



Theoretical-applied Framework for Strategic Policy-Making of A Low-Carbon City in Tehran's 12th District Using ANP and QSPM Multi-Criteria Decision-Making Methods¹

Simin Hamzeieha^{(1)*}, Maliheh Babakhani⁽²⁾, Morteza Miri⁽³⁾

1. Master of Urban planning, Faculty of Architecture and Urban Development, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran.

2. Assistant Professor, Faculty of Architecture and Urban Development, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran.

3. Associate Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute (SCWMRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.

ARTICLE INFO

Received: 14/04/2026

Accepted: 16/05/2026

PP. 109-136

Keywords:

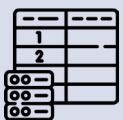
Low-Carbon City, Planning, The 12th district of Tehran, Analytical Network Process (ANP), QSPM.



Number of references: 57



Number of figures: 8



Number of tables: 12



Use your device to scan and read the article online

EXTENDED ABSTRACT

Introduction: Climate change and energy-related challenges have become some of the most significant global concerns, affecting both natural and human systems. Human activities, particularly those associated with urban development, are among the main factors contributing to the intensification of these challenges. As urbanization has accelerated over the past decades, the share of the global population living in urban areas is expected to reach approximately 70% by 2050. This rapid urban growth has increased the exposure of cities to extreme weather events and their environmental and social consequences.

Cities are also responsible for a substantial share of global energy consumption and pollutant emissions. As a result, increasing attention has been given to strategies for reducing carbon emissions at the urban and regional scales. Within this context, the low-carbon city approach has emerged as a practical framework for reducing carbon emissions, improving urban environmental quality, and strengthening the resilience of urban communities. Beyond reducing greenhouse gas emissions, this approach can improve quality of life and reduce urban vulnerability by promoting more efficient energy consumption, sustainable transportation patterns, and more efficient use of urban space.

From this perspective, regional-scale planning and policymaking can play an important role in translating the objectives of low-carbon development into practical measures that reflect the specific characteristics and capacities of each area. Identifying these characteristics is therefore essential for developing effective low-carbon strategies. This is particularly relevant in complex and diverse urban districts, where environmental, spatial, economic, and social conditions can affect both the feasibility and effectiveness of carbon-reduction measures.

The Purpose of the Research: This study aims to develop a strategic policy framework for Tehran's District 12 based on the low-carbon city approach. The research examines the conditions required to move the district toward low-carbon urban development by focusing on urban planning and identifying the main factors affecting carbon emission reduction.

To this end, the key components and factors influencing the realization of a low-carbon city were identified and assessed, and appropriate planning solutions and strategies were developed for District 12. The ultimate goal is to propose practical strategies that are consistent with the district's characteristics and existing conditions and can support the implementation of the low-carbon city approach and guide future urban planning and policymaking in the area.

Methodology: This applied study adopts a mixed-methods approach that combines quantitative and qualitative methods. The theoretical framework was developed through library and documentary research. The data required for the assessment and analysis were obtained from higher-level planning docu-

ments, field observations, and air quality monitoring station records.

For the social dimension, data were collected through interviews and analyzed using qualitative content analysis and a three-stage coding process consisting of open, axial, and selective coding. For the other indicators, existing documents and current-condition maps were analyzed using ArcGIS and Excel to conduct spatial and statistical analyses.

The results of these analyses were then incorporated into the strategic planning process. Three complementary methods—SWOT analysis, the Analytic Network Process (ANP), and the Quantitative Strategic Planning Matrix (QSPM)—were combined to identify and evaluate factors, formulate strategies, and prioritize them. The combination of these methods made it possible to move from identifying the district's current problems and capacities to determining the relative importance of the key factors and selecting the most appropriate strategies.

First, SWOT analysis, together with the Internal Factor Evaluation (IFE) and External Factor Evaluation (EFE) matrices, was used to identify and classify the internal and external factors affecting the district as strengths, weaknesses, opportunities, and threats. These factors were then combined to formulate four groups of strategies: SO, WO, ST, and WT. This process was used to determine the district's dominant strategic position.

In the next stage, the key factors were weighted using the Analytic Network Process (ANP), based on expert judgments and pairwise comparisons, to determine their relative importance in relation to the low-carbon city objective. Finally, the resulting factor weights and the attractiveness scores assigned by experts were entered into the QSPM. The strategies derived from the dominant strategic position were then evaluated and ranked according to their total attractiveness scores.

Findings and Discussion: The existing conditions of Tehran's District 12 were first assessed using low-carbon city indicators across six dimensions: physical, transportation, energy, environmental, economic, and social. Particular attention was given to the social dimension, which was examined through interview analysis and qualitative coding, as well as to selected quantitative indicators related to the physical, environmental, economic, and transportation dimensions. This assessment provided an overall picture of the district's existing conditions and capacities and helped identify the internal and external factors affecting its transition toward low-carbon development.

In the physical dimension, land-use diversity, the spatial distribution of land uses, and distances from urban centers were examined. The Shannon entropy results indicate that the district has a relatively appropriate level of land-use diversity. However, these uses are not distributed evenly throughout the district, resulting in spatial imbalances in the provision and distribution of different activities. In the environmental dimension, access to green spaces was evaluated using 300-, 500-, and 700-meter service radii. The results show that the northern, northwestern, and central parts of District 12 have inadequate access to green spaces. These areas therefore require greater attention in future planning to improve the distribution and accessibility of urban green spaces.

In the economic dimension, the district's capacity to provide employment opportunities and reduce residents' dependence on urban travel was assessed by calculating the ratio of employment-generating land uses—including commercial, administrative, industrial-workshop, educational, and healthcare uses—to residential land uses. Field observations and spatial analysis showed that commercial activities and other employment-generating uses are concentrated mainly along a limited number of corridors. At the same time, many residential areas have limited access to local employment opportunities, which can increase the need for travel outside the immediate neighborhood.

In the transportation dimension, ArcGIS network analysis was used to assess access to metro stations within 300-, 500-, and 700-meter radii. The results indicate that the northern parts and some areas in the west of the district have relatively good access to metro stations within the 700-meter radius, whereas access is less satisfactory in the central and southern parts. Overall, approximately 70% of the study area is located within 700 meters of a metro station. The average distance from parcels to metro stations, calculated using the Near tool in ArcGIS, was estimated at 529.8 meters.

For the qualitative assessment of the social indicators associated with the low-carbon city approach, a semi-structured interview guide was first developed. In-depth interviews were then conducted with 25 local community representatives and long-term residents using snowball sampling. The interview data were analyzed through a three-stage coding process. The resulting findings, together with the quantitative results, were used in the SWOT analysis and the IFE/EFE matrices to identify the district's strengths, weaknesses, opportunities, and threats.

The IFE and EFE results produced weighted scores of 2.02 and 2.08, respectively. Since both scores are below the average value of 2.5, the district's internal and external conditions can be considered unfavorable. Internally, weaknesses have a greater influence than strengths, while externally, threats outweigh available opportunities. Taken together, these results place District 12 in a defensive (WT) strategic position. Therefore, the strategies developed in the subsequent stages focused primarily on reducing existing weak-

nesses and using available capacities to respond to external threats.

A total of 20 internal and 19 external factors were initially identified and evaluated through the IFE and EFE matrices. Only the factors considered strategically important for achieving the low-carbon city objective were subsequently included in the ANP model. Factors with weighted scores above the average, along with those identified by experts as having a particularly important strategic role, were selected. In total, 10 internal and 10 external factors were identified as key factors and entered into the ANP model to determine their final weights.

The ANP network was developed using Super Decisions software. After establishing the network structure, expert judgments were collected through pairwise comparisons. The four SWOT clusters were first compared with respect to the research objective to determine their relative importance. Pairwise comparisons were then performed among the factors within each cluster, along with the required dependency comparisons, using the 1–9 scale.

In the computational stage, the initial supermatrix was constructed first. The cluster weights were then applied to obtain the weighted supermatrix, followed by calculation of the limit supermatrix through repeated multiplication of the weighted supermatrix. The resulting limit supermatrix provided the final weights of the key factors in relation to the low-carbon city objective. These final weights were subsequently used in the QSPM as the basis for evaluating and ranking the proposed strategies.

The ANP results show that weaknesses, with a weight of 0.402, and threats, with a weight of 0.342, had the greatest influence on achieving the low-carbon city objective. In comparison, strengths and opportunities received lower weights of 0.168 and 0.086, respectively. These results suggest that, from the experts' perspective, the district's transition toward low-carbon development is more strongly constrained by existing internal weaknesses and external pressures than supported by its strengths and available opportunities. The weighted key factors and the strategies derived from the dominant WT position were then entered into the QSPM. The strategies were evaluated based on their attractiveness scores and subsequently ranked according to their total scores.

The results show that reducing transportation-related pollution through improving the clean transportation network—including walking, cycling, and electric vehicles—was the highest-priority strategy, with a score of 2.68. The second-ranked strategy, with a score of 1.57, focused on expanding the use of renewable and clean energy in buildings and vehicles while promoting more responsible energy consumption among residents.

The third priority was improving the location and balanced spatial distribution of urban land uses across the district, with a score of 1.55. This was followed by upgrading the waste collection and separation system to reduce pollution and increase recycling, with a score of 1.38. The fifth-ranked strategy, with a score of 1.29, focused on renovating and upgrading deteriorated urban areas through consolidation schemes in problematic areas. Finally, improving social conditions through greater citizen participation, strengthening neighborhood attachment, and organizing informal employment received the lowest score, at 1.24.

Overall, the findings demonstrate that addressing the district's existing weaknesses and external threats should be a central priority in its transition toward a low-carbon urban structure. They also indicate that transportation, energy, and spatial organization are closely interconnected and should therefore be addressed through an integrated planning framework rather than through isolated interventions. The findings further suggest that the effectiveness of low-carbon policies depends not only on selecting appropriate strategies but also on their compatibility with local conditions. In District 12, the concentration of commercial and workshop activities, uneven distribution of services, and differences in access to transportation and green spaces create spatial patterns that can affect travel demand and energy consumption. Therefore, strategies should be adapted to the characteristics of different parts of the district rather than implemented uniformly across the entire area.

Conclusion: The findings of this study indicate that moving Tehran's District 12 toward a low-carbon urban structure requires a coordinated set of interventions in sustainable transportation, energy management, and spatial-functional organization. The prioritization results further suggest that addressing transportation, energy, and spatial issues together can provide a more effective pathway for reducing carbon emissions and improving the environmental quality of the district. An integrated approach to planning and implementation is therefore essential for achieving the long-term objectives of low-carbon urban development.

The findings can also provide a basis for managerial decision-making and the development of action plans at the district scale. Among the main policy and implementation recommendations are replacing fossil fuels with cleaner alternatives; using biofuels such as biodiesel, bioethanol, and biogas in public transportation; installing solar panels in public facilities and land uses to generate renewable energy; relocating warehouse and workshop activities concentrated in the Bazaar area to other suitable parts of the district; consolidating deteriorated parcels in areas surrounding the Bazaar while incorporating carbon-reduction objectives; providing incentives for the renovation of deteriorated urban areas; and ensuring a more balanced distribution of public service land uses throughout the district.

In addition, establishing local social institutions and organizations under the supervision of neighborhood managers can help strengthen cooperation and citizen participation in different areas of urban management. Finally, greater attention to implementation mechanisms,

coordination among relevant sectors, and the use of local capacities can improve the feasibility and effectiveness of the proposed strategies and facilitate their implementation over the long term.

Funding: There is no funding support.

Authors' Contribution: First author (Hamzeicha, Simin): Conceptualization, Data curation, Formal analysis, Investigation, Methodology, Resources, Software, Visualization, Writing – review and editing.

Second author (Babakhani, Maliheh): Conceptualization, Formal analysis, Investigation, Methodology, Project administration, Supervision, Writing – review and editing.

Third author (Miri, Morteza): Conceptualization, Methodology, Supervision.

Conflict of Interest: Authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments: We are grateful to all the persons for scientific consulting in this paper.

Highlight

- Formulation of a comprehensive urban policymaking framework for achieving a low-carbon city in Tehran's District 12.
- The imperative of adopting a low-carbon city approach in response to climate change and its impact on natural systems.
- The primary priorities for carbon emission reduction in District 12 include mitigating transportation-related pollution, advancing clean transportation, and promoting renewable energy development alongside energy consumption management.



This paper is an open access and licenced under the [Creative Commons CC BY-NC 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) licence.

©2025, UST. All rights reserved.

Cite this article Hamzeicha, S., Babakhani, M., Miri, M. (2026). Theoretical-applied Framework for Strategic Policy-Making of A Low-Carbon City in Tehran's 12th District Using ANP and QSPM Multi-Criteria Decision-Making Methods. *Urban Strategic Thought*, 4(1(7)), 109-136.



<https://doi.org/10.30479/ust.2026.23583.1264>



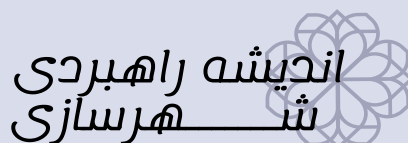
https://ut.journals.ikiu.ac.ir/article_4146.html



*. Corresponding Author (Email: babakhani@arc.ikiu.ac.ir) / (Phone: +989360862115)

1. This article is taken from the master's thesis of the first author with the title "Planning the 12th District of Tehran by Low-carbon City Approach" which was guided by the second author and The advice of the third author has been defended at the Imam Khomeini International University of Qazvin.





شاپای الکترونیکی: ۲۹۸۱-۱۷۹۱



ناشر: دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)

مقاله علمی-پژوهشی

چارچوب نظری-کاربردی برای سیاست‌گذاری راهبردی شهرکم‌کربن در منطقه ۱۲ شهر تهران با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره ANP و QSPM^۱

سیمین حمزه‌ای‌ها^(۱)، ملیحه باباخانی^{(۲)*}، مرتضی میری^(۳)

- ۱- کارشناسی ارشد برنامه‌ریزی شهری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران.
- ۲- استادیار گروه شهرسازی، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران.
- ۳- دانشیار پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

اطلاعات مقاله	چکیده فارسی	Simple English Abstract
دریافت: ۱۴۰۵/۰۱/۲۵ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۲/۲۶ صص: ۱۳۶-۱۰۹ واژگان کلیدی: شهرکم‌کربن، برنامه‌ریزی، منطقه ۱۲ تهران، فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP)، QSPM	مقدمه: تغییرات اقلیمی و مسائل انرژی به یکی از مهم‌ترین چالش‌های جهانی تبدیل شده‌اند که بخش زیادی از این مسائل به فعالیت‌های انسانی در شهرها مربوط می‌شود. همچنین طی دهه‌های گذشته روند شهرنشینی با سرعت قابل توجهی افزایش یافته و پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۵۰ به حدود ۷۰ درصد برسد؛ بنابراین مناطق شهری به‌طور فزاینده‌ای در معرض رخدادهای شدید آب‌وهوایی و پیامدهای ناشی از آن قرار می‌گیرند. از این رو، راهبردهای کاهش انتشار کربن در مقیاس شهری، به‌ویژه رویکرد «شهرکم‌کربن»، برای مقابله با این چالش‌ها اهمیت یافته است. هدف پژوهش: این پژوهش با هدف سیاست‌گذاری راهبردی منطقه ۱۲ تهران در چارچوب رویکرد شهرکم‌کربن انجام شده است. روش‌شناسی: پژوهش حاضر از نوع کاربردی و روش تحقیق آن مبتنی بر رویکرد ترکیبی کمی-کیفی است. اطلاعات مورد استفاده در بخش مبانی نظری از مطالعات کتابخانه‌ای و اسنادی، و داده‌های تحلیلی از اسناد فرادست، مشاهدات میدانی، اطلاعات ایستگاه‌های سنجش کیفیت هوا و در بخش اجتماعی از طریق تحلیل محتوای مصاحبه‌ها بر پایه تکنیک کدگذاری جمع‌آوری شده‌اند. تجزیه و تحلیل داده‌ها با نرم‌افزارهای ArcGIS و Excel صورت گرفته و برای تدوین و اولویت‌بندی راهبردها از ترکیب ANP و SWOT استفاده شده است. یافته‌ها و بحث: در این بخش، ابتدا وضعیت منطقه ۱۲ تهران بر اساس شاخص‌های شهرکم‌کربن (کالبدی، حمل‌ونقل، انرژی، زیست‌محیطی، اقتصادی، اجتماعی) مورد ارزیابی قرار گرفت و با استفاده از تحلیل SWOT، نقاط قوت، ضعف، فرصت‌ها و تهدیدها شناسایی و استراتژی غالب (WT) مشخص گردید. سپس با مدل ANP و قضاوت خبرگان، وزن عوامل کلیدی	Introduction: Climate change and energy-related challenges have become major global concerns, many of which are closely linked to human activities in urban areas. At the same time, the rate of urbanization has increased significantly over the past decades and is expected to reach nearly 70% by 2050. This rapid urban growth has made cities increasingly vulnerable to extreme weather events and their environmental and social consequences. In this context, reducing carbon emissions at the urban scale has become increasingly important, and the low-carbon city approach has emerged as one of the main approaches for addressing these challenges. Purpose of the Research: This study aims to develop a strategic policy framework for Tehran's District 12 based on the low-carbon city approach. Methodology: The study is applied in terms of its purpose and uses a mixed-methods approach, combining quantitative and qualitative methods. The theoretical framework was developed through library and documentary research. The analytical data were collected from higher-level planning documents, field observations, and data obtained from air quality monitoring stations. For the social dimension, interviews were analyzed using content analysis and a coding approach. Data analysis was carried out using ArcGIS and Excel. SWOT, ANP, and QSPM were then used together to identify, evaluate, and prioritize appropriate strategies. Findings and Discussion: The current condition of Tehran's District 12 was first evaluated using low-carbon city indicators covering six dimensions: physical structure, transportation, energy, environment, economy, and social conditions. The strengths, weaknesses, opportunities, and threats affecting the development of
تعداد منابع: ۵۷ تعداد اشکال: ۸ تعداد جداول: ۱۲		

Simple English Abstract	چکیده فارسی	اطلاعات مقاله
a low-carbon city were then identified through SWOT analysis. The results indicated that the WT strategy was the dominant strategic approach. The relative importance of the key factors was subsequently determined using the ANP method and expert judgments. Based on these results, the proposed strategies were evaluated and prioritized using the QSPM matrix. Conclusion: The findings show that improving clean transportation, with a score of 2.68, has the highest priority for achieving a low-carbon city in District 12, while improving social conditions, with a score of 1.24, has the lowest priority. The results also suggest that the transition toward a low-carbon city in District 12 cannot be achieved through a single intervention and requires coordinated measures in sustainable transportation, energy management, and spatial and functional organization. Key recommendations include replacing fossil fuels with cleaner alternatives, expanding the use of solar energy, relocating workshop activities within the Bazaar area to other suitable parts of the district, and achieving a more balanced distribution of public service land uses.	تعیین شد و در نهایت، با استفاده از ماتریس QSPM، راهبردها اولویت‌بندی شدند. نتیجه‌گیری: نتایج حاصل شده بیانگر آن است که راهبرد بهبود حمل‌ونقل پاک با امتیاز ۲/۶۸ بالاترین اولویت را در منطقه ۱۲ برای تحقق شهر کم‌کربن کسب کرد، در حالی که بهبود وضعیت اجتماعی با امتیاز ۱/۲۴ کمترین اولویت را داشته است. دستيایی به شهر کم‌کربن در منطقه ۱۲ نیازمند ترکیبی از اقدامات در حوزه‌های حمل‌ونقل پایدار، مدیریت انرژی و ساماندهی فضایی-عملیاتی است. از پیشنهادات کلیدی می‌توان به جایگزینی سوخت‌های فسیلی با سوخت پاک، استفاده از انرژی خورشیدی، انتقال کاربری‌های کارگاهی در محدوده بازار به سایر نقاط منطقه و توزیع متناسب کاربری‌های خدمات عمومی اشاره کرد.	 با استفاده از دستگاه خود رمزینه را جهت مطالعه مقاله اسکن فرمایید.

