

An analysis of smart transportation indicators in the direction of transportation sustainability Case study: the central part of Qazvin city

Ahmad Pourahmad¹, Hossein Mansourian², Saeed Zanganeh Shahraki³, Marzieh Bagherataram⁴

1. Professor. Department of Geography and Urban Planning, Faculty of Geography, University of Tehran, Tehran, Iran.
2. Associate Professor. Department of Geography and Urban Planning, Faculty of Geography, University of Tehran, Tehran, Iran.
3. Associate Professor. Department of Geography and Urban Planning, Faculty of Geography, University of Tehran, Tehran, Iran.
4. PhD student, Department of Geography and Urban Planning, Alborz Campus of Tehran University, Tehran, Iran

ARTICLE INFO

Research Paper

Article history:

Received: 2024/09/11

Accepted: 2024/12/18

Published online:

2025/08/19



Keywords: Smart transportation, transportation sustainability, central part of Qazvin city.

Abstract

The central part of Qazvin city has major challenges in terms of intra-city transportation, such as heavy traffic and accidents and weather pollution, little use of public transportation by citizens, etc. In this regard, the use of smart technologies and the development of smart transportation systems are proposed as one of the effective solutions to improve the urban transportation situation. Therefore, in the current research, it has been tried to prioritize smart transportation indicators in line with the development of sustainable transportation in this city. The research method is based on the nature and collection of descriptive survey type data and in terms of purpose, it is developmental-applied. In order to screen the identified variables, the fuzzy Delphi technique was used and the classification of 22 key sub-indices among the 4 main indicators was confirmed by expert survey. Then, it has been analyzed using the DANP method, which is a combination of "Dimetal" and fuzzy "ANP" methods. The statistical population of the current research is 30 professors, experts in urban affairs and transportation, and experts familiar with this subject through a questionnaire. The results of the research indicate that among the indicators of smart transportation, energy saving car service indicators have the highest score and car sharing service has the lowest score, and among the sub-indices, vehicles with renewable energy have the highest score and services Paying for public transportation has the lowest score. Finally, the results of the research show the importance and priority of the identified indicators for the intelligent transportation of Qazvin city and the sustainability of its transportation. and move the central part of Qazvin city. Finally, suggestions have been made in order to make transportation smarter in line with the sustainability of Qazvin city.

Citation: Pourahmad, A., Mansourian, H., Zanganeh Shahraki, S., Bagherataram, M. (2025). An analysis of smart transportation indicators in the direction of transportation sustainability Case study: the central part of Qazvin city,. *journal of Future Cities vision* , 6(21), 65-87.



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

¹ **Corresponding author:** Ahmad Pourahmad, **Email:** apoura@ut.ac.ir

Extended Abstract

Introduction

Today, smart cities have become a significant and comprehensive concept; because they have the potential to create a sustainable and livable urban future. In this regard, with the rapid development of technology, the cities of the world and their residents are increasingly moving towards becoming intelligent. This development process encourages the application of various smart technology solutions and facilities for infrastructure and public services in cities. In this context, in order to implement the principles of sustainable development in the field of smart technologies and guarantee a better quality of life, every city should find the most logical way to adapt and use smart systems in the future living environment to achieve urban sustainability. In fact, the purpose of smart technologies used in the city is to support the residents and provide a comfortable, economical and safe life for them. This concept includes economic, infrastructure, organizational and social issues. Meanwhile, smart transportation and mobility is an integral part of the smart city agenda. Smart transportation is considered as a key component in sustainable development and smart city, because this type of transportation has created new benefits and facilities for urban sustainability. In fact, smart transportation aims to improve people's quality of life, and its performance is very important for the sustainability of urban transportation. The importance and necessity of paying attention to smart transportation is increasing under the influence of various factors such as urban population growth, excessive population density and mutual communication and smart technologies used in infrastructure construction. Because inefficient, unstable and environmentally incompatible transportation has many unwanted consequences for cities; Among them, the deterioration of the quality of life, reduction of labor productivity, increase of energy consumption, congestion, increase of air pollution and threat to personal safety of inadequate infrastructure of the modern mobility system, reduce the speed of transportation and its level of sustainability and increase the number of accidents in cities.

Qazvin city with a population of about 500 thousand people is considered as the demographic and service hub of Qazvin province. The development of this city in the past decades has been done in such a way that it is facing many problems. This urban growth has finally led to problems in the infrastructure sector, of which the transportation sector is one of the most important. This city has major challenges in terms of intra-city transportation, including heavy traffic and accidents, etc. Part of these problems can be rooted in the lack of attention to information technology in the transportation sector. In fact, problems such as population growth, the existence of historical context, lack of attention to infrastructure, lack of attention to information technology in various parts of the city, including transportation, etc. have caused the transportation sector in this city, especially its central part, as a An important issue can be raised. Based on this, the current research seeks to answer this question, how is the prioritization of smart transportation indicators in order to achieve sustainable transportation in the central part of Qazvin city?

Methodology

The research method is based on the nature and collection of descriptive survey type data and in terms of purpose, it is developmental-applied. In order to screen the identified variables, the fuzzy Delphi technique was used, and the classification of 22 key sub-indices among the 4 main indicators was confirmed by the expert survey. Then, it has been analyzed using the DANP method, which is a combination of "Dimetal" and "Fuzzy ANP" methods. The statistical population of the current research is 30 professors, experts in urban affairs and transportation, and experts familiar with this issue are collected through a questionnaire.

Results and Discussion

In the findings of the research, which was carried out using the DNAP method (combination of DIMTEL and ENP). In the Dimtel method, the energy saving car service index (D), the private mobility support system (B) and the public transportation support system (A) and the car sharing service index (C) are the most effective

indicators respectively. It belongs to itself that these indicators have the most interaction with smart transportation indicators in the direction of transportation sustainability in the central part of Qazvin city. Also, the prioritization of the investigated index in the research showed that the index of energy saving car services with a score of (0.279003) ranks first and the index of the public transportation support system with a score of (0.247586), the private mobility support system with a score of (243688) 0.), the car sharing service with a score of (0.229724) has been ranked second to fourth. And the results of the indicators showed that the most weight under the index of renewable energy vehicles (D3) with a score of 0.065, parking planning for shared cars (C3) with a score of (0.061) and electric car sharing service (C2) With a score of 0.059, it has taken the first to third place among the indicators affecting smart transportation in the direction of transportation sustainability in the central part of Qazvin city. And sub-indices of payment

services for public transportation (A8) with a score of 0.024, free charging stations for electronic devices (A7) with a score of 0.029, and optimization of night bus routes (A4) with a score of 0.030 are the lowest scores and considering that the title of the upcoming research is to identify these indicators in line with the sustainability of transportation, the authorities should pay special attention to these indicators in the process of realizing smart city transportation.

Conclusion

The results of the research showed that among the indicators of smart transportation, energy saving car service indicators have the highest score and car sharing service has the lowest score, and among the sub-indices, vehicles with renewable energy have the highest score and payment services for Public transportation has the lowest score.

References

1. Ahmadi, Tawheed; Fenni, Zahra; Razovian, Mohammad Taghi; Tavaklinia, Jamila. (2019). the hybrid model of prioritizing smart transportation strategies under study: Tabriz metropolis. *Geography and Planning*, 23(67), 25-44. (In Persian)
2. Amiri, Khodabakhsh. (2020). Organizing and managing urban traffic with the help of intelligent transportation systems. *Architecture*, 3(17), 1-20. (In Persian)
3. Bakhshi Sanjdari, Reza; Daryabari, Seyyed Jamaluddin. (2020). investigating the smartness of urban transportation systems in line with the sustainable development of cities (case study: Tehran metropolis). *Urban Economy and Management*, 8(4), 31-45. (In Persian)
4. Badieli, Aqdas; Hajian, Horiya; Ghazanfari, Mehdi. (2019). Presenting a new model for the use of smart taxis in the metropolis of Tehran in order to organize public transportation: the approach of creating a balance between supply and demand. *Research Journal of Transportation*, 16(2), 31-54. (In Persian)
5. Hatami, Afshar, Sasanpour, Farzaneh, Ziparo, Alberto, Soleimani, Mohammad. (2021). Sustainable smart city: concepts, dimensions and indicators. *Journal of Geographical Sciences*, 21 (60), 315-339. (In Persian)
6. Hassan Zadeh, Mohammad Reza; Javadian, Reza, Chegini, Dawood. (2019) Investigating the effectiveness of smart identifiers on transportation management and regulation, *Rahor Research Studies*, 30(2), 61-84. (In Persian)
7. Zokhdar, Parisa, Shabani, Amirhossein. (2018). Evaluation of citizens' behavior patterns in urban transportation smart stations (a case study of Shahid Kharazi smart station in Shahin Shahr). *Architecture*, 1(5), 0-0. (In Persian)
8. Rajabi Jurshari, Majid, Amir Azdi Toubi, Sarwar Rahim, Tavaklinia, Jamila. (2023). Assessing the realization of a smart city with an emphasis on the quality of urban life approach. Subject of study: 2nd region of Tehran, *Journal of Applied Research of*

- Geographical Sciences*, 23 (70) 487-504. (In Persian)
9. Kaveh, Amir; Karimian Bostani, Maryam; Miri, Gholamreza. (2024). the role of integrated management in realizing intelligent transportation (case study: Zahedan city). *Journal of Geographical Sciences*, 24(73):26-46. (In Persian)
10. Karmi Pourshamsabadi, Arefe; Massoud, Mohammad; and Mojabi, Seyyed Ali. (2022). Analysis of the concept of quality of the urban environment; identification of the following effective indicators from the perspective of citizens in the city of Qazvin, *Human Settlements Planning Studies*, 17, 3(60), 741-756. (In Persian)
11. Mahpour, Alireza; Shah Ebrahimi, Ibrahim; Qaraati Sani, Paraham. (2019). Investigating the social effects of intelligent transportation on traffic management. *Journal Transportation Research*, 16,4 (serial 61)), 35-44. (In Persian)
12. Mohammad Rezapour, Behrouz. (2022). Obstacles and solutions of intelligentization of intra-city transportation with a crisis management approach (case example: Urmia city). *Journal Ayman Shahr Scientific*, 5(2), 16-34. (In Persian)
13. Nagy, S., & Csiszár, C. (2020). The quality of smart mobility: A systematic review. *Sci. J. Silesian Univ. Technol. Ser. Transp.*, 109,117-127.
14. Almatar, K. M. (2024). Smart transportation planning and its challenges in the Kingdom of Saudi Arabia. *Sustainable Futures*, 8, 100238.
15. Bamwesigye, D., & Hlavackova, P. (2019). Analysis of sustainable transport for smart cities. *Sustainability*, 11(7), 2140.
16. Bamwesigye, D., & Hlavackova, P. (2019). Analysis of sustainable transport for smart cities. *Sustainability*, 11(7), 2140.
17. Biyyık, C., Abareshi, A., Paz, A., Ruiz, R. A., Battarra, R., Rogers, C. D., & Lizarraga, C. (2021). Smart mobility adoption: A review of the literature. *Journal of open innovation: Technology, Market, and Complexity*, 7(2), 146.
18. Bouzguenda, I., Alalouch, C., & Fava, N. (2019). Towards smart sustainable cities: A review of the role digital citizen participation could play in advancing social sustainability. *Sustainable cities and society*, 50, 101627.
19. Chen, Y., Ardila-Gomez, A., & Frame, G. (2017). Achieving energy savings by intelligent transportation systems investments in the context of smart cities. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 54, 381-396.
20. Chung, S. H. (2021). Applications of smart technologies in logistics and transport: A review. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 153, 102455.
21. Eberle, U., & Von Helmolt, R. (2010). Sustainable transportation based on electric vehicle concepts: a brief overview. *Energy & Environmental Science*, 3(6), 689-699.
22. Fantin Irudaya Raj, E., & Appadurai, M. (2022). Internet of things-based smart transportation system for smart cities. In *Intelligent Systems for Social Good: Theory and Practice* (pp. 39-50). Singapore: Springer Nature Singapore.
23. Garau, C., Masala, F., & Pinna, F. (2016). Cagliari and smart urban mobility: Analysis and comparison. *Cities*, 56, 35-46.
24. Israilidis, J., Odusanya, K., & Mazhar, M. U. (2021). Exploring knowledge management perspectives in smart city research: A review and future research agenda. *International Journal of Information Management*, 56, 101989.
25. Ning, Z., Xia, F., Ullah, N., Kong, X., & Hu, X. (2017). Vehicular social networks: Enabling smart mobility. *IEEE Communications Magazine*, 55(5), 16-55.
26. Paiva, S., Ahad, M. A., Tripathi, G., Feroz, N., & Casalino, G. (2021). Enabling technologies for urban smart mobility: Recent trends, opportunities and challenges. *Sensors*, 21(6), 21-43.
27. Porru, S., Misso, F. E., Pani, F. E., & Repetto, C. (2020). Smart mobility and public transport: Opportunities and challenges in rural and urban areas. *Journal of traffic and transportation engineering (English edition)*, 7(1), 88-97.

28. Sharifi, A., Kawakubo, S., & Milovidova, A. (2020). Urban sustainability assessment tools: Toward integrating smart city indicators. In *Urban, systems design* (pp. 345-372). Elsevier.
29. Silva, B. N., Khan, M., & Han, K. (2018). Towards sustainable smart cities: A review of trends, architectures, components, and open challenges in smart cities. *Sustainable cities and society*, 38, 697-713.
30. Stefaniec, A., Hosseini, K., Xie, J., & Li, Y. (2020). Sustainability assessment of inland transportation in China: A triple bottom line-based network DEA approach. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 80, 102258.
31. Tran, C. N., Tat, T. T. H., Tam, V. W., & Tran, D. H. (2023). Factors affecting intelligent transport systems towards a smart city: A critical review. *International Journal of Construction Management*, 23(12), 1982-1998.
32. Verma, B., Snodgrass, R., Henry, B., Smith, B., & Daim, T. (2020). Smart cities-an analysis of smart transportation management. In *Managing Innovation in a Global and Digital World: Meeting Societal Challenges and Enhancing Competitiveness* (pp. 367-388). Springer Fachmedien Wiesbaden.
33. Waqar, A., Alshehri, A. H., Alanazi, F., Alotaibi, S., & Almujaibah, H. R. (2023). Evaluation of challenges to the adoption of intelligent transportation system for urban smart mobility. *Research in Transportation Business & Management*, 51, 101060.
34. Wu, S. M., Chen, T. C., Wu, Y. J., & Lytras, M. (2018). Smart cities in Taiwan: A perspective on big data applications. *Sustainability*, 10(1), 106.
35. Xu, M., Liu, T., Zhong, S. P., & Jiang, Y. (2022). Urban smart public transport studies: a review and prospect. *J. Transp. Syst. Eng. Inf. Technol.*, 22(2), 91-108.
36. Yigitcanlar, T., & Kamruzzaman, M. (2020). Smart cities and mobility: Does the smartness of Australian cities lead to sustainable commuting patterns? In *Smart Cities and Innovative Urban Technologies* (pp. 21-46). Routledge.
37. Zapolskytė, S., Trépanier, M., Burinskienė, M., & Survilė, O. (2022). Smart urban mobility system evaluation model adaptation to Vilnius, Montreal and Weimar cities. *Sustainability*, 14(2), 715.
38. Zhao, X., Ke, Y., Zuo, J., Xiong, W., & Wu, P. (2020). Evaluation of sustainable transport research in 2000–2019. *Journal of cleaner production*, 256, 120404.

تحلیلی بر شاخص‌های حمل و نقل هوشمند در راستای پایداری حمل و نقل

مطالعه موردی: بخش مرکزی شهر قزوین

احمد پورا احمد: استاد گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران^۱

حسین منصوریان: دانشیار گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران

سعید زنگنه شهرکی: دانشیار گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران

مرضیه باقر عطاران: دانشجوی دکتری، گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، پردیس البرز دانشگاه تهران، تهران، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۹/۲۸

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۶/۲۱

چکیده

بخش مرکزی شهر قزوین به لحاظ حمل و نقل درون شهری دارای چالش‌های اساسی از جمله ترافیک سنگین و تصادفات و آلودگی‌های آب و هوایی، استفاده اندک شهروندان از حمل و نقل عمومی و غیره است. در این راستا، استفاده از فناوری‌های هوشمند و توسعه سیستم‌های حمل و نقل هوشمند به عنوان یکی از راهکارهای موثر برای بهبود وضعیت حمل و نقل شهری مطرح می‌شود. بنابراین در پژوهش حاضر سعی شده است به اولویت‌بندی شاخص‌های حمل و نقل هوشمند در راستای توسعه حمل و نقل پایدار در بخش مرکزی این شهر پرداخته شود. روش پژوهش بر مبنای ماهیت و گردآوری داده‌ها توصیفی از نوع پیمایشی و از نظر هدف، توسعه‌ای-کاربردی است. به منظور غربال‌سازی متغیرهای شناسایی شده، تکنیک دلفی فازی مورد استفاده قرار گرفته و با نظرسنجی خبرگان، دسته‌بندی ۲۲ زیرشاخص کلیدی در بین ۴ شاخص اصلی تأیید شده است. سپس با استفاده از روش DANP که ترکیبی از روش «دیمتل» و «ای‌ان‌پی» فازی است مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. جامعه آماری پژوهش حاضر ۳۰ نفر از اساتید، کارشناسان امور شهری و کارشناسان حوزه ترافیک و حمل و نقل، و خبرگان آشنا به این موضوع از طریق پرسشنامه گردآوری شده است. نتایج پژوهش حاکی از آن است که از بین شاخص‌های حمل و نقل هوشمند شاخص‌های خدمات خودرو صرفه جویی در مصرف انرژی بیشترین و سرویس اشتراک خودرو کمترین امتیاز را به خود اختصاص داده‌اند و همچنین از بین زیر شاخص‌ها، وسایل نقلیه با انرژی‌های تجدیدپذیر بالاترین و خدمات پرداخت برای حمل و نقل عمومی پایین‌ترین امتیاز را به خود اختصاص داده‌اند. در نهایت نتایج پژوهش نشان‌دهنده اهمیت و اولویت شاخص‌های شناسایی شده جهت حمل و نقل هوشمند بخش مرکزی شهر قزوین و پایداری حمل و نقل آن است که در این رابطه مدیران شهری و حوزه حمل و نقل و ترافیک با توجه به این اولویت‌بندی می‌توانند در راستای برنامه‌ریزی حمل و نقل بخش مرکزی شهر قزوین اقدام نمایند. در نهایت در جهت هوشمندسازی حمل و نقل در راستای پایداری بخش مرکزی شهر قزوین پیشنهادهایی ارائه شده است.

واژگان کلیدی: حمل و نقل هوشمند، پایداری حمل و نقل، بخش مرکزی شهر قزوین.

