University of Sistan and Baluchestan

Geography and Territorial Spatial Arrangement

Print ISSN: 2345 - 2277 Online ISSN: 2783 - 5278

Association of Geography and Planning of Border Areas of Iran

Explaining the Scenarios of Establishing a Smart City Based on Internet of Things in Mashhad Metropolis

Aliakbar Anabestani [1]✉, Mohsen Kalantari [2], Nasim Niknami [3]

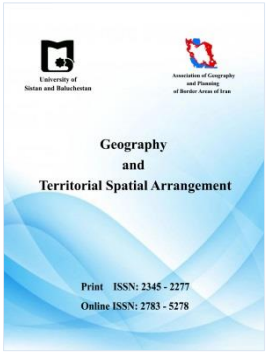
1. Professor in Department of Human Geography and Spatial Planning, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.
✉ E-mail: a_anabestani@sbu.ac.ir
2. Associate Prof. in Department of Human Geography and Spatial Planning, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.
E-mail: mo_kalantari@sbu.ac.ir
3. MSc. Student in Geography and Urban Planning, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.
E-mail: n.niknami@mail.sbu.ac.ir

How to Cite: Anabestani, A; Kalantari, M & Niknami, N. (2024). Explaining the Scenarios of Establishing a Smart City Based on Internet of Things in Mashhad Metropolis. *Geography and Territorial Spatial Arrangement*, 14 (51), 127-132.

DOI: http://dx.doi.org/ 10.22111/GAIJ.2024.46411.3135

Article type:
Research Article

Received:
16/08/2023
Received in revised form:
06/04/2024
Accepted:
17/04/2024
Publisher online:
27/04/2024



Keywords:
Smart City, Internet of Things, Scenario Writing, Mashhad Metropolis.

ABSTRACT

Smart cities are developed and built as interconnected urban domains where embedded elements can interact with each other and with the users residing in them. In building smart cities, Internet of Things has the potential to collect information about the urban environment, provide new services to citizens, facilitate their daily life and increase the ability to live in the city. In the current research, with the participation of managers, officials and academic experts, the key drivers affecting the smart city based on the Internet of Things have been identified and finally, the scenarios effective on the formation of the smart city based on the Internet of Things have been compiled. The research is applied in terms of purpose and descriptive-analytical in terms of research method. The method of collecting data and information was library, document and survey (interview). The review of scientific sources identified 26 factors affecting the smart city based on the Internet of Things, which were categorized into 6 dimensions, and a total of 25 people, including managers of related organizations and academic experts, were interviewed. Data analysis was based on prospective research technique; Including structure analysis, analysis of mutual effects based on Micmac and Scenario Wizard software. The results showed that there are 8 possible scenarios for the establishment of a smart city based on the Internet of Things, of which 1 scenario is in a strong and stable compatibility mode (zero incompatibility) and 7 scenarios are in a weak compatibility mode. The first scenario, which is a scenario with a positive direction, has an interaction effect score of 123 and a compatibility value of 2, while the second scenario, which seems to be unfavorable conditions for the future of the smart city based on the Internet of Things in Mashhad metropolis, has a total interaction effect score of -20 and the compatibility value is -1. The third scenario also has a compatibility value of -1 and with a total interaction effect score of 27, it can be one of the possible scenarios for the future of the smart city based on the Internet of Things in Mashhad metropolis.

CC BY NC © the Author(s). **Publisher**: University of Sistan and Baluchestan

Extended Abstract

Introduction

With the rapid development and deep application of new concepts and technologies brought about by smart cities and the Internet of Things (IoT) around the world, all walks of life have gradually moved towards a modern "smart" society. Smart cities are developed and built as interconnected urban areas where embedded elements can interact with each other and with the users who reside within them. In building smart cities, the Internet of Things has the potential to collect information about the urban environment, provide new services to citizens, facilitate their daily lives, and increase the city's livability. The Internet of Things can help improve urban management and energy efficiency while reducing costs and ultimately improving the quality of life through better traffic management, smart parking management, reduced energy consumption, improved security, resource management, and other measures.

Based on this, the aim of this study is to identify the key drivers and scenarios for the implementation of an IoT-based smart city in Mashhad metropolis using a futures research approach. The research question is: What are the scenarios for the implementation of an IoT-based smart city in Mashhad metropolis? To answer this question, the key drivers influencing the implementation of an IoT-based smart city were identified using the Micmac software, and then the scenarios required for achieving an IoT-based smart city were identified using the Scenario Wizard software.

Study Area

The spatial domain of this research is the metropolis of Mashhad, located in northeastern Iran. With a population of 3.1 million according to the 2016 census, it is the second most populous city in Iran and the capital of Razavi Khorasan Province, covering an area of approximately 343.5 square kilometers. The Municipality, especially the Information and Communications Technology Organization (FAWA) of Mashhad Municipality, is at the forefront of the Smart City and Internet of Things (IoT) arena. It strives to make strides by creating the necessary infrastructure and providing electronic and smart services. In this regard, it has undertaken significant actions and operations.

Material and Methods

The research method in this study is a combination of descriptive-analytical methods. From the perspective of the aim, this research is applied, as it seeks to implement an appropriate approach for realizing a smart city based on the Internet of Things (IoT) in Mashhad, considering the geographical characteristics of the region. Also, as it uses scenario writing to identify factors influencing the smart city based on IoT and to develop scenarios for the metropolis, the research method can be considered a combination of quantitative and qualitative methods. This is a normative analytical study (the opposite of exploratory) that uses qualitative forecasting methods to solve complex problems. In this study, to achieve the research objectives and achieve a smart city based on IoT, the researcher needed to collect information from the academic and organizational community, so the statistical population of this study for evaluating and prioritizing key factors affecting the smart city based on IoT in Mashhad was 25 experts aware of the research topic at Shahid Beheshti University, Ferdowsi University of Mashhad, Azad University of Mashhad, Khayyam University of Mashhad, Municipality, and Fava Organization of Mashhad.

In the present study, firstly, through documentary studies and interviews with experts, using the Delphi method, the variables affecting the establishment of a smart city based on the Internet of Things were identified and then the final factors were reviewed by the experts for approval. In the continuation, the set of proposed factors was provided to the elites to determine the level of importance. In the first stage, 26 statements were chosen. For this purpose, 25 experts were selected from the mentioned fields. Then, to extract the key drivers affecting the smart city based on the Internet of Things, the descriptive and inferential results obtained from the expert questionnaires and the extracted key variables were used and the structural analysis method was used using MICMAC software. In the next step, to find the scenarios influencing the establishment of a smart city based on the Internet of Things, the cross-impact balanced analysis method and scenario wizard software were used.

Result and Discussion

Through field studies and library research, the most influential factors affecting the smart city based on the Internet of Things (IoT) in Mashhad were identified. In this section, based on the descriptive and inferential results obtained from the expert questionnaire and the MICMAC structural analysis, the drivers were prepared and presented in 6 dimensions of the smart city based on IoT. Among these, 7 drivers out of 26 factors will be

fundamentally used to determine the scenario logic. Then, considering the upstream documents and the interrelationship and correlation of indicators, the key factors that control the overall system state and other research indicators were merged into 7 descriptors with the opinion of experts. The results showed that there are 8 possible scenarios for the establishment of a smart city based on IoT, of which 1 scenario is in a strong and stable compatibility state (zero incompatibility) and 7 scenarios are in a weak compatibility state. The first scenario, which is a positive scenario, has a cross-impact score of 123 and a compatibility value of 2, while the second scenario, which seems to be an unfavorable condition for the future of the smart city based on IoT in Mashhad, has a total cross-impact score of 20- and a compatibility value of 1-. The third scenario also has a compatibility value of 1- and with a total cross-impact score of 27, it can be one of the probable scenarios for the future of the smart city based on IoT in Mashhad metropolitan.

Conclusion

In general, in a smart city, the Internet of Things (IoT) and intelligent systems are used in an integrated manner to improve communication and information between the city, citizens, and the government, and to increase the efficiency and effectiveness of urban systems. This leads to coordination between systems, citizen participation, intelligent resource management, smart transportation, and intelligent security. If the key drivers and related scenarios are considered in the implementation of a smart city based on IoT, it can have a significant impact on improving the quality of life for citizens. In this regard, elements such as municipalities, the public sector, officials, and investors have a special role to play. Also, considering the experiences and actions of other successful cities in this field, along with extensive advertising and the prevalence of intelligent thinking among residents, can pave the way for the formation of a smart city based on IoT in the 2033 horizon. It is worth mentioning that paying attention to increasing the possibilities and services of intelligent welfare, organizing intelligent urban transportation, paying attention to intelligent public safety, paying attention to intelligent education and treatment, and intelligent economy, along with active participation between the municipality and citizens, will play a special role in achieving the relevant goals.

Key words: Smart City, Internet of Things, Scenario Writing, Mashhad Metropolis.

References

Advisors of the Municipality of Tzatsat Sharq. (1401). Division of Mashhad municipal areas. *(in Persian)*

https://www.mashhad-city.ir/17-mantaghe

Ahani, Mena, Musa Khani, Morteza, and Afsharkazemi, Mohammad Ali. (2017). Future research of good governance in Iran: with a scenario writing approach. Iranian Management Sciences, 13(51), 75-106. (Study case: Aliguderz city). Quarterly Journal of Geographical Studies of Mountainous Regions, 3(3), 171-189. *(in Persian)*

https://sid.ir/paper/371396/fa

Ahmadi, Amanullah, Sheikhul-Islami, Jalili, Mohammad. (1401). Structural analysis of smart urban growth with future research (case study: Aliguderz city). Quarterly Journal of Geographical Studies of Mountainous Regions, 3(3), 171-189. *(in Persian)*

https://gsma.lu.ac.ir/article-1-346-fa.html

Al Sharif, R., & Pokharel, S. (2022). Smart city dimensions and associated risks: Review of literature. Sustainable Cities and Society, 77, 103542.

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210670721008088

Alai, Rehane., Rahnama, Mohammad Rahim., Aghte Shkohi, Mohammad. and Furqani, Ali. (1402). Explanation of smart environment scenarios in Mashhad metropolis. Geographical Research Quarterly, 38 (2): 1001-1015. *(in Persian)*

http://georesearch.ir/article-1-1442-fa.html

Alizadeh Bazarafshan, Navidreza, Kharazmi, Omid Ali. and Khakpour, Baratali, (2018). Qualitative analysis of human and people's challenges in the implementation of smart city in Mashhad metropolis, National Conference on Future Studies, Management and Sustainable Development, Tehran. Pages 8-12. *(in Persian)*

https://civilica.com/doc/987628

Alsamhi, S. H., Ma, O., Ansari, M. S., & Almalki, F. A. (2019). Survey on collaborative smart drones and internet of things for improving smartness of smart cities. *Ieee Access*, *7*, 128125-128152.

https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8795473

Anabastani, Ali-akbar., Kalantari, Mohsen. And Niknami, Nasim. (1401). Explanation of the key drivers affecting the establishment of a smart city based on Internet of Things technology (case study: Mashhad metropolis). Economics and Urban Planning, 4(1), 232-248. *(in Persian)*

https://www.juep.net/article_172135.html

Batty, M., Axhausen, K. W., Giannotti, F., Pozdnoukhov, A., Bazzani, A., Wachowicz, M., ... & Portugali, Y. (2012). Smart cities of the future. *The European Physical Journal Special Topics*, *214*, 481-518.

https://link.springer.com/article/10.1140/epjst/e2012-01703-3

Bayat, Zahra (1401). Investigating the smartness of cities in Iran. International Conference on Interdisciplinary Studies in Management and Engineering. Pages 5-10. *(in Persian)*

https://sid.ir/paper/992143/fa

Bibri, S. E., & Krogstie, J. (2017). Smart sustainable cities of the future: An extensive interdisciplinary literature review. Sustainable Cities and Society, 31, 183–212.

https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.02.016

Brothers Khanian, Zainab., Panahi, Hossein. and Asgharpour, Hossein. (1402). Identifying and prioritizing the key effective factors in the smart city based on the future research approach (case study: Tabriz metropolis). Scientific Quarterly of Applied Economic Theories, 10(36), 128-89. *(in Persian)*

https://ecoj.tabrizu.ac.ir/article_15946.html

Caragliu, A., Del Bo, C., & Nijkamp, P. (2011). Smart cities in Europe. Journal of urban technology, 18(2), 65-82.

https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10630732.2011.601117

Communication exploration site. Smartening of the city of Mashhad. *(in Persian)*

https://cutertebat.com

Echebarria, C., Barrutia, J. M., & Aguado-Moralejo, I. (2021). The Smart City journey: a systematic review and future research agenda. Innovation: The European Journal of Social Science Research, 34(2), 159-201.

https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/13511610.2020.1785277

Eremia, M., Toma, L., & Sanduleac, M. (2017). The smart city concept in the 21st century. *Procedia* Engineering, 181, 12-19.

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705817309402

Godet F. (2010). Future Memories. Technol Forecast. Soc Change, 77(9), 1457-63.

https://www.researchgate.net/publication/222673243_Future_memories

Godet, M., & Durance, P. (2011). Strategic foresight for corporate and regional development (pp. 1-180). Paris: Unesco Publishing.

http://en.laprospective.fr/news/14-strategic-foresight-for-corporate-and-regional-development.html

Haque, A. B., Bhushan, B., & Dhiman, G. (2022). Conceptualizing smart city applications: Requirements, architecture, security issues, and emerging trends. Expert Systems, 39(5), e12753.

https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/exsy.12753

Hassanzadeh, Hassan, Hoshiar, Hassan. and Mousavi, Mir Najaf. (1400). Identification and analysis of smart growth indicators affecting the spatial structure of cities with a future research approach (case example: Sardasht city). Quarterly Journal of Geography (Regional Planning), 11(42), 143-165. *(in Persian)*

https://www.jgeoqeshm.ir/article_130071.html

Heydari, Amirhosheng. (2015). Future research and Delphi method. Science Promotion, 7(1), 75-93. *(in Persian).*

https://www.popscijournal.ir/article_88187.html

Information and Communication Technology Organization (FAVA), Mashhad Municipality, 1400. *(in Persian).*

https://fava.mashhad.ir

Islamic Republic News Agency (1400). News code 84350638. *(in Persian)*

https://www.irna.ir

Islamic Republic News Agency (2017). News code 85167153. *(in Persian)*

https://www.irna.ir

Jasim, N. A., TH, H., & Rikabi, S. A. (2021). Design and Implementation of Smart City Applications Based on the Internet of Things. International Journal of Interactive Mobile Technologies, *15*(13).

https://www.researchgate.net/publication/353212187

Javed, A. R., Ahmed, W., Pandya, S., Maddikunta, P. K. R., Alazab, M., & Gadekallu, T. R. (2023). A survey of explainable artificial intelligence for smart cities. Electronics, *12*(4), 1020.

https://www.mdpi.com/2079-9292/12/4/1020

Karvonen, A., Cook, M., & Haarstad, H. (2020). Urban planning and the smart city: Projects, practices and politics. *Urban Planning*, *5*(1), 65-68.

https://oro.open.ac.uk/69621

Kazemkhah, Sadegh, Azimi Amoli, Jalal, Gadami, Mustafa, and Janbazghobadi, Gholamreza. (1401). Identifying the effective factors on the spatial development of the city within the framework of the smart growth model with a future research approach (case study: Rasht city). Human Settlements Planning Studies (Geographic Perspective), 17(2 (59)), 305-317. *(in Persian).*

https://sid.ir/paper/1030779/fa

Kloss; Schwab (2016). The fourth industrial revolution. Translated by Dr. Iraj Nabipour. Bushehr: Publications of Bushehr University of Medical Sciences. Pages 122-90. *(in Persian).*

https://pgtmrc.bpums.ac.ir/Fa/DynPages-6274.htm

Komninos, N. (2007). Intelligent cities. In Encyclopedia of digital government (pp. 1100-1104). IGI Global.

https://www.igi-global.com/chapter/intelligent-cities/11640

Li, S., Xu, L. D., & Zhao, S. (2015). The internet of things: a survey. Information systems frontiers, *17*, 243-259.

https://link.springer.com/article/10.1007/s10796-014-9492-7

Liao, Y., Loures, E. R., Deschamps, F., Brezinski, G., & Venâncio, A. (2018). The impact of the fourth industrial revolution: a cross-country/region comparison. Production, 28.

https://www.scielo.br/j/prod/a/hRmXgtCKq6qbwMkK4nVkj8g/?lang=en

Mashhad municipality. (2018). Statistics of Mashhad Municipality, Mashhad: Deputy of Planning and Development of Human Resources. *(in Persian).*

https://planning.mashhad.ir

Moradipour, Hojtollah. and Norouzian, Mehdi. (1384). Future research, concepts and methods. Approach, 36(15), 45-50. *(in Persian)*

https://www.noormags.ir/view/en/articlepage/407825

Mousavi Hosni, Seyyed Mustafa. (1401). Smart city theories. Geography and Human Relations, 5(2), 1-20. *(in Persian)*

https://www.gahr.ir/article_158449.html

Nakhjirkan, Puya., Darvishi, Farhad., Barati, Naser., Zali, Nader. and Mohammad Hosseini, Babak. (1401). Strategic foresight of smart cities in the horizon of 1415, study case: the city of Rasht. Future studies of Iran. Pages 15-17. *(in Persian)*

https://journals.ikiu.ac.ir/article_2785.html

of smart cities based on the internet of things concept. *Energies*, *10*(4), 421.

https://www.mdpi.com/1996-1073/10/4/421

Pilgrimage, honor of God. (2014). Planning new cities. Tehran: Samit Publications. Pages 20-25. *(in Persian).*

https://www.gisoom.com/book/11150549

Pourahmad, Ahmad, Ziari, Karamatullah, Hataminejad, Parsa Peshahabadi. (2017). Explaining the concept and characteristics of a smart city. Bagh Nazar, 15(58), 5-26. *(in Persian)*

https://www.sid.ir/paper/125472/fa

Poursharifi, Javad and Jafari, Masoumeh. (2015). Evaluating and equipping the smart city with an economic approach, International Conference on Urban Economics, Tehran. Pages 4 to 8. *(in Persian)*

https://civilica.com/doc/510539

Rejeb, A., Rejeb, K., Simske, S., Treiblmaier, H., & Zailani, S. (2022). The big picture on the internet of things and the smart city: a review of what we know and what we need to know. *Internet of Things*, *19*, 100565.

