



Research Paper

Explanation of the Principles and Characteristics of Low-Carbon Neighborhood Planning and Assessment of its Effectiveness (Case Study: Elahiye, Mashhad)

Zahra Kohzad¹ , Alireza Hasani^{*2} , Hassan Vahdani Charzekhon³

¹ M.A., Department of Urban Planning, Faculty of Arts, University of Bojnord, Bojnord, Iran.

² Assistant Professor, Department of Urban Planning, Faculty of Arts, University of Bojnord, Bojnord, Iran.

³ Assistant Professor, Department of Architecture, Faculty of Engineering, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.



[10.22080/usfs.2026.29319.2523](https://doi.org/10.22080/usfs.2026.29319.2523)

Received:

July 14, 2025

Accepted:

November 12, 2025

Available online:

June 8, 2026

Keywords:

Low-Carbon
Neighborhood, Climate
Change, Network
Analysis, Delphi Method,
Evaluation Indicators,
Elahiye Neighborhood,
Mashhad

Abstract

The emergence of environmental crises such as the energy crisis, increasing pollution, and climate change has led to a decline in the quality of life in urban environments. Global warming is intensifying day by day, and the average global surface temperature is projected to rise by up to 4°C by the end of the 21st century. This study aims to identify the indicators of low-carbon neighborhood planning and evaluate the degree of alignment of the Elahiye neighborhood in Mashhad with these indicators. Given that rapid urban growth and increasing energy consumption have exacerbated environmental crises, neighborhood-scale planning has gained special importance as an effective level for reducing carbon emissions. This study adopts a descriptive-analytical approach and employs a combined method, integrating Delphi, Analytic Network Process (ANP), and spatial analysis within the GIS environment. First, by reviewing previous studies and consulting experts, a set of preliminary indicators was identified. Then, through two rounds of the Delphi process, the final indicators were determined. In the next stage, the relative importance of the indicators was calculated using the ANP model, and the final weights were integrated spatially in the GIS environment. The results indicate that approximately 70% of the blocks in the Elahiye neighborhood exhibit a relatively high level of alignment with low-carbon indicators, while the indicators related to energy, transportation, and local management have the highest weights in the model. The novelty of this study lies in the integration of the Delphi method, ANP model, and GIS spatial analysis to localize and assess low-carbon neighborhood indicators. The findings can serve as a foundation for urban policy-making aimed at reducing carbon emissions and optimizing energy consumption at the neighborhood scale.

Copyright © 2024 The Authors. Published by University of Mazandaran. This work is published as an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4>). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

*Corresponding Author: Alireza Hasani

Address: Department of Urban Planning, Faculty of
Arts, University of Bojnord, Bojnord, Iran.

Tel: 09377606278

Email: Al_hasani@ub.ac.ir

1. Introduction

The increase in carbon dioxide (CO₂) emissions and greenhouse gases resulting from the growing energy consumption (especially in developing countries) has been identified as the primary cause of the climate change. In environmental discussions, particularly regarding climate change, the increase in carbon emissions in urban areas can be highlighted. The urban population is steadily increasing, with more than 66% projected to live in urban areas by 2050. Urbanization in Iran has traditionally been planned based on dependency and fossil fuel consumption. As a result, there is a need for research focused on achieving a new model for resilient city development that can thrive and adapt in a changing global context.

This research aims to achieve a sustainable model for maintaining a balance between the natural environment and the human environment. In the field of urban planning, concepts such as sustainability, sustainable development goals, and sustainable urbanization have been introduced to reduce energy waste and environmental pollution in cities. From the perspective of sustainable urban planning, one can refer to the concept of low-carbon neighborhood planning. These solutions, which are subsets of sustainable urban planning strategies, can be implemented at various scales within a city. The neighborhood scale serves as a suitable and effective basis for implementing principles and strategies of low-carbon urban planning. Therefore, it is essential and important to provide solutions at the neighborhood scale to address this phenomenon. Hence, this research aims to answer the following questions: 1- What are the principles of low-carbon neighborhood planning? 2- To what extent does the Elahieh

neighborhood in Mashhad possess the indicators of low-carbon neighborhoods?

2. Research Methodology

This research, considering its objectives, is an applied and developmental study, and its dominant approach is descriptive-analytical. It aims to increase productivity and low-carbon development, and its results can be utilized by practitioners, planners, and policymakers in this field. On the other hand, it can be described as a descriptive study as it examines the current situation. In a way, this project can be considered exploratory as it explores the future of low-carbon neighborhoods and related issues. The data collection was done through library research and document analysis, focusing on providing information on the current status in relation to the research objectives. In this research, a combined Delphi-ANP model with an emphasis on regression tests, Cronbach's alpha, and correlation coefficients in SPSS was used for data analysis. The Likert method was employed to measure and analyze the indicators of low-carbon neighborhoods. After harmonizing the measurement layers through fuzzy logic and converting them into Raster format, the layers were overlaid in ArcMap software based on their respective weights. This implementation and presentation were carried out in the Elahieh neighbourhood.

3. Research Findings

The findings revealed that there is a strong correlation between low-carbon neighborhoods and the phenomenon of climate change. The factors extracted from the analysis and data decomposition through the Delphi and ANP techniques, Likert scale, and GIS integration demonstrated the level of alignment of the Elahieh neighborhood in Mashhad with

the principles of low-carbon planning. By fuzzyfying the Likert scale items in ARC MAP and weighting them based on the final weights obtained from ANP, it is evident that approximately 70% of the neighborhood aligns with low-carbon criteria. The northeastern block shows the highest level of alignment, with weights ranging from 0.563 to 0.7476. On the other hand, the northwestern block exhibits the lowest level of alignment with low-carbon criteria, with weights ranging from 0.1623 to 0.3746. This indicates that it has the least alignment with the criteria.

4. Conclusion

As mentioned, achieving low-carbon neighborhoods requires the deployment of renewable energy alternatives or improving energy efficiency in existing systems. Neighborhoods, due to population density and the concentration of economic and social activities, are the main centers of resource consumption and waste generation. Reducing greenhouse gas emissions can be achieved through changes in behavior, technology, and more efficient urban planning strategies, and protecting carbon reserves in urban soils can contribute to reducing greenhouse gas emissions. Therefore, the following factors should be considered to create a more sustainable and resilient neighborhood: 1. Energy Efficiency: Promoting energy-efficient buildings and infrastructure, encouraging the use of renewable energy sources, and implementing energy-saving measures in residential, commercial, and public spaces; 2. Sustainable Transportation: Developing a comprehensive and efficient public transportation system, promoting non-motorized transportation options such as walking and cycling, and reducing reliance on private vehicles; 3. Waste Management: Implementing effective

waste management practices, including recycling, composting, and waste reduction measures, to minimize waste generation and promote a circular economy; 4. Green Spaces and Urban Biodiversity: Enhancing and preserving green spaces, parks, and urban forests, promoting urban agriculture, and creating habitats for native flora and fauna to improve air quality, reduce the heat island effect, and enhance biodiversity; 5. Water Conservation: Implementing water-saving measures, promoting rainwater harvesting and greywater reuse systems, and raising awareness about water conservation practices among residents; and 6. Community Engagement: Encouraging community participation and involvement in decision-making processes, fostering a sense of ownership and responsibility among residents, and promoting sustainable lifestyle choices. By addressing these factors, a neighborhood can transform into a more sustainable and resilient community, contributing to the reduction of greenhouse gas emissions and the overall well-being of its residents.

Funding

There is no funding support.

Authors' Contribution

Authors contributed equally to the conceptualization and writing of the article. All of the authors approved the content of the manuscript and agreed on all aspects of the work.

Conflict of Interest

The authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

The authors appreciate all the scientific consultants in this paper.



علمی پژوهشی

تبیین اصول و شاخصه‌های برنامه‌ریزی محله‌های کم‌کربن و بررسی میزان اثرپذیری آن
(مورد پژوهشی: الهیه مشهد)زهرا کوهزاد^۱، علیرضا حسنی^{۲*}، حسن وحدانی چرزه خون^۳   ^۱ کارشناسی ارشد، گروه شهرسازی دانشکده هنر، دانشگاه بجنورد، بجنورد، ایران.^۲ استادیار، گروه شهرسازی، دانشکده هنر، دانشگاه بجنورد، بجنورد، ایران.^۳ استادیار، گروه معماری، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.[10.22080/usfs.2026.29319.2523](https://doi.org/10.22080/usfs.2026.29319.2523)

چکیده

بروز بحران‌های زیست‌محیطی نظیر بحران انرژی، افزایش آلودگی و تغییرات اقلیمی، کیفیت زندگی در محیط‌های شهری را کاهش داده است. گرم‌شدن کره زمین روزبه‌روز در حال افزایش است و میانگین دمای سطح جهانی تا پایان قرن بیست و یکم تا ۴ درجه سانتیگراد افزایش می‌یابد. هدف این پژوهش، تبیین شاخص‌های برنامه‌ریزی محله‌های کم‌کربن و ارزیابی میزان انطباق محله الهیه مشهد با این شاخص‌ها است. در شرایطی که رشد سریع شهری و افزایش مصرف انرژی به تشدید بحران‌های زیست‌محیطی منجر شده، برنامه‌ریزی در مقیاس محله به‌عنوان سطحی مؤثر در کاهش انتشار کربن اهمیت ویژه‌ای یافته است. پژوهش حاضر با رویکرد توصیفی - تحلیلی و روش ترکیبی دلفی، تحلیل شبکه‌ای (ANP) و تحلیل مکانی در محیط GIS انجام شد. ابتدا با بهره‌گیری از نظر خبرگان و مرور پیشینه، مجموعه‌ای از شاخص‌های اولیه شناسایی شد و سپس از طریق دو مرحله دلفی شاخص‌های نهایی تعیین گردید. در مرحله بعد، اهمیت نسبی شاخص‌ها با استفاده از مدل ANP محاسبه و وزن نهایی معیارها در محیط GIS تلفیق شد. نتایج نشان داد حدود ۷۰ درصد از بلوک‌های محله الهیه دارای انطباق نسبتاً بالا با شاخص‌های کم‌کربن هستند و شاخص‌های مرتبط با انرژی، حمل‌ونقل و مدیریت محلی بیشترین وزن را در مدل دارند. نوآوری این پژوهش در تلفیق مدل دلفی، تحلیل شبکه و تحلیل‌های فضایی GIS برای بومی‌سازی و سنجش شاخص‌های محله‌های کم‌کربن می‌باشد. یافته‌ها می‌توانند مبنای سیاست‌گذاری شهری در راستای کاهش انتشار کربن و بهینه‌سازی مصرف انرژی در مقیاس محله قرار گیرند.

تاریخ دریافت:

۲۳ تیر ۱۴۰۴

تاریخ پذیرش:

۲۱ آبان ۱۴۰۴

تاریخ انتشار:

۱۸ خرداد ۱۴۰۵

کلیدواژه‌ها:

محله کم‌کربن، تغییر اقلیم، تحلیل شبکه، دلفی، سنجش‌های ارزیابی، الهیه مشهد

* نویسنده مسئول: علیرضا حسنی

آدرس: گروه شهرسازی، دانشکده هنر، دانشگاه بجنورد، بجنورد،

تلفن: ۰۹۳۷۷۶۰۶۲۷۸

ایمیل: al_hasani@ub.ac.ir

ایران.



