ASPI | Afarand Scholarly Publishing Institute; Turkey
ISSN: 2538-4384; Geographical Researches. 2025;40(4):381-389 10.58209/geores.40.4.381

The Feasibility Indicators of a Low-Carbon City; a Case Study of Tehran Metropolis's District 2

ARTICLE INFO

Article Type
Original Research

Authors
Abdollahzadeh Roodposhti M.[1] *MSc*
Joodaki H.[1]* *PhD*
Adibi Sadinejad F.[1] *PhD*

How to cite this article
Abdollahzadeh Roodposhti M, Joodaki H, Adibi Sadinejad F. The Feasibility Indicators of a Low-Carbon City; a Case Study of Tehran Metropolis's District 2. Geographical Researches. 2025;40(4):381-389.

[1]Department of Geography and Urban Planning, Islamshahr Campus (Is.C.), Islamic Azad University, Islamshahr, Iran

***Correspondence**
Address: Department of Geography and Urban Planning, Islamic Azad University, Islamshahr, Namaz Square, Sayad Shirazi Street, Islamshahr, Iran. Postal Code: 33147-67653
Phone: +98 (21) 56363073
joodakihamidreza7@gmail.com

Article History
Received: November 22, 2025
Accepted: December 29, 2025
ePublished: December 31, 2025

ABSTRACT

Aims Cities, as high-density gathering points (population, energy, and waste), impose enormous demands on the environment and urban resources. Uncontrolled urban expansion, land-use changes, and increased carbon emissions from human activities have created serious challenges to achieving sustainable development. The aim of this study was to evaluate the feasibility indicators of a low-carbon city in District 2 of the Tehran Metropolis.

Methodology This survey research was conducted from April to October 2025 in District 2 of Tehran Metropolis. Using the Morgan table to determine the sample size, 125 experts and urban affairs officials were selected. The analytic hierarchy process was used to analyze the data.

Findings The final scores of the factors affecting air pollution were, respectively, "expansion of modern public transportation" (0.357), "creation of smart infrastructure" (0.243), "creation of green spaces" (0.156), "pedestrian facilities" (0.138), public participation (0.098), and "public education" (0.086). The most appropriate options were "creation of urban green spaces" for the form index, "expansion of modern public transportation" for the transportation and infrastructure index, and "public participation" for the governance index.

Conclusion The expansion of modern public transportation, the creation of smart infrastructure, the creation of green spaces, and also walking facilities are effective in reducing air pollution in District 2 of Tehran Metropolis.

Keywords Air Pollution; Low-Carbon City; Tehran Metropolis

CITATION LINKS

[Asiabanipour, 2014] Evaluation of urban development plans and programs with a zero-carbon approach: A case study ...; [Bambrick *et al.*, 2011] Climate change and health in the urban environment: adaptation opportunities ...; [Chavez & Ramaswami, 2013] Articulating a trans-boundary infrastructure supply chain greenhouse gas emission footprint for cities: Mathematical relationships ...; [Cui & Pan, 2024] An analysis and prediction of carbon emissions in the sphere of consumer ...; [Heinonen & Junnila, 2011] A carbon consumption comparison of rural ...; [Hosseini *et al.*, 2015] Assessment the effect of the indiscriminate spread of cities on environment (case study: Mehr housing project ...; [Hosseinzadeh *et al.*, 2013] The study of synoptic patterns of air pollution ...; [Jabarpour Mehrabad & Abedini, 2023] Evaluation and feasibility study on the implementation of low carbon ...; [Kopnina, 2016] The victims of unsustainability: A challenge to ...; [Liu *et al.*, 2021] Econometric analysis of the impact of the urban population size on carbon dioxide (CO2) ...; [Liu *et al.*, 2021] Exploring spatial characteristics of city-level CO2 emissions in China and their influencing factors from global ...; [Lutfi *et al.*, 2016] Urban design criteria for ...; [Malekpour Asl & Boostani, 2022] Collaborative planning approach to achieve low-carbon city ...; [Mehdizadeh *et al.*, 2014] Developing a model of low-carbon cities to reduce climate change and development (case study ...; [Mofidi, 2017] Developing principles and indicators for designing low-carbon urban neighborhoods: A case study of Tajrish ...; [Moradi & Charejo, 2021] Strategic planning of sustainable urban development with special approach to low carbon city (case ...; [Mousavi Sarvineh Baghi, 2014] Development of an urban design guide for healthy urban development with a carbon reduction approach, Case ...; [Noorian *et al.*, 2012] Analysis of the effects of land use and transportation network on greenhouse gas emissions with a low ...; [Qoreishi *et al.*, 2014] Environmental impacts ...; [Sarkodie *et al.*, 2020] Global effect of urban sprawl, industrialization, trade and economic development on ...; [Sheikhi *et al.*, 2022] Developing conceptual and evaluative model of ...; [Shi *et al.*, 2020] Effects of urban forms on CO2 emissions in China from a ...; [Soytas *et al.*, 2007] Energy consumption, income, and carbon emissions ...; [Tian *et al.*, 2016] The terrestrial biosphere as a net source of greenhouse gases ...; [Tigges *et al.*, 2017] Modeling above-ground carbon storage: A remote sensing approach to derive individual tree species information ...; [Wang *et al.*, 2019] Analysis of NOx pollution characteristics in the atmospheric environment ...; [Wentong & Hu, 2010] Planning strategy and practice of lowcarbon city construction, development ...; [Xi *et al.*, 2016] Carbon emissions and low-carbon regulation countermeasures of land use change in the city and town concentrated area of central ...; [Yang *et al.*, 2018] Global distribution and evolvement of urbanization and ...; [Zhu *et al.*, 2021] Unprecedented decarbonization of China's power system in the ...;

Copyright© 2025, the Authors | Publishing Rights, ASPI. This open-access article is published under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License which permits Share (copy and redistribute the material in any medium or format) and Adapt (remix, transform, and build upon the material) under the Attribution-NonCommercial terms.

شاخص‌های تحقق‌پذیری شهر کم‌کربن؛ مطالعه موردی منطقه ۲ کلانشهر تهران

مصطفی عبداله‌زاده رودپشتی MSc
گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، واحد اسلامشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، اسلامشهر، ایران
حمیدرضا جودکی* PhD
گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، واحد اسلامشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، اسلامشهر، ایران
فاطمه ادیبی سعدی‌نژاد PhD
گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، واحد اسلامشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، اسلامشهر، ایران

چکیده
اهداف: شهرها به عنوان نقاط تجمع با تراکم بالا (جمعیت، انرژی و زباله)، تقاضای بسیار زیادی را بر محیط زیست و منابع شهری تحمیل می‌کنند. گسترش بی‌رویه شهرها، تغییرات کاربری اراضی و افزایش انتشار کربن ناشی از فعالیت‌های انسانی، چالش‌هایی جدی برای دستیابی به توسعه پایدار ایجاد کرده است. هدف این پژوهش، ارزیابی شاخص‌های تحقق‌پذیری شهر کم‌کربن در منطقه ۲ کلانشهر تهران بود.
روش‌شناسی: این پژوهش پیمایشی در بازه زمانی فروردین تا مهر ماه ۱۴۰۴ در منطقه ۲ کلانشهر تهران انجام شد. با تعیین حجم نمونه با استفاده از جدول مورگان، ۱۲۵ متخصص و مسئول امور شهری انتخاب شدند. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از روش تحلیل سلسله‌مراتبی استفاده شد.
یافته‌ها: امتیاز نهایی عوامل موثر در کاهش آلودگی هوا به ترتیب "گسترش حمل و نقل عمومی مدرن" (۰/۳۵۷)، "ایجاد زیرساخت‌های هوشمند" (۰/۲۴۳)، "ایجاد فضاهای سبز" (۰/۱۵۶)، "امکانات پیاده‌روی" (۰/۱۳۸)، مشارکت عمومی (۰/۰۹۸) و "آموزش همگانی" (۰/۰۸۶) بودند. مناسب‌ترین گزینه برای شاخص فرم، "ایجاد فضاهای سبز شهری"، برای شاخص حمل و نقل و زیرساخت، "گسترش حمل و نقل عمومی مدرن" و برای شاخص حکمروایی، "مشارکت عمومی" بود.
نتیجه‌گیری: گسترش حمل و نقل عمومی مدرن، ایجاد زیرساخت‌های هوشمند، ایجاد فضاهای سبز و همچنین امکانات پیاده‌روی در کاهش آلودگی هوای منطقه ۲ کلانشهر تهران موثر هستند.