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2542660522000609

Sadhu, P. K., Yanambaka, V. P., & Abdelgawad, A. (2022). Internet of things: Security and solutions survey. *Sensors*, *22*(19), 7433.

https://www.mdpi.com/1424-8220/22/19/7433

Schoenker, B. and Wolff, T. (2013), scenario-based strategic planning. Tehran: World Economic Publishing House. Pages 160-172. *(in Persian).*

https://taaghche.com/book/17639

Singh, M. P., & Murukannaiah, P. K. (2023). Toward an Ethical Framework for Smart Cities and

Talari, S., Shafie-Khah, M., Siano, P., Loia, V., Tommasetti, A., & Catalão, J. P. (2017). A review

Taniguchi, M., & Ikoma, T. (1983, January). RE-examination of the mid-gap electron trap (el2) in different gaas wafers by photocapacitance, dlts and photo-luminescence spectra. In Institute of Physics Conference Series (No. 65, pp. 65-70). 141 Rue Javel, 75747 Paris Cedex 15, France:Editions Scientifiques Medicales Elsevier.

https://www.researchgate.net/publication/279594019_Exploring_the_Future_The_Use_of_Future_Scenario_Writing_in_Science_Education_Research

the Internet of Things. *IEEE Internet Computing*, *27*(2), 51-56.

https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/10078764

with the method of structural and network analysis (case study: Dar al-Morhameh, Semnan). Danesh Shahrsazi, 6(1), 119-93. *(in Persian)*

https://upk.guilan.ac.ir/article_4675.html

Yang, C. (2020). Historicizing the smart cities: Genealogy as a method of critique for smart urbanism. Telematics and informatics, *55*, 101438.

https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0736585320300976

Zali, rare. (2012). Strategic foresight in regional planning and development. Tehran: Strategic Studies Research Institute. Pages 70 to 80. *(in Persian).*

https://www.gisoom.com/book/11016511

Ziari, Karamat Elah, Ehsani Fard, Ali Asghar. (1401). Future research of smart urban growth variables and possible and desirable scenario creation

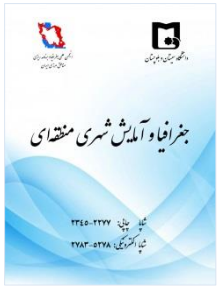
جغرافیا و آمایش شهری منطقه‌ای
شاپا چاپی: ۲۳۴۵-۲۲۷۷ شاپا الکترونیکی: ۲۷۸۳-۵۲۷۸
دانشگاه سیستان و بلوچستان

تبیین سناریوهای استقرار شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت‌اشیا در کلانشهر مشهد

علی اکبر عنابستانی [۱*]، محسن کلانتری [۲]، نسیم نیکنامی [۳]

مقاله پژوهشی

جغرافیا و آمایش شهری-منطقه‌ای
تابستان ۱۴۰۳، سال ۱۴، شمارهٔ ۵۱
تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۵/۲۵
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۱/۱۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۱/۲۹
صفحات : ۱۶۰-۱۲۷



واژه‌های کلیدی:
شهر هوشمند، اینترنت‌اشیا، سناریونویسی، کلانشهر مشهد.

چکیده

شهرهای هوشمند، به‌عنوان حوزه‌های شهری به‌هم پیوسته، توسعه یافته و ساخته می‌شوند و در آن عناصر تعبیه شده می‌توانند، بین خود و با کاربران ساکن در آن‌ها تعامل داشته باشند. در ساخت شهرهای هوشمند، اینترنت‌اشیا پتانسیل جمع‌آوری اطلاعات در مورد محیط شهری، ارائهٔ خدمات جدید به شهروندان، تسهیل زندگی روزمرهٔ آن‌ها و افزایش قابلیت زندگی در شهر را دارد. در پژوهش حاضر، تلاش شده با مشارکت مدیران، مسئولان و خبرگان دانشگاهی، پیشران‌های کلیدی تاثیرگذار بر شهرهوشمند مبتنی بر اینترنت-اشیا، شناسایی و در نهایت سناریوهای مؤثر بر شکل‌گیری شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت‌اشیا تدوین شود. پژوهش، از نظر هدف کاربردی و از نظر روش پژوهش، توصیفی-تحلیلی است. روش گردآوری داده‌ها و اطلاعات، کتابخانه‌ای، اسنادی و پیمایشی (مصاحبه) است. بابررسی منابع علمی ۲۶ عامل مؤثر بر شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت‌اشیا، شناسایی شد که در ۶ بُعد دسته‌بندی شدند و در مجموع با ۲۵ نفر، شامل مدیران سازمان‌های مرتبط و متخصصان دانشگاهی، مصاحبه انجام شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها براساس تکنیک آینده‌پژوهی بوده‌است. از جمله: تحلیل ساختار، تحلیل اثرات متقابل براساس نرم‌افزارهای میک‌مک و سناریو ویزارد. نتایج نشان داد تعداد ۸ سناریو ممکن، پیش روی استقرار شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت-اشیا وجود دارد که تعداد ۱ سناریو در حالت سازگاری قوی و پایدار (ناسازگاری صفر) و ۷ سناریو در حالت سازگاری ضعیف قرار دارند. سناریو اول که یک سناریو با جهت مثبت است، دارای امتیاز اثر متقابل ۱۲۳ و ارزش سازگاری ۲ است، در حالی‌که سناریو دوم که گویای شرایط نامطلوب برای آیندهٔ شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت‌اشیا در کلانشهر مشهد است، دارای مجموع امتیاز اثر متقابل ۲۰- و ارزش سازگاری ۱- می‌باشد. سناریو سوم نیز دارای ارزش سازگاری ۱- بوده و با امتبار مجموع اثر متقابل ۲۷ می‌تواند از سناریوهای محتمل برای آیندهٔ شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت‌اشیا در کلانشهر مشهد باشد.

مقدمه

جهان تاکنون سه انقلاب صنعتی را شاهد بوده است. اکنون نیز که در مسیر انقلاب صنعتی چهارم [۱] هستیم، می‌توان آن‌را با گستره‌ای از فناوری‌های نوین تعریف نمود. این انقلاب، جهان‌های فیزیکی، دیجیتالی و زیستی را به یکدیگر همجوش می‌دهد، بر همهٔ رشته‌ها، اقتصاد و صنایع، اثر خود را فرود می‌آورد و بر پایهٔ انقلاب دیجیتالی می‌باشد (شواب، ۲۰۱۶: ۸). انگلستان مبدأ اصلی انقلاب صنعتی بود. پیش از آن حدود ۹۰٪ از مردم آن در روستاها ساکن بودند. در حال حاضر به‌واسطهٔ تغییرات ناشی از انقلاب صنعتی، بیش از ۸۰٪ مردم انگلستان، در شهرهای توسعه یافته زندگی می‌کنند. همان‌طور که انقلاب صنعتی محدود به انگلستان نماند، تغییرات و تحولات ناشی از آن نیز محدود به این کشور نمی‌باشد و تمایل به شهرنشینی، در تمام کشورها گسترش یافته است. به‌گونه‌ای که می‌توان

۱. چهارمین انقلاب صنعتی باعث پیشرفت علم و فناوری می‌شود، که در آن اینترنت اشیا (IoT) و فناوری‌های پشتیبان آن به عنوان ستون فقرات سیستم‌های فیزیکی-سایبری (CPS) و ماشین‌های هوشمند به‌عنوان ابزاری برای بهینه‌سازی زنجیره‌های تولید استفاده می‌شوند (Liao et al, 2018).

۱- استاد گروه جغرافیای انسانی و آمایش، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران (نویسنده مسئول) a_anabestani@sbu.ac.ir
۲- دانشیار گروه جغرافیای انسانی و آمایش، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران. mo_kalantari@sbu.ac.ir
۳- کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران. nasiiimniii1374@gmail.com

هزارۀ سوم میلادی را، هزارۀ شهرنشینی دانست (بیات، ۱۴۰۱: ۷). تراکم جمعیت در محیط‌های شهری، به‌سرعت در حال رشد است. بنابراین؛ جهت مدیریت بهتر شهرها و تسهیل نیازهای زندگی شهروندان و رفاه آنها، ایدۀ شهر هوشمند مطرح شده است. این ایده، یک راهکار هوشمندانه برای مدیریت زیرساخت‌ها، رفتار مردم، فناوری و ساختارهای اجتماعی، سیاسی و اقتصادی در شهرها می‌باشد و هدف آن، کمک به جامعۀ جهانی برای مواجهه با چالش‌های افزایش جمعیت شهری و پیشرفت به شکلی پایدارتراست (Jasim et al, 2021: 36). شهر هوشمند، برپایۀ استفاده از داده‌های به‌دست آمده از حسگرها و دوربین‌های توزیع شده، جهت بهبود عملکرد و خدمات شهری، توسعه یافته است. این شهر با استفاده از فناوری‌های ارتباطی و هوشمند، از جمله اینترنت‌اشیا، امکانات شهری را به‌هم متصل کرده و از تحلیل داده‌های مختلف، از سطل‌های زباله گرفته تا نورپردازی خیابان‌ها، برای بهینه‌سازی عملکرد و مدیریت بهتر استفاده می‌کند (Yang, 2020: 25). شهرهای هوشمند، حاوی امکانات هوشمندی هستند و با اقداماتی خودکار، ضمن افزایش کیفیت زندگی مردم، به‌عنوان یک اکوسیستم منابع پایدار عمل می‌کنند. این اقدامات در راستای ارتباطات، حمل‌ونقل، کشاورزی، ایمنی و امنیت، کاهش بلایا، حفاظت از محیط زیست، ارائۀ خدمات، صرفه‌جویی در مصرف انرژی، کاهش زباله‌های الکترونیکی، پایش آب و هوا، مراقبت‌های بهداشتی و غیره است. (Alsamhi et al, 2019: 128126). براین اساس، دستگاه‌های دیجیتالی نظیر: حسگرها، محرک‌ها، گوشی‌ها و لوازم هوشمند، رشد چشمگیری داشته‌اند. این رشد، به اهداف گستردۀ تجاری مرتبط با اینترنت‌اشیا، منجر شده است. از آنجایی که اینترنت‌اشیا، امکان اتصال و ارتباط بین همۀ این دستگاه‌ها را از طریق اینترنت فراهم می‌کند، به‌عنوان یک شبکۀ پراکنده اما با قابلیت‌های ذخیره‌سازی و پردازش محدود، تعریف می‌شود. هدف اینترنت‌اشیا[1] به‌طور عمده، افزایش قابلیت اطمینان، کارایی و امنیت در شهرهای هوشمند و زیرساخت‌های آنها است (Talari et al, 2017: 422). در واقع؛ تاثیر مستقیم پیاده‌سازی اینترنت‌اشیا در پردازش و انتقال سریع انبوه اطلاعات، کاهش هزینه‌های مدیریت اطلاعات شهری و ترویج شکل‌گیری روش‌های جدید تولید و مدیریت است (Rejeb et al, 2022: 100565). مطالعات آینده‌پژوهی در شهر هوشمند، نقشی بسیار مهم در توسعه و اجرای پروژه‌های شهرهوشمند دارد. این مطالعات به مدیران شهری امکان می‌دهد تا به‌طور استراتژیک و طولانی مدت برنامه‌ریزی کنند و تصمیمات سنجیده و هدفمندی در راستای هدف اصلی شهر هوشمند (افزایش کیفیت زندگی شهروندان) اتخاذ نمایند. اهمیت آینده‌پژوهی در شهر هوشمند شامل: پیش‌بینی و مدیریت تغییرات، شناسایی فرصت‌ها، افزایش توانمندی مدیران شهری و پشتیبانی در تصمیم‌گیری است (Batty et al, 2012: 483). فعالیت برنامه‌های آینده‌پژوهی، به یک روش متکّی نیست و از ترکیب مناسب روش‌ها بهره می‌گیرد. انتخاب و ترکیب مناسب این روش‌ها، حائز اهمیت است. در این میان، سناریونویسی روشی منظم است که از آن جهت کشف نیروهای پیشران کلیدی، در بافت تغییرات شتابان، پیچیدگی‌های فوق‌العاده و عدم قطعیت‌های متعدد استفاده می‌شود. سناریوها کمک می‌کنند که هم چالش‌ها و هم فرصت‌های بالقوه ولی غیرمنتظره، شناسایی شوند (آهنی و همکاران، ۱۳۹۷: ۷۸). در واقع؛ چنین می‌توان بیان کرد که باتوجه به قرارگیری در مسیر هوشمندسازی و گسترش اینترنت اشیا، توأم با افزایش جمعیت محیط‌های شهری، لزوم برنامه‌ریزی و همگام‌سازی اقدامات و تصمیمات مدیران و برنامه‌ریزان شهری در ابعاد گوناگون جامعه احساس می‌شود و چالش‌هایی از جمله: مدیریت منابع، حفاظت محیط زیست، مسائل اقتصادی، جریانات اجتماعی و ... توجه به مطالعات شهر هوشمند و مباحث

[1] IOT (Internet of Things)

آینده‌پژوهی را ایجاب می‌کند تا با دانش کافی و برنامه‌ای هدفمند، در جهت جریانات و تغییرات موجود و آینده گام برداشته شود و بتوان با مدیریت و آمادگی صحیح در جهت افزایش هرچه بیشتر و بهتر کیفیت زندگی شهروندان، اقدام نمود (عنابستانی و همکاران، ۱۴۰۱: ۲۳۵). در این بین؛ کلانشهر مشهد با وسعت ۳۴.۳۴۵ هکتاری و جمعیت ۳.۰۶۲.۲۴۲ نفری و سرعت روند گسترش شهر و افزایش جمعیت، توأم با نقش ویژۀ فرهنگی- مذهبی و پتانسیل‌های جذب جمعیت زائر، نیازمند برنامه‌ریزی و همگام شدن با جریانات عصر حاضر و نیازهای ساکنین و شهروندان در چارچوب دنیای دیجیتالی می‌باشد. تا همانند بسیاری از کلان‌شهرهای جهان، به توانایی و کیفیت لازم در این حوزه برسد. براساس گفتۀ مدیرعامل سازمان فناوری اطلاعات و ارتباطات شهرداری مشهد، اتحادیۀ بین‌المللی ارتباطات (ITU)، مشهد را به‌عنوان نخستین شهر هوشمند ایران و سومین شهر هوشمند خاورمیانه تأیید کرده است (خبرگزاری جمهوری اسلامی، ۱۴۰۰). اقدامات و مطالعات صورت‌گرفته در این راستا، بیشتر در ارتباط با فعالیت‌های مرتبط با سازمان فاوا شهرداری مشهد است. ساختار فناوری در این شهر، پیشرفته‌ترین شکل ممکن را دارد و نظام پرداختی در مشهد، بسیار گسترده و فراگیر است. ضمن اشاره به وجود سامانه‌های نوین شهرداری، دیتاسنتر شهرداری مشهد، یکی از بهترین دیتاسنترها در شرق کشور است. همچنین تاکنون در حوزۀ فیبرنوری و تامین امنیت اطلاعات نیز اقدامات مؤثری از سوی شهرداری مشهد انجام شده است (خبرگزاری جمهوری اسلامی، ۱۳۹۷). بر این اساس، هدف مطالعۀ حاضر، تبیین سناریوهای اثرگذار استقرار شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت‌اشیا در کلانشهر مشهد، با روش آینده‌پژوهی است، بنابراین؛ پژوهش حاضر در راستای پاسخ‌گویی به این سوال است که سناریوهای پیش روی استقرار شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت‌اشیا، در کلانشهر مشهد کدام است؟ برای پاسخگویی به این پرسش، ابتدا با استفاده از نرم‌افزار میک‌مک، پیشران‌های کلیدی اثرگذار استقرار شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت‌اشیا شناسایی شد. سپس با بهره‌گیری از نرم‌افزار سناریو ویزارد، سناریوهای مورد نیاز جهت دستیابی به شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت‌اشیا مشخص گردید.

