

Structural Equation Modeling to Measure Factors Affecting the Implementation of Intelligent Transportation Systems in the City of Ahvaz

Majid Goodarzi¹ , Zahra Soltani² , Hengameh Dalvand³

1. (Corresponding Author) Department of Geography and Urban Planning, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

Email: m.goodarzi@scu.ac.ir

2. Department of Geography and Urban Planning, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

Email: z.soltani@scu.ac.ir

3. Department of Geography and Urban Planning, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

Email: hengamedalvand@gmail.com

Article Info

Article type:

Research Article

Article History:

Received:

7 March 2025

Received in revised form:

5 June 2026

Accepted:

4 July 2026

Available online:

12 August 2026

Keywords:

Intelligent Transportation Systems,
Smart Mobility,
Structural Equation Modeling,
Ahvaz, Urban Transportation.

ABSTRACT

Intelligent Transportation Systems (ITS) represent one of the most significant innovations in urban mobility, leveraging advanced technologies such as Artificial Intelligence (AI) and the Internet of Things (IoT) to enhance traffic management, alleviate congestion, improve road safety, and promote urban sustainability. Nevertheless, conventional transportation systems continue to dominate in many Iranian cities, including Ahvaz, resulting in persistent challenges such as traffic congestion, environmental pollution, and operational inefficiency. This study aims to identify and evaluate the key factors influencing the implementation of Intelligent Transportation Systems in Ahvaz. This study employed a descriptive-analytical methodology, utilizing a structured questionnaire as the primary data collection instrument. The statistical population comprised Ahvaz residents and urban transport stakeholders. Based on Sample Power software, a sample of 300 respondents was selected using random sampling. The validity of the questionnaire was confirmed through expert evaluation, while its reliability was verified utilizing Cronbach's alpha coefficient. Data were analyzed using SPSS and AMOS software through Structural Equation Modeling (SEM). The findings revealed that socio-behavioral, managerial-institutional, policy-regulatory, and technological dimensions exerted significant effects on ITS implementation, with the proposed model explaining 68% of the variance in the dependent variable. Among these dimensions, socio-behavioral ($\beta = 0.86$) and managerial-institutional ($\beta = 0.85$) factors demonstrated the strongest effects, whereas the technological factor ($\beta = 0.38$) exhibited the weakest influence. The results indicate that the successful implementation of ITS in Ahvaz depends not only on the development of technical infrastructure but also on strengthening public trust, enhancing institutional coordination, ensuring sustainable financial resources, and establishing supportive policy and regulatory frameworks.

Cite this article: Goodarzi, M., Soltani, Z., & Dalvand, H. (2026). Structural Equation Modeling to Measure Factors Affecting the Implementation of Intelligent Transportation Systems in the City of Ahvaz. *Geographical Urban Planning Research Quarterly*, 14 (2), 57-73.

<http://doi.org/10.22059/jurbangeo.2026.403146.2111>



© The Author (s)

Publisher: University of Tehran Press

Extended Abstract

Introduction

Intelligent Transportation Systems (ITS) have emerged as one of the fundamental pillars of smart cities by integrating advanced technologies such as Artificial Intelligence (AI), the Internet of Things (IoT), big data analytics, cloud computing, Geographic Information Systems (GIS), and advanced communication networks to enable real-time, intelligent, and integrated transportation management. The implementation of these systems has significantly enhanced transportation network efficiency, reduced travel time, improved traffic safety, lowered energy consumption and environmental emissions, and improved the quality of public transportation services. Consequently, ITS has become one of the most effective strategies for achieving sustainable urban development. Simultaneously, rapid urbanization, increasing private vehicle ownership, growing urban travel demand, and limited transportation infrastructure capacity have rendered conventional traffic management approaches increasingly ineffective, making the adoption of intelligent transportation technologies an urgent necessity.

Although technological advances have created unprecedented opportunities for implementing ITS, international experiences indicate that successful deployment depends on much more than technological infrastructure. Recent studies emphasize that factors such as social acceptance, institutional coordination, managerial capability, regulatory frameworks, sustainable financial resources, and governance capacity are equally critical determinants of successful ITS implementation. Consequently, the focus of contemporary research has shifted from purely technological perspectives toward comprehensive frameworks that simultaneously consider technological, social, institutional, managerial, and policy dimensions.

In Iran, despite the urgent need to modernize urban transportation systems to address severe traffic congestion, air pollution, and excessive energy consumption, transportation management in

many cities continues to rely predominantly on traditional approaches. Ahvaz, one of the largest metropolitan areas in southwestern Iran, faces particularly acute transportation challenges due to rapid population growth, increasing private vehicle ownership, inadequate roadway capacity, severe air pollution, and unique climatic conditions. Despite several initiatives aimed at developing intelligent transportation infrastructure, the full implementation of ITS programs in Ahvaz remains constrained by numerous technical and non-technical barriers.

A review of the existing literature reveals that most previous studies have primarily concentrated on technological and infrastructural aspects of ITS, while relatively few have simultaneously examined the combined effects of technological, socio-behavioral, managerial-institutional, and policy-regulatory factors within a comprehensive analytical framework, particularly in the context of Ahvaz. Therefore, this study aims to identify, analyze, and prioritize the factors influencing the implementation of Intelligent Transportation Systems in Ahvaz. The primary contribution of this research is the development of an integrated Structural Equation Modeling (SEM)-based conceptual framework that simultaneously evaluates the effects of four major dimensions on ITS implementation, thereby providing an evidence-based decision-support framework for urban planners and policymakers responsible for smart transportation development.

Methodology

This research is an applied study employing a descriptive-analytical approach to identify and analyze the determinants of Intelligent Transportation System implementation in the metropolitan city of Ahvaz. The theoretical framework was established on the premise that successful ITS deployment depends not only on technological infrastructure but also on socio-behavioral, managerial-institutional, and policy-regulatory factors. Accordingly, a four-dimensional conceptual model was developed in which technological, socio-behavioral, managerial-institutional, and

policy-regulatory dimensions served as independent variables, while successful ITS implementation constituted the dependent variable.

Data collection was conducted in two stages. Primarily, an extensive review of academic literature, scientific publications, technical reports, and policy papers was undertaken to identify the principal indicators and variables affecting ITS implementation and to construct the theoretical framework. Subsequently, empirical data were collected via a researcher-developed questionnaire consisting of 23 items distributed across the four principal constructs. Responses were measured using a five-point Likert scale ranging from "Strongly Disagree" to "Strongly Agree," allowing respondents' perceptions to be quantitatively assessed regarding ITS implementation factors.

The study population comprised Ahvaz residents, transportation managers, transportation experts, urban planning specialists, and other stakeholders involved in urban transportation management. Purposive and convenience sampling techniques were employed given the absence of a comprehensive sampling frame. A pilot study involving 30 questionnaires was initially conducted to assess item clarity and preliminary reliability. Sample size was subsequently determined using SamplePower software, considering a 95% confidence level and the statistical requirements of Structural Equation Modeling. A final sample of 300 respondents was determined to be adequate for estimating structural relationships and testing the proposed hypotheses.

Content and face validity were evaluated by ten university faculty members and transportation planning experts, whose recommendations were incorporated into the final questionnaire. Instrument reliability was assessed using Cronbach's alpha coefficient, which yielded a value of 0.87, indicating satisfactory internal consistency and high measurement reliability.

Data analysis was performed employing both descriptive and inferential statistical techniques. Preliminary analyses evaluated respondent characteristics and examined

assumptions required for multivariate analysis, including normality, sampling adequacy, and correlation structure. The results of skewness and kurtosis statistics, the Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) measure, and Bartlett's Test of Sphericity confirmed that the dataset was suitable for factor analysis and SEM.

Construct validity was evaluated through Confirmatory Factor Analysis (CFA). Following confirming the measurement model's validity, the structural model was estimated using AMOS software. Model fit was assessed using several goodness-of-fit indices, including CMIN/DF, GFI, AGFI, NFI, CFI, PNFI, PCFI, and RMSEA, all of which demonstrated acceptable model fit. Finally, Structural Equation Modeling was employed to estimate path coefficients, evaluate the influence of each construct on ITS implementation, and determine the explanatory power of the conceptual model.

Results and discussion

Structural Equation Modeling was employed to evaluate the proposed conceptual model and examine the determinants of Intelligent Transportation System implementation in Ahvaz. Confirmatory Factor Analysis demonstrated that all observed indicators exhibited statistically significant factor loadings, while goodness-of-fit indices—including CMIN/DF, GFI, AGFI, NFI, CFI, and RMSEA—fell within recommended thresholds, confirming the validity and reliability of the measurement model.

The structural model revealed that all four dimensions—socio-behavioral, managerial-institutional, policy-regulatory, and technological—exerted statistically significant positive effects on ITS implementation. The coefficient of determination ($R^2 = 0.68$) indicated that the proposed model accounts for 68% of the variance in successful ITS implementation, demonstrating substantial explanatory power. These findings confirm that successful ITS deployment depends on the interaction of technological, managerial, institutional, social, and regulatory factors rather than technological infrastructure alone.

Among the examined dimensions, the socio-behavioral construct exhibited the strongest influence ($\beta = 0.86$). Public trust in intelligent technologies, acceptance of smart services, public awareness, willingness to modify travel behavior, and satisfaction with user experience emerged as the most influential determinants of efficacious ITS implementation. User satisfaction represented the strongest indicator within this construct, highlighting the importance of public engagement, digital literacy, awareness campaigns, and citizen participation alongside technological investment.

The managerial-institutional dimension ranked second ($\beta = 0.85$). Sustainable financial resources, effective management structures, inter-agency coordination, strategic planning, professional capacity building, and monitoring mechanisms were identified as the principal components of this construct. The findings indicated that even advanced technological infrastructure cannot ensure successful ITS implementation without integrated governance and institutional coordination. Consequently, strengthening collaboration among municipalities, traffic police, transportation organizations, and other governmental agencies is essential for sustainable ITS development.

The policy-regulatory dimension also demonstrated a strong positive effect ($\beta = 0.83$). Transparent legislation, comprehensive legal frameworks, supportive governmental policies, data governance regulations, cybersecurity provisions, and privacy protection were identified as critical prerequisites for successful implementation. As smart transportation systems increasingly rely on large-scale data generation and exchange, robust legal and regulatory frameworks become indispensable for improving public trust and reducing implementation risks.

Although the technological dimension exhibited a statistically significant positive effect, it recorded the smallest standardized coefficient ($\beta = 0.38$). This finding does not diminish the importance of technological infrastructure; rather, it indicates that current ITS development in Ahvaz is constrained more by managerial,

institutional, and social barriers than by technological limitations. Investments in communication infrastructure, intelligent traffic management systems, sensors, and data-sharing platforms remain necessary; however, their effectiveness depends largely on complementary institutional, managerial, and social capacities.

Comparison with previous national and international studies demonstrated broad consistency regarding the importance of public trust, technology acceptance, governance capacity, and institutional coordination. Nevertheless, one of the principal contributions of this research is the identification of socio-behavioral and managerial factors as more influential than purely technological considerations, reflecting the realities of many developing cities where governance weaknesses, limited institutional capacity, and insufficient public trust represent more significant barriers than technological deficiencies.