نکات برجسته:

- ارائه چارچوب سیاست‌گذاری جامع شهر کم‌کربن برای منطقه ۱۲ تهران
- لزوم بهره‌گیری از رویکرد شهر کم‌کربن در راستای پاسخگویی به تغییرات اقلیمی و اثر آن بر سیستم‌های طبیعی
- اهمیت کاهش آلودگی ناشی از حمل‌ونقل، توسعه حمل‌ونقل پاک و همچنین توسعه انرژی پاک و مدیریت مصرف انرژی به‌عنوان اولویت اصلی برای کاهش انتشار کربن در منطقه ۱۲

ارجاع به این مقاله: حمزه‌ای‌ها، سیمین؛ باباخانی، ملیحه؛ میری، مرتضی. (۱۴۰۴). چارچوب نظری-کاربردی برای سیاست‌گذاری راهبردی شهر کم‌کربن در منطقه ۱۲ شهر تهران با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره ANP و QSPM. *اندیشه راهبردی شهرسازی*. ۱۳۶-۱۰۹، ((۷۱))۴.



این مقاله به صورت دسترسی باز و با مجوز Creative Commons CC BY-NC 4.0 قابل استفاده است.

©2025, UST. All rights reserved.

 <https://doi.org/10.30479/ust.2026.23583.1264>



* نویسنده مسئول (رایانامه: babakhani@arc.ikiu.ac.ir) / (تلفن: ۰۹۳۶۰۸۶۳۱۱۵)

۱. این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد نویسنده نخست اول با عنوان برنامه‌ریزی منطقه ۱۲ کلان‌شهر تهران با رویکرد شهر کم‌کربن است که با راهنمایی نویسنده دوم و مشاوره نویسنده سوم در دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره) دفاع شده‌است.

۱- مقدمه و بیان مسئله

پس از دهه ۱۹۷۰، تغییرات اقلیمی و مباحث مرتبط با پایداری تبدیل به بزرگ‌ترین چالش در شهرها شده است (Ghasemi et al., 2023). تغییرات آب‌وهوایی یک مسئله مهم جهانی است که بر سیستم‌های طبیعی و انسانی تأثیر می‌گذارد (Du Plessis, 2018) و در دهه‌های اخیر، به دلیل اثرات نامطلوبی که بر اکوسیستم جهانی و جامعه دارد، موجب نگرانی جهانی شده است (Zeynali et al., 2023). به‌طور کلی در مقیاس جهانی می‌توان گفت که مداخلات انسان‌ها به‌ویژه در شهرها باعث تغییرات آب‌وهوایی شده است که از پیامدهای آن می‌توان به گرمایش جهانی اشاره کرد که باعث نگرانی بسیاری از کارشناسان شده است (Wei, 2011). اثرات تغییرات آب‌وهوایی می‌تواند مستقیم و غیرمستقیم بر اقتصاد، فرهنگ‌ها و جوامع تأثیر بگذارد (Walsh, 2018). با پیشرفت تغییرات آب‌وهوایی، انتظار می‌رود که اثرات آن بر سیستم‌های طبیعی و انسانی قابل توجه‌تر شود که منجر به افزایش هزینه‌ها و نیاز به استراتژی‌های تطبیقی برای به حداقل رساندن آسیب‌پذیری می‌شود (Du Plessis, 2018). برخی از اثرات تغییرات اقلیمی ممکن است به آرامی ظاهر شوند؛ اما اثرات آن پایدار است و در چند دهه آینده نیز همچنان رشد خواهد کرد (Short & Farmer, 2021). از اثرات آن می‌توان به آتش‌سوزی جنگل‌ها، بالا رفتن دما، تضعیف رفاه اجتماعی و ... اشاره کرد. یکی از مهم‌ترین پیامدهای تغییرات اقلیمی در مقیاس جهانی، گرم شدن کره زمین است که با افزایش دمای متوسط جهانی مشخص می‌شود (Nashier & Lakra, 2020). دمای متوسط جهانی در قرن بیستم ۰/۴ تا ۰/۸ سانتی‌گراد افزایش پیدا کرد و پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۱۰۰، ۱/۴ تا ۵/۸ درجه سانتی‌گراد افزایش یابد (Wei, 2011).

طی دهه‌های گذشته روند شهرنشینی با سرعت قابل توجهی افزایش یافته است و بر اساس گزارش‌های بین‌المللی، در حال حاضر نزدیک به نیمی از جمعیت جهان در شهرها سکونت دارند و پیش‌بینی می‌شود این سهم تا سال ۲۰۵۰ به حدود ۷۰ درصد برسد (Falahatkar & Rezaei, 2020). بنابراین مناطق شهری به‌طور فزاینده‌ای در معرض حوادث شدید آب‌وهوایی هستند (Masson et al., 2020)، زیرا شهرها در اندازه و تراکم جمعیت رشد

می‌کنند. شهرهای بزرگ با بیش از ۳۰ میلیون نفر جمعیت، با افزایش خطرات زیست‌محیطی به دلیل افزایش مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای مواجه هستند (Hunt et al., 2013). شهرها عامل اصلی تغییرات آب‌وهوایی هستند. طبق گزارش UN-Habitat، شهرها ۷۸ درصد انرژی جهان را مصرف می‌کنند و بیش از ۶۰ درصد انتشار گازهای گلخانه‌ای را تولید می‌کنند. با این حال، آن‌ها کمتر از ۲ درصد از سطح زمین را تشکیل می‌دهند (Khodadadi, 2020). بنابراین شهرها مسئول بخش بزرگی از انتشار جهانی CO₂ هستند و حجم قابل‌توجهی از این انتشار مستقیماً با استفاده از سوخت‌های فسیلی در شهرها در ارتباط است (Sun et al., 2021) و به این دلیل که شهرها واحد اساسی توسعه اقتصادی و موتورهای رشد آینده هستند لذا باید نقش زیادی را در توسعه کم‌کربن ایفا کنند (Tan et al., 2016). «شهر کم‌کربن» رویکردی در شهرنشینی پایدار است که با هدف کاهش یا حذف وابستگی به منابع انرژی فسیلی، به کاهش ردپای کربن انسان در محیط شهری می‌پردازد. این مفهوم با تکیه بر همکاری میان دولت‌ها، بخش خصوصی و جوامع محلی، از اصول جامعه و اقتصاد کم‌کربن بهره می‌گیرد (Abubakar & Bununu, 2019). در حال حاضر، با گسترش فناوری‌های نوین و اتخاذ سیاست‌های زیست‌محیطی، این رویکرد به‌عنوان یکی از مؤثرترین راه‌حل‌ها برای مقابله با پدیده تغییرات اقلیمی در مقیاس جهانی مطرح شده است. در این پژوهش، سعی بر آن است که با تمرکز بر برنامه‌ریزی شهری منطقه ۱۲ تهران و تحلیل عوامل مؤثر بر کاهش کربن شهری، راهبردهایی کاربردی برای حرکت به‌سوی توسعه شهری کم‌کربن ارائه گردد. در همین راستا سوالات پژوهش به شرح زیر است:

۱- مؤلفه‌های شهر کم‌کربن چیست؟

۲- راهکارهای برنامه‌ریزی منطقه ۱۲ شهر تهران برای دستیابی به یک منطقه کم‌کربن کدام‌اند؟

۲- پیشینه پژوهش

رویکرد «شهر کم‌کربن» به‌طور فزاینده‌ای در دهه‌های اخیر به‌عنوان راهبردی کلیدی برای پاسخ به چالش تغییرات اقلیمی، توسعه شهری پایدار و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای مطرح شده است. در ادبیات موضوع، این مفهوم

کم‌کربن (مطالعه موردی: شهر سنندج)» به این نتایج دست پیدا کردند که تدوین استراتژی‌های دقیق و راهبردی در راستای شهر کم‌کربن می‌تواند در تحقق یک شهر کم‌کربن پایدار در قالب محیط‌زیست کم‌کربن، جامعه کم‌کربن، اقتصاد کم‌کربن، حمل‌ونقل کم‌کربن، توسعه شهری کم‌کربن و برنامه‌ریزی آن راهگشا باشد (Moradi & Charehjoo, 2021). همچنین قربانی و همکاران (۱۴۰۲) در پژوهش خود به تحلیل تأثیر عناصر فرم شهری بر رفتار سفر در جهت توسعه شهر کم‌کربن با مطالعه موردی کلان‌شهر تبریز پرداختند و دریافتند که دسترسی به ایستگاه‌های مترو دارای کمترین ارتباط با رفتار سفرهای شهری بوده دو عامل ترکیب کاربری‌های شهری و دسترسی به مرکز تجاری بیشترین اهمیت در رفتار سفر شهری را دارا هستند (Ghorbani et al., 2023).

برآیند این مطالعات نشان می‌دهد که از یک‌سو ادبیات شهر کم‌کربن بیش از پیش به سمت ارزیابی آثار سیاست‌های پایلوت و ترسیم روندهای پژوهشی حرکت کرده و بر ضرورت استفاده از ابزارهای تصمیم‌گیری کمی برای حمایت از برنامه‌ریزی شهری تأکید دارد؛ و از سوی دیگر، مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره مبتنی بر SWOT، ANP و QSPM به‌طور جداگانه در حوزه‌های انرژی پایدار و برنامه‌ریزی شهری مورد اربابی قرار گرفتند. با این حال، ادبیات موجود هنوز کمتر به ترکیب هم‌زمان این سه ابزار در قالب یک چارچوب یکپارچه برای استخراج و اولویت‌بندی راهبردهای توسعه شهر کم‌کربن پرداخته است؛ شکافی که پژوهش حاضر در پی پوشش آن از طریق به‌کارگیری رویکرد ترکیبی SWOT-ANP-QSPM در برنامه‌ریزی راهبردی شهر کم‌کربن است.

۳- مبانی نظری

۳-۱- تغییرات اقلیمی در شهر

تغییرات آب‌وهوایی یک مسئله مهم جهانی است که بر سیستم‌های طبیعی و انسانی تأثیر می‌گذارد (Du Plessis, 2018). این تغییرات اقلیمی در دهه‌های اخیر به دلیل اثرات نامطلوبی که بر اکوسیستم جهانی و جامعه دارد، باعث نگرانی جهانی شده است (Zeynali et al., 2023). تغییرات اقلیمی اثر یکسانی بر تمامی کشورها ندارد و انتظار می‌رود که کشورهای در حال توسعه با اثرات منفی بیشتری

نه‌تنها به کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی و انتشار CO₂ محدود می‌شود، بلکه شامل بازطراحی ساختار فضایی شهر، سیستم‌های حمل‌ونقل، مدیریت انرژی و زیرساخت‌های فناوری نیز می‌گردد. به‌طور مثال وانگ و ژو (۲۰۲۴) در مقاله خود به بررسی تأثیر گسترش شهری بر انتشار کربن پرداختند و به این نتیجه دست پیدا کردند که گسترش شهری باعث افزایش انتشار کربن و اثرات فضایی آن در شهرهای پیرامونی می‌شود و نوع تغییرات کاربری زمین نقش مهمی در شدت این اثر دارد. همچنین مقررات زیست‌محیطی و اندازه جمعیت شهری می‌توانند این تأثیرات را تعدیل کرده و به برنامه‌ریزی کم‌کربن کمک کنند (Wang & Zhu, 2024). در زمینه ارزیابی آثار سیاست‌های «شهر کم‌کربن»، یو و ژانگ (۲۰۲۱) با استفاده از یک مدل DID^۲ فرامرزی و طراحی یک شبه‌آزمایش طبیعی برای ۲۵۱ شهر چین طی دوره ۲۰۰۳-۲۰۱۸ نشان دادند که سیاست پایلوت شهر کم‌کربن به‌طور معناداری بهره‌وری انتشار کربن را حدود ۱/۷ درصد افزایش داده و علاوه بر شهرهای پایلوت، برای شهرهای مجاور نیز آثار سرریز مثبت ایجاد می‌کند (Yu & Zhang, 2021). در سطح روش‌شناسی تصمیم‌گیری چندمعیاره، ینتر و درسه (۲۰۲۳) در یک مطالعه موردی در استان مرسین ترکیه، چارچوب ترکیبی SWOT/TOWS-AHP/ANP را برای تدوین و اولویت‌بندی راهبردهای «برنامه اقدام انرژی پایدار» به کار گرفتند. نتایج آن‌ها نشان داد که ادغام SWOT با AHP و به‌ویژه ANP امکان وزن‌دهی شبکه‌ای به معیارها و در نظر گرفتن وابستگی‌ها و بازخوردهای درونی بین عوامل را فراهم کرده و منجر به شناسایی راهبردهای کلیدی نظیر گسترش انرژی‌های تجدیدپذیر در ساختمان‌ها و بهبود عایق حرارتی می‌شود (Yontar & Derse, 2023).

در پژوهش‌های داخلی نیز، شیخی و همکاران (۱۴۰۱) به تدوین مدل مفهومی و ارزیابانه شهرهای کم‌کربن پرداختند و دریافتند شهر کم‌کربن از منظر نظری یک سازه مفهومی چندسطحی همراه با امکان خوانش‌های چند ضلعی در مقولات، تعریف چیرستی و رویه‌های ارزیابانه آن است و تدوین یک مدل مفهومی امکان قرائتی یکپارچه از این مفهوم را فراهم می‌سازد (Sheikhi et al., 2022). مرادی و چاره‌جو (۱۳۹۹) در پژوهش خود با عنوان «برنامه‌ریزی راهبردی توسعه پایدار شهری با رویکردی ویژه بر شهر

زیست‌محیطی بررسی گردید. نتیجه حاصل‌شده از این کنفرانس، ارائه نظریه توسعه پایدار بود که اکنون به‌طور گسترده‌ای برای تعریف مفهوم مدرن پایداری استفاده می‌شود (Ziari, 2001). توسعه پایدار به‌عنوان توسعه‌ای مطرح می‌شود که در آن بدون به خطر انداختن توانایی نسل‌های آینده برای پاسخگویی به نیازهای خود، نیازهای زمان حال برآورده گردد (Halkos & Gkampoura, 2021). بر اساس این تعریف، توسعه پایدار بر حفاظت از محیط‌زیست تمرکز دارد و در عین حال توسعه اقتصادی و اجتماعی و رفاه را به نسل‌های فعلی و آینده ارائه می‌دهد (Hansmann et al., 2012). کمیسیون برانتلند نیز تعریف اصلی توسعه پایدار را بر وابستگی متقابل میان ابعاد اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی پایداری تعریف می‌کند (Silvestre & Tirca, 2019). هدف اصلی توسعه پایدار، تأمین نیازهای اساسی انسان و ارتقای کیفیت زندگی در کنار حفاظت از اکوسیستم‌ها برای نسل‌های آینده است. با این حال، این مفهوم دربردارنده‌ی یک تناقض ذاتی است؛ از یک‌سو دستیابی به رشد اقتصادی برای رفاه بیشتر ضرورت دارد، و از سوی دیگر باید از تخریب منابع طبیعی و محیط‌زیست جلوگیری شود. چالش اصلی توسعه پایدار، ایجاد تعادل میان این دو هدف متعارض است (Agha-Amoo, 2020).

۳-۳- شهر کم‌کربن

تغییرات آب‌وهوایی به یک مسئله جهانی تبدیل شده است که بر بقای و توسعه انسان تأثیر می‌گذارد درحالی‌که انتشار کربن شهری عامل اصلی این تغییرات است (Wang et al., 2016). برآوردها نشان می‌دهد که حدود دو سوم تا سه چهارم انتشار دی‌اکسیدکربن ناشی از مصرف انرژی در شهرها متمرکز است و بنابراین شهرها، هم منبع اصلی مسئله و هم بستر اصلی راه‌حل‌های کاهش کربن به شمار می‌آیند (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2022; World Bank, 2012). در پاسخ به این چالش، رویکردهای مختلفی برای کاهش انتشار کربن مطرح شده است. نخستین‌بار، دولت بریتانیا در سال ۲۰۰۳ با انتشار «مقاله سفید انرژی» با عنوان «Our Energy Future: Creating a Low-Carbon Economy» مفهوم اقتصاد کم‌کربن را به‌طور رسمی معرفی کرد. این رویکرد بر رشد اقتصادی هم‌زمان با کاهش مصرف منابع طبیعی و آلودگی زیست‌محیطی تأکید دارد و به توسعه

مواجه شوند (Asakereh & Farajzadeh, 2023). کشورهای درحال‌توسعه به علت دارا بودن ظرفیت سازگاری پایین، در برابر اثرات تغییرات اقلیمی آسیب‌پذیرترند و عواملی مانند سطح آسیب‌پذیری بالا، سطح پایین سرانه تولید ناخالص داخلی و فقر گسترده می‌تواند این اثرات نامطلوب را در این کشورها تشدید کند (Saeed et al., 2023). اثرات تغییرات آب‌وهوایی می‌تواند مستقیم و غیرمستقیم بر اقتصاد، فرهنگ‌ها و جوامع تأثیر بگذارد (Walsh, 2018). با پیشرفت تغییرات آب‌وهوایی، انتظار می‌رود که اثرات آن بر سیستم‌های طبیعی و انسانی قابل‌توجه‌تر شود که منجر به افزایش هزینه‌ها و نیاز به استراتژی‌های تطبیقی برای به‌حداقل‌رساندن آسیب‌پذیری می‌شود (Du Plessis, 2018). برخی از اثرات تغییرات اقلیمی ممکن است به آرامی ظاهر شوند؛ اما اثرات آن پایدار است و در چند دهه آینده نیز همچنان رشد خواهد کرد (Short & Farmer, 2021).