۱ مقدمه

تغییر اقلیم از مهم‌ترین چالش‌های جهانی قرن حاضر است که عمدتاً در نتیجهٔ افزایش انتشار دی‌اکسیدکربن و سایر گازهای گلخانه‌ای ناشی از مصرف انرژی شکل گرفته است. رشد شتابان شهرنشینی، مصرف سوخت‌های فسیلی و توسعهٔ ساخت‌وسازهای پرانرژی، این روند را تشدید کرده و پایداری شهرها را با چالش‌های جدی مواجه ساخته است.

رشد سریع شهرنشینی و صنعتی‌سازی، ضمن افزایش فشار بر سامانه‌های طبیعی و اجتماعی، به تشدید تغییرات اقلیمی منجر شده است. در این میان، افزایش انتشار کربن در شهرها یکی از مهم‌ترین پیامدهای زیست‌محیطی و عوامل مؤثر بر گرمایش جهانی محسوب می‌شود (Gao & Zhang, 2020). تمرکز بالای مصرف انرژی در شهرها موجب شده است که بیش از ۷۰ درصد انتشار جهانی دی‌اکسیدکربن به مناطق شهری اختصاص یابد. با توجه به پیش‌بینی سکونت حدود دوسوم جمعیت جهان در شهرها تا سال ۲۰۵۰، رویکرد شهر کم‌کربن به‌عنوان راهبردی مؤثر برای کاهش انتشار کربن و ارتقاء پایداری شهری اهمیت فزاینده‌ای یافته است.

(Harris et al, 2020) شهرنشینی در ایران به‌طور سنتی براساس وابستگی و مصرف انرژی فسیلی برنامه‌ریزی شده است. در صورت توسعهٔ این مدل پر مصرف در آیندهٔ نزدیک، ایران شاهد کمبود انرژی و تخریب بیشتر محیط زیست می‌باشد که زیان‌های ناشی از آن غیرقابل‌جبران است که نتایج آن را می‌توان در مقایسه‌های خردتر از جمله شهرها و محله‌ها مشاهده کرد (Lotfi et al, 2016). مرور پیشینه نشان می‌دهد که پژوهش‌های داخلی عمدتاً بر پایداری شهری در مقیاس کلان متمرکز بوده و چهارچوبی بومی برای ارزیابی محله‌های کم‌کربن ارائه نکرده‌اند. این خلأ، با توجه به نقش محله در شکل‌گیری الگوهای مصرف انرژی و رفتارهای زیست‌محیطی، ضرورت تدوین

شاخص‌های سنجش‌پذیر کم‌کربن را در شهرهای ایران برجسته می‌کند.

هدف کلی تحقیق، تبیین شاخص‌های برنامه‌ریزی محله‌های کم‌کربن و ارزیابی میزان انطباق محلهٔ الهیة مشهد با این شاخص‌ها می‌باشد. این تحقیق در پی پاسخ‌گویی به این سؤالات است:

شاخص‌های مؤثر در برنامه‌ریزی محله‌های کم‌کربن کدام‌اند؟ وزن و اهمیت نسبی هر شاخص براساس مدل ANP چقدر است؟ میزان انطباق محلهٔ الهیة مشهد با شاخص‌های کم‌کربن چگونه است؟

۲ مبانی نظری

شهرها به‌خاطر تراکم جمعیت، فشردگی فعالیت‌های اقتصادی و اجتماعی، مهم‌ترین مراکز مصرف منابع و تولیدکنندهٔ مواد زائد و آلودگی به‌شمار می‌روند. کاهش انتشار کربن شهری مستلزم تلفیق راهبردهای رفتاری، فناورانه و کالبدی است. در این راستا، برنامه‌ریزی و طراحی شهری کارآمد، توسعهٔ کاربری‌های مختلط، بهبود زیرساخت‌ها و حفاظت از پوشش گیاهی و ذخایر کربن خاک، از مهم‌ترین راهکارهای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای به‌شمار می‌روند (Christen, 2014). توسعهٔ پایدار که در گزارش «آیندهٔ مشترک ما» (۱۹۸۷) تبیین شد، بر بهره‌برداری متوازن از منابع در راستای تأمین نیازهای نسل حاضر و آینده استوار است. در این چارچوب، شهرها به دلیل تمرکز جمعیت، مصرف منابع و تولید آلاینده‌ها، به کانون اصلی مباحث پایداری تبدیل شده‌اند و تحقق توسعهٔ پایدار شهری به‌عنوان یکی از مهم‌ترین چالش‌های معاصر مطرح است (Ahani & Afshar Kazemi, 2021). بحران‌های زیست‌محیطی نظیر آلودگی، کاهش منابع طبیعی، گرمایش جهانی و تغییرات اقلیمی، از مهم‌ترین چالش‌های شهرهای معاصر به‌شمار می‌روند. گستردگی آثار این بحران‌ها موجب شده است که پیامدهای آن‌ها فراتر از حوزه‌های علمی،



انتشار کربن در سطح فضاهای شهری است. در این راستا، با الهام از بنیان‌های علمی توسعه پایدار، رویکردهای جدیدی به نام برنامه‌ریزی شهری نوین^۳ (منشور نوشهرگرایی) و رشد هوشمند برای پایدارکردن فرم فضایی شهرها توجه شد (Heidari & Azar, 2019). در این راستا، در وضع موجود برنامه‌ریزان و مدیران شهری را ناگزیر از توجه به برنامه‌ریزی در مقیاس‌های خرد در قالب واحدها و سلول‌های شهری یعنی محله‌ها نموده است؛ زیرا در این صورت است که می‌توان ابعاد مختلف زندگی شهری را به شکل ملموس مورد بررسی قرار داد و با برنامه‌ریزی مناسب و استفاده از منابع محلی به شاخص‌های توسعه محله‌های شهری دست یافت (Mafi et al, 2009).

۲،۱ پیشینه پژوهش

به‌منظور تبیین مبانی نظری پژوهش، مطالعات مرتبط با شهرهای کم‌کربن، کربن‌صفر و راهبردهای کاهش انتشار کربن در مقیاس محله بررسی شد. یافته‌ها نشان می‌دهد که رویکردهای کم‌کربن در پیوندی مستقیم با اصول پایداری قرار داشته‌اند. نتایج این مطالعات در جدول (۱) ارائه شده است.

به‌طور مستقیم بر زندگی شهروندان و کیفیت محیط شهری تأثیر گذارد (Sajadian & Saeedi, 2020).

مسأله تغییر اقلیم جهانی ناشی از افزایش گازهای گلخانه‌ای امری مهم و ضروری است. علل اصلی انتشار گازهای گلخانه‌ای عبارت‌اند از: استفاده از مواد معدنی قابل احتراق در صنایع - زغال‌سنگ، نفت، گاز طبیعی، جنگل‌زدایی است. میخائیل^۱ و همکاران، ۲۰۲۰، دو روش اصلی را که برای به حداقل رساندن انتشار CO₂ توسط محققان ارائه شده، توصیه کرده‌اند که عبارت‌اند از: (۱) استقرار انرژی‌های تجدیدپذیر جایگزین یا بهبود بهره‌وری انرژی سیستم‌های موجود، (۲) کربست تکنولوژی جذب و جداسازی کربن برای بستن چرخه کربن و تکنولوژی جذب و ذخیره کربن (CCS)^۲ به‌طور گسترده به‌عنوان یکی از آسان‌ترین روش‌ها برای کاهش انتشار کربن به جو در نظر گرفته می‌شود (Yoro & Daramola, 2020).

در دیدگاه برنامه‌ریزان شهری، یکی از راهبردهای دستیابی به توسعه پایدار و ارتقاء کیفیت محیط زیست شهری، متعادل‌کردن و به حداقل رساندن

³ New Urbanism

¹ Mikhaylov

² carbon capture and storage



جدول ۱. جمع‌بندی پژوهش‌های مرتبط

عنوان پژوهش	سال	رویکردهای خاص پژوهش
امکان‌سنجی راهبرد زیست‌محیطی شهر کربن صفر در شهرکرد	۲۰۲۰	رتبه‌بندی شهرکرد با استفاده از مهم‌ترین معیارها و شاخص‌های زیست‌محیطی شهر کربن اندازه‌گیری ردپای بوم‌شناختی با استفاده از نرم‌افزار IPCC (Mohammadi, Ghaedi, & Peyvand, 2021)
برنامه‌ریزی شهری برای توسعه پایدار با کم‌کربن	۲۰۲۰	- مطالعه برنامه‌ریزی شهری از منظرها و سطوح مختلف - ایجاد محیطی متعادل از نظر اکولوژیکی (Gao & Zhang, 2020)
تجدیدنظر در شهرهای کم‌کربن آینده	۲۰۲۰	- بررسی چالش‌ها و موانع شهر مصدر و بررسی برنامه تغییرزمانی برای توسعه (Griffiths & Sovacool, 2020)
اجرای استراتژی‌های پایدار در سطح محله‌ها با هدف کاهش انتشار کربن	۲۰۲۲	- استراتژی‌های کمی با هدف ارتقاء توسعه کم‌کربن در واحد همسایگی - ارائه یک مدل ارزیابی در سطح همسایگی برای اندازه‌گیری ویژگی‌های انتشار کربن و پتانسیل کاهش آن - ارائه چارچوبی برای تصمیم‌گیری برای تجدید محله پایدار از منظر کاهش انتشار کربن (Cheng, 2022)
شناسایی عدم قطعیت‌های بحرانی شهر تهران به منظور دستیابی به توسعه شهر کم‌کربن	۲۰۲۲	- دستیابی به راهکارهای مؤثر برای توسعه شهر کم‌کربن با همکاری و حمایت سازمانی - بررسی مهم‌ترین شاخص‌ها در ابعاد مختلف با استفاده از نرم‌افزار Scenario Wizard - استفاده از زیرساخت‌های سبز برای کاهش اثرات نامطلوب (Boostani & Sadeghiha, 2022)
شناسایی انواع الگوهای عملکرد انرژی در شهرها	۲۰۱۹	- یافتن تأثیر پارامترهای هندسی بر عملکرد انرژی ساختمان‌ها، استفاده از آن‌ها برای شناسایی انواع هندسی اصلی - اندازه‌گیری شاخص‌ها در عملکرد انرژی ساختمان از طریق تحلیل رگرسیون (Oh & Kim, 2019).
برنامه‌ریزی محله کم‌کربن براساس فناوری سیستم‌های شاخص	۲۰۱۶	- توسعه ابزارهای ارزیابی پایداری همسایگی - استفاده از فرآیند شبکه تحلیلی (ANP) (Wang, Zhao, He, Wang, & Peng, 2016)
تدوین معیارهای طراحی شهری برای محله‌های بدون کربن	۲۰۱۶	- طراحی محله کم‌کربن وبدون کربن و با توجه به تجارب موفق جهانی - تدوین معیارهای طراحی برای طراحی محله کم‌کربن و بدون - کربن (Lotfi, Sholeh, Farmand, & Fattahi, 2016)
به سوی طراحی شهری کم‌کربن مبتنی بر روش تحلیل یکپارچه منابع تولید	۲۰۲۰	- اتخاذ جنبه‌های معماری و اقلیمی از سه منظر واحدهای مسکونی، واحدهای صنعتی و حمل‌ونقل - بررسی پیرامون میزان تولید کربن منتشرشده - استفاده از مدل Gauss و مدل Mousavi Sarvine (Caline Baghi & Ranjbar, 2020)

مهم‌ترین کنفرانس‌ها و دستورالعمل‌ها به شرح ذیل است:

کنفرانس استکهلم-۱۹۷۲: اعلامیه استکهلم
به‌عنوان یک سند بین‌المللی مهم در حوزه محیط زیست، به تأکید بر ارتباط نزدیک بین توسعه و

حفاظت از محیط زیست، همچنین تأکید بر اصول حقوقی و قواعد عمومی در این زمینه، می‌پردازد (Rezaei & Jalalian, 2018).

