

Identification and Prioritization of Intelligent Transportation System Indicators in Traffic Reduction (Case study: Bandar Abbas city)

Mohammad Ebrahimi^{1✉}, Mahnaz Hosseini Siahgoli², Neda Shah Karami³

1. Assistant Professor of Urban Planning, Larestan Educational Complex, Larestan, Iran

✉ E-mail: ebrahimi@lar.ac.ir

2. Stdoctoral Researcher of Geography and Urban Planning, Faculty of Literature and Humanities,
Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

E-mail: Mahnazhosseinisiahgoli@scu.ac.ir

3. Ph.D of Architecture, Islamic Azad University, Shiraz Branch, Shiraz, Iran

E-mail: N.Shahkarami@iau.ir

How to Cite: Ebrahimi, M; Hosseini Siahgoli, M; & Shah Karami, N. (2026). Identification and Prioritization of Intelligent Transportation System Indicators in Traffic Reduction (Case study: Bandar Abbas city). *Geography and Development*, 24 (84), 63-88.

DOI: <http://dx.doi.org/10.22111/GDIJ.2025.51118.3718>

Received:

12 February 2025

Received in revised form:

12 June 2025

Accepted:

19 September 2025

Published online:

25 September 2026

ABSTRACT

The rapid growth of urbanization and the increase in the number of cars in Bandar Abbas city have led to numerous traffic problems. The present study, with the aim of improving the traffic situation and increasing the efficiency of the transportation system, has been focused on identifying and prioritizing the key indicators of the intelligent transportation system, which is practical in terms of purpose and descriptive-analytical in terms of type and nature. In this study, various indicators that are effective in reducing traffic were identified by first studying the literature on the subject and examining the experiences of other similar cities. Then, using the combined ANP and DEMETL techniques, the relative importance of each of these indicators was determined from the perspective of 50 experts in the fields of transportation, urban planning, and urban management. The results of the DANP technique showed that in the Bandar Abbas intelligent transportation system, while the performance indicators are at a desirable level, the safety index is significantly lower. This difference shows that although the system is functionally efficient, safety is a major challenge and requires special attention and prioritization in planning. Finally, according to the results of this research, it can be said that the implementation of the intelligent transportation system by focusing on the prioritized indicators can significantly contribute to reducing traffic, improving air quality, increasing citizen satisfaction, and sustainable development of the city of Bandar Abbas.

Keywords:

Transportation,
Smart transportation,
Traffic,
DNAP,
Bandar Abbas city.



© the Author(s).

Publisher: University of Sistan and Baluchestan

1. Introduction

Urban transportation is one of the most important issues in the path to realizing smart cities. Increasing travel demand, wasted time in commuting, rising accidents, environmental pollution, high energy consumption, and difficulties in traffic management and monitoring have further highlighted the necessity of paying attention to safe, efficient, and sustainable transportation. Meanwhile, merely developing roads and infrastructure is not

sufficient to address these challenges. The use of modern technologies, innovation in traffic management, and the application of smart solutions have been recognized as effective approaches to enhance the safety, productivity, and service quality of urban transportation. Relying on information and communication technology, Intelligent Transportation Systems (ITS) provide the possibility of better traffic flow management, and reducing congestion, pollution, energy consumption, and transportation costs, ultimately contributing to the improvement of citizens' quality of life. Nevertheless, in many cities, urban population growth and the increased use of private vehicles have exacerbated problems such as heavy traffic, air pollution, noise pollution, and a decline in the quality of life. Under such circumstances, the deployment and development of ITS can provide a suitable platform for improving transportation services and moving towards sustainable urban development. Bandar Abbas, as one of the country's important port cities, also faces significant traffic challenges stemming from population growth, economic activity development, and an increasing number of vehicles. Therefore, identifying and prioritizing the key indicators of ITS in reducing traffic in this city is an essential measure for improving urban management and enhancing citizens' quality of life, which is the objective of the present study.

2. Materials and Methods

The current research was conducted to identify and prioritize ITS indicators in reducing traffic in Bandar Abbas, using a mixed-methods approach within an applied, descriptive-analytical framework. In the qualitative phase, key indicators and sub-indicators were first extracted through an in-depth literature review, and then localized and approved by 5 experts. In the quantitative phase, using a structured DEMATEL questionnaire based on network analysis, the necessary data were collected from 50 purposively selected professors, specialists, and professionals in the fields of transportation, urban management, and urban planning. This was done to determine the relationships between the indicators, their impact levels, and their prioritization. Furthermore, the validity of the questionnaire was confirmed by expert opinion, and its reliability was verified using the test-retest method and a Cronbach's alpha coefficient of 0.880.880.88, indicating the appropriate validity and reliability of the research instrument.

3. Results and Discussion

In this study, the effective ITS indicators for traffic reduction were first identified through a literature review and then provided to 50 experts in the form of a questionnaire for localization. Based on the DEMATEL method, experts were asked to evaluate the impact of each sub-indicator on the others on a scale of 000 to 444. After data normalization, the intensity of direct and indirect relationships among the main dimensions—comprising functional, environmental, safety, social, and economic—was extracted. The results showed that in terms of overall relationships, functional indicators play the most significant role in improving traffic conditions, and alongside them, social dimensions also have a high interaction with other indicators. In contrast, the safety dimension showed the least direct impact in the normalized matrix, although it was recognized as an important influencing factor in the cause-and-effect analysis. Moreover, the values of $ri+cj$ and $ri-cj$ indicated that functional and social dimensions hold a more central position in the system's structure in terms of overall importance, whereas many other dimensions are influenced by other factors rather than being causes. At the criteria level, analysis results indicated that functional sub-indicators, especially travel time variations, road capacity occupancy rate, and average vehicle speed, have the highest importance and interaction in the system. On the other hand, criteria such as access equity and average vehicle speed were among the most impactful indicators, while queue lengths, quality of life, accident severity, and travel time played a more influenced (receiving) role. Finally, by combining DEMATEL and the Analytic Network

Process (forming the DANP method) and establishing unweighted and weighted super matrices, the final weights of the dimensions and sub-indicators were calculated. Accordingly, the functional indicator ranked first with the highest score, followed by the social, economic, and environmental indicators, while the safety indicator received the lowest weight by a large margin. These results suggest that functional indicators play the most crucial role in reducing traffic in Bandar Abbas, but there is simultaneously a noticeable weakness in the safety dimension that requires the serious attention of urban managers and planners.

4. Conclusion

The results of this study demonstrate the importance of adopting a comprehensive approach in evaluating and implementing Intelligent Transportation System (ITS) indicators to reduce traffic in Bandar Abbas. Unlike many previous studies that often took a reductionist view and focused only on one or two specific dimensions (such as economic or safety dimensions), this study bridges the existing theoretical gap by identifying and modeling five key indicators (functional, social, environmental, economic, and safety). Findings indicate that functional indicators, followed by social indicators (especially equity in access), play the greatest role in the effectiveness of these systems. Although the fundamental correlation between ITS and traffic reduction is consistent with recent studies, the difference in the prioritization of indicators compared to some past research (which ranked safety first) clearly shows how local and social conditions of the studied community, as well as the simultaneous examination of all dimensions, can be effective in providing a more accurate understanding of traffic reduction mechanisms. Based on this, it can be argued that the success of ITS is not limited merely to smoothing traffic flow but entails an intertwined network of positive urban outcomes. The prioritization based on expert opinions confirms that simultaneous attention to the five dimensions will lead to an enhanced quality of life, reduced air pollution, and increased economic productivity for citizens. Consequently, for a metropolis like Bandar Abbas, targeted investment in integrated ITS, considering this comprehensive model, is not merely a temporary traffic solution; rather, it is a long-term, profitable investment and a strategic step towards achieving sustainable urban development.

Keywords: Transportation, Intelligent transportation System (ITS), Traffic, DANP, Bandar Abbas city.

5. References

- Ahmadi, T., Fanni, Z., Razavian, M. T., & Tavakolinia, J. (2019). A Hybrid Model for Prioritizing Smart Transportation Strategies, Case Study: Tabriz Metropolis. *Geography and Planning*, 23(67), 25-44.
https://geoplanning.tabrizu.ac.ir/article_8796_1064.html?lang=fa
- Anvari, Z., Kamousi, Z., & Rafieimehr, B. (2011). Investigating the Role of Vehicular Communication Technology in Intelligent Transportation Systems. *Journal of Industrial Technology Development*, 9(18), 75-84.
<https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.26765403.1390.9.18.7.8>
- Aouedi, O., Piamrat, K., & Parrein, B. (2022). Intelligent traffic management in next-generation networks. *Future internet*, 14(2), 44.
<https://doi.org/10.3390/fi14020044>
- Bakhshi Senjedari, R., & Daryabari, S. J. (2020). Investigating the Smartization of Urban Transportation Systems in Line with the Sustainable Development of Cities (Case Study: Tehran Metropolis). *Economics and Urban Management*, 8(4), 31-45.
<http://iueam.ir/article-1-1555-fa.html>
- Behura, A., Kumar, A., & Jain, P. K. (2025). A comparative performance analysis of vehicular routing protocols in intelligent transportation systems. *Telecommunication Systems*, 88(1), 26.
<https://doi.org/10.1007/s11235-024-01243-1>

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, Article 101627.

<https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101627>

Chen, H. X., Chen, W., Liu, X., Liu, Y. R., & Zhu, S. L. (2017). A review of the open charm and open bottom systems. *Reports on Progress in Physics*, 80(7), 076201.

DOI. [10.1088/1361-6633/aa6420](https://doi.org/10.1088/1361-6633/aa6420)

Dewangan, M. T., Mehar, R., & Agarwal, A. K. (2017). Application of intelligent transport system for sustainable transport system in smart cities. *JoARATTS*, 2(12), 33-39.

https://www.academia.edu/37631911/Application_of_Intelligent_Transport_System_for_Sustainable_Transport_System_in_Smart_Cities

Dui, H., Zhang, S., Liu, M., Dong, X., & Bai, G. (2024). IoT-enabled real-time traffic monitoring and control management for intelligent transportation systems. *IEEE Internet of Things Journal*.

DIO. [10.1109/JIOT.2024.3351908](https://doi.org/10.1109/JIOT.2024.3351908)

Eskandari Sani, M., Moradi, M., & Ghaderi Moghaddam, P. (2018). Evaluation of the Potentials for Implementing a Smart City with an Emphasis on Transportation (Case Study: Birjand City). *Geographical Researches of Desert Regions*, 6(2), 159-185.

<https://sid.ir/paper/524115/fa>

Fanni, Z., Ahmadi, T., & Razavian, M. T. (2017). Sustainable Urban Transportation Development Strategies Using Network Analysis (Case Study: Transportation Management Structure of Tabriz Metropolis). *Geography and Planning*, 21(59), 221-242.

https://geoplanning.tabrizu.ac.ir/article_6158.html

Goudarzi, M., Firouzi, M. A., & Saeidi, O. (2019). Investigation and Analysis of Obstacles to the Smartization of Intra-urban Transportation in Ahvaz. *Geography and Territorial Spatial Arrangement*, 9(33), 57-82.

<https://doi.org/10.22111/gaij.2019.5085>

Guillen-Perez, A., & Cano, M. D. (2021). Intelligent IoT systems for traffic management: A practical application. *IET Intelligent Transport Systems*, 15(2), 273-285.

<https://doi.org/10.1049/itr2.12021>

Hasrul, M. R., Rahman, M. J., Helmy, A. R. A. P., Cheng, A. Y., & Ahsan, M. (2023). Exploring Research Trends and Themes in Intelligent Transportation Systems in the Last 10 Years (2014-2023). *International Journal of Environment, Engineering and Education*, 5(3), 141-153.

<https://doi.org/10.55151/jjeedu.v5i3.90>

Janušová, L., & Čičmancová, S. (2016). Improving safety of transportation by using intelligent transport systems. *Procedia Engineering*, 134, 14-22.

<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.01.031>

Kaveh, A., Karimian Bostani, M., & Miri, G. (2022). Analysis and Investigation of the Role of Development Dimensions in Identifying Smart Transportation Methods (Case Study: Zahedan City). *Regional Planning Geography*, 12(4), 1269-1288. (In Persian)

doi: [10.22034/jgeoq.2022.351218.3778](https://doi.org/10.22034/jgeoq.2022.351218.3778)

Kaveh, A., Karimian Bostani, M., & Miri, G. (2024). The Role of Integrated Management in the Realization of Smart Transportation (Case Study: Zahedan City). *Journal of Applied Researches in Geographical Sciences*, 24(73), 26-46. (In Persian)