«متابولیسم شهری» یا تعاملات پیچیده بین آب‌وهوا، فعالیت‌های شهری و ساختارهای ساخته‌شده، خطراتی مانند جزایر گرمایی شهری، آلودگی و سیل را برای ساکنان شهر ایجاد می‌کند (Georgiadis, 2017). تغییرات اقلیمی برای زیرساخت‌های شهری، سیستم شهری و کیفیت زندگی، تهدید جدی محسوب می‌شود (Oloke et al., 2021). این خطرات با رشد شهری و تغییرات آب‌وهوایی تشدید می‌شود و نیاز به رویکردهای علمی و مدیریت یکپارچه برای توسعه استراتژی‌های کاهش اثر دارد (Georgiadis, 2017; Hunt et al., 2018). یکی از رویکردهایی که در برابر تغییرات آب‌وهوایی مطرح می‌شود، برنامه‌ریزی شهرهای کم‌کربن است که تلاش بر کاهش انتشار کربن دارد (Yung & Chan, 2012).

۳-۲- توسعه پایدار

امروزه توسعه پایدار بخشی از هر برنامه جهانی است و جهان تلاش کرده است تا یک مسیر پایدارتر ایجاد کند و اهدافی مختلف برای دستیابی به این هدف تعیین شده است (Halkos & Gkampoura, 2021). واژه توسعه پایدار برای اولین‌بار توسط برانتلند در سال ۱۹۸۷ و در گزارش نشریه سازمان ملل متحد «آینده مشترک ما» مطرح گردید. در ماه ژوئن سال ۱۹۹۲ نیز کنفرانسی تحت عنوان کنفرانس زمین با حضور سران کشورها در ریو برگزار شد و فعالیت‌های بیست‌ساله ملی و بین‌المللی در زمینه‌های

فناوری‌های نو و ایجاد فرصت‌های شغلی سبز منجر می‌شود (Chen & Zhu, 2013).

در ادامه، ژاپن در سال ۲۰۰۷ مفهوم «جامعه کم‌کربن» را مطرح کرد و با شعار «No Low-carbon Society» بر ضرورت اصلاح الگوهای مصرف و سبک زندگی برای تحقق اقتصاد کم‌کربن تأکید نمود. این دیدگاه بر تغییر رفتار شهروندان، ترویج سیاست‌های حمایتی و گسترش فناوری‌های کم‌کربن متمرکز بود و نشان داد که دستیابی به اقتصاد کم‌کربن بدون دگرگونی در شیوه زیست روزمره امکان‌پذیر نیست (Yang & Li, 2013). در پی این رویکردها، پژوهشگران چینی با الهام از مفاهیم فوق، ایده‌ی «شهر کم‌کربن» را مطرح کردند. آنان شهر کم‌کربن را بستر تحقق توسعه‌ی پایدار شهری دانستند؛ شهری که از طریق افزایش بهره‌وری انرژی، استفاده از منابع تجدیدپذیر و مدیریت بهینه مصرف، میزان انتشار کربن را کاهش می‌دهد (Wang et al., 2015).

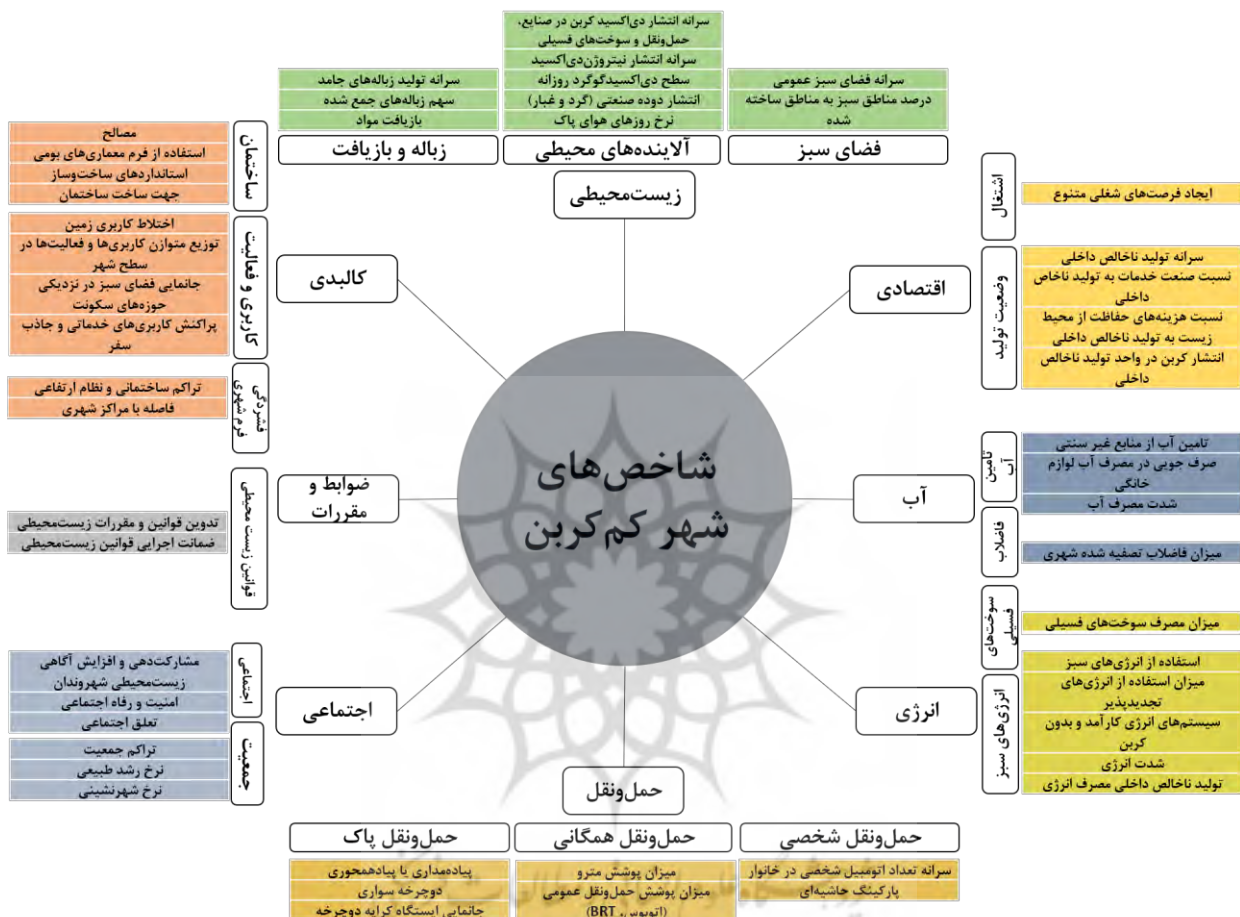
مفهوم شهر کم‌کربن در پیوند با جامعه و اقتصاد کم‌کربن، بر سه محور اساسی استوار است: افزایش کارایی انرژی، توسعه فناوری‌های پاک، و تغییر سبک زندگی شهروندان. این شهرها از طریق برنامه‌ریزی شهری پایدار، طراحی ساختمان‌های سبز، حمل‌ونقل عمومی کارآمد، بازیافت منابع و آموزش‌های زیست‌محیطی، به دنبال ایجاد تعادل میان رشد اقتصادی و حفاظت از محیط‌زیست هستند (Lv et al., 2018). در این میان، نقش جوامع محلی در نهادینه‌سازی رفتارهای کم‌کربن و تقویت حس مسئولیت‌پذیری زیست‌محیطی نیز بسیار حائز اهمیت است، زیرا تغییرات واقعی زمانی محقق می‌شود که سبک زندگی شهروندان با اهداف کاهش انتشار کربن هماهنگ گردد (American Institute of Architects, 2011). به‌طور کلی شهر کم‌کربن شهرهایی هستند که فعالیت‌های جدی و مؤثر را در جهت کاهش اثرات زیست‌محیطی و انتشار کربن‌دی‌اکسید اعمال می‌کنند (Falahatkar & Rezaei, 2020). در ادامه به بررسی تعاریف شهر کم‌کربن از دیدگاه پژوهشگران پرداخته شده است (جدول ۱).

جدول ۱. تعاریف شهر کم‌کربن

تعاریف شهر کم‌کربن	پژوهشگر
شهر کم‌کربن به شهرها، شهرک‌ها و روستاهایی گفته می‌شود که با تعیین هدف کمی مشخص برای کاهش انتشار CO ₂ و تدوین برنامه توسعه کم‌کربن، فارغ از اندازه و نوع توسعه، در پی تبدیل شدن به سکونتگاه‌های کم‌کربن هستند.	Asia-Pacific Economic Cooperation (2012)
شهر کم‌کربن تنها مجموعه‌ای از فناوری‌ها و سیاست‌های جدید نیست، بلکه شکلی از سازمان اجتماعی شهری است که در آن روابط میان حکومت، بازار، شهروندان و فرهنگ به گونه‌ای بازآرایی می‌شود که هدف کاهش انتشار کربن در کل نظام شهری محقق گردد.	Chen & Shi (2012)
شهر کم‌کربن شهری است که هم‌زمان به تولید کم‌کربن و مصرف کم‌کربن توجه می‌کند و با حفظ یک نظام پایدار انرژی و بوم‌سازگان شهری، از طریق دگرگونی الگوی توسعه اقتصادی، الگوی مصرف و سبک زندگی، انتشار کربن را کاهش می‌دهد.	Yang & Li (2013)
شهر کم‌کربن شهری است که با کارایی بالای استفاده از منابع، سطح پایین انتشار کربن و آلودگی، و سطح بالاتری از کیفیت زندگی و فرصت‌های توسعه، نسبت به الگوی سنتی شهرنشینی، ترکیبی هماهنگ از توسعه اقتصادی و حفاظت محیط‌زیست ارائه می‌کند.	Su et al. (2013)
شهر کم‌کربن شهری است که با تکیه بر سیاست‌ها و فناوری‌های کم‌کربن و تغییر رفتار مصرفی شهروندان، به‌طور هم‌زمان رشد اقتصادی، ارتقای کیفیت محیط‌زیست و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای را در یک چارچوب متعادل دنبال می‌کند.	Jiang & Kang (2019)
شهر کم‌کربن رویکردی در شهرنشینی پایدار است که باهدف کاهش ردپای کربن انسانی از طریق به حداقل رساندن یا حذف استفاده از انرژی‌های فسیلی، به دنبال توسعه‌ای پایدار است. این مفهوم ویژگی‌های جامعه و اقتصاد کم‌کربن را ترکیب کرده و از همکاری میان دولت‌ها، بخش خصوصی و جامعه مدنی حمایت می‌کند.	Abubakar & Bununu (2020)

شهر کم‌کربن را در قالب حوزه‌های مختلف کالبدی-فضایی، حمل‌ونقل، انرژی، زیست‌محیطی، اجتماعی و نهادی نشان می‌دهد که مبنای مراحل بعدی تحلیل در این پژوهش قرار گرفته‌اند.

به‌منظور تدوین چارچوب ارزیابی شهر کم‌کربن، ابتدا با اتکا به مطالعات کتابخانه‌ای، اسناد بالادست شهری و تجارب جهانی شهرهای کم‌کربن، مجموعه‌ای از شاخص‌های مرتبط گردآوری گردید. نمودار زیر (شکل ۱)، شاخص‌های نهایی



شکل ۱. مدل مفهومی پژوهش

پایه تکنیک کدگذاری حاصل شده است. در ارتباط با سایر شاخص‌های پژوهش نیز فرآیند تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از اطلاعات موجود در اسناد و همچنین تحلیل نقشه‌های وضع موجود به وسیله نرم‌افزارهای ArcGIS و Excel در جهت تحلیل‌های مکانی و آماری انجام شده و در ادامه، نتایج تحلیل‌های صورت‌گرفته وارد جدول SWOT شده و از ترکیب سه روش تحلیل SWOT، فرایند تحلیل شبکه‌ای ANP و ماتریس QSPM برای تدوین و اولویت‌بندی راهبردها استفاده شده است؛ به‌گونه‌ای که ابتدا با بهره‌گیری از SWOT و ماتریس‌های ارزیابی عوامل

۴- روش پژوهش

پژوهش حاضر از نوع کاربردی است و روش تحقیق در آن مبتنی بر رویکرد ترکیبی کمی-کیفی می‌باشد. اطلاعات مورد استفاده در بخش مبانی نظری از طریق مطالعه کتابخانه‌ای و اسنادی گردآوری شده و داده‌های مورد نیاز در بخش شناخت و تحلیل نیز از راه مطالعه اسناد فرادست، برداشت‌های میدانی، اطلاعات ایستگاه‌های سنجش کیفیت هوا به دست آمده و در بخش شاخص‌های اجتماعی پژوهش نیز با توجه به کیفی بودن این شاخص‌ها، اطلاعات مورد نظر از طریق تحلیل محتوای مصاحبه‌ها بر

مناسب‌تر از ساختار خطی AHP است (Zebardast, 2010; Maleki et al., 2010). ماتریس برنامه‌ریزی استراتژیک کمی QSPM نیز روشی است برای ارزیابی و اولویت‌بندی راهبردها بر اساس جذابیت نسبی آن‌ها؛ در این ماتریس، عوامل کلیدی داخلی و خارجی وزن‌دهی شده به همراه امتیاز جذابیت هر راهبرد ترکیب می‌شوند تا «نمره‌ی جذابیت کل» محاسبه شده و استراتژی‌ها با یکدیگر مقایسه و رتبه‌بندی شوند (Mirbagheri & Rafii Atani, 2023; Pazouki et al., 2017).

همانطور که در جدول زیر نمایش داده شده است (جدول ۲)، شاخص‌های مورد پژوهش به وسیله سنجه‌های تعریف شده و همچنین روش جمع‌آوری اطلاعات آن‌ها به دست آمده است. از آنجایی که مقیاس پژوهش، محدوده‌ای شهری در سطح منطقه‌ای را شامل می‌شود، برخی شاخص‌ها به دلیل نبود داده‌های کافی، نبود بستر اجرایی در سطح منطقه یا عدم تطابق با ویژگی‌های بومی منطقه ۱۲، از دایره بررسی خارج شده‌اند. در ادامه با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از تحلیل‌های انجام‌شده، به بررسی تحلیل‌های SWOT و ماتریس‌های ارزیابی داخلی و خارجی و QSPM پرداخته شده است.

داخلی^۳ و خارجی^۴، عوامل کلیدی شناسایی و دسته‌بندی شده، سپس این عوامل با ANP وزن‌دهی و در نهایت، وزن‌های به‌دست‌آمده به همراه امتیازهای جذابیت خبرگان در ماتریس QSPM برای رتبه‌بندی نهایی راهبردها به کار رفته است.

تحلیل SWOT یکی از ابزارهای متداول برنامه‌ریزی راهبردی است که وضعیت یک سیستم، سازمان یا شهر را بر اساس چهار دسته‌ی عوامل، یعنی نقاط قوت، نقاط ضعف، فرصت‌ها و تهدیدها سامان‌دهی می‌کند؛ در این رویکرد، عوامل داخلی در قالب قوت و ضعف و عوامل محیطی در قالب فرصت و تهدید شناسایی شده و ترکیب آن‌ها مبنای تدوین راهبردهای SO، WO، ST و WT قرار می‌گیرد (Maleki et al., 2010; Razavi Alhashem & Musai, 2010). فرایند تحلیل شبکه‌ای ANP نیز یک روش تصمیم‌گیری چندمعیاره است که به جای ساختار سلسله‌مراتبی AHP، روابط متقابل و وابستگی بین معیارها و گزینه‌ها را در قالب یک شبکه مدل می‌کند؛ در این روش، با استفاده از مقایسه‌های زوجی و تشکیل سوپرماتریس، وزن نهایی معیارها و زیرمعیارها محاسبه می‌شود و برای مسائلی که بین شاخص‌ها تأثیر متقابل و بازخورد وجود دارد،

جدول ۲. جدول عملیاتی شاخص‌های شهر کم‌کربن

بعد	معیار	شاخص	روش جمع‌آوری اطلاعات
کالبدی	ساختمان	استانداردهای ساخت‌وساز	سالنامه‌های آماری شهرداری تهران از سال ۱۳۹۳-۱۴۰۲ (به لحاظ میزان پروانه پایان کار صادر شده)
		جهت ساخت ساختمان	تحلیل نقشه‌های وضع موجود
	کاربری و فعالیت	اختلاط کاربری زمین	محاسبات از طریق تحلیل نقشه‌های وضع موجود
		توزیع متوازن کاربری‌ها و فعالیت‌ها	
		جانمایی فضای سبز در نزدیکی حوزه‌های سکونت	
	فشرده‌گی فرم شهری	پراکنش کاربری‌های خدماتی و جاذب سفر	اسناد و تحلیل نقشه‌های وضع موجود
		تراکم ساختمانی و نظام ارتفاعی	
زیست‌محیطی	آلاینده‌های محیطی	انتشار دی‌اکسیدکربن در صنایع، حمل‌ونقل و سوخت‌های فسیلی	ایستگاه‌های سنجش کیفیت هوا
		انتشار نیتروژن دی‌اکسید	
		سطح دی‌اکسید گوگرد روزانه	
		انتشار دوده صنعتی (گردوغبار)	
		نرخ روزهای هوای پاک	
	زباله و بازیافت	سرانه تولید زباله‌های جامد	اسناد سازمان بازیافت شهرداری منطقه ۱۲
		سهم زباله‌های جمع‌شده	
		بازیافت مواد	
	فضای سبز	سرانه فضای سبز عمومی	تحلیل نقشه‌های وضع موجود
		درصد مناطق سبز به مناطق ساخته‌شده	

