژوهش‌های شورای اسلامی شهر مشهد)، کارشناسان عمرانی در فرمانداری شهرستان مشهد و دفتر امور شهری و شوراهای استانداری خراسان رضوی، اداره کل راه و شهرسازی خراسان رضوی، اساتید دانشگاه‌های فردوسی مشهد، آزاد اسلامی واحد مشهد، پیام نور و مؤسسه‌های آموزش عالی غیرانتفاعی واقع در مشهد و متخصصان حوزه شهری هستند.

برای رسیدن به عوامل مؤثر بر شکل‌گیری شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا، ابتدا با مطالعه مبانی نظری شاخص‌های مرتبط با شهر هوشمند که در ۶ بخش (پویایی هوشمند، مردم هوشمند، زندگی هوشمند، محیط هوشمند، حکمرانی هوشمند، اقتصاد هوشمند) است، تهیه شد [۵۰]. همچنین، شاخص‌های اینترنت اشیا در ابعاد مختلف خانه و ساختمان و ادارات، مدیریت ترافیک و حمل‌ونقل شهری، بهره‌برداری انرژی، آلودگی محیط زیست، بهداشت و سلامت، اقتصاد و فعالیت‌های اقتصادی و مسائل اجتماعی (۱۱) و استخراج شد. سپس، با همپوشانی آن‌ها شاخص‌های نهایی برگزیده شد



شکل ۲. نقشه موقعیت منطقه مطالعه‌شده

کیلومتر مربع است [۵۱]. تقسیم‌بندی شهر مشهد بر اساس مناطق شهرداری ۱۳ عدد است. به استناد مصوبه شورای اسلامی شهر مشهد، منطقه‌بندی شهر مشهد از ۱۳ به ۱۷ منطقه افزایش یافت که هنوز این تقسیم‌بندی به صورت

قلمروی مکانی این تحقیق کلان‌شهر مشهد در شمال شرقی ایران است. این شهر مطابق سرشماری سال ۱۳۹۵ با جمعیت ۳/۱ میلیونی، دومین شهر پرجمعیت ایران، مرکز استان خراسان رضوی و دارای مساحتی حدود ۳۴۳/۵

سپس، با استفاده از روش کمی آینده‌پژوهی و استفاده از نرم‌افزار Micmac میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری عوامل مورد سنجش قرار گرفت. جدول ۱ نشان‌دهنده دسته‌بندی متغیرها جهت معرفی به نرم‌افزار نام برده است. بر اساس مقادیر جدول ۲، ماتریس مربوطه 26×26 تنظیم شده است، درجهٔ پرشدگی $77/66$ درصد است که نشان می‌دهد عوامل انتخاب‌شده تأثیر نسبتاً زیادی بر هم داشته‌اند. از مجموع ۵۲۵ رابطهٔ قابل ارزیابی در این ماتریس، ۱۵۱ رابطه با مقادیر صفر بوده‌اند، به این معنا که روی هم تأثیر نگذاشته یا یکدیگر را نپذیرفته‌اند و تعداد ۱۹۵ رابطه شامل عدد یک بوده‌اند، که نشان‌دهندهٔ تأثیر کم عوامل بر یکدیگر بوده، تعداد ۱۹۷ رابطه، عدد ۲ بوده، به این معنا که تأثیرگذاری نسبتاً قوی داشته‌اند و تعداد ۸۱ رابطه نشان‌دهندهٔ عدد ۳ بوده‌اند، که تأثیرگذاری بسیار قوی روی عوامل دیگر داشته‌اند و در نهایت، ۱۰ رابطهٔ عدد ۴ را شامل می‌شوند که بیانگر رابطهٔ پتانسیلی و بالقوه عامل‌ها است.

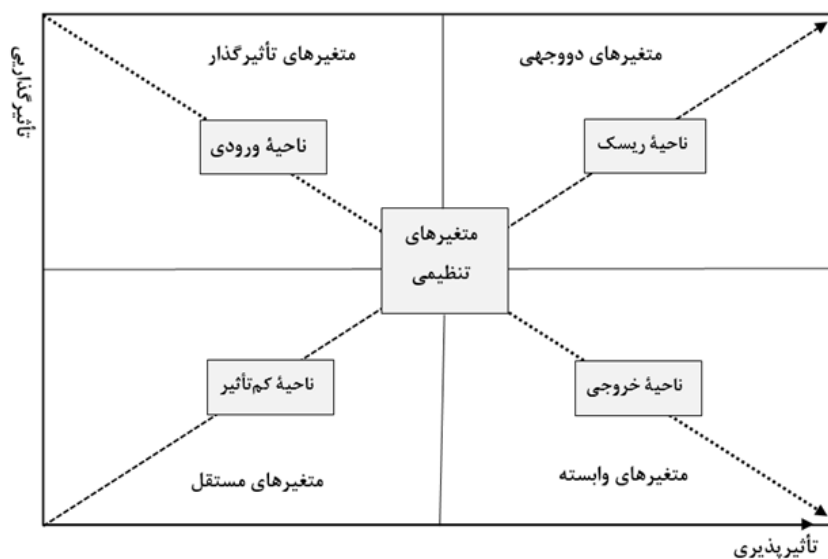
قطعی اجرا نشده است [۵۲]. حدود یک دهه است که شهر مشهد در مسیر هوشمند شدن گام‌های مهمی برداشته و مانند سایر شهرهای موفق هوشمند در جهان، سیر تحول هوشمند شدن را همسو با رشد فناوری و نیاز روز، از خدمات الکترونیک، شهر الکترونیک تا شهر هوشمند به عنوان چشم‌انداز توسعهٔ شهری طی کرده است. در همین راستا، شهرداری مشهد در جایگاه پیشگام در این عرصه در تلاش است تا از طریق ایجاد بسترهای لازم و ارائهٔ خدمات هوشمند به ارتقای کیفیت زندگی شهروندان این شهر کمک کند [۵۳].

یافته‌ها

در این بخش ابتدا محرک‌های کلیدی در ارتقای شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا مورد بررسی قرار گرفت. سپس، با استفاده از مطالعات میدانی و اسنادی به همراه روش دلفی، مهم‌ترین مؤلفه‌های تأثیرگذار شناسایی شد.