مقدمه

امروزه شهرهای هوشمند به یک مفهوم قابل توجه و فراگیر تبدیل شده‌اند؛ زیرا پتانسیل ایجاد یک آینده شهری پایدار و قابل زندگی را دارند (Ali., 2021:17). در این راستا با توسعه سریع فناوری، شهرهای جهان و ساکنان آن‌ها به طور فزاینده‌ای به سوی هوشمند شدن پیش می‌روند. این روند توسعه به کارگیری انواع راه‌حل‌ها و امکانات فناوری هوشمند را برای زیرساخت و خدمات عمومی در شهرها تشویق می‌کند. در این زمینه به منظور اجرای اصول توسعه پایدار در حوزه فناوری‌های هوشمند و تضمین کیفیت بهتر زندگی، هر شهر باید منطقی‌ترین راه را برای انطباق و استفاده از سیستم‌های هوشمند در محیط زندگی آینده جهت دستیابی به پایداری شهری بیابد (Sharifi et al., 2020:346). در واقع هدف از فناوری‌های هوشمند مورد استفاده در شهر، حمایت از ساکنان و تامین زندگی راحت، اقتصادی و ایمن برای آن‌هاست. این مفهوم مسائل اقتصادی، زیرساختی، سازمانی و اجتماعی را در بر می‌گیرد (Xu et al., 2022:93). در این میان حمل و نقل و تحرک هوشمند بخشی جدایی ناپذیر از دستور کار شهر هوشمند را تشکیل می‌دهد (Yigitcanlar & Kamruzzaman., 2020:43). حمل و نقل هوشمند به عنوان یک جزء کلیدی در توسعه پایدار و شهر هوشمند در نظر گرفته شده است، زیرا این نوع حمل و نقل مزایا و تسهیلات جدیدی را برای پایداری شهری ایجاد کرده است (Chung., 2021:11). در واقع حمل و نقل هوشمند به منظور ارتقای کیفیت زندگی افراد است و عملکرد آن برای پایداری حمل و نقل شهری نیز بسیار مهم است (Wu et al., 2018:107).

مفاهیم شهر هوشمند، حمل و نقل هوشمند و اینترنت اشیا ارتباط نزدیکی با یکدیگر دارند، با وجود اینکه این سه مفهوم همگی بر تجربه رو به رشد و استفاده از فناوری‌های حسگر و شبکه تکیه دارند، حمل و نقل هوشمند سناریوی کاربردی و کلیدی برای دو مفهوم دیگر است (Israilidis et al., 2021:6). حمل و نقل هم در تئوری و هم تا حد زیادی در عمل به حوزه فنی شهر هوشمند مربوط می‌شود و با توجه به اینکه افزایش سریع تعداد وسایل نقلیه، ترافیک و حمل و نقل از اجزای اصلی شهرهای بزرگ هستند؛ بنابراین، مدیریت ترافیک در شهرهای هوشمند برای پایداری به عنوان یک چالش است (Ning et al., 2017:18). اهمیت و ضرورت توجه به حمل و نقل هوشمند تحت تأثیر عوامل مختلفی مانند رشد جمعیت شهری، تراکم بیش از حد جمعیت و ارتباطات متقابل و فناوری‌های هوشمند به کار رفته در ساخت زیرساخت‌ها رو به افزایش است (Zapolskyte et al., 2022:717). چراکه حمل و نقل ناکارآمد، ناپایدار و ناسازگار با محیط زیست، عواقب ناخواسته زیادی برای شهرها دارد؛ از جمله نزول کیفیت زندگی، کاهش بهره‌وری نیروی کار، افزایش مصرف انرژی، ازدحام، افزایش آلودگی هوا و تهدید برای ایمنی شخصی (Bamwesigye & Hlavackova., 2019:18). زیرساخت‌های ناکافی سیستم تحرک مدرن، سرعت حمل و نقل و میزان پایداری آن را کاهش می‌دهد و تعداد تصادفات را در شهرها افزایش می‌دهد (Paiva et al., 2021:25). علاوه بر این رشد تعداد وسایل نقلیه، اختلال در حمل و نقل عمومی، افزایش تصادفات و آلودگی هوا نشان می‌دهد که شهرها نیاز به نوسازی زیرساخت‌های حمل و نقل خود دارند؛ چراکه عملکرد نادرست سیستم تحرک مستقیماً ساکنان شهر، محیط زیست و مشاغل و غیره را تحت تأثیر قرار می‌دهد. همچنین برای اطمینان از حرکت روان افراد، کالاها و خدمات (Nagy & Csiszár., 2020:19) سیستم حمل و نقل باید رقابتی و مقرون به صرفه باشد. بنابراین، هر شهر باید توسعه و نوسازی سیستم تحرک را به طور منطقی اتخاذ کند و در این زمینه بهره‌گیری از تکنولوژی و فناوری‌های هوشمند در زمینه حمل و نقل، رفاه اجتماعی و اقتصادی مردم را تضمین می‌کند (Bıyık et al., 2021:147). علی‌رغم اینکه امروزه در کشورهای توسعه یافته، روش‌های مدیریت ترافیک با به کارگیری فناوری اطلاعات به نحو شایسته‌ای از تکنولوژی مدرن برای توسعه ترافیک و بر آوردن نیازها و خواسته‌های کاربران بهره می‌گیرند، در کشورهای در حال توسعه‌ای از جمله ایران، ساماندهی ترافیک با استفاده از روش‌های سنتی انجام می‌گیرد به گونه‌ای که محورهای

اصلی ساماندهی‌های سستی در سال‌های اخیر عبارت بوده‌اند از: ساخت آزادراه‌ها و بزرگراه‌ها، تعریض راه‌های موجود، محدود نمودن ترافیک، افزایش ناوگان حمل و نقل عمومی، همچنین سیاست سرمایه‌گذاری حاکم از طرف مدیران و متولیان امر حمل و نقل و ترافیک بیش از راهکارهای مبتنی بر توسعه و ساخت شبکه‌های حمل و نقل و ترافیک شهری به سمت راهکارهای مدیریت ترافیک مانند مدیریت کاهش تقاضا و توأم با آن کنترل ترافیک و داشتن نگرش سیستمی بر این موضوع معطوف گشته است (امیری، ۱۳۹۹: ۲).

شهر قزوین با جمعیتی حدود ۵۰۰ هزار نفر به عنوان قطب جمعیتی و خدماتی استان قزوین محسوب می‌شود. توسعه این شهر در دهه‌های گذشته به گونه‌ای صورت گرفته است که با مشکلاتی زیادی روبه رو است. این رشد شهری در نهایت به ایجاد مشکلاتی در بخش زیرساختی منجر شده است که بخش حمل و نقل نیز از مهم‌ترین آن‌ها است. این شهر به لحاظ حمل و نقل درون شهری دارای چالش‌های اساسی از جمله ترافیک سنگین و تصادفات و آلودگی‌های آب و هوایی، استفاده اندک شهروندان از حمل و نقل عمومی و حاکمیت الگوی خودرو محوری و در نتیجه ترافیک شدید به ویژه در سطح مرکز شهر می‌باشد (طرح جامع حمل و نقل و ترافیک شهر قزوین، ۱۳۹۵). از یکسو خیابان‌ها و بافت تاریخی این شهر مشکلاتی را در جابجایی و حمل و نقل به وجود آورده و از سوی دیگر عدم توجه به بهبود زیرساخت‌ها در طول زمان، این مشکلات را دو چندان نموده است. علاوه بر این رشد فزاینده خودرو و عدم گسترش کافی مسیرها جهت حرکت خودروها، نامناسب بودن خیابان‌های بخش مرکزی شهر در عدم گنجایش و کشش اتومبیل‌های موجود، شرایط مناسب و مطلوب فیزیکی ترافیک را نامناسب یا مشکلات موجود را تشدید می‌کنند. از مشکلات دیگر بخش مرکزی این شهر نحوه دسترسی به حمل و نقل عمومی، دسترسی به پارکینگ و دسترسی به مسیر دوچرخه است. به طوری که بیشتر افراد دسترسی به حمل و نقل عمومی و دسترسی به پارکینگ را بسیار مشکل می‌دانند و کمبود سیستم حمل و نقل همگانی، فقدان ایستگاه در برخی معابر و عدم تردد حمل و نقل همگانی در برخی معابر دلیل این نظر آن‌ها است. به گونه‌ای که مسیرهای اتوبوس در همه محدوده گسترده است اما تردد آن‌ها همه معابر اصلی را پوشش نمی‌دهد و در برخی بخش‌های منطقه فاقد پایانه حمل و نقل عمومی است. همچنین خطوط تاکسیرانی بسیار کم و در بیشتر نواحی محدوده هیچ خطوط تاکسیرانی وجود ندارد. اگرچه ممکن است تاکسی‌های عبوری به دیگر خیابان‌ها گذر کنند، نبود خطوط تاکسی و ملزم نبودن آن‌ها به عبور موجب نارضایتی افراد و عدم استفاده از تاکسی است (احدی و شاه‌حسینی، ۱۴۰۰: ۶۶۱). تمامی مسائل و مشکلات ذکر شده در بخش مرکزی شهر قزوین نگارندگان را بر آن داشته که به این مسئله فکر کنند که بخشی از این مشکلات و مسائل می‌تواند ریشه در عدم توجه به فناوری اطلاعات در بخش حمل و نقل باشد. در حقیقت مشکلاتی از جمله رشد جمعیت، وجود بافت تاریخی، عدم توجه به زیرساخت‌ها، عدم توجه به فناوری اطلاعات در بخش‌های مختلف شهری از جمله حمل و نقل و غیره سبب شده که بخش حمل و نقل در این شهر خصوصاً بخش مرکزی آن به عنوان یک مساله مهم قابل طرح باشد. از این رو اتخاذ رویکردهای جدید مبتنی بر فناوری می‌تواند بسیار موثر باشد؛ بنابراین حمل و نقل هوشمند که در شهرهای مختلف به عنوان یک رویکرد اجرایی بکارگرفته شده می‌تواند یکی از رویکردها و راهبردهای قابل طرح در راستای حمل و نقل این شهر باشد که این امر ضرورت این تحقیق را مشخص می‌نماید. بر این اساس هدف پژوهش حاضر اولویت‌بندی شاخص‌های حمل و نقل هوشمند در راستای دستیابی به حمل و نقل پایدار به ویژه در بخش مرکزی شهر قزوین است. پژوهش حاضر به طور مشخص در پی پاسخ‌گویی به این سؤال است که اولویت‌بندی شاخص‌های حمل و نقل هوشمند در راستای دستیابی به حمل و نقل پایدار در بخش مرکزی شهر قزوین چگونه است؟ مبحث حمل و نقل

هوشمند تا کنون توسط محققان خارجی و داخلی بسیاری انجام گرفته است از جمله الماتر^۱ (۲۰۲۴) و واقار^۲ و همکاران (۲۰۲۳)، با ارزیابی چالش‌های اتخاذ سیستم حمل و نقل هوشمند برای تحرک هوشمند شهری، بینش‌های مفیدی را در رابطه با موضوعات مختلفی که بر اجرای مؤثر سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند تأثیر می‌گذارند را شناسایی نموده که از جمله آن‌ها کمبود منابع، چارچوب نظارتی و پرسنل ماهر، مشارکت ذینفعان و برنامه‌ریزی فشرده است. ترن^۳ و همکاران (۲۰۲۳) نیز این عوامل و چالش‌ها را به ۵ گروه اصلی یعنی عدم توجه دولت، محدودیت‌های مالی، زیرساخت‌های حمل‌ونقل ناکافی/ناقص، توسعه بیش از حد شهرنشینی، عدم آمادگی و ادغام برای امکانات حمل و نقل هوشمند تقسیم کرده‌اند. زاپولسکی^۴ و همکاران (۲۰۲۲) و چانگ^۵ (۲۰۲۱) با بررسی کاربردهای فناوری‌های هوشمند در حمل و نقل بیان کردند که ظهور فناوری‌های هوشمند تحول قابل توجهی در لجستیک و حمل‌ونقل ایجاد کرده است. بسیاری از این کاربردها نوید بالقوه‌ای را در افزایش کارایی و اثربخشی در عملیات لجستیکی و سیستم‌های حمل و نقل مختلف نشان داده‌اند. اییگیتجانلار و کامروزمان^۶ (۲۰۲۰) نیز بیان می‌کند به کارگیری فناوری هوشمند از جمله افزایش دسترسی به پهنای باند اینترنت و انجام کار در خانه، میزان استفاده از حمل و نقل عمومی و استفاده فعال از حمل و نقل را کاهش می‌دهد که این امر حمل و نقل در شهرهای استرالیا را به سمت پایداری سوق می‌دهد. پرو^۷ و همکاران (۲۰۲۰) نیز رشد و تغییرات جمعیتی شهرها و مناطق مناطق پیرامونی آن‌ها را به عنوان عاملی می‌دانند که سیستم‌های حمل و نقل عمومی منطقه‌ای را برای اتخاذ استراتژی‌های نوآورانه و فناوری‌های هوشمند از جمله فناوری‌های اینترنت اشیا تحت فشار قرار می‌دهد. ذوق دار کوچانی و شبانی (۱۳۹۷) نشان دادند که گروه‌هایی از شهروندان که از نظر اقتصادی قشر کم درآمد جامعه محسوب می‌شوند، همراهی و همکاری کمتری در زمینه هوشمند سازی حمل و نقل عمومی از خود نشان می‌دهند. ماهپور و همکاران (۱۳۹۸) نشان دادند راه اندازی سیستم پرداخت الکترونیکی و اخذ هزینه در مقابل هر درب می‌تواند منجر به کاهش طول زمان سفر و در نهایت رضایت شهروندان شود. حسن زاده و همکاران (۱۳۹۸) نیز بیان کردند که استفاده از خدمات هوشمند تأثیر مستقیم و صددرصدی بر مدیریت ترافیک و نظم دهی حمل و نقل دارد. بدیعی و همکاران (۱۳۹۸) بر رویکرد ایجاد تعادل بین عرضه و تقاضا، قابلیت استفاده از حداکثر ظرفیت حمل و نقل و کمترین اتلاف وقت مسافران برای دسترسی به حمل و نقل عمومی هوشمند تأکید دارند. نتیجه تحقیق احمدی و همکاران (۱۳۹۸) نیز نشان داد که ساختار حمل و نقل شهری برای موفقیت در هوشمندسازی بایستی بر ایجاد هماهنگی بین سازمان‌ها و تحقق مدیریت یکپارچه تمرکز نماید. امیری (۱۳۹۹) نیز بیان می‌کند که بسیاری از راهکارهای فناوری‌های هوشمند می‌تواند در زمینه کنترل ترافیک مؤثر باشد و یکپارچه‌سازی این روش‌ها از طریق نشر اطلاعات و زیرساخت‌ها موجب هم افزایی اثرات آن‌ها می‌گردد. علاوه براین به منظور بهره برداری بهینه از خدمات ITS و داشتن یک ITS موفق نسبت به برنامه‌ریزی و تهیه و تدوین طرح جامع در مراحل تعیین راهبردها و جهت‌گیری‌ها و همچنین مراحل اجرای پروژه‌های ITS متناسب با شرایط منطقه‌ای اقدام گردد. کاوه و همکاران (۱۴۰۳) نیز توسعه شهرها و افزایش جمعیت را از عوامل ایجاد کننده چالش‌های حمل‌ونقل شهری دانسته‌اند و عدم توانایی مدیریت شهری سنتی در حل این چالش‌ها را عامل مهمی برای مطرح‌شدن رویکرد حمل‌ونقل هوشمند بیان کرده‌اند. از نظر آن‌ها اتخاذ و اجرای چنین رویکردی در کلان‌شهرها، نیازمند تغییر رویکرد مدیریتی است که مدیریت یکپارچه شهری به‌عنوان

1 . Almatar

2 . Waqar

3 . Tran

4 . Zapolskyte

5 . Chung

6 . Yigitcanlar & Kamruzzaman

7 . Porru

مهم‌ترین آن‌ها شناخته می‌شود و وضعیت نامناسب متغیرهای حکمروایی خوب، همپایایی، وحدت فرماندهی شهری، بسترسازی، تعامل، ساختار تشکیلاتی و دیدگاه سیستمی را از عوامل عدم کامیابی حمل و نقل هوشمند در شهر زاهدان دانسته‌اند.

مبانی نظری

رویکرد حمل و نقل هوشمند

حمل و نقل هوشمند عبارت است از سیستم‌های حمل و نقلی که تکنولوژی اطلاعات ارتباطات و کنترل را برای بهبود و ارتقاء عملکرد شبکه‌های حمل و نقلی به کار می‌گیرند. در این سیستم ابزارهای حمل و نقل بر مبنای سه مشخصه اطلاعات، ارتباطات و تجمیع استوار هستند که به مدیران شبکه‌های حمل و نقل و مسافران کمک می‌کنند تا تصمیمات بهتر و مناسب‌تری در شرایط موجود بگیرند و از طریق بهبود عملکرد سیستم‌ها باعث صرفه جویی در ابزارهای وقت حفظ جان انسان‌ها و بهبود کیفیت زندگی و محیط زیست انسان‌ها و افزایش کارایی فعالیت‌های اقتصادی می‌شود. همچنین سیستم هوشمند حمل و نقل به کارگیری تکنولوژی‌های نوین از قبیل پردازش اطلاعات الکترونیک، ارتباطات و سیستم‌های کنترل و دیگر فناوری‌های ارتباطی و استراتژی‌های مدیریت به گونه‌ای هماهنگ و یکپارچه به منظور ارتقای سطح ایمنی و کارایی و ارزانی در حمل و نقل است (بخشی سنجدری و دریاباری، ۱۳۹۹: ۳۲).

