

# Reading the conceptual framework of the smart city based on the water supply system in Qazvin city

Mahmoud Taheri<sup>1</sup>, Navid Saeedi Rizvani<sup>2</sup>, Ramzan Ali Shurmij<sup>3</sup>

1. PhD Student, Department of Urban Planning, Qazvin Branch, Islamic Azad University, Qazvin, Iran
2. Assistant Professor, Department of Urban Planning, Qazvin Branch, Islamic Azad University, Qazvin, Iran
3. Assistant Professor, Department of Urban Planning, Qazvin Branch, Islamic Azad University, Qazvin, Iran

## ARTICLE INFO

### Research Paper

### Article history:

Received: 2024/04/26 |

Accepted: 2024/07/2

Published online:

2024/12/20



**Keywords:** *smart city/ urban water supply system/ Qazvin city/ theme analysis*

## Abstract

The city, as a manifestation of human civilization, has always been viewed by the idea makers of different sciences. In most advanced cities of the world, they follow the development of information and communication technology through comprehensive programs in the form of smart cities. Global urbanization and the increase in water demand make the efficient management of water resources vital. Considering the crisis of safe and sustainable drinking water, which is one of the most important issues facing humans, the smart water supply network as one of the six infrastructures of the smart city can play an important role. to play a role in solving this crisis. Smart water cities use advanced technologies to efficiently manage and maintain the urban water cycle, fostering sustainability and improving the quality of life for residents. The purpose of this research is to analyze and investigate the concept of smart city and its role and relationship with urban water supply networks. In this research, a qualitative method and an approach based on theme analysis, which is a reliable method, was used in extracting, analyzing and correcting data multiple times, for this purpose, with 14 experts and urban knowledge experts in the municipality and water and sewage company. The city of Qazvin held a semi-structured interview and the concept of a smart city and the role of water supply networks were analyzed in it. Based on the findings of the research, finally, 8 main themes on the importance of cooperation, the role of data, citizens' participation, sustainability, technology and continuous evaluation in successful city plans. Houshmand emphasizes and acknowledges that the smartening of urban water supply networks as one of the important urban subsystems and infrastructures is an important and effective step in achieving sustainable smart cities.

**Citation:** Mahmoud Taheri, Navid Saeedi Rizvani, Ramzan Ali Shurmij. (2024). **Reading the conceptual framework of the smart city based on the water supply system in Qazvin city**, Journal of Future Cities vision, 5(20), 61-80.



© The Author(s). Publisher: Iranian Geographical Association



## Extended Abstract

### Introduction

The evolution of cities, as the epitome of human civilization, has always drawn the attention of thinkers from diverse scientific fields. In contemporary urban development, the concept of the smart city has gained prominence, particularly through the integration of information and communication technologies (ICT). Simultaneously, the increasing rate of urbanization and the growing demand for water resources have rendered efficient water management crucial. The water supply network, recognized as one of the six critical infrastructures of smart cities, plays a vital role in addressing the crises of safe and sustainable water. Thus, the notion of "smart water cities," utilizing advanced technologies to ensure efficient urban water cycle management, emerges as a solution promoting sustainability and enhancing residents' quality of life. The purpose of this research is to examine the concept of a smart city and its interrelation with urban water supply networks, with a case study focusing on the city of Qazvin in Iran.

### Methodology

This applied research adopted a descriptive-analytical methodology, combining qualitative and quantitative approaches. Data collection included documentary reviews, field studies, questionnaires, and semi-structured interviews. The statistical population consisted of specialists in urban planning and architecture, from whom 20 participants were purposively selected. To identify, extract, and organize relevant criteria, dimensions, and indicators, a Delphi panel was conducted, focusing on four dimensions: physical, activity, comfort and security, and urban aesthetics. Data analysis involved a cross-impact analysis using MicMac software and scenario planning with Scenario Wizard. Additionally, a thematic analysis approach, relying on multiple rounds of data extraction, analysis, and verification, was employed based on interviews with 14 experts from Qazvin's Municipality and the Water and Sewage Company.

### Results and Discussion

The study identified 20 primary factors influencing urban sociability, validated through MicMac software analysis. High reliability was confirmed by statistical indicators showing over 90% favorability in matrix validity. Through thematic analysis, eight major themes emerged as crucial for the successful implementation of smart city plans: Importance of Inter-Organizational Cooperation: Collaborative efforts among city departments and utility services are fundamental. Significance of Data: Effective data management, real-time monitoring, and decision-

making based on robust information are critical. Citizen Participation: Engagement of citizens in planning, decision-making, and resource management enhances legitimacy and effectiveness. Sustainability: Ensuring sustainable practices in water usage and urban planning is imperative. Role of Technology: Adoption of cutting-edge technologies, including IoT, big data, AI, and smart meters, is transformative. Continuous Evaluation: Ongoing assessment and adaptive management strategies ensure resilience and effectiveness. Security and Comfort: Enhancing citizens' sense of security and urban livability through smart infrastructures. Urban Aesthetics and Activity: Improving the visual and functional aspects of the urban environment promotes social well-being. Particularly in the context of water supply, the research highlights the critical need for smart water networks that monitor consumption, detect leaks, optimize resource distribution, and promote water conservation among users. Advanced ICT solutions like IoT-based sensors, smart meters, and AI-driven analytics can help mitigate water wastage, ensure real-time management, and address future challenges like climate change and population growth.

### Conclusion

The findings underscore that the smartening of urban water supply networks constitutes a crucial and effective step toward achieving sustainable smart cities. In Qazvin, enhancing water infrastructure with intelligent technologies can resolve water management challenges, improve service delivery, and contribute to broader urban sustainability goals.

Given the vital role of water in urban survival and development, prioritizing smart water supply systems within the smart city framework is not only desirable but necessary. Continuous technological innovation, proactive governance, citizen engagement, and interdisciplinary collaboration are pivotal strategies to realize this vision. Ultimately, this study proposes that the integration of smart technologies into water management systems can significantly contribute to the creation of resilient, efficient, and sustainable smart cities, serving as a model for other urban areas facing similar challenges.



- 6- Alam, T. (2021). Cloud-based IoT applications and their roles in smart cities. *Smart Cities*, 4(3), 1196-1219.

- 7- Alshuwaikhat, H. M., Adenle, Y. A., & Alotaishan, T. N. (2023). The development of a grey relational analysis-based composite index for environmental sustainability assessment: Towards a net-zero emissions strategy in Saudi Arabia. *Heliyon*.

- 8- Bellini, P., Nesi, P., & Pantaleo, G. (2022). IoT-enabled smart cities: A review of concepts, frameworks and key technologies. *Applied Sciences*, 12(3), 1607.

- 9- Bibri, S. E., & Krogstie, J. (2021). On the social shaping dimensions of smart sustainable cities: a study in science, technology, and society. *Sustainable Cities and Society*, 29, 219-246.

- 10- Bouramdane, A. A. (2023). Solutions pour réduire la pression sur l'eau. *Énergie/Mines Carrières*, 26.

- 11- C.Hafedh, N. (2012). Understanding smart cities: An integrative framework. 45th Hawaii International Conference on System Sciences. IEEE Computer Society, 2.

- 12- Clarke, V., & Braun, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3 (2),77-101.

- 13- CSIC (2016). Cambridge Center for Smart Infrastructure.

- 14- Di Nardo, A., Boccelli, D. L., Herrera, M., Creaco, E., Cominola, A., Sitzenfrei, R., & Taormina, R. (2021). Smart urban water networks: Solutions, trends and challenges. *Water*, 13(4), 501.

- 15- Gracias, J. S., Parnell, G. S., Specking, E., Pohl, E. A., & Buchanan, R. (2023). Smart Cities—A Structured Literature Review. *Smart Cities*, 6(4), 1719-1743.

- 16- Guma, P. K., & Monstadt, J. (2021). Smart city making? The spread of ICT-driven plans and infrastructures in Nairobi. *Urban Geography*, 42(3), 360-381.

- 17- Heck, G. C., Hexasel, R., Gomes, V. B., Iantorno, L., Junior, L. L., & Santana, T. (2021, September). GRID-CITY: A framework to share smart grids communication with smart city applications. In 2021 IEEE International Smart Cities Conference (ISC2) (pp. 1-4). IEEE.

- 18- Huang, L., & Chang, Y. T. (2023). Applying deep learning for healthcare in smart city via Internet of things. *Journal of Mechanics in Medicine and Biology*, 23(04), 2340012.

- 19- Ismagilova, E., Hughes, L., Rana, N. P., & Dwivedi, Y. K. (2022). Security, privacy and risks within smart cities: Literature review and

## References

development of a smart city interaction framework. *Information Systems Frontiers*, 1-22.

- 20- ISOCARP (2014) International Society of City and Regional Planners Research Lab - Urban Transformations. From Vision to Reality for Vibrant Cities and Regions. (pp. 159-165). CORP-Competence Center of Urban and Regional Planning.

- 21- Javed, A. R., Shahzad, F., ur Rehman, S., Zikria, Y. B., Razzak, I., Jalil, Z., & Xu, G. (2022). Future smart cities: Requirements, emerging technologies, applications, challenges, and future aspects. *Cities*, 129, 103794.

- 22- Jiang, J. C., Kantarci, B., Oktug, S., & Soyata, T. (2020). Federated learning in smart city sensing: Challenges and opportunities. *Sensors*, 20(21), 6230.

- 23- Kashaf, M., Visvizi, A., & Troisi, O.(2021). Smart city as a smart service system: Human-computer interaction and smart city surveillance systems. *Computers in Human Behavior*, 124, 106923.

- 24- Lee, J. H., Hancock, M. G., & Hu, M.-Ch. (2014). Towards an effective framework for building smart cities: Lessons from Seoul and San Francisco. *Technological Forecasting & Social Change*, 89, 80-99. doi: 10.1016/j.techfore.2013.08.033

- 25- Lewandowska, A., Chodkowska-Miszczuk, J., Rogatka, K., & Starczewski, T. (2020). Smart energy in a smart city: Utopia or reality? evidence from Poland. *Energies*, 13(21), 5795.

- 26- Lloret, J., Tomas, J., Canovas, A., & Parra, L. (2016). An integrated IoT architecture for smart metering. *IEEE Communications Magazine*, 54(12), 50-57.

- 27- Lv, Z., Chen, D., & Li, J. (2021). Novel system design and implementation for the smart city vertical market. *IEEE Communications Magazine*, 59(4), 126-131.

- 28- Mutchek, M., & Williams, E. (2014). Moving towards sustainable and resilient smart water grids. *Challenges*, 5(1), 123-137.

- 29- Nagpal, R., Mehrotra, D., Sehgal, R., Srivastava, G., & Lin, J. C. W. (2023). Overcoming smart city barriers using multi-modal interpretive structural modeling. *Journal of Signal Processing Systems*, 95(2), 253-269.

- 30- Nguyen, H. T., Marques, P., & Benneworth, P. (2022). Living labs: Challenging and changing the smart city power relations?. *Technological Forecasting and Social Change*, 183, 121866.

- 31- Nikpour, A., & Ashoori, M. (2023). Evaluation of the principles and criteria of resilience in urban management (Case study: Qazvin). *Sustainable Cities and Society*, 104590.

- 32- Rai, K.M.; Vijayalakshmi, D.S. (2023). The

Role of an Information and Communication Technology in Smart City. *Int. J. Res. Appl. Sci. Eng. Technol.*

- 33- Rebelo m., Smite J. R., Menezes, M. (2014). Prioritizing use cases for water smart technology development: similarities and different from Portugal and UK case studies. *Procedia Engineering*, 89, pp.998-1003.

- 34- Salman, M. Y., & Hasar, H. (2023). Review on environmental aspects in smart city concept: Water, waste, air pollution and transportation smart applications using IoT techniques. *Sustainable Cities and Society*, 104567.

- 35- Sanchez-Iborra, R., Bernal-Escobedo, L., & Santa, J. (2020). Eco-efficient mobility in smart city scenarios. *Sustainability*, 12(20), 8443.

- 36- Sierdovski, M., Pilatti, L. A., Rubbo, P., Ferras, R. A. R., Bittencourt, J. V. M., & Pagani, R. N. (2022, June). Support from governance, leadership and smart people in the context of smart cities development. In *2022 IEEE 28th International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC) & 31st International Association For Management of Technology (IAMOT) Joint Conference* (pp. 1-9). IEEE.

- 37- Tong, Z., Ye, F., Yan, M., Liu, H., & Basodi, S. (2021). A survey on algorithms for intelligent computing and smart city applications. *Big Data Mining and Analytics*, 4(3), 155-172.