جدول ۲. تحلیل داده‌های ماتریس و جدول متقاطع

اطلاعات ماتریس	مقدار (عوامل بیرونی)
ابعاد ماتریس	۲۶
تعداد تکرار	۲
تعداد صفرها (بدون تأثیر)	۱۵۱
تعداد یک‌ها (اثرگذاری ضعیف)	۱۹۵
تعداد دوها (اثرگذاری متوسط)	۱۹۷
تعداد سه‌ها (اثرگذاری بسیار زیاد)	۸۱
تعداد P (اثرگذاری بالقوه)	۵۲
جمع	۵۲۵
درجهٔ پرشدگی	۷۷/۶۶%

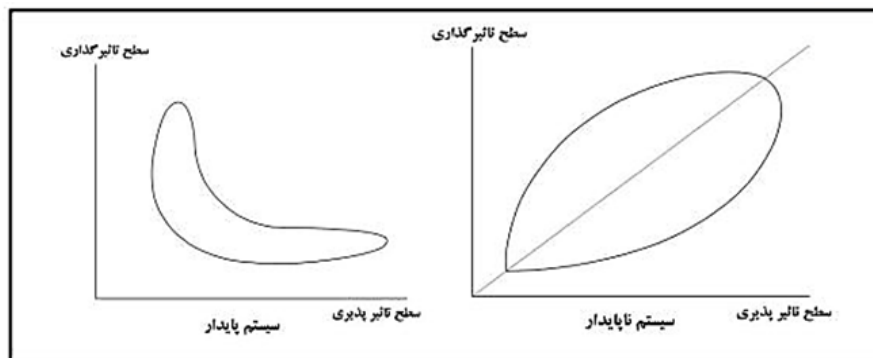


شکل ۳. تحلیل تأثیرگذاری و تأثیرپذیری متغیرها، [۵۴]

قابل به ذکر هستند: الف) متغیرهای بسیار تأثیرگذار بر سیستم یا عوامل کلیدی؛ ب) متغیرهای مستقل؛ ج) متغیرهای خروجی سیستم یا متغیرهای نتیجه.

شکل ۵ جایگاه هر یک از عوامل و نقش آن‌ها را در سیستم نشان می‌دهد. بنابراین، طبق نقشه پراکندگی عوامل وضعیت سیستم ناپایدار است و امکان تغییرات در راستای رسیدن به اهداف مورد نظر در این سیستم محتمل خواهد بود.

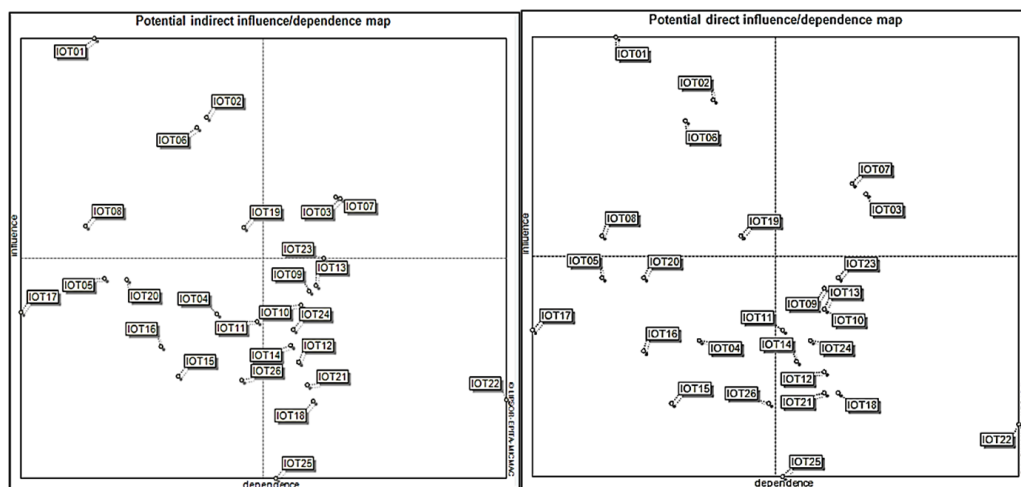
در ادامه، در ماتریس متقاطع جمع اعداد سطرهای هر متغیر، میزان تأثیرگذاری را نشان می‌دهد و جمع ستونی هر متغیر میزان تأثیرگذاری یا وابستگی آن متغیر نسبت به متغیرهای دیگر است. در صفحه پراکندگی آزمون چگونگی توزیع متغیرها پایداری و ناپایداری سیستم را نشان می‌دهد. سیستم‌های پایدار و سیستم‌های ناپایدار دو نوع پراکنش تعریف شده در روش شناسی و تحلیل معروف میک‌مک هستند، در سیستم‌های دارای پایداری به صورت A و انگلیسی پراکنده شده‌اند که نشان می‌دهد برخی متغیرها تأثیرگذاری بالا و برخی دیگر تأثیرپذیری بالایی دارند، سه دسته متغیر در سیستم‌های پایدار



شکل ۴. وضعیت پایداری یا ناپایداری سیستم، [۵۱]

همان‌طور که در نقشه پراکندگی شکل ۵ تأثیرات مستقیم و غیرمستقیم مشاهده می‌شود، ۲۶ عامل کلیدی مؤثر بر استقرار شهر هوشمند مبتنی بر فناوری اینترنت اشیا در منطقه مطالعه شده دیده می‌شود. همچنین، مقدار تأثیری که هر یک از عوامل بر یکدیگر می‌گذرانند، توسط مدل تحلیل ساختاری میک‌مک به توان‌های مختلف رسیده است که مجموع آن‌ها مقدار کمی تأثیرپذیری و تأثیرگذاری را تشکیل می‌دهد (جدول ۲). در این راستا، با توجه به ۲۶ متغیر (شکل سمت راست) برای شاخص سیاست‌گذاری‌های بخش دولتی در بخش فناوری اطلاعات (IOT1)، ارتقای سطح سواد اطلاعاتی و توانمندی‌های علمی شهروندان (IOT2)، سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های توسعه فناوری ارتباطات و اطلاعات (IOT6)، بسترسازی برای ارتقای مشارکت شهروندان در توسعه شهری (IOT8) به ترتیب دارای بیشترین ارزش ستونی