کلیدواژگان: آلودگی هوا، شهر کم‌کربن، کلانشهر تهران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۹/۰۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۰/۰۸
*نویسنده مسئول: joodakihamidreza7@gmail.com

مقدمه
بعد از سال ۱۹۷۸، توسعه شهری و رشد شتابان جمعیت باعث افزایش گازهای گلخانه‌ای شده است و به عنوان اصلی‌ترین محرک‌های رشد اقتصادی، شهرها مصرف زیادی از انرژی دارند [Cui & Pan, 2024]. تخمین زده می‌شود، شهرها که تنها ۲٪ از سطح کل جهان را اشغال می‌کنند بیش از ۷۰٪ از انباشت گازهای کربنی انسانی را تولید می‌کنند. انباشت گازهای کربنی در شهرهای کشورهای در حال توسعه بیش از ۸۰٪ از کل انباشت گازها را تشکیل می‌دهد [Shi *et al.*, 2020]. تدابیر سنتی کاهش انباشت کربن که براساس فناوری و راهکارهای سیاستی استوار است، منجر به افزایش تحقیقات مستقیم در ارتباط بین ساختار فضایی شهری و انباشت گازهای کربن شهری، شده است. بنابراین، لازم است برنامه‌ریزی شهری با تسهیل در کاهش انتشار کربن، آینده پایداری را تضمین نمایید [Liu *et al.*, 2021].

از ابتدای قرن ۲۱ مصرف انرژی و تغییرات آب و هوایی یکی از گسترده‌ترین دغدغه‌ها در جامعه بین‌المللی است و شهرهای کم‌کربن یکی از راه‌های شناخته‌شده در جهت تعادل‌بخشی به شهرها برای کاهش اثرات فعالیت‌های انسانی در تولید گازهای گلخانه‌ای است [Sheikhi *et al.*, 2022]. ما باید الگوی فضایی سنتی "تولید کربن بالا" از زمان انقلاب صنعتی که بالای ۳۰۰ سال است را تغییر دهیم. شهر کم‌کربن همسو با محیط زیست در حال تبدیل‌شدن به یک اصل جهانی در توسعه شهری است [Wentong & Hu, 2010].

کشور ایران با تولید ٦٥/١٪ کل گازهای گلخانه‌ای مقام دهم را در بین کشورهای دنیا دارد و سالانه ۷۱۵ میلیون تن دی‌اکسید کربن تولید می‌کند؛ این در حالی است که تمام این درصد در بخش انرژی تولید می‌شود؛ که ایران به عنوان یک کشور در حال توسعه از لحاظ مصرف انرژی در روند تولیدی کالاها و خدمات در وضعیت مطلوبی قرار ندارد و جزو کشورهای با شدت انرژی بالا محسوب می‌شود [Moradi & Charejo, 2021]. اقدامات صورت‌گرفته با هدف کاهش آلودگی شهرها هنوز در اول راه است و در انواع مناطق مختلف در مقیاس کوچک اجرا شده است؛ همانند استفاده از انرژی تجدیدپذیر که در ایران هنوز کمتر از ۱٪ از کل انرژی در کشور است. بنابراین برنامه‌ریزی برای کاهش دی‌اکسید کربن در ایران به‌شدت ضروری است [Mousavi Sarvineh Baghi, 2014].

تهران در ردیف یکی از آلوده‌ترین شهرهای جهان قرار گرفته است. مطابق گزارش‌های سالانه کیفیت هوا در تهران توسط شرکت کنترل کیفیت هوای تهران (AQCC2)، کیفیت هوای تهران طی دو دهه گذشته بیش از یک سوم سال ناسالم اعلام شده است.

منطقه ۲ شهر تهران با ۶۷/۱ کیلومتر مربع مساحت و با جمعیتی بالغ بر ۹۹۲/۰۷۹ از ۹ ناحیه و ۲۱ محله تشکیل شده است. رشد شتابان شهرنشینی در منطقه ۲ تهران باعث اختلاط کاربری‌ها و بی‌هویتی بافت شهری گردیده و منطقه در معرض توسعه ساخت‌وساز قرار گرفته است. حمل و نقل عمومی نامناسب، افزایش سرانه خودرو، بروز پدیده اینورژن، استفاده از سوخت‌های فسیلی برای گرمایش و نبود مدیریت صحیح شهری در بخش منابع تولیدکننده آلودگی که از دلایل اصلی انتقال و انتشار آلاینده‌ها در آب و هوای منطقه ۲ تهران است. منطقه ۲ تهران با ثبت عدد شاخص آلایندگی بالای ۱۵۱ در سال‌های ۱٤۰۱، ۱٤۰۲، ۱٤۰۳ و ۱٤۰٤ در وضعیت ناسالم (قرمز) قرار داشته است [Sharif Air Quality Station, 2025].

مفهوم کم‌کربن در زمینه پاسخ‌گویی به تغییرات آب و هوایی جهانی و در دفاع از کاهش تخلیه گازهای گلخانه‌ای ناشی از فعالیت‌های

تولیدی انسان مطرح شده است [Wentong & Hu, 2010]. «کم‌کربن» به معنای تلاش‌هایی برای به حداقل رساندن انتشار گازهای گلخانه‌ای در هوا، از طریق کاهش انتشار دی‌اکسید کربن، منابع کربن، افزایش تجزیه کربن و انعطاف‌پذیری اکوسیستم است. اصطلاح «شهر کم‌کربن» به معنای واقعی، شهری است که به میزان کمی کربن منتشر می‌کند. اساساً، شهرها در فرآیند تولیدات صنعتی و مصرف خانگی به کربن‌زدایی دست پیدا می‌کنند و در عین حال می‌توانند به رشد پایدار اقتصادی نیز دست یابند، به عبارت دیگر، به «اقتصاد کم‌کربن» برسند [Xi *et al.*, 2016; Tigges *et al.*, 2017]. شهرها به عنوان نقاط تجمع با تراکم بالا (جمعیت، انرژی و زباله)، تقاضای بسیار زیادی را بر محیط زیست و منابع شهری تحمیل می‌کنند و مصرف بیش از حد آنها منجر به پیامدهای منفی در بسیاری از جنبه‌ها مانند آب و هوا و محیط زیست شده است. بدین ترتیب، مسئولیت‌های بیشتری بر دوش اقتصاد کم‌کربن قرار می‌گیرد [Kopnina, 2016].

طبق گزارش آکادمی تحقیقات علوم محیط زیست چین، یک شهر کم‌کربن (LCC) به اقتصاد و جامعه کم‌کربن و همچنین شکلی پایدار از توسعه منجر می‌شود. مفهوم شهر کم‌کربن دو جنبه اساسی اقتصاد کم‌کربن (با تکیه بر بهره‌وری در استفاده از منابع و فناوری سبز، منجر به افزایش کارآیی انرژی و آب و کاهش انتشار کربن می‌شود) و مصرف کم‌کربن (کاهش انتشار کربن در تمام جنبه‌های زندگی شهری را شامل می‌شود، از جمله بازیافت، حفاظت از محیط زیست طبیعی، حفظ مناطق سبز در شهر و افزایش جذب کربن) دارد [Wang *et al.*, 2019; Yang *et al.*, 2018].