- 38- Uspenskaia, D., Specht, K., Kondziella, H., & Bruckner, T. (2021). Challenges and barriers for net-

zero/positive energy buildings and districts— empirical evidence from the smart city project SPARCS. *Buildings*, 11(2), 78.

- 39- Vijai, P & Bagavathi Sivakumar, P. (2016). Design of IoT Systems and Analytics in the Context of Smart City Initiatives in India. *Procedia Computer Science*, 584.

- 40- Won Lee, S. (2015). Smart water grid: the future water management platform. *Desalination and Water Treatment*, 55, 340.

- 41- Yang, L., & Valentín-Rivera, L. (Eds.). (2023). *Developing writing competence in L2 Chinese classrooms: Research and application* (Vol. 161). Channel View Publications.

- 42- Yarashynskaya, A., & Prus, P. (2022). Smart Energy for a Smart City: A Review of Polish Urban Development Plans. *Energies*, 15(22), 8676.

- 43- Youssef, A., & Hajek, P. (2021, November). The role of smart economy in developing smart cities. In *2021 International Symposium on Computer Science and Intelligent Controls (ISCSIC)* (pp. 276-279). IEEE.

- 44- Yuanyuan, W. (2017). A New Framework on Regional Smart Water. *International Congress of Information and Communication Technology (ICICT 2017)*, 122.

- 45- Zanella, A., Bui, N., Castellani, A., Vangelista, L., & Zorzi, M. (2014). Internet of things for smart cities. *IEEE Internet of Things Journal*, 1(1), 22-32. doi: 10.1109/ JIOT.2014.2306328



فصلنامه چشم انداز شهرهای آینده

www.jvfc.ir

دوره پنجم، شماره چهارم، پیاپی (۲۰)، زمستان ۱۴۰۳

صص ۸۱-۶۱

## خوانش چهارچوب مفهومی شهر هوشمند بر پایه سیستم آبرسانی در شهر قزوین

محمود طاهری؛ دانشجوی دکتری، گروه شهرسازی، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران  
نوید سعیدی رضوانی؛ استادیار، گروه شهرسازی، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران<sup>۱</sup>  
رمضانعلی شورمیج؛ استادیار، گروه شهرسازی، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۴/۱۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۲/۰۷

### چکیده

شهر همچون تجلیگاه تمدن بشری، همواره مورد نگرش ایده پردازان علوم مختلف بوده است. در اغلب شهرهای پیشرفته دنیا، توسعه فناوری اطلاعات و ارتباطات را از طریق برنامه های جامع در قالب شهرهای هوشمند دنبال می نمایند. شهرنشینی جهانی و افزایش تقاضای آب، مدیریت کارآمد منابع آب را حیاتی می کند باتوجه به بحران آب آشامیدنی سالم و پایدار که یکی از مسائل بسیار مهم پیش روی انسان ها می باشد، شبکه هوشمند آبرسانی به عنوان یکی از زیرساختهای ششگانه شهر هوشمند می تواند نقش مهمی در حل این بحران ایفا نماید. شهرهای هوشمند آب از فناوری های پیشرفته برای مدیریت کارآمد و حفظ چرخه آب شهری، تقویت پایداری و بهبود کیفیت زندگی ساکنان استفاده می کنند. هدف پژوهش حاضر، تحلیل و بررسی مفهومی شهر هوشمند و نقش و ارتباط آن با شبکه آبرسانی شهر قزوین است. این پژوهش از حیث هدف، کاربردی است و از نظر نوع داده ها، کیفی و بر پایه پارادایم تفسیرگرایی می باشد، در این پژوهش از رویکرد مبتنی بر تحلیل محتوا<sup>۲</sup> (تم) که یک روش معتبر، در استخراج و تحلیل و تصحیح چندباره داده ها می باشد استفاده شد، به این منظور با ۱۴ نفر از صاحب نظران و خبرگان دانش شهری در شهرداری و شرکت آب و فاضلاب شهر قزوین مصاحبه نیمه ساختاریافته برگزار و مفهوم شهر هوشمند و نقش شبکه های آبرسانی در آن احصاء گردید بر اساس یافته های پژوهش، در نهایت ۸ مضمون (محتوا یا تم) اصلی بر اهمیت همکاری، نقش داده ها، مشارکت شهروندان، پایداری، فناوری و ارزیابی مداوم در طرح های موفق شهر هوشمند تأکید داشته و اذعان می دارد که هوشمندسازی شبکه های آبرسانی شهری به عنوان یکی از زیرسامانه ها و زیرساختهای مهم شهری، گام مهم و موثر در نیل به شهرهای هوشمند پایدار است.

واژگان کلیدی: شهر هوشمند، سیستم آبرسانی شهری، شهر قزوین، تحلیل محتوا

## مقدمه

شهر همچون تجلیگاه تمدن بشری، همواره مورد نگرش ایده پردازان علوم مختلف بوده است. فضای مبهم شهر، انسان های متفکر را برای رهایی از مشکلات و نقصان ها در رسیدن به حد والای زندگی به فکر تصحیح و ایجاد ساختارهای جدید شهری وادار نموده است. شهرها نقش کلیدی در آینده مردم ایفا می کنند و در حال تبدیل شدن به مراکز اصلی مشکلات زیست محیطی هستند (Alshuwaikhat, et al. 2023). انتظار می رود تا سال ۲۰۵۰، ۷۵ درصد از جمعیت جهان در شهرها زندگی کنند و رشد شهری بر محیط زیست تأثیر منفی می گذارد (Yang & Lee, 2023). در این میان رشد سریع شهری مشکلات مختلفی را به وجود آورده که به اشکال گوناگون بروز کرده اند، به ویژه در دهه های اخیر که تغییرات زیادی کرده است زیرساخت های زیست محیطی شهرها از جمله آلودگی آب، آلودگی هوا، پسماندها و حمل و نقل برای چنین افزایش جمعیت و موج های بزرگ مهاجرت طراحی نشده اند و پویایی شهرها مانع از بازسازی این زیرساخت ها می شود. با این حال، انتظار می رود که زیرساخت های شهری پاسخگوی نیاز جمعیت روزافزون باشد. تفرق سکونتگاه های انسانی روی زمین، مشکلات بسیاری را در مقوله محیط زیست ایجاد کرده است. در نتیجه برنامه ریزان و طراحان شهری در سراسر دنیا می کوشند تا با نگاهی همه جانبه به تمامی ابعاد شهرنشینی، مدل هایی را برای توسعه شهرهای قرن ۲۱ به منظور پاسخگویی به نیازها و انتظارات تازه در دنیای امروز توسعه دهند. یکی از مفاهیم جدید جهت مقابله با چالش های کنونی شهرها در عرصه برنامه ریزی شهری، توسعه شهر هوشمند است که در طول سالهای اخیر توجه زیادی را به خود جلب کرده است (Ismagilova, et al. 2022). مفهوم شهر هوشمند به عنوان راهی برای پرداختن به شهرنشینی، نگرانی های زیست محیطی و رشد اقتصادی در سطح جهانی محبوبیت بیشتری پیدا می کند.

شهرهای هوشمند در قرن بیست و یکم به سرعت در حال تغییر و تحول در توسعه های شهری هستند. شهرهای هوشمند از فناوری های پیشرفته و تجزیه و تحلیل داده ها برای بهبود کیفیت زندگی شهروندان خود، افزایش کارایی زیرساخت ها و خدمات و ارتقای رشد اقتصادی پایدار استفاده می کنند. شهرهای هوشمند حوزه های متعددی از جمله حمل و نقل، انرژی، بهداشت، آموزش و دولت را برای ایجاد یک محیط شهری به هم پیوسته و هوشمند ادغام می کنند. زیرساخت های شهری به طور عام، دربرگیرنده عوامل، ابزار، ساز و کارهای فنی و اجرایی، ساز و کارهای کالبدی-فضایی و کارکردهایی هستند که زندگی شهری را تسهیل می کنند و به طور خاص، بدون ملحوظ داشتن زیرساخت ها، زندگی مدنی و شکل گیری سکونتگاه های جمعی انسانی قابل تصور نیست. زیرساخت های شهری (Urban Utilities) عوامل کلیدی به حرکت درآورنده، سازنده و معنی دار کننده شهر و یا سکونتگاه های جمعی هستند. لذا هوشمند سازی زیرساخت های شهری نظیر تجهیزات و تاسیسات زیربنایی شهر (به عنوان مثال، شبکه های آب و برق، خیابانها، ساختمانها و غیره)، همسو با سایر ارکان شهر به منظور یکپارچگی سیستم ها و زیرسیستم های آن از اهداف شهر هوشمند پایدار است.

طبق بیانیه کمیسیون اروپا، «شهر هوشمند» از فناوری های دیجیتال برای بهبود شبکه ها و خدمات موجود استفاده می کند که هم برای ساکنان و هم برای مشاغل مفید است. فراتر از مدیریت موثر منابع و کاهش آلودگی، یک شهر هوشمند جنبه های مختلفی را در بر می گیرد. که شامل ارتقاء تجهیزات شبکه توزیع آب و جمع آوری زباله، سیستم های پیشرفته حمل و نقل شهری، و همچنین راه حل های کارآمد انرژی بهتر برای تولید نور و حفظ گرما در فضاها و تجاری و مسکونی است. (کمیسیون اروپا، ۲۰۲۳).

رشد روزافزون شهرنشینی و تقاضای فزاینده برای منابع آب در شهرهای معاصر از یک سو و بحران کم آبی از سوی دیگر، نیاز به هوشمندسازی شبکه های آبرسانی شهری را دوچندان نموده که در مسیر پیاده سازی، با چالشهای فراوانی مواجه است. شهرهای هوشمند که توسط پیشرفت های تکنولوژیکی و تصمیم گیری مبتنی بر داده هدایت می شوند (Lloret, et al, 2016)، بستر مناسبی را برای مقابله با این چالش ها فراهم می کنند (Javed, et al, 2022).

استفاده از فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) اغلب به عنوان یک استراتژی قدرتمند برای توسعه هوشمند آب ارائه می شود که امکان هوشمندسازی شبکه و مدیریت بهتر منابع آب طبیعی و تسهیل پیشرفت مثبت را فراهم می کند. ادغام فناوری اطلاعات و ارتباطات در هوشمندسازی شبکه و مدیریت آب شهری در پرداختن به پیچیدگی های هوشمندی آب از دسته های مختلف، از جمله منبع آب، تامین و توزیع آب، جمع آوری فاضلاب، استفاده مجدد، دفع، جریان زیست محیطی، حفاظت از آب و موارد دیگر یکپارچه است. اثر ترکیبی شهرنشینی در پاسخ به رشد جمعیت در شهرها بر چشم انداز طبیعی تأثیر می گذارد و بر کیفیت و کمیت آب قابل استفاده از منابع آب تأثیر می گذارد (Bouramdane, A. A., 2023). لذا این روند تند شهرسازی و افزایش جمعیت، فشارهای زیادی را بر سیستم ها و زیرساخت های شهری و نحوه خدمات رسانی وارد کرده است. ناگزیر شهرسازی کنونی برای مدرنیزه کردن سیستم ها و زیرساختها، به استراتژیهای قدرتمند و نوآورانه ای نیاز دارد. اصولاً در مطالعات زیربنایی قلمروهای شهری، موضوع آب از اهمیتی فوق العاده برخوردار بوده و زیربنای توسعه است و پایداری آن در حیات و زندگی شهری نقش کلیدی دارد.