بعد	معیار	شاخص	روش جمع‌آوری اطلاعات
آب	تأمین آب	شدت مصرف آب	اسناد شرکت آب و فاضلاب استان تهران
	فاضلاب	میزان فاضلاب تصفیه‌شده شهری	اسناد سازمان آب‌فاضلاب
انرژی	سوخت‌های فسیلی	میزان مصرف سوخت‌های فسیلی	سالنامه‌های آماری شهرداری تهران
اقتصادی	اشتغال	ایجاد فرصت‌های شغلی متنوع	اسناد فرادست و تحلیل نقشه‌های وضع موجود
	وضعیت تولید	نسبت صنعت خدمات به تولید ناخالص داخلی	تحلیل نقشه‌های وضع موجود
حمل‌ونقل	حمل‌ونقل همگانی	میزان پوشش مترو	تحلیل نقشه‌های وضع موجود (تحلیل شبکه)
		میزان پوشش حمل‌ونقل عمومی (اتوبوس، BRT)	
	حمل‌ونقل شخصی	پارکینگ حاشیه‌ای	تحلیل نقشه‌های وضع موجود
	حمل‌ونقل پاک	پیاده‌مداری یا پیاده‌محوری	تحلیل نقشه‌های وضع موجود و برداشت میدانی
		دوچرخه‌سواری	
اجتماعی	اجتماعی	جانبایی ایستگاه کرایه دوچرخه	
		مشارکت‌دهی و افزایش آگاهی زیست‌محیطی شهروندان	پرسش‌نامه
		امنیت و رفاه اجتماعی	
	جمعیت	تعلق اجتماعی	
		تراکم جمعیت	تحلیل نقشه‌های وضع موجود
ضوابط و مقررات	قوانین زیست‌محیطی	نرخ رشد جمعیتی	سرشماری نفوس و مسکن تهران (سال ۱۳۷۵ الی ۱۳۹۵)
		تدوین قوانین و مقررات زیست‌محیطی	قوانین ثبت شده در مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی و سازمان حفاظت محیط‌زیست

۵- معرفی محدوده مورد پژوهش

منطقه ۱۲ شهر تهران به‌عنوان یکی از قدیمی‌ترین و تاریخی‌ترین مناطق این کلان‌شهر، در قلب پایتخت واقع شده و از نظر دسترسی و استقرار کاربری‌های مهم، جایگاه استراتژیکی دارد. این منطقه از شمال به خیابان انقلاب اسلامی، از جنوب به خیابان شوش، از شرق به خیابان ۱۷ شهریور و از غرب به خیابان وحدت اسلامی محدود می‌شود (شکل ۲). این موقعیت جغرافیایی، دسترسی آسان به سایر نقاط شهر را فراهم کرده و منطقه را به یکی از گره‌های اصلی تردد شهری تبدیل کرده است. منطقه ۱۲ شامل شش ناحیه شهری است که هر یک ویژگی‌ها و کارکردهای خاص خود را دارند. از مهم‌ترین ویژگی‌های منطقه ۱۲ می‌توان به استقرار «بازار بزرگ تهران» اشاره کرد که یکی از مهم‌ترین کانون‌های خرید، تجارت و مبادلات اقتصادی در مقیاس شهری و ملی به شمار می‌آید. علاوه بر آن، بخش قابل توجهی از بناها و محورهای تاریخی، مراکز فرهنگی و مذهبی، و تعدادی از نهادهای حاکمیتی و وزارتخانه‌ها در این منطقه قرار گرفته‌اند که بر اهمیت و نقش فرابخشی آن افزوده است. در زمینه آموزشی، منطقه ۱۲ دارای ۱۶ مرکز

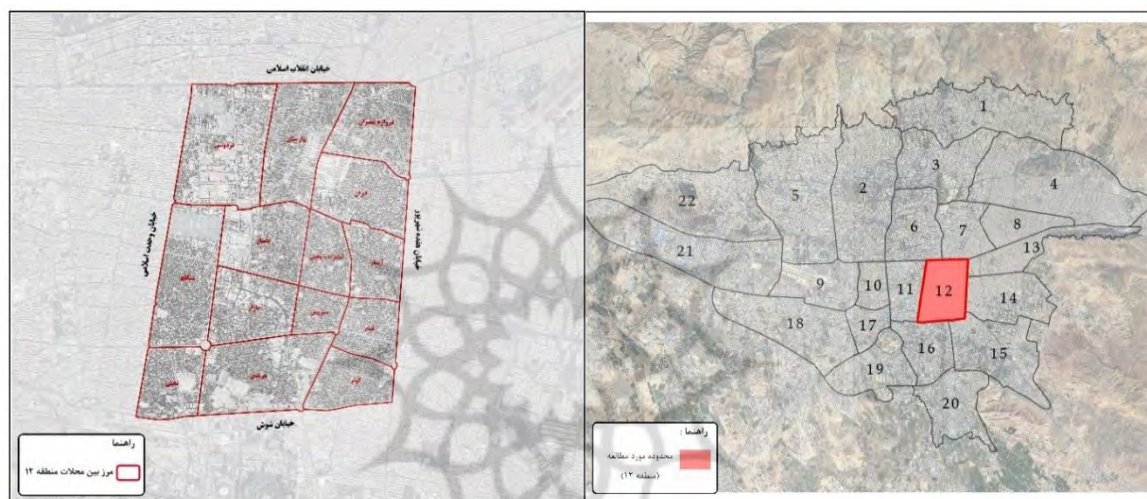
آموزش عالی و ۳۲۳ مدرسه و آموزشگاه است که از جمله معروف‌ترین آن‌ها می‌توان به مدرسه تاریخی دارالفنون اشاره کرد. علاوه بر موارد فوق، در این منطقه، سفارتخانه‌های کشورهای مختلف از جمله دانمارک، آلمان، روسیه، انگلیس، ترکیه، رومانی، تایلند به چشم می‌خورند. همچنین این منطقه محل قرارگیری وزارتخانه‌های مهمی همچون وزارت امور خارجه، وزارت اقتصاد و دارایی و وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی نیز می‌باشد (Bavand Consulting Engineers, 2006).

علاوه بر نهادهای دولتی، سازمان‌های مختلفی نظیر سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی، بانک مرکزی، ثبت اسناد و املاک کشور، شورای اسلامی شهر تهران و شهرداری تهران نیز در این منطقه مستقر هستند. این نهادها به ارائه خدمات مختلف به شهروندان و مدیریت امور شهری می‌پردازند. همچنین، دادگستری استان تهران، پزشکی قانونی، بهزیستی، پست مرکزی، مرکز تلفن ۱۱۸، دیوان عدالت اداری، روزنامه رسمی کشور، اداره تشخیص هویت، بانک ملی مرکزی و بانک مسکن مرکزی نیز در این منطقه وجود

دارند و به خدمات‌رسانی به مردم فعالیت می‌کنند. به‌طور کلی، منطقه ۱۲ یکی از مناطق مهم و تأثیرگذار تهران است که با ترکیب امکانات فرهنگی، آموزشی، دیپلماتیک و ورزشی، سهم به‌سزایی در زندگی روزمره ساکنان و فعالیت‌های شهری دارد.

منطقه ۱۲ به‌عنوان هسته مرکزی تهران قدیم و یکی از کانون‌های شکل‌گیری اولیه شهر، پیوندی عمیق با تاریخ و هویت شهری تهران دارد. وجود بافت تاریخی ارزشمند، بازار تهران، محورهای گردشگری و مذهبی، اختلاط بالای کاربری‌ها و عبور بخش قابل توجهی از شبکه حمل‌ونقل

عمومی، به‌ویژه خطوط مترو، نشان می‌دهد که این منطقه در عین مواجهه با چالش‌هایی مانند تراکم بالای سفر، مصرف زیاد انرژی و فشارهای زیست‌محیطی، از پتانسیل‌های قابل توجهی برای حرکت به سمت الگوی شهر کم‌کربن برخوردار است. در چنین بستری، به‌کارگیری راهبردهایی نظیر تقویت حمل‌ونقل عمومی، بهبود کارایی انرژی در ساختمان‌ها، سامان‌دهی الگوی کاربری اراضی و توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر می‌تواند منطقه ۱۲ را به الگویی مناسب برای برنامه‌ریزی کم‌کربن در بافت‌های مرکزی و تاریخی شهرهای بزرگ تبدیل کند.



شکل ۲. موقعیت منطقه مورد مطالعه

۶- یافته‌های پژوهش و بحث

در این بخش، با اتکا به اهمیت و تأثیرگذاری نسبی شاخص‌های شهر کم‌کربن، بر شاخص‌های اجتماعی (تحلیل مصاحبه و کدگذاری) و برخی از شاخص‌های کلیدی کمی (کالبدی، زیست‌محیطی، اقتصادی و حمل‌ونقل) تمرکز شده است. سپس با استفاده از ماتریس‌های ارزیابی عوامل داخلی و خارجی و تحلیل SWOT، نقاط قوت، ضعف، فرصت‌ها و تهدیدهای منطقه شناسایی و استراتژی غالب استخراج گردید.

۶-۱- بررسی شاخص‌های پژوهش

۶-۱-۱- تحلیل‌های کمی

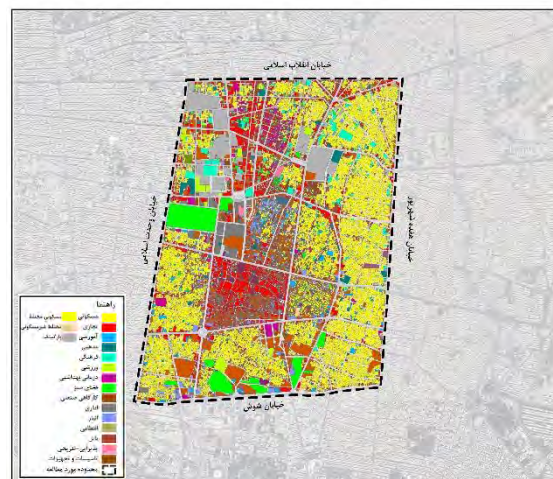
در این قسمت با توجه به ۴ دسته‌بندی کالبدی، زیست‌محیطی، اقتصادی و حمل‌ونقل، به بررسی برخی از مهم‌ترین شاخص‌های کمی پژوهش پرداخته شده است.

۶-۱-۱- کالبدی

در بررسی اختلاط کاربری زمین در این منطقه و همچنین توزیع متوازن این کاربری‌ها (با توجه به شکل ۳)، نتایج حاصل‌شده نشان‌دهنده آن است که مقدار آنتروپی شانون کاربری‌های اراضی منطقه ۱۲ برابر با ۲/۰۴۲۴ و مقدار نرمال‌شده آن ۰/۷۳۶۷ به دست آمد که بیانگر تنوع نسبتاً بالای کاربری‌ها در مقیاس کل منطقه است. با این حال، تحلیل فضایی نشان می‌دهد که این تنوع به‌طور یکنواخت در سطح منطقه توزیع نشده و برخی پهنه‌ها سهم بیشتری از تنوع یا تمرکز کاربری‌ها دارند.



شکل ۴. وضعیت شعاع دسترسی فضاهای سبز



شکل ۳. وضعیت کاربری زمین منطقه ۱۲ شهر تهران

همچنین مساحت کل فضای سبز منطقه ۱۲ برابر با ۶۳۲/۰۱۷ مترمربع (جمعیت منطقه بر اساس آخرین سرشماری: ۲۴۰,۹۰۹) و سرانه آن ۲/۶۲ مترمربع برای هر نفر است که در مقایسه با سرانه قابل قبول ۷ تا ۱۲ مترمربع در شهرهای ایران، بسیار پایین محسوب می‌شود و نشان‌دهنده کمبود جدی فضای سبز در منطقه است. این کمبود می‌تواند به کاهش کیفیت هوا، افزایش دما و تشدید انتشار گازهای گلخانه‌ای منجر شود.

- اقتصادی

به‌منظور سنجش ظرفیت منطقه در ایجاد فرصت‌های شغلی و نیز ارزیابی نقش آن در کاهش وابستگی به سفرهای شهری، نسبت مساحت کاربری‌های مولد اشتغال (شامل تجاری، اداری، کارگاهی صنعتی، آموزشی و درمانی) به مساحت کاربری مسکونی محاسبه شد. این روش نشان می‌دهد که تا چه اندازه کاربری‌های اشتغال‌زا در کنار سکونت قرار گرفته‌اند و می‌توانند نیازهای شغلی ساکنان را در مقیاس محلی تأمین کنند. بر اساس محاسبات انجام شده، مجموع مساحت کاربری‌های مولد اشتغال برابر با ۲,۷۱۷,۵۲۲ مترمربع و مجموع مساحت کاربری‌های مسکونی برابر با ۵,۰۰۹,۱۸۸ مترمربع است. نسبت این دو برابر با ۰/۵۵ به دست آمد؛ به این معنا که مساحت کاربری‌های مؤثر در ایجاد فرصت‌های شغلی معادل ۵۵

در این پژوهش در ارتباط با بررسی فاصله با مراکز شهری، میدان امام خمینی (ره) به‌عنوان مرکز کاربری‌های فرماندهی منطقه ۱۲ تهران (به دلیل حضور مراکز تجاری، اداری، فرهنگی و تاریخی، به‌ویژه بازار بزرگ تهران و مراکز دولتی) در نظر گرفته شد و فاصله‌ی مستقیم پارس‌ها تا این مرکز با ابزار near در Arcgis محاسبه گردید. نتایج نشان داد که میانگین فاصله پارس‌ها تا میدان امام خمینی ۱۸۸۹/۴ متر است. این فاصله نسبتاً زیاد بیانگر آن است که بخشی از ساکنان برای دسترسی به خدمات و کاربری‌های اصلی ناچار به طی مسافت‌های طولانی‌تری هستند؛ وضعیتی که با اصول شهر کم‌کربن در تعارض بوده و بر ضرورت تقویت دسترسی محلی و توسعه حمل‌ونقل پایدار تأکید می‌کند.

- زیست‌محیطی

بررسی شعاع‌های دسترسی ۳۰۰، ۵۰۰ و ۷۰۰ متری به فضای سبز (شکل ۴) نشان می‌دهد که بخش‌های شمالی، شمال‌غربی و مرکزی منطقه ۱۲ فاقد دسترسی مناسب به فضای سبز هستند. همچنین، به دلیل محدود بودن فضاهای سبز محلی و قرارگیری عمده فضاهای سبز بزرگ در جنوب منطقه، سطح دسترسی در مقیاس محله بسیار پایین و فضاهای موجود عمدتاً فرماندهی‌ای هستند.

محدوده	مساحت	درصد پوشش مترو از کل
شعاع ۷۰۰ متری	۱۱۲۳۰۹۲۸.۶ مترمربع	٪ ۷۰/۱
مساحت کل منطقه ۱۲	۱۶۰۰۰۰۰ مترمربع (۱۶۰۰ هکتار)	

۶-۱-۲- تحلیل‌های کیفی (اجتماعی)

در این بخش جهت بررسی شاخص‌های اجتماعی رویکرد شهر کم‌کربن در منطقه ۱۲ تهران، ابتدا پرسش‌نامه‌ی نیمه‌ساختاریافته‌ای طراحی و سپس با استفاده از روش نمونه‌گیری گلوله‌برفی^۵ با ۲۵ نفر از معتمدین محلات این منطقه و ساکنان قدیمی مصاحبه‌های عمیقی انجام شد. داده‌های متنی حاصل از مصاحبه با استفاده از روش کدگذاری تحلیل شدند.

مصاحبه عمیق غالباً به‌عنوان مصاحبه نیمه‌ساختاریافته معرفی می‌شود؛ به دلیل آن که محقق برخی کنترل‌ها را بر روی جهت و محتوای بحث نگه می‌دارد. درحالی‌که شرکت‌کنندگان در شرح دادن و یا انتخاب جهت‌های جدید اما مرتبط آزاد هستند (Tahari et al., 2021). روش نمونه‌گیری گلوله‌برفی یک روش نمونه‌گیری غیراحتمالی برای مواقعی است که واحدهای مورد مطالعه به راحتی قابل شناسایی نباشند. در این روش بعد از شناسایی اولین واحد نمونه‌گیری، از آن برای شناسایی و انتخاب دومین واحد نمونه‌گیری استفاده می‌شود و به همین ترتیب تا زمانی این فرایند ادامه پیدا می‌کند که نتایج مشابه حاصل شود.

کدگذاری داده‌های مصاحبه به صورت کلی در سه سطح اصلی انجام می‌شود: کدگذاری باز^۶، کدگذاری محوری^۷ و کدگذاری انتخابی^۸.

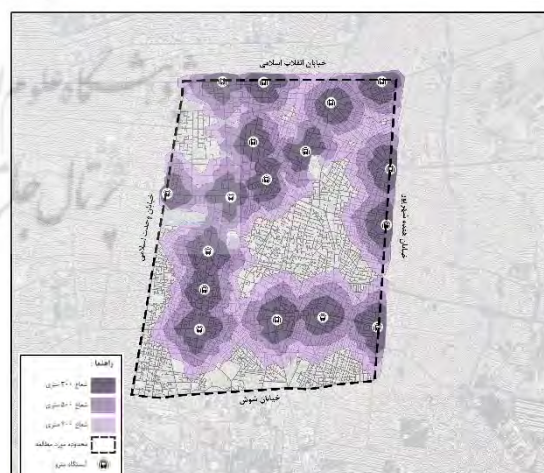
سوالات اصلی مصاحبه بر اساس شاخص‌های اجتماعی شهر کم‌کربن در ۳ تقسیم‌بندی مشارکت‌دهی و افزایش آگاهی، امنیت و رفاه اجتماعی و تعلق اجتماعی مطرح شده است.

در بخش اول که مربوط به کدگذاری باز است، بر اساس نقل‌قول‌های مصاحبه‌شوندگان کدهای باز استخراج شده‌اند و در مرحله بعدی به بررسی کدگذاری محوری پرداخته شده

درصد مساحت کاربری‌های مسکونی است. بررسی‌های میدانی و شواهد مکانی حاکی از آن است که فضاهای تجاری و کاربری‌های مولد شغل عمدتاً در محورهای خاص و محدودی متمرکز شده‌اند و بسیاری از بخش‌های مسکونی فاقد دسترسی آسان به فرصت‌های شغلی محلی هستند. از منظر برنامه‌ریزی شهر کم‌کربن، تنها افزایش کاربری‌های اشتغال‌زا کافی نیست؛ بلکه توزیع متعادل و دسترسی‌پذیر آن‌ها در کنار بافت‌های مسکونی برای کاهش وابستگی به خودرو و تحقق شهری کم‌کربن و پایدار ضروری است.

