

Measuring the Components of Smart Environment Promotion in the 12th District of Tehran

Farzaneh Sasanpour^{1✉}, Omid Saeidi², Seyedeh Masoumeh Razavi³, Masoud Saeidi⁴

1. Associate Professor of Geography & Urban Planning, Kharazmi University, Tehran, Iran

✉ E-mail: sasanpour@khu.ac.ir

2. Ph.D Student of Geography and Urban Planning, Kharazmi University, Tehran, Iran

E-mail: omid.saeidi16@gmail.com

3. Ph.D Student of Geography and Urban Planning, Kharazmi University, Tehran, Iran

E-mail: razavii.masomeh.95@gmail.com

4. M. Sc Student of Geography and Urban Planning, Kharazmi University, Tehran, Iran

E-mail: masood7saeedi@gmail.com



How to Cite: Sasanpour, F; Saeidi, O; Razavi, S M; & Saeidi, M. (2025). Measuring the Components of Smart Environment Promotion in the 12th District of Tehran. *Geography and Development*, 23 (79), 73-102.

DOI: <http://dx.doi.org/10.22111/GDIJ.2024.46951.3587>

Received:

15 October 2023

Received in revised form:

24 April 2024

Accepted:

16 November 2024

Published online:

10 June 2025

ABSTRACT

Currently, the smart environment and its promotion is one of the important issues in the field of environmental protection. The European Union, as an international organization, has set indicators to measure and evaluate actions and efforts to promote a smart environment. Therefore, the present study aims to measure the components of smart environment improvement based on the indicators of the European Union Commission in the neighborhoods of the 12th district of Tehran. The current research is applied in terms of its descriptive-analytical nature, which was carried out by using a combination of quantitative and qualitative models. The methods of data collection in this research are documentary-library and field. The statistical population of the research was formed by 60 experts using the Delphi technique. Finally, the Marcus method and structural equations were used to analyze the variables. The results show that the indicators of the smart environment are different from each other in terms of importance. The index of environment and environmental pollutants has the highest score with an average rating of 1.81 and the index of green planning has the lowest score with a score of 1.06. Also, the results show that; The significance level obtained from the Friedman test is less than 0.05, as a result, there is a difference between the indicators of the smart environment at the level of 6 sub-districts of the 12th district of Tehran at the 95% confidence level. Also, considering the positivity of the sharing index and the redundancy index and the three values of 0.01, 0.25, 0.36 which are introduced as weak, medium and strong values for GOF and obtaining a value of 0.50 for GOF, the appropriate fit of the model is confirmed. The results of Marcus analysis also show that the 4th region has more weight in different aspects of environmental protection and natural resource management, and other regions have different effects in some dimensions.

Keywords:

Smart environment,
EU commission,
Tehran,
MARCOS.



© the Author(s).

Publisher: University of Sistan and Baluchestan

1. Introduction

When creating a smart environment, attention must be paid to optimizing energy consumption, utilizing natural renewable energy sources, protecting living and non-living natural entities, and preserving resources. This approach requires a smart, educated society with continuous environmental training and competence to address ecological challenges, which is one of the six components of a smart city system. Currently, smart environments and their enhancement are critical topics in environmental conservation. The European Union, as

an international organization, has established indicators to measure and evaluate efforts to promote smart environments. However, in the neighborhoods of Tehran's District 12, these components and indicators have not been fully implemented, necessitating further action. This study aims to assess the components of smart environment enhancement based on the European Union Commission's indicators in District 12 of Tehran and addresses the question: How do the neighborhoods of District 12 in metropolitan Tehran perform in terms of smart environment indicators?

2. Materials and Methods

This applied, descriptive-analytical research employs mixed quantitative and qualitative methods. Data collection involved documentary, library, and field research. The statistical population included 60 experts surveyed using the Delphi technique. For variable analysis, the MARCOS model and structural equation modeling (SEM) were utilized. Interviews with experts continued until consensus was reached. After gathering indicators and variables, an interaction matrix was developed in two stages, with indicators placed in rows and columns. Numerical scores (0–3) were assigned for weighting (0 = no impact, 1 = low, 2 = moderate, 3 = high). Data analysis involved Friedman tests for primary indicators, SEM path modeling via Smart PLS software (assessing internal and external models), and convergent/divergent validity tests. Reliability was evaluated using T-statistics. The MARCOS model was applied to analyze smart environment indicators across the six sub-districts.

3. Results and Discussion

Findings revealed significant differences in the importance of smart environment indicators. The environmental and pollutant indicators had the highest mean rank (1.81), while green planning scored the lowest (1.06). The Friedman test ($p < 0.05$) confirmed significant disparities in smart environment indicators across the six sub-districts. Sub-districts 6 and 4 ranked highest (mean ranks: 2.88 and 2.79), while Sub-district 1 scored lowest (2.21). SEM analysis, with a goodness-of-fit (GOF) of 0.50, validated the model's robustness. The MARCOS model highlighted Sub-district 4's stronger performance in environmental protection and resource management, while Sub-district 1 underperformed in carbon reduction and greenhouse gas control. Water resource management was more effective in Sub-districts 3 and 5, while smart networks showed no significant differences across sub-districts.

4. Conclusion

The study revealed that the importance of smart environmental indicators varies significantly; in other words, from the respondents' perspective, the smart environment indicators do not share equal priority. Specifically, the environmental and pollutant indicators received the highest priority, while green planning was considered the least important. Furthermore, Districts 4 and 6 performed better in various dimensions such as environmental protection, green energy, and urban food tourism, whereas District 1 showed weaker performance in some indicators like carbon emission reduction and greenhouse gas control. In the dimension of water resource management, Districts 3 and 5 had greater influence, and no significant differences were observed among districts regarding smart networks. Overall, the findings indicate that certain districts in District 12, especially District 4, play a more effective role in achieving a smart environment, which can serve as a valuable guide for future urban sustainable development policies and planning.

Keywords: Smart environment, European union commission, Tehran, MARCOS.

5. References

- Alaei, R., Rahnama, M. R., Shokoohi, A., & Farghani, A (2023). Explaining scenarios for a smart environment in Mashhad metropolis. *Geographical Research*, 38(2). [In Persian].
https://georesearch.ir/browse.php?a_id=1442&sid=1&slc_lang=fa
- Alvandi, A., & Shams, M (2019). An analysis of the requirements and essentials of smart urban growth (Case study: Tuyserkan city). *Environmental Planning Quarterly*, 51, Winter. [In Persian].
https://ebtp.malayer.iau.ir/article_680305.html
- Ansarian, M (2020). New technologies, challenges, environmental opportunities. *Specialized Biannual Journal of Contract Law and New Technologies*, 1(2), 203-226. [In Persian].
https://mtlj.usc.ac.ir/article_127904.htm
- Brinzel, R., Prakash, B., & Avinash, G (2019). Smart Environmental Monitoring System. *International Journal of Green Computing*. 10 (1). 43-54.
<https://afoui.org/environment-and-sustainability>
- Brkljacis, T., Majestic, F., & Tarabic, B.N (2017). Smart Environment: Cyber Parks (connecting Nature and Technology). *Handbook of Research on Entrepreneurial Development and Innovation within Smart Cities*. Publisher: IGI Global.
https://www.researchgate.net/publication/315161050_Smart_Environment_Cyber_Parks_Connecting_Nature_and_Technology
- Caragliu, A., Del Bo, C. and Nijkamp, P (2009) Smart Cities in Europe. *Proceedings of the 3rd Central European Conference in Regional Science-CERS 2009*, Kosice, 7-9 October 2009, 49-59.
<https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=1239981>
- Davies, Peter (2017). *European Union environmental law: an introduction to key selected issues*, Taylor and Francis publisher.
<https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.4324/9781315255835/european-union-environmental-law-peter-davies>
- Crivello S (2014). Urban Policy Mobilities: The Case of Turin as a Smart City, *European Planning Studies*, 23(5), 909-921 .
<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09654313.2014.891568>
- European Parliament. Directorate General for Research (2009). *Fact Sheets on the European Union*. Office for Official Publications of the European Communities.
<https://www.europarl.europa.eu/factsheets/en/home>
- Fernandez, A., Alvarez, J., Ortega, A. Gonzalez, L (2009). Smart Environment Software Reference Architecture. *Fifth International Joint Conference on INC, IMS and IDC*.
<https://ieeexplore.ieee.org/document/5331692>
- Hatami, A., Sasanpour, F., Ziparo, A., & Soleimani, M (2021). Sustainable smart city: Concepts, dimensions, and indicators. *Applied Researches in Geographical Sciences*, 21(60), Spring. [In Persian].
<https://jgs.khu.ac.ir/article-1-3122-fa.html>
- Karimi, M (2021). Environmental policy of the European Union. *Quarterly of Political Spatial Planning*, 3(3), Summer. [In Persian].
<https://psp.modares.ac.ir/article-42-55793-fa.html>