Overall, the findings suggest that sustainable ITS development in Ahvaz requires an integrated strategy combining technological advancement with institutional reform, governance improvement, legal development, sustainable financing, and enhanced public participation.

Conclusion

The results demonstrate that successful Intelligent Transportation System implementation in metropolitan Ahvaz is a multidimensional process requiring the simultaneous interaction of technological, socio-behavioral, managerial-institutional, and policy-regulatory factors. Structural Equation Modeling revealed that the proposed framework accounted for 68% of the variance in ITS implementation, confirming its strong explanatory capability. Consequently, smart transportation development extends far beyond technological infrastructure and requires comprehensive institutional, managerial, social, and legal support.

Among the investigated dimensions, socio-behavioral factors exerted the strongest influence ($\beta = 0.86$), emphasizing the importance of citizens' trust, technology

acceptance, public awareness, and user satisfaction. Managerial-institutional ($\beta = 0.85$) and policy-regulatory ($\beta = 0.83$) dimensions ranked second and third, highlighting the critical roles of integrated governance, organizational coordination, sustainable financing, transparent legislation, and supportive regulatory frameworks. Although the technological dimension demonstrated a significant positive influence, its comparatively minor effect ($\beta = 0.38$) indicates that managerial and social constraints currently outweigh technological restrictions in Ahvaz.

From a theoretical perspective, this study contributes to the ITS literature by proposing an integrated framework that simultaneously incorporates technological, governance, policy, and socio-behavioral dimensions. Practically, the findings suggest that successful ITS implementation requires comprehensive policies integrating digital infrastructure development, institutional capacity building, public awareness enhancement, regulatory reform, sustainable financial mechanisms, and effective inter-organizational coordination. Such an integrated approach can significantly improve the effectiveness of intelligent transportation investments and facilitate sustainable urban mobility and smarter transportation governance in Ahvaz.

Funding

There is no funding support.

Authors' Contribution

Authors contributed equally to the conceptualization and writing of the article. All of the authors approved the content of the manuscript and agreed on all aspects of the work declaration of competing interest none.

Conflict of Interest

Authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

We are grateful to all the scientific consultants of this paper.

مدل‌سازی معادلات ساختاری عوامل مؤثر بر پیاده‌سازی سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند در شهر اهواز

مجید گودرزی^۱ ✉، زهرا سلطانی^۲ , هنگامه دالوند^۳

- ۱- نویسنده مسئول، گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران. رایانامه: m.goodarzi@scu.ac.ir
۲- گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران. رایانامه: z.soltani@scu.ac.ir
۳- گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران. رایانامه: hengamedalvand@gmail.com

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله پژوهشی	سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند (ITS) به‌عنوان یکی از مهم‌ترین نوآوری‌های حوزه تحرک شهری، با بهره‌گیری از فناوری‌هایی مانند هوش مصنوعی و اینترنت اشیاء، نقش مؤثری در بهبود مدیریت ترافیک، کاهش ازدحام، افزایش ایمنی و ارتقای پایداری شهری دارند. با این حال، در بسیاری از شهرهای ایران از جمله اهواز، غلبه سیستم‌های سنتی حمل‌ونقل همچنان موجب بروز مشکلاتی نظیر ترافیک، آلودگی و ناکارآمدی شده است. پژوهش حاضر با هدف شناسایی و سنجش عوامل مؤثر بر پیاده‌سازی سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند در شهر اهواز انجام شد. این پژوهش از نظر روش، توصیفی - تحلیلی است و داده‌های آن از طریق پرسش‌نامه گردآوری شد. جامعه آماری شامل ذی‌نفعان حوزه حمل‌ونقل شهری و شهروندان اهواز بود که بر اساس نرم‌افزار Sample Power، ۳۰۰ نفر به‌عنوان حجم نمونه و به روش تصادفی انتخاب شدند. روایی ابزار با نظر متخصصان و پایایی آن با ضریب آلفای کرونباخ تأیید شد. تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای SPSS و AMOS و مدل‌سازی معادلات ساختاری (SEM) انجام گرفت. نتایج نشان داد ابعاد اجتماعی - رفتاری، مدیریتی - نهادی، سیاستی - مقرراتی و فناوریانه تأثیر معناداری بر پیاده‌سازی ITS دارند و مدل پژوهش ۶۸ درصد از واریانس متغیر وابسته را تبیین می‌کند. در این میان، عوامل اجتماعی - رفتاری (۰/۸۶) و مدیریتی - نهادی (۰/۸۵) بیشترین اثر و عامل فناوریانه (۰/۳۸) کمترین اثر را داشت. یافته‌ها بیانگر آن است که موفقیت استقرار ITS در اهواز، علاوه بر توسعه زیرساخت‌های فنی، مستلزم تقویت اعتماد شهروندان، هماهنگی نهادی، تأمین مالی پایدار و تدوین سیاست‌ها و مقررات حمایتی است.
واژگان کلیدی: سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند، تحرک هوشمند، مدل‌سازی معادلات ساختاری، اهواز، حمل‌ونقل شهری.	

استناد: گودرزی، مجید؛ سلطانی، زهرا و دالوند، هنگامه. (۱۴۰۵). مدل‌سازی معادلات ساختاری عوامل مؤثر بر پیاده‌سازی سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند در شهر اهواز. پژوهش‌های جغرافیای برنامه‌ریزی شهری، ۱۴ (۲)، ۷۳-۵۷.

<http://doi.org/10.22059/jurbangeo.2026.403238.2112>

مقدمه

طی دهه‌های اخیر، گسترش الگوهای توسعه خودرو محور، بسیاری از شهرها را با چالش‌هایی نظیر افزایش ترافیک، آلودگی‌های زیست‌محیطی، مصرف بالای انرژی، نابرابری در دسترسی به خدمات شهری و افت کیفیت زندگی شهروندان مواجه ساخته است. در پاسخ به این چالش‌ها، رویکردهای نوین برنامه‌ریزی شهری با تأکید بر توسعه شهرهای انسان‌محور، دسترس‌پذیر و پایدار، بر توزیع عادلانه خدمات، ارتقای تحرک شهری و کاهش وابستگی به خودروهای شخصی تمرکز یافته‌اند و این رویکردها را از الزامات تحقق توسعه پایدار شهری و عدالت فضایی می‌دانند (ارباب و قربان‌زاده، ۱۴۰۵). هم‌زمان، تحول دیجیتال در مدیریت شهری و توسعه شهرهای هوشمند، بهره‌گیری از فناوری‌هایی همچون هوش مصنوعی، اینترنت اشیا، کلان داده‌ها و سامانه‌های هوشمند را به یکی از ارکان اصلی حکمرانی شهری تبدیل کرده است. این فناوری‌ها با فراهم کردن بستر جمع‌آوری، پردازش و تحلیل بلادرنگ داده‌های شهری، امکان تصمیم‌گیری هوشمند، یکپارچه‌سازی خدمات، افزایش کارایی زیرساخت‌ها و بهبود کیفیت مدیریت شهری را فراهم می‌کنند (گودرزی و میرزایی، ۱۴۰۴). در چنین بستری، سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند^۱ به‌عنوان یکی از مهم‌ترین مؤلفه‌های شهر هوشمند، نقش کلیدی در گذار از نظام‌های سنتی حمل‌ونقل به سامانه‌های هوشمند، پایدار و کارآمد ایفا می‌کنند. این سیستم‌ها با تلفیق فناوری‌هایی نظیر هوش مصنوعی، اینترنت اشیا، دوقلوهای دیجیتال و تحلیل داده‌های بلادرنگ، امکان بهینه‌سازی مدیریت ترافیک، افزایش ایمنی، کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی، ارتقای بهره‌وری شبکه‌های حمل‌ونقل و بهبود کیفیت زندگی شهروندان را فراهم می‌سازند (Li, 2023:329; Reyes et al., 2023:3; Nagappan et al., 2024:2). در واقع، سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند فراتر از یک ابزار صرفاً فنی عمل کرده و از طریق ارائه خدمات شخصی‌سازی شده، هشدارهای ایمنی پیشرفته و پشتیبانی از توسعه وسایل نقلیه خودران، نقش مهمی در ارتقای کیفیت زندگی شهری ایفا می‌کنند. روندهای جهانی نیز نشان می‌دهد که شهرها به‌طور فزاینده‌ای به سمت تحرک هوشمند حرکت می‌کنند تا با بهره‌گیری از فناوری‌های متصل و خودکار، انتشار گازهای گلخانه‌ای را کاهش داده، بهره‌وری انرژی را افزایش دهند و جریان ترافیک را بهینه‌سازی کنند (Goumiri et al., 2023:83). با این حال، موفقیت و اثربخشی این سیستم‌ها تنها به پیشرفت‌های فناوریانه وابسته نیست، بلکه ابعاد اجتماعی، سیاسی و مدیریتی نیز در توسعه و استقرار آن‌ها نقش تعیین‌کننده‌ای دارند. به‌عنوان مثال، پذیرش عمومی وسایل نقلیه خودران و فناوری‌های مبتنی بر ITS تحت تأثیر عواملی نظیر اعتماد به فناوری، ادراک ایمنی و نگرانی‌های مربوط به حریم خصوصی قرار دارد (AL Mansoori et al., 2023:8398). افزون بر این، چارچوب‌های سیاست‌گذاری و مقرراتی می‌توانند زمینه توسعه این فناوری‌ها را تسهیل کرده یا در مقابل، محدودیت‌هایی برای گسترش آن‌ها ایجاد کنند (Stilgoe & Mladenović, 2022:3). در این میان، پیشرفت‌های علمی و فناوریانه، به‌ویژه توسعه فناوری‌های ارتباطی نسل ششم (6G)، چشم‌انداز جدیدی را برای تحول سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند ترسیم کرده است. این فناوری‌ها با فراهم کردن اتصال یکپارچه میان وسایل نقلیه و زیرساخت‌ها و همچنین افزایش ظرفیت پردازش کلان داده‌ها، زمینه ارتقای عملکرد و کارآمدی سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند را فراهم می‌سازند (Mumtaz et al., 2022:9666; Mahrez et al., 2021:6223). با وجود این ظرفیت‌ها، در بسیاری از شهرها همچنان سیستم‌های سنتی حمل‌ونقل غالب هستند و چالش‌های متعددی را به همراه دارند. تراکم شدید ترافیک، افزایش زمان سفر، کاهش بهره‌وری اقتصادی و تشدید آلودگی هوا و صوتی از مهم‌ترین پیامدهای این سیستم‌ها به شمار می‌روند (Heidari et al., 2023:2; Jiao et al., 2022:3).