- حمل‌ونقل

برای ارزیابی دسترسی به ایستگاه‌های مترو، از تحلیل شبکه در نرم‌افزار ArcGIS و در سه شعاع ۳۰۰، ۵۰۰ و ۷۰۰ متری استفاده شد. نتایج نشان داد که بخش‌های شمالی و قسمتی از غرب منطقه از دسترسی مناسبی در شعاع ۷۰۰ متری برخوردارند، درحالی‌که نواحی مرکزی و جنوبی از دسترسی مطلوب محروم‌اند (شکل ۵). به‌طورکلی، حدود ۷۰ درصد محدوده مطالعه در شعاع ۷۰۰ متری ایستگاه‌های مترو قرار دارد (جدول ۳) و میانگین فاصله پارس‌ها تا ایستگاه‌های مترو (دستور near در نرم‌افزار Arcgis) ۵۲۹/۸ متر برآورد شده است.



شکل ۵. وضعیت شعاع دسترسی ایستگاه‌های مترو در منطقه

جدول ۳. بررسی شاخص‌های اصلی منطقه ۱۲ در مقایسه با شهر تهران

محدوده	مساحت	درصد پوشش مترو از کل
شعاع ۳۰۰ متری	۴۳۸۶۸۷.۵ مترمربع	٪ ۲۷/۴
شعاع ۵۰۰ متری	۷۸۱۸۱۳۴.۳۸ مترمربع	٪ ۴۸/۸

این سه مقوله، تصویری یکپارچه از وضعیت اجتماعی منطقه ۱۲ ارائه می‌دهند و نشان می‌دهند که نبود مشارکت مؤثر، ضعف زیرساخت‌های رفاهی، و کاهش حس تعلق شهروندان، به‌طور مستقیم بر تحقق شهر کم‌کربن در این منطقه تأثیرگذار هستند.

است. بر اساس کدهای محوری دسته‌بندی‌شده، سه مقوله‌ی اصلی به‌عنوان کدهای انتخابی شناسایی شده‌اند که به ترتیب در ارتباط با «مشارکت و آگاهی اجتماعی»، «امنیت و رفاه شهری» و «تعلق اجتماعی» قرار دارند (جدول ۴). این مقولات، چارچوب مفهومی نهایی تحقیق را شکل می‌دهند و مبنای تحلیل‌های بعدی قرار می‌گیرند.

جدول ۴. تحلیل مصاحبه‌ها (کدگذاری باز، محوری و انتخابی)

شاخص‌های اجتماعی	کدگذاری باز	کدگذاری محوری	کدگذاری انتخابی
مشارکت‌دهی و افزایش آگاهی	-عدم اطلاع‌رسانی مناسب -بی‌اعتمادی به تأثیر اقدامات زیست‌محیطی -آگاهی پایین مردم (عدم آگاهی عمومی) -عدم اعتماد به تغییرات (بی‌اعتمادی به تأثیر برنامه‌ها)	عدم اطلاع‌رسانی و بی‌اعتمادی اجتماعی	ضعف مشارکت اجتماعی و آگاهی زیست‌محیطی
	-در اولویت نبودن مسائل شهری -بی‌انگیزگی برای مشارکت -مشارکت ضعیف (کمبود مشارکت)	مشارکت محدود و کمبود انگیزه	
	-نقش اطلاع‌رسانی در مشارکت -نیاز به آموزش و فرهنگ‌سازی (آموزش عمومی، فرهنگ‌سازی در سطح محله) -اهمیت استفاده از رسانه‌ها (رسانه‌ها و شبکه‌های اجتماعی برای اطلاع‌رسانی)	نیاز به آموزش و فرهنگ‌سازی	
	-نبودن فضاهای اجتماع‌محور -برنامه‌های سطح پایین (برنامه‌ها یا اطلاعات ناکافی)	نبودن فضاهای اجتماع‌محور	
امنیت و رفاه اجتماعی	-احساس ناامنی در شب (نگرانی در خصوص تردد شبانه) -ترس از فضاهای تاریک -عدم امنیت برای زنان -کاهش تحرک شبانه	ناامنی اجتماعی و فیزیکی	چالش‌های امنیتی و رفاهی در بافت شهری منطقه ۱۲
	-کمبود فضاهای عمومی مناسب (فضاهای عمومی ناکافی) -کمبود خدمات بهداشتی و آموزشی (خدمات عمومی ضعیف) -نیاز به بهبود امکانات رفاهی (بهبود فضای عمومی، خدمات بهتر)	کمبود زیرساخت‌های رفاهی	
	-دغدغه‌های موافق‌روشی و بی‌خانمان‌ها (مشکلات اجتماعی در محله) -مشکلات ترافیکی -نگرانی از آلودگی هوا (آلودگی محیطی)	چالش‌های اجتماعی و مشکلات زیست‌محیطی	
	-نابرابری در دسترسی به امکانات -کمبود خدمات بهداشتی و آموزشی (خدمات عمومی ضعیف)	نابرابری در دسترسی به خدمات	
تعلق اجتماعی	-حس تعلق به محله (احساس محلی بودن و ریشه‌دار بودن) -عوامل تقویت تعلق اجتماعی (فضاهای عمومی مشترک، برنامه‌های محله‌محور)	حس تعلق و دلبستگی به محله	تضعیف تعلق اجتماعی و روابط هم‌محله‌ای
	-روابط اجتماعی ضعیف‌تر (کاهش تعاملات اجتماعی) -مشارکت اجتماعی پایین (نقص در مشارکت اجتماعی)	تضعیف روابط اجتماعی و مشارکت اجتماعی پایین	
	-دگرگونی بافت محله -نوسازی و تغییرات ناخواسته در محله (تغییرات در بافت محله) -تمایل جوانان به مهاجرت -نگرانی از مهاجرت به مناطق دیگر (تمایل به تغییر محل سکونت)	تغییرات محیطی و تهدیدات ناشی از آن	

شاخص‌های اجتماعی	کدگذاری باز	کدگذاری محوری	کدگذاری انتخابی
	-اولویت نداشتن مسائل زیست‌محیطی -فشار اقتصادی -اولویت مشکلات اقتصادی	چالش‌های اقتصادی و اجتماعی	

۶-۲- ماتریس ارزیابی عوامل داخلی و خارجی

پس از بررسی شاخص‌های کمی و کیفی پژوهش و شناسایی و دسته‌بندی قوت‌ها، ضعف‌ها، فرصت‌ها و تهدیدها در قالب ماتریس SWOT، برای تعیین موقعیت راهبردی منطقه و انتخاب نوع استراتژی مناسب، از دو ماتریس «ارزیابی عوامل داخلی» و «ارزیابی عوامل خارجی» استفاده شده است. این دو ماتریس، میزان بهره‌گیری از قوت‌ها و فرصت‌ها و همچنین شدت تأثیر ضعف‌ها و تهدیدها را به‌صورت کمی نشان می‌دهند (David & David, 2017).

- ماتریس ارزیابی محیط داخلی

فرایند تدوین ماتریس ارزیابی محیط داخلی در این پژوهش در چند گام انجام شده است:

گام اول (انتخاب عوامل کلیدی): پس از بررسی عوامل محیط داخلی و تهیه فهرست اولیه، با استفاده از نظر نخبگان شهری (اساتید و متخصصان حوزه برنامه‌ریزی شهری)، بین ۱۰ تا ۲۰ عامل کلیدی که انعکاس‌دهنده‌ی مهم‌ترین قوت‌ها و ضعف‌های منطقه هستند، انتخاب شد. تلاش شد این عوامل مبتنی بر واقعیات و داده‌های عینی منطقه ۱۲ باشند.

گام دوم (تعیین وزن عوامل): برای هر عامل یک ضریب وزنی بین صفر (بی‌اهمیت) و یک (بسیار مهم) در نظر گرفته می‌شود و جمع این ضرایب وزنی اختصاص داده شده باید برابر با یک شود. برای سهولت کار، ابتدا به هر عامل عددی بین ۱ تا ۵ اختصاص یافت و سپس ستون را نرمالایز کرده و اعداد بین صفر تا یک حاصل می‌شود که جمع آن نیز برابر با ۱ است.

گام سوم (امتیازدهی به هر عامل): در این مرحله برای هر یک از عوامل قوت و ضعف، امتیازی بین یک تا

چهار در نظر گرفته می‌شود. این امتیاز بر اساس میزان اثربخشی وضعیت حاضر عوامل مطرح شده نوشته می‌شود: ۴: قوت جدی؛ ۳: قوت نسبی؛ ۲: ضعف نسبی؛ ۱: ضعف جدی.

گام چهارم (محاسبه امتیاز وزن دار): امتیاز وزن دار هر عامل از حاصل ضرب وزن آن در امتیاز مربوط به وضعیت عامل به دست آمد. این مقدار بیانگر سهم واقعی هر عامل در وضعیت داخلی منطقه است.

گام پنجم (تفسیر امتیاز نهایی ماتریس): در این مرحله، جمع امتیاز وزن دار کل ماتریس محاسبه می‌شود که حداقل ۱ و حداکثر ۴ می‌باشد و میانگین امتیاز در ماتریس ارزیابی محیط داخلی برابر با ۲/۵ است.

در ادامه با توجه به گام‌های مطرح شده، عوامل استراتژیک داخلی مورد بررسی قرار گرفته اند و امتیاز وزن دار آن‌ها محاسبه شده است (جدول ۵).

- ماتریس ارزیابی محیط خارجی

مراحل تدوین ماتریس ارزیابی محیط خارجی مشابه ماتریس ارزیابی محیط داخلی است، با این تفاوت که عوامل محیطی بیرونی (فرصت‌ها و تهدیدها) مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. پس از انتخاب عوامل کلیدی، برای هر عامل وزن مناسبی تعیین و سپس وضعیت واکنش منطقه نسبت به آن، با استفاده از مقیاس زیر امتیازدهی شده است:

۴: فرصت جدی (واکنش بسیار مطلوب)؛ ۳: فرصت نسبی (واکنش مطلوب)؛ ۲: تهدید نسبی (واکنش نامطلوب)؛ ۱: تهدید جدی (واکنش بسیار نامطلوب).

امتیاز وزن دار هر عامل از ضرب وزن در امتیاز واکنش به دست آمده و جمع امتیازهای وزن دار، امتیاز نهایی ماتریس ارزیابی محیط خارجی را تشکیل می‌دهد. این امتیاز نیز در بازه‌ی ۱ تا ۴ قرار دارد و مقدار ۲/۵ به عنوان مرز میان

ارزیابی عوامل داخلی برابر با ۲/۰۲ و در عوامل خارجی برابر با ۲/۰۸ است (جدول ۷). در هر دو ارزیابی، مقدار نهایی از مقدار میانگین (۲/۵) کمتر بوده و به این معناست که از لحاظ شرایط درونی، وضعیت مطلوبی در منطقه وجود ندارد و به نوعی ضعف‌ها بر قوت‌ها غلبه می‌کنند. در ارتباط با وضعیت خارجی نیز عوامل منفی تأثیر بیشتری دارند و به نوعی تهدیدها بر فرصت‌ها غلبه می‌کنند.

وضعیت مناسب و نامناسب واکنش به شرایط بیرونی تفسیر می‌شود. بدین ترتیب، جایگاه منطقه ۱۲ در برابر فرصت‌ها و تهدیدهای مرتبط با شهر کم‌کربن مشخص شده است (جدول ۶).

با توجه به عملیات انجام‌شده در ماتریس ارزیابی محیط داخلی و خارجی، این نتیجه به دست آمده که حاصل

جدول ۵. ماتریس ارزیابی عوامل داخلی

امتیاز وزن دار	امتیاز	وزن نرمالایز شده	وزن	عوامل استراتژیک داخلی	
قوت‌ها					
۰/۲۴	۴	۰/۰۶	۵	وجود بناهایی ارزشمند و تاریخی در منطقه	S ₁
۰/۱۲	۳	۰/۰۴	۴	وجود چند پارک بزرگ شهری در منطقه	S ₂
۰/۱۲	۳	۰/۰۴	۴	بالا بودن میزان تحرک در منطقه به علت وجود فعالیت‌های متعدد	S ₃
۰/۲۴	۴	۰/۰۶	۵	عبور ۵ خط مترو از سطح منطقه و وجود ۱۷ ایستگاه مترو فعال	S ₄
۰/۱۲	۳	۰/۰۴	۴	قرار گیری منطقه در محدوده طرح ترافیک	S ₅
۰/۱۲	۳	۰/۰۴	۴	وجود ون‌های الکتریکی در محدوده پیاده‌راه‌های بازار	S ₆
۰/۲۴	۴	۰/۰۶	۵	قرارگیری قطب اصلی اقتصاد تهران (بازار) در این منطقه	S ₇
ضعف‌ها					
۰/۰۶	۱	۰/۰۶	۵	وضعیت نامناسب بعضی از بناها و بی دوام بودن آن‌ها	W ₁
۰/۰۴	۱	۰/۰۴	۴	ازدیاد فعالیت‌های کارگاهی و انبار در منطقه و تعرض آن‌ها به بافت مسکونی	W ₂
۰/۰۸	۲	۰/۰۴	۴	وضعیت نامناسب منظر شهری در بعضی بخش‌های منطقه	W ₃
۰/۰۶	۱	۰/۰۶	۵	کمبود سرانه فضای سبز در منطقه و توزیع نامناسب آن‌ها	W ₄
۰/۰۸	۲	۰/۰۴	۴	میزان بالای زباله‌های تولید شده در منطقه به علت وجود پهنه‌های فعالیت تجاری	W ₅
۰/۰۶	۱	۰/۰۶	۵	وضعیت نامناسب از لحاظ امنیت و شهرت نامناسبات بعضی از محلات به جرم‌خیزی و عدم توجه به آن	W ₆
۰/۰۸	۲	۰/۰۴	۴	مهاجرت ساکنان قدیمی و اصیل منطقه به سایر مناطق تهران و گرایش آن‌ها به زندگی در سایر مناطق و جایگزینی آن‌ها با مهاجران کم‌درآمد	W ₇
۰/۰۴	۱	۰/۰۴	۴	کم بودن سطح معابر در محدوده به نسبت وجود فعالیت‌های متعدد در منطقه	W ₈
۰/۰۶	۱	۰/۰۶	۵	تعدد عبور سواری شخصی به محدوده و پارک حاشیه‌ای حتی در معابر با عرض پایین	W ₉
۰/۰۶	۱	۰/۰۶	۵	نبود ایستگاه کرایه دوچرخه و عدم توجه به دوچرخه‌سواری	W ₁₀
۰/۰۶	۱	۰/۰۶	۵	تداخل مسیر عابران پیاده با موتورسواران و اشغال بودن سطح اغلب پیاده‌روها توسط موتور سیکلت‌های پارک شده به خصوص در محدوده فعالیت‌های تجاری	W ₁₁
۰/۰۶	۲	۰/۰۳	۳	توجه کم به استفاده از وسایل نقلیه برقی	W ₁₂
۰/۰۸	۲	۰/۰۴	۴	ازدیاد دستفروش‌ها در سطح پیاده‌روها در محدوده بازار	W ₁₃
۲/۰۲	۴۲	۱	۸۸	جمع کل	

جدول ۶. ماتریس ارزیابی عوامل خارجی

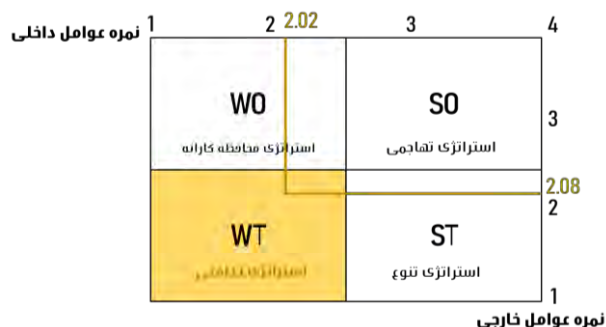
عوامل استراتژیک خارجی	وزن	وزن نرمالایز شده	امتیاز	امتیاز وزن‌دار
فرصت‌ها				
O ₁ وجود سطوح وسیعی از کاربری‌های صنعتی، کارگاهی و انبار برای تأمین سایر خدمات	۵	۰/۰۶	۳	۰/۱۸
O ₂ وجود زمین‌های بایر در منطقه و ایجاد فضای سبز در آن‌ها	۵	۰/۰۶	۴	۰/۲۴
O ₃ امکان جذب جمعیت مهاجرت کرده به سایر مناطق در صورت نوسازی و بهبود وضعیت	۳	۰/۰۳	۳	۰/۰۹
O ₄ استفاده از مشارکت اجتماعی در بهبود وضعیت	۴	۰/۰۵	۳	۰/۱۵
O ₅ وجود فضاهایی در محدوده بازار جهت ایجاد پارکینگ برای وسایل نقلیه موتوری (موتورسیکلت)	۴	۰/۰۵	۳	۰/۱۵
O ₆ انتقال پارکینگ‌ها و پایانه‌ها به مرزهای محدوده طرح ترافیک	۴	۰/۰۵	۴	۰/۲۰
O ₇ ایجاد طرح‌هایی جهت کاهش مصرف انرژی (برق و گاز)	۵	۰/۰۶	۴	۰/۲۴
تهدیدها				
T ₁ بی‌توجهی مدیریت شهری به تجدید حیات در مرکز شهر و توجه بیشتر به مناطق شمالی	۴	۰/۰۵	۲	۰/۱۰
T ₂ در اولویت نبودن منطقه در برنامه‌های توسعه شبکه‌های زیرساختی به دلیل قدیمی بودن بافت منطقه	۵	۰/۰۶	۱	۰/۰۶
T ₃ ممانعت نکردن از استقرار فعالیت‌های کارگاهی و انبار در بافت مسکونی	۴	۰/۰۵	۱	۰/۰۵
T ₄ آلودگی هوا و آلودگی صوتی شدید در منطقه به علت عبور وسایل نقلیه موتوری متعدد	۵	۰/۰۶	۱	۰/۰۶
T ₅ افزایش میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای	۵	۰/۰۶	۱	۰/۰۶
T ₆ افزایش دما به علت انتشار کربن بالا	۵	۰/۰۶	۱	۰/۰۶
T ₇ قدیمی بودن قوانین زیست‌محیطی	۳	۰/۰۳	۲	۰/۰۶
T ₈ گرایش مردم به سکونت در سایر مناطق جدید	۴	۰/۰۵	۲	۰/۱۰
T ₉ قطع ارتباط محورهای بزرگراهی در پیرامون مرکز شهر (نایبوستگی شبکه)	۴	۰/۰۵	۲	۰/۱۰
T ₁₀ آلودگی شدید هوا در جهت سوختن سوخت‌های فسیلی موجود در وسایل نقلیه	۵	۰/۰۶	۱	۰/۰۶
T ₁₁ میزان بالای جذب سفر به منطقه به علت وجود بازار و بروز مشکلات حمل‌ونقلی و محیط‌زیستی	۵	۰/۰۶	۱	۰/۰۶
T ₁₂ ضعف تحقق پیدا کردن طرح‌های فرادست در کاهش بار فعالیتی مرکز شهر	۳	۰/۰۳	۲	۰/۰۶
جمع کل				
	۸۲	۱		۲/۰۸

جدول ۷. جمع‌بندی ماتریس ارزیابی عوامل داخلی و خارجی

عوامل داخلی		عوامل خارجی	
قوت‌ها (S)	ضعف‌ها (W)	فرصت‌ها (O)	تهدیدها (T)
۱/۲	۰/۸۲	۱/۲۵	۰/۸۳
مجموع: ۲/۰۲		مجموع: ۲/۰۸	

استراتژی برتر

در این بخش بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از ماتریس ارزیابی محیط داخلی و خارجی، نموداری برای یافتن استراتژی برتر رسم شده است (شکل ۶). در این پژوهش،



شکل ۶. نمودار استراتژی برتر

تلاقی اعداد به دست آمده در قسمت WT قرار گرفته است که به این معناست که استراتژی تدافعی به عنوان استراتژی برتر انتخاب شده است.