- Kharazmi, O. A., Ghafoorian, M., Sabouri, M., & Sardar, S (2022). Challenges of smart environment in Mashhad metropolis using the DPSIR model. *Geography and Urban Space Development*, 9(2), 17-36. [In Persian].
https://jgusd.um.ac.ir/article_40501.html
- Kiani, A (2011). Smart city: A necessity of the third millennium in integrated electronic municipality interactions (Providing an executive conceptual model with emphasis on Iranian cities). *Environmental Planning*, 4, 39-64, Autumn. [In Persian].
<https://www.noormags.ir/view/ar/articlepage/1016719/>
- Miri, S., Sohrabzadeh, M., & Niazi, M (2021). Investigating the role of civic culture in promoting a smart environment. *Iranian Association for Cultural and Communication Studies Quarterly/Online Journal*, 2021. [In Persian].
https://www.jcsc.ir/article_248013_0b44b11958e1095cf6175806e1dcc93d.pdf
- Mousavi Hasani, S. M (2022). Theories of smart cities. *Geography and Human Relations*, 5(2), 1-20. [In Persian].
https://www.gahr.ir/article_158449.html
- Nazarov, A., Tovmasyan, N., & Kovtun, D (2021). Smart City Technology: Ecological Sustainability. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 295, 01032). EDP Sciences.
https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2021/71/e3sconf_wfsdi2021_01032.pdf
- Pourjavan, K (2019). Explaining smart cities and solutions for smart urban transportation. *Karafan Scientific Biannual Journal*, 45, 15-34. [In Persian].
https://karafan.tvu.ac.ir/article_100529.html
- Scholl, H. J., & Scholl, M. C (2014). Smart governance: A roadmap for research and practice. *ICConference 2014 proceedings*.
<https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/016146811912101412>
- Tavakkol-Hamdani, F (2018). Key performance indicators in smart cities; along with their measurement methods. Tehran Municipality Information and Communication Technology Organization, Secretariat and Tehran Smart Center, Tehran Municipality ICT Organization Publications. [In Persian].
<https://smartrighttogether.ir/key-performance-indicators-for-sustainable-smart-cities/>
- Vijendran, S., Schlutz, J., Gerst, A., Istasse, E., De Mey, S., & Schmitt, D (2021, September). ESA Terrae Novae exploration strategy 2040. In *European planetary science congress* (pp. EPSC2021-798).
<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2021EPSC...15..798V/abstract>
- Villanueva-Rosales, N., Cheu, R. L., Gates, A., Rivera, N., Mondragon, O., Cabrera, S Prochazkova, D (2015). A collaborative, interdisciplinary initiative for a smart cities innovation network. In *2015 IEEE First International Smart Cities Conference (ISC2)* 1-2). IEEE.
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7366179>

سنجش مؤلفه‌های ارتقای محیط زیست هوشمند در نواحی منطقه ۱۲ تهران

دکتر فرزانه ساسان پور^{۱*}، امید سعیدی^۲، سیده معصومه رضوی^۳، مسعود سعیدی^۴

مقاله پژوهشی

چکیده

در حال حاضر، محیط زیست هوشمند و ارتقای آن یکی از موضوعات مهم در حوزه حفاظت از محیط زیست است. اتحادیه اروپا به عنوان یک سازمان بین‌المللی، شاخص‌هایی را برای سنجش و ارزیابی اقدامات و تلاش‌ها جهت ارتقای محیط زیست هوشمند تعیین کرده است؛ از این رو هدف پژوهش حاضر، سنجش مؤلفه‌های ارتقای محیط زیست هوشمند بر اساس شاخص‌های کمیسیون اتحادیه اروپا در محلات منطقه ۱۲ تهران است. پژوهش حاضر از نظر هدف کاربردی و از نظر ماهیت، توصیفی-تحلیلی است که با به‌کارگیری ترکیبی از مدل‌های کمی و کیفی انجام گرفته است. شیوه‌های جمع‌آوری داده در این تحقیق، اسنادی-کتابخانه‌ای و میدانی است. جامعه آماری تحقیق را ۶۰ نفر از کارشناسان با استفاده از تکنیک «دلفی» تشکیل داده‌اند. در نهایت جهت تجزیه و تحلیل متغیرها از روش «مارکوس» و معادلات ساختاری بهره گرفته شد. نتایج نشان می‌دهد شاخص‌های محیط زیست هوشمند به لحاظ اهمیت به همدیگر متفاوت هستند. بر این اساس شاخص محیط زیست و آلاینده‌های زیست‌محیطی با میانگین رتبه‌ای ۱/۸۱ بالاترین امتیاز و شاخص برنامه‌ریزی سبز با امتیاز ۱/۰۶ پایین‌ترین امتیاز را دارا است. همچنین نتایج نشان می‌دهد که سطح معناداری به‌دست آمده از آزمون «فریدمن» کمتر از ۰/۰۵ است، در نتیجه بین شاخص‌های محیط زیست هوشمند در سطح نواحی ۶گانه منطقه دوازده تهران در سطح ۹۵ درصد اطمینان تفاوت وجود دارد. همچنین با توجه به مثبت بودن شاخص اشتراک و شاخص افزونگی و سه مقدار ۰/۰۱، ۰/۲۵، ۰/۳۶ که به عنوان مقادیر ضعیف، متوسط و قوی برای «GOF» معرفی شده است و حصول مقدار ۰/۵۰، برای «GOF»، برازش مناسب مدل تأیید می‌گردد. نتایج تحلیل «مارکوس» هم نشان می‌دهد ناحیه ۴ در بعدهای مختلف حفاظت از محیط زیست و مدیریت منابع طبیعی، وزن بیشتری دارد و نواحی دیگر نیز در بعضی از ابعاد، تأثیر متفاوتی دارند.

جغرافیا و توسعه، شماره ۷۹، تابستان ۱۴۰۴
تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۷/۲۳
تاریخ بازنگری داور: ۱۴۰۳/۰۲/۰۵
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۸/۲۶
صفحات: ۷۳-۱۰۲



واژه‌های کلیدی:

محیط زیست هوشمند، کمیسیون اتحادیه اروپا، تهران، «MARCOS».

