

Structural analysis of urban sustainable transportation policies for the future livability of Tehran

Navid Ahangari ¹ and Asma Yavari ²

1- Department of Geography and Urban Planning, Faculty of Geography, Kharazmi University, Tehran, Iran

2- Department of Urbanization, Faculty of Engineering, Kish International Campus, Tehran South Branch, Tehran, Iran.

ARTICLE INFO

Article type:

Research Article

Received:

2025/02/28

Accepted:

2025/04/14

pp:

39- 55

Keywords:

Structural Analysis,
Sustainable
Transportation,
Transportation Policy
and Planning,
Urban Livability,
MICMAC,
Tehran.

ABSTRACT

Urban planning and transportation significantly influence the sustainability and livability of cities, shaping the quality of life for urban residents. This study aims to structurally analyze urban sustainable transportation policies to enhance the future livability of Tehran, employing a future studies approach. The research methodology is applied in purpose and descriptive-analytical in nature. Data collection relied on library research, documentation, surveys, and the Delphi method. The statistical population comprised experts in urban studies, with a purposive sample of 70 respondents selected using the snowball sampling method. For data analysis, the MICMAC (Matrix of Cross-Impact Multiplications Applied to a Classification) method was employed to assess, rank, and categorize indicators, while Scenario Wizard was utilized to develop final scenarios. The results revealed that indicators such as reducing air pollutant emissions, enhancing equity in access to public transportation, and increasing the use of shared and eco-friendly transportation modes exert the greatest influence on other indicators. Direct and indirect impact analysis highlighted the pivotal role of reducing emissions and developing digital transportation services in improving environmental quality. Additionally, scenario analysis indicated a positive interplay of indicators in the optimistic scenario, while poor management was evident in the pessimistic scenario. Thus, the findings underscore the critical role of foresight in shaping sustainable transportation policies and offer strategic insights for policymakers to improve sustainable transportation and urban livability in Tehran



Citation: Ahangari, N., & Yavari, A. (2025). Structural analysis of urban sustainable transportation policies for the future livability of Tehran. *Journal of Geography and Regional Future Studies*, 3(1), 39-55.



© Authors retain the copyright and full publishing rights. **Publisher:** Urmia University.

DOI: <https://doi.org/10.30466/grfs.2025.56019.1093>

DOR: <https://dorl.net/dor/20.1001.1.2981118.1404.3.1.3.1>

¹ **Corresponding author:** Navid Ahangari, **Email:** std_navid.ahangari@alumni.khu.ac.ir, **Tell:** +989128452186

Extended Abstract

Introduction

The concept of sustainable development, which has become a fundamental issue for urban planners and policymakers since the Brundtland Report in 1987, is directly linked to transportation through its three main dimensions—environmental, social, and economic—and given that the excessive use of cars and its unsustainable impacts have emerged as a major concern in the realm of sustainability, while the process of urbanization has exacerbated this dependency, effective transportation management utilizing smart technologies and the development of public transit systems is deemed crucial to break this vicious cycle and achieve sustainable development. Transportation, which on one hand provides the necessary infrastructure for moving passengers and goods and plays a pivotal role in the economic health, productivity, and livability of urban areas, on the other hand imposes significant costs on society and the environment by generating negative externalities such as traffic, noise and air pollution, accidents, and reduced social cohesion; thus, sustainable policymaking focused on reducing pollutants and enhancing access to public transportation, grounded in comprehensive foresight analyses, can not only mitigate these adverse effects but also enhance quality of life and urban livability. Tehran, with a population of over 8.6 million and a density of 119 people per hectare, producing 18.6 million daily trips, faces severe transportation challenges and air pollution crises, necessitating a fundamental overhaul of its urban transportation system through sustainable and forward-looking approaches to reduce negative impacts and foster livability; accordingly, this study aims to identify, formulate, and prioritize sustainable urban transportation policies, offering scenarios and strategies for Tehran's livable future.

Methodology

This research is based on a future-study approach, is applied in its objective, and descriptive-analytical in nature, utilizing library-based, documentary, and survey methods through the Delphi technique; the statistical population consists of experts (urban

managers, geographers, planners, transportation engineers, policymakers, ecologists, economists, and sociologists), from which 70 individuals were selected using purposive and snowball sampling, with selection criteria including theoretical mastery, practical experience, and willingness to participate. Initially, 20 components were identified, which were reduced to 16 effective components after expert review, followed by the selection of 64 indicators analyzed through a semi-structured questionnaire and a cross-impact matrix, where experts were asked to score variables based on their influence and susceptibility on a scale from 0 to 3, with "0" indicating no impact, "1" denoting weak impact, "2" signifying moderate impact, "3" representing strong impact, and "P" indicating potential impact; subsequently, Micmac software and Scenario Wizard were used to develop scenarios and extract key indicators for modeling sustainable urban transportation policies for Tehran.

Results and discussion

The analysis of the direct impact matrix reveals that among the 16 factors examined across two iterations, 59 relationships were identified as having no impact (zero), 48 with low impact, 57 with moderate impact, and 60 with high impact, and with a fill rate of 76.95%. These findings indicate a highly complex and influential system where most relationships between factors exhibit significant impacts, while the influence-dependency analysis demonstrates that in the first iteration, the indicators had an influence rate of 92% and a dependency rate of 102%, reflecting strong interactions and mutual effects among them, and in the second iteration, these figures stabilized at 100% influence and 95% dependency, signifying the consolidation of relationships and the model's readiness to identify key drivers for the structural analysis of sustainable transportation policies aimed at achieving a livable future for Tehran; furthermore, the direct influence-dependency chart classifies the indicators into four zones: the drivers' zone, including factors such as reducing air pollutants, enhancing equity in public transportation access, and increasing the use of shared and clean transportation, which exhibit high influence and low dependency,

playing a pivotal role in steering the system, the independent variables zone, encompassing the integration of multimodal transportation with low influence and dependency, having minimal impact on the system, the balanced indicators zone, including improved accessibility for disadvantaged groups and widespread renewable energy use, with moderate levels of influence and dependency, serving an intermediary role in the system, and the dependent and autonomous variables zone, comprising factors like improving public transportation affordability and increasing road safety, which respectively show high dependency with low influence or low influence and dependency, either being shaped by drivers or operating independently.

Conclusion

Sustainable transportation is recognized as one of the vital pillars in urban planning, significantly improving the quality of life, reducing pollution, enhancing resilience, and ultimately increasing urban livability. Given the rapid population growth, rising traffic, and air pollution challenges in Tehran, the need for developing sustainable transportation systems is more urgent than ever. This study, employing a future studies approach, aims to structurally analyze urban sustainable transportation policies and assess their impact on the future livability of Tehran. The results indicate that sustainable transportation policies can directly improve environmental conditions, reduce fuel consumption, alleviate traffic congestion, and increase equitable access to public transportation. Reducing air pollutants, particularly in large cities, is a primary priority in sustainable transportation development, which can be achieved through the use of new technologies and policies aimed at pollutant reduction. Furthermore, expanding public

transportation systems, especially in peripheral areas, can help reduce traffic congestion, air pollution, and improve living conditions in low-income areas while promoting social equity in access to public transportation. The use of shared and clean transportation systems is another key finding that can contribute to reducing traffic and pollutant emissions while improving environmental conditions. Additionally, institutional coordination and the establishment of appropriate legal frameworks for implementing sustainable transportation policies are crucial. Without these coordination efforts and regulations, the successful implementation of policies in Tehran will face significant challenges. This study emphasizes the importance of future studies in the development of sustainable transportation policies, and based on its findings, the use of new technologies, shared and clean transportation, and institutional coordination can significantly improve the quality of life and reduce environmental issues in Tehran. The results of this research can assist policymakers in developing effective strategies to enhance sustainable transportation and urban livability in Tehran. Future studies can further assess these policies at local and global scales and explore the impact of new technologies on urban transportation systems.

Declarations

Funding: There is no funding support.

Authors' Contribution: The 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.

Conflict of Interest: The authors declared no conflict of interest.

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



تحلیل ساختاری سیاست‌های حمل‌ونقل پایدار شهری در راستای آینده زیست‌پذیری شهر تهران

نوید آهنگری^۱ و اسما یاوری^۲ ID

۱- گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده جغرافیا، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.
۲- گروه شهرسازی، دانشکده مهندسی، دانشگاه پردیس بین‌الملل کیش واحد تهران جنوب، تهران، ایران.

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:

مقاله پژوهشی

دریافت:

۱۴۰۳/۱۲/۱۰

پذیرش:

۱۴۰۴/۰۱/۲۵

صص:

۳۹-۵۵

واژگان کلیدی:

تحلیل ساختاری،
حمل‌ونقل پایدار،
سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی
حمل‌ونقل،
زیست‌پذیری شهری،
میک‌مک،
شهر تهران.

چکیده

برنامه‌ریزی شهری و حمل‌ونقل مرتبط با آن تأثیر عمیقی بر پایداری و زیست‌پذیری یک شهر دارد و کیفیت زندگی ساکنان شهری را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در این راستا پژوهش حاضر با هدف تحلیل ساختاری سیاست‌های حمل‌ونقل پایدار شهری در راستای آینده زیست‌پذیری شهر تهران با رویکرد آینده‌پژوهی تهیه‌شده است. روش پژوهش مبتنی بر رویکرد آینده‌پژوهی است و از لحاظ هدف کاربردی و به لحاظ نوع توصیفی-تحلیلی می‌باشد. مبنای گردآوری اطلاعات روش کتابخانه‌ای، اسنادی و پیمایشی و بر اساس روش دلفی بوده است. جامعه آماری خبرگان متخصص در مطالعات شهری می‌باشند که حجم نمونه به‌صورت هدفمند با روش نمونه‌گیری گلوله برفی ۷۰ نفر به انتخاب شدند. در بخش تجزیه و تحلیل برای ارزیابی، زمینه‌سازی و رتبه‌بندی شاخص‌ها از روش ماتریس اثرات متقابل (MICMAC) و از برای تدوین سناریوهای نهایی از سناریو ویزارد استفاده شده است. نتایج نشان داد که شاخص‌های کاهش انتشار آلاینده‌های هوا، ارتقای عدالت در دسترسی به حمل‌ونقل عمومی و افزایش استفاده از حمل‌ونقل اشتراکی و پاک بیشترین تأثیر را بر سایر شاخص‌ها دارند. در تحلیل تأثیرات مستقیم و غیرمستقیم، شاخص‌های کاهش انتشار آلاینده‌ها و توسعه خدمات حمل‌ونقل دیجیتال نقش مهمی در بهبود کیفیت محیط‌زیست دارند. همچنین، در سناریوهای مختلف، تعامل مثبت شاخص‌ها در سناریوی خوش‌بینانه و ضعف مدیریت در سناریوی بدبینانه مشهود است؛ بنابراین، نتایج بر اهمیت آینده‌پژوهی در توسعه سیاست‌های حمل‌ونقل پایدار تأکید می‌کند و می‌تواند به سیاست‌گذاران در تدوین استراتژی‌های مؤثر برای ارتقاء حمل‌ونقل پایدار و زیست‌پذیری شهری تهران کمک کند.