<http://jgs.khu.ac.ir/article-1-4020-fa.html>

- Khanna, A., Goyal, R., Verma, M., & Joshi, D. (2019). Intelligent traffic management system for smart cities. In *Futuristic Trends in Network and Communication Technologies: First International Conference, FTNCT 2018*, Solan, India, February 9-10, 2018, Revised Selected Papers 1 (152-164). Springer Singapore.
[DOI:10.1007/978-981-13-3804-5_12](https://doi.org/10.1007/978-981-13-3804-5_12)
- Lee, J., Arts, J., & Vanclay, F. (2024). Investigating institutional barriers and opportunities to an integrated approach for transport and spatial development: Mega urban transport development in a rapidly developing city, Seoul. *Journal of Urban Affairs*, 46(1), 40-62.
[DOI:10.1080/07352166.2021.2021086](https://doi.org/10.1080/07352166.2021.2021086)
- Mohammadpour, S., Zali, N., & Amiri, S. (2020). Strategic Planning for Integrated Regional Transportation Development (Case Study: Kerman Province). *Geography and Planning*, 24(73), 277-303. (In Persian)
[doi: 10.22034/gp.2020.10849](https://doi.org/10.22034/gp.2020.10849)
- Mohammadrezapour, B. (2022). Obstacles and Solutions for Smartizing Intra-urban Transportation with a Crisis Management Approach (Case Study: Urmia City). *Scientific Journal of Safe City*, 5(2), 16-34.
[doi: 10.22034/ispdrc.2023.703972](https://doi.org/10.22034/ispdrc.2023.703972)
- Musa, A. A., Malami, S. I., Alanazi, F., Ounaies, W., Alshammari, M., & Haruna, S. I. (2023). Sustainable Traffic Management for Smart Cities Using Internet-of-Things-Oriented Intelligent Transportation Systems (ITS): Challenges and Recommendations. *Sustainability*, 15(13), 9859.
<https://doi.org/10.3390/su15139859>
- Nosrati, A., Mehrjoo, M., & Zali, N. (2020). Designing Smart Urban Transportation Development Scenarios with an Information Environment Analysis Approach (Case Study: Hamedan City). *Urban Management*, 59, 129-145.
<http://ijurm.imo.org.ir/article-1-2875-fa.html>.
- Oladimeji, D., Gupta, K., Kose, N. A., Gundogan, K., Ge, L., & Liang, F. (2023). Smart transportation: an overview of technologies and applications. *Sensors*, 23(8), 3880.
<https://doi.org/10.3390/s23083880>
- Ouallane, A. A., Broumi, S., Ayele, E. T., Bakali, A., Bahnasse, A., & Talea, M. (2022). Towards intelligent road traffic management based on neutrosophic logic: a brief review. *Neutrosophic Sets and Systems*, 51, 107-122.
[DOI:10.5281/zenodo.7135256](https://doi.org/10.5281/zenodo.7135256)
- Pourjavan, K. (2019). Explaining the Smart City and Smart Urban Transportation Solutions. *Karafan*, 16(45), 15-34.
<https://sid.ir/paper/378053/fa>
- Pouya, R., Bastehnegar, M., & Mokarrami, A. (2022). Smart Transportation Technology; A Strategy for Facing the Basic Challenges of this Sector. *Journal of Industrial Technology Development*, 20(48), 77-94.
<https://dx.doi.org/10.22034/jtd.2022.552684.1757>
- Said, B., Lathamaheswari, M., Singh, P. K., Ouallane, A. A., Bakhoui, A., Bakali, A., & Deivanayagampillai, N. (2022). An intelligent traffic control system using neutrosophic sets, rough sets, graph theory, fuzzy sets and its extended approach: a literature review. *Neutrosophic Sets Syst*, 50, 10-26.
[DOI:10.5281/zenodo.6774621](https://doi.org/10.5281/zenodo.6774621)
- Singh, A. K., Pamula, R., Akhter, N., Battula, S. K., Naha, R., Chowdhury, A., & Kaisar, S. (2025). Intelligent transportation system for automated medical services during pandemic. *Future Generation Computer Systems*, 163, 107515.
[DOI: 10.1016/j.future.2024.107515](https://doi.org/10.1016/j.future.2024.107515)
- Tomar, R., Khanna, A., Bansal, A., & Fore, V. (2018). An architectural view towards autonomic cloud computing. In *Data Engineering and Intelligent Computing: Proceedings of IC3T 2016* (573-582). Springer Singapore.
[DOI:10.1007/978-981-10-3223-3_55](https://doi.org/10.1007/978-981-10-3223-3_55)

Ullah, U., Usama, M., Muhammad, Z., Akbar, A., Latif, S., & Ullah, R. (2018). Intelligent transportation channels for smart cities. In *Artificial Intelligence for Intelligent Systems* (280-323). CRC Press.

[DOI:10.1201/9781003496410-18](https://doi.org/10.1201/9781003496410-18)

Vijayaraghavan, V., & Rian Leevinson, J. (2020). Intelligent traffic management systems for next generation IoV in smart city scenario. *Connected Vehicles in the Internet of Things: Concepts, Technologies and Frameworks for the IoV*, 123-141.

[DOI:10.1007/978-3-030-36167-9_6](https://doi.org/10.1007/978-3-030-36167-9_6)

Waqar, A., Alshehri, A. H., Alanazi, F., Alotaibi, S., & Almujibah, H. R. (2023). Evaluation of challenges to the adoption of intelligent transportation system for urban smart mobility. *Research in Transportation Business & Management*, 51, 101060.

<https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2023.101060>

Zhang, C., Chen, F., Qin, R., LI, X., & Wang, H. (2022). Intelligent traffic management and control technology. In *Intelligent Road Transport Systems: An Introduction to Key Technologies* (325-398). Singapore: Springer Nature Singapore.

[DOI:10.11591/ijece.v14i2.pp1864-1874](https://doi.org/10.11591/ijece.v14i2.pp1864-1874)

Zhu, J., Xie, N., Cai, Z., Tang, W., & Chen, X. (2023). A comprehensive review of shared mobility for sustainable transportation systems. *International Journal of Sustainable Transportation*, 17(5), 527-551.

[DOI:10.1080/15568318.2022.2054390](https://doi.org/10.1080/15568318.2022.2054390)

Zoghdar, P., & Shabani, A. H. (2018). Evaluation of Citizens' Behavioral Pattern in Smart Urban Transportation Stations (Case Study: Shahid Kharrazi Smart Station, Shahin Shahr). *Architectureology*, 1(5), 1-9.

<http://jvfc.ir/article-1-425-fa.html>



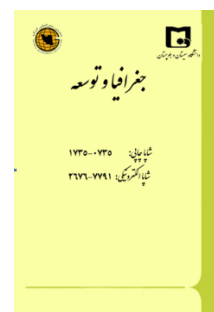
شناسایی و اولویت‌بندی شاخص‌های سیستم حمل‌ونقل هوشمند در کاهش ترافیک (مطالعه موردی: شهر بندرعباس)

مقاله پژوهشی دکتر محمد ابراهیمی^{۱*}، دکتر مهناز حسینی سیاه‌گلی^۲، دکتر ندا شاه‌کرمی^۳

چکیده

رشد سریع شهرنشینی و افزایش تعداد خودروها در شهر بندرعباس، مشکلات عدیده ترافیکی را به دنبال داشته است. در پژوهش حاضر، با هدف بهبود وضعیت ترافیک و افزایش کارایی سیستم حمل‌ونقل، به شناسایی و اولویت‌بندی شاخص‌های کلیدی سیستم حمل‌ونقل هوشمند پرداخته شده است که به لحاظ هدف، کاربردی و از نظر نوع و ماهیت، توصیفی-تحلیلی است. در این پژوهش، ابتدا با مطالعه ادبیات موضوع و بررسی تجارب سایر شهرهای مشابه، شاخص‌های مختلفی که در کاهش ترافیک مؤثر هستند، شناسایی شدند، سپس با استفاده از تکنیک ترکیبی «ای‌ان‌پی» و «دیمتل»، اهمیت نسبی هر یک از این شاخص‌ها از دیدگاه ۵۰ نفر از خبرگان حوزه حمل‌ونقل، برنامه‌ریزی شهری و مدیریت شهری تعیین گردید. نتایج تکنیک «DANP» نشان داد در سیستم حمل‌ونقل هوشمند بندرعباس، درحالی‌که شاخص‌های عملکردی در سطح مطلوبی قراردارند، شاخص ایمنی به‌طور قابل‌توجهی پایین‌تر است. این اختلاف نشان می‌دهد که اگرچه سیستم از نظر عملکردی کارآمد است، اما ایمنی به‌عنوان یک چالش اساسی مطرح بوده و نیازمند توجه ویژه و اولویت‌بندی در برنامه‌ریزی‌ها است. در نهایت، با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش، می‌توان گفت که پیاده‌سازی سیستم حمل‌ونقل هوشمند با تمرکز بر شاخص‌های اولویت‌بندی شده، می‌تواند به‌طور قابل‌توجهی به کاهش ترافیک، بهبود کیفیت هوا، افزایش رضایت شهروندان و توسعه پایدار شهر بندرعباس کمک کند.

جغرافیا و توسعه، شماره ۸۴، پاییز ۱۴۰۵
تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۲۴
تاریخ بازنگری داوری: ۱۴۰۴/۰۳/۲۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۲۸
صفحات: ۸۸-۶۳



واژه‌های کلیدی:

حمل‌ونقل، حمل‌ونقل هوشمند، ترافیک، DANP، شهر بندرعباس.

مقدمه

حمل‌ونقل شهری، همواره یکی از مسائل مهم در شهرهای هوشمند است. توسعه فزاینده تقاضای سفر در شهرها، افزایش زمان تلف‌شده برای جابه‌جایی، گسترش تصادف‌ها، آلودگی‌های زیست‌محیطی، مشکلات نظارت و مدیریت ترافیک، افزایش خسارت‌های مادی و معنوی ناشی از تصادف‌ها، کاهش رضایت‌مندی بهره‌برداران و کاهش منابع انرژی، از مهمترین دلایل ضرورت تأمین حمل‌ونقل ایمن در شهرها است (پورجوان، ۱۳۹۸: ۲۵). توجه به ایجاد شبکه‌های جدید حمل‌ونقل، سبب ایجاد انگیزه بیشتر برای سفر در کاربران خواهد شد؛ ازاین‌رو، توسعه معابر و راه‌سازی، استفاده بهینه از امکانات و منابع موجود و ارتقای سطح ایمنی، کارایی و بهره‌وری شبکه حمل‌ونقل 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 (محمدرضاپور، ۱۴۰۱: ۲۲). یکی از راهکارهای مؤثر برای مقابله با این مشکلات، بهره‌گیری از سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند (ITS) است. این

۱. ebrahimi@lar.ac.ir

۱. استادیار گروه شهرسازی، مجتمع آموزشی لارستان، لارستان، ایران (نویسنده مسئول)

۲. Mahnazhosseinisiahgoli@scu.ac.ir

۲. پژوهشگر پسادکترای جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

۳. N.Shahkarami@iau.ir

۳. دکتری معماری دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز، شیراز، ایران

سیستم‌ها با استفاده از فناوری‌های نوین، امکان مدیریت هوشمند ترافیک، بهبود جریان تردد و کاهش اثرات منفی ترافیک را فراهم می‌آورند (Dui et al, 2024:2). همچنین، ایده به‌کارگیری سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند 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 (Ullah et al, 2018:280) در واقع هدف اصلی حمل‌ونقل هوشمند، ارتقای کیفیت زندگی مردم از طریق فناوری اطلاعات 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 (Zhu et al, 2023:528). با این حال، اثرات نامطلوب زیست‌محیطی ترافیک و حمل‌ونقل (به‌عنوان مثال، آلودگی هوا، مصرف بیش‌ازحد انرژی و سر و صدای بیش‌ازحد) ممکن است کیفیت پایین زندگی را بر مردم تحمیل کند. در شهرهایی که فناوری اطلاعات هنوز در ترافیک و حمل‌ونقل به‌کارگرفته نشده است، اهداف کلی شهرهای هوشمند محقق نمی‌شوند. پیش از این، بسیاری از شهرها انتظار داشتند با توسعه وسایل حمل‌ونقل، سرعت و راحتی در رفت‌وآمد مردم را بهبود بخشند، بدین ترتیب به‌طور ناخواسته، کیفیت زندگی آن‌ها را نادیده گرفتند و این امر باعث بروز مشکلات عدیده مانند آلودگی صوتی و محیطی شد. برای بهبود کیفیت خدمات حمل‌ونقل تحت محدودیت منابع و تبدیل شدن به "هوشمند"، بسیاری از شهرها برای بیش از ده سال به‌طور مداوم در خدمات هوشمند سرمایه‌گذاری کرده‌اند. با انجام این کار، آن‌ها پایه محکمی برای توسعه حمل‌ونقل هوشمند ایجاد کرده‌اند (Chen et al, 2017: 385). سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند (ITS) با اجرای راه‌حلهایی که کیفیت و کمیت داده‌های حمل‌ونقل و ترافیک را در هر دو سطح فردی و جمعی بهبود می‌بخشد، فعالانه در حال تغییر سیستم‌های حمل‌ونقل هستند (Hasrul et al, 2023:142).

در واقع سیستم حمل‌ونقل هوشمند، سیستمی یکپارچه است که هماهنگی گسترده‌ای در زمینه ارتباطات، کنترل انواع وسایل نقلیه و تکنولوژی‌های الکترونیکی جهت کمک به نظارت و مدیریت ترافیک، کاهش حجم ترافیک، فراهم کردن شبکه معابر، کاهش بهینه هزینه‌ها و حفاظت از زندگی شهروندان به‌وجود آمده است. در برنامه‌ریزی از دیدگاه توسعه پایدار برای شهرها، ناگزیر باید سامانه حمل‌ونقل به‌گونه‌ای طراحی شود که با ملاک‌های توسعه پایدار هماهنگ باشد به‌طوری‌که می‌توان گفت به‌کارگیری سامانه‌های مدرن و روش‌های جدید حمل‌ونقل شهری در شهرهایی که ترافیک و آلودگی شدیدی دارند، جایگاه ویژه‌ای را به‌خود اختصاص داده است (فنی و همکاران، ۱۳۹۶: ۲۲۲).