ادبیات نظری پژوهش

شهر هوشمند– اندیشۀ شهر هوشمند، در سال‌های اخیر به‌وجود آمده است اما اصول و مبانی این ایده، به سال‌ها قبل بازمی‌گردد و هدف اصلی آن، استفاده از تکنولوژی‌ها و نظم‌های پیشرفته برای بهبود کیفیت زندگی شهروندان و بهره‌وری بهتر از منابع عمومی است (Caragliu et al, 2011: 66). درحقیقت؛ مفهوم شهر هوشمند برای اولین بار در سال ۱۹۹۰ به‌منظور ترکیب سخت‌افزار و نرم‌افزار مبتنی بر فناوری اطلاعات و ارتباطات پیشرفته[1] در برنامه-ریزی شهری معرفی شد (Bibri & Krogstie, 2017: 185). اولین شهر هوشمند معروف در جهان، بنگلور در هند است که از سال ۲۰۰۱ کار خود را آغاز کرد و به‌عنوان مرکز فناوری اطلاعات هند، سعی کرد تا با استفاده از فناوری‌های نوین مانند اینترنت‌اشیا و سنسورها، خدمات عمومی و امکانات شهری را بهبود بخشد. همچنین شهر هوشمند لیون در فرانسه، در سال ۲۰۰۹ با هدف توسعۀ انرژی پایدار و کاهش آلودگی، یکی از پیشگامان در این حوزه بوده است. شهر هوشمند استکهلم در سوئد نیز از سال ۲۰۱۴ با هدف به حداکثر رساندن استفاده از انرژی پاک و کاهش گازهای گلخانه‌ای پا به عرصه گذاشته است (Komninos, 2007: 1100). شهر هوشمند از فناوری اطلاعات و ارتباطات برای ارتقاء کیفیت زندگی شهروندان، تقویت اقتصاد، تسهیل فرآیند حل مشکلات حمل و نقل

[1] ICT

و ترافیک از طریق مدیریت صحیح، تشویق به محیطی پاک و پایدار و ایجاد تعامل در دسترسی با مقامات مربوطهٔ دولت استفاده می‌کند تا بر چالش‌های شهری مانند: حمل‌ونقل متراکم، شبکه انرژی با کربن بالا، نگهداری و تعمیر زیرساخت‌ها و امنیت و سیاست شهری غلبه کند (Al Sharif & Pokharel, 2022: 103542). شهر هوشمند عبارت است از: شهری که با استفاده از فناوری هوشمند، اقتصاد و سبک زندگی را ارتقاء می‌دهد، شهر هوشمند، شهری است که با سرمایه‌گذاری و سرمایه‌های انسانی و اجتماعی و زیرساخت فناوری، توسعهٔ اقتصادی بهتر و کیفیت بالای زندگی را ارائه می‌کند (پورشریفی و جعفری، ۱۳۹۵: ۵). شهر هوشمندف ایدهٔ ایجاد یک محیط زندگی پایدار، همراه با ادغام فناوری پیشرفته است. در اشاره به برخی دیدگاه‌های مورد بررسی در حوزهٔ شهر هوشمند، می‌توان اظهار داشت: از دیدگاه آلبرت، جوامع هوشمند براساس اطلاعات، بزرگراه‌ها، شبکه‌های پهن باندها به خانه‌ها، شرکت‌ها، مدارس و کتابخانه‌های متصل و دارای قابلیت به اشتراک گذاشتن و تبادل اطلاعات هستند. دیدگاه کومنینوس اشاره دارد اجزای یک شهر هوشمند شامل: جزیره‌ای از نوآوری‌ها است که در سطح کالبدی قرار گرفته‌اند و شامل: تحقیق و توسعه، انتقال تکنولوژی، تامین مالی نوآوری‌ها، توسعهٔ محصول و شبکه می‌شوند. همچنین براساس دیدگاه گیفینجر و همکاران، شهر هوشمند رویکردی آینده‌نگر دارد و در رابطه با اقتصاد، مردم، زمامداری، تحرک‌پذیری، محیط زیست و زندگی شهروندان با تمرکز بر ترکیب هوشمندی، مشارکت و فعالیت شهروندانی خودکفا، آگاه ومستقل عمل می‌نماید. در ادامه هریسون و همکاران بر این باورند که؛ شهر هوشمند، شهری تجهیز شده، به هم پیوسته، یکپارچه و با هوش است. شهر هوشمند، شهری است مجهز به تجهیزات لازم برای کسب و ادغام داده‌های واقعی با بهره‌بردن از حسگرها، ابزار اندازه‌گیری، دستگاه‌های شخصی، تجهیزات، دوربین‌ها، گوشی‌های هوشمند، تجهیزات پزشکی نصب شده برای استفاده در مواقع اضطراری است و شبکه‌های اجتماعی مثل وب و سایر سامانه‌های مشابه، دریافت و پردازش داده‌ها را به‌عنوان حسگرهای انسانی، امکان‌پذیر می‌سازد. براساس نقطه نظرها و دیدگاه‌های مختلف می‌توان عنوان کرد؛ یکی از اصول اصلی و مشترک شهرهای هوشمند در بین این نظریه‌ها، وجود «کاربران» و مشارکت آنان در طرح‌های شهر هوشمند در سطح شهر و نهادهای مدیریتی می‌باشد (موسوی حسنی، ۱۴۰۱: ۳). شهروندان شهر هوشمند در همه جا دسترسی یکپارچه به اطلاعاتی خواهند داشت که به آن‌ها امکان می‌دهد با استفاده از هوش جمعی سایبری زندگی خود را کنترل کنند. این شهر با بهره‌گیری از منابع طبیعی و اقتصادی راه‌حل‌های مبتکرانه و پایدار مبتنی بر ICT ارائه خواهد کرد (Haque et al, 2022: 12753). سه موضوع کلیدی در مفهوم شهر هوشمند وجود دارد: ۱-زیرساخت‌ها همراه با ترکیب، اتصال و یکپارچگی سیستم‌ها که برای هوشمند شدن یک شهر اساسی است. ۲- فرآیندها (چگونه یک شهر هوشمند به‌وجود می‌آید) و مسألهٔ بهبود و تحول خدمات. ۳- چشم‌اندازها برای آیندهٔ بهتر. یک شهر هوشمند باید اقتصاد هوشمند، حکمروایی هوشمند، تحرک هوشمند، محیط هوشمند، مردم هوشمند و زندگی هوشمند و نحوه تعامل بین آن‌ها را پیش‌بینی کند (پوراحمد و همکاران، ۱۳۹۷: ۷). چشم‌انداز شهرهای هوشمند، پیشرفت در فناوری‌های حسگر، ذخیره‌سازی، ارتباطات، معماری پردازش اطلاعات و تجزیه و تحلیل داده‌ها برای ایجاد یک سیستم اینترنت‌اشیا در مقیاس شهر است. این چشم‌انداز جذاب است زیرا؛ فناوری‌های مکمل را برای ایجاد راه‌حل‌های نوآورانه‌ای که می‌تواند به مردم عادی کمک کند، گرد هم می‌آورد (Singh & Murukannaiah, 2023: 53).

اینترنت‌اشیا[1]- کلمات "اینترنت" و "اشیا" به‌معنای یک شبکهٔ جهانی به‌هم پیوسته مبتنی بر فناوری‌های حسی، ارتباطی، شبکه‌ای و پردازش اطلاعات و به‌طور کلی به‌عنوان زیرساخت شبکه جهانی پویا با قابلیت‌های خود پیکربندی مبتنی بر استانداردها و پروتکل‌های ارتباطی غیرقابل اجرا تعریف می‌شود. اشیای فیزیکی و مجازی در اینترنت‌اشیا دارای هویت و ویژگی هستند و می‌توانند از رابط‌های هوشمند استفاده کنند و به‌عنوان یک شبکهٔ اطلاعاتی یکپارچه شوند (Li et al, 2015: 245).پذیرش بیش از حد و نیاز روزافزون به محصولات اینترنت اشیا در هر جنبه از زندگی روزمره، چشم‌انداز امیدوارکننده‌ای را برای مشارکت انسان‌ها، داده‌ها و رویه‌ها نمایان می‌کند. دامنهٔ وسیع فرصت‌هایی را از خانه تا صنعت ایجاد می‌کند تا یک چرخه حیات خودکار به وجود آید و سطحی پررونق داشته باشد که می‌تواند جامعه، اقتصاد، محیط زیست، سیاست و سلامت را تحت تاثیر قرار دهد (Sadhu et al, 2022: 7433). در واقع فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) و اینترنت اشیا اجزاء ضروری شهرهای هوشمند هستند که ممکن است کارایی عملیاتی را افزایش داده و خدمات را بهبود بخشند و در عین حال به ساکنان کمک می‌کنند تا زندگی پایدار داشته باشند (Javed et al, 2023: 1020). اینترنت‌اشیا، که منظور ما دستگاه‌های متصل به اینترنت است، در مورد یک یا چند متغیّر محیطی گزارش می‌دهد و به‌دلیل پذیرش گسترده پلتفرم‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری پیچیده، در دسترس بودن بیشتر شبکه‌های ارتباطی و همچنین تکامل ابزارهای تجزیه و تحلیل داده‌ها، شاهد رشد سریعی بوده‌است. اصل اساسی اینترنت‌اشیا، اتصال دستگاه‌های مختلف، ایجاد یا انباشت داده‌ها با استفاده از فناوری‌هایی مانند RFID[2]، حسگرها، محرک‌ها و تلفن‌های همراه است که این دستگاه‌ها می‌توانند با یکدیگر ارتباط برقرار کنند (Rejeb et al, 2022: 100568). در نهایت باید اظهار داشت؛ ظهور اینترنت‌اشیا باعث پیشرفت قابل توجهی در برنامه‌های کاربردی شهرهای هوشمند مانند: خانه‌های هوشمند، خیابان‌های هوشمند، پارکینگ هوشمند، شبکه‌های برق هوشمند و غیره شده است. ساختمان‌ها، لوازم خانگی، وسایل نقلیه و حتی اشیاء طبیعی، دنیایی هوشمند و زیرساخت‌های جهانی گسترده را برای جامعه‌ای مبتنی بر اطلاعات ایجاد می‌کنند که توسعهٔ چنین برنامه‌هایی برای سبک زندگی، اقتصاد و محیط زیست ما حیاتی شده است (Alsamhi et al, 2019: 128135).

آینده‌پژوهی و سناریو نویسی- تفکر دربارهٔ آینده از دههٔ ۱۹۶۰ در سطح شرکت‌ها و بنگاه‌های تجاری نفوذ کرد و فعالیت‌های آینده‌پژوهی از دههٔ ۱۹۹۰ در سطح کشورهای شمال، به‌ویژه کشورهای اروپایی، رشد فزاینده‌ای یافته و چهرهٔ علمی به خود گرفته‌است. آینده‌پژوهی با یافتن فرصت‌های پرپتانسیل و نیز گوشزد خطرات، سیاست‌گذاران را به شناسایی راهبردهایی که آینده را شکل می‌دهند، رهنمون می‌کند (Godet, 2010: 1459). آینده‌پژوهی دانشی فراتمدنی و فرارشته‌ای است که کشف آینده‌های محتمل و تلاش به‌منظور ساخت آینده‌های مطلوب را سرلوحهٔ اهداف خود قرار داده است. این دانش می‌کوشد آینده‌های مرجّح و مبتنی بر امیال و آرزوهای انسان‌ها را، خلّاقانه تصوّر و ما را در راستای ساخت آینده مطلوب‌مان هدایت کند (حیدری، ۱۳۹۵: ۸۱). آینده‌پژوهی دانش و معرفتی است که دید مردم شهر و جامعه را نسبت به رویدادها، فرصت‌ها و چالش‌های احتمالی آینده باز می‌کند و از

[1] IOT

۲ سامانه‌ی شناسایی بی‌سیمی است که قادر به تبادل داده‌ها به‌وسیله‌ی برقراری اطّلاعات بین یک Tag که به یک کالا، شیء، کارت و... متّصل شده و یک بازخوان است.

طریق کاهش ابهام و تردیدهای فرساینده، توانایی انتخاب‌های هوشمندانهٔ مردم و جامعه را افزایش داده و به همگان اجازه می‌دهد تا بدانند که به کجا می‌توانند بروند و یا به کجاها باید بروند؟ (زالی، ۱۳۹۲: ۷۵). شناخت و درک هرچه بیشتر آینده و ناشناخته‌هایی که فراروی انسان‌ها و جوامع بشری قرار دارد، از اهمیت بالایی برخوردار است. این شناخت به ما کمک می‌نماید که از خطر رویارویی با ناشناخته‌ها دوری ننماییم. همچنین آینده‌شناسی این امکان را به انسان‌ها می‌دهد که یک قدم بیشتر از حال گام بردارند. اطلاع نسبی از آنچه که ممکن است در آینده اتفاق افتد و وقوع آن محتمل است، ضروری به‌نظر می‌رسد. این شناخت به برنامه‌ریزان و دانشمندان کمک می‌نماید تا در عرصه‌های مختلف با اطمینان خاطر برنامه‌ریزی نمایند (مرادی‌پور و نوروزیان، ۱۳۸۴: ۴۸).

سه چالش کلیدی، ضرورت درک آینده و برنامه‌ریزی برای آن را آشکار می‌کند که عبارت‌اند از: مدیریت خطر و نامعلومی، موضوعات توسعهٔ پایدار و مباحث بازنگری دموکراسی. این سه چالش، نیازمند ابزار و روش‌های نوین برای تفکر در مورد آینده در محیطی بسیار پیچیده و نامعلوم است. آینده‌پژوهی، روش‌هایی جدید برای تقابل با آینده شامل: انواع رویکردهای چندگانه، تکثرگرا، انعطاف‌پذیر و پاسخگو را پیشنهاد می‌کند (زیاری، ۱۳۹۴: ۲۴).

سناریونویسی در آینده‌پژوهی یک فرآیند است که به‌منظور پیش‌بینی و تصوّر تغییرات و راهبردهای آینده در حوزهٔ پژوهش صورت می‌گیرد. در این فرآیند، نویسنده با استفاده از شرایط فعلی و پیشینه پژوهش، سناریوهایی را برای آینده ایجاد می‌کند که ممکن است شامل تغییرات تکنولوژیک، اجتماعی، سیاسی و اقتصادی باشد. هدف اصلی سناریونویسی در آینده پژوهشی، ارائهٔ راهکارها و استراتژی‌هایی است که به تحقق آیندهٔ مطلوب و دستیابی به اهداف و ایده‌های پژوهشی کمک می‌کند (Taniguchi & Ikoma, 1983: 66). برنامه‌ریزی سناریو چارچوبی را فراهم می‌کند که مدیران را قادر می‌سازد تا با اثر بخشی بیشتری با چالش‌های تحمیل شده از سوی محیطی با عدم اطمینان فزاینده که با پیچیدگی و بی‌ثباتی در آینده شناخته می‌شود، روبه رو شوند. مدیران نمی‌توانند تحولات را براساس یک محاسبهٔ واحد پیش‌بینی کنند. آن‌ها باید آینده‌های محتمل متعددی را در نظر بگیرند و راهبردهای گوناگونی که انعطاف‌پذیری پیاده‌سازی را افزایش می‌دهد به کار گیرند (شوئنکر و وولف، ۱۳۹۳: ۱۶۲).