سویتاش و همکاران به بررسی رابطه رشد مصرف انرژی و انتشار آلودگی هوا بر محیط زیست شهرها پرداختند. نتایج داده‌های تلفیقی و تکنیکی سیستم روش گشتاور تعمیم‌یافته (GMM-SYS) نشان داد که مصرف انرژی منجر به انتشار دی‌اکسید کربن می‌شود [Soytas *et al.*, 2007]. *تیان* و همکاران در بررسی‌ها از دو مدل برای پیش‌بینی غلظت ذرات معلق استفاده نمودند، در مدل اول، فقط از رگرسیون خطی بین مشاهدات عمق نوری آئروسل (AOD) و غلظت ذرات معلق اندازه‌گیری‌شده در ایستگاه‌های زمینی استفاده کرده‌اند. آنها در مدل دوم از یک رابطه شبه‌تجربی بین AOD محاسبه‌شده از تصاویر مودیس و اطلاعات هواشناسی زمینی و ماهواره‌ای استفاده نمودند [Tian *et al.*, 2016]. *هیونن* و *جونیلا* به بررسی تاثیرات ساختار شهری در مصرف کربن در مناطق شهری پرداختند که هدف آن ارایه یک مدل الگوریتم ترکیبی چندمتغیره برای ارزیابی مصرف کربن در مناطق شهری با تاثیر بر ساختار شهری است. نتایج نشان داد که تاثیر کربن چگالی شهری و نوع ساختمان غالب در مناطق شهری انتخاب‌شده ناشی از تاثیرات متفاوتی از انتشار گازهای گلخانه‌ای در ساختار شهری و کلاس‌های مصرفی مرتبط با خدمات است. جالب است گفته شود که هیچ ارتباط روشنی بین چگالی شهرهای مورد مطالعه و انتشار کربن یافت نشد [Heinonen & Junnila, 2011]. *بمبریک* و همکاران به بررسی تغییرات آب و هوایی و تندرستی در محیط زیست شهری در کشور استرالیا پرداختند و یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد که جهت کاهش آسیب‌های ذکرشده، تغییرات اساسی در نحوه کاربری زمین در آینده نسبت به وضع موجود اعمال گردد تا بتوان سلامت و تندرستی جامعه را ارتقا بخشد و اثرات زیان‌بار محیط شهری را بر طبیعت کاهش دهد [Bambrick *et al.*, 2011]. *چاوز* و *راماسوامی* به بررسی شهرهای کم‌کربن و رویکردهای پایدار انتشار گاز گلخانه‌ای پرداختند. نتایج آنها نشان داد که هیچ روش استانداردی برای اندازه‌گیری مقیاس انتشار گازهای گلخانه‌ای وجود ندارد و یک پارامتر برای اندازه‌گیری این انتشار کافی نیست و باید ترکیبی از متغیرها مانند گازهای گلخانه‌ای در واحد ساکنان شهر به همراه کارکنان شهر یا کل خروجی اقتصادی به عنوان معیارهای بالقوه برای تعریف شهر کم‌کربن به کار رود [Chavez & Ramaswami, 2013]. *سارکودی* و همکاران به بررسی تاثیر جهانی گسترش شهرها، صنعتی‌شدن، تجارت و توسعه اقتصادی بر انتشار دی‌اکسید کربن پرداختند و به این نتیجه رسیدند که گسترش شهری منجر به کاهش فضای ذخیره کربن در شهر، افزایش مصرف انرژی در زندگی روزمره و افزایش انتشار کربن می‌شود [Sarkodie *et al.*, 2020]. *ژو* و همکاران به بررسی شهر کم‌کربن با استفاده از مدل ارزیابی پویای منطقه‌ای پرداختند و به این نتیجه رسیدند که ترویج نوآوری فناوری از طریق مقررات زیست‌محیطی می‌تواند انتشار دی‌اکسیدکربن و مصرف انرژی را کاهش دهد [Zhu *et al.*,2021]. *حسین‌زاده* و همکاران به بررسی الگوهای همدید موثر بر آلودگی هوا در کلانشهر مشهد پرداختند. نتایج حاکی از آن بود که وجود ناوه در اطراف دریاچه آرال موجب ریزش هوای سرد به شمال شرق ایران شده و در سطح زمین موجب قوی‌ترشدن پرفشار سیبری گردیده است. از طرفی استقرار یک سامانه پرفشار در غرب ایران موجب ورود جریانات شمال غربی شده که این الگوهای فشار موجب کاهش شدید دما و پایداری هوا، تراکم غلظت آلاینده‌ها در شهر مشهد شده است [Hosseinzadeh *et al.*, 2013]. *قریشی* و همکاران به بررسی اثرات زیست‌محیطی تغییرات اقلیمی با تاکید بر آلاینده‌های هوا پرداختند. تغییر اقلیم عامل بسیار مهمی در تشدید وقوع گرد و غبار، اضمحلال تنوع زیستی، طغیان آفات و بیماری‌ها در زیست‌بوم‌ها، تهدید عملکردهای زیستی تالاب، تغییر در پراکندگی جغرافیای طبیعی جانوران و افزایش شوری است. از این رو مساله تغییر اقلیم و پیامدهای اقتصادی، اجتماعی، سیاسی و همچنین اکولوژیک ناشی از آن به عنوان یک مشکل جهانی، نیاز به بررسی و شناخت بیشتر دارد [Qoreishi *et al.*, 2014]. *آسیابانی‌پور*، به موضوع ارزیابی طرح‌ها و برنامه‌های توسعه شهری با رویکرد کربن صفر پرداخته است. نتایج نشان داد که ضروری است برنامه‌های توسعه جهت بهبود این فاکتورها در نظر گرفته شود. از نظر فاکتورهای کیفی، تلاش شهر برای کاهش دی‌اکسید کربن و نظارت زیست‌محیطی در وضعیت نامطلوبی قرار داشتند و اجرای برنامه‌های جدیدی برای پیشرفت در این حوزه‌ها امر ضروری به نظر می‌رسد