در همین راستا؛ می‌توان گفت رشد سریع جمعیت شهری و افزایش روزافزون استفاده از وسایل نقلیه شخصی، شهرهای بزرگ را با چالش‌های جدی از جمله ترافیک سنگین، آلودگی هوا و کاهش کیفیت زندگی مواجه کرده است. شهر بندرعباس به‌عنوان یکی از شهرهای مهم و بندری کشور، با مشکلات ترافیکی قابل توجهی روبه‌رو است. رشد جمعیت، توسعه صنایع و افزایش تعداد خودروها، باعث تشدید این مشکلات شده است؛ از این‌رو، شناسایی و اولویت‌بندی شاخص‌های مناسب برای ارزیابی عملکرد سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند در این شهر، گامی ضروری در جهت بهبود وضعیت ترافیک و ارتقای کیفیت زندگی شهروندان محسوب می‌شود. در این پژوهش، با هدف شناسایی و اولویت‌بندی شاخص‌های کلیدی سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند در کاهش ترافیک شهر بندرعباس، مطالعات گسترده‌ای صورت گرفته است. در ابتدا، با بررسی ادبیات موجود و مطالعات انجام‌شده در شهرهای مشابه، شاخص‌های مختلفی که می‌توانند در ارزیابی عملکرد «ITS» به‌کار روند، شناسایی شده‌اند. سپس، با توجه به شرایط

خاص شهر بندرعباس و اهداف مورد نظر، شاخص‌های کلیدی انتخاب و اولویت‌بندی شده‌اند؛ بنابراین پژوهش حاضر، به دنبال پاسخگویی به این سوال است که اولویت‌بندی شاخص‌های سیستم حمل‌ونقل هوشمند در کاهش ترافیک در شهر بندرعباس چگونه است؟

مبانی نظری

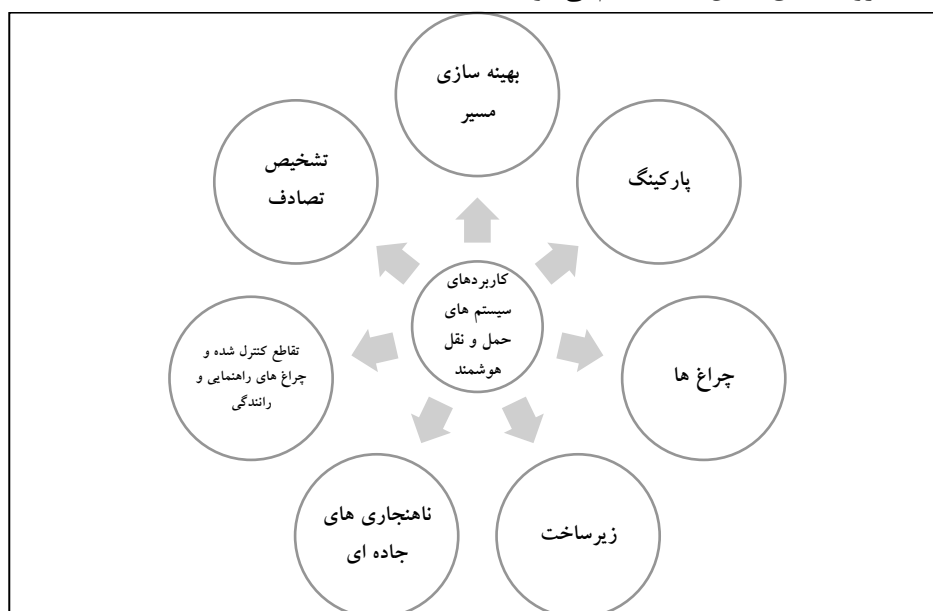
تاکنون تعریف مورد توافق جهانی از حمل‌ونقل هوشمند ارائه نشده است. با این وجود، درخصوص جامعیت تعریفی که در سال ۱۹۹۸ "توسط انجمن حمل‌ونقل هوشمند آمریکا" ارائه شده توافقی نسبی وجود دارد؛ بنا به این تعاریف، می‌توان گفت که «حمل‌ونقل هوشمند عبارت است از استفاده مؤثر از فناوری در حمل‌ونقل برای صرفه‌جویی در وقت، پول و زندگی روزمره مردم» یا به کارگیری هدفمند فناوری‌های مرتبط با جمع‌آوری پردازش و توزیع اطلاعات در جهت ارتقای ایمنی بهره‌وری اقتصادی و کنترل آلودگی‌های زیست‌محیطی و همچنین ایجاد تسهیلات یکپارچه برای کاربران و مجریان در ارتباط با حمل‌ونقل بار و مسافر نیز تعریف می‌کنند. علاوه بر این، در سال ۱۹۹۹، «اداره حمل‌ونقل آمریکا» تعریف فراگیری درخصوص این سیستم ارائه داده است. "حمل‌ونقل هوشمند، سیستمی است که با استفاده و به کارگیری فناوری‌های نوین الکترونیکی و سیستم ارتباطات کنترل باعث ارتقای سطح ایمنی کارایی و ارزانی در حمل‌ونقل می‌گردد" (نصرتی و همکاران، ۱۳۹۹: ۱۳۱).

ایده حمل‌ونقل هوشمند، یکی از جدیدترین و موثرترین راهکارهای مدیریت ترافیک محسوب می‌گردد. این سیستم، مفهومی نو در عرصه مهندسی ترافیک است که نقش بسیار مهمی در امنیت و پویایی حمل‌ونقل در بستر محیطی به‌ویژه محیط اطلاعاتی ایفا می‌کند (نصرتی و همکاران، ۱۳۹۹: ۱۳۲). سیستم حمل‌ونقل هوشمند تلاش دارد با کاربست فناوری‌های اطلاعات و ارتباطات هم‌افزایی مقوله کنترل و بهبود عملکرد شبکه‌ای و یکپارچه حمل‌ونقل را سبب گردد (ذوقدار و شبانی، ۱۳۹۷: ۳) برای این منظور، این سیستم دسته‌ای از راه‌حل‌های جدید و غیرمرسوم در گذشته را برای بهبود ایمنی و روانی جریان ترافیک و رفع نیازهای حمل‌ونقل به‌صورت پایدار با استفاده از فناوری‌های جدید در اختیار قرار می‌دهد (Behura et al, 2025:4) و به دنبال رویکردهای جدید و روش‌ها و راه‌حل‌های مؤثر برای به حداقل رساندن تهدیدها و آسیب‌پذیری‌های جانبی کاربست فناوری اطلاعات و ارتباطات و همچنین اصلاح یا حذف رویکردهای سنتی در بلندمدت هستند (Janušová & Čičmancová, 2016: 15).

راهکار اساسی برای مقابله با چالش‌های ترافیکی و به حداقل رساندن آن‌ها، بهره‌گیری هوشمندانه از سیستم‌های حمل‌ونقل نوین است. این سیستم، نه تنها یک ابزار، بلکه رویکردی جامع و کل‌نگر است که تمام اجزای شبکه حمل‌ونقل از وسایل نقلیه و زیرساخت‌های فیزیکی گرفته تا سیستم‌های ارتباطی و اجرایی را در یک بستر دانشی و یکپارچه در نظر می‌گیرد. در واقع، حمل‌ونقل هوشمند را می‌توان به عنوان یک سیستم پشتیبان حیاتی برای مدیریت بهینه عملکرد حمل‌ونقل تعریف کرد که شامل حوزه‌هایی چون: کنترل ترافیک، نظارت مستمر بر وضعیت راه‌ها و ترمیم آن‌ها و مدیریت کارآمد حمل‌ونقل عمومی می‌شود (Singh et al, 2025:3) و به‌طور معمول بر کارایی سیستم و جریان ترافیک خودرو تأکید می‌کند. حمل‌ونقل هوشمند در درجه اول، به دنبال افزایش کیفیت زندگی و تجربه ترافیک افراد است (Bouzguenda et al, 2019:11). به‌طور کلی رویکرد حمل‌ونقل هوشمند بر این امر تأکید دارد که یک سیستم حمل‌ونقل 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 می کند، بلکه علاوه بر رفت و آمد، خدمات ارزش افزوده متنوعی را نیز به مردم ارائه می دهد و تجربیات غیرعادی ترافیکی را برای مردم ایجاد می کند (Oladimeji et al, 2023:17).

بخش های اصلی سامانه حمل و نقل هوشمند عبارت است از: سامانه حمل و نقل همگانی، سامانه ایمنی، سامانه مدیریت ترافیک، سامانه اطلاع رسانی به مسافر، سامانه پرداخت الکترونیکی، سامانه مدیریت واکنش نسبت به سانحه، سامانه خطرات اضطراری و امدادی، سامانه حمل و نقل بار و وسیله نقلیه تجاری، سامانه پایش شرایط جوی و محیطی و سامانه کنترل هوشمند وسایل نقلیه (Oladimeji et al, 2023:19). کاربردهای سیستم های حمل و نقل هوشمند به هفت گروه مطابق شکل (۱) تقسیم می شوند.



شکل ۱: کاربردهای سیستم های حمل و نقل هوشمند

مأخذ: Oladimeji et al, 2023:19

راهبرد حمل و نقل یکپارچه^۱ یکی از راهبردهای حمل و نقل پایدار است که به عنوان یک چارچوب، برای تعریف دقیق تر مفهوم گسترده تر برنامه ریزی حمل و نقل پدید آمده است؛ بنابراین برنامه ریزی حمل و نقل یکپارچه به شکل زیر تعریف می شود: فرایندی برای شناسایی نیازهای دسترسی فعلی و آینده برای مردم، مکان ها، کالاها و خدمات- و اطلاع تصمیم سازان از روش های مدیریت سیستم حمل و نقل و کاربری زمین به بهترین وجه است. هدف از انجام این کار، تقویت رشد اقتصادی حفظ محیط زیست و پشتیبانی از کیفیت زندگی نسل های فعلی و آینده است» (محمدپور و همکاران، ۱۳۹۹: ۲۸۱). در واقع برنامه ریزی حمل و نقل یکپارچه در سطح منطقه ای، راه حلی برای داشتن یک سیستم حمل و نقل بهتر برنامه ریزی می کند که جوابگوی تقاضای روبه رشد منطقه خواهد بود. برنامه حمل و نقل

یکپارچه منطقه‌ای، مناطق دارای مشکلات حمل‌ونقلی (در زمان حال و آینده) را شناسایی می‌کند؛ همچنین یک رویکرد اجرایی را تجویز می‌کند که به دنبال پیدا کردن یک راه حل جامع و پایدار است. این فرایند، نیازهای در اولویت را شناسایی خواهد کرد و اثرات اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی را ارزیابی و مدیریت می‌کند (Lee et al, 2024:42).

مدیریت ترافیک هوشمند^۱. سیستم مدیریت ترافیک، یکی از بخش‌های مهم در یک شهر هوشمند است؛ چراکه این حوزه به بسیاری از مشکلات روز جاری مربوط به مدیریت ترافیک شهرهای هوشمند پاسخ می‌دهد (Vijayaraghavan & Rian Leevinson, 2020: 124). علی‌رغم این‌که در شهرهای کنونی، تعداد وسایل نقلیه به شدت افزایش یافته است، قابلیت‌های راه‌ها و سیستم‌های حمل‌ونقل هنوز توسعه نیافته است و در نتیجه نمی‌توان با این افزایش تعداد وسایل نقلیه مقابله کرد؛ بنابراین، ترافیک، تصادفات جاده‌ای و افزایش سطح آلودگی، برخی از مسائل رایجی است که می‌توان در شهرهای کنونی مشاهده کرد. از طرفی، ظهور اینترنت‌اشیا و کاربرد آن در شهرهای هوشمند، بستر مناسبی برای پرداختن به مسائل مرتبط با ترافیک ایجاد می‌کند و در نتیجه منجر به ایجاد سیستم‌های مدیریت هوشمند ترافیک می‌شود (Khanna et al, 2019:53).

در واقع، مدیریت ترافیک هوشمند، راهکاری نوین و یکپارچه برای تحول در سیستم حمل‌ونقل است. این سیستم با اتکا به فناوری‌های پیشرفته، فراتر از جمع‌آوری صرف داده‌ها عمل می‌کند؛ در واقع، به پردازش و تحلیل هوشمند اطلاعات ترافیکی می‌پردازد تا بهینه‌سازی بی‌وقفه جریان وسایل نقلیه را محقق سازد. هدف غایی این رویکرد، ارتقای چشمگیر ایمنی جاده‌ها و افزایش کارایی کلی شبکه‌های حمل‌ونقل است. برای دستیابی به این مهم، مدیریت ترافیک هوشمند از طیف وسیعی از ابزارها نظیر: سنسورها، دوربین‌ها، سیستم‌های ارتباطی پیشرفته و نرم‌افزارهای تخصصی بهره‌می‌برد تا داده‌های حیاتی مانند: سرعت لحظه‌ای خودروها، تراکم ترافیک، وضعیت آب‌وهوا و بروز هرگونه حادثه را جمع‌آوری و بر اساس آن‌ها تصمیمات لازم را اتخاذ کند (Aouedi et al, 2022: 3). با توجه به اهمیت مدیریت ترافیک هوشمند، کشورهای سراسر جهان توجه زیادی به توسعه سیستم‌های مدیریت ترافیک کارآمد با استفاده از فناوری اطلاعات و ارتباطات دارند. پیشرفت‌های اخیر در شبکه‌های حسگر بی‌سیم و حسگرهای کم‌هزینه و کم‌مصرف، دولت‌ها را به سمت ایجاد یک سیستم مدیریت ترافیک هوشمند تشویق کرده است (Ouallane et al, 2022:108). دولت‌ها در تلاش هستند تا از قدرت محاسبات، شبکه و فناوری‌های ارتباطی امروزی برای ساختن سیستم‌هایی که قادر به بهبود کارایی جاده‌ها و شرایط ترافیکی هستند، استفاده کنند؛ چراکه ظهور اینترنت‌اشیا و در دسترس بودن بالای منابع ابری کمک می‌کند، مکانیسم‌هایی ایجاد کنند که می‌تواند سیستم‌های حمل‌ونقل را خودکار کرده و استفاده از زیرساخت‌های موجود را افزایش دهد (Guillen-Perez & Cano, 2021: 274). در ادامه به بررسی مزایای ترافیک هوشمند پرداخته شده است.



شکل ۲: مزایای مدیریت ترافیک هوشمند

مأخذ: Said et al, 2022:12; Zhang et al, 2022:327; Du et al, 2020:18; Tomar et al, 2018:57

با توجه به اهمیت موضوع، تاکنون پژوهش‌های متعددی در ارتباط با حمل و نقل هوشمند انجام شده که در این بخش، گزیده‌ای از این مطالعات در دو بخش مطالعات خارجی و داخلی آمده است:

جدول ۱: پیشینه‌های پژوهش خارجی و داخلی

پژوهشگر / سال	عنوان	نتایج
دوی و هکاران (۲۰۲۴)	نظارت بر ترافیک و مدیریت کنترل در زمان واقعی با اینترنت‌اشیا برای سیستم‌های حمل و نقل هوشمند	نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد که استراتژی‌های کنترل بهینه می‌توانند ازدحام را به طور مؤثر کاهش داده و عملکرد سیستم حمل و نقل را به طور قابل توجهی با کنترل وسایل نقلیه بهبود بخشند.
وقار و همکاران (۲۰۲۳) ^۱	ارزیابی چالش‌های اتخاذ سیستم حمل و نقل هوشمند برای تحرک هوشمند شهری	نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد که اجرای موفقیت‌آمیز ITS برای تحرک شهری هوشمند، به طور قابل توجهی تحت تأثیر چالش‌های مختلف، از جمله: عوامل فنی، مرتبط با منابع، قابلیت همکاری، مدیریت، شخصی و عوامل اقتصادی است. نتایج مطالعه، پیامدهای مختلفی برای مدیریت دارد. برنامه‌ریزان شهری و متخصصان حمل و نقل باید حل چالش‌های شناسایی شده در این مطالعه را برای اطمینان از اجرای موفقیت‌آمیز ITS در اولویت قرار دهند.
موسی و همکاران (۲۰۲۳) ^۲	مدیریت ترافیک پایدار برای شهرهای هوشمند با استفاده از سیستم‌های حمل و نقل هوشمند مبتنی بر اینترنت‌اشیا (ITS): چالش‌ها و توصیه‌ها	نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد که استقرار چنین سیستم‌هایی در حمل و نقل شهرهای هوشمند می‌تواند نقش مهمی در پیش‌بینی نتایج ترافیک، پیش‌بینی ترافیک، تراکم‌زدایی ترافیک، به حداقل رساندن ساعت‌های ازدست‌رفته کاربران جاده، پیشنهاد مسیرهای جایگزین و ساده‌سازی فعالیت‌های حمل و نقل شهری برای ساکنان شهری داشته باشد.