استناد: آهنگری، نوید؛ و یاوری، اسما. (۱۴۰۴). تحلیل ساختاری سیاست‌های حمل‌ونقل پایدار شهری در راستای آینده زیست‌پذیری شهر تهران. فصلنامه جغرافیا و آینده‌پژوهی منطقه‌ای، ۳(۱)، ۳۹-۵۵.

ناشر: دانشگاه ارومیه.

© نویسندگان حق چاپ و حقوق نشر را حفظ می‌کنند.



DOI: <https://doi.org/10.30466/grfs.2025.56019.1093>

DOR: <https://dorl.net/dor/20.1001.1.2981118.1404.3.1.3.1>



مقدمه

مفهوم توسعه پایدار از زمان انتشار گزارش براندتلند^۱ در سال ۱۹۸۷ به یک مسئله اساسی برای برنامه‌ریزان و سیاست‌گذاران شهری تبدیل شده است (Chatziioannou et al., 2023). توسعه پایدار سه بعد اصلی محیط‌زیستی، اجتماعی و اقتصادی دارد که به‌طور مستقیم با حمل‌ونقل مرتبط هستند. به‌ویژه، مشکل استفاده بیش‌ازحد از خودرو و آثار ناپایدار آن به‌عنوان یکی از نگرانی‌های عمده در حوزه پایداری شناخته می‌شود (Alyavina et al., 2022). فرآیند شهری شدن و گسترش شهرها به‌طور مستمر استفاده از خودروها را تشویق کرده و به‌این ترتیب یک دایره معیوب و وابسته به خودرو ایجاد شده است (Tsigdinos et al., 2022)؛ بنابراین، مدیریت مناسب فعالیت‌های حمل‌ونقل در راستای دستیابی به توسعه پایدار امری حیاتی است. به‌ویژه، بهره‌گیری از رویکردهای جدید مانند فناوری‌های هوشمند در مدیریت ترافیک و توسعه سامانه‌های حمل‌ونقل عمومی می‌تواند نقشی اساسی در شکستن این چرخه وابستگی ایفا کند (Tikoudis et al., 2021).

حمل‌ونقل از یک‌سو، به‌عنوان یک عنصر کلیدی در شکل‌دهی به سلامت اقتصادی و زیست‌پذیری زندگی مناطق شهری محسوب می‌شود (Politis et al., 2021- Mousavi et al, 2025). چرا که زیرساخت‌های لازم برای جابه‌جایی مسافران و بار را فراهم می‌کند و به افراد این امکان را می‌دهد که فعالیت‌های روزمره مختلفی مانند تحصیل، کار و خرید را انجام دهند (Musselwhite et al., 2021). علاوه بر این، حمل‌ونقل با استفاده شدید از زیرساخت‌های آن، جزء اساسی بهره‌وری، تولید، نرخ رشد و توسعه اقتصادی است (Melo et al., 2013). از سوی دیگر، حمل‌ونقل باعث ایجاد اثرات منفی بیرونی مانند ترافیک، تصادفات رانندگی، آلودگی صوتی، گازهای گلخانه‌ای و آلاینده‌های مختلف می‌شود که می‌تواند هزینه‌های شدید اجتماعی، محیط‌زیستی و بهداشتی به همراه داشته باشد (Loo & Banister, 2016). همچنین، زمان‌های طولانی رفت‌وآمد می‌تواند منجر به کاهش همبستگی اجتماعی و مشارکت مردم در جوامع‌شان شود. در این راستا، نقش سیاست‌گذاری‌های پایدار که بر کاهش آلاینده‌ها و تسهیل دسترسی حمل‌ونقل عمومی تمرکز دارند، می‌تواند بسیار حیاتی باشد. این سیاست‌ها باید بر مبنای تحلیل جامع آینده‌پژوهانه طراحی شوند تا نه تنها به کاهش اثرات منفی کمک کنند، بلکه تأثیرات مثبتی بر کیفیت زندگی و زیست‌پذیری شهری بگذارند (Gössling, 2022- Mousavi et al, 2024). از این رو، سیستم‌های حمل‌ونقل و برنامه‌ریزی شهری نیاز دارند که اصول حمل‌ونقل پایدار را از طریق عوامل مبتنی بر سازگاری با محیط‌زیست، مشارکت، دسترسی و گنجاندن اجتماعی ترویج دهند؛ بنابراین، برای برنامه‌ریزی مؤثر در زمینه برنامه‌های حمل‌ونقل شهری پایدار، ضروری است که روش‌های برنامه‌ریزی جامع موردبررسی قرار گیرند (Charradi et al., 2022).

شهر تهران به‌عنوان پایتخت سیاسی اقتصادی ایران نیز همچون اکثریت شهرهای هم‌تای خود در کشورهای جهان سوم درگیر مشکلات حاد حمل‌ونقل است. این شهر در سرشماری سال ۱۳۹۵ جمعیتی برابر ۸۶۹۳۷۰۶ را در مساحتی بالغ بر ۷۵۱ کیلومتر مربع جای داده است که موجب به وجود آمدن تراکمی با میانگین ۱۱۹ نفر در هکتار شده است و روزانه به‌طور متوسط ۱۸/۶ میلیون سفر تولید می‌کند (Hatami, 2021). در این راستا آلودگی هوای تهران که ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای و آلاینده‌های مرتبط با حمل‌ونقل است، یکی از بحرانی‌ترین مشکلات زیست‌محیطی این شهر محسوب می‌شود. این مسئله سالانه اثرات شدیدی بر زیست‌پذیری شهری و هزینه‌های اقتصادی وارد می‌کند؛ بنابراین شهر تهران نیازمند بازنگری‌های اساسی در سیستم حمل‌ونقل شهری خود است تا از طریق رویکردهای جامع آینده‌پژوهانه و پایدار، ضمن کاهش اثرات منفی، بتواند بستری مناسب برای توسعه زیست‌پذیری فراهم کند. بر این اساس، هدف نهایی پژوهش شناسایی، زمینه‌سازی و رتبه‌بندی، تدوین سناریو و سیاست‌های حمل‌ونقل پایدار شهری در راستای آینده زیست‌پذیری شهر تهران از طریق یک روش کیفی-آینده‌نگر بر اساس اهمیت آن‌ها و تطبیق آن‌ها با استراتژی‌های حمل‌ونقل و ابزارهای سیاستی مناسب است.

پیشینه و مبانی نظری پژوهش

مبانی حمل‌ونقل پایدار شهری به‌عنوان یکی از ارکان اصلی توسعه شهری، تأثیرات گسترده‌ای بر کیفیت زندگی، کاهش آلودگی و ارتقای سلامت عمومی دارد. این سیاست‌ها که از طریق کاهش وابستگی به خودروهای شخصی و ترویج حمل‌ونقل عمومی اجرا می‌شوند، ابزاری مؤثر برای مقابله با چالش‌های زیست‌محیطی و اجتماعی هستند. پژوهش‌ها در این زمینه نشان داده‌اند که برنامه‌ریزی جامع و اجرای سیاست‌های حمل‌ونقل پایدار، می‌تواند نقش مهمی در کاهش اثرات منفی حمل‌ونقل بر محیط‌زیست و همچنین ارتقای سلامت عمومی داشته باشد. به‌طور خاص، تحلیل داده‌های بزرگ و استفاده از فناوری‌های هوشمند برای مدیریت ترافیک و بهینه‌سازی مسیرها، توانسته است تأثیرات قابل‌توجهی بر کاهش ازدحام ترافیکی و مصرف سوخت‌های فسیلی داشته باشد (Nieuwenhuijsen, 2020- Rasoli et al, 2020-).

^۱ Brundtland report

(Ghalehteimouri et al, 2023). در شهرهای پرتراکم که وابستگی بالایی به خودروهای شخصی دارند، این رویکردها بهبودهای چشمگیری در کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای ایجاد کرده‌اند. علاوه بر این، توسعه سیستم‌های حمل‌ونقل عمومی با فناوری‌های پیشرفته، مانند اتوبوس‌های برقی و خطوط ریلی سبک، به عنوان یک راهکار اساسی در بسیاری از شهرها شناخته شده است (Hamurcu & Eren, 2020). تمرکز بر استفاده از وسایل نقلیه برقی و گسترش سیستم‌های حمل‌ونقل عمومی، یکی از راهبردهای کلیدی در سیاست‌های حمل‌ونقل پایدار به شمار می‌رود. این وسایل نقلیه نه تنها میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای را کاهش می‌دهند، بلکه با کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی، هزینه‌های انرژی را نیز پایین می‌آورند. سیستم‌های چندمدلی که ترکیبی از مترو، اتوبوس و سایر مدهای حمل‌ونقل را ارائه می‌دهند، ضمن افزایش تاب‌آوری، تجربه سفر را برای شهروندان بهبود می‌بخشند (Errampalli et al., 2020). این سیستم‌ها با بهبود هماهنگی و کاهش زمان انتظار، توانسته‌اند اعتماد عمومی به حمل‌ونقل عمومی را افزایش دهند. به عنوان مثال، شهرهایی که بر یکپارچه‌سازی سیستم‌های حمل‌ونقل عمومی تمرکز کرده‌اند، موفق به کاهش زمان سفر و بهبود دسترسی به خدمات شده‌اند (Canitez et al., 2020). همچنین، استفاده از فناوری‌های نوین در وسایل نقلیه برقی باعث افزایش بهره‌وری انرژی و کاهش آلاینده‌های هوا شده است (Nainwal, 2021).

فناوری‌های هوشمند یکی دیگر از عوامل مؤثر در پیشبرد حمل‌ونقل پایدار شهری هستند که با ارائه راهکارهای خلاقانه، به بهبود کارایی سیستم‌های حمل‌ونقل و کاهش هزینه‌های زیست‌محیطی کمک می‌کنند. سیستم‌های پیشرفته مدیریت لجستیک، با تحلیل داده‌های بزرگ، الگوهای ترافیکی را پیش‌بینی کرده و زمان‌بندی مسیرها را بهینه‌سازی می‌کنند. این اقدامات نه تنها به کاهش ازدحام ترافیکی کمک می‌کند، بلکه زمان سفر را نیز به طور قابل توجهی کاهش می‌دهد (He & Haasis, 2020- Ebrahimzadeh et al, 2016- Mousavi & Kahaki, 2016). استفاده از این فناوری‌ها در شهرهای پرتراکم، تأثیرات مثبت چشمگیری بر کاهش مصرف انرژی و آلودگی هوا داشته است. علاوه بر این، فناوری‌های هوشمند در حمل‌ونقل عمومی، مانند سیستم‌های پرداخت الکترونیک و برنامه‌ریزی زمان‌بندی هوشمند، موجب افزایش رضایت کاربران و کاهش پیچیدگی‌های سفر شده‌اند (Wikantiyoso et al., 2021). این نوآوری‌ها نقشی کلیدی در ارتقای پایداری حمل‌ونقل و همچنین افزایش اعتماد عمومی ایفا کرده‌اند.