¹ Intelligent Transportation Systems (ITS)

(Rattanakunuprakarn et al., 2024: 805). علاوه بر این، مصرف بالای انرژی، وابستگی به سوخت های فسیلی، نرخ بالای حوادث رانندگی و ناکارآمدی کلی این سیستم ها، ضرورت گذار به راهکارهای هوشمند و پایدار را بیش از پیش آشکار ساخته است (Mitieka et al., 2023:2; Monteiro et al., 2024:3). اهمیت این تحول با توجه به رشد فزاینده شهرنشینی دوجندان می شود. برآوردها نشان می دهد که تا سال ۲۰۵۰ جمعیت شهری جهان بیش از ۲٫۵ میلیارد نفر افزایش خواهد یافت (Mahrez et al., 2021:6224). در چنین شرایطی، سیستم های سنتی حمل و نقل توان پاسخگویی مؤثر به نیازهای روزافزون جابه جایی را نخواهند داشت و مشکلاتی همچون تراکم ترافیکی، مخاطرات ایمنی و آلودگی های زیست محیطی تشدید خواهد شد. از این رو، بهره گیری از فناوری های هوشمند در مدیریت ترافیک و برنامه ریزی شهری ضرورتی اجتناب ناپذیر به شمار می رود. سیستم های حمل و نقل هوشمند با تکیه بر فناوری های نوین، راهکارهای مؤثری برای بهینه سازی جریان ترافیک، کاهش حوادث رانندگی، ارتقای ایمنی و کاهش پیامدهای زیست محیطی ارائه می کنند و به عنوان یکی از ارکان اصلی توسعه پایدار شهری شناخته می شوند (Dimitrakopoulos & Demestichas, 2010:79).

شهر اهواز به عنوان یکی از کلان شهرهای مهم جنوب غربی ایران، با چالش های متعددی در حوزه حمل و نقل شهری مواجه است. رشد جمعیت، افزایش مالکیت خودروهای شخصی، تمرکز فعالیت های اقتصادی و اداری، گسترش سفرهای درون شهری و محدودیت ظرفیت شبکه معابر، موجب تشدید تراکم ترافیک و کاهش کارایی نظام حمل و نقل شهری شده است. افزون بر این، شرایط اقلیمی خاص، آلودگی هوا و مصرف بالای انرژی، ضرورت بهره گیری از راهکارهای نوین مدیریت حمل و نقل را بیش از پیش آشکار ساخته است. با وجود اهمیت روزافزون سیستم های حمل و نقل هوشمند در ارتقای کارایی شبکه های حمل و نقل شهری، بخش عمده مطالعات پیشین بر جنبه های فناوریانه و زیرساختی این سیستم ها متمرکز بوده اند و کمتر به بررسی هم زمان ابعاد اجتماعی - رفتاری، مدیریتی - نهادی و سیاستی - مقرراتی پرداخته اند. همچنین بررسی ادبیات پژوهش نشان می دهد تاکنون مطالعه ای جامع که با بهره گیری از مدل سازی معادلات ساختاری به سنجش و مقایسه اثر نسبی عوامل مختلف مؤثر بر پیاده سازی سیستم های حمل و نقل هوشمند در شهر اهواز بپردازد، انجام نشده است. از این رو، خلأ موجود در شناخت روابط ساختاری میان عوامل مؤثر بر استقرار حمل و نقل هوشمند، ضرورت انجام پژوهش حاضر را آشکار می سازد؛ بنابراین، مسئله اصلی پژوهش حاضر، شناسایی و تحلیل ساختاری عوامل کلیدی مؤثر بر پیاده سازی سیستم های حمل و نقل هوشمند در اهواز با بهره گیری از مدل سازی معادلات ساختاری است. بر این اساس، پرسش های اصلی پژوهش عبارت اند از:

چه عوامل و ابعادی در پیاده سازی سیستم های حمل و نقل هوشمند در شهر اهواز نقش دارند؟

روابط ساختاری میان ابعاد فناوریانه، مدیریتی - نهادی، اجتماعی - رفتاری و سیاستی - مقرراتی چگونه است؟

کدام یک از ابعاد فوق بیشترین تأثیر را بر پیاده سازی سیستم های حمل و نقل هوشمند در شهر اهواز دارد؟

مطالعات انجام شده در حوزه سیستم های حمل و نقل هوشمند (ITS) را می توان در سه جریان اصلی پژوهشی طبقه بندی کرد که هر یک از زاویه ای متفاوت به تبیین الزامات و عوامل مؤثر بر توسعه این سامانه ها پرداخته اند.

نخستین جریان پژوهشی بر ابعاد فناوریانه، زیرساختی و فنی سیستم های حمل و نقل هوشمند متمرکز است. در این دسته از مطالعات، نقش فناوری های نوظهور، زیرساخت های ارتباطی و الگوریتم های هوشمند در ارتقای کارایی حمل و نقل شهری مورد توجه قرار گرفته است. مانجیراکینا^۱ و همکاران (۲۰۱۷) در مرور جامعی از ادبیات، ناکافی بودن مدل های کمی

موجود برای ارزیابی مزایای ITS را مطرح کردند و بر ضرورت توسعه چارچوب‌های تحلیلی جدید تأکید نمودند. نلسون^۱ (۲۰۲۰) با بهره‌گیری از مدل‌سازی معادلات ساختاری نشان داد که فناوری‌های مرتبط با خودروهای خودران و شبکه‌های هوشمند می‌توانند نقش مهمی در توسعه تحرک پایدار ایفا کنند. همچنین رییس - روبیانو^۲ و همکاران (۲۰۲۱) اهمیت هم‌افزایی میان فناوری اطلاعات و ارتباطات و اهداف پایداری را در سیستم‌های حمل‌ونقل برجسته ساختند. در سال‌های اخیر نیز پژوهش‌هایی نظیر چن^۳ و ژانگ^۴ (۲۰۲۴)، سی^۵ و همکاران (۲۰۲۵)، لیانگ^۶ و همکاران (2024)، شانگ^۷ و همکاران (2025)، لوپز^۸ و همکاران (۲۰۲۵) و ویسکوتی^۹ و همکاران (۲۰۲۵) بر اهمیت زیرساخت‌های ارتباطی نسل جدید، کلان داده‌ها، یادگیری ماشین، شبکه‌های حساس به زمان و سامانه‌های هوشمند مدیریت ترافیک تأکید کرده‌اند. همچنین مطالعات فیاز^{۱۰} و همکاران (2024)، ماگتو^{۱۱} و همکاران (۲۰۲۴) و سی^{۱۲} و همکاران (۲۰۲۵) نشان داده‌اند که فناوری‌های هوشمند می‌توانند در ارتقای ایمنی، تاب‌آوری شهری و بهینه‌سازی الگوهای سفر نقش مؤثری ایفا کنند.

دومین جریان پژوهشی به عوامل مدیریتی، نهادی و حکمرانی اختصاص دارد. این مطالعات بر این فرض استوارند که موفقیت سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند صرفاً به وجود فناوری وابسته نیست، بلکه نیازمند ظرفیت‌های سازمانی، هماهنگی نهادی، تأمین منابع مالی و چارچوب‌های مدیریتی مناسب است. طهماسبی (۲۰۲۲) در مطالعه شهر لوسیل قطر نشان داد که مؤلفه‌هایی نظیر اطلاعات سفر در زمان واقعی، برنامه‌ریزی یکپارچه و کنترل تطبیقی ترافیک از الزامات اصلی توسعه ITS و خدمات تحرک به‌عنوان خدمت (MaaS) هستند. موسا^{۱۳} و همکاران (۲۰۲۳) نیز با تأکید بر اینترنت اشیا و مدیریت پایدار ترافیک، اهمیت یکپارچگی مدیریتی و تصمیم‌گیری مبتنی بر داده را برجسته کردند. علاوه بر این، لوپز - کاریرو^{۱۴} و همکاران (۲۰۲۳) با بررسی پیامدهای اجرای MaaS بر ضرورت اصلاح ساختارهای نهادی، ارتقای آگاهی محیط‌زیستی و ایجاد تحول فرهنگی تأکید نمودند. تورون^{۱۵} (۲۰۲۳)، شی^{۱۶} و گو^{۱۷} (۲۰۲۴) نیز نقش سیاست‌گذاری، برنامه‌ریزی و چارچوب‌های حکمرانی را در موفقیت سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند مورد تأیید قرار داده‌اند.

سومین جریان پژوهشی بر ابعاد اجتماعی، رفتاری و پذیرش عمومی فناوری‌های حمل‌ونقل هوشمند تمرکز دارد. در این رویکرد، شهروندان و کاربران به‌عنوان عامل اصلی موفقیت یا شکست فناوری‌های هوشمند در نظر گرفته می‌شوند. منجون - آنتولین^{۱۸} و کروئز^{۱۹} (۲۰۲۳) با تحلیل داده‌های شهرداری‌های بلژیک نشان دادند که سرمایه انسانی، سرمایه

1Nelson

2Reyes-Rubiano

3Chen

4Zhang

5Si

6Liang

7Shang

8Lopes

9Visconti

10Ayayaz

11Mageto

12Si

13Musa

14Lopez-Carreiro

15Turoń,

16Xie

17Gu

18Manjón-Antolín

19Crutzen

اجتماعی و کیفیت زندگی بیش از مؤلفه‌های صرفاً فناورانه بر موفقیت شهرهای هوشمند اثرگذار هستند. ماولتوا^۱ و همکاران (۲۰۲۳) نیز با تحلیل کتاب‌سنجی پژوهش‌های حوزه حمل‌ونقل هوشمند نتیجه گرفتند که بیشتر مطالعات موجود بر فناوری و مدل‌های کسب‌وکار متمرکز بوده و جنبه‌های رفتاری کمتر مورد توجه قرار گرفته است. در همین راستا، کرمی و همکاران (۲۰۲۴) با استفاده از مدل‌سازی معادلات ساختاری و تحلیل ۸۲۸ پرسش‌نامه نشان دادند که اعتماد، نگرش، سودمندی ادراک‌شده و آگاهی زیست‌محیطی از مهم‌ترین عوامل پذیرش فناوری‌های نوین حمل‌ونقل هستند. همچنین مطالعات مرتبط با خودروهای خودران و سامانه‌های هوشمند حمل‌ونقل بر نقش اعتماد عمومی، ادراک ایمنی و نگرانی‌های مربوط به حریم خصوصی تأکید داشته‌اند. بررسی مجموع مطالعات نشان می‌دهد که هر یک از جریان‌های پژوهشی فوق بخشی از واقعیت پیچیده استقرار سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند را تبیین کرده‌اند. پژوهش‌های فناورانه بیشتر بر زیرساخت‌ها و نوآوری‌های فنی تأکید داشته‌اند، مطالعات نهادی بر حکمرانی و مدیریت متمرکز بوده‌اند و تحقیقات رفتاری نیز پذیرش اجتماعی فناوری را بررسی کرده‌اند. با این حال، خلأ اصلی ادبیات در نبود رویکردی یکپارچه برای سنجش هم‌زمان این ابعاد و تعیین میزان اثرگذاری نسبی هر یک از آن‌ها، به‌ویژه در شهرهای در حال توسعه، مشاهده می‌شود. همچنین بررسی ادبیات نشان می‌دهد تاکنون پژوهشی که با بهره‌گیری از مدل‌سازی معادلات ساختاری، اثر هم‌زمان عوامل فناورانه، مدیریتی - نهادی، اجتماعی - رفتاری و سیاستی - مقرراتی را در شهر اهواز ارزیابی کند، انجام نشده است. از این رو، نوآوری پژوهش حاضر در ارائه یک مدل جامع و یکپارچه برای تبیین روابط ساختاری میان این ابعاد و تعیین وزن نسبی هر یک از عوامل مؤثر بر پیاده‌سازی سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند در کلان‌شهر اهواز است.