شهر قزوین از جمله شهرهایی است که همیشه با کمبود آب مواجه بوده و حتی ناصر خسرو در سفرنامه خود به آن اشاره کرده است. در حال حاضر و بنا به گزارش سخنگوی صنعت آب کشور، وضعیت آبی استان قزوین به همراه چهار استان دیگر در وضعیت قرمز و بحرانی قرار دارد (خبرگزاری فارس؛ ۱۸-۷-۱۴۰۲). باتوجه به جمعیت ۴۰۲،۷۴۸ نفری شهر قزوین (مطابق آخرین سرشماری مرکز آمار کشور در سال ۱۳۹۵) و نیز افزایش نرخ رشد جمعیت از حیث مهاجرپذیری در طول سالیان اخیر و نیز کاهش ۳۷ درصدی بارندگی (خبرگزاری مهر؛ ۱۲-۱۲-۱۴۰۲) در این شهر بر اهمیت پرداختن به موضوع صحنه می گذارد. در این تحقیق تلاش شده است ضمن بررسی شاخص ها و زیرساخت های شهر هوشمند، جایگاه شبکه های آبرسانی شهری در زیرساخت های شهری مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته و باتوجه به اهمیت حیاتی آب در جهان کنونی، به نقش شبکه های هوشمند آب در این حوزه پرداخته شود. در این راستا، سؤال این تحقیق به صورت زیر مطرح شده است که از بررسی انگاره مفهومی شهر هوشمند چه پیامدهایی قابل درک است؟ و نقش و ارتباط هوشمندسازی شبکه های آبرسانی در این زمینه چیست؟

رجبی و همکاران (۱۴۰۲) در پژوهشی که تحت عنوان «ارزیابی تحقق شهر هوشمند با تأکید بر رویکرد کیفیت زندگی شهری» انجام داده اند به بررسی شاخص های شهر هوشمند در منطقه دو شهر تهران پرداخته و نتایج نشان داد که مردم هوشمند و زندگی هوشمند، مهمترین شاخص شهر هوشمند در این محدوده است و در تحقق این امر حکمروایی هوشمند کمترین تأثیر را دارد. کیفیت اقتصادی مهمترین شاخص کیفیت زندگی شهری است و در این میان، شاخص کیفیت کالبدی کمترین تأثیر را دارد. درنهایت، کیفیت زندگی باتوجه به بار عاملی متغیر تأثیر قوی و تعیین کننده ای در تحقق شهر هوشمند دارد. همچنین، شهر هوشمند خود تأثیری با شدت کمتر بر ارتقا کیفیت زندگی دارد.

ناگپال<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۲۳) در تحقیقی با عنوان «غلبه بر موانع شهر هوشمند با استفاده از مدل سازی ساختاری تفسیری چندوجهی» بیان می کنند شهرنشینی گسترده و کمبود منابع پدیده های جهانی هستند که محققان در سراسر جهان تبدیل شهری به یک شهر هوشمند را عملی ترین راه حل برای آن می دانند. با اینحال، برنامه ریزان شهری با موانع زیادی در تغییر شهرها روبرو هستند. اینها شامل عوامل اقتصادی مانند هزینه بالای توسعه و نگهداری زیرساخت ها، پارادایم های اجتماعی، حکمرانی و مسائل زیست محیطی است که جاه طلبی های دولت را محدود می کند. برای طراحی یک استراتژی بهینه برای ایجاد شهر هوشمند، باید موانع مختلف شناسایی و اولویت بندی شوند. موانع مختلف اجرای موفقیت آمیز مأموریت شهر هوشمند با استفاده از بررسی ادبیات گسترده و نظرات کارشناسان شناسایی شد. شهرهای هند از نظر زیرساخت، وسعت، جمعیت و امکانات موجود بسیار مشکلات دارند.

<sup>1</sup>Nagpal

در مقاله ای تحت عنوان مروری بر عبارت شهر هوشمند پایدار، بنیان ها و افق های آن پرداخته است. این پژوهش معتقد است برای پیاده سازی عملی شهر هوشمند پایدار، باید بسیاری از مباحث مطرح نشده و نادیده گرفته شده بررسی شوند. همچنین معتقدند که شهر هوشمند پایدار در مراحل اولیه خود به سر می برند که نیازمند مطالعات تکمیلی هست (Bibri, et al. 2021). در پژوهش زهرا حسنی و فرشته احمدی (۱۳۹۹)، تحت عنوان «تبیین معیارها و شاخص های شهر هوشمند در شهرهای جدید با تأکید بر زندگی هوشمند» این نتیجه حاصل گشت که معیار قابلیت دسترسی و مشارکت اینترنتی، شامل شاخص های توسعه برنامه های مشارکت دیجیتال برای گروه های در خطر طرد شدن و دسترسی به اینترنت خانگی دارای بیشترین امتیاز می باشد. نیما نظامی و شادی فتحی (۱۳۹۶) در مقاله خود با عنوان «بررسی شرایط پیاده سازی شبکه های هوشمند آبرسانی شهری» چنین نتیجه می گیرد که هوشمندسازی شبکه آب منجر به کاهش تلفات آب و مدیریت خشکسالی و همچنین منافع مالی حاصل از آن برای شرکت ها و نهادهای ذی نفع همچون شرکت های آب و فاضلاب را به همراه دارد. دی ناردو و همکاران (Di Nardo, et al. 2021) در پژوهشی تحت عنوان «شبکه های هوشمند آب شهری: راه حل ها، روندها و چالش ها» نشان می دهد که انتقال فناوری از آزمایشگاه های تحقیقاتی به بازار آب به دلایل بسیاری، عمدتاً به دلیل تاخیر در فرآیندهای استانداردسازی و یک چارچوب نظارتی مشترک، هنوز کند است. قدرت و فناوری های دیجیتال جدید. انتقال دیجیتال شبکه های آب به سمت سیستم های هوشمند یک فرآیند مداوم و تدریجی است. با این حال، در سال های گذشته تغییرات بنیادی مشاهده شده است. لذا بررسی مطالعات و پژوهش های موجود نشان می دهد که پیشینه مطالعاتی داخلی و خارجی در رابطه با موضوع پژوهش، خصوصاً در زمینه زیرساخت های شهری و شبکه های آبرسانی هوشمند بسیار محدود بوده و شهر هوشمند در کشور ما مبحثی کاملاً نوظهور محسوب می شود.

## مبانی نظری

### مفاهیم و تعاریف شهر هوشمند

در دهه گذشته، مفهوم شهر هوشمند محبوبیت قابل توجهی به دست آورده است و در نهایت ساکنان را قادر می سازد تا نیازهای مسکن، حمل و نقل، انرژی و سایر زیرساخت های خود را بهتر برآورده کنند، اما همچنین به عنوان یک استراتژی کلیدی برای مبارزه با فقر و نابرابری، بیکاری و مدیریت انرژی است. مفهوم شهر هوشمند بیان می کند که یک شهر باید یک منطقه خلاق و پایدار باشد که کیفیت زندگی را بهبود می بخشد، محیط دوستانه تری ایجاد می کند و چشم انداز توسعه اقتصادی قوی تر است (Lee, et al. 2014). اگرچه هیچ تعریف رسمی و پذیرفته شده ای از شهر هوشمند وجود ندارد، اما هدف نهایی استفاده بهتر از منابع عمومی، بهبود کیفیت خدمات ارائه شده به شهروندان و در عین حال کاهش هزینه های عملیاتی مدیریت دولتی است (Zanella, et al. 2014).

مطالعه و بررسی سیر تحول شهر هوشمند نیازمند مطالعه تاریخی و تئوریک از شهرهای فناوری محور در طول دوره های مختلف تاریخی است. به لحاظ زمانی اولین تکنولوژی ارتباطی که وارد شهرها شد، تلگراف بود. اختراع تلگراف مسیر توسعه در ارتباطات را تغییر داد که برای نخستین بار در حذف محدودیت زمانی و مکانی بسیار اثرگذار بود، به گونه ای که عبارت پایان جغرافیا در این زمان مطرح شد (Tong, et al. 2021). با گذشت زمان و اختراع تلفن بر دامنه فناوری ها روز به روز افزوده شد. گسترش آرپانت در ارتش آمریکا زمینه را برای گسترش اینترنت جهانی فراهم آورد. با گسترش اینترنت به صورت گسترده در سطح جهانی در سال ۱۹۹۳ تله سیتیز، شهر و حومه را از طریق کاربرد و توسعه برنامه های تلماتیک در بستر شهر، فناوری را به صورت کاربردی وارد شهر کرد. در واقع تله سیتیز بستر همکاری شبکه ای برای توسعه شهرهای دیجیتال اروپا بود. سپس شهر دیجیتال به صورت آزمایشی در یک پروژه ای (۱۹۹۴) در یک شبکه مجازی شهروندی در آمستردام به کار رفت. سپس امکان نمایش ساخت و بافت شهر به صورت سه بعدی فراهم شد. با افزایش نگرانی های زیست محیطی، شهرنشینی شتابان، رشد جمعیتی و توسعه فناوری چگونگی ساخت و اداره شهرها

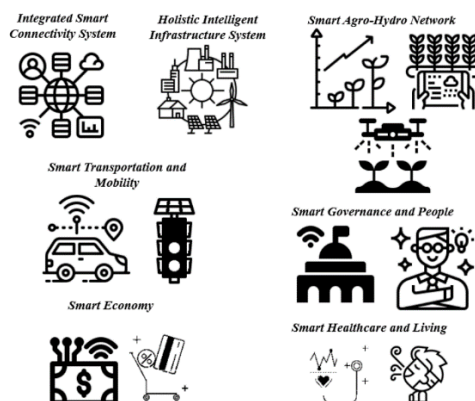
مورد تجدید نظر قرار گرفت. به طوری که اوایل سال ۲۰۰۰ شهر هوشمند مطرح شد (Lv, et al. 2021).

شهر هوشمند تعاریف متعددی دارد که توسط گروه های مختلف متخصصین و دولت ها مورد استفاده قرار گرفته است. شهر هوشمند شهری است که از تکنولوژی اطلاعات و ارتباطات در تمامی اشکال آن از رویکرد سیستم اطلاعاتی تا استفاده هوشمند از زیرساخت تعاملی بهره می گیرد تا بتواند خدمات پیشرفته و مبتکرانه را برای شهروندان فراهم کند، کیفیت زندگی آنان را افزون سازد و منابع طبیعی را به صورت پایدار مدیریت کند. شهر هوشمند را یک سیستم اجتماعی- فنی متشکل از زیرسیستم های بهم مرتبط و خودمختار توصیف کرد که با بهره گیری از تکنولوژی های جدید نظیر هوش مصنوعی، اینترنت اشیا، رایانش ابری، بلاکچین و نظایر به باز تعریف رابطه نهادهای اجتماعی در شئون مختلف زندگی شهری نظیر حکمروایی مطلوب و تفویض قدرت به شهروندان، خدمات و زیرساخت، زندگی با کیفیت، آموزش، اقتصاد پویا، پایداری و حفاظت از محیط زیست و تابآوری در برابر مخاطرات می پردازد (Kashef, et al. 2021).

### کاوش در شهرهای هوشمند: بهره برداری از فناوری برای تکامل شهری

در سال های اخیر، مفهوم شهرهای هوشمند به عنوان یک راه امیدوارکننده برای پرداختن به چالش های شهرنشینی سریع، کمبود منابع و پایداری زیست محیطی مورد توجه قرار گرفته است. در قلب این مفهوم، ادغام فناوری های پیشرفته، به ویژه فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) و اینترنت اشیا (IoT)، برای متحول کردن زیرساخت های شهری، حکمرانی و کیفیت زندگی قرار دارد (Alam, et al. 2021). این رویکرد کل نگر به جنبه های مختلف زندگی شهری، از حمل و نقل و انرژی گرفته تا مراقبت های بهداشتی و حکومتداری (Javed, et al. 2022) (شکل ۱) اشاره می کند. در زیر، جنبه های کلیدی شهرهای هوشمند را بررسی می کنیم و پتانسیل و تأثیر آن ها را نشان می دهیم.

شکل ۱. اجزای مختلف یک شهر هوشمند به هم پیوسته اند و با هم کار می کنند تا کارایی و پایداری شهر را بهبود بخشند. به عنوان مثال، سیستم های حمل و نقل هوشمند می توانند از داده های حسگرها برای بهینه سازی جریان ترافیک و کاهش انتشار گازهای گلخانه ای استفاده کنند. سیستم های انرژی هوشمند می توانند از منابع انرژی تجدیدپذیر و فناوری های کارآمد انرژی برای کاهش وابستگی شهر به سوخت های فسیلی استفاده کنند. شبکه های آب هوشمند از داده ها و فناوری برای بهبود بهره وری آب، کاهش نشت، نظارت بر کیفیت آب و بهبود تولید، توزیع و ایمنی مواد غذایی استفاده می کنند. ساختمان های هوشمند می توانند از حسگرها برای نظارت بر مصرف انرژی و بهینه سازی سطوح آسایش استفاده کنند. و سیستم های حکمرانی هوشمند می توانند از داده ها برای بهبود خدمات عمومی و تصمیم گیری بهتر استفاده کنند. (Bouramdane, A. A, 2023).