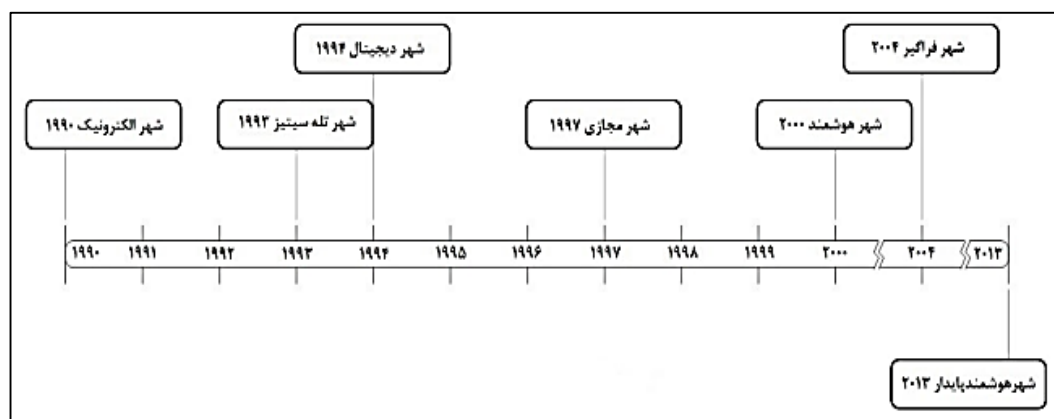
با توجه به اینکه در قرن بیست و یکم، حمل و نقل به یک عامل اساسی برای تعیین پیشرفت یا شکست کشورها تبدیل شده است. همچنین این قرن شاهد تغییر از سبک‌های مرسوم حمل و نقل به مدل‌های مدرن و هوشمند بوده است که جایجایی موثر افراد را بین مقاصد مختلف تسهیل می‌کند. حمل و نقل هوشمند به رویکردی اطلاق می‌شود که فناوری‌های مدرن را در سیستم حمل و نقل ادغام می‌کند تا کارایی تحرک شهری را افزایش دهد (Almatar., 2020:17). از آنجایی که ترافیک و حمل و نقل از اجزای بسیار مهم شهرهای مدرن هستند، تأثیرات قابل توجهی بر پایداری محیطی و اجتماعی-اقتصادی شهرها دارند. رشد جمعیت و رشد سریع تعداد وسایل نقلیه در شهرهای بزرگ باعث ایجاد مشکلات مختلفی از جمله تراکم ترافیک و حوادث ترافیکی شده است (Stefaniec et al., 2020:10). حمل و نقل هوشمند به عنوان بخش مهمی از شهرهای هوشمند قرار می‌گیرد. هدف اصلی حمل و نقل هوشمند ارتقای کیفیت زندگی مردم از طریق فناوری اطلاعات^۱ یا به عبارت دقیق‌تر، کاهش صدا و سایر آلودگی‌ها، تراکم ترافیک و مصرف انرژی، بهبود سلامت مردم و ایمنی، افزایش سرعت حرکت، و کاهش هزینه‌های انتقال است (Zhao et al., 2020:12). با این حال، اثرات نامطلوب زیست محیطی ترافیک و حمل و نقل (به عنوان مثال، آلودگی هوا، مصرف بیش از حد انرژی و سر و صدای بیش از حد) ممکن است کیفیت پایین زندگی را بر مردم تحمیل کند. در شهرهایی که فناوری اطلاعات هنوز در ترافیک و حمل و نقل به کار گرفته نشده است، اهداف کلی شهرهای هوشمند محقق نمی‌شوند. پیش از این، بسیاری از شهرها انتظار داشتند با توسعه وسایل حمل و نقل، سرعت و راحتی در رفت و آمد مردم را بهبود بخشند، بدین ترتیب به طور ناخواسته کیفیت زندگی آن‌ها را نادیده گرفتند و این امر باعث بروز مشکلات عدیده مانند آلودگی صوتی و محیطی شد. برای بهبود کیفیت خدمات حمل و نقل تحت محدودیت منابع و تبدیل شدن به "هوشمند"، بسیاری از شهرها برای بیش از ده سال به طور مداوم در خدمات هوشمند سرمایه گذاری کرده‌اند. با انجام این کار، آن‌ها پایه محکمی برای توسعه حمل و نقل هوشمند ایجاد کرده‌اند (Chen et al., 2017: 385). رویکرد حمل و نقل هوشمند به طور معمول بر کارایی سیستم و جریان ترافیک خودرو تأکید می‌کند. حمل و نقل هوشمند در درجه اول به دنبال افزایش کیفیت زندگی و تجربه ترافیک افراد است. بدیهی است که حمل و نقل هوشمند که هدف آن برآوردن نیازهای مردم است، یک برنامه توسعه یافته از خدمات هوشمند است.

مفهوم "حمل و نقل هوشمند" در دو مرحله تکامل یافته است: ۱- بهبود فناوری و بهینه‌سازی ابزارهای برنامه ریزی حمل و نقل، و ۲- در نظر گرفتن مصرف کنندگان به عنوان جزء اصلی حمل و نقل هوشمند (Bouzguenda et al., 2019:11). به طور کلی رویکرد حمل و نقل هوشمند بر این امر تأکید دارد که یک سیستم حمل و نقل می‌تواند با استفاده از فناوری‌های پیشرفته کارآمدتر شود. اگر فناوری اطلاعات و ارتباطات در حوزه ترافیک و حمل و نقل به کار گرفته شود، نه تنها راه حل مناسبی برای مشکلات ترافیک شهری ارائه می‌کند، بلکه علاوه بر رفت و آمد، خدمات ارزش افزوده متنوعی را نیز به مردم ارائه می‌دهد و تجربیات غیرعادی ترافیکی را برای مردم ایجاد می‌کند. برای افرادی که از حمل و نقل عمومی استفاده می‌کنند، فناوری اطلاعات و ارتباطات می‌تواند در طول فرآیند سفر خدمات مختلفی از برنامه‌ریزی مسیرهای ترافیکی و بررسی وضعیت ترافیک گرفته تا خدمات اضافی (مانند دسترسی به اینترنت بی‌سیم، ایستگاه‌های شارژ باتری و پرداخت الکترونیکی) ارائه دهد. برای رانندگان وسایل نقلیه موتوری، ICT خدمات راحتی و ایمنی مختلفی از جمله ناوبری، تشخیص ایمنی جاده، جمع‌آوری الکترونیکی عوارض در پارکینگ‌ها و وسایل نقلیه الکتریکی را ارائه می‌کند (Garau et al., 2016:36).

رویکرد شهر هوشمند و حمل و نقل هوشمند شهری

شهر هوشمند شهری است که از فناوری‌های نوین برای بهبود کیفیت زندگی شهروندان، افزایش بهره‌وری و پایداری استفاده می‌کند. این شهرها با استفاده از داده‌های بزرگ، اینترنت اشیا، هوش مصنوعی و سایر فناوری‌های نوین، خدمات شهری را بهینه کرده و به شهروندان امکان دسترسی آسان‌تر به خدمات شهری را می‌دهند (رجبی جوهری و همکاران، ۴۹۱:۱۴۰۲).

مطالعه و بررسی سیر تحول شهر هوشمند پایدار نیازمند مطالعه تاریخی و تئوریک از شهرهای فناوری محور در طول دوره‌های مختلف تاریخی است. با گسترش اینترنت به صورت گسترده در سطح جهانی در سال ۱۹۹۳ تله سیتیز شهر و حومه را از طریق کاربرد و توسعه برنامه‌های تلماتیک در بستر شهر فناوری به صورت کاربردی وارد شهر کرد. در واقع تله سیتیز بستر همکاری شبکه‌ای برای توسعه شهرهای دیجیتال اروپا بود. سپس شهر دیجیتال بصورت آزمایشی در یک پروژه‌ای (۱۹۹۴) در یک شبکه مجازی شهروندی در آمستردام به کار گرفته شد. پس از آن با گسترش فناوری در زمینه گرافیک کامپیوتر شهر مجازی مطرح شد. با افزایش نگرانی‌های محیط‌زیستی، رشد شتابان شهرنشینی و افزایش جمعیت در شهرها، توسعه فناوری چگونگی ساخت و اداره شهرها مورد تجدید نظر قرار گرفت؛ به طوری که از اوایل سال ۲۰۰۰ شهر هوشمند مطرح شد. در سال ۲۰۰۴ نیز ایده شهر فراگیر مبتنی بر تفکرات مارک ویزرا شکل گرفت. در ادامه با گسترش فناوری و تغییر مباحث و اهداف توسعه پایدار در سال ۲۰۱۳ شهر هوشمند پایدار توسط واحد بین المللی مخابرات مطرح شد. در شکل (۱) خط زمانی شهرهای فناوری محور نشان داده شده است.



شکل ۱. خط زمانی شهرهای فناوری محور منبع: (حاتمی و همکاران، ۳۱۷:۱۴۰۰)

به لحاظ تئوریک نیز شهر با پذیرش و ادغام تکنولوژی در بافت خود شهر اطلاعاتی را شکل داد. شهر اطلاعاتی بر روی اینکه چطور اینترنت و فضای مجازی و حقیقی می‌تواند توسعه شهری را تحت تاثیر قرار دهد تمرکز کرده بود. با گذشت زمان نگاه تکنولوژیکی شهر اطلاعاتی جای خود را به نگاه تکنولوژیکی - اجتماعی داد که منجر به پیدایش شهر دیجیتال شد. این تحول نشان داد که می‌توان از فناوری برای حل مسایل اقتصادی و اجتماعی به خصوص در زمینه افزایش مشارکت و کاهش محرومیت اجتماعی استفاده کرد از دهه ۱۹۹۰ رویکرد دیجیتال محور با رویکرد کارآفرینی ترکیب شد که نتیجه آن‌ها ظهور شهر هوشمند بود که در آن فناوری‌های دیجیتال می‌توانست رقابت پذیری و رشد اقتصادی را تسریع کند. پس از آن به دلیل انتقادات وارده بر شهر هوشمند و عدم توجه به پایداری، رویکرد شهر هوشمند پایدار در سال ۲۰۱۳ از طرف واحد بین المللی مخابرات مطرح شد. به عبارت دیگر این واحد از ترکیب شهر هوشمند با رویکرد پایداری به منظور حفظ همزمان محیط زیست و انسان مفهوم شهر هوشمند پایدار را مطرح کرد (Silva et al, 2018:698).

ارتباط رویکرد شهر هوشمند با حمل و نقل هوشمند

حمل و نقل شهری همواره یکی از مسائل مهم در شهرهای هوشمند است. توسعه فزاینده تقاضای سفر در شهرها، افزایش زمان تلف شده برای جابه جایی، گسترش تصادف‌ها، آلودگی‌های زیست محیطی، مشکلات نظارت و مدیریت ترافیک، افزایش خسارت‌های مادی و معنوی ناشی از تصادف‌ها، کاهش رضایت مندی بهره‌برداران و کاهش منابع انرژی از مهم‌ترین دلایل ضرورت تأمین حمل و نقل ایمن در شهرها است. توجه به ایجاد شبکه‌های جدید حمل و نقل سبب ایجاد انگیزه بیشتر برای تولید سفر در کاربران خواهد شد؛ از این رو توسعه معابر و راه‌سازی، استفاده بهینه از امکانات و منابع موجود و ارتقای سطح ایمنی، کارایی و بهره‌وری شبکه حمل و نقل شهری با بهره‌گیری از پیشرفت‌های حاصل از فناوری‌های نوین، داشتن نوآوری و ابتکار عمل در برنامه‌های توسعه‌ای و مباحث مرتبط با مدیریت ترافیک شهری مورد توجه بسیار قرار گرفته است. یکی از جدیدترین و مؤثرترین راهکارهای مدیریت ترافیک که از فناوری اطلاعات ریشه می‌گیرد، ایده به کارگیری سیستم‌های هوشمند حمل و نقل است که می‌تواند در راستای تحقق شهر هوشمند افق تازه‌ای در دستیابی به تحرک پویا و روان در جامعه ارتباطی و اطلاعاتی و ارائه خدمات بهتر به شهروندان ایجاد کند (محمدرضاپور، ۲۰۱۴:۲۰). در خصوص ارتباط شهر هوشمند و حمل و نقل هوشمند می‌توان گفت که این دو مفهوم به شدت مرتبط و مکمل یکدیگر هستند. در واقع، حمل و نقل هوشمند یکی از ارکان اصلی تشکیل دهنده یک شهر هوشمند محسوب می‌شود و شهر هوشمند نیز بستری را فراهم می‌کند که در آن حمل و نقل هوشمند می‌تواند به بهترین شکل ممکن عمل کند. بنابراین با یکپارچه‌سازی این دو مفهوم، می‌توان به شهری با ترافیک روان‌تر، ایمن‌تر و پایدارتر دست یافت (Fantin Irudaya Raj & Appadurai., 2022:41). نمونه‌هایی از ارتباط بین شهر هوشمند و حمل و نقل هوشمند به شرح زیر آمده است:

سیستم‌های مدیریت ترافیک هوشمند: با استفاده از سنسورها و دوربین‌ها، این سیستم‌ها می‌توانند جریان ترافیک را بهینه کرده و از بروز ترافیک سنگین جلوگیری کنند.

سیستم‌های اطلاعات مسافری: این سیستم‌ها با ارائه اطلاعات دقیق و به روز درباره وضعیت حمل و نقل عمومی، به مسافران کمک می‌کنند تا بهترین تصمیم را برای سفر خود بگیرند.

خودروهای برقی و ایستگاه‌های شارژ: حمل و نقل هوشمند می‌تواند با توسعه زیرساخت‌های لازم برای خودروهای برقی، استفاده از این نوع خودروها را تسهیل کند.

دوچرخه‌سواری و پیاده‌روی: سیستم‌های حمل و نقل هوشمند می‌توانند با ایجاد مسیرهای ایمن برای دوچرخه‌سواری و پیاده‌روی، این نوع حمل و نقل را تشویق کنند (Verma et al., 2020:369). علاوه بر این شهر هوشمند از طریق مواردی که در جدول (۱) ارائه شده در حمل و نقل هوشمند اثرگذار است.

جدول ۱. ارتباط شهر هوشمند با حمل و نقل هوشمند

ویژگی شهر هوشمند	ارتباط با حمل و نقل هوشمند
بستر فناوری	شهر دیجیتال و هوشمند بستری را فراهم می‌کند که در آن فناوری‌های مورد نیاز برای حمل و نقل هوشمند به کار گرفته می‌شوند. این فناوری‌ها شامل شبکه‌های ارتباطی پرسرعت، سنسورها، نرم‌افزارهای تحلیل داده و پلتفرم‌های ابری است.
داده محور بودن	داده‌های جمع‌آوری شده از سنسورها و دستگاه‌های هوشمند، به تحلیل وضعیت ترافیک، پیش‌بینی تقاضا و ارائه خدمات بهتر به شهروندان کمک می‌کنند.
بهبود کیفیت زندگی	با بهبود سیستم حمل و نقل، کیفیت زندگی شهروندان به طور قابل توجهی بهبود می‌یابد. کاهش ترافیک، کاهش آلودگی هوا، افزایش ایمنی و دسترسی آسان‌تر به خدمات شهری از جمله مزایای حمل و نقل هوشمند هستند.
پایداری	حمل و نقل هوشمند با کاهش مصرف انرژی، کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و تشویق استفاده از حمل و نقل عمومی، به پایداری محیط زیست کمک می‌کند.
توسعه اقتصادی	بهبود سیستم حمل و نقل باعث جذب سرمایه‌گذاری، افزایش بهره‌وری و توسعه اقتصادی شهر می‌شود.

منبع: (Verma et al., 2020:369)

رویکرد حمل و نقل پایدار و ارتباط آن با حمل و نقل هوشمند

رویکرد حمل و نقل پایدار به سیستمی گفته می‌شود که نیازهای حمل و نقل فعلی را بدون به خطر انداختن توانایی نسل‌های آینده برای برآوردن نیازهای خود برآورده کند. این سیستم باید کم‌مصرف، کم‌آلاینده و عادلانه باشد. از طرفی حمل و نقل هوشمند به عنوان یک رویکرد نوین، با بهره‌گیری از فناوری‌های اطلاعات و ارتباطات، به دنبال بهبود کارایی، ایمنی و پایداری سیستم‌های حمل و نقل شهری است. این رویکرد با ارائه راهکارهایی برای کاهش ترافیک، آلودگی هوا و مصرف انرژی، نقش بسیار مهمی در دستیابی به حمل و نقل پایدار شهری ایفا می‌کند (Eberle & Von Helmolt., 2010:691). به طور خلاصه، برخی از موارد ارتباط حمل و نقل پایدار با حمل و نقل هوشمند به شرح زیر است:

کاهش مصرف انرژی: سیستم‌های حمل و نقل هوشمند می‌توانند با بهینه‌سازی مسیرها، کاهش ترافیک و تشویق استفاده از حمل و نقل عمومی، مصرف سوخت و در نتیجه انتشار گازهای گلخانه‌ای را کاهش دهند.

کاهش آلودگی هوا: با کاهش ترافیک و تشویق استفاده از وسایل نقلیه پاک مانند دوچرخه و وسایل نقلیه برقی، حمل و نقل هوشمند می‌تواند به بهبود کیفیت هوا کمک کند.

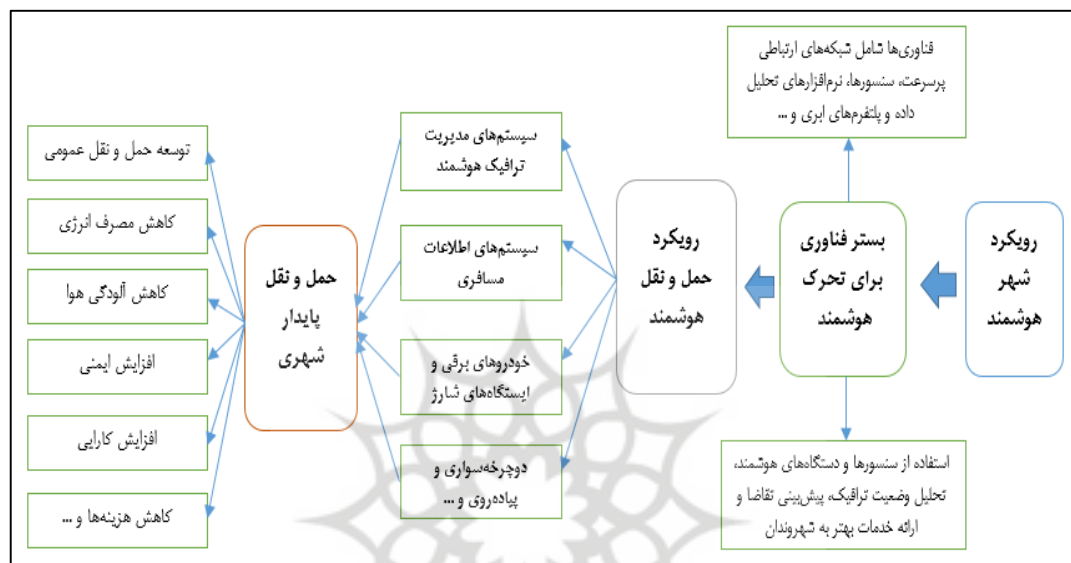
افزایش ایمنی: سیستم‌های حمل و نقل هوشمند با استفاده از فناوری‌های پیشرفته مانند سیستم‌های هشدار برخورد و دوربین‌های نظارتی، می‌توانند به کاهش تصادفات و افزایش ایمنی جاده‌ها کمک کنند.

افزایش کارایی: با بهینه‌سازی جریان ترافیک و مدیریت هوشمند منابع، حمل و نقل هوشمند می‌تواند به افزایش کارایی سیستم حمل و نقل کمک کند.

توسعه حمل و نقل عمومی: سیستم‌های حمل و نقل هوشمند می‌توانند با ارائه اطلاعات دقیق و به روز درباره وضعیت حمل و نقل عمومی، تشویق مردم به استفاده از این نوع حمل و نقل کنند.

کاهش هزینه‌ها: با کاهش ترافیک، کاهش مصرف سوخت و افزایش کارایی، حمل و نقل هوشمند می‌تواند به کاهش هزینه‌های حمل و نقل کمک کند. در نهایت، حمل و نقل هوشمند و حمل و نقل پایدار دو روی یک سکه هستند. برای

رسیدن به یک سیستم حمل و نقل پایدار، باید از فناوری‌های هوشمند استفاده کرد. با این حال، فناوری به تنهایی کافی نیست و باید به همراه تغییر در رفتار مردم و سیاست‌های شهری به کار گرفته شود (Bouzguenda et al., 2019:11). به طور کلی و با بررسی مبانی نظری ارائه شده در این بخش مشخص می‌گردد که رویکرد حمل و نقل هوشمند مبتنی بر شهر هوشمند نقش مهمی در توسعه سیستم‌های حمل و نقل پایدار و کارآمد ایفا می‌کند و با استفاده از این رویکردها، می‌توان به شهری با ترافیک روان‌تر، ایمن‌تر و کمتر آلوده دست یافت. در این راستا مدل مفهومی پژوهش حاضر در شکل (۲) نشان داده شده است.