مقدمه

رشد شهرنشینی با آغاز هزاره سوم که عصر فناوری اطلاعات در عرصه‌های مختلف زندگی شهری است، نسبت به گذشته سرعت بیشتری به خود گرفته است (Crivello, 2014: 23; Scholl, 2014: 163). فقر، تخریب محیط زیست، فقدان خدمات شهری، نزول زیربنای موجود، فقدان دسترسی به زمین و سرپناه و در یک جمله اتلاف سرمایه‌های طبیعی و انسانی، از جمله بحران‌های مربوط به این موضوع هستند (کیانی، ۱۳۹۰: ۱۶). در دهه‌های اخیر، دولت‌های محلی با مشکلات فراوان فنی و اجتماعی مواجه شده‌اند و راهبردهایی برای پاسخ‌دهی به این مشکلات برگزیده‌اند که عموماً مبتنی بر فناوری اطلاعات پیشرفته است. نتیجه استفاده از فناوری اطلاعات و سایر حوزه‌های مرتبط برای حل مشکلات پیچیده شهری و اداره بهینه شهر، شهر هوشمند یا دولت هوشمند است. با توجه به افزایش تقاضای مردم ساکن در مناطق شهری برای داشتن سبک زندگی کارآمدتر، نیاز به استقرار خوب، سازماندهی شده و کارآمد محیط‌های هوشمند وجود دارد (Villanueva-Rosales et al, 2015: 2). در محیط زیست هوشمند باید تعامل بین سه وظیفه اصلی درک شهروندان، اینترنت‌اشیا و اقدامات احتمالی دولت‌ها، جهت هوشمندسازی محیط زیست سازماندهی شود (Fernandez et al, 2009: 35). از طرف دیگر، شناخت بستر شهر و

۱. دانشیار جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

۲. دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

۳. دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

۴. دانشجوی کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی روستایی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

۱. دانشیار جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران (نویسنده مسئول)

۲. دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

۳. دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

۴. دانشجوی کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی روستایی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

تأثیر مثبت یا منفی شهرهای بزرگ و به‌ویژه کلان‌شهرها از سیستم‌های هوشمند و الکترونیک شهری، امری ضروری است (پورجوان، ۱۳۹۸: ۱۷). تهران نیز به‌عنوان پایتخت و بزرگترین شهر ایران از این روند مستثنی نبوده‌است زیرا که روند فزاینده توسعه شهرنشینی در آن منجر به چالش‌هایی نظیر: تغییرات اقلیمی ناشی از مصرف انرژی، آلودگی هوا و افزایش ترافیک شده و رتبه کیفیت زندگی را در آن به‌شدت کاهش داده است (توکل همدا، ۱۳۹۷: ۵)؛ بنابراین مدیریت منابع زیست‌محیطی که تا حد زیادی دارای رایج است، مستلزم تقویت قابلیت‌های جوامع هوشمند برای مدیریت منابع محیطی با طراحی سیستم و پروتکلی برای مدیریت منابع محیطی مناسب و منطبق با حاکمیت زیست‌محیطی یک شهر هوشمند است. هنگام ایجاد یک محیط زیست هوشمند، باید به مسائل مصرف انرژی بهینه، استفاده از منابع انرژی طبیعی که توسط فرایندهای طبیعی دوباره پر می‌شوند، حفاظت از اشیای طبیعی زنده و بی‌جان و حفظ منابع توجه شود. این رویکرد مستلزم یک جامعه هوشمند آموزش‌دیده با آموزش مداوم محیط زیست و شایستگی برای رویارویی با چالش‌های زیست‌محیطی است که یکی از شش مؤلفه سیستم شهر هوشمند است. در حال حاضر، محیط زیست هوشمند و ارتقای آن یکی از موضوعات مهم در حوزه حفاظت از محیط زیست است. اتحادیه اروپا به‌عنوان یک سازمان بین‌المللی، شاخص‌هایی را برای سنجش و ارزیابی اقدامات و تلاش‌ها در جهت ارتقای محیط زیست هوشمند تعیین کرده است اما در محلات منطقه ۱۲ تهران، این مؤلفه‌ها و شاخص‌ها به‌طور کامل به‌کار گرفته نشده و نیازمند اقدامات بیشتری است؛ از این‌رو هدف پژوهش حاضر سنجش مؤلفه‌های ارتقای محیط زیست هوشمند براساس شاخص‌های کمیسیون اتحادیه اروپا در محلات منطقه ۱۲ تهران است.

پیشینه پژوهش

در زمینه مورد مطالعه، توماسیان نظروف و کوتون^۱ ۲۰۲۱ در پژوهشی با عنوان: «فناوری شهر هوشمند؛ پایداری زیست‌محیطی»، به بررسی ویژگی‌های توسعه‌بردار اکولوژیکی ایجاد شهرهایی با حداکثر امکانات رفاهی برای ساکنان پرداختند. خطرات احتمالی مرتبط با سهل‌انگاری نسبت به اشیای با طبیعت جاندار و بی‌جان فهرست و راه‌های حفاظت از محیط زیست با کیفیت بالا از شهرهای آینده نیز ترسیم شده است. برینزل، آواناش و آوینشن^۲ سال (۲۰۱۹) در پژوهشی با عنوان: «سیستم نظارت بر محیط زیست هوشمند» به این نتیجه رسیدند که جهت کنترل آلودگی هوا باید سیستمی در زمان واقعی به اندازه‌گیری آلاینده‌ها پرداخته و بر محیط زیست هوشمند نظارت داشته باشد. کاراگیلو و چپارا (۲۰۱۸) در تحقیقی که با عنوان: «تأثیر سیاست‌های شهر هوشمند بر نوآوری شهری» انجام دادند به این نتیجه رسیدند که به‌دلیل در دسترس نبودن تمامی خدمات برای طبقات محروم، نابرابری‌های اجتماعی و اقتصادی زیاد می‌شود؛ بنابراین سیاست‌گذاری‌های دقیق، یکی از لازمه‌های حرکت به سمت شهر هوشمند است. برکلجاسیس، ماجکتیس و تارابیک^۳ (۲۰۱۷) در پژوهشی با عنوان: «سیستم نظارت هوشمند بر محیط زیست» به این نتیجه رسیده‌اند که با استفاده از سیستم سنجش کیفیت هوا می‌توان آلاینده‌ها را هم‌زمان با تشخیص، کنترل نمود.

علائی و همکاران (۱۴۰۲) در پژوهشی با عنوان: «تبیین سناریوهای محیط زیست هوشمند در کلان‌شهر مشهد» به این نتایج رسیدند که کلان‌شهر مشهد با دو سناریو در بعد محیط زیست هوشمند مواجه خواهد بود. سناریوی طلایی که همه توصیف‌گرها در وضعیت مطلوب و سناریوی فاجعه که توصیف‌گرها در وضعیت نامطلوبی قرار دارند.