[Asiabanipour, 2014]. *حسینی* و همکاران به ارزیابی تاثیرات گسترش بی‌رویه شهرها در مسکن مهر طرقبه پرداخته‌اند. یافته‌ها نشان می‌دهد که آلودگی آب با وزن ۰/۴۹۸ در اولویت اول و پس از آن به‌ترتیب پوشش گیاهی با وزن ۰/۲۵۸ در اولویت دوم، آلودگی خاک با وزن ۰/۱۴۳ در اولویت سوم، آلودگی هوا با وزن ۰/۰۷۶ در اولویت چهارم و در نهایت آلودگی صوتی با وزن ۰/۰۳۴ در اولویت پنجم از مهم‌ترین اثرات اجرای طرح مسکن مهر بر محیط زیست است [Hosseini *et al.*, 2015]. *لطفی* و همکاران با بررسی معیارهای طراحی شهری محله‌های بدون کربن و کم‌کربن، شاخص‌های فرم و کالبد، حمل و نقل و کاربری، انرژی، منظر و خلاقیت را مورد بررسی قرار دادند و هدف آنها خلق محله‌ای بود که مصرف انرژی پایینی داشته باشد، محیطی مطلوب برای زندگی محلی را فراهم نماید و از تاب‌آوری بیشتری برخوردار باشد [Lutfi *et al.*, 2015]. *مفیدی* در پژوهشی آمیخته، مبتنی بر قیاس و استدلال و اطلاعات آن از طریق بررسی عوامل تاثیرگذار بر انتشار گاز دی‌اکسید کربن در ایران به تدوین اصول و شاخص‌های طراحی فرم محلات شهری کم‌کربن در محله تجریش تهران پرداخت [Mofidi, 2017]. *نوریان* و همکاران به تحلیل اثرات کاربری اراضی و شبکه حمل و نقل بر انتشار گازهای گلخانه‌ای با رویکرد شهر کم‌کربن پرداختند و مفهوم شهر کم‌کربن را به عنوان یک راهکار مطرح کرده‌اند. این پژوهش با بررسی اصول شهر کم‌کربن و ارایه سناریوهای مختلف برای شهر جدید هشتگرد نشان می‌دهد که تغییر در فرم شبکه معابر و توسعه حمل و نقل یکپارچه می‌تواند به کاهش تا ۴۱٪ انتشار گازهای گلخانه‌ای در بخش حمل و نقل منجر شود [Noorian *et al.*, 2012]. *ملک‌پور اصل* و *بوستانی*، به رهیافت برنامه‌ریزی همکارانه به منظور دستیابی به شهر کم‌کربن در کلانشهر تهران پرداختند که بر توسعه شهر کم‌کربن در تهران با تاکید بر برنامه‌ریزی همکارانه و اصول شهر کم‌کربن تمرکز دارد و با استفاده از مدل سناریوی مطلوب به تشریح راهبردها و راهکارهای دستیابی به سناریوی برتر با برنامه‌ریزی همکارانه می‌پردازد. این راهکارها با هدف توسعه پایدار شهری و شهرگرایی سبز تدوین شده‌اند [Malekpour Asl & Boostani, 2022]. *شیخی* و همکاران، به تدوین مفهومی و ارزیابانه شهرهای کم‌کربن پرداختند. هدف اصلی آنها، بازخوانی و بازشناسی مفهومی و نظری شهرهای کم‌کربن بود. این مدل مفهومی، با ارایه مختصات ویژه و منحصر به فرد، امکان خوانش یکپارچه از این نوع شهرسازی نوین را در آینده فراهم می‌سازد و از نظر ارزیابی و توسعه امکان گزینه‌های بسط نیز در تحقیقات آتی فراهم می‌آید [Sheikhi *et al.*, 2022]. *جباربور مهرآباد* و *عابدینی* به ارزیابی و امکان‌سنجی تحقق رویکرد شهر کم‌کربن در شهر ارومیه پرداختند که نتایج بررسی وضعیت موجود نشان داد، در بین مولفه‌های شهر کم‌کربن، فرم شهری نامناسب‌ترین وضعیت را داشته است. این پژوهش نشان‌دهنده این است که با اصلاح شبکه شهری، توسعه پیاده‌راه‌ها، حذف پارکینگ‌ها و ترویج استفاده از وسایل نقلیه پاک و کم‌مصرف می‌توان به استانداردهای شهر کم‌کربن نزدیک شد و اثرات مخرب گازهای گلخانه‌ای را کاهش داد [Jabarpour Mehrabad & Abedini, 2023]. *مهدی‌زاده* و همکاران به تدوین مدلی از شهرهای کم‌کربن به منظور کاهش تغییرات آب و هوایی و توسعه در شهر اهواز پرداختند و نشان دادند که بخش تاسیسات و زیرساخت‌ها، بخش فرهنگی و اجتماعی، بخش فضاهای سبز و بخش صنایع، در شهر اهواز از ماهیت تاثیرگذاری برخوردارند [Mehdizadeh *et al.*, 2014].

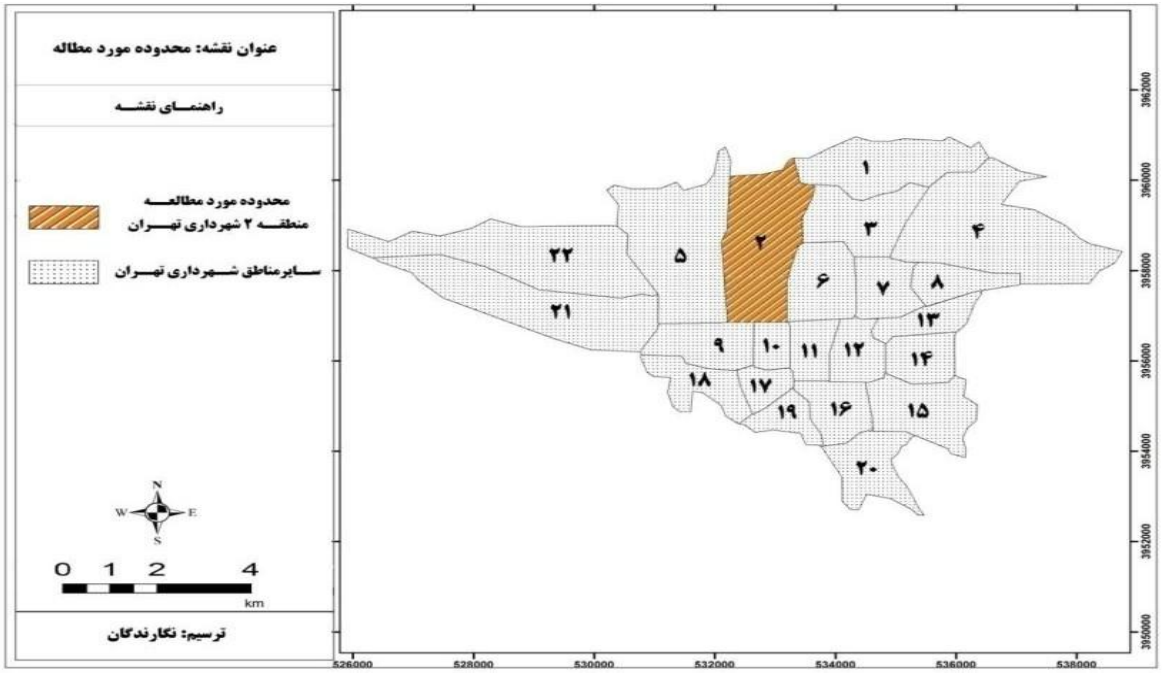
هدف این پژوهش تحلیل شاخص‌های تحقق‌پذیری شهر کم‌کربن در منطقه ۲ کلانشهر تهران و ارایه راهبردها و اقدامات مقتضی در جهت کاهش آلودگی هوا در کلانشهر تهران بود.