استراتژی تدافعی: این استراتژی پیچیده ترین حالت در تحلیل SWOT است زیرا باید همزمان ضعفها کاهش پیدا کند و راهکارهایی برای مقابله با تهدیدها ارائه شود. در این رویکرد، تمرکز اصلی بر مدیریت ریسک و ایجاد تغییرات بنیادی است.

جدول ۸. راهبردهای نهایی پژوهش

ضعف	قوت	
استراتژی های WO	استراتژی های SO	نوع
WO₁. بازسازی و بهسازی بافت فرسوده با مشارکت اجتماعی و تسهیل بازگشت ساکنان اصیل به منظور تقویت پایداری اجتماعی و کاهش مهاجرت WO₂. ایجاد شبکه ای از فضاهای سبز جدید در زمین های بایر برای بهبود منظر شهری و تعدیل دمای منطقه WO₃. اصلاح و طراحی مسیرهای پیاده و دوچرخه سواری در محدوده بازار و طرح ترافیک با رویکرد حمل و نقل پاک WO₄. ارتقای فرهنگ مصرف بهینه انرژی و تقویت مشارکت اجتماعی در بهسازی و نوسازی محلات	SO₁. توسعه گردشگری فرهنگی و تاریخی با محوریت بناهای ارزشمند برای باززنده سازی بافت مرکزی SO₂. تبدیل زمین های بایر و کاربری های غیرضروری به فضاهای سبز شهری با تأکید بر کاهش آلودگی هوا SO₃. گسترش سامانه های حمل و نقل عمومی برقی (ون های الکتریکی، ایستگاه های دوچرخه، توسعه مترو) برای کاهش وابستگی به خودروی شخصی SO₄. ایجاد پروژه های مشارکتی با بخش خصوصی و جامعه محلی جهت نوسازی بافت و ارتقای بهره وری انرژی در ساختمان ها و فعالیت ها	
استراتژی های WT	استراتژی های ST	نوع
WT₁. نوسازی و بهسازی بافت فرسوده با استفاده از طرح های تجمیعی در بخش های مسئله دار WT₂. بهبود وضعیت استقرار و توزیع متعادل کاربری های شهری در سطح منطقه WT₃. ارتقای سیستم جمع آوری و تفکیک پسماند به منظور کاهش آلودگی و بازیافت بیشتر WT₄. توسعه استفاده از انرژی های تجدیدپذیر و پاک در ساختمان ها و وسایل نقلیه و ارتقای فرهنگ مصرف انرژی میان ساکنان WT₅. کاهش آلودگی ناشی از حمل و نقل از طریق بهبود شبکه حمل و نقل پاک (پیاده، دوچرخه و وسایل برقی) WT₆. بهبود وضعیت اجتماعی با تقویت مشارکت شهروندان، افزایش حس تعلق به محله و ساماندهی مشاغل غیررسمی	ST₁. بهره گیری از موقعیت مرکزی و شبکه خطوط مترو برای کاهش تردد خودروهای شخصی و کنترل آلودگی هوا ST₂. احیای محدوده بازار با تبدیل بخشی از فعالیت ها به خدمات کم کربن و سازگار با محیط زیست ST₃. تقویت زیرساخت های انرژی پاک در بافت های قدیمی و بناهای تاریخی ST₄. ایجاد نظام مدیریت هوشمند ترافیک در محدوده طرح ترافیک به منظور کنترل میزان سفر و کاهش مصرف سوخت فسیلی	

داخلی و خارجی، به منظور ورود به مدل ANP تنها عوامل کلیدی انتخاب شدند. برای این کار، عواملی که امتیاز وزن دار بالاتر از میانگین داشتند و از نظر خبرگان نقش راهبردی پررنگ تری در تحقق رویکرد شهر کم کربن در منطقه ۱۲ ایفا می کردند، برگزیده شدند. در نهایت، ۱۰ عامل داخلی و ۱۰ عامل خارجی به عنوان عوامل کلیدی انتخاب و وارد فرایند تحلیل شبکه ای شدند تا وزن نهایی آن ها محاسبه و در مرحله بعد در ماتریس QSPM برای اولویت بندی راهبردها به کار گرفته شود.

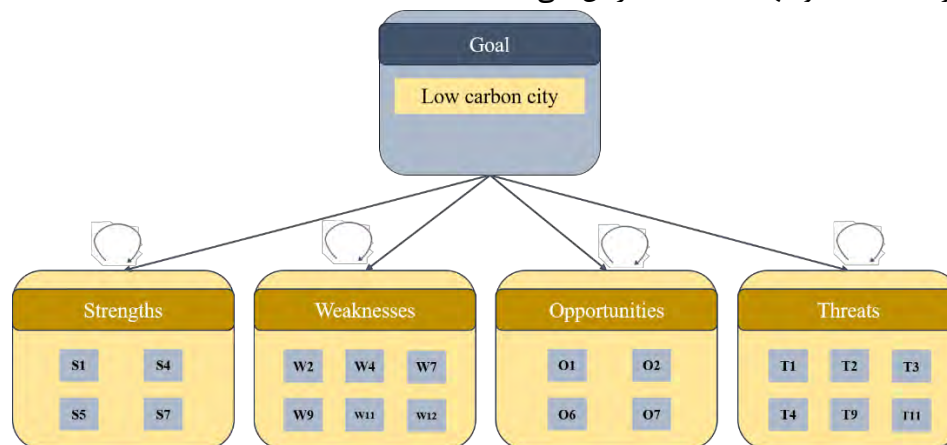
بر اساس نتایج ماتریس های ارزیابی عوامل داخلی و خارجی و تحلیل SWOT، مجموعه ای از راهبردهای چهارتایی برای منطقه ۱۲ استخراج شد. در جدول ۸، این راهبردها در قالب چهار گروه استراتژی های SO، WO، ST و WT متناسب با وضعیت شهر کم کربن در منطقه، سازمان دهی و ارائه شده است.

۳-۶- فرایند تحلیل شبکه ای ANP

پس از استخراج ۲۰ عامل داخلی و ۱۹ عامل خارجی و محاسبه امتیاز وزن دار آن ها در ماتریس های ارزیابی محیط

شدند. سپس با توجه به ماهیت مسئله و امکان وجود وابستگی و بازخورد میان عوامل، ساختار شبکه‌ای مدل در نرم‌افزار Super Decisions ترسیم گردید (شکل ۷).

در این مرحله، هدف نهایی پژوهش «تحقق رویکرد شهر کم‌کربن در منطقه ۱۲ تهران» در رأس مدل قرار گرفت و عوامل منتخب در قالب چهار خوشه^۹ نقاط قوت (S)، نقاط ضعف (W)، فرصت‌ها (O) و تهدیدها (T) سازمان‌دهی



شکل ۷. ساختار شبکه ANP در نرم‌افزار Super Decisions برای عوامل کلیدی SWOT

در گام محاسباتی، ابتدا سوپرماتریس اولیه^{۱۰} تشکیل شد. سپس با اعمال وزن خوشه‌ها، سوپرماتریس وزن‌دار^{۱۱} محاسبه و در نهایت با تکرار توان‌رسانی سوپرماتریس موزون، سوپرماتریس حد^{۱۲} به دست آمد. خروجی سوپرماتریس حد، وزن نهایی هر عامل کلیدی نسبت به هدف پژوهش را ارائه می‌کند. بنابراین، وزن‌های استخراج‌شده از سوپرماتریس حد به‌عنوان وزن نهایی عوامل کلیدی، مبنای ورود به ماتریس QSPM قرار گرفت تا بر اساس آن، راهبردهای استخراج‌شده رتبه‌بندی و راهبرد برتر تعیین شود.

پس از طراحی شبکه، قضاوت‌های خبرگان از طریق مقایسات زوجی انجام شد. ابتدا چهار خوشه SWOT نسبت به هدف پژوهش با یکدیگر مقایسه گردید تا وزن نسبی هر خوشه در دستیابی به هدف تعیین شود. سپس مقایسات زوجی بین عوامل هر خوشه و نیز مقایسات وابستگی بر اساس نسبت ۱ تا ۹ صورت گرفت. در این پژوهش، برای اطمینان از اعتبار قضاوت‌ها، شاخص ناسازگاری در نرم‌افزار کنترل شد و مقایساتی که دارای ناسازگاری بیش از حد قابل قبول بودند، با بازنگری قضاوت‌ها اصلاح گردیدند.

جدول ۹. وزن نهایی عوامل کلیدی SWOT بر اساس خروجی سوپرماتریس حد در مدل ANP

خوشه	عوامل Swot	وزن نهایی عوامل	وزن نهایی خوشه‌ها
Strengths	S1	۰/۰۲۱	۰/۱۶۸
	S4	۰/۰۶۰	
	S5	۰/۰۳۶	
	S7	۰/۰۴۹	
Weaknesses	W2	۰/۰۶۴	۰/۴۰۲
	W4	۰/۰۵۱	
	W7	۰/۰۳۰	
	W9	۰/۱۰۵	
	W11	۰/۰۸۲	
	W12	۰/۰۶۸	
Opportunities	O1	۰/۰۱۶	۰/۰۸۶

خوشه	عوامل Swot	وزن نهایی عوامل	وزن نهایی خوشه‌ها
	O2	۰/۰۲۹	
	O6	۰/۰۲۲	
	O7	۰/۰۱۹	
Threats	T1	۰/۰۲۰	۰/۳۴۲
	T2	۰/۰۴۴	
	T3	۰/۰۳۳	
	T4	۰/۰۸۹	
	T9	۰/۰۴۵	
	T11	۰/۱۰۸	
جمع کل		۱	۱

بر اساس نتایج جدول ۹، نقاط ضعف (۰/۴۰۲) و تهدیدها (۰/۳۴۲) بیشترین وزن را نسبت به هدف شهر کم‌کربن به خود اختصاص داده‌اند؛ درحالی‌که وزن نقاط قوت (۰/۱۶۸) و فرصت‌ها (۰/۰۸۶) کمتر برآورد شده است. این موضوع نشان می‌دهد از نگاه خبرگان، وضعیت منطقه بیشتر تحت تأثیر محدودیت‌های داخلی و فشارهای بیرونی قرار دارد. بنابراین، تأکید راهبردی پژوهش بر کاهش ضعف‌ها و کنترل تهدیدها بوده و این نتیجه با قرارگیری منطقه در ناحیه WT نیز همخوانی دارد.

۳-۶- ماتریس QSPM

در مرحله بعد، به منظور اولویت‌بندی راهبردهای استخراج‌شده از ماتریس SWOT، از ماتریس QSPM استفاده شد. بدین منظور، وزن عوامل کلیدی به‌دست‌آمده از مدل ANP (جدول ۸) به‌عنوان ضریب اهمیت عوامل وارد QSPM شد و سپس برای هر راهبرد، امتیاز جذابیت ۱۳ توسط خبرگان تعیین و امتیاز جذابیت کل ۱۴ محاسبه گردید. در نهایت، راهبردها بر اساس مجموع امتیاز جذابیت کل رتبه‌بندی شدند. با توجه به نتایج ANP و غالب بودن خوشه‌های ضعف‌ها و تهدیدها، در این پژوهش راهبردهای ناحیه WT به‌عنوان گزینه‌های اصلی بررسی انتخاب شدند.

امتیازهای حاصل شده از ماتریس QSPM (جدول ۱۰) به شرح زیر است:

جدول ۱۰. ماتریس QSPM

راهبردها												ضریب اهمیت نسبی	عوامل استراتژیک داخلی/خارجی
WT ₆		WT ₅		WT ₄		WT ₃		WT ₂		WT ₁			
TAS	AS	TAS	AS	TAS	AS	TAS	AS	TAS	AS	TAS	AS		
۰/۰۲۱	۱	۰/۰۲۱	۱	۰/۰۲۱	۱	۰/۰۲۱	۱	۰/۰۲۱	۱	۰/۰۸۴	۴	۰/۰۲۱	S ₁
۰/۰۰۶	۱	۰/۰۲۴	۴	۰/۰۱۲	۲	۰/۰۰۶	۱	۰/۰۰۶	۱	۰/۰۰۶	۱	۰/۰۰۶	S ₄
۰/۰۳۶	۱	۰/۰۱۰۸	۳	۰/۰۳۶	۱	۰/۰۳۶	۱	۰/۰۳۶	۱	۰/۰۳۶	۱	۰/۰۳۶	S ₅
۰/۰۹۸	۲	۰/۰۴۹	۱	۰/۰۴۹	۱	۰/۰۴۹	۱	۰/۰۴۹	۱	۰/۰۴۹	۱	۰/۰۴۹	S ₇
۰/۱۹۲	۳	۰/۰۶۴	۱	۰/۰۶۴	۱	۰/۱۹۲	۳	۰/۰۲۵۶	۴	۰/۱۲۸	۲	۰/۰۶۴	W ₂
۰/۰۵۱	۱	۰/۰۵۱	۱	۰/۰۵۱	۱	۰/۰۵۱	۱	۰/۰۲۰۴	۴	۰/۱۰۲	۲	۰/۰۵۱	W ₄
۰/۰۰۳	۱	۰/۰۰۳	۱	۰/۰۰۳	۱	۰/۰۰۳	۱	۰/۰۰۳	۱	۰/۰۰۳	۱	۰/۰۰۳	W ₇
۰/۱۰۵	۱	۰/۰۴۲	۴	۰/۱۰۵	۱	۰/۱۰۵	۱	۰/۱۰۵	۱	۰/۱۰۵	۱	۰/۱۰۵	W ₉
۰/۰۸۲	۱	۰/۰۳۲۸	۴	۰/۰۸۲	۱	۰/۰۸۲	۱	۰/۰۸۲	۱	۰/۰۸۲	۱	۰/۰۸۲	W ₁₁
۰/۰۶۸	۱	۰/۰۲۷۲	۴	۰/۰۲۷۲	۴	۰/۰۶۸	۱	۰/۰۶۸	۱	۰/۰۶۸	۱	۰/۰۶۸	W ₁₂
۰/۰۳۲	۲	۰/۰۱۶	۱	۰/۰۱۶	۱	۰/۰۱۶	۱	۰/۰۶۴	۴	۰/۰۳۲	۲	۰/۰۱۶	O ₁
۰/۰۲۹	۱	۰/۰۲۹	۱	۰/۰۲۹	۱	۰/۰۲۹	۱	۰/۰۸۷	۳	۰/۰۵۸	۲	۰/۰۲۹	O ₂
۰/۰۲۲	۱	۰/۰۶۶	۳	۰/۰۲۲	۱	۰/۰۲۲	۱	۰/۰۲۲	۱	۰/۰۲۲	۱	۰/۰۲۲	O ₆
۰/۰۱۹	۱	۰/۰۷۶	۴	۰/۰۷۶	۴	۰/۰۳۸	۲	۰/۰۱۹	۱	۰/۰۱۹	۱	۰/۰۱۹	O ₇
۰/۰۰۴	۲	۰/۰۰۲	۱	۰/۰۰۲	۱	۰/۰۰۴	۲	۰/۰۰۶	۳	۰/۰۰۶	۳	۰/۰۰۲	T ₁
۰/۰۸۸	۲	۰/۰۴۴	۱	۰/۰۴۴	۱	۰/۰۸۸	۲	۰/۰۸۸	۲	۰/۰۸۸	۲	۰/۰۴۴	T ₂
۰/۰۳۳	۱	۰/۰۳۳	۱	۰/۰۳۳	۱	۰/۰۳۳	۱	۰/۰۶۶	۲	۰/۰۳۳	۱	۰/۰۳۳	T ₃
۰/۰۸۹	۱	۰/۰۳۵۶	۴	۰/۰۳۵۶	۴	۰/۰۲۶۷	۳	۰/۰۸۹	۱	۰/۰۸۹	۱	۰/۰۸۹	T ₄
۰/۰۴۵	۱	۰/۰۱۳۵	۳	۰/۰۴۵	۱	۰/۰۴۵	۱	۰/۰۴۵	۱	۰/۰۴۵	۱	۰/۰۴۵	T ₉
۰/۱۰۸	۱	۰/۰۳۲۴	۳	۰/۱۰۸	۱	۰/۱۰۸	۱	۰/۱۰۸	۱	۰/۱۰۸	۱	۰/۱۰۸	T ₁₁
۱/۰۲۴۸	–	۲/۰۶۸۲	–	۱/۰۵۷۹	–	۱/۰۳۸	–	۱/۰۵۵۹	–	۱/۰۲۹۸	–	مجموع	

جدول ۱۱. اولویت‌بندی راهبردهای پژوهش

اولویت	راهبردها	امتیاز نهایی
۱	WT ₅ . کاهش آلودگی ناشی از حمل‌ونقل از طریق بهبود شبکه حمل‌ونقل پاک (پیاده، دوچرخه و وسایل برقی)	۲/۶۸
۲	WT ₄ . توسعه استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و پاک در ساختمان‌ها و وسایل نقلیه و ارتقای فرهنگ مصرف انرژی میان ساکنان	۱/۵۷
۳	WT ₂ . بهبود وضعیت استقرار و توزیع متعادل کاربری‌های شهری در سطح منطقه	۱/۵۵
۴	WT ₃ . ارتقای سیستم جمع‌آوری و تفکیک پسماند به‌منظور کاهش آلودگی و بازیافت بیشتر	۱/۳۸
۵	WT ₁ . نوسازی و بهسازی بافت فرسوده با استفاده از طرح‌های تجمیعی در بخش‌های مسئله‌دار	۱/۲۹
۶	WT ₆ . بهبود وضعیت اجتماعی با تقویت مشارکت شهروندان، افزایش حس تعلق به محله و ساماندهی مشاغل غیررسمی	۱/۲۴