این دو سناریو از میان ۱۱۵ سناریوی ممکن، با سازگاری قوی شناسایی شدند. خوارزمی و همکاران (۱۴۰۱) در پژوهشی با عنوان: «چالش‌های محیط زیست هوشمند در کلان‌شهر مشهد با استفاده از مدل DPSIR» به این نتیجه رسیدند که میزان تأثیرگذاری در صورت وقوع به غیر از بعد مدیریت پسماند، در سایر ابعاد شامل: مدیریت آب، مدیریت یکپارچه زیست‌محیطی، زیباسازی شهری، فرهنگ و هویت، ساختمان هوشمند، مدیریت فاضلاب و توسعه برق سبز بالا بوده است و در احتمال وقوع آینده، گزینه بعد فرهنگ و هویت وضعیت نسبتاً مطلوبی را نسبت به سایر ابعاد به خود اختصاص داده‌اند. در تشریح وضعیت موجود، شاهد وضعیت نامطلوب محیط زیست هوشمند در کلان‌شهر مشهد هستیم. در این پژوهش همچنین راهکارهای پیشنهادی جهت رسیدن به وضعیت مطلوب پیشنهاد گردیده است. میری و همکاران (۱۴۰۰) در پژوهشی به: «بررسی نقش فرهنگ شهروندی در ارتقای محیط زیست هوشمند» پرداختند. نشان‌دادند که محیط‌های هوشمند در حال حاضر یک عامل کلیدی برای اتصال دنیای فیزیکی با دنیای اطلاعات به حساب می‌آیند. نتایج، حاکی از معناداربودن رابطه بین فرهنگ شهروندی بر محیط زیست هوشمند است. همچنین تمام ابعاد فرهنگ شهروندی (عرصه عمومی: کنش عام، دسترسی عام، گفتگوی عام، عرصه خصوصی: مسئولیت‌پذیری، مشارکت‌جویی اجتماعی و قانون‌پذیری اجتماعی و همچنین عرصه عمومی: حکومت‌مداری) حاکی از رابطه معنادار با محیط زیست هوشمند است. انصاریان ۱۳۹۹ در پژوهشی با عنوان: «فناوری‌های نوین، چالش‌ها، مخاطرات و فرصت‌های زیست‌محیطی» با روش کیفی و گردآوری اطلاعات به‌شیوه کتابخانه‌ای، تأثیر فناوری در حفاظت از محیط زیست را مورد بررسی قرارداد. ساسان پور و حاتمی (۱۴۰۲) در پژوهشی با عنوان: «شهر هوشمند پایدار: مفاهیم ابعاد و شاخص‌ها» ضمن معرفی رویکرد هوشمند پایدار به‌عنوان نقطه مقابل رویکردهای نئولیبرال محور؛ خواستگاه پیدایش، تکامل، ابعاد، مؤلفه‌ها، شاخص‌ها و تفاوت‌های این رویکرد با رویکردهای مشابه از جمله شهر هوشمند را مورد بررسی قرار دادند. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که اگرچه تعاریف ثابت و مشخصی در مورد شهر هوشمند پایدار وجود ندارد اما توافق اصولی بر اهداف نهایی آن، رسیدن به توسعه پایدار وجود دارد. الوندی و شمس (۱۳۹۷) در پژوهشی با عنوان: «تحلیلی بر الزامات و بایسته‌های رشد هوشمند شهری شهر تویسرکان» نشان‌دادند که مؤلفه‌های رشد هوشمند شهری بر شرایط اجتماعی، اقتصادی و کالبدی شهر تویسرکان اثرگذار بوده و موجبات کاهش هزینه‌های شهری، بهبود بخشی شرایط زیست‌محیطی و صرفه‌جویی در وقت و زمان شهروندان را فراهم می‌کند.

مبانی نظری

پژوهشگران و محققان، شش بعد کلی را برای یک شهر هوشمند متصور می‌شوند: ۱. اقتصاد هوشمند ۲. تحرک هوشمند ۳. شهروند هوشمند ۴. دولت هوشمند ۵. زندگی هوشمند ۶. محیط زیست هوشمند (علائمی و همکاران، ۱۴۰۲: ۱). محیط‌زیست هوشمند، مکانی جذاب و دارای اقتصادی قوی است که ریشه در منابع آن دارد (Brinzel et al, 2019: 43). محیط زیست با استفاده از «IOT» و فناوری اطلاعات و ارتباطات و ابزارهای حکومت الکترونیک، بر اساس قوانین زیست‌محیطی موجود و شیوه‌های مدیریت دموکراتیک الکترونیکی که برای مدیریت منابع محیطی توسط جامعه هوشمند و برای مداخله ۲۴ ساعته و ۷ روز در هفته برای مدیریت منابع محیطی اعمال می‌شود، خود را هوشمند ساخته است.

نظریه‌های محیط زیست هوشمند عبارتند از:

دیدگاه آلبرت: از این دیدگاه، جوامع هوشمند بر اساس اطلاعات بزرگراه‌ها و شبکه‌های پهن باندها به خانه‌ها، شرکت‌ها، مدارس و کتابخانه‌ها متصل می‌شوند و با برنامه‌هایی که با اجازه اشتراک‌گذاشتن و تبادل اطلاعات تولید شده‌اند، ساخته می‌شوند و دارای چهارعنصر اصلی هستند. کومنینوس در سال ۲۰۰۲ پیشنهاد می‌کند که شهرهای هوشمند بایستی به‌عنوان محیط‌های یادگیری و نوآوری در سطوح کالبدی و مجازی در نظر گرفته شوند. اجزای یک شهر هوشمند شامل جزیره‌ای از نوآوری‌ها است که در سطح کالبدی قرار گرفته‌اند و شامل: تحقیق و توسعه، انتقال تکنولوژی، تأمین مالی نوآوری‌ها، توسعه محصول و شبکه می‌شوند. دیدگاه گیفینجر و همکاران: گیفینجر و همکاران معتقدند که شهر هوشمند، شهری با عملکرد عالی و دارای رویکردی آینده‌نگر است و در رابطه با اقتصاد، مردم، زمامداری، تحرک‌پذیری، محیط زیست و زندگی شهروندان با تمرکز بر ترکیب هوشمندی، مشارکت و فعالیت شهروندانی خودکفا، آگاه و مستقل عمل می‌نماید (موسوی‌حسینی، ۱۴۰۱: ۱۲).

اثر فناوری (تکنولوژی) در دو بعد قابل بررسی است. از یکسو بشر با دسترسی بیشتر به علم و دانش و ترکیب آن با قدرت، بر منابع و مناطق بیشتری تسلط یافت و برای رسیدن به پیشرفت، با در اختیار داشتن فناوری، باعث خسارت به محیط زیست شد. از سوی دیگر، فناوری می‌تواند با وجود علم و خرد بشری به کاستن از مخاطرات و آسیب‌های زیست‌محیطی کمک کند.

فناوری به چند روش به حفاظت از محیط زیست کمک می‌کند. یک روش ساخت دستگاه‌ها و ابزارهایی است که بدون نیاز به انرژی‌های فسیلی یا با نیاز کمتری به آن کار کند. روش دیگر تولید تجهیزاتی است که به‌طور خاص برای سالم‌سازی یا کاستن از آلودگی‌ها و تخریب‌های زیست‌محیطی و استفاده از فرصت‌ها و انرژی‌های موجود ایجاد شده است (انصاریان، ۱۳۹۹: ۲۲۵).

مؤلفه‌های اساسی مجموعه اقدامات با هدف بهبود رفاه شهروندان از طریق دیجیتالی کردن حوزه‌های کلیدی سیاست عبارت‌اند از:

- استفاده از فناوری‌های نوآورانه که کارایی و سازگاری با محیط زیست را در استفاده از تمام سیستم‌های زندگی شهر تضمین می‌کند.
 - ساده‌سازی مدیریت فرآیندهای داخلی شهر با ایجاد یک اتصال متقابل مطمئن و با کیفیت بالا از ارتباطات، فناوری اطلاعات و اینترنت‌اشیا.
 - ایجاد ساختاری که امکان استفاده کارآمد از منابع را فراهم کند.
- استفاده مؤثر از هوش جمعی شهر به‌دلیل تعامل بهینه چندین نوع زیرساخت - مهندسی، اطلاعات و ارتباطات، کسب و کار (Nazarov, Tovmasyan, & Kovtun, 2021:4)