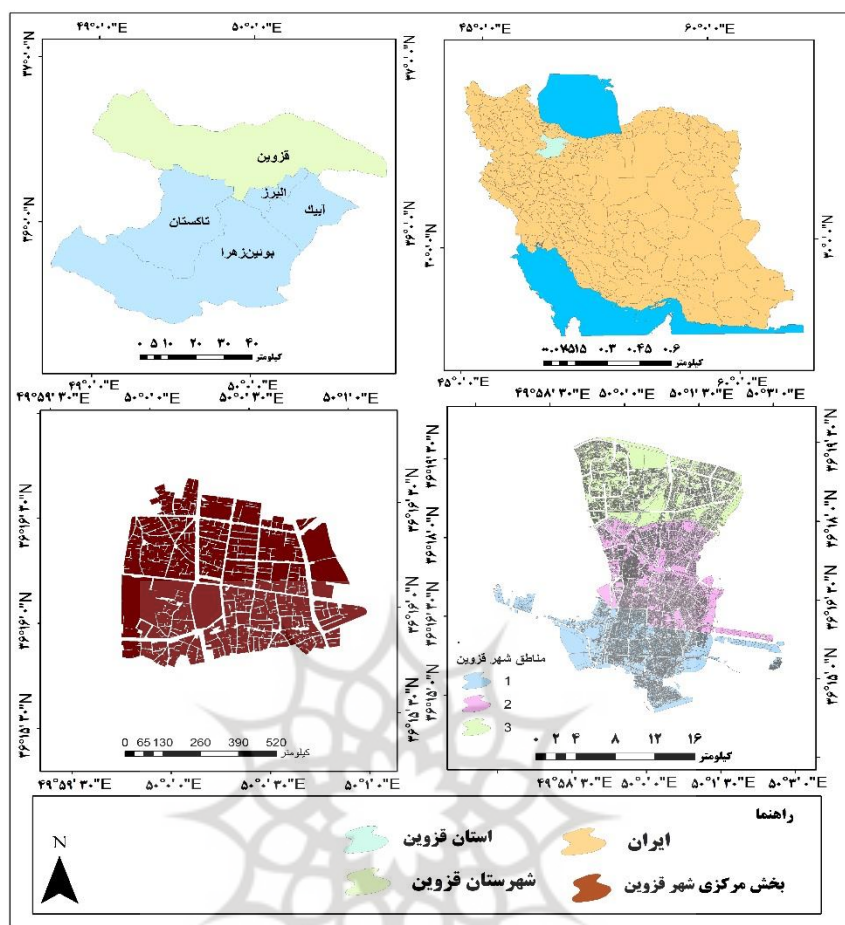


شکل ۲. مدل مفهومی پژوهش ترسیم: نگارندگان

روش تحقیق

محدوده مورد مطالعه

شهر قزوین مرکز شهرستان قزوین و در دامنه های جنوبی سلسله جبال البرز قرار گرفته است. شهرستان بوئین زهرا در جنوب، شهرستان تاکستان در جنوب غرب، استان تهران در شرق، استان زنجان در غرب و استان گیلان و مازندران در شمال آن قرار گرفته اند. موقعیت حوزه استحفاظی شهر قزوین در $49^{\circ} 55'$ تا $50^{\circ} 10'$ طول شرقی و $36^{\circ} 00'$ تا $36^{\circ} 22'$ عرض شمالی واقع شده است. براساس آخرین آمار شهر قزوین دارای ۵۹۶۹۳۲ نفر جمعیت بوده است (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۵). شهر قزوین در حال حاضر دارای سه منطقه و ۱۹ ناحیه می‌باشد (کرمی پورشمس آبادی و همکاران، ۱۴۰۱). این مطالعه با تاکید بر بخش مرکزی شهر قزوین است که از شمال به خیابان بوعلی از غرب به خیابان سعدی، از جنوب به خیابان شهید انصاری و از شرق به خیابان بلوار مدرس منتهی می‌شود (طرح جامع حمل و نقل و ترافیک شهر قزوین، ۱۳۹۵). شکل (۳) بیانگر محدوده مورد مطالعه می‌باشد.



شکل ۳. موقعیت جغرافیایی بخش مرکزی شهر قزوین ترسیم: نگارندگان، ۱۴۰۳

داده و روش کار

با توجه به اینکه هدف اصلی پژوهش، تحلیلی بر شاخص‌های حمل و نقل هوشمند در راستای پایداری حمل و نقل بخش مرکزی شهر قزوین با روش دیمتل مبتنی بر رویکرد تحلیل شبکه می‌باشد، از روش پژوهش ترکیبی اکتشافی استفاده شده است. در روش پژوهش ترکیبی اکتشافی، ابتدا روش‌های پژوهش کیفی مورد استفاده قرار می‌گیرند و سپس از روش‌های تحقیق کمی استفاده می‌گردد. بر این اساس، در بخش اول پژوهش که کیفی است، از مرور عمیق ادبیات استفاده شد تا تحلیلی بر شاخص‌های حمل و نقل هوشمند در راستای پایداری حمل و نقل بخش مرکزی شهر قزوین تعیین گردند. در بخش دوم که کمی است، برای اولویت‌بندی متغیرها از رویکرد دیمتل مبتنی بر رویکرد تحلیل شبکه استفاده شده است. همان گونه که اشاره شد، بخش اول این پژوهش به بخش کیفی اختصاص دارد. در این بخش از پژوهش از روش مرور عمیق ادبیات استفاده شده است. بخش دوم این پژوهش به بخش کمی اختصاص دارد. در این پژوهش، با بهره‌گیری از یافته‌های مرحله کیفی، از روش دیمتل مبتنی بر رویکرد تحلیل شبکه برای بررسی ارتباط میان حوزه‌های مورد مطالعه و وزن دهی آنها بهره گرفته شد. به جهت گردآوری اطلاعات، با استفاده از شاخص و زیر شاخص‌های بخش کیفی، پرسشنامه ساختاریافته دیمتل مبتنی بر رویکرد تحلیل شبکه مورداستفاده قرار گرفت که به صورت حضوری یا از طریق ارسال مجازی تکمیل شدند. ماهیت پرسشنامه‌ها به گونه‌ای بوده است که جدولی از مؤلفه‌ها را شامل می‌شد که نظر خبرگان را در خصوص ارتباط و میزان اثر میان این مؤلفه‌ها در مورد مناسب بودن سنجیده شد. به جهت سنجش پایایی، از پایایی پس از آزمون استفاده شد و مدتی بعد از ارسال پرسشنامه‌ها، مجدداً برای هفت نفر از

خبرگان مشارکت کننده در پژوهش ارسال شد تا این اطمینان حاصل شود که همبستگی پاسخها حداقل از ۷۰ درصد بیشتر است و ارزش احتمال نیز کمتر از ۰/۵ است که نتایج حاکی از پیاپی قابل قبول پرسشنامهها است. نتایج سنجش پیاپی آزمون- پس آزمون پرسشنامهها با استفاده از نرم افزار تعیین شده است. آلفای کرونباخ این تحقیق برابر با ۰/۸۲ است که مقدار مناسبی را نشان می دهد. جامعه آماری، کارشناسان امور شهری، کارشناسان بخش حمل و نقل و خبرگان آشنا به این موضوع هستند و زیر شاخص های انتخاب خبرگان که بر اساس نمونه گیری غیر احتمالی و هدفمند ۳۰ نفر می باشد که دارای مدرک تحصیلی کارشناسی ارشد و بالاتر هستند.

شاخص های پژوهش:

استفاده از شاخص های مناسب، منجر به تصمیم سازی بهتر و اقدامات موثرتر از طریق ساده سازی، شفاف سازی و تبدیل انبوهی از اطلاعات به اطلاعات قابل استفاده جهت تصمیم گیرندگان می گردد (امانپور و حسینی سیاه گلی، ۱۴۰۱: ۶۷). در جدول (۲) شاخص های مورد استفاده پژوهش آمده است.

جدول ۲. شاخص ها و زیر شاخص های حمل و نقل هوشمند در راستای پایداری حمل و نقل بخش مرکزی شهر قزوین

شاخص ها	کد	زیر شاخص ها
سیستم پشتیبانی حمل و نقل عمومی (A)	A1	سیستم وضعیت حمل و نقل عمومی
	A2	برنامه ریزی مسیرهای گردشگری حمل و نقل عمومی
	A3	خطوط انحصاری اتوبوس
	A4	بهینه سازی مسیرهای اتوبوس شبانه
	A5	چراغ های خیابانی هوشمند
	A6	شبکه های وای فای رایگان
	A7	ایستگاه های شارژ رایگان دستگاه های الکترونیکی
سیستم پشتیبانی تحرک خصوصی (B)	A8	خدمات پرداخت برای حمل و نقل عمومی
	B1	سرویس اطلاعات ترافیک در زمان واقعی
	B2	نقشه ترافیک تعاملی آنلاین
	B3	خدمات هشدار وضعیت ترافیک و جاده
	B4	سرویس پارکینگ هوشمند
سرویس اشتراک خودرو (C)	B5	عوارض سنجش بزرگراه
	C1	سرویس اشتراک دوچرخه
	C2	سرویس اشتراک خودروهای الکتریکی
	C3	برنامه ریزی پارکینگ برای خودروهای مشترک
خدمات خودرو صرفه جویی در مصرف انرژی (D)	C4	خدمات پرداخت برای اشتراک خودرو
	D1	سیستم برنامه ریزی مسیر دوچرخه سواری
	D2	وسایل نقلیه الکتریکی
	D3	وسایل نقلیه با انرژی های تجدید پذیر
	D4	جاده های شارژ خورشیدی
	D5	نشان انحصاری خط دوچرخه و جاده

منبع: (Lu et al, 2022, Razmjoo et al, 2022)، (امیری، ۱۳۹۹)، تاج الدین، (۱۳۹۱)

یافته های تحقیق

در این پژوهش با استفاده از مرور ادبیات و پیشینه پژوهش های انجام شده شاخص های حمل و نقل هوشمند در راستای پایداری حمل و نقل بخش مرکزی شهر قزوین شناسایی شدند سپس جهت بومی سازی عوامل، طی پرسشنامه ای در اختیار ۳۰ نفر از خبرگان که شامل اساتید برنامه ریزی شهری و مدیران شهر، کارشناسان امور شهری، کارشناسان بخش

حمل و نقل و خبرگان آشنا به این موضوع قرار داده شد تا بر اساس طیف ۱ تا ۵ لیکرت (۱= اهمیت خیلی کم، ۲= اهمیت کم، ۳= اهمیت متوسط، ۴= اهمیت زیاد، ۵= اهمیت خیلی زیاد) به هر یک از شاخص‌ها امتیازی دهند. در ادامه به شرح یافته‌های هر مرحله از روش دنپ (DANP) پرداخته شده است:

گام اول: محاسبه ماتریس ارتباط مستقیم: در این گام از خبرگان خواسته شد تا میزان تأثیرگذاری زیر شاخص i بر زیر شاخص در بازه ۰ تا ۴ (از ضعیف به قوی) را نشان دهند. میانگین نظرات ۳۰ نفر خبره پژوهش در ماتریس ارتباط مستقیم قرار گرفت.

جدول ۳. محاسبه ماتریس ارتباط مستقیم

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	D1	D2	D3	D4	D5
A1	-/۰۰	۳/۲۴	۳/۱۲	۱/۲۰	۲/۸۷	۲/۷۳	۲/۵۰	۱/۸۹	۳/۰۱	۲/۱۲	۲/۲۵	۲/۷۰	۲/۲۳	۲/۷۰	۲/۸۲	۳/۰۲	۲/۷۵	۳/۷۳	۳/۱۷	۳/۲۲	۲/۰۲	۳/۷۵
A2	۲/۵۰	-/۰۰	۲/۵۰	۳/۰۰	۲/۷۵	۲/۵۴	۲/۷۸	۱/۹۸	۳/۹۵	۲/۶۴	۲/۶۲	۲/۶۴	۲/۶۲	۲/۵۶	۳/۰۰	۲/۹۶	۲/۳۷	۲/۹۶	۲/۶۲	۳/۴۴	۲/۷۵	۲/۵۶
A3	۳/۵۰	۴/۰۰	-/۰۰	۲/۱۷	۲/۷۵	۳/۰۰	۱/۲۵	-/۸۹	۳/۱۲	۲/۳۵	۲/۲۵	۲/۴۴	۲/۶۴	۲/۶۰	۱/۹۷	۲/۵۸	۲/۳۲	۲/۲۴	۲/۱۲	۳/۲۵	۲/۲۵	۳۰۹
A4	۱/۵۰	۱/۹۷	۲/۶۲	-/۰۰	۳/۲۵	۳/۹۵	۲/۴۵	۱/۶۸	۲/۵۴	۲/۶۶	۱/۶۸	۱/۷۰	۲/۵۰	۲/۳۷	۱/۷۷	۱/۷۸	۱/۷۶	۲/۲۵	۲/۶۲	۳/۴۴	۲/۲۵	۲/۹۶
A5	۲/۷۵	۲/۲۵	۲/۵۶	۲/۲۵	-/۰۰	۳/۶۲	۲/۵۰	۱/۹۶	۲/۷۵	۱/۸۶	۲/۵۰	۱/۶۸	۲/۴۶	۲/۳۰	۲/۴۶	۲/۷۷	۱/۸۲	۲/۶۴	۲/۹۶	۲/۵۰	۲/۸۷	۲/۵۶
A6	۱/۶۸	۲/۱۷	۲/۵۴	۲/۴۵	۳/۱۲	-/۰۰	۲/۵۸	۲/۱۲	۲/۲۲	۱/۷۵	۲/۶۸	۲/۴۴	۲/۵۸	۲/۶۵	۲/۳۵	۲/۳۵	۱/۹۷	۲/۶۴	۲/۷۵	۳/۲۵	۲/۱۳	۲/۴۶
A7	-/۸۴	-/۸۸	-/۶۴	۲/۱۳	۳/۵۰	۲/۵۲	-/۰۰	۲/۵۰	۱/۸۲	۲/۵۰	۲/۵۰	۱/۸۷	۲/۶۲	۱/۷۴	۲/۶۴	۱/۹۷	۱/۵۰	۲/۵۰	۲/۶۲	۳/۲۲	۲/۲۵	۲/۶۵
A8	-/۹۸	-/۶۷	-/۳۵	۲/۲۵	۲/۵۸	۲/۳۷	۳/۹۵	-/۰۰	۱/۷۶	۲/۶۸	۱/۷۴	۱/۴۵	۱/۷۶	۱/۸۰	۲/۳۴	۲/۲۵	۱/۲۵	۲/۶۴	۲/۵۰	۳/۴۴	۲/۶۲	۲/۴۵
B1	۳/۵۵	۲/۶۰	۳/۵۰	۲/۵۰	۲/۵۰	۲/۵۸	۱/۲۵	۱/۶۰	-/۰۰	۲/۸۰	۱/۵۶	۲/۷۵	۲/۵۰	۲/۶۰	۲/۳۵	۲/۵۵	۱/۶۸	۲/۵۰	۲/۳۵	۳/۶۰	۲/۶۲	۲/۵۰
B2	۳/۴۸	۳/۹۵	۲/۲۵	۲/۶۵	۱/۸۵	۲/۶۴	۲/۲۵	۱/۷۵	۳/۰۰	-/۰۰	۳/۲۴	۲/۵۰	۲/۲۵	۱/۵۰	۱/۲۰	۲/۲۲	۱/۸۸	۲/۶۴	۲/۳۷	۲/۴۹	۲/۸۰	۲/۴۵
B3	۲/۴۴	۲/۶۶	۱/۹۷	۲/۴۵	۱/۸۶	۲/۴۳	۱/۴۴	۱/۷۸	۱/۸۵	۲/۶۸	-/۰۰	۲/۵۶	۱/۵۶	۱/۵۵	۱/۷۲	۲/۵۰	۱/۶۸	۲/۲۵	۲/۵۴	۳/۵۰	۲/۴۵	۲/۶۰
B4	۲/۵۸	۲/۸۶	۲/۶۶	۱/۶۸	۱/۷۴	۱/۹۵	۱/۷۸	-/۸۸	۱/۷۵	۳/۰۰	۲/۵۵	-/۰۰	۲/۷۵	۱/۷۵	۳/۰۰	۲/۶۰	۱/۸۰	۲/۶۴	۲/۳۲	۳/۲۲	۲/۶۰	۳/۷۵
B5	۱/۷۵	۳/۱۲	۳/۱۲	۲/۰۰	۲/۳۷	۱/۸۷	۱/۲۵	۲/۱۲	۱/۸۷	۱/۸۷	۲/۰۰	-/۰۰	۲/۱۲	۲/۲۵	۱/۸۷	۱/۶۸	۲/۲۵	۲/۳۷	۲/۵۴	۲/۳۵	۲/۶۲	۲/۵۰
C1	۲/۲۵	۲/۶۲	۲/۸۷	۲/۸۷	۳/۰۰	۲/۱۲	-/۸۷	-/۸۷	۲/۵۰	۲/۳۷	۱/۸۷	۲/۰۰	۲/۲۵	-/۰۰	۲/۶۲	۲/۳۷	۱/۵۰	۲/۲۵	۲/۳۷	۲/۵۰	۱/۸۷	۲/۶۲
C2	۲/۳۶	۳/۱۲	۲/۵۸	۲/۳۰	۲/۳۷	۲/۶۴	۱/۶۴	۱/۸۲	۱/۲۵	۱/۸۶	۱/۳۵	۲/۵۰	۲/۵۴	۲/۴۰	-/۰۰	۱/۹۷	۱/۶۵	۳/۶۲	۲/۶۲	۳/۴۴	۲/۳۰	۲/۹۶
C3	۳/۵۰	۳/۴۵	۲/۶۷	۲/۲۸	۲/۲۲	۲/۶۷	۲/۳۰	۲/۲۴	۳/۴۰	۱/۵۰	۲/۶۸	۲/۶۸	۲/۳۶	۱/۸۶	۳/۷۴	-/۰۰	۲/۷۵	۲/۲۶	۲/۱۲	۲/۴۴	۲/۷۰	۳/۱۲
C4	۲/۹۶	۲/۷۵	۱/۳۷	۱/۲۵	۱/۳۷	۳/۱۲	۱/۵۰	۱/۲۲	۱/۵۰	۳/۱۲	۱/۸۷	۱/۶۵	۳/۰۰	۱/۳۵	۱/۶۲	۱/۵۴	-/۰۰	۲/۷۶	۲/۳۷	۲/۵۰	۲/۳۶	۲/۶۰
D1	۲/۲۵	۲/۸۰	۳/۶۶	۲/۴۰	۳/۰۰	۲/۱۲	۲/۷۴	۱/۷۶	۲/۴۵	۱/۹۷	۱/۳۲	۳/۰۴	۲/۸۷	۲/۵۰	۱/۵۵	۲/۲۵	۲/۶۰	-/۰۰	۲/۱۲	۲/۹۰	۲/۸۳	۲/۴۰
D2	۲/۷۵	۲/۸۷	۲/۲۵	۱/۲۵	۱/۷۵	۱/۶۲	۱/۹۸	۱/۸۲	۳/۹۶	۳/۱۲	۱/۳۴	۱/۰۰	۲/۵۰	۱/۲۵	۲/۳۰	۳/۲۴	۳/۰۰	۲/۶۴	-/۰۰	۲/۲۵	۲/۶۸	۲/۷۵
D3	۲/۷۶	۲/۷۵	۱/۸۵	۲/۲۵	۱/۷۸	۲/۵۰	۳/۷۶	۳/۲۵	۲/۷۶	۲/۶۶	۱/۳۹	۲/۸۰	۱/۴۰	۲/۶۷	۱/۶۲	۳/۰۰	۱/۶۲	۲/۲۵	۲/۵۵	-/۰۰	۲/۱۲	۲/۷۰
D4	-/۸۷	۳/۴۰	۲/۵۰	۳/۲۰	۲/۵۸	۲/۹۵	۲/۵۰	۳/۷۶	۲/۲۵	۲/۶۸	۲/۷۴	۱/۲۵	۲/۴۶	۲/۲۵	۲/۶۶	۱/۹۸	۱/۸۲	۲/۷۰	۲/۲۵	۳/۴۴	-/۰۰	۲/۸۰
D5	۲/۵۰	۲/۷۵	۳/۰۰	۲/۵۰	۳/۰۰	۲/۶۲	۱/۲۵	۱/۱۲	۳/۴۰	۲/۲۵	۱/۷۵	۲/۵۰	۳/۰۰	۲/۷۵	۲/۱۲	۳/۳۷	۳/۰۰	۲/۲۵	۲/۳۷	۳/۵۰	۲/۸۰	-/۰۰

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۳

گام دوم: نرمال سازی ماتریس ارتباط مستقیم: در این گام، کلیه عناصر ماتریس بر بزرگترین عدد به دست آمده از جمع سطرهای ماتریس تقسیم شده است تا شدت نسبی حاکم بر روابط مستقیم تعیین شود.