شکل ۱. اجزای مختلف یک شهر هوشمند به هم پیوسته (Bouramdane, A. A, 2023)

- فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) در شهر هوشمند: در هسته شهرهای هوشمند یک چارچوب قوی (ICT) قرار دارد که به عنوان سیستم عصبی منظر شهری عمل می کند. شبکه‌های داده پیشرفته، اینترنت پرسرعت و رایانش ابری ارتباط یکپارچه بین دستگاه‌ها، سیستم‌ها و شهروندان را ممکن می‌سازد. این اتصال متقابل ستون فقرات را برای جمع آوری داده‌ها، تجزیه و تحلیل و فرآیندهای تصمیم‌گیری در زمان واقعی تشکیل می دهد که عملکردهای شهری را بهینه می کند (Rai, et al, 2023).
- اینترنت اشیا (IoT) برای شهرهای هوشمند: اینترنت اشیا، شبکه‌ای از دستگاه‌های به هم پیوسته تعبیه شده با حسگرها و نرم افزارها، شهرهای هوشمند را با تسهیل بینش‌های مبتنی بر داده و اتوماسیون توانمند می کند. از چراغ‌های راهنمایی هوشمند که زمان‌بندی‌ها را بر اساس جریان ترافیک بی‌درنگ تنظیم می‌کنند تا سطوح‌های زباله که در صورت نیاز به تخلیه سیگنال می‌دهند، اینترنت اشیا باعث کارایی و بهینه‌سازی منابع می‌شود (Bellini, et al, 2022).
- سنجش هوشمند: سنجش هوشمند شامل استقرار حسگرهای مختلف در سراسر منظر شهری برای نظارت بر شرایط محیطی، مصرف انرژی و سایر پارامترها است. این حسگرها داده‌های ارزشمندی را در اختیار برنامه‌ریزان شهری قرار می‌دهند و به آن‌ها کمک می‌کنند تا در مورد تخصیص منابع و توسعه زیرساخت تصمیم‌گیری آگاهانه بگیرند (Jiang, et al, 2020).
- شبکه و زیرساخت‌های هوشمند: شبکه‌های هوشمند از فناوری دیجیتال برای بهینه‌سازی توزیع برق، مدیریت تقاضا و یکپارچه‌سازی منابع انرژی تجدیدپذیر بهره می‌برند. این منجر به تامین انرژی مطمئن‌تر، کاهش ضایعات و بهبود پایداری می‌شود (Heck, et al, 2021). به طور مشابه، زیرساخت‌های هوشمند شامل طرح‌های هوشمندی می‌شوند که کارایی ساختمان‌ها، جاده‌ها و تاسیسات را بهبود می‌بخشند و عملکرد کلی شهری را افزایش می‌دهند (Guma, et al, 2021).
- حمل و نقل و تحرک هوشمند: سیستم‌های حمل و نقل هوشمند از داده‌ها و فناوری برای افزایش تحرک، کاهش ازدحام و به حداقل رساندن اثرات زیست محیطی استفاده می‌کنند. این شامل مدیریت هوشمند ترافیک، شبکه‌های شارژ وسایل نقلیه الکتریکی، و حتی وسایل نقلیه خودران است که نوید حمل و نقل ایمن‌تر و کارآمدتر را می‌دهند (Sanchez-Iborra, et al, 2020).
- انرژی هوشمند: استفاده کارآمد از انرژی مشخصه شهرهای هوشمند است (Yarashynskaya, et al, 2022). از طریق تجزیه و تحلیل و پایش داده‌های بیدرنگ، شهرها می‌توانند الگوهای مصرف انرژی را شناسایی کرده و استراتژی‌هایی را برای کاهش ضایعات و اتکا به سوخت‌های فسیلی اجرا کنند (Lewandowska, et al, 2020).
- آب هوشمند: در میان مجموعه‌ای از اجزای شهر هوشمند، شبکه‌های هوشمند آب به عنوان یک جنبه محوری ظاهر می‌شود. استفاده از فناوری برای بهینه‌سازی مصرف آب، جلوگیری از هدر رفتن و اطمینان از توزیع عادلانه، سنگ بنای پایداری شهر هوشمند را تشکیل می‌دهد (Salman, et al, 2023).
- ساختمان‌های هوشمند: ساختمان‌های هوشمند از سیستم‌های اتوماسیون و داده محور برای بهینه‌سازی مصرف انرژی، امنیت و راحتی ساکنین استفاده می‌کنند. از روشنایی تطبیقی گرفته تا سیستم‌های کنترل آب و هوا، این ساختارها به حفظ منابع و بهبود کیفیت زندگی کمک می‌کنند (Uspenskaia, et al, 2021).
- حکمرانی هوشمند: حکمرانی هوشمند شامل اعمال نفوذ فناوری برای افزایش مشارکت شهروندان، ساده‌سازی فرآیندهای اداری و تقویت شفافیت است. پلت‌فرم‌های حکومت الکترونیک، ارائه خدمات دیجیتال و تصمیم‌گیری مبتنی بر داده به مدیریت شهر پاسخگوتر و کارآمدتر کمک می‌کنند (Firman, et al, 2022).

- مردم هوشمند: ساکنان یک شهر هوشمند نقشی محوری دارند. شهروندان با آموزش شیوه های پایدار و مجهز به ابزارهای دیجیتال، می توانند به طور فعال در حفظ منابع، کاهش ضایعات و رفاه جامعه مشارکت کنند (Sierdovski, et al, 2022).
  - اقتصاد هوشمند: نوآوری و کارآفرینی مبتنی بر فناوری در شهرهای هوشمند رشد می کند. این شهرها با ایجاد محیطی مناسب برای استارت آپها و صنایع فناوری، رشد اقتصادی ایجاد می کنند و در عین حال به چالش های شهری می پردازند (Youssef, et al, 2021).
  - مراقبت های بهداشتی هوشمند: خدمات بهداشتی از فناوری از طریق پزشکی از راه دور، دستگاه های نظارت بر سلامت پوشیدنی، و تجزیه و تحلیل های پیش بینی کننده که به تشخیص و پیشگیری از شیوع بیماری کمک می کند، سود می برند (Huang, et al, 2023).
  - زندگی هوشمند: اوج این تلاش ها بهبود کیفیت زندگی برای ساکنین است. کاهش ازدحام، هوای پاک تر، خدمات کارآمد و دسترسی بهتر به منابع به سبک زندگی شهری راحت تر و پایدار کمک می کند (Nguyen, et al, 2022).
- در اصل، شهرهای هوشمند با القای فناوری، اتصال و بینش های مبتنی بر داده، چشم انداز شهری را تغییر شکل می دهند. با پرداختن به چالش ها از طریق رویکردی چند بعدی، این شهرها نگاهی اجمالی به آینده ای ارائه می دهند که در آن شهرنشینی و پایداری به طور هماهنگ همزیستی دارند.

### زیرساخت هوشمند:

زیرساخت هوشمند توانایی تأثیرگذاری و هدایت استفاده، نگهداری و پشتیبانی خود را با پاسخگویی هوشمندانه به تغییرات محیط خود دارد (CSIC, 2016). زیرساختهای انرژی (برق و گاز)، آب، حمل و نقل و شبکه مخابراتی از مهمترین شریانه های توسعه ای مطرح شده در ادبیات پژوهش، به «زیرساختهای حیاتی» معروف هستند (Pursiainen, 2018; Osei-Kyei et al, 2021)



شکل ۲. عمده عناصری که معمولاً در قالب شبکه، تأسیسات و تجهیزات زیر بنایی را تشکیل می دهند (بهزادفر، ۱۳۹۲)

در دنیایی که زیرساخت‌ها واقعا هوشمند هستند، فناوری‌های حسگر در زیرساخت‌ها و تجهیزاتی که با آن در تعامل است تعبیه شده‌اند. این حسگرها به یک ستون ارتباطی متصل هستند که امکان جمع آوری و تجزیه و تحلیل داده‌ها را در زمان واقعی فراهم می‌کند. اطلاعات جمع آوری شده تجزیه و تحلیل، تفسیر و به عنوان اطلاعات قابل اعتماد، قوی و معنادار به ارائه دهندگان زیرساخت ارائه می‌شود، که سپس می‌توانند تصمیمات آگاهانه تری در مورد سلامت ساختاری و نگهداری دارایی‌های خود بگیرند.

در یک محیط سنجش، زیرساخت قادر است در زمان واقعی به نیازهای کاربران پاسخ دهد. دارایی‌های زیرساختی خودآگاه، تعمیر و نگهداری خود را هدایت می‌کنند، که منجر به نگهداری مبتنی بر شرایط، کاهش زمان خرابی و کارایی عملیاتی بیشتر زیرساخت‌ها می‌شود.

اطلاعات بهتر منجر به درک بهتر رفتار زیرساخت می‌شود. تأثیر این امر منجر به دگرگونی در رویکردهای طراحی و ساخت و همچنین تغییرات گامی در بهبود سلامت و بهره‌وری، کارایی بیشتر در طراحی و عملکرد، جامعه کم‌کربن و برنامه ریزی و مدیریت شهری پایدار خواهد شد (شکل ۳ را ببینید).



شکل ۳. ملزومات زیرساخت شهرهای هوشمند برای توسعه شهرهای هوشمند  
منبع: جامعه بین‌المللی برنامه ریزان شهری و منطقه‌ای (ISOCAP, 2014)

### شبکه آب هوشمند:

شهر هوشمند ابتدا شهر را به عنوان یک سیستم کل که دارای سامانه‌های متعددی است بررسی می‌کند. (C.Hafedh, et al. 2012) از سوی دیگر مبرهن است که آب سرچشمه حیات بشری است و با رشد جمعیت و توسعه شهری، کاهش ذخایر آب شرب مناسب، به طور روزافزون چشمگیر می‌شود و موضوع آلودگی آب نیز بیش از پیش اهمیت پیدا می‌کند. به دلیل اثرات ناشی از سیل، خشکسالی و هوای پرخطر در سراسر دنیا، نظارت و مدیریت منابع آب به مشکلی چالش برانگیز برای توسعه شهری بدل شده است.

به عنوان قسمت مهمی از شهر هوشمند، انتظار می‌رود تا (فرآیند) هوشمندی آب، به عنوان سمبلی مهم جهت کمک به جوامع توسط نسلی تازه از فناوری‌های اطلاعات و ارتباطات، که می‌تواند مشکلات زیادی را، نظیر تغییرات آب و هوایی در سطح جهان، کمبود منابع آب به علت استفاده بیش از اندازه از سوی مردم و وضعیت پیچیده منابع آبی مانند حوادث شدید و خشکسالی و تخریب زیست بوم‌های محیط زیست را حل کند، پذیرفته شود.

شکل ۴، بیانگر برخی از پایه های شهر هوشمند و کاربردهای آن است که شامل مدیریت آب و فاضلاب نیز است. با اجرای سیستم های هوشمند آب انتظار می رود که استفاده از منابع آب بهبود یابد، فرهنگ جمعی اشاعه صرفه جویی در مصرف آب ظهور یابد و در انتها فرآیند حفاظت از منابع آبی به واسطه اطلاعات مرتبط با صیانت از آب، گسترش یابد. (Yuanyuan, et al. 2017).



شکل ۴: ارکان و موارد کاربرد متنوع شهرهای هوشمند، (Vijai, P & Bagavathi Sivakumar, P. 2016)

درواقع امروزه فناوری شبکه هوشمند آب به عنوان راهکار امیدبخش حل و فصل بحران ناشی از مشکلات عرضه آب در سطح جهانی در نظر گرفته می شود. (Won Lee, S. 2015: 340). شبکه های هوشمند، شبکه هایی با توانایی بالا هستند که امکان مدیریت به موقع، بهینه و آسوده را برای تولید، بهره برداری و توزیع منابع آب فراهم می کنند. (بهپویان امین منتظر، ۱۳۹۴، ۱۴-۲). شبکه توزیع آب از زیرساخت های شش گانه در شهرهای هوشمند می باشد که می تواند به صورت مستقل یا هماهنگ با سایر زیرساخت ها مدیریت شده و بهره برداری می گردد. هوشمند سازی شبکه توزیع آب به حرکتی در صنعت آب اشاره دارد که شامل فناوری های در حال ظهور بوده که شامل سخت افزار، نرم افزار و تجزیه و تحلیل برای کمک به اهداف آب و فاضلاب در حل مشکلات آب و محیط زیست از طریق اتوماسیون یا خودکار سازی، جمع آوری تجزیه و تحلیل داده ها است.

طبق تعریف استاندارد WEF، آب هوشمند به طور بالقوه یک راه حل برای مواردی از جمله تشخیص نشت، بالا بردن بازده شبکه های آبرسانی، افزایش بازده انرژی، بهبود کیفیت آب و موارد دیگر است. فناوری هوشمند آب بستری را برای استفاده کارآمدتر از فناوری های نوظهور و تصمیم گیری های آگاهانه تر فراهم می نماید.