سیاست‌گذاری زیست‌محیطی اتحادیه اروپا

جهان رفته‌رفته با تهدیداتی روبه‌رو می‌شود که هر روز ماهیتی پیچیده‌تر به خود می‌گیرند. یکی از این تهدیدات، تخریب محیط زیست است که به‌صورت مستقیم تهدیدی جدی برای حیات و نوع انسان است. بر همین اساس اتحادیه اروپا و کشورهای عضو، اهمیت این مهم را از دهه ۱۹۶۰ درک کرده و در تلاش برای آمایش مناسب محیط زیست بوده‌اند. در همین راستا در سال ۱۹۹۹ سندی تحت عنوان چشم‌انداز توسعه فضایی (Vijendran, 2021:17) اروپا توسط وزرای برنامه‌ریزی منطقه‌ای در کشورهای عضو اتحادیه اروپا امضا شد و برای اجرا در اختیار همه اعضای

اتحادیه قرار گرفت. این سند ضمانت اجرایی نداشت اما بحران‌های زیست‌محیطی در سراسر اروپا تا حدی جدی شده بود که اغلب اعضا بدون مقاومت شروع به اجرای مفاد آن کردند. در کنار این توافقنامه اسناد دیگری نیز در سال‌های بعدی به امضا رسید که همگی به دنبال سیاست‌گذاری مناسب جهت حفاظت از محیط زیست و جنبه‌های مرتبط با حفاظت از محیط زیست مانند: کاستن از آلودگی، تأمین انرژی پایدار و سالم، تأمین غذا و آب سالم و بهداشتی با در نظر گرفتن نیازهای نسل‌های آتی بودند (کریمی، ۱۴۰۰: ۲۰۶). ماده ۱۱ معاهده عملکرد اتحادیه اروپا به بیان فراگیرترین اصل حفاظت از محیط زیست می‌پردازد. در این ماده آمده است:

«حفاظت از محیط زیست باید جزئی تفکیک‌ناپذیر از محتوا و اجرای سیاست‌های اتحادیه به‌ویژه با چشم‌اندازی بر ارتقای توسعه پایدار باشد» (Davies, 2017: 32).

از سال ۱۹۷۳ کمیسیون، برنامه‌های اقدام چندساله محیط زیست (EAPs) را منتشر کرده است که پیشنهادات و اهداف قانونی آتی را برای سیاست محیط زیست اتحادیه اروپا تعیین می‌کند.

در ماه مه ۲۰۲۲، «EAP» هشتم به‌عنوان دستور کار مشترک اتحادیه اروپا برای سیاست محیط زیست تا پایان سال ۲۰۳۰ مورد توافق قانونی قرار گرفت. این «EAP» تعهد اتحادیه اروپا به چشم‌انداز هفتمین «EAP» برای سال ۲۰۵۰ را تکرار می‌کند: تضمین رفاه برای همه، در عین حال ماندن در سیاره‌ها، مرزها، برنامه جدید اهداف زیست‌محیطی و آب‌وهوای قرارداد سبز اروپا را تأیید می‌کند و بر پایه آن استوار است و چهارچوبی توانمند برای دستیابی به شش هدف اولویت‌دار ارائه می‌دهد:

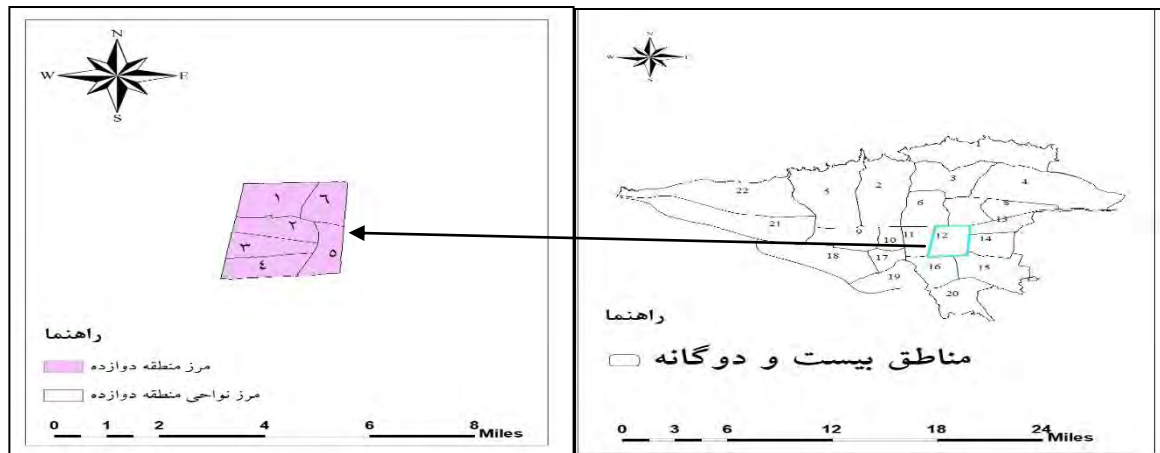
- دستیابی به هدف کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای ۲۰۳۰ و بی‌طرفی آب‌وهوا تا سال ۲۰۵۰.
- افزایش ظرفیت سازگاری، تقویت تاب‌آوری و کاهش آسیب‌پذیری در برابر تغییرات آب‌وهوایی.
- پیشروی به سمت یک مدل رشد احیاکننده، جداکردن رشد اقتصادی از استفاده از منابع و تخریب محیط زیست، و تسریع گذار به یک اقتصاد دایره‌ای.
- دنبال کردن یک جاه‌طلبی بدون آلودگی، از جمله برای هوا، آب و خاک و حفاظت از سلامت و رفاه اروپایی‌ها.
- حفاظت، حفظ و احیای تنوع زیستی و افزایش سرمایه‌های طبیعی (به‌ویژه هوا، آب، خاک و جنگل، آب شیرین، تالاب و اکوسیستم‌های دریایی).
- کاهش فشارهای محیطی و اقلیمی مرتبط با تولید و مصرف (به‌ویژه در زمینه‌های انرژی، توسعه صنعتی، ساختمان‌ها و زیرساخت‌ها، تحرک و سیستم غذایی)^۲

(European Parliament, Directorate General for Research, 2009:12)