محاسبه شده و بیشترین میزان تأثیرگذاری از دیگر متغیرها بوده‌اند. در واقع مهم‌ترین ویژگی این متغیرها تأثیرپذیری پایین و تأثیرگذاری زیاد آن‌هاست. در تأثیرات غیرمستقیم متغیرها بر یکدیگر، نرم‌افزار این متغیرها را به توان‌های ۲، ۳، ۴، ۵ و ... رسانده است، که بر این اساس متغیر سیاست‌گذاری‌های بخش دولتی در بخش فناوری اطلاعات (IOT1) با ضریب اثر ۶۴۱۵۶ بیشترین و تنها متغیر تأثیرگذار است. قابل به ذکر است متغیرهای استراتژیک و کلیدی در نزدیکی خط قطری نمودار هستند که هر چه از ناحیه ۳ واقع در جنوب غربی به ناحیه ۱ واقع در شمال شرقی نزدیک‌تر شویم، بر میزان اهمیت و استراتژیک بودن متغیرها افزوده می‌شود. بنابراین، در این سیستم متغیرهای IOT01، IOT02، IOT06، IOT08 و IOT08 دارای تأثیرگذاری بالا و IOT07 از متغیرهای دوجبهی استراتژیک و متغیر IOT08 از متغیرهای دوجبهی هدف هستند.

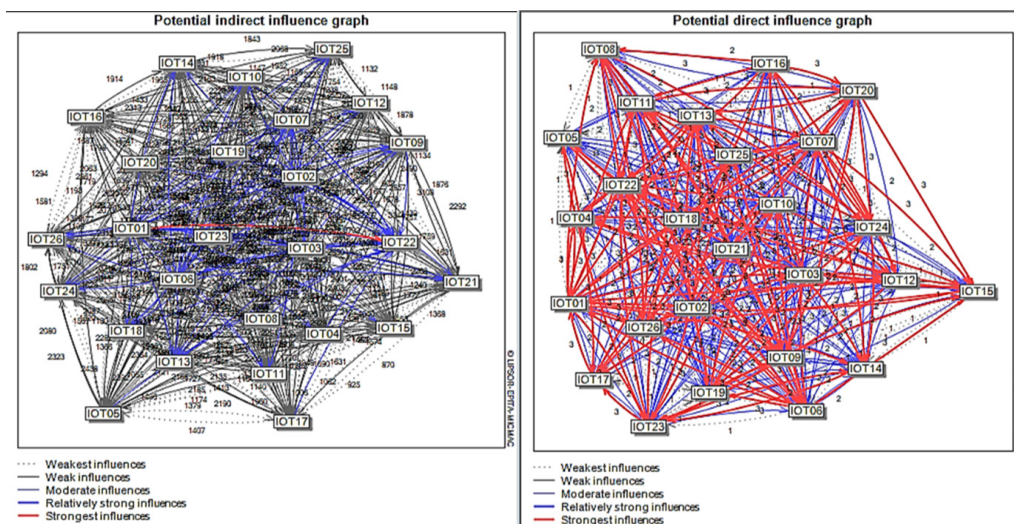


شکل ۵. نقشه وضعیت توان اثرگذاری مستقیم (سمت راست) و غیرمستقیم (سمت چپ) عوامل تأثیرگذار بر استقرار شهر هوشمند مبتنی بر فناوری اینترنت اشیا شهر مشهد در آفر ۱۴۱۲

جدول ۳. تحلیل توان اثرگذاری و اثرپذیری عوامل مؤثر بر استقرار شهر هوشمند مبتنی بر فناوری اینترنت اشیا شهر مشهد در افق ۱۴۱۲

کد	متغیر	مستقیم		اثرگذاری خالص	غیرمستقیم		اثرگذاری خالص
		اثرپذیری	اثرگذاری		اثرپذیری	اثرگذاری	
IOT1	سیاست‌گذاری‌های بخش دولتی در بخش فناوری اطلاعات	۶۳	۲۸	+۳۵	۸۸۵۹۷	۳۷۵۲۱	+۵۱۰۷۶
IOT2	ارتقای سطح سواد اطلاعاتی و توانمندی‌های علمی شهروندان	۵۷	۳۵	+۲۲	۷۷۵۱۸	۴۹۱۴۲	+۲۸۳۷۶
IOT3	استفاده گسترده از فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT)	۴۸	۴۶	+۲	۶۶۱۲۸	۶۳۰۳۷	+۳۰۹۱
IOT4	بهبود وضعیت ارتباطات فراملی و کاهش محدودیت‌های سیاسی و دسترسی بین‌المللی به داده‌های فناوری اطلاعات	۳۴	۳۴	۰	۴۹۹۰۴	۵۰۲۲۶	-۳۲۲
IOT5	ارتقا وضعیت اقتصادی شهروندان جهت دسترسی به امکانات و اشیا مبتنی بر اینترنت	۴۰	۲۷	+۱۳	۵۴۸۹۷	۳۸۵۵۰	۱۶۳۴۷+
IOT6	سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های توسعه فناوری ارتباطات و اطلاعات	۵۵	۳۳	+۲۲	۷۶۰۸۶	۴۸۱۴۷	۲۷۹۳۹+
IOT7	ایجاد و تقویت زیرساخت‌های پیشرفته مبتنی بر شهر هوشمند	۴۹	۴۵	+۴	۶۶۳۴۱	۶۲۵۶۳	۳۷۷۸+
IOT8	بستر سازی برای ارتقای مشارکت شهروندان در توسعه شهری	۴۴	۲۷	+۱۷	۶۲۲۵۸	۳۶۵۷۷	+۲۵۶۸۱
IOT9	بهبود مشارکت عمومی و خصوصی در توسعه اینترنت اشیا	۳۹	۴۳	-۴	۵۳۱۲۱	۵۹۷۹۶	-۶۶۷۵
IOT10	استفاده از ICT در تجارت و جذب استعدادهای نو	۲۷	۴۳	-۶	۵۱۱۷۵	۵۸۹۵۹	-۷۷۸۴
IOT11	استفاده از ICT در حفاظت محیط زیست و منابع پایدار	۳۵	۴۰	-۵	۴۸۸۴۷	۵۴۴۰۹	-۵۵۶۲
IOT12	بهره‌گیری از ICT در توسعه کارآفرینی شهری	۳۱	۴۳	-۱۲	۴۳۱۲۸	۵۸۷۱۴	-۱۵۵۷۶
IOT13	تقویت آموزش هوشمند و امکانات آموزشی مبتنی بر اینترنت	۳۷	۴۳	-۶	۵۳۹۰۸	۶۰۵۰۸	-۶۶۰۰
IOT14	بهبود خدمات‌رسانی الکترونیکی در بخش‌های عمومی و اجتماعی	۳۲	۴۱	-۹	۴۵۴۸۱	۵۷۹۰۳	-۱۲۴۲۲
IOT15	استفاده از انسجام اجتماعی در به‌کارگیری فناوری‌های نوین	۲۸	۳۲	-۴	۴۱۱۵۹	۴۶۲۰۵	-۵۰۴۶
IOT16	انعطاف‌پذیری بازار کار نسبت به تحولات اینترنت اشیا (IOT)	۳۳	۳۰	+۳	۴۵۳۴۱	۴۴۴۱۷	+۹۲۴
IOT17	وضع قوانین و الزامات در ارتباط با به‌کارگیری اصول شهر هوشمند و اینترنت اشیا در ساخت‌وساز شهری	۳۵	۲۲	+۱۳	۵۰۱۴۶	۲۹۸۸۰	+۲۰۲۶۶
IOT18	اجرای طرح‌ها و پروژه‌های شهری با در رأس قرار دادن فاکتورهای IOT	۲۹	۴۴	-۱۵	۳۷۶۷۵	۶۰۲۳۰	-۲۲۵۵۵
IOT19	آگاه‌سازی شهروندان و مسئولان از فواید و مزایای جایگزینی امکانات هوشمند با بهره‌گیری از دانش جمعی و فرهنگ‌سازی	۴۴	۳۷	+۷	۶۲۰۵۳	۵۳۰۱۲	+۹۰۴۱
IOT20	به‌کارگیری سیاست‌های ویژه مشوق شهروندان جهت روی آوردن به استفاده از ابزارهای هوشمند و اینترنت اشیا	۴۰	۳۰	+۱۴	۵۴۷۳۳	۴۰۸۶۱	+۱۳۸۷۲
IOT21	استفاده کارآ و مناسب از منابع و امکانات مبتنی بر اینترنت اشیا	۲۹	۴۳	-۱۴	۳۹۹۲۵	۵۹۶۱۱	-۱۹۶۸۶
IOT22	شفافیت و انسجام در سیاست‌ها، قوانین و مقررات شهری	۲۶	۵۷	-۳۱	۳۷۸۴۷	۸۰۲۹۲	-۴۲۴۴۵

