Journal of Sustainable Energy Systems

Online ISSN: 2980-8693

Home Page: https://ses.ut.ac.ir

The University of Tehran Press

Clarifying the Place of Energy Consumption in The Transport Evaluation Model of The Metropolitan Area Based on Sustainable Development Indicators*

Mohammad Hossein Norouzi[1] | Mohammad Javad Kameli[2] | Jamshid Salehi Sadaghiani[3] | Shahriar Afandizadeh[4]**

1. PhD candidate, Department of Public Administration, Faculty of Management and Economics, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. Email: mh.norouzi@srbiau.ac.ir
2. Coresponding Author, Associate Professor, Department of Public Administration, Amin University of Police Sciences, Tehran, Iran. Email: p.h.d.kameli@gmail.com
3. Professor, Faculty of Management and Accounting, Allameh Tabatabai University, Tehran, Iran. Email: sadaghiani@atu.ac.ir
4. Professor, Department of Transportation, Faculty of Civil Engineering, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran. Email: zargari@iust.ac.ir

ARTICLE INFO

Article type:
Research Paper

Article History:
Received 29 July 2023
Revised 29 September 2023
Accepted 23 October 2023
Published Online 08 August 2024

Keywords:
Energy Consumption,
Metropolitan Area,
Mixed Approach,
Sustainable Development Indicators,
Urban Transportation System Evaluation.

ABSTRACT

Transportation is known as an important energy consumer, and achieving sustainable transportation implies controlling and improving the amount of energy consumption. So, a system for evaluating the urban transportation system based on the principles of sustainability can help to improve the economic, social and environmental indicators. This study was conducted with the aim of clarifying the place of energy consumption in the transportation evaluation model based on sustainable development indicators. This research is applied-developmental in terms of purpose, and in terms of the method and time period of data collection, it is considered a survey-cross-sectional research. Library studies and questionnaires were considered as data collection tools. In the qualitative section by searching, in the period from 2000 to 2023, 41 articles were selected and analyzed. Meta-composite analysis was used to identify the research categories and present the initial model, and 9 components and 53 indicators were identified. Validation and screening of indicators was done with Delphi technique. The participants of this section are 28 experts who were selected using the snowball pattern. Finally, 9 components and 49 indicators were confirmed. In the end, using the process of network analysis, the priority and weight of dimensions, components and indicators were determined. The findings showed that the environmental dimension has 45% and the economic dimension has 36% of the weight of the model. The social dimension is ranked third with 19%. The energy consumption component has the most weight with 17% and its indicators have 3 positions out of the top 10.

Cite this article: Norouzi, M. H.; Kameli, M. J.; Salehi Sadaghiani, J. & Afandizadeh, Sh. (2024). Clarifying the Place of Energy Consumption in The Transport Evaluation Model of The Metropolitan Area Based on Sustainable Development Indicators. *Journal of Sustainable Energy Systems*, 3 (1), 89-112. DOI: http//doi.org/10.22059/ses.2024.378320.1077

© Mohammad Hossein Norouzi, Mohammad Javad Kameli, Jamshid Salehi Sadaghiani, Shahriar Afandizadeh
Publisher: University of Tehran Press.
DOI: http//doi.org/10.22059/ses.2024.378320.1077

* This article is taken from the doctoral dissertation of the first author entitled "Designing an evaluation model of the urban transportation system based on sustainable development indicators (the case study of the metropolitan area of Tehran)" which was done in the Faculty of Management and Economics, Islamic Azad University, Science and Research Branch. It was done under the guidance of Dr. Mohammad Javad Kameli and the advice of Dr. Shahriar Afandizadeh and Dr. Jamshid Salehi Sadghiani.

Introduction

The transportation sector is known as one of the most important energy consumers, and it is obvious that achieving sustainable transportation involves controlling and improving the amount of energy consumption. And sustainable development can help improve the economic, social and environmental indicators of cities in the third millennium. The present study was also conducted with the aim of investigating the place of energy consumption in the transport evaluation model of the metropolitan area based on sustainable development indicators

Matrials and Methods

This research is applied-developmental in terms of its purpose, and survey-cross-sectional in terms of the method and time period of data collection. Library studies and questionnaires were considered as data collection tools. In the qualitative section, 41 articles were selected and analyzed in a targeted way, in the period from 2000 to 2023, by searching databases. Metacomposite analysis was used to identify the basic research categories and present the initial model, and 9 components and 53 indicators were identified for the model. Fuzzy Delphi technique was used to validate and screen the indicators, and the community of participants of this section was 28 experts in the fields of urban planning, transportation, economics, social sciences and environment active in Tehran Municipality, who used the model Snowballs were chosen. Finally, 9 components and 49 indicators were approved. In the final stage, using the network analysis process, priority and weight of dimensions, components and indicators were determined.

Results

The current research has categorized the set of 49 indicators for the evaluation of the transportation system under 9 components that are related to the three dimensions of sustainable development, and based on this, weighting has been done. According to the weighting done, in order to evaluate the sustainability of the transportation system in the metropolitan area, the most important dimension that should be paid attention to is the environmental dimension, to which 45% of the weight of the model is allocated, followed by the economic dimension. 36% of the weight of the model is allocated to it. This issue confirms the conclusion made in the research of the Tehran Urban Research and Planning Center which considered land development to be the priority over other options, including the use of economic tools such as collecting tolls to organize transport in the metropolitan area of Tehran. Was. The social dimension is also ranked third with 19% among the dimensions of sustainable development. The most important component was the energy consumption component, which was able to allocate 17% of the weight of the model.

The same thing applies to the indicators, so that the indicators related to energy consumption are among the top priorities among the indicators of the model. Three per capita indicators of daily fuel consumption, the share of renewable resources in transportation and the consumption of energy carriers are among the top 10 priorities of the indicators, which is in addition to paying attention to the position of the energy consumption component among the components of the model and The weight assigned to it can indicate the importance and special place of paying attention to this component for decision-making and planning in the metropolitan area.

Discussion and Conclusion

This issue is confirmed by other conducted researches which state that the comparison of macro energy indicators between Iran and other countries of the world shows that in the current situation the intensity of energy consumption in Iran (equivalent to 1.76 tons of crude oil per thousand dollars of GDP) is more than four times the global average (0.42) and more than seventeen times that of developed countries (0.1). This inappropriate situation can be seen in various components that are considered as the final levels of consumption, such as construction and housing, transportation and industry. The most important reason for the occurrence of this problem is the low price of energy carriers, which has resulted in the non-use of modern technology in manufacturing plants, construction workshops, the agricultural sector, and the transportation system, and has caused the final per capita The country's energy consumption is much higher than other developing countries.

انتشارات دانشگاه تهران

فصلنامهٔ سیستم‌های انرژی پایدار

سایت نشریه: https://ses.ut.ac.ir

شاپا الکترونیکی: ۸۶۹۳-۲۹۸۰

تبیین جایگاه مصرف انرژی در مدل ارزیابی حمل‌ونقل منطقهٔ کلان‌شهری تهران بر اساس شاخص‌های توسعهٔ پایدار*

محمدحسین نوروزی[۱] | محمدجواد کاملی[۲] | جمشید صالحی صدقیانی[۳] | شهریار افندی‌زاده[۴]

۱. دانشجوی دکتری، گروه مدیریت دولتی، دانشکدهٔ مدیریت و اقتصاد، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. رایانامه: mh.norouzi@srbiau.ac.ir

۲. نویسندهٔ مسئول، دانشیار، گروه مدیریت دولتی، دانشگاه علوم انتظامی امین، تهران، ایران. رایانامه: p.h.d.kameli@gmail.com

۳. استاد، دانشکدهٔ مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبایی، تهران، ایران. رایانامه: sadaghiani@atu.ac.ir

۴. استاد، گروه حمل‌ونقل، دانشکدهٔ مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران. رایانامه: zargari@iust.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
پژوهشی

تاریخ‌های مقاله:
تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۵/۰۷
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۷/۰۷
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۸/۰۱
تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۰۵/۱۸

کلیدواژه:
ارزیابی سیستم حمل‌ونقل شهری،
رویکرد آمیخته،
شاخص‌های توسعهٔ پایدار،
مصرف انرژی،
منطقهٔ کلان‌شهری.

چکیده

حمل‌ونقل از مهم‌ترین مصرف‌کنندگان انرژی شناخته شده و دستیابی به حمل‌ونقل پایدار متضمن کنترل و بهبود میزان مصرف انرژی است. در این مسیر، نظامی برای ارزیابی سیستم حمل‌ونقل شهری مبتنی بر اصول پایداری و توسعهٔ پایدار، می‌تواند به بهبود شاخص‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی شهرها کمک کند. مطالعهٔ حاضر با هدف بررسی جایگاه مصرف انرژی در مدل ارزیابی حمل‌ونقل منطقهٔ کلان‌شهری بر اساس شاخص‌های توسعهٔ پایدار صورت پذیرفت. این پژوهش از نظر هدف، کاربردی- توسعه‌ای و از منظر روش و دورهٔ زمانی گردآوری داده‌ها، پژوهشی پیمایشی- مقطعی محسوب می‌شود. مطالعات کتابخانه‌ای و پرسشنامه به عنوان ابزار گردآوری داده‌ها در نظر گرفته شد. در بخش کیفی با جست‌وجو، در بازهٔ زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۳، ۴۱ مقاله به روش هدفمند انتخاب و تحلیل شدند. برای شناسایی مقوله‌های تحقیق و ارائهٔ مدل اولیه، از تحلیل فراترکیب استفاده شد و ۹ مؤلفه و ۵۳ شاخص شناسایی شد. اعتبارسنجی و غربالگری شاخص‌ها با تکنیک دلفی انجام شد. مشارکت‌کنندگان این بخش ۲۸ نفر خبره بوده که با الگوی گلوله برفی انتخاب شدند. درنهایت، ۹ مؤلفه و ۴۹ شاخص تأیید شدند. در پایان، با استفاده از فرایند تحلیل شبکه اولویت و وزن ابعاد، مؤلفه‌ها و شاخص‌ها تعیین شد. یافته‌ها نشان داد بعد زیست‌محیطی دارای ۴۵ درصد وزن مدل است و بعد اقتصادی، ۳۶ درصد وزن مدل را دارد. بعد اجتماعی با ۱۹ درصد در جایگاه سوم قرار گرفته است. مؤلفهٔ مصرف انرژی با ۱۷ درصد بیشترین وزن را داشته و شاخص‌های آن ۳ جایگاه از ۱۰ جایگاه برتر را داشتند.

استناد: نوروزی، محمدحسین؛ کاملی، محمدجواد؛ صالحی صدقیانی، جمشید و افندی‌زاده، شهریار. (۱۴۰۲). تبیین جایگاه مصرف انرژی در مدل ارزیابی حمل‌ونقل منطقهٔ کلان‌شهری تهران بر اساس شاخص‌های توسعهٔ پایدار. *فصلنامهٔ سیستم‌های انرژی پایدار*، ۳ (۱) ۸۹-۱۱۲ . DOI: http//doi.org/10.22059/ses.2024.378320.1077

© محمدحسین نوروزی، محمدجواد کاملی، جمشید صالحی صدقیانی، شهریار افندی‌زاده

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

DOI: http//doi.org/10.22059/ses.2024.378320.1077

* این مقاله برگرفته از رسالهٔ دکترای نویسندهٔ نخست با عنوان « طراحی مدل ارزیابی سامانهٔ حمل‌ونقل شهری بر اساس شاخص‌های توسعهٔ پایدار (مورد مطالعه: منطقهٔ کلان‌شهری تهران)» به راهنمایی دکتر محمدجواد کاملی و مشاورهٔ دکتر شهریار افندی‌زاده و دکتر جمشید صالحی صدقیانی در دانشکدهٔ مدیریت و اقتصاد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران است.

۱. مقدمه

امروزه توجه به انرژی جایگاه ویژه‌ای را در نگاه ملی و بین‌المللی کشورهای جهان به خود اختصاص داده است. آگاه بودن از روند مصرف انرژی برای انجام بسیاری از برنامه‌ریزی‌های مرتبط با زمینه‌های اقتصادی و حتی سیاسی دارای اهمیت است. نظر به حساسیت‌هایی که به لحاظ اجتماعی و اقتصادی بر انرژی و استفادهٔ بی‌رویه از منابع فسیلی مترتب است، بسیاری از کشورها در صدد اتخاذ راهکارهایی با هدف کاهش مصرف انرژی و همچنین، هزینه‌های تولید و در کنار آن افزایش رفاه عمومی با پیاده‌سازی سیاست‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی هستند. در این میان، حمل‌ونقل یکی از مصرف‌کنندگان مهم حامل‌های انرژی که عموماً منشأ فسیلی دارند به شمار می‌رود. با توجه به این مهم و همچنین، لزوم برقراری حمل‌ونقل چه از بعد مسافر و چه از بعد بار، لازم است به شیوه‌های مناسب و دارای کارآمدی بالا روی آورده شود. افزایش وابستگی شهروندان به خودروی شخصی یکی از چالش‌های حیاتی عصر ما است، به طوری که خودروی شخصی یکی از عوامل مهم در مصرف انرژی و همچنین، انتشار آلاینده‌هایی نظیر گاز دی‌اکسید کربن است که تأثیر مخربی بر محیط زیست می‌گذارد. همچنین، مسائل حمل‌ونقل و ترافیک از دیگر معضلات بزرگ جوامع انسانی به‌ویژه در شهرهای بزرگ است. با این‌وجود، آن‌چنان که باید در کانون توجه قرار ندارد و حتی زمانی که برای حل مشکلات و تبعات ناشی از آن، استفاده از سیستم‌های حمل‌ونقل شهری و عمومی پیشنهاد می‌شود، راهکارهای اجرایی بیشتر ناقص و تک‌بعدی است [۱]. منابع اصلی ورودی به بخش حمل‌ونقل انرژی، مصالح برای ساخت‌وساز، وسایل نقلیه و زمین است. بخش حمل‌ونقل در حال حاضر به‌شدت به منابع سوخت فسیلی غیر قابل تجدید به عنوان منبع اصلی انرژی وابسته است. در سال ۲۰۰۸، حمل‌ونقل ۲۷ درصد از مصرف انرژی در جهان را به خود اختصاص داده و ۹۵ درصد از این مقدار توسط موتورهای احتراق داخلی مخصوص سوزاندن سوخت‌های فسیلی مصرف شده است. سیستم حمل‌ونقل برای ساخت/نگهداری زیرساخت‌ها و ساخت وسایل نقلیه/تجهیزات حمل‌ونقل به منابع غیر قابل تجدید و منابع انرژی متکی است. زمین هم ورودی مهمی به سیستم حمل‌ونقل است و تأثیرات منفی زیست‌محیطی تصرف زمین می‌تواند عاملی مهم در تصمیم‌گیری در مورد ادامه یا عدم ادامهٔ پیشرفت‌های زیربنایی باشد [۲].