داده‌ها و روش مطالعه

محدوده مورد مطالعه

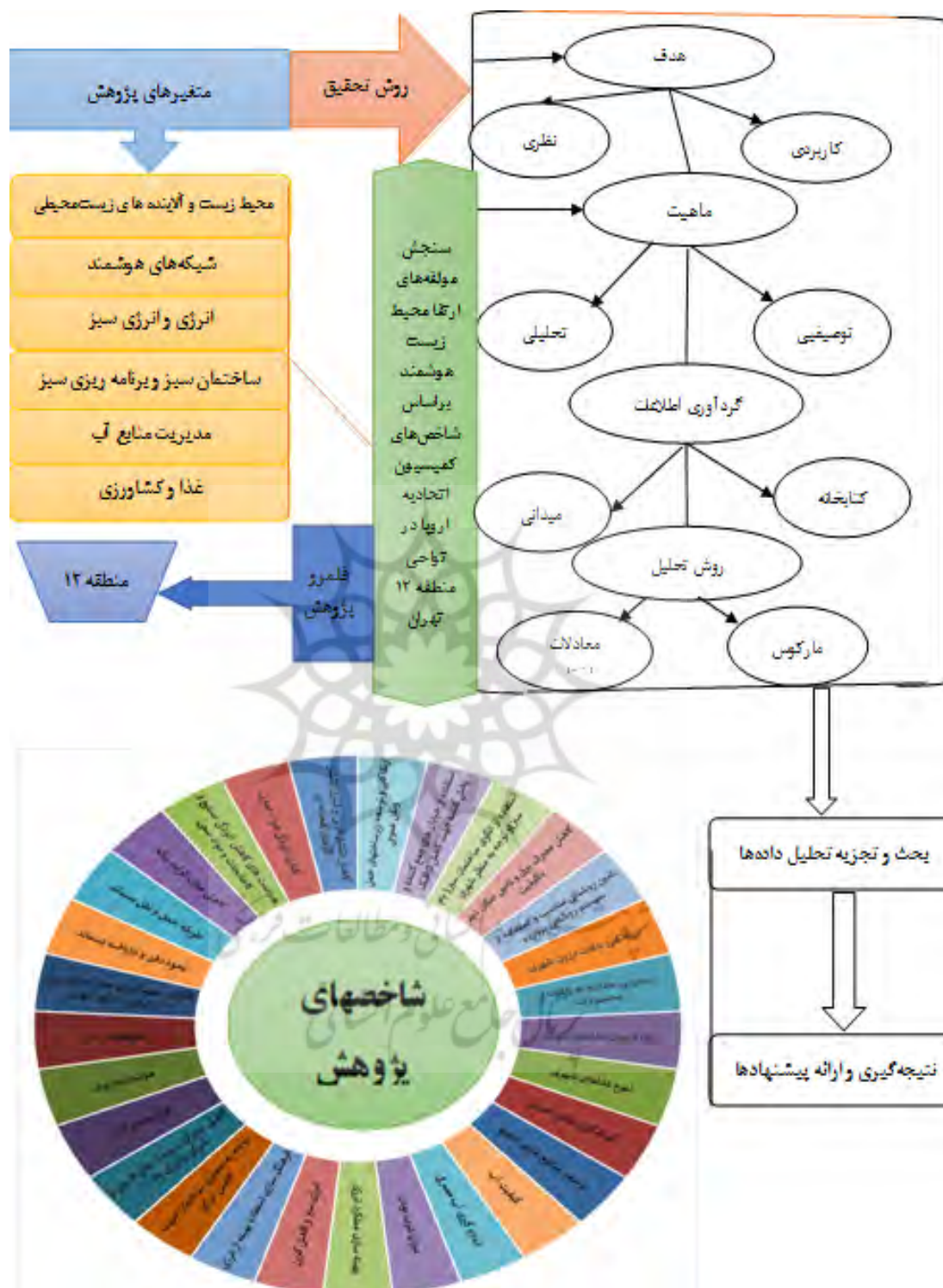
منطقه ۱۲ شهرداری تهران، از مناطق قدیمی شهری تهران است. از شمال به خیابان انقلاب، از غرب به خیابان حافظ و خیابان وحدت اسلامی و از جنوب به خیابان شوش و از شرق به خیابان ۱۷ شهریور و اتوبان شهید محلاتی محدود می‌شود و منطقه دوازده از شمال با مناطق هفت و شش، از شرق با مناطق سیزده و چهارده، از جنوب با مناطق پانزده و شانزده و از غرب با منطقه یازده همجوار است. منطقه دوازده شهرداری تا سال ۱۴۰۰ به شش ناحیه و سیزده محله تقسیم شده است (شکل ۱).



شکل ۱: موقعیت نواحی شش‌گانه منطقه دوازده تهران

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۴۰۲

با توجه به این‌که محیط زیست هوشمند عمدتاً مبحثی کالبدی است، از تئوری اینترنت‌اشیا بهره برده است. معمولاً محیط زیست هوشمند بر اساس اینترنت‌اشیا (IoT) و تجزیه و تحلیل داده‌ها (Analytics) ساخته می‌شود. پژوهش حاضر از نظر هدف کاربردی و از نظر ماهیت توصیفی-تحلیلی است و با به‌کارگیری ترکیبی از مدل‌های کمی و کیفی انجام گرفته است. شیوه‌های جمع‌آوری داده در این تحقیق اسنادی-کتابخانه‌ای و میدانی است. جامعه آماری تحقیق را ۶۰ نفر از کارشناسان با استفاده از تکنیک دلفی تشکیل داده‌اند. در نهایت جهت تجزیه و تحلیل متغیرها از روش «مارکوس» و معادلات ساختاری بهره گرفته شد. مصاحبه با خبرگان تا جایی ادامه پیدا کرد که نظرات به توافق رسیده‌اند. پس از گردآوری شاخص‌ها و متغیرها، ماتریس آثار متقابل در دو مرحله تشکیل شد، به‌طوری‌که شاخص‌ها در سطرها و ستون‌های آن قرار گرفته‌اند. نمره عددی برای وزن‌دهی بین ۰ تا ۳ بوده که صفر به معنی بدون تأثیر، ۱ تأثیر کم، ۲ تأثیر متوسط و ۳ تأثیر زیاد است. در نهایت جهت تجزیه و تحلیل متغیرها از نرم‌افزار مدل‌سازی معادلات ساختاری بهره گرفته شد. به عبارتی دیگر به منظور تحلیل داده‌ها از آزمون «فریدمن» در تحلیل شاخص‌های اصلی استفاده شد و زیرشاخص‌های آن‌ها از روش معادلات ساختاری با مدل‌سازی مسیری «PLS» با نرم‌افزار «Smart PLS» در دو بخش درونی و بیرونی واکاوی شد، جهت انجام روایی پرسش‌نامه از مدل‌های اندازه‌گیری روایی همگرا و افتراقی و اگر استفاده شده است. همچنین جهت سنجش پایایی عوامل مورد بررسی از آماره «T» استفاده شده است. نهایتاً به منظور شناخت شاخص‌های محیط زیست هوشمند در نواحی شش‌گانه منطقه ۱۲ از مدل مارکوس استفاده شده است، روش مارکوس یکی از روش‌های جدید تصمیم‌گیری چندمعیاره است که دارای هفت مرحله می‌باشد (شکل ۲).



شکل ۲: مدل مفهومی و فرآیند پژوهش منبع شاخص‌های کمیسیون اتحادیه اروپا، ۲۰۱۵

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۴۰۲

نتایج و بحث

محیط زیست هوشمند یک مفهوم است که به استفاده از فناوری‌های هوشمند و اینترنت‌اشیا برای مدیریت بهینه منابع طبیعی و حفاظت از محیط زیست اشاره دارد. این فرآیند شامل: استفاده از سنسورها، شبکه‌های بی‌سیم و سیستم‌های اطلاعاتی است که اطلاعات مربوط به محیط زیست را جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل می‌کنند تا به مدیران و تصمیم‌گیران کمک کنند تا تصمیمات بهتری درخصوص محیط زیست بگیرند. محیط زیست هوشمند شامل بسیاری از زمینه‌ها و کاربردها است. به عنوان مثال، در کشاورزی هوشمند، سیستم‌های خودکار آبیاری می‌توانند با توجه به شرایط جوی و نیازهای گیاهان، بهینه‌سازی مصرف آب را انجام دهند و به بی‌ثباتی منابع آبی کمک کنند. در حوزه مدیریت پسماندها، سنسورها و سیستم‌های هوشمند می‌توانند به تشخیص و جمع‌آوری بهینه پسماندها و مدیریت بهتر عمل کنند. معمولاً محیط زیست هوشمند بر اساس اینترنت‌اشیا (IoT) و تجزیه و تحلیل داده‌ها (Analytics) ساخته می‌شود. سنسورها و دستگاه‌های مختلف در محیط زیست نصب می‌شوند تا اطلاعات مربوط به هوا، آب، خاک و سایر عوامل محیطی را جمع‌آوری کنند. این داده‌ها سپس به سیستم‌های تجزیه و تحلیل ارسال می‌شوند که با استفاده از الگوریتم‌ها و مدل‌های هوشمند، اطلاعات مفید و قابل تحلیل را استخراج می‌کنند. این اطلاعات به مدیران و تصمیم‌گیران کمک می‌کنند تا بهبودهای لازم را در مدیریت محیط زیست اعمال کنند. مزایای استفاده از محیط زیست هوشمند شامل: بهبود کارایی منابع طبیعی، کاهش هدررفت منابع، کاهش آلودگی محیطی، مدیریت بهتر بحران‌های محیطی و افزایش اطلاعات و آگاهی درباره وضعیت محیط زیست است. با استفاده از فناوری‌های هوشمند و بهره‌گیری از داده‌های دقیق و به‌روز، می‌توانیم به‌طور دقیق‌تر و مؤثرتری در مدیریت و حفاظت از محیط زیست عمل کنیم. علاوه بر این، محیط زیست هوشمند می‌تواند به توسعه پایدار کمک کند و باعث افزایش هوشمندی و بهره‌وری در مصرف منابع طبیعی شود.