در کنار فناوری‌های هوشمند، توسعه فضای سبز شهری به عنوان یکی از عناصر کلیدی در بهبود زیست‌پذیری شهرها مورد توجه قرار گرفته است. فضاهای سبز علاوه بر این که به کاهش اثرات گرمایی در مناطق شهری کمک می‌کنند، محیطی مناسب برای فعالیت‌های اجتماعی و تعاملات فرهنگی فراهم می‌آورند. پژوهش‌ها نشان داده‌اند که این فضاها نقش مؤثری در کاهش استفاده از خودروهای شخصی و ترویج حمل‌ونقل فعال، مانند پیاده‌روی و دوچرخه‌سواری، داشته‌اند. این تغییرات نه تنها کیفیت زندگی را بهبود می‌بخشند، بلکه به کاهش اثرات زیست‌محیطی نیز کمک می‌کنند (Elandheraiyan, 2024- Bayramzadeh & Mousavi, 2024). در مناطقی که بهبود فضای سبز شهری مورد توجه قرار گرفته، کاهش قابل توجهی در انتشار آلاینده‌ها و افزایش قابل توجهی در سلامت عمومی مشاهده شده است. علاوه بر این، فضاهای سبز می‌توانند به عنوان مکانی برای تشویق به استفاده از مسیرهای دوچرخه‌سواری عمل کرده و در نهایت به کاهش تراکم ترافیک کمک کنند (Hamurcu & Eren, 2020).

برنامه‌ریزی برای حمل‌ونقل پایدار نیازمند دیدگاهی جامع و آینده‌نگر است که بتواند نیازهای فعلی شهرها را پاسخ دهد و در عین حال با تغییرات اقلیمی و اجتماعی سازگار باشد. تحقیقات نشان داده‌اند که ترکیب فناوری‌های نوآورانه، سرمایه‌گذاری‌های هدفمند و زیرساخت‌های هوشمند می‌تواند به اهداف بلندمدت پایداری دست یابد. همکاری میان دولت‌ها، بخش خصوصی و جوامع محلی برای اجرای این برنامه‌ها ضروری است. به ویژه، یکپارچگی میان سیستم‌های حمل‌ونقل عمومی و استفاده از فناوری‌های هوشمند، به کاهش هزینه‌های زیست‌محیطی و ارتقای زیست‌پذیری شهری کمک کرده است (Canitez et al., 2020). این رویکردها نه تنها تأثیرات مثبتی بر شرایط کنونی حمل‌ونقل دارند، بلکه مسیر روشنی برای آینده‌ای پایدارتر فراهم می‌کنند.

این پژوهش بر آن است تا با بررسی آخرین پژوهش‌ها و مطالعات مرتبط با حمل‌ونقل پایدار، به تحلیل مؤلفه‌ها و راهکارهای تحقق این هدف در کشورهای مختلف و به ویژه ایران پردازد. در این راستا، حمل‌ونقل پایدار شهری به عنوان بخشی از توسعه پایدار، نقشی اساسی در کاهش ترافیک، آلودگی‌ها و بهبود زیست‌پذیری دارد. در این راستا، مطالعات زیادی به بررسی راهکارهای تحقق این هدف پرداخته‌اند. کانی‌تز^۱ (۲۰۲۰)، در مطالعه‌ای با عنوان انتقال سیاست‌های حمل‌ونقل پایدار شهری نشان داد که هماهنگی نهادی و تنظیم چارچوب‌های قانونی برای اجرای موفق سیاست‌های حمل‌ونقل پایدار ضروری است. در همین راستا، پژوهش چاتزیوانو و آوارز-ایکز^۲ (۲۰۲۰)، در پژوهشی تحت عنوان تحلیل ساختاری

¹ Canitez

² Chatziioannou and Alvarez-Icaza

برای دسته‌بندی اثرات منفی حمل‌ونقل با استفاده از روش آینده‌پژوهی نشان دادند که طراحی شهری و توسعه حمل‌ونقل عمومی می‌تواند اثرات منفی زیست‌محیطی حمل‌ونقل را کاهش دهد. همچنین، لینگ^۱ و همکاران (۲۰۲۱)، در پژوهش خود با عنوان توسعه حمل‌ونقل پایدار شهری نشان دادند که سیاست‌های تشویقی نظیر کاهش مالیات یا یارانه می‌تواند تمایل به استفاده از وسایل نقلیه پاک را افزایش دهند. با توجه به تحولات فناوری‌های نوین، استفاده از تکنولوژی‌های هوشمند در حمل‌ونقل شهری اهمیت زیادی دارد. اوکراسزفسکا^۲ و همکاران (۲۰۱۸)، با استفاده از مدل‌های چندسطحی، تحلیل سیستم‌های حمل‌ونقل شهری را بررسی کرده‌اند و نشان دادند که این مدل‌ها می‌توانند به بهبود کیفیت برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری کمک کنند. همچنین، شوبرت^۳ و همکاران (۲۰۲۲)، با استفاده از مدل‌سازی معادلات ساختاری، اثرات سیاست‌های حمل‌ونقل بر مصرف انرژی را تحلیل کرده‌اند. آلونسو^۴ و همکاران (۲۰۲۳)، نیز بر استفاده از حمل‌ونقل هوشمند تأکید کرده‌اند و نشان دادند که این سیستم‌ها می‌تواند تأثیرات منفی زیست‌محیطی را کاهش دهند و کیفیت زیست شهری را بهبود بخشند. تحقیقات در بخش دیگر نشان دادند که حمل‌ونقل پایدار نه تنها به بهبود وضعیت زیست‌محیطی بلکه به ارتقاء کیفیت زندگی شهری نیز کمک می‌کند. طبق نظر فدر^۵ (۲۰۲۱)، تحلیل جامع زیست‌محیطی حمل‌ونقل شهری به عنوان یک چارچوب اساسی برای ارزیابی اثرات زیست‌محیطی و ترافیکی می‌تواند مشکلات مربوط به آلودگی هوا و ترافیک را کاهش دهد. همچنین، ترنر و اسمیت^۶ (۲۰۲۳)، بر فناوری‌های حمل‌ونقل خودکار و هوشمند به عنوان یکی از راه‌حل‌های اصلی برای ارتقای پایداری شهری تأکید کرده‌اند. تحقیقات دیگر مانند مطالعه سیلوا و پینهو^۷ (۲۰۲۱)، نشان داده‌اند که توسعه زیرساخت‌های حمل‌ونقل عمومی و استفاده از وسایل نقلیه پاک می‌تواند به طور چشمگیری به پایداری شهری و کاهش ترافیک و آلودگی هوا منجر شود.

حمل‌ونقل پایدار در ایران، به‌ویژه در کلان‌شهرها، به یکی از مسائل مهم توسعه شهری تبدیل شده است. پژوهش‌ها نشان می‌دهند که دستیابی به حمل‌ونقل پایدار نیازمند سیاست‌گذاری‌های جامع است که ابعاد اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی را در نظر بگیرد. در این راستا، فضل‌اللهی و دیواندری (۱۴۰۰)، بر ضرورت سیاست‌های یکپارچه تأکید کردند که می‌تواند مشکلات ترافیکی و آلودگی هوا را کاهش دهد. بابائی و همکاران (۱۴۰۱)، با تحلیل وضعیت حمل‌ونقل تهران نشان دادند که مولفه‌های اقتصادی و کالبدی-عملکردی در سطح نیمه‌پایدار قرار دارند، اما مولفه‌های اجتماعی و محیطی به پایداری مطلوب نرسیده‌اند. آذربیزین و حسینی سیاه‌گلی (۱۴۰۳)، با تأکید بر رابطه شاخص‌های زیست‌پذیری شهری و حمل‌ونقل پایدار نشان دادند که شاخص‌های مسکن و اجتماعی تأثیر زیادی بر حمل‌ونقل پایدار دارند. حاتمی و پرویزی مریوانی (۱۴۰۲)، دوچرخه‌سواری و پیاده‌روی را به عنوان بهترین گزینه‌های حمل‌ونقل پایدار معرفی کردند که از نظر محیط زیستی و اقتصادی برتر هستند. شکوری و طارم (۱۴۰۳)، تأثیر حمل‌ونقل پایدار بر سلامت روان را بررسی کردند و نشان دادند که پایداری در ابعاد مختلف می‌تواند به بهبود وضعیت حمل‌ونقل کمک کند. همچنین، غلام‌پور و همکاران (۱۴۰۲)، در پژوهشی سناریوهای توسعه حمل‌ونقل محور را تدوین کردند و مدیریت تقاضای سفر، کاهش آلاینده‌ها و پذیرش فناوری‌های جدید را به عنوان سناریوی مطلوب معرفی کردند. در نهایت، خادمی و همکاران (۱۴۰۰)، با تأکید بر اهمیت برنامه‌ریزی آینده‌نگر مبتنی بر حمل‌ونقل شهری در توسعه کالبدی مناطق نشان دادند که برای دستیابی به حمل‌ونقل پایدار در ایران، به سیاست‌گذاری جامع و توجه به ابعاد مختلف حمل‌ونقل نیاز است. بررسی نهایی پژوهش‌های مختلف نشان می‌دهد که تحقق حمل‌ونقل پایدار در شهرهای بزرگ، به‌ویژه در کلان‌شهرهایی چون تهران، مستلزم توسعه و اجرای سیاست‌های جامع و یکپارچه است. استفاده از تکنولوژی‌های هوشمند و زیرساخت‌های حمل‌ونقل عمومی، نهادهای سازای فرهنگ حمل‌ونقل پایدار و توجه به ابعاد زیست‌محیطی و اجتماعی می‌تواند تأثیرات مثبتی بر کاهش ترافیک، آلودگی هوا و بهبود زیست پذیری شهری داشته باشد.

مواد و روش پژوهش

این پژوهش مبتنی بر رویکرد آینده‌پژوهی است و از لحاظ هدف کاربردی و به لحاظ نوع توصیفی-تحلیلی می‌باشد. مبنای گردآوری اطلاعات روش کتابخانه‌ای، اسنادی و پیمایشی و بر اساس روش دلفی بوده است. در انتخاب تیم دلفی، از روش نمونه‌گیری هدفمند استفاده شده و معیارهای انتخاب خبرگان شامل تسلط نظری، تجربه عملی، تمایل و توانایی مشارکت در پژوهش و امکان دسترسی بوده است. جامعه آماری

¹ Ling

² Okraszewska

³ Schubert

⁴ Alonso

⁵ Fedra

⁶ Turner and Smith

⁷ Silva and Pinho

این پژوهش خبرگان (مدیران شهری، جغرافیدانان، برنامه‌ریزان شهری، مهندسين حمل‌ونقل، سياست‌گذاران، اکولوژیست‌ها، اقتصاددانان و جامعه‌شناسان) می‌باشد که با توجه به عدم وجود یک پایگاه داده جامع برای لیست افراد حرفه‌ای، از روش نمونه‌گیری گلوله برفی استفاده شده و ۷۰ نفر به‌عنوان حجم نمونه انتخاب شدند. در حوزه مؤلفه‌های پژوهش ابتدا، ۲۰ مؤلفه شناسایی شد و سپس مؤلفه‌ها برای کنترل بیشتر در اختیار متخصصان قرار گرفت که در نهایت ۱۶ مؤلفه نهایی مؤثر شناسایی شد. در مرحله سوم، با تمرکز بر نظرخواهی نهایی از خبرگان، تعداد ۶۴ شاخص جهت تجزیه و تحلیل انتخاب گردید (جدول ۱). سپس پرسشنامه نیمه ساختاریافته بین کارشناس متخصص و خبره توزیع شد و از آن‌ها خواسته شد تا در چارچوب ماتریس اثرات متقاطع به متغیرها، بر مبنای تأثیرگذاری و تأثیرپذیری با اعدادی در طیف ۰ تا ۳ امتیاز دهند. در این امتیازدهی «صفر» به معنای بدون تأثیر، «یک» به معنای تأثیر ضعیف، «دو» به معنای تأثیر متوسط، «سه» به معنای تأثیر زیاد و «P» به معنای تأثیر بالقوه است. برای تحلیل تأثیرات متقاطع از نرم‌افزار میک مک^۲ و برای تدوین سناریوهای نهایی از سناریو ویزارد^۳ استفاده شد و شاخص‌های کلیدی مؤثر بر وضعیت آینده سیستم استخراج شدند. در ادامه متغیرهای تأثیرگذار شناسایی و برای مدل‌سازی عوامل ساختاری سیاست‌های حمل‌ونقل پایدار شهری در راستای آینده زیست‌پذیری شهر تهران به کار گرفته شدند.