جدول ۴. نرمال سازی ماتریس ارتباط مستقیم

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	D1	D2	D3	D4	D5
A1	++	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
A2	+	++	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
A3	+	+	++	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
A4	+	+	+	++	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
A5	+	+	+	+	++	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
A6	+	+	+	+	+	++	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
A7	+	+	+	+	+	+	++	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
A8	+	+	+	+	+	+	+	++	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
B1	+	+	+	+	+	+	+	+	++	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
B2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	++	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
B3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	++	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
B4	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	++	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
B5	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	++	+	+	+	+	+	+	+	+	+
C1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	++	+	+	+	+	+	+	+	+
C2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	++	+	+	+	+	+	+	+
C3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	++	+	+	+	+	+	+
C4	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	++	+	+	+	+	+
D1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	++	+	+	+	+
D2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	++	+	+	+
D3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	++	+	+
D4	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	++	+
D5	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	++

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۳

گام سوم: ماتریس ارتباط کامل شاخص (T_D)

ماتریس ارتباطات کامل زیر شاخص‌ها از طریق فرمول زیر به دست آمد که در آن ماتریس نرمال و ماتریس واحد است. ماتریس ارتباطات کامل شاخص در جدول شماره (۵) نمایش داده شده است.

رابطه ۱. $S = N + N_2 + \dots + N_h = N(I - N) - 1$, when $h \rightarrow \infty$

جدول ۵. ماتریس ارتباط کامل شاخص

میزان اثرگذاری	D	C	B	A	TD
۰/۵۹۹۷۷۲	۰/۱۶۸۶۳۸	۰/۱۳۹۶۳۵	۰/۱۴۸۱۲۶	۰/۱۴۳۳۷۳	سیستم پشتیبانی حمل و نقل عمومی (A)
۰/۵۶۷۱۸۴	۰/۱۶۰۷۷۱	۰/۱۳۰۹۲۱	۰/۱۳۴۷۸۱	۰/۱۴۰۷۱۱	سیستم پشتیبانی تحرک خصوصی (B)
۰/۵۶۴۹۰۵	۰/۱۶۱۰۷۷	۰/۱۳۳۹۷۴	۰/۱۳۷۶۸۲	۰/۱۴۲۱۷۲	سرویس اشتراک خودرو (C)
۰/۵۹۲۱۳۷	۰/۱۵۸۷۷۱	۰/۱۳۸۸۳۵	۰/۱۴۵۶۸۱	۰/۱۴۸۸۳۹	خدمات خودرو صرفه جویی در مصرف انرژی (D)
	۰/۵۷۵۰۹۶	۰/۵۶۶۲۷	۰/۵۳۳۳۶۵	۰/۶۴۹۲۵۸	میزان اثرپذیری

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۳

گام چهارم: نرمال سازی ماتریس ارتباطات کامل شاخص (T_D)

ماتریس (T_D) با فرمول‌های ذیل نرمال شد، به این ترتیب که حاصل جمع هر سطر محاسبه شده و هر عنصر بر مجموع عناصر سطر مربوط به خود تقسیم گردید، سپس جای سطر و ستون ماتریس حاصل، عوض شد. ماتریس ارتباطات کامل نرمال شده شاخص به صورت ذیل نشان داده شد.

$$T_D = \begin{bmatrix} t_{11}^{D_1} / d_1 & \dots & t_{1j}^{D_1} / d_1 & \dots & t_{1m}^{D_1} / d_1 \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ t_{i1}^{D_i} / d_i & \dots & t_{ij}^{D_i} / d_i & \dots & t_{im}^{D_i} / d_i \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ t_{m1}^{D_m} / d_m & \dots & t_{mj}^{D_m} / d_m & \dots & t_{mm}^{D_m} / d_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} t_{11}^{D_1} & \dots & t_{1j}^{D_1} & \dots & t_{1m}^{D_1} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ t_{i1}^{D_i} & \dots & t_{ij}^{D_i} & \dots & t_{im}^{D_i} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ t_{m1}^{D_m} & \dots & t_{mj}^{D_m} & \dots & t_{mm}^{D_m} \end{bmatrix}$$

$$T_D = \begin{bmatrix} t_{11}^{D_1} & \dots & t_{1j}^{D_1} & \dots & t_{1m}^{D_1} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ t_{i1}^{D_i} & \dots & t_{ij}^{D_i} & \dots & t_{im}^{D_i} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ t_{m1}^{D_m} & \dots & t_{mj}^{D_m} & \dots & t_{mm}^{D_m} \end{bmatrix} \rightarrow d_i = \sum_{j=1}^m t_{ij}^{D_i} \rightarrow d_j = \sum_{i=1}^m t_{ij}^{D_i} \rightarrow d_m = \sum_{i=1}^m t_{im}^{D_i}, i = 1, \dots, m$$

جدول ۶ ماتریس ارتباطات کامل نرمال شده شاخص در پژوهش حاضر را نشان می‌دهد.

جدول ۶. ماتریس ارتباط کامل نرمال شده شاخص

D	C	B	A	TD
۰/۲۳۹۰۴۵	۰/۳۴۶۹۷۱	۰/۲۳۲۸۱۳	۰/۲۸۱۱۷۱	سیستم پشتیبانی حمل و نقل عمومی (A)
۰/۲۴۸۰۸۸	۰/۲۳۷۶۳۱	۰/۲۳۰۸۲۶	۰/۲۸۳۴۵۵	سیستم پشتیبانی تحرک خصوصی (B)
۰/۲۵۱۶۷۵	۰/۲۴۳۷۲۵	۰/۲۱۹۴۵۹	۰/۲۸۵۱۴	سرویس اشتراک خودرو (C)
۰/۲۵۱۳۶۴	۰/۲۴۶۰۳۱	۰/۲۳۴۴۶۹	۰/۲۶۸۱۳۶	خدمات خودرو صرفه جویی در مصرف انرژی (D)

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۳

گام پنجم: تشکیل ماتریس ارتباطات کامل زیر شاخص‌ها (T_c)

ماتریس ارتباطات کامل زیر شاخص‌ها از طریق فرمول ذیل به دست می‌آید؛ که در آن ماتریس نرمال و ماتریس واحد است.

جدول (۷) ماتریس ارتباط کامل زیر شاخص‌ها را نشان می‌دهد.

رابطه ۲.

$$S = N + N^2 + \dots + N^n = N(1 - N)^{-1}, \text{ when } h \rightarrow \infty$$

جدول ۷. تشکیل ماتریس ارتباطات کامل زیر شاخص‌ها

TC	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	D1	D2	D3	D4	D5
A1	۰/۱۲۹	۰/۱۸۸	۰/۱۷۵	۰/۱۴۲	۰/۱۷۳	۰/۱۸۳	۰/۱۵۵	۰/۱۲۷	۰/۱۸۴	۰/۱۵۵	۰/۱۶۴	۰/۱۶۱	۰/۱۶۱	۰/۱۵۹	۰/۱۶۴	۰/۱۷۱	۰/۱۴۸	۰/۱۹۳	۰/۱۷۹	۰/۲۱۴	۰/۱۶۲	۰/۲۰۴
A2	۰/۱۶۵	۰/۱۴۱	۰/۱۶۶	۰/۱۶۷	۰/۱۶۵	۰/۱۸۰	۰/۱۵۹	۰/۱۲۶	۰/۱۶۷	۰/۱۶۲	۰/۱۵۵	۰/۱۷۱	۰/۱۶۶	۰/۱۵۷	۰/۱۶۶	۰/۱۶۹	۰/۱۴۲	۰/۱۸۲	۰/۱۷۱	۰/۲۱۷	۰/۱۷۳	۰/۱۸۷
A3	۰/۱۷۳	۰/۱۹۳	۰/۱۲۴	۰/۱۴۹	۰/۱۶۵	۰/۱۸۰	۰/۱۲۲	۰/۱۰۸	۰/۱۷۹	۰/۱۵۲	۰/۱۵۹	۰/۱۶۶	۰/۱۶۰	۰/۱۵۲	۰/۱۴۶	۰/۱۵۸	۰/۱۳۶	۰/۱۶۵	۰/۱۵۸	۰/۲۰۶	۰/۱۵۸	۰/۱۸۸
A4	۰/۱۲۲	۰/۱۵۰	۰/۱۴۹	۰/۱۰۷	۰/۱۶۰	۰/۱۸۰	۰/۱۲۸	۰/۱۱۱	۰/۱۵۸	۰/۱۴۵	۰/۱۲۵	۰/۱۲۹	۰/۱۴۶	۰/۱۲۸	۰/۱۳۱	۰/۱۳۵	۰/۱۱۸	۰/۱۵۲	۰/۱۵۲	۰/۱۹۳	۰/۱۴۶	۰/۱۷۱
A5	۰/۱۵۵	۰/۱۶۰	۰/۱۵۴	۰/۱۴۶	۰/۱۱۹	۰/۱۸۱	۰/۱۴۴	۰/۱۱۹	۰/۱۶۷	۰/۱۲۹	۰/۱۴۲	۰/۱۴۴	۰/۱۵۱	۰/۱۴۰	۰/۱۴۷	۰/۱۵۴	۰/۱۲۴	۰/۱۶۳	۰/۱۶۳	۰/۱۸۷	۰/۱۶۰	۰/۱۷۳
A6	۰/۱۲۷	۰/۱۵۵	۰/۱۵۰	۰/۱۴۴	۰/۱۶۰	۰/۱۲۶	۰/۱۴۲	۰/۱۱۸	۰/۱۵۵	۰/۱۴۴	۰/۱۴۱	۰/۱۴۲	۰/۱۴۹	۰/۱۴۳	۰/۱۴۳	۰/۱۴۵	۰/۱۲۳	۰/۱۶۰	۰/۱۵۶	۰/۱۹۳	۰/۱۴۷	۰/۱۶۷
A7	۰/۱۱۲	۰/۱۲۳	۰/۱۱۰	۰/۱۲۸	۰/۱۵۳	۰/۱۴۹	۰/۰۹۴	۰/۱۱۵	۰/۱۲۶	۰/۱۲۳	۰/۱۲۷	۰/۱۲۱	۰/۱۲۸	۰/۱۱۹	۰/۱۳۴	۰/۱۲۷	۰/۱۰۵	۰/۱۴۵	۰/۱۴۲	۰/۱۷۸	۰/۱۳۶	۰/۱۵۵
A8	۰/۱۱۲	۰/۱۱۸	۰/۱۰۴	۰/۱۴۳	۰/۱۳۹	۰/۱۴۶	۰/۱۵۰	۰/۰۷۸	۰/۱۳۴	۰/۱۳۴	۰/۱۱۵	۰/۱۱۴	۰/۱۳۴	۰/۱۱۸	۰/۱۲۷	۰/۱۲۹	۰/۱۰۲	۰/۱۴۵	۰/۱۳۹	۰/۱۷۸	۰/۱۴۰	۰/۱۵۱
B1	۰/۱۶۹	۰/۱۶۸	۰/۱۶۹	۰/۱۴۹	۰/۱۵۶	۰/۱۶۹	۰/۱۲۸	۰/۱۱۴	۰/۱۲۹	۰/۱۵۴	۰/۱۳۰	۰/۱۵۲	۰/۱۵۲	۰/۱۴۸	۰/۱۴۷	۰/۱۵۳	۰/۱۲۳	۰/۱۶۳	۰/۱۵۶	۰/۲۰۴	۰/۱۵۸	۰/۱۷۴
B2	۰/۱۶۵	۰/۱۸۴	۰/۱۵۱	۰/۱۵۰	۰/۱۴۵	۰/۱۶۷	۰/۱۴۲	۰/۱۱۵	۰/۱۷۰	۰/۱۱۲	۰/۱۵۲	۰/۱۴۶	۰/۱۴۸	۰/۱۳۰	۰/۱۳۰	۰/۱۴۶	۰/۱۲۴	۰/۱۶۳	۰/۱۵۴	۰/۱۸۷	۰/۱۵۹	۰/۱۷۱
B3	۰/۱۲۹	۰/۱۵۲	۰/۱۲۳	۰/۱۳۵	۰/۱۲۳	۰/۱۵۱	۰/۱۱۸	۰/۱۰۷	۰/۱۴۱	۰/۱۲۹	۰/۰۹۴	۰/۱۳۵	۰/۱۲۶	۰/۱۳۰	۰/۱۲۴	۰/۱۲۸	۰/۱۱۲	۰/۱۴۵	۰/۱۴۴	۰/۱۸۵	۰/۱۴۲	۰/۱۵۶
B4	۰/۱۴۹	۰/۱۶۵	۰/۱۵۱	۰/۱۲۲	۰/۱۴۰	۰/۱۵۳	۰/۱۲۹	۰/۱۰۰	۰/۱۴۸	۰/۱۵۱	۰/۱۲۹	۰/۱۰۶	۰/۱۵۱	۰/۱۳۰	۰/۱۵۰	۰/۱۴۷	۰/۱۲۰	۰/۱۵۹	۰/۱۴۹	۰/۱۹۳	۰/۱۵۲	۰/۱۸۴
B5	۰/۱۲۳	۰/۱۲۸	۰/۱۲۹	۰/۱۲۳	۰/۱۳۱	۰/۱۴۳	۰/۱۱۷	۰/۰۹۴	۰/۱۲۷	۰/۱۲۱	۰/۱۱۶	۰/۱۲۱	۰/۰۹۷	۰/۱۲۲	۰/۱۲۶	۰/۱۲۳	۰/۱۰۶	۰/۱۲۸	۰/۱۳۵	۰/۱۶۳	۰/۱۴۴	۰/۱۵۰
C1	۰/۱۴۲	۰/۱۵۹	۰/۱۵۲	۰/۱۴۷	۰/۱۵۵	۰/۱۶۷	۰/۱۱۴	۰/۰۹۸	۰/۱۵۶	۰/۱۲۹	۰/۱۲۷	۰/۱۲۳	۰/۱۴۱	۰/۱۰۲	۰/۱۴۲	۰/۱۴۳	۰/۱۱۳	۰/۱۵۱	۰/۱۵۲	۰/۱۹۳	۰/۱۳۹	۰/۱۶۵
C2	۰/۱۴۴	۰/۱۵۲	۰/۱۴۸	۰/۱۶۱	۰/۱۶۱	۰/۱۲۷	۰/۱۲۷	۰/۱۲۹	۰/۱۲۳	۰/۱۲۰	۰/۱۲۰	۰/۱۴۰	۰/۱۴۶	۰/۱۳۸	۰/۱۳۷	۰/۱۱۶	۰/۱۷۱	۰/۱۵۲	۰/۱۹۲	۰/۱۹۲	۰/۱۴۶	۰/۱۷۱
C3	۰/۱۷۳	۰/۱۸۴	۰/۱۶۲	۰/۱۵۲	۰/۱۵۸	۰/۱۷۵	۰/۱۴۷	۰/۱۲۹	۰/۱۸۳	۰/۱۴۱	۰/۱۵۰	۰/۱۵۵	۰/۱۵۶	۰/۱۴۲	۰/۱۷۱	۰/۱۲۰	۰/۱۴۳	۰/۱۶۶	۰/۱۵۸	۰/۱۹۶	۰/۱۶۵	۰/۱۸۸
C4	۰/۱۲۶	۰/۱۴۳	۰/۱۱۵	۰/۱۰۸	۰/۱۱۶	۰/۱۳۵	۰/۱۱۰	۰/۰۹۰	۰/۱۲۵	۰/۱۲۱	۰/۱۱۲	۰/۱۱۲	۰/۱۲۲	۰/۱۰۶	۰/۱۱۳	۰/۱۱۵	۰/۰۷۸	۰/۱۴۱	۰/۱۲۱	۰/۱۷۳	۰/۱۳۰	۰/۱۴۷
D1	۰/۱۴۵	۰/۱۶۴	۰/۱۶۶	۰/۱۴۳	۰/۱۴۵	۰/۱۵۷	۰/۱۴۴	۰/۱۱۳	۰/۱۵۹	۰/۱۲۷	۰/۱۲۲	۰/۱۲۷	۰/۱۵۴	۰/۱۴۲	۰/۱۳۱	۰/۱۴۳	۰/۱۲۱	۰/۱۴۷	۰/۱۸۸	۰/۱۵۶	۰/۱۸۰	۰/۱۸۰
D2	۰/۱۴۶	۰/۱۵۸	۰/۱۴۰	۰/۱۲۱	۰/۱۳۴	۰/۱۴۲	۰/۱۲۷	۰/۱۰۹	۰/۱۷۳	۰/۱۲۳	۰/۱۱۶	۰/۱۱۶	۰/۱۴۲	۰/۱۱۸	۰/۱۳۵	۰/۱۵۱	۰/۱۳۳	۰/۱۵۳	۰/۱۰۹	۰/۱۷۱	۰/۱۴۸	۰/۱۶۳
D3	۰/۱۵۱	۰/۱۶۲	۰/۱۲۹	۰/۱۴۱	۰/۱۴۲	۰/۱۷۵	۰/۱۵۹	۰/۱۳۴	۰/۱۶۲	۰/۱۴۷	۰/۱۲۳	۰/۱۴۶	۰/۱۳۳	۰/۱۴۳	۰/۱۴۳	۰/۱۴۰	۰/۱۱۷	۰/۱۵۴	۰/۱۵۳	۰/۱۴۶	۰/۱۴۶	۰/۱۷۰
D4	۰/۱۲۶	۰/۱۸۳	۰/۱۵۹	۰/۱۶۸	۰/۱۶۵	۰/۱۸۱	۰/۱۶۶	۰/۱۵۰	۰/۱۸۲	۰/۱۵۸	۰/۱۵۱	۰/۱۳۵	۰/۱۵۹	۰/۱۶۳	۰/۱۵۶	۰/۱۵۰	۰/۱۲۹	۰/۱۷۲	۰/۱۶۱	۰/۲۱۱	۰/۱۲۷	۰/۱۸۴
D5	۰/۱۵۲	۰/۱۶۸	۰/۱۶۱	۰/۱۴۸	۰/۱۶۲	۰/۱۶۸	۰/۱۲۶	۰/۱۰۶	۰/۱۷۶	۰/۱۴۴	۰/۱۳۱	۰/۱۴۶	۰/۱۵۹	۰/۱۴۸	۰/۱۴۲	۰/۱۴۸	۰/۱۲۶	۰/۱۵۸	۰/۱۵۴	۰/۲۰۱	۰/۱۵۹	۰/۱۳۵

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۳

گام ششم: نرمال سازی ماتریس ارتباطات کامل زیر شاخص‌ها (T^a_c)

جهت نرمال سازی (T_c) مجموع هر سطر (T_c^{ij}) محاسبه و سپس در هر سطر (T_c^{ij})، هر عنصر بر مجموع عناصر سطر مربوط به خود تقسیم گردید. جدول شماره (۸) ماتریس ارتباطات کامل نرمال شده زیر شاخص‌ها را نشان می‌دهد.