روش‌شناسی

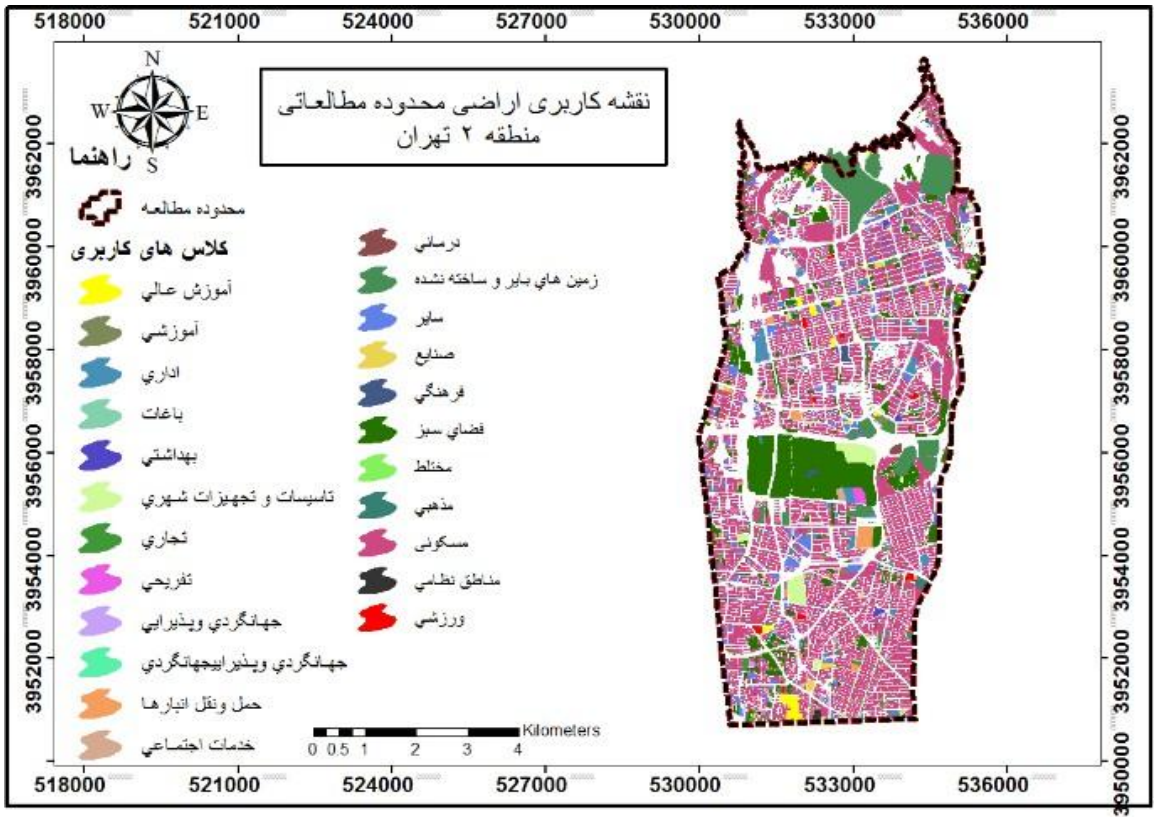
این پژوهش پیمایشی در بازه زمانی فروردین تا مهر ماه ۱۴۰۴ در منطقه ۲ کلانشهر تهران انجام شد. با تعیین حجم نمونه با استفاده از جدول مورگان، ۱۲۵ متخصص و مسئول امور شهری به روش تصادفی ساده انتخاب شدند. منطقه ۲ تهران از لحاظ جغرافیایی در دامنه جنوبی کوه‌های البرز قرار گرفته است. این منطقه از شمال به شیب‌های جنوبی رشته کوه البرز از جنوب به دشت آبرفتی جنوب همچنین در شرق و غرب به مسیل‌های فرحزاد و اوین درکه محدود شده است. شکل کلی منطقه به صورت مستطیل به ابعاد ۱۲ کیلومتر در امتداد جنوب-شمال و ٤ کیلومتر در امتداد شرق-غرب بوده است که مساحتی بالغ بر ۶۹۵۹ هکتار را شامل گردیده است. نواحی جنوبی این منطقه که در دشت تهران واقع گردیده دارای آب و هوای گرم و خشک و نواحی شمالی آن در دامنه کوه‌های البرز معتدل‌تر بوده است. شیب عمومی منطقه در جهت شمال به جنوب بوده که در نقاط مختلف از ۳۰ تا ٤۰ درجه در شمال منطقه تا شیب‌های ملایم ۵ تا ۱۰ درجه در جنوب منطقه تغییر نموده است. این منطقه از ۹ ناحیه و ۲۱ محله تشکیل شده و با مناطق ۱، ۳، ۵، ۶، ۹، ۱۰ همجوار است. محدوده جغرافیایی آن از شمال به ارتفاعات البرز، از جنوب به خیابان آزادی، از شرق به بزرگراه شهید چمران و از غرب به بزرگراه آیت‌الله اشرفی اصفهانی محصور است. این منطقه براساس سرشماری سال ۱٤۰۰ دارای ۹۹۲٫۰۷۹ نفر جمعیت، با تعداد خانوار ۲۳۹۹۹۲ و دارای تراکم جمعیتی ۱۲۷/۷ نفر در هکتار است (شکل ۱).

شرایط و امکانات منطقه از قبیل بافت کالبدی و اجتماعی، اراضی بایر وسیع، شبکه‌های ارتباطی مهم شهری و همچنین استقرار ادارات و سازمان‌های دولتی در این منطقه پتانسیل بالا راجهت سرمایه‌گذاری فراهم نموده است. فعالیت عمده ادارات دولتی سبب جذب نیروی کار و ایجاد اشتغال در منطقه گردیده است. این منطقه همجوار با هسته مرکزی شهر تهران و برخودار از شرایط زندگی از مناطق رو به رشد و جاذب جمعیت است. به طوری که جمعیت از ۲٤۹٦۷٦ نفر در سال ۱۳۷۵ به ۹۹۲۰۷۹ در سال ۱٤۰۰ رسیده است. وجود چندین بافت روستایی همانند طرشت و وجود محلات کم‌برخوردار و غیررسمی همچون کوهسار همچنین پخشایش و

تمرکز نامتوازن کاربری‌های شهری دسترسی به خدمات عمومی را با مشکل مواجه کرده است. تمرکز فعالیت‌های تجاری و نزدیکی به مرکز شهر تهران باعث حجم بالای ترافیک عبور و مرور روزانه از عوامل انتشار گازهای کربن آلاینده شده است. نحوه استفاده از زمین نشان می‌دهد که از کل مساحت حدود ۳۳/۴۹٪ مسکونی، ۳۲/۵۶٪ حمل و نقل، ۱۴/۰۱٪ فضای سبز، ۰/۲۳٪ صنعتی، ۱/۳۳٪ تجاری و مابقی دیگر کابری‌های شهری است. توزیع کاربری اراضی نشان می‌دهد بیشتر فضای سبز و پارک‌های منطقه در بخش مرکزی منطقه پراکنده شده است. تمرکز فعالیت‌های تجاری و اداری در سطح منطقه حجم بالایی از ترافیک عبوری در منطقه به وجود آورده است. همین‌طور کمبود فضای سبز باعث شده شدت آلودگی هوا در منطقه افزایش یابد (شکل ۲).



شکل ۱) موقعیت منطقه ۲ کلانشهر تهران



شکل ۲) نقشه کاربری اراضی محدوده مطالعاتی منطقه ۲

به منظور جمع‌آوری داده‌ها از پرسش‌نامه دوبخشی استفاده شد؛ بخش اول شامل مشخصات فردی پاسخ‌دهندگان و بخش دوم شامل سئوالات شهر کم‌کربن بود. ۱۵ گویه در ۳ شاخص فرم، حمل‌ونقل و زیرساخت و حکمروایی قرار گرفتند. پس از امتیازدهی در مقیاس ۱ تا ۹، قیاس زوجی ماتریسی انجام شد و حداقل ضریب نسبی روایی محتوا برای ۵ داور، ۰/۹۹ برای تمامی گویه‌ها محاسبه شد. میزان آلفای کرونباخ برای چک‌لیست بیش از ۰/۷ محاسبه شد که نشان از پایایی ابزار داشت.

برای بررسی تاثیرگذاری شاخص‌ها بر یکدیگر از روش تحلیل سلسله‌مراتبی استفاده گردید. در ابتدا شاخص‌های ابعاد فرم شهر کم‌کربن، حمل و نقل و زیرساخت شهر کم‌کربن و حکمروایی شهر کم‌کربن با جمع‌آوری اطلاعات از پرسش‌نامه‌ها محاسبه و سپس نظرات افراد درباره اهمیت عامل نسبت به زیرعامل دیگر درهم ضرب شده و به توان یک‌پانزدهم رسید. برای تعیین وزن هر مولفه، نرمال‌سازی ماتریس مناسبات زوجی انجام شد. بدین صورت که جمع هر ستون در جدول میانگین هندسی نظرات افراد محاسبه شده و هر کدام از اعداد بر جمع هر ستون تقسیم گردید و در نهایت، سطر میانگین حسابی محاسبه شد (اعداد به صورت سطری با هم جمع و بر تعداد آنها تقسیم شدند). تعیین اولویت گزینه‌های کاهش کربن، براساس هر یک از شاخص‌ها و سپس ترکیب این موارد و استخراج گزینه کاهش کربن در منطقه ۲ شهر تهران به انجام رسید. تمام محاسبات در قالب نرم‌افزار SPSS 20 انجام شد.

یافته‌ها

میانگین سنی شرکت‌کنندگان در پژوهش ۴۰/۴±۸/۵ سال (حداقل ۳۵ و حداکثر ۴۵ سال) و اکثریت آنها (۶۳٪) مرد بودند (جدول ۱).