پیامدها و آثار منفی و زیان‌بار حمل‌ونقل در سال‌های اخیر توجه مدیران شهری را به خود معطوف ساخته و موضوع حمل‌ونقل پایدار به یک مسئلهٔ کانونی مبدل شده است. سیستم‌های جابه‌جایی پایدار شهری یکی از رویکردهای جدیدی است که علاوه بر مسئلهٔ حمل‌ونقل بر ابعاد گوناگون زندگی تأثیر می‌گذارد و سلامت و آسایش عمومی را نیز بهبود می‌بخشد [۳]. بر این‌اساس، بخش حمل‌ونقل شهری به‌ویژه در کلان‌شهرها از جایگاه بسیار مهمی برخوردار است. هنگامی که ناوگان حمل‌ونقل عمومی شهری از روانی و کارایی لازم برخوردار باشد، شهروندان به استفاده از این بخش برای جابه‌جایی‌های درون‌شهری روی می‌آورند که یکی از پیامدهای مستقیم آن، کاهش ترافیک ناشی از خودروهای شخصی است و سرعت دسترسی را افزایش می‌دهد [۴]. حمل‌ونقل پایدار تأثیر شگرفی بر ارتقای کیفیت محیطی فضاهای شهری دارد. این رویکرد، آلودگی صوتی، تصادف‌ها، خطرات سلامت، هزینه‌های رفاه، ازدحام و اتلاف زمان، مصرف سوخت و هزینه‌های انرژی را کاهش می‌دهد. از سوی دیگر امنیت جاده‌ای، کیفیت هوا، سرمایه‌گذاری عمومی، اشتغال محلی و سلامت عمومی را افزایش می‌دهد [۵].

یکی از بخش‌های مهم مصرف‌کنندهٔ انرژی و مولد آلاینده‌ها در کلان‌شهرهای ایران مانند تهران که بیش از دو دهه است جزء آلوده‌ترین شهرهای دنیا تلقی می‌شود، مربوط به حمل‌ونقل شهری است. تغییر رویکرد حمل‌ونقل و نهادینه‌سازی نظام حمل‌ونقل شهری با به‌کارگیری منابع انرژی پاک از ضرورت‌های غیرقابل کتمان است. مشکل اصلی کشور در این حوزه آن است که تمام شهرهای بزرگ کشور وسایل نقلیهٔ شخصی اولویت اول شهروندان است. در راستای حل این مسئله باید به سیستم حمل‌ونقل شهری پایدار روی آورده شود [۶].

مشکل ترافیک و حمل‌ونقل شهری علاوه بر هدررفت وقت شهروندان سبب ایجاد مشکلات زیست‌محیطی و از سوی دیگر، سبب تحمیل شدن بار سنگین اقتصادی بر دوش جامعه و دولت شده است. این مشکلات به دلیل عدم توجه اصولی به زیرساخت‌های شهری و برنامه‌ریزی حمل‌ونقل و همچنین، نبود برنامه‌ریزی و اجرای صحیح در تعیین کاربری زمین و توسعهٔ شهری نادرست از یک طرف و تقاضای زیاد برای تردد با وسایل نقلیهٔ شخصی به دلیل عدم تکافوی سیستم حمل‌ونقل عمومی

شهرها و همچنین، اتخاذ سیاست نادرست در تولید و عرضهٔ وسایل نقلیه از طرف دیگر و مسائل متعدد دیگری ایجاد شده است. براساس آمار ارائه‌شده توسط سازمان حفاظت محیط زیست کشور و نیز شرکت کنترل کیفیت هوای شهر تهران، سهم منابع متحرک (وسایل نقلیه) در تولید آلاینده‌ها (به‌ویژه آلاینده‌های هوا) حدود ۶۰ تا ۷۰ درصد کل آلودگی است. از این‌رو به کار گرفتن سامانه‌ها و روش‌های جدید حمل‌ونقل شهری در شهرهایی که با ترافیک و آلودگی شدید روبه‌رو هستند، جایگاه ویژه و بااهمیتی دارد. از جمله مهم‌ترین راهکارهایی که کارشناسان و صاحب‌نظران برای کمک به حفظ محیط زیست، کاستن از میزان مصرف انرژی و کاهش آلودگی صوتی، بصری و کاهش ترافیک، برای رهایی از این معضلات گریبان‌گیر، مطرح می‌کنند؛ کاهش تعداد سفرهای درون‌شهری با استفاده از وسایل نقلیهٔ شخصی و افزایش استفاده از سیستم حمل‌ونقل عمومی و توسعهٔ فرهنگ پیاده‌روی و دوچرخه‌سواری در شهرها است [۷].

مطالب یادشده فقط معطوف به شهرهای بزرگ و مرزهای سیاسی آن‌هاست، در حالی که رشد جمعیتی و حوزهٔ تأثیرگذاری این شهرها از جمله تهران، منحصر به این مرزهای سیاسی نیست و این شهرها علاوه بر آنکه در محدودهٔ خود، توسعهٔ خارق‌العاده‌ای داشته، گسترش فضایی آن‌ها به خارج از محدوده و مقر طبیعی رسیده و زمین‌های دور و نزدیک را تحت‌الشعاع قرار داده و چندین جامعهٔ انسانی متکی یا وابسته ایجاد شده است. به بیان دیگر، به جای یک نقطهٔ شهری با خصوصیات ویژهٔ شهرهای ایرانی و اسلامی، یک منطقهٔ کلان‌شهری با مجموعه‌ای از شهرک‌های وابسته و پیوسته به شهر تهران به وجود آمده است. منطقهٔ کلان‌شهری به صورت محدوده‌ای جغرافیایی تعریف می‌شود که از یک شهر مرکزی و حداقل ۲ شهر پیرامونی و نواحی روستایی بین آن‌ها تشکیل یافته که تمامی شهرهای پیرامونی آن با شهر مرکزی دارای یکپارچگی اقتصادی، اجتماعی و خدماتی است. در عمل در چندین دههٔ اخیر در اطراف تهران، منطقه‌ای کلان‌شهری شکل گرفته است که شهرهایی از جمله کرج و شهرها و شهرک‌های اطراف آن، اسلامشهر، رباط کریم، شهر قدس، ورامین، پاکدشت، قیامدشت و شهرهای جدید پردیس، پرند و حتی هشتگرد در ذیل این مجموعهٔ کلان‌شهری قرار گرفته‌اند [۶].

با این توضیحات مشخص است که این زمینه وجود داشته است که شهر جدید و شهرهای کوچک و متوسط در حوزهٔ نفوذ یک کلان‌شهر مادر به یک شهر خوابگاهی تبدیل شود که روزانه تعداد زیادی سفر به قصد رفت و برگشت به محل کار را تولید می‌کند. این سفرها به دلیل فاصلهٔ مکانی بین شهر جدید و مادرشهر، موجب افزایش یافتن هزینه‌ها و اتلاف زمان ساکنان این شهرها خواهد شد. درخور یادآوری است که به علت فقدان یک سیستم حمل‌ونقل همگانی دارای کارایی بین مادرشهر و شهر جدید، زندگی در شهرهای جدید با نقش خوابگاهی نیاز به مالکیت وسیلهٔ نقلیهٔ شخصی خواهد داشت [۸].

توسعهٔ پایدار و شاخص‌های مرتبط با آن، هر گزینه‌ای را (که از نظر کارشناسان دارای توجیه فنی باشد) از سه بعد اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی مورد بررسی و ارزیابی قرار می‌دهد و کمک می‌کند که راهکارهایی شناسایی و برگزیده شوند که در عین بهبود سیستم حمل‌ونقل مجموعهٔ مورد نظر، با پایداری توسعه در منطقه هماهنگ باشد. محققان مختلفی، برای شهرهای مختلف و از دیدگاه‌های مختلفی موضوع توسعهٔ پایدار شهرها و شاخص‌های قابل استفاده در سنجش و ارزیابی آن را مورد واکاوی قرار داده‌اند و در این بین مسئلهٔ حمل‌ونقل نیز مورد توجه قرار گرفته است، ولی لازم است این واکاوی و مداقه در خصوص مجموعه کلان‌شهری تهران نیز صورت پذیرد تا شاخص‌های توسعهٔ پایدار متناسب با سیستم حمل‌ونقل این مجموعهٔ کلان‌شهری استخراج و به شکلی کارآمد در اختیار قرار گیرد.

در مجموع، می‌توان گفت که توسعهٔ حمل‌ونقل شهری براساس معیارها و موازین پایداری راهکاری مناسب و البته گریزناپذیر برای حل مسائل و مشکلات جابه‌جایی درون‌شهری است. در این راستا کوشش‌هایی هم در سطح دانشگاهی و هم در سطح مدیریت شهری در کشور صورت پذیرفته است. در مطالعات پیشین بیشتر بر اهمیت مسئلهٔ حمل‌ونقل پایدار شهری تأکید شده و بیشتر جنبهٔ مروری و توصیه‌ای بر مقالات حاکم بوده است. در مقاله‌های کاربردی موجود نیز از مناظر گوناگونی به مسئلهٔ حمل‌ونقل پایدار شهری پرداخته شده و کوشش کرده‌اند تا جنبه‌های گوناگون این شیوه را در دستیابی به اهداف توسعهٔ پایدار شهری و بهبود شاخص‌های کیفیت زندگی آحاد جامعه معرفی کنند. هم‌افزایی نظری و سهم پژوهش حاضر آن است که با نگاهی کلان، دستاوردهای پژوهشی گذشته را به صورتی یکپارچه درآورد و الگویی جامع ارائه دهد، چرا که وجود شکاف پژوهشی

اصلی در این حوزه، نبود مدلی فراگیر برای ارزیابی سیستم حمل‌ونقل شهری است که با رویکردی علمی و آکادمیک بتواند به عنوان ابزاری کاربردی در اختیار مدیران شهری باشد. برای کاهش مشکلات مطرح‌شده، کوشش بر آن است تا مدلی برای ارزیابی سیستم حمل‌ونقل کلان‌شهر تهران با در نظر گرفتن شاخص‌های توسعهٔ پایدار طراحی شود. بر مبنای همین مدل می‌توان به تبیین جایگاه مؤلفه‌های مختلفی که می‌توانند بر پایداری سیستم حمل‌ونقل منطقهٔ کلان‌شهری تأثیرگذار هستند پرداخت که از مهم‌ترین و تأثیرگذارترین مؤلفه‌ها مصرف انرژی است؛ لذا این پژوهش پس از معرفی مدل ارزیابی حمل‌ونقل مجموعهٔ کلان‌شهری بر اساس شاخص‌های توسعهٔ پایدار به صورت مشخص به این پرسش پاسخ می‌دهد که جایگاه مصرف انرژی در مدل ارزیابی سیستم حمل‌ونقل شهری بر اساس شاخص‌های توسعهٔ پایدار در کلان‌شهر تهران چیست؟

آنچه موجب تمایز پژوهش حاضر از سایر تحقیقات و به بیان دیگر، نوآوری آن محسوب می‌شود، این است که نخست نگاه چندبعدی به موضوع ارزیابی سیستم حمل‌ونقل شهری داشته و با بهره‌گیری از شاخص‌های توسعهٔ پایدار، رویکردی چندجانبه به موضوع داشته است. دوم، مطالعات پیشین عمدتاً یا در سطح کشوری انجام شده‌اند و یا ارزیابی‌ها به سطح شهری محدود شده، پژوهش حاضر تلاش کرده تا با توجه به منطقهٔ کلان‌شهری به سطح جدیدتری که شهرهای بزرگ را درگیر کرده است، توجه کند و سوم، با تمرکز بر جایگاه شاخص‌ها و مؤلفه‌های مختلف (و به صورت خاص مؤلفهٔ مصرف انرژی) زمینه را برای تحلیل کاربردی جنبه‌های مختلف موضوع فراهم کند.