جدول ۸. نرمال سازی ماتریس ارتباطات کامل زیر شاخص‌ها

TC	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	D1	D2	D3	D4	D5
A1	۰/۱۲۲	۰/۱۵۸	۰/۱۳۷	۰/۱۱۱	۰/۱۳۶	۰/۱۴۴	۰/۱۲۲	۰/۱۰۰	۰/۲۲۴	۰/۱۸۸	۰/۱۸۸	۰/۱۹۶	۰/۱۹۵	۰/۲۴۸	۰/۲۵۶	۰/۲۶۶	۰/۲۳۰	۰/۲۰۲	۰/۱۸۸	۰/۲۲۵	۰/۱۷۰	۰/۲۱۵
A2	۰/۱۳۰	۰/۱۱۱	۰/۱۳۰	۰/۱۳۱	۰/۱۳۰	۰/۱۴۴	۰/۱۲۵	۰/۱۰۱	۰/۲۳۱	۰/۱۹۱	۰/۱۸۲	۰/۲۰۱	۰/۱۹۵	۰/۲۴۸	۰/۲۶۳	۰/۲۶۶	۰/۲۳۴	۰/۱۹۶	۰/۱۸۴	۰/۲۳۴	۰/۱۸۵	۰/۲۰۲
A3	۰/۱۴۲	۰/۱۵۷	۰/۱۰۱	۰/۱۲۲	۰/۱۲۵	۰/۱۴۷	۰/۱۰۸	۰/۰۸۸	۰/۲۲۰	۰/۱۸۶	۰/۱۹۴	۰/۲۰۴	۰/۱۹۶	۰/۲۵۷	۰/۲۶۷	۰/۲۶۷	۰/۲۳۰	۰/۱۸۹	۰/۱۸۰	۰/۲۳۶	۰/۱۸۱	۰/۲۱۴
A4	۰/۱۱۷	۰/۱۳۳	۰/۱۳۳	۰/۰۹۵	۰/۱۴۲	۰/۱۰۰	۰/۱۲۳	۰/۰۹۸	۰/۲۲۴	۰/۲۰۶	۰/۱۷۸	۰/۱۸۴	۰/۲۰۸	۰/۲۶۶	۰/۲۵۲	۰/۲۵۸	۰/۲۳۶	۰/۱۸۶	۰/۱۸۷	۰/۲۳۷	۰/۱۷۹	۰/۲۱۰
A5	۰/۱۲۳	۰/۱۳۶	۰/۱۳۱	۰/۱۲۴	۰/۱۰۱	۰/۱۵۴	۰/۱۲۲	۰/۱۰۱	۰/۲۲۸	۰/۱۸۹	۰/۱۹۴	۰/۱۸۳	۰/۲۰۶	۰/۲۴۸	۰/۲۶۰	۰/۲۷۳	۰/۲۱۹	۰/۱۹۳	۰/۱۹۲	۰/۲۲۱	۰/۱۹۰	۰/۲۰۴
A6	۰/۱۲۱	۰/۱۲۷	۰/۱۲۳	۰/۱۲۷	۰/۱۴۲	۰/۱۱۱	۰/۱۲۵	۰/۱۰۵	۰/۲۱۵	۰/۱۸۶	۰/۱۹۵	۰/۱۹۶	۰/۲۰۷	۰/۲۵۹	۰/۲۵۷	۰/۲۶۲	۰/۲۳۳	۰/۱۹۴	۰/۱۹۰	۰/۲۲۵	۰/۱۷۸	۰/۲۰۳
A7	۰/۱۱۴	۰/۱۲۵	۰/۱۱۲	۰/۱۳۰	۰/۱۵۶	۰/۱۵۱	۰/۰۹۵	۰/۱۱۷	۰/۲۰۸	۰/۲۰۳	۰/۱۹۴	۰/۱۸۵	۰/۲۱۰	۰/۲۴۵	۰/۲۷۶	۰/۲۶۲	۰/۲۱۷	۰/۱۹۱	۰/۱۸۸	۰/۲۲۵	۰/۱۸۰	۰/۲۰۵
A8	۰/۱۱۳	۰/۱۱۹	۰/۱۰۵	۰/۱۴۴	۰/۱۴۱	۰/۱۴۷	۰/۱۵۱	۰/۰۹۹	۰/۲۱۵	۰/۲۱۶	۰/۱۸۵	۰/۱۸۳	۰/۲۰۰	۰/۲۴۸	۰/۲۶۶	۰/۲۷۱	۰/۲۱۴	۰/۱۹۳	۰/۱۸۵	۰/۲۳۷	۰/۱۸۶	۰/۲۰۰
B1	۰/۲۳۸	۰/۲۳۷	۰/۲۳۸	۰/۲۲۳	۰/۲۳۸	۰/۲۳۷	۰/۱۰۴	۰/۰۹۴	۰/۱۸۰	۰/۲۱۴	۰/۱۸۲	۰/۲۱۱	۰/۲۱۳	۰/۲۵۹	۰/۲۵۷	۰/۲۶۸	۰/۲۱۶	۰/۱۹۱	۰/۱۸۳	۰/۲۳۹	۰/۱۸۵	۰/۲۰۳
B2	۰/۱۲۶	۰/۱۵۱	۰/۱۲۴	۰/۱۲۳	۰/۱۱۹	۰/۱۳۷	۰/۰۹۵	۰/۱۲۴	۰/۱۵۳	۰/۲۰۹	۰/۲۰۱	۰/۲۰۳	۰/۲۴۵	۰/۲۴۵	۰/۲۴۴	۰/۲۴۵	۰/۲۳۴	۰/۱۹۶	۰/۱۸۵	۰/۲۳۴	۰/۱۹۱	۰/۲۰۵
B3	۰/۱۳۰	۰/۱۴۴	۰/۱۲۴	۰/۱۲۷	۰/۱۲۴	۰/۱۴۱	۰/۱۱۰	۰/۱۰۰	۰/۲۲۲	۰/۲۱۹	۰/۱۴۹	۰/۲۱۳	۰/۱۹۸	۰/۲۴۲	۰/۲۵۲	۰/۲۸۰	۰/۲۴۶	۰/۱۸۸	۰/۱۸۷	۰/۲۴۰	۰/۱۸۴	۰/۲۰۲
B4	۰/۱۲۳	۰/۱۴۷	۰/۱۲۵	۰/۱۱۸	۰/۱۲۵	۰/۱۳۷	۰/۱۱۵	۰/۰۸۹	۰/۲۱۳	۰/۲۱۷	۰/۲۰۰	۰/۱۸۳	۰/۲۱۷	۰/۲۳۸	۰/۲۷۴	۰/۲۶۱	۰/۲۱۹	۰/۱۹۰	۰/۱۷۸	۰/۲۳۰	۰/۱۸۳	۰/۲۲۰
B5	۰/۱۲۲	۰/۱۳۸	۰/۱۲۹	۰/۱۲۳	۰/۱۳۱	۰/۱۴۴	۰/۱۱۸	۰/۰۹۴	۰/۲۳۲	۰/۲۰۵	۰/۱۹۵	۰/۲۰۵	۰/۱۶۳	۰/۲۵۶	۰/۲۶۶	۰/۲۵۸	۰/۲۳۳	۰/۱۹۱	۰/۱۸۸	۰/۲۳۷	۰/۱۸۶	۰/۲۰۸
C1	۰/۱۲۶	۰/۱۴۰	۰/۱۳۴	۰/۱۲۹	۰/۱۳۷	۰/۱۴۸	۰/۱۰۱	۰/۰۹۶	۰/۲۲۴	۰/۲۰۰	۰/۱۸۲	۰/۱۹۱	۰/۲۰۳	۰/۲۰۴	۰/۲۸۵	۰/۲۸۴	۰/۲۳۷	۰/۱۸۹	۰/۱۸۶	۰/۲۴۲	۰/۱۷۵	۰/۲۰۸
C2	۰/۱۲۶	۰/۱۲۳	۰/۱۳۰	۰/۱۴۱	۰/۱۱۱	۰/۰۹۸	۰/۱۲۳	۰/۰۹۸	۰/۱۹۶	۰/۱۷۷	۰/۱۹۶	۰/۲۰۶	۰/۲۱۶	۰/۲۴۸	۰/۲۱۲	۰/۲۷۶	۰/۲۳۵	۰/۱۸۲	۰/۱۸۳	۰/۲۳۱	۰/۱۷۶	۰/۲۰۶
C3	۰/۱۲۵	۰/۱۴۴	۰/۱۲۷	۰/۱۱۹	۰/۱۲۴	۰/۱۳۷	۰/۱۱۵	۰/۱۰۱	۰/۲۳۳	۰/۱۷۹	۰/۱۹۱	۰/۱۹۸	۰/۱۹۹	۰/۲۴۶	۰/۲۴۸	۰/۲۰۹	۰/۲۴۷	۰/۱۹۰	۰/۱۸۱	۰/۲۲۴	۰/۱۸۹	۰/۲۱۶
C4	۰/۱۴۲	۰/۱۵۰	۰/۱۲۰	۰/۱۱۴	۰/۱۲۱	۰/۱۴۲	۰/۱۱۵	۰/۰۹۴	۰/۲۱۱	۰/۲۰۴	۰/۱۸۹	۰/۱۹۰	۰/۲۰۶	۰/۲۵۷	۰/۲۷۴	۰/۲۷۸	۰/۱۹۰	۰/۱۹۶	۰/۱۸۳	۰/۲۳۸	۰/۱۸۱	۰/۲۰۴
D1	۰/۱۲۲	۰/۱۰۴	۰/۱۴۱	۰/۱۲۳	۰/۱۲۳	۰/۱۲۳	۰/۱۲۲	۰/۰۹۶	۰/۲۲۴	۰/۱۹۴	۰/۱۷۳	۰/۱۹۳	۰/۲۱۷	۰/۲۵۹	۰/۲۳۹	۰/۲۶۲	۰/۲۴۱	۰/۱۵۳	۰/۱۸۶	۰/۲۳۸	۰/۱۹۷	۰/۲۲۷
D2	۰/۱۲۶	۰/۱۴۷	۰/۱۳۰	۰/۱۱۲	۰/۱۲۴	۰/۱۳۳	۰/۱۱۸	۰/۱۰۱	۰/۲۵۵	۰/۱۹۵	۰/۱۷۱	۰/۱۷۰	۰/۲۰۹	۰/۲۲۰	۰/۲۵۲	۰/۲۳۸	۰/۲۴۷	۰/۲۰۶	۰/۱۴۷	۰/۲۱۹	۰/۱۹۹	۰/۲۲۰
D3	۰/۱۲۵	۰/۱۲۵	۰/۱۱۶	۰/۱۱۷	۰/۱۱۸	۰/۱۴۶	۰/۱۱۱	۰/۲۴۸	۰/۲۰۷	۰/۱۷۳	۰/۲۰۶	۰/۱۸۶	۰/۲۴۹	۰/۲۴۸	۰/۲۶۲	۰/۲۲۱	۰/۲۰۰	۰/۱۹۹	۰/۱۹۰	۰/۱۹۰	۰/۲۳۱	۰/۲۳۱
D4	۰/۱۰۴	۰/۱۰۴	۰/۱۲۲	۰/۱۲۸	۰/۱۲۶	۰/۱۲۹	۰/۱۲۷	۰/۱۱۵	۰/۲۳۱	۰/۲۰۲	۰/۱۹۳	۰/۱۷۲	۰/۲۰۲	۰/۲۷۱	۰/۲۶۲	۰/۲۵۱	۰/۲۱۶	۰/۲۰۲	۰/۱۸۸	۰/۲۴۷	۰/۱۴۸	۰/۲۱۵
D5	۰/۱۲۸	۰/۱۴۱	۰/۱۲۵	۰/۱۲۴	۰/۱۲۶	۰/۱۴۱	۰/۱۰۶	۰/۰۸۹	۰/۲۳۳	۰/۱۹۱	۰/۱۷۳	۰/۱۹۳	۰/۲۱۰	۰/۲۶۳	۰/۲۵۱	۰/۲۶۳	۰/۲۳۳	۰/۱۹۵	۰/۱۹۱	۰/۲۴۹	۰/۱۹۷	۰/۱۶۷

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۳

گام هفتم: محاسبه شدت و جهت تأثیر شاخص و زیر شاخص‌ها

در ادامه، مجموع سطرها و ستون‌های ماتریس ارتباط کامل شاخص و زیر شاخص‌ها، به صورت جداگانه و مطابق با روابط زیر محاسبه گردید:

رابطه ۳.

$$T = [t_{ij}], \quad i, j \in \{1, 2, \dots, n\}$$

رابطه ۴.

$$r = [r_i]_{n \times 1} = \left[\sum_{j=1}^n t_{ij} \right]_{n \times 1}$$

رابطه ۵.

$$c = [c_j]_{1 \times n} = \left[\sum_{i=1}^n t_{ij} \right]_{1 \times n}$$

شاخص ri نشان دهنده مجموع سطر i ام و cj بیانگر مجموع ستون j ام با توجه به T_{ij} مربوط به بعد موردنظر است. شاخص $ri+cj$ بیانگر میزان اهمیت (شدت) بعد i ام می باشد. شاخص $ri-cj$ نشان دهنده تأثیرگذاری و یا تأثیرپذیری زیر شاخص می باشد. در حالت کلی، چنانچه $ri-cj$ مثبت باشد ($i=j$)، زیر شاخص i ام جزء دسته زیر شاخص‌های علی یا تأثیرگذار است. چنانچه $ri-cj$ منفی باشد ($i=j$)، زیر شاخص i ام جزء گروه زیر شاخص‌های تأثیرپذیر است. به همین صورت میزان شاخص و محاسبه شد. شاخص بیانگر مجموع سطر i ام و شاخص بیانگر مجموع ستون j ام از ماتریس می باشد. نمودار علی بر پایه دو شاخص مذکور قابل ترسیم شد که به نقشه روابط شبکه معروف است. با توجه به این نقشه می توان تصمیم گرفت که چگونه شاخص و زیر شاخص‌ها را بهبود داد. جدول ۹ و ۱۰ به ترتیب بیانگر شدت و جهت تأثیر هریک از شاخص و زیر شاخص‌های موردبررسی می باشند. شکل‌های ۴ و ۵ نیز موقعیت شاخص و زیر شاخص‌ها را به صورت ترسیمی نشان می دهند.

جدول ۹. شدت و جهت تأثیر هر یک از شاخص موردبررسی.

شاخص	ri	cj	ri+cj	ri-cj
سیستم پشتیبانی حمل و نقل عمومی (A)	۰/۵۹۹۷۷۲	۰/۵۷۵۰۹۶	۱/۱۷۴۸۶۸	۰/۰۲۴۶۷۶

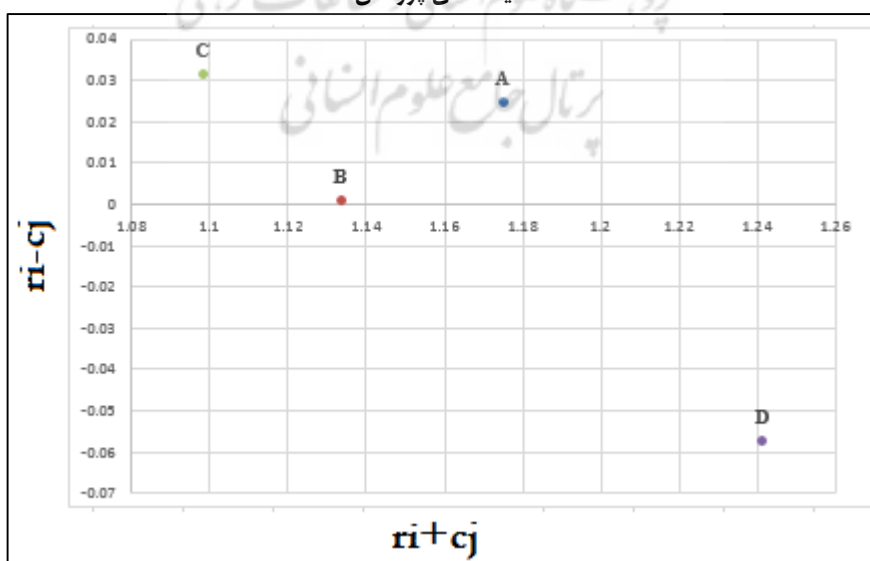
سیستم پشتیبانی تحرک خصوصی (B)	۰/۵۶۷۱۸۴	۰/۵۶۶۲۷	۱/۱۳۳۴۵۴	۰/۰۰۰۹۱۵
سرویس اشتراک خودرو (C)	۰/۵۶۴۹۰۵	۰/۵۳۳۳۶۵	۱/۰۹۸۲۷	۰/۰۳۱۵۴
خدمات خودرو صرفه جویی در مصرف انرژی (D)	۰/۵۹۳۱۲۷	۰/۶۴۹۲۵۸	۰/۲۴۱۳۸۴	۰/۰۵۷۱۳

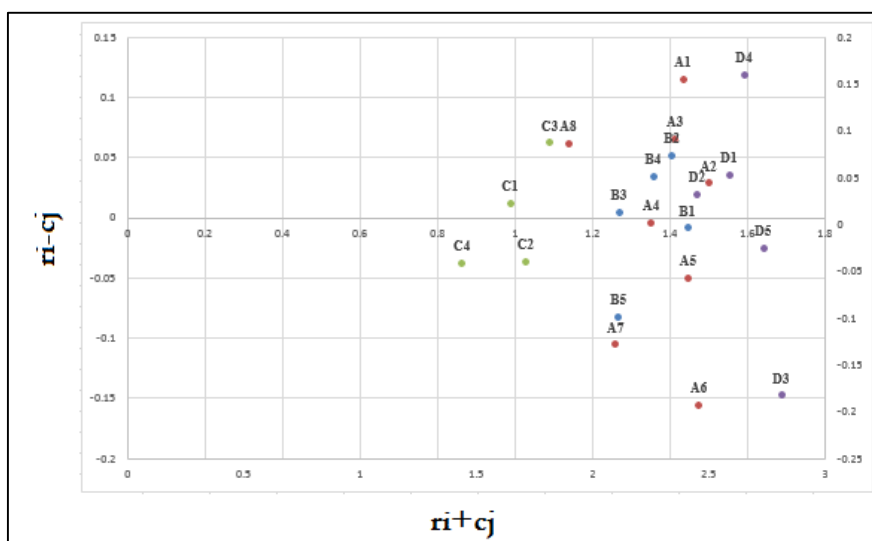
مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۳

جدول ۱۰. شدت و جهت هر یک از زیر شاخص‌های مورد بررسی.