در رابطه با شهر هوشمند، مطالعات متعددی در داخل و خارج از کشور انجام شده اما در خصوص اینترنت‌اشیا و جایگاه آن در شکل‌گیری شهر هوشمند در آستانهٔ انقلاب صنعتی چهارم، تحقیقات کمتری انجام شده است. بنابراین در ادامه به مرتبط‌ترین تحقیقات در این حوزه پرداخته خواهد شد که عبارت‌اند از: تحقیقات علائی و همکاران (۱۴۰۲) نشان می‌دهد کلانشهر مشهد با دو سناریو در بعد محیط زیست هوشمند مواجه خواهد بود. سناریوی طلایی که همهٔ توصیفگرها در وضعیت مطلوب و سناریوی فاجعه که توصیفگرها در وضعیت نامطلوبی قرار دارند این دو سناریو از میان ۱۱۵ سناریوی ممکن، با سازگاری قوی شناسایی شدند. براساس نتایج مطالعات برادران و همکاران (۱۴۰۲) باید گفت دست‌یابی به شهری هوشمند در کلانشهر تبریز نیازمند تدوین سند راهبردی شهر هوشمند به همراه برنامه‌ریزی فرابخشی، یکپارچه و کارشناسی شده است. شایان ذکر است برای ایجاد و تحقق یک شهر هوشمند، باید شالوده و زیرساخت مناسب در جامعه پایه‌ریزی شود، از این‌رو لازم است مسئولین کلانشهر تبریز برای هوشمند شدن بسترها و شرایط فرامحلی، اقدامات مقتضی را انجام دهند. زیاری و احسانی‌فرد (۱۴۰۱) در پژوهشی سناریوهای آینده‌نگاری رشد هوشمند شهر سمنان را تعیین کردند. آنها معتقدند: شاخص شهر آهسته با زیر شاخص اصلی«پیاده راه و پیاده محور»و به‌طور ویژه «باغراه سازی» در این شهر مانند: باغراه‌های کندنه، نی-کیژه، و انجیلا در جهت توسعهٔ پایدار و تقویت و رونق گردشگری و برندینگ خلاقانه سمنان، به‌عنوان قوی‌ترین

سناریو و باعنوان سناریوی منتظره و مطلوب و مرجّح انتخاب شد. نتایج پژوهش کاظم‌خواه و همکاران (۱۴۰۱) نشان می‌دهد ۵۵ عامل تاثیرگذار بر روند توسعهٔ آینده شهر رشت مبتنی بر رشد هوشمندانه می‌باشد که مربوط به سه بعد کاربری، حمل ونقل و تراکم است. تاثیرعوامل بر یکدیگر بیش از ۶۲ درصد، وضعیت سیستم ناپایداراست که نهایتا ۱۴ عامل دارای بیشترین نقش در توسعه فضایی شهر رشد در چارچوب رشد هوشمند معرفی شدند. احمدی و همکاران (۱۴۰۱) در پژوهشی پیرامون ابعاد مختلف رشد هوشمند شهری پس از تعیین ارزش عددی روابط، بیان داشتندکه متغیّرهای مانند تصمیم‌گیری هوشمند و نوآورانه در سازمان‌ها و نهادها، اشتغال پایدار و بروزرسانی و بهینه‌سازی زیرساخت‌های شهری تأثیر مستقیم بر رشد هوشمند شهری دارند. نتایج مطالعات نخجیرکان و همکاران (۱۴۰۱) نشان می‌دهد که " بازگشت عصر طلایی رشت" به‌عنوان سناریوی شهر هوشمند در افق ۱۴۱۵ شهر رشت به‌عنوان سناریوی مطلوب بود. حسن زاده و همکاران (۱۴۰۰) نشان دادند که باتوجه به امتیاز بالای تأثیرگذاری مستقیم و غیرمستقیم از میان ۴۰ متغیر، ۱۰ پیشران کلیدی شامل: رونق صنعت گردشگری و کاربری تفریحی، توسعه فیزیکی فشرده و متراکم شهر، توسعه نرخ اشتغال، تهیه و اجرای طرح هادی شهری، افزایش ساخت و سازها و تخریب محیط زیست، افزایش قیمت زمین، ساماندهی بافتهای فرسوده و محلات فرودست حاشیه شهر، رونق مراکز تجاری و بازارچه مرزی، افزایش سرانه کاربری معابر و توسعه سهم کاربری‌های مختلط در آینده توسعه فضایی و رشد هوشمند شهر سردشت تأثیرگذارند. علیزاده و همکاران (۱۳۹۸) در پژوهش خود در گام اول باتوجه به پیشینه، مدل‌ها و تعاریف شهرهوشمند، اجزا و ابعاد شهر هوشمند را مورد بررسی قراردادند. سپس در گام بعدی، با استفاده از روش پژوهشی کیفی و استفاده از مصاحبه‌های نیمه‌ساختار یافته با ۱۰ نفر از کارشناسان به روش اشباع نظری به بررسی عوامل تاثیرگذار و چالش‌های مربوط به آن در پیاده سازی شهر هوشمند با تاکید بر عوامل انسانی و مردم در مشهد پرداخته اند. یافته‌های پژوهش از مصاحبه‌های نیمه ساختاریافته برای عوامل انسانی و مردم در دو بخش آورده شده است که در بخش اول، در قالب فضای نتیجه و طبقات توصیفی مورد بررسی قرار گرفته است و در بخش دوم به‌صورت راهکارها و پیشنهادات ارائه شده است. سینگ و موروکنایا[1] (۲۰۲۳) یک دیدگاه اجتماعی-تکنیکی از شهرهای هوشمند را معرّفی می‌کنند و نشان می‌دهند که چگونه می‌توان آن را به‌طور سودآور با نظریه بنیاد اخلاقی برای ارائه یک چارچوب اخلاقی جامع ترسیم کرد. نتایج مطالعات رجب و همکاران[2] (۲۰۲۲) نشان می‌دهد اینترنت اشیا در کنار سایر فناوری‌ها از جمله محاسبات ابری، تجزیه و تحلیل داده‌های بزرگ، بلاک-چین، هوش مصنوعی و شبکه‌های مخابراتی بی‌سیم استفاده می‌شود وکاربردهای اصلی اینترنت اشیا برای شهرهای هوشمند شامل ساختمان‌های هوشمند، حمل و نقل، مراقبت‌های بهداشتی، پارکینگ هوشمند و شبکه‌های هوشمند است. اچباریا[3] و همکاران (۲۰۲۱) با مروری منظم بر ادبیات ۸۴ مقاله و کتاب معتقدند که با مفهوم و فرآیندهای متفاوتی در زمینه شهرهای هوشمند در سراسر جهان سروکار دارند. آن‌ها سه دیدگاه اصلی را شناسایی و تجزیه و تحلیل می‌کند: (الف) دیدگاه تکنو محور، (ب) دیدگاه انسان‌گرا و (ج) دیدگاه مشارکتی. آنها دیدگاه جدیدی پیشنهاد می‌کنند که باتوجه به غلبهٔ مطالعات موردی کیفی در این زمینه، مطالعات آینده می‌تواند بر تحلیل نتایج فرآیندهای تبدیل شهرها به شهرهای هوشمند و تولید کار کمّی بیشتر تمرکز کند. کارونه[4] و همکاران (۲۰۲۰) در

1 Singh & Murukannaiah
2 Rejeb
3 Echebarria
4 Karvonen

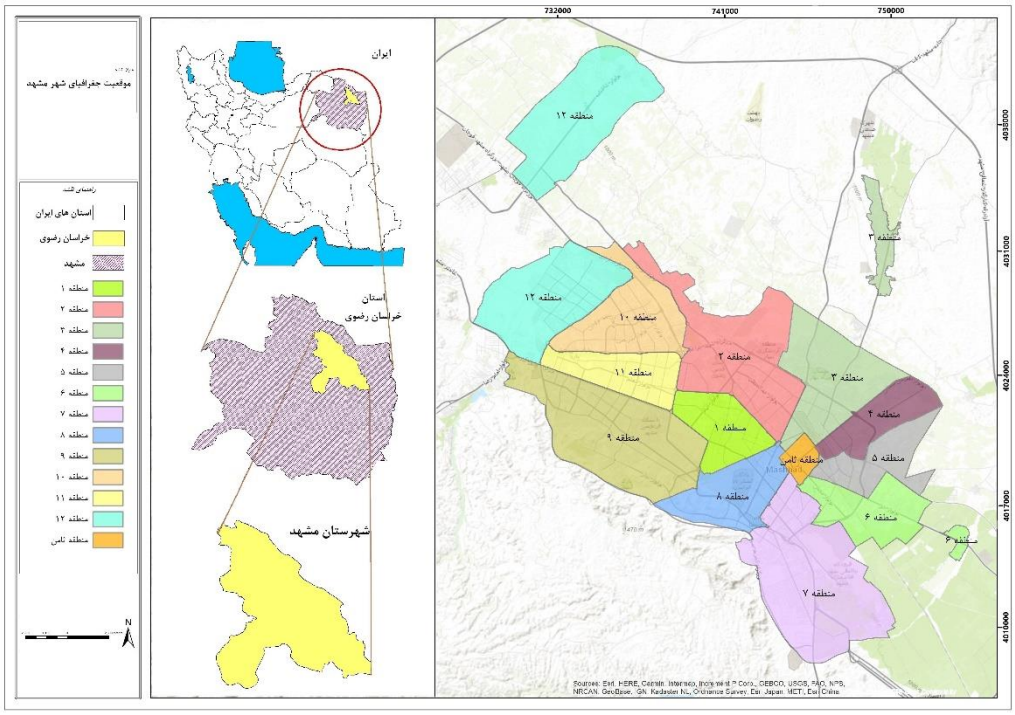
مطالعات خود پروژه‌ها، رویه‌ها و سیاست‌ها، با هدف کشف روش‌های مختلف تاثیرگذار و تاثیرپذیر از شهرسازی در شهرهای هوشمند، شواهدی تجربی از چگونگی تعامل برنامه‌ریزان شهری با فرآیندهای شهرنشینی هوشمند از طریق پروژه‌ها، اقدامات و سیاست‌ها ارائه دادند. آن‌ها تاثیر عمیق و پایدار دیجیتالی شدن در برنامه‌ریزی شهری را اثبات و چندین توصیه به برنامه‌ریزان شهری را به‌عنوان پیشگامان و محرک‌های شهرهوشمند ارائه دادند. سمی[۱] و همکاران (۲۰۱۹) در پژوهشی تلاش می‌کنند تا نشان دهند که چگونه پهپادهای مشترک و اینترنت اشیا هوشمندی شهرهای هوشمند را براساس جمع‌آوری داده‌ها، حریم خصوصی و امنیت، ایمنی عمومی، مدیریت بلایا، مصرف انرژی و کیفیت زندگی در شهرهای هوشمند بهبود می‌بخشند. به‌طور عمده بر سنجش هوشمندی شهرهای هوشمند، به‌عنوان مثال، جنبه‌های زیست محیطی، کیفیت زندگی، ایمنی عمومی و مدیریت بلایا تمرکز دارد. ارمی[۲] و همکاران (۲۰۱۷) در مطالعات خود به ارائهٔ مختصری از سیر تحول اصطلاح "شهر هوشمند" و شاخص‌ترین ویژگی‌های آن پرداخته‌اند. علاوه بر این، اصطلاحات جایگزین مختلفی که برای توصیف ویژگی‌های چندگانه شهرهای آینده پیشنهاد شده‌است را تحلیل کرده و ارتباط بین‌شهر هوشمند و شبکه هوشمند را نیز بررسی کرده‌اند با مرور منابع و تحقیقات پیشین مرتبط با شهرهوشمند و اینترنت اشیا و بحث آینده پژوهی، اینگونه استنباط می‌شود که در موضوع شهرهوشمند بحث آینده پژوهی حائز اهمیت ویژه بوده و آمادگی جوامع و شهرها برای نتایج حاصل از وجود این رویکرد ضروری می‌باشد و با پیشرفت تکنولوژی و اینترنت که نقش اینترنت اشیاء را در زندگی بشر هر روز پررنگ‌تر می‌کند، نیاز به مطالعات وضع موجود و به تبع آن مطالعات مرتبط با آینده بیش از پیش اهمیت پیدا می‌کند. همچنین بیشتر تحقیقات به بررسی شهر هوشمند و رویکرد آینده پژوهی پرداخته‌اند بنابراین؛ کمبود پژوهش در مقولهٔ شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا و آینده‌پژوهی احساس می‌شود. در واقع امر، مقصود مطالعاتی است که بحث شهر هوشمند را از دریچهٔ اینترنت‌اشیا بررسی کرده و رویکرد آینده‌پژوهی را در این راستا سرلوحه قرار دهد. بنابراین پژوهش حاضر با هدف تبیین سناریوهای استقرار شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت‌اشیا در کلانشهر مشهد می‌تواند گامی مؤثر در رسیدن شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت‌اشیا باشد. از این حیث که تاکنون تحقیقی با رویکرد آینده‌پژوهی و سناریونویسی در زمینهٔ شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت‌اشیا، در کلانشهر مشهد صورت نگرفته است؛ این موضوع از نوآوری و تازگی برخوردار است.

محدوده و قلمرو مورد مطالعه

قلمرو 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 کیلومتر مربع است (شهرداری مشهد، ۱۳۹۸). مشهد با حضور سالانه بیش از ۲۰ میلیون نفر زائر و مسافر و با قابلیت فرصت‌های ویژه اقتصادی و سرمایه‌گذاری، تجربهٔ برخورداری از اجرای طرح‌های مختلف، در زمینهٔ شهر هوشمند و استفاده از اینترنت اشیا را دارد. تقسیم‌بندی شهر مشهد براساس مناطق شهرداری ۱۳ عدد می‌باشد. به استناد مصوبه شورای اسلامی شهر مشهد، منطقه بندی شهر مشهد از ۱۳ به ۱۷ منطقه افزایش یافته اما هنوز این تقسیم‌بندی به‌صورت قطعی اجرا نشده است (مشاورین شهرداری اطمینان شرق، ۱۴۰۱).

5 Alsamhi
6 Eremia

شهرداری به‌خصوص سازمان فاوای شهرداری مشهد، در جایگاه پیشگام در عرصه شهر هوشمند و اینترنت‌اشیا، در تلاش است از طریق ایجاد بسترهای لازم و ارائه خدمات الکترونیک و هوشمند گام بردارد. همچنین معاونت برنامه‌ریزی و توسعه سرویس‌های شهر هوشمند با بکارگیری ظرفیت پژوهشی دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی نسبت به شناسایی نیازها و تهیه اسناد بالادستی جهت برنامه‌ریزی زیر ساخت‌های شهر هوشمند اقدام نموده و با استفاده از توان اجرایی بخش خصوصی نسبت به پیاده سازی زیرساخت‌ها و تعریف و ارائه خدمات شهر هوشمند اقدام نموده است. در ارتباط بحث شهر هوشمند در مشهد، باید اظهار داشت ۸ پروژه شاخص در این زمینه، در دستور کار قرار گرفته‌اند که شامل:
Open Data، Open API، IOT، Service Bus، داشبورد BI، من کارت، دوچرخه اشتراکی بایدو و کیان می‌باشند (سازمان فاوا شهرداری مشهد، ۱۴۰۰).



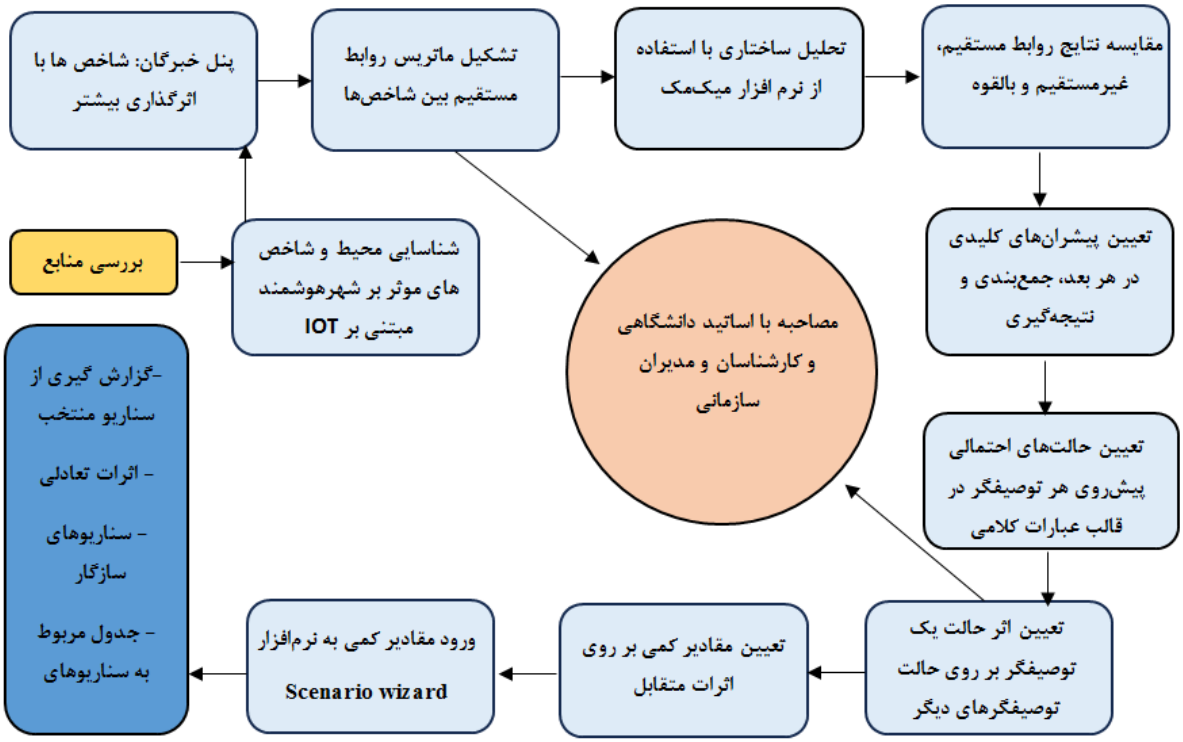
شکل ۱: نقشه موقعیت محدوده مورد مطالعه

(منبع: نگارندگان ۱۴۰۲)

روش و ابزار تحقیق

باتوجه به اینکه هدف از تدوین پژوهش حاضر، تبیین سناریوهای استقرار شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت‌اشیا در کلانشهر مشهد است، روش تحقیق در این پژوهش مجموعه‌ای از روش‌های توصیفی-تحلیلی است. از جنبهٔ هدف، این پژوهش کاربردی است. زیرا با در نظر گرفتن ویژگی‌های جغرافیای منطقه به‌دنبال به‌کارگیری رهیافت مناسب در جهت تحقق بخشی رهیافت شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت‌اشیا در کلانشهر مشهد است. همچنین به سبب اینکه با ابزار سناریونویسی در پی شناسایی عوامل تاثیرگذار بر شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت‌اشیا و تدوین سناریوهای پیش روی این کلانشهر است، روش تحقیق را می‌توان ترکیبی از روش‌های کمّی و کیفی دانست. این پژوهش تحلیلی هنجاری (واژه مقابل اکتشافی) است که با کاربرد روش‌های کیفی آینده‌پژوهی به حل مسائل با پیچیدگی بالا می‌پردازد. روش به‌کار رفته، برگرفته از روش فرانسوی آینده‌پژوهی است (Godet & Durance,

2011: 18). داده‌های مورد نیاز بابررسی منابع علمی و اسنادی و از طریق مصاحبه و نشست‌های تخصصی جمع‌آوری شد. شکل (۲) نمودار جریانی پژوهش را نشان می‌دهد.