۲. مبانی نظری تحقیق

سیستم حمل‌ونقل شهری یکی از مسائل مهمی است که می‌تواند برای وضعیت کلان‌شهرها تعیین‌کننده باشد و در شاخص‌های کیفیت فضای آن تغییراتی ایجاد کند. راه‌ها و سیستم حمل‌ونقل از عناصر مهم موجود در هر شهر هستند که ساختار کلی شهر را شکل می‌دهند. امروزه با رشد روزافزون جمعیت و توسعهٔ ناشی از اتومبیل، حمل‌ونقل و ترافیک یکی از مشکلات شهرها است و تا زمانی که برنامه‌های شهری و طرح‌های سیستم حمل‌ونقل مبتنی بر رفت و آمد خودروها تهیه شوند، دستیابی به سیستم حمل‌ونقل پایدار ممکن نخواهد بود [۹]. از دغدغه‌های مهم جامعهٔ انسانی در کلان‌شهرها، افزایش بی‌رویه جمعیت آن‌ها و سرازیر شدن مهاجران به صورت روزافزون و افزایش سرانهٔ مالکیت وسایل نقلیه در کنار محدودیت منابع موجود است. طبیعی است که رشد مالکیت خودرو، سرعتی بالاتر از میزان تخصیص فضا به معابر و پارکینگ سازه‌ها و احداث آن‌ها دارد. این عدم توازن، به بروز مسائل ترافیکی منجر شده است که معضلات نشئت‌گرفته از سیستم حمل‌ونقل را بیشتر کرده و لزوم تغییر رویکرد سیاست‌گذاری در حمل‌ونقل شهری را در کلان‌شهرها بیش از پیش نمایان کرده است [۱۰]. برای مقابله با مشکلات موجود و دست‌یابی به یک سیستم حمل‌ونقل پایدار مجموعه از اقدامات در دستور کار و پژوهش قرار گرفته است که بخشی از آن به وسایل نقلیه تمرکز می‌کنند و بخشی بر راهکارهای مدیریتی از جمله حمل‌ونقل عمومی و ترغیب به استفاده از خودروهای اشتراکی. مدیران کلان‌شهرها می‌کوشند تا با توسعه و بهبود بخش حمل‌ونقل عمومی، شهروندان را به استفاده بیشتر از این سیستم برای تردد تشویق کنند. با گسترش اثربخش و تقویت زیرساخت‌های حمل‌ونقل شهری می‌توان انتظار داشت که استفاده از خودروهای شخصی برای جابه‌جایی درون‌شهری کاهش یابد و در نتیجه، هم بار ترافیکی کاهش یابد و هم سلامت عمومی بهبود یابد [۱۱]. ناصری و همکاران در پژوهش خود بیان کرده‌اند که تراکم ترافیک یک مشکل مهم در شهرهای شلوغ است که به افزایش زمان سفر، آلودگی هوا و کاهش بهره‌وری منجر می‌شود. خطوط خودروهای پرسرنشین (HOV) به عنوان یک راه حل امیدوارکننده برای مقابله با این مسائل ظاهر شده‌اند. خطوط HOV برای وسایل نقلیه‌ای که چندین مسافر را حمل می‌کنند، مشوق سفر مشترک و کاهش تعداد وسایل نقلیهٔ کم‌سرنشین در جاده است. در شرایطی که محدودیت خطوط در معابر وجود دارد، خطوط HOV می‌تواند به طور قابل توجهی ازدحام ترافیک را کاهش دهد، زمان سفر را بهبود بخشد و آلودگی هوا را کاهش دهد. در این مطالعه به مجموعهٔ شهری تهران- کرج توجه شده و بیان شده که آزادراه تهران- کرج به عنوان اصلی‌ترین و پرترددترین ورودی شهر تهران است که هر روز صبح به سمت تهران و عصرها به سمت کرج ترافیک سنگینی را تجربه می‌کند. در این تحقیق، شرایط ترافیکی این آزادراه در حالت موجود و با حضور خطوط HOV شبیه‌سازی شد و پارامترهای ترافیکی حاصل تحت سناریوهای مختلف ترافیکی مقایسه و تحلیل شد. نتایج این تحقیق نشان داده است که استفاده از خطوط HOV

موجب کاهش ۲۳ درصدی زمان تأخیر سفرها در این خطوط شود که کاهش مصرف انرژی و آلایندگی ناشی از احتراق سوخت را به دنبال دارد [۱۲].

یوسفی و همکاران در پژوهش خود با توجه به این نکته که منابع انرژی تجدیدپذیر کمتر از ۱/۷۳ درصد از بازار انرژی کشورهای در حال توسعه را تشکیل می‌دهند، به موضوع استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر به‌خصوص در منطقهٔ غرب ایران توجه کرده‌اند [۱۳]. کازا در پژوهش خود به فرم شهری و اثر آن بر مصرف انرژی توجه کرده و بیان کرده که انرژی حمل‌ونقل بخش قابل توجهی از مصرف انرژی در اقتصاد ایالات متحده است. در حالی که سیاست‌های مختلفی مانند تغییر ترکیب سوخت و سوخت‌های جایگزین برای کارآمدتر کردن سیستم پیشنهاد شده، کارایی سیاست‌های کاربری اراضی مانند تغییر فرم شهری و تراکم مورد بحث قابل توجهی قرار گرفته است. در این مقاله، از یک مجموعه داده غنی گردآوری‌شده از منابع مختلف برای آزمایش اثربخشی فرم شهری بر مصرف انرژی در بخش حمل‌ونقل استفاده شده است. با استفاده از ویژگی‌های جمعیتی، اقتصادی و منظر، تأثیر ابعاد مختلف فرم شهری بر مصرف انرژی بررسی شده و به این نتیجه رسیده که فرم شهری فشرده و پیوسته با مصرف انرژی کمتر همراه است و از تمرکز جمعیتی مهم‌تر است [۱۴].

هاپکینز و برند در پژوهش خود مسئلهٔ نقش برنامه‌ریزی حمل‌ونقل در مصرف انرژی را مرکز توجه قرار داده‌اند و بیان کرده‌اند که حرکت به نوعی انرژی نیاز دارد. سیستم‌های حمل‌ونقل معاصر به سوخت‌های فسیلی وابسته شده‌اند و حمل‌ونقل جاده‌ای عمدتاً به موتورهای احتراق داخلی بنزین و دیزل وابسته است. تمرکز اولیه بر تأمین انرژی، نقش مهم تقاضای انرژی در تلاش‌ها برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای مرتبط با حمل‌ونقل را نادیده گرفته است، در حالی که می‌تواند هم به تغییرات آب‌وهوایی جهانی و هم به آلودگی محلی هوا کمک کند. این مقاله به راه‌های مختلفی اشاره می‌کند که فرایند برنامه‌ریزی و تصمیم‌های اتخاذشده توسط برنامه‌ریزان (در رابطه با سایر بازیگران) می‌تواند تسلط بر محیط‌های مبتنی بر خودروهای شخصی را تقویت کند، یا به انتقال به سمت یک سیستم متنوع‌تر تحرک کمک کند. بنابراین، کاهش تقاضای انرژی مستلزم حمایت و هماهنگی گروه‌های بازیگر متعدد از جمله حمل‌ونقل و برنامه‌ریزان شهری است. این موضوع نیاز به تفکر خارج از چارچوب دارد، که وضعیت موجود را به چالش بکشد و به دنبال راه‌های جایگزین برای پیکربندی سیستم‌های حمل‌ونقل باشد که انرژی را به حساب می‌آورد، اما همچنین به موضوعات مرتبط دسترسی، برابری، و به‌صرفه بودن برای جمعیت‌های مختلف توجه می‌کند [۱۵].

برند و همکاران در پژوهشی به بررسی سهم کاهش تقاضای انرژی در بخش حمل‌ونقل در تلاش‌های کاهش تغییرات اقلیمی پرداخته‌اند و بیان کرده‌اند که کربن‌زدایی بخش حمل‌ونقل با توجه به تقاضای فزاینده برای تحرک، استفاده از سوخت فسیلی، اتکا به زیرساخت‌های کربن فشرده و سبک زندگی عمیقاً وابسته به خودرو، بی‌شک چالش‌برانگیزترین چالش است. این مقاله از از یک چارچوب مدل‌سازی از پایین به بالا استفاده می‌کند که به طور جامع پتانسیل کاهش تقاضای انرژی مرتبط با حمل‌ونقل را در سطح کشور انگلیس برآورد می‌کند. یافته‌ها نشان می‌دهد کاهش تقاضای انرژی جابه‌جایی تا ۶۱ درصد تا سال ۲۰۵۰ (در مقایسه با سال پایه) بدون به خطر انداختن کیفیت زندگی شهروندان امکان‌پذیر است. این به معنای کاهش انتشار کربن کل تا ۷۲ درصد تا سال ۲۰۵۰ در مقایسه با سال ۲۰۲۰ است که حدود نیمی از این کاهش ناشی از تغییر وسیلهٔ سفر و اجتناب از سفر و جابه‌جایی است و نیمی دیگر ناشی از بهره‌وری انرژی خودرو و برقی‌سازی و همچنین کم کردن تعداد ناوگان خودرو است [۱۶].

افزایش جمعیت منطقهٔ کلان‌شهری، افزایش تردد روزانه بین شهر اقماری و کلان‌شهر مادر را به دنبال دارد که موجب افزایش مصرف سوخت و حامل‌های انرژی (نظیر بنزین، گازوئیل و CNG) می‌شود، به طوری که روزانه حدود ۱۲ میلیون لیتر بنزین در شهر تهران مصرف می‌شود [۶]، پیرو همین موضوع آلودگی هوای کلان‌شهر تهران هم یکی از چالش‌های عمدهٔ مدیریت شهری است. بنا به گزارش شرکت کنترل کیفیت هوای تهران در ۹ ماههٔ اول سال ۲۰۲۳ کلان‌شهر تهران فقط به مدت ۹ روز دارای هوای پاک بوده است. استفاده از داده‌های ماهواره‌ای، داده‌های شهرداری تهران و مطالعهٔ مناطق ۲۲ گانهٔ کلان‌شهر تهران به صورت مکانی‌ـ زمانی نشان می‌دهد با توجه به کاربری مختلط اراضی در کنار رشد لجام‌گسیخته این شهر، ترافیک و آلودگی از مرز بحرانی نیز عبور خواهد کرد و باید مسئلهٔ حمل‌ونقل پایدار در دستور کار مدیران شهری تهران قرار گیرد [۱۷]. شهر و منطقهٔ کلان‌شهری تهران

به‌شدت از مشکلات ناشی از حمل‌ونقل رنج می‌برد و ازدحام ترافیک و شرایط نامناسب تردد تقریباً در تمام معابر اصلی و راه‌های ورودی این شهر قابل مشاهده است. ترافیک و آلایندگی شدید تهران نیازمند بازنگری در وضعیت کنونی حمل‌ونقل است و باید از سیستم‌هایی استفاده شود که با سرعت بیشتر و هزینهٔ کمتر، مصرف سوخت‌های فسیلی را کاهش دهد و انرژی‌های پاک و تجدیدپذیر را جایگزین کند. به دیگر سخن، باید به سوی روش‌های دوست‌دار محیط زیست در حمل‌ونقل حرکت شود [۳]. حمل‌ونقل و ترافیک یکی از معضلات بزرگ کلان‌شهر تهران است، اما نبود یک الگوی مناسب برای مسئلهٔ حمل‌ونقل در این شهر یک خلأ کلیدی است. حتی زمانی که برای حل مشکلات این شهر پیشنهادهایی ارائه می‌شود، این راهکارهای اجرایی اغلب ناقص و تک‌بعدی است و باید مدیران شهر تهران در این زمینه، اندیشهٔ اساسی داشته باشند.

«پایداری» در کاربرد تازهٔ آن نخستین‌بار به وسیلهٔ باربارا وارد[1] و رنه دوبو[2] به سال ۱۹۷۲ در کتابی با عنوان «تنها یک زمین[3]» مطرح شد و پس از آن به سال ۱۹۷۳ در مؤسسهٔ جهانی محیط زیست و توسعه (IIED[4]) مفهوم‌سازی و معرفی شد. در این مفهوم جدید پایداری براساس ابعاد اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی بازتعریف شد [۱۸]. «پایداری فرایندی است که مردم، سیاست‌گذاران، سازمان‌ها، منابع طبیعی و محیط زیست را درگیر می‌کند و تغییرات در رفتار، گرایش‌ها، مدل‌های مصرف، عادت‌های خرید و چگونگی درک و ارزش‌گذاری محیط زیست از سوی جامعه را شامل می‌شود» [۱۹]. جنبش پایداری خیلی زود مفاهیم گوناگون زندگی اجتماعی و سازمانی از جمله مدیریت شهری و به تبع آن، حمل‌ونقل شهری را نیز در بر گرفت. حمل‌ونقل شهری پایدار به عنوان مدیریت نظام‌مند جابه‌جایی شهروندان در سراسر شهر و مکان‌ها و معابر شهری با در نظر گرفتن سه بعد اقتصادی، اجتماعی و محیطی تعریف می‌شود [۲۰].

سازمان توسعه و همکاری‌های اقتصادی (OECD) [5]در سال ۱۹۹۴ حمل‌ونقل پایدار را چنین تعریف کرد: «سیستم حمل‌ونقلی که سلامت عمومی را به مخاطره نمی‌اندازد و جابه‌جایی‌ها، نیازمند سازگاری با استفاده از منابع تجدیدپذیر بوده است». به دیگر سخن، حمل‌ونقل پایدار عبارت از سیاست‌ها و زیرساخت‌هایی جهت توسعهٔ اقتصادی، نگهداشت محیط زیست و برابری اجتماعی با هدف بهینه‌سازی سامانهٔ حمل‌ونقلی جهت دستیابی به هدف‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی بدون مخاطره انداختن نسل‌های آینده حمل‌ونقل پایدار است [۲۱]. بنابراین حمل‌ونقل پایدار شیوه‌ای از حمل‌ونقل است که موجب کاهش آلایندگی هوا، گازهای خطرناک و سایر آلاینده‌ها شود و از سوی دیگر، سبب اقبال به حمل‌ونقل همگانی، دوچرخه‌سواری، پیاده‌روی و فناوری‌های نوین همچون خودروی برقی، هیبریدی و دوگانه‌سوز شود [۲۲]. برنامه‌ریزی حمل‌ونقل پایدار، هدف کاهش عوارض سوء حمل‌ونقل را در حوزه‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی و هماهنگی در توسعهٔ حمل ونقل با دیگر بخش‌های جامعه و منابع دنبال می‌کند. توسعهٔ پایدار و حمل‌ونقل پایدار دارای پیوندهای مشترک بوده و دارای اهداف مشترک هستند [۲].