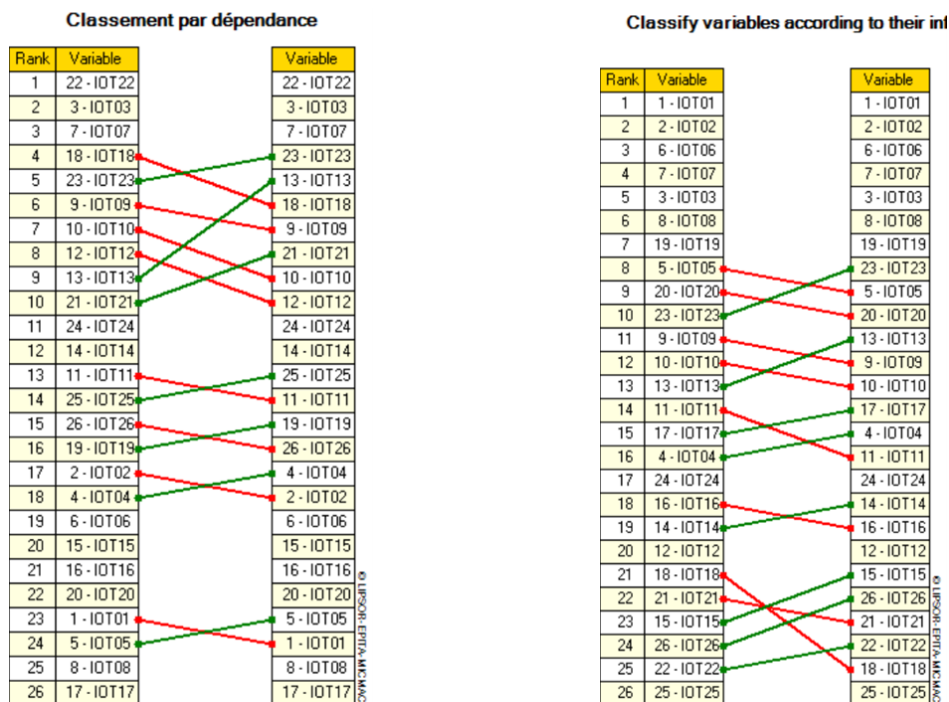
کد	متغیر	مستقیم		اثر گذاری خالص	غیرمستقیم		اثر گذاری خالص
		اثر پذیری	اثر گذاری		اثر پذیری	اثر گذاری	
IOT23	اشتغال زایی و ایجاد زمینه‌های جدید فعالیت در حوزه فناوری اطلاعات	۴۰	۴۴	-۴	۵۷۷۴۴	۶۱۳۳۰	-۳۵۸۶
IOT24	تقویت فرهنگ هوشمندسازی و به کارگیری اینترنت اشیا	۳۴	۴۲	-۸	۴۷۷۱۶	۵۸۱۴۸	-۱۰۴۳۲
IOT25	توسعه زیرساخت‌های پزشکی هوشمند و سلامت الکترونیک	۲۱	۴۰	-۱۹	۲۶۸۱۹	۵۶۳۳۹	-۲۹۵۲۰
IOT26	سرمایه گذاری و توسعه زیرساخت‌های حمل و نقل هوشمند	۲۸	۳۹	-۱۱	۴۰۶۱۸	۵۳۷۹۸	-۱۲۱۸۰
	جمع	۸۳۲	۸۳۲		۱۳۷۹۱۷۵	۱۳۷۹۱۷۵	



شکل ۶. تحلیل روابط مستقیم (سمت راست) و غیرمستقیم (سمت چپ) بین عوامل کلیدی مؤثر بر استقرار شهر هوشمند مبتنی بر فناوری اینترنت اشیا (تأثیر بسیار ضعیف تا بسیار قوی)