نیاز به بهینه سازی امنیت داده ها و دقت نتیجه علاوه بر چالش های مطرح شده توسط کرونا ویروس ۲۰۲۰، به ویژه قوانین فاصله اجتماعی و تشویق کار از راه دور، به علاقه به هوشمند سازی شبکه توزیع آب نیز کمک کرده است.

### فواید هوشمند سازی شبکه های توزیع آب

از انگیزه ها و دلایل استفاده از سامانه های هوشمند در شبکه های آب می توان به مواردی مانند: بحران کمبود آب، حفاظت و صیانت از منابع ارزشمند آب، احیای مناسب از دست رفته و ترمیم اکولوژیکی، پیر و فرسوده شدن تاسیسات، نشت و لزوم حفظ آب شرب، آب بدون درآمد، هزینه های بهره برداری شامل هزینه های نیروی انسانی و عملیات، هزینه های تعمیرات و نگهداری، هزینه های انرژی، گسترش و پیچیدگی شبکه های توزیع شهری، اندازه گیری مصارف و مدیریت امور مشترکین، محافظت از شبکه و تاسیسات آب و پدافند غیرعامل اشاره کرد. (Rebello, et al. 2014)

بررسی‌ها نشان می‌دهد که بخش اعظمی از آب مصرفی خانوارها در جهان که از طریق شبکه‌های آبرسانی مهیا می‌گردد تلف می‌شود. این میزان در برخی شهرها حتی به بیش از ۳۰ درصد نیز می‌رسد. بخش اعظمی از این هدر رفت نیز در جریان رسیدن آب با کیفیت از سایت‌های تصفیه به خانه‌ها است. در واقع بخش اعظمی از آب تصفیه شده در مسیر خود هدر می‌رود. این موضوع به خودی خود اهمیت استفاده از شبکه‌های توزیع هوشمند را بیان می‌کند.

طبق این برآوردها همه شهرهای بزرگ باید از آب هوشمند بهره‌مند شوند. این شرکتها به طور ایده‌آل سیستم‌های بهینه‌ای را به دست می‌آورند که به آنها امکان می‌دهد هزینه‌های عملیاتی را در سایر مناطق دارای اهمیت متمرکز کنند. مسئله بحران‌های آبی یک موضوع جهانی بوده که جامعه انسانی را با خطرات بسیاری مواجه نموده است. هوشمندسازی شبکه‌های توزیع آب میزان مصرف نهایی را با شناسایی نقاط پرمصرف، رفع نشتی‌های آب، بهینه‌یابی مسیرهای توزیع و جلوگیری از افت فشار ناشی از خرابی تاسیساتی را می‌گیرد. این موضوع نه تنها باعث کاهش مصرف شده بلکه انرژی لازم برای تامین آب آشامیدنی را کاهش می‌دهد. از خرابی تاسیسات جلوگیری کرده و می‌تواند نقش موثری در حل بحران‌های زیست‌محیطی داشته باشد.

بر اساس تعریف سازمان انرژی ایالات متحده آمریکا، شبکه هوشمند یک شبکه وسیع خودکار است که در آن انتقال منابع و تبادل اطلاعات به صورت دو طرفه صورت می‌گیرد (EIA, 2010). این شبکه امکان کنترل و پاسخگویی به هر نوع تغییرات در شبکه، از منابع تولید تا مصرف کنندگان و حتی یکایک تجهیزات را دارد. از آنجایی که همکاری دادن مشترکان از اهم اهداف شبکه هوشمند می‌باشد و شبکه مصرف مهم‌ترین زنجیره از یک شبکه برای تحویل کالاهایی نظیر برق، آب و غیره از تولید به مصرف است، بنابراین تحلیل و بررسی هوشمندسازی شبکه توزیع آب از اهمیت بسیاری برخوردار است. لازمه هوشمندسازی، نفوذ فناوری در سیستم شبکه از محل منبع گرفته تا مصرف کنندگان است. حرکت به سمت هوشمندسازی و کمال شبکه، لازمه طراحی چارچوبی مشخص است که محققین آن را، نقشه راه هوشمندسازی شبکه می‌نامند.

در خصوص طراحی شبکه هوشمند آب و نیز ارائه مکانیزم و ابزارهای مدل‌سازی، تدوین سیاست‌های مبادله آب بین طرف‌های ذینفع در راستای تخصیص بهینه منابع آب و مدیریت کلان مصرف، می‌تواند در سایه توسعه و به‌کارگیری ساز و کارهای مبتنی بر تامین اهداف موجود در یک سیستم باشد. از سوی دیگر در طراحی شبکه هوشمند آب لازم است تا به ردیابی گام به گام تراکنش‌های مختلف از تبادل، فعل و انفعالات، تغییرات زمانی و مکانی قیمت خرید و فروش آب، مقادیر داد و ستد و نیز پایش کاربرانی که استفاده نامتعارف از آب داشته‌اند پرداخته شود (Mutchek, 2014).

لذا استقرار برنامه‌های کاربردی هوشمند در حوزه‌های مختلف، از جمله مراقبت‌های بهداشتی، حاکمیت، محیط زیست، حمل و نقل، انرژی، امنیت، زیرساخت‌ها و آموزش، شیوه زندگی و کار ما را تغییر می‌دهند. این برنامه‌ها از فناوری‌های نوظهور مانند اینترنت اشیا، داده‌های بزرگ و هوش مصنوعی برای مقابله با چالش‌های پیچیده و بهبود کیفیت زندگی افراد و جوامع استفاده می‌کنند. در حالی که چالش‌ها و نگرانی‌هایی در مورد مسائل مربوط به حریم خصوصی، امنیت و اخلاقی وجود دارد، مزایای بالقوه برنامه‌های کاربردی هوشمند قابل توجه‌اند و آنها را به یک حوزه مهم تحقیق و توسعه برای آینده تبدیل می‌کند. (Gracias, et al, 2023).

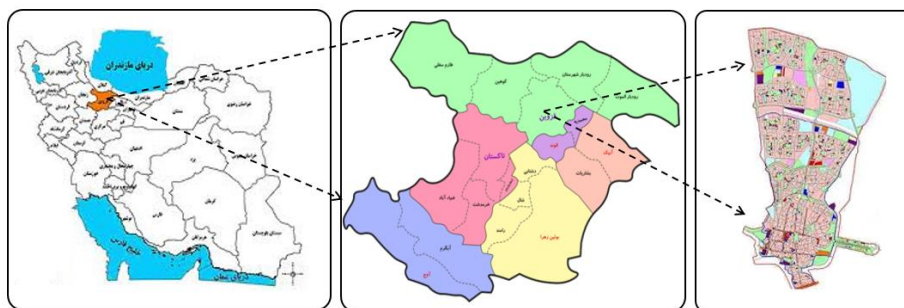
### روش تحقیق

این پژوهش از حیث هدف، کاربردی است و از نظر نوع داده‌ها، یک پژوهش کیفی و برپایه پارادایم تفسیرگرایی می‌باشد، روش پژوهش در آن بر مبنای تحلیل مضمون (تم) است. با توجه به موضوع پژوهش، و ترجیح خبرگان بر طرح پرسش‌های مشخص، از روش مصاحبه نیمه ساختار یافته استفاده گردید. پس از مطالعه جامع ادبیات پژوهش، پرسش‌های

مصاحبه طراحی گردید. در ادامه روند مصاحبه و تحلیل پاسخ‌های خبرگان، پرسش‌های دیگری طرح گردید. متوسط زمان انجام مصاحبه‌ها، یک ساعت بود. پس از کسب اجازه از مصاحبه‌شوندگان و موافقت آن‌ها، مصاحبه‌ها ضبط و پیاده‌سازی شد. جامعه آماری این پژوهش متشکل از متخصصان حوزه شهری (شهرداری و آب و فاضلاب) بوده که دارای تجربه بیش از ۲۰ سال باشند. در این پژوهش از ۱۴ مصاحبه نیمه ساختار یافته به روش نمونه‌گیری غیر احتمالی هدفمند استفاده شده است. از مصاحبه ۱۱ به بعد مفهوم جدیدی به مفاهیم قبلی اضافه نگردید اما برای اطمینان از اشباع نظری، فرآیند مصاحبه تا مصاحبه ۱۴ ادامه یافت. برای تجزیه و تحلیل داده‌های گردآوری شده در مصاحبه‌ها، از روش تحلیل تم استفاده گردید.

### محدوده مورد مطالعه

شهر قزوین با مساحتی بالغ بر ۶۴ کیلومتر مربع، مرکز استان قزوین، در بخش مرکزی ایران قرار دارد که از سمت شمال با استانهای گیلان و مازندران، از غرب با استان‌های زنجان و همدان، از جنوب با استان مرکزی و از شرق با استان البرز همسایه است. شهر قزوین در حوزه فناوری اطلاعات و شهر هوشمند یکی از شهرهای پیشرو است. ولی همچون بسیاری از شهرهای کشور پیشرفت چشمگیری در این زمینه نداشته است. جمعیت شهر قزوین براساس آخرین سرشماری (سال ۱۳۹۵)، ۴۰۲,۷۴۸ نفر بوده و منابع آب شرب شهر، از ۷۵ حلقه چاه عمیق تامین می‌گردد و این منابع ناپایدار هر ساله از ظرفیت آن به شدت کاسته می‌شود.



شکل ۵: موقعیت جغرافیایی شهر قزوین (محدوده مورد مطالعه)، منبع برآمده از پژوهش حاضر/نگارندگان

### تجزیه و تحلیل و یافته‌های تحقیق

#### روش کیفی تحلیل محتوا (مضمون یا تم)

این روش به‌عنوان یک روش کیفی معتبر، در استخراج و تحلیل و تصحیح چندباره داده‌ها روشی بسیار خوب است. کلارک و براون (۲۰۰۶) معتقدند «تحلیل محتوا یا مضمون، روشی برای تعیین، تحلیل و بیان الگوهای (مضامین) موجود درون داده‌ها است. این روش در حداقل خود داده‌ها را سازمان‌دهی و در قالب جزئیات توصیف می‌کند؛ اما می‌تواند از این فراتر رفته و جنبه‌های مختلف موضوع پژوهش را تفسیر کند. رویکردهای کیفی بسیار متنوع، پیچیده و ظریف هستند و تحلیل محتوا بایستی به‌عنوان یک روش اساسی برای تحلیل کیفی در نظر گرفته شود. تحلیل محتوا (مضمون)، نخستین روش تحلیل کیفی است که محققان باید فراگیرند، زیرا این روش، مهارت‌های اصلی که برای اجرای بسیاری از روش‌های دیگر تحلیل کیفی لازم است را فراهم می‌آورد».

همچنین می‌دانیم ابزار مصاحبه عمیق برای محقق در اخذ داده‌های عمیق و سپس پیاده‌سازی و علامت‌گذاری چندباره آن‌ها فراهم آورد. در روش تحلیل محتوا (مضمون) برای اینکه محقق با عمق و گستره محتوایی داده‌ها آشنا شود لازم

است که خود را در آن‌ها تا اندازه‌ای غوطه‌ور سازد. غوطه‌ور شدن در داده‌ها معمولاً شامل "بازخوانی مکرر داده‌ها" و خواندن داده‌ها به صورت فعال (جستجوی معانی و الگوها) است:

جدول ۱. تحلیل محتوا در یک نگاه

گام نخست	آشنایی با داده‌ها
گام دوم	ایجاد کدهای اولیه
گام سوم	جستجوی تم‌ها
گام چهارم	بازبینی تم‌ها
گام پنجم	تعریف و نام‌گذاری تم‌ها
گام ششم	تهیه گزارش

### مرحله اول؛ آشنایی با داده‌ها:

در پژوهش حاضر، پژوهشگر قبل از اینکه تحلیل کدگذاری داده‌ها را انجام دهد یک بار کل داده‌های حاصل از مصاحبه‌های انجام شده را می‌خواند. اگرچه به دلیل عدم اجازه بعضی از مصاحبه‌شوندگان، پژوهشگر مجبور به نوشتن مصاحبه‌ها است و این امر در بازخوانی و آشنایی محقق به داده‌ها کمک شایانی خواهد کرد، اما بازهم جهت پژوهش این گام، بازخوانی مطالب صورت پذیرفت.