بنابراین، با در نظر گرفتن مفاهیم گوناگون حمل‌ونقل شهری و تبیین چارچوب مفهومی پایداری حمل‌ونقل در ایران، می‌توان توسعهٔ پایدار و بر اساس آن، حمل‌ونقل پایدار را تلاشی برای متوازن کردن کیفیت‌های محیطی، اجتماعی و اقتصادی در زمان فعلی و آینده دانست [۲۳]. البته با در نظر داشتن یک رویکرد تطبیقی، دستیابی به حمل‌ونقل پایدار در کشورهای مختلف نیازمند توجه به خصوصیات ویژهٔ هر کشور و تفاوت‌های موجود بین مناطق مختلف است [۲۴]. شهرها که مهم‌ترین سکونت‌گاه‌های بشری هستند، جایگاه بااهمیتی برای تحقق توسعهٔ پایدارند.

توزیع دقیق و بهبودیافتهٔ شهرها در عرصهٔ سرزمین و برخوردار کردن آن‌ها از خدمات متناسب با نقش و سلسله‌مراتب عملکردی آن‌ها، علاوه بر افزایش دسترسی ساکنان، می‌تواند ایشان را از سفرهای درون‌شهری زیاد و طولانی بی‌نیاز کند. با ترکیب کردن سیاست‌ها، برنامه‌ریزی شهری و برنامه‌ریزی حمل‌ونقل می‌توان ضمن نگهداشت کیفیت محیط شهری، دسترسی متناسبی برای شهروندان فراهم کرد. لذا پایداری حمل‌ونقل باید به عنوان ابزار دستیابی به توسعهٔ پایدار در شهرها مطرح شود.

1. Barbara Ward
2. Rene Dubos
3. Only One Earth
4. International Institute for Environment and Development, IIED
5. Organization for Economic Co-operation and Development

شبکهٔ حمل‌ونقل در ساختار اجتماعی، اقتصادی و حتی سیاسی و نظامی جوامع امروز به حدی اهمیت دارد که کارشناسان آن را زیربنای توسعهٔ پایدار هر جامعه معرفی می‌کنند. بنابراین، دستیابی به مفهوم حمل‌ونقل پایدار مستلزم شناخت و ارزیابی اثرات متقابل حمل‌ونقل با هر یک از وجوه چندگانهٔ توسعهٔ پایدار اعم از وجوه اقتصادی، نهادی، فنی، اجتماعی، زیست‌محیطی و عملیاتی است. بنابراین در ادامهٔ این مقاله، ابتدا مدل ارزیابی سیستم حمل‌ونقل شهری بر اساس شاخص‌های توسعهٔ پایدار که با بهره‌گیری از ادبیات پژوهش و مبانی نظری موجود طراحی شده است، ارائه می‌شود و در ادامه بر اساس همین مدل نسبت به تبیین جایگاه مصرف انرژی اقدام می‌شود.

۳. مواد و روش‌ها

این مطالعه از منظر هدف یک پژوهش کاربردی- توسعه‌ای است که هدف آن توسعهٔ مدلی برای ارزیابی سیستم حمل‌ونقل شهری بر اساس شاخص‌های توسعهٔ پایدار است. از نظر شیوهٔ گردآوری داده‌ها یک پژوهش پیمایشی- مقطعی بوده و روش تحلیل آن نوعی روش پژوهش آمیخته است که با بهره‌گیری از روش‌های کیفی- کمّی انجام شده است.

در اولین مرحلهٔ پژوهش، با استفاده از روش فراترکیب مقوله‌های ارزیابی سیستم حمل‌ونقل شهری پایدار شناسایی شد. فراترکیب یکی از روش‌های فرامطالعه است که به ارزیابی سایر پژوهش‌های انجام‌شده می‌پردازد و از این منظر با عنوان ارزشیابی ارزشیابی‌ها از آن یاد می‌شود. فراترکیب به منظور یکپارچه کردن مطالعه متعدد برای ایجاد یافته‌های جامع و تفسیری انجام می‌شود [۲۵]. به طور کلی روش فراترکیب، یکی از انواع مطالعهٔ کیفی است که اطلاعات یافته‌های استخراج‌شده از دیگر مطالعات در زمینهٔ موضوع مورد نظر را مورد استفاده قرار می‌دهد. محقق در روش فراترکیب، داده‌های ثانویه مربوطه به نتایج حاصل از سایر مطالعات را برای پاسخ دادن به سؤال مطالعهٔ خود با هم ترکیب کرده و نتیجه‌های جدیدی حاصل می‌کند [۲۶]. برای دستیابی به هدف پژوهش از روش فراترکیب، مطابق شکل ۱ از الگوی سندلوسکی و باروسو[1] [۲۷] استفاده شد.

شکل ۱. الگوی هفت‌مرحله‌ای فراترکیب [۲۷]

تنظیم سؤالات تحلیل: گام اول در روش فراترکیب، تنظیم پرسش‌هاست. چهار پارامتر چه چیزی، چه کسی، چه زمانی و چگونه، مواردی هستند که پرسش‌ها عموماً براساس آن‌ها تنظیم می‌شوند. در گروه‌بندی و تحلیل مطابق جدول ۱، ابعاد مختلف ارزیابی سیستم حمل‌ونقل شهری پایدار در کلان‌شهر تهران مورد سؤال قرار گرفته است.

جدول ۱. پرسش‌های مورد استفاده در فرایند تحلیل

پارامتر	پرسش تحلیل
چه چیزی (What)	مقوله‌های اساسی و زیربنایی مدل ارزیابی سیستم حمل‌ونقل شهری بر اساس شاخص‌های توسعهٔ پایدار کدام‌اند؟
چه کسی (Who)	چه افرادی در ارائهٔ مدل ارزیابی سیستم حمل‌ونقل شهری بر اساس شاخص‌های توسعهٔ پایدار نقش‌آفرین هستند؟
چه محدودهٔ زمانی (When)	آیا تولید و انتشار آثار بین سال‌های محدودهٔ زمانی ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۲ شمسی و ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۳ میلادی انجام شده است؟
چگونه (How)	مقوله‌های مدل ارزیابی سیستم حمل‌ونقل شهری بر اساس شاخص‌های توسعهٔ پایدار چگونه با یکدیگر مرتبط می‌شوند؟

1. Sandelowski & Barroso

بررسی نظام‌مند متون: در دومین گام برای جمع‌آوری داده‌های تحقیق از داده‌های ثانویه به نام اسناد و مدارک گذشته استفاده شده است. این اسناد و مدارک، تمام تحقیقات مرتبط با زمینهٔ ارزیابی سیستم حمل‌ونقل شهری و شاخص‌های توسعهٔ پایدار در منطقه‌ای کلان‌شهری را شامل شده است که در بازهٔ زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۳ منتشر شده‌اند.

موضوع پژوهش حاضر نقطهٔ اشتراک سه موضوع اساسی است که بر مبنای آن می‌تواند با مطالعات گذشته ارتباط برقرار کند: اول، موضوع توسعهٔ پایدار و شاخص‌های آن؛ دوم، موضوع سیستم حمل‌ونقل شهری و مدل‌های ارزیابی آن و سوم، موضوع مجموعه‌های کلان‌شهری و به صورت ویژه مجموعهٔ کلان‌شهری تهران و شهرهای اقماری آن. جست‌وجو در خصوص این سه موضوع، تعداد بسیار زیاد و طیف وسیعی از مطالعات و پژوهش‌ها را فرارو قرار می‌دهد که بررسی دقیق همهٔ آن‌ها نه امکان‌پذیر است و نه هدفمند خواهد بود. برای افزایش هدفمندی بررسی‌ها از تقاطع دو به دو این موضوعات استفاده شد و مطالعات و پژوهش‌های مرتبط شناسایی و بررسی شد.

در این تحقیق، شش پایگاه اطلاعاتی مورد جست‌وجو قرار گرفته که به این شرح است: دو پایگاه دادهٔ غیر ایرانی مد نظر قرار گرفته که Scopus و Proquest بوده‌اند و دو پایگاه دادهٔ ایرانی magiran و SID به منظور شناسایی و گردآوری مطالعات مختلف مورد جست‌وجو قرار گرفت و علاوه بر آن، پایگاه اطلاعات تحقیقات شهرداری تهران و وزارت راه و شهرسازی نیز مورد بررسی قرار گرفت و از نتایج مطالعات معتبر آن دو نهاد استفاده شد. در نتیجهٔ این جست‌وجو که با وارد کردن کلیدواژه‌های مرتبط با ارزیابی سیستم حمل‌ونقل شهری پایدار در فیلد عنوان همراه بود، درمجموع ۴۳ پژوهش یافت و مورد تأیید اولیه واقع شد.

جست‌وجو و انتخاب متون مناسب: در گام سوم از روش CASP استفاده شده و با در نظر گرفتن ۱۰ شرط کیفی، کلیهٔ مقالات از لحاظ کیفی ارزیابی شد. هر یک از مقالات در مواجهه با هر شرط، امتیازی بین ۱ تا ۵ گرفته و آن دسته از مقاله‌هایی که مجموع امتیازهای آن‌ها ۲۱ و بالاتر شده به لحاظ کیفی تأیید و باقی مقالات حذف شده است. فرایند بازبینی و انتخاب در این پژوهش به صورت خلاصه در شکل ۲ نشان داده شده است:

شکل ۲. فرایند بازبینی و انتخاب

در نهایت پس از انجام چهار مرحله پالایش، از میان ۴۳ مطالعه، پس از بررسی همهٔ آن‌ها و مد نظر قرار دادن معیارهای خروجی از منظر معیار محتوا و یا عدم دسترسی، نتیجه‌های مستخرج از ۴۱ مطالعه (شامل ۲۵ مورد پژوهش فارسی و ۱۶ مورد پژوهش انگلیسی) مورد باز بررسی و تحلیل قرار گرفت.

استخراج اطلاعات پژوهش: در چهارمین گام، داده‌های پژوهش‌ها در قالب یک جدول دسته‌بندی شد. این جدول دربرگیرندهٔ این اطلاعات است: اطلاعات شناسنامه‌ای پژوهش: عنوان، نام و نام خانوادگی پدیدآورندگان و سال انتشار. اطلاعات روشی کلیدی: روش و هدف پژوهش. اطلاعات یافته‌های اصلی: نتایج و یافته‌های پژوهش.

تجزیه‌وتحلیل یافته‌های کیفی: در گام پنجم، پژوهشگر طی تجزیه‌وتحلیل، به جست‌وجوی موضوعاتی که در میان مطالعه‌های تأییدشده در فرایند فراترکیب پدیدار شده است، می‌پردازد. این کار تحت عنوان «بررسی موضوعی» شناخته شده است. به محض شناسایی و مشخص شدن موضوع‌ها، بررسی‌کننده اقدام به شکل‌دهی یک طبقه‌بندی می‌کند و موضوع‌های مشابه و مربوط را در یک طبقه‌بندی قرار می‌دهد که بتواند آن را به بهترین شکل توصیف کند. موضوعات چارچوب اساسی و پایه ایجاد توضیحات، الگوها و نظریه‌ها یا فرضیات را شکل می‌دهد. در این پژوهش، ابتدا کلیهٔ عواملی را که از مطالعه‌ها استخراج شد، به عنوان شناسه در نظر گرفته، و بعد با معنای هر یک از آن‌ها مد نظر قرار گرفته و شناسه‌ها در مفهومی مشابه تعریف شدند؛ آن‌گاه مفاهیم مشابه در مقوله‌های تبیین‌گر دسته‌بندی شد تا به این‌ترتیب محورهای تبیین‌کنندهٔ شاخص‌های ارزیابی سیستم حمل‌ونقل شهری پایدار در قالب مقوله‌های اصلی و فرعی پژوهش شناسایی شود.

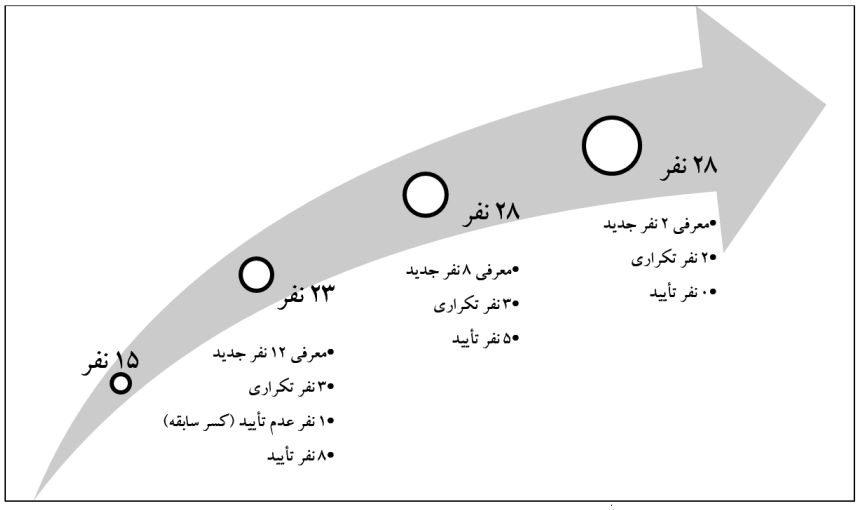
کنترل کیفیت تحلیل: منظور از اعتبار در پژوهش کیفی، مفاهیمی نظیر دفاع‌پذیری، باورپذیری، تصدیق‌پذیری و بازتاب‌پذیری نتایج پژوهش صورت گرفته است. یکی از شاخص‌هایی که برای سنجش اعتبار (پایایی) پژوهش کیفی به کار گرفته می‌شود، ارزیابی دو یا چند سند از نظر ارجاع به یک شاخص مشخص و خاص است. نرم‌افزار Maxqda از چنین قابلیتی برخوردار است و ماهیت صفر و یکی کدها امکان استفاده از شاخص کاپا را فراهم می‌کند. برای ارزیابی کردن پایایی فراترکیب، یک سند انتخاب و در اختیار یکی از خبرگان قرار داده شد. پس از ارزیابی، ضریب کاپا برابر با مقدار ۰/۶۱۱ محاسبه شد که ضریب کاپای بالای ۰/۶ مطلوب است [۲۷]. با این توضیحات مقدار به‌دست‌آمده، حکم به پایایی نتایج پژوهش می‌دهد.