1. Waqar et al

2. Musa et al

دیوانگن ^۱ و همکاران (۲۰۱۷)	کاربرد سیستم حمل و نقل هوشمند برای سیستم حمل و نقل پایدار در شهرهای هوشمند	نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد که سیستم حمل و نقل پایدار می‌تواند با ارائه سیستم ایمن‌تر، سریع‌تر، راحت‌تر، کارآمدتر و دوستدار محیط زیست این مشکلات را برطرف کند و با پیاده‌سازی سیستم حمل و نقل هوشمند، به توسعه شهرهای هوشمند کمک کند؛ از این رو، نیاز فوری به توسعه سیستم حمل و نقل هوشمند در شهرهای هند وجود دارد که می‌تواند نقش کلیدی در توسعه سیستم حمل و نقل پایدار داشته باشد.
کاوه و همکاران (۱۴۰۳)	"نقش مدیریت یکپارچه در تحقق حمل و نقل هوشمند (مطالعه موردی: شهر زاهدان)"	نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد که متغیرهای مدیریت یکپارچه شهری در سطح کمتر از ۰/۰۵ معنادار هستند. از نظر جامعه آماری، ۷ متغیر حکمروایی خوب، همپایایی، وحدت فرماندهی شهری، بسترسازی، تعامل، ساختار تشکیلاتی و دیدگاه سیستمی، وضعیت مناسبی نداشته و این شرایط سبب شده که شاخص مدیریت یکپارچه شهری در شهر زاهدان شرایط مطلوبی نداشته باشد. همچنین بررسی معناداری آزمون نشان می‌دهد که ۵ متغیر حمل و نقل هوشمند؛ یعنی نظارت هوشمند، پرداخت هوشمند، ثبت تخلف هوشمند، اطلاع‌رسانی هوشمند و مدیریت مکانیزه ناوگان در سطح کمتر از ۰/۰۵ معنادار هستند. جهت معناداری، نشانگر وضعیت نامناسب شاخص حمل و نقل هوشمند در شهر زاهدان است. تحلیل رگرسیون نشان داد که متغیرهای مدیریت یکپارچه شهری می‌توانند بیش از ۶۸ درصد در تحقق حمل و نقل هوشمند تأثیرگذار باشند و ۳۲ درصد به عوامل دیگر وابسته هستند. متغیر حکمروایی خوب با ۱۲ درصد و سپس دیدگاه سیستمی با ۱۱ درصد، بیشترین تأثیر را در این زمینه دارد.
کاوه و همکاران (۱۴۰۱)	تحلیل و بررسی نقش ابعاد توسعه در شناسایی شیوه‌های حمل و نقل هوشمند در شهر زاهدان	نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد که پیاده‌روی با مجموع امتیاز ۰/۳۳۸ به‌عنوان گزینه برتر شناسایی شد. پیاده‌روی به‌همراه دوچرخه‌سواری، شیوه‌های حمل و نقل هوشمند غیرموتوری را تشکیل می‌دهند که در این‌جا بالاترین امتیازات را نیز از آن خود کرده‌اند. استفاده از اتوبوس و مینی‌بوس و پس از آن تاکسی که به‌عنوان حمل و نقل هوشمند عمومی و نیمه‌عمومی شناخته می‌شوند، در درجه بعد قرار گرفته و کم‌ترین امتیازات نیز به شیوه‌های حمل و نقل هوشمند موتوری شخصی؛ یعنی استفاده از اتومبیل شخصی و موتورسیکلت اختصاص یافته است.
پویا و همکاران (۱۴۰۱)	تکنولوژی حمل و نقل هوشمند؛ راهبرد مواجهه با چالش‌های اساسی این بخش	نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد که ۱۵ مورد از چالش‌های ۲۷ گانه این صنعت با هوشمندسازی مرتفع می‌شود که از آن جمله هماهنگی ارگان‌های تصمیم‌گیر، نگهداری کارآمد شبکه و بسترسازی حمل و نقل چندوجهی است.
بخشی سنجدری و دریاباری (۱۳۹۹)	بررسی هوشمندسازی سیستم‌های حمل و نقل شهری در راستای توسعه پایدار شهرها، کلان‌شهر تهران	نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد که مشکلات سیستم حمل و نقل کنونی کلان‌شهر تهران شامل: ضعف یا کاستی در ابعادی همچون ایمنی، سلامتی، زمانی، کالبدی، حوادث، مالی، درونی خودرو و عدالت است و هوشمندسازی سیستم‌های حمل و نقل در آینده کلان‌شهر تهران، به پایداری توسعه آن می‌انجامد.
نصرتی و همکاران (۱۳۹۹)	بررسی طراحی سناریوهای توسعه حمل و نقل هوشمند شهری با رویکرد تحلیل محیط شهر همدان	نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد که در رتبه‌بندی ابعاد حمل و نقل هوشمند، بعد دانش‌مداری با وزن ۵/، یکپارچگی ۲۷۴/ و پایداری با وزن ۲۲۶/ به‌ترتیب بیشترین اهمیت را در شکل‌دادن حمل و نقل هوشمند به‌خود اختصاص داده‌اند. همچنین بررسی معیارهای استفاده‌شده در این رتبه‌بندی نیز حکایت از ترتیب اهمیت امنیت اطلاعات با وزن ۵۴/، معماری اطلاعات با وزن ۲۹۷/ و محتوای اطلاعات با وزن ۱۶۳/، چهار سناریوی اول به‌واسطه کارکردهای مناسب امنیت، معماری و محتوای اطلاعات حمل و نقل، تصویر مطلوبی از فعالیت‌های مبتنی بر مشارکت‌های اجتماعی، توسعه کاربری‌ها، سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌ها و شبیه‌سازی‌های اطلاعات محور حوادث را باعث می‌شود. چهار سناریوی دوم، تصاویری با نقش‌آفرینی مؤلفه‌های غالب دوم (یکپارچگی) و سوم (پایداری) حمل و نقل هوشمند هستند. در نهایت ویژگی‌ها و آثار هر یک از سناریوها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

ناتجای پژوهش آن‌ها نشان‌داد که در مجموع، ۶۵ عامل به‌عنوان موانع هوشمندسازی حمل‌ونقل استخراج‌شدند که موانع مدیریتی دارای ۲۱ زیرمعیار، موانع اقتصادی دارای ۱۱ زیرمعیار، موانع اجتماعی-فرهنگی دارای ۲۳ زیرمعیار و موانع کالبدی دارای ۱۰ زیرمعیار است که از این میان، ضعف دانش فنی مدیران، کمبود اعتبارات، رشد جمعیت شهر اهواز و کمبود تأسیسات هوشمند، به‌ترتیب بیشترین مانع مدیریتی، اقتصادی، اجتماعی-فرهنگی و کالبدی هوشمندسازی حمل‌ونقل درون‌شهری اهواز هستند.	بررسی و تحلیل موانع هوشمندسازی حمل‌ونقل درون‌شهری اهواز	گودرزی و همکاران (۱۳۹۸)
ناتجای پژوهش آن‌ها نشان‌داد که راهبرد (هماهنگی کلیه سازمان‌ها و ارگان‌های دولتی درخصوص بهبود زیرساخت عمومی توسعه سیستم‌های هوشمند حمل‌ونقل) در هر دو روش تحلیل شبکه (ANP) و (QSPM) در اولویت اول قرارگرفت و سایر استراتژی‌ها، اولویت‌بندی متفاوت از همدیگر دارند.	مدل ترکیبی اولویت‌بندی استراتژی‌های حمل‌ونقل هوشمند در کلان‌شهر تبریز	احمدی و همکاران (۱۳۹۸)
ناتجای پژوهش آن‌ها نشان‌داد که بین مدیریت ترافیک و رضایت‌مندی شهروندان و بین شاخص‌های عینی (درآمد، هزینه ماهانه، نوع استفاده از وسیله حمل‌ونقل) و رضایت‌مندی شهروندان، رابطه معنی‌داری وجود دارد. طبق نتایج، وجود مرکز مدیریت ترافیک در قالب خدمات مدیریت ترافیک در منطقه بسیار ضروری به-نظرمی‌رسد و چنان‌چه این مراکز به‌شکل هدفمند طراحی و مکان‌یابی شوند، میزان رضایت شهروندان افزایش خواهدیافت.	ارزیابی پتانسیل‌های پیاده‌سازی شهر هوشمند با تأکید بر حمل‌ونقل؛ مورد مطالعه: شهر بیرجند	اسکندری ثانی و همکاران (۱۳۹۷)

مأخذ: نگارندگان، ۱۴۰۳

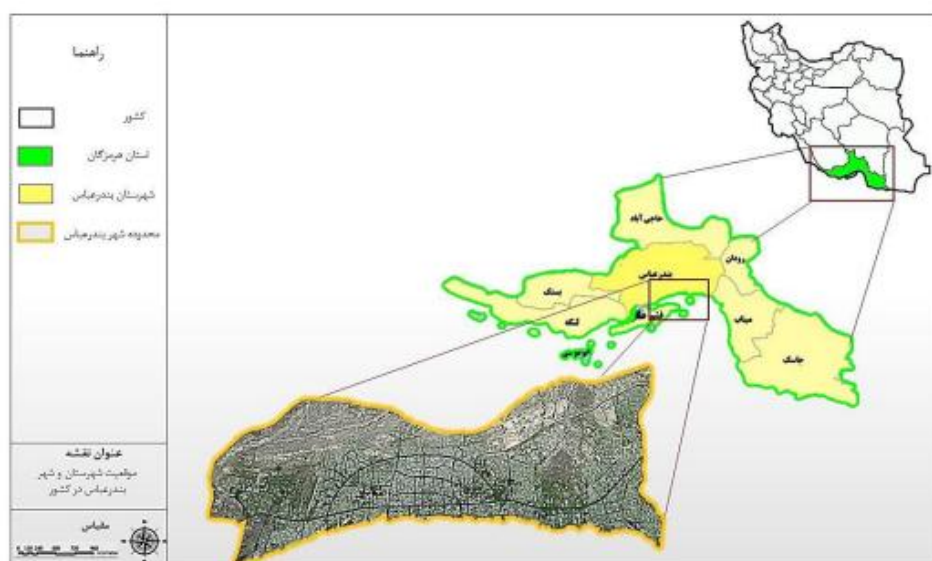
تحقیقات گسترده نشان‌می‌دهد که حمل‌ونقل هوشمند و نقش آن در ترافیک شهری، از چندین جنبه مهم تشکیل شده است. هرچند محققان در این مورد توافق دارند، اما در انتخاب شاخص‌های دقیق برای سنجش این جنبه‌ها، اختلاف‌نظر وجود دارد. برای دستیابی به یک ارزیابی جامع از وضعیت حمل‌ونقل هوشمند در یک محیط خاص، به مجموعه‌ای از شاخص‌ها نیاز است که بتوانند تمام جنبه‌ها و پیامدهای اقدامات انجام‌شده را پوشش‌دهند. در این پژوهش، با بررسی منابع مختلف و تطبیق آن‌ها با شرایط خاص شهر بندرعباس، ۱۶ شاخص کلیدی در پنج بُعد عملکردی، زیست‌محیطی، ایمنی، اجتماعی و اقتصادی انتخاب شده‌اند؛ این شاخص‌ها به‌گونه‌ای برگزیده شده‌اند که هم‌پوشانی کمی با یکدیگر داشته باشند و قابلیت تحلیل توسط کارشناسان را فراهم‌آورند. وجه‌تمایز این پژوهش با مطالعات پیشین، توجه هم‌زمان به تمام ابعاد حمل‌ونقل هوشمند در کاهش ترافیک است و این‌که این پژوهش با اتخاذ رویکردی نوآورانه، گامی مؤثر در جهت بهبود سیستم حمل‌ونقل هوشمند در شهر بندرعباس برداشته است. با تطبیق و بومی‌سازی شاخص‌های جهانی، چارچوبی جامع و دقیق برای ارزیابی عملکرد سیستم حمل‌ونقل ارائه شده است. به-کمک روش‌های نوین تحلیل داده‌ها، ارتباطات پیچیده بین شاخص‌های مختلف شناسایی شده و اولویت‌بندی دقیقی از آن‌ها ارائه شده است. این پژوهش با ارائه راهکارهای عملی مبتنی بر داده‌ها، نه‌تنها به مدیران شهری امکان‌می‌دهد تا تصمیمات آگاهانه‌تری اتخاذکنند، بلکه الگویی نوین برای سایر شهرهای کشور در راستای هوشمندسازی حمل‌ونقل فراهم می‌آورد. این رویکرد نوآورانه، علاوه بر کاهش ترافیک و بهبود کیفیت زندگی شهروندان، به توسعه پایدار شهر بندرعباس نیز کمک شایانی خواهدکرد.

داده‌ها و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

شهر بندرعباس، به‌عنوان مرکز استان هرمزگان، با مساحت ۴۵ کیلومتر، در موقعیت ساحلی و در فاصله ۱۴۷۰ کیلومتری جنوب‌شرقی مرکز کشور تهران قرارگرفته است. از نظر مختصات جغرافیایی، در طول جغرافیایی

۵۶/۱۷ درجه و در عرض جغرافیایی ۱۱/۲۷ درجه واقع شده است. جمعیت شهر بندرعباس بر اساس آخرین سرشماری نفوس و مسکن سال ۱۳۹۵ برابر با ۵۲۶۶۴۸ نفر بوده است (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۵). بندرعباس به عنوان بزرگترین بندر ایران شناخته می‌شود و به خاطر موقعیت مناسب جغرافیایی بندر شهید رجایی و بندر شهید باهنر، به منطقه ویژه اقتصادی تبدیل شده و مردم شهر از طریق ماهیگیری، کشاورزی، تجارت و توزیع صنایع دستی امرار معاش می‌کنند (طرح ساختاری بندرعباس، ۱۳۹۷). موقعیت محدوده مورد نظر در شکل (۳) نشان داده شده است.