به‌طور کلی، محیط زیست هوشمند بهبود ارتباط بین انسان و محیط زیست را به وسیله ارائه اطلاعات دقیق و هوشمند، اتخاذ تصمیمات مبتنی بر داده‌ها، و اجرای عملیات بهینه در مدیریت منابع طبیعی تسهیل می‌کند؛ از این‌رو در پژوهش حاضر شاخص‌های مد نظر کمیسیون اتحادیه اروپا در نظر گرفته شده است که جدول زیر هر یک از این شاخص‌ها را تبیین می‌کند.

جدول ۱: تبیین دقیق شاخص‌های پژوهش

متغیر	مفهوم
کاهش انتشار کربن و کنترل انتشار گازهای گلخانه‌ای	این شاخص‌ها به‌منظور کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای مانند دی‌اکسیدکربن و کنترل تغییرات اقلیمی استفاده می‌شوند. اقداماتی مانند استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، بهره‌برداری بهینه از سوخت‌های فسیلی و استفاده از فناوری‌های پاک به‌منظور کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای از جمله اقداماتی هستند که در این راستا انجام می‌شوند.
کنترل آلودگی هوا، صوتی	این شاخص‌ها به‌منظور کاهش آلودگی هوا و صوت در محیط شهری استفاده می‌شوند. استفاده از فناوری‌های پاک و بهره‌برداری بهینه از منابع انرژی، کنترل انتشار آلاینده‌ها و صداهای ناخواسته، استفاده از خودروهای تمیز و سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند از جمله اقداماتی هستند که به کاهش آلودگی هوا و صوت کمک می‌کنند.
سیاست‌های کاهش آلودگی صنایع و کارخانه‌ها و مواد سمی	از ترکیب مواد سمی و آلاینده به محیط‌زیست استفاده می‌شوند. این شاخص‌ها شامل استفاده از فناوری‌های پاک و فرآیندهای تولید سبز، کنترل آلاینده‌ها و استفاده از مواد غیرسمی در فرآوری و تولید محصولات صنعتی است.
کاهش میزان تولید زباله	این شاخص به کاهش مقدار زباله تولیدشده در شهرها اشاره دارد. این می‌تواند شامل ارتقای آگاهی عمومی درباره جداسازی زباله‌ها، ارتقای فرآیندهای بازیافت و بازیابی مواد قابل‌بازیافت، استفاده از سیستم‌های هوشمند جمع‌آوری زباله و استفاده از روش‌های سبز در مدیریت زباله مانند کمپوست‌سازی می‌شود.
طریقه حمل‌ونقل پسماند	این شاخص به روش‌های هوشمند حمل‌ونقل پسماند اشاره دارد. این می‌تواند شامل استفاده از سیستم‌های هوشمند مانیتورینگ و مدیریت مسیرهای حمل‌ونقل پسماند، بهینه‌سازی برنامه‌های جمع‌آوری پسماند، استفاده از سیستم‌های هوشمند جمع‌آوری پسماند و استفاده از روش‌های حمل‌ونقل پسماند پایدار مانند استفاده از وسایل نقلیه الکتریکی می‌شود.
نحوه دفن و بازیافت پسماند	این شاخص به روش‌های هوشمند دفن و بازیافت پسماند اشاره دارد. در جهت ارتقای محیط‌زیست هوشمند، می‌توان از سیستم‌های هوشمند مانیتورینگ و مدیریت محتوای پسماند در سایت‌های دفن استفاده کرد. همچنین، ارتقای فرآیندهای بازیافت و بازیابی مواد قابل‌بازیافت نیز می‌تواند شامل استفاده از سیستم‌های هوشمند جمع‌آوری و جداسازی مواد قابل‌بازیافت باشد.
هوشمندی آب	هوشمندی آب به مدیریت هوشمند و بهینه استفاده از منابع آب با استفاده از فناوری‌های نوین اشاره دارد. این شاخص شامل استفاده از سیستم‌های هوشمند آبیاری، سنسورها برای کنترل میزان آب، استفاده از تکنولوژی‌های صرفه‌جویی در مصرف آب و بهره‌برداری بهینه از منابع آب است.
هوشمندی برق	هوشمندی برق به استفاده هوشمندانه و بهینه از انرژی برق با استفاده از فناوری‌های نوین اشاره دارد. این شاخص شامل استفاده از سیستم‌های هوشمند مدیریت بار، استفاده از سیستم‌های تهویه‌مطبوع هوشمند، استفاده از لامپ‌ها و دستگاه‌های صرفه‌جویی در مصرف برق و استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر مانند خورشید و باد است.
هوشمندی گاز	هوشمندی گاز به مدیریت هوشمند و بهینه استفاده از انرژی گاز با استفاده از فناوری‌های نوین اشاره دارد. این شاخص شامل استفاده از سیستم‌های هوشمند کنترل گاز، بهینه‌سازی فرآیندهای استفاده از گاز، استفاده از سیستم‌های هوشمند تهویه مطبوع و استفاده از فناوری‌های صرفه‌جویی در مصرف گاز مانند سیستم‌های حرارتی پیشرفته است.
مدیریت انرژی و بهره‌وری	این شاخص‌ها به‌منظور مدیریت بهینه مصرف انرژی و افزایش بهره‌وری استفاده می‌شوند. شامل اقداماتی مانند: استفاده از سیستم‌های هوشمند کنترل انرژی، بهره‌برداری بهینه از منابع انرژی، اندازه‌گیری مصرف انرژی و بهره‌وری سیستم‌ها و تجهیزات مختلف است.
افزایش بازده مصرف انرژی	این شاخص‌ها به‌منظور افزایش استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر را در راستای شاخص‌های محیط‌زیست هوشمند تفسیر می‌کنم
افزایش سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در ترکیب انرژی جهانی	این شاخص‌ها به‌منظور کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای مانند دی‌اکسیدکربن و کنترل تغییرات اقلیمی استفاده می‌شوند. اقداماتی مانند استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، بهره‌برداری بهینه از سوخت‌های فسیلی و استفاده از فناوری‌های پاک به‌منظور کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای از جمله اقداماتی هستند که در این راستا انجام می‌شوند.
کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی و تمرکز بر انرژی پاک	این شاخص به کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی نظیر نفت، گاز طبیعی و زغال‌سنگ و تمرکز بر استفاده از منابع انرژی پاک و تجدیدپذیر مانند انرژی خورشیدی، بادی و هیدروژن اشاره دارد. شامل استفاده از سیستم‌های تولید برق خورشیدی و بادی، تشویق به استفاده از خودروهای الکتریکی و مدیریت هوشمند مصرف انرژی در سیستم‌های گرمایش و سرمایش است.
توجه به معماری ساختمان جهت کاهش انرژی	این شاخص به طراحی و ساختمان‌هایی اشاره دارد که باتوجه‌به اصول صرفه‌جویی در مصرف انرژی ساخته می‌شوند. این می‌تواند شامل استفاده از عایق‌های حرارتی باکیفیت، طراحی سیستم‌های مدیریت دما و نور، بهینه‌سازی طراحی ساختمان بر اساس جهت‌گیری به سمت نور خورشید و استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر مانند پنل‌های خورشیدی می‌شود.
فرهنگ‌سازی مصرف انرژی	به‌کارگیری الگوهای بهینه مصرف