نتایج جدول ۱۱ نشان می‌دهد راهبرد WT₅ با بیشترین امتیاز نهایی (۲/۶۸) به‌عنوان راهبرد برتر انتخاب شده است. این یافته بیانگر آن است که کاهش آلودگی ناشی از حمل‌ونقل از طریق توسعه حمل‌ونقل پاک (پیاده‌روی، دوچرخه و وسایل نقلیه برقی) بیشترین نقش را در تحقق رویکرد شهر کم‌کربن در منطقه ۱۲ دارد. پس از آن، راهبردهای WT₄ (توسعه انرژی‌های پاک و ارتقای فرهنگ مصرف انرژی) و WT₂ (توزیع متعادل کاربری‌های شهری)

نتایج جدول ۱۱ نشان می‌دهد راهبرد WT₅ با بیشترین امتیاز نهایی (۲/۶۸) به‌عنوان راهبرد برتر انتخاب شده است. این یافته بیانگر آن است که کاهش آلودگی ناشی از حمل‌ونقل از طریق توسعه حمل‌ونقل پاک (پیاده‌روی، دوچرخه و وسایل نقلیه برقی) بیشترین نقش را در تحقق رویکرد شهر کم‌کربن در منطقه ۱۲ دارد. پس از آن، راهبردهای WT₄ (توسعه انرژی‌های پاک و ارتقای فرهنگ مصرف انرژی) و WT₂ (توزیع متعادل کاربری‌های شهری)

از شناسایی و ارزیابی عوامل داخلی و خارجی، عوامل کلیدی انتخاب و وزن نهایی آن‌ها با بهره‌گیری از ANP محاسبه گردید. نتایج حاصل از وزن‌دهی نشان داد مجموع وزن ضعف‌ها و تهدیدها نسبت به قوت‌ها و فرصت‌ها بیشتر است؛ بنابراین وضعیت کلی محدوده از منظر تحقق رویکرد کم‌کربن، راهبردهای ناحیه WT را به‌عنوان جهت‌گیری غالب نشان می‌دهد. در ادامه، راهبردهای منتخب ناحیه WT با استفاده از QSPM رتبه‌بندی شدند و بر اساس مجموع امتیاز جذابیت کل، راهبردهای مرتبط با کاهش آلودگی ناشی از حمل‌ونقل و توسعه حمل‌ونقل پاک و نیز توسعه انرژی‌های پاک و مدیریت مصرف انرژی، بیشترین اولویت را برای اجرا کسب کردند. در بخش تحلیل کیفی نیز سه مقوله انتخابی:

- ۱- ضعف مشارکت اجتماعی و آگاهی زست محیطی؛
- ۲- چالش‌های امنیتی و رفاهی در بافت شهری منطقه ۱۲؛
- ۳- تضعیف تعلق اجتماعی و روابط هم‌محله‌ای، حاصل گردید.

به‌طور کلی، یافته‌های پژوهش بیانگر آن است که تحقق شهر کم‌کربن در منطقه ۱۲ مستلزم ترکیبی از مداخلات در حوزه‌های حمل‌ونقل پایدار، مدیریت انرژی و ساماندهی فضایی-عملکردی است و می‌تواند به‌عنوان مبنایی برای جهت‌دهی تصمیم‌گیری‌های مدیریتی و برنامه‌های اقدام در مقیاس منطقه‌ای مورد استفاده قرار گیرد. بر این اساس، از پیشنهادها اجرای در این خصوص می‌توان به جایگزینی سوخت‌های فسیلی با سوخت‌های پاک، استفاده از پنل‌های خورشیدی در کاربری‌های عمومی برای تولید انرژی، انتقال کاربری‌های انبار و کارگاهی در محدوده بازار به سایر نقاط منطقه و استفاده از مصالح ساختمانی با هدف کاهش مصرف انرژی و ... اشاره کرد که همچنین پیشنهادات متناظر با راهبردهای اولویت‌دار در جدول ۱۲ ارائه شده است.

در رتبه‌های دوم و سوم قرار گرفته‌اند. این اولویت‌بندی نشان می‌دهد تمرکز راهبردی پژوهش عمدتاً بر کاهش انتشار کربن از بخش حمل‌ونقل و انرژی و همچنین اصلاح الگوی فضایی کاربری‌ها است. راهبردهای WT_1 ، WT_3 و WT_6 نیز با وجود اهمیت، در مقایسه با سایر گزینه‌ها امتیاز پایین‌تری کسب کرده و در اولویت‌های بعدی اجرا قرار می‌گیرند.

۷- نتیجه‌گیری

افزایش روزافزون شهرنشینی و تمرکز فعالیت‌ها در کلان‌شهرها، همراه با رشد مصرف انرژی در بخش‌های ساختمان و حمل‌ونقل، موجب افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای و تشدید پیامدهایی نظیر آلودگی هوا، کاهش کیفیت محیط شهری و تهدید سلامت عمومی شده است. در این چارچوب، رویکرد شهر کم‌کربن به‌عنوان یکی از جهت‌گیری‌های اصلی برنامه‌ریزی شهری مطرح است که هدف آن کاهش انتشار کربن از طریق اصلاح الگوی جابه‌جایی، بهبود بهره‌وری انرژی، مدیریت مصرف و ارتقای کارایی ساختار فضایی شهر است. با توجه به ویژگی‌های مناطق مرکزی و تاریخی، از جمله تراکم بالای فعالیت، شدت جاذبه سفر، محدودیت ظرفیت شبکه معابر، فرسودگی کالبدی و فشارهای محیطی، اتخاذ راهبردهای کم‌کربن در این محدوده‌ها از اولویت بالاتری برخوردار می‌باشد. از این منظر، منطقه ۱۲ تهران به‌عنوان یکی از مهم‌ترین کانون‌های فعالیت و تردد، نمونه‌ای مناسب برای تحلیل راهبردی و ارائه مسیرهای اجرایی در راستای تحقق شهر کم‌کربن محسوب می‌شود.

در این پژوهش، به بررسی تحلیل کیفی مصاحبه‌ها و کدگذاری آن‌ها پرداخته شد و به‌منظور تدوین و اولویت‌بندی راهبردهای مناسب، از ترکیب SWOT، مدل تحلیل شبکه‌ای ANP و ماتریس QSPM استفاده شد. پس

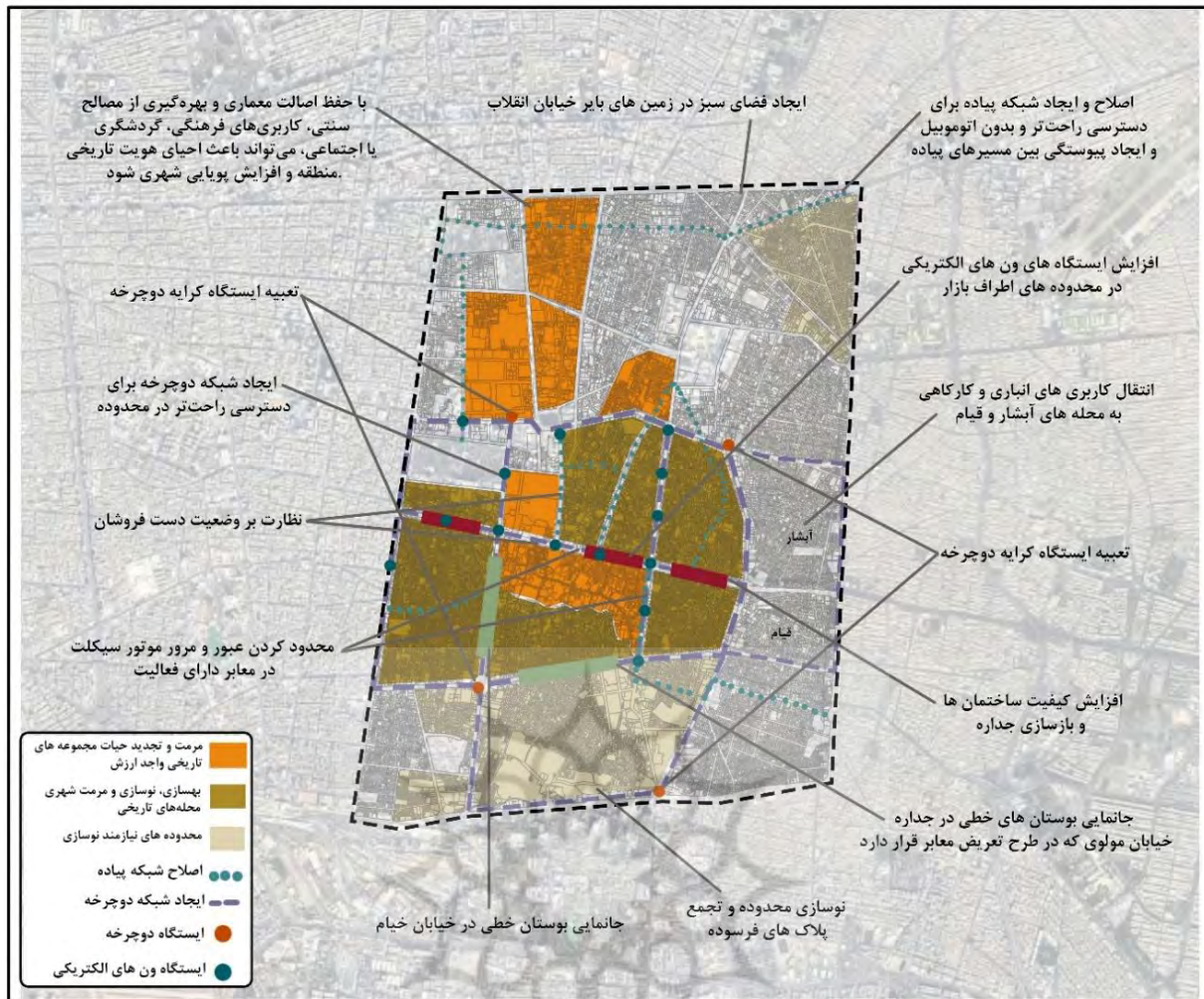
جدول ۱۲. ارائه پیشنهادات و سیاست‌های اجرایی

اولویت	راهبرد	سیاست‌های اجرایی
۱	کاهش WT ₅ . آلودگی ناشی از حمل‌ونقل از طریق بهبود شبکه حمل‌ونقل پاک (پیاده، دوچرخه و وسایل برقی)	- جایگزینی سوخت‌های فسیلی با سوخت‌های پاک - استفاده از بنزین یورو ۴ به جای بنزین معمولی - شناسایی خودروهای فرسوده و جایگزینی آن‌ها با خودروهای استاندارد/کم‌آلاینده - استفاده از سوخت‌های زیستی در حمل‌ونقل عمومی (بیودیزل، بیواتانول، بیوگاز) - جایگزینی اتوبوس‌های فرسوده با عمر بیش از ۱۰ سال - استفاده از اتوبوس‌های برقی و هیبریدی - استفاده از وسایل نقلیه برقی و ایجاد زیرساخت شارژ (خودروهای برقی/هیبریدی) - استفاده از اسکوتر برقی - افزایش تعداد ایستگاه‌های ون‌های الکتریکی در محدوده - محدود کردن عبور و مرور موتورسیکلت در معابر دارای فعالیت تجاری - انتقال پارکینگ‌های موجود به نزدیکی مرز محدوده طرح ترافیک (کاهش ورود خودرو به هسته) - ایجاد پیوستگی بین مسیرهای پیاده - ایجاد پیاده‌راه‌های جذاب در سطح منطقه - افزایش ایمنی عابران با جداسازی مناسب حرکت پیاده و سواره - تعبیه ایستگاه‌های مترو در بخش‌های مرکزی و جنوبی منطقه - توسعه و ارتقای سامانه حمل‌ونقل عمومی/شبکه نت در منطقه برای کاهش توقف و افزایش اطمینان به استفاده
۲	توسعه WT ₄ . استفاده انرژی‌های تجدیدپذیر و پاک در ساختمان‌ها و وسایل نقلیه و ارتقای فرهنگ مصرف انرژی میان ساکنان	- استفاده از پنل‌های خورشیدی در کاربری‌های عمومی برای تولید انرژی - استفاده از پنل‌های خورشیدی و توربین‌های بادی روی بام منازل مسکونی - برگزاری دوره‌های آموزشی در راستای کاهش مصرف انرژی - تبلیغات گسترده برای ترویج فرهنگ مصرف کمتر انرژی - برگزاری دوره‌هایی در مدارس برای آشنایی با مفهوم انرژی و کربن - برگزاری مسابقات ایده‌پردازی برای کاهش انتشار کربن و مصرف انرژی - استفاده از سیستم‌های کنترل اتوماتیک برای تنظیم گرمایش بر حسب دمای داخل و خارج ساختمان‌ها
۳	بهبود WT ₂ . وضعیت استقرار و توزیع متعادل کاربری‌های شهری در سطح منطقه	- انتقال کاربری‌های انبار و کارگاهی در محدوده بازار به سایر نقاط منطقه - کاهش بار فعالیتی در مرکز منطقه و انتقال برخی کاربری‌ها به سطح منطقه - توزیع متناسب کاربری‌های خدمات عمومی در منطقه - توزیع متناسب و متعادل تأسیسات و خدمات بر اساس نظام سلسله‌مراتبی - توزیع مناسب امکانات در همه نقاط محدوده بر اساس عدالت اجتماعی - برنامه‌ریزی فضایی مؤثر و کارآمد در محدوده (با توجه به ظرفیت تحمل محیط‌زیستی محلات و کاهش فشار/مهاجرت به محدوده) - انتقال کاربری‌های فرامنطقه‌ای به مناطق دیگر و ایجاد فضا برای تأمین سرانه‌های شهری - افزایش فضاهای ورزشی در منطقه - جانمایی بوستان‌های خطی در جداره خیابان‌های تعریض‌شده - ایجاد فضای سبز در زمین‌های بایر مناسب (محور خیابان انقلاب و محله عودلاجان) - ساخت پارک و بوستان در زمین‌های باقی‌مانده از تجمیع (در قالب بازآفرینی شهری)
۴	ارتقای WT ₃ . سیستم جمع‌آوری و تفکیک پسماند به‌منظور کاهش	- ملزم کردن ساختمان‌های بلندمرتبه در حال ساخت به تعبیه مخازن تفکیک زباله - موظف کردن بیمارستان‌ها و مراکز بزرگ درمانی به جمع‌آوری و دفع پسماند توسط خودشان (برای کاهش تولید و افزایش بازیافت) - اخذ عوارض پسماند متناسب با میزان تولید زباله (سیاست تشویق/تنبیه)

اولویت	راهبرد	سیاست‌های اجرایی
	آلودگی و بازیافت بیشتر	- ایجاد محل مشخص برای جمع‌آوری زباله با رعایت اصل تفکیک‌پذیری
۵	WT ₁ . نوسازی و بهسازی بهسازی فرسوده با استفاده از طرح‌های تجمیعی بخش‌های مسئله‌دار	- تجمیع پلاک‌های فرسوده موجود در محدوده نزدیک بازار با رویکرد کاهش کربن - ارائه تسهیلات جهت بازسازی بافت‌های فرسوده - نوسازی، تجمیع و ساخت‌وساز در محدوده بازار با حفظ زمین باز (به‌منظور امکان تأمین فضای باز/سبز و بهبود آسایش حرارتی) - استفاده از مصالح ساختمانی با هدف کاهش مصرف انرژی - اقدامات بهبود عملکرد انرژی ساختمان (عایق‌بندی مناسب، بهبود عایق قاب درب و پنجره‌ها) - راهکارهای افزایش آسایش محیط داخلی ساختمان (بهبود یا جایگزینی بویلرهای قدیمی و هواسازها) - نظارت جدی بر ساخت‌وسازهای اصولی و محکم - افزایش کیفیت ساختمان‌ها به‌خصوص ساختمان‌های مجاور شبکه معابر - ارائه طرح‌هایی برای مرتب‌سازی جداره‌های ساختمانی در محدوده پامنار و خیابان صور اسرافیل - بهسازی و مقاوم‌سازی بدنه خیابان‌های اصلی محدوده (به‌ویژه وحدت اسلامی، سیروس و پامنار) - مسیرگشایی و رعایت سلسله‌مراتب شبکه معابر در محدوده - تعریض معابر در خیابان‌های مولوی و ری برای افزایش نفوذپذیری - تأیید کیفیت مصالح قبل از استفاده توسط کارشناسان مربوطه
۶	WT ₆ . بهبود وضعیت اجتماعی با تقویت مشارکت شهروندان، افزایش حس تعلق به محله و ساماندهی مشاغل غیررسمی	- ایجاد و گزینش مکان‌ها و پهنه‌های ویژه برای فعالیت دستفروشان (به‌ویژه در مناطق کم‌درآمد) - ساماندهی و صدور مجوز فعالیت برای دستفروشان و پایش مستمر فعالیت‌ها - ایجاد سازمان/نهاد متعدد با قدرت اجرایی برای نظارت و کنترل کیفیت کالاهای دستفروشان - توانمندسازی، ظرفیت‌سازی، آموزش و حمایت از زنان دستفروش سرپرست خانوار برای ورود به بخش رسمی اقتصاد - ایجاد نهادها و تشکلهای اجتماعی برای همکاری در حوزه‌های مختلف شهری در سطح محلات منطقه ۱۲ با نظارت مدیر محله - واگذاری امور مدیریت محله به گروه‌ها و نهادهای محلی برای افزایش مشارکت فعال شهروندان - مشارکت در برنامه‌های آموزشی شهرداری

رتبه‌بندی راهبردها در ماتریس QSPM نیز بیانگر آن است که اقداماتی با محوریت حمل‌ونقل پاک و کاهش آلودگی ناشی از تردد، بالاترین امتیاز اولویت را کسب کرده‌اند و این نتیجه با پژوهش‌های جمعه‌پور و معتدل (Jomehpour & Motadel, 2023)، میرسعیدی و همکاران (Mirsaeedi et al., 2024) و مهدی‌زاده و همکاران (Mehdizadeh et al., 2025) هم‌راستا بوده است و پس از آن، راهبردهای مرتبط با انرژی‌های تجدیدپذیر و مدیریت مصرف انرژی و نیز ساماندهی فضایی-عملکردی کاربری‌ها قرار می‌گیرند که این نتیجه نیز با پژوهش‌های جمعه‌پور و معتدل (Jomehpour & Motadel, 2023) و نوریان و همکاران (Noorian et al., 2021) هم‌جهت بوده و توسعه منابع تجدیدپذیر برای تأمین انرژی و تغییر در پراکنش کاربری‌ها را به‌عنوان راهکاری برای توسعه کم‌کربن مطرح می‌کنند. همچنین برخلاف پژوهش حاضر که راهبرد مشارکت اجتماعی کمترین امتیاز را حاصل شده است، در پژوهش‌های ملک‌پور اصل و بوستانی (Malekpourasl & Boostani, 2022) و همکاران (Roosta et al., 2024) مشارکت شهروندی از ارکان اصلی حرکت به سمت رویکرد کم‌کربن است. در نتیجه، کانون اصلی اثرگذاری راهبردها در محدوده مورد مطالعه، در سه محور حمل‌ونقل، انرژی و ساختار فضایی-خدماتی منطقه قابل تبیین است. در انتها نیز نقشه سیاست‌های اجرایی ارائه گردیده است (شکل ۸).