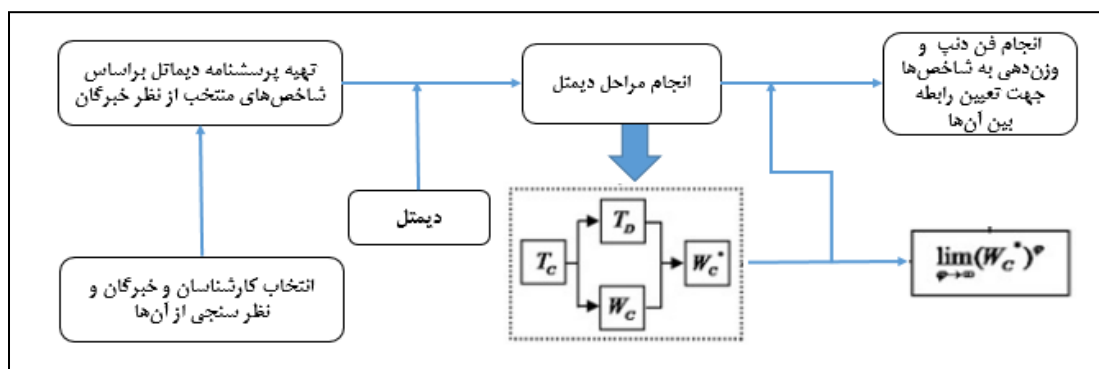
شکل ۳: محدوده مورد مطالعه

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۴۰۵

روش مطالعه

این پژوهش که با هدف شناسایی و اولویت‌بندی شاخص‌های سیستم حمل‌ونقل هوشمند در کاهش ترافیک شهر بندرعباس، از یک رویکرد ترکیبی استفاده کرده است، به لحاظ هدف، کاربردی و از نظر نوع و ماهیت، توصیفی-تحلیلی است. در مرحله اول، با مرور جامع ادبیات، شاخص‌های کلیدی شناسایی شدند. سپس، از روش تحلیل شبکه «دیماتل» برای اولویت‌بندی این شاخص‌ها استفاده شد تا بتوان به یک درک جامع از روابط بین این شاخص‌ها دست یافت. برای جمع‌آوری داده‌ها در بخش کمی پژوهش، از پرسش‌نامه ساختاریافته «دیماتل» استفاده شد. این پرسش‌نامه‌ها که براساس یافته‌های بخش کیفی طراحی شده بودند، برای اطمینان از اعتبار علمی، پرسش‌نامه ابتدا در اختیار ۵ نفر از خبرگان قرار داده شد در واقع هدف اصلی این مرحله، تأیید و بومی‌سازی شاخص‌ها و زیرشاخص‌ها با تمرکز ویژه بر ویژگی‌های حمل‌ونقل شهری، شهر بندرعباس بود. این خبرگان، با بررسی دقیق، در شناسایی و تأیید مؤلفه‌های مرتبط با بافت محلی شهر بندرعباس کمک کردند. پس از اتمام مرحله تأیید شاخص‌ها و زیرشاخص‌ها توسط خبرگان و اطمینان از بومی‌سازی آن‌ها، روایی و پایایی پرسش‌نامه مورد سنجش قرار گرفت. پس از تأیید نهایی پرسش‌نامه از لحاظ روایی و پایایی، پرسش‌نامه بین ۵۰ نفر از اساتید، خبرگان و دست‌اندرکاران حوزه حمل‌ونقل توزیع گردید تا داده‌های لازم برای تحلیل‌های بعدی جمع‌آوری شود. این امر نشان می‌دهد که ابزارهای پژوهش مورد استفاده در این پژوهش، دارای روایی و پایایی لازم برای جمع‌آوری داده‌های دقیق و قابل اعتماد هستند.

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 که نتایج آن در جدول (۲)، پیش از این، نشان داده شد. بخش دوم این پژوهش، به بخش کمی اختصاص دارد. در این پژوهش، با بهره‌گیری از یافته‌های مرحله کیفی، از روش دیماتل مبتنی بر رویکرد تحلیل شبکه برای بررسی ارتباط میان حوزه‌های مورد مطالعه و وزن‌دهی آن‌ها بهره گرفته شد. جهت گردآوری اطلاعات، با استفاده از ابعاد و معیارهای بخش کیفی، پرسش‌نامه ساختاریافته دیماتل مبتنی بر رویکرد تحلیل شبکه مورد استفاده 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 ارتباط و میزان اثر میان این مؤلفه‌ها از خبرگان در مورد مناسب بودن پرسش‌نامه‌ها اخذ و اعمال شد. ضمناً پرسش‌نامه‌ها استاندارد بوده و در پژوهش‌های مشابه مورد استفاده قرار گرفته بود. به جهت سنجش پایایی، از پایایی پس‌آزمون استفاده شد و مدتی بعد از ارسال پرسش‌نامه‌ها، مجدداً برای پنج نفر از خبرگان مشارکت‌کننده 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 پایایی قابل قبول پرسش‌نامه‌ها است. جامعه آماری این پژوهش، شامل ۵۰ نفر از خبرگان حوزه حمل‌ونقل، مدیریت شهری و برنامه‌ریزی شهری است که به صورت هدفمند انتخاب شده‌اند. این خبرگان، دارای شرایط خاصی مانند: مدرک تحصیلی بالا، سابقه کار مرتبط و تسلط به موضوع پژوهش هستند. برای سنجش پایایی ابزار پژوهش، از روش آزمون مجدد استفاده شده و ضریب آلفای کرونباخ ۰/۸۸ به دست آمده که نشان‌دهنده پایایی بسیار بالای پرسش‌نامه است. مراحل انجام پژوهش در شکل (۴) آمده است.



شکل ۴: مراحل انجام پژوهش

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۴۰۵

سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند (ITS) با بهره‌گیری از فناوری‌های نوین، راهکارهای مؤثری برای کاهش ترافیک و بهبود جریان تردد ارائه می‌دهند. برای ارزیابی عملکرد این سیستم‌ها و سنجش میزان موفقیت آن‌ها در کاهش ترافیک، از شاخص‌های مختلفی استفاده می‌شود. در جدول (۲) به شناسایی شاخص‌ها و زیر شاخص‌های مورد نظر پرداخته شده است.

جدول ۲: شاخص‌های شناسایی و اولویت‌بندی حمل‌ونقل هوشمند در کاهش ترافیک، شهر بندرعباس

شاخص‌ها	زیرشاخص‌ها	تشریح
شاخص‌های عملکردی ^۱	سرعت متوسط وسایل نقلیه (F1)	این شاخص نشان می‌دهد که وسایل نقلیه با چه سرعتی در شبکه حمل‌ونقل حرکت می‌کنند. افزایش سرعت متوسط نشان‌دهنده کاهش ترافیک و بهبود جریان تردد است.
	زمان سفر (F2)	این شاخص مدت زمانی را که یک وسیله نقلیه برای طی کردن یک مسیر مشخص نیاز دارد، نشان می‌دهد. کاهش زمان سفر نشان از بهبود عملکرد سیستم حمل‌ونقل دارد.
	تغییرات زمانی سفر (F3)	با مقایسه زمان سفر در دوره‌های مختلف، می‌توان به تغییرات در عملکرد سیستم حمل‌ونقل پی برد. کاهش تغییرات زمانی سفر نشان از پایداری و قابل پیش‌بینی بودن سیستم است.
	تراکم ترافیک (F4)	این شاخص، تعداد وسایل نقلیه موجود در یک بخش خاص از شبکه حمل‌ونقل در یک زمان مشخص را نشان می‌دهد. کاهش تراکم ترافیک نشان از کاهش بار ترافیکی است.
	طول صف‌ها (F5)	طول صف‌های تشکیل‌شده در تقاطع‌ها و ورودی‌های بزرگراه‌ها، نشان‌دهنده میزان ترافیک و تأخیر در حرکت وسایل نقلیه است. کاهش طول صف‌ها نشان از بهبود عملکرد سیستم کنترل ترافیک است.
	درصد اشغال ظرفیت راه‌ها (F6)	این شاخص، نشان می‌دهد که چه مقدار از ظرفیت راه‌ها توسط وسایل نقلیه اشغال شده است. کاهش درصد اشغال ظرفیت نشان از کاهش فشار بر شبکه حمل‌ونقل است.
شاخص‌های زیست‌محیطی ^۲	مصرف سوخت (E1)	با کاهش ترافیک و بهبود جریان تردد، مصرف سوخت وسایل نقلیه نیز کاهش می‌یابد. این امر به کاهش هزینه‌های سوخت و آلودگی هوا کمک می‌کند.
	میزان انتشار آلاینده‌ها (E2)	کاهش ترافیک و افزایش سرعت متوسط وسایل نقلیه، منجر به کاهش انتشار آلاینده‌های هوا می‌شود. این امر به بهبود کیفیت هوا و سلامت شهروندان کمک می‌کند.
	کارایی انرژی (E3)	کاهش مصرف انرژی در سیستم‌های حمل‌ونقل، یکی از اهداف مهم در توسعه سیستم‌های هوشمند است.
شاخص‌های ایمنی ^۳	تعداد تصادفات (S1)	کاهش ترافیک و بهبود جریان تردد، به‌طور معمول با کاهش تعداد تصادفات همراه است. این امر نشان از افزایش ایمنی در شبکه حمل‌ونقل دارد.
	شدت تصادفات (S2)	کاهش شدت تصادفات نیز یکی از شاخص‌های مهم برای ارزیابی عملکرد سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند است.
شاخص‌های اجتماعی ^۴	رضایت کاربران (SO1)	سنجش رضایت کاربران از خدمات حمل‌ونقل، یکی از شاخص‌های مهم برای ارزیابی عملکرد کلی سیستم است.
	کیفیت زندگی (SO2)	کیفیت زندگی به‌عنوان یک شاخص کلیدی، به‌طور مستقیم با حمل‌ونقل هوشمند و کاهش ترافیک مرتبط است؛ به‌طوری که بهبود سیستم حمل‌ونقل هوشمند به‌طور قابل توجهی بر افزایش کیفیت زندگی شهروندان از طریق کاهش آلودگی هوا، کاهش ترافیک و افزایش دسترسی به خدمات تأثیرگذار است.
	عدالت دسترسی (SO3)	عدالت دسترسی به حمل‌ونقل هوشمند به‌معنای فراهم‌آوردن امکان دسترسی یکسان و عادلانه همه افراد به خدمات حمل‌ونقلی با کیفیت و پایدار است. این شاخص در کاهش ترافیک نقش مهمی دارد زیرا با توزیع عادلانه تقاضا برای حمل‌ونقل، از تمرکز بیش‌ازحد سفرها در برخی مناطق جلوگیری کرده و به کاهش بار ترافیکی کمک می‌کند.
شاخص‌های اقتصادی ^۵	هزینه‌های ساخت و نگهداری زیرساخت‌ها (Ec1)	هزینه‌های ساخت و نگهداری زیرساخت‌های حمل‌ونقل هوشمند، به‌عنوان یک شاخص کلیدی، نقش بسزایی در تحقق اهداف کاهش ترافیک و بهبود جریان تردد دارد و تعادل بین هزینه‌های اولیه و منافع بلندمدت آن، چالشی مهم در اجرای این سیستم‌ها است.
	هزینه‌های عملیاتی و درآمد حاصل از سیستم (Ec2)	هزینه‌های عملیاتی و درآمد حاصل از سیستم حمل‌ونقل، به‌عنوان یکی از شاخص‌های کلیدی در ارزیابی عملکرد سیستم حمل‌ونقل هوشمند، نقش مهمی در کاهش ترافیک و بهبود بهره‌وری این سیستم‌ها ایفا می‌کند.

Dui et al,2024:2, Lee et al,2024:42, Zhao et al, 2020:12, Chen et al, 2017: 385, Bouzguenda et al, 2019:11

1. Functional indicators
2. Environmental indicators
3. Safety indicators
4. Social indicators
5. Economic indicators

نتایج و بحث

در این پژوهش با استفاده از مرور ادبیات و پیشینه پژوهش‌های انجام‌شده، شاخص‌های سیستم حمل‌ونقل هوشمند در کاهش ترافیک شناسایی شد؛ جهت بومی‌سازی عوامل، پرسش‌نامه‌ای در اختیار ۵۰ نفر از خبرگان قرار داده شد^۱ و از آن‌ها خواسته شد تا میزان تأثیرگذاری زیرشاخص ۱ بر زیرشاخص در بازه ۰ تا ۴ (از ضعیف به قوی) را نشان دهند. همچنین، کلیه عناصر ماتریس بر بزرگترین عدد به‌دست‌آمده از جمع سطرهای ماتریس، تقسیم شده است تا شدت نسبی حاکم بر روابط مستقیم تعیین‌شود. سپس با توجه به نظر کارشناسان و خبرگان، به ارتباط کامل شاخص‌های اصلی پژوهش پرداخته شده است (جدول ۳) که در این مرحله، علاوه بر این‌که شاخص‌ها با همدیگر مقایسه می‌شوند، میزان اثرگذاری و اثرپذیری هر کدام از شاخص‌ها نیز نشان‌دهنده شده است.

جدول ۳: ماتریس ارتباط کامل ابعاد

تأثیرگذاری	اقتصادی	اجتماعی	ایمنی	زیست‌محیطی	عملکردی	TD
۱,۶۰۴	۰,۴۰۲	۰,۴۱۶	۰,۰۲۴	۰,۳۵۴	۰,۴۰۸	عملکردی
۱,۵۸۲	۰,۳۹۶	۰,۴۱۱	۰,۰۲۴	۰,۳۴۴	۰,۴۰۶	زیست‌محیطی
۱,۵۸۴	۰,۳۹۸	۰,۴۱۱	۰,۰۲۷	۰,۳۴۲	۰,۴۰۷	ایمنی
۱,۵۳۹	۰,۳۸۸	۰,۴۰۲	۰,۰۲۳	۰,۳۲۷	۰,۳۹۹	اجتماعی
۱,۵۳۸	۰,۳۸۴	۰,۴۰۱	۰,۰۲۷	۰,۳۲۶	۰,۴۰۰	اقتصادی
۱,۹۶۸	۲,۰۴۲	۰,۱۲۵	۱,۶۹۳	۲,۰۲		تأثیرپذیری

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۵

در شناسایی و اولویت‌بندی شاخص‌های سیستم حمل‌ونقل هوشمند برای کاهش ترافیک در شهر بندرعباس، نتایج تحلیل‌ها (جدول ۳) نشان می‌دهد که شاخص‌های عملکردی، بیشترین تأثیرگذاری را در بهبود وضعیت ترافیکی این شهر دارند. این موضوع بیانگر اهمیت فاکتورهایی نظیر: کارایی سیستم، زمان پاسخگویی و بهینه‌سازی جریان ترافیک از منظر عملیاتی است. در مقابل، شاخص‌های اجتماعی اگرچه تأثیرگذارند، اما عمدتاً تأثیرپذیری بیشتری از سایر شاخص‌ها نشان می‌دهند؛ به این معنی که تغییرات در سایر ابعاد حمل‌ونقل هوشمند (مانند عملکردی یا فناوری) می‌تواند تأثیرات ثانویه‌ای بر پذیرش و مشارکت اجتماعی داشته باشد. این یافته، بر لزوم تمرکز بر ابعاد عملکردی برای دستیابی به اهداف اصلی کاهش ترافیک، در کنار توجه به پیامدهای اجتماعی و فرهنگی ناشی از پیاده‌سازی حمل‌ونقل هوشمند، تأکید می‌کند.