متغیر	مفهوم
انرژی سبز و کاهش کربن	این شاخص به استفاده از منابع انرژی پاک و تجدیدپذیر، مانند انرژی خورشیدی، بادی، آبی و بیوگاز، و کاهش استفاده از منابع انرژی فسیلی و انتشار گازهای گلخانه‌ای مرتبط با آن‌ها اشاره دارد.
بهینه‌سازی عملکرد انرژی	این شاخص به بهبود عملکرد و بهره‌وری انرژی در ساختمان‌ها و سیستم‌های مختلف مرتبط با محیط‌زیست اشاره دارد. این می‌تواند شامل بهینه‌سازی سیستم‌های روشنایی، گرمایش، سرمایش و تهویه، استفاده از سیستم‌های هوشمند مانیتورینگ و کنترل مصرف انرژی و بهینه‌سازی فرایندهای انرژی بر مانند تولید و انتقال انرژی است.
اندازه‌گیری مصرف انرژی	این شاخص به مانیتورینگ و اندازه‌گیری مصرف انرژی در ساختمان‌ها، شهرها و سیستم‌های مختلف اشاره دارد. با اندازه‌گیری دقیق مصرف انرژی، می‌توان نقاط ضعف و راهکارهای بهبود را شناسایی کرده و اقدامات مناسبی برای بهبود صورت گیرد.
کاهش مصرف آب	این شاخص به کاهش مصرف آب در مختلف جوانب زندگی اشاره دارد. این می‌تواند شامل آموزش و ارتقای آگاهی عمومی درباره صرفه‌جویی در مصرف آب، استفاده از تجهیزات صرفه‌جویی در مصرف آب مانند دستشویی‌های دوگانه، سیستم‌های هوشمند شناسایی نشتی آب و استفاده از منابع آب جایگزین مانند آب شور باشد.
سیاست‌های بهره‌وری و تصفیه آب	این شاخص به سیاست‌ها و رویکردهایی اشاره دارد که به منظور بهره‌برداری بهینه از منابع آب و تصفیه آب به کار می‌روند. این می‌تواند شامل توسعه و اجرای سیستم‌های بهره‌برداری از آب مانند سیستم‌های آبیاری هوشمند، تصفیه آب با استفاده از فناوری‌های پیشرفته و ارتقای سیاست‌های مدیریت منابع آب باشد.
اندازه‌گیری آب مصرفی	این شاخص به اندازه‌گیری دقیق میزان آب مصرفی در مختلف بخش‌ها اشاره دارد. این می‌تواند شامل استفاده از سیستم‌های هوشمند اندازه‌گیری آب مانند: شمارشگرهای آب هوشمند، استفاده از سنسورها و فناوری‌های اینترنت‌اشیا برای جمع‌آوری داده‌های آب مصرفی و تحلیل آن‌ها باشد.
کاهش مصرف آب شرب شهری	این شاخص به کاهش مصرف آب قابل آشامیدن در شهرها اشاره دارد. این می‌تواند شامل استفاده از سیستم‌های هوشمند شناسایی نشتی آب، آموزش و ارتقای آگاهی عمومی درباره صرفه‌جویی در مصرف آب، استفاده از تجهیزات صرفه‌جویی در مصرف آب مانند دستشویی‌های دوگانه، استفاده از سیستم‌های بازیافت آب خاکستری و استفاده از منابع آب جایگزین مانند آب شور است.
توسعه صنایع غذایی شهری	این شاخص به توسعه صنایع غذایی در شهرها اشاره دارد. این می‌تواند شامل استفاده از روش‌های کشاورزی هوشمند و پایدار، ایجاد فضاهای کشاورزی شهری منجر شود.
گردشگری غذای شهری	این شاخص به توجه به جوانب محیط زیست در صنعت گردشگری و غذای شهری اشاره دارد. می‌تواند شامل توسعه رستوران‌ها و فروشگاه‌های محلی و اکولوژیک، ترویج محصولات محلی و ارگانیک، استفاده از سیستم‌های تولید محلی غذا، کاهش تلفات غذایی و استفاده از روش‌های پایدار در تهیه و مصرف غذا می‌شود.
ارتقای کیفیت غذاهای شهری	این شاخص در به کار گرفتن پروتکل‌های بهداشتی مورد تأکید است.
استفاده از الگوی ساختمان سبز (بام سبز) و توجه به منظر شهری	این شاخص به استفاده از الگوهای ساختمانی پایدار و سبز، به‌ویژه بام سبز، در طراحی و ساخت ساختمان‌ها اشاره دارد. هدف از این شاخص استفاده از فضاهای سبز در ساختمان‌ها، بهبود کیفیت هوای داخلی، جذب دی‌اکسیدکربن، کاهش جزئیات حرارتی و بهبود منظره شهری است.
استفاده از خیابان‌های جمع‌کننده و پخش‌کننده جهت کاهش ترافیک	این شاخص به استفاده از طرح‌های شهری هوشمند و مدیریت هوشمند ترافیک برای کاهش ترافیک شهری اشاره دارد. این می‌تواند شامل استفاده از خیابان‌های جمع‌کننده و پخش‌کننده، ترافیک منظم و هوشمند، استفاده از سیستم‌های هوشمند نظارت و مدیریت ترافیک و ترویج استفاده از حمل‌ونقل عمومی و حمل‌ونقل پایدار مانند دوچرخه و پیاده‌روی است.
مدیریت سبز	این شاخص به مدیریت منابع طبیعی و محیط‌زیست در سطح شهر یا منطقه اشاره دارد. شامل مدیریت بهینه منابع آب، پارک‌ها و فضاهای سبز، مدیریت پسماندها، حفاظت از منابع طبیعی و ارتقای کیفیت زیست‌محیطی است.
مشارکت عمومی در سیاست سبز	این شاخص به مشارکت و مشارکت عمومی در تصمیم‌گیری‌های مربوط به سیاست‌های محیط زیست هوشمند اشاره دارد. این شامل: شرکت افراد، جوامع محلی و سازمان‌های غیردولتی در فرآیند تصمیم‌گیری، ارائه نظرات و پیشنهادهای آگاهی‌بخشی و آموزش جامعه در زمینه محیط زیست است.
استقرار نظام مدیریت و بهره‌وری سبز	استقرار نظام مدیریت و بهره‌وری سبز یکی از شاخصه‌های مهم در راستای ارتقای محیط زیست هوشمند است. این شاخص به ایجاد یک سیستم مدیریتی جامع و متکامل برای بهره‌وری بهینه از منابع محیط زیست و انرژی سبز اشاره دارد.

مأخذ: یافته‌های پژوهش نگارندگان، ۱۴۰۳

در راستای توسعه پایدار و حفظ محیط زیست، ارزیابی مؤلفه‌های ارتقای محیط زیست هوشمند در مناطق شهری اهمیت بسیاری دارد. منطقه ۱۲ تهران به‌عنوان یکی از مناطق حیاتی شهری که با چالش‌ها و مسائل محیط زیستی متنوعی مواجه است، نیازمند بررسی دقیق و عمیق این مؤلفه‌ها است. در اینجا، با تمرکز بر روی شاخص‌های کمیسیون اتحادیه اروپا، ۱۰ نقطه قوت و ۱۰ نقطه ضعف در ارتقای محیط زیست هوشمند در منطقه ۱۲ تهران شناسایی شده است. این نