Journal of Geography and Planning
Online ISSN: 2717-3534 Print ISSN: 2008-8078
Homepage: https://geoplanning.tabrizu.ac.ir

Analysis of factors affecting urban decarbonization in Iran (case study: Urmia city)

Asghar Abedini[1]✉| **Amirhoseyn Shekaari** [2]

1. Corresponding author, Associate Professor in Department of Urban Planning, Faculty of Architecture, Urban Planning and Art, Urmia University, Urmia, Iran. E-mail: as.abedini@urmia.ac.ir
2. MA Student of Urban Planning, Faculty of Architecture, Urban Planning and Art, Urmia University, Urmia, Iran. E-mail: shekariamirhoseyn42@gmail.com

Article Info

Article type

Case article

Article history:

Received 19 October 2022

Received in revised form 29 October 2023

Accepted 5 December 2023

Published online 19 April 2024

Keywords:
low carbon, greenhouse effect, structural equations, confirmatory factor analysis, Fit Test, Urmia.

ABSTRACT

Widespread climate changes and their consequences on the economic, social, political, etc. fields have forced global societies to take serious decisions and change development strategies. Reducing greenhouse gas emissions, which is an important factor in global warming, is one of these strategies. Cities, as centers of population and a variety of polluting activities, are important centers of greenhouse gas production. This issue is more visible in developing countries including Iran. In this regard, this research tries to identify the components and indicators that affect urban carbon reduction with the aim of investigating the theoretical foundations and background, and to analyze and present them for future urban plans and strategies. For this reason, the current research was conducted using confirmatory factor analysis and structural equation model, and it was conducted in survey and Desk search. The methodological approach of the research is also quantitative in terms of the type of data. The main tool for data collection is a closed questionnaire with a Likert scale. SPSS21 and AMOS23 software were used for data analysis. Finally, various fitting tests were performed and their usefulness was evaluated. The obtained results show that different components and indicators are effective on urban decarbonization with different impact levels. Factor loadings indicate the extent of their influence on the subject. Among the components and indicators, the options related to the preservation of forests, clean and pedestrian-oriented transportation, use of clean energy, etc., have received the highest factor load and have a warning sign on the policies adopted by the responsible bodies in the field. Moving towards the mentioned components is a big step towards forming one of the three sides of sustainable development

Cite this article: Abedini, A., **Shekaari**, A. (2024). Analysis of factors affecting urban decarbonization in Iran (case study: Urmia city). *Journal of Geography and Planning*, 28 (87), 241-260. http//doi.org/10.22034/GP.2023.53531.3048

© The Author(s).
Publisher: University of Tabriz.
DOI: http//doi.org/10.22034/GP.2023.53531.3048

Extended Abstract

Introduction

Today, the spread of the effects of the climate change phenomenon has led the world community towards a single goal, because all these societies have felt the various negative social, economic and developmental consequences of this phenomenon and felt their defenselessness against the onslaught of its effects. have understood in this regard, important decisions were made between world communities. The most important of these agreements was the Kyoto Protocol in 1997, which required industrialized countries to reduce greenhouse gas emissions. From this point of view, providing strategies to transform or create low-carbon cities is considered necessary and inevitable for all international communities. The current research was also carried out with the aim of identifying factors affecting urban carbon reduction.

Data and Method

This research was conducted using confirmatory factor analysis and structural equation model, and it was also conducted in survey and library form. The methodological approach of the research is also quantitative in terms of the type of data. The main tool for data collection is a closed questionnaire with a Likert scale. SPSS21 and AMOS23 software were used for data analysis, and finally, various fit tests were performed and their desirability was measured.

Results and Discussion

The questionnaires were distributed based on the components and the five regions of Urmia and the general situation of the regions was measured based on the questions.

The conceptual model of the factors and indicators of each was drawn in the AMOS analytical software to confirm and determine the factor load of each of the factors' indicators. Based on the resulting loads, the significant relationship between low-carbon transportation and low-carbon urban development, as well as low-carbon urban development and low-carbon society, is in the first place and they receive the most influence from each other. All indicators of the low-carbon transportation factor with a factor load greater than 1 indicate their high suitability in total with the corresponding factor. This also applies to low-carbon environmental factors, low-carbon urban development and low-carbon society. But it should be mentioned that the average factor loading of the indicators of the low-carbon policy factor, despite their value being higher than 0.4, is lower than the average factor loadings of the remaining indicators of the factors, which indicates their weak relationship with the relevant factor. All the computational tests of the research with the standard of goodness-of-fit tests show the confirmatory structural equations, and this confirms the significance of the factors and the fit of the model. Also, the level of confidence and probable value that was presented in the research is very appropriate and shows the high level of confidence of the model. In summary, the suitability of all the indicators of the factors was confirmed and their significance was proved.

According to the defined thresholds, the obtained fit indices are proportional to the approved level. The best tests of modelling and suitability of structural equations have been performed, and finally, the calculation results of the conceptual model of AMOS software are evaluated with this test. The results show that all the computational tests of the research are similar to the standard structural equation fit tests, and this confirms the significance of the components and their good relationship, and in fact the fit of the model. Also, the level of confidence and probable value presented in the software estimation table, is very suitable and shows the high level of reliability of the model. In summary, the appropriateness of all the indicators of the obtained factors and their significance were proved.

Conclusion

The results showed that all the indicators have a factor load above 0.4 and have a good fit. In the sense that the extracted factors and their indicators can be considered as effective factors on the reduction of carbon in the city and according to the climatic, geographical, urban situation, etc., they can be used in future plans and macro decisions; At the end, the goal of the research was achieved. Due to the wide scope of this research, various aspects with different indicators and different contributions were effective on urban carbon reduction. The indicators that have the highest level of factor load are in the field of forest preservation, clean and pedestrian-oriented transportation, use of clean energy, etc., which is a warning about the policies adopted in urban development.

The city of Urmia, having diverse potentials as well as the superior characteristics of urban low-carbon development, can move in the direction of low-carbon development during a promised period by making the correct decisions and schedule; It should be noted that achieving this goal requires serious cooperation of responsible bodies in various fields.

References

Abdel-Aziz Mohamed, A.A. F (2013). **Alexandria Zero Carbon City Case Study: Mostafa Kamel Residential Shiakhaa**, East District, Thesis Submitted to the Graduate Studies, Architectural Engineering Department, Faculty of Engineering, Alexandria University.

Abedini, A., & Khalili, A. (2017). **Measuring urban sprawl using spatio-temporal data, case study: Urmia city**. Urban Studies Journal, Volume 7, Number 25, Winter 2017, 63-76. [In Persian].

Agha-Amo, R. and Haghighat Naini, Gh. (2013). **Identification of Low Carbon City Indicators**, National Conference on Architecture, Culture and Urban Management, Karaj. [In Persian].

Shahmohammadi, A., Bayat, A., & Mashhadizadeh Maleki, S. (2020). **"Investigation of air pollution in Tabriz city using nitrogen dioxide estimations from Ohmi sensor"**, Scientific Journal of Geography and Planning, year 24, number 71, spring 2020, pages 219-201. [In Persian].

Chen, F., Zhu, D. (2013). **Theoretical research on low-carbon city and empirical study of Shanghai**. Habitat International, 37, 33-42.

Cheshmehzangi, A., Xie, L., & Tan-Mullins, M. (2018). **The role of international actors in low-carbon transitions of Shenzhen's International Low Carbon City in China**. Cities, 74, 64-74.

Hannallah, G .M & Faragallah, R. N (2009). **Zero-Carbon Cities as a New Realization of Sustainable Cities in csfs**. bue.edu.eg/.../Sustainability %20and %20the %20 Future/124.pdf.

Liu, W., Wang, C., Xie, X., Mol, A. P., & Chen, J. (2012). **Transition to a low-carbon city: lessons learned from Suzhou in China**. Frontiers of Environmental Science & Engineering, 6(3), 373-386.

Lotfi, S. Shole, M. Farmand, M., & Fatahi, K. (2016). **"Development of urban design criteria for carbon-free neighborhoods"**. Naqshejahan. Volume 6, Number 1, 80-92. [In Persian].

Low Carbon Cities Framework and Assessment System, Developed by KETTHA, Malaysia, 2011.

Lv, Y., Bi, J., & Yan, J. (2018). **State-of-The-Art in Low Carbon Community**. Energy for a Clean Environment, 19 (3-4), 175-200.

Mohammad Bagheri, A. (2015). **The need to focus on the development of low-carbon cities in the structure of urban management**, the first annual conference on architecture, urban planning and urban management research. [In Persian].

Nejati, M. Jalai., Zaimi, S., & Baveghar, P. (2019), **"Investigation of the effect of production growth and energy consumption on carbon dioxide emissions with emphasis on different economic sectors of Iran"**, Scientific Journal of Geography and Planning, year 23, number 69, autumn 2019, pages 257-280. [In Persian].

Olivier, J. G. J & Janssens-Maenhout,G & Muntean,M & Peters, J. A.H. W (2015).**Trends In Global Co2emissions**, PBL Netherlands Environmental Assessment Agency Institute for Environment and Sustainability (IES) of the European Commission's Joint Research Centre (JRC).

Panahi, H. Mohammadzadeh, P. & Akbari, A. (2015), **"The relationship between energy demand and transportation of urban households and environmental pollution through the emission of greenhouse gases in the provinces of Iran"**, Scientific Journal of Geography and Planning, year 18, number 50, winter 2015, pages 29-53. [In Persian].

Agha-amou, R and Qazi Mirsaid, S., (2021), **review of global concepts and experiences regarding the low-carbon city**, the first national conference on green waste management, Ardabil. [In Persian].

Steffen, A (2012). **"Carbon zero: Imagining cities that can save the planet."** USA, November.

Sununta, N., Kongboon, R., & Sampattagul, S. (2019). **GHG evaluation and mitigation planning for low carbon city case study: Dan Sai Municipality**. Journal of Cleaner Production, 228, 1345-1353.

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,1-12.

Hagh-bayaan, R. (2019), **low carbon city; Determining the principles and providing executive policies for the city of Tehran**. The 4th International Congress on the Development of Agriculture, Natural Resources, Environment and Tourism of Iran. [In Persian].

Tyler, B. (2011). **Low -carbon communities: an analysis of the state of low -carbon community design**. United States: American Institute of Architects (AIA).

Roosta, M. Javadpour, M. & Ebadi, M, (2019), **"Development of the "low-carbon neighborhood"** model for use in urban planning and design". Danesh-e Shahrsazi Volume 4, Number 1, Pages 33-48. [In Persian].

Wang, C & Lin, J & Cai, W & Zhang, Z.X (2013). **Policies and Practices Of Low Carbon City Development in China**, Energy & Environment· Vol. 24, No. 7&8.

Wang, Y., Song, Q., He, J., & Qi, Y. (2015). **Developing low-carbon cities through pilots**. Climate Policy, 15, 81-103.

Wenyao, Yang, (2010), Practice and Innovation of Low-carbon Concept in the Planning of Hongqiao Business District, **the impact of spatial planning, urban design and built form on urban sustainability**, 46thISOCARP Congress.

Williams, J. (2016). **Can low carbon city experiments transform the development regime?** Futures, 77, 80-96.

Witting, R., Breuste, J., Finke, L., Kleyer, M., Rebele, F., Reidl, K., ... & Werner, P. (2008). What Should an Ideal City Look Like from an Ecological View? –**Ecological Demands on the Future City. In Urban Ecology** (pp. 691-698). Springer, Boston, MA.

Zhang, N., Yu, K., & Chen, Z. (2017). **How does urbanization affect carbon dioxide emissions? Across-country panel data analysis**. Energy Policy, 107, 678-687.

Zhou, G., Singh, J., Wu, J., Sinha, R., Laurenti, R., & Frostell, B. (2015). **Evaluating low-carbon city initiatives from the DPSIR framework perspective**. Habitat International, 50, 289-299.

جغرافیا و برنامه ریزی
شاپا چاپی: ۲۰۰۸-۸۰۷۸ شاپا الکترونیکی: ۲۷۱۷-۳۵۳۴
Homepage: https://geoplanning.tabrizu.ac.ir

تحلیل عوامل موثر بر کم‌کربن‌سازی شهری در ایران (مطالعه موردی: شهر ارومیه)

اصغر عابدینی[۱]✉ | امیرحسین شکاری[۲]

۱. نویسنده مسئول، دانشیار گروه شهرسازی، دانشکده معماری، شهرسازی و هنر، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران. رایانامه: as.abedini@urmia.ac.ir

۲. دانشجوی کارشناسی ارشد برنامه‌ریزی شهری، دانشکده معماری، شهرسازی و هنر، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.
رایانامه: shekariamirhoseyn42@gmail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله موردی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۶/۲۹
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۹/۲۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۰/۱۲
تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۰۱/۳۱

کلیدواژه‌ها:
کم‌کربن،
اثر گلخانه‌ای،
تغییرات اقلیمی،
معادلات ساختاری، ارومیه.