ارائهٔ گزارش و یافته‌های پژوهش: در هفتمین گام از پیاده‌سازی روش فراترکیب، یافته‌هایی که در مراحل قبل حاصل شده است، ارائه و در ادامهٔ آن به شناسایی شاخص‌هایی که پژوهش به دنبال دستیابی به آن بوده است، پرداخته می‌شود.

در مرحلهٔ بعدی این پژوهش، لازم است که شاخص‌ها و مؤلفه‌هایی که در گام قبلی شناسایی شده‌اند، پالایش، ترکیب شوند و در نهایت مؤلفه‌ها و شاخص‌ها معتبر و غربال شده، شناسایی شوند که برای انجام این کار از تکنیک دلفی فازی استفاده شده است. علت استفاده از این روش، اعتبارسنجی و غربالگری مؤلفه‌های احصاشده در بخش کیفی است. از آنجا که پژوهشگر براساس تحقیق و بررسی‌های خود و بعد از پیاده‌سازی روش تحلیل کیفی فراترکیب به مؤلفه‌های نهایی دست یافته است، لذا نظرخواهی و نظرسنجی از خبرگان جهت تأیید و یا رد مؤلفه‌های یادشده حائز اهمیت است. لذا در این پژوهش، پس از تحلیل کیفی فراترکیب، با استفاده از روش دلفی، اقدام به پایش و اعتبارسنجی مؤلفه‌های مستخرج از بخش کیفی می‌شود.

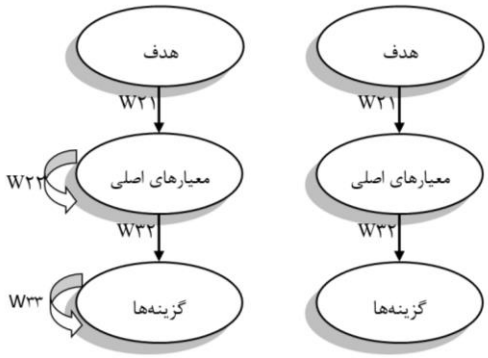
این کار با بهره‌گیری از مشارکت جمعی از خبرگان که در فرایندی مشخص شناسایی می‌شوند، انجام می‌گیرد. تعداد مشارکت‌کنندگان در روش مدل‌سازی ساختاری- تفسیری بین ۵ تا ۲۵ نفر مناسب است. برای این کار ابتدا باید مشخصات خبرگان را تعیین کرد و برای نمونه‌گیری معمولاً از روش‌های نمونه‌گیری غیراحتمالی مانند نمونه‌گیری هدفمند استفاده می‌شود [۲۸]. جامعهٔ کلی مشارکت‌کنندگان در بخش کیفی این پژوهش شامل خبرگان فعال در شهرداری تهران است که با دو شرط داشتن مدرک تحصیلی حداقل کارشناسی ارشد و سابقهٔ کار حداقل ۱۵ سال در شهرداری تهران شناسایی شدند. برای انتخاب خبرگان و استفاده از مشارکت ایشان، از روش‌های غیراحتمالی و هدفمند با الگوریتم گلوله برفی استفاده شده است.

روش انتخاب خبرگان به این صورت بود که ابتدا بر اساس معیارهای مشخص‌شده، ۱۵ نفر خبره در زمینه‌های مرتبط شامل برنامه‌ریزی شهری/شهرسازی، برنامه‌ریزی حمل‌ونقل/ راه و ترابری، علوم اجتماعی، اقتصاد و محیط زیست (هر زمینه ۳ نفر) انتخاب شدند و ضمن پرسشگری از ایشان، در خصوص معرفی افراد خبرهٔ دیگر نیز نظر خواهی شد و پس از تأیید نفرات جدید (از لحاظ تکراری نبودن و احراز شرایط تعیین‌شده برای خبره) پرسشگری از ایشان هم انجام شده و دوباره از نفرات جدید هم خواسته شده است که افرادی را معرفی کنند. این فرایند تا زمان عدم معرفی فرد صاحب شرایط جدید ادامه پیدا کرده است که در مجموع ۲۸ نفر خبره مورد پرسشگری قرار گرفتند. فرایند انتخاب خبرگان در شکل ۴ قابل مشاهده است.



شکل ۳. فرایند انتخاب خبرگان با الگوی گلوله برفی

در مرحلهٔ آخر، از روش فرایند تحلیل شبکه برای تعیین اولویت و اوزان مؤلفه‌ها و شاخص‌های مدل بهره برده شده است. روش فرایند تحلیل شبکه توسط ساعتی[1] به سال ۱۹۸۶ ارائه شد. روش ANP به نوعی تعمیم‌یافته روش AHP است. در خیلی از موارد روابط سلسله‌مراتبی وجود ندارد و روابط درونی بین و درون خوشه‌ها حاکم است. در این شرایط، الگوی سلسله‌مراتبی ساده تغییر شکل داده و به شبکه‌ای از روابط تبدیل می‌شود. از این‌رو به این تکنیک، ANP یا فرایند تحلیل شبکه گفته می‌شود. در شکل ۴ شمای کلی تکنیک‌های AHP و ANP ارائه شده است. در پژوهش حاضر دلیل اصلی استفاده از ANP به جای AHP، این بوده که متغیرها (شاخص‌ها و مؤلفه‌ها) نسبت به هم مستقل نیستند و وابستگی بین آن‌ها وجود دارد و در این شرایط بهتر است که فرایند تحلیل شبکه مورد استفاده قرار بگیرد.



شکل ۴. تصویر کلی تکنیک AHP و ANP [۲۸]

مبنای فرایند ANP بر پایهٔ مقایسه‌های زوجی مبتنی بر دیدگاه خبرگان قرار گرفته است. خبرگان مشارکت‌کننده در این بخش همان خبرگان مشارکت‌کننده در بخش دلف فازی هستند که روش انتخاب و تعداد ایشان قبلاً توضیح داده شد. تشریح روش انجام این پژوهش در قالب چهار گام قابل ارائه است.

گام اول: شناسایی خوشه‌ها

در اولین گام لازم است به شناسایی معیارهای اصلی تصمیم‌گیری پرداخت. برای این هدف، از ادبیات پژوهش یا مواردی مانند تکنیک طوفان مغزی و گروه اسمی استفاده می‌شود که در این پژوهش از روش تحلیل فراترکیب استفاده شده است. در این پژوهش مؤلفه‌ها نقش عناصر را دارند و شاخص‌های ذیل هر مؤلفه، خوشه مربوطه را تشکیل می‌دهند.

1. Saaty

گام دوم: شناسایی روابط درونی

توجه به روابط درونی بین عناصر و خوشه‌ها، امتیاز ویژهٔ تکنیک ANP به تکنیک AHP است. در صورت وجود روابط درونی میان معیارها و زیرمعیارها (مؤلفه‌ها و شاخص‌ها)، این روابط با تکیه بر ادبیات پژوهش یا مدل‌های موجود، شناسایی می‌شوند و بعد این روابط نیز با بهره‌گیری از مقایسه‌های زوجی به مدل وارد می‌شود. شناسایی روابط در پژوهش حاضر، با استفاده از تکنیک DEMATEL استخراج شده است. پس از طی این گام در تکنیک ANP، نتایج در قالب بردار (W_{22}) وارد سوپرماتریس اولیه می‌شود.

گام سوم: مقایسهٔ زوجی عناصر

عناصر هر خوشه با استفاده از تکنیک مقایسهٔ زوجی، اولویت‌بندی و وزن‌دهی می‌شوند. برای مثال، معیارهای اصلی به صورت زوجی مقایسه می‌شوند و اولویت و وزن آن‌ها با محاسبهٔ بردار ویژه مشخص می‌شود (W_{21}). زیرمعیارهای (شاخص‌های) هر معیار (مؤلفه) نیز در خوشهٔ خود با سایر زیرمعیارها (شاخص‌ها) مقایسهٔ زوجی شده و اولویت و زون هریک تعیین می‌شود. خروجی این مرحله هم در قالب بردار (W_{32}) وارد سوپرماتریس اولیه می‌شود.

گام چهارم: تعیین اولویت‌های کلی

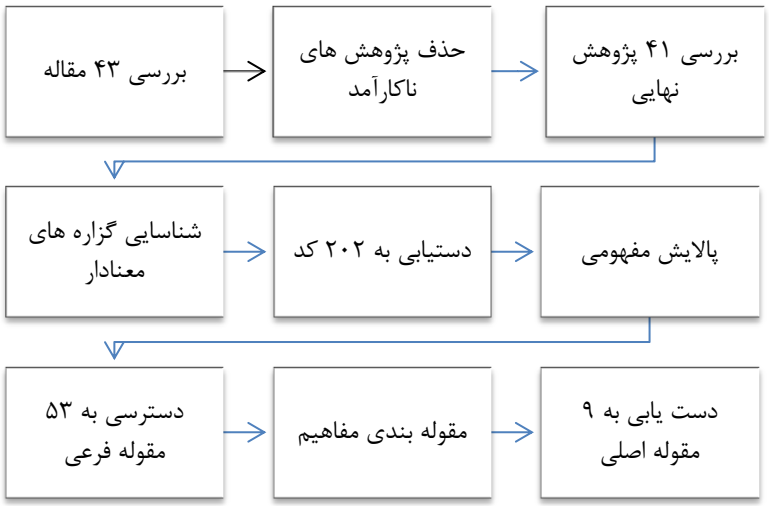
برای معین کردن وزن‌ها و اولویت‌های کلی و روشن کردن روابط بین آن‌ها، اقدام به تشکیل ساختار سوپرماتریس اولیه (ناموزون[1]) می‌شود. طبق نظریهٔ ساعتی، بعد از تشکیل دادن سوپرماتریس اولیه، باید برای تعیین تشکیل سوپرماتریس موزون اقدام کرد. موزون کردن این سوپرماتریس با استفاده از روش نرمال‌سازی خطی انجام می‌شود. وزن نهایی عناصر در پایان مراحل و با تشکیل سوپرماتریس حد[2] می‌تواند محاسبه شود. برای محاسبه کردن سوپرماتریس حد به توان رساندن سوپرماتریس موزون با استفاده از یک عدد بزرگ که بتواند کلیهٔ درایه‌های آن را همگرا کند، کفایت می‌کند. با انجام این کار، تمامی درایه‌های موجود در هر سطر با هم برابر خواهند شد که این عدد یکسان، همان به عنوان وزن نهایی عنصر موجود در آن سطر منظور خواهد شد. در این پژوهش محاسبات مربوط به تکنیک ANP با بهره‌گیری از نرم‌افزار Super Decision به انجام رسیده است [۲۸].

۴. نتایج

همان‌طور که بیان شد، برای انجام بخش کیفی پژوهش، از روش فراترکیب بهره برده شده و هفت مرحلهٔ آن طی شده است. در این فرایند، پس از جست‌وجو در پایگاه‌های اطلاعاتی، در بازهٔ زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۳، تعداد ۴۳ مقاله در زمینهٔ پژوهش یافت شد و در نهایت، ۴۱ مقاله به روش هدفمند انتخاب و وارد مرحلهٔ تحلیل شدند. این ۴۱ مقاله مورد بررسی قرار گرفته و با کدگذاری متون و شناسایی گزاره‌های معنادار، شاخص‌های مختلف مورد اشاره در این پژوهش‌ها، شناسایی شده‌اند.

از بررسی و تحلیل مقالات یادشده، نخست این نتیجه حاصل شد که ابعاد مدل باید منطبق با ابعاد متعارف توسعهٔ پایدار یعنی ابعاد اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی باشد و دوم، برای شناسایی مؤلفه‌ها و شاخص‌ها، تعداد ۲۰۲ کد به دست آمد که در ادامه شاخص‌هایی که هم‌معنا بوده و یا به شکل‌ها و عبارت‌های متفاوت تکرار شده بودند، حذف شدند و در نهایت با مقوله و دسته‌بندی شاخص‌های نهایی، ۹ مقولهٔ اصلی و ۵۳ شناسه (مقولهٔ فرعی) حاصل شد. در این مرحله از کدگذاری، مقوله‌های اصلی و فرعی پژوهش مشخص شدند. یکی از این ۹ مقولهٔ اصلی که به عنوان مؤلفه‌های مدل شناخته می‌شوند، «مصرف انرژی» است که سطح اهمیت این موضوع در ارزیابی سیستم حمل‌ونقل منطقهٔ کلان‌شهری را نشان می‌دهد.

1. Unweighted super matrix
2. Limit super matrix



شکل ۵. الگوریتم خروجی کنترل کیفیت شاخص‌های پژوهش

پس از شناسایی اولیهٔ مؤلفه‌ها و شاخص‌های مدل، لازم است که این عوامل با تکیه بر نظر خبرگان و با روش دلفی اعتبارسنجی و غربالگری شوند. گرچه خبرگان از قابلیت‌ها و توانایی‌های ذهنی خود برای انجام دادن مقایسه بهره می‌برند، اما لازم است به این نکته توجه کرد که پروسهٔ سنتی کمّی کردن نظرات افراد، امکان بازتاب کامل سبک تفکر انسانی را ندارد. به بیان بهتر، بهره‌گیری از مجموعه‌های فازی، بیشتر با توضیحات زبانی و گاهی غیرشفاف انسانی سازگاری دارد و لذا بهتر است که با بهره بردن از مجموعه‌های فازی (به کار گرفتن اعداد فازی) نسبت به انجام پیش‌بینی بلندمدت و اتخاذ تصمیم در دنیای حقیقی اقدام کرد. در مطالعهٔ حاضر، از اعداد فازی مثلثی، برای فازی کردن نظرات خبرگان استفاده شد. نظرات خبرگان در مورد اهمیت هر یک از شاخص‌ها مطابق با طیف فازی ۷ درجه گردآوری و فازی‌سازی شد.