جدول ۱- تعریف عملیاتی شاخص‌های پژوهش

شاخص	شرح
بهبود هزینه‌پذیری حمل‌ونقل عمومی	۱. هزینه خانوار برای حمل‌ونقل عمومی ۲. هزینه عملیاتی و نگهداری ۳. یارانه‌های دولتی ۴. مقایسه هزینه بلیت با حمل‌ونقل خصوصی
افزایش دسترسی برای گروه‌های کم‌توان	۱. ایستگاه‌های مجهز به رمپ و آسانسور ۲. فاصله خانه تا ایستگاه ۳. خطوط ویژه برای کم‌توانان و سالمندان ۴. سطح رضایت گروه‌های کم‌توان
کاهش انتشار آلاینده‌های هوا	۱. کاهش انتشار CO ₂ و PM _{2.5} ۲. استفاده از خودروهای برقی ۳. کاهش مصرف سوخت فسیلی ۴. سرمایه‌گذاری در فناوری‌های پاک
کاهش آلودگی صوتی در مناطق شهری	۱. کاهش سطح دسی‌بل صدا ۲. ناوگان حمل‌ونقل برقی ۳. مناطق بدون تردد خودروهای سنگین ۴. استفاده از آسفالت‌های کم‌صدا
افزایش ایمنی و کاهش تصادفات جاده‌ای	۱. کاهش تصادفات منجر به مرگ ۲. مسیرهای امن برای دوچرخه‌سواری و پیاده‌روی ۳. سیستم‌های هشدار در نقاط حادثه‌خیز ۴. طراحی ایمن جاده‌ها و علائم
توسعه زیرساخت‌های شارژ خودروهای برقی	۱. تعداد ایستگاه‌های شارژ ۲. دسترسی به شارژ سریع ۳. استفاده از خودروهای برقی در ناوگان عمومی ۴. هزینه ساخت و نگهداری ایستگاه‌های شارژ
استفاده گسترده از انرژی‌های تجدیدپذیر	۱. ناوگان عمومی با انرژی تجدیدپذیر ۲. تولید انرژی پاک در ایستگاه‌ها ۳. استفاده از انرژی‌های پاک در ناوگان ۴. سرمایه‌گذاری در انرژی‌های سبز
تقویت ادغام حمل‌ونقل ترکیبی	۱. تعداد ایستگاه‌های چندمدله ۲. استفاده از سیستم‌های ترکیبی ۳. رضایت کاربران از حمل‌ونقل یکپارچه ۴. سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های چندمنظوره
افزایش فرصت‌های حمل‌ونقل فعال	۱. مسیرهای دوچرخه و پیاده‌روی ۲. افزایش استفاده از دوچرخه ۳. زیرساخت‌های مناسب برای پیاده‌روی ۴. دسترسی به مسیرهای امن
بهبود زمان‌بندی و دسترسی به حمل‌ونقل عمومی	۱. کاهش تأخیر در سرویس‌ها ۲. خطوط فعال در ساعات اوج ۳. زمان انتظار کمتر در ایستگاه‌ها ۴. دقت زمان‌بندی سرویس‌ها
کاهش تراکم و تأخیر سفرهای شهری	۱. کاهش زمان سفر در ساعات اوج ۲. کاهش ترافیک با توسعه زیرساخت‌ها ۳. افزایش سهم حمل‌ونقل عمومی ۴. ایجاد مسیرهای ویژه
افزایش بهره‌وری انرژی در ناوگان حمل‌ونقل عمومی	۱. کاهش مصرف سوخت ۲. بهره‌وری انرژی خودروهای برقی ۳. بهبود عملکرد ناوگان ۴. استفاده از فناوری‌های پیشرفته
ارتقای عدالت در دسترسی به حمل‌ونقل عمومی	۱. توزیع عادلانه ایستگاه‌ها ۲. دسترسی مناطق حاشیه‌نشین ۳. خدمات بهتر برای گروه‌های کم‌درآمد ۴. رضایت کاربران از عدالت
سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های پایدار	۱. سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های حمل‌ونقل ۲. توسعه زیرساخت‌های پایدار ۳. ماندگاری پروژه‌ها ۴. کاهش اثرات زیست‌محیطی
توسعه خدمات حمل‌ونقل دیجیتالی و هوشمند	۱. سیستم‌های دیجیتال برای مدیریت حمل‌ونقل ۲. استفاده از خدمات آنلاین ۳. برنامه‌ریزی با داده‌های کلان ۴. هزینه اجرای پروژه‌های هوشمند
افزایش استفاده از حمل‌ونقل اشتراکی و پاک	۱. رشد استفاده از سیستم‌های اشتراکی ۲. افزایش ناوگان اشتراکی ۳. کاهش خودروهای تک‌سرنشین ۴. سرمایه‌گذاری در خدمات اشتراکی پاک

(منبع: Chatziioannou et al., 2023)

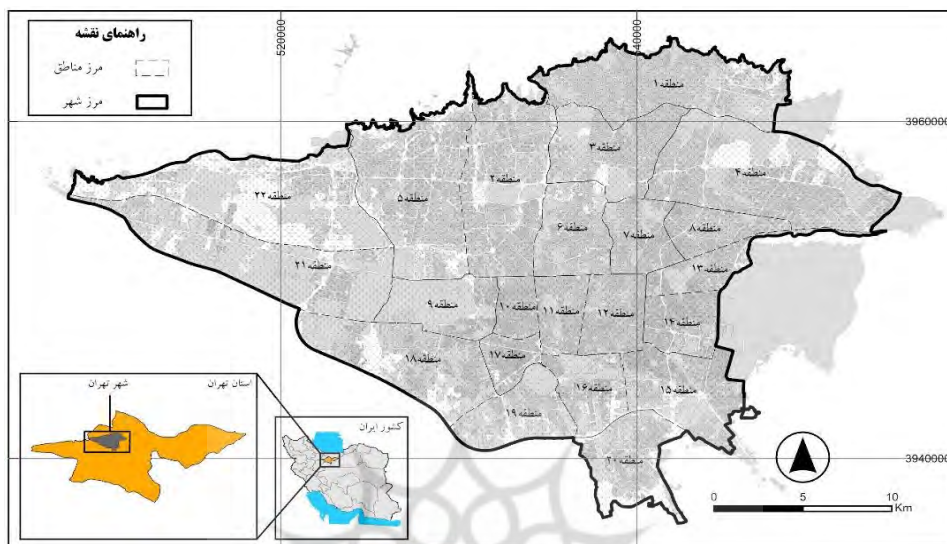
¹ Snowball Sampling

² MicMac

³ SCENARIOWIZARD

محدوده مورد مطالعه

قلمرو زمانی این پژوهش سال ۱۴۰۳ و قلمرو مکانی آن کلان‌شهر تهران است (شکل ۱). تهران با وسعتی بالغ بر ۷۳۳ کیلومترمربع در ۵۱ درجه، ۲ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۳۶ دقیقه طول شرقی، ۳۵ درجه، ۳۴ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۵۰ دقیقه عرض شمالی قرار دارد. جمعیت آن بر اساس سرشماری سال ۱۳۹۵ بیش از ۷۰۶۶۹۳۸ نفر و مساحت آن ۷۳۰ کیلومترمربع است. تقسیمات فضایی شهر تهران مشتمل بر ۲۲ منطقه، ۱۳۴ ناحیه و ۳۷۴ محله است.



شکل ۲- موقعیت جغرافیایی کلان‌شهر تهران در سال ۱۴۰۳
(ترسیم: نگارندگان، ۱۴۰۲)

بحث و ارائه یافته‌ها

تحلیل مقادیر شاخص‌های ماتریس تأثیرات مستقیم: نتایج تحلیل مقادیر ماتریس تأثیرات مستقیم نشان می‌دهد که از میان ۱۶ عامل بررسی‌شده در دو تکرار، ۵۹ رابطه بدون تأثیر (صفر) بوده و ۴۸ رابطه با تأثیر کم، ۵۷ رابطه با تأثیر متوسط و ۶۰ رابطه با تأثیر زیاد شناسایی شده‌اند. درصد پرشدگی ۷۶/۹۵ درصد نشان‌دهنده تأثیرگذاری بالا و پیچیدگی سیستم است، به‌طوری‌که اکثر روابط میان عوامل دارای تأثیرات معنادار هستند. این نتایج حاکی از وجود شبکه‌ای از روابط قوی و پویایی بالا در سیستم مورد مطالعه است (جدول ۲).

جدول ۲- تحلیل مقادیر شاخص‌های ماتریس تأثیرات مستقیم و غیرمستقیم

شاخص	ابعاد ماتریس	تعداد تکرار	تعداد صفر	تعداد یک	تعداد دو	تعداد سه	تعداد P	جمع	درصد پرشدگی
تأثیرات مستقیم	۱۶	۲	۵۹	۴۸	۵۷	۶۰	۳۲	۱۹۷	۷۶/۹۵

(منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۴)