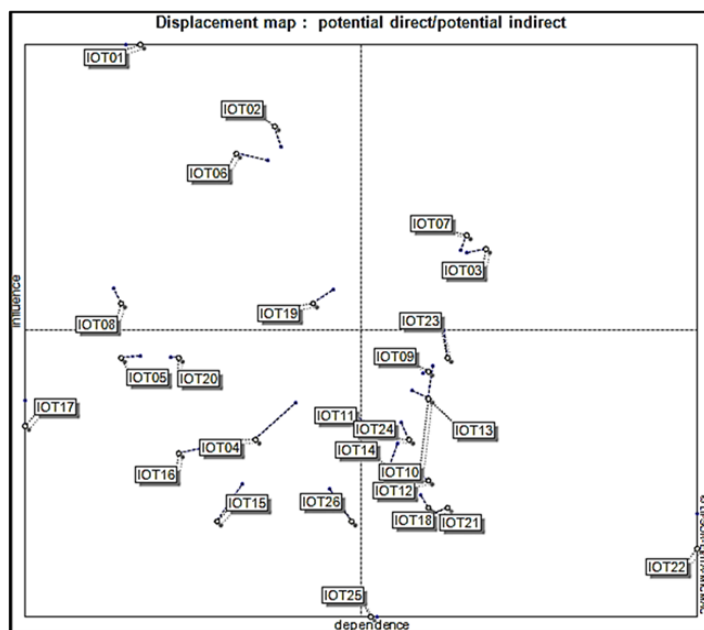
بر اساس ماتریس توان تأثیر گذاری مستقیم در سمت چپ تصویر ۷، می‌توان اظهار داشت که شاخص‌های سیاست‌گذاری‌های بخش دولتی در بخش فناوری اطلاعات (IOT1)، ارتقای سطح سواد اطلاعاتی و توانمندی‌های علمی شهروندان (IOT3) و سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های توسعه فناوری ارتباطات و اطلاعات (IOT6) به ترتیب در رتبه تأثیر گذاری اول تا سوم قرار گرفته‌اند و بیشترین سهم را در ارتباط موضوع استقرار شهر هوشمند مبتنی بر فناوری اینترنت اشیا دارند و در قسمت راست تصویر متغیرهای شفافیت و انسجام در سیاست‌ها، قوانین و مقررات شهری (IOT22)، استفاده گسترده از فناوری اطلاعات و ارتباطات (IOT3) (ICT) و ایجاد و تقویت زیرساخت‌های پیشرفته مبتنی بر شهر هوشمند (IOT7) به ترتیب در رتبه اول تا سوم وابستگی غیرمستقیم قرار گرفته‌اند.

بر اساس ماتریس توان تأثیر گذاری مستقیم در سمت چپ تصویر ۷، می‌توان اظهار داشت که شاخص‌های سیاست‌گذاری‌های بخش دولتی در بخش فناوری اطلاعات (IOT1)، ارتقای سطح سواد اطلاعاتی و توانمندی‌های علمی شهروندان (IOT3) و سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های توسعه فناوری ارتباطات و اطلاعات (IOT6) در رتبه اول تا سوم تأثیر گذاری غیرمستقیم قرار دارند.



شکل ۷. رتبه‌بندی متغیرها بر اساس میزان اثرگذاری مستقیم (سمت چپ) و غیر مستقیم (سمت راست) و شکل ۸. رتبه‌بندی متغیرها بر اساس میزان وابستگی مستقیم (سمت چپ) و غیر مستقیم (سمت راست)

مطابق شکل ۹. که نمایشگر میزان جابه‌جایی ماتریس غیرمستقیم نسبت به ماتریس مستقیم است، متغیرهای بهبود وضعیت ارتباطات فراملی و کاهش محدودیت‌های سیاسی و دسترسی بین‌المللی به داده‌های فناوری اطلاعات (IOT4)، سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های توسعه فناوری ارتباطات و اطلاعات (IOT6)، استفاده از انسجام اجتماعی در به‌کارگیری فناوری‌های نوین (IOT15) و سرمایه‌گذاری و توسعه زیرساخت‌های حمل‌ونقل هوشمند (IOT26) بیشترین جابه‌جایی و تغییر وضعیت را داشته‌اند.



شکل ۹. جابه‌جایی متغیرهای شهر هوشمند مبتنی بر فناوری اینترنت اشیا در نقشه اثرگذاری غیرمستقیم نسبت به اثرگذاری مستقیم

بحث و نتیجه گیری

غیرمستقیم) هر یک از آن‌ها در بین تمامی عوامل اثرگذار بر استقرار شهر هوشمند مبتنی بر فناوری اینترنت اشیا، عامل سیاست‌گذاری‌های بخش دولتی در بخش فناوری اطلاعات (IOT01)، ارتقای سطح سواد اطلاعاتی و توانمندی‌های علمی شهروندان (IOT02)، سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های توسعه فناوری ارتباطات و اطلاعات (IOT06)، بسترسازی برای ارتقای مشارکت شهروندان در توسعه شهری (IOT08)، آگاه‌سازی شهروندان و مسئولان از فواید و مزایای جایگزینی امکانات هوشمند با بهره‌گیری از دانش جمعی و فرهنگ‌سازی (IOT19)، ایجاد و تقویت زیرساخت‌های پیشرفته مبتنی بر شهر هوشمند (IOT07) و استفاده گسترده از فناوری اطلاعات و ارتباطات (IOT03) (ICT) در زمره پیشران‌های کلیدی در حوزه اثرگذاری مستقیم و غیرمستقیم به شمار می‌روند (جدول ۴).