چکیده

تغییرات اقلیمی گسترده و عواقب ناشی از آن بر حوزه‌های اقتصادی، اجتماعی، سیاسی و ... جوامع جهانی را بر اتخاذ تصمیمات جدی و تغییر راهبردهای توسعه‌ای وادار کرده است. کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای که عاملی مهم بر گرمایش کره زمین بوده، یکی از این راهبردها است. شهر به عنوان کانون جمعیتی و تنوعی از فعالیت‌های آلوده‌کننده، مرکز مهم تولید گازهای گلخانه‌ای است. این مسئله در کشورهای در حال توسعه از جمله ایران بیشتر قابل مشاهده است. شهر ارومیه نیز با دارا بودن نقش تجاری–خدماتی و رشد روزافزون جمعیت آن، پیش‌بینی می‌گردد در آینده‌ای نزدیک با معضلات آلودگی هوایی شدیدی مواجه شود. این در حالی است که تاکنون در قلمرو مطالعاتی این تحقیق، پژوهشی با این مضمون صورت نگرفته است و نتایج مشابهی را نداشته است. در همین راستا این پژوهش می‌کوشد با بررسی مبانی نظری و پیشینه آن، مولفه‌ها و شاخصه‌های موثر بر کم‌کربن‌سازی شهری را تشخیص داده و به هدف پژوهش که تحلیل و ارائه آن‌ها برای طرح‌ها و راهبردهای شهری آتی است، دست پیدا کند. به همین جهت پژوهش حاضر با استفاده از روش تحقیق تحلیل عاملی تاییدی و مدل معادلات ساختاری انجام شده و به صورت پیمایشی و کتابخانه‌ای صورت گرفته است. رویکرد روش شناختی پژوهش نیز از نظر ماهیت داده‌ها، کمی است. ابزار اصلی برای گردآوری داده‌ها پرسشنامه بسته با طیف لیکرت است. برای تجزیه و تحلیل اطلاعات از نرم‌افزارهای SPSS21 و AMOS23 استفاده گردید. در نهایت آزمون‌های مختلف برازش انجام شده و مطلوبیت آن‌ها مورد سنجش قرار گرفت. نتایج حاصله نشان می‌دهد که مولفه‌ها و شاخصه‌های مختلف با میزان تاثیر متفاوت بر کم‌کربن‌سازی شهری موثر است. بارهای عاملی حاصله، بیانگر میزان تاثیر آن مولفه‌ها و شاخصه‌ها بر کم‌کربن‌سازی است. در میان این مولفه‌ها و شاخصه‌ها، گزینه‌های مرتبط با حفظ جنگل‌ها، حمل‌ونقل پاک و پیاده‌محوری، استفاده از انرژی‌های پاک و ... ، بیشترین بار عاملی را به‌ترتیب دریافت کرده و نشان هشداری را بر سیاست‌های اتخاذی ارگان‌های مسئول در حوزه را دارد. حرکت به سمت مولفه‌های بیان شده، گامی بزرگ جهت تشکیل یکی از سه ضلع توسعه پایدار است.

استناد: عابدینی، اصغر؛ شکاری، امیرحسین (۱۴۰۳). تحلیل عوامل موثر بر کم‌کربن‌سازی شهری در ایران (مطالعه موردی: شهر ارومیه). *جغرافیا و برنامه‌ریزی*، ۲۸ (۸۷)، ۲۶۰-۲۴۱. http//doi.org/10.22034/GP.2023.53531.3048

ناشر: دانشگاه تبریز.

© نویسندگان.

مقدمه

بقای انسان همیشه به عنوان مهم‌ترین مسئله در جوامع جهانی مورد توجه دولت‌های مختلف قرارگرفته است. انقلاب صنعتی، مکانیزه شدن و مهاجرت از روستا به شهر جوامع که به تبع آن میزان مصرف سوخت‌های فسیلی بیشتر شد، به عنوان یکی از اصلی‌ترین عوامل اثر گلخانه‌ای و آلودگی شهر محسوب می‌گردد و همچنین با رشد جمعیت شهری گسترش افقی شهرها و به نوعی شکل‌گیری پراکندگی خدمات باعث سفرهای بیشتر و طولانی‌تر و مصرف انرژی بیشتر که در نتیجه باعث کیفیت نامطلوب شهرها خواهد گشت.

امروزه گسترش اثرات پدیده تغییر اقلیم، جامعه جهانی را به سمت هدفی واحد سوق داده است، چرا که تمامی این جوامع پیامدهای منفی مختلف اجتماعی، اقتصادی و توسعه‌ای حاصل از این پدیده را به طور محسوس دریافت و بی‌دفاعی خود را در مقابل با هجوم اثرات آن درک کرده‌اند. در همین راستا تصمیمات مهمی بین جوامع جهانی اخذ شد. مهم‌ترین این پیمان‌نامه‌ها پروتکل کیوتو[1] در سال ۱۹۹۷ بود که کشورهای صنعتی را ملزم به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای نمود. از این رو باید گفت بطور کلی مصرف در شهرها به ویژه مصرف انرژی بالا است و لذا آسیب‌های جدی به محیط‌زیست در حد بالایی قرار دارد. به شکلی که آمارهای گوناگون نشان می‌دهد که توسعه شهری سبب بر ۵۰درصد از انتشار گازهای گلخانه‌ای بوده و به طور وسیعی بر گرمایش زمین موثر است (محمد باقری، ۱۳۹۴: ۲).

مقابله با تغییر اقلیم، تنها یک مسئله زیست‌محیطی نبوده بلکه یک مسئله توسعه‌ای نیز است. امروزه یکی از چالش‌های بزرگ برای اقتصاد جهانی، توسعه اقتصاد کم‌کربن در گستره رویارویی با تغییرات اقلیمی است (Liu & Others, 2012: 377). تقریبا نیمی از مردم جهان شهرنشین هستند و این حجم به سرعت در حال رشد و افزایش بوده و پیش‌بینی می‌شود تا ۶۰٪ از جمعیت جهان تا سال ۲۰۳۰ شهرنشین شوند. شهرها سهم زیادی (بین ۶۰٪ تا ۸۰٪) در تولید و مصرف انرژی را در جهان صاحب هستند و در انتشار دی‌اکسیدکربن هم به طور تقریبی همین مقدار سهم دارند (Kamal-Chaoui & Robert, 2009: 9). میزان انتشار گاز دی‌اکسیدکربن در کلیه بخش‌های مصرف‌کننده انرژی معادل ۵۳۹ میلیون تن بوده که اختلاف عمده‌ای با دیگر گازهای آلاینده منتشر شده در همان زمان دارد (پناهی و همکاران، ۱۳۹۳: ۵۰).

توسعه پایدار نیازمند راهبردهای شهرسازانه‌ای است که نیازهای نسل کنونی را با در نظر گرفتن نسل‌های آینده در چارچوب محیط‌زیست سالم تامین کند. شهرهای کم‌کربن نیز به عنوان شاخه‌ای از شهرهای پایدار با کمترین میزان تولید گازهای گلخانه‌ای و کمترین مصرف از عوامل تولیدکننده این گازها محسوب می‌شوند. انرژی‌های تجدیدپذیر، کارایی انرژی، حمل‌ونقل کم‌کربن، توسعه و ایجاد شهرهای کم‌کربن از جمله رویکردها، راهبردها و پروژه‌های کاهش دی‌اکسیدکربن در سطح بین‌المللی بوده و راهکارهایی در حوزه‌های مختلف اقتصادی، حمل‌ونقل، صنعتی و نیز مسکن و مدیریت، ارائه گشته است (Zhang & Others, 2017: 680). پرداختن به تغییرات اقلیمی مستلزم کاهش قابل توجه انتشار گازهای گلخانه‌ای و شیوه مصرف کربن کم به عنوان گزینه‌ای اجتناب‌ناپذیر است. از این روکشورها و شهرهای زیادی در سطح جهان، توسعه کم‌کربن را پایه برنامه‌های خود قرار داده‌اند. برای مثال لندن، توکیو و نیویورک برنامه‌ریزی جامع برای شهر کم‌کربن را آغاز کرده‌اند. برلین، کپنهاگ و بارسلونا نیز سیاست‌هایی را برای ایجاد شهر کم‌کربن با موضوع اصلاح ساختار مصرف انرژی، بهبود وضعیت مجموعه صنعتی، بهبود حمل‌ونقل عمومی، بهبود طراحی ساختمان، کاهش مصرف انرژی‌های خانگی و آموزش و افزایش آگاهی عمومی، مقرر ارائه کرده‌اند.

حال در کشورهای در حال توسعه همچون ایران که سوءمصرف انرژی فسیلی پایه کار آن‌ها است، ارائه چنین راهبردها و سیاست‌هایی قطعا بایستی در دستور کار قرار گیرد. شهرهای ایران با توجه به دارا بودن نقش‌های گوناگون صنعتی، مذهبی، گردشگری و ... ملزم به ارائه راهبردهای متنوعی هستند. عدم توجه به بخش محیط‌زیست و غافل ماندن از دخیل‌سازی آن در

1. Kyoto Protocol

برنامه‌ریزی‌های شهری به عنوان یکی از اصول پایداری، تبدیل شهرهای ایرانی به شهری کم‌کربن را امری دشوار ساخته است. شهر ارومیه با توجه به نقش تجاری–خدماتی و رشد روزافزون جمعیت آن و همچنین موقعیت استراتژیک جغرافیایی خود، پیش‌بینی می‌شود در آینده‌ای نزدیک دچار آلودگی‌های هوایی شدیدی خواهد بود. به همین جهت بررسی و شناخت عوامل موثر بر کم‌کربن‌سازی شهر ارومیه به جهت اعمال اثر آن‌ها بر تصمیمات کلان مقیاس و برنامه‌ریزی‌های آینده شهر، امری ضروری است. در غیر این صورت در آینده شاهد خساراتی جدی و جبران‌ناپذیر بر ساختار شهر و طبیعت اطراف آن خواهیم بود. پایه اصلی این امر، شناخت مولفه‌ها و شاخصه‌های موثر بر این موضوع است.

مجموعه مطالعات انجام شده در حوزه شهرهای کم‌کربن با هدف نوین حفظ شهرها و توسعه پایدار از طریق کاهش آلودگی‌ها و کاهش تولیدات و مصرف کربن صورت گرفته است. تحلیل شرایط وضع موجود، بررسی روابط میان شاخص‌های محیطی و توسعه کم‌کربن، الگوسازی و تدوین مدل شهر کم‌کربن از بخش دیگر پژوهش‌ها است. تمامی مطالعات در جدول ذیل گردآوری شده است (جدول ۱):

جدول (۱). رویکردها و موضوعات مورد توجه در پژوهش‌های پیشین حوزه «شهر کم‌کربن»

رویکردهای متداول	موضوعات مورد توجه	پژوهش‌ها و سال
تحلیل شرایط وضع موجود	بررسی روند مصرف انرژی در بخش‌های مختلف شهر با رویکرد کم‌کربن	موراکامی[1] و همکاران (۲۰۰۹)
	بررسی روند انرژی مصرفی در شهرهای مختلف دنیا با رویکرد کم‌کربن	براردی[2] (۲۰۱۷)
	بررسی و دسته‌بندی شهرها از طریق میزان سرانه انتشار کربن، تبیین چالش‌ها، فرصت‌ها و توصیه‌هایی در راستای توسعه کم‌کربن.	یانگ، وانگ و زو[3] (۲۰۱۸)
	بررسی رابطه بین توسعه اقتصادی شهر و عملکرد انتشار کربن	شن و همکاران[4] (۲۰۱۸)
	ارزیابی وضعیت انتشار کربن توسط سیستم حمل‌ونقل شهر	عبادی‌نیا، اجزا شکوهی، رهنما، خوارزمی، (۱۳۹۵)
بررسی روابط میان شاخص‌های محیطی و توسعه کم‌کربن	بررسی رابطه میان انتشار گازهای گلخانه‌ای و مقررات کاربری زمین	گلازر و کان[5] (۲۰۱۰)
	بررسی پارامترهای برنامه‌ریزی جهت کاهش میزان انتشار کربن در مقیاس محله	کولین و هان[6] (۲۰۱۳)
	بررسی فرم شهری و کارایی در بهره‌وری انرژی با رویکرد کم‌کربن	یانگ، چن، ژانگ، ژانگ و فنگ[7] (۲۰۱۶)
	بررسی میزان تاثیرات فرم شهری در مقیاس محله در رابطه با میزان انتشار C	لیو، ما و چای[8] (۲۰۱۶)
شاخص‌سازی و تدوین سیستم‌های ارزیابی	تهیه چارچوبی برای ارزیابی شهر کم‌کربن از دیدگاه اقتصادی الگوهای مختلف انرژی، اجتماعی و زندگی، کربن و محیط‌زیست، جابه‌جای شهری، زباله‌های جامد و آب	تان و همکاران[9] (۲۰۱۷)، مدیریت انرژی ملی چین[10] (۲۰۱۲)، کمیسیون توسعه و اصلاحات ملی چین[11] (۲۰۱۶)، کمیسیون توسعه و اصلاحات ملی چین[12] (۲۰۱۲)، زو و همکاران (۲۰۱۸)
	سیستم شاخص‌های ارزیابی استفاده از انرژی‌های نوین در شهر	
	سیستم شاخص‌های اندازه‌گیری تاثیر ساخت‌وساز شهری بر تولید کربن	
	سیستم داده‌های آماری کمی برای پایش تغییرات اقلیم	
	سیستم شاخص توسعه سبز	
	سیستم ارزیابی توسعه شهری بر مبنای حفظ محیط‌زیست طبیعی	
	سیستم شاخص جهت ارزیابی و سنجش کم‌کربن برای محله‌های روستایی	
الگوسازی	تدوین سناریوهای ممکن برای تحقق شهر کم‌کربن و الگوسازی بر اساس رویکردهای سبز»، «متوازن» و «هم‌زیست با طبیعت»	انستیتوی معماران آمریکایی[13] (۲۰۱۱)، آکادمی علوم آفریقای جنوبی[14] (۲۰۱۱)، قائمی اصل، سلیمی‌فر، مهدوی عدلی، رجبی مشهدی (۱۳۹۵)
	شبیه‌سازی الگوی ایجاد یک شهر زیست‌محیطی کم‌کربن	