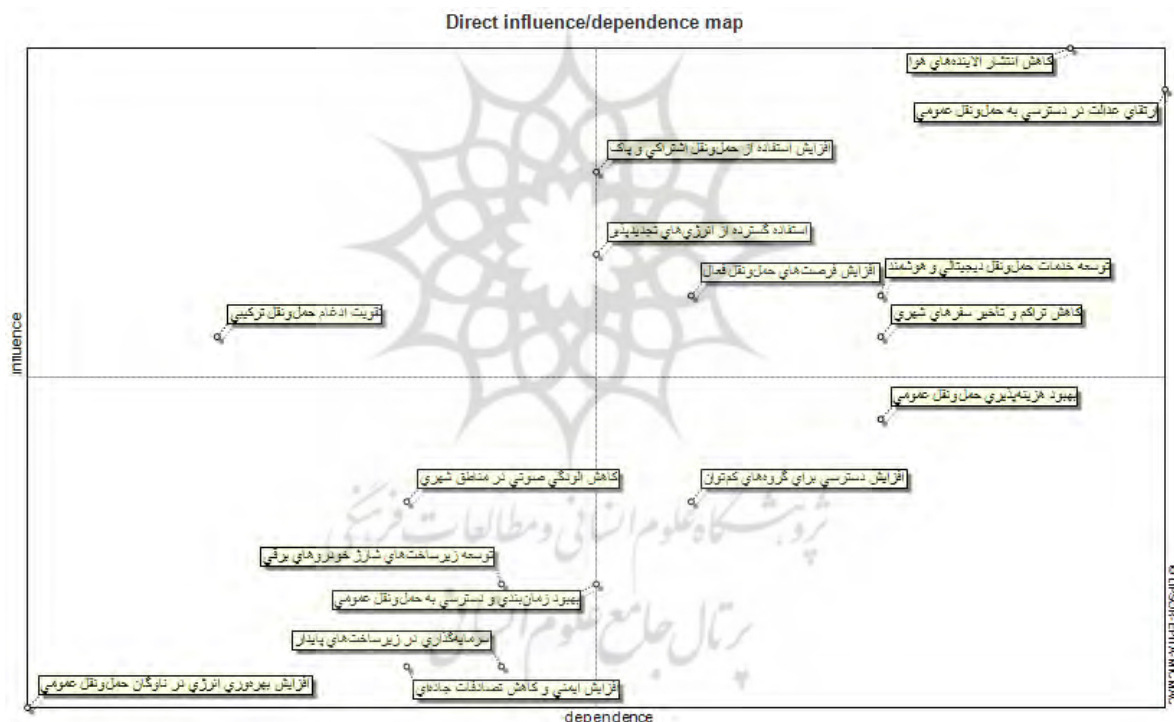
تحلیل تأثیر-وابستگی در تکرارها: تحلیل ماتریس تأثیر-وابستگی نشان می‌دهد که در تکرار اول، شاخص‌ها دارای تأثیرگذاری ۹۲ درصد و تأثیرپذیری ۱۰۲ درصد هستند که بیانگر تعاملات قوی و تأثیرات متقابل میان شاخص‌ها است. در تکرار دوم، این مقادیر به ۱۰۰ درصد تأثیرگذاری و ۹۵ درصد تأثیرپذیری رسیدند که نشان‌دهنده تثبیت روابط میان شاخص‌ها است. این نتایج حاکی از آمادگی مدل برای شناسایی پیشران‌های کلیدی در جهت تحلیل ساختاری سیاست‌های حمل‌ونقل پایدار و دستیابی به آینده زیست‌پذیر شهر تهران است (جدول ۳).

جدول ۳- تحلیل تأثیر-وابستگی در تکرارها

چرخش	تأثیرگذاری (درصد)	تأثیرپذیری (درصد)
۱	۹۲	۱۰۲
۲	۱۰۰	۹۵

(منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۴)

تحلیل نمودار تأثیر-وابستگی مستقیم: نقشه تأثیر-وابستگی مستقیم شاخص‌ها را در چهار بخش طبقه‌بندی کرده است. ناحیه بالا سمت راست (پیشران‌ها) شامل شاخص‌هایی (کاهش انتشار آلاینده‌های هوا، کاهش تراکم و تأخیر سفرهای شهری؛ ارتقای عدالت در دسترسی به حمل‌ونقل عمومی، توسعه خدمات حمل‌ونقل دیجیتالی و هوشمند و افزایش استفاده از حمل‌ونقل اشتراکی و پاک) است که تأثیرگذاری بالا و وابستگی کمی دارند و این متغیرها به‌عنوان پیشران‌های کلیدی سیستم عمل می‌کنند و نقش تعیین‌کننده در شکل‌دهی به سایر شاخص‌ها دارند. ناحیه بالا سمت چپ (مستقل‌ها) شامل شاخص‌هایی (تقویت ادغام حمل‌ونقل ترکیبی) است که تأثیرگذاری و وابستگی پایینی دارند و این متغیرها تأثیر چندانی بر سیستم ندارند و مستقل عمل می‌کنند. ناحیه مرکز نمودار نشان‌دهنده شاخص‌هایی (افزایش دسترسی برای گروه‌های کم‌توان، کاهش آلودگی صوتی در مناطق شهری، استفاده گسترده از انرژی‌های تجدیدپذیر و افزایش فرصت‌های حمل‌ونقل فعال) است که دارای سطح متعادلی از تأثیرگذاری و وابستگی هستند. این شاخص‌ها معمولاً در سیستم نقشی میانی یا انتقالی دارند. ناحیه سوم پایین سمت چپ (خودمختارها) شامل شاخص‌هایی (افزایش ایمنی و کاهش تصادفات جاده‌ای، توسعه زیرساخت‌های شارژ خودروهای برقی، بهبود زمان‌بندی و دسترسی به حمل‌ونقل عمومی، افزایش بهره‌وری انرژی در ناوگان حمل‌ونقل عمومی و سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های پایدار) است که تأثیرگذاری و وابستگی کمی دارند و این متغیرها معمولاً کم‌اهمیت هستند و تأثیر زیادی بر سیستم نمی‌گذارند. ناحیه چهارم پایین سمت راست (وابسته‌ها) شامل شاخص‌هایی (بهبود هزینه‌پذیری حمل‌ونقل عمومی) است که تأثیرگذاری کمی دارند اما وابستگی زیادی به سایر شاخص‌ها دارند و این متغیرها تحت تأثیر پیشران‌ها قرار گرفته و بیشتر نقش پاسخ‌دهی دارند (شکل ۲).



شکل ۲- نمودار تأثیر-وابستگی مستقیم

(منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۴)

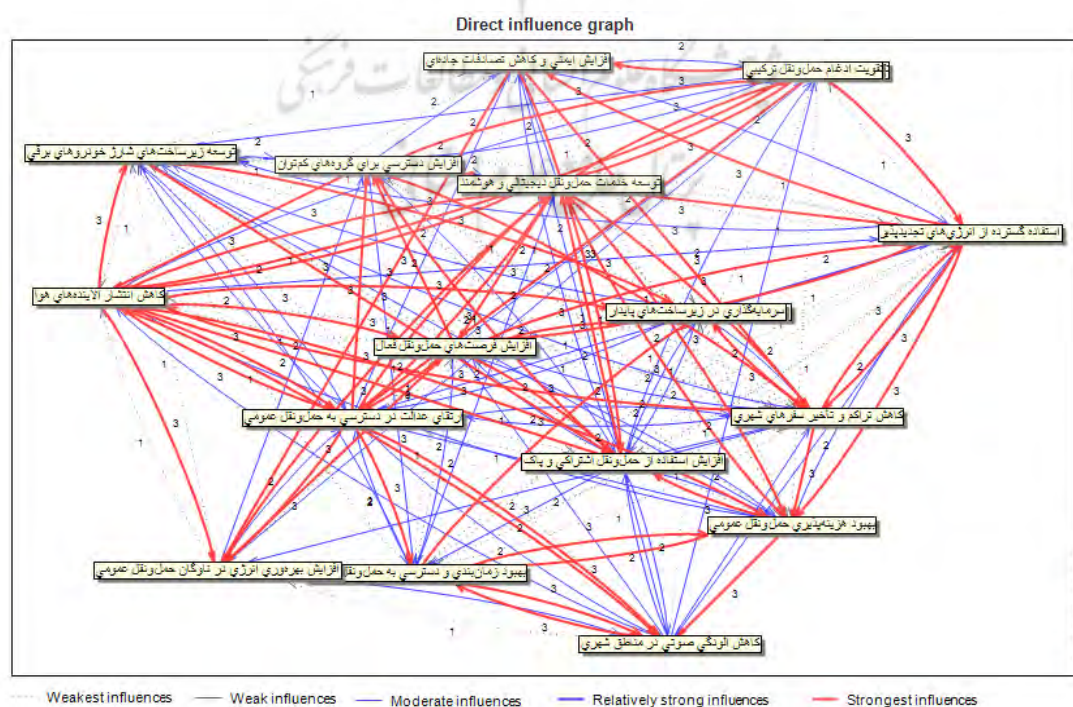
شاخص‌های تأثیرگذار و تأثیرپذیری به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم: نتایج تحلیل شاخص‌های حمل‌ونقل پایدار نشان می‌دهد که از نظر تأثیرگذاری، شاخص‌های کاهش انتشار آلاینده‌های هوا (۳۰)، ارتقای عدالت در دسترسی به حمل‌ونقل عمومی (۲۹) و افزایش استفاده از حمل‌ونقل اشتراکی و پاک (۲۷) بالاترین تأثیر را بر سایر شاخص‌ها دارند و به‌عنوان عوامل محرک کلیدی شناسایی می‌شوند. در مقابل، شاخص‌هایی مانند افزایش بهره‌وری انرژی در ناوگان حمل‌ونقل عمومی (۱۴) و سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های پایدار (۱۵) تأثیرگذاری کمتری داشته و نقش مستقلی در سیستم دارند. از نظر تأثیرپذیری، شاخص‌هایی مانند ارتقای عدالت در دسترسی به حمل‌ونقل عمومی (۲۷)، کاهش انتشار آلاینده‌های هوا (۲۶) و کاهش تراکم و تأخیر سفرهای شهری (۲۴) بیشترین تأثیر را از سایر شاخص‌ها می‌پذیرند و نیازمند پشتیبانی قوی هستند. در مقابل، شاخص‌هایی مانند افزایش بهره‌وری انرژی در ناوگان حمل‌ونقل عمومی (۱۵) و افزایش استفاده از حمل‌ونقل اشتراکی و پاک (۲۱) تأثیرپذیری کمتری داشته و به تغییرات سیستم مقاوم‌تر هستند (جدول ۴).

جدول ۴- میزان تأثیرات مستقیم و غیرمستقیم شاخص‌ها بر همدیگر

ردیف	شاخص	میزان تأثیرات غیرمستقیم		میزان تأثیرات مستقیم	
		تأثیرپذیری	تأثیرگذاری	تأثیرپذیری	تأثیرگذاری
۱	بهبود هزینه‌پذیری حمل‌ونقل عمومی	۱۰۰۹۷	۱۱۸۴۵	۲۱	۲۴
۲	افزایش دسترسی برای گروه‌های کم‌توان	۹۳۹۸	۱۰۱۸۲	۱۹	۲۲
۳	کاهش انتشار آلاینده‌های هوا	۱۳۷۳۹	۱۲۳۴۵	۳۰	۲۶
۴	کاهش آلودگی صوتی در مناطق شهری	۹۱۰۲	۹۳۶۱	۱۹	۱۹
۵	افزایش ایمنی و کاهش تصادفات جاده‌ای	۷۰۴۰	۸۸۹۷	۱۵	۱۹
۶	توسعه زیرساخت‌های شارژ خودروهای برقی	۷۹۷۱	۹۷۹۳	۱۷	۲۰
۷	استفاده گسترده از انرژی‌های تجدیدپذیر	۱۱۵۳۲	۹۹۳۳	۲۵	۲۱
۸	تقویت ادغام حمل‌ونقل ترکیبی	۱۱۱۳۶	۸۰۷۵	۲۳	۱۷
۹	افزایش فرصت‌های حمل‌ونقل فعال	۱۱۶۳۰	۱۰۴۵۶	۲۴	۲۲
۱۰	بهبود زمان‌بندی و دسترسی به حمل‌ونقل عمومی	۷۹۳۱	۱۰۱۳۳	۱۷	۲۱
۱۱	کاهش ترافک و تأخیر سفرهای شهری	۱۰۸۷۹	۱۱۲۸۵	۲۳	۲۴
۱۲	افزایش بهره‌وری انرژی در ناوگان حمل‌ونقل عمومی	۷۱۴۹	۷۳۷۵	۱۴	۱۵
۱۳	ارتقای عدالت در دسترسی به حمل‌ونقل عمومی	۱۳۹۳۲	۱۳۴۶۴	۲۹	۲۷
۱۴	سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های پایدار	۷۵۵۵	۹۷۲۷	۱۵	۲۰
۱۵	توسعه خدمات حمل‌ونقل دیجیتال و هوشمند	۱۱۹۷۶	۱۱۳۵۷	۲۴	۲۴
۱۶	افزایش استفاده از حمل‌ونقل اشتراکی و پاک	۱۲۸۹۰	۹۷۳۹	۲۷	۲۱