شناسایی و تحلیل مؤلفه‌های مؤثر بر استقرار شهر هوشمند مبتنی بر فناوری اینترنت اشیا نیازمند رویکردی سیستمی و راهبردی است که همه اجزا و عناصر این سازمان فضایی در ارتباط با همدیگر و به صورت نظام‌مند و آینده‌نگرانه مورد بررسی قرار گیرد. این پژوهش با هدف شناسایی محرک‌های کلیدی مؤثر بر استقرار شهر هوشمند مبتنی بر فناوری اینترنت اشیا تدوین شده است. برای رسیدن به هدف مورد نظر، نخست تعداد ۲۵ نفر از متخصصان و مسئولان اجرایی حوزه برنامه‌ریزی شهری برای مشارکت در این پژوهش انتخاب شدند و در مرحله بعد با روش میک‌مک و از طریق پرسشنامه به شناسایی و امتیازدهی مهم‌ترین پیشران‌های مؤثر بر استقرار شهر هوشمند مبتنی بر فناوری اینترنت اشیا در شهر مشهد اقدام شد که در مجموع، پس از بررسی یکایک شاخص‌ها و استخراج عوامل کلیدی تأثیرگذار (مستقیم و

جدول ۴. پیشران‌های کلیدی نهایی تأثیرگذار (مستقیم و غیرمستقیم) بر استقرار شهر هوشمند مبتنی بر فناوری اینترنت اشیا بر اساس روش تحلیل ساختاری

رتبه	تأثیرگذاری مستقیم	تأثیرگذاری غیرمستقیم
۱	سیاست‌گذاری‌های بخش دولتی در بخش فناوری اطلاعات (IOT1)	سیاست‌گذاری‌های بخش دولتی در بخش فناوری اطلاعات (IOT1)
۲	ارتقای سطح سواد اطلاعاتی و توانمندی‌های علمی شهروندان (IOT02)	ارتقای سطح سواد اطلاعاتی و توانمندی‌های علمی شهروندان (IOT02)
۳	سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های توسعه فناوری ارتباطات و اطلاعات (IOT06)	سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های توسعه فناوری ارتباطات و اطلاعات (IOT06)
۴	بسترسازی برای ارتقای مشارکت شهروندان در توسعه شهری (IOT08)	بسترسازی برای ارتقای مشارکت شهروندان در توسعه شهری (IOT08)
۵	آگاه‌سازی شهروندان و مسئولان از فواید و مزایای جایگزینی امکانات هوشمند با بهره‌گیری از دانش جمعی و فرهنگ‌سازی (IOT19)	آگاه‌سازی شهروندان و مسئولان از فواید و مزایای جایگزینی امکانات هوشمند با بهره‌گیری از دانش جمعی و فرهنگ‌سازی (IOT19)
۶	ایجاد و تقویت زیرساخت‌های پیشرفته مبتنی بر شهر هوشمند (IOT07)	آگاه‌سازی شهروندان و مسئولان از فواید و مزایای جایگزینی امکانات هوشمند با بهره‌گیری از دانش جمعی و فرهنگ‌سازی (IOT19)
۷	استفاده گسترده از فناوری اطلاعات و ارتباطات (IOT03) (ICT)	ایجاد و تقویت زیرساخت‌های پیشرفته مبتنی بر شهر هوشمند (IOT07)

برخوردار است و با تمرکز هرچه بیشتر سرمایه در این حوزه زمینه شکل‌گیری هرچه بیشتر و بهتر شهر هوشمند با در نظر داشتن فناوری اینترنت اشیا فراهم خواهد شد. باید توجه داشت استفاده از یک پدیده جدید نیازمند آگاهی است، بنابراین آگاه‌سازی شهروندان و مسئولان از فواید و مزایای جایگزینی امکانات هوشمند با بهره‌گیری از دانش جمعی و فرهنگ‌سازی حائز اهمیت است. به علاوه، باید توجه داشت با ایجاد و تقویت زیرساخت‌های پیشرفته مبتنی بر شهر هوشمند می‌توان در راستای تحقق آن گام برداشت تا در نهایت با استفاده گسترده از فناوری اطلاعات و ارتباطات به اهداف غایی دست یافت.

بنابراین نتایج پژوهش نشان می‌دهد سیاست‌گذاری‌های بخش دولتی در بخش فناوری اطلاعات می‌تواند اثرات قابل توجهی در زمینه استقرار شهر هوشمند مبتنی بر فناوری اینترنت اشیا در افق برنامه‌ریزی کوتاه‌مدت ده‌ساله داشته باشد. علاوه بر این، ارتقای سطح سواد اطلاعاتی و توانمندی‌های علمی شهروندان هم می‌تواند بستری مناسب جهت این امر در شهر مشهد فراهم کند، چراکه بهره‌مندی از دانش و اطلاعات مرتبط از زمینه‌های اصلی به‌کارگیری علم و روندی جدید در یک جامعه است. همچنین، سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های توسعه فناوری ارتباطات و اطلاعات از اهمیت ویژه‌ای

ment of smart cities, innovative applications, opportunities and challenges. [Internet]. 2019 [cited 2023 May 28]. Available from: <https://sid.ir/paper/900412/fa> (In Persian).