در این پژوهش تکنیک دلفی در سه راند به انجام رسید که نتایج نشان داد در راند سوم فرایند قابل خاتمه یافتن بوده است.

از آنجا که در دور دوم و سوم هیچ‌یک از شاخص‌ها حذف نشد، می‌توان این موضوع را به عنوان یک نشانه برای خاتمهٔ راندهای دلفی دانست، اما ترجیح بر آن است که معیار خاتمهٔ راندها نیز مورد بررسی قرار گیرد. یک روند برای ارزیابی و تشخیص پایان دلفی این است که میانگین امتیازهای دو راند متوالی با یکدیگر مقایسه شوند. اگر تفاوت میان دو مرحله، کوچک‌تر از حد آستانهٔ خیلی کم (۰/۲) باشد، می‌توان فرایند نظرسنجی را متوقف کرد [۲۸]. نتایج بررسی نشان داد بیشینهٔ اختلاف بین دو راند ۲ و ۳ مربوط به شاخص هزینهٔ تأمین ناوگان حمل‌ونقل عمومی (C28) با مقدار ۰/۰۷۷ بوده است که به میزان معناداری کمتر از ۰/۲ است. لذا می‌توان با قاطعیت راندهای دلفی را خاتمه‌یافته تلقی کرد. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده هیچ‌یک از مؤلفه‌ها حذف نشدند و تنها ۴ شاخص حذف شدند. ضمن اینکه هیچ مؤلفه یا شاخصی به این مجموعه افزوده نشد. شاخص‌ها و مؤلفه‌های نهایی در جدول ۲ قابل مشاهده هستند.

در مرحلهٔ آخر، با تکیه بر شاخص‌ها و مؤلفه‌های شناسایی‌شده، اقدام به تعیین وزن و اولویت اجزای مدل ارزیابی سیستم حمل‌ونقل شهری بر اساس شاخص‌های توسعهٔ پایدار شده که نتایج آن در قالب ۴ بخش قابل ارائه است:

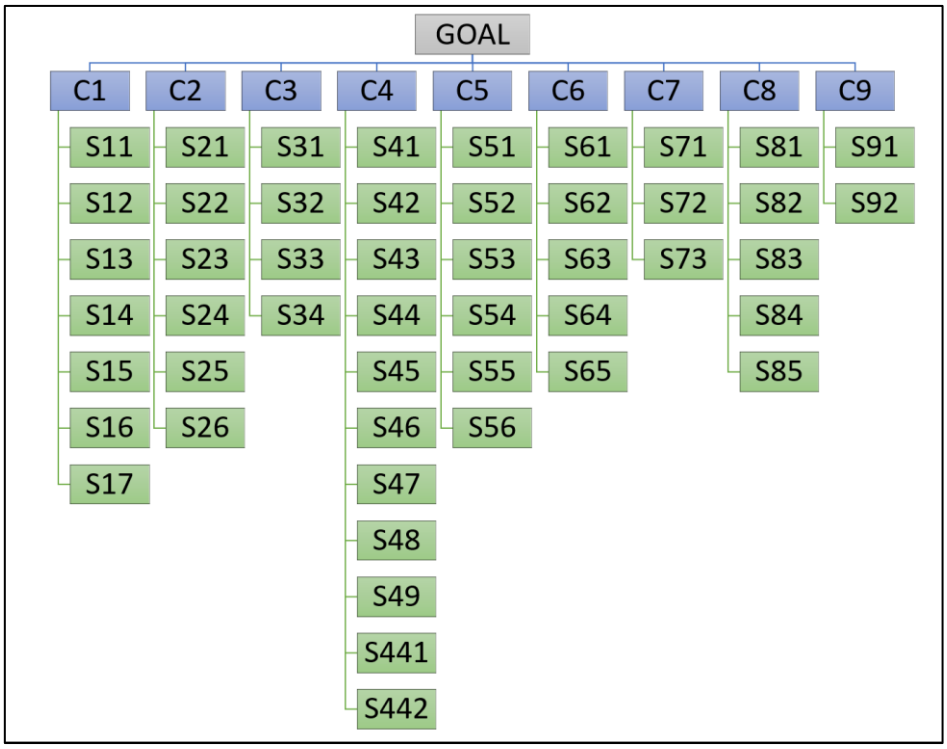
الف) عناصر اصلی و خوشه‌ها

مؤلفه‌های مدل ارزیابی سیستم حمل‌ونقل شهری به عنوان عناصر اصلی و معیارها انتخاب شده‌اند.

برای هریک از این مؤلفه‌ها (معیارها) تعدادی شاخص (زیرمعیار) شناسایی شده است. در مجموع، ۹ معیار اصلی و ۴۹ زیرمعیار به عنوان شاخص‌های ارزیابی سیستم حمل‌ونقل شهری بر اساس توسعهٔ پایدار مورد بررسی قرار گرفت. معیارها و زیرمعیارهای پژوهش در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲. مؤلفه‌ها و شاخص‌های ارزیابی سیستم حمل‌ونقل شهری بر اساس توسعهٔ پایدار

معیارهای اصلی (مؤلفه‌ها)	زیرمعیارها (شاخص‌ها)	نماد
عدالت و دسترسی (C1)	تعداد کل سفرهای به مقصد کلان‌شهر مادر	S11
	سهم حمل‌ونقل همگانی از شیوه‌های سفر موتوری	S12
	سهم جمعیت دارای دسترسی مقبول به حمل‌ونقل همگانی	S13
	کیفیت دسترسی و خدمات حمل‌ونقل عمومی برای توان‌یابان	S14
	سهولت استفاده از سیستم‌های حمل‌ونقل	S15
	اصلاح سامانهٔ حمل‌ونقل همگانی کلان‌شهرها و حومه	S16
	کاهش ترافیک‌های سنگین و شلوغی شهرها	S17
ایمنی سفر (C2)	نرخ تصادفات درون‌شهری بر صدهزار نفر	S21
	تعداد تلفات تصادفات درون‌شهری	S22
	نرخ مجروحان تصادفات درون‌شهری بر صدهزار نفر	S23
	تعداد مجروحان تصادفات درون‌شهری	S24
	سهم تخلفات تخطی از سرعت مجاز در راه‌های شهری	S25
	سهم تخلفات تخطی از سرعت مجاز در راه‌های برون‌شهری	S26
مصرف انرژی (C3)	سرانهٔ مصرف سوخت روزانه	S31
	سهم منابع تجدیدپذیر در حمل‌ونقل	S32
	میزان مصرف حامل‌های انرژی (بنزین و گازوئیل)	S33
	میزان مصرف حامل‌های انرژی (CNG)	S34
هزینه‌های مستقیم و غیرمستقیم (C4)	میانگین زمان سفر در کلان‌شهر مادر	S41
	میانگین زمان سفر در شبکهٔ بین‌شهری	S42
	میزان پیمایش وسایل نقلیهٔ شخصی در شبکه	S43
	متوسط سرعت سفر وسایل نقلیهٔ شخصی در شبکه	S44
	متوسط سرعت سفر وسایل نقلیهٔ همگانی در شبکه	S45
	درصدی از شبکه در حالت کند و بحرانی	S46
	هزینه‌های احداث زیرساخت	S47
	هزینه‌های تأمین ناوگان	S48
	هزینه‌های نگهداشت زیرساخت	S49
	هزینه‌های نگهداشت ناوگان	S441
	جلوگیری از اتلاف زمان شهروندان از حمل‌ونقل	S442
رفاه اقتصادی (C5)	افزایش سرمایه عمومی	S51
	بهره‌وری اقتصادی	S52
	کاهش مالیات	S53
	قیمت‌گذاری کارآمد	S54
	بهبود سطح رفاه عمومی و زندگی شهری	S55
	صرفه‌جویی ارزی و ریالی ناشی از کاهش مصرف سوخت	S56
سازگاری زیست‌محیطی (C6)	کاهش تغییرات اقلیمی	S61
	کاهش آلودگی هوا	S62
	کاهش آلودگی صوتی	S63
	کاهش آلودگی آب	S64
	حفظ محیط زیست برای نسل‌های آتی	S65
بهداشت و سلامت انسانی (C7)	کاهش تصادفات و صدمات جسمی	S71
	افزایش حمل‌ونقل انسان‌محور	S72
	افزایش تحرکات فیزیکی	S73
تولید آلاینده‌ها (C8)	تولید آلاینده‌های مؤثر بر تغییرات اقلیمی	S81
	تولید آلاینده‌های متعارف هوا	S82
	تولید آلاینده‌های آب	S83
	نسبت جمعیت در معرض سطوح بالای آلایندهٔ صوتی	S84
	تعداد روزهای ناسالم، بسیار ناسالم و خطرناک در سال	S85
منابع مصرفی (C9)	زمین تصرف‌شده برای احداث پروژه در خارج کلان‌شهر مادر	S91
	زمین تصرف‌شده برای احداث پروژه در کلان‌شهر مادر	S92



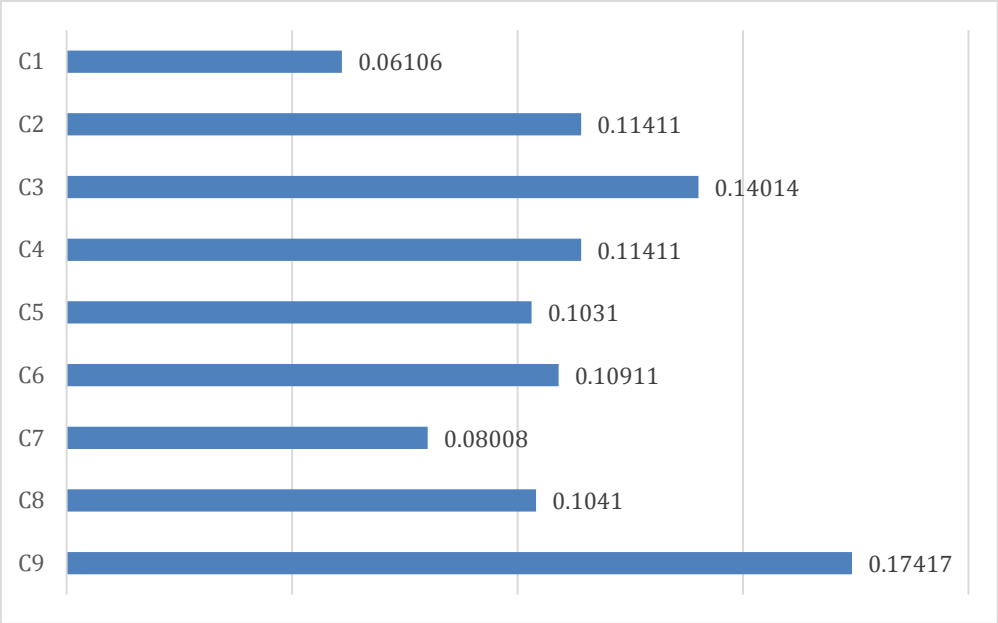
شکل ۶. الگوی شبکهٔ سلسله‌مراتبی ارزیابی سیستم حمل‌ونقل شهری بر اساس توسعهٔ پایدار

درخور یادآوری است مؤلفه‌ها و شاخص‌های (معیارها و زیرمعیارها) پژوهش با اندیس عددی به صورت جدول ۲ مشخص شده‌اند تا طی پژوهش به‌سهولت قابلیت ردیابی و مطالعه داشته باشد. شکل ۶ نشان‌دهندهٔ الگوی شبکه‌ای مدل ارزیابی سیستم حمل‌ونقل شهری بر اساس شاخص‌های توسعهٔ پایدار است. این شکل بیان‌کنندهٔ این است که بر مبنای هدف مقطعی پژوهش که تعیین وزن و اولویت هر یک از شاخص‌ها و مؤلفه‌ها است و برای انجام این کار در سطح اول باید مؤلفه‌ها (معیارها که با اندیس C1 تا C9 معرفی شده‌اند) قرار دارند و در سطح بعدی شاخص‌های (زیرمعیارهای) هر مؤلفه قرار دارد که در قاب‌های سطح دوم با اندیس عددی مشخص شده‌اند.

ب) اولویت معیارهای اصلی (مؤلفه‌ها) براساس هدف

برای انجام دادن فرایند تحلیل شبکه، ابتدا معیارهای اصلی که همان مؤلفه‌های مدل هستند، بر مبنای هدف به صورت زوجی مقایسه شدند. اصولاً در تمامی گام‌های روش ANP رتبه‌بندی از طریق مقایسه‌های زوجی اتفاق می‌افتد. چون ۹ معیار وجود دارد، ۳۶ مقایسهٔ زوجی از دیدگاه خبرگان انجام شد. تجمیع نظرات خبرگان با میانگین‌گیری هندسی انجام شد و برای محاسبهٔ وزن نهایی معیارها مورد استفاده قرار گرفت.

شکل ۷ نشان‌دهندهٔ نتیجهٔ مقایسهٔ زوجی مؤلفه‌های مدل و مبین وزن هر یک از مؤلفه‌هاست. با توجه به اینکه نرخ ناسازگاری مقایسه‌های انجام‌شده معادل ۰/۰۸۴ محاسبه شده و این مقدار کمتر از ۰/۱ است، می‌توان به مقایسه‌های انجام‌شده اعتماد کرد.



شکل ۷. اولویت مؤلفه‌های مدل ارزیابی سیستم حمل‌ونقل شهری بر اساس توسعهٔ پایدار

ج) اولویت شاخص‌ها (زیرمعیارها)

در سومین گام از تکنیک ANP زیرمعیارهای مربوط به هر معیار که شاخص‌های آن مؤلفه در مدل محسوب می‌شوند، به صورت زوجی مقایسه می‌شوند که نتایج آن به شرح زیر است:

- اولویت زیرمعیارهای عدالت و دسترسی

براساس بردار ویژهٔ به‌دست‌آمده

شاخص سهولت استفاده از سیستم‌های حمل‌ونقل با وزن ۰/۲۷۴ در رتبهٔ ۱ قرار دارد.