مبانی نظری

مفاهیم و رویکردهای حمل‌ونقل هوشمند

حمل‌ونقل هوشمند به ادغام فناوری‌های نوین و راهبردهای مدیریت پیشرفته برای بهبود کارایی و پایداری سیستم‌های حرکتی شهری اطلاق می‌شود. این رویکرد با بهره‌گیری از اینترنت اشیا، تحلیل داده‌های کلان و هوش مصنوعی، به جمع‌آوری داده‌های لحظه‌ای و پیش‌بینی الگوهای ترافیک کمک می‌کند و امکان تصمیم‌گیری دقیق‌تر در مدیریت منابع و بهینه‌سازی مسیرها را فراهم می‌آورد (Bouloukakakis et al., 2023: 1300; Mangiaracina et al., 2017: 40). هدف اصلی این سیستم‌ها، ارتقای کیفیت زندگی شهری از طریق کاهش ازدحام، آلودگی و بهبود دسترسی‌پذیری حمل‌ونقل عمومی است (Mitieka et al., 2023: 2). همچنین، قابلیت دسترسی بیشتر، ارائه اطلاعات در زمان واقعی و توانمندسازی کاربران از جمله مزایای کلیدی این نوع حمل‌ونقل به شمار می‌رود (Lyons, 2018: 5). با وجود مزایا، نگرانی‌هایی درباره وابستگی به شرکت‌های بزرگ فناوری و هم‌سویی آن‌ها با اهداف اجتماعی و زیست‌محیطی مطرح است که نیازمند بررسی و سیاست‌گذاری دقیق‌تر می‌باشد. در چارچوب نظری شهر هوشمند، حمل‌ونقل هوشمند به‌عنوان یکی از مؤلفه‌های کلیدی توسعه شهری پایدار شناخته می‌شود که از طریق ترکیب فناوری‌های پیشرفته، سازوکارهای مدیریتی نوین و مشارکت فعال شهروندان به دنبال ارتقای کارایی و پایداری نظام حمل‌ونقل است (Nikitas et al., 2020: 4). در این زمینه، رویکرد فناورانه بر نقش فناوری‌های اطلاعات و ارتباطات، اینترنت اشیا (IoT)، هوش مصنوعی، رایانش ابری، سامانه‌های مکان محور و کلان داده‌ها در بهبود عملکرد شبکه‌های حمل‌ونقل تأکید دارد. بر اساس این رویکرد، جمع‌آوری و پردازش مستمر داده‌ها از طریق حسگرها و زیرساخت‌های هوشمند امکان پایش لحظه‌ای وضعیت

ترافیک، مدیریت جریان وسایل نقلیه و ارائه خدمات حمل‌ونقل کارآمدتر را فراهم می‌سازد (Mahrez et al, 2021:6225) در کنار بعد فناورانه، رویکرد مدیریتی و حکمرانی بر اهمیت چارچوب‌های نهادی، سیاست‌گذاری عمومی، هماهنگی میان سازمان‌های ذی‌ربط و مدیریت یکپارچه حمل‌ونقل تأکید می‌کند. این رویکرد معتقد است که موفقیت سامانه‌های حمل‌ونقل هوشمند صرفاً به توسعه فناوری وابسته نیست، بلکه نیازمند ساختارهای حکمرانی کارآمد، قوانین و مقررات مناسب، شفافیت در تصمیم‌گیری و همکاری میان بخش‌های دولتی، خصوصی و شهروندان است. از این منظر، حکمرانی هوشمند بستری را فراهم می‌کند که در آن داده‌ها و فناوری‌ها به ابزارهایی برای تصمیم‌سازی و تصمیم‌گیری مؤثر تبدیل شوند (Jnr, 2025:651). رویکرد کاربر محور نیز به‌عنوان یکی از دیدگاه‌های نوین در برنامه‌ریزی حمل‌ونقل، بر نیازها، ترجیحات و تجربیات کاربران تمرکز دارد. در این رویکرد، شهروندان نه تنها دریافت‌کنندگان خدمات بلکه بازیگران اصلی در فرایند طراحی، ارزیابی و بهبود سامانه‌های حمل‌ونقل محسوب می‌شوند. هدف اصلی این دیدگاه، افزایش دسترسی‌پذیری، سهولت استفاده، ایمنی، رضایت کاربران و ارتقای کیفیت تجربه سفر از طریق ارائه خدمات شخصی‌سازی شده و هوشمند است (Zhang et al., 2025). از سوی دیگر، رویکرد پایداری شهری حمل‌ونقل را در ارتباط مستقیم با اهداف توسعه پایدار موردبررسی قرار می‌دهد. این رویکرد بر کاهش مصرف انرژی، کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، کنترل آلودگی هوا، کاهش تراکم ترافیک و استفاده بهینه از منابع تأکید دارد. توسعه حمل‌ونقل عمومی هوشمند، گسترش زیرساخت‌های حمل‌ونقل پاک، ترویج جابه‌جایی غیر موتوری و مدیریت تقاضای سفر از جمله راهبردهایی هستند که در راستای تحقق پایداری شهری موردتوجه قرار می‌گیرند (Putra et al., 2025:3). علاوه بر این، رویکرد داده محور به‌عنوان یکی از مهم‌ترین مبانی نظری شهر هوشمند، بر نقش داده‌ها در فرایند برنامه‌ریزی، مدیریت و تصمیم‌گیری تأکید دارد. در این رویکرد، داده‌های حاصل از حسگرها، سامانه‌های موقعیت‌یاب، دوربین‌های نظارتی، تلفن‌های همراه و سایر منابع اطلاعاتی به‌صورت مستمر جمع‌آوری و تحلیل می‌شوند تا الگوهای رفتاری کاربران، وضعیت ترافیک و نیازهای حمل‌ونقلی شهر شناسایی شود. تحلیل این داده‌ها امکان پیش‌بینی تقاضای سفر، مدیریت هوشمند ترافیک، بهینه‌سازی مسیرها و تخصیص کارآمد منابع را فراهم می‌کند. در واقع، رویکرد داده محور با تبدیل داده‌های خام به دانش کاربردی، زمینه‌ساز تصمیم‌گیری مبتنی بر شواهد و افزایش اثربخشی سیاست‌های حمل‌ونقل شهری می‌شود (Gracias et al, 2023:1722). تعامل میان این رویکردها می‌تواند به شکل‌گیری سامانه‌های حمل‌ونقل هوشمند، پایدار، کارآمد و شهروندمحور منجر شود و نقش مؤثری در ارتقای کیفیت زندگی شهری و تحقق توسعه پایدار ایفا کند.

روش پژوهش

پژوهش حاضر از نظر هدف، کاربردی و از نظر ماهیت و روش، توصیفی - تحلیلی است. داده‌های مورد نیاز تحقیق از دو طریق مطالعات کتابخانه‌ای و پیمایش میدانی گردآوری شدند. در بخش کتابخانه‌ای، مبانی نظری، پیشینه پژوهش و شاخص‌های مؤثر بر پیاده‌سازی سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند از طریق بررسی منابع علمی، مقالات داخلی و خارجی، گزارش‌های تخصصی و مطالعات منتشرشده استخراج گردید. سپس شاخص‌های شناسایی شده در اختیار متخصصان حوزه برنامه‌ریزی شهری و حمل‌ونقل قرار گرفت و پس از اعمال اصلاحات پیشنهادی، حذف موارد تکراری و بازنگری محتوایی، پرسش‌نامه نهایی پژوهش تدوین شد.

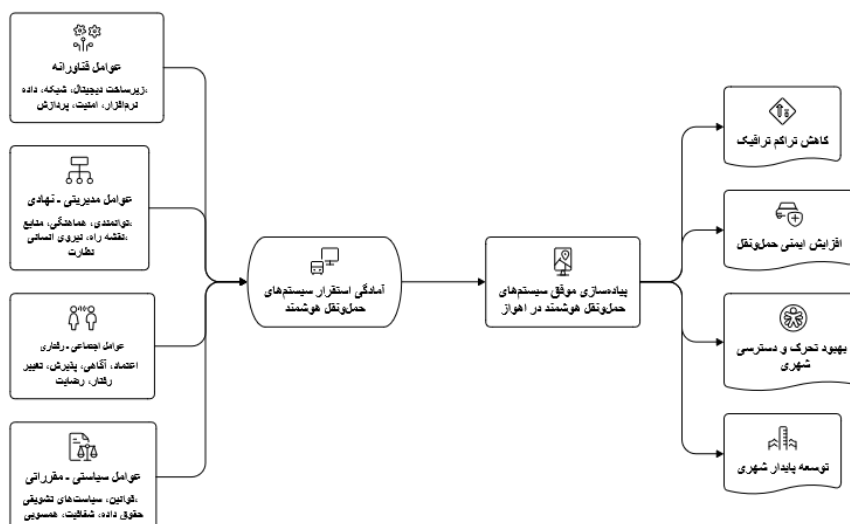
جامعه آماری پژوهش شامل ساکنان شهر اهواز با جمعیت ۱،۱۸۴،۷۸۸ نفر بر اساس آخرین سرشماری رسمی کشور

بود. با توجه به نبود فهرست جامع از کاربران و ذی نفعان سیستم های حمل و نقل شهری و همچنین محدودیت دسترسی به تمامی اعضای جامعه آماری، نمونه گیری به روش هدفمند و در دسترس انجام شد. در این راستا، پرسش نامه ها به صورت حضوری در مراکز پر تردد شهری، ایستگاه های حمل و نقل عمومی، مراکز اداری مرتبط و همچنین در میان کارشناسان و متخصصان حوزه حمل و نقل و برنامه ریزی شهری توزیع گردید. مشارکت کنندگان شامل سه گروه اصلی شهروندان استفاده کننده از خدمات حمل و نقل شهری، کارشناسان شهرداری و متخصصان حوزه حمل و نقل بودند. انتخاب این افراد با هدف گردآوری دیدگاه افرادی صورت گرفت که از آگاهی و شناخت کافی نسبت به وضعیت حمل و نقل شهری و خدمات هوشمند مرتبط برخوردار بودند. به منظور تعیین حجم نمونه، در مرحله نخست تعداد ۳۰ پرسش نامه به صورت پایلوت در میان افراد واجد شرایط توزیع شد. نتایج مطالعه مقدماتی برای بررسی میزان فهم پذیری گویه ها، برآورد پراکندگی پاسخ ها و ارزیابی اولیه پایایی ابزار مورد استفاده قرار گرفت. سپس با استفاده از نرم افزار SamplePower و با در نظر گرفتن سطح اطمینان ۹۵ درصد و توان آماری مناسب برای مدل سازی معادلات ساختاری، حجم نمونه مورد نیاز برآورد شد. تعداد سازه ها و گویه های مدل و به منظور دستیابی به برآوردهای پایدار و قابل اعتماد، حجم نمونه نهایی ۳۰۰ نفر تعیین گردید. ابزار گردآوری داده ها در این پژوهش، پرسش نامه محقق ساخته ای مشتمل بر ۲۳ گویه بود که بر اساس مبانی نظری و یافته های مطالعات پیشین طراحی شد. این پرسش نامه شامل چهار بعد اصلی فناوریانه، مدیریتی - نهادی، اجتماعی - رفتاری و سیاستی - مقرراتی بود. ابعاد فناوریانه، مدیریتی - نهادی و اجتماعی - رفتاری هر یک شامل ۶ گویه و بعد سیاستی - مقرراتی شامل ۵ گویه بود. تمامی گویه ها بر اساس طیف پنج درجه ای لیکرت از کاملاً مخالفم تا کاملاً موافقم تنظیم شدند.