جدول ۲. توصیف ویژگی‌های جمعیت شناختی مصاحبه‌شوندگان (منبع: نگارنده)

ردیف	جنسیت	سابقه کار (سال)	مدرک تحصیلی	سمت	حوزه فعالیت	
					شهرداری	آب و فاضلاب
۱	مرد	۲۳	دکتری	معاونت مشترکین	*	
۲	مرد	۲۵	کارشناسی ارشد	معاونت برنامه ریزی	*	
۳	مرد	۲۴	دکتری	معاونت شهرسازی	*	
۴	مرد	۲۶	دکتری	معاونت عمرانی	*	
۵	زن	۲۰	کارشناسی ارشد	مدیر بهره برداری	*	
۶	مرد	۲۲	کارشناسی ارشد	مدیر توسعه آب	*	
۷	مرد	۲۰	کارشناسی ارشد	مدیر طرح بازآفرینی	*	
۸	مرد	۲۳	دکتری	مدیر طرح ترافیک	*	
۹	زن	۲۱	کارشناسی ارشد	مدیر طرح‌های شهری	*	
۱۰	مرد	۲۶	کارشناسی	مدیر بهره برداری آب شهر قزوین	*	
۱۱	مرد	۲۵	دکتری	معاونت بهره برداری آب	*	
۱۲	زن	۲۰	دکتری	مدیر پایش و بهداشت آب	*	

۱۳	زن	۲۰	کارشناسی ارشد	مدیر بهره برداری فاضلاب	*
۱۴	مرد	۲۵	کارشناسی ارشد	مدیر تصفیه خانه های فاضلاب	*

### مرحله دوم؛ ایجاد کدهای اولیه:

برای نمونه، در زیر یک مصاحبه که به متن تبدیل شده است به همراه کدهای مربوطه آورده شده است.

«از نظر اینجانب، شهر هوشمند شهری است پیچیده و پر از فناوری های دیجیتال که در آن فضای سایبری و سیستم های فنی با هم تعامل دارند تا به یک هدف واحد و اصلی، یعنی ارتقاء کیفیت زندگی دست یابند. همچنین تمامی گروه های ذینفع باهم مشارکت موثر داشته باشند. منظور بنده از مشارکت موثر، مشارکتی است که هم در برنامه ریزی و هم در تصمیم گیری دخالت داده شود و متولیان و مسئولین شهر به این مشارکت مردم اعتماد کامل داشته باشند. از سوی دیگر در بخش هایی از شهر که در حال حاضر هوشمنداست شکاف دیجیتالی وجود دارد، به طور مثال اپلیکیشن های مربوط به برخی سازمانها و نهادها که به منظور حذف مراجعات حضوری طراحی و در اختیار عموم قرار گرفته است برخی از گروه های جامعه از جمله افراد بی سواد یا کم سواد و یا برخی از افراد که به گوشی های هوشمند دسترسی ندارند از دایره خدمات این نهادها خارج شده یا اصطلاحاً در شکاف دیجیتالی گرفتار شده اند. در خصوص شبکه آبرسانی نیز به نظر بنده، همسو با سایر زیرساخت های شهر، هوشمند شدن شبکه آبرسانی می تواند موجب کاهش چشمگیر هدر رفت آب و همچنین بالا رفتن فرهنگ مصرف آب میان شهروندان شود مشروط به اینکه متولیان امر بتوانند نسبت به آموزش و افزایش سطح سواد آبی شهروندان گام موثری بردارند. از دیگر مزایای هوشمند شدن شبکه های آبرسانی می توان به کنتورهای هوشمند مبتنی بر قرائت برخط و از راه دور اشاره کرد که بدون نیاز به نیروی انسانی انجام پذیرد و از مشکلاتی نظیر نبودن مشترک در منزل و ... جلوگیری کرد.»

با مرور مصاحبه کارشناس نهم که در بالا آمده است. کدهایی که در این مصاحبه توسط مصاحبه شونده مورد تأکید قرار گرفت که برای مصاحبه کننده تازگی داشت عبارتند از: مشارکت شهروندان هم در برنامه ریزی و هم در تصمیم گیری، اعتماد مسئولین، شکاف دیجیتالی، آموزش و افزایش سطح سواد آبی مشترکین بوده است؛ که توسط خبرگان و کارشناسان شهری مصاحبه شده قبلی ذکر نگردیده بود.

### جدول ۳. نکات کلیدی مصاحبه کارشناس نهم به همراه کدگذاری اولیه (منبع: نگارنده)

نشانگر	متن مصاحبه (نکات کلیدی)	گزاره های منطقی (کد اولیه)
P9	منظور بنده از مشارکت موثر، مشارکتی است که هم در برنامه ریزی و هم در تصمیم گیری دخالت داده شود و متولیان و مسئولین شهر به این مشارکت مردم اعتماد کامل داشته باشند.	مشارکت شهروندان در برنامه ریزی
		مشارکت شهروندان در تصمیم گیری
		اعتماد مسئولین
P9	برخی از گروه های جامعه از جمله افراد بی سواد یا کم سواد و یا برخی از افراد که به گوشی های هوشمند دسترسی ندارند از دایره خدمات این نهادها خارج شده یا اصطلاحاً در شکاف دیجیتالی گرفتار شده اند	شکاف دیجیتالی
P9	همچنین بالا رفتن فرهنگ مصرف آب میان شهروندان شود مشروط به اینکه متولیان امر بتوانند نسبت به آموزش و افزایش سطح سواد آبی شهروندان گام موثری بردارند	افزایش سطح سواد آبی شهروندان

## مرحله سوم؛ جستجوی مضامین:

این بخش شامل گروه بندی کدهای مختلف در شکل تم های بالفعل و مرتب کردن تمام خلاصه اطلاعات کدگذاری شده در قالب مضامین مشخص شده است؛ بنابراین پژوهشگر، گزارش کدهای خود را شروع می کند و در نظر خواهد گرفت که چگونه کدهای مختلف می توانند برای ایجاد یک مضمون کلی ترکیب شوند. در این بخش بعضی از کدهای اولیه مضامین اصلی را تشکیل می دهد، درحالی که برخی دیگر مضامین فرعی را شکل داده و بقیه نیز حذف خواهد شد. شاید که در این بخش یک گروه از کدها وجود دارند مشخص نیست متعلق به چه حالی هست برای این گونه کدها یک مضمون با عنوان متفرقه ایجاد خواهد شد (Clarke, V., & Braun, V. 2006). در این مرحله تلاش خواهد شد تا با مطالعه کدهای اولیه، دسته بندی درستی برای مضامین اولیه ایجاد شود؛ البته برای ایجاد یک دسته بندی کلی سعی خواهد شد تا این امر به صورت آرام و به مرور زمان انجام گیرد. در ادامه (جدول ۲) به ترتیب بیانگر مضامین اولیه ای است که محقق آنها را در زمینه انگاره مفهومی شهر هوشمند و نقش شبکه های آبرسانی در آن شناسایی نموده است.

جدول ۴. مضامین اولیه انگاره مفهومی شهر هوشمند و نقش شبکه های آبرسانی در هوشمندسازی شهرها (منبع: نگارنده)

مضمون اولیه	کد اولیه		
حکمرانی یا دولت هوشمند	تناسب طرح ها با نیاز جامعه	اعتماد مسئولین به مشارکت مردم	حذف کاغذ
	اشتراک گذاری داده ها برای تصمیم گیری آگاهانه	مشارکت بین ادارات و سازمان ها	مشارکت بین سازمان های دولتی، سازمان های بخش خصوص و مردم
	امنیت اطلاعات و پایداری	نظرسنجی و مکانیزم بازخورد	پلتفرم های رسانه های اجتماعی
مردم هوشمند	دسترسی مردم به آموزش و پرورش	افزایش کیفیت زندگی شهروندان	بهبود و ترویج سبک زندگی سالم تر
	پلتفرم های رسانه های اجتماعی	افزایش ایمنی و امنیت	اطلاعات ارزشمند شهروندان
	میزان آگاهی شهروندان از مسائل شهری	مشارکت شهروندان در تصمیم گیری	مشارکت در انجمن های اجتماعی
	مشارکت شهروندان در برنامه ریزی	مشارکت در برنامه ریزی و اجرای طرح های شهر هوشمند	مهارت های کار با پایانه ها و سامانه های الکترونیکی
حمل و نقل هوشمند	حمل و نقل پایدار	داده های ارسالی از پیک ترافیک	توزیع سفر درون شهری
	افزایش ایمنی و امنیت در سفرهای درون شهری	کاهش آلودگی ناشی از حمل و نقل عمومی	علائم راهنمایی و رانندگی هوشمند
محیط زیست هوشمند	کاهش ردپای کربن	ساختمان سبز	انرژی تجدید پذیر
	پویایی مراکز تاریخی	ایجاد سرزندگی، تنوع و نشاط شهری	ایجاد حس مکان و تقویت هویت شهری
	حذف کاغذ و آلودگی زیست محیطی	شهر زیست پذیر	داده های نظارت بر کیفیت هوا
	پایداری شهر	کاهش سطح آلودگی	استفاده بهینه و کارآمد از منابع طبیعی
اقتصاد هوشمند	کاهش قبوض انرژی	کاهش هزینه های عملیاتی تاسیسات	پویایی در اقتصاد
	خدمات اقتصادی الکترونیکی	جذب سرمایه و تأمین مالی	حفظ منابع مالی و اقتصاد محلی

	گمرک هوشمند	بازاریابی و تقویت رقابت تجاری در شهر	کسب و کار هوشمند
مدیریت هوشمند	مشارکت بین ادارات و سازمان ها	استفاده از اطلاعات ارزشمند شهروندان	مدیریت هوشمند آب
	ثبت و نگهداری سوابق الکترونیکی و حفظ حقوق شهروندان	شکاف دیجیتالی	عدم آگاهی کافی و ترس مدیران
	مدیریت کسب و کار هوشمند	ارزیابی مداوم	همکاری مسئولین
شبکه آبرسانی هوشمند	فرهنگ سازی جهت تنظیم الگوی مصرف	داده های ارسالی از پیک مصرف آب	بالا رفتن کارایی شبکه
	آموزش و افزایش سطح سواد آبی مشتریان	کنترل هوشمند و مستمر نشت آب در لوله ها	مدیریت دارایی های شبکه توزیع آب
	پایش کامل و مستمر کیفیت آب	امکان رویت وضعیت کمی و کیفی آب در شبکه توسط مشتریان	ارزیابی مستمر تاب آوری شبکه
	کنترل هوشمند افت فشار و دبی در شبکه	مدیریت هوشمند بحران و پدافند غیرعامل در شبکه	قرائت هوشمند و برخط کنتور و شناسایی مشتریان پرمصرف
	کاهش مصرف	بهینه سازی شبکه	پایش و ارتقاء کیفیت آب
	تسریع در عملیات تعمیر و بازسازی شبکه از طریق تجهیزات دینامیک و برخط	جلوگیری از نشست و تخریب ساختمان ها متأثر از ترکیدگی لوله و نفوذ آب به زیر ساختمان ها	کنترل هوشمند و مستمر از انتشار آلودگی و منشا رویداد در کمترین زمان ممکن
	کاهش مصرف انرژی	کاهش هزینه های مرتبط با مصرف انرژی و عملیات بهره برداری برای شناسایی محل ترکیدگی لوله	بهبود مدیریت و کنترل نشت <sup>۱</sup>
	کاهش زمان شناسایی محل ترکیدگی لوله و جلوگیری از تلفات آب	کنترل آب بدون درآمد شهر به صورت برخط	کاهش تلفات آب و مدیریت خشکسالی
ساختمان هوشمند	تجهیزات هوشمند	کاهش هزینه های زندگی	ساختمان سبز
انرژی هوشمند	سیستم کم کربن	افزایش فرهنگ استفاده از انرژی های تجدیدپذیر	ارتقاء فناوری های کارآمد انرژی
تکنولوژی هوشمند	داده های ارسالی از پیک مصرف آب	داده های ارسالی از پیک ترافیک	تجزیه و تحلیل داده ها برای اتخاذ تصمیمات آگاهانه
	عدم وجود پهنای باند مناسب	اشتراک گذاری داده ها	داده های نظارت بر کیفیت هوا
	جمع آوری و تجزیه و تحلیل داده ها	فناوری دیجیتال	فناوری ارتباطی
سلامت و مراقبت های بهداشتی هوشمند	داده های ارسالی از پیک مصرف آب	داده های ارسالی از پیک ترافیک	تجزیه و تحلیل داده ها برای اتخاذ تصمیمات آگاهانه
	دفع زباله و بازیافت هوشمند پسماند	اشتراک گذاری داده ها	داده های نظارت بر کیفیت هوا

<sup>۱</sup> مدیریت و کنترل نشت آب در راستای کاهش هزینه و افزایش بازدهی زیرساخت انتقال و توزیع آب در سطوح مختلف عمومی و خصوصی است، انجام می شود.