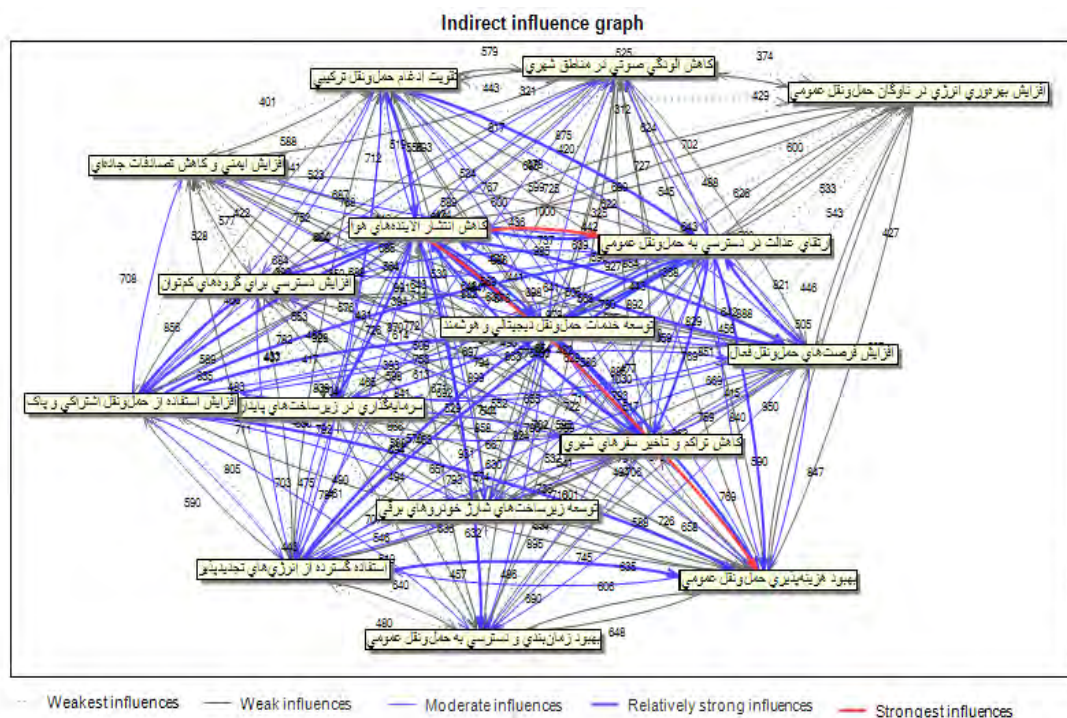
(منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۴)

با توجه به جدول (۴)، نمودار تأثیرات مستقیم و غیرمستقیم نشان‌دهنده روابط میان شاخص‌ها بر اساس شدت تأثیرگذاری آن‌ها است که با خطوط مختلف مشخص شده‌اند. خطوط نقطه‌چین نمایانگر کم‌اثرترین تأثیرات، خطوط مشکی نشان‌دهنده تأثیرات ضعیف و خطوط آبی تأثیرات متوسط را نمایش می‌دهند. همچنین، خطوط آبی پررنگ‌تر تأثیرات نسبتاً قوی و خطوط قرمز قوی‌ترین تأثیرات غیرمستقیم را نشان می‌دهند. این نمودار به‌وضوح شاخص‌های کلیدی و مرکزی را که بیشترین تأثیر را بر سایر شاخص‌ها دارند، مشخص می‌کند و به تحلیل روابط پیچیده و اهمیت نسبی شاخص‌ها در تحلیل ساختاری سیاست‌های حمل‌ونقل پایدار شهری در راستای آینده زیست‌پذیری شهر تهران کمک می‌کند (اشکال ۳ و ۴).



شکل ۳- نمودار تأثیر مستقیم با پوشش ۱۰۰ درصد

(منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۴)



شکل ۴- نمودار تأثیر غیرمستقیم با پوشش ۱۰۰ درصد

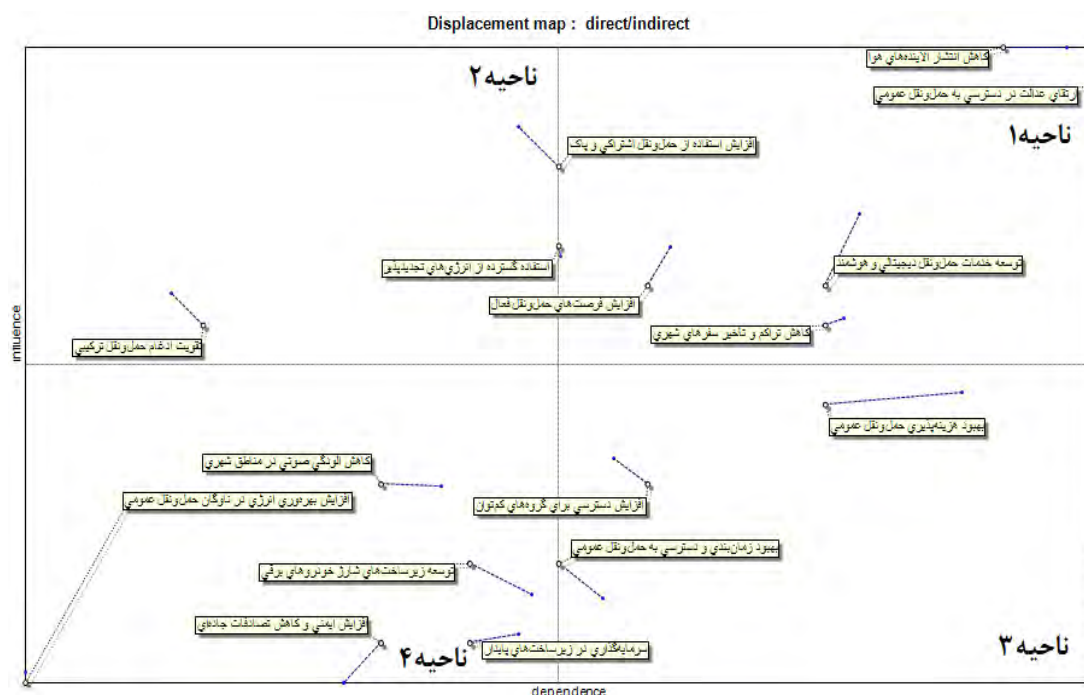
(منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۴)

طبقه‌بندی شاخص‌های پیشران در تأثیرگذاری و تأثیرپذیری: نتایج حاصل با توجه به جدول (۵) نشان داد که شاخص‌های تأثیرگذار در ناحیه ۱ (مستقل) شامل کاهش انتشار آلاینده‌های هوا، کاهش تراکم و تأخیر سفرهای شهری، ارتقای عدالت در دسترسی به حمل‌ونقل عمومی، توسعه خدمات حمل‌ونقل دیجیتال و هوشمند و افزایش استفاده از حمل‌ونقل اشتراکی و پاک هستند که بدون تأثیرپذیری از دیگر شاخص‌ها، بر نواحی دیگر تأثیر می‌گذارند. در ناحیه ۲ (پیوندی)، شاخص‌هایی مانند استفاده گسترده از انرژی‌های تجدیدپذیر و تقویت ادغام حمل‌ونقل ترکیبی وجود دارند که به صورت دوسویه از ناحیه ۱ تأثیر می‌پذیرند و بر ناحیه ۳ تأثیرگذارند. ناحیه ۳ (وابسته) بیشتر تأثیرپذیر است و شامل شاخص‌هایی مانند بهبود هزینه‌پذیری حمل‌ونقل عمومی و بهبود زمان‌بندی و دسترسی به حمل‌ونقل عمومی است که تعامل محدودی با دیگر نواحی دارند. در ناحیه ۴ (خودمختار)، شاخص‌هایی مانند کاهش آلودگی صوتی در مناطق شهری، افزایش ایمنی و کاهش تصادفات جاده‌ای، توسعه زیرساخت‌های شارژ خودروهای برقی و افزایش بهره‌وری انرژی در ناوگان حمل‌ونقل عمومی قرار دارند که تأثیرگذاری و تأثیرپذیری کمی داشته و ارتباطات محدودی با دیگر نواحی دارند (شکل ۵).

جدول ۵- طبقه‌بندی نیروهای پیشران

ناحیه	نوع شاخص‌ها	ویژگی	سمت تأثیرگذاری و تأثیرپذیری	شاخص‌ها
ناحیه ۱	مستقل	فقط تأثیرگذار، بدون تأثیرپذیری از دیگر شاخص‌ها	تأثیرگذاری بر نواحی پیوندی (۲) و وابسته (۳)	کاهش انتشار آلاینده‌های هوا، کاهش تراکم و تأخیر سفرهای شهری، ارتقای عدالت در دسترسی به حمل‌ونقل عمومی، توسعه خدمات حمل‌ونقل دیجیتال و هوشمند، افزایش استفاده از حمل‌ونقل اشتراکی و پاک
ناحیه ۲	پیوندی	تأثیرگذار و تأثیرپذیر، تعامل مستقیم با شاخص‌های دیگر	تأثیرگذاری بر نواحی ۳ و ۴؛ تأثیرپذیری از نواحی ۱ و ۳	استفاده گسترده از انرژی‌های تجدیدپذیر، تقویت ادغام حمل‌ونقل ترکیبی
ناحیه ۳	وابسته	بیشتر تأثیرپذیر، تأثیرگذاری محدود	تأثیرپذیری از نواحی ۱ و ۲؛ تأثیرگذاری محدود بر ناحیه ۴	بهبود هزینه‌پذیری حمل‌ونقل عمومی؛ بهبود زمان‌بندی دسترسی به حمل‌ونقل عمومی
ناحیه ۴	خودمختار	تأثیرگذاری و تأثیرپذیری کم	ارتباطات محدود با نواحی دیگر	کاهش آلودگی صوتی در مناطق شهری، افزایش ایمنی و کاهش تصادفات جاده‌ای، توسعه زیرساخت‌های شارژ خودروهای برقی، افزایش بهره‌وری انرژی در ناوگان حمل‌ونقل عمومی

(منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۴)



شکل ۵- نمودار پراکنش شاخص‌ها در پلان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری

(منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۴)

رتبه‌بندی شاخص‌های تأثیرگذار مستقیم و غیرمستقیم: نتایج در بخش شاخص‌های تأثیرگذار مستقیم، اولویت با کاهش انتشار آلاینده‌های هوا، ارتقای عدالت در دسترسی به حمل و نقل عمومی و افزایش استفاده از حمل و نقل اشتراکی و پاک است که بر بهبود کیفیت محیط‌زیست و عدالت اجتماعی تأکید دارند. در بخش شاخص‌های غیرمستقیم نیز کاهش انتشار آلاینده‌ها، توسعه خدمات حمل و نقل دیجیتال و هوشمند و استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر به عنوان مهم‌ترین عوامل شناخته شده‌اند که بر نوآوری و کاهش اثرات زیست‌محیطی تمرکز دارند. این اولویت‌بندی اهمیت حمل و نقل پایدار و ترکیبی از اقدامات اجتماعی، زیست‌محیطی و فناوری را نشان می‌دهد (جدول ۶).