جدول (۴)، ماتریس ارتباطات کامل نرمال‌شده شاخص‌ها را نشان می‌دهد. این جدول روابط پیچیده بین شاخص‌های مختلف را به‌تصویر می‌کشد و میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری هر شاخص را مشخص می‌کند. با بررسی این جدول، می‌توان شاخص‌های کلیدی و اولویت‌دار را برای شناسایی و اولویت‌بندی شاخص‌های سیستم حمل‌ونقل هوشمند در کاهش ترافیک در شهر بندرعباس شناسایی کرد.

۱. به‌دلیل محدودیت صفحات و نظر داوران، از آوردن برخی جداول مدل صرف‌نظر شده است.

جدول ۴: ماتریس ارتباط کامل نرمال شده ابعاد

اقتصادی	اجتماعی	ایمنی	زیست محیطی	عملکردی	TD(NORMAL)
۰,۲۵۰۵	۰,۲۵۹۶	۰,۰۱۴۸	۰,۲۲۰۵	۰,۲۵۴۶	عملکردی
۰,۲۵۰۳	۰,۲۵۹۷	۰,۰۱۵۳	۰,۲۱۷۷	۰,۲۵۶۸	زیست محیطی
۰,۲۵۰۹	۰,۲۵۹۷	۰,۰۱۷	۰,۲۱۵۷	۰,۲۵۶۸	ایمنی
۰,۲۵۲۳	۰,۲۶۱۳	۰,۰۱۴۷	۰,۲۱۲۶	۰,۲۵۹۱	اجتماعی
۰,۲۴۹۸	۰,۲۶۰۷	۰,۰۱۷۸	۰,۲۱۱۸	۰,۲۵۹۸	اقتصادی

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۵

بر اساس جدول (۴)، می‌توان گفت که ابعاد عملکردی و اجتماعی، بالاترین مقادیر را در ستون‌های مربوط به خود اختصاص داده‌اند که نشان‌دهنده بالاترین سطح تأثیرگذاری این ابعاد بر سایر مؤلفه‌های مورد بررسی است. به عبارت دیگر، هرگونه تغییر یا بهبود در ابعاد عملکردی و اجتماعی می‌تواند بیشترین پیامد را در سایر حوزه‌ها به دنبال داشته باشد. در مقابل، بعد ایمنی با مقادیر نسبتاً پایین‌تر در تمامی ستون‌ها، کمترین میزان تأثیرگذاری و بیشترین تأثیرپذیری را از سایر ابعاد نشان می‌دهد. این یافته، می‌تواند بیانگر آن باشد که ایمنی به صورت مستقیم، کمتر بر سایر ابعاد تأثیر می‌گذارد و بیشتر تحت تأثیر عوامل عملکردی، زیست محیطی، اجتماعی و اقتصادی قرار می‌گیرد؛ به-عنوان مثال، در سطر مربوط به بعد "عملکردی"، مشاهده می‌شود که این بعد بیشترین تأثیرگذاری را بر ابعاد "اجتماعی" (۰,۲۵۹۶) و "اقتصادی" (۰,۲۵۰۵) اعمال می‌کند، درحالی که کمترین تأثیر را بر بعد "ایمنی" (۰,۰۱۴۸) دارد. این الگو در مورد سایر ابعاد نیز قابل مشاهده است و نشان‌دهنده وجود یک شبکه پیچیده از روابط علت و معلولی در میان ابعاد مورد بررسی است. این تحلیل می‌تواند مبنای تصمیم‌گیری‌های آتی جهت اولویت‌بندی سرمایه‌گذاری‌ها و اقدامات در هر یک از حوزه‌های مربوطه قرار گیرد.

در ادامه، مجموع سطرها و ستون‌های ماتریس ارتباط کامل ابعاد و معیارها، به صورت جداگانه و مطابق با روابط زیر محاسبه شد: شاخص ri نشان‌دهنده مجموع سطر i ام و cj بیانگر مجموع ستون j ام با توجه به T_{ij} مربوط به بعد مورد نظر است. شاخص $ri+cj$ بیانگر میزان اهمیت (شدت) بعد i ام می‌باشد. شاخص $ri-cj$ نشان‌دهنده تأثیرگذاری و یا تأثیرپذیری معیار می‌باشد. در حالت کلی، چنانچه $ri-cj$ مثبت باشد ($i=j$)، جزء دسته معیارهای علی یا تأثیرگذار است. چنانچه $ri-cj$ منفی باشد ($i=j$)، جزء گروه معیارهای تأثیرپذیر است. در واقع مجموع سطر i و مجموع ستون j می‌باشد. نمودار علی بر پایه دو شاخص مذکور قابل ترسیم شد که به نقشه روابط شبکه معروف است؛ بنابراین، می‌توان گفت که چگونه ابعاد و معیارها را بهبود داد. جدول ۵ و ۶ به ترتیب بیانگر شدت و جهت تأثیر هریک از ابعاد و معیارهای مورد بررسی می‌باشند. شکل‌های ۵ و ۶ نیز موقعیت ابعاد و معیارها را به-صورت ترسیمی نشان می‌دهند.

جدول ۵: شدت و جهت تأثیر هر یک از ابعاد مورد بررسی

ابعاد	ri	cj	$ri+cj$	$ri-cj$
عملکردی	۱,۶۰۴	۲,۰۲	۳,۶۲۴	-۰,۴۱۶
زیست محیطی	۱,۵۸۲	۱,۶۹۳	۳,۲۷۵	-۰,۱۱۱
ایمنی	۱,۵۸۴	۰,۱۲۴۹	۱,۷۰۹	۱,۴۶
اجتماعی	۱,۵۳۹	۲,۰۴۱۹	۳,۵۸۱	-۰,۵۰۲
اقتصادی	۱,۵۳۸	۱,۹۶۸	۳,۵۰۶	-۰,۴۳

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۵

با توجه به جدول (۵)، بُعد ایمنی با مقدار $ri-Cj$ برابر با $۱/۴۶$ ، بالاترین مقدار مثبت را دارد. این موضوع نشان می‌دهد که بُعد ایمنی در این سیستم یک عامل علی مهم است و بیشترین تأثیرگذاری را بر سایر ابعاد دارد. به عبارت دیگر، ایمنی نه تنها به عنوان یک هدف نهایی، بلکه به عنوان یک عامل فعال که می‌تواند بر عملکرد، زیست محیطی، جامعه و اقتصاد تأثیر بگذارد، عمل می‌کند. در مقابل، ابعاد اجتماعی ($-۰/۵۰۲$)، عملکردی ($۰/۴۱۶$)، اقتصادی ($-۰/۴۳$) و زیست محیطی ($-۰/۱۱۱$) دارای مقادیر منفی در ستون $ri-Cj$ هستند. این امر نشان می‌دهد که این ابعاد بیشتر تأثیرپذیر هستند تا تأثیرگذار؛ یعنی عملکرد ضعیف، مشکلات زیست محیطی، چالش‌های اجتماعی و اقتصادی ممکن است بیشتر نتیجه تأثیر عوامل دیگر (مانند ایمنی) باشند تا این که خودشان علت اصلی مشکلات در سیستم باشند. از منظر نقش و اهمیت کلی ($ri+Cj$)، ابعاد عملکردی ($۳/۶۲۴$) و اجتماعی ($۳/۵۸۱$) بالاترین مقادیر را دارند که حاکی از نقش محوری و حیاتی آن‌ها در ساختار کلی سیستم است. این بدان معناست که گرچه این ابعاد بیشتر تأثیرپذیرند، اما از لحاظ کلیت سیستم، بسیار مهم هستند و باید توجه ویژه‌ای به آن‌ها شود.

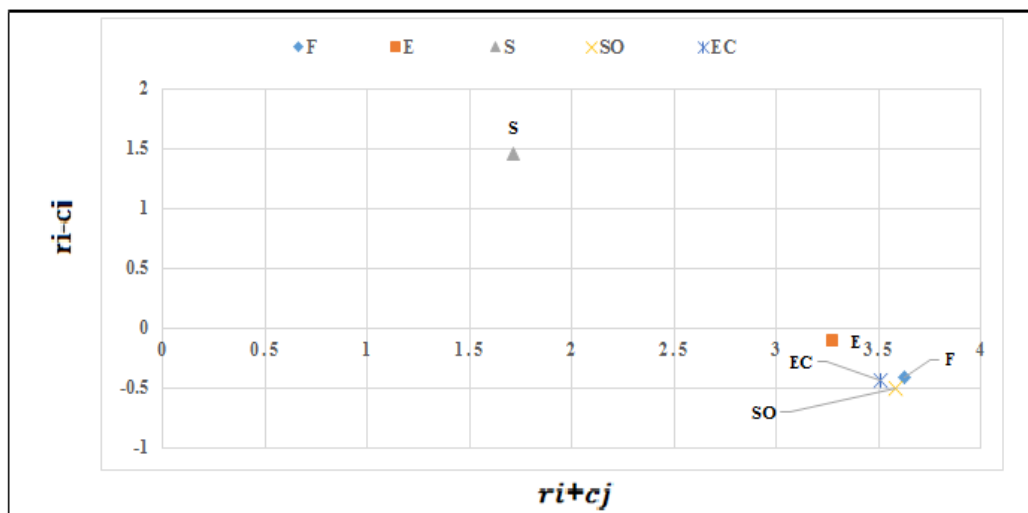
جدول ۶: شدت و جهت هر یک از معیارهای مورد بررسی

معیارها	کد	ri	cj	ri+cj	ri-cj	معیارها	کد	ri	cj	ri+cj	ri-cj
سرعت متوسط وسایل نقلیه	F1	۲،۵۹۰	۲،۳۳۹	۴،۹۲۹۱	۰،۲۵۰۸	تعداد تصادفات	S1	۰،۶۷۵	۰،۶۰۹	۱،۲۸۴۱	۰،۰۶۶۷
زمان سفر	F2	۲،۳۲۷	۲،۴۰۸	۴،۷۳۵۳	-۰،۰۸۱	شدت تصادفات	S2	۰،۵۸۹	۰،۶۵۶	۱،۲۴۵۵	-۰،۰۶۷
تغییرات زمانی سفر	F3	۲،۶۳۰	۲،۶۱۲	۵،۲۴۱۷	۰،۰۱۸۵	رضایت کاربران	SO1	۰،۹۶۰	۰،۹۵۱	۱،۹۱۱۱	۰،۰۰۹۵
تراکم ترافیک	F4	۲،۲۸۵	۲،۳۰۶	۴،۵۹۱۴	-۰،۰۲۱	کیفیت زندگی	SO2	۰،۹۸۷	۱،۱۱۸	۲،۱۰۵۲	-۰،۰۱۳
طول صفاها	F5	۲،۲۷۷	۲،۵۵۸	۴،۸۳۴۴	-۰،۲۸۱	عدالت دسترسی	SO3	۱،۰۸۲	۰،۹۶۲	۲،۰۴۴۲	۰،۱۲۰۸
درصد اشغال ظرفیت راه‌ها	F6	۲،۵۹۶	۲،۴۸۲	۵،۰۷۷۶	۰،۱۱۳۸	هزینه‌های ساخت و نگهداری زیرساخت‌ها	EC1	۰،۶۸۲	۰،۶۶۴	۱،۳۴۶۸	۰،۰۱۸۱
مصرف سوخت	E1	۰،۹۹۲	۰،۹۶۶	۱،۹۵۷۷	۰،۰۲۶۶	هزینه‌های عملیاتی و درآمد حاصل از..	ES2	۰،۶۷۶	۰،۶۹۴	۱،۳۶۹۳	-۰،۰۱۸
میزان انتشار آلاینده‌ها	E2	۰،۹۳۰	۰،۷۹۷	۱،۷۲۶۵	۰،۱۳۳۲						
کارایی انرژی	E3	۰،۸۷۳	۱،۰۳۲	۱،۹۰۵	-۰،۱۶						