فقدان نیروی متخصص در زمینه فناوری اطلاعات	اتصال مدارس به تکنولوژی های روز	زیرساخت های سخت و نرم	زیرساخت هوشمند
---	---------------------------------	-----------------------	----------------

### مرحله چهارم؛ بازبینی مضامین:

این بخش شامل دو مرحله بازبینی و تصفیه مضمون ها است؛ که در بخش اول کدها مورد بازبینی قرار خواهد گرفت و در مرحله دوم اعتبار آنها در نظر گرفته خواهد شد. وقتی که الگو مضمون به خوبی انجام شود وارد بخش بعدی خواهیم شد اما اگر الگو با داده ها همخوانی نداشته باشد پژوهشگر باید برگردد و تا زمانی که به یک الگو مضمون مناسب برسد به کدگذاری خود ادامه بدهد (Clarke, et al. 2006). که در این مورد زمانی که کدها مورد بازبینی قرار گرفتند تعدادی از کدها حذف یا جایگزین شدند و تعدادی دست نخورده باقی ماندند.

### مرحله پنجم؛ تعریف و نام گذاری مضامین:

مرحله پنجم زمانی شروع شد که یک الگو رضایت بخش از تم ها به وجود بیاید. پژوهشگر در این بخش، مضامینی را که برای تحلیل ارائه شده، تعریف کرده و مورد بازبینی دوباره قرار خواهد داد و بعداً داده های داخل آنها تجزیه می شود. به وسیله تعریف و بررسی کردن، آن چیزی را که یک مضمون در مورد آن بحث می کند مشخص شده و تعیین می شود که هر مضمون کدام جنبه از داده ها را در خود دارد (Clarke, et al. 2006).

جدول ۵. مضامین اصلی انگاره مفهومی شهر هوشمند و نقش شبکه های آبرسانی در هوشمندسازی شهرها (منبع: نگارنده)

ردیف	مضمون اصلی	مضامین فرعی	
۱	دولت هوشمند	تناسب طرح ها با نیاز جامعه	اعتماد مسئولین به مشارکت مردم
		اشتراک گذاری داده ها برای تصمیم گیری آگاهانه	مشارکت بین ادارات و سازمان ها
		امنیت اطلاعات و پایداری	نظرسنجی و مکانیزم بازخورد
۲	مردم هوشمند	مشارکت شهروندان	افزایش کیفیت زندگی شهروندان
		پلتفرم های رسانه های اجتماعی	افزایش ایمنی و امنیت
		میزان آگاهی شهروندان از مسائل شهری	مشارکت شهروندان در تصمیم گیری
۳	حمل و نقل هوشمند	مشارکت شهروندان در برنامه ریزی	مشارکت در انجمن های اجتماعی
		مشارکت شهروندان در برنامه ریزی	مشارکت در انجمن های اجتماعی
۴	محیط زیست هوشمند	کاهش آلودگی ناشی از حمل و نقل عمومی	افزایش ایمنی و امنیت در سفرهای درون شهری
		کاهش ردپای کربن	کاهش سطح آلودگی
۵	اقتصاد هوشمند	کاهش آلودگی زیست محیطی	ایجاد سرزندگی، تنوع، حس مکان و نشاط و هویت شهری
		کاهش قبوض انرژی	کاهش هزینه های عملیاتی تاسیسات
۶	مدیریت هوشمند	بازاریابی و تقویت رقابت تجاری در شهر	جذب سرمایه و تأمین مالی
		مدیریت هوشمند آب	استفاده از اطلاعات ارزشمند شهروندان

ثبت و نگهداری سوابق الکترونیکی و حفظ حقوق شهروندان	شکاف دیجیتالی	آگاهی کافی و نه‌راسیدن مدیران		
فرهنگ سازی تنظیم الگوی مصرف آموزش و افزایش سطح سواد آبی مشترکین	داده های ارسالی از پیک مصرف آب کنترل هوشمند و مستمر نشت آب در لوله ها	بالا رفتن کارایی شبکه مدیریت دارایی های شبکه توزیع آب	شبکه هوشمند آبرسانی	۷
پایش کامل و مستمر کیفیت آب	امکان رویت وضعیت کمی و کیفی آب در شبکه توسط مشترکین	ارزیابی مستمر تاب آوری شبکه		
کنترل هوشمند افت فشار و دبی در شبکه	مدیریت هوشمند بحران و پدافند غیرعامل در شبکه	قرائت هوشمند و برخط کنتور و شناسایی مشترکین پرمصرف		
کاهش مصرف	بهینه سازی شبکه	پایش مستمر و افزایش کیفیت آب		
تسریع در عملیات تعمیر و بازسازی شبکه از طریق تجهیزات دینامیک و برخط	جلوگیری از نشست و تخریب ساختمان ها متأثر از ترکیدگی لوله و نفوذ آب به زیر ساختمان ها	کنترل هوشمند و مستمر از انتشار آلودگی و منشا رویداد در کمترین زمان ممکن		
کاهش هزینه های مرتبط با مصرف انرژی و عملیات بهره برداری برای شناسایی محل ترکیدگی لوله	کاهش زمان شناسایی محل ترکیدگی لوله و جلوگیری از تلفات آب	کنترل آب بدون درآمد شهر به صورت برخط		
دفع زباله و بازیافت هوشمند پسماند	اتصال مدارس به تکنولوژی های روز	افزایش نیروی متخصص در زمینه فناوری اطلاعات	زیرساخت هوشمند	۸

### نتیجه‌گیری و پیشنهاد

شهرهای هوشمند از فناوری‌های دیجیتال، فناوری‌های ارتباطی و تجزیه و تحلیل داده‌ها برای ایجاد یک محیط خدماتی کارآمد و مؤثر استفاده می‌کنند که کیفیت زندگی شهری را بهبود می‌بخشد و پایداری را ارتقا می‌دهد. شهرهای هوشمند به عنوان پاسخی به شهرنشینی و نیاز شهرها به پایدارتر، زیست پذیرتر و کارآمدتر شدن ظاهر شده اند. پذیرش فناوری های هوشمند با هدف بهبود زیرساخت ها، خدمات و کیفیت زندگی شهروندان است. چندین درس آموخته شده است که می تواند ابتکارات شهر هوشمند آینده را راهنمایی کند. لذا با توجه به تجزیه و تحلیل داده های بدست آمده از ادبیات پژوهش و مصاحبه ها، در مجموع ۸ تم اصلی و ۶۶ تم فرعی در رابطه با مفهوم شهر هوشمند و نقش شبکه های آبرسانی در آن استخراج شد که در ادامه تحلیل و تفسیر های وافی حول این مضامین انجام و منتج به نتیجه شد.

**همکاری کلیدی است؛** همکاری به عنوان یک مولفه کلیدی از شهر هوشمند شناخته شده است. نوآوری های موفق شهر هوشمند، شامل مشارکت و همکاری بین ذینفعان مختلف از جمله سازمان های دولتی، سازمان های بخش خصوصی و شهروندان است. برای اطمینان از اینکه همه در جهت اهداف یکسانی حرکت می کنند و پروژه ها پایدار و مقیاس پذیر هستند، همکاری لازم است. مشارکت بین سازمان های دولتی و سازمان های بخش خصوصی می تواند منجر به ایجاد راه حل های نوآورانه شود که چالش های پیش روی شهرها را برطرف می کند. به عنوان مثال، شهرها می توانند با شرکت های فناورانه و دانش بنیان، برای توسعه راه حل های هوشمند و نیز همکاری سایر نهادهای زیرساختی نسبت به ایجاد تونل مشترک تاسیساتی از قبیل آب، برق، گاز و... و همچنین بهره برداری از علم روز در زمینه کنترل شبکه های تاسیساتی به صورت هوشمند، کاهش هزینه های انرژی و حفاظت فنی، سیستم یکپارچه هوشمند، که بسیاری از مشکلات شهری را کاهش می دهد، مشارکت نمایند. همکاری با شهروندان همچنین می تواند منجر به ایجاد راه حل هایی شود که نشان دهنده

نیازها و ضروریات جامعه است. مشارکت دادن شهروندان از طریق جلسات اجتماعی، نظرسنجی ها و رسانه های اجتماعی می تواند منجر به آن هدف شود که پروژه ها دربرگیرنده نیازها و اولویت های جامعه هستند.

**داده ها حیاتی هستند؛** داده ها جزء حیاتی شهرهای هوشمند هستند. جمع آوری و تجزیه و تحلیل داده های دیجیتال برای اتخاذ تصمیمات آگاهانه ای که به نفع شهروندان باشد، ضروری است. شهرها باید جمع آوری، تجزیه و تحلیل و به اشتراک گذاری داده ها را برای شناسایی مشکلات، میزان پیشرفت و تصمیم گیری آگاهانه در مورد تخصیص منابع در اولویت قرار دهند. داده ها را می توان برای شناسایی چالش های پیش روی شهرها و توسعه راه کارهای مدیریت بحران و رسیدگی به آنها استفاده کرد. به عنوان مثال، داده ها می توانند برای شناسایی نقاط شکستگی لوله های شبکه توزیع آب شهری با مشارکت شهروندان از طریق اپلیکیشن های گوشی های همراه به سیستم های هوشمند آبرسانی و قطع سریع آب توسط شیرهای هوشمند و اعزام اکیپ امداد، از بروز حوادث احتمالی و بحران جلوگیری کنند. همچنین می توان از داده ها برای نظارت بر کیفیت هوا و توسعه راه کارهایی برای کاهش سطح آلودگی استفاده کرد. داده ها جزء حیاتی شهر هوشمند بوده و برای شهر ضروری است که جمع آوری، تجزیه و تحلیل و به اشتراک گذاری داده ها را برای تصمیم گیری آگاهانه در اولویت قرار دهند. با استفاده از داده ها از منابع مختلف، شهرها می توانند خدمات شهری را بهینه کنند، ایمنی و امنیت عمومی را بهبود بخشند و شهروندان را با اطلاعات ارزشمند، توانمند سازند. لذا شهرهای هوشمند که جمع آوری و تجزیه و تحلیل داده ها را در اولویت قرار می دهند، برای تصمیم گیری مبتنی بر داده ها که به نفع شهروندان است و رفاه کلی جامعه را ارتقا می دهد، مجهزتر هستند.

**مشارکت شهروندان ضروری است؛** مشارکت شهروندان یکی از جنبه های حیاتی شهر هوشمند است و ضروری است که در شهر ابتکاراتی که ساکنان را در فرآیندهای تصمیم گیری مشارکت می دهند، اولویت بندی کنند. مشارکت دادن شهروندان در برنامه ریزی و اجرای طرح های شهر هوشمند می تواند اطمینان دهد که این طرح ها متناسب با نیازهای جامعه بوده و صدای همه شنیده می شود. یکی از راه های ترویج مشارکت شهروندان در شهرهای هوشمند از طریق جلسات و انجمن های اجتماعی است. این جلسات می تواند بستری را برای ساکنان فراهم کند تا ایده ها و نگرانی های خود را به اشتراک بگذارند و همچنین در خصوص راه حل های بالقوه برای مسائل مختلف جامعه بحث کنند. جلسات اجتماعی همچنین می تواند به ایجاد اعتماد بین ساکنان و مسئولان شهر کمک کند، تا برای موفقیت هر طرح شهر هوشمند بسیار مهم است. راه دیگر برای مشارکت شهروندان در طرح های شهر هوشمند از طریق نظرسنجی و مکانیسم های بازخورد است. این ابزارها می توانند شناخت ارزشمندی در مورد نیازها و ضرورت های ساکنان ارائه دهند و به شهرها کمک کنند تا نوآوری های خود را با نیازهای جامعه تطبیق دهند. همچنین نظرسنجی ها می توانند به اندازه گیری اثربخشی طرح های شهر هوشمند کمک کنند و به شهرها این امکان را می دهند که بر اساس داده ها، در مورد طرح های آینده تصمیم گیری کنند. رسانه ها و شبکه های مجازی اجتماعی ابزار قدرتمند دیگری برای مشارکت شهروندان در شهرهای هوشمند است. با استفاده از رسانه ها و شبکه های مجازی اجتماعی، شهرها می توانند به مخاطبان بیشتری دست یابند و ارتباط دو سویه با ساکنان را تسهیل کنند. رسانه ها و شبکه های مجازی اجتماعی همچنین می توانند برای به اشتراک گذاشتن اطلاعات در مورد طرح های شهر هوشمند آینده و همچنین جمع آوری بازخورد و نظرات ساکنان مورد استفاده قرار گیرند. مشارکت شهروندان برای موفقیت طرح های شهر هوشمند بسیار مهم است. مشارکت دادن ساکنان در برنامه ریزی و اجرای این طرح ها می تواند این اطمینان را بدهد که آنها متناسب با نیازهای جامعه هستند و صدای همه شنیده می شود. انجمن های اجتماعی، نظرسنجی ها، مکانیسم های بازخورد و رسانه ها و فضای مجازی اجتماعی، همگی ابزارهای ارزشمندی هستند که می توانند برای ترویج مشارکت شهروندان در شهرهای هوشمند مورد استفاده قرار گیرند. با اولویت دادن به مشارکت شهروندان، شهرها می توانند جوامع زیست پذیرتر و پایدارتری بسازند که برای همه مفید باشد.