به منظور بررسی روایی ابزار پژوهش، روایی صوری و محتوایی پرسش نامه توسط ۱۰ نفر از اعضای هیئت علمی و کارشناسان حوزه برنامه ریزی شهری و حمل و نقل مورد ارزیابی قرار گرفت و پس از اعمال اصلاحات لازم، مورد تأیید قرار گرفت. همچنین برای سنجش پایایی ابزار از ضریب آلفای کرونباخ استفاده شد که مقدار آن برای کل پرسش نامه برابر با ۰/۸۷۰ به دست آمد و بیانگر پایایی مطلوب ابزار اندازه گیری و انسجام درونی مناسب گویه ها بود.

در این پژوهش، پیاده سازی سیستم های حمل و نقل هوشمند به عنوان سازه اصلی پژوهش در نظر گرفته شد و چهار بعد فناوریانه، مدیریتی - نهادی، اجتماعی - رفتاری و سیاستی - مقرراتی به عنوان متغیرهای تبیین کننده آن مورد بررسی قرار گرفتند. مدل پژوهش فاقد متغیرهای میانجی و تعدیل گر بوده و روابط مستقیم میان ابعاد چهارگانه و سازه اصلی از طریق مدل سازی معادلات ساختاری مورد آزمون قرار گرفت.

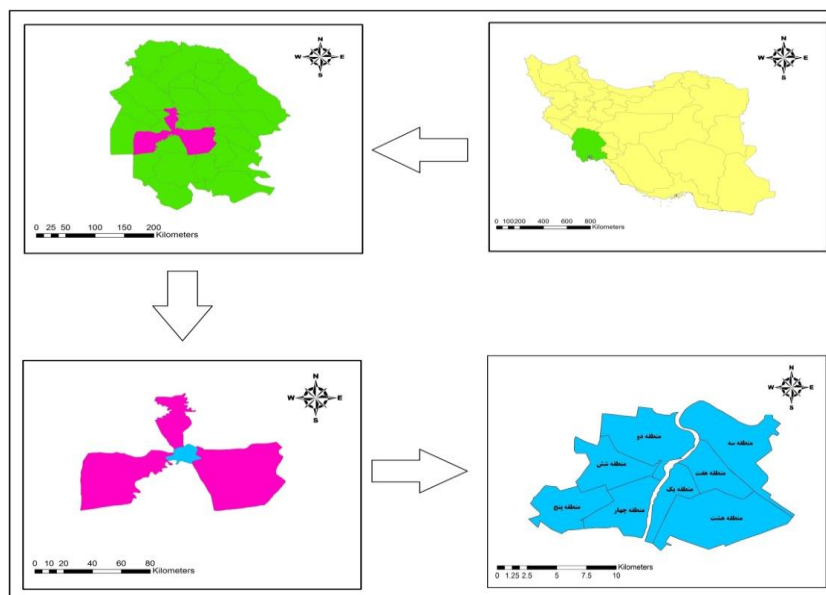
پس از گردآوری داده ها، تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم افزارهای SPSS و AMOS انجام شد. در مرحله نخست، شاخص های آمار توصیفی برای توصیف ویژگی های پاسخ دهندگان و متغیرهای پژوهش محاسبه گردید. سپس به منظور بررسی کیفیت داده ها و احراز پیش فرض های لازم برای تحلیل های چندمتغیره، نرمال بودن توزیع داده ها از طریق شاخص های چولگی و کشیدگی مورد ارزیابی قرار گرفت که نتایج آن نشان دهنده برخورداری داده ها از نرمالیتی قابل قبول بود. همچنین برای ارزیابی کفایت حجم نمونه و مناسب بودن داده ها جهت انجام تحلیل عاملی، از شاخص KMO و آزمون کرویت بارتلت استفاده شد. نتایج نشان داد مقدار KMO در محدوده قابل قبول قرار داشته و آزمون بارتلت نیز در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنادار است؛ بنابراین داده ها برای انجام تحلیل عاملی و مدل سازی معادلات ساختاری مناسب تشخیص داده شدند. در ادامه، از تحلیل عاملی تأییدی برای ارزیابی مدل اندازه گیری و تأیید ساختار عاملی سازه های پژوهش استفاده شد و در نهایت، به منظور آزمون روابط میان متغیرهای پژوهش و شناسایی عوامل مؤثر بر پیاده سازی سیستم های حمل و نقل هوشمند در شهر اهواز، مدل سازی معادلات ساختاری به کار گرفته شد.



شکل ۱. مدل مفهومی تحقیق

۱-۳. معرفی محدوده مورد مطالعه

شهر اهواز، مرکز استان خوزستان، با جمعیتی برابر با ۱,۱۸۴,۷۸۸ نفر (طبق سرشماری ۱۳۹۵) هفتمین شهر پرجمعیت ایران محسوب می‌شود. این شهر در موقعیت جغرافیایی ۳۱ درجه و ۳۰ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۶۵ دقیقه طول شرقی، در بخش جلگه‌ای خوزستان و با ارتفاع ۱۲ متر از سطح دریا قرار دارد (بهوندی و همکاران، ۱۳۹۸: ۳۵۸). در سال ۱۳۹۱، منطقه پنج شهری به شهرستان کارون تبدیل شد و در سال ۱۳۹۵، منطقه چهار شهری به دو منطقه جداگانه تقسیم گردید؛ بنابراین، کلان‌شهر اهواز در حال حاضر شامل هشت منطقه می‌باشد (آروین و پوراحمد، ۱۴۰۱: ۱۹۵).



شکل ۲. موقعیت جغرافیایی شهر اهواز در شهرستان، استان و کشور

یافته‌ها

برای بررسی سنجش عوامل مؤثر بر پیاده‌سازی حمل‌ونقل هوشمند در اهواز برای آزمون روابط میان سازه‌های پژوهش از مدل‌سازی معادلات ساختاری (SEM) استفاده شد. هدف از انجام این کار شناسایی مهم‌ترین متغیرهایی است که در

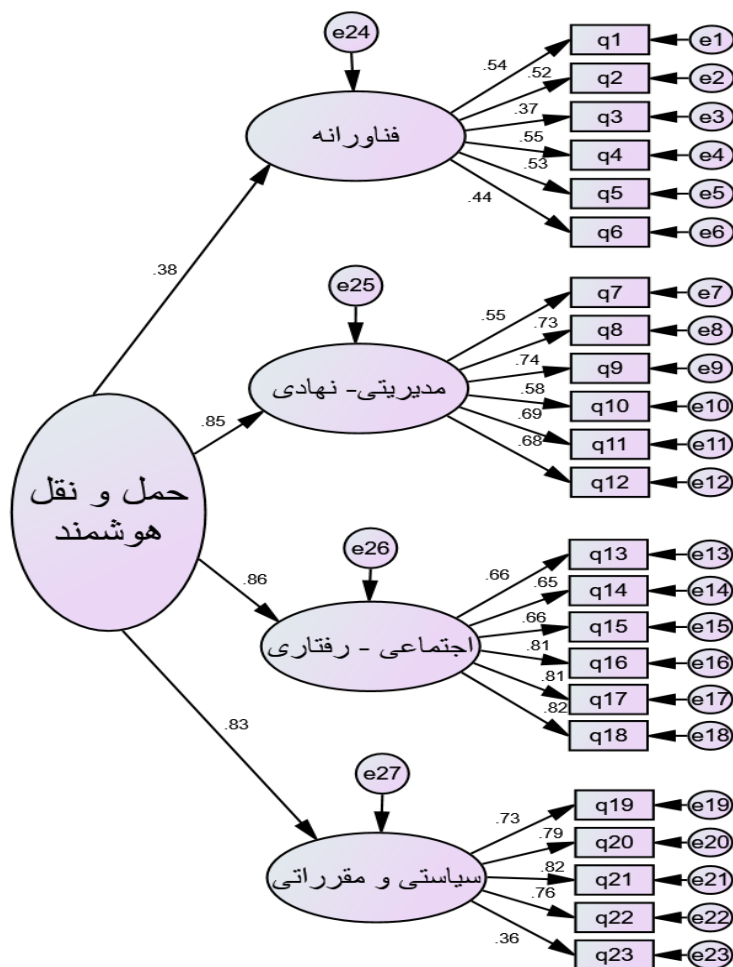
ایجاد روابط بین شاخص اثر دارند؛ بنابراین مبانی تئوریکی پژوهش مدل اندازه گیری مرتبه اول سیستم های حمل و نقل هوشمند بر مبنای چهار عامل پنهان شامل شاخص های فناوریانه، مدیریتی نهادی، اجتماعی - رفتاری، سیاستی - مقرراتی تنظیم شده است. در شکل شماره سه مدل نهایی سنجش عوامل مؤثر بر پیاده سازی حمل و نقل هوشمند در اهواز نشان داده شده است. یافته های حاصل از مدل سازی معادلات ساختاری (SEM) نشان داد که هر چهار بُعد فناوریانه، مدیریتی - نهادی، اجتماعی - رفتاری و سیاستی - مقرراتی اثر معناداری بر پیاده سازی حمل و نقل هوشمند (ITS) در اهواز دارند و مدل نهایی پژوهش ضریب تعیین (R^2) مدل برابر با ۰/۶۸ به دست آمد که نشان می دهد متغیرهای پژوهش توانسته اند حدود ۶۸ درصد از تغییرات سازه پیاده سازی سیستم های حمل و نقل هوشمند را تبیین کنند.

این موضوع بیانگر اعتبار بالای مدل مفهومی و قدرت تبیینی آن است. در میان ابعاد مورد بررسی، عامل اجتماعی - رفتاری با ضریب مسیر ۰/۸۶ بالاترین وزن را به خود اختصاص داد و مهم ترین بُعد مؤثر بر پیاده سازی ITS شناسایی شد. در این بُعد، متغیر «رضایت شهروندان از تجربه کاربری خدمات هوشمند» با ضریب مسیر ۰/۸۲ اثرگذارترین شاخص بود که اهمیت نقش اعتماد عمومی، ادراک مثبت از ایمنی و آگاهی زیست محیطی را در تسهیل پذیرش فناوری های هوشمند نشان می دهد. در رتبه دوم، عامل مدیریتی - نهادی با ضریب مسیر ۰/۸۵ قرار گرفت. در این بخش، «تأمین منابع مالی و بودجه لازم برای ITS» با ضریب مسیر ۰/۷۴ بیشترین اثر را داشت. این یافته حاکی از آن است که انسجام ساختارهای سازمانی، وجود نیروی انسانی متخصص و هماهنگی میان دستگاه های اجرایی از ملزومات اصلی توسعه ITS محسوب می شوند. در بعد مدیریتی - نهادی، گویه های مرتبط با هماهنگی بین سازمانی، مدیریت پروژه های هوشمند سازی و تأمین منابع مالی دارای بیشترین بارهای عاملی بودند که نشان دهنده نقش محوری این مؤلفه ها در پیاده سازی سیستم های حمل و نقل هوشمند است.