زیر شاخص	Ri	cj	ri+cj	ri-cj
A1	۱/۲۷۱	۱/۱۱۶	۲/۳۸۷۶	۰/۱۵۴۹
A2	۱/۲۷۲	۱/۲۲۷	۲/۴۹۸۸	۰/۰۴۴۳
A3	۱/۲۲۳	۱/۱۳۱	۲/۳۵۴۳	۰/۰۹۱۸
A4	۱/۱۲۷	۱/۱۲۵	۲/۲۵۱۹	۰/۰۰۱۷
A5	۱/۱۷۶	۱/۲۳۴	۲/۴۱۰۴	۰/۰۵۷۷
A6	۱/۱۳۲	۱/۳۲۵	۲/۴۵۶۵	۰/۱۹۳۱
A7	۰/۹۸۵	۱/۱۱۳	۲/۰۹۷۷	۰/۱۲۸۳
A8	۰/۹۹۰	۰/۹۰۴	۱/۸۹۴۵	۰/۰۸۶۴
B1	۰/۷۱۸	۰/۷۲۶	۱/۴۴۴۱	۰/۰۰۸۵
B2	۰/۷۳۸	۰/۶۷۶	۱/۴۰۴۵	۰/۰۵۱۹
B3	۰/۶۳۶	۰/۶۳۲	۱/۲۶۷۸	۰/۰۰۴۳
B4	۰/۶۹۵	۰/۶۶۱	۱/۳۵۶۰	۰/۰۳۴۷
B5	۰/۵۹۲	۰/۶۷۵	۱/۲۶۶۶	۰/۰۸۲۵
C1	۰/۴۹۹	۰/۴۸۸	۰/۹۸۷۱	۰/۱۱۷
C2	۰/۴۹۶	۰/۵۳۲	۱/۰۲۷۴	۰/۰۳۶۱
C3	۰/۵۷۶	۰/۵۱۴	۱/۰۸۹۸	۰/۰۶۲۲
C4	۰/۴۱۲	۰/۴۵۰	۰/۸۶۲۸	۰/۰۳۷۸
D1	۰/۷۹۴	۰/۷۵۸	۱/۵۵۲۰	۰/۰۳۵۲
D2	۰/۷۴۴	۰/۷۲۵	۱/۴۶۹۵	۰/۰۱۹۳
D3	۰/۷۶۹	۰/۹۱۷	۱/۶۸۶۲	۰/۱۴۷۵
D4	۰/۸۵۵	۰/۷۳۶	۱/۵۹۰۹	۰/۱۱۸۶
D5	۰/۸۰۷	۰/۸۳۳	۱/۶۴۰۰	۰/۰۲۵۶

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۳





شکل ۵. موقعیت هر یک از زیر شاخص‌های مورد مطالعه بر اساس $ri+cj$ و $ri-cj$

با توجه به شکل ۴ و ۵ می‌توان گفت که در روش دیمتل، بیشترین اثرگذاری را به ترتیب شاخص خدمات خودرو صرفه جویی در مصرف انرژی (D)، سیستم پشتیبانی تحرک خصوصی (B) و سیستم پشتیبانی حمل و نقل عمومی (A) و شاخص سرویس اشتراک خودرو (C) تأثیر پذیرترین شاخص را به خود اختصاص دارد که این شاخص‌ها بیشترین تعامل با شاخص‌های حمل و نقل هوشمند در راستای پایداری حمل و نقل بخش مرکزی شهر قزوین دارد.

تشکیل سوپر ماتریس ناموزون

در اولین گام از ANP، ترانهاده ماتریس ارتباط کامل زیر شاخص‌ها (T^a_c) محاسبه شده و W حاصل شده است. برای تعیین اولویت‌های کلی و تبیین روابط بین آن‌ها، ساختار سوپر ماتریس اولیه (ناموزون) تشکیل می‌شود. بر مبنای نظریه ساعتی، پس از تشکیل سوپر ماتریس اولیه، گام بعدی تعیین اولویت است. برای تعیین اولویت از مفهوم نرمال سازی و میانگین موزون استفاده می‌شود. پس از نرمال کردن از مقادیر هر سطر میانگین موزون گرفته شد.

جدول ۱۱. سوپر ماتریس ناموزون

SN	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	D1	D2	D3	D4	D5
A1	-/۱۰۲	-/۱۲۰	-/۱۲۲	-/۱۱۷	-/۱۲۳	-/۱۲۱	-/۱۱۴	-/۱۱۳	-/۱۲۸	-/۱۲۶	-/۱۲۰	-/۱۲۳	-/۱۲۲	-/۱۲۶	-/۱۲۶	-/۱۲۵	-/۱۲۳	-/۱۲۶	-/۱۲۵	-/۱۰۴	-/۱۲۸	
A2	-/۱۲۸	-/۱۱۱	-/۱۵۷	-/۱۳۳	-/۱۳۶	-/۱۳۷	-/۱۲۵	-/۱۱۹	-/۱۳۷	-/۱۵۱	-/۱۴۳	-/۱۴۷	-/۱۳۸	-/۱۴۰	-/۱۳۳	-/۱۴۴	-/۱۵۰	-/۱۴۰	-/۱۴۷	-/۱۳۵	-/۱۴۰	
A3	-/۱۲۷	-/۱۳۰	-/۱۰۰	-/۱۳۲	-/۱۳۱	-/۱۳۲	-/۱۱۲	-/۱۰۵	-/۱۳۸	-/۱۲۴	-/۱۲۴	-/۱۳۵	-/۱۲۹	-/۱۲۴	-/۱۳۰	-/۱۲۷	-/۱۲۰	-/۱۴۱	-/۱۳۰	-/۱۱۶	-/۱۲۲	
A4	-/۱۱۱	-/۱۳۱	-/۱۲۲	-/۰۹۵	-/۱۲۴	-/۱۲۷	-/۱۲۰	-/۱۴۴	-/۱۲۲	-/۱۲۳	-/۱۲۷	-/۱۱۸	-/۱۲۳	-/۱۲۹	-/۱۲۲	-/۱۱۹	-/۱۱۴	-/۱۲۲	-/۱۱۲	-/۱۱۷	-/۱۲۸	
A5	-/۱۲۶	-/۱۲۰	-/۱۲۵	-/۱۴۲	-/۱۰۰	-/۱۴۲	-/۱۵۶	-/۱۴۱	-/۱۲۸	-/۱۱۹	-/۱۲۴	-/۱۲۵	-/۱۳۱	-/۱۲۷	-/۱۴۱	-/۱۲۴	-/۱۲۱	-/۱۳۳	-/۱۲۴	-/۱۱۸	-/۱۲۶	
A6	-/۱۴۴	-/۱۴۲	-/۱۴۷	-/۰۶۰	-/۱۵۴	-/۱۱۱	-/۱۵۱	-/۱۴۷	-/۱۲۸	-/۱۲۷	-/۱۴۱	-/۱۲۷	-/۱۴۳	-/۱۴۸	-/۱۴۱	-/۱۲۷	-/۱۴۲	-/۱۲۳	-/۱۲۲	-/۱۴۶	-/۱۴۱	
A7	-/۱۲۲	-/۱۲۵	-/۱۰۸	-/۱۲۳	-/۱۲۲	-/۱۲۵	-/۰۹۵	-/۱۵۱	-/۱۰۴	-/۱۱۶	-/۱۱۰	-/۱۱۵	-/۱۱۸	-/۱۰۰	-/۱۱۱	-/۱۱۵	-/۱۱۵	-/۱۲۲	-/۱۱۸	-/۱۳۲	-/۱۰۶	
A8	-/۱۰۰	-/۱۰۰	-/۰۸۸	-/۰۹۸	-/۱۰۰	-/۱۰۵	-/۱۱۷	-/۰۹۹	-/۰۹۴	-/۰۹۵	-/۱۰۰	-/۰۸۹	-/۰۹۴	-/۰۸۶	-/۰۹۸	-/۱۰۰	-/۰۹۴	-/۰۹۶	-/۱۰۰	-/۱۱۱	-/۰۸۹	
B1	-/۲۲۴	-/۲۳۱	-/۲۰۰	-/۲۲۴	-/۲۲۸	-/۲۱۵	-/۲۰۸	-/۲۱۵	-/۱۸۰	-/۲۳۴	-/۲۲۲	-/۲۱۳	-/۲۳۲	-/۲۲۴	-/۲۰۵	-/۲۳۳	-/۲۱۱	-/۲۲۴	-/۲۵۵	-/۲۲۸	-/۲۲۱	
B2	-/۱۸۸	-/۱۹۱	-/۱۸۶	-/۲۰۶	-/۱۸۹	-/۱۸۶	-/۲۰۳	-/۲۱۶	-/۲۱۴	-/۱۵۳	-/۲۱۹	-/۲۱۷	-/۲۰۵	-/۲۰۰	-/۱۹۶	-/۱۷۹	-/۲۰۴	-/۱۹۵	-/۲۰۷	-/۲۰۲	-/۱۹۱	
B3	-/۱۹۸	-/۱۸۲	-/۱۹۴	-/۱۷۸	-/۱۹۴	-/۱۹۵	-/۱۹۴	-/۱۸۵	-/۱۸۲	-/۲۰۹	-/۲۱۹	-/۲۰۰	-/۱۹۵	-/۱۸۲	-/۱۷۷	-/۱۹۱	-/۱۸۹	-/۱۷۳	-/۱۷۱	-/۲۰۳	-/۱۷۳	
B4	-/۱۹۶	-/۲۰۰	-/۲۰۴	-/۱۸۴	-/۱۸۳	-/۱۹۶	-/۱۸۵	-/۱۸۳	-/۲۱۱	-/۲۰۰	-/۲۱۳	-/۱۵۳	-/۲۰۵	-/۱۹۱	-/۲۰۶	-/۱۹۸	-/۱۹۰	-/۱۹۳	-/۱۷۰	-/۲۰۶	-/۱۷۳	
B5	-/۱۹۵	-/۱۹۵	-/۱۹۶	-/۲۰۸	-/۲۰۶	-/۲۰۷	-/۲۱۰	-/۲۰۰	-/۲۱۳	-/۲۰۳	-/۱۹۸	-/۲۱۷	-/۱۶۳	-/۲۰۳	-/۲۱۶	-/۱۹۹	-/۲۰۶	-/۲۱۷	-/۲۰۹	-/۱۸۶	-/۲۰۲	
C1	-/۲۴۸	-/۲۴۸	-/۲۵۷	-/۲۶۴	-/۲۴۸	-/۲۵۹	-/۲۳۵	-/۲۴۸	-/۲۵۹	-/۲۴۵	-/۲۴۲	-/۲۳۸	-/۲۵۶	-/۲۰۴	-/۲۷۸	-/۲۴۶	-/۲۵۷	-/۲۵۹	-/۲۲۰	-/۲۶۹	-/۲۷۱	
C2	-/۲۵۶	-/۲۶۳	-/۲۴۷	-/۲۵۲	-/۲۶۰	-/۲۵۷	-/۲۷۶	-/۲۶۶	-/۲۵۷	-/۲۴۵	-/۲۵۲	-/۲۷۴	-/۲۶۴	-/۲۸۵	-/۲۱۲	-/۲۹۸	-/۲۷۴	-/۲۳۹	-/۲۵۲	-/۲۴۸	-/۲۶۲	
C3	-/۲۶۶	-/۲۶۶	-/۲۶۷	-/۲۵۸	-/۲۷۳	-/۲۶۲	-/۲۶۲	-/۲۷۱	-/۲۶۸	-/۲۷۵	-/۲۸۰	-/۲۶۹	-/۲۵۸	-/۲۸۴	-/۲۷۶	-/۲۰۹	-/۲۷۸	-/۲۶۲	-/۲۱۸	-/۲۶۲	-/۲۵۱	
C4	-/۲۲۰	-/۲۲۴	-/۲۲۰	-/۲۲۶	-/۲۱۹	-/۲۲۲	-/۲۱۷	-/۲۱۴	-/۲۱۶	-/۲۳۴	-/۲۱۶	-/۲۱۹	-/۲۲۲	-/۲۲۷	-/۲۳۵	-/۲۴۷	-/۱۹۰	-/۲۴۱	-/۲۴۷	-/۲۲۱	-/۲۱۶	
D1	-/۲۰۲	-/۱۹۶	-/۱۸۹	-/۱۸۶	-/۱۹۳	-/۱۹۴	-/۱۹۱	-/۱۹۳	-/۱۹۱	-/۱۹۶	-/۱۸۸	-/۱۹۰	-/۱۹۱	-/۱۸۹	-/۲۰۵	-/۱۹۰	-/۱۹۶	-/۱۵۳	-/۲۰۶	-/۲۰۰	-/۱۹۵	
D2	-/۱۸۸	-/۱۸۴	-/۱۸۰	-/۱۸۷	-/۱۹۲	-/۱۹۰	-/۱۸۸	-/۱۸۵	-/۱۸۲	-/۱۸۵	-/۱۸۷	-/۱۷۸	-/۱۸۸	-/۱۸۶	-/۱۸۲	-/۱۸۱	-/۱۸۲	-/۱۸۶	-/۱۴۷	-/۱۹۹	-/۱۹۱	
D3	-/۲۲۵	-/۲۲۴	-/۲۳۶	-/۲۳۷	-/۲۲۱	-/۲۲۵	-/۲۳۵	-/۲۳۷	-/۲۳۹	-/۲۴۴	-/۲۴۰	-/۲۳۰	-/۲۲۷	-/۲۴۲	-/۲۳۱	-/۲۴۴	-/۲۳۸	-/۲۳۸	-/۲۳۹	-/۱۹۰	-/۲۴۷	
D4	-/۱۷۰	-/۱۸۵	-/۱۸۱	-/۱۷۹	-/۱۹۰	-/۱۷۸	-/۱۸۰	-/۱۸۶	-/۱۸۵	-/۱۹۱	-/۱۸۴	-/۱۸۲	-/۱۸۶	-/۱۷۵	-/۱۸۱	-/۱۷۶	-/۱۸۹	-/۱۸۱	-/۱۹۷	-/۱۹۹	-/۱۹۷	
D5	-/۲۱۵	-/۲۰۲	-/۲۱۴	-/۲۱۰	-/۲۰۴	-/۲۰۳	-/۲۰۵	-/۲۰۰	-/۲۰۳	-/۲۰۵	-/۲۰۲	-/۲۰۲	-/۲۰۸	-/۲۰۶	-/۲۱۶	-/۲۰۴	-/۲۲۷	-/۲۲۰	-/۲۲۱	-/۲۱۵	-/۱۶۷	

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۳

تشکیل سوپر ماتریس موزون: به منظور تشکیل سوپر ماتریس موزون، ماتریس ارتباط کامل نرمال شده (T^a_D) ترانسپوز شده و در سوپر ماتریس ناموزون ضرب شد

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

جدول ۱۲. سوپر ماتریس موزون همگرا شده

SM	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	D1	D2	D3	D4	D5
A1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۳

محدود کردن سوپر ماتریس موزون

سوپر ماتریس موزون را از طریق بتوان رساندن به یک عدد بزرگ (Z) محدود می‌نماییم. تا جایی که سوپر ماتریس همگرا شد و به ثبات رسید. خروجی این گام اوزان مؤثر دیماتل مبتنی بر فرآیند تحلیل شبکه می باشد. نتایج سوپر ماتریس موزون همگرا شده در جدول (۱۳ و ۱۴) نشان داده شده است. بر این اساس، اولویت بندی شاخص و زیر شاخص‌های موردبررسی پژوهش نیز بر اساس اوزان به دست آمده در جدول (۱۲ و ۱۳) ارائه شده است.

جدول ۱۳. وزن و رتبه بندی شاخص سوپر ماتریس همگرا

شاخص	کد	امتیاز	رتبه
سیستم پشتیبانی حمل و نقل عمومی	A	۰/۲۴۷۵۸۶	۲
سیستم پشتیبانی تحرک خصوصی	B	۰/۲۴۳۶۸۸	۳
سرویس اشتراک خودرو	C	۰/۲۲۹۷۲۴	۴
خدمات خودرو صرفه جویی در مصرف انرژی	D	۰/۲۷۹۰۰۳	۱

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۳

بر این اساس، اولویت‌بندی شاخص موردبررسی پژوهش نیز بر اساس اوزان به دست آمده در جدول (۱۳) ارائه شده است که بیشترین وزن را شاخص خدمات خودرو صرفه جویی در مصرف انرژی با امتیاز (۰/۲۷۹۰۰۳) دارد و شاخص سیستم پشتیبانی حمل و نقل عمومی با امتیاز (۰/۲۴۷۵۸۶)، سیستم پشتیبانی تحرک خصوصی با امتیاز (۰/۲۴۳۶۸۸)، سرویس اشتراک خودرو با امتیاز (۰/۲۲۹۷۲۴) رتبه‌های دوم تا چهارم را به خود اختصاص داده است. با توجه به این شاخص می‌توان گفت که از بین شاخص‌های تأثیرگذار بر حمل و نقل هوشمند در راستای پایداری حمل و نقل بخش مرکزی شهر قزوین شاخص خدمات خودرو صرفه جویی در مصرف انرژی همان‌طور در ادبیات پژوهش نیز به آن اشاره شده است اهمیت بالایی دارد و این شاخص‌ها می‌توانند در راستای تحقق بخش مرکزی شهر قزوین به سمت پایداری حمل و نقل شهری کمک بسزایی کنند.