شاخص تعداد کل سفرهای به مقصد کلان‌شهر مادر با وزن ۰/۱۸۶ در رتبهٔ ۲ قرار دارد.

شاخص سهم حمل‌ونقل همگانی از شیوه‌های سفر موتوری با وزن ۰/۱۷ در رتبهٔ ۳ قرار دارد.

شاخص اصلاح سامانهٔ حمل‌ونقل همگانی کلان‌شهرها و حومه با وزن ۰/۱۴۱ در رتبهٔ ۴ قرار دارد.

شاخص کیفیت دسترسی و خدمات حمل‌ونقل عمومی برای توان‌یابان با وزن ۰/۰۹۹ در رتبهٔ ۵ قرار دارد.

شاخص سهم جمعیت دارای دسترسی مقبول به حمل‌ونقل همگانی با وزن ۰/۰۷۲ در رتبهٔ ۶ قرار دارد.

شاخص کاهش ترافیک‌های سنگین و شلوغی شهرها با وزن ۰/۰۵۹ در رتبهٔ ۷ قرار دارد.

نرخ ناسازگاری ۰/۰۴ به دست آمده، بنابراین مقایسه‌های زوجی قابل اعتماد است.

- اولویت زیرمعیارهای ایمنی سفر

براساس بردار ویژه به‌دست‌آمده

شاخص تعداد مجروحان تصادفات درون‌شهری با وزن ۰/۲۵۹ در رتبهٔ ۱ قرار دارد.

شاخص تعداد تلفات تصادفات درون‌شهری با وزن ۰/۲۴۱ در رتبهٔ ۲ قرار دارد.

شاخص نرخ مجروحان تصادفات درون‌شهری بر صد هزار نفر با وزن ۰/۱۴۸ در رتبهٔ ۳ قرار دارد.

شاخص سهم تخلفات تخطی از سرعت مجاز در راه‌های شهری با وزن ۰/۱۲۴ در رتبهٔ ۴ قرار دارد.

شاخص نرخ تصادفات درون‌شهری بر صد هزار نفر با وزن ۰/۱۱۴ در رتبهٔ ۵ قرار دارد.

شاخص سهم تخلفات تخطی از سرعت مجاز در راه‌های برون‌شهری با وزن ۰/۱۱۳ در رتبهٔ ۶ قرار دارد.

نرخ ناسازگاری ۰/۰۵۱ به دست آمده، بنابراین مقایسه‌های زوجی قابل اعتماد است.

– اولویت زیرمعیارهای مصرف انرژی

براساس بردار ویژه به‌دست‌آمده

شاخص سرانهٔ مصرف سوخت روزانه با وزن ۰/۳۴۷ در رتبهٔ ۱ قرار دارد.

شاخص سهم منابع تجدیدپذیر در حمل‌ونقل با وزن ۰/۳۱۶ در رتبهٔ ۲ قرار دارد.

شاخص میزان مصرف حامل‌های انرژی (بنزین و گازوئیل) با وزن ۰/۲۴۵ در رتبهٔ ۳ قرار دارد.

شاخص میزان مصرف حامل‌های انرژی (CNG) با وزن ۰/۰۹۳ در رتبهٔ ۴ قرار دارد.

نرخ ناسازگاری ۰/۰۲۸ به دست آمده، بنابراین مقایسه‌های زوجی قابل اعتماد است.

– اولویت شاخص‌های مؤلفهٔ هزینه‌های مستقیم و غیرمستقیم

براساس بردار ویژه به‌دست‌آمده

شاخص میانگین زمان سفر در کلان‌شهر مادر با وزن ۱/۵۹۱ در رتبهٔ ۱ قرار دارد.

شاخص هزینه‌های احداث زیرساخت با وزن ۱/۲۴۱ در رتبهٔ ۲ قرار دارد.

شاخص میانگین زمان سفر در شبکهٔ بین شهری با وزن ۱/۰۸۴ در رتبهٔ ۳ قرار دارد.

شاخص متوسط سرعت سفر وسایل نقلیهٔ شخصی در شبکه با وزن ۰/۹۳۹ در رتبهٔ ۴ قرار دارد.

شاخص هزینه‌های نگهداشت ناوگان با وزن ۰/۹۲۳ در رتبهٔ ۵ قرار دارد.

شاخص متوسط سرعت سفر وسایل نقلیهٔ همگانی در شبکه با وزن ۰/۹۱۹ در رتبهٔ ۶ قرار دارد.

شاخص جلوگیری از اتلاف زمان شهروندان از حمل‌ونقل با وزن ۰/۹۱۳ در رتبهٔ ۷ قرار دارد.

شاخص میزان پیمایش وسایل نقلیهٔ شخصی در شبکه با وزن ۰/۹۰۷ در رتبهٔ ۸ قرار دارد.

شاخص درصدی از شبکه در حالت کند و بحرانی با وزن ۰/۸۶۷ در رتبهٔ ۱۰ قرار دارد.

شاخص هزینه‌های تأمین ناوگان با وزن ۰/۸۸۸ در رتبهٔ ۹ قرار دارد.

شاخص هزینه‌های نگهداشت زیرساخت با وزن ۰/۷۸۶ در رتبهٔ ۱۱ قرار دارد.

نرخ ناسازگاری این زیرمعیارها ۰/۰۴۱ به دست آمده، بنابراین مقایسه‌های زوجی قابل اعتماد است.

– اولویت شاخص‌های مؤلفهٔ رفاه اقتصادی

براساس بردار ویژه به‌دست‌آمده

شاخص بهره‌وری اقتصادی با وزن ۰/۲۷۶ در رتبهٔ ۱ قرار دارد.

شاخص کاهش مالیات با وزن ۰/۱۸۳ در رتبهٔ ۲ قرار دارد.

شاخص قیمت‌گذاری کارآمد با وزن ۰/۱۷۱ در رتبهٔ ۳ قرار دارد.

شاخص افزایش سرمایهٔ عمومی با وزن ۰/۱۴۱ در رتبهٔ ۴ قرار دارد.

شاخص صرفه‌جویی ارزی و ریالی ناشی از کاهش مصرف سوخت با وزن ۰/۱۲۳ در رتبهٔ ۵ قرار دارد.

شاخص کاهش تغییرات اقلیمی با وزن ۰/۱۰۶ در رتبهٔ ۶ قرار دارد.

نرخ ناسازگاری ۰/۰۷۵ به دست آمده، بنابراین مقایسه‌های زوجی قابل اعتماد است.

– اولویت شاخص‌های مؤلفهٔ سازگاری زیست‌محیطی

براساس بردار ویژهٔ به‌دست‌آمده

شاخص کاهش تغییرات اقلیمی با وزن ۰/۲۵۷ در رتبهٔ ۱ قرار دارد.

شاخص کاهش آلودگی هوا با وزن ۰/۲۴ در رتبهٔ ۲ قرار دارد.

شاخص کاهش آلودگی صوتی با وزن ۰/۲۲۴ در رتبهٔ ۳ قرار دارد.

شاخص حفظ محیط زیست برای نسل‌های آتی با وزن ۰/۲۱۱ در رتبهٔ ۴ قرار دارد.

شاخص کاهش آلودگی آب با وزن ۰/۰۶۸ در رتبهٔ ۵ قرار دارد.

نرخ ناسازگاری ۰/۰۳۱ به دست آمده، بنابراین مقایسه‌های زوجی قابل اعتماد است.

– اولویت شاخص‌های مؤلفهٔ بهداشت و سلامت انسانی

براساس بردار ویژه به‌دست‌آمده

شاخص کاهش تصادفات و صدمات جسمی با وزن ۰/۶۳۲ در رتبهٔ ۱ قرار دارد.

شاخص افزایش حمل‌ونقل انسان‌محور با وزن ۰/۲۰۵ در رتبهٔ ۲ قرار دارد.

شاخص افزایش تحرکات فیزیکی با وزن ۰/۱۶۴ در رتبهٔ ۳ قرار دارد.

نرخ ناسازگاری ۰/۰۹ به دست آمده، بنابراین مقایسه‌های زوجی قابل اعتماد است.

– اولویت شاخص‌های مؤلفهٔ تولید آلاینده‌ها

براساس بردار ویژه به‌دست‌آمده

شاخص تعداد روزهای ناسالم، بسیار ناسالم و خطرناک در سال با وزن ۰/۲۵۵ در رتبهٔ ۱ قرار دارد.

شاخص تولید آلاینده‌های مؤثر بر تغییرات اقلیمی با وزن ۰/۲۲۳ در رتبهٔ ۲ قرار دارد.

شاخص تولید آلاینده‌های آب با وزن ۰/۲۰۳ در رتبهٔ ۳ قرار دارد.

شاخص نسبت جمعیت در معرض سطوح بالای آلایندهٔ صوتی با وزن ۰/۱۹۷ در رتبهٔ ۴ قرار دارد.

شاخص تولید آلاینده‌های متعارف هوا با وزن ۰/۱۲۲ در رتبهٔ ۵ قرار دارد.

نرخ ناسازگاری ۰/۰۶۴ به دست آمده، بنابراین مقایسه‌های زوجی قابل اعتماد است.

– اولویت شاخص‌های مؤلفهٔ منابع مصرفی

براساس بردار ویژه به‌دست‌آمده

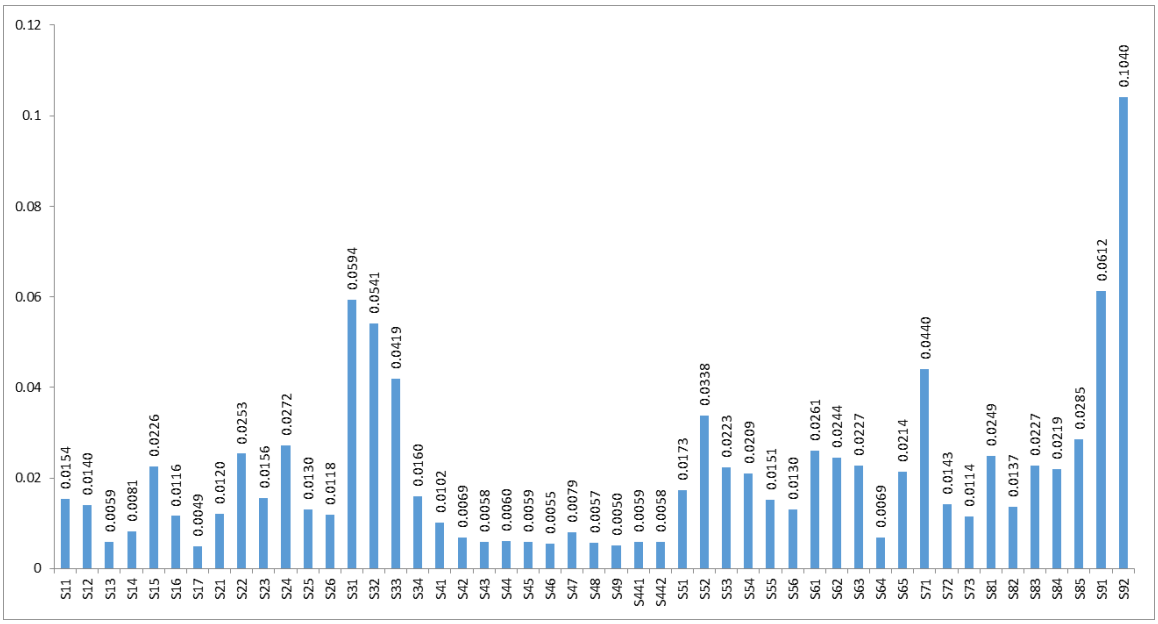
شاخص زمین تصرف‌شده برای احداث پروژه در کلان‌شهر مادر با وزن ۰/۶۳ در رتبهٔ ۱ قرار دارد.

شاخص زمین تصرف‌شده برای احداث پروژه در خارج کلان‌شهر مادر با وزن ۰/۳۷ در رتبهٔ ۲ قرار دارد.

چون یک مقایسهٔ زوجی انجام شده، بنابراین ناسازگاری مصداق ندارد و برابر صفر است.

ه) وزن نهایی شاخص‌ها با تکنیک ANP

اولویت نهایی معیارهای اصلی با اقتباس از ابرماتریس حد در شکل ۸ به ترسیم درآمده است.



شکل ۸. اولویت نهایی شاخص‌های ارزیابی سیستم حمل‌ونقل شهری بر اساس توسعهٔ پایدار

بر اساس همین گام، شکل نهایی مدل که در قالب مدل مفهومی ارائه شد، تدقیق شده و با در نظر گرفتن وزن شاخص‌ها در قالب شکل ۹ قابل نمایش است.

شکل ۹. مدل نهایی ارزیابی سیستم حمل‌ونقل شهری در منطقهٔ کلان‌شهری تهران بر اساس شاخص‌های توسعهٔ پایدار

همان طور که قابل ملاحظه است، یکی از مؤلفه‌های ۹ گانه مدل مصرف انرژی است که در قالب ۴ شاخص نمود عینی یافته است، این ۴ شاخص عبارت‌اند از: شاخص سرانهٔ مصرف سوخت روزانه، شاخص سهم منابع تجدیدپذیر در حمل‌ونقل، شاخص میزان مصرف حامل‌های انرژی (بنزین و گازوئیل)، شاخص میزان مصرف حامل‌های انرژی (CNG).