عامل سیاستی - مقرراتی با ضریب مسیر ۰/۸۳ در جایگاه بعدی قرار گرفت. وجود چارچوب های قانونی مشخص برای داده های شهری، حریم خصوصی و مسئولیت پذیری، به ویژه شاخص «کفایت چارچوب حقوقی داده ها» با ضریب مسیر ۰/۸۳، اثرگذارترین مؤلفه در این بعد بود. این یافته نشان می دهد که سیاست ها و مقررات می توانند به عنوان یک عامل مهم و اثرگذاری ابعاد مدیریتی و اجتماعی را تقویت کنند.

در نهایت، عامل فناوریانه با ضریب مسیر ۰/۳۸ اگرچه در مدل نهایی اثر معناداری بر پیاده سازی سیستم های حمل و نقل هوشمند داشت، اما شدت اثر آن در مقایسه با ابعاد اجتماعی، مدیریتی و سیاستی کمتر بود. این یافته می تواند بیانگر آن باشد که در شرایط فعلی شهر اهواز، چالش های مدیریتی، نهادی و اجتماعی نسبت به محدودیت های صرفاً فناوریانه نقش تعیین کننده تری در موفقیت پروژه های هوشمند سازی ایفا می کنند. با این حال، شاخص «کفایت زیرساخت های دیجیتال شهر شامل حسگرها، شبکه های ارتباطی و داده ها» با ضریب مسیر ۰/۵۴ همچنان یک مؤلفه حیاتی به شمار می آید. مسیرهای علی مدل نشان دادند که بدون تقویت زیرساخت های فنی، تأثیرگذاری سایر عوامل نیز با محدودیت مواجه خواهد شد.

به طور کلی، نتایج پژوهش نشان می دهد که برای اجرای موفق سامانه های حمل و نقل هوشمند در اهواز، تنها توسعه فناوری و زیرساخت ها کافی نیست. در کنار آن، باید اعتماد و مشارکت شهروندان افزایش یابد، منابع مالی پایدار فراهم شود و قوانین و سیاست های شفاف و مناسبی برای حمایت از این طرح ها تدوین گردد.



شکل ۳. مدل نهایی پیاده‌سازی هوش مصنوعی در اهواز

در جدول شماره دو، مقادیر احتمال (p-value) برای تمامی روابط مدل برابر با صفر گزارش شده است. این نتیجه بیانگر آن است که تمامی پارامترهای برآورد شده در مدل از لحاظ آماری تفاوت معناداری با مقدار صفر دارند. به عبارت دیگر، ضرایب برآورد شده معنادار بوده و روابط میان متغیرها تأیید می‌شوند. سطح معناداری تمامی روابط کمتر از ۰/۰۵ محاسبه شده است که نشان‌دهنده پشتیبانی داده‌های تجربی از مدل پیشنهادی پژوهش می‌باشد. این موضوع دلالت بر آن دارد که نه تنها فرضیات اصلی تحقیق رد نشده‌اند، بلکه شواهد تجربی موجود، اعتبار و کفایت مدل را در تبیین روابط میان متغیرها تقویت می‌کند. به بیان دیگر، نتایج به دست آمده حاکی از آن است که چارچوب مفهومی ارائه شده توانسته است هم‌خوانی مناسبی با داده‌های واقعی نشان دهد و از قابلیت تبیین‌کنندگی بالایی برخوردار است.

جدول ۱. برآورد پارامترهای مدل

شاخص	کد	نام متغیر	تخمین غیراستاندارد	خطای معیار	نسبت بحرانی	سطح معنی‌داری
فناورانه	۱	کفایت زیرساخت‌های دیجیتال شهر (سنسورها، ارتباطات و داده‌ها)	۱/۰۰۰			
	۲	کیفیت نرم‌افزارها و سامانه‌های مدیریت ترافیک موجود	۰/۹۱۹	۰/۱۵۴	۵/۹۶۷	۰/۰۰۰
	۳	یکپارچگی و تبادل داده میان سامانه‌های حمل و نقل.	۰/۷۵۴	۰/۱۵۷	۴/۸۰۳	۰/۰۰۰
	۴	نگرانی از امنیت داده و حریم خصوصی در ITS	۱/۱۳۸	۰/۱۸۵	۶/۱۴۵	۰/۰۰۰

۵	توان پردازش و تحلیل داده های لحظه ای برای تصمیم گیری	۱/۰۸۴	۰/۱۸۰	۶/۰۳۱	۰/۰۰۰
۶	دسترسی و کارایی خدمات اطلاعاتی ترافیک در زمان واقعی	۰/۸۵۰	۰/۱۵۸	۵/۳۷۰	۰/۰۰۰
۷	توانمندی نهادی شهرداری، پلیس و مدیریت ITS در اجرا	۱/۰۰۰			
۸	هماهنگی میان دستگاه های حمل و نقل در تصمیم گیری و اجرا	۱/۴۱۱	۰/۱۵۳	۹/۲۱۴	۰/۰۰۰
۹	تأمین منابع مالی و بودجه لازم برای ITS	۱/۴۱۵	۰/۱۵۳	۹/۲۴۲	۰/۰۰۰
۱۰	وجود نقشه راه یا استراتژی مشخص توسعه ITS در اهواز	۱/۰۰۶	۰/۱۳۷	۷/۹۲۵	۰/۰۰۰
۱۱	فراهم بودن آموزش ها و مهارت های فنی کارکنان ITS	۱/۲۶۳	۰/۱۴۱	۸/۹۳۴	۰/۰۰۰
۱۲	تعریف و اجرای فرآیندهای نظارت و ارزیابی پروژه های ITS	۱/۲۱۱	۰/۱۳۷	۸/۸۳۶	۰/۰۰۰
۱۳	اعتماد شهروندان به مزایای ITS (ایمنی و کاهش تأخیر)	۱/۰۰۰			
۱۴	نگرانی از حریم خصوصی و داده ها در ITS	۱/۰۲۱	۰/۱۰۰	۱۰/۲۵۷	۰/۰۰۰
۱۵	تمایل شهروندان به تغییر رفتار سفر به نفع ITS	۱/۱۲۵	۰/۱۰۸	۱۰/۴۰۴	۰/۰۰۰
۱۶	کفایت اطلاع رسانی و آگاهی عمومی درباره ITS	۱/۳۴۴	۰/۱۰۸	۱۲/۴۰۱	۰/۰۰۰
۱۷	پذیرش روبه رشد فناوری های خودران و اتوماسیون حمل و نقل	۱/۳۸۹	۰/۱۱۲	۱۲/۸۳۶	۰/۰۰۰
۱۸	رضایت شهروندان از تجربه کاربری خدمات هوشمند	۱/۴۲۴	۰/۱۱۴	۱۲/۴۶۴	۰/۰۰۰
۱۹	حمایت قوانین و مقررات از توسعه ITS	۱/۰۰۰			
۲۰	اجرای سیاست های تشویقی برای پروژه های ITS	۱/۰۹۵	۰/۰۸۲	۱۳/۳۰۹	۰/۰۰۰
۲۱	وجود چارچوب حقوقی کافی برای داده ها و مسئولیت پذیری	۱/۱۱۹	۰/۰۸۱	۱۳/۸۲۰	۰/۰۰۰
۲۲	همسویی سیاست های محیط زیستی و شهری با اهداف ITS	۱/۰۰۷	۰/۰۷۸	۱۲/۹۴۹	۰/۰۰۰
۲۳	شفافیت و تسهیل فرایند اخذ مجوز پروژه های ITS	۰/۵۲۷	۰/۰۸۸	۶/۰۱۲	۰/۰۰۰

در جدول شماره سه، نتایج مربوط به ارزیابی مدل تحقیق با استفاده از مجموعه ای از شاخص های برازش مدل های ساختاری ارائه شده است. وجود شاخص های برازش در سطح مطلوب، نشان دهنده انطباق و همخوانی معنادار میان داده های گردآوری شده و مدل مفهومی پژوهش می باشد. نخستین شاخص مورد بررسی، شاخص NPAR است که مقدار آن برابر با ۵۰ گزارش شده است. این نتیجه بیانگر آن است که پژوهشگر در تدوین مدل از درجات آزادی به شکل منطقی استفاده کرده و از اتلاف آن ها پرهیز نموده است؛ از این رو، می توان این وضعیت را قابل قبول دانست. شاخص کای اسکور برابر با ۹۸۸/۶۷۸ و سطح معناداری آن ۰/۰۰۰ به دست آمده است که نشان دهنده برازش مناسب مدل می باشد. از آنجاکه مقدار درجه آزادی به اندازه ای مستقل و از صفر فاصله دارد، می توان تلقی مثبتی نسبت به کفایت مدل داشت. افزون بر این، مقدار کای اسکور نسبی برابر با ۳/۰۰۴ محاسبه شده است که در زمره شاخص های کلیدی برازش بوده و حاکی از وضعیت مطلوب مدل است. از دیگر شاخص های مهم، RMSEA به عنوان شاخص برازش مطلق است که مقدار آن در این مدل برابر با ۰/۰۷۹ می باشد؛ این عدد در دامنه مقبول قرار گرفته و نشان دهنده برازش مناسب مدل است. همچنین مقدار شاخص نیکویی برازش اصلاح شده (AGFI) برابر با ۰/۷۹۵ گزارش شده که اگرچه کمتر از مقدار ایده آل ۹۰/۰ است، اما در کنار سایر شاخص های برازش، نشان دهنده وضعیت قابل قبول مدل در پژوهش حاضر است. در ادامه، مقدار شاخص نرمال شده بنتلر - بونت (NFI) برابر با ۰/۷۹۴ به دست آمده که گرچه اندکی کمتر از سطح ایده آل است، اما همچنان نشان دهنده برازش نسبتاً مطلوب مدل است. همچنین مقدار شاخص برازش هنجار شده مقتصد (PNFI) برابر با ۰/۷۰۹ بوده که حاکی از وضعیت رضایت بخش مدل است. افزون بر این، شاخص های دیگری همچون شاخص احتمال نزدیکی برازندگی (PCLOSE) کمتر از ۰/۰۵ بود که نشان می دهد مدل به سطح برازش بسیار عالی دست نیافته است، اما همچنان از برازش قابل قبول برخوردار است. شاخص برازش تطبیقی مقتصد (PCFI) نیز مقادیر قابل قبول و مطلوبی را نشان داده اند. بر این اساس، می توان نتیجه گرفت که مجموعه شاخص های مورد استفاده، همگی از برازش مناسب و همخوانی مدل ساختاری پژوهش با داده های تجربی حمایت می کنند و ساختار مفهومی استخراج شده از ادبیات پژوهش و

روابط تعریف شده میان ابعاد مؤثر بر پیاده‌سازی سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند در شهر اهواز با داده‌های گردآوری شده سازگاری مناسبی دارد و مدل ساختاری ارائه شده توان تبیین روابط میان متغیرهای پژوهش را داراست. در نتیجه، فرضیات و روابط ساختاری موردبررسی از پشتوانه آماری قابل قبولی برخوردار بوده و مدل نهایی برای تحلیل عوامل مؤثر بر پیاده‌سازی سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند در شهر اهواز تأیید می‌شود.