**پایداری مهم است؛** پایداری به عنوان یک نکته مهم برای شهرهای هوشمند مطرح شده است. شهرها باید نوآوری های و ابتکارات پایدار را در اولویت قرار دهند تا از سازگاری با محیط زیست و کاهش ردپای کربن اطمینان حاصل کنند. این می تواند شامل نوآوری هایی مانند ساختمان های سبز، منابع انرژی تجدیدپذیر، هوشمندی شبکه های آب و گزینه های حمل و نقل پایدار باشد. نوآوری های پایدار همچنین می تواند منجر به صرفه جویی در مصرف و در هزینه ها برای شهرها و شهروندان شود. به عنوان مثال، اجرای فناوری های کارآمد انرژی (همچون شبکه های هوشمند توزیع آب می تواند منجر به صرفه جویی در مصرف آب) و کاهش قبوض انرژی برای شهروندان و نیز کاهش هزینه های عملیاتی تأسیسات عمومی شود. فناوری های پایدار همچنین می تواند کیفیت زندگی شهروندان را با کاهش سطح آلودگی و ترویج سبک زندگی سالم تر بهبود بخشد.

**زیرساخت ها، شریان های اصلی شهر هستند؛** زیرساختها عناصری هستند که حیات کالبدی آنها عمدتاً با حیات کالبدی جوامع گره خورده است برای مثال، آب و شبکه آبرسانی یک عنصر زیرساختی است که با موجودیت شهر آمیخته شده اند. شهر هوشمند در درجه اول شهر را به عنوان سیستمی که دارای زیرسیستم های متعدد است بررسی می کند و اصولاً در مطالعات زیربنایی حوزه ها و قلمروهای شهری، اقتصاد شهری، طراحی شهری فعالیت های بالقوه عمرانی، همواره موضوع آب از اهمیتی فوق العاده برخوردار است، لذا هوشمندسازی شبکه های آبرسانی شهری گام مهم و موثر در نیل به شهرهای هوشمند پایدار است و مزایای بسیاری همچون کنترل هوشمند و مستمر نشت آب، ارزیابی مستمر تاب آوری شبکه، امکان رویت وضعیت کمی و کیفی آب در شبکه توسط مشترکین، مدیریت هوشمند بحران و پدافند غیرعامل در شبکه، کاهش مصرف آب، کاهش زمان شناسایی محل ترکیدگی لوله ها و جلوگیری از تلفات آب و تخریب بناهای ناشی از آن، کنترل هوشمند و مستمر از انتشار آلودگی و منشا رویداد در کمترین زمان ممکن را به دنبال دارد.

## منابع:

- ۱- بهپویان امین منتظر. (۱۳۹۴). هوشمند سازی سیستم آبرسانی شهر مشهد، مستندات کتابخانه ای شرکت آب و فاضلاب مشهد، ۲-۱۴.
- ۲- بهزادفر، مصطفی، (۱۳۹۲)، *زیرساخت های شهری*، دانشگاه علم و صنعت ایران، جلد ۱، آبرسانی و فاضلاب
- ۳- حسنی، زهرا، و احمدی، فرشته. (۱۳۹۹). تبیین معیارها و شاخص های شهر هوشمند در شهرهای جدید با تأکید بر زندگی هوشمند. کنفرانس ملی عمران، معماری و فناوری اطلاعات در زندگی شهری. SID. <https://sid.ir/paper/900250/fa>
- ۴- رجبی جورشری، امیر عضدی، طوبی، سرور، و توکلی نیا. (۱۴۰۲). ارزیابی تحقق شهر هوشمند با تأکید بر رویکرد کیفیت زندگی شهری. مورد مطالعه: منطقه ۲ شهر تهران. *نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، ۲۳(۷۰)، ۴۸۷-۵۰۴.
- ۵- نظامی، نیما و فتحی، شادی، ۱۳۹۶، بررسی شرایط پیاده سازی شبکه های هوشمند آبرسانی شهری، اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدر رفت آب، تهران، <https://civilica.com/doc/879391>
- 6- Alam, T. (2021). Cloud-based IoT applications and their roles in smart cities. *Smart Cities*, 4(3), 1196-1219.
- 7- Alshuwaikhat, H. M., Adenle, Y. A., & Alotaishan, T. N. (2023). The development of a grey relational analysis-based composite index for environmental sustainability assessment: Towards a net-zero emissions strategy in Saudi Arabia. *Heliyon*.
- 8- Bellini, P., Nesi, P., & Pantaleo, G. (2022). IoT-enabled smart cities: A review of concepts, frameworks and key technologies. *Applied Sciences*, 12(3), 1607.

- 9- Bibri, S. E., & Krogstie, J. (2021). On the social shaping dimensions of smart sustainable cities: a study in science, technology, and society. *Sustainable Cities and Society*, 29, 219–246.
- 10- Bouramdane, A. A. (2023). Solutions pour réduire la pression sur l'eau. *Énergie/Mines Carrières*, 26.
- 11- C.Hafedh, N. (2012). Understanding smart cities: An integrative framework. 45th Hawaii International Conference on System Sciences. IEEE Computer Society, 2.
- 12- Clarke, V., & Braun, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3 (2),77-101.
- 13- CSIC (2016). Cambridge Center for Smart Infrastructure.
- 14- Di Nardo, A., Boccelli, D. L., Herrera, M., Creaco, E., Cominola, A., Sitzenfrei, R., & Taormina, R. (2021). Smart urban water networks: Solutions, trends and challenges. *Water*, 13(4), 501.
- 15- Gracias, J. S., Parnell, G. S., Specking, E., Pohl, E. A., & Buchanan, R. (2023). Smart Cities—A Structured Literature Review. *Smart Cities*, 6(4), 1719-1743.
- 16- Guma, P. K., & Monstadt, J. (2021). Smart city making? The spread of ICT-driven plans and infrastructures in Nairobi. *Urban Geography*, 42(3), 360-381.
- 17- Heck, G. C., Hexasel, R., Gomes, V. B., Iantorno, L., Junior, L. L., & Santana, T. (2021, September). GRID-CITY: A framework to share smart grids communication with smart city applications. In *2021 IEEE International Smart Cities Conference (ISC2)* (pp. 1-4). IEEE.
- 18- Huang, L., & Chang, Y. T. (2023). Applying deep learning for healthcare in smart city via Internet of things. *Journal of Mechanics in Medicine and Biology*, 23(04), 2340012.
- 19- Ismagilova, E., Hughes, L., Rana, N. P., & Dwivedi, Y. K. (2022). Security, privacy and risks within smart cities: Literature review and development of a smart city interaction framework. *Information Systems Frontiers*, 1-22.
- 20- ISOCARP (2014) International Society of City and Regional Planners Research Lab - Urban Transformations. From Vision to Reality for Vibrant Cities and Regions. (pp. 159-165). CORP—Competence Center of Urban and Regional Planning.
- 21- Javed, A. R., Shahzad, F., ur Rehman, S., Zikria, Y. B., Razzak, I., Jalil, Z., & Xu, G. (2022). Future smart cities: Requirements, emerging technologies, applications, challenges, and future aspects. *Cities*, 129, 103794.
- 22- Jiang, J. C., Kantarci, B., Oktug, S., & Soyata, T. (2020). Federated learning in smart city sensing: Challenges and opportunities. *Sensors*, 20(21), 6230.
- 23- Kashef, M., Visvizi, A., & Troisi, O. (2021). Smart city as a smart service system: Human-computer interaction and smart city surveillance systems. *Computers in Human Behavior*, 124, 106923.
- 24- Lee, J. H., Hancock, M. G., & Hu, M.-Ch. (2014). Towards an effective framework for building smart cities: Lessons from Seoul and San Francisco. *Technological Forecasting & Social Change*, 89, 80-99. doi: 10.1016/j.techfore.2013.08.033
- 25- Lewandowska, A., Chodkowska-Miszczuk, J., Rogatka, K., & Starczewski, T. (2020). Smart energy in a smart city: Utopia or reality? evidence from Poland. *Energies*, 13(21), 5795.
- 26- Lloret, J., Tomas, J., Canovas, A., & Parra, L. (2016). An integrated IoT architecture for smart metering. *IEEE Communications Magazine*, 54(12), 50-57.
- 27- Lv, Z., Chen, D., & Li, J. (2021). Novel system design and implementation for the smart city vertical market. *IEEE Communications Magazine*, 59(4), 126-131.
- 28- Mutchek, M., & Williams, E. (2014). Moving towards sustainable and resilient smart water grids. *Challenges*, 5(1), 123-137.
- 29- Nagpal, R., Mehrotra, D., Sehgal, R., Srivastava, G., & Lin, J. C. W. (2023). Overcoming smart city barriers using multi-modal interpretive structural modeling. *Journal of Signal Processing Systems*, 95(2), 253-269.
- 30- Nguyen, H. T., Marques, P., & Benneworth, P. (2022). Living labs: Challenging and changing the smart city power relations?. *Technological Forecasting and Social Change*, 183, 121866.

- 31- Nikpour, A., & Ashoori, M. (2023). Evaluation of the principles and criteria of resilience in urban management (Case study: Qazvin). *Sustainable Cities and Society*, 104590.
- 32- Rai, K.M.; Vijayalakshmi, D.S. (2023). The Role of an Information and Communication Technology in Smart City. *Int. J. Res. Appl. Sci. Eng. Technol.*
- 33- Rebelo m., Smite J. R., Menezes, M. (2014). Prioritizing use cases for water smart technology development: similarities and different from Portugal and UK case studies. *Procedia Engineering*, 89, pp.998-1003.
- 34- Salman, M. Y., & Hasar, H. (2023). Review on environmental aspects in smart city concept: Water, waste, air pollution and transportation smart applications using IoT techniques. *Sustainable Cities and Society*, 104567.
- 35- Sanchez-Iborra, R., Bernal-Escobedo, L., & Santa, J. (2020). Eco-efficient mobility in smart city scenarios. *Sustainability*, 12(20), 8443.
- 36- Sierdovski, M., Pilatti, L. A., Rubbo, P., Ferras, R. A. R., Bittencourt, J. V. M., & Pagani, R. N. (2022, June). Support from governance, leadership and smart people in the context of smart cities development. In *2022 IEEE 28th International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC) & 31st International Association For Management of Technology (IAMOT) Joint Conference* (pp. 1-9). IEEE.
- 37- Tong, Z., Ye, F., Yan, M., Liu, H., & Basodi, S. (2021). A survey on algorithms for intelligent computing and smart city applications. *Big Data Mining and Analytics*, 4(3), 155-172.
- 38- Uspenskaia, D., Specht, K., Kondziella, H., & Bruckner, T. (2021). Challenges and barriers for net-zero/positive energy buildings and districts—empirical evidence from the smart city project SPARCS. *Buildings*, 11(2), 78.
- 39- Vijai, P & Bagavathi Sivakumar, P. (2016). Design of IoT Systems and Analytics in the Context of Smart City Initiatives in India. *Procedia Computer Science*, 584.
- 40- Won Lee, S. (2015). Smart water grid: the future water management platform. *Desalination and Water Treatment*, 55, 340.
- 41- Yang, L., & Valentín-Rivera, L. (Eds.). (2023). *Developing writing competence in L2 Chinese classrooms: Research and application* (Vol. 161). Channel View Publications.
- 42- Yarashynskaya, A., & Prus, P. (2022). Smart Energy for a Smart City: A Review of Polish Urban Development Plans. *Energies*, 15(22), 8676.
- 43- Youssef, A., & Hajek, P. (2021, November). The role of smart economy in developing smart cities. In *2021 International Symposium on Computer Science and Intelligent Controls (ISCSIC)* (pp. 276-279). IEEE.
- 44- Yuanyuan, W. (2017). A New Framework on Regional Smart Water. *International Congress of Information and Communication Technology (ICICT 2017)*, 122.
- 45- Zanella, A., Bui, N., Castellani, A., Vangelista, L., & Zorzi, M. (2014). Internet of things for smart cities. *IEEE Internet of Things Journal*, 1(1), 22-32. doi: 10.1109/ JIOT.2014.2306328