دستور کار ۲۱: براساس دستور کار ۲۱، مهم‌ترین محور در راستای رسیدن به پایداری، پرداختن به

¹ United Nations Conference on the man and environment (Stockholm declaration) Stockholm - 1972



توسعه شهری پایدار و محیط زیست است (Agenda 21, 1992).

کنوانسیون تغییر اقلیم (UNFCCC)-۱۹۹۲:
هدف اصلی این کنوانسیون، دستیابی به تثبیت غلظت گازهای گلخانه‌ای در اتمسفر تا سطحی که

از تداخل خطرناک فعالیت‌های بشر با سیستم اقلیمی جلوگیری کند (Hasani, Mofidi, Shemirani, & Roshani, 2022). در سطح بین‌الملل در خصوص تغییرات اقلیمی صورت پذیرفته که در زیر به‌طور مختصر اشاره شده است:

جدول ۲. اقدامات در سطح بین‌المللی برای تغییرات اقلیمی

تاریخ	مکان کنفرانس	دستاوردها
۱۹۹۷	کیوتو - ژاپن	توافق برای کاهش گازهای گلخانه‌ای به میزان ۵/۲ درصد طی سال‌های ۲۰۰۸-۲۰۱۲
۱۹۹۸	آرژانتین	ارائه یک برنامه ۲ ساله برای اجرای پروتکل کیوتو
۲۰۰۱	بن - آلمان	تنظیم و ارائه مکانیسم‌های انعطاف‌پذیر، برنامه انطباق و تأمین مالی
۲۰۰۱	مراکش	تنظیم چارچوبی در خصوص ابزارهای مالی، برنامه‌ریزی جدید و راهکارهای انتقال فناوری
۲۰۰۲	دهلی‌نو - هند	کمک کشورهای پیشرفته به کشورهای در حال توسعه برای کاهش گازهای گلخانه‌ای و اثرات سو
۲۰۰۳	میلان - ایتالیا	حمایت از صندوق‌های انطباقی متشکل در سال ۲۰۰۱ به منظور حمایت از کشورهای در حال توسعه
۲۰۰۵	مونترال - کانادا	تأیید پروتکل کیوتو
۲۰۰۶	نایروبی - کنیا	تصویب یک برنامه ۵ ساله برای حمایت از سازگاری برای کشورهای در حال توسعه
۲۰۰۷	بالی - اندونزی	توافق‌نامه‌ای در مورد جدول زمانی و مذاکرات ساختاریافته بعد از سال ۲۰۱۲
۲۰۱۰	کاتزان مکزیک	بررسی و شناسایی تغییر آب‌وهوا به‌عنوان یک تهدید فوری و به‌طور بالقوه غیرقابل برگشت
۲۰۱۲	دوحه - قطر	اصلاحیه در پروتکل کیوتو و محدود انتشار جهانی دی اکسید کربن برای دولت‌ها
۲۰۱۳	ورشو لهستان	کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای برای محدود کردن افزایش دمای جهانی
۲۰۱۵	پاریس - فرانسه	مقررات مربوط به کاهش تغییرات اقلیمی را تا سال ۲۰۲۰، دوباره تنظیم گردد.
۲۰۱۶	مراکش	کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و استفاده از منابع انرژی به‌صرفه و کم برای کاهش کربن
۲۰۱۸	کاتوس - لهستان	کاهش میزان پنجاه درصدی گاز دی اکسید کربن را تا سال ۲۰۲۰
۲۰۱۹	اسپانیا - مادرید	تکمیل سازوکارها در راستای عملیاتی شدن کامل توافق‌نامه پاریس
۲۰۲۱	بریتانیا	افزایش تعهدات بیشتر از COP21 و ارائه گزارش هر ۵ سال یک بار
۲۰۲۲	شرم الشيخ، مصر	تمرکز کمک در خصوص جایگزینی سوخت‌های فسیلی با انرژی‌های تجدیدپذیر

¹ United Nations Framework Convention on Climate Change



۲،۲ توسعه کم‌کربن

توسعه کم‌کربن یکی از مؤلفه‌های کلیدی توسعه پایدار است که با هدف کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و افزایش کارایی زیست‌محیطی، به‌عنوان

راهبردی مؤثر برای مقابله با تغییرات اقلیمی مطرح شده است. تحقق این رویکرد مستلزم به‌کارگیری سیاست‌ها، برنامه‌ها و سازوکارهای مدیریتی یکپارچه در سطوح مختلف برنامه‌ریزی است.

جدول ۳. ابعاد توسعه کم‌کربن

ابعاد	شاخص
اجتماعی	ارائه خدمات عمومی
	تنظیمات رفتاری
	سیاست‌های حمایتی
اقتصادی	مداخلات نوآوری و فناوری کم‌کربن
	سیاست شیوه زندگی کم‌کربن
	رشد اقتصادی ناشی از انتشار کم‌کربن
محیط زیست	تغییر تکنولوژی و رفتاری
	هم‌زیستی با طبیعت

مأخذ:

(Mohammadi , Ghaedi, & Peyvand, 2021)

۲،۳ محله‌های کم‌کربن

حل مشکل و مسائل از درون محله با ترکیب سرمایه‌های طبیعی، کالبدی، اجتماعی و انسانی و پیروی از مبانی و اصول رویکرد کم‌کربن در محله‌های پایدار شهری مقدور خواهد بود که در این بین، ابعاد محله کم‌کربن به‌عنوان متغیرهای مستقل و شاخص‌های محله‌های پایدار بیانگر متغیرهای وابسته پژوهش در نظر گرفته می‌شود. (Mohammadpour & Mehrjou, 2020) مدیران شهری باید در پی پاسخ برای دغدغه‌های شهروندان در ارتباط با میزان انتشار دی اکسید کربن در قالب ارائه راهکار یا چهارچوبی جامع برای دستیابی به شهری پایدار با به‌کارگیری رویکرد محله‌های کم‌کربن باشند. این چهارچوب‌ها می‌توانند قابلیت کاربست در مقیاس‌های گوناگون (از ساختمان تا شهر) را داشته باشند. در بین مقیاس‌های مطرح‌شده، محله را می‌توان به‌عنوان مقیاسی مطلوب برای کاربست این چهارچوب‌ها دانست (Zhao, Yu, He, & Tu, 2019).

۲،۴ جایگاه الگوی کم‌کربن در

برنامه‌ریزی شهری

با توجه به مقیاس گسترده فعالیت‌های اقتصادی و توابع پیچیده سیستم شهری به‌عنوان یک کل، نیاز به برنامه‌ریزی شهری به‌طور مداوم افزایش می‌یابد و اهمیت برنامه‌ریزی شهری برجسته‌تر است (Cao & Li, 2011). برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، برنامه‌ریزی عملیاتی به‌طور معمول بر کاربری زمین، حمل‌ونقل، مصرف انرژی تمرکز دارد (Boswell, Greve, & Seale , 2019). حمل‌ونقل شهری یکی از بزرگ‌ترین و سریع‌ترین شیوه‌های انتشار کربن در شهرها است که از طریق رفتار سفر و شکل شهر و فناوری مرتبط با استفاده از کربن انتشار پیدا می‌کند که این عامل نشان‌دهنده میزان اهمیت برنامه‌ریزی شهری در شهرها است که با برنامه‌ریزی صحیح و درست می‌توان میزان انتشار کربن در شهرها را کاهش داد (Liu, Ma, & Chai , 2017).

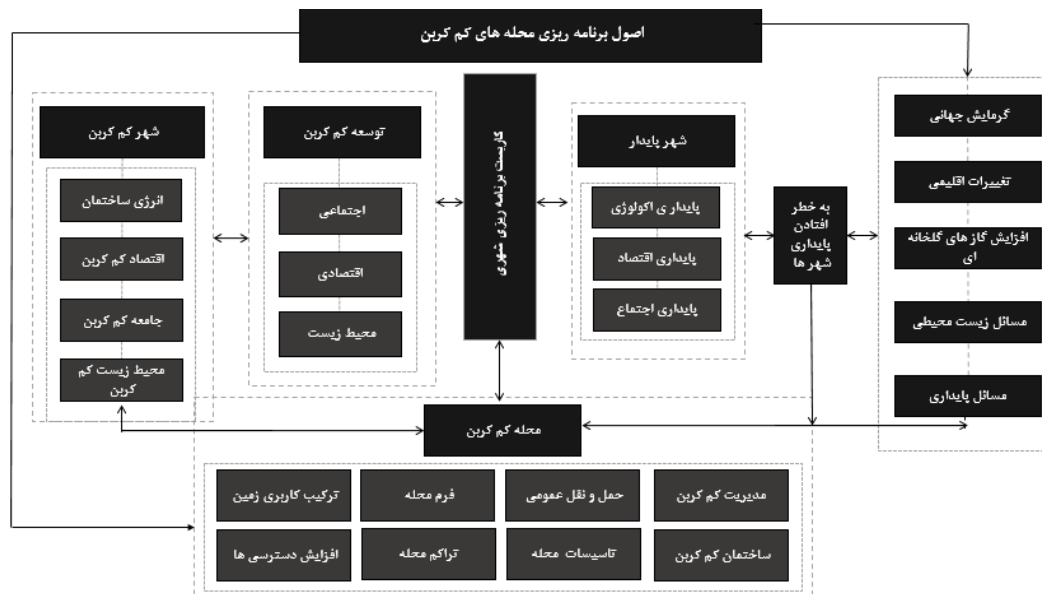


۲/۵ کاربست برنامه‌ریزی شهری در محله‌های کم‌کربن

با توجه به مسائل و مشکلات خاص شهرها که در راستای اثر بر تغییرات اقلیمی هستند، متخصصین شهری با توجه به معنای عام توسعه پایدار شهری، به دنبال ارائه راه‌حلهایی، برای مقابله با این معضلات‌اند (Sayad, Gholipour, & Feyzi, 2017). روند فزاینده افزایش دما و تغییر الگوهای اقلیمی، بیانگر تشدید گرمایش جهانی است. در این میان، شهرنشینی، صنعتی‌شدن و افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای از مهم‌ترین عوامل تشدیدکننده تغییرات اقلیمی و آلودگی‌های زیست‌محیطی به‌شمار

می‌روند که آسیب‌پذیری مناطق شهری و روستایی را افزایش داده‌اند (Filho, et al., 2019).