- [12] Ali Z, Mahmood A, Khatoon S, Alhakami W, Ullah SS, Iqbal J, Husain S. A Generic Internet of Things (IoT) Middleware for Smart City Applications. Sustainability. 2023 Jan;15(1):743. <https://doi.org/10.3390/su15010743>
- [13] Yazdani HR, Sohrabi B, Jalilian M. Identifying Qualitative Indicators for Evaluating IoT Business Models Based on Big Data Analysis in the Smart City. Modern Research in Decision Making. 2021 Jul 3;6(2):125-54. <https://www.sid.ir/paper/1045447/fa> [In Persian].
- [14] Ageed ZS, Zeebaree SR, Sadeeq MM, Kak SF, Rashid ZN, Salih AA, Abdullah WM. A survey of data mining implementation in smart city applications. Qubahan Academic Journal. 2021 Apr 29;1(2):91-9. <https://www.researchgate.net/publication/351154192>
- [15] Schwab K. The Fourth Industrial Revolution. [Internet]. 2023 Jan [cited 2023 May 28]. Available from: <https://www.weforum.org/focus/fourth-industrial-revolution>.
- [16] Wikipedia. Fourth Industrial Revolution. [Internet]. 2023 Jan [cited 2023 May 28]. Available from: https://en.wikipedia.org/wiki/Fourth_Industrial_Revolution.
- [17] Ziari K, Ehsanifard A. Future research of urban smart growth and probable and desirable scenario making with structural and network analysis method (Case study: Dar ol-marhame, Semnan). Urban Planning Knowledge. 2022 May 22; 6(1). https://upk.guilan.ac.ir/article_4675.html [In Persian].
- [18] Yavari A. Designing a Model for Social Crisis Anticipation to Prevent Them by NAJA [Master's thesis]. Tehran: Allameh Tabataba'i University; 2011. [In Persian].
- [19] Khanalizadeh M. Futurology of the Structure of the European Union between 2025-2013 [Master's thesis]. Tehran: Islamic Azad University, Central Tehran Branch; 2014. [In Persian].
- [20] Bakhshi Sanjedari R. Futurology of Transportation Systems, Urban Smartification with a Focus on Sustainable Urban Development; Case Study: Tehran Metropolis [Master's thesis]. Tehran: Islamic Azad University, Science and Research Branch; 2020. [In Persian].
- [21] Pournali B. Evaluation of the Implementation of the Electronic City in Ardabil [Master's thesis]. Ardabil: Mohaghegh Ardabili University; 2020. [In Persian]
- [22] Ganchev I, Ji Z, O'Droma M. A Generic IoT Architecture for Smart Cities. In: [ISSC 2014/CICT 2014](https://doi.org/10.1109/CICT.2014); 2014.
- [23] Qian Y, Wu D, Bao W, Lorenz P. The internet of things for smart cities: Technologies and applications. IEEE Network. 2019 Mar 27;33(2):4-5. doi: [10.1109/MNET.2019.1800134](https://doi.org/10.1109/MNET.2019.1800134)
- [24] Alizadeh T. Global trends of smart cities. Elsevier; 2021.
- [25] Sujatha R, Ephzibah EP, Dharinya SS. IoTBDs Applications: Smart Transportation, Smart Healthcare, Smart Grid, Smart Inventory System, Smart Cities, Smart Manufacturing, Smart Retail, Smart Agriculture, etc. In: The Internet of Things and Big Data Analytics; 2020 Jun 7. Auerbach Publications. p. 275-300.
- [26] Janssen M, Luthra S, Mangla S, Rana NP, Dwivedi YK. Challenges for adopting and implementing IoT in smart cities: An integrated MICMAC-ISM approach. Internet Research. 2019 Aug 14;29(6):1589-616. <https://doi.org/10.1108/INTR-06-2018-0252>
- [27] Zanella A, Bui N, Castellani A, Vangelista L, Zorzi M. Internet of things for smart cities. IEEE Internet of Things Journal. 2014 Feb 14;1(1):22-32. doi: [10.1109/JIOT.2014.2306328](https://doi.org/10.1109/JIOT.2014.2306328)
- [28] Maxwell JC. A treatise on electricity and magnetism. Oxford: Clarendon Press; 1873.

مشارکت نویسندگان

نویسنده اول (پژوهشگر اصلی ۵۰ درصد)، نویسنده دوم (۲۰ درصد)، نویسنده سوم (۳۰ درصد)

تشکر و قدردانی

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

تعارض منافع

نویسندگان هیچ گونه تعارض منافی ندارند.

منابع

- [1] Blasi S, Ganzaroli A, De Noni I. Smartening sustainable development in cities: Strengthening the theoretical linkage between smart cities and SDGs. Sustainable Cities and Society. 2022 May 1; 80: 103793. doi [10.1016/j.scs.2022.103793](https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.103793).
- [2] Camero A, Alba E. Smart City and information technology: A review. Cities. 2019 Oct 1; 93: 84-94. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2019.04.014>.
- [3] Saberifar R. Determination and Identify Factors Influencing in Designing a Smart Organization Model for Urban Management (Case study: Municipality of Mashhad). Geographical & Urban Planning Research (GUPR). 2020;8(2):445-467. [10.22059/JUR-BANGEO.2020.299143.1245](https://doi.org/10.22059/JUR-BANGEO.2020.299143.1245). [In Persian]
- [4] Myeong S, Park J, Lee M. Research models and methodologies on the smart city: A systematic literature review. Sustainability. 2022 Feb 1; 14(3):1687. <https://doi.org/10.3390/su14031687>.
- [5] Alshamaila Y, Papagiannidis S, Alsawalqah H, Aljarah I. Effective use of smart cities in crisis cases: A systematic review of the literature. International Journal of Disaster Risk Reduction. 2023 Jan 6; 103521. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2023.103521>.
- [6] De Santis R, Fasano A, Mignolli N, Villa A. Smart city: fact and fiction.
- [7] Yang J, Han Y, Wang Y, Jiang B, Lv Z, Song H. Optimization of real-time traffic network assignment based on IoT data using DBN and clustering model in smart city. Future Generation Computer Systems. 2020 Jul 1; 108: 976-986. <https://doi.org/10.1016/j.future.2017.12.012>.
- [8] Caragliu A, Del Bo C, Nijkamp P. Smart cities in Europe. Journal of Urban Technology. 2011 Apr 1; 18(2): 65-82. <https://doi.org/10.1080/10630732.2011.601117>.
- [9] Miri S. Investigating the Role of Civic Culture in Promoting Smart Environmental Intelligence [dissertation]. Kashan University, Kashan; 2020. [In Persian]
- [10] Mirsepari N. Analysis of Intelligent Transportation Effects in the Internet of Things Domain on National Sustainable Development Indices. Road. 2021 Sep 23; 29(108):143-160. doi: [10.22034/ROAD.2021.119329](https://doi.org/10.22034/ROAD.2021.119329) [In Persian]
- [11] Mousavi Davijani M. The role of Internet of Things in the develop-