1. Murakami et al., 2009
2. Berardi, 2017
3. Yang, Wang & Zhou, 2018
4. Shen et al., 2018
5. Glaeser & Kahn, 2010
6. Qin & Han, 2013
7. Yang, Chen, Zhang, Zhang & Feng, 2016
8. Liu, Ma & Chai, 2016
9. Tan et al., 2017
10. NEA (National Energy Administration), 2012
11. NDRC (National Development and Reform Commission), 2013
12. NDRC (National Development and Reform Commission), 2016
13. American Institute of Architects (AIA), 2011
14. Academy of Science of South Africa (ASSAf), 2011

	اصول جوامع محلی کم‌کربن	
ارائه راهبرد و راهکار	تدوین اصول و معیارهای شهر کم‌کربن صفات محله کم‌کربن	کاندن[1] (۲۰۱۰: ۱۲۶)، زو و همکاران (۲۰۱۷)، زو و همکاران (۲۰۱۸)، فراکر[2] (۲۰۱۳)، انستیتوی انستیتوی معماران آمریکا (۲۰۱۱)، سلیگ[3] (۲۰۱۱)، کوئین و هان (۲۰۱۳)، کوکباس (۲۰۱۲)، فرمند (۱۳۹۳)، آقاعمو (۱۳۹۲)
	شاخص‌های مرتبط با ایجاد «محله کم‌کربن» در نواحی روستایی	
	ارائه راهکار و سیاست‌های مناسب برای تحقق شهر کم‌کربن	
	ارائه راهبرد به تفکیک لایه‌های مختلف شهر	
	اصول طراحی کم‌کربن انگلستان	
	استراتژی‌های کم‌کربن در سطح جامعه محلی	
	ارائه راهکار و سیاست‌های مناسب برای تحقق شهر کم‌کربن برای منطقه ۱۸ تهران (شهر ری)	
	راهنمای طراحی محله کم‌کربن در کشور آلمان	
	تدوین پارامترهای برنامه‌ریزی شهری به منظور کاهش میزان انتشار کربن	
	مولفه‌های کلیدی محله‌هایی با کربن صفر (با کربن خنثی)	
تمرکز بر مقیاس خرد مقیاس محله	توجه به محله به عنوان مقیاس مناسب توسعه کم‌کربن	گیز و همکاران[4] (۲۰۰۳)، راون و همکاران[5] (۲۰۰۸)، میدلمیس[6] (۲۰۰۸)، میدلمیس و پریش[7] پریش[7] (۲۰۱۰)، انستیتوی معماران آمریکایی (۲۰۱۱)، فراکر (۲۰۱۳)، ال وی و همکاران[8] (۲۰۱۸)، وانگ و همکاران[9] (۲۰۱۶)، لطفی و همکاران (۱۳۹۵)
	تغییر سبک زندگی و رفتارهای فردی در مقیاس محلی	
	تدوین مؤلفه‌ها و شاخص‌های محله با رویکرد کم‌کربن	

ماخذ: مریم روستا و همکاران، ۱۳۹۹: ۶

آن‌چه مشخص است ارتباط عمیق محیط‌زیست با مسئله شهر کم‌کربن به عنوان عامل بنیانی در راستای توسعه پایدار و حفظ منابع حیاتی برا نسل‌های آتی و همچنین صرفه‌جویی در ابعاد مختلف است. پیچیدگی این مسئله زمانی بیشتر مشخص می‌شود که مقیاس‌های تاثیرگذاری و تاثیرپذیری شهر کم‌کربن از خرد تا کلان بوده و عواملی چون اجتماع، سیاست و توسعه کم‌کربن به صورت مستقیم و غیرمستقیم بر آن تاثیرگذار است. به همین جهت سوال پژوهش در واقع به این موضوع می‌پردازد که با توجه به استانداردهای جهانی، مولفه‌ها و شاخصه‌های کم‌کربن‌سازی شهری کدام‌ها بوده و میزان تاثیر آن‌ها چقدر است؟

در همین راستا پژوهش حاضر با استفاده از روش تحقیق تحلیل عاملی تاییدی و مدل معادلات ساختاری انجام شده و نیز به صورت پیمایشی و کتابخانه‌ای صورت‌گرفته است. رویکرد روش شناختی پژوهش نیز از نظر ماهیت داده‌ها، کمی است. ابزار اصلی برای گردآوری داده‌ها پرسشنامه بسته با طیف لیکرت است. برای تجزیه و تحلیل اطلاعات از نرم‌افزارهای SPSS21 و AMOS23استفاده گردید و در نهایت آزمون‌های مختلف برازش صورت‌گرفته و مطلوبیت آن‌ها سنجیده شد.

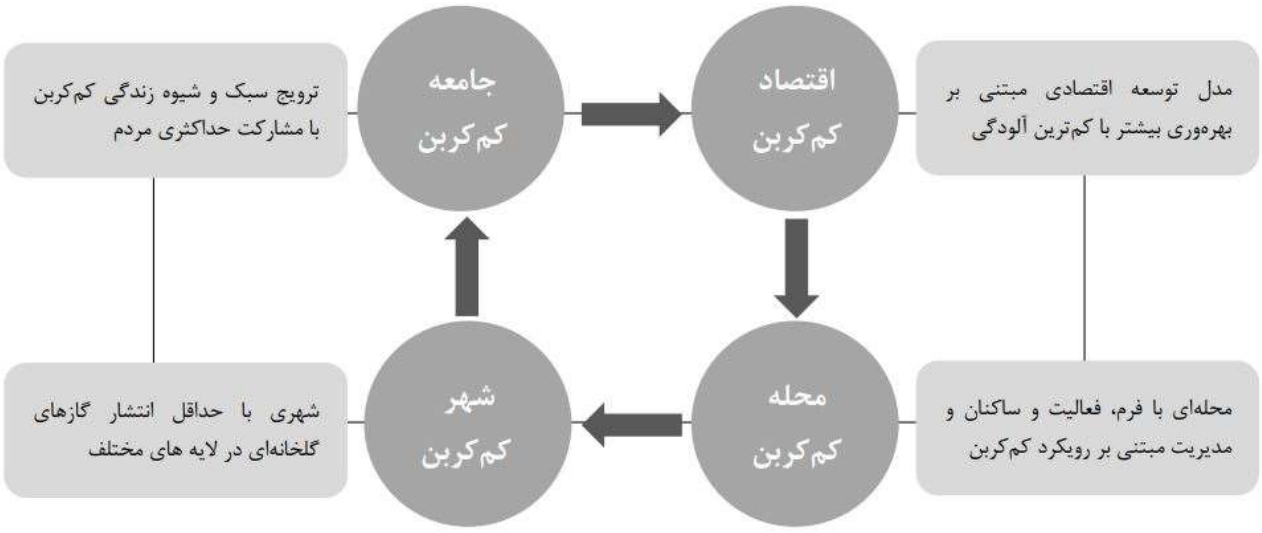
مبانی نظری

مفهوم کم‌کربن در راستای واکنش به تغییرات آب و هوایی جهانی و در حمایت از کاهش تخلیه گازهای گلخانه‌ای در فعالیت‌های تولیدی انسان بیان شد (Williams, 2016: 84). مفهوم کم‌کربن به معنای کوشش‌هایی است که برای به حداقل رساندن انتشار گازهای گلخانه‌ای (بیشتر دی‌اکسیدکربن) در هوا، به وسیله کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن، منابع تولید کربن، افزایش تجزیه کربن و انعطاف‌پذیری اکوسیستم انجام می‌شود (Sununta et al., 2019: 1345). کم‌کربن به عنوان یکی از زیرشاخه‌های پایداری است که به دو سیاست استفاده کم از منابع تجدیدناپذیر انرژی و نیز افزایش بازده ساختار انرژی می‌توان تقسیم کرد. در سال

1. Condon, 2010
2. Fraker, 2013
3. Seelig, 2011
4. Geis, Kutzmark & Wu, 2003
5. Raven, Heiskanen, Lovio, Hodson & Brohmann, 2008
6. Middlemiss, 2008
7. Middlemiss & Parrish, 2010
8. Lv, Bi & Yan, 2018
9. Wang, Zhao, He, Wang & Peng, 2016

۲۰۰۳ تقریبا اولین تحقیقات در این راستا با عنوان اقتصاد کم‌کربن مطرح گشت. اصطلاح اقتصاد کم‌کربن به طور رسمی در گزارش «انرژی آینده ما»، که درباره کشور بریتانیا بود، ارائه شد (Wang & Others, 2015: 85).

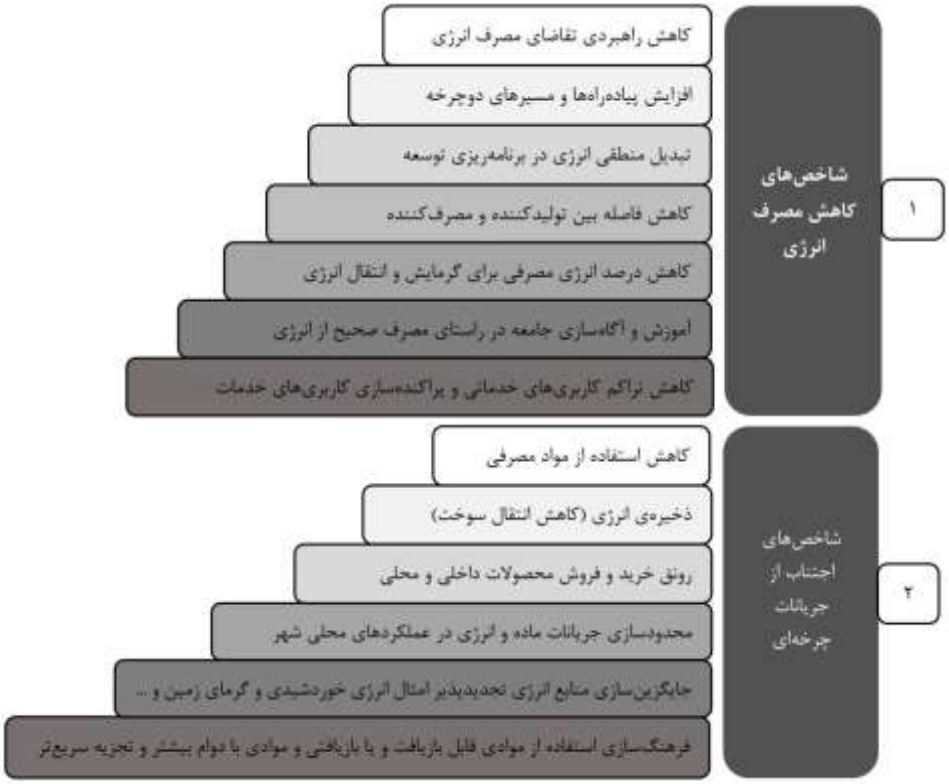
بهبود میزان بهره‌وری مصرف انرژی به وسیله استفاده از منابع انرژی کم‌کربن، تکنولوژی‌های انرژی کم‌کربن، کم کردن استفاده از انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای، مفهوم اصلی جامعه کم‌کربن را شکل می‌دهد. که سبب بر ایجاد شهر کم‌کربن و پایداری در محتوا و مسیر زندگی کم مصرف است (Chen&Zhu, 2013: 5). مصرف انرژی به طور مستقیم بر انتشار آلاینده‌ها و افزایش آلودگی را به همراه دارد (نجاتی و همکاران، ۱۳۹۸: ۲۵۹). توسعه جامعه با «کربن کم» تشکیل شده از انواع مختلفی از فناوری‌ها، راهبردها و شیوه‌هایی از زندگی کم‌کربن است (Lv&Yan, 2018: 188). «جوامع محلی کم‌کربن» به مثابه بخش مهمی از شکل‌دهنده یک مجموعه‌ی کم‌کربن نقش برتری را در جهت تغییر سبک زندگی آن‌ها دارند (American Institute of Architects (AIA), 2011: 53).



شکل (۱). دغدغه‌های اصلی در حوزه توسعه کم‌کربن (ماخذ: Wang & Others, 2015: 86)

مفهوم نسبی کم‌کربن، به این معنی که در راستای کاهش کربن هر قلمرویی، نیاز به انجام اقدامات موثر با در نظرگیری شاخصه‌هایی از موقعیت جغرافیایی، فرهنگ و جامعه، سطح پیشرفت علمی و تکنولوژی و قابلیت نوآوری، منابع و سطح اقتصاد و در نهایت آگاهی‌های عمومی گوناگونی است.