گرمایش جهانی و تغییرات اقلیمی ناشی از شهرنشینی، صنعتی‌شدن و افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای، از مهم‌ترین چالش‌های زیست‌محیطی معاصر به‌شمار می‌روند و موجب تشدید آلودگی‌های محیطی و آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های انسانی شده‌اند. برنامه‌ریزی محله‌های کم‌کربن از مهم‌ترین راهبردهای تحقق توسعه پایدار شهری به‌شمار می‌رود و در مقیاس‌های مختلف شهری قابل کاربست است. شکل ۱ ارتباط میان توسعه پایدار شهری و محله‌های کم‌کربن را نشان می‌دهد.



شکل ۱. بررسی روند ارتباطات بین برنامه‌ریزی شهری و محله‌های کم‌کربن

اعتبارسنجی شدند. سپس وزن شاخص‌ها با مدل تحلیل شبکه‌ای (ANP) تعیین و داده‌های مکانی متناظر در محیط GIS استانداردسازی و تلفیق گردید. درنهایت، با به‌کارگیری روش Weighted Overlay، میزان انطباق بلوک‌های محله الهیه با شاخص‌های محله کم‌کربن ارزیابی و پهنه‌بندی شد.

۳ روش تحقیق

این پژوهش از نوع کاربردی و با رویکرد توصیفی - تحلیلی انجام شده است. شاخص‌های محله کم‌کربن از طریق مرور نظام‌مند منابع علمی استخراج و با استفاده از روش دلفی دومرحله‌ای

جدول ۴. خلاصه رویکردها و ابزارها

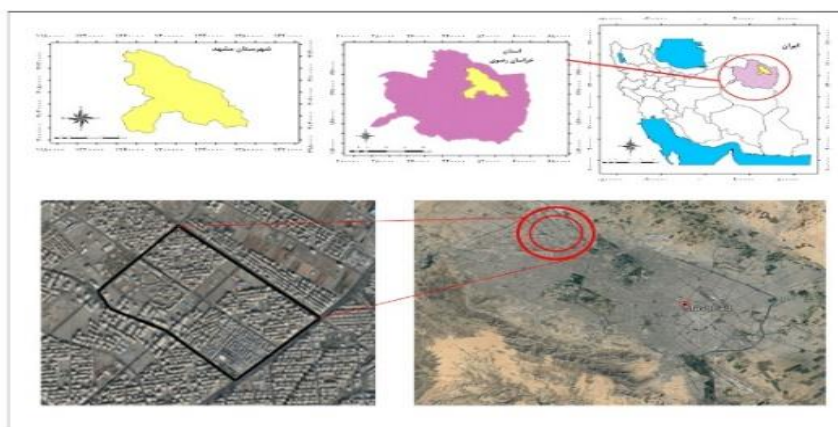
مراحل تحقیق		تکنیک	ابزار
جمع‌آوری داده‌ها		پیمایشی	استفاده از موارد قابل استناد، پرسش‌نامه، چک‌لیست ناظر
		اسنادی و کتابخانه‌ای	کتاب‌ها، مقاله‌ها و...
		مقیاس لیکرت	چک‌لیست شاخصه‌ها
تحلیل داده‌ها		فرآیند تحلیل شبکه ANP	Supper Decision
		تکنیک دلفی	پرسش نامه چند گام
		آلفای کرنباخ (پایایی)	رگرسیون Spss
		ضریب همبستگی (پایایی)	رگرسیون Spss
		Spatial Analysis	GIS
		Overlay	GIS
روش‌های جمع‌آوری داده و تحلیل			

محله الهیه با مساحت ۱۶۳۹۰۲ هکتار و جمعیت ۱۲۰۴۷ نفر در شهر مشهد واقع شده است (Mashhad Municipality, 2025).

۳/۱ معرفی مورد پژوهی

پژوهش حاضر، در شهر مشهد انجام شده است. محله الهیه براساس منطقه‌بندی ۱۳ گانه قدیم شهرداری مشهد در محدوده منطقه ۱۲ قرار دارد.

شکل ۲. محدوده مورد پژوهش



نظام مقولات تخصصی ناظر بر برنامه‌ریزی شهری پرداخته شده است. در جدول ۵ فرآیند تحلیل داده‌ها در پژوهش ارائه شده است.

۴ یافته‌ها و بحث

۴/۱ ارزیابی و تحلیل داده‌ها

در ادامه به تحلیل محتوای متون و برای اتخاذ مؤلفه‌ها و شاخص‌های مرتبط با موضوع مبنی بر



جدول ۵. مراحل تحلیل داده‌ها

مراحل تحلیل داده‌ها	
تحلیل داده‌های نظری	بررسی منابع نظری، استخراج کدهای ناظر
بررسی روایی پرسش‌نامه	بررسی میزان اعتبارسنجی پرسش‌نامه به کمک spss
تشکیل تیم تصمیم‌گیری دلفی	انتشار پرسش‌نامه بین متخصصین، تحلیل نتایج اولیه، تحلیل نتایج دوم و استخراج معیارها
وزن‌دهی و ارزیابی شاخص‌ها	استخراج وزن نهایی معیارها و میزان اهمیت هر یک، معرفی معیارهای نهایی
تبیین اصول استاندارد معیارهای محله کم‌کربن	تبیین ارتباط بین اصول و شاخص، سنجش میزان اثرگذاری
سنجش میزات اثرگذاری معیارها در محله	معرفی نمونه موردی، بررسی داده‌ها در نمونه موردی، تطبیق نمونه موردی با اصول و معیارهای کم‌کربن

موضوع در طیف وسیعی مورد استفاده قرار گرفته است که از این منابع ۶۶ کد ناظر برای سنجش مؤلفه‌ها استخراج شده است.

در تحلیل محتوای پژوهش، از ۱۹ منبع دسته اول شامل مقالات و کتب معتبر استفاده (جدول شماره ۶) و براساس آن، کدهای ناظر مرتبط استخراج شده است. در این راستا جدیدترین منابع مرتبط با

جدول ۶. منابع برای استخراج معیارها

(Qin et al, 2013); (Zhao et al, 2017); (Xie et al, 2016); (Zhao et al, 2019); (Qian et al, 2019)، (Lemaire, 2021); (Boswell et al, 2019); (Zhang et al, 2013); (Wang et al, 2016); (Gao & Zhang, 2020) (Moradi & Charehjo, 2021); (Nikpour et al, 2015); (Hekmat Nia & Zangi Abadi, 2004); (Sarkheyli, Rafieian & Taghvaie, 2018); (Parhizkar & Firouzbakht, 2012); (Mofidi & Mirzaiyan Khamseh, 2016) و (Siami et al, 2016); (Mohammadpour & Mehrjou, 2021)

۴/۱/۱ روایی پرسش‌نامه دلفی دور اول:
گام نخست: ورود اطلاعات برای روایی پرسش‌نامه‌ها در spss و انجام آزمون آلفای کرنباخ برای دور اول که نتایج حاصل از آن براساس طیف لیکرت در جداول زیر خلاصه شده است.

در مرحله اعتبارسنجی، شاخص‌های پژوهش توسط ۳۰ نفر از خبرگان و از طریق پرسش‌نامه دلفی ارزیابی شدند. همچنین، پایایی ابزار پژوهش با ضریب آلفای کرنباخ و روابط میان متغیرها با استفاده از تحلیل رگرسیون خطی در نرم‌افزار SPSS مورد بررسی قرار گرفت.

جدول ۷. آزمون آلفای کرنباخ برای مؤلفه انرژی کم‌کربن

Reliability Statistics	
Cronbach's Alpha	N of Items
0/733	24

جدول ۸. آزمون آلفای کرنباخ برای مؤلفه اقتصادی کم‌کربن

Reliability Statistics	
Cronbach's Alpha	N of Items
0/713	17



جدول ۹. آزمون آلفای کرباخ برای مؤلفه اجتماع کم کربن

Reliability Statistics	
Cronbach's Alpha	N of Items
0/722	16

جدول ۱۰. آزمون آلفای کرباخ برای مؤلفه محیط زیست کم کربن

Reliability Statistics	
Cronbach's Alpha	N of Items
0/733	12

جدول ۱۱. آزمون آلفای کرباخ برای تمام مؤلفه‌های کم کربن در دور اول

Reliability Statistics	
Cronbach's Alpha	N of Items
0/9	67

گام دوم: ورود اطلاعات برای روایی پرسش‌نامه‌ها در spss و انجام آزمون رگرسیون برای دور اول پرسش‌نامه در روش دلفی در جداول زیر ارائه شده است.

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده طی آزمون‌های کرباخ برای هر یک از مؤلفه‌ها، α آن از ۰٫۷ بیشتر بوده و در انتها آزمون کرباخ برای کل داده‌ها عدد ۰٫۹ به دست آمده است؛ بنابراین مورد تأیید است.

جدول ۱۲. بررسی رگرسیون خطی در مؤلفه انرژی کم کربن

Model Summary				
Std. Error of the Estimate	Adjusted R Square	R Square	R	Model
00000	1/000	1/000	1/000a	1
a. Predictors: (Constant) وتقل عمومی، استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر، دسترسی به مکان‌های شغلی، قرارگیری پارکینگ، استفاده از مکانیسم‌های ابتکاری، تبیین قوانین و مقررات، مدیریت حفظ از انرژی، گزینه‌های مختلف حمل‌ونقل، شیوه‌های هوشمند و نوین حمل‌ونقل، کاهش تقاضای برق، کنترل ترافیک شهری، جانمایی منطقی بلوک شهری، حمل‌ونقل سبز، نزدیکی به ایستگاه اتوبوس، جانمایی کاربری‌ها، کاهش فاصله ایستگاه‌ها، توسعه فناوری، چیدمان ساختمان کم‌کربن، کاهش مصرف استفاده از انرژی، فناوری بازیافت				



جدول ۱۳. اثر رگرسیونی متغیرهای مستقل بر متغیرهای وابسته (انرژی کم‌کربن) با استفاده از آزمون آنوا

ANOVAa						
Sig.	F	Mean Square	df	Sum of Squares	Model	
000.b	.	0/082	24	1/961	Regression	1
		0/000	5	0/000	Residual	
			29	1/961	Total	
a. Dependent Variable: energy						
b. Predictors: (Constant)						
عمومی، استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر، دسترسی به مکان‌های شغلی، قرارگیری پارکینگ، استفاده از مکانیسم‌های ابتکاری، تبیین قوانین و مقررات، مدیریت حفظ از انرژی، گزینه‌های مختلف حمل‌ونقل، شیوه‌های هوشمند و نوین حمل‌ونقل، کاهش تقاضای برق، کنترل ترافیک شهری، جانمایی منطقی بلوک شهری، حمل‌ونقل سبز، نزدیکی به ایستگاه اتوبوس، جانمایی کاربری‌ها، کاهش فاصله ایستگاه‌ها، توسعه فناوری، چیدمان ساختمان کم‌کربن، کاهش مصرف استفاده از انرژی، فناوری بازیافت						

صفر رد شده و وجود رابطه‌ای خطی و معنادار بین متغیر انرژی کم‌کربن و متغیرهای مستقل پژوهش تأیید می‌شود.