شکل (۲) نمودار جریانی اجرای پژوهش

(منبع: نگارندگان ۱۴۰۲)

در این پژوهش، به‌منظور رسیدن به اهداف تحقیق و دستیابی به شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت‌اشیا محقق نیازمند جمع‌آوری اطلاعات از جامعهٔ دانشگاهی، سازمانی و اداری بود، بنابراین؛ جامعهٔ آماری این پژوهش، برای ارزیابی و اولویت بندی عوامل کلیدی مؤثر بر شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت‌اشیا کلانشهر مشهد، ۲۵ نفر از متخصصان آگاه به موضوع تحقیق، در دانشگاه‌های شهیدبهشتی، دانشگاه فردوسی مشهد، دانشگاه آزاد مشهد، دانشگاه خیام مشهد، شهرداری و سازمان فاوا مشهد بودند.

در تحقیق حاضر، ابتدا به شیوه اسنادی و مصاحبه با متخصصان با استفاده از روش دلفی، متغیرهای مؤثر بر استقرار شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت‌اشیا مشخص و سپس عوامل نهایی برای تایید مجدد توسط متخصصان رویت شد. پس از تدوین پرسشنامه جهت بررسی روایی و پایایی پرسشنامه، چندین نسخه مورد بررسی استادان دانشگاه و کارشناسان مربوطه قرار گرفت و متناسب با پیشنهادات آنان اصلاحات لازم صورت گرفت. در ادامه، مجموعه عوامل پیشنهاد شده برای تعیین میزان اهمیت در اختیار نخبگان قرار گرفت، در مرحله اول ۲۶ گویه انتخاب شد. برای این منظور، ۲۵ نفر از متخصصان در حوزه‌های اشاره شده، انتخاب شدند. سپس برای استخراج پیشران‌های کلیدی اثرگذار شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت‌اشیا، از نتایج توصیفی و استنباطی به‌دست آمده از پرسشنامه‌های خبرگان و متغیرهای کلیدی استخراج شده و از روش تحلیل ساختاری با استفاده از نرم افزار میک‌مک استفاده شد. هدف

تحلیل ساختاری مشخص کردن متغیرهای کلیدی (آشکار یا پنهان) جهت دریافت نظرات و تشویق مشارکت‌کنندگان و ذی‌نفعان درباره جوانب و رفتارهای پیچیده و غیرقابل پیش‌بینی یک سیستم است. به‌طور کلی، سه مرحله در تحلیل ساختاری وجود دارد. مرحله نخست: استخراج عوامل و متغیرها به روش دلفی؛ مرحله دوم: تعیین روابط موجود بین متغیرها؛ مرحله سوم: شناسایی متغیرهای کلیدی. در مرحله بعد برای یافتن سناریوهای اثر گذار بر استقرار شهرهوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا از روش تحلیل تاثیر متقابل متعادل و نرم‌افزار سناریو ویزارد بهره گرفته شد. همانطور که قبلا اشاره شد، اساس کار این نرم افزار بر مبنا ماتریس‌های اثر متقاطع (CIB) استوار است. این ماتریس‌ها جهت استخراج نظر خبرگان درباره اثر احتمال وقوع یک حالت از یک توصیف‌گر بر حالتی از توصیف‌گر دیگر در قالب عبارات کلامی مورد استفاده قرار می‌گیرند و در انتها با محاسبه اثر مستقیم و غیرمستقیم حالت‌ها، روی دیگر سناریوهای سازگار پیش‌روی سیستم مورد بررسی استخراج می‌شوند.

جدول ۱: معرفی عوامل مؤثر بر استقرار شهر هوشمند مبتنی بر فناوری اینترنت‌اشیا کلانشهر مشهد در افق ۱۴۱۲

کد	متغیر
IOT1	سیاست‌گذاری‌های بخش دولتی در بخش فناوری اطلاعات
IOT2	ارتقاء سطح سواد اطلاعاتی و توانمندی‌های علمی شهروندان
IOT3	استفاده گسترده از فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT)
IOT4	بهبود وضعیت ارتباطات فراملی و کاهش محدودیت‌های سیاسی و دسترسی بین‌المللی به داده‌های فناوری اطلاعات
IOT5	ارتقاء وضعیت اقتصادی شهروندان جهت دسترسی به امکانات و اشیاء مبتنی بر اینترنت
IOT6	سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های توسعه فناوری ارتباطات و اطلاعات
IOT7	ایجاد و تقویت زیرساخت‌های پیشرفته مبتنی بر شهر هوشمند
IOT8	بسترسازی برای ارتقاء مشارکت شهروندان در توسعه شهری
IOT9	بهبود مشارکت عمومی و خصوصی در توسعه اینترنت اشیاء
IOT10	استفاده از ICTدر تجارت و جذب استعدادها و ایده‌های نو
IOT11	استفاده از ICT در حفاظت محیط‌زیست و منابع پایدار
IOT12	بهره‌گیری از ICTدر توسعه کارآفرینی شهری
IOT13	تقویت آموزش هوشمند و امکانات آموزشی مبتنی بر اینترنت
IOT14	بهبود خدمات‌رسانی الکترونیکی در بخش‌های عمومی و اجتماعی
IOT15	استفاده از انسجام اجتماعی در به‌کارگیری فناوری‌های نوین
IOT16	انعطاف‌پذیری بازار کار نسبت به تحولات اینترنت اشیاء (IOT)
IOT17	وضع قوانین و الزامات در ارتباط با به‌کارگیری اصول شهر هوشمند و اینترنت اشیاء در ساخت‌وساز شهری
IOT18	اجرای طرح‌ها و پروژه‌های شهری با در رأس قرار دادن فاکتورهای IOT
IOT19	آگاه‌سازی شهروندان و مسئولان از فواید و مزایای جایگزینی امکانات هوشمند با بهره‌گیری از دانش جمعی و فرهنگ‌سازی
IOT20	به‌کارگیری سیاست‌های ویژه مشوق شهروندان جهت روی آوردن به استفاده از ابزارهای هوشمند و اینترنت اشیاء
IOT21	استفاده کارآ و مناسب از منابع و امکانات مبتنی بر اینترنت اشیاء
IOT22	شفافیت و انسجام در سیاست‌ها، قوانین و مقررات شهری
IOT23	اشتغال‌زایی و ایجاد زمینه‌های جدید فعالیت در حوزه فناوری اطلاعات
IOT24	تقویت فرهنگ هوشمند سازی و به‌کارگیری اینترنت اشیاء
IOT25	توسعه زیرساخت‌های پزشکی هوشمند و سلامت الکترونیک
IOT26	سرمایه‌گذاری و توسعه زیرساخت‌های حمل‌ونقل هوشمند

(منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۲)

یافته‌های پژوهش

-متغیرهای کلیدی سناریوهای استقرار شهرهوشمند مبتنی بر اینترنت‌اشیا

با استفاده از مطالعات میدانی و کتابخانه‌ای، مهمترین عوامل تاثیرگذار بر شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت‌اشیا کلانشهر مشهد شناسایی شد. این شاخص‌ها در ۶ بعد تحرک هوشمند، زندگی هوشمند، شهروند هوشمند، محیط هوشمند، اقتصاد هوشمند و دولت هوشمند مطابق جدول (۱) مورد آزمون قرارگرفت. در این بخش باتوجه به نتایج توصیفی و استنباطی به دست آمده از پرسشنامه خبرگان و تحلیل ساختاری میک‌مک، پیشران‌ها در ۶ بعد شهرهوشمند مبتنی بر اینترنت‌اشیا تهیه و ارائه شد. در این میان ۷ پیشران از بین عوامل ۲۶ گانه به منزلهٔ پیشران‌های مهم در شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت‌اشیا برای تعیین منطق سناریو کاربرد اساسی خواهند داشت که عوامل درج شده در جدول (۲) دارای بیشترین اثرگذاری هستند. بنابراین جزو پیشران‌ها تلقی می‌شوند.

جدول ۲: میزان تاثیرگذاری پیشران‌ها در استقرار شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیاء بر اساس نظرات کارشناسان و نرم‌افزار میک‌مک

کد	متغیر	نوع متغیر	مستقیم		اثرگذاری خالص	غیرمستقیم		اثرگذاری خالص
			اثرگذاری	اثرپذیری		اثرگذاری	اثرپذیری	
IOT1	سیاست‌گذاری‌های بخش دولتی در بخش فناوری اطلاعات	تاثیرگذار	۶۳	۲۸	+۳۵	۸۸۵۹۷	۳۷۵۲۱	+۵۱۰۷۶
IOT2	ارتقاء سطح سواد اطلاعاتی و توانمندی‌های علمی شهروندان	دو وجهی (هدف)	۵۷	۳۵	+۲۲	۷۷۵۱۸	۴۹۱۴۲	+۲۸۳۷۶
IOT6	سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های توسعه فناوری ارتباطات و اطلاعات	تاثیرگذار	۵۵	۳۳	+۲۲	۷۶۰۸۶	۴۸۱۴۷	+۲۷۹۳۹
IOT8	بسترسازی برای ارتقاء مشارکت شهروندان در توسعه شهری	تاثیرگذار	۴۴	۲۷	+۱۷	۶۲۲۵۸	۳۶۵۷۷	+۲۵۶۸۱
IOT19	آگاه‌سازی شهروندان و مسئولان از فواید و مزایای جایگزینی امکانات هوشمند با بهره‌گیری از دانش جمعی و فرهنگ‌سازی	دو وجهی (هدف)	۴۴	۳۷	+۷	۶۲۰۵۳	۵۳۰۱۲	+۹۰۴۱
IOT7	ایجاد و تقویت زیرساخت‌های پیشرفته مبتنی بر شهر هوشمند	دو وجهی (هدف)	۴۹	۴۵	+۴	۶۶۳۴۱	۶۲۵۶۳	+۳۷۷۸
IOT3	استفاده گسترده از فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT)	دو وجهی (هدف)	۴۸	۴۶	+۲	۶۶۱۲۸	۶۳۰۳۷	+۳۰۹۱

(منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۲)

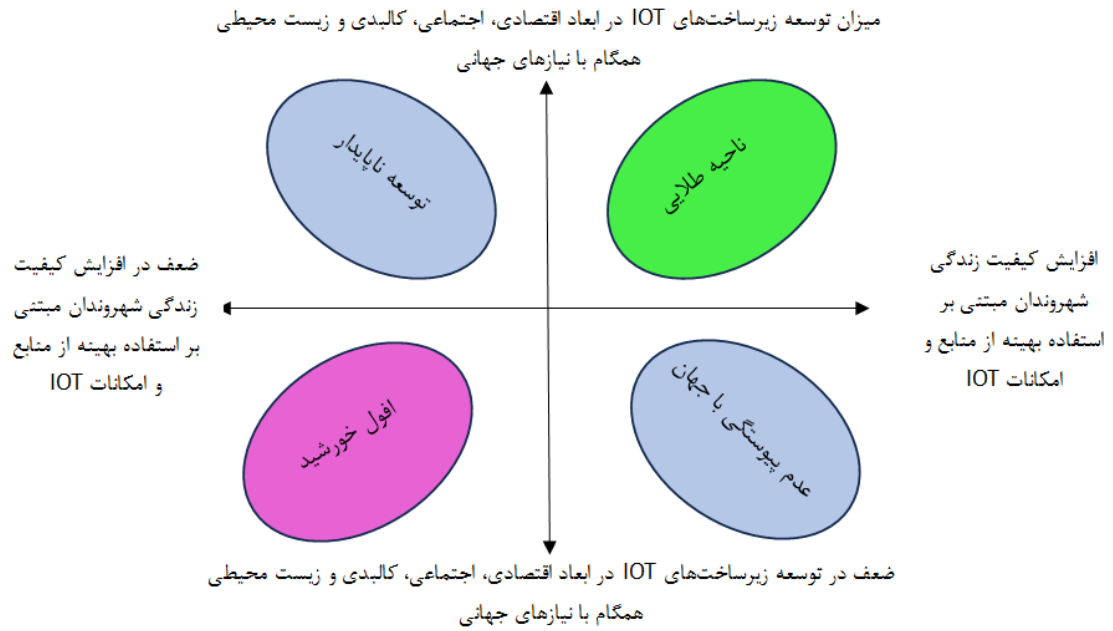
پس از شناسایی عوامل پیشران، نوبت به تدوین سناریو می‌رسد. مشخصات استادان دانشگاه و کارشناسان مربوطه که در رابطه با سناریونویسی مورد پرسشگری قرار گرفته‌اند، در قالب جدول (۳) ارائه شده است.

جدول ۳: مشخصات کارشناسان پرسشگری شده در رابطه با سناریوپردازی

شرح	جنسیت		وضعیت تاهل		وضعیت تحصیلات	
	مرد	زن	متاهل	مجرد	فوق لیسانس	دکتری
درصد	۶۰	۴۰	۷۶	۲۴	۴۸	۵۲
سن						
	۳۰-۲۱		۴۰-۳۱		۵۰-۴۱	۵۰ به بالا
درصد	۱۲		۵۲		۲۴	۱۲
شغل						
	دانشجو		فارغ التحصیل		استاد دانشگاه	کارمند
درصد	۸		۴		۴۰	۴۸

(منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۲)

در این مرحله، اگر بخواهیم تمامی عوامل پیشران را در سناریو دخیل کنیم، سبب گستردگی بیش از حد تعداد سناریوها و سردرگمی بیشتر مسئولان و مدیران جهت استفاده از این سناریوها، در سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی می‌شود، بنابراین؛ چالش اصلی این مرحله، نحوهٔ گسترش ساختاری عوامل پیشران است که در عین در برگرفتن همه عوامل پیشران در یک قالب ساختاری منظم، تعدادی سناریو قابل اجرا و منطقی، جهت بهره‌برداری مدیران ارائه شود. از این‌رو مرحله‌ای به‌منظور (تدوین سناریو)، جهت گسترش ساختاری عوامل پیشران باید طی شود. خلاقیت و ادراک نقش مهمی در این بخش دارند. در این مطالعه به‌علت گستردگی و تنوع بالای پیشران‌ها، پس از مصاحبه با متخصصان روش استقرایی به‌منظور روش تدوین منطق سناریو انتخاب شد. منطق سناریو در این پژوهش دارای دو بعد است:



شکل ۳: شکل گیری منطق سناریو با دو بعد در زمینه زیرساخت‌های IOT و کیفیت زندگی

(منبع: نگارندگان، ۱۴۰۲)

(میزان توسعه زیرساخت‌های IOT در ابعاد اقتصادی، اجتماعی، کالبدی و زیست محیطی همگام با نیازهای جهانی) و (میزان افزایش کیفیت زندگی شهروندان مبتنی بر استفاده بهینه از منابع و امکانات IOT).

پس از مشورت با متخصصین، دو بعد اشاره شده به منزله نگه‌دارنده و شکل‌دهنده منطق سناریو انتخاب شد. این دو نگه‌دارنده به‌گونه‌ای تعیین شده است که تمامی پیشران‌های بحرانی سناریو را در خود جای می‌دهد. (شکل۳). در واقع پیشران‌ها در هرکدام از چهاربع که توسط ترکیب دو بعد به وجود آمده، ایفای نقش می‌کنند و در جهت توسعه سناریوی مورد نظر گام برمی‌دارند. در این مرحله سناریوها از طریق نظرسنجی از متخصصین نام‌گذاری می‌شوند. سپس باتوجه به اسناد بالادستی و ارتباط و همبستگی شاخص‌ها با یکدیگر، با نظر کارشناسان عوامل کلیدی که کنترل کننده وضعیت کلی سیستم و سایر شاخص‌های تحقیق هستند، در ۷ توصیف‌گر باهم ادغام می‌شوند (جدول۴).

ایجاد ساختار تجزیه و تحلیل (پیشران‌ها و فرض‌های احتمالی آن‌ها)

یکی از تعیین عامل‌های کلیدی تحقیق برای هریک از عامل‌ها، همهٔ حالت‌های ممکن (سناریوهای پیش‌روی عامل) در افق ۱۴۱۲ استقرار شهرهوشمند مبتنی بر اینترنت‌اشیا در سه وضعیت مطلوب، ایستا و نامطلوب باتوجه به نظرات کارشناسان تدوین شد، در مجموع ۷ پیشران و ۲۱ فرض ممکن به همراه ویژگی‌های آن‌ها تهیه شد. اشاره به این نکته ضروری است که پیشران‌ها و فرض‌های ممکن آن‌ها همگی دارای عدم قطعیت به لحاظ وقوع هستند.