- [29] Ranjbar AH. An overview of the necessity of Internet of Things in smart city projects, a new approach in sustainable urban development. *Applied Researches in Management and Humanities*. 2022 Jun 22;7(3):35-46. <https://j.armh.ir/> [In Persian]
- [30] Janssen M, Luthra S, Mangla S, Rana NP, Dwivedi YK. Challenges for adopting and implementing IoT in smart cities: An integrated MICMAC-ISM approach. *Internet Research*. 2019 Aug 14;29(6):1589-616. <https://doi.org/10.1108/INTR-06-2018-0252>
- [31] Badis H, Rida K, Sherali Z, Ashraf F. Internet of Things (IoT) Technologies for Smart Cities. September 2017. <https://www.researchgate.net/publication/335516688>
- [32] Mohammadi M, Ghafari Gilande A, Yazdani MH. Assessing the effectiveness of the city from smart city indicators (case study: Zanjan city). *Researches of Human Geography*. 2021 Jun 22; 53(2): 43-521. <https://www.sid.ir/paper/377934/fa> [In Persian]
- [33] Sharbatdar M, Kahani M, Javadi V, Ghahremani A, Talebiyan H, Tayerani A, Gangi A. A comparative study of the smart cities of Amsterdam, Barcelona and New York and an introduction to the studies of the Mashhad Smart City Document, the 8th Electronic Administrative System Conference. 2015. [In Persian]
- [34] Poorahmad A, Ziyari K, Hataminejad H, Parsa S. Explaining the concept and characteristics of a smart city. *Bagh Nazar magazine*. 2018;5-26. <https://www.sid.ir/paper/125472/fa> [In Persian]
- [35] Fahmfam G, Hamidi H. Factors affecting the development and management of smart city approach using a combination of big data and the internet of things and cloud computing technologies. *Iranian Journal of Information Processing and Management*. 2022 Dec 10;34(2):557-84. <https://www.sid.ir/paper/404327/fa> [In Persian]
- [36] Fallahi A, Faraji A, Gharibi A. Analysis of Key Barriers to the use of the Internet of Things in Iranian Smart Cities. [In Persian]
- [37] Harmon RR, Castro-Leon EG, Bhide S. Smart cities and the internet of things, in '2015 Portland International Conference on Management of Engineering and Technology (PICMET)'. <https://ieeexplore.ieee.org/document/6740844>
- [38] Deakin M, Reid A. Smart cities: Under-gridding the sustainability of city-districts as energy efficient-low carbon zones. *Journal of Cleaner Production*. 2018 Feb 1;173:39-48. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.054>
- [39] Moreno MV, Terroso-Sáenz F, González-Vidal A, Valdés-Vela M, Skarmeta AF, Zamora MA, Chang V. Applicability of big data techniques to smart cities deployments. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*. 2016 Sep 1; 13(2): 800-9. doi: [10.1109/TII.2016.2605581](https://doi.org/10.1109/TII.2016.2605581)
- [40] Tanwar S, Tyagi S, Kumar S. The role of internet of things and smart grid for the development of a smart city. In: *Intelligent Communication and Computational Technologies: Proceedings of Internet of Things for Technological Development, IoT4TD 2017; 2018*. Springer Singapore. p. 23-33.
- [41] Jha S, Nkenyereye L, Joshi GP, Yang E. Mitigating and monitoring smart city using internet of things. *Computers, Materials & Continua*. 2020 Jan 1; 65(2): 1059-79. <https://doi.org/10.32604/cmc.2020.011754>
- [42] Bellini P, Nesi P, Pantaleo G. IoT-enabled smart cities: A review of concepts, frameworks and key technologies. *Applied Sciences*. 2022 Feb 3; 12(3): 1607. <https://doi.org/10.3390/app12031607>
- [43] Hu Z, Bai Z, Yang Y, Zheng Z, Bian K, Song L. UAV aided aerial-ground IoT for air quality sensing in smart city: Architecture, technologies, and implementation. *IEEE Network*. 2019 Mar 27; 33(2): 14-22. doi: [10.1109/MNET.2019.1800214](https://doi.org/10.1109/MNET.2019.1800214)
- [44] Ni J, Lin X, Shen XS. Toward edge-assisted Internet of Things: From security and efficiency perspectives. *IEEE Network*. 2019 Mar 27; 33(2): 50-7. doi: [10.1109/MNET.2019.1800229](https://doi.org/10.1109/MNET.2019.1800229)
- [45] Hao Y, Miao Y, Hu L, Hossain MS, Muhammad G, Amin SU. Smart-Edge-CoCaCo: AI-enabled smart edge with joint computation, caching, and communication in heterogeneous IoT. *IEEE Network*. 2019 Mar 27; 33(2): 58-64. doi: [10.1109/MNET.2019.1800235](https://doi.org/10.1109/MNET.2019.1800235)
- [46] Khattak HA, Farman H, Jan B, Din IU. Toward integrating vehicular clouds with IoT for smart city services. *IEEE Network*. 2019 Mar 27; 33(2): 65-71. doi: [10.1109/MNET.2019.1800236](https://doi.org/10.1109/MNET.2019.1800236)
- [47] Qi F, Zhu X, Mang G, Kadoch M, Li W. UAV network and IoT in the sky for future smart cities. *IEEE Network*. 2019 Mar 27; 33(2): 96-101. doi: [10.1109/MNET.2019.1800250](https://doi.org/10.1109/MNET.2019.1800250)
- [48] Liu Y, Yang C, Jiang L, Xie S, Zhang Y. Intelligent edge computing for IoT-based energy management in smart cities. *IEEE Network*. 2019 Mar 27; 33(2): 111-7. doi: [10.1109/MNET.2019.1800254](https://doi.org/10.1109/MNET.2019.1800254)
- [49] Godet M, Durance P, Gerber A. Strategic foresight la prospective. *Cahiers du LIPSOR*. 2008;143.
- [50] Kamandari, M. & Rahnama, M.R. Evaluation of smart city indicators in the four regions of Kerman city. *Geographical Space*. 2017 Sep 10; 17(58): 209-26. <http://geographical-space.iau-ahar.ac.ir/article-1-1685-fa.html> [In Persian]
- [51] Mashhad Municipality. Mashhad urban area information. 2018, Mashhad: Mashhad Municipality. [In Persian] Available from: <https://new.mashhad.ir/>
- [52] Advisors of the Municipality of Etminan Sharq. 17 districts of Mashhad (not implemented yet) 2023. Available from: <https://www.mashhad-city.ir/17-mantaghe/>
- [53] Maravi L, Behzadfar M, Mofidi Shemirani SM. Analyzing the challenges facing the realization of a smart city, a case study: Mashhad city. *Stable Quarterly*. 2022; 5(1): 45-58. doi: [10.22034/JSC.2022.311642.1578](https://doi.org/10.22034/JSC.2022.311642.1578)
- [54] Anabestani A, Hosieni SP. Analysis of Key Drivers Affecting the Acceptance of Community-based Tourism in Rural Settlements with a Futuristic Approach (Case Study: Shirvan County). *Journal of Geography and Development*. 2021; 19(65): 171-202. doi: [10.22111/2021.6531](https://doi.org/10.22111/2021.6531) [In Persian]
- [55] Godet M. *Creating Futures: Scenario Planning as a strategic management tool*. Washington, DC: Economica. Economica Brookings diffusion. 2006.