جدول ۶- رتبه‌بندی شاخص‌های تأثیرگذار مستقیم و غیرمستقیم

رتبه	متغیرهای تأثیرگذار مستقیم	متغیرهای تأثیر غیرمستقیم
۱	کاهش انتشار آلاینده‌های هوا	کاهش انتشار آلاینده‌های هوا
۲	ارتقای عدالت در دسترسی به حمل و نقل عمومی	ارتقای عدالت در دسترسی به حمل و نقل عمومی
۳	افزایش استفاده از حمل و نقل اشتراکی و پاک	افزایش استفاده از حمل و نقل اشتراکی و پاک
۴	استفاده گسترده از انرژی‌های تجدیدپذیر	توسعه خدمات حمل و نقل دیجیتال و هوشمند
۵	افزایش فرصت‌های حمل و نقل فعال	افزایش فرصت‌های حمل و نقل فعال
۶	توسعه خدمات حمل و نقل دیجیتال و هوشمند	استفاده گسترده از انرژی‌های تجدیدپذیر
۷	تقویت ادغام حمل و نقل ترکیبی	تقویت ادغام حمل و نقل ترکیبی
۸	کاهش تراکم و تأخیر سفرهای شهری	کاهش تراکم و تأخیر سفرهای شهری
۹	بهبود هزینه‌پذیری حمل و نقل عمومی	بهبود هزینه‌پذیری حمل و نقل عمومی
۱۰	افزایش دسترسی برای گروه‌های کم‌توان	افزایش دسترسی برای گروه‌های کم‌توان
۱۱	کاهش آلودگی صوتی در مناطق شهری	کاهش آلودگی صوتی در مناطق شهری
۱۲	توسعه زیرساخت‌های شارژ خودروهای برقی	توسعه زیرساخت‌های شارژ خودروهای برقی
۱۳	بهبود زمان‌بندی و دسترسی به حمل و نقل عمومی	بهبود زمان‌بندی و دسترسی به حمل و نقل عمومی
۱۴	افزایش ایمنی و کاهش تصادفات جاده‌ای	افزایش ایمنی و کاهش تصادفات جاده‌ای
۱۵	سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های پایدار	افزایش بهره‌وری انرژی در ناوگان حمل و نقل عمومی
۱۶	افزایش بهره‌وری انرژی در ناوگان حمل و نقل عمومی	افزایش بهره‌وری انرژی در ناوگان حمل و نقل عمومی

(منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۴)

تدوین سناریوهای احتمالی آینده: سناریوهای تدوین شده در محیط نرم‌افزار سناریو ویزارد نشان می‌دهند که در سناریوی خوش‌بینانه، نیروهای مستقل شامل کاهش آلاینده‌ها و عدالت در حمل‌ونقل، همراه با نیروهای پیوندی نظیر انرژی‌های تجدیدپذیر و ادغام حمل‌ونقل ترکیبی، به تعامل مثبت و تحقق اهداف پایداری منجر می‌شوند. در مقابل، در سناریوی بدبینانه، ضعف مدیریت و تعاملات ناکافی باعث ناکارآمدی نیروهای وابسته شامل هزینه‌پذیری و زمان‌بندی حمل‌ونقل و کاهش بهره‌وری نیروهای خودمختار نظیر ایمنی جاده‌ای و کاهش آلودگی صوتی می‌گردد. سناریوی میانه نیز پیشرفت‌های محدود را به دلیل توسعه ناکافی نیروهای پیوندی و وابستگی بالا به سایر نیروها نشان می‌دهد (جدول ۷).

جدول ۷- سناریوهای احتمالی آینده

نیروها / سناریو	خوش‌بینانه	میانه	بدبینانه
نیروهای مستقل	کاهش آلاینده‌ها، عدالت در حمل‌ونقل	کاهش آلاینده‌ها، فرصت‌های حمل‌ونقل فعال	ضعف در کاهش آلاینده‌ها و عدالت در حمل‌ونقل
نیروهای پیوندی	انرژی‌های تجدیدپذیر، ادغام حمل‌ونقل ترکیبی	توسعه ناکافی انرژی‌های نو	تعاملات ضعیف انرژی‌های نو و حمل‌ونقل ترکیبی
نیروهای وابسته	هزینه‌پذیری، زمان‌بندی حمل‌ونقل	دسترسی محدود به حمل‌ونقل عمومی	بهره‌وری کم انرژی، ناکارآمدی زمان‌بندی حمل‌ونقل
نیروهای خودمختار	کاهش آلودگی صوتی، افزایش ایمنی جاده‌ای	پیشرفت کم در ایمنی و بهره‌وری انرژی	کاهش اثرگذاری زیرساخت‌های ایمنی و شارژ خودروهای برقی
نتیجه نهایی سناریو	توسعه پایدار، عدالت اجتماعی، جذب سرمایه‌گذاری	بهبودهای محدود و غیرپایدار در حوزه حمل‌ونقل	نابرابری بیشتر، مشکلات زیست‌محیطی و اجتماعی

(منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۴)

نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادها

حمل‌ونقل پایدار یکی از ارکان حیاتی در برنامه‌ریزی شهری است که می‌تواند به بهبود کیفیت زندگی، کاهش آلودگی‌ها، ارتقاء تاب‌آوری و در نهایت زیست‌پذیری شهری کمک کند. با توجه به رشد سریع جمعیت و افزایش ترافیک در شهر تهران، ضرورت توسعه سیستم‌های حمل‌ونقل پایدار بیش‌ازپیش احساس می‌شود. در این راستا، این پژوهش با هدف تحلیل ساختاری سیاست‌های حمل‌ونقل پایدار شهری و ارزیابی آن در راستای آینده زیست‌پذیری شهر تهران، از رویکرد آینده‌پژوهی بهره گرفته است. بر اساس نتایج این پژوهش، سیاست‌های حمل‌ونقل پایدار می‌توانند به‌طور مستقیم بر بهبود شرایط زیست‌محیطی، کاهش مصرف سوخت، کاهش ترافیک و افزایش دسترسی عادلانه به حمل‌ونقل عمومی تأثیر بگذارند.

نتایج نشان می‌دهد که یکی از اولویت‌های اصلی در توسعه حمل‌ونقل پایدار، کاهش آلاینده‌های هوا در شهرهای بزرگ است. با توجه به آلودگی هوا در تهران، استفاده از فناوری‌های نوین و سیاست‌های مرتبط با کاهش آلاینده‌ها می‌تواند به بهبود کیفیت هوای شهری و ارتقاء سلامت عمومی کمک کند. این یافته‌ها هم‌راستا با مطالعه کانی‌تز (۲۰۲۰)، است که بر لزوم کاهش آلاینده‌ها و هم‌راستایی سیاست‌ها تأکید کرده است. همچنین در مطالعه چاتزیوانو و آلوارز-ایکز (۲۰۲۰)، کاهش انتشار آلاینده‌ها به‌عنوان یکی از مهم‌ترین مؤلفه‌های حمل‌ونقل پایدار مطرح شده است. در تحقیق مشابه فدرا (۲۰۲۱)، به اهمیت کاهش آلاینده‌ها در راستای بهبود کیفیت زندگی و سلامت عمومی اشاره شده که در راستای نتایج تحقیق حاضر است.

دسترسی عادلانه به حمل‌ونقل عمومی یکی دیگر از اجزای کلیدی در تحقق حمل‌ونقل پایدار است که در این پژوهش مورد تأکید قرار گرفته است. یافته‌ها نشان می‌دهند که توسعه سیستم‌های حمل‌ونقل عمومی به‌ویژه در مناطق حاشیه‌ای می‌تواند به کاهش ترافیک، آلودگی و همچنین بهبود شرایط زندگی در مناطق کم‌درآمد کمک کند. این نتایج با مطالعه ژو و همکاران (۲۰۲۲)، هم‌راستا است که بر اهمیت دسترسی عادلانه به سیستم‌های حمل‌ونقل تأکید کرده‌اند. در مطالعه آلونسو و همکاران (۲۰۲۳)، به لزوم توسعه سیستم‌های حمل‌ونقل عمومی در مناطق حاشیه‌ای تأکید شده که مشابه یافته‌های تحقیق حاضر است. همچنین در مطالعه کنی (۲۰۲۰)، به تأثیر مثبت دسترسی به حمل‌ونقل عمومی بر توسعه پایدار شهری اشاره شده که در این پژوهش نیز نتایج مشابهی مشاهده می‌شود.

گسترش حمل‌ونقل اشتراکی و پاک، به‌ویژه در راستای کاهش ترافیک و آلودگی هوا، از دیگر یافته‌های کلیدی پژوهش حاضر است. استفاده از سیستم‌های حمل‌ونقل اشتراکی و پاک می‌تواند به بهبود شرایط زیست‌محیطی و کاهش فشار بر زیرساخت‌های حمل‌ونقل شهری

کمک کند. این یافته‌ها هم‌راستا با نتایج شوبرت و همکاران (۲۰۲۲)، است که بر تأثیرات مثبت سیستم‌های حمل‌ونقل اشتراکی در کاهش مصرف سوخت و آلاینده‌ها تأکید کرده‌اند. همچنین در تحقیق اوکراشوفسکا و همکاران (۲۰۲۰)، به استفاده از فناوری‌های نوین در حمل‌ونقل اشتراکی برای کاهش بار ترافیکی و آلاینده‌ها اشاره شده است. تحقیق مشابه در مطالعات چاتزیوانو و آلواریز-ایکز (۲۰۲۰)، نیز نشان داده‌اند که استفاده از حمل‌ونقل پاک می‌تواند به کاهش مشکلات زیست‌محیطی و بهبود کیفیت زندگی کمک کند.

نتایج این پژوهش نشان می‌دهند که هماهنگی نهادی و تنظیم چارچوب‌های قانونی مناسب برای اجرای سیاست‌های حمل‌ونقل پایدار از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. پژوهش‌های پیشین از جمله ژو و همکاران (۲۰۲۲) و آلونسو و همکاران (۲۰۲۳)، نیز بر لزوم هم‌راستایی و هماهنگی بین نهادهای مختلف برای دستیابی به اهداف حمل‌ونقل پایدار تأکید کرده‌اند. همچنین در مطالعه کانی‌تز (۲۰۲۰)، به اهمیت تنظیم چارچوب‌های قانونی برای بهبود اجرای سیاست‌های حمل‌ونقل پایدار اشاره شده که با نتایج پژوهش حاضر هم‌خوانی دارد. این نتایج نشان می‌دهند که بدون هماهنگی مؤثر بین بخش‌های مختلف، اجرای سیاست‌های حمل‌ونقل پایدار در تهران با چالش‌های جدی مواجه خواهد شد. در نهایت، این پژوهش بر اهمیت آینده‌پژوهی در توسعه سیاست‌های حمل‌ونقل پایدار تأکید می‌کند و نتایج به‌دست‌آمده می‌تواند به سیاست‌گذاران کمک کند تا استراتژی‌های مؤثری برای ارتقاء حمل‌ونقل پایدار و زیست‌پذیری شهری تهران تدوین کنند. بر اساس یافته‌های این تحقیق، می‌توان از فناوری‌های نوین، حمل‌ونقل اشتراکی و پاک و هماهنگی نهادی برای بهبود کیفیت زندگی و کاهش مشکلات زیست‌محیطی تهران بهره برد. پژوهش‌های آتی می‌توانند به‌طور خاص به ارزیابی دقیق‌تر سیاست‌های حمل‌ونقل پایدار در مقیاس‌های محلی و جهانی پرداخته و تأثیرات نوین بر حمل‌ونقل شهری را در عصر دیجیتال و فناوری‌های نوین بررسی کنند.