جدول ۴: عامل‌های کلیدی و حالت‌های ممکن پیش‌روی هر عامل در افق ۱۴۱۲

عامل	حالت‌های مختلف	نوع سناریو	کد
سیاست‌گذاری‌های بخش دولتی در بخش فناوری اطلاعات (IOT1)	تأکید بر فاکتورهای شهر هوشمند در طرح‌های توسعه شهری و واگذاری این طرح‌ها به افراد متخصص در حوزه هوشمندسازی با مدیریت یکپارچه فناوری اطلاعات همراه با پیگیری و نظارت و رفع محدودیت‌های سیاسی	مطلوب	A1
	توجه نسبی به جایگاه هوشمندسازی شهرها در برنامه‌ریزی و طرح‌های در دست تهیه همراه با حفظ محدودیت‌های موجود ارتباطی در سطح جامعه و تصمیم‌گیری توسط افراد نامتخصص در این حوزه	ایستا	A2
	نادیده انگاشتن اهمیت انقلاب نسل چهارم در بین افراد تعیین‌کننده بخش دولتی و عدم برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری در بخش فناوری اطلاعات	نامطلوب	A3
ارتقاء سطح سواد اطلاعاتی و توانمندی‌های علمی شهروندان (IOT02)	فراهم نمودن بستر مطلوب جهت ارتقاء دانش شهروندی در حوزه فناوری اطلاعات همراه با ارائه آموزش‌های مختلف و منظم در زمینه‌های مختلف هوشمند سازی و تغییرات مثبت و کنترل‌شده در زندگی روزمره شهروندان	مطلوب	B1
	توجه نسبی به آموزش عمومی و ارتقاء سطح سواد عمومی و اطلاعاتی در زمینه هوشمندسازی و محدودیت فناوری اطلاعات بین اقشار مختلف جامعه	ایستا	B2
	حفظ وضع موجود و بسنده کردن به همین میزان محدود سواد اطلاعاتی شهروندان و عدم توجه به آموزش و ورود این افراد به دنیای دیجیتال و ارتباطات	نامطلوب	B3
سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های توسعه فناوری ارتباطات و اطلاعات (IOT06)	جهت‌دهی و مدیریت بهینه سرمایه‌ها همراه با افزایش تخصیص مطلوب بودجه و توزیع متعادل امکانات و سرمایه همراه با بهبود فرصت‌های اشتغال در جامعه	مطلوب	C1
	عدم‌تغییر در میزان بودجه فناوری اطلاعات و دسترسی به منابع اندک و تعادل نسبی در تمرکز سرمایه در بخش‌های مختلف IT	ایستا	C2
	کمبود بودجه و محدودیت منابع و عدم تمایل به سرمایه‌گذاری در بخش فناوری اطلاعات	نامطلوب	C3

بسترسازی برای ارتقاء مشارکت شهروندان در توسعه شهری (IOT08)	تقویت نقش سازمان‌های مردم‌نهاد در طرح‌های توسعه شهری و مشارکت فعال ذی‌نفعان و استفاده از توان‌ها و پتانسیل‌های افراد در تمام مراحل با رویکرد از پایین به بالا	مطلوب	D1
	نقش نسبی مردم در برنامه‌ریزی، ایجاد و تقویت این زیرساخت‌ها و اجرا و کنترل بخش زیادی از این پروژه‌ها توسط سازمان‌ها و ادارات با توجه نسبتاً مناسب به توانایی‌های عمومی مردم	ایستا	D2
	عدم توجه به نقش مردم و عدم استفاده از مهارت‌ها و پتانسیل‌های افراد و محدود شدن طرح‌های توسعه شهری به سازمان‌ها و ادارات مربوطه با دیدگاه از بالا به پایین	نامطلوب	D3
آگاه‌سازی شهروندان و مسئولان از فواید و مزایای جایگزینی امکانات هوشمند با بهره‌گیری از دانش جمعی و فرهنگ‌سازی (IOT19)	توجه به توانمندی‌ها و مزایای حاصل از تقویت هوشمندسازی همراه با فرهنگ‌سازی و تدوین قوانین و برنامه‌هایی هدفمند در حوزه هوشمند سازی (ارتقاء وضعیت اقتصادی، اجتماعی-فرهنگی، کالبدی- فضایی و زیست‌محیطی شهر و نهایتاً کیفیت محیط زندگی) همراه با ارائه نمونه‌های موجود در جهان به شهروندان	مطلوب	E1
	توجه و آگاهی نسبتاً مناسب شهروندان و مسئولین جهت شفاف‌سازی مزایا و فواید حاصله از رواج هوشمندسازی و استفاده از امکانات آن در سطح شهر	ایستا	E2
	بی‌توجهی به اطلاع‌رسانی و معرفی مزایای هوشمند سازی به شهروندان و دارا بودن این اطلاعات توسط اقلیت جامعه	نامطلوب	E3
ایجاد و تقویت زیرساخت‌های پیشرفته مبتنی بر شهر هوشمند (IOT07)	تمرکز تصمیم‌گیران شهری همراه با برنامه‌ریزی هدفمند و سیاست‌گذاری مناسب در راستای توزیع فضایی همراه با تمرکز قدرت بر توسعه شهر هوشمند و ایجاد زیرساخت‌های پیشرفته در این زمینه	مطلوب	F1
	توجه و سازگاری نسبی طرح‌های زیرساختی و حمایت کمابیش برنامه ریزان و تصمیم‌گیران شهری در حوزه شهر هوشمند	ایستا	F2
	ناهماهنگی در اجرای زیرساخت‌ها و عدم توجه به پروژه‌های مرتبط با زیرساخت‌های مربوطه به شهر هوشمند از سوی تصمیم گیران اصلی	نامطلوب	F3
استفاده گسترده از فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) (IOT03)	فراهم کردن زیرساخت‌های لازم برای توسعه و گسترش شهر هوشمند و هماهنگی بین سازمان‌های مختلف جهت ارائه خدمات از طریق تقویت و توسعه نرم‌افزاری و سخت‌افزاری شبکه‌های فناوری اطلاعات	مطلوب	G1
	وجود برخی زیرساخت‌های لازم در حوزه فناوری اطلاعات و کارایی نسبی سامانه‌های هوشمند که استفاده برخی افراد و برخی سازمان‌ها را در پی دارد	ایستا	G2
	حفظ وضع موجود و عدم توجه افراد، گروه‌ها، دولت و سازمان‌ها به ایجاد زیرساخت‌های فناوری اطلاعات و عدم استفاده از آن‌ها به طور گسترده در راستا هوشمندسازی	نامطلوب	G3

(منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۲)

پس از مشخص شدن تمامی حالت‌های ممکن پیش روی پیشران‌های تحقیق، با استفاده از ماتریس اثرات متقابل ابتدا تمامی حالت‌های ممکن با نظرخواهی از کارشناسان، تمامی سناریوها به صورت سلولی، گروهی و بخشی در طیف اثر تقویت کننده شدید (۳+) تا اثر محدود کننده شدید (۳_) مورد مقایسه قرار گرفتند. در مرحله بعد با ورود داده‌های جمع‌آوری شده به محیط نرم‌افزاری (Scenario Wizard) به تجزیه و تحلیل داده‌های جمع‌آوری شده حاصل از نظر کارشناسان و شناسایی سناریوهای پیش‌روی استقرار شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیاء در کلانشهر مشهد در افق ۱۴۱۲ پرداخته شده است. لازم به ذکر است در ماتریس تاثیر متقابل تنها باید تاثیرات مستقیم بین قضاوت ها محاسبه شود.

نتایج حاصل از انجام تحقیق نشان داد که از مجموع ۳۷۸ قضاوت سلولی انجام شده، ۸ سلول (۲/۱۲ درصد) دارای اثرات متقابل ۳-، ۲۲۷ سلول (۷/۱۴ دصد) دارای اثرات متقابل ۲-، ۶۸ سلول (۱۷/۹۹ درصد) دارای اثرات متقابل

۱-، ۳۵ سلول (۹/۲۶ درصد) فاقد اثر متقابل بر یکدیگر، ۶۹ سلول (۱۸/۲۵) دارای اثرات متقابل ۳+، ۹۷ سلول (۲۵/۶۶ درصد) دارای اثرات متقابل۲+ و ۷۴ سلول (۱۹/۵۸ درصد) دارای اثرات متقابل ۱+ می‌باشند. جدول (۵) اطلاعات اولیه پیرامون نحوه قضاوت کارشناسان درباره حالات ممکن پیشروی پیشران‌های تحقیق را نشان می‌دهد.

جدول ۵: ویژگی‌های ماتریس اثرات متقابل حاصل از نظرات کارشناسان

ارزیاب	تعداد سلول	درصد
تعداد اثرات محدود کننده شدید (۳-)	۸	۲.۱۲
تعداد اثرات محدود کننده متوسط (۲-)	۲۷	۷.۱۴
تعداد اثرات محدود کننده ضعیف (۱-)	۶۸	۱۷.۹۹
تعداد موارد فاقد اثرات متقابل (۰)	۳۵	۹.۲۶
تعداد اثرات تقویت کننده شدید (۳)	۶۹	۱۸.۲۵
تعداد اثرات تقویت کننده متوسط (۲)	۹۷	۲۵.۶۶
تعداد اثرات تقویت کننده ضعیف (۱)	۷۴	۱۹.۵۸
مجموع	۳۷۸	۱۰۰

(منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۲)

شناسایی سناریوهای پیش روی استقرار شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت‌اشیا در کلانشهر مشهد در افق ۱۴۱۲

به‌منظور استخراج سناریوهای مطلوب، باید سازگاری سناریوها ارزیابی گردد، بنابراین ابتدا سازگاری قوی و سپس سازگاری ضعیف شناسایی شد. در مجموع نتایج حاصل از تحقیق نشان داد تعداد ۸ سناریو ممکن پیش روی استقرار شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا وجود دارد که تعداد ۱ سناریو در حالت سازگاری قوی و پایدار (ناسازگاری صفر) و از بین سناریوهای ناسازگار دو سناریو در حالت ناسازگاری ۱ قرار داشته و ۳ سناریو در حالت ناسازگاری ۲ قرار دارند و ۲ سناریو در حالت ناسازگاری ۳ قرار دارند که کمتر احتمال وقوع در افق طرح را دارند، بنابراین سناریو ۱ بهترین سناریو پیش‌روی استقرار شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت‌اشیا در کلانشهر مشهد می باشد. سناریو های ۲و۳ نیز، جهت نشان‌دادن گستردگی آینده‌های پیش‌روی استقرار شهرهوشمند مبتنی بر اینترنت‌اشیا کلانشهر مشهد ارائه شده‌اند.

جدول ۶: سناریوهای شکل‌گیری اسقرار شهرهوشمند مبتنی بر اینترنت‌اشیا کلانشهر مشهد در افق ۱۴۱۲

نماد	پیشران/ توصیفگر	سناریو اول (سناریو طلایی)		سناریو دوم (سناریو نامطلوب)		سناریو سوم (سناریو پابرجا)	
		حالت	ارزش سازگاری	حالت	ارزش سازگاری	حالت	ارزش سازگاری
A	(IOT1)	مطلوب	۳	نامطلوب	۳	نامطلوب	۲
B	(IOT02)	مطلوب	۲	نامطلوب	۲	نامطلوب	۰
C	(IOT06)	مطلوب	۴	نامطلوب	۲	مطلوب	۰
D	(IOT08)	مطلوب	۵	ایستا	۲	مطلوب	۰
E	(IOT19)	مطلوب	۳	نامطلوب	۱	نامطلوب	-۱

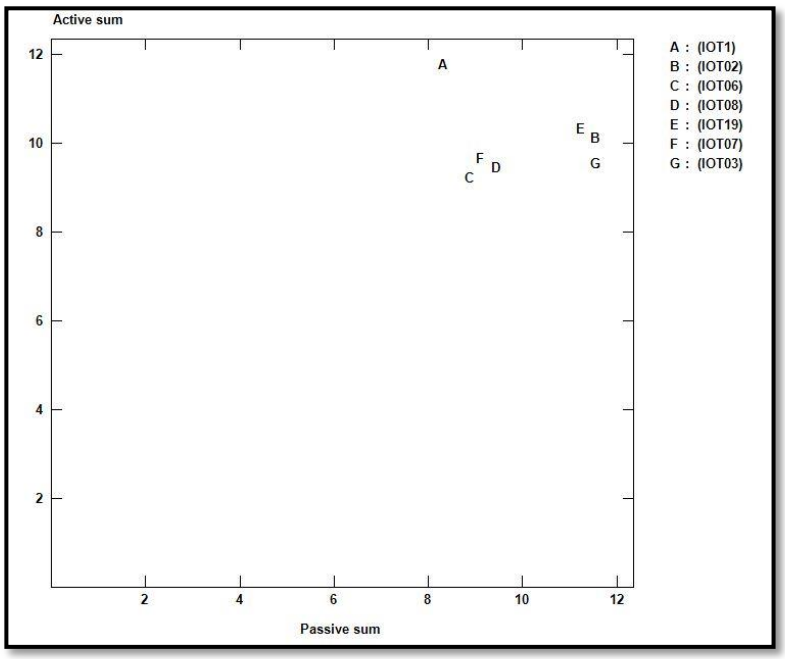
F	(IOT07)	مطلوب	۳	نامطلوب	۰	ایستا	-۱
G	(IOT03)	مطلوب	۲	نامطلوب	-۱	مطلوب	-۱
ارزش سازگاری کل سناریو			۲	ارزش سازگاری	-۱	ارزش سازگاری	-۱
مجموع امتیاز اثر متقابل (CIB)			۱۲۳	CIB	-۲۰	CIB	۲۷

(منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۲)

سناریو اول که یک سناریو با جهت مثبت است، دارای امتیاز اثر متقابل ۱۲۳ و ارزش سازگاری ۲ است، در حالی‌که سناریو دوم که گویا شرایط نامطلوب برای آینده شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت‌اشیا در کلانشهر مشهد است، دارای مجموع امتیاز اثر متقابل ۲۰- و ارزش سازگاری ۱- می‌باشد. سناریو سوم نیز دارای ارزش سازگاری ۱- بوده و با امتیاز مجموع اثر متقابل ۲۷ می‌تواند از سناریوهای محتمل برای آینده شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت‌اشیا در کلانشهر مشهد باشد. جدول (۶) سه سناریو انتخاب پیش‌روی شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت‌اشیا در کلانشهر مشهد را به‌همراه ارزش سازگاری عناصر تشکیل دهنده آن نشان می‌دهد.

توسعۀسناریو یک (سناریو طلایی شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت‌اشیا)

سناریو اول، مطلوب‌ترین سناریو برای استقرار شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت‌اشیا در کلانشهر مشهد می‌باشد. این سناریو دارای دو بعد (میزان توسعه زیرساخت‌های IOT در ابعاد اقتصادی، اجتماعی، کالبدی و زیست محیطی همگام با نیازهای جهانی) و (میزان افزایش کیفیت زندگی شهروندان مبتنی بر استفادۀ بهینه از منابع و امکانات IOT) است. این سناریو شرایطی را توصیف می‌کند که با ارتقاء و بهبود ابعاد شهر هوشمند مبتنی بر lOT کیفیت زندگی شهروندان افزایش می‌یابد. در این سناریو تمام ۷ پیشران در حالت مطلوب قرار دارند. در صورت تحقق این سناریو، شهر هوشمند مبتنی بر IOT می‌تواند به‌واسطۀ سیاست‌گذاری‌های درست دولتی، ارتقاء سواد و دانش شهروندان، سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌ها و تقویت و گسترش آن‌ها همزمان با مشارکت و آگاه‌سازی شهروندان و مسئولین از فواید پیش روی آن، موجب افزایش کیفیت زندگی شهروندان شود. این امر مستلزم حضور و همکاری متخصصان باتجربه و مراکز دانشگاهی در تهیه و اجرای طرح‌های مربوطه متناسب با شرایط اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی موجود و همچنین باتوجه به تمامی جنبه‌های مثبت و منفی، چالش‌های اجتماعی و شرایط متغیر منطقه-ای است و همزمان دو مقولۀ میزان توسعه زیرساخت‌های IOT در ابعاد اقتصادی، اجتماعی، کالبدی و زیست محیطی همگام با نیازهای جهانی) و (میزان افزایش کیفیت زندگی شهروندان مبتنی بر استفاده بهینه از منابع و امکانات IOT) را مورد توجه قرار می‌دهد.



شکل ۴: سیستم شبکه‌ای توصیف‌گرهای تحقیق

(منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۲)

همچنین علاوه بر اهداف تعریف شده، شهرهوشمند مبتنی بر IOT می‌توان گفت این رویکرد با استفاده از فناوری‌های نوین موجب تغییراتی همچون افزایش استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر ومدیریت بهینه منابع، بهبود مدیریت ترافیک، بهبود کیفیت فضاهای عمومی، کاهش هزینه‌ها و افزایش امنیت و ایمنی شهروندان می‌شود که تمامی این اقدامات در جهت افزایش رفاه و کیفیت زندگی شهری و جلب رضایت شهروندان می‌باشد.

یک سیستم شبکه‌ای، برای بیان نقش توصیف‌گرها در تحلیل و نحوه اثرگذاری بر سیستم به‌کار می‌رود و نقش مؤثری در فرآیند ایجاد سناریوی واقعی دارد. برای تشکیل یک سیستم شبکه، باید کلیه اثراتی که یک توصیف‌گر بر روی سایر توصیف‌گرها می‌گذارد (جمع فعال) را به همراه تمامی اثراتی که سایر توصیف‌گرها بر روی سایر توصیف‌گرها می‌گذارند، محاسبه شوند (جمع منفعل). سپس با قراردادن حاصل جمع‌های منفعل در محور X و حاصل جمع‌های فعال در محور Y می‌توان سیستم شبکه‌ای را تشکیل داد.