شهر کم‌کربن اصطلاحی بود که پس از "اقتصاد کم‌کربن" و "جامعه کم‌کربن" مطرح شد. بعد از جلسه‌ای که در شهر کپنهاگ برگزار شد، توسعه کم‌کربن از سمت مردم مقبولیت پیدا کرد و آن را به رسمیت شناختند. توسعه پایدار، هدف اصلی شهر کم‌کربن است. در گزارش کمیسیون جهانی محیطزیست و توسعه–آینده مشترک ما (۱۹۸۷)– به عنوان "توسعه‌ای که نیازهای حال حاضر افراد را بدون به خطر انداختن توانایی نسل آینده برای تامین نیازهای‌شان تامین می‌کند" تعریف شده است. مجموعه‌ای از برنامه‌ریزی‌ها، سیاست‌ها و روش‌هایی که به شکل یک سیستمی با هدف نهایی کربن کم ساختاربندی شده، تشکیل‌دهنده محتوای اصلی اصطلاح شهر کم‌کربن بوده و جامعه مردمی نیز بایستی در جهت سیاست‌های آن قدم گذارند. این اقدامات در زمینه‌های انتشار گازهای گلخانه‌ای، رقابت‌های شهری، تولید ناخالص شهری، جریان مواد و آسیب‌پذیری نسبت به تغییرات آب و هوایی بیان می‌شوند (آقاعمو، نائینی، ۳:۱۳۹۲). در راستای تحقق تمامی مواردی که بیان شد نیاز است راهبردهایی در جهت بهبود ساختار رشد اقتصادی، نوآوری‌های تکنولوژیکی و اجتماعی، جامعه‌ای آگاه شده و رفتارهای مصرفی مطلوب، ارائه شود. تمامی شاخص‌هایی که معرفی شده به دو گروه تقسیم می‌شوند (شکل ۲):



شکل (۲). سیاست‌های دست‌یابی به شهر کم‌کربن (ماخذ: نگارندگان و Witting et al., 2008: 695)

طبق دسته‌بندی حاصل شده، امکان برنامه‌ریزی کارآمدتر و بدون اتلاف وقت و هزینه مقدور می‌شود. بر این اساس دسته‌بندی بخش اول به گروه‌بندی موادی پرداخته است که مستقیما مربوط به مصرف انرژی می‌شوند، اما در دسته‌بندی دوم، گروه‌بندی عواملی را در برمی‌گیرد که به طور مستقیم مصرف انرژی را افزایش می‌دهند.

با جمع‌بندی مطالب بیان شده، می‌توان گفت دست‌یابی به شهری کم‌کربن دو فاکتور کلی دارد (شکل ۳):

شکل (۳). مسیرهای دست‌یابی به شهر کم‌کربن (ماخذ: Wenyao, 2010: 7)

تولید کم‌کربن و مصرف کم‌کربن به عنوان دو راهبرد اصلی، که با دربرگرفتن سیاست‌ها و راهکارهای جزئی‌تر تحقق شهری کم‌کربن را با برنامه‌ریزی‌های نسبتا بلند مدت مقدور می‌سازند (شکل ۳).

کربن‌دی‌اکسید یکی از گازهای گلخانه‌ای محسوب می‌شود که در صورت تناسب طبیعی در جو، منافعی را برای تمام موجودات زنده نظیر فرآیند فتوسنتز خواهد داشت، افزایش آن نیز عواقب منفی خواهد داشت. انتشار ۹۰درصد این گاز از احتراق سوخت فسیلی شامل تولیدات نفتی، زغال و تولیدات زغالی، گاز طبیعی و دیگر سوخت‌ها در عرصه‌های متفاوت نشات می‌گیرد و به وسیله عواملی شامل تقاضا انرژی، کارایی انرژی و سوخت ترکیبی تعیین می‌شود (حق بیان، ۱۳۹۸: ۲). گفتنی است آلودگی

هوا باعث بیماری‌های قلبی- عروقی، برونشیت، اختلالات تنفسی، سرطان و مرگ زودرس می‌شود (شاه‌محمدی و همکاران، ۱۳۹۹: ۲۰۲).

در راستای بررسی سیر پیدایش و تحول رویکرد کم‌کربن، با تجزیه‌وتحلیل تاریخچه شهر کم‌کربن مشخص گردید، اولین بار در سال‌های مربوط به دهه ۱۹۸۰ و با رشد صنعتی شدن، تمام پژوهش‌ها نشان می‌داد، انتشار بیش از حد گازهای گلخانه‌ای حاصل از فعالیت‌های انسان، تمام جوامع را به خطر انداخته و به همین دلیل کنفرانس‌های بین المللی مکرر تشکیل و تعهدنامه‌ای برای حل این مسئله ارائه شد که اولین آن در سال ۱۹۷۷ با نام پروتکل کیوتو بود که بر اساس آن کشورهای صنعتی مجبور به کاهش گازهای گلخانه‌ای می‌بودند.

پروتکل کیوتو، «شهر کربن‌کم» را شهری پایدار، همراه با کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای مانند کربن‌دی‌اکسید و گسترش محصولات پاکیزه معرفی کرده و به عنوان یکی از شیوه‌های در حال ظهور توسعه پایدار، به وسیله یک فرایند انتقالی، انواع روش‌های کم‌کربن‌سازی را در سطح‌های متفاوت بررسی می‌نماید (Cheshmezangi & Others, 2018: 66).

"تان و همکاران"، در حالت ایده‌آل شهر صفر کربن را یک شهر که گاز گلخانه‌ای تولید نمی‌کند و صرفا به وسیله انرژی تولیدی از منابع تجدیدپذیر اداره می‌شود، معرفی نمودند (Tan & Others, 2016: 6). به‌صورت کلی شهر کم‌کربن شش پایه اساسی دارد که هر کدام پلی برای رسیدن به آن است. هر مورد نیز از راهکارهای جزئی‌تری تشکیل شده که طبق دوره‌های گوناگون و تجارب مختلف جهانی جمع‌آوری گشته و در قالب جدولی ارائه شده است (جدول ۲).

جدول (۲). شش پایه اساسی شهر کم‌کربن

فرم وکالبد	طراحی اقلیمی کالبد- جهت‌گیری مناسب ابنیه و معابر، تهویه طبیعی انبیه، استفاده عایق‌های حرارتی در ابنیه، سقف‌های و بالکن‌های سبز در ابنیه، استفاده مصالح بومی در ساخت ابنیه شهری، افزایش حس مکان و هویت بخشی به محلات شهر، فشردگی بافت کالبدی و تراکم بالای توسعه	عبدل عزیز محمد[1] (۲۰۱۳)، لطفی و همکاران (۱۳۹۵: ۸۶)، هن‌لله، ج و فرج‌لله، ر[2] (۲۰۰۹: ۹) زو[3] و همکاران (۲۰۱۵: ۲۹۵)
انرژی	کاهش وابستگی- افزایش کارایی و بازدهی انرژی در فضاهای کالبدی- کارگیری انرژی‌های تجدیدپذیر	عبدل عزیز محمد[4] (۲۰۱۳)، لطفی و همکاران (۱۳۹۵: ۸۶)
زیست‌محیط	حمایت و حفاظت از طبیعت- افزایش فضای سبز- حفاظت از زمین‌های کشاورزی	عبدل عزیز محمد (۲۰۱۳)، لطفی و همکاران (۱۳۹۵: ۸۶)
کاربری و فعالیت	یکپارچگی و پیوند مناسب نظام حمل‌ونقل و کاربری زمین- توسعه متوازن و عادلانه کاربری‌ها و فعالیت‌ها- اختلاط کاربری- توسعه مجدد اراضی قهوه‌ای جهت توسعه درونی- دسترسی پیاده	عبدل عزیز محمد (۲۰۱۳)، لطفی و همکاران (۱۳۹۵: ۸۶)، زو و همکاران (۲۰۱۵: ۲۹۵)
حمل‌ونقل	مقابله با خودرومداری و توسعه حمل‌ونقل پایدار- نظیر کاهش وابستگی به خودرو شخصی، حذف به تدریج وسایل نقلیه با سوخت فسیلی از جاده‌های شهری، استفاده از وسایل نقلیه الکتریکی، تسهیل امکان دوچرخه‌سواری، تشویق و تسهیل حرکت پیاده در شهر، خدمات حمل‌ونقلی متنوع، تامین سیستم حمل‌ونقل عمومی کارآمد و با دسترسی آسان	عبدل عزیز محمد (۲۰۱۳)، لطفی و همکاران (۱۳۹۵: ۸۶)، زو و همکاران (۲۰۱۵: ۲۹۵)، هن‌لله، ج و فرج‌لله، ر (۲۰۰۹: ۹)
اجتماعی و فرهنگی	آگاهی‌رسانی، آموزش کاهش رفتار مصرفی و ترویج خلاقیت و ابتکار- سیاست‌هایی همچون تراکم بالای جمعیتی- جلب مشارکت و درگیرکردن ذی‌نفعان در اقدامات شهری و از بین بردن بی‌عدالتی و محلات فقیرنشین در شهر	تان[5] و همکاران (۲۰۱۶: ۶)، لطفی و همکاران (۱۳۹۵: ۸۶)، هن‌لله، ج و فرج‌لله، ر (۲۰۰۹: ۹)

ماخذ: نگارندگان، ۱۴۰۱

شهر کم‌کربن مکانی است که در دوره زمانی معین، از طریق تولید انرژی‌های تجدیدپذیر، کاهش استفاده از انرژی‌های فسیلی و افزایش توانایی جذب کربن در شهر، اثرات کربنی را به حداقل می‌رساند. در این راستا نخستین گام در ایجاد شهرهای

1. Abdel-Aziz Mohamed
2. Hannallah, G .M & Faragallah, R .N
3. Zhou et al., 2015
4. Abdel-Aziz Mohamed
5. Tan et al., 2016

کم‌کربن، بازاندیشی و تصور دوباره شهرهای موجود، همراه با خلاقیت‌ورزی و همراهی شهر با طبیعت است (Steffen, 2012: 4).

با بررسی تجارب جهانی شهر کم‌کربن، بیان می‌گردد که ابرشهرهایی چون لندن، نیویورک و توکیو اقداماتی انجام داده‌اند و نقش پررنگی در توسعه شهر کم‌کربن، حتی بدون سیاست‌ها و تعهدات ملی ایفا می‌نمایند (Wang & Others, 2013: 5) که در ادامه به تعدادی از این شهرها، اهداف و اقدامات خاص آن‌ها اشاره می‌گردد (جدول ۳).

جدول (۳). ابرشهرها، اهداف و اقدامات در راستای نیل به شهر کم‌کربن

شهرها	هدف	اقدامات خاص
لندن	کاهش انتشار ۶۰درصدی در سال ۲۰۲۵ در مقایسه با سطح سال ۱۹۹۰	ساخت خانه‌های سبز، تمرکز بر بخش تجاری، بهره‌وری انرژی و حمل‌ونقل
توکیو	کاهش انتشار ۲۵درصدی در سال ۲۰۲۰ در مقایسه با سطح سال ۲۰۰۰	تمرکز بر کاهش انتشارات گازهای گلخانه‌ای در بنگاه‌های اقتصادی، بخش دولتی و صرفه‌جویی انرژی بخش مسکونی، کاهش زباله‌های مسکونی و انتشار بخش حمل‌ونقل
نیویورک	کاهش انتشار ۳۰درصدی در سال ۲۰۳۰ در مقایسه با سطح سال ۲۰۰۵	افزایش عرضه انرژی پاک، بهبود کارایی انرژی ابنیه، تاکید بر سیاست‌های صرفه‌جویی انرژی در دولت و بخش تجاری و خانوارها، کاهش انتشار بخش حمل‌ونقل
کپنهاگ	کاهش انتشار ۲۰درصدی در سال ۲۰۱۵ در مقایسه با سطح سال ۲۰۰۵، دست‌یابی به انتشار صفر در ۲۰۲۵	افزایش تولید انرژی باد و زیست‌توده، پیاده‌سازی تولید ترکیبی برق و حرارت، ترویج ابنیه انرژی کارآمد، توسعه حمل‌ونقل سبز شهری، تشویق جمع‌آوری جداگانه زباله، توسعه فناوری‌های نوین انرژی
بارسلون	---	افزایش استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر (بالاخص انرژی خورشیدی)
مالمو	---	ساخت جوامع خنثی کربنی

ماخذ: Liu & Others, 2012: 378-381

در این بخش نیز تعدادی از کشورها را که اهداف و راهبردهایی خود را در راستای تبدیل شهرهای خود به شهرهایی بی‌کربن در دستور کار قرار داده‌اند، بررسی می‌شود (جدول ۴).