نتایج جدول ۱۲ نشان می‌دهد که شرایط لازم برای به‌کارگیری رگرسیون خطی فراهم است. همچنین، با توجه به معنادار بودن آزمون ($\text{Sig} < 0.05$)، فرض

جدول ۱۴. بررسی رگرسیون خطی در مؤلفه اقتصاد کم‌کربن

Model Summary				
Std. Error of the Estimate	Adjusted R Square	R Square	R	Model
0/02585	0/992	.996	0/998a	1
a. Predictors: (Constant) - کنترل ترافیک، تنوع فعالیت‌های محلی، سازگاری بین کاربری‌ها، سرمایه‌گذاری تکنولوژی‌های نوین، خانه‌سازی ترکیبی، سرمایه‌گذاری بر شیوه‌های تردد، ساختمان سبز، افزایش تراکم، استفاده از منابع تجدیدپذیر، بهینه‌سازی ساختار صنعتی، مقررات میکرو اقلیم، مصرف منابع طبیعی، استفاده ترکیبی زمین، فضای سبز عمومی، تضمین توسعه پایدار				

جدول ۱۵. اثر رگرسیونی متغیرهای مستقل بر متغیرهای وابسته (اقتصاد کم‌کربن) با استفاده از آزمون آنوا

ANOVAa						
Sig.	F	Mean Square	df	Sum of Squares	Model	
.000b	228/482	0/153	16	2/443	Regression	1
		0/001	13	0/009	Residual	
			29	2/452	Total	
a. Dependent Variable: economic						
b. Predictors: (Constant) سرمایه‌گذاری تکنولوژی‌های نوین، خانه‌سازی ترکیبی، سرمایه‌گذاری بر شیوه‌های تردد، ساختمان سبز، افزایش تراکم، استفاده از منابع تجدیدپذیر، بهینه‌سازی ساختار صنعتی، مقررات میکرو اقلیم، مصرف منابع طبیعی، استفاده ترکیبی زمین، فضای سبز عمومی، تضمین توسعه پایدار						



(Sig) کمتر از ۰/۰۵، فرض صفر رد شده و رابطه خطی و معناداری بین اقتصاد کم‌کربن و متغیرهای مستقل پژوهش تأیید می‌شود.

براساس نتایج جدول ۱۴، ضریب همبستگی ۰/۹۹۸ و ضریب تعیین تعدیل‌شده ۰/۹۹۲ نشان‌دهنده توان بالای مدل در تبیین متغیر اقتصاد کم‌کربن است. همچنین، با معنادار بودن آزمون رگرسیون

جدول ۱۶. بررسی رگرسیون خطی در مؤلفه اجتماع کم‌کربن

Model Summary				
Std. Error of the Estimate	Adjusted R Square	R Square	R	Model
0/05062	0/960	0/982	0/991a	1
a. Predictors: (Constant) - تسهیلات عمومی، شیوه‌های پاک، تراکم شهری، همکاری سازمان‌ها، آموزش و فرهنگ‌سازی، مشارکت اجتماعی، برنامه‌ریزی زیست‌پذیر، استقرار نهادهای نظارتی، عدالت اجتماعی، مشارکت بخش‌های خصوصی، حس تعلق شهروندان، مشارکت با مردم، شفافیت، طرح‌های تشویقی				

جدول ۱۷. اثر رگرسیونی متغیرهای مستقل بر متغیرهای وابسته (اجتماع کم‌کربن) با استفاده از آزمون آنوا

ANOVAa					
Sig.	F	Mean Square	df	Sum of Squares	Model
.000b	44/600	0/114	16	1/829	Regression
		0/003	13	0/033	Residual
			29	1/862	Total
a. Dependent Variable: cumminuty					
b. Predictors: (Constant) - تسهیلات عمومی، شیوه‌های پاک، تراکم شهری، همکاری سازمان‌ها، آموزش و فرهنگ‌سازی، مشارکت اجتماعی، برنامه‌ریزی زیست‌پذیر، استقرار نهادهای نظارتی، عدالت اجتماعی، مشارکت بخش‌های خصوصی، حس تعلق شهروندان، مشارکت با مردم، شفافیت، طرح‌های تشویقی					

همچنین، معناداری آزمون رگرسیون (Sig) کمتر از ۰/۰۵ بیانگر وجود رابطه‌ای خطی و معنادار میان اجتماع کم‌کربن و متغیرهای مستقل پژوهش است.

براساس نتایج جدول ۱۶، ضریب همبستگی ۰/۹۹۱ و ضریب تعیین تعدیل‌شده ۰/۹۶۰ نشان‌دهنده توان بالای مدل در تبیین متغیر اجتماع کم‌کربن است.

جدول ۱۸. بررسی رگرسیون خطی در مؤلفه محیط زیست کم‌کربن

Model Summary				
Std. Error of the Estimate	Adjusted R Square	R Square	R	Model
0/04408	0/981	0/988	0/994a	1
a. Predictors: (Constant) - توجه به مواد و مصالح ساختمانی، هم‌زیستی با طبیعت، سیستم جمع‌آوری، تصفیه و بازیابی فاضلاب شهری، کاهش مصرف منابع آلاینده، استفاده از مواد ساختمانی LC، حفاظت از اکوسیستم، کاهش تخریب زیست‌محیطی، کاهش مصرف منابع آلاینده، بازیافت ضایعات				



جدول ۱۹. اثر رگرسیونی متغیرهای مستقل بر متغیرهای وابسته (محیط زیست کم کربن) با استفاده از آزمون آنوا

ANOVAa					
Sig.	F	Mean Square	df	Sum of Squares	Model
.000b	135/898	/264	11	2/905	Regression
		/002	18	0/035	Residual
			29	2/940	Total
a. Dependent Variable: environment					
b. Predictors: (Constant) توجه به مواد و مصالح ساختمانی، همزیستی با طبیعت، سیستم جمع‌آوری، تصفیه و بازیابی فاضلاب شهری، کاهش مصرف منابع آلاینده، استفاده از مواد ساختمانی LC، حفاظت از اکوسیستم، کاهش تخریب زیست‌محیطی، کاهش مصرف منابع آلاینده، بازیافت ضایعات					

۴/۱/۲ روایی پرسش‌نامه دلفی دور دوم:

در گام بعدی آزمون کرنباخ و آزمون رگرسیون خطی برای پرسش‌نامه دوم به کمک spss به ترتیب صورت گرفته است:

گام نخست: نتایج به دست آمده ناشی از پرسش‌نامه دور دوم براساس آزمون آلفای کرنباخ و طیف لیکرت در جدول زیر خلاصه شده است:

جدول ۲۰. آزمون آلفای کرنباخ برای تمامی مؤلفه‌های کم کربن در دور دوم

Reliability Statistics	
Cronbach's Alpha	N of Items
0/743	8

تعدیل شده ۰/۹۷۳ نشان‌دهنده قابلیت تبیین بالای مدل در تبیین شاخص نهایی محله کم کربن است. همچنین، معناداری آزمون (Sig) کم‌تر از ۰/۰۵ بیانگر وجود رابطه‌ای خطی و معنادار میان شاخص نهایی محله کم کربن و مؤلفه‌های بهینه‌سازی انرژی، اقتصاد محلی، اجتماع محلی، مدیریت محلی، زیرساخت‌های محلی، ساختار محله و دسترسی است.

براساس نتایج جدول ۱۸، ضریب همبستگی ۰/۹۹۴ و ضریب تعیین تعدیل شده ۰/۹۸۱ بیانگر توان بالای مدل در تبیین متغیر محیط‌زیست کم کربن است. همچنین، معناداری آزمون رگرسیون (Sig) کم‌تر از ۰/۰۵ نشان می‌دهد که بین محیط‌زیست کم کربن و متغیرهای مستقل پژوهش، رابطه‌ای خطی و معنادار وجود دارد.

با توجه به نتایج به دست آمده، طی آزمون‌های کرنباخ تمامی مؤلفه‌ها در دور دوم، α آن از ۰/۷ بیشتر بوده و در انتها آزمون کرنباخ برای کل داده‌ها عدد ۰/۷۴۳ به دست آمده است؛ بنابراین مورد تأیید است.

گام دوم: براساس نتایج رگرسیون خطی مرحله دوم، ضریب همبستگی ۰/۹۹۱ و ضریب تعیین



جدول ۲۱. آزمون رگرسیون خطی دور دوم برای تمامی مؤلفه‌های اصلی

Model Summary				
Std. Error of the Estimate	Adjusted R Square	R Square	R	Model
0/44059	0/973	0/979	.0/991	1
a. Predictors: (Constant) - ساختار محله در کدام از مؤلفه‌های محله‌های کم‌کربن قرار می‌گیرد؟ آیا عنصر استفاده از رشد اقتصادی یکی از مؤلفه‌های اصلی محله‌های کم‌کربن است، شاخص زیست‌پذیری محله در کدامیک از مؤلفه‌های محله‌های کم‌کربن قرار می‌گیرد، شاخص دسترسی در کدامیک از مؤلفه‌های محله‌های کم‌کربن قرار می‌گیرد؟ - آیا عنصر استفاده از بهینه‌سازی انرژی یکی از مؤلفه‌های اصلی محله‌های کم‌کربن است؟ - شاخص اجتماع محلی در کدامیک از مؤلفه‌های محله‌های کم‌کربن قرار می‌گیرد؟ - شاخص زیرساخت‌های محلی در کدامیک از مؤلفه‌های محله‌های کم‌کربن قرار می‌گیرد؟				

جدول ۲۲. آزمون رگرسیون خطی متغیرهای مستقل بر متغیرهای وابسته با استفاده از آزمون آنوا

ANOVAa						
Sig.	F	Mean Square	df	Sum of Squares	Model	
.006b	1/948	/382	8	2/053	Regression	1
		/016	21	0/42	Residual	
			29	2/167	Total	
a. Dependent Variable: cool						
b. Predictors: (Constant) - ساختار محله در کدامیک از مؤلفه‌های محله‌های کم‌کربن قرار می‌گیرد؟ آیا عنصر استفاده از رشد اقتصادی یکی از مؤلفه‌های اصلی محله‌های کم‌کربن است، شاخص زیست‌پذیری محله در کدامیک از مؤلفه‌های محله‌های کم‌کربن قرار می‌گیرد، شاخص دسترسی در کدامیک از مؤلفه‌های محله‌های کم‌کربن قرار می‌گیرد؟ - شاخص مدیریت محلی در کدامیک از مؤلفه‌های محله‌های کم‌کربن قرار می‌گیرد؟ آیا عنصر استفاده از بهینه‌سازی انرژی یکی از مؤلفه‌های اصلی محله‌های کم‌کربن است؟ - شاخص اجتماع محلی در کدامیک از مؤلفه‌های محله‌های کم‌کربن قرار می‌گیرد؟ - شاخص زیر ساخت‌های محلی در کدامیک از مؤلفه‌های محله‌های کم‌کربن قرار می‌گیرد؟						

پایایی لازم برخوردار می‌باشد و در نتیجه معیارهای استخراج شده برای برنامه‌ریزی محله‌های کم‌کربن در جدول ۲۳ ارائه شده است.