جدول ۲. وضعیت شاخص‌های نیکویی برازش مدل پژوهش

نام شاخص	علائم اختصاری	پیش فرض	اشباع	مستقل
پارامترهای آزاد شده برای تدوین مدل	NPAP	۵۰	۲۷۶	۲۳
خی دو (کای اسکوتر)	CMIN	۶۷۸/۹۸۸	۰/۰۰۰	۳۲۹۶/۱۳۳
درجه آزادی	DF	۲۲۶	۰	۲۵۳
سطح معناداری	P	۰/۰۰۰		۰/۰۰۰
کای اسکوتر نسبی (بهنجار شده)	CMIN/DF	۳/۰۰۴		
شاخص نیکویی برازش	GFI	۰/۸۳۲	۱/۰۰۰	۰/۳۰۲
شاخص نیکویی برازش اصلاح شده	AGFI	۰/۷۹۵		۰/۲۷۷
شاخص نرمال شده بنتلر بویت	NFI	۰/۷۹۴	۱/۰۰۰	۰/۰۰۰
شاخص برازش تطبیقی	CFI	۰/۸۵۱	۱/۰۰۰	۰/۰۰۰
شاخص برازش هنجار شده مقتصد	PNFI	۰/۷۰۹	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
شاخص برازش تطبیقی مقتصد	PCFI	۰/۷۶۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
ریشه میانگین مربعات خطای برآورد	RMSEA	۰/۰۷۹		۰/۱۹۴
احتمال نزدیکی برازندگی	PCLOSE	۰/۰۰۰		۰/۰۰۰

بحث

نتایج پژوهش نشان داد که عوامل اجتماعی - رفتاری، مدیریتی - نهادی و سیاستی - مقرراتی تأثیر بیشتری بر پیاده‌سازی سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند در شهر اهواز دارند، درحالی‌که عوامل فناورانه اگرچه معنادار هستند، اما از قدرت تبیین کمتری برخوردارند. این یافته با نتایج پژوهش کرمی و همکاران (۲۰۲۴) همسو است که نقش اعتماد عمومی، نگرش مثبت کاربران و آگاهی زیست‌محیطی را در پذیرش فناوری‌های حمل‌ونقل هوشمند برجسته کرده‌اند. همچنین یافته‌های پژوهش حاضر با نتایج طهماسبی (۲۰۲۲) و لویز - کاریرو و همکاران (۲۰۲۳) مبنی بر اهمیت ظرفیت‌های مدیریتی، هماهنگی نهادی و چارچوب‌های سیاستی در توسعه سامانه‌های هوشمند حمل‌ونقل همخوانی دارد. بالاین حال، یکی از یافته‌های قابل توجه پژوهش حاضر، پایین تر بودن اهمیت نسبی عوامل فناورانه در مقایسه با سایر ابعاد است. این نتیجه با بخشی از مطالعات بین‌المللی که فناوری را مهم‌ترین محرک توسعه ITS معرفی کرده‌اند تفاوت دارد. به نظر می‌رسد در شهر اهواز، چالش‌های مدیریتی، نهادی، اجتماعی و مقرراتی در حال حاضر محدودیت بیشتری نسبت به کمبودهای صرفاً فناورانه ایجاد می‌کنند؛ بنابراین، حتی در صورت توسعه زیرساخت‌های فنی، بدون اصلاح سازوکارهای مدیریتی، افزایش اعتماد عمومی و تقویت حمایت‌های سیاستی، تحقق کامل اهداف سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند با دشواری مواجه خواهد بود.

پژوهش حاضر نیز همانند سایر مطالعات با محدودیت‌هایی مواجه بوده است. نخست، داده‌های پژوهش بر اساس ادراک و دیدگاه پاسخ‌دهندگان گردآوری شده و ممکن است تحت تأثیر برداشت‌های فردی قرار گرفته باشد. دوم، مطالعه حاضر به شهر اهواز محدود بوده و تعمیم نتایج به سایر شهرها باید با احتیاط انجام شود. سوم، پژوهش از رویکرد مقطعی استفاده

کرده است، بنابراین تغییرات زمانی و تحولات آتی در زمینه توسعه سیستم های حمل و نقل هوشمند در آن منعکس نشده است.

نتیجه گیری

نتایج مدلیابی معادلات ساختاری نشان داد که پیاده سازی موفق سیستم های حمل و نقل هوشمند تحت تأثیر مجموعه ای از عوامل فناورانه، مدیریتی - نهادی، اجتماعی - رفتاری و سیاستی - مقرراتی قرار دارد و این عوامل به صورت مستقل و در تعامل با یکدیگر بر موفقیت استقرار این سامانه ها اثر می گذارند. یافته های پژوهش بیانگر آن است که ابعادی که دارای ضرایب مسیر بالاتری هستند، نقش تعیین کننده تری در فرایند پیاده سازی سیستم های حمل و نقل هوشمند ایفا می کنند؛ از این رو تمرکز صرف بر توسعه فناوری و تجهیزات بدون توجه به الزامات مدیریتی، نهادی و اجتماعی نمی تواند به استقرار موفق این سامانه ها منجر شود. در سطح عمومی، نتایج پژوهش نشان می دهد که توسعه سیستم های حمل و نقل هوشمند مستلزم اتخاذ رویکردی یکپارچه است که در آن زیرساخت های فناورانه، ظرفیت های مدیریتی، حمایت های قانونی و میزان پذیرش اجتماعی به صورت هم زمان مورد توجه قرار گیرند.

در سطح اختصاصی، نتایج پژوهش حاکی از آن است که شهر اهواز برای توسعه مؤثر سیستم های حمل و نقل هوشمند علاوه بر تقویت زیرساخت های فنی و ارتباطی، نیازمند ارتقای هماهنگی میان سازمان های متولی حمل و نقل شهری، تدوین چارچوب های قانونی و اجرایی مناسب، تأمین منابع مالی پایدار و افزایش آگاهی و پذیرش عمومی شهروندان نسبت به خدمات هوشمند است. شرایط خاص اهواز از جمله رشد جمعیت شهری، افزایش تقاضای سفرهای درون شهری، ترافیک معابر اصلی و ضرورت ارتقای کیفیت خدمات حمل و نقل عمومی، اهمیت بهره گیری از راهکارهای هوشمند را دوچندان می سازد. در نهایت پیشنهاد می شود در پژوهش های آینده، عوامل مؤثر بر پیاده سازی سیستم های حمل و نقل هوشمند در شهرهای مختلف کشور به صورت مقایسه ای بررسی شود. همچنین استفاده از داده های طولی و مشارکت بیشتر مدیران اجرایی و تصمیم گیران حوزه حمل و نقل می تواند به درک دقیق تر روابط میان متغیرها کمک کند.

در بخش پایانی، پیشنهادها بر اساس گویه هایی که بیشترین ضریب مسیر را نشان می دهند ارائه گردیده اند:

- تقویت تجربه کاربری و ارتقای کیفیت خدمات هوشمند شهری به گونه ای که اعتماد و رضایت شهروندان جلب شود.
- استفاده از مشوق های اجتماعی و فرهنگی (مانند تخفیف خدمات یا امتیازات ویژه) برای تغییر رفتار سفر به نفع سیستم های هوشمند.

- ایجاد یک نهاد هماهنگ کننده مرکزی برای نظارت، سیاست گذاری و اجرای پروژه های سیستم های حمل و نقل هوشمند در اهواز.

- تأمین منابع مالی پایدار از طریق بودجه های دولتی، سرمایه گذاری بخش خصوصی و مدل های مشارکت عمومی - خصوصی.

- آموزش و توانمندسازی نیروی انسانی متخصص برای مدیریت و بهره برداری از فناوری های حمل و نقل هوشمند.

- تدوین نقشه راه راهبردی با اهداف کوتاه مدت، میان مدت و بلندمدت برای توسعه سیستم های حمل و نقل هوشمند.

- تدوین و اصلاح قوانین مرتبط با حریم خصوصی داده ها، امنیت سایبری و مسئولیت پذیری در سیستم های حمل و نقل هوشمند.

– ایجاد سیاست‌های تشویقی (مانند معافیت‌های مالیاتی یا یارانه‌های هوشمند) برای تسهیل سرمایه‌گذاری در این حوزه.

– هم‌سویی سیاست‌های شهری و زیست‌محیطی با اهداف سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند برای حمایت از توسعه پایدار.

حامی مالی

این اثر حامی مالی نداشته است.

سهم نویسندگان در پژوهش

نویسندگان در تمام مراحل و بخش‌های انجام پژوهش سهم برابر داشتند.

تضاد منافع

نویسندگان اعلام می‌دارند که هیچ تضاد منافی در رابطه با نویسندگی و یا انتشار این مقاله ندارند.

تقدیر و تشکر

نویسندگان از همه کسانی که در انجام این پژوهش به ما یاری رساندند، به‌ویژه کسانی که کار ارزیابی کیفیت مقالات را انجام دادند، تشکر و قدردانی می‌نمایند.