جدول ۱) ویژگی‌های جمعیت‌شناختی شرکت‌کنندگان در پژوهش (n=۱۲۵)

شاخص	تعداد	درصد
جنسیت		
مرد	۷۵	۶۳/۰
زن	۵۰	۳۷/۰
سن (سال)		
۲۵ تا ۳۴	۲۶	۱۹/۶
۳۵ تا ۴۴	۴۷	۴۱/۳
۴۵ تا ۵۴	۳۳	۲۷/۲
۵۵ به بالا	۱۹	۱۲/۰
تحصیلات		
کارشناسی	۲۱	۱۰/۹
کارشناسی‌ارشد	۵۴	۴۶/۷
دکتری	۵۰	۴۲/۴
حوزه تخصصی		
مدیریت شهری	۳۲	۲۶/۱
محیط زیست	۲۹	۲۲/۸
جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری	۳۸	۳۱/۵
شهرسازی	۲۶	۱۹/۶

مولفه‌های "افزایش تراکم شهری" (۰/۲۱۵)، "فشردگی فرم شهری" (۰/۱۸۰)، "ایجاد فضاهای سبز" (۰/۱۶۵)، "اختلاط کاربری زمین" (۰/۱۶۱)، "ابنیه و بافت منطقه" (۰/۱۳۹) و "فرم محلات منطقه" (۰/۱۳۹) در رتبه‌های اول تا ششم شاخص فرم شهری کم‌کربن قرار گرفتند (جدول ۲).

جدول ۲) ماتریس نرمال مولفه‌های فرم شهری کم‌کربن

مولفه	۱	۲	۳	۴	۵	۶
۱- افزایش تراکم شهری (۰/۲۱۵)	۰/۱۹۴	۰/۲۵۱	۰/۰۷۶	۰/۲۸۳	۰/۳۴۴	۰/۱۴۳
۲- فشردگی فرم شهری (۰/۱۸۰)	۰/۱۰۸	۰/۱۴	۰/۳۱۳	۰/۰۶۴	۰/۰۹۹	۰/۳۵۶
۳- ایجاد فضاهای سبز (۰/۱۶۵)	۰/۳۶۱	۰/۰۶۳	۰/۱۴۲	۰/۰۷۶	۰/۱۷۲	۰/۱۷۸
۴- اختلاط کاربری زمین (۰/۱۶۱)	۰/۰۹۳	۰/۲۹۹	۰/۲۵۴	۰/۱۳۶	۰/۱۲۵	۰/۰۵۷
۵- ابنیه و بافت منطقه (۰/۱۳۹)	۰/۰۸	۰/۲	۰/۱۱۷	۰/۱۵۴	۰/۱۴۲	۰/۱۴۵
۶- فرم محلات منطقه (۰/۱۳۹)	۰/۱۶۴	۰/۰۴۷	۰/۰۹۷	۰/۲۸۷	۰/۱۱۸	۰/۱۲۱

مولفه‌های "حمل و نقل عمومی" (۰/۱۷۰)، "زیرساخت هوشمند شهری" (۰/۱۶۷)، "وسایل نقلیه پاک" (۰/۱۶۰)، "امکانات پیاده‌روی" (۰/۱۵۷)، "انرژی تجدیدپذیر در بخش مسکن" (۰/۱۴۵) و "دسترسی به خدمات عمومی در ۵ دقیقه" (۰/۰۵۸) در رتبه‌های اول تا ششم شاخص حمل و نقل و زیرساخت شهر کم‌کربن قرار گرفتند (جدول ۳).

جدول ۳) ماتریس نرمال مولفه‌های حمل و نقل و زیرساخت شهر کم‌کربن

مولفه	۱	۲	۳	۴	۵	۶
۱- حمل و نقل عمومی (۰/۱۷۰)	۰/۰۹۲	۰/۴۵۹	۰/۳۸۲	۰/۰۲۳	۰/۰۱۴	۰/۲۲۱
۲- زیرساخت هوشمند شهری (۰/۱۶۷)	۰/۰۱۹	۰/۰۹۳	۰/۰۲۲	۰/۴۷۶	۰/۳۰۰	۰/۲۶۰
۳- وسایل نقلیه پاک (۰/۱۶۰)	۰/۰۲۲	۰/۳۸۸	۰/۰۹۲	۰/۳۵۵	۰/۰۱۴	۰/۲۴۶
۴- امکانات پیاده‌روی (۰/۱۵۷)	۰/۴۰۷	۰/۰۲۰	۰/۰۲۶	۰/۱۰۰	۰/۳۳۸	۰/۲۰۶
۵- انرژی تجدیدپذیر در بخش ساختمان (۰/۱۴۵)	۰/۴۳۹	۰/۰۲۱	۰/۴۵۷	۰/۰۱۲	۰/۰۶۷	۰/۰۱۳
۶- دسترسی به خدمات عمومی در ۵ دقیقه (۰/۰۵۸)	۰/۲۲۱	۰/۰۱۹	۰/۰۲۰	۰/۰۲۶	۰/۲۶۷	۰/۰۵۴

مولفه‌های "مشارکت عمومی" (۰/۴۱۱)، "آموزش کاهش مصرف انرژی" (۰/۳۰۹) و "سرمایه‌گذاری برای زیرساخت‌ها" (۰/۲۸۰) در رتبه‌های اول تا سوم شاخص حکمروایی شهر کم‌کربن قرار گرفتند (جدول ۴).

جدول ۴) ماتریس نرمال مولفه‌های حکمروایی شهر کم‌کربن

مولفه	۱	۲	۳
۱- مشارکت عمومی (۰/۴۱۱)	۰/۴۱۲	۰/۴۲۵	۰/۳۹۸
۲- آموزش کاهش مصرف انرژی (۰/۳۰۹)	۰/۲۹۸	۰/۳۰۷	۰/۳۲۱
۳- سرمایه‌گذاری برای زیرساخت‌ها (۰/۲۸۰)	۰/۲۹۱	۰/۲۶۸	۰/۲۸۱

امتیاز نهایی عوامل موثر در گاهش آلودگی هوا به ترتیب "گسترش حمل و نقل عمومی مدرن" (۰/۳۵۷)، "ایجاد زیرساخت‌های هوشمند" (۰/۲۴۳)، "ایجاد فضاهای سبز" (۰/۱۵۶)، "امکانات پیاده‌روی" (۰/۱۳۸)، مشارکت عمومی (۰/۰۹۸) و "آموزش همگانی" (۰/۰۸۶) بودند. بر این اساس، مناسب‌ترین گزینه برای شاخص فرم، ایجاد فضاهای سبز شهری، برای شاخص حمل و نقل و زیرساخت، گسترش حمل و نقل عمومی مدرن و برای شاخص حکمروایی، مشارکت عمومی بود (جدول ۵).

جدول ۵) امتیاز شاخص‌ها و مولفه‌ها بر مبنای عومال موثر در کاهش آلودگی هوای منطقه ۲ کلانشهر تهران