جدول (٤). کشورها و سیاست‌های کلی آنان در راستای کم‌کربن‌سازی شهرها

--	اهداف کلی	اهداف خرد	راهبرد
کره جنوبی	دست‌یابی به رشد سبز کم‌کربن	ایجاد سیستم مدیریتی مناسب	سازماندهی مجدد فیزیکی و نهادی
			سازماندهی مجدد ساختار فضایی و مناظر
		توسعه زیر ساخت‌های سبز	ایجاد استانداردهایی برای ساختمان‌های سبز با کارایی بالای انرژی و ترویج ساخت‌وسازهای سبز
		به کارگیری سیستم حمل‌ونقل سبز	ایجاد قانون اساسی برای سیستم حمل‌ونقل دوچرخه–محور
		ترویج ساخت‌وساز سبز	تشویق برنامه‌های کاربرد فناوری سبز و صنعت سبز
		تولید محرک‌های جدید برای رشد	ایجاد زیرساخت‌ها و چارچوب‌های اقتصاد سبز
هند	ایجاد یک محیط فیزیکی و اجتماعی پایدار برای کاهش ردپای کربن	استفاده بهینه از منابع طبیعی	مدیریت منابع طبیعی
		کاهش آلودگی	کنترل منابع آلاینده
		حفاظت و توسعه منابع	توسعه و حفظ آب
			کارایی انرژی
			مدیریت مواد زائد جامد
		مدیریت کاربری زمین	توسعه و حفظ فضاهای تفرجگاهی و مناظر
			توسعه و حفظ فضاهای باز
انگلستان	کاهش انتشار کربن	ترویج ساخت خانه‌های سبز و ساختمان‌های نمونه و شاخص در جامعه	استفاده از تجهیزات کم‌کربن و سبز در مسکن‌سازی
			استفاده از تجهیزات خورشیدی و کم‌کربن در ساخت بناهای شاخص مانند کلیساها و اماکن عمومی
		سبز کردن مدارس	استفاده از تجهیزات خورشیدی در مدارس
			ایجاد پایگاه‌های آموزشی–ترویجی کم‌کربن در محیط مدارس
		سبز کردن مشاغل و تجارت	ارائه تجهیزات و تسهیلات جهت توسعه مشاغل سبز

		ترویج شیوه زندگی کم‌کربن	تشویق غذاهای پایدار
		به کارگیری سیستم حمل‌ونقل سبز	تشویق سفرهای پایدار
اپک	کاهش انتشار دی‌اکسیدکربن	ساختاربندی شهری کم‌کربن	برنامه‌ریزی کاربری زمین براساس دست‌یابی به بالاترین حد صرفه‌جویی در انرژی
			ارائه طرح شهری پیاده–محور و دوچرخه–محور
		ترویج ساختمان‌های کم‌کربن	برنامه‌ریزی کاربری اراضی براساس اختلاط کاربری‌ها
			کاهش بار حرارتی در ساختمان
			بهبود کارایی تجهیزات
		ترویج سیستم‌های مدیریت انرژی	ترویج سیستم‌های مدیریت انرژی ساختمان
			ترویج سیستم مدیریت انرژی منطقه یا بخش
		به کارگیری سیستم حمل‌ونقل کم‌کربن	بروزرسانی سیستم حمل‌ونقل عمومی
			استفاده از فناوری‌های نوین صنعت حمل‌ونقل
			مدیریت تقاضای ترافیک
		استفاده از انرژی تجدیدپذیر	استفاده از انرژی‌های بکر
			همسازی با محیط‌زیست حرارتی شهر
			مدیریت توسعه شهری برای ترویج استفاده از انرژی تجدیدپذیر

ماخذ: آقاعمو و همکاران، ۱۴۰۰ : ۹–۱۰

آن‌چه در این جدول واضح است، پیچیدگی و گستردگی موضوع کم‌کربن‌سازی شهری به دلیل تاثیرپذیری از ابعاد مختلف است. کشورها با درنظرگیری این ابعاد نسبت به ارائه سیاست‌ها و راهبردهای متنوع نسبت به تغییر شهرهای خود به شهری کم‌کربن حرکت خود را آغاز کرده‌اند (جدول ۴). با در نظرگیری تجارب جهانی کم‌کربن‌سازی شهری و راهبردهای ارائه شده برای آن‌ها، سعی بر آن شد که با در نظرگیری عوامل موثر در هر راهبرد، بر پایه پتانسیل‌ها و محدودیت‌های موجود در قلمرو مطالعاتی این پژوهش، به میزان تاثیرگذاری و یا عدم آن و همچنین میزان تاثیرگذاری در صورت وجود آن‌ها پرداخته شد.

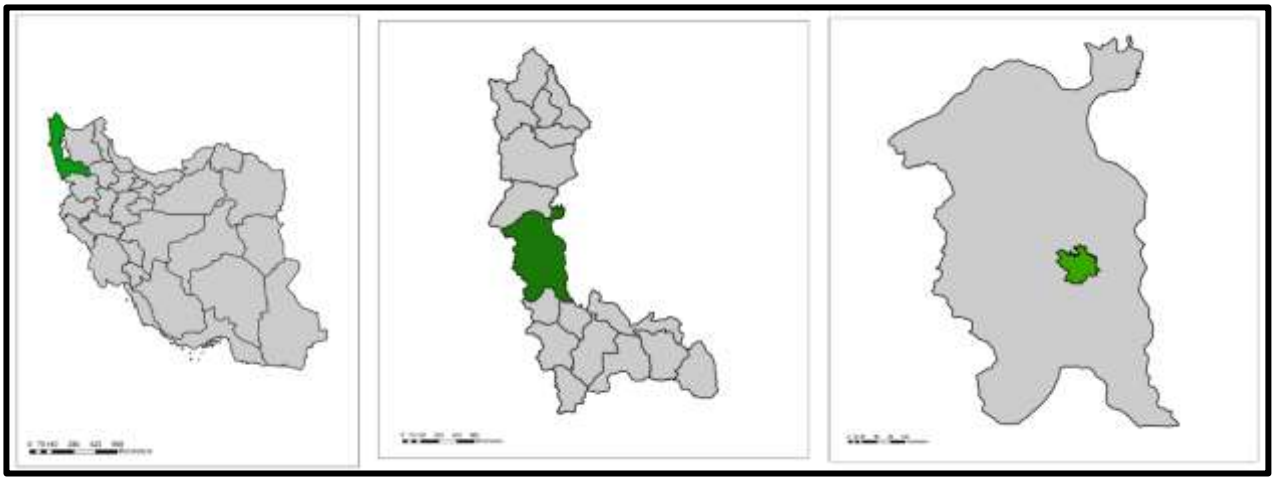
گسترش بی‌رویهٔ شهری اساساً به عنوان توسعه با تراکم پایین که از رشد جمعیت پیشی گرفته، تعریف شده است. گسترش بی‌رویه شهری فضاهای باز را از بین می‌برد، منجر به کاهش کلی در تراکم شهری می‌شود و استفاده بیشتر از اتومبیل را تشویق می‌کند. همچنین اجتماعات با مشخصهٔ گسترش بی‌رویهٔ شهری گرایش به ترکیب ضعیف مسکن، مشاغل و خدمات دارند . مراکز فعالیت و نواحی تجاری محدود و گزینه‌های محدود برای پیاده‌روی و دوچرخه‌سواری دارند (محمد باقری، ۱۳۹۴: ۵). این مسئله بیان‌گر آن است که اجتماع کم‌کربن نیز یکی از عواملی است که تاثیر متقابلی را می‌تواند با فرهنگ و رفتاری که در خود می‌پرورد، بر میزان کربن هوای شهر داشته باشد و نیز از آن دریافت کند.

نرخ مالکیت وسایل نقلیه به طور چشمگیری در اجتماعات با گسترش بی‌رویه در مقایسه با محله‌های درون شهر بالاتر است، در حالی که استفاده از حمل‌ونقل عمومی به طور معناداری پایین‌تر است. افراد معمولا فاصله‌های طولانی‌تری را طی می‌کنند، میزان تسهیلات مربوط به حمل‌ونقل چند برابر بزرگ‌تر است و محدودهٔ آلوده‌کننده‌های هوا مربوط به حمل‌ونقل به مراتب بیشتر است. تحقیقات زیادی به منظور شناسایی آثار محیطی گسترش بی‌رویهٔ شهرها انجام گرفته است (محمد باقری، ۱۳۹۴: ۵). کاهش فضاهای باز، آلودگی هوا مصرف بیشتر انرژی، از بین رفتن زمین‌های کشاورزی، کاهش تنوع گونه‌های گیاهی، افزایش روان‌آب‌ها و خطر بروز سیل، تکه تکه شدن اکوسیستم، افزایش آلودگی صوتی و افزایش دمای سطح زمین مهم‌ترین این آثار هستند (محمد باقری، ۱۳۹۴: ۵). به همین جهت سیاست‌گذاری‌های کلان و خرد موثر بر رفتارهای شهروندان و نیز روندهای توسعه قادر است بر میزان کربن هوای شهرها به عنوان عاملی مهم و موثر واقع گردد.

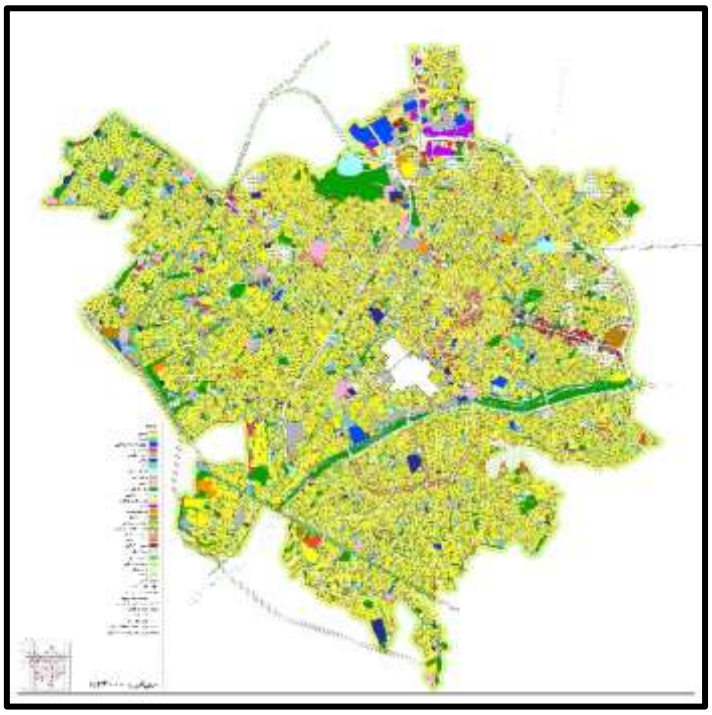
نمونه موردی

شهر ارومیه، مرکز شهرستان ارومیه و مرکز استان آذربایجان غربی به مساحت ۱۰ هزار و ۵۴۸ هکتار است که در فاصله ۱۸ کیلومتری دریاچه ارومیه و با پنج منطقه به عنوان دهمین شهر پرجمعیت ایران، در داخل جلگه‌ای به طول ۷۰ کیلومتر و عرض

۳۰ کیلومتر در کنار دریاچه لاجوردی ارومیه گسترده است. ارومیه با توجه به عرض بالای جغرافیایی نسبت به دیگر شهرهای ایران، توپوگرافی منطقه و جهت‌گیری ارتفاعات به همراه عبور جریان‌های هوایی مرطوب و با بارش سالانه ۳۵۰میلی‌متر و نیز رطوبت نسبی ۶۰درصد، به عنوان یکی از شهرهای ییلاقی و سردسیر ایران شناخته می‌شود (عابدینی و خلیلی، ۱۳۹۶: ۶۹) (شکل ۴ و ۵). بر اساس سرشماری عمومی نفوس و مسکن در سال ۱۳۹۵، تعداد جمعیت ساکن در شهر ارومیه بالغ بر ۷۳۶ هزار و ۲۲۴ نفر بوده است (سرشماری عمومی نفوس و مسکن سازمان آمار، ۱۳۹۵).



شکل (٤). نقشه تقسیمات سیاسی ارومیه، (منبع: نگارندگان)



شکل (٥). کاربری اراضی شهر ارومیه، (منبع: طرح آمایش ارومیه)

بیان مهم‌ترین خصوصیات شهر ارومیه در ارتباط با شهر کم‌کربن و ارائه نمای کلی از آن

- آب و هوای ارومیه متاثر از دریاچه ارومیه، باغات اطراف و کوه‌هایی است که در اطراف آن قرارگرفته است. از این رو آب و هوای ارومیه معتدل است به طوری که زمستان‌ها سرد و تابستان‌های آن گرم است.

- میانگین دوره بارش ۹۳ روزه در ارومیه ۳۶۰ میلی‌متر و میانگین بارش بلندمدت ارومیه ۲۳۸/۲ میلی‌متر است. در مجموع ۱۲۰ روز از سال در ارومیه یخبندان است.
- با توجه به تراکم شهر ارومیه آلودگی هوا در تابستان و زمستان از مشکلاتی است که در چند سال اخیر ارومیه با آن مواجه شده است.
- مهاجرت‌پذیری اخیر شهر ارومیه روند مثبت و شیب تندی داشته است.
- گسترش افقی و رشد شهر از حاشیه‌ها بر وسعت شهر افزوده است.
- تخریب باغات اطراف شهر از مشکلات جدی است که در آینده تاثیرات جدی خواهد گذاشت.
- با طی شهر از شرق به غرب آن متوجه تغییرات اساسی در کیفیت کالبدی، مناظر، دسترسی به خدمات و نیز کیفیت معابر قابل مشاهده است.
- گذر کمربند سبز و رودخانه از شهر از بازوهای قوی شهر جهت تبدیل به شهری کم‌کربن است.
- فرسودگی اکثر سیستم‌های حمل‌ونقل عمومی از مواردی است که بر کیفیت هوای این شهر تاثیرگذار بوده است.
- سرانه فضای سبز ارومیه حدودا ۱۱.۵مترمربع است که طبق استاندارد کشور به حداکثر میزان خود نزدیک است. اما آن‌چه سازمان بین‌الملل پیشنهاد داده است ۲۰ تا ۲۵مترمربع است.
- با توجه به عدم پشتیبانی ظرفیت معابر از تعداد خودروهای موجود و حرکت به سمت چند ماشینی شدن هر خانوار، ترافیک سنگینی را در ساعات پیک تجربه می‌کند.
- تجاری و گردشگری بودن ارومیه می‌تواند یکی از عوامل موثر میزان کربن شهر در فصول مختلف واقع شود.
- پایین بودن تعداد منابع عظیم تولیدکننده آلاینده‌ها در اطراف شهر ارومیه از نکات مثبت در نیل به شهری کم‌کربن است.