بنابراین ضرایب تحمینی با توجه به sig‌های به- دست‌آمده برای هریک از مؤلفه‌های مورد نظر مقادیر قابل توجه و مورد قبول است و می‌توان نتیجه گرفت که و در حالت کلی پرسش‌نامه از



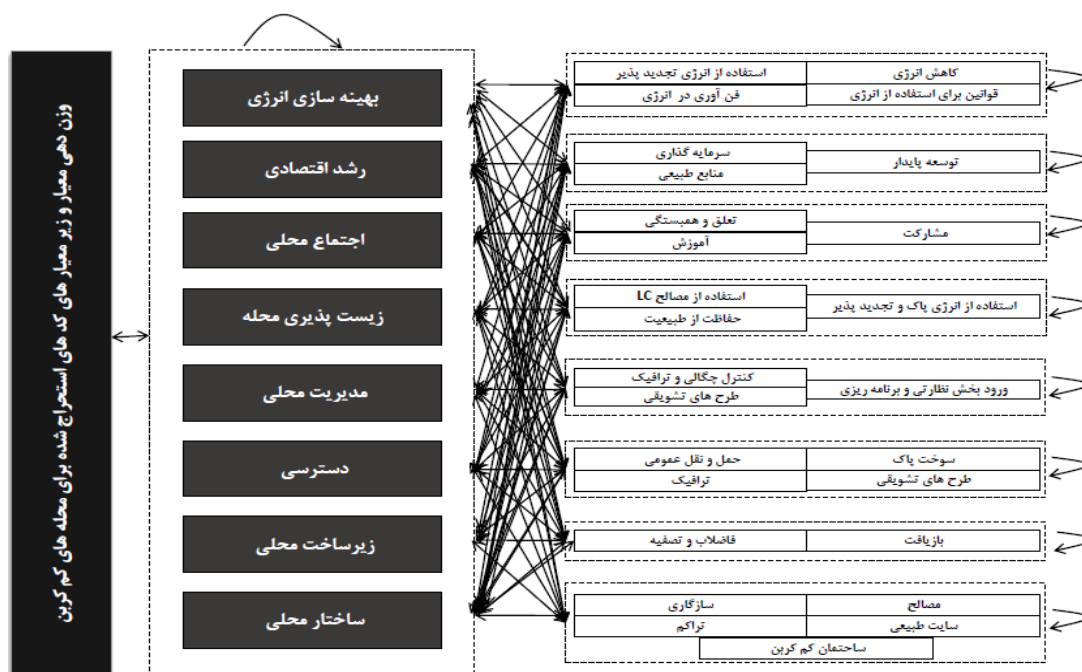
جدول ۲۳. معیارهای استخراج شده از دلفی برای برنامه‌ریزی محله‌های کم‌کربن

اصول اصلی	شاخصه‌های اصول اصلی
بهینه‌سازی انرژی	استفاده از انرژی تجدیدپذیر - مدیریت حفظ از انرژی - توسعه فناوری‌های بهره‌برداری از انرژی - توسعه استفاده از انرژی‌های جدید - فناوری بازیافت - تبیین قوانین و مقررات برای مدیریت بهره‌وری انرژی - کاهش مصرف توان استفاده از انرژی
رشد اقتصادی	مصرف منابع طبیعی - مشارکت سرمایه‌گذاران - بهره‌برداری و سرمایه‌گذاری تکنولوژی‌های نوین و ارگانیک - تضمین توسعه پایدار - بهینه‌سازی ساختار صنعتی
اجتماع محلی	حس تعلق شهروندان - تبلیغ شیوه‌های پاک و ارگانیک زندگی تراکم شهری - همبستگی و مشارکت اجتماعی - عدالت اجتماعی
زیست‌پذیری محله	هم‌زیستی با طبیعت - حفاظت از اکوسیستم - استفاده از مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر - کاهش تخریب زیست‌محیطی برای توسعه کالبدی - استفاده از مواد ساختمانی LC
مدیریت محلی	کنترل چگالی و کاهش ترافیک - جانمایی منطقی بلوک شهری - جانمایی کاربری‌ها - استقرار نهادهای نظارتی - برنامه‌ریزی زیست‌پذیر - وجود مقررات برای مصرف - وجود اهداف در برنامه‌ریزی‌های ملی - مشارکت بخش‌های خصوصی - مشارکت با مردم - آموزش و فرهنگ‌سازی - طرح‌های تشویقی - تسهیلات عمومی
دسترسی	حمل‌ونقل عمومی میزان گرایش به استفاده از حمل‌ونقل سبز - استفاده از شیوه‌های نوین حمل‌ونقل - اتکا به گزینه‌های مختلف حمل‌ونقل و جابه‌جایی - جایگزین کردن سوخت‌های پاک به جای سوخت‌های فسیلی در حمل‌ونقل شهری - کیفیت مدیریت و کنترل ترافیک شهری - نزدیکی به ایستگاه اتوبوس - کاهش فاصله ایستگاهها - تشویق ساکنان برای استفاده از حمل‌ونقل عمومی - دسترسی بهتر به مکان‌های شغلی - کاهش فاصله رفت‌وآمد
زیرساخت‌های محلی	فاضلاب و پسماند - سیستم جمع‌آوری - تصفیه و بازیابی فاضلاب شهری - بازیافت ضایعات
ساختار محله	سازگاری بین کاربری‌ها - کاهش فواصل بین محل سکونت و فعالیت‌ها - تنوع فعالیت‌های محلی - توازن تعادل بین شغل و مسکن - استفاده ترکیبی زمین - خانه‌سازی ترکیبی - چیدمان ساختمان کم‌کربن - افزایش تراکم - توجه به مواد و مصالح ساختمانی - توجه به وضعیت طبیعی سایت محله در برنامه‌ریزی - فضای سبز عمومی - ساختمان سبز

منظور سهولت کار و دقت در محاسبه وزن نسبی معیارها و رتبه‌بندی گزینه‌ها از نرم‌افزار Super Decisions استفاده شد.

درنهایت با توجه به تحلیل‌های آماری و نتایج به‌دست‌آمده از تکنیک مدل تلفیقی Delphi-ANP و وزن‌دهی معیارها براساس نظرات کارشناسی شده و متخصصین این رشته توسط ۳۰ کارشناس، نحوه ارتباط و شرایط وزنی معیارهای منتخب برای محله‌های کم‌کربن براساس اصول برنامه‌ریزی شهری به‌صورت زیر می‌باشد:

همان‌طور که نشان داده شده است، نتایج حاصل و خروجی از تکنیک دلفی دومرحله‌ای معیارهای استخراج شده براساس نظرات و زیر نظر کارشناسان و متخصصین صورت‌گرفته که عبارت‌اند از: بهینه‌سازی انرژی، رشد اقتصادی، اجتماع محلی، زیست‌پذیری محله، مدیریت محلی، دسترسی، زیرساخت‌های محلی و ساختار محله. در ادامه در راستای برقراری مدیریت محله‌های کم‌کربن و همچنین ارزیابی معیارها و از فرآیند تحلیل شبکه‌های استفاده شده است تا معیارهای شناسایی شده، مورد وزن‌دهی قرار گیرند. از این‌رو، به



شکل ۳. روابط بین معیار و شاخص ها در مدل ANP

جدول ۲۴. نتایج حاصل از ANP

معیار	Raw	Normals	Ideals
بهینه سازی انرژی	0/084514	0/159638	0/94085
رشد اقتصادی	0/089827	0/169674	1
اجتماع محلی	0/071187	0/134465	0/792487
زیست پذیری محله	0/058647	0/110778	0/652885
مدیریت محلی	0/064345	0/121541	0/716319
دسترسی	0/052375	0/09893	0/583062
زیرساخت های محلی	0/047799	0/090287	0/532123
ساختار محله	0/060717	0/114687	0/675928

عباراتی که ارتباط معنای ظاهری آن با نگرش مورد بررسی به وضوح روشن نباشد، استفاده کرد. به این ترتیب می توان انشعابات دقیق تر و عمیق تر یک نگرش را کشف کرد. پرسش های طیف لیکرت، به طور کلی برای اندازه گیری موضوعاتی که قابل مشاهده نیستند، از جمله معیارهای کیفی و ساختارهای نگرشی و ادراکی که بر رفتار اشخاص اثرگذارند، به کار می رود (Bamdad Sowfi, Salimi)

۴،۲ سنجش میزان اثرگذاری اصول برنامه ریزی محله های کم کربن در محله الهیه مشهد

به منظور سنجش معیارها برای محله های کم کربن و به منظور یکسان سازی آن ها از روش لیکرت استفاده شده است. از طیف لیکرت می توان برای تقسیم کلی و قابل قبولی از نگرش های مردم و طرح

است، حاصل گردید و مکان‌های با ارزش بالاتر در هر لایه، مکان‌های مناسب‌تر در آن لایه را به خود اختصاص داده است. پس از ادغام لایه‌ها، بالاترین وزن ۰/۷۴۷۶ می‌باشد که بیشترین میزان انطباق‌پذیری و هم‌سویی با معیارهای محله کم‌کربن را دارا است که با رنگ سبز ارائه شده است. پایین‌ترین وزن ۰/۱۶۲۳ می‌باشد که کم‌ترین میزان انطباق‌پذیری و هم‌سویی با معیارهای محله کم‌کربن را دارا است که با رنگ قرمز ارائه شده است. به این ترتیب در محله الهیه بلوک‌های شماره ۲۵ و ۱۳ که دارای رنگ‌های قرمز و نارنجی هستند، کم‌ترین انطباق را با شاخص‌های محله‌های کم‌کربن و بلوک‌های ۳ و ۴ و ۶ بیشترین انطباق را با شاخص‌های محله‌های کم‌کربن دارد.

(Shahbaaz Moradi, 2007 & .) پس از تعیین ضرایب اهمیت و وزن نهایی معیارها از فن دلفی و تحلیل شبکه‌ای (ANP) و براساس نتایج به‌دست‌آمده از روش لیکرت، هر کدام از معیارها براساس پرسش‌نامه امتیازدهی شده است. در گام بعد در ArcMap دسته‌بندی و فازی و وزن‌دهی شده و مورد ارزیابی قرار گرفته و نقشه سنجهش محله تحت عنوان تطابق با معیارهای محله‌های کم‌کربن محله الهیه مورد ارزیابی قرار گرفته است که براساس نقشه استنباطی از GIS، سنجهش انطباق‌پذیری با توجه به معیارهای به کار گرفته شده مشخص شده است. این سنجهش انطباق‌پذیری از تلفیق ۸ معیار کلان و ۲۷ زیر معیار وزن‌دهی شده که از روش ANP استخراج شده



شکل ۴. انطباق‌پذیری محله با معیارهای برنامه‌ریزی محله‌های کم‌کربن

شاخص‌های کم‌کربن‌اند. بیشترین انطباق در بخش شمال شرقی محله مشاهده شد که دارای تراکم مناسب، دسترسی خوب به فضاهای سبز و ساخت‌وسازهای جدیدتر است. در مقابل، بخش‌های غربی به دلیل تراکم زیاد و کمبود فضاهای باز، انطباق پایین‌تری دارند. شاخص «کاربری مختلط» بیشترین نقش را در کاهش سفرهای درون‌محله‌ای و در نتیجه کاهش انتشار کربن ایفا می‌کند. شاخص‌های اجتماعی و مدیریتی نیز همبستگی بالایی با شاخص‌های کالبدی نشان دادند

۴/۳ نتایج و بحث

نتایج مدل ANP نشان داد که شاخص‌های «بهینه‌سازی انرژی» (۰/۱۶۹)، «مدیریت محلی و مشارکت اجتماعی» (۰/۱۴۷) و «حمل‌ونقل پایدار» (۰/۱۴۲) بیشترین اهمیت را دارند. شاخص‌های «مصرف آب» و «بازیافت پسماند» کم‌ترین وزن را به خود اختصاص دادند.