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۵

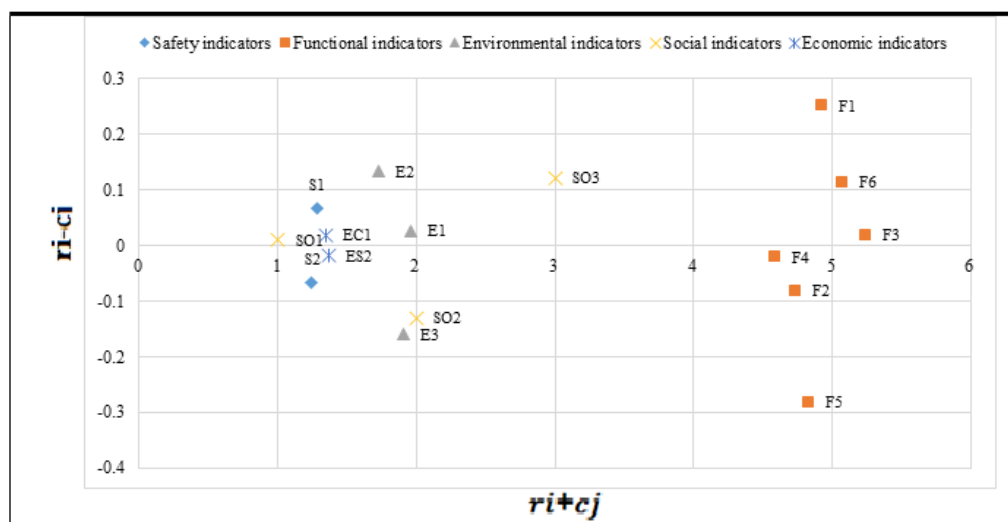
با استناد به جدول (۶)، که روابط تأثیرگذاری (ri) و تأثیرپذیری (cj) معیارها را نشان می‌دهد، می‌توان به تحلیل دقیقی از نقش هر معیار در سیستم حمل و نقل دست یافت. مقادیر $ri-Cj$ نشان‌دهنده ماهیت علی یا معلولی معیارها هستند؛ مقادیر مثبت نشانگر معیارهای تأثیرگذار (علل) و مقادیر منفی بیانگر معیارهای تأثیرپذیر (معلول) هستند. همچنین، $ri+Cj$ اهمیت کلی یک معیار را در سیستم مشخص می‌کند. براین اساس، سرعت متوسط وسایل نقلیه ($F1$) با مقدار $۰/۲۵۰۸$ و "عدالت دسترسی ($SO3$)" با مقدار $۰/۱۲۰۸$ ، از بالاترین مقادیر مثبت برخوردارند. این موضوع نشان می‌دهد که این دو معیار بیشترین تأثیرگذاری را بر سایر عوامل سیستم حمل و نقل دارند و بهبود در آن‌ها می‌تواند به صورت علی بر عملکرد کلی سیستم تأثیر بگذارد. در مقابل، معیارهایی نظیر: طول صفاها ($F5$) با $-۰/۲۸۱$ ، کیفیت زندگی ($SO2$) با $-۰/۱۳$ ، شدت تصادفات ($S2$) با $-۰/۰۶۷$ و "زمان سفر ($F2$)" با $-۰/۰۸۱$ دارای مقادیر منفی قابل توجهی در این ستون هستند که نشان‌دهنده تأثیرپذیری بالای آن‌ها از سایر معیارها است. این بدان معناست که این عوامل بیشتر معلول وضعیت سایر بخش‌های سیستم هستند تا این که خودشان به طور مستقیم بر آن‌ها تأثیرگذار باشند. از نظر اهمیت کلی ($ri+cj$) معیارهای تغییرات زمانی سفر ($F3$) با $۵/۲۴۱۷$ ، درصد اشغال ظرفیت راه‌ها ($F6$) با $۵/۰۷۷۵$ و

سرعت متوسط وسایل نقلیه (F1) با ۴/۹۲۹۱، بالاترین مقادیر را به خود اختصاص داده‌اند. این نشان می‌دهد که این معیارها نقش محوری و حیاتی در عملکرد سیستم حمل‌ونقل دارند، حتی اگر برخی از آنها (مانند F3 و F6) بیشتر تأثیرپذیر باشند.



شکل ۵: موقعیت هر یک از ابعاد مورد مطالعه بر اساس $ri+cj$ و $ri-cj$

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۴۰۵



شکل ۶: موقعیت هر یک از معیارهای مورد مطالعه بر اساس $ri+cj$ و $ri-cj$

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۴۰۵

با توجه به شکل ۵ و ۶، می‌توان گفت بیشترین اثرگذاری در ابعاد، به ترتیب به شاخص عملکردی (F)، اجتماعی (SO)، زیست‌محیطی (E)، اقتصادی (EC) و ایمنی (S) اختصاص دارد. همچنین، براساس یافته‌های جدول ۱۱ و شکل ۵ تمامی زیرشاخص‌های عملکردی و سپس زیرشاخص اجتماعی (عدالت دسترسی (SO3)) بیشترین تعامل با سیستم حمل‌ونقل هوشمند در کاهش ترافیک در شهر بندرعباس را دارند و سایر شاخص‌ها که جزء شاخص‌های تأثیرپذیر می‌باشند، کمترین تعامل را با حمل‌ونقل هوشمند در کاهش ترافیک در شهر بندرعباس دارند و این امر نشان‌دهنده نقش پررنگ شاخص‌های عملکردی و تأثیرگذاری قوی آن بر سیستم حمل‌ونقل هوشمند در کاهش ترافیک در شهر بندرعباس است.

با توجه به مراحل قبلی، به تشکیل سوپرماتریس ناموزون و سپس به منظور تشکیل سوپرماتریس موزون، ماتریس ارتباط کامل نرمال شده (T^a_D) ترانسپور شده و در سوپرماتریس ناموزون ضرب شد، سپس در مرحله بعدی با استفاده از نظر کارشناسان به بررسی ماتریس ارتباط کامل زیرشاخص‌ها (T^a_c) محاسبه شده و W حاصل شده با استفاده از مدل ANP پرداخته شده است. برای تعیین اولویت‌های کلی و تبیین روابط بین آن‌ها، ساختار سوپرماتریس اولیه (ناموزون) تشکیل می‌شود. بر مبنای نظریه ساعتی، پس از تشکیل سوپرماتریس اولیه، گام بعدی تعیین اولویت است. برای تعیین اولویت از مفهوم نرمال‌سازی و میانگین موزون استفاده می‌شود که خروجی این گام اوزان مؤثر دیماتل مبتنی بر فرآیند تحلیل شبکه می‌باشد. بر این اساس، اولویت‌بندی شاخص و زیرشاخص‌های مورد بررسی پژوهش نیز بر اساس اوزان به دست آمده در جدول (۷) ارائه شده است.

جدول ۷: اوزان ابعاد و معیارها

شاخص‌ها	زیرشاخص‌ها	کد	وزن	امتیاز	شاخص‌ها	زیرشاخص‌ها	کد	وزن	امتیاز
شاخص‌های عملکردی	سرعت متوسط وسایل نقلیه زمان سفر تغییرات زمانی سفر تراکم ترافیک طول صف‌ها درصد اشغال ظرفیت راه‌ها	F1	۰,۰۴۱	۰,۲۶۲۵	شاخص‌های ایمنی	تعداد تصادفات	S1	۰,۰۰۸	۰,۰۱۵۵
		F2	۰,۰۴۲			شدت تصادفات	S2	۰,۰۰۸	
		F3	۰,۰۴۶		شاخص‌های اجتماعی	رضایت کاربران	SO1	۰,۰۸۱	۰,۲۶۰۲
		F4	۰,۰۴۰			کیفیت زندگی	SO2	۰,۰۹۶	
		F5	۰,۰۴۵			عدالت دسترسی	SO3	۰,۰۸۳	
		F6	۰,۰۴۳		شاخص‌های اقتصادی	هزینه‌های ساخت و نگهداری زیرساخت‌ها	EC1	۰,۱۲۴	۰,۲۵۰۷
شاخص‌های زیست‌محیطی	مصرف سوخت	E1	۰,۰۷۴	۰,۲۱۵۵		هزینه‌های عملیاتی و درآمد حاصل از سیستم	ES2	۰,۱۲۷	
	میزان انتشار آلاینده‌ها	E2	۰,۰۶۰						
	کارایی انرژی	E3	۰,۰۸۲						

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۵

با توجه به جدول (۷) نتایج حاکی از آن است که شاخص عملکردی با امتیاز ۰,۲۶۲۵، بیشترین وزن را به خود اختصاص داده و در رتبه اول قرار گرفته است. این امر نشان می‌دهد که از دیدگاه پژوهش، جنبه‌های عملکردی سیستم مورد بررسی از اهمیت بالایی برخوردار هستند و در حال حاضر نیز عملکرد قابل قبولی را از خود نشان می‌دهند، به خصوص در زمینه سیستم حمل و نقل هوشمند بندرعباس که در ادامه متن به آن اشاره شده است. پس از شاخص عملکردی، شاخص‌های اجتماعی با امتیاز ۰,۲۶۰۲ در رتبه دوم، شاخص اقتصادی با امتیاز ۰,۲۵۰۷ در رتبه سوم و شاخص زیست‌محیطی با امتیاز ۰,۲۱۵۵ در رتبه چهارم قرار گرفته‌اند. این نزدیکی امتیازات میان سه شاخص عملکردی، اجتماعی و اقتصادی، حاکی از اهمیت نسبتاً برابر و درهم‌تنیده این ابعاد در سیستم مورد مطالعه است. نکته قابل توجه و مهم نتایج این پژوهش، جایگاه شاخص ایمنی است که با امتیاز بسیار پایین ۰,۰۱۵۵، در رتبه پنجم و آخر قرار گرفته است. این اختلاف فاحش در وزن‌دهی شاخص ایمنی نسبت به سایر شاخص‌ها، به وضوح نشان‌دهنده ضعف‌ها و کاستی‌های جدی در حوزه ایمنی سیستم حمل و نقل هوشمند بندرعباس است. با وجود عملکرد قابل قبول کلی سیستم، این نقاط ضعف مشهود در بخش ایمنی، زنگ خطری را به صدا درمی‌آورد؛ لذا، ضرورت دارد تا مسئولین امر به موازات تقویت جنبه‌های عملکردی، به ارتقای شاخص‌های ایمنی نیز اهتمام ورزند.

نتیجه‌گیری

شاخص‌ها به‌عنوان معیارهای سنجش عملکرد سیستم‌های ITS، نقش حیاتی در ارزیابی اثربخشی این سیستم‌ها ایفا می‌کنند. با انتخاب و اولویت‌بندی مناسب شاخص‌ها، می‌توان به‌طور دقیق میزان موفقیت سیستم‌های ITS در دستیابی به اهداف ازپیش‌تعیین‌شده را سنجید. در همین راستا پژوهش حاضر، با هدف شناسایی و اولویت‌بندی شاخص‌های کلیدی سیستم حمل‌ونقل هوشمند (ITS) در کاهش ترافیک شهر بندرعباس، مطالعات گسترده‌ای صورت پذیرفته‌است. نتایج حاصله نشان‌داد که بیشترین تعامل در بین شاخص‌های کلی با سیستم حمل‌ونقل هوشمند به‌ترتیب به شاخص‌های عملکردی (F)، اجتماعی (SO)، زیست‌محیطی (E)، اقتصادی (EC) و ایمنی (S) و در بین زیرشاخص‌ها به زیرشاخص‌های عملکردی و سپس زیرشاخص اجتماعی (عدالت دسترسی (SO3)) اختصاص داده شده است و سایر شاخص‌ها که جزء شاخص‌های تأثیرپذیر می‌باشند کمترین تعامل را با حمل‌ونقل هوشمند در کاهش ترافیک در شهر بندرعباس دارند و این امر نشان‌می‌دهد که اجرای موفق سیستم‌های ITS نه‌تنها به کاهش ترافیک کمک شایانی می‌کند، بلکه به بهبود کیفیت زندگی شهروندان، کاهش آلودگی هوا و افزایش بهره‌وری اقتصادی نیز منجر می‌شود و در نهایت نتایج نهایی این پژوهش نشان‌داد که اجرای سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند، با استفاده از شاخص‌های مناسب می‌تواند به بهبود قابل‌توجه وضعیت ترافیک در شهر بندرعباس کمک کند. با اولویت‌بندی شاخص‌های کلیدی و انتخاب راهکارهای مناسب، می‌توان به کاهش ترافیک، بهبود کیفیت هوا، افزایش ایمنی و رضایت شهروندان دست یافت. همچنین، سرمایه‌گذاری در سیستم‌های ITS، یک سرمایه‌گذاری بلندمدت و سودآور برای شهر بندرعباس محسوب می‌شود.

مطالعات پیشین (دوی و همکاران، ۲۰۲۴) و موسی و همکاران (۲۰۲۳) به‌وضوح نشان‌داده‌اند که بین شاخص‌های سیستم حمل‌ونقل هوشمند در کاهش ترافیک، ارتباط مستقیمی وجود دارد. یافته‌های پژوهش حاضر نیز این ارتباط را تأیید می‌کند و با نتایج مطالعات دیگر نصرتی و همکاران (۱۳۹۹)، اسکندری ثانی و همکاران (۱۳۹۷) و وقار و همکاران (۲۰۲۳) همسو است. با این حال، بررسی دقیق‌تر مطالعات پیشین نشان‌می‌دهد که اغلب آن‌ها تنها به یک یا دو بُعد خاص از سیستم حمل‌ونقل هوشمند در کاهش ترافیک (مانند شاخص‌های اقتصادی و شاخص‌های اجتماعی) پرداخته‌اند و از بررسی جامع‌تر ابعاد مختلف حمل‌ونقل هوشمند غافل مانده‌اند. در مقابل، پژوهش حاضر با شناسایی و اولویت‌بندی تمامی ابعاد سیستم حمل‌ونقل هوشمند در کاهش ترافیک، دید جامع‌تری به این موضوع ارائه می‌دهد. نکته قابل‌توجه دیگر، تفاوت نتایج این پژوهش با برخی مطالعات دیگر دیوانگن و همکاران (۲۰۱۷)، بخشی سنجدری و دریاباری (۱۳۹۹) است که شاخص‌های ایمنی را مهم‌ترین شاخص در سیستم حمل‌ونقل هوشمند در کاهش ترافیک می‌دانند. این تفاوت‌ها را می‌توان به تفاوت در جوامع مورد مطالعه و همچنین عدم توجه کافی به نقش عوامل عملکردی و اجتماعی در برخی از این پژوهش‌ها نسبت داد. در مجموع، نتایج این پژوهش نشان‌می‌دهد که سیستم حمل و نقل هوشمند، نقش بسیار مهمی در کاهش ترافیک دارد و تمامی ابعاد حمل و نقل هوشمند (عملکردی، اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی، ایمنی و ...) باید به‌طور هم‌زمان مورد توجه قرار گیرند.

مطابق پژوهش‌های پیشین و مبانی نظری موجود، با وجود اهمیت حمل‌ونقل هوشمند در کاهش ترافیک، هنوز شکافی در زمینه مدل‌سازی جامع این موضوع وجود دارد. به عبارت دیگر، پژوهش‌های گذشته به‌طور کامل به بررسی همه ابعاد حمل‌ونقل هوشمند در کاهش ترافیک نپرداخته‌اند. برای پرکردن این شکاف، پژوهش حاضر با تکیه بر نظریه‌های موجود و شناخت جامع از شاخص‌های حمل‌ونقل هوشمند در کاهش ترافیک، اقدام به شناسایی و مدل‌سازی پنج متغیر اصلی نموده است. این پنج متغیر که با اجماع نظر متخصصان حوزه حمل‌ونقل شهری و برنامه‌ریزی شهری انتخاب شده‌اند، به‌عنوان عوامل کلیدی در دستیابی به حمل‌ونقل هوشمند در نظر گرفته می‌شوند. در واقع سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند به‌عنوان یک ابزار قدرتمند برای مدیریت ترافیک و بهبود کیفیت زندگی شهروندان شناخته شده‌اند. با

توجه به نتایج این پژوهش، می‌توان گفت که اجرای سیستم‌های ITS در شهر بندرعباس، یک گام مهم جهت توسعه پایدار این شهر است.