طبق وزن‌دهی انجام‌شده، برای ارزیابی پایداری سیستم حمل‌ونقل در منطقهٔ کلان‌شهری، مهم‌ترین بعدی که باید به آن توجه شود، بعد زیست‌محیطی است که ۴۵ درصد وزن مدل به آن اختصاص یافته و پس از آن بعد اقتصادی قرار دارد که ۳۶ درصد وزن مدل به آن اختصاص یافته است. این موضوع مؤید نتیجه‌گیری انجام‌شده در پژوهش مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران (۱۳۹۷) است که آمایش سرزمین را مقدم را بر سایر گزینه‌ها از جمله استفاده از ابزارهای اقتصادی مثل اخذ عوارض برای ساماندهی حمل‌ونقل منطقهٔ کلان‌شهری تهران دانسته بود [۲۹]. بعد اجتماعی نیز با ۱۹ درصد در جایگاه سوم بین ابعاد توسعهٔ پایدار قرار گرفته است. البته نتایج برشمرده به این معنا نیست که همهٔ مؤلفه‌ها و شاخص‌های بعد زیست‌محیطی نسبت به مؤلفه‌ها و شاخص‌های دو بعد دیگر رجحان داشته‌اند، بلکه مطابق جدول ۳ می‌توان مشاهده کرد که در وزن‌دهی مؤلفه‌ها، مؤلفه‌هایی از سایر ابعاد هم در اولویت بالا قرار گرفته‌اند، ولی مهم‌ترین مؤلفه، مؤلفهٔ مصرف انرژی بوده است که توانسته ۱۷ درصد وزن مدل را به خود اختصاص دهد.

جدول ۳. وزن مؤلفه‌های مدل

مؤلفه	بعد متناظر	اولویت	وزن
مصرف انرژی	اقتصادی	۱	٪۱۷
منابع مصرفی	زیست‌محیطی	۲	٪۱۶
رفاه اقتصادی	اقتصادی	۳	٪۱۲
تولید آلاینده‌ها	زیست‌محیطی	۴	٪۱۱
ایمنی سفر	اجتماعی	۵	٪۱۱
سازگاری زیست‌محیطی	زیست‌محیطی	۶	٪۱۰
عدالت و دسترسی	اجتماعی	۷	٪۸
هزینه‌های مستقیم و غیر مستقیم	اقتصادی	۸	٪۷
بهداشت و سلامت انسانی	زیست‌محیطی	۹	٪۷

همین موضوع در خصوص شاخص‌ها نیز صدق می‌کند به نحوی که شاخص‌های مرتبط با مصرف انرژی در بین اولویت‌های یادشده در بین شاخص‌های مدل قرار گرفته‌اند که این موضوع را می‌توان در جدول ۴ مشاهده کرد.

همان‌طور که ملاحظه می‌شود، سه شاخص سرانهٔ مصرف سوخت روزانه، سهم منابع تجدیدپذیر در حمل‌ونقل و میزان مصرف حامل‌های انرژی، در بین ۱۰ اولویت برتر شاخص‌ها قرار گرفته‌اند که این امر در کنار توجه به جایگاه مؤلفهٔ مصرف انرژی در بین مؤلفه‌های مدل و وزن اختصاص‌یافته به آن می‌تواند نشان‌دهندهٔ اهمیت و جایگاه ویژه توجه به این مؤلفه برای تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی در منطقهٔ کلان‌شهری باشد.

جدول ۴. ده اولویت برتر شناسایی‌شده بین شاخص‌ها

شاخص	مؤلفهٔ مرتبط	اولویت	وزن
زمین تصرف‌شده (با تغییر کاربری) برای احداث پروژه در کلان‌شهر مادر	منابع مصرفی	۱	٪۱۰,۴
زمین تصرف‌شده (با تغییر کاربری) برای احداث پروژه در خارج کلان‌شهر مادر	منابع مصرفی	۲	٪۶,۱
سرانهٔ مصرف سوخت روزانه (بنزین و CNG)	مصرف انرژی	۳	٪۵,۹
سهم منابع تجدیدپذیر در حمل‌ونقل	مصرف انرژی	۴	٪۵,۴
کاهش تصادفات و صدمات جسمی	بهداشت و سلامت انسانی	۵	٪۴,۴
میزان مصرف حامل‌های انرژی (بنزین و گازوئیل)	مصرف انرژی	۶	٪۴,۲
بهره‌وری اقتصادی	رفاه اقتصادی	۷	٪۳,۴
تعداد روزهای ناسالم، بسیار ناسالم و خطرناک در سال	تولید آلاینده‌ها	۸	٪۲,۸
تعداد مجروحان تصادفات درون‌شهری	ایمنی سفر	۹	٪۲,۷
کاهش تغییرات اقلیمی	سازگاری زیست‌محیطی	۱۰	٪۲,۶

این موضوع مؤید پژوهش‌های انجام‌شدهٔ دیگری است که بیان می‌دارد مقایسهٔ شاخص‌های کلان انرژی بین ایران و سایر کشورهای دنیا نشان می‌دهد در وضعیت کنونی شدت مصرف انرژی ایران (معادل ۱/۷۶ تن نفت خام به ازای هر هزار دلار تولید ناخالص داخلی) بیش از چهار برابر متوسط جهانی (۰/۴۲) و بیش از هفده برابر کشورهای پیشرفته (۰٫۱) است. این وضعیت نامناسب در اجزای مختلفی که به عنوان سطوح نهایی مصرف در نظر گرفته می‌شوند از جمله بخش‌های ساختمان و مسکن، حمل‌ونقل و صنعت نیز قابل مشاهده است. مهم‌ترین دلیل بروز این مسئله، قیمت سطح پایین حامل‌های انرژی است که استفاده نکردن از فناوری روز در کارخانه‌های تولیدی، کارگاه‌های ساختمانی، بخش کشاورزی و سیستم حمل‌ونقل را به دنبال داشته و موجب شده است که سرانه نهایی مصرف انرژی کشور بسیار بالاتر از سایر کشورهای در حال توسعه باشد [۱۰].

۵. نتیجه‌گیری

این پژوهش به دنبال این بود که مشخص کند مصرف انرژی چه نقش و جایگاهی در مدل ارزیابی سیستم حمل‌ونقل منطقهٔ کلان‌شهری تهران بر اساس شاخص‌های توسعهٔ پایدار دارد. به این‌منظور و با توجه به اینکه بررسی مطالعات پیشین نشان داده است

که مدلی همه‌جانبه که بتواند هر سه بعد توسعهٔ پایدار را به صورت هم‌زمان مورد توجه قرار دهد در سطح مناطق کلان‌شهری توسعه نیافته است، لازم بود که ابتدا این مدل ساخته و معرفی شود. مدلی که مبتنی بر شناسایی مقوله‌های اصلی و فرعی با تحلیل پژوهش‌های گذشته به روش فراترکیب شناسایی و ساخته شد، مجموعهٔ ۴۹ شاخص برای ارزیابی سیستم حمل‌ونقل را ذیل ۹ مؤلفه که مرتبط با سه بعد توسعهٔ پایدار هستند دسته‌بندی کرده و بر این اساس، وزن‌دهی را انجام داده است. یکی از مؤلفه‌ها که بیشترین وزن را به خود اختصاص داده و اولویت اول را در بین مؤلفه‌ها داد، مؤلفهٔ مصرف انرژی است که مبیّن این موضوع است که مصرف انرژی نقش و جایگاه بسیار مهمی در ارزیابی سیستم حمل‌ونقل منطقهٔ کلان‌شهری دارد و ۱۷ درصد وزن مدل مرتبط با آن است. به بیان دیگر، این پژوهش نشان داده است که نخست مصرف انرژی در مدل ارزیابی سیستم حمل‌ونقل منطقهٔ کلان‌شهری نقش دارد و دوم مهم‌ترین عامل در ارزیابی سیستم حمل‌ونقل منطقهٔ کلان‌شهری، مصرف انرژی است.

همچنین یافته‌ها نشان داد مؤلفهٔ مصرف انرژی از طریق چهار شاخص سنجیده می‌شود که عبارت‌اند از: شاخص سرانهٔ مصرف سوخت روزانه، شاخص سهم منابع تجدیدپذیر در حمل‌ونقل، شاخص میزان مصرف حامل‌های انرژی (بنزین و گازوئیل)، شاخص میزان مصرف حامل‌های انرژی (CNG). بر همین اساس می‌توان پیشنهاد کرد که پژوهشگران و همچنین مدیران و تصمیم‌گیران حوزهٔ حمل‌ونقل تمرکز ویژه‌ای بر موضوع مصرف انرژی با تکیه بر شاخص‌های چهارگانه آن داشته باشند و با تعریف پژوهش‌های آکادمیک در کنار پروژه‌های میدانی نسبت به بهبود وضعیت سرانهٔ مصرف سوخت در منطقهٔ کلان‌شهری بپردازند و یا با بهره‌گیری از فناوری‌های نوین سهم منابع تجدیدپذیر مورد استفاده برای تأمین انرژی بخش حمل‌ونقل را افزایش دهند.

منابع

[1].Hepburn C, Qi Y, Stern N, Ward B, Xie C, Zenghelis D. Towards carbon neutrality and China's 14th Five-Year Plan: Clean energy transition, sustainable urban development, and investment priorities. Environmental Science and Ecotechnology. 2021; 8:120-130.

[2].Pettersson F, Stjernborg V, Curtis C. Critical challenges in implementing sustainable transport policy in Stockholm and Gothenburg. Cities. 2021; 113:143-153.

[3].Azizian G, Rizvani A, Rajabi A. Presenting the optimal model of urban transportation in Tehran with an emphasis on localized clean energies. Geography and Regional Planning. 2022; 12(46):284-312. [Persian]

[4].Yousefnejad M, Pouratakash M, Siddiqui A. Measuring citizens' satisfaction with public transportation management. Geography and Human Relations. 2022; 5(1):175-195. [Persian]

[5].Bakhshisanjdari R, Daryabari J. Investigating the smartness of urban transportation systems in line with the sustainable development of cities. Urban Economics and Management. 2020; 8(32):31-46. [Persian]

[6].Vosughi R. Rail connection of satellite towns with mother metropolises: dos and don'ts. Tehran: Tehran Urban Research & Planning Center; 2018. [Persian]

[7].Jomepour M, Talebian N. A comparative study of the effect of the metropolis of Tehran on the marginalization of the suburbs (the case study of the cities of Shahryar and Lavasan). Local development (rural-urban). 2018; 10(1):29-48. [Persian]

[8].Hatami-Nejad H, Zamani Z, Haji-Nejad S, Judri M. Pathology of new cities in Iran. Sepehr. 2013; 22(88):17-31. [Persian]

[9].Marzi R, Ghalamro S, Abbaspour G. Evaluation of Kermanshah urban train project based on sustainable urban transportation system. Urban and Regional Policy. 2022; 1(2):66-84 [Persian].

[10]. Parsaeian A. Measuring the impact of the urban transportation system on improving the environmental quality of urban spaces. Urban Futures. 2022; 2(1):79-95. [Persian]

[11]. Mishra R, Rani P, Cavallaro F, Hezam I M, Lakshmi J. An integrated intuitionistic fuzzy closeness coefficient-based OCRA method for sustainable urban transportation options selection. Axioms. 2023; 12(2): 144-165.

[12]. Naseri A, Estelaji F, Samani A, Omidfar R, Zahedi R, Yousefi, H. Simulating the performance of HOV lanes for optimal urban traffic management. Transportation Research Interdisciplinary Perspectives. 2024; 23:1-16.

[13]. Yousefi H, Moradi S, Zahedi R, Ranjbar, Z. Developed analytic hierarchy process and multi criteria decision support system for wind farm site selection using GIS: A regional-scale application with environmental responsibility. Energy Conversion and Management: X. 2024; 22: 1-12.

[14]. Kaza N. Urban form and transportation energy consumption. Energy Policy. 2020; 136:14-28.

[15]. Hopkins D, Branb C. Energy and Transport Planning. International Encyclopedia of Transportation. 2021; 2021:214-219.

[16]. Brand C, Anabel J L, Marsden G. The role of energy demand reduction in achieving net-zero in the UK: Transport and mobility. Conference: ECEEE 2022 Summer Study, At: Hyeres, France. 2022.

[17]. Naderan A, Ghahramanlou A, Safarzadeh M, Javanshir H. Mechanism of influence of urban form and land use on transportation and air pollution of Tehran metropolis. Bagh Nazar. 2022; 19(109):35-46. [Persian]

[18]. Satterthwaite D. Barbara ward and the origins of sustainable development. 1st ed. London: International Institute for Environment and Development (IIED); 2006.

[19]. Hirai T, Comim F. Measuring the sustainable development goals: A poset analysis. Ecological Indicators. 2022; 145: 589-605.

[20]. Gatta V, Marcucci E, Nigro M, Serafini S. Sustainable urban freight transport adopting public transport-based crowdshipping for B2C deliveries. European Transport Research Review. 2019; 11(1): 1-14.

[21]. Goldman T, Gorham R. Sustainable urban transport: Four innovative directions. Technology in society. 2006; 28(1-2): 261-273.

[22]. Diao M. Towards sustainable urban transport in Singapore: Policy instruments and mobility trends. Transport policy. 2019; 81: 320-330.

[23]. Marjani T, Pourabdi M R, Saidi L, Alireza M. Presenting a sustainable technology evaluation model in Tehran's urban transportation field. Urban Economics and Management. 2018; 6 (22): 1-18. [Persian]

[24]. Beck C T. A meta-synthesis of qualitative research. MCN: The American Journal of Maternal/Child Nursing. 2002; 27(4): 214-221.

[25]. Zimmer L. Qualitative meta-synthesis: a question of dialoguing with texts. Journal of advanced nursing. 2006; 53(3): 311-318.

[26]. Finegold-Kant D. A Guide to Qualitative Metasynthesis. 1st ed. Tehran: Hime; 2021 [Persian]

[27]. Sandelowski M, Barroso J. Handbook for synthesizing qualitative research. springer publishing company; 2006.
[28]. Habibi A, Afridi S. Multi-indicator decision-making. 1st ed. Tehran: Naron Publications; 2022. [Persian]
[29]. Tehran Urban Research & Planning Center. Compilation of strategies for managing the effects of satellite cities trips on Tehran city based on collecting tolls and explaining its requirements and methods. Tehran: Tehran Urban Research & Planning Center; 2018 [Persian]