(ماخذ: بررسی مجموعه‌ای از اسناد فرادست و پیمایش نگارندگان، ۱۴۰۱)

با توجه به موارد ذکر شده شهر ارومیه نقاط ضعف و قوتی (جدول ۵) را در جهت تبدیل به شهری کم‌کربن دارد که در نهایت با توجه به این موارد راهبردهایی ارائه خواهد شد که با برنامه‌ریزی‌های دقیق و اجرای سیاست‌ها نیل به هدف غایی یعنی ارومیه به عنوان شهری کم‌کربن ممکن خواهد بود.

جدول (۵). امکانات و محدودیت‌های شهر ارومیه در راستای حرکت به سمت شهر کم‌کربن

امکانات و قابلیت‌ها	موانع و محدودیت‌ها
مساحت بالای باغات اطراف شهر	مهاجرت‌پذیری بالای شهر ارومیه
پایین بودن تعداد منابع عظیم تولیدکننده آلاینده	فرسودگی اکثر سیستم‌های حمل‌ونقل عمومی
امکان بازآفرینی بافت فرسوده مرکزی شهر	گسترش افقی و رشد شهر از حاشیه‌ها
سرانه بالای فضای سبز	ترافیک سنگین ساعات پیک و رشد روزافزون آن
گذر کمربند سبز از شهر	عدم توازن کیفیت زندگی در مناطق پنجگانه شهر
گذر رودخانه از شهر	کمبود پیاده‌راه‌ها در سطح شهر
چند هسته‌ای کردن شهر	گسترش پراکنده شهر
	عدم توزیع عادلانه خدمات در سطح شهر
	موقیت مرکزی بافت ارگانیک[1]

ماخذ: بررسی مجموعه‌ای از اسناد فرادست و پیمایش نگارندگان، ۱۴۰۱

روش پژوهش

پژوهش حاضر با هدف تحلیل عاملی-تاییدی، با استفاده مدل‌سازی معادلات ساختاری و نیز با به کارگیری روش تحقیق

1. Organic

پیمایشی-کتابخانه‌ای صورت گرفته است. این مدل که یک رویکرد آماری جامع برای آزمون فرضیه‌هایی درباره روابط بین متغیرهای موجود در این مدل مشاهده شده و متغیرهای مکنون است. به همین جهت با استفاده از این رویکرد می‌توان پذیرش مدل‌های نظری را در جوامع خاص سنجید. ضرورت استفاده از این مدل در حوزه شهرسازی به دلیل چندبعدی بودن آن و نیز پوشیده بودن ابعاد و متغیرهای آن امری ضروری و مفید است.

رویکرد روش‌شناختی پژوهش نیز از نظر ماهیت داده‌ها، کمی است. با تحلیل‌وبررسی مبانی نظری و پیشینه پژوهش مجموعه‌ای از شاخص‌های موثر بر کم‌کربن‌سازی شهرها تهیه و در قالب جدولی جهت بررسی و ارزیابی آن‌ها نسبت به نمونه موردی ارائه گشت (جدول ۶):

جدول (٦). شاخص‌های شهر کم‌کربن

مولفه	شاخص	کد
حمل‌ونقل کم‌کربن	استفاده از سیستم هوشمند کنترل ترافیک	X1
	استفاده از خودروهای دوستدار محیط‌زیست و کم‌کربن	X2
	بروزرسانی سیستم‌های حمل‌ونقل	X3
	دوچرخه	X4
	اجرای طرح‌ها کنترل ترافیک	X5
	وجود زمینه‌های لازم برای پیاده‌روی در سطح منطقه	X6
محیط‌زیست کم‌کربن	توسعه شبکه سبز (پارک، فضای سبز، زیستگاه‌ها)	X7
	حفظ و مدیریت جنگل‌ها	X8
	حفظ و مدیریت زمین	X9
	مدیریت منابع و پسماندها	X10
	بازیافت	X11
	استفاده از انرژی خورشیدی	X12
	ترویج استفاده از سیستم‌های نوآورانه الکتریکی کم‌کربن	X13
	استفاده کمتر از انرژی‌های فسیلی	X14
	ساخت ساختمان‌های هوشمند	X15
توسعه شهری کم‌کربن	ارائه و اجرای طرح شهری پیاده محور و دوچرخه محور	X16
	وجود خیابان‌های ناقابل پیاده‌روی و بلوک‌های با مقیاس انسانی جهت تسهیل جریان پیاده‌روی	X17
	بکارگیری تکنیک[1]های ساختمان‌سازی سبز	X18
	الگوی توسعه مختلط شهری	X19
	الگوی توسعه با تراکم بالا	X20
	الگوی شهر فشرده	X21
	نصب فن‌آوری‌های کم‌کربن در فرآیندهای صنعتی	X22
اجتماع کم‌کربن	استفاده از خودروهای دوستدار محیط‌زیست و کم‌کربن	X23
	احساس مسئولیت شهروندان نسبت به محل زندگی	X24
	وجود فرهنگ مصرف سبز	X25
	تشویق به صرفه‌جویی	X26
	تشویق مشارکت عمومی مردم	X27
سیاست کم‌کربن	تنظیم نرخ مالیات برای وسایل نقلیه کارآمد	X28
	تدوین مقررات زیست‌محیطی برای کارخانه‌ها	X29
	قانون اساسی برای محیط و سیستم حمل‌ونقل دوستدار دوچرخه	X30
	تدوین استانداردهایی برای ارزیابی عملکرد زیست‌محیطی ساختمان‌ها	X31

ماخذ: آقاعمو و همکاران، ۱۳۹۲: ۹

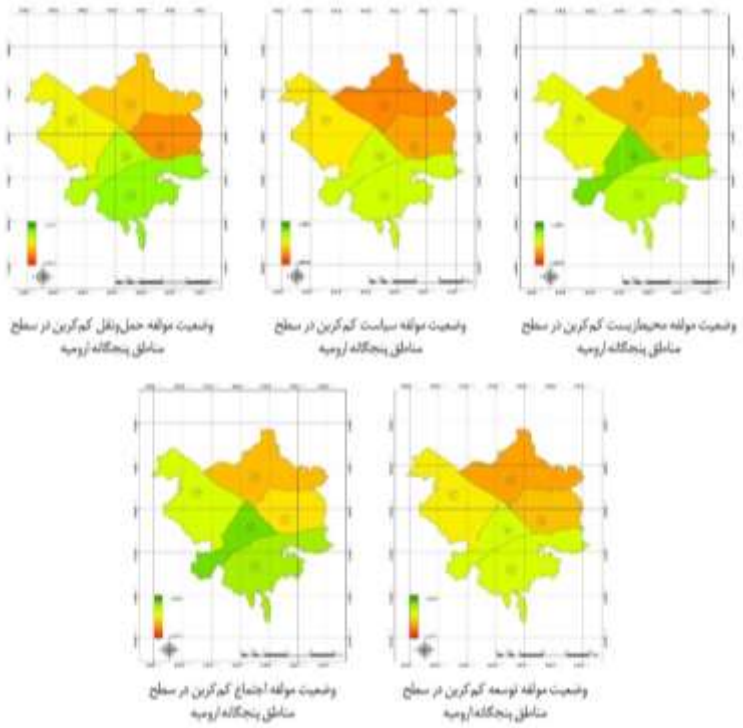
1. Technique

ابزار اصلی برای گردآوری داده‌ها پرسشنامه بسته با طیف لیکرت است. در همین راستا در جامعه‌ای ۱۷۵نفری با استفاده از فرمول کوکران[1]، تعداد ۱۲۰ پرسشنامه تهیه شده و بین افراد متخصص، نخبگان، اساتید، مسئولین حوزه و ... توزیع شد. در راستای سنجش پایایی پرسشنامه، با محاسبه مقدار آلفای کرونباخ[2] و دست‌یابی به مقدار ۰.۷۸۷، به حد قابل قبولی از پایایی دست یافته شد. همچنین از روش اعتبار محتوا به منظور سنجش روایی پرسشنامه استفاده گردید. به همین جهت نظرات متخصصین این حوزه، اساتید و ... دریافت شده و بر پایه آن‌ها اصلاحات لازم بر روی پرسشنامه اعمال گردیده است. پس روایی پرسشنامه باری دیگر قابل اثبات است.

سپس برای تجزیه‌وتحلیل داده‌های بدست آمده از نرم‌افزارهای SPSS21 و AMOS23 استفاده گردید. در این پژوهش جهت تایید برازندگی شاخص‌های عوامل استخراج شده از مبانی نظری و پیشینه، ابتدا از تحلیل عاملی-تاییدی استفاده شده و سپس طی این بخش، مولفه‌ها و شاخص‌های مشاهده‌پذیر هر کدام مورد بررسی قرارگرفته و برازندگی تمام آن‌ها با توجه به بار عاملی سنجیده شد.

بحث و یافته‌ها

پرسشنامه‌ها بر اساس مولفه‌ها و مناطق پنجگانه ارومیه توزیع شده و وضعیت کلی مناطق بر پایه سوالات مورد سنجش قرار گرفت. نقشه‌های تهیه شده بیان‌گر میزان برخورداری هر منطقه‌ی شهر ارومیه از مولفه‌ها و شاخص‌های شهر کم‌کربن است (شکل ۶):



شکل (٦). وضعیت مولفه‌های پژوهش بر اساس پرسشنامه توزیع در سطح مناطق پنجگانه ارومیه، (منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۱)

با توجه به نقشه تحلیل وضعیت مولفه حمل‌ونقل کم‌کربن در مناطق پنجگانه ارومیه، منطقه ۱ این شهر به دلیل مسکونی بودن بیشتر پهنه‌های عملکردی آن و نیز فاصله از مرکز شهر و حتی نوع خودروهای سواری موجود در محدوده، بر این وضعیت

1. Cochran formula
2. Cronbach's alpha

آن در این مولفه تاثیرگذار بوده‌اند. فاکتورهای بیان گردیده در منطقه ۵ ارومیه نیز قابل مشاهده است؛ منتهای مطلب به دلیل ترافیک سنگین در اکثر ساعات روز این منطقه را در رتبه دوم قرار داده است. منطقه ۳ و ۲ اغلب به دلیل کمبود فضاهای پیاده‌روی و نیز استفاده از خودروهایی با تولید آلودگی بیشتر وضعیت فعلی را دارد. در منطقه ۴ نیز به دلیل حجم بالای ترافیک، حضور گسترده ناوگان حمل‌ونقل فرسوده وضعیت نامطلوب حمل‌ونقل کم‌کربن قابل مشاهده است.

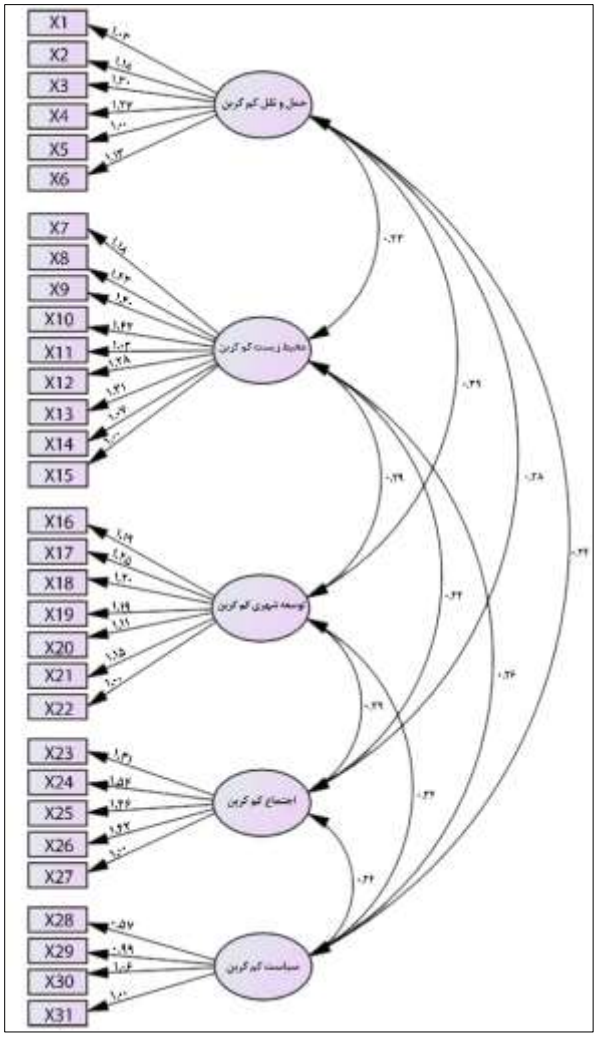
در تحلیل وضعیت سیاست‌های کم‌کربن گفتنی است تمام منطق شهر عملکرد ضعیفی را داشته و با توجه به کلان بودن مسئله سیاست، دخالت ارگان‌های بالادست بر این موضوع تاحدودی چاره‌ساز خواهد بود. منطقه ۱ و ۵ ارومیه با توجه به ساخت‌وسازهای نوین خود و کیفیت بالاتر نسبت به استانداردهای فنی ساختمان، تا حدودی نسبت به سایر مناطق وضعیت مطلوب‌تری را دارد. مناطق ۳ و ۴ به دلیل عمر بالای ساخت‌وسازها و عدم رعایت مقررات و ضوابط مهندسی ساختمان، وضعیت نامناسبی را نسبت به دو منطقه پیشین بیان شده دارد. منطقه ۲ نیز به دلیل عدم رعایت اصول فنی و ساخت‌وسازهای شبانه و بالا بودن میزان تخلفات در پایین‌ترین سطح از وضعیت سیاست‌های کم‌کربن قرار دارد.