منابع

- آروین، محمود و پوراحمد، احمد. (۱۳۹۵). ارزیابی کیفیت محیط مسکونی با استفاده از تکنیک دیتمل و روش فازی (نمونه موردی: شهر اهواز). *فصلنامه آمایش محیط*، ۴۴، ۱-۲۰.
- ارباب، پارسا و قربانزاده، شقایق. (۱۴۰۵). تحلیل کاربست مدل شهر چنددقیقه‌ای در توسعه شهری مطالعه موردی: منطقه ۲۲ شهر تهران. *پژوهش‌های جغرافیای برنامه‌ریزی شهری*، ۱۴(۱)، ۲۰-۱. doi: 10.22059/jurbangeo.2026.405688.2130
- بهوندی، سارا؛ ارغان، عباس؛ زندهمقدم، محمدرضا و کرکه آبادی، زینب. (۱۴۰۱). بررسی اثرگذاری ریزگردها بر اقتصاد شهر اهواز. *نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، ۶۷، ۳۷۴-۳۵۱. doi: 10.52547/jgs.22.67.351
- گودرزی، مجید و میرزایی، علی. (۱۴۰۴). هوش مصنوعی برای خودمختاری شهری؛ به سمت شهر خودمختار اراک. *پژوهش‌های جغرافیایی برنامه‌ریزی شهری*، ۱۳(۲)، ۱۷-۱. doi: 10.22059/jurbangeo.2024.383661.2000

References

- Al Mansoori, S., Al-Emran, M., & Shaalan, K. (2024). Factors affecting autonomous vehicles adoption: A systematic review, proposed framework, and future roadmap. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 40(24), 8397-8418. <https://doi.org/10.1080/10447318.2023.2286089>
- Anthony Jnr, B. (2025). Sustainable mobility governance in smart cities for urban policy development: A scoping review and conceptual model. *Smart and Sustainable Built Environment*, 14(3), 649-671.
- Arbab, P., & Ghorbanzadeh, S. (2026). Analyzing the application of the X-minute city model in urban development: A case study of District 22, Tehran city. *Geographical Urban Planning Research*, 14(1), 1-20. <https://doi.org/10.22059/jurbangeo.2026.405688.2130> [In Persian]
- Arvin, M., & Pourahmad, A. (2016). Assessing the quality of the residential environment using the DEMATEL technique and the fuzzy method (Case example: Ahvaz city). *Environmental Research Quarterly*, 44, 1-20. [In Persian]

- Behvandi, S., Arghan, A., Zendemoqadam, M. R., & Karkeh Abadi, Z. (2022). The impact of dust storms on the economy of Ahvaz city. *Journal of Applied Geographic Research*, 67, 351-374. [In Persian]
- Bouloukakakis, G., Zeginis, C., Papadakis, N., Magoutis, K., Christodoulou, G., Kosyfaki, C., ... & Mamoulis, N. (2023). SmartCityBus: A platform for smart transportation systems. In *Proceedings of the Sixteenth ACM International Conference on Web Search and Data Mining* (pp. 1299-1300). <https://doi.org/10.1145/3539597.3575781>
- Chen, G., & Wan Zhang, J. (2024). Intelligent transportation systems: Machine learning approaches for urban mobility in smart cities. *Sustainable Cities and Society*, 107, 105369. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2024.105369>
- Dimitrakopoulos, G., & Demestichas, P. (2010). Intelligent transportation systems. *IEEE Vehicular Technology Magazine*, 5(1), 77-84. <https://doi.org/10.1109/MVT.2009.935537>
- Fayyaz, M., Fusco, G., Colombaroni, C., González-González, E., & Nogués, S. (2024). Optimizing smart city street design with interval-fuzzy multi-criteria decision making and game theory for autonomous vehicles and cyclists. *Smart Cities*, 7(6), 3936-3961. <https://doi.org/10.3390/smartcities7060152>
- Goodarzi, M., & Mirzaei, A. (2025). Artificial intelligence for urban autonomy: To the autonomous city of Arak. *Geographical Urban Planning Research*, 13(2), 1-17. <https://doi.org/10.22059/jurbangeo.2024.383661.2000> [In Persian]
- Goumri, S., Yahiaoui, S., & Djahel, S. (2025). Smart mobility in smart cities: Emerging challenges, recent advances and future directions. *Journal of Intelligent Transportation Systems*, 29(1), 81-117. <https://doi.org/10.1080/15472450.2023.2245750>
- Gracias, J. S., Parnell, G. S., Specking, E., Pohl, E. A., & Buchanan, R. (2023). Smart cities: A structured literature review. *Smart Cities*, 6(4), 1719-1743.
- Heidari, I., Eshlaghy, A. T., & Hoseini, S. M. S. (2023). Sustainable transportation: Definitions, dimensions, and indicators - Case study of importance-performance analysis for the city of Tehran. *Heliyon*, 9(10). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e20457>
- Jiao, L., Wu, F., Luo, F., Zhang, Y., & Huo, X. (2022). Energy and environmental efficiency evaluation of transportation systems in China's 255 cities. *Frontiers in Environmental Science*, 10, 950562. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.950562>
- Karami, H., Abbasi, M., Samadzad, M., & Karami, A. (2024). Unraveling behavioral factors influencing the adoption of urban air mobility from the end user's perspective in Tehran: A developing country outlook. *Transport Policy*, 145, 74-84. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2023.10.010>
- Li, H., Hao, Y., Xie, C., Han, Y., & Wang, Z. R. (2023). Emerging technologies and policies for carbon-neutral transportation. *International Journal of Transportation Science and Technology*, 12(1), 329-334. <https://doi.org/10.1016/j.ijtst.2022.09.002>
- Liang, Y., You, J., Wang, R., Qin, B., & Han, S. (2024). Urban transportation data research overview: A bibliometric analysis based on CiteSpace. *Sustainability*, 16(22), 9615. <https://doi.org/10.3390/su16229615>
- Lin, Y. (2023). Models, algorithms and applications of DynasTIM real-time traffic simulation system. *Sustainability*, 15(2), 1707. <https://doi.org/10.3390/su15021707>
- Lopes, R. E., Raposo, D., Martins, R., & Sargento, S. (2025). Time-sensitive smart cities: Addressing smart city challenges with TSN. *IEEE Access*. <https://doi.org/10.1109/access.2025.3528257>
- Lopez-Carreiro, I., Monzon, A., & Lopez, E. (2023). MaaS implications in the smart city: A multi-stakeholder approach. *Sustainability*, 15(14), 10832. <https://doi.org/10.3390/su151410832>
- Lyons, G. (2018). Getting smart about urban mobility: Aligning the paradigms of smart and sustainable. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 115, 4-14. <https://doi.org/10.1016/j.TRA.2016.12.001>
- Mageto, J., Twinomurinzi, H., Luke, R., Mhlongo, S., Bwalya, K., & Bvuma, S. (2024). Building resilience into smart mobility for urban cities: An emerging economy perspective. *International Journal of Production Research*, 62(15), 5556-5573. <https://doi.org/10.1080/00207543.2022.2139866>
- Mahrez, Z., Sabir, E., Badidi, E., Saad, W., & Sadik, M. (2021). Smart urban mobility: When mobility systems meet smart data. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 23(7), 6222-6239. <https://doi.org/10.1109/tits.2021.3084907>

- Mangiaracina, R., Perego, A., Salvadori, G., & Tumino, A. (2017). A comprehensive view of intelligent transport systems for urban smart mobility. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 20(1), 39-52. <https://doi.org/10.1080/13675567.2016.1241220>
- Manjón-Antolín, M., & Crutzen, N. (2023). Smart city factors targeted by local governments: Evidence from Belgian municipalities. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 71, 7566-7585. <https://doi.org/10.1109/tem.2023.3285953>
- Mavlutova, I., Atstaja, D., Grasis, J., Kuzmina, J., Uvarova, I., & Roga, D. (2023). Urban transportation concept and sustainable urban mobility in smart cities: A review. *Energies*, 16(8), 3585. <https://doi.org/10.3390/en16083585>
- Mitieka, D., Luke, R., Twinomurinzi, H., & Mageto, J. (2023). Smart mobility in urban areas: A bibliometric review and research agenda. *Sustainability*, 15(8), 6754. <https://doi.org/10.3390/su15086754>
- Monteiro, J., Sousa, N., Coutinho-Rodrigues, J., & Natividade-Jesus, E. (2024). Challenges ahead for sustainable cities: An urban form and transport system review. *Energies*, 17(2), 409. <https://doi.org/10.3390/en17020409>
- Mumtaz, S., Ashraf, M. I., Menon, V. G., Abbas, T., & Al-Dulaimi, A. (2022). Guest editorial: Intelligent autonomous transportation system with 6G—II. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 23(7), 9665-9667. <https://doi.org/10.1109/tits.2022.3185391>
- 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>
- Nagappan, G., Maheswari, K. G., & Siva, C. (2024). Enhancing intelligent transport systems: A cutting-edge framework for context-aware service management with hybrid deep learning. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 135, 102979. <https://doi.org/10.1016/j.simpat.2024.102979>
- Nelson, A. (2020). Smart transportation systems: Sustainable mobilities, autonomous vehicle decision-making algorithms, and networked driverless technologies. *Contemporary Readings in Law and Social Justice*, 12(2), 25-33.
- Nikitas, A., Michalakopoulou, K., Njoya, E. T., & Karampatzakis, D. (2020). Artificial intelligence, transport and the smart city: Definitions and dimensions of a new mobility era. *Sustainability*, 12(7), 2789.
- Putra, A. A., Makmur, M., Takdir, R. A., Wibowo, A. H., Ladianto, A. J., Wulandari, N. R., & Nugraha, F. W. (2025). Towards a sustainable city: Strategic approach to smart city development. *Future Cities and Environment*, 11.
- Rattanakunuprakarn, S., Jin, M., Sussman, M., & Felix, P. (2024). Comparative evaluation of highways and railroads using life-cycle benefit-cost analysis. *International Journal of Sustainable Transportation*, 18(10), 803-826. <https://doi.org/10.1080/15568318.2024.2411588>
- Reyes, G., Tolozano-Benites, R., Lanzarini, L., Estrebou, C., Bariviera, A. F., & Barzola-Monteses, J. (2023). Methodology for the identification of vehicle congestion based on dynamic clustering. *Sustainability*, 15(24), 16575. <https://doi.org/10.3390/su152416575>
- Reyes-Rubiano, L., Serrano-Hernandez, A., Montoya-Torres, J. R., & Faulin, J. (2021). The sustainability dimensions in intelligent urban transportation: A paradigm for smart cities. *Sustainability*, 13(19), 10653. <https://doi.org/10.3390/SU131910653>
- Shang, J., Meng, S., Hou, J., Zhao, X., Zhou, X., Jiang, R., & Li, Q. (2025). Graph-based cooperation multi-agent reinforcement learning for intelligent traffic signal control. *IEEE Internet of Things Journal*. <https://doi.org/10.1109/ijot.2025.3525640>
- Si, R., Lin, Y., Yang, D., & Guo, Q. (2025). Interpretable machine learning insights into the factors influencing residents' travel distance distribution. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 14(1), 39. <https://doi.org/10.3390/ijgi14010039>
- Stilgoe, J., & Mladenović, M. (2022). The politics of autonomous vehicles. *Humanities and Social Sciences Communications*, 9(1), 1-6. <https://doi.org/10.1057/s41599-022-01463-3>
- Tahmasseby, S. (2022). The implementation of smart mobility for smart cities: A case study in Qatar. *Civil Engineering Journal*, 8(10), 2154-2171. <https://doi.org/10.28991/cej-2022-08-10-09>

- Turoń, K. (2023). Car-sharing systems in smart cities: A review of the most important issues related to the functioning of the systems in light of the scientific research. *Smart Cities*, 6(2), 796-808. <https://doi.org/10.3390/smartcities6020038>
- Visconti, P., Rausa, G., Del-Valle-Soto, C., Velázquez, R., Cafagna, D., & De Fazio, R. (2025). Innovative driver monitoring systems and on-board-vehicle devices in a smart-road scenario based on the internet of vehicle paradigm: A literature and commercial solutions overview. *Sensors*, 25(2), 562. <https://doi.org/10.3390/s25020562>
- Xie, X., & Gu, L. (2024). A comparative study on smart transportation policies of Beijing and Shanghai based on three-dimensional framework. *Journal of Urban Affairs*, 1-26. <https://doi.org/10.1080/07352166.2024.2311160>
- Zhang, W., Guo, B., Zhao, W., He, Y., & Wang, X. (2025). Making smart cities human-centric: A framework for dynamic resident demand identification and forecasting. *Sustainability*, 17(21), 9423.