نتایج حاصل از سیستم شبکه‌ای شکل (۴) نشان داد که توصیف‌گرهای سیاست‌گذاری‌های بخش دولتی در بخش فناوری اطلاعات (IOT1)، ارتقاء سطح سواد اطلاعاتی و توانمندی‌های علمی شهروندان (IOT02)، 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) دارای حالت اثرگذاری و اثرپذیری توام هستند، یعنی همزمان ضمن تاثیرگذاری زیاد بر روی سایر توصیف‌گرها از سایر توصیف‌گرها تاثیر می‌پذیرند. البته میزان تاثیرگذاری و تاثیرپذیری توصیف‌گر آگاه‌سازی شهروندان و مسئولان از فواید و مزایای جایگزینی امکانات هوشمند با بهره‌گیری از دانش جمعی و فرهنگ‌سازی (IOT19) بسیار بیشتر از سایر توصیفگرهاست که نشان از اهمیت ویژه این توصیف‌گر دارد، زیرا این توصیف‌گر می‌تواند به شدت اثر مثبت و یا اثر منفی بر روی سایر سناریوهای پیش روی شهرهوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا کلانشهر مشهد داشته باشد. همچنین

توصیفگر سیاست‌گذاری‌های بخش دولتی در بخش فناوری اطلاعات (IOT1) به دلیل قرارگیری در قسمت بالای سیستم شبکه‌ای و مرز بین قسمت سمت راست و چپ دارای اثرگذاری بالا بر روی سایر توصیف‌گرها است.
توصیف‌گرهایی مثل سیاست‌گذاری‌های بخش دولتی در بخش فناوری اطلاعات (IOT1)، ایجاد و تقویت زیرساخت‌های پیشرفته مبتنی بر شهر هوشمند (IOT07) به دلیل قرارگیری در قسمت بالای سیستم شبکه‌ای دارای اثرگذاری بالایی بر روی سایر توصیف‌گرها هستند، این متغیرها مهمترین بازیگران تاثیرگذار بر شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت‌اشیا هستند که در فرآیند تحقق استقرار شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت‌اشیا کلانشهر مشهد نقش مهمّی ایفا می‌کنند. این متغیرها دارای تاثیرگذاری بالا و تاثیرپذیری پایین می‌باشند. همچنین نتایج حاصل از سیستم شبکه‌ای نشان داد که توصیف‌گر سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های توسعه فناوری ارتباطات و اطلاعات (IOT06)، بسترسازی برای ارتقاء مشارکت شهروندان در توسعه شهری (IOT08)، استفاده گسترده از فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) (IOT03) در مرز دو ناحیه قرار دارند و حتی می‌توانند نقش متغیر هدف را ایفا کنند با دست‌کاری و ایجاد تغییرات در این متغیرها می توان به تکامل سیستم برنامه و هدف خود دست یافت. قابل ذکر است در قسمت جنوب شرقی شکل هیچ توصیف‌گری وجود ندارد که در واقع توصیف‌گرهایی که در این قسمت واقع می‌شوند دارای اثرپذیری بالایی از توصیف‌گرها هستند، بنابراین؛ نسبت به تکامل متغیرهای تاثیرگذار و دووجهی، بسیار حساس هستند. بعلاوه در قسمت جنوب غربی شکل نیز هیچ توصیف‌گری قرار ندارد.

وضعیت تعادل اثر سناریو طلایی پیش روی شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت‌اشیا

ازآنجاکه در ترسیم سناریوها، فرض‌های غالب نیروهای پیشران با ضرایب اثر متفاوتی بر یکدیگر تأثیر می‌گذارند و در مواردی برخی از آنها بر دیگری هیچ‌گونه تأثیری ندارند، در این بخش پژوهش، میزان حمایت و تأیید نیروهای پیشران از حالت یکدیگر در مورد سناریوی اصلی پژوهش بررسی می‌شود. مهمترین بخش از روش تعادل اثر متقابل، ارزیابی سازگاری درونی یک سناریو به کمک محاسبه تعادل اثر آن است. این ارزیابی درونی با درج فرضیات سناریو در ماتریس اثرات متقابل حاصل می‌شوند. بنابراین اگر یک یا چند فرض سناریو با بقیه قسمت‌های سناریو مغایرت داشته باشد، نشان داده می‌شود، در غیر این صورت، اگر هیچ مغایرتی بین فرضیات سناریو وجود نداشته باشد، سناریو می‌تواند از نظر همسانی درونی مورد ارزیابی قرار گیرد. جدول (۷) وضعیت سازگاری سناریو اصلی تحقیق را در سه فرض مطلوب، ایستا و نامطلوب نشان می‌دهد. در این بخش، قضاوت تاثیر متقابل برای هر یک از این عناصر موجود در سناریو بررسی و نتایج با فرض‌های جایگزین هر پیشران مقایسه شده است.

جدول ۷: صفحه محاسبه تعادل اثر سناریو اول شهرهوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا

	A	B	C	D	E	F	G
(IOT1)							
مطلوب		3 3 2	3 3 2	3 2 2	3 3 2	3 3 2	3 2 2
ایستا		3 2 1	3 2 1	2 2 1	3 2 1	3 2 1	3 2 1
نامطلوب		-3 -2 -1	-2 -1 0	-1 0 -1	-2 -1 -1	-3 -2 -1	-2 -1 -1
(IOT02)							
مطلوب	3 2 1		3 2 1	3 2 2	3 3 2	3 2 1	3 3 2
ایستا	2 1 1		1 0 1	3 2 1	3 2 1	2 1 0	3 2 1

نامطلوب	-1	-1	0				-1	-1	0	-2	-1	-1	-3	-2	-1	-2	-1	0	-3	-2	-1				
(IOT06)																									
مطلوب	3	2	2	3	2	2				3	2	1	3	2	2	3	3	2	3	2	1				
ایستا	2	2	1	2	1	1				2	1	0	2	1	1	3	2	1	2	1	0				
نامطلوب	-2	-1	0	-1	0	-1				-1	0	-1	-2	-1	-1	-2	-1	-1	-1	0	-1				
(IOT08)																									
مطلوب	2	2	1	3	3	2	3	2	1				3	2	2	3	2	1	3	3	2				
ایستا	2	1	0	3	2	1	3	1	0				2	1	1	2	1	0	3	2	1				
نامطلوب	-1	0	-1	-2	-1	-1	-2	0	-1				-2	-1	-1	-1	-1	0	-2	-1	-1				
(IOT19)																									
مطلوب	3	2	1	3	3	2	3	2	1	3	3	2				3	2	1	3	3	2				
ایستا	2	1	1	3	2	1	2	1	1	3	2	1				2	1	0	3	2	1				
نامطلوب	-2	-1	0	-3	-2	-1	-1	0	-1	-2	-1	0				-1	0	-1	-3	-2	-1				
(IOT07)																									
مطلوب	3	3	2	3	2	2	3	3	2	3	2	1	3	2	1				3	3	2				
ایستا	2	1	1	2	1	1	2	2	1	2	1	0	2	1	1				3	2	1				
نامطلوب	-2	-1	0	-1	-1	0	-2	-1	-1	-1	0	-1	-2	-1	0				-2	-1	-1				
(IOT03)																									
مطلوب	2	2	1	3	3	2	3	2	1	3	2	2	3	3	2	2	2	1							
ایستا	2	1	0	3	2	1	2	1	0	2	1	1	3	2	1	2	1	0							
نامطلوب	-1	0	-1	-3	-2	-1	-1	-1	0	-2	-1	-1	-3	-2	-1	-1	0	-1							
	v			v			v			v			v			v			v						
Balance:	16	13	8	18	16	12	18	14	8	18	13	10	18	15	11	17	14	8	18	16	11				

(منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۲)

برای بررسی وضعیت سازگاری سناریو اول یعنی سناریو SW1= {A1 B1 C1 D1 E1 F1 G1}

نتایج حاصل از ماتریس اثر متقابل متعادل (جدول۷) نشان داد که در سناریو طلایی، تمام پیشران‌ها در فرض مطلوب بیشترین وزن و اثر تعادلی را دارند و مقایسه ارزش تعادلی این فرض با فرض جایگزین (نیمه مطلوب و نامطلوب) نشان از پایین بودن اثر تعادلی این فرض‌ها نسبت به فرض مطلوب دارد. بنابراین، فرض اول در تمام توصیف‌گرها می‌تواند به‌عنوان فرض سازگار در نظر گرفته شود.

پیشران‌های ارتقاء سطح سواد اطلاعاتی و توانمندی‌های علمی شهروندان (IOT02)، سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های توسعه فناوری ارتباطات و اطلاعات (IOT06)، بسترسازی برای ارتقاء 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)، استفاده گسترده از فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) (IOT03) با ارزش ۱۸ دارای بیشترین اثر تعادلی در بین پیشران‌های سناریو اول دارند. در مقابل پیشران‌های سیاست‌گذاری‌های بخش دولتی در بخش فناوری اطلاعات (IOT1) و ایجاد و تقویت زیرساخت‌های پیشرفته مبتنی بر شهر هوشمند (IOT07) به ترتیب با مقدار ۱۶ و ۱۷ کمترین اثر تعادلی را در فرض مطلوب بین پیشران‌های انتخابی دارند. در ادامه وضعیت سازگاری فرض غالب پیشران‌های سناریو اول بر اساس قضاوت تاثیر متقابل، ارائه شده است.

نتیجه‌گیری

سرعت افزایش جمعیت و شهرنشینی و به تبع آن نیازهای موجود از سوی شهروندان، به اندازه‌ای است کـه تمامیّـت جامعه از بخش دولتی تا بخش خصوصـی و جامعـۀ مـدنی، لازم اسـت در راسـتای اقـدامات مـورد نیـاز آن و ایجـاد بسترهای مربوطه در شرایط موجود و همچنین آمادگی جهت رخدادهای آینده کسب مسئولیت کنند و در راسـتای اهداف شهر هوشمند به عنوان شهری که از فناوری‌های ارتبـاطی و اطلاعـاتی مـدرن بـرای بهبـود کیفیـت زنـدگی شهروندان استفاده می‌کند، قدم بردارند. این شهر هوشمند نقشه‌هـای شـهری، شـبکه‌هـای ارتبـاطی، مراکـز داده و سیستم‌های مکان‌یابی را در بستر فناوری اطلاعات و ارتباطات داشته و با استفاده از اینترنت‌اشیا قادر به جمـع آوری و تحلیل داده‌ها برای بهبود عملکرد و خدمات شهری است. در نتیجه تحقق اهـداف شـهر هوشـمند خـدمات بهبـود یافته‌ای به شهروندان داده می‌شود از جمله امکانات مرتبط با حمل و نقل هوشمند کـه بـا اسـتفاده از فنـاوری‌هـای ارتباطی، شهروندان می‌توانند به راحتی مسیرها و مزایای مختلف حمل و نقل را بررسی کنند. از دیگر مزایـای آن در ارتباط با اقتصاد هوشمنداست. یک شهر هوشمند قادر است به تحلیل داده‌های مربوط به بـازار و نیازهـای مشـتریان بپردازد تا کسب و کارها بتوانند بهترین خدمات را ارائه کنند. همچنین با کنترل و مدیریت هوشمند منـابع طبیعـی مانند آب و انرژی، شهروندان می‌توانند از مصرف بهینه استفاده کنند و برای به حداقل رسـاندن اثـرات زیـان‌بـار بـر محیط زیست کمک کنند. در صورت اتصال اشیا به هم، شهر هوشمند قادر به ارائه خـدمات شـهری بهتـر و مـؤثرتر است. این شامل خدماتی مانند: مدیریت پارکینگ، مدیریت پسماند، سیستم‌های هشدار زود هنگام برای آتش‌سـوزی و سازماندهی رویدادهای عمومی است. بهره‌مندی از زندگی هوشمند نیز از مزایا مشهود آن‌است. یک شهر هوشـمند برای شهروندان امکاناتی مانند: اطلاعات آب و هوا، نقل و انتقالات عمومی به‌روز، سلامتی و آموزش هوشمند را ارائـه می‌دهد. بنابراین؛ شناسایی و تحلیل سناریوهای مطلوب اثرگذاری رهیافت شهرهوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا، بـه-عنوان ابزاری برای افزایش کیفیت زندگی شهروندان مورد مطالعه قرار گرفته است. از این رو، تدوین سناریوهایی کـه زمینۀ تحقق شهرهوشمند مبتنی بر اینترنت‌اشیا در کلانشهر مشهد را فراهم می‌سازد؛ باید مـورد توجـه قـرار گیـرد. مطابق با ادبیات و نتایج این تحقیق، آشکار شد که از یک‌طرف شهر هوشمند مبتنی بـر اینترنـت‌اشـیا خـود، لازمـۀ افزایش کیفیت زندگی شهروندان است و از طرف دیگر افزایش کیفیت زندگی شـهروندان از عوامـل مـؤثر بـر ایجـاد شاخص‌های شهرهوشمند مبتنی بر اینترنت‌اشیا است. این رابطۀ دو سویه، اهمیت و لزوم توجـه بـه شـهر هوشـمند مبتنی بر اینترنت‌اشیا را در فرآیند افزایش کیفیت زندگی شهروندان نمایان می‌سازد. باتوجه به نتایج به دست آمـده از پرسشنامه‌های خبرگان و متغیرهای کلیدی استخراج شده از معادلات ساختاری میک مک، پیشران‌های هریـک از عوامل کلیدی در ۶ بعد شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا تهیه و اجرا شد. بر پایۀ شرایط تعیین عوامل بحرانـی و پیشران‌ها، از بین عوامل ۲۶ گانه شهر هوشمند مبتنی بر اینترنـت اشـیا شناسـایی شـد. سـپس باتوجـه بـه اسـناد بالادستی و ارتباط و همبستگی شاخص‌ها با یکدیگر، با نظرکارشناسان، عوامل کلیدی کنترل کننـدۀ وضـعیت کلـی سیستم و سایر شاخص‌های تحقیق در ۷ توصیف‌گر باهم ادغام شدند. همچنین نتایج حاصل از بخش سناریوها نشان داد تعداد زیادی سناریوی ممکن پیش‌روی شهرهوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا کلانشهر مشهد وجود خواهد داشـت که ۸ سناریو ممکن پیش روی استقرار شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا شناسایی شده است و از ایـن تعـداد، ۱ سناریو در حالت سازگاری قـوی و پایـدار (ناسـازگاری صـفر) و از بـین سـناریوهای ناسـازگار دو سـناریو در حالـت ناسازگاری ۱ قرار داشته و ۳ سناریو در حالت ناسازگاری ۲ قرار دارند و ۲ سناریو در حالت ناسازگاری ۳ قـرار دارنـد

که کمتر احتمال وقوع در افق طرح را دارند، بنابراین سناریو ۱ بهترین سناریو پیش‌روی استقرار شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت‌اشیا در کلانشهر مشهد می‌باشد. سناریوهای ۲و۳ نیز، جهت نشان دادن گستردگی آینده‌های پیش‌روی استقرار شهرهوشمند مبتنی بر اینترنت‌اشیا کلانشهر مشهد ارائه شده‌اند. سناریو اول که یک سناریو با جهت مثبت است، دارای امتیاز اثر متقابل ۱۲۳ و ارزش سازگاری ۲ است، در حالی‌که سناریو دوم که گویا شرایط نامطلوب برای آینده شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت‌اشیا در کلانشهر مشهد است، دارای مجموع امتیاز اثر متقابل ۲۰- و ارزش سازگاری ۱- می‌باشد. سناریو سوم نیز دارای ارزش سازگاری ۱- بوده و با امتیار مجموع اثر متقابل ۲۷ می‌تواند از سناریوهای محتمل برای آینده شهر هوشمند مبتنی بر اینترنت‌اشیا در کلانشهر مشهد باشد.

در این قسمت، یافته‌های پژوهش با نتایج یافته‌های دیگر پژوهشگران مقایسه شد که در این میان، نتایج تحقیق با پژوهش‌های علائی و همکاران (۱۴۰۲) با هدف تبیین سناریوهای محیط زیست هوشمند در کلانشهر مشهد و برادران و همکاران (۱۴۰۲) در شناسایی و اولویت‌بندی عوامل کلیدی مؤثر در شهر هوشمند بر مبنای رویکرد آینده‌پژوهی هم راستاست. همچنین با نتایج احمدی و همکاران (۱۴۰۱) که بیان داشتند متغیرهایی مانند تصمیم‌گیری هوشمند و نوآورانه در سازمان‌ها و نهادها، اشتغال پایدار و بروز رسانی و بهینه‌سازی زیرساخت‌های شهری تأثیر مستقیم بر رشد هوشمند شهری دارند. علاوه براین، با پژوهش حسن زاده و همکاران (۱۴۰۰) و نتایج آن که رونق صنعت گردشگری و کاربری تفریحی، توسعه فیزیکی فشرده و متراکم شهر، توسعه نرخ اشتغال، تهیه و اجرای طرح هادی شهری، افزایش ساخت و سازها و تخریب محیط زیست، افزایش قیمت زمین، ساماندهی بافت-های فرسوده و محلات فرودست حاشیه شهر، رونق مراکز تجاری و بازارچه مرزی، افزایش سرانه کاربری معابر و توسعه سهم کاربری‌های مختلط در آینده توسعه فضایی و رشد هوشمند شهر تأثیرگذارند و با مطالعات رجب و همکاران (۲۰۲۲) که اظهار داشتند اینترنت‌اشیا در کنار سایر فناوری‌ها از جمله: محاسبات ابری، تجزیه و تحلیل داده‌های بزرگ، بلاک‌چین، هوش مصنوعی و شبکه‌های مخابراتی بی‌سیم استفاده می‌شود وکاربردهای اصلی اینترنت‌اشیا برای شهرهای هوشمند شامل ساختمان‌های هوشمند، حمل و نقل، مراقبت‌های بهداشتی، پارکینگ هوشمند و شبکه‌های هوشمند است، مطابقت دارد.