تحلیل مکانی در GIS نشان داد حدود ۷۰٪ از بلوک‌های محله الهیه دارای انطباق بالا با



ارائه می‌کند که قابل تعمیم به سایر شهرهای ایران است. این پژوهش چارچوبی بومی برای سنجش محله‌های کم‌کربن در ایران ارائه می‌دهد و می‌تواند مبنایی برای گنجاندن شاخص‌های کم‌کربن در طرح‌های تفصیلی شهری باشد.

۵ جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

در مجموع، نتایج نشان دادند که حدود ۷۰ درصد از بلوک‌های محله الهیه در وضعیت انطباق متوسط تا مطلوب با شاخص‌های کم‌کربن قرار دارند. بالاترین امتیاز به شاخص‌های مرتبط با انرژی و پایین‌ترین به شاخص‌های مدیریت پسماند اختصاص یافت. پژوهش حاضر نشان می‌دهد که سیاست‌گذاری در سطح محله باید بر محور سه مؤلفه اصلی زیر متمرکز شود:

- بهینه‌سازی انرژی در ساختمان‌ها و فضاهای عمومی؛
- توسعه حمل‌ونقل پایدار (دوچرخه‌سواری، پیاده‌روی و حمل‌ونقل عمومی)؛
- توانمندسازی مدیریت محلی و افزایش مشارکت شهروندی.

یافته‌های پژوهش در محله الهیه مشهد نشان می‌دهد که تحقق محله کم‌کربن مستلزم ارتقاء بهره‌وری انرژی، توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر و به‌کارگیری رویکردهای پایدار برنامه‌ریزی شهری است. با توجه به نقش محله‌ها به‌عنوان کانون‌های اصلی مصرف منابع و تولید آلاینده‌ها، کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای از طریق بهبود الگوهای مصرف، توسعه کاربری‌های مختلط، تقویت زیرساخت‌ها، مدیریت پایدار زمین و حفاظت از پوشش گیاهی شهری امکان‌پذیر خواهد بود. بر اساس این، راهبردهای مؤثر در تحقق محله کم‌کربن در ادامه ارائه می‌شود.

که اهمیت ارتقاء فرهنگ و مشارکت شهروندی را در تحقق محله‌های کم‌کربن برجسته می‌کند. در محله الهیه، اگرچه برخی شاخص‌ها مانند تراکم متوسط ساختمانی و دسترسی به خدمات شهری وضعیت نسبتاً مطلوبی دارند، اما نبود زیرساخت‌های حمل‌ونقل عمومی کارآمد و کمبود مسیرهای دوچرخه از موانع اصلی دستیابی به الگوی کم‌کربن محسوب می‌شوند.

یافته‌های پژوهش نشان دادند که تحقق محله‌های کم‌کربن مستلزم ترکیب مداخلات فنی، کالبدی و رفتاری است. از منظر سیاست‌گذاری شهری، شاخص‌های دارای وزن بالاتر باید در اولویت طرح‌های توسعه محله‌ای قرار گیرند. تقویت مدیریت محلی از طریق ایجاد ساختارهای مشارکتی، گسترش فضاهای سبز خرد و توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر (نظیر پنل‌های خورشیدی در ساختمان‌های مسکونی) می‌تواند بیشترین اثر را در کاهش انتشار کربن داشته باشد.

در سطح تحلیلی، نتایج پژوهش با مطالعات بین‌المللی مانند (Boostani & Sadeghiha, 2022) و (Cheng, 2022) هم‌راستا است؛ هر دو تأکید دارند که راهبردهای کاهش کربن در مقیاس محله باید به‌صورت شبکه‌ای و تعاملی میان شاخص‌ها طراحی شوند؛ نه صرفاً خطی و بخشی.

استفاده از مدل ANP در این پژوهش، همین ویژگی شبکه‌ای را در میان شاخص‌ها منعکس کرده است. از منظر نظری، نوآوری اصلی این پژوهش در تلفیق مدل‌های دلفی، ANP و GIS برای ایجاد چارچوبی بومی جهت سنجش محله‌های کم‌کربن در ایران است. پژوهش‌های داخلی عمدتاً از مدل‌های سلسله‌مراتبی مانند AHP استفاده کرده‌اند و به‌ندرت به وابستگی متقابل میان شاخص‌های اجتماعی، کالبدی و مدیریتی توجه داشته‌اند. این مطالعه با ترکیب رویکرد تحلیلی و فضایی، چارچوبی



جدول ۲۵. راهکارهای جامع و چندسطحی برای برنامه‌ریزی محله‌های کم‌کربن (مطالعه موردی: محله الهیه مشهد)

شاخص اصلی	ضعف و مشکل در وضع موجود	پیامدهای شهری و زیست‌محیطی	راهبردها و سیاست‌های اجرایی	پیشنهاد‌های عملی (محله‌محور)
بهینه‌سازی انرژی در ساختمان‌ها و زیرساخت‌ها	ساختمان‌های قدیمی فاقد عایق حرارتی، سیستم‌های گرمایشی و سرمایشی پرمصرف، استفاده اندک از انرژی‌های تجدیدپذیر	اتلاف گسترده انرژی، افزایش هزینه خانوار و انتشار بالای گازهای گلخانه‌ای	مدیریتی: تصویب مقررات محله‌ای برای کنترل مصرف انرژی؛ کالبدی: اعمال ضوابط سبز در پروانه ساخت؛ رفتاری: آموزش و مشوق‌های مصرف بهینه	اجرای طرح "خانه سبز الهیه" با حمایت شهرداری منطقه ایجاد تعاونی محلی برای نصب پنل خورشیدی صدور گواهی بهره‌وری انرژی برای ساختمان‌های جدید
حمل‌ونقل پایدار و دسترسی سبز	وابستگی زیاد به خودرو شخصی، کمبود مسیر دوچرخه و پیاده، ایستگاه‌های حمل‌ونقل عمومی ناکافی	آلودگی هوا، ترافیک، کاهش تعاملات اجتماعی و افزایش ردپای کربن	مدیریتی: اولویت حمل‌ونقل پاک در طرح تفصیلی؛ کالبدی: ایجاد مسیرهای دوچرخه و پیاده‌محور؛ رفتاری: کمپین استفاده از وسایل نقلیه اشتراکی	ایجاد شبکه مسیرهای دوچرخه با اتصال به BRT الهیه طراحی گذرگاه‌های ایمن پیاده‌روی در مراکز خدماتی راه‌اندازی "روز بدون خودرو" در محله با مشارکت ساکنان
کاربری زمین و فرم کالبدی	تفکیک شدید کاربری‌ها، پراکندگی خدمات و جدایی محل کار و سکونت	افزایش سفرهای درون‌شهری و کاهش سرزندگی محله	مدیریتی: بازنگری طرح تفصیلی محله‌محور؛ کالبدی: توسعه کاربری‌های مختلط و چندمنظوره؛ رفتاری: تشویق سرمایه‌گذاران محلی	تعریف پهنه‌های مختلط خدمات - مسکونی در طرح تفصیلی احداث بازارچه‌های محلی با محور تعامل اجتماعی تبدیل فضاهای خالی به مراکز چندمنظوره فرهنگی - خدماتی
محیط‌زیست و فضای سبز شهری	کمبود فضاهای سبز خرد، نبود کمربند سبز محله‌ای، ضعف در تفکیک پسماند	افت کیفیت هوای محله، افزایش دمای محیط و کاهش سرزندگی اکولوژیکی	مدیریتی: تدوین برنامه سبز محله‌ای؛ کالبدی: افزایش نسبت فضای سبز به جمعیت؛ رفتاری: ارتقاء مشارکت مردمی در نگهداری فضاهای سبز	طراحی «شبکه سبز الهیه» شامل پارک‌های خرد و مسیرهای پیاده سبز نصب مخازن تفکیک زباله در نقاط پررفت‌وآمد طرح مشارکت شهروندان در کاشت



و نگهداری درختان محله				
▪ تأسیس «دفتر محله کم‌کربن الهیه» با مشارکت شهرداری و دانشگاه ▪ طراحی سامانه گزارش مردمی تخلفات زیست‌محیطی ▪ ایجاد برنامه‌های داوطلبانه برای نظارت بر مصرف انرژی	مدیریتی: تقویت شورای محله و انجمن‌های زیست‌محیطی؛ کالبدی: ایجاد پایگاه خدمات محله‌ای؛ رفتاری: ارتقاء فرهنگ همکاری جمعی	اجرای ناموفق طرح‌های زیست‌محیطی و نبود پیگیری محلی	ضعف در هماهنگی نهادهای محلی، مشارکت پایین شهروندان در تصمیم‌گیری‌ها	مدیریت محلی و حکمرانی شهری
▪ برگزاری کارگاه‌های «زندگی کم‌کربن» در مدارس و مساجد ▪ نصب تابلوهای آموزشی در فضاهای عمومی ▪ پویش محلی «الهیة سبز من» برای رقابت در کاهش مصرف انرژی	مدیریتی: گنجاندن آموزش محیط‌زیست در برنامه‌های شهری؛ رفتاری: اطلاع‌رسانی مستمر و انگیزه‌بخشی	بی‌تفاوتی نسبت به مسائل محیط‌زیستی و ادامه‌الگوی مصرف پرکربن	درک محدود از مفهوم کم‌کربن، نبود آموزش همگانی، غیرفعال بودن رسانه‌های محلی	آگاهی عمومی و رفتار زیست‌محیطی شهروندان
▪ استفاده از مصالح نفوذپذیر در پیاده‌روها ▪ نصب سامانه‌های جمع‌آوری آب باران در ساختمان‌ها ▪ راه‌اندازی کارگاه‌های محلی بازیافت پلاستیک	مدیریتی: الزام سیستم‌های بازچرخانی آب؛ کالبدی: احداث زیرساخت‌های بازیافت؛ رفتاری: تشویق تفکیک زباله از مبدأ	اتلاف منابع آبی و افزایش آلودگی خاک	ضعف در بازچرخانی آب، نبود سیستم جمع‌آوری پسماند خشک	زیرساخت‌های آب و پسماند شهری
▪ ارائه تخفیف عوارض نوسازی برای ساختمان‌های کم‌مصرف ▪ پرداخت پاداش به خانوارهای دارای عملکرد سبز ▪ راه‌اندازی «بازار محلی بازیافت» برای کسب	مدیریتی: تدوین بسته‌های حمایتی مالی؛ کالبدی: تخفیف عوارض برای پروژه‌های سبز؛ رفتاری: پاداش شهروندی سبز	بی‌انگیزگی اقتصادی برای مشارکت مردمی	نبود سیاست‌های تشویقی برای رفتارهای زیست‌محیطی	اقتصاد سبز و مشوق‌های مالی



درآمد از تفکیک پسماند				
--------------------------	--	--	--	--

اجتماعی، حمایت از مشاغل و سرمایه‌گذاری سبز، ارتقاء مدیریت و آموزش شهروندی، توسعه و حفاظت از فضاهای سبز، بهبود بهره‌وری انرژی در ساختار کالبدی محله و تقویت حمل‌ونقل عمومی و مدیریت ترافیک. اجرای هم‌زمان این راهبردها می‌تواند زمینه‌ی کاهش انتشار کربن و حرکت به سوی توسعه‌ی پایدار محله را فراهم کند.