در تحلیل نقشه وضعیت محیط‌زیست کم‌کربن، منطقه ۵ ارومیه با حفظ جنگل‌ها و منابع زمین و همچنین توسعه ساخت‌وسازهای مطلوب از نظر مصرف انرژی وضعیت مطلوب‌تری را نسبت سایر مناطق در حوزه محیط‌زیست کم‌کربن دارد. منطقه ۱ ارومیه نیز با داشتن مساحت بالایی از فضای سبز و نیز مدیریت مطلوب منابع و پسماندها در وضعیت مناسب‌تری نسبت به مناطق ۲، ۳ و ۴ است. سایر مناطق نیز با ضعف بیشتر در شاخصه‌های بیان شده، از لحاظ محیط‌زیست کم‌کربن به ترتیب مناطق ۳، ۴ و ۲ در سطح پایین‌تری قرار دارند.

موضوع اجتماع کم‌کربن موضوعی فرهنگ‌محور است. استفاده صحیح از انرژی، استفاده از خودروهایی با تولید آلودگی کمتر، احساس مسئولیت بیشتر نسبت محیط اطراف خود از جمله شاخصه‌های آن است. در تحلیل نقشه وضعیت اجتماع کم‌کربن، منطقه ۵ و ۱ ارومیه با توجه به سطح درآمدی بالاتر و فرهنگ رفتاری مطلوب‌تر، در وضعیت مناسب‌تری نسبت به سایر مناطق قرار دارند. الزام‌های شغلی و عملکردی، موجب کاهش کیفیت رفتارهای اجتماعی در جهت کم‌کربن سازی مناطق شده است که به ترتیب مناطق ۳، ۴ و ۲ در وضعیت نامطلوب‌تری قرار دارند.

در راستای تحلیل نقشه وضعیت توسعه شهری کم‌کربن، گفتنی است مناطق پنجگانه ارومیه با تاثیر از روند بروز ساخت‌وسازها و نیز رعایت بیشتر استانداردهای فضاسازی وضعیت مناسب‌تری را نسبت به سایر مناطق دارند. مناطق ۳، ۴ و ۲ به ترتیب با ضعف بیشتر در حوزه ساخت‌وسازهای ساختمانی و عدم توجه به موضوع پیاده‌مدارسازی فضا و نیز ساخت‌وسازهای غیرقانونی در منطقه ۲ وضعیت غیرقابل‌قبولی را دارند.

مدل مفهومی مولفه‌ها و نیز شاخصه‌های هر کدام از آنان، در نرم‌افزار تحلیلی AMOS جهت تایید و نیز تعیین بار عاملی هر کدام از شاخص‌های عوامل ترسیم شد. بر اساس بارهای حاصله رابطه معنادار بین حمل‌ونقل کم‌کربن و توسعه شهری کم‌کربن و نیز توسعه شهری کم‌کربن با اجتماع کم‌کربن در رتبه اول بوده و بیشترین تاثیر را از یکدیگر می‌پذیرند. تمام شاخص‌های عامل حمل‌ونقل کم‌کربن با داشتن بار عاملی بزرگتر از ۱ بیان‌گر برازندگی بالای آن‌ها در مجموع با عامل مربوطه هستند. این امر در عوامل محیط‌زیست کم‌کربن، توسعه شهری کم‌کربن و اجتماع کم‌کربن نیز صدق می‌کند. اما گفتنی است میانگین بار عاملی شاخصه‌های عامل سیاست کم‌کربن، با وجود بالابودن آن‌ها از مقدار ۰.۴، پایین‌تر از میانگین باقی بارهای عاملی شاخص‌های عوامل است که نشان از ارتباط ضعیف آن‌ها با عامل مربوطه دارد (شکل ۷).



شکل (۷). مدل مفهومی رابطه و محاسبه بارهای عاملی متغیرها و مولفه‌ها در حالت استاندارد، (ماخذ: نگارندگان، ۱۴۰۱)

در هر صورت همان‌طور که قابل مشاهده است، تمامی آزمون‌های محاسباتی پژوهش با استاندارد آزمون‌های برازندگی معادلات ساختاری، همانندی را نشان می‌دهد و این امر معناداری عوامل و برازش مدل را تایید می‌نماید. همچنین سطح اطمینان و ارزش احتمالی که در جدول برآورد نرم‌افزار مشاهده می‌شود، بسیار مناسب و نشان‌دهنده سطح اطمینان بالای مدل است. به صورت خلاصه تاییدیه برازندگی تمامی شاخصه‌های عوامل دست یافته شده و معناداری آن‌ها اثبات گشت (جدول ۷).

جدول (۷). خلاصه آزمون‌های برازندگی مدل در معادلات ساختاری

ردیف	مقدار مطلوب	شاخص برازش	معنا
۱	<۳/۰۰	χ^2/df	*کای دو نسبی*
۲	>۰/۹	(GFI) Goodness of Fit Index	شاخص نیکویی برازش
۳	>۰/۹	(AGFI) Adjusted Goodness of Fit Index	شاخص نیکویی برازش اصلاح شده
۴	<۰/۰۵	(RMR) Root Mean square Residual	شاخص ریشه میانگین مربعات باقی‌مانده
۵	>۰/۹	(NFI) Normed Fit Index	شاخص برازش هنجار شده
۶	>۰/۹	(NNFI) Non-Normed Fit Index	شاخص برازش غیر نرم
۷	>۰/۹	(IFI) Incremental Fit Index	شاخص برازش افزایشی
۸	>۰/۹	(CFI) Comparative Fit Index	شاخص برازش تطبیقی
۹	<۰/۰۸	(RMSEA) Root Mean Square Error of Approximation	حداقل مجموع مجذورات خطاها

ماخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۱

با توجه به آستانه‌های تعریف شده، شاخص‌های برازش به دست آمده متناسب با سطح مورد تایید است. این جدول بیشتر مفهومی بوده و در نمودار و شکل جایی مشخصی ندارد. در فایل‌های جانبی و لایه‌های پنهان پژوهش و مراحل مختلف آن تهیه گردیده است. برترین آزمون‌های مدل‌یابی و برازندگی معادلات ساختاری انجام شده است که در نهایت نتایج محاسبه مدل مفهومی نرم‌افزار AMOS با این جدول ارزیابی می‌شود. همچنین سطح اطمینان و ارزش احتمالی که در جدول برآورد نرم‌افزار ارائه شده است، بسیار مناسب بوده و سطح اطمینان بالای مدل را نشان می‌دهد.

جدول (۸). مولفه‌ها، شاخصه‌ها و بارعاملی هر کدام

مولفه	شاخص	کد	بار عاملی
حمل‌ونقل کم‌کربن	استفاده از سیستم هوشمند کنترل ترافیک	X1	۱.۰۳
	استفاده از خودروهای دوستدار محیط‌زیست و کم‌کربن	X2	۱.۱۸
	بروزرسانی سیستم‌های حمل‌ونقل	X3	۱.۳۰
	دوچرخه	X4	۱.۲۷
	اجرای طرح‌ها کنترل ترافیک	X5	۱.۰۰
	وجود زمینه‌های لازم برای پیاده‌روی در سطح منطقه	X6	۱.۱۳
محیط‌زیست کم‌کربن	توسعه شبکه سبز (پارک، فضای سبز، زیستگاه‌ها)	X7	۱.۱۸
	حفظ و مدیریت جنگل‌ها	X8	۱.۴۳
	حفظ و مدیریت زمین	X9	۱.۴۰
	مدیریت منابع و پسماندها	X10	۱.۴۲
	بازیافت	X11	۱.۰۲
	استفاده از انرژی خورشیدی	X12	۱.۲۸
	ترویج استفاده از سیستم‌های نوآورانه الکتریکی کم‌کربن	X13	۱.۳۱
	استفاده کمتر از انرژی‌های فسیلی	X14	۱.۰۷
	ساخت ساختمان‌های هوشمند	X15	۱.۰۰
توسعه شهری کم‌کربن	ارائه و اجرای طرح شهری پیاده محور و دوچرخه محور	X16	۱.۱۹
	وجود خیابان‌های قابل پیاده‌روی و بلوک‌هایی با مقیاس انسانی جهت تسهیل جریان پیاده‌روی	X17	۱.۲۵
	به کارگیری تکنیک‌های ساختمان‌سازی سبز	X18	۱.۲۰
	الگوی توسعه مختلط شهری	X19	۱.۱۹
	الگوی توسعه با تراکم بالا	X20	۱.۱۱
	الگوی شهر فشرده	X21	۱.۱۵
	نصب فن‌آوری‌های کم‌کربن در فرآیندهای صنعتی	X22	۱.۰۰
اجتماع کم‌کربن	استفاده از خودروهای دوستدار محیط‌زیست و کم‌کربن	X23	۱.۳۱
	احساس مسئولیت شهروندان نسبت به محل زندگی	X24	۱.۵۴
	وجود فرهنگ مصرف سبز	X25	۱.۴۶
	تشویق به صرفه‌جویی	X26	۱.۴۲
	تشویق مشارکت عمومی مردم	X27	۱.۰۰
سیاست کم‌کربن	تنظیم نرخ مالیات برای وسایل نقلیه کارآمد	X28	۰.۵۷
	تدوین مقررات زیست‌محیطی برای کارخانه‌ها	X29	۰.۹۹
	قانون اساسی برای محیط و سیستم حمل‌ونقل دوستدار دوچرخه	X30	۱.۰۶
	تدوین استانداردهایی برای ارزیابی عملکرد زیست‌محیطی ساختمان‌ها	X31	۱.۰۰

ماخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۱

بر اساس هدف و سوال پژوهش، نسبت به مقایسه نتایج مدل با پیشینه پژوهش و تحلیل وضعیت کلی اقدام شد. در مولفه حمل‌ونقل کم‌کربن موضوع حمل‌ونقل عمومی با دریافت بار عاملی ۱.۳۷ و نیز موضوع دوچرخه‌سواری با دریافت ۱.۲۷ بار عاملی، بیان‌گر نیاز به توجه بیشتر در این حوزه به خود اثبات کردند. در سطح بین‌المللی نیز حمل‌ونقل عمومی به دلیل جابه‌جایی تعداد

زیادی افراد در واحد زمان و سطح و دوچرخه‌سواری نیز به عنوان شاخصه‌ای از شهر سالم، همواره در سطح برتری از عوامل موثر بر موضوع کم‌کربن‌سازی شهری قرارگرفته‌اند (جدول ۸).

حفظ محیط‌زیست همواره یکی از پایه‌های توسعه پایدار بوده است. محیط‌زیست کم‌کربن متشکل از شاخص‌هایی است که تاثیرات متفاوتی بر کم‌کربن‌سازی شهری دارند. شاخصه‌های حفظ و مدیریت زمین، حفظ و مدیریت جنگل‌ها و مدیریت منابع و پسماندها به ترتیب با دریافت ۱.۴۰، ۱.۴۳ و ۱.۴۲ بارعاملی نشان‌گر آن شدند که بیشترین تاثیر را بر کم‌کربن‌سازی محیط‌زیست دارند که مستقیما بر کم‌کربن‌سازی شهر نیز تاثیر گذارند. اهمیت این معیار در سطح بین المللی با پرداخت‌های زیاد به مسئله حفظ و توسعه منابع آشکار است (جدول ۸).

مولفه توسعه شهری کم‌کربن به عنوان عاملی پایه و نیاز اساسی جهت بهبود تصمیم‌گیری در طرح‌های فرادست است. در همین راستا شاخص‌ها بر اساس میزان تاثیر آن‌ها بر کم‌کربن‌سازی توسعه بایستی اولویت‌بندی شده و مورد توجه قرار گیرند. به صورت کلی بالاترین بارهای عاملی متعلق به شاخصه‌هایی است که توجه خاصی به پیاده‌مداری و عوامل موثر بر گسترش آن، دوچرخه‌سواری و نیز اختلاط کاربری دارد. این شاخصه‌ها اشاره به توسعه فضاهای عمومی و افزایش پیوستگی مسیرهای پیاده و ایجاد پراکندگی در ارائه خدمات است. پیشینه پژوهش نیز به طور واضح اهمیت مسئله فضاهای عمومی و پیاده‌مداری و نیز عوامل بر تشویق به استفاده از آن‌ها را بیان می‌کند (جدول ۸).