جدول ۱۴. وزن و رتبه بندی زیر شاخص‌های سوپرماتریس همگرا

رتبه	امتیاز	کد	رتبه	امتیاز	کد	رتبه	امتیاز	کد
۶	۰/۰۵۲	C4	۵	۰/۰۵۴	B1	۱۳	۰/۰۳۱	A1
۵	۰/۰۵۴	D1	۸	۰/۰۴۸	B2	۱۱	۰/۰۳۵	A2
۷	۰/۰۵۱	D2	۱۰	۰/۰۴۵	B3	۱۲	۰/۰۳۲	A3
۱	۰/۰۶۵	D3	۹	۰/۰۴۷	B4	۱۴	۰/۰۳۰	A4
۷	۰/۰۵۱	D4	۸	۰/۰۴۹	B5	۱۲	۰/۰۳۲	A5
۴	۰/۰۵۸	D5	۴	۰/۰۵۸	C1	۱۱	۰/۰۳۵	A6
			۳	۰/۰۵۹	C2	۱۵	۰/۰۲۹	A7
			۲	۰/۰۶۱	C3	۱۶	۰/۰۲۴	A8

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۳

براساس اولویت بندی زیر شاخص‌های موردبررسی پژوهش نیز بر اساس اوزان به دست آمده در جدول (۱۴) ارائه شده است. بیشترین وزن را زیر شاخص وسایل نقلیه با انرژی‌های تجدید پذیر (D3) با امتیاز ۰/۰۶۵، برنامه‌ریزی پارکینگ برای خودروهای مشترک (C3) با امتیاز (۰/۰۶۱) و سرویس اشتراک خودروهای الکتریکی (C2) با امتیاز ۰/۰۵۹ رتبه اول تا سوم از بین شاخص‌های تأثیرگذار بر حمل و نقل هوشمند در راستای پایداری حمل و نقل در بخش مرکزی شهر قزوین را به خود اختصاص داده است که این شاخص‌ها با توجه به نظرسنجی کارشناسان بالاترین امتیاز را به خود و زیر شاخص‌های خدمات پرداخت برای حمل و نقل عمومی (A8) با امتیاز ۰/۰۲۴، ایستگاه‌های شارژ رایگان دستگاه‌های الکترونیکی (A7) با امتیاز ۰/۰۲۹ و بهینه سازی مسیرهای اتوبوس شبانه (A4) با امتیاز ۰/۰۳۰ کمترین امتیاز را به خود اختصاص داده اند و با توجه به اینکه عنوان پژوهش پیش رو شناسایی این شاخص‌ها در راستای پایداری حمل و نقل می‌باشد باید مسئولین توجه ویژه‌ای به این شاخص‌ها در روند تحقق هوشمندسازی حمل و نقل شهر هوشمند نمایند.

نتیجه‌گیری و پیشنهاد

شاخص‌های شهر هوشمند در حمل و نقل پایدار، نقش کلیدی در ارزیابی و بهبود سیستم‌های حمل و نقل شهری ایفا می‌کنند. این شاخص‌ها به عنوان معیارهایی برای سنجش کارایی، پایداری و اثربخشی سیستم‌های حمل و نقل به کار می‌روند و به شهرها کمک می‌کنند تا به سمت حمل و نقل پایدارتر و کارآمدتر حرکت کنند. شاخص‌های شهر هوشمند به عنوان ابزاری قدرتمند برای اندازه‌گیری پیشرفت شهرها در راستای تحقق اهداف حمل و نقل پایدار عمل می‌کنند. با استفاده از این شاخص‌ها، می‌توان نقاط قوت و ضعف سیستم حمل و نقل را شناسایی کرده و برنامه‌های بهبود را هدفمندتر اجرا کرد. در پژوهش حاضر به تحلیل شاخص‌های حمل و نقل هوشمند در راستای پایداری حمل و نقل، بخش مرکزی شهر قزوین با روش دیمتل مبتنی بر تحلیل شبکه پرداخته شده است. می‌توان فرآیند انجام این تحقیق را به اختصار به صورت زیر بیان نمود: مهمترین تکنیک جمع‌آوری اطلاعات پژوهش حاضر متناسب با پیمایشی بودن روش تحقیق، پرسشنامه بود. برای این منظور سؤالات محقق ساخته‌ای در باب موضوع تحقیق تدوین شد. همچنین با روش مطالعه‌ی تاریخی مبتنی بر گردآوری اطلاعات دست دوم و تاریخی که به صورت مکتوب در اسناد کتابخانه‌ای، نشریات و جز آن موجودند، اطلاعات به دست آمدند. آنچه پژوهش حاضر را از پژوهش‌های دیگر متمایز کرده است به کاربردن روش دندپ در پژوهش می‌باشد. نتایج پژوهش نشان حاصل از مدل DANP داد که بیشترین وزن را شاخص خدمات خودرو صرفه جویی در مصرف انرژی با امتیاز (۰/۲۷۹۰۰۳) دارد و بعد از آن بعد سیستم پشتیبانی حمل و نقل عمومی با امتیاز (۰/۲۴۷۵۸۶)، سیستم پشتیبانی تحرک خصوصی با امتیاز (۰/۲۴۳۶۸۸)، سرویس اشتراک خودرو با امتیاز (۰/۲۲۹۷۲۴) رتبه‌های دوم تا چهارم را به خود اختصاص داده است. بدین ترتیب میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری، شاخص و زیر شاخص‌ها که تعامل بیشتری با سایر شاخص و زیر شاخص‌ها دارد و وزن هر یک از شاخص و مؤلفه‌ها در حمل و نقل هوشمند مشخص می‌گردد. در مجموع ۴

بعد و ۲۲ زیر شاخص در زمینه حمل و نقل هوشمند در راستای پایداری حمل و نقل، بخش مرکزی شهر قزوین قرار دارند و وزن هر یک از شاخص و مؤلفه‌ها به شرح فوق جهت ارزیابی تحلیلی بر شاخص‌های حمل و نقل هوشمند در راستای پایداری حمل و نقل بخش مرکزی شهر قزوین شناسایی شد. با توجه به مطالعه پیشینه پژوهش و تئوری نظری مطرح شده طی سالیان سال در خصوص موضوع مورد مطالعه می‌توان این گونه بیان نمود که پژوهش مطالعه شده در این رابطه دارای شکاف علمی در خصوص مطالعه حمل و نقل هوشمند و پایداری حمل و نقل با رویکرد مدلسازی با در نظر گرفتن چتر توسعه پایدار صورت نگرفته است به همین منظور این پژوهش به این موضوع پرداخته شده است. بر همین اساس با توجه به تئوری نظری موجود و شاخص‌های حمل و نقل هوشمند و پایداری حمل و نقل و درک جامعه از رویکرد مدلسازی با نظر اجماع علمی چهار متغیر اصلی استخراج شده است. در همین راستا؛ بررسی پیشینه پژوهش نشان می‌دهد که با توجه به اینکه چندین سال است که حمل و نقل هوشمند وجود دارد ولی هنوز از منظر محققان به ویژه در قزوین به طور مناسبی مورد توجه قرار نگرفته است. تحقیقات موجود نیز برای بررسی حمل و نقل هوشمند نیز کافی نیستند و چارچوب نظری پایه برای کاربرد حمل و نقل هوشمند در راستای پایداری حمل و نقل به طور نظام‌مند ارائه نشده است. بنابراین این پژوهش در تلاش است تا به بررسی شاخص‌های حمل و نقل هوشمند در راستای پایداری حمل و نقل، بخش مرکزی شهر قزوین بپردازد و وجه تمایز آن با پژوهش‌های پیشین هم از نظر موضوعی و هم از نظر مکان در خصوص موضوع مورد مطالعه است. همچنین روش‌های مختلف تحقیق علمی با وجود تشابهاتی که به دلیل ماهیت علمیشان با یکدیگر دارند تفاوت‌های کلیدی نیز دارند و این بر عهده محقق است که متناسب با موضوع تحقیق و با در نظر گرفتن امکانات و محدودیت‌های پیشروی آن از روش‌های مناسب بهره می‌گیرد.

با توجه به اهمیت حمل و نقل هوشمند در بهبود کیفیت زندگی شهری و کاهش مشکلات ترافیکی، پیشنهادات زیر برای بخش مرکزی شهر قزوین ارائه می‌شود:

- نصب سنسورهای هوشمند؛ گسترش شبکه سنسورهای هوشمند در معابر اصلی و فرعی برای جمع‌آوری داده‌های ترافیکی در زمان واقعی.
- به‌روزرسانی سیستم‌های کنترل چراغ راهنمایی؛ استفاده از سیستم‌های هوشمند کنترل چراغ راهنمایی برای تنظیم زمان‌بندی چراغ‌ها بر اساس ترافیک لحظه‌ای و بهبود جریان ترافیک.
- ایجاد پارکینگ‌های هوشمند؛ تجهیز پارکینگ‌های عمومی به سیستم‌های پرداخت الکترونیکی و راهنمایی هوشمند برای کاهش زمان جستجوی پارکینگ.
- بهبود ناوگان حمل و نقل عمومی؛ نوسازی ناوگان اتوبوس‌ها و تاکسی‌ها با استفاده از فناوری‌های روز دنیا مانند سیستم‌های پرداخت الکترونیکی، نمایشگرهای اطلاعات مسافر و سامانه‌های نظارت تصویری.
- تشویق استفاده از دوچرخه و پیاده‌روی؛ ایجاد مسیرهای دوچرخه‌سواری ایمن و اختصاص فضاهای مناسب برای پیاده‌روی در مرکز شهر.
- توسعه اپلیکیشن‌های موبایل؛ ایجاد اپلیکیشن‌های موبایلی برای ارائه اطلاعات جامع در مورد وضعیت ترافیک، مسیرهای جایگزین، زمان رسیدن اتوبوس و...
- استفاده از اینترنت اشیا؛ اتصال وسایل نقلیه، زیرساخت‌ها و تجهیزات شهری به اینترنت اشیا برای جمع‌آوری داده‌ها و بهبود مدیریت ترافیک.
- بهره‌گیری از هوش مصنوعی؛ استفاده از الگوریتم‌های هوش مصنوعی برای پیش‌بینی ترافیک، مدیریت ناوگان حمل و نقل و ارائه خدمات هوشمند به شهروندان.
- کمپین‌های اطلاع‌رسانی؛ اجرای کمپین‌های اطلاع‌رسانی گسترده برای تشویق شهروندان به استفاده از حمل و نقل عمومی و کاهش استفاده از خودروهای شخصی.

— تسهیل دسترسی به حمل و نقل عمومی: ایجاد ایستگاه‌های حمل و نقل عمومی در نقاط پرتردد و بهبود دسترسی به آن‌ها.

منابع

- احمدی، توحید؛ فنی، زهره؛ رضویان، محمدتقی؛ توکلی نیا، جمیله. (۱۳۹۸). مدل ترکیبی اولویت بندی استراتژی‌های حمل و نقل هوشمند مورد پژوهی: کلانشهر تبریز. *جغرافیا و برنامه‌ریزی*، ۲۳(۶۷)، ۴۴-۲۵.
- امیری، خدابخش. (۱۳۹۹). ساماندهی و مدیریت ترافیک شهری با کمک سیستم‌های حمل و نقل هوشمند. *معماری شناسی*، ۳(۱۷)، ۱-۲۰.
- بخشی سنجدری، رضا؛ دریاباری، سید جمال الدین. (۱۳۹۹). بررسی هوشمندسازی سیستم‌های حمل و نقل شهری در راستای توسعه پایدار شهرها (مورد مطالعه: کلان شهر تهران). *اقتصاد و مدیریت شهری*، ۸(۴)، ۴۵-۳۱.
- بدیعی، اقدس؛ حاجیان، حوریا؛ غضنفری، مهدی. (۱۳۹۸). ارائه مدلی جدید جهت به‌کارگیری تاکسی‌های هوشمند در کلان شهر تهران در راستای سازماندهی حمل و نقل عمومی: رویکرد ایجاد تعادل بین عرضه و تقاضا. *پژوهشنامه حمل و نقل*، ۱۶(۲)، ۵۴-۳۱.
- حاتمی، افشار، ساسان پور، فرزانه، زیپارو، آلبرتو، سلیمانی، محمد. (۱۴۰۰). شهر هوشمند پایدار: مفاهیم، ابعاد و شاخص‌ها. *نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، ۲۱(۶۰)، ۳۳۹-۳۱۵.
- حسن‌زاده، محمدرضا؛ جوادیان، رضا؛ چگینی، داوود. (۱۳۹۸). بررسی اثربخشی شناسگرهای هوشمند بر مدیریت و نظم دهی حمل و نقل، مطالعات پژوهشی راهور، ۳۰(۲)، ۸۴-۶۱.
- ذوقدار، پریسا، شبانی، امیرحسین. (۱۳۹۷). ارزیابی الگوی رفتاری شهروندان در ایستگاه‌های هوشمند حمل و نقل شهری (نمونه موردی ایستگاه هوشمند شهید خرازی شاهین شهر). *معماری شناسی*، ۱۱(۵)، ۰-۰.
- رجبی جورشری، مجید، امیر عضدی طوبی، سرور رحیم، توکلی نیا جمیله. (۱۴۰۲). ارزیابی تحقق شهر هوشمند با تاکید بر رویکرد کیفیت زندگی شهری. *مورد مطالعه: منطقه ۲ شهر تهران*، *نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، ۲۳(۷۰)، ۵۰۴-۴۸۷.
- کاوه، امیر؛ کریمیان بستانی، مریم؛ میری، غلامرضا. (۱۴۰۳). نقش مدیریت یکپارچه در تحقق حمل و نقل هوشمند (مطالعه موردی: شهر زاهدان). *نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، ۲۴(۷۳)، ۴۶-۲۶.
- کرمی پورشمس آبادی، عارفه؛ مسعود، محمد؛ و مجابی، سید علی. (۱۴۰۱). واکاوی در مفهوم کیفیت محیط شهری؛ شناسایی زیر شاخص‌های مؤثر از دیدگاه شهروندان در شهر قزوین، *مطالعات برنامه‌ریزی سکونتگاه‌های انسانی*، ۱۷، ۳(۶۰)، ۷۴۱-۷۵۶.
- ماهپور، علیرضا؛ شاه ابراهیمی، ابراهیم؛ قرائتی ثانی، پرهام. (۱۳۹۸). بررسی اثرات اجتماعی هوشمندسازی حمل و نقل بر مدیریت ترافیک. *پژوهشنامه حمل و نقل*، ۱۶(۴ (پیاپی ۶۱))، ۴۴-۳۵.
- محمدرضاپور، بهروز. (۱۴۰۱). موانع و راهکارهای هوشمندسازی حمل و نقل درون شهری با رویکرد مدیریت بحران (نمونه موردی: شهر ارومیه). *نشریه علمی شهر/ایمن*، ۵(۲)، ۳۴-۱۶.
- Nagy, S., & Csiszár, C. (2020). The quality of smart mobility: A systematic review. *Sci. J. Silesian Univ. Technol. Ser. Transp*, 109, 117-127.
- Almatar, K. M. (2024). Smart transportation planning and its challenges in the Kingdom of Saudi Arabia. *Sustainable Futures*, 8, 100238.
- Bamwesigye, D., & Hlavackova, P. (2019). Analysis of sustainable transport for smart cities. *Sustainability*, 11(7), 2140.
- Bamwesigye, D., & Hlavackova, P. (2019). Analysis of sustainable transport for smart cities. *Sustainability*, 11(7), 2140.
- Bıyık, C., Abareshi, A., Paz, A., Ruiz, R. A., Battarra, R., Rogers, C. D., & Lizarraga, C. (2021). Smart mobility adoption: A review of the literature. *Journal of open innovation: Technology, Market, and Complexity*, 7(2), 146.
- Bouzguenda, I., Alalouch, C., & Fava, N. (2019). Towards smart sustainable cities: A review of the role digital citizen participation could play in advancing social sustainability. *Sustainable cities and society*, 50, 101627.
- Chen, Y., Ardila-Gomez, A., & Frame, G. (2017). Achieving energy savings by intelligent transportation systems investments in the context of smart cities. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 54, 381-396.

- Chung, S. H. (2021). Applications of smart technologies in logistics and transport: A review. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 153, 102455.
- Eberle, U., & Von Helmolt, R. (2010). Sustainable transportation based on electric vehicle concepts: a brief overview. *Energy & Environmental Science*, 3(6), 689-699.
- Fantin Irudaya Raj, E., & Appadurai, M. (2022). Internet of things-based smart transportation system for smart cities. In *Intelligent Systems for Social Good: Theory and Practice* (pp. 39-50). Singapore: Springer Nature Singapore.
- Garau, C., Masala, F., & Pinna, F. (2016). Cagliari and smart urban mobility: Analysis and comparison. *Cities*, 56, 35-46.
- Israilidis, J., Odusanya, K., & Mazhar, M. U. (2021). Exploring knowledge management perspectives in smart city research: A review and future research agenda. *International Journal of Information Management*, 56, 101989.
- Ning, Z., Xia, F., Ullah, N., Kong, X., & Hu, X. (2017). Vehicular social networks: Enabling smart mobility. *IEEE Communications Magazine*, 55(5), 16-55.
- Paiva, S., Ahad, M. A., Tripathi, G., Feroz, N., & Casalino, G. (2021). Enabling technologies for urban smart mobility: Recent trends, opportunities and challenges. *Sensors*, 21(6), 21-43.
- Porru, S., Misso, F. E., Pani, F. E., & Repetto, C. (2020). Smart mobility and public transport: Opportunities and challenges in rural and urban areas. *Journal of traffic and transportation engineering (English edition)*, 7(1), 88-97.
- Sharifi, A., Kawakubo, S., & Milovidova, A. (2020). Urban sustainability assessment tools: Toward integrating smart city indicators. In *Urban, systems design* (pp. 345-372). Elsevier.
- Silva, B. N., Khan, M., & Han, K. (2018). Towards sustainable smart cities: A review of trends, architectures, components, and open challenges in smart cities. *Sustainable cities and society*, 38, 697-713.
- Stefaniec, A., Hosseini, K., Xie, J., & Li, Y. (2020). Sustainability assessment of inland transportation in China: A triple bottom line-based network DEA approach. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 80, 102258.
- Tran, C. N., Tat, T. T. H., Tam, V. W., & Tran, D. H. (2023). Factors affecting intelligent transport systems towards a smart city: A critical review. *International Journal of Construction Management*, 23(12), 1982-1998.
- Verma, B., Snodgrass, R., Henry, B., Smith, B., & Daim, T. (2020). Smart cities-an analysis of smart transportation management. In *Managing Innovation in a Global and Digital World: Meeting Societal Challenges and Enhancing Competitiveness* (pp. 367-388). Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Waqar, A., Alshehri, A. H., Alanazi, F., Alotaibi, S., & Almujiabah, H. R. (2023). Evaluation of challenges to the adoption of intelligent transportation system for urban smart mobility. *Research in Transportation Business & Management*, 51, 101060.
- Wu, S. M., Chen, T. C., Wu, Y. J., & Lytras, M. (2018). Smart cities in Taiwan: A perspective on big data applications. *Sustainability*, 10(1), 106.
- Xu, M., Liu, T., Zhong, S. P., & Jiang, Y. (2022). Urban smart public transport studies: a review and prospect. *J. Transp. Syst. Eng. Inf. Technol.*, 22(2), 91-108.
- Yigitcanlar, T., & Kamruzzaman, M. (2020). Smart cities and mobility: Does the smartness of Australian cities lead to sustainable commuting patterns? In *Smart Cities and Innovative Urban Technologies* (pp. 21-46). Routledge.
- Zapolskytė, S., Trépanier, M., Burinskienė, M., & Survilė, O. (2022). Smart urban mobility system evaluation model adaptation to Vilnius, Montreal and Weimar cities. *Sustainability*, 14(2), 715.
- Zhao, X., Ke, Y., Zuo, J., Xiong, W., & Wu, P. (2020). Evaluation of sustainable transport research in 2000–2019. *Journal of cleaner production*, 256, 120404.