References:

- Alonso, A., Monzón, A., and Cascajo, R. (2023). Comparative analysis of passenger transport sustainability in European cities. *Ecological Indicators*, 48, 578–592. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.101598>.
- Alyavina, E., Nikitas, A., and Njoya, E.T. (2022). Mobility as a service (MaaS): A thematic map of challenges and opportunities. *Research in Transportation Business and Management*, 43, 100783. <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2022.100783>.
- Azarbarzin, N., & Hosseini Siahgoli, M. (2024). Modeling urban livability indices with an emphasis on sustainable urban transportation: A case study of Ahvaz. *Journal of Geographical Urban Planning Research*, 12(2), 25-43. <https://doi.org/10.22059/jurbangeo.2024.374294.1921>. [In Persian]
- Babaei, Z., Lahijanani, A., & Shojaei, M. (2022). Evaluation of sustainable urban transport management with an environmental sustainability approach: A case study of District 12 of Tehran metropolis. *Journal of Natural Environment*, 75(3), 477-486. <https://doi.org/10.22059/jne.2022.328651.2295>. [In Persian]
- Bayramzadeh, N., Mousavi, M. N. (2024). Investigating the Relationship Between Development and Resource Allocation in the Creation of New Human Settlements During the Years 2011 to 2021 (Case Study: Iran). *Journal of Geography and Environmental Studies*, 13(49), 120-139. <https://sanad.iau.ir/Journal/ges/Article/1107624> [In Persian]
- Camtez, F. (2020). Transferring sustainable urban mobility policies: An institutional perspective. *Transport Policy*, 90, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2020.02.005>.
- Camtez, F., and Alpkokin, P. (2020). Sustainable urban mobility in Istanbul: Challenges and opportunities. *Transport Research Procedia*, 47, 235-245. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.02.018>.
- Charradi, I., Campisi, T., Tesoriere, G., and Abdallah, K.B. (2022). In: A Holistic Approach to SUMP Strategies and Actions in the Post-pandemic and Energy Crisis Era. Springer, Cham, pp. 345–359. https://doi.org/10.1007/978-3-031-10542-5_24.
- Chatzioannou, I., and Alvarez-Icaza, L. (2020). A structural analysis for the categorization of the negative externalities of transport. *Sustainability*, 12(15), 6011. <https://doi.org/10.3390/su12156011>.
- Chatzioannou, I., Nikitas, A., Tzouras, P. G., Bakogiannis, E., Alvarez-Icaza, L., Chias-Becerril, L., Karolemeas, C., Tsigdinos, S., Wallgren, P., and Rexfelt, O. (2023). Ranking sustainable urban mobility indicators and their matching transport policies to support liveable city futures: A MICMAC approach. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 18, 100788. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2023.100788>.
- Elandheraiyan, S. (2024). Smart city infrastructure for sustainable urban mobility. *Journal of Urban Technology and Sustainability*, 31(2), 12-28. <https://doi.org/10.1002/juts.2024.123456>.
- Ebrahimzadeh, I., Mousavi, M. N., & Bagheri Kashkoli, A. (2016). Study of the Effectiveness of Relocation and Transferring of some Functions of Tehran in Organizing the Capital City. *Geopolitics Quarterly*, 12(41), 136–165. <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.17354331.1395.12.41.6.2> [In Persian]
- Errampalli, M., and Patil, G. (2020). Evaluation of integration between public transportation modes for sustainable urban mobility. *Transport Policy*, 91, 23-31. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2020.03.012>.
- Fazlollahi, M. R., & Divandari, H. (2021). Policies and effective components for achieving sustainable transportation with the introduction of practical strategies. *Journal of Civil Engineering and Project Management*, 3(9), 69-83. <https://doi.org/10.1001.1.2676511.1400.3.9.4.5>.

- Fedra, K. (2021). Environmental impact analysis of urban transport systems. *Environmental Systems and Decisions*, 41, 254-272. <https://doi.org/10.1080/01969720490451779>.
- Ghalehtemouri, K. J., Shamsoddini, A., Bayramzadeh, N., & Mousavi, M. N. (2023). Identifying the pleasant sounds in the city's public parks environment (Case study: Mellat riverside park, Urmia). 1., 9(1), 149-165. <https://doi.org/10.25765/sauc.v9i1.690>
- Gholampour, Y., Afzali, K., & Ghanifar, M. H. (2023). Developing transit-oriented development scenarios in Birjand city using a scenario writing approach. *Journal of Geographical Sciences*, 19(42), 1-19. https://journals.iau.ir/article_701470.html. [In Persian]
- Gössling, S. (2022). Urban transport transition: From individual car use to sustainable mobility. *Sustainable Cities and Society*, 85, 103145. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103145>.
- Hamurcu, M., and Eren, T. (2020). Strategic planning based on sustainability for urban transportation. *Sustainable Cities and Society*, 55, 102062. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102062>.
- Hatami, A. (2020). Prioritization of sustainable urban transport modes using the Analytical Hierarchy Process (AHP): A case study of Tehran metropolis. *Road Journal*, 28(104), 35-50. https://www.trafficmag.ir/article_707877.html. [In Persian]
- He, X., and Haasis, H. (2020). A theoretical research framework of future sustainable urban logistics. *Journal of Urban Logistics Research*, 7(3), 205-217. <https://doi.org/10.1016/j.julr.2020.09.007>.
- Khademi, A., Ajae Shokouhi, M., Pourahmad, A., & Rahnama, M. R. (2021). Analysis of sustainable development planning in the central area of Tehran metropolis with a focus on urban transportation (District 12 of Tehran Municipality). *Geography and Urban Space Development Journal*, 8(2), 39-63. <https://doi.org/10.22067/jgusd.2022.47952.0>. [In Persian]
- Ling, Q., Ma, X., and Wu, Y. (2021). Sustainable urban transportation development in China: A case study of a green city. *Environmental Science and Policy*, 121, 34-45. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2021.03.009>.
- Loo, B. P.Y., and Banister, D. (2016). Decoupling transport from economic growth: Extending the debate to include environmental and social externalities. *Journal of Transport Geography*, 57, 134-144. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2016.10.006>.
- Melo, P. C., Graham, D. J., and Brage-Ardao, R. (2013). The productivity of transport infrastructure investment: A meta-analysis of empirical evidence. *Regional Science and Urban Economics*, 43(5), 695-706. <https://doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2013.05.002>.
- Mousavi, M. N., Shirazi, S. A., Nasar-u.-Minallah, M., & Bayramzadeh, N. (2025). Introducing the Mousavi Primate City Index for Iran's Urban System assessment. *GEOGRAPHY, ENVIRONMENT, SUSTAINABILITY*, 18(1), 44-53. <https://doi.org/10.24057/2071-9388-2025-3218>
- Mousavi, M., & Kahaki, F. S. (2016). Priority Assessment of Iranian Islamic Development Indicators in the Realization of Spatial Planning of Khorasan Razavi Province with the Justice Based Approach. *Geography and Development*, 14(45), 93-120. <https://doi.org/10.22111/gdij.2016.2924> [In Persian]
- Mousavi, M., Jafarpour Ghalehtemouri, K., Bagheri Kashkouli, A., & Bayramzadeh, N. (2024). Mitigating development barriers and addressing disparities in border cities of Iran: a comprehensive analysis of border provinces and influential factors. *Geojournal*, 89(4), 1-20. <https://doi.org/10.1007/s10708-024-11181-9>
- Musselwhite, C., Avineri, E., and Susilo, Y. (2021). Restrictions on mobility due to the coronavirus Covid-19: Threats and opportunities for transport and health. *Journal of Transport and Health*, 20, 101042. <https://doi.org/10.1016/j.jth.2021.101042>.
- Nainwal, S. (2021). Sustainable transportation infrastructure for cities: Challenges and best practices. *International Journal of Urban Planning*, 38(4), 451-469. <https://doi.org/10.1016/j.ijup.2021.10.045>.
- Nieuwenhuijsen, M. J. (2020). Urban and transport planning pathways to carbon neutral, liveable and healthy cities; A review of the current evidence. *Environment International*, 140, 105661. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105661>.
- Okraszewska, R., Romanowska, A., Wołek, M., Oskarbski, J., Birr, K., and Jamroz, K. (2018). Integration of a multilevel transport system model into sustainable urban mobility planning. *Sustainability*, 10(2), 479. <https://doi.org/10.3390/su10020479>.
- Politis, I., Georgiadis, G., Nikolaidou, A., and et al. (2021). Mapping travel behavior changes during the COVID-19 lockdown: A socioeconomic analysis in Greece. *European Transport Research Review*, 13(1), 21. <https://doi.org/10.1186/s12544-021-00481-7>.
- Rasoli, N., Mousavi, M., & Houshyar, H. (2020). Explaining Creative Tourism in the City Of Urmia with a Foresight Approach. *Urban Planning Knowledge*, 4(4), 101-116. <https://doi.org/10.22124/upk.2020.15374.1371> [In Persian]
- Schubert, I., and Martinez-Cruz, A. (2022). Structural equation modeling as a route to inform sustainable policies. *Frontiers in Sustainability*, 5, 837427. <https://doi.org/10.3389/frsus.2022.837427>.
- Shakouri, B., & Taram, B. (2024). Explaining the impact and influence of sustainable urban transportation indices on improving citizens' mental health (Case study: District 12 of Tehran). *Traffic Engineering*, 1403(97), 33-46. https://julistb.sinaweb.net/article_717144.html. [In Persian]
- Tikoudis, I., Martinez, L., Farrow, K., García Bouyssou, C., Petrik, O., and Oueslati, W. (2021). Ridesharing services and urban transport CO2 emissions: Simulation-based evidence from 247 cities. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 97, 102923. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2021.102923>.

- Tsigdinos, S., Tzouras, P.G., Bakogiannis, E., Kepaptsoglou, K., and Nikitas, A. (2022). The future urban road: A systematic literature review-enhanced Q-method study with experts. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 102, 103158. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2021.103158>.
- Turner, J., and Smith, R. (2023). Role of smart transport technologies in enhancing urban livability. *Smart Cities Review*, 45, 199-214. <https://doi.org/10.1016/j.scr.2023.102347>.
- Wikantiyoso, R., and Suhartono, H. (2021). Sustainable urban spatial resilience in improving the quality of life. *Sustainable Urban Studies*, 12(2), 143-158. <https://doi.org/10.1016/j.susust.2021.06.014>.



COPYRIGHTS



© Authors retain the copyright and full publishing rights. This is an open access article under the CC BY-NC license:

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

Publisher: Urmia University.