شاخص‌های مولفه اجتماع کم‌کربن آمیخته به فرهنگ بوده که تاثیر به سزایی را در نوع رفتار شهروندان دارد. بیان اینکه بالاترین بارهای عاملی بین تمامی شاخص‌ها مربوط به شاخص‌های این مولفه بوده نیز حائز اهمیت است. به صورت کلی کم‌کربن‌سازی شهری به صورت مستقیم نیز از رفتار و تصمیمات شهروندان تاثیر زیادی را می‌پذیرد. به طوری که احساس مسئولیت شهروندان با بار عاملی ۱.۵۴ می‌تواند به زیرشاخه‌های رفتاری مثلا صرفه‌جویی در مصرف انرژی، مصرف سبز، رغبت به مشارکت و ... تقسیم می‌گردد. گفتنی است موارد ذکر شده به صورت جمعی در این مولفه، تحت تاثیر آموزش قرار دارند. در سطح جهانی نیز با اهمیت این مولفه روبرو شده و راه‌کارهایی مثل سبز کردن مدارس و ... مسئله آموزش در این حوزه و فرهنگ‌سازی را در دستور کار خود قرار داده‌اند (جدول ۸).

مولفه سیاست کم‌کربن غالب‌ترین مولفه بر سایر مولفه‌ها است؛ چرا که تصمیمات اتخاذ شده در سایر مولفه‌ها نشات‌گرفته از سیاست‌های متنوع است. اما به دلیل تاثیرگذاری غیرمستقیم به طور میانگین بارعاملی کمتری را دریافت کرده است. در سطح بین المللی نیز تمامی سیاست‌های گوناگون پایه اتخاذ تصمیمات و ارائه راه‌کارهای متنوع بوده‌اند. لذا سیاست‌های کم‌کربن در کم‌کربن‌سازی شهری تاثیر گسترده و جدی را خواهند داشت (جدول ۸).

به طور کلی یافته‌ها بیان‌گر آن است که تمام مولفه‌ها به صورت مستقیم و غیرمستقیم بر مسئله کم‌کربن‌سازی شهری موثر بوده و میزان میانگین کارآمدی و ارتباط هر مولفه با سایر، بر میزان کیفیت و مطلوبیت هوای شهر موثر خواهد بود.

نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با هدف بررسی‌وتبیین عوامل موثر بر کم‌کربن‌سازی شهری انجام گرفت. در همین راستا ابتدا عوامل و شاخصه‌های مربوطه از مبانی نظری و پیشینه پژوهش استخراج و سپس با استفاده از نرم‌افزارهای SPSS21 و AMOS23 به تعیین بارهای عاملی و در نهایت تحلیل برازندگی شاخص‌ها نسبت به عوامل هر کدام پرداخته شد. نتایج حاصله بیان‌گر آن شد تمامی شاخص‌ها بار عاملی بالای ۰.۴ داشته و از برازندگی مطلوبی برخوردار هستند (شکل ۷). به این معنا که عوامل مستخرجه و شاخصه‌های آن‌ها، می‌توانند به عنوان عوامل موثر بر کم‌کربن‌سازی شهر در نظر گرفته شوند و با توجه به موقعیت اقلیمی، جغرافیایی، شهری و ... از آن‌ها در طرح‌های فرادست و تصمیمات کلان در آینده استفاده نمود؛ که در پایان به هدف پژوهش دست یافته شد.

با توجه به گسترده بودن حوزه این پژوهش، ابعاد گوناگون و با شاخصه‌های متفاوت و نیز سهم متنوع، بر کم‌کربن‌سازی شهری موثر واقع شدند. شاخصه‌هایی که بالاترین سطح از بار عاملی را دارند در حوزه حفظ جنگل‌ها، حمل‌ونقل پاک و

پیاده‌محوری، استفاده از انرژی‌های پاک و ... بوده که بیان هشداری بر سیاست‌های اتخاذ شده در توسعه شهری دارد. پرداختن به این شاخصه‌ها به دو روش حفظ منابع ارزشمند و توسعه پایدار و نیز ایجاد زیر ساخت‌های لازم به جهت اجرای فعالیت‌هایی با تولید کربن کم صورت می‌گیرد. در واقع شهر کم‌کربن گامی بزرگ در راستای حرکت به سمت همکاری موثر بر کوشش جهانی در کاستن گازهای گلخانه‌ای بوده و تاثیر به سزایی را در مانع شدن بر تغییرات بزرگ اقلیمی و عواقب نامطلوب ناشی از آن را دارد. همچنین می‌توان گفت یکی از سه ضلع توسعه پایدار با ایجاد شهر کم‌کربن تا حد زیادی قابل دسترس خواهد بود.

شهر ارومیه نیز با دارا بودن پتانسیل‌های متنوع و نیز شاخصه‌های برتر کم‌کربن‌سازی شهری، می‌تواند با اخذ تصمیمات صحیح و برنامه زمان‌بندی شده، در طول دوره‌ای موعود در جهت کم‌کربن‌سازی خود حرکت کند؛ بیان می‌شود که دست‌یابی به این هدف نیازمند همکاری جدی ارگان‌های مسئول در حوزه‌های مختلف است. در همین راستا پیشنهاداتی را با توجه به مبانی نظری، پیشینه و از همه مهم‌تر نتایج حاصله از تحلیل بارهای عاملی شاخصه‌های عوامل، پیشنهاداتی جهت کم‌کربن‌سازی شهر ارومیه در قالب جدولی ارائه گشت:

راهبردهای پیشنهادی

- بازآفرینی بافت‌های فرسوده با رویکرد شهر سبز.
- استفاده از اراضی قهوه‌ای و یا زمین‌های خالی و یا بازآفرینی بافت‌های فرسوده بخش مرکز شهر.
- حرکت به سمت شهری سبز با دخالت دادن سبزینگی به ابنیه‌ها.
- ایجاد مرکز خدماتی و گردشگری در حاشیه رودخانه در راستای برجسته‌سازی فضا و تشویق به پیاده‌روی.
- افزایش خدمات الکترونیک و حرکت به سمت شهر هوشمند.
- ایجاد مراکز خدماتی پیاده‌محور تا مرز محدوده فراگیر رودخانه شهر.
- ایجاد مراکز خدماتی در محدوده بلافاصل فضاهای سبز وسیع.

منابع

آقاعمو، راضیه السادات و حقیقت نائینی، غلامرضا، (۱۳۹۲)، ***شناسایی شاخص‌های شهر کم‌کربن***، همایش ملی معماری، فرهنگ و مدیریت شهری، کرج.

آقاعمو، راضیه سادات و قاضی میرسعید، سیدمجتبی، (۱۴۰۰)، ***بررسی مفاهیم و تجارب جهانی در رابطه با شهر کم‌کربن***، اولین کنفرانس ملی مدیریت سبز پسماند، اردبیل.

پناهی، حسین. محمدزاده، پرویز. اکبری، اکرم، (۱۳۹۳)، «رابطه بین تقاضای انرژی و حمل و نقل خانوارهای شهری و آلودگی محیطزیست از طریق انتشار گازهای گلخانه‌ای در استان‌های ایران»، *نشریه علمی جغرافیا و برنامه‌ریزی*، سال ۱۸، شماره ۵۰، زمستان ۱۳۹۳، صفحات ۵۳-۲۹.

حق بیان، رسول، (۱۳۹۸)، شهر کم‌کربن؛ تعیین اصول و ارائه سیاست‌های اجرایی برای شهر تهران. *چهارمین کنگره بین المللی توسعه کشاورزی منابع طبیعی*، محیطزیست و گردشگری ایران.

روستا، مریم. جوادپور، مسعود. عبادی، مریم، (۱۳۹۹)، «تدوین مدل «محله کم‌کربن» به منظور کاربست در برنامه‌ریزی و طراحی شهری». *دانش شهرسازی*. دوره ۴، شماره ۱، صفحات ۳۳-۴۸.

سرشماری عمومی نفوس و مسکن سازمان آمار، ۱۳۹۵

شاه‌محمدی، عاطفه. بیات، علی و مشهدی‌زاده ملکی، سعید، (۱۳۹۹)، «بررسی آلودگی هوای شهر تبریز با استفاده از برآوردهای دی‌اکسید نیتروژن سنجنده اُمی»، *نشریه علمی جغرافیا و برنامه‌ریزی*، سال ۲۴، شماره ۷۱، بهار ۱۳۹۹، صفحات ۲۱۹-۲۰۱.

عابدینی، اصغر، و خلیلی، امین، (۱۳۹۶)، «سنجش پراکنده‌رویی شهری با استفاده از داده‌های فضایی_زمانی مطالعه موردی: شهر ارومیه»، *فصلنامه مطالعات شهری*، دوره ۷، شماره ۲۵، زمستان ۱۳۹۶، صفحات ۷۶-۶۳.

لطفی، سهند. شعله، مهسا. فرمند، مریم و فتاحی، کاوه، (۱۳۹۵)، «تدوین معیارهای طراحی شهری برای محله‌های بدون کربن». *نقش جهان*. دوره ۶، شماره ۱، ۹۲-۸۰.

محمدباقری، اعظم، (۱۳۹۴)، لزوم تمرکز بر توسعه شهرهای کم‌کربن در ساختار مدیریت شهری، *اولین کنفرانس سالانه پژوهش‌های معماری*، شهرسازی و مدیریت شهری.

نجاتی، مهدی. جلایی، سیدعبدالمجید. زعیمی، پگاه باوقار، (۱۳۹۸)، «بررسی اثر رشد تولیدات و مصرف انرژی بر انتشار دی‌اکسیدکربن با تاکید بر بخش‌های مختلف اقتصادی ایران»، *نشریه علمی جغرافیا و برنامه‌ریزی*، سال ۲۳، شماره ۶۹، پاییز ۱۳۹۸، صفحات ۲۸۰-۲۵۷.

Abdel-Aziz Mohamed, A.A. F., (2013), Alexandria Zero Carbon City Case Study: Mostafa Kamel Residential Shiakhaa, East District, Thesis Submitted to the Graduate Studies, Architectural Engineering Department, Faculty of Engineering, Alexandria University.

Chen, F., Zhu, D., (2013), Theoretical research on low-carbon city and empirical study of Shanghai. Habitat International, 37, 33-42.

Cheshmehzangi, A., Xie, L., & Tan-Mullins, M., (2018), The role of international actors in low-carbon transitions of Shenzhen's International Low Carbon City in China. Cities, 74, 64-74.

Hannallah, G .M & Faragallah, R. N., (2009), Zero-Carbon Cities as a New Realization of Sustainable Cities in csfs. bue.edu.eg/.../Sustainability %20and %20the %20 Future/124.pdf.

Kamal-Chaoui, L., & Robert, A., (2009), **"Competitive Cities and Climate Change",** OECD Regional Development Working Papers, OECD, Paris.

Liu, W., Wang, C., Xie, X., Mol, A. P., & Chen, J., (2012), Transition to a low-carbon city: lessons learned from Suzhou in China. Frontiers of Environmental Science & Engineering, 6(3), 373-386.

Low Carbon Cities Framework and Assessment System, Developed by KETTHA, Malaysia, 2011.

Lv, Y., Bi, J., & Yan, J., (2018), State-of-The-Art in Low Carbon Community. Energy for a Clean Environment, 19 (3-4), 175-200.

Olivier, J. G. J & Janssens-Maenhout, G & Muntean, M & Peters, J. A.H. W., (2015), Trends in Global Co2emissions, PBL Netherlands Environmental Assessment Agency Institute for Environment and Sustainability (IES) of the European Commission's Joint Research Centre (JRC).

Steffen, A., (2012), "Carbon zero: Imagining cities that can save the planet." USA, November.

Sununta, N., Kongboon, R., & Sampattagul, S., (2019), GHG evaluation and mitigation planning for low carbon city case study: Dan Sai Municipality. Journal of Cleaner Production, 228, 1345-1353.

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,1-12.

Tyler, B., (2011), Low -carbon communities: an analysis of the state of low -carbon community design. United States: American Institute of Architects (AIA).

Wang, C., & Lin, J., & Cai, W., & Zhang, Z.X., (2013), Policies and Practices of Low Carbon City Development in China, Energy & Environment· Vol. 24, No. 7&8.

Wang, Y., Song, Q., He, J., & Qi, Y., (2015), Developing low-carbon cities through pilots. Climate Policy, 15, 81-103.

Wenyao, Yang, (2010), Practice and Innovation of Low-carbon Concept in the Planning of Hongqiao Business District, the impact of spatial planning, urban design and built form on urban sustainability, 46thISOCARP Congress.

Williams, J., (2016), Can low carbon city experiments transform the development regime? Futures, 77, 80-96.

Witting, R., Breuste, J., Finke, L., Kleyer, M., Rebele, F., Reidl, K., ... & Werner, P., (2008), What Should an Ideal City Look Like from an Ecological View? –Ecological Demands on the Future City. In Urban Ecology (pp. 691-698). Springer, Boston, MA.

Zhang, N., Yu, K., & Chen, Z., (2017), How does urbanization affect carbon dioxide emissions? Across-country panel data analysis. Energy Policy, 107, 678-687.

Zhou, G., Singh, J., Wu, J., Sinha, R., Laurenti, R., & Frostell, B., (2015), Evaluating low-carbon city initiatives from the DPSIR framework perspective. Habitat International, 50, 289-299.