شاخص و مولفه	گسترش حمل و نقل عمومی مدرن	ایجاد زیرساخت‌های هوشمند	مشارکت عمومی	آموزش همگانی	امکانات پیاده‌روی	ایجاد فضاهای سبز
فرم	۰/۲۱۶	۰/۱۰۸	۰/۱۷۶	۰/۰۵۳	۰/۲۰۵	۰/۲۴۲
فشردگی فرم	۰/۲۶۳	۰/۰۸۷	۰/۱۳۵	۰/۰۵۵	۰/۲۳۵	۰/۲۲۵
تراکم شهری	۰/۲۵۴	۰/۱۱	۰/۱۱۲	۰/۰۴۲	۰/۱۸۵	۰/۲۹۸
کاربری زمین	۰/۱۴۱	۰/۰۷۵	۰/۲۶۵	۰/۰۵۵	۰/۱۹۵	۰/۳۳۳
فضای سبز	۰/۱۱۴	۰/۰۵۵	۰/۳۴۳	۰/۰۶۸	۰/۲۱۹	۰/۲۰۲
فرم محلات	۰/۴۰۹	۰/۲۶۷	۰/۰۵۴	۰/۰۴۶	۰/۱۰۴	۰/۱۱۹
ابنیه و بافت	۰/۱۳	۰/۱۰۹	۰/۲۱۲	۰/۰۶۵	۰/۲۷۱	/۲۱۳
حمل و نقل و زیرساخت	۰/۳۶۶	۰/۲۲۲	۰/۰۷۵	۰/۱۱۶	۰/۱۰۷	۰/۱۱۳
پیاده‌روی	۰/۴۴۶	۰/۲۱۵	۰/۰۴۱	۰/۰۷۹	۰/۰۹۵	۰/۱۲۴
حمل و نقل عمومی	۰/۴۳۹	۰/۲۰۷	۰/۰۵۵	۰/۰۹۵	۰/۱۱	۰/۰۹۳
وسایل نقلیه پاک	۰/۴۰۸	۰/۲۲۲	۰/۰۳۵	۰/۰۶۹	۰/۱۰۹	۰/۱۵۶
دسترسی خدمات ۵ دقیقه	۰/۴۰۸	۰/۲۹۳	۰/۰۵۱	۰/۰۶۹	۰/۰۷۸	۰/۰۷۴
زیرساخت هوشمند	۰/۴۰۱	۰/۲۹۷	۰/۰۴	۰/۰۸۴	۰/۰۵۹	۰/۱۲
انرژی تجدیدپذیر	۰/۰۲۷	۰/۰۵۴	۰/۲۷۳	۰/۳۱۶	۰/۲۱۸	۰/۱۱۲
حکمروایی	۰/۳۲۰	۰/۳۲۹	۰/۴۳۱	۰/۰۶۳	۰/۰۶۳	۰/۰۸۰
آموزش	۰/۴۴۸	۰/۳۳۹	۰/۰۳۸	۰/۰۵۳	۰/۰۵۴	۰/۰۶۸
مشارکت	۰/۴۴۷	۰/۲۷	۰/۰۳۷	۰/۱۱۱	۰/۰۷۳	۰/۰۶۱
سرمایه‌گذاری	۰/۴۰۶	۰/۳۳۹	۰/۰۲۹	۰/۰۵۷	۰/۰۶۹	۰/۱۰۱
امتیاز نهایی	۰/۳۵۷	۰/۲۴۳	۰/۰۹۸	۰/۰۸۶	۰/۱۳۸	۰/۱۵۶

بحث

هدف این پژوهش ارزیابی شاخص‌های تحقق‌پذیری شهر کم‌کربن در منطقه ۲ کلانشهر تهران بود و نتایج یافته‌های پژوهش حاضر با *جبارپور مهرآباد* و *عابدینی* [Jabarpour Mehrabad & Abedini, 2023] که از بین مولفه‌های شهر کم‌کربن، مولفه فرم شهری را در ارومیه در نامناسب‌ترین وضعیت گزارش کرده‌اند و *سارکودی* و همکاران [Sarkodie *et al.*, 2020] که صنعتی‌شدن، تجارت و توسعه اقتصادی را به عنوان مهم‌ترین عوامل بر انتشار دی‌اکسیدکربن دانسته‌اند، همسویی و همخوانی دارد.

بمریک و همکاران [Bambrick *et al.*, 2011] معتقدند که باید برای کاهش آسیب‌های ناشی از تغییرات اساسی در نحوه کاربری زمین در آینده نسبت به وضع موجود قوانینی وضع شود تا اثرات زیان‌بار محیط شهری بر طبیعت کاهش یابد. اگرچه پژوهش حاضر به‌طور مشخص به آن نپرداخته، ولی مفاهیمی همچون ایجاد و گسترش فضاهای سبز شهری و گسترش زیرساخت‌های شهر کم‌کربن با آن پژوهش همخوانی دارد. علاوه بر این، *چاوز* و *راماسوامی* [Chavez & Ramaswami, 2013] به این نتیجه تاکید می‌کنند که ترکیبی از متغیرها به عنوان معیارهای بالقوه برای تعریف شهر کم‌کربن به‌کار رود که در محدودبودن تعمیم‌پذیری، نتایج پژوهش حاضر این ادعا را تایید می‌کند. *سارکودی* و همکاران [Sarkodie *et al.*, 2020] نشان دادند که گسترش شهری منجر به افزایش مصرف انرژی در زندگی روزمره و افزایش انتشار کربن می‌شود. پژوهش حاضر نیز بر افزایش تراکم شهری و فشردگی فرم شهری در انتشار کربن تاکید می‌کند، درحالی که مطالعاتی مانند *ژو* و همکاران [Zhu *et al.*, 2021] ترویج نوآوری فناوری از طریق مقررات زیست‌محیطی را عامل مهم انتشار CO_2 دانسته است. یافته‌های ما، گسترش حمل و نقل عمومی مدرن و ایجاد زیرساخت‌های هوشمند را بهترین شیوه کاهش کربن می‌داند.

ملک‌پوراصل و *بوستانی* [Malekpour Asl & Boostani, 2017] بر همکاری نهادهای شهری و شهروندان نیز در جهت کاهش آلاینده‌های شهری تاکید می‌نمایند که با نتایج پژوهش حاضر از جمله شاخص‌های حکمروایی شهر کم‌کربن (مشارکت عمومی) تطابق دارد. *شیخی* و *حبیب* [Sheikhi *et al.*, 2022] به‌طور مستقیم شاخصی معرفی نکرده‌اند، اما به تدوین مفهوم و بازخوانی و بازشناسی مفهومی و نظری شهرهای کم‌کربن پرداخته‌اند که از نظر ارزیابی و توسعه گزینه‌های شهر کم‌کربن با نتایج پژوهش حاضر همسویی دارد. جبارپور مهرآباد و عابدینی [Jabarpour Mehrabad & Abedini, 2023] در بین مولفه‌های شهر کم‌کربن، مولفه فرم شهری را در نامناسبترین وضعیت گزارش

کرده‌اند که با شاخص فرم شهری که در پژوهش حاضر به عنوان مهم‌ترین شاخص ذکر شده، همراستاست. مهدی‌زاده و همکاران [Mehdizadeh *et al.*, 2014] شاخصی برای شهرکم کربن ارایه نکرده‌اند اما با تاکید بر تاسیسات و زیرساخت‌ها، صنایع و فضاهای سبز با نتایج پژوهش حاضر همسویی دارند.

با وجود محدودیت‌ها این پژوهش همانند تمرکز بر یک منطقه کلانشهر تهران، نتایج حاصل قابلیت تعمیم به مناطق شهری و کلانشهرهایی که با آلودگی هوا روبه‌رو هستند را دارد. در نهایت برای بهبود وضعیت منطقه ۲ کلانشهر تهران از نظر شاخص‌های شهر کم‌کربن، ایجاد سیستم‌های حمل و نقل عمومی با سرویس‌دهی در سطح منطقه به خصوص در بخش‌های شمالی و شرقی؛ حفاظت و ارتقای کیفیت فضاهای طبیعی منطقه شامل باغ طرشت، پارک جنگلی گلستان، رود دره فرحزاد، پارک‌های ناحیه‌ای و منطقه‌ای و ایجاد و گسترش پارک‌های محله‌ای در بخش‌های جنوبی به‌ویژه از محدوده نواب تا میدان آزادی؛ تقویت و توسعه کاربری‌های مختلط و سازگار خدمات رده محله‌ای و ناحیه‌ای، در بخش‌های یکدست و همگن مسکونی به منظور کاهش سفرهای سواره شهری و دسترسی به خدمات شهری در مقیاس محلات و نواحی، به طور عمده در بخش‌های شمالی و شمال شرقی منطقه، محله‌های گیشا، ستارخان؛ بهره‌برداری از انرژی خورشیدی و بادی و نصب پنل‌های خورشیدی در ساختمان‌های شهری و صنعتی در منطقه؛ اجرای پروژه‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان‌ها، استفاده از مواد ساختمانی کم‌کربن، و تشویق به ساخت ساختمان‌های سبز در منطقه؛ تقویت زیرساخت‌های حمل و نقل عمومی نوین نظیر مترو، اتوبوس‌های برقی و دوچرخه‌های اشتراکی و همچنین ایجاد مسیرهای ویژه دوچرخه‌سواری و پیاده‌روی در منطقه پیشنهاد می‌شود.