۱۳۱



شکل ۸. سیاست‌های اجرایی

۸- حامیان مالی

مقاله حامی مالی و معنوی نداشته است.

۱۰- بیانیه شفافیت کاربست هوش مصنوعی

در هیچ یک از مراحل نوشتن مقاله از ابزارهای هوش مصنوعی استفاده نشده است.

۹- مشارکت نویسندگان

نویسنده اول (حمزه‌ای‌ها، سیمین): مفهوم‌سازی، گردآوری داده‌ها، تجزیه و تحلیل قاعده‌مند، تحقیق و بررسی، روش‌شناسی، تهیه منابع، نرم‌افزار، مصورسازی، نگارش- بازنگری و ویرایش.

نویسنده دوم (باباخانی، ملیحه): مفهوم‌سازی، تجزیه و تحلیل قاعده‌مند، تحقیق و بررسی، روش‌شناسی، مدیریت پروژه، نظارت و سرپرستی، نگارش-بازنگری و ویرایش.

نویسنده سوم (میری، مرتضی): مفهوم‌سازی، روش‌شناسی، نظارت و سرپرستی.

۱۱- بیانیه دسترسی داده‌ها

نویسندگان اعلام می‌دارند که برای افزایش شفافیت، داده‌ها بنا به درخواست در دسترس قرار خواهند گرفت.

۱۲- اعلام عدم تعارض منافع

نویسندگان اعلام می‌دارند که در انجام این پژوهش هیچ‌گونه تعارض منافی برای ایشان وجود نداشته است.

۱۳- قدردانی

ما از همه افراد برای مشاوره علمی در این مقاله سپاس‌گزاریم.

۱۴- پی‌نوشت‌ها

- 1- Low-Carbon City
- 2- Difference-in-Differences
- 3- IFE (Internal Factor Evaluation)
- 4- EFE (External Factors Evaluation)
- 5- Snowball sampling
- 6- Open Coding
- 7- Axial Coding
- 8- Selective Coding
- 9- Cluster
- 10- Unweighted Supermatrix
- 11- Weighted Supermatrix
- 12- Limit Matrix
- 13- Attractiveness Score
- 14- Total Attractiveness Score

References

- 1) Abubakar, I. R., & Bununu, Y. A. (2019). Low Carbon City: Strategies and Case Studies. In *Sustainable Cities and Communities*. Cham: Springer International Publishing, 366–376. https://doi.org/10.1007/978-3-319-71061-7_24-2
- 2) Agha-Amoo, R. S. (2020). *Proposing Appropriate Strategies and Policies for Achieving A Low-carbon City: Case Study of Rey City, Tehran*. Master's thesis. Tehran: University of Art. [In Persian] <https://ganj.irandoc.ac.ir/#/articles/88c798427598a15f11fa2f5eb2172c26>
- 3) American Institute of Architects. (2011). *Low-Carbon Communities: An Analysis of the State of Low-Carbon Community Design*. Washington, DC: The American Institute of Architects. <https://www.brikbases.org/content/low-carbon-communities-analysis-state-low-carbon-community-design>
- 4) Asakereh, F., & Farajzadeh, Z. (2023). Measuring the Iranian Provinces' Vulnerability to Climate Change. *Agricultural Economics Research*, 15 (Special Issue), 89–106. [In Persian] https://jae.marvdasht.iau.ir/article_5904.html
- 5) Asia-Pacific Economic Cooperation. (2012). *Low Carbon Model Town (LCMT) Project: Concept of the Low-Carbon Town in the APEC Region (Phase 4)*. APEC Energy Working Group. https://aperc.or.jp/reports/lcmt/The_Concept_of_the_LCMT_in_APEC_Region_Second_Edition.pdf
- 6) Bavand Consulting Engineers. (2006). *Detailed Plan of Tehran District 12 (Restructuring of the Historic Centre)*. Tehran: Bavand Consulting Engineers. [In Persian]
- 7) Chen, F., & Zhu, D.J. (2013). Theoretical Research on Low-carbon City and Empirical Study of Shanghai. *Habitat International*. 37, 33–42. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0197397511001160>
- 8) Chen, S., & Shi, L. (2012). Choice of Approach to Low Carbon City in the Context of Climate Change. *Advanced Materials Research*. 524–527, 2411–2414. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.524-527.2411>
- 9) David, F. R., David, F. R. (2017). *Strategic Management: Concepts and Cases: A Competitive Advantage Approach*. New Jersey: Pearson. <https://B2n.ir/mk6417>
- 10) Du Plessis, A. (2018). Climate Change: Current Drivers, Observations and Impacts on the Globe's Natural and Human Systems. In *Water as an Inescapable Risk*, 27–53. https://doi.org/10.1007/978-3-030-03186-2_3
- 11) Falahatkar, S., & Rezaei, F. (2020). Towards Low Carbon Cities: Spatio-temporal Dynamics of Urban Form and Carbon Dioxide Emissions. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 18, 100317. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2020.100317>
- 12) Nashier, I., & Lakra, P. (2020). Global Climate Change and Its Effects. *Integrated Journal of Social Sciences*, 7(1), 14–23. https://www.academia.edu/71866015/Global_Climate_change_and_its_effects
- 13) Georgiadis, T. (2017). Urban Climate and Risk. In *Oxford Handbook Topics in Physical Sciences*. Oxford Academic. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780190699420.013.11>
- 14) Ghasemi, S., Hadyani, Z., & Hamidianpour, M. (2023). Measurement of the Isfahan Metropolitan Resilience against Climate Change with An Institutional Approach. *Geography and Environmental Sustainability*, 13(2), 75–93. [In Persian] https://ges.razi.ac.ir/article_2557.html
- 15) Ghorbani, R., Asghari Zamani, A., & Gholamhosseini, R. (2023). The Analysis of Urban Form Elements Effect on the Behaviour of Travel and to Develop Low-carbon City: Case study of Tabriz Metropolitan. *JGS*, 23(71), 123–136. [In Persian] https://jgs.khu.ac.ir/article_5931.html
- 16) Halkos, G., & Gkampoura, E. C. (2021). Where Do We Stand on the 17 Sustainable Development Goals? An overview on progress.

- Economic Analysis and Policy*, 70, 94–122. <https://doi.org/10.1016/j.eap.2021.02.001>
- 17) Hansmann, R., Mieg, H. A., & Frischknecht, P. (2012). Principal Sustainability Components: Empirical Analysis of Synergies between the Three Pillars of Sustainability. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, 19(5), 451–459. <https://doi.org/10.1080/13504509.2012.696220>
 - 18) Hunt, J. C., Timoshkina, Y. V., Bohnenstengel, S. I., & Belcher, S. (2013). Implications of Climate Change for Expanding Cities Worldwide. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers – Urban Design and Planning*. 166(4), 241–254.
 - 19) Hunt, J. C. R., Aktas, Y. D., Mahalov, A., Moustauoui, M., Salamanca, F., & Georgescu, M. (2018). Climate Change and Growing Megacities: Hazards and Vulnerability. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers – Engineering Sustainability*, 171(6), 314–326.
 - 20) Intergovernmental Panel on Climate Change. (2022). *Climate Change 2022: mitigation of climate change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (Chapter 8: Urban systems and other settlements). <https://digitallibrary.un.org/record/4019730?ln=en&v=pdf>
 - 21) Jiang, W., & Kang, W. (2019). A Review on the Low-carbon City Study: Development and Trends. *Chinese Journal of Urban and Environmental Studies*, 7(2), 1950006. <https://doi.org/10.1142/S2345748119500064>
 - 22) Jomehpour, M., & Motadel, M. (2023). Compilation of Effective Indigenous Indicators and Criteria in Zero-Carbon City Planning (Case study: Sari City). *Environmant of Human Made Studies*, 1(2), 222–243. [In Persian] https://hmes.samt.ac.ir/article_701963.html
 - 23) Khodadadi, E. (2020). *Strategies and Policies for Achieving A Low-carbon City: Case Study of Tabriz City*. Master's thesis. Tabriz: University of Tabriz. [In Persian] <https://ganj.irandoc.ac.ir/#/articles/9bc5d2be69c0a4398baf9e3a17eeb70f>
 - 24) Lv, Y., Bi, J., & Yan, J. (2018). State-of-the-art in Low Carbon Community. *International Journal of Energy for a Clean Environment*, 19(3–4), 175–200. <https://doi.org/10.1615/InterJEnerCleanEnv.2018025415>
 - 25) Maleki, M., Mohaghar, F., & Karimi Dastjerdi, D. (2010). Using the Analytic Network Process (ANP) in SWOT for Determining and Evaluating the Organizational Strategies. *Organizational Culture Management*, 8(21), 159–175. [In Persian] https://jomc.ut.ac.ir/article_24015.html
 - 26) Malekpourasl, B., & Boostani, P. (2022). Collaborative Planning to Achieve A Low Carbon City in Tehran Metropolis. *Journal of Geography and Planning*, 26(81), 209–226. [In Persian] https://geoplanning.tabrizu.ac.ir/article_13356.html
 - 27) Masson, V., Lemonsu, A., Hidalgo, J., & Voogt, J. (2020). Urban Climates and Climate Change. *Annual Review of Environment and Resources*, 45, 411–444. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-012320-083623>
 - 28) Mehdizadeh, N., Ghoribanan, G., Reza Borna, R., Morshedi, J. & Nilsaz, H. (2025). Developing A Model of Low- carbon Cities in order to Reduce Climate Change and Sustainable Development (Case Study of Ahvaz Metropolis). *Journal of Geography*, 22(83), 123–141. [In Persian] https://mag.iga.ir/article_719341.html
 - 29) Mirbagheri, S. M., & Raffi Atani, A. O. (2023). Strategic Analysis of the Participatory Budgeting Plan “I Am the Mayor” Using SWOT-QSPM Technique. *Urban Economics and Planning*, 4(2), 20–33. [In Persian] https://www.juep.net/article_172193.html
 - 30) Mirsaeei, M. R., Ahmadi, F., Seyed Alhossaini, M., & Shaban, A. H. (2024). The Analysis of the Metropolises Spatial Organization Role in the Low Carbon Transportation, Case Study: Mashhad City. *Urban Ecological Research*, 14(4), 1–14. [In Persian] <https://doi.org/10.30473/grup.2020.47173.2389>
 - 31) Moradi, A., & Charehjoo, F. (2021). Strategic Planning of Sustainable Urban Development with Special Approach to Low Carbon City (Case Study: Sanandaj City). *Research and Urban Planning*, 12(46), 111–129. [In Persian] https://jupm.marvdasht.iau.ir/article_4063.html
 - 32) Noorian, F., Fathejalali, A., & Savojbolaghi, T. (2021). Analyzing the Effects of Land Use and Transportation Network on Greenhouse Gas Emissions Based on Low-Carbon City Approach. *Armanshahr Architecture & Urban Development*, 14(35), 311–330. [In Persian] https://www.armanshahrjournal.com/article_135481.html
 - 33) Oloke, O. C., Fayomi, O. S. I., Oluwatayo, A., Adagunodo, T. A., Akinwumi, I. I., & Amusan, L. M. (2021). The Nexus of Climate Change, Urban Infrastructure and Sustainable

- Development in Developing Countries. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 665(1), 012051. <https://doi.org/10.1088/17551315/665/1/012051>
- 34) Pazouki, M., Jozi, S., & Ziari, Y. (2017). Strategic Management in Urban Environment Using SWOT and QSPM Model. *Global Journal of Environmental Science and Management*, 3(2), 207–216. https://www.gjesm.net/article_24203.html
 - 35) Razavi Alhashem, B., & Musai, M. (2010). Analysis (SWOT) of Civil Participation in the Designing of the Urban Management Planning Patterns (Case Study: Tehran Capital). *Social Sciences*, 16(47), 161–196. [In Persian] https://qjss.atu.ac.ir/article_5437.html
 - 36) Roosta, M., Javadpoor, M., & Ebadi, M. (2020). "Low Carbon Neighborhood Framework" in order to Practice in Urban Planning & Design. *Urban Planning Knowledge*, 4(1), 33–48. [In Persian] https://upk.guilan.ac.ir/article_3988.html
 - 37) Saeed, S., Makhdum, M. S. A., Anwar, S., & Yaseen, M. R. (2023). Climate Change Vulnerability, Adaptation, and Feedback Hypothesis: A Comparison of Lower-middle, Upper-middle, and High-income Countries. *Sustainability*, 15(5), 4145. <https://doi.org/10.3390/su15054145>
 - 38) Sheikhi, S., Habib, F., & Habib, F. (2022). Developing Conceptual and Evaluative Model of Low Carbon Cities. *Environmental Science and Technology*, 8(24), 61–75. [In Persian] <https://sanad.iau.ir/Journal/jest/Article/838650>
 - 39) Short, J. R., & Farmer, A. (2021). Cities and Climate Change. *Earth*, 2(4), 1038–1045. <https://doi.org/10.3390/earth2040061>
 - 40) Silvestre, B. S., & Tirca, D. M. (2019). Innovations for Sustainable Development: Moving toward A Sustainable Future. *Journal of Cleaner Production*, 208, 325–332. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.09.244>
 - 41) Su, M., Li, R., Lu, W., Chen, C., Chen, B., & Yang, Z. (2013). Evaluation of A Low-carbon City: Method and Application. *Entropy*, 15(4), 1171–1185. <https://doi.org/10.3390/e15041171>
 - 42) Sun, L., Liu, W., Li, Z., Cai, B., Fujii, M., Luo, X., & Le, Y. (2021). Spatial and Structural Characteristics of CO2 Emissions in East Asian Megacities and Its Indication for Low-carbon City Development. *Applied Energy*, 284, 116400. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.116400>
 - 43) Tahari, F., Nastaran, M., & Ejlali, p. (2021). Identifying the Effective Factors on the Realization of the Diversity-oriented Urban Planning Model in Rasht Using the Model of Systematic Grounded Theory. *Motaleate Shahri*, 10(40), 89–104. [In Persian] https://urbstudies.uok.ac.ir/article_61801.html
 - 44) Tan, S., Yang, J., Yan, J., Lee, C., Hashim, H., & Chen, B. (2016). A Holistic Low Carbon City Indicator Framework for Sustainable Development. *Applied Energy*, 185, 1919–1930. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.03.041>
 - 45) Walsh, R. P. D. (2018). Adapting to Climate Variability and Change. In *Companion Encyclopedia of Geography*. Routledge, 663–682. <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.4324/9780203694640-11/adapting-climate-variability-change-walsh>
 - 46) 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. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.076>
 - 47) Wang, Y., Song, Q., He, J., & Qi, Y. (2015). Developing Low-carbon Cities through Pilots. *Climate Policy*, 15(sup1), S81–S103. <https://doi.org/10.1080/14693062.2015.1050347>
 - 48) Wang, Z., & Zhu, C. (2024). Does Urban Sprawl Lead to Carbon Emission Growth? Empirical Evidence Based on the Perspective of Local Land Transfer in China. *Journal of Cleaner Production*, 455, 142319. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.142319>
 - 49) Wei, T. (2011). *Building Low-carbon Cities through Local Land Use Planning: Towards An Appropriate Urban Development Model for Sustainability*. Master's thesis. University of Nebraska. https://digitalcommons.unl.edu/arch_crp_theses/8/
 - 50) World Bank. (2012). *Sustainable Low-carbon City Development in China*. Washington, DC: World Bank. <https://hdl.handle.net/10986/12330>
 - 51) Yang, L., & Li, Y. (2013). Low-carbon City in China. *Sustainable Cities and Society*, 9, 62–68. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2013.03.001>
 - 52) Yontar, E., & Derse, O. (2023). Evaluation of Sustainable Energy Action Plan Strategies with A SWOT/TWOS-based AHP/ANP Approach: A Case Study. *Environment, Development and*

- Sustainability*, 25(6), 5691–5715.
<https://doi.org/10.1007/s10668-022-02804-7>
- 53) Yu, Y., & Zhang, N. (2021). Low-carbon City Pilot and Carbon Emission Efficiency: Quasi-Experimental Evidence from China. *Energy Economics*, 96, 105125.
<https://doi.org/10.1016/j.eneco.2021.105125>
- 54) Yung, E. H., & Chan, E. H. (2012). Implementation Challenges to the Adaptive Reuse of Heritage Buildings: Towards the Goals of Sustainable, Low Carbon Cities. *Habitat International*, 36(3), 352–361.
<https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2011.11.001>
- 55) Zebardast, E. (2010). The Application of Analytic Network Process (ANP) in Urban and Regional Planning. *Journal of Fine Arts: Architecture & Urban Planning*, 2(41), 79–90. [In Persian]
https://jfaup.ut.ac.ir/article_22270.html
- 56) Zeynali, B., Mollanouri, E., & Safary, S. (2023). Investigation of Land Use Changes and Climatic Components in Meshkinshahr City. *Journal of Water and Soil Resources Conservation*, 12(3), 15–31. [In Persian]
https://sanad.iau.ir/Journal/wsrcj/Article/82876_2
- 57) Ziari, K. (2001). The Stable Development and Responsibility of Urban Planning in the 21st Century. *Journal of the Faculty of Letters and Humanities (Tehran)*, 48(160), 371–386. [In Persian]
https://jflh.ut.ac.ir/article_13542_1353.html