پیشنهادهای

- توسعه زیرساخت‌های ارتباطی: برای اجرای موفق سیستم‌های ITS، توسعه زیرساخت‌های ارتباطی مانند شبکه‌های بی‌سیم و اینترنت‌اشیا ضروری است.
- ترویج فرهنگ استفاده از حمل‌ونقل عمومی: با بهبود کیفیت خدمات حمل‌ونقل عمومی و تشویق شهروندان به استفاده از آن، می‌توان به کاهش بار ترافیک کمک کرد.
- همکاری بین دستگاه‌های اجرایی: همکاری بین دستگاه‌های اجرایی مختلف مانند: شهرداری، پلیس راهور و سازمان حمل‌ونقل عمومی برای اجرای موفق سیستم‌های ITS ضروری است.
- ارزیابی مستمر عملکرد سیستم: ارزیابی مستمر عملکرد سیستم‌های ITS و به‌روزرسانی شاخص‌ها و راهکارها، برای اطمینان از کارایی و اثربخشی این سیستم‌ها ضروری است.

منابع

- احمدی، توحید؛ زهره فنی؛ محمدتقی رضویان؛ جمیله توکلی‌نیا (۱۳۹۸). مدل ترکیبی اولویت‌بندی استراتژی‌های حمل‌ونقل هوشمند، مورد پژوهی: کلانشهر تبریز، جغرافیا و برنامه‌ریزی. دوره ۲۳، شماره ۶۷. شماره پیاپی ۶۷. صفحات ۴۴-۲۵.
https://geoplanning.tabrizu.ac.ir/article_8796_1064.html?lang=fa
- اسکندری‌ثانی، محمد؛ محمود مرادی؛ پروین قادری‌مقدم (۱۳۹۷). ارزیابی پتانسیل‌های پیاده‌سازی شهر هوشمند با تأکید بر حمل‌ونقل، مورد مطالعه: شهر بیرجند، کاوش‌های جغرافیایی مناطق بیابانی. سال ۶، شماره ۲. صفحات ۱۸۵-۱۵۹.
<SID.https://sid.ir/paper/524115/fa>
- انوری، زهرا؛ زینب کاموسی؛ بهنام رفیعی‌مهر (۱۳۹۰). بررسی جایگاه فناوری ارتباطات خودرویی در سامانه‌های حمل‌ونقل هوشمند، فصلنامه توسعه تکنولوژی صنعتی. دوره ۹، شماره ۱۸. صفحات ۸۴-۷۵.
<https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.26765403.1390.9.18.7.8>
- بخشی‌سنجدری، رضا؛ سیدجمال‌الدین دریاباری (۱۳۹۹). بررسی هوشمندسازی سیستم‌های حمل‌ونقل شهری در راستای توسعه پایدار شهرها (مورد مطالعه: کلان‌شهر تهران)، اقتصاد و مدیریت شهری. دوره ۸، شماره ۴. صفحات ۴۵-۳۱.
<http://iueam.ir/article-1-1555-fa.html>
- پورجوان، خسرو (۱۳۹۸). تبیین شهر هوشمند و راهکارهای حمل و نقل هوشمند شهری، کارافن. دوره ۱۶، شماره ۴۵. صفحات ۳۴-۱۵.
<SID.https://sid.ir/paper/378053/fa>
- پویا، رضا؛ مهرنوش بسته‌نگار؛ آرزو مکرمی (۱۴۰۱). تکنولوژی حمل‌ونقل هوشمند؛ راهبرد مواجهه با چالش‌های اساسی این بخش، فصلنامه توسعه تکنولوژی صنعتی. دوره ۲۰، شماره ۴۸. صفحات ۹۴-۷۷.
<https://dx.doi.org/10.22034/jtd.2022.552684.1757>
- ذوقدار، پریسا؛ امیرحسین شبانی (۱۳۹۷). ارزیابی الگوی رفتاری شهروندان در ایستگاه‌های هوشمند حمل‌ونقل شهری (نمونه موردی ایستگاه هوشمند شهید خرازی شاهین شهر)، معماری‌شناسی. دوره ۱، شماره ۵. صفحات ۹-۱.
<http://jvfc.ir/article-1-425-fa.html>
- فنی، زهره؛ احمدی، توحید؛ محمدتقی رضویان (۱۳۹۶). راهبردهای توسعه پایدار حمل‌ونقل شهری با استفاده از تحلیل شبکه (مطالعه موردی: ساختار مدیریت حمل‌ونقل کلانشهر تبریز)، جغرافیا و برنامه‌ریزی. دوره ۲۱، شماره ۵۹. صفحات ۲۴۲-۲۲۱.
https://geoplanning.tabrizu.ac.ir/article_6158.html

- کاوه، امیر؛ مریم کریمیان‌بستانی؛ غلامرضا میری (۱۴۰۱). تحلیل و بررسی نقش ابعاد توسعه در شناسایی شیوه‌های حمل‌ونقل هوشمند (مورد مطالعه: شهر زاهدان)، نشریه جغرافیا و برنامه‌ریزی منطقه‌ای. سال ۱۲. شماره ۴. پیاپی ۴۸. ۱۲۸۸-۱۲۶۹.
doi: 10.22034/jgeoq.2022.351218.3778
- کاوه، امیر؛ مریم کریمیان‌بستانی؛ غلامرضا میری (۱۴۰۳). نقش مدیریت یکپارچه در تحقق حمل‌ونقل هوشمند (مطالعه موردی: شهر زاهدان)، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی. ۲۴ (۷۳). صفحات ۴۶-۲۶.
http://jgs.khu.ac.ir/article-1-4020-fa.html
- گودرزی، مجید؛ محمدعلی فیروزی؛ امید سعیدی (۱۳۹۸). بررسی و تحلیل موانع هوشمندسازی حمل‌ونقل درون شهری اهواز، جغرافیا و آمایش شهری- منطقه‌ای. دوره ۹. شماره ۳۳. صفحات ۸۲-۵۷.
https://doi.org/10.22111/gaij.2019.5085
- محمدپور، صابر؛ نادر زالی؛ سارا امیری (۱۳۹۹). برنامه‌ریزی راهبردی توسعه یکپارچه حمل‌ونقل منطقه‌ای (مطالعه موردی استان کرمان)، جغرافیا و برنامه‌ریزی. دوره ۲۴. شماره ۷۳. صفحات ۳۰۳-۲۷۷.
doi: 10.22034/gp.2020.10849
- محمدرضایپور، بهروز (۱۴۰۱). موانع و راهکارهای هوشمندسازی حمل‌ونقل درون‌شهری با رویکرد مدیریت بحران (نمونه موردی: شهر ارومیه)، نشریه علمی شهر ایمن. دوره ۵. شماره ۲. شماره پیاپی ۱۸. صفحات ۳۴-۱۶.
doi: 10.22034/ispdrc.2023.703972
- نصرتی، علی‌رضا؛ مهرداد مهرجو؛ نادر زالی (۱۳۹۹). طراحی سناریوهای توسعه حمل‌ونقل هوشمند شهری با رویکرد تحلیل محیط اطلاعاتی مطالعه موردی: شهر همدان، مدیریت شهری. شماره ۵۹. صفحات ۱۴۵-۱۲۹.
URL: http://ijurm.imo.org.ir/article-۱-۲۸۷۵-fa.html

References

- Aouedi, O., Piamrat, K., & Parrein, B. (2022). Intelligent traffic management in next-generation networks. *Future internet*, 14(2), 44.
https://doi.org/10.3390/fi14020044
- Behura, A., Kumar, A., & Jain, P. K. (2025). A comparative performance analysis of vehicular routing protocols in intelligent transportation systems. *Telecommunication Systems*, 88(1), 26.
https://doi.org/10.1007/s11235-024-01243-1
- 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, Article 101627.
https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101627
- Chen, H. X., Chen, W., Liu, X., Liu, Y. R., & Zhu, S. L. (2017). A review of the open charm and open bottom systems. *Reports on Progress in Physics*, 80(7), 076201.
DOI. 10.1088/1361-6633/aa6420
- Dewangan, M. T., Mehar, R., & Agarwal, A. K. (2017). Application of intelligent transport system for sustainable transport system in smart cities. *JoARATTS*, 2(12), 33-39.
https://www.academia.edu/37631911/Application_of_Intelligent_Transport_System_for_Sustainable_Transport_System_in_Smart_Cities.
- Dui, H., Zhang, S., Liu, M., Dong, X., & Bai, G. (2024). IoT-enabled real-time traffic monitoring and control management for intelligent transportation systems. *IEEE Internet of Things Journal*.
DIO. 10.1109/JIOT.2024.3351908
- Guillen-Perez, A., & Cano, M. D. (2021). Intelligent IoT systems for traffic management: A practical application. *IET Intelligent Transport Systems*, 15(2), 273-285.
https://doi.org/10.1049/itr2.12021
- Hasrul, M. R., Rahman, M. J., Helmy, A. R. A. P., Cheng, A. Y., & Ahsan, M. (2023). Exploring Research Trends and Themes in Intelligent Transportation Systems in the Last 10 Years (2014-2023). *International Journal of Environment, Engineering and Education*, 5(3), 141-153.
https://doi.org/10.55151/ijeedu.v5i3.90.

- Janušová, L., & Čičmancová, S. (2016). Improving safety of transportation by using intelligent transport systems. *Procedia Engineering*, 134, 14-22.
<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.01.031>
- Khanna, A., Goyal, R., Verma, M., & Joshi, D. (2019). Intelligent traffic management system for smart cities. In *Futuristic Trends in Network and Communication Technologies: First International Conference, FTNCT 2018*, Solan, India, February 9-10, 2018, Revised Selected Papers 1 (152-164). Springer Singapore.
[DOI:10.1007/978-981-13-3804-5_12](https://doi.org/10.1007/978-981-13-3804-5_12)
- Lee, J., Arts, J., & Vanclay, F. (2024). Investigating institutional barriers and opportunities to an integrated approach for transport and spatial development: Mega urban transport development in a rapidly developing city, Seoul. *Journal of Urban Affairs*, 46(1), 40-62.
[DOI:10.1080/07352166.2021.2021086](https://doi.org/10.1080/07352166.2021.2021086)
- Musa, A. A., Malami, S. I., Alanazi, F., Ounaies, W., Alshammari, M., & Haruna, S. I. (2023). Sustainable Traffic Management for Smart Cities Using Internet-of-Things-Oriented Intelligent Transportation Systems (ITS): Challenges and Recommendations. *Sustainability*, 15(13), 9859.
<https://doi.org/10.3390/su15139859>
- Oladimeji, D., Gupta, K., Kose, N. A., Gundogan, K., Ge, L., & Liang, F. (2023). Smart transportation: an overview of technologies and applications. *Sensors*, 23(8), 3880.
<https://doi.org/10.3390/s23083880>
- Ouallane, A. A., Broumi, S., Ayele, E. T., Bakali, A., Bahnasse, A., & Talea, M. (2022). Towards intelligent road traffic management based on neutrosophic logic: a brief review. *Neutrosophic Sets and Systems*, 51, 107-122.
[DOI:10.5281/zenodo.7135256](https://doi.org/10.5281/zenodo.7135256)
- Said, B., Lathamaheswari, M., Singh, P. K., Ouallane, A. A., Bakhoui, A., Bakali, A., & Deivanayagampillai, N. (2022). An intelligent traffic control system using neutrosophic sets, rough sets, graph theory, fuzzy sets and its extended approach: a literature review. *Neutrosophic Sets Syst*, 50, 10-26.
[DOI:10.5281/zenodo.6774621](https://doi.org/10.5281/zenodo.6774621)
- Singh, A. K., Pamula, R., Akhter, N., Battula, S. K., Naha, R., Chowdhury, A., & Kaisar, S. (2025). Intelligent transportation system for automated medical services during pandemic. *Future Generation Computer Systems*, 163, 107515.
[DOI: 10.1016/j.future.2024.107515](https://doi.org/10.1016/j.future.2024.107515)
- Tomar, R., Khanna, A., Bansal, A., & Fore, V. (2018). An architectural view towards autonomic cloud computing. In *Data Engineering and Intelligent Computing: Proceedings of IC3T 2016* (573-582). Springer Singapore.
[DOI:10.1007/978-981-10-3223-3_55](https://doi.org/10.1007/978-981-10-3223-3_55)
- Ullah, U., Usama, M., Muhammad, Z., Akbar, A., Latif, S., & Ullah, R. (2018). Intelligent transportation channels for smart cities. In *Artificial Intelligence for Intelligent Systems* (280-323). CRC Press.
[DOI:10.1201/9781003496410-18](https://doi.org/10.1201/9781003496410-18)
- Vijayaraghavan, V., & Rian Leevinson, J. (2020). Intelligent traffic management systems for next generation IoV in smart city scenario. *Connected Vehicles in the Internet of Things: Concepts, Technologies and Frameworks for the IoV*, 123-141.
[DOI:10.1007/978-3-030-36167-9_6](https://doi.org/10.1007/978-3-030-36167-9_6)
- Waqar, A., Alshehri, A. H., Alanazi, F., Alotaibi, S., & Almujiab, H. R. (2023). Evaluation of challenges to the adoption of intelligent transportation system for urban smart mobility. *Research in Transportation Business & Management*, 51, 101060.
<https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2023.101060>
- Zhang, C., Chen, F., Qin, R., LI, X., & Wang, H. (2022). Intelligent traffic management and control technology. In *Intelligent Road Transport Systems: An Introduction to Key Technologies* (325-398). Singapore: Springer Nature Singapore.
[DOI:10.11591/ijece.v14i2.pp1864-1874](https://doi.org/10.11591/ijece.v14i2.pp1864-1874)
- Zhu, J., Xie, N., Cai, Z., Tang, W., & Chen, X. (2023). A comprehensive review of shared mobility for sustainable transportation systems. *International Journal of Sustainable Transportation*, 17(5), 527-551.
[DOI:10.1080/15568318.2022.2054390](https://doi.org/10.1080/15568318.2022.2054390)