نتیجه‌گیری

گسترش حمل و نقل عمومی مدرن، ایجاد زیرساخت‌های هوشمند، ایجاد فضاهای سبز و همچنین امکانات پیاده‌روی در کاهش آلودگی هوای منطقه ۲ کلانشهر تهران موثر هستند.

تشکر و قدردانی: از تمامی متخصصان و مسئولان امور شهری که در تکمیل پرسش‌نامه شرکت کردند صمیمانه قدردانی می‌شود.

تاییدیه اخلاقی: این پژوهش مطابق با اصول اخلاق پژوهش انجام شده و کلیه پرسش‌شوندگان با رضایت آگاهانه در مطالعه شرکت کردند.

تعارض منافع: نویسندگان اعلام می‌کنند هیچ‌گونه تعارض منافع در این پژوهش وجود ندارد.

سهم نویسندگان: مصطفی عبداله‌زاده رودپشتی (نویسنده اول)، نگارنده مقدمه/روش‌شناس/پژوهشگر اصلی/تحلیلگر آماری/نگارنده بحث (٤٠٪)؛ حمیدرضا جودکی (نویسنده دوم)، نگارنده مقدمه/پژوهشگر کمکی/نگارنده بحث (۳۰٪)؛ فاطمه ادیبی سعدی‌نژاد (نویسنده سوم)، نگارنده مقدمه/پژوهشگر کمکی/تحلیلگر آماری (۳۰٪)

منابع مالی: این پژوهش هیچ‌گونه حمایت مالی مستقیم یا غیرمستقیم دریافت نکرده است.

منابع

- Asiabanipour E (2014). Evaluation of urban development plans and programs with a zero-carbon approach: A case study of Tabriz city [Master's thesis]. Tabriz: University of Tabriz. [Persian]
- Bambrick HJ, Guy Capon A, Barnett Guy B (2011). Climate change and health in the urban environment: adaptation opportunities in Australian cities.
- Chavez A, Ramaswami A (2013). Articulating a trans-boundary infrastructure supply chain greenhouse gas emission footprint for cities: Mathematical relationships and policy relevance. Energy Policy. 54:376-384.
- Cui T, Pan K (2024). An analysis and prediction of carbon emissions in the sphere of consumer lifestyles in Beijing. Environmental Science and Pollution Research. 31(6):95-96.
- Heinonen J, Junnila S (2011). A carbon consumption comparison of rural and urban lifestyles. Sustainability. 3(8):1234-1249.
- Hosseini M, Bargchi M, Bagherzadeh F, Sayami Q (2015). Assessment the effect of the indiscriminate spread of cities on environment (case study: Mehr housing project in Torghabe City). Journal of Regional Planning. 5(18):43-58. [Persian]
- Hosseinzadeh SR, Dostan R, Haghighat SM, Haghighat SM (2013). The study of synoptic patterns of air pollution in Mashhad metropolis. Journal of Geography and Regional Development. 11(2). [Persian]
- Jabarpour Mehrabad F, Abedini A (2023). Evaluation and feasibility study on the implementation of low carbon city in Urmia. Urban Planning Knowledge. 7(4):25-51. [Persian]
- Kopnina H (2016). The victims of unsustainability: A challenge to sustainable development goals. International Journal of Sustainable Development & World Ecology. 23(2):113-121.
- Liu J, Li M, Ding Y (2021). Econometric analysis of the impact of the urban population size on carbon dioxide (CO2) emissions in China. Environment, Development and Sustainability. 23(12):181-182.
- Liu Q, Wu S, Lei Y, Li S, Li L (2021). Exploring spatial characteristics of city-level CO2 emissions in China and their influencing factors from global and local perspectives. Science of the Total Environment. 754:14-22.
- Lutfi S, Sholeh M, Farmand M, Fattahi K (2016). Urban design criteria for zero-carbon neighborhood. Naqsh-e Jahan Scientific and Research Quarterly. 6(1):80-92. [Persian]
- Malekpour Asl B, Boostani P (2022). Collaborative planning approach to achieve low-carbon city in Tehran Metropolis. Scientific Journal of Geography and Planning. 21(81):209-226. [Persian]
- Mehdizadeh N, Ghorbanian J, Borna R, Morshidi J, Neel Saz H (2014). Developing a model of low-carbon cities to reduce climate change and development (case study of Ahvaz metropolis). Journal of Geography. 22(83):123-141. [Persian]
- Mofidi MA (2017). Developing principles and indicators for designing low-carbon urban neighborhoods: A case study of Tajrish neighborhood in Tehran [Master's thesis]. Department of Urban Design. University of Arts. Faculty of Architecture and Urban Planning. [Persian]
- Moradi A, Charejo F (2021). Strategic planning of sustainable urban development with special approach to low carbon city (case study: Sanandaj City). Journal of

consumption, income, and carbon emissions in United States. Ecological Economics. 62(3-4):482-489.
- Tian H, Lu C, Ciais P, Michalak AM, Canadell JG, Saikawa E, et al (2016). The terrestrial biosphere as a net source of greenhouse gases to the atmosphere. Nature. 531(7593):225-228.
- Tigges J, Churkina G, Lakes T (2017). Modeling above-ground carbon storage: A remote sensing approach to derive individual tree species information in urban settings. Urban Ecosystems. 20:97-111.
- Wang L, Wang J, Tan X, Fang C (2019). Analysis of NOx pollution characteristics in the atmospheric environment in Changchun city. Atmosphere. 11(1):30.
- Wentong Z, Hu Y (2010). Planning strategy and practice of lowcarbon city construction, development in Wuhan, China. Proceedings of the 43th ISOCARP Congress 2010. Riyadh: ISOCARP.
- Xi FM, Liang WJ, Niu MF, Wang JY (2016). Carbon emissions and low-carbon regulation countermeasures of land use change in the city and town concentrated area of central Liaoning Province, China. The Journal of Applied Ecology. 27(2):577-584. [Chinese]
- Yang D, Ye C, Wang X, Lu D, Xu J, Yang H (2018). Global distribution and evolvement of urbanization and $PM_{2.5}$ (1998-2015). Atmospheric Environment. 182:171-178.
- Zhu B, Guo R, Deng Z, Zhao W, Ke P, Dou X, et al (2021). Unprecedented decarbonization of China's power system in the post-COVID era. arXiv preprint arXiv:2104.25-37.
Urban Research and Planning. 12(46):111-129. [Persian]
- Mousavi Sarvineh Baghi ES (2014). Development of an urban design guide for healthy urban development with a carbon reduction approach, Case study of Semnan [Master's thesis]. Tehran: Tarbiat Modares University. [Persian]
- Noorian F, Fath Jalali A, Saojbalaghi T (2012). Analysis of the effects of land use and transportation network on greenhouse gas emissions with a low-carbon city approach. Arman Shahr Architecture and Urban Planning Journal. 14(35):311-330. [Persian]
- Qoreishi SK, Rahimi A, Taheri M (2014). Environmental impacts on climate change. Proceedings of the First National Conference on Environmental Pollution. Ardabil: CIVILICA. [Persian]
- Sarkodie S, Asumadu O, Phebe Asantewaa Leirvik T (2020). Global effect of urban sprawl, industrialization, trade and economic development on carbon dioxide emissions. Environmental Research Letters. 15(3).
- Sheikhi S, Habib F, Habib F (2022). Developing conceptual and evaluative model of low carbon cities. Journal of Environmental Science and Technology. 24(8):61-75. [Persian]
- Shi K, Xu T, Li Y, Chen Z, Gong W, Wu J, et al (2020). Effects of urban forms on CO2 emissions in China from a multi-perspective analysis. Journal of Environmental Management. 262:110300.
- Soytas U, Sari R, Bradley TE (2007). Energy