براساس نتایج پژوهش، راهبردهای تحقق محله‌ی کم‌کربن در هفت محور اصلی شامل بهینه‌سازی انرژی، اجتماع محلی، اقتصاد محلی، مدیریت محلی، زیرساخت‌های محلی، ساختار محله و دسترسی تدوین شده است. مهم‌ترین راهکارهای پیشنهادی عبارت‌اند از توسعه‌ی انرژی‌های تجدیدپذیر و ساختمان‌های کم‌کربن، تقویت مشارکت و عدالت

منابع

- Agenda 21. (1992). Brazil: United Nations Conference on Environment & Development.
- Ahani, M., & Afshar Kazemi, M. (2021). Expounding the Place of Iran in the World Based on the Sustainable Development: An Environmental Approach. (In Persian). SUSTAINABILITY, DEVELOPMENT & ENVIRONMENT, 2(2), 35-52. Retrieved from <https://sid.ir/paper/412287/en>
- Bamdad Sowfi, J., Salimi, M., & Shahbaaz Moradi, S. (2007). Attitude Assessment in Management Studies by Likert Seale. Management Studies in Development and Evolution, 18(54), 97-116. doi: https://jmsd.atu.ac.ir/article_4939
- Boostani, P., & Sadeghiha, M. (2022). Identification of critical uncertainties in Tehran in order to achieve the development of low carbon city by using scenario writing method. Cleaner Engineering and Technology, 6, 100405. doi: 10.1016/j.clet.2022.100405
- Boswell, M., Greve, A., & Seale, T. (2019). Climate action planning: a guide to creating low-carbon, resilient communities. Island Press. doi:10.5822/978-1-61091-964-7
- Cheng, J. M. (2022). Implementation strategies for sustainable renewal at the neighborhood level with the goal of reducing carbon emission. Sustainable Cities and Society, 85, 104047. doi: 10.1016/j.scs.2022.104047
- Christen, A. (2014). Atmospheric measurement techniques to quantify greenhouse gas emissions from cities. ICUC8: The 8th International Conference on Urban Climate and the 10th Symposium on the Urban Environment, 10(2), 241-260. doi: 10.1016/j.uclim.2014.04.006



- Ebrahimpour, J., Fazeli, H., & Namdar, A. (2017). The Climate Change as a Threat Against International Peace and Security in the Aftermath of the Cold War. (In Persian). A Quarterly Journal of Socio-Cultural Strategy, 5(4), 49-68. Retrieved from https://rahbordfar-hangi.csr.ir/article_123322
- Filho, W. L., Balogun, A. L., Olayide, O. E., Azeiteiro, U., Ayal, D., Muñoz, P. C., Li, C. (2019). Assessing the impacts of climate change in cities and their adaptive capacity: Towards transformative approaches to climate change adaptation and poverty reduction in urban areas in a set of developing countries. Science of The Total Environment, 692, 1175-1190. doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.07.227
- Gao, S., & Zhang, H. (2020). Urban planning for low-carbon sustainable development. Sustainable Computing: Informatics and Systems, 28, 100398. doi: 10.1016/j.suscom.2020.100398
- Griffiths, S., & Sovacool, B. K. (2020). Re-thinking the future low-carbon city: Carbon neutrality, green design, and sustainability tensions in the making of Masdar City. Energy Research & Social Science, 62, 101368. doi: 10.1016/j.erss.2019.101368
- Harris, S., Weinzettel, J., Bigano, A., & Källmén, A. (2020). Low carbon cities in 2050? GHG emissions of European cities using production-based and consumption-based emission accounting methods. Journal of Cleaner Production, 248, 119206. doi: 10.1016/j.jclepro.2019.119206
- Hasani, A., Mofidi Shemirani, S., & Roshani, P. (2022). The effect of urban design principles on climate change in the urban transects of Mashhad. (In Persian). Sustainable Architecture and Urban Design, 10(1), 123-139. doi: 10.22061/jsaud.2021.8202.1932
- Heidari, L., & Azar, A. (2019). Examining the Role of Modern Urban Planning Models in New Urban Neighborhoods (Case Study: Yaghchian Neighborhood, Tabriz). (In Persian). New Perspectives in Human Geography, 11(3), 355-372. Retrieved from <https://sid.ir/paper/523931/fa>
- Hekmat Nia, H., & Zangi Abadi, A. (2004). A Study and Analysis of Stability Level in Yazd Quarters and Strategies for Their Improvement. (In Persian). Geographical Researches, 51-37. Retrieved from <https://ensani.ir/fa/article/82565>
- Liu, Z., Ma, J., & Chai, Y. (2017). Neighborhood-scale urban form, travel behavior, and CO2 emissions in Beijing: implications for low-carbon urban planning. Urban Geography, 38(3), 381-400. doi: 10.1080/02723638.2016.1191796



- Lotfi, S., Sholeh, M., Farmand, M., & Fattahi, K. (2016). Urban Design Criteria for Zero-Carbon Neighborhoods. (In Persian). Naqshejahan, 6(1), 80-92. Retrieved from <http://bsnt.modares.ac.ir/article-2-10005-fa.html>
- Mafi, E., Khakpor, B., & Bavanpour, A. (2009). The Role Of Capital In The Regional Stable Development Case Study: Sajjad Area In Mashhad. (In Persian). Geography And Regional Development, 7(12), 55-81. Retrieved from <https://sid.ir/paper/99078/en>
- Mashhad Municipality. (2025, 05 02). Retrieved from Mashhad Neighbourhoods Atlas: <https://planning.mashhad.ir/>
- Mikhaylov, A., Moiseev, N., Aleshin, K., & Burkhardt, T. (2020). Global climate change and greenhouse effect. Entrepreneurship and Sustainability Issues, 7(4), 2897-2913. doi: 10.9770/jesi.2020.7.4(21)
- Mohammadi, M., Ghaedi, S., & Peyvand, N. (2021). The Feasibility of the Environmental Strategy of Zero Carbon City in Shahrekord. (In Persian). Geography and Environmental Planning, 31(3), 41-60. doi: 10.22108/gep.2020.122584.1291
- Mohammadpour, S., & Mehrjou, M. (2021). Investigating the Effects of Transportation Policies on Sustainable Neighborhood Development (Case Study: Chelekhaneh Neighborhood, Rasht City). (In Persian). Urban Structure and Function Studies, 7(25), 57-84. doi: 10.22080/usfs.2020.17260.1872
- Mohammadpour, S., & Mehrjou, M. (2020). Evaluating the Sustainability of Urban Neighborhoods with a Low Carbon Approach; Case Study: Jowlan Neighborhood of Hamadan. (In Persian). Community Development, 12(1), 21-50. doi: 10.22059/jrd.2021.299759.668533
- Moradi, A., & Charehjoo, F. (2021). Strategic Planning of Sustainable Urban Development with Special Approach to Low Carbon City (Case Study: Sanandaj City). (In Persian). Urban Planning and Research, 12(46), 111-129. doi: 10.30495/jupm.2021.4063
- Mousavi Sarvine Baghi, E. s., & Ranjbar, E. (2020). Towards Low Carbon Urban Design based on Integrated Analysis of Carbon Generating Resources, Case Study: Semnan City. (In Persian). Environmental Researches, 11(21), 143-156. Retrieved from https://www.iraneiap.ir/article_125477.html
- Nikpour, A., Alizadeh, H., & Hosseini Siahgoli, M. (2015). Statistical Analysis of Sustainable Development in Urmia City. (In Persian). Geographical Urban Planning Research, 3(1), 19-31. doi: 10.22059/jurbangeo.2015.54437



- Oh, M., & Kim, Y. (2019). Identifying urban geometric types as energy performance patterns. *Energy for Sustainable Development*, 8, 115-129. doi: 10.1016/j.esd.2018.12.002
- Qin, Han, Qin, B., & Han, S. S. (2013). Planning parameters and household carbon emission: Evidence from high- and low-carbon neighborhoods in Beijing. *Habitat International*, 37, 52-60. doi: 10.1016/j.habitatint.2011.12.017
- Rezaei, A., & Jalalian, A. (2018). The influence of the Stockholm Declaration of 1972 on the training and institutionalization of the principles and concepts governing the environment in the field of international law. (In Persian). *Quarterly Journal of Environmental Education and Sustainable Development*, 6(2), 83-100. Retrieved from https://ee.journals.pnu.ac.ir/article_4565.html
- Sajadian, N., & Saeedi, J. (2020). Pathology of Environmental Sustainability with an emphasis Ahvaz Metropolis. *Sustainability, Development & Environment*, 1(1), 53-67. Retrieved from <https://sanad.iau.ir/en/Article/846795>
- Sarkheyli, E., Rafieian, M., & Taghvaie, A. (2018). Sustainability Paradox in Urban Megaprojects: Sustainability Assessment of Large Scale Projects in Mashhad. (In Persian). *Geography and Urban Space Development*, 4(2). doi: <https://doi.org/10.22067/gusd.v4i2.53476>
- Sayad, L., Gholipour, Y., & Feyzi, S. (2017). On the Analysis of Factors Affecting Urban Sustainability (Case Study: Ardabil City). (In Persian). *Studies of Human Settlements Planning*, 12(2), 449 - 462. Retrieved from https://journals.iau.ir/article_532920
- Siami, G., Bagherzadeh, F. & Aepahi, A. (2016). Sustainable Urban Neighborhoods (SUN): A New Pattern in the Reconceptualization of "neighborhood" in Iran (A Case study of Ardab Neighborhood in District 10 of Mashhad Municipality). (In Persian). 2(2), 39-53. doi: <https://doi.org/10.22067/gusd.v2i2.16195>
- UK to host 2020 UN climate summit, COP26. (2021). Retrieved from <https://eciu.net/analysis/briefings/international-perspectives/cop-26>
- United Nations climate change. (2022). Retrieved from <https://unfccc.int/cop27>
- Wang, X., Zhao, G., He, C., Wang, X., & Peng, W. (2016). Low-carbon neighborhood planning technology and indicator system. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 57, 1066-1076. doi: 10.1016/j.rser.2015.12.076



Yoro, K. O., & Daramola, M. O. (2020). Advances in Carbon Capture, Methods, Technologies and Applications. Woodhead Publishing.

Zhang, X., Shen, G. Q., Feng, J., & Wu, Y. (2013). Delivering a low-carbon community in China: Technology vs. strategy? *Habitat International*, 37, 130-137. doi: 10.1016/j.habitatint.2011.12.010

Zhao, G., Wang, X. M., & Kang Li, X. (2017). Life-Cycle Low-Carbon

Neighborhood: A Genetic Perspective in China. *Applied Mechanics and Materials*, 858, 249-254. doi: 10.4028/www.scientific.net/AMM.858.249

Zhao, G., Yu, X., He, C., & Tu, F. (2019). Low-carbon evaluation of rural neighborhood: A case study of Yanhe Village, Hubei Province, China. *Growth and Change*, 50(1), 247-265. doi: 10.1111/grow.12273