به‌طور کلی، در یک شهر هوشمند، اینترنت‌اشیا و سیستم‌های هوشمند به‌صورت یکپارچه استفاده می‌شود تا ارتباطات و اطلاعات را بین شهری، شهروندان و دولت بهبود دهد و بهره‌وری و کارایی سیستم‌های شهری را افزایش دهد و سبب ایجاد هماهنگی بین سیستم‌ها، مشارکت شهروندان، مدیریت هوشمند منابع، حمل و نقل هوشمند و امنیت هوشمند شود. دیدگاه کلی یک شهر هوشمند، دارای هدف افزایش کیفیت زندگی شهروندان، بهبود خدمات شهری و افزایش پایداری شهر است. توجه به نیازهای شهروندان، پاسخ‌گویی به چالش‌های شهری و بهره‌گیری از فناوری‌های نوین جهت ایجاد یک زیرساخت هوشمند و مدیریت هوشمند در شهرها از جمله عوامل مهم در حصول به اهداف شهر هوشمند است.

با تحلیل پیشران‌های کلیدی و سناریوهای استخراج شده از آنان در راستای تحقق‌پذیری بیشتر در کلانشهر مشهد پیشنهاداتی ارائه شده. به‌طور مثال شهرداری‌ها به شهروندانی که خدمات و اقدامات خود را از طریق راه‌حل‌های هوشمند انجام می‌دهند، امکانات و به‌عبارتی جوایز و مشوق‌هایی اعطا کنند. همچنین بخش دولتی و مسئولین امر شرایطی را جهت تشویق سرمایه‌گذاران در امور مرتبط با هوشمندسازی و سرمایه‌گذاری در این واحد در نظر بگیرند. توجه و سرمایه‌گذاری ویژه در بحث آموزش و تربیت افراد متخصص در این زمینه به همراه آموزش در سطح

اجتماعی و محلی نیز از نکات ویژه بوده است. ضمنا مرور تجارب و اقدامات شهرهای سایر کشورهای مشابه شهر مشهد در این زمینه و بهره‌گیری از آن‌ها توام با تبلیغات گسترده و شیوع تفکر هوشمندسازی بین شهروندان ساکن نیز حائز اهمیت می‌باشد.

برخی از مواردی که در کلانشهر مشهد جهت به‌وقوع پیوستن سناریوهای اشاره شده نقش‌آفرینند به شرح زیر است:

- ✓ افزایش امکانات و خدمات رفاهی هوشمند در مناطق کلانشهر مشهد و توجه به توزیع برابر آن امکانات.
- ✓ ساماندهی حمل و نقل هوشمند شهری برای بهینه‌سازی جریان ترافیک، کاهش ازدحام و بهبود ایمنی برای عابران پیاده و وسایل نقلیه.
- ✓ توجه به ایمنی عمومی هوشمند با نصب دوربین‌های مداربسته، سیستم‌های واکنش اظطراری و تجزیه و تحلیل داده‌ها برای بهبود ایمنی عمومی با نظارت بر پیشگیری از وقوع جرم، امادگی در برابر بلایا و کمک‌های پزشکی در مواقع اظطراری.
- ✓ آموزش هوشمند و پیاده‌سازی پلتفرم‌های آموزش الکترونیکی، دوره‌های آنلاین برای بهبود دسترسی و کیفیت آموزش برای همه شهروندان بدون در نظر گرفتن سن و مکان.
- ✓ استفاده از فناوری برای ساده‌سازی خدمات مورد نیاز.
- ✓ بهبود امکانات هوشمند مرتبط با بحث سلامت و درمان بیماران.
- ✓ ایجاد اقتصاد دیجیتال از طریق پلتفرم‌های تجارت الکترونیک، بازارهای آنلاین که تراکنش نقدی را کاهش دهد و فرصت کسب درآمد برای افراد ایجاد کند.
- ✓ مشارکت فعال بین شهرداری و شهروندان.
- ✓ لزوم همکاری بیشتر بین مدیریت شهری و واحدهای دانشگاهی کلانشهر مشهد

منابع

احمدی، امان الله، شیخ الاسلامی، جلیلی، محمد. (۱۴۰۱). تحلیل ساختاری رشد هوشمند شهری با رویکرد آینده‌پژوهی (مورد مطالعه: شهر الیگودرز). فصلنامه مطالعات جغرافیایی مناطق کوهستانی، دانشگاه لرستان، دوره سوم، شماره ۳، صفحات ۱۷۱-۱۸۹.

https://gsma.lu.ac.ir/article-1-346-fa.html

آهنی، منا، موسی خانی، مرتضی، و افشارکاظمی، محمدعلی. (۱۳۹۷). آینده‌پژوهی حکمرانی خوب در ایران: با رویکرد سناریونویسی. علوم مدیریت ایران، انجمن علوم مدیریت ایران، دوره ۱۳، شماره ۵۱، صفحات ۷۵-۱۰۶.

https://sid.ir/paper/371396/fa

بیات، زهرا. (۱۴۰۱). بررسی قابلیت هوشمندسازی شهرها در ایران. کنفرانس بین المللی مطالعات بین رشته‌ای در مدیریت و مهندسی. صفحات ۵-۱۰.

https://sid.ir/paper/992143/fa

پوراحمد، احمد، زیاری، کرامت الله، حاتمی نژاد، حسین. و پارسا پشاه آبادی. (۱۳۹۷). تبیین مفهوم و ویژگی‌های شهر هوشمند. باغ نظر، پژوهشکده هنر، معماری و شهرسازی نظر، دوره ۱۵، شماره ۵۸، صفحات ۵-۲۶.

https://www.sid.ir/paper/125472/fa

پورشریفی، جواد و جعفری، معصومه. (۱۳۹۵). ارزیابی و تجهیز شهر هوشمند با رویکرد اقتصادی،همایش بین المللی اقتصاد شهری،تهران. صفحات ۴تا۸.

https://civilica.com/doc/510539

حسن زاده، حسن.، هوشیار، حسن. و موسوی، میر نجف. (۱۴۰۰). شناسایی و تحلیل شاخص‌های رشد هوشمند مؤثر بر ساختار فضایی شهرها با رویکرد آینده‌پژوهی (نمونه موردی: شهر سردشت). فصلنامه جغرافیا (برنامه‌ریزی منطقه‌ای)، موسسه آموزش عالی آزاد قشم، دوره ۱۱، شماره ۴۲، صفحات ۱۴۳-۱۶۵.

https://www.jgeoqeshm.ir/article_130071.html

حیدری، امیرهوشنگ. (۱۳۹۵). آینده پژوهی و روش دلفی. ترویج علم، انجمن ترویج علم ایران، دوره ۷، شماره ۱، صفحات ۷۵-۹۳.

https://www.popscijournal.ir/article_88187.html

خبرگزاری جمهوری اسلامی (۱۴۰۰). کد خبر ۸۴۳۵۰۶۳۸.

https://www.irna.ir

خبرگزاری جمهوری اسلامی (۱۳۹۷). کد خبر ۸۵۱۶۷۱۵۳.

https://www.irna.ir

زالی، نادر. (۱۳۹۲). آینده‌نگاری راهبردی در برنامه‌ریزی و توسعه منطقه‌ای. تهران: پژوهشکده مطالعات راهبردی. صفحات ۷۰ تا ۸۰.

https://www.gisoom.com/book/11016511

زیاری، کرامت اله. (۱۳۹۴). برنامه‌ریزی شهرهای جدید .تهران: انتشارات سمت. صفحات ۲۰-۲۵.

https://www.gisoom.com/book/11150549

زیاری، کرامت اله، احسانی فرد، علی‌اصغر. (۱۴۰۱). آینده‌پژوهی متغیرهای رشد هوشمند شهری و سناریو سازی محتمل و مطلوب

با روش تحلیل ساختاری و شبکه‌ای (مورد پژوهی: دارالمرحمه، سمنان). دانش شهرسازی، دانشگاه گیلان، دوره ۶، شماره ۱، صفحات ۹۳-۱۱۹.

https://upk.guilan.ac.ir/article_4675.html

سازمان فناوری اطلاعات و ارتباطات (فاوا) شهرداری مشهد، ۱۴۰۰.

https://fava.mashhad.ir

سایت کاوش ارتباطات . هوشمند سازی شهر مشهد.

https://cutertebat.com

شوئنکر، ب. و وولف، ت. (۱۳۹۳)، برنامه‌ریزی استراتژیک مبتنی بر سناریو. تهران: انتشارات دنیای اقتصاد. صفحات ۱۶۰-۱۷۲.

https://taaghche.com/book/17639

شهرداری مشهد. (۱۳۹۸). آمارنامه شهرداری مشهد، مشهد: معاونت برنامه‌ریزی و توسعه منابع انسانی.

https://planning.mashhad.ir

علائی، ریحانه.، رهنما، محمدرحیم.، اجزاء شکوهی، محمد. و فرقانی، علی. (۱۴۰۲). تبیین سناریوهای محیط زیست هوشمند در کلانشهر مشهد. فصل‌نامه تحقیقات جغرافیایی، پژوهشکده امیر کبیر، دوره ۳۸، شماره ۲، صفحات ۱۰۰۱-۱۰۱۵.

http://georesearch.ir/article-1-1442-fa.html

علیزاده بذرافشان، نویدرضا.، خوارزمی، امیدعلی. و خاکپور، براتعلی، (۱۳۹۸). تحلیل کیفی چالش‌های انسانی و مردم در پیاده سازی شهرهوشمند در کلانشهر مشهد،کنفرانس ملی آینده‌پژوهی،مدیریت و توسعه پایدار، تهران. صفحات ۸-۱۲.

https://civilica.com/doc/987628

عنابستانی، علی‌اکبر.، کلانتری، محسن. و نیکنامی، نسیم. (۱۴۰۱). تبیین محرک‌های کلیدی مؤثر بر استقرار شهر هوشمند مبتنی بر فناوری اینترنت‌اشیا (مورد مطالعه: کلان‌شهر مشهد). اقتصاد و برنامه‌ریزی شهری، مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهری تهران، دوره ۴، شماره ۱، صفحات ۲۳۲-۲۴۸.

https://www.juep.net/article_172135.html

کاظم‌خواه، صادق، عظیمی آملی، جلال، قدمی، مصطفی، و جانبازقبادی، غلامرضا. (۱۴۰۱). شناسایی عوامل مؤثر برتوسعه فضایی شهر درچارچوب الگوی رشد هوشمند با رویکرد آینده‌پژوهی (مطالعه موردی: شهر رشت). مطالعات برنامه-ریزی سکونت‌گاه-های انسانی (چشم‌انداز جغرافیایی)، دانشگاه‌آزاد اسلامی واحد رشت، دوره ۱۷، شماره ۵۹، صفحات ۳۰۵-۳۱۷.

https://sid.ir/paper/1030779/fa

کلوس؛ شواب. (۲۰۱۶). انقلاب صنعتی چهارم. ترجمه دکتر ایرج نبی پور. بوشهر: انتشارات دانشگاه علوم پزشکی بوشهر. صفحات ۹۰-۱۲۲ .

https://pgtmrc.bpums.ac.ir/Fa/DynPages-6274.htm

مرادی‌پور، حجت‌الله. و نوروزیان، مهدی. (۱۳۸۴). آینده‌پژوهی، مفاهیم و روش‌ها. رهیافت، دوره ۳۶، شماره ۱۵، صفحات ۴۵-۵۰.

https://www.noormags.ir/view/en/articlepage/407825

مشاورین شهرداری اطمینان شرق. (۱۴۰۱). تقسیم‌بندی مناطق شهرداری مشهد.

https://www.mashhad-city.ir/17-mantaghe

موسوی حسنی, سید مصطفی. (۱۴۰۱). نظریه‌های شهرهوشمند. جغرافیا و روابط انسانی، آییژ عزمی، دروه ۵، شماره ۱، صفحات ۱-۲۰.

نخجیرکان، پویا.، درویشی، فرهاد.، براتی، ناصر.، زالی، نادر. و محمدحسینی، بابک. (۱۴۰۱). آینده‌نگاری راهبردی شهرهای هوشمند در افق ۱۴۱۵، مورد مطالعاتی: شهر رشت. آینده‌پژوهی ایران. دانشگاه بین المللی امام خمینی، صفحات ۱۵-۱۷.

https://journals.ikiu.ac.ir/article_2785.html

References

Al Sharif, R., & Pokharel, S. (2022). Smart city dimensions and associated risks: Review of literature. Sustainable Cities and Society, 77, 103542.

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210670721008088

Alsamhi, S. H., Ma, O., Ansari, M. S., & Almalki, F. A. (2019). Survey on collaborative smart drones and internet of things for improving smartness of smart cities. Ieee Access, 7, 128125-128152.

https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8795473

Batty, M., Axhausen, K. W., Giannotti, F., Pozdnoukhov, A., Bazzani, A., Wachowicz, M., ... & Portugali, Y. (2012). Smart cities of the future. The European Physical Journal Special Topics, 214, 481-518.

https://link.springer.com/article/10.1140/epjst/e2012-01703-3

Bibri, S. E., & Krogstie, J. (2017). Smart sustainable cities of the future: An extensive interdisciplinary literature review. Sustainable Cities and Society, 31, 183–212. https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.02.016

Caragliu, A., Del Bo, C., & Nijkamp, P. (2011). Smart cities in Europe. Journal of urban technology, 18(2), 65-82.

https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10630732.2011.601117

Echebarria, C., Barrutia, J. M., & Aguado-Moralejo, I. (2021). The Smart City journey: a systematic review and future research agenda. Innovation: The European Journal of Social Science Research, 34(2), 159-201.

https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/13511610.2020.1785277

Eremia, M., Toma, L., & Sanduleac, M. (2017). The smart city concept in the 21st century. Procedia Engineering, 181, 12-19.

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705817309402

Godet F. (2010). Future Memories. Technol Forecast. Soc Change, 77(9), 1457-63.

https://www.researchgate.net/publication/222673243_Future_memories

Godet, M., & Durance, P. (2011). Strategic foresight for corporate and regional development (pp. 1-180). Paris: Unesco Publishing.

http://en.laprospective.fr/news/14-strategic-foresight-for-corporate-and-regional-development.html

Haque, A. B., Bhushan, B., & Dhiman, G. (2022). Conceptualizing smart city applications: Requirements, architecture, security issues, and emerging trends. Expert Systems, 39(5), e12753.

https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/exsy.12753

Jasim, N. A., TH, H., & Rikabi, S. A. (2021). Design and Implementation of Smart City Applications Based on the Internet of Things. International Journal of Interactive Mobile Technologies, 15(13). https://www.researchgate.net/publication/353212187

Javed, A. R., Ahmed, W., Pandya, S., Maddikunta, P. K. R., Alazab, M., & Gadekallu, T. R. (2023). A survey of explainable artificial intelligence for smart cities. Electronics, 12(4), 1020.

https://www.mdpi.com/2079-9292/12/4/1020

Karvonen, A., Cook, M., & Haarstad, H. (2020). Urban planning and the smart city: Projects, practices and politics. Urban Planning, 5(1), 65-68.

https://oro.open.ac.uk/69621

Komninos, N. (2007). Intelligent cities. In Encyclopedia of digital government (pp. 1100-1104). IGI Global.

https://www.igi-global.com/chapter/intelligent-cities/11640

Liao, Y., Loures, E. R., Deschamps, F., Brezinski, G., & Venâncio, A. (2018). The impact of the fourth industrial revolution: a cross-country/region comparison. Production, 28.

https://www.scielo.br/j/prod/a/hRmXgtCKq6qbwMkK4nVkj8g/?lang=en

Li, S., Xu, L. D., & Zhao, S. (2015). The internet of things: a survey. Information systems frontiers, 17, 243-259.

https://link.springer.com/article/10.1007/s10796-014-9492-7

Rejeb, A., Rejeb, K., Simske, S., Treiblmaier, H., & Zailani, S. (2022). The big picture on the internet of things and the smart city: a review of what we know and what we need to know. Internet of Things, 19, 100565.

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2542660522000609

Sadhu, P. K., Yanambaka, V. P., & Abdelgawad, A. (2022). Internet of things: Security and solutions survey. Sensors, 22(19), 7433.

https://www.mdpi.com/1424-8220/22/19/7433

Singh, M. P., & Murukannaiah, P. K. (2023). Toward an Ethical Framework for Smart Cities and

the Internet of Things. IEEE Internet Computing, 27(2), 51-56.

https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/10078764

Talari, S., Shafie-Khah, M., Siano, P., Loia, V., Tommasetti, A., & Catalão, J. P. (2017). A review

of smart cities based on the internet of things concept. Energies, 10(4), 421.

https://www.mdpi.com/1996-1073/10/4/421

Taniguchi, M., & Ikoma, T. (1983, January). RE-examination of the mid-gap electron trap (el2) in different gaas wafers by photocapacitance, dlts and photo-luminescence spectra. In Institute of Physics Conference Series (No. 65, pp. 65-70). 141 Rue Javel, 75747 Paris Cedex 15, France:

Editions Scientifiques Medicales Elsevier.

https://www.researchgate.net/publication/279594019_Exploring_the_Future_The_Use_of_Future_Scenario_Writing_in_Science_Education_Research

Yang, C. (2020). Historicizing the smart cities: Genealogy as a method of critique for smart

urbanism. Telematics and informatics, 55, 101438.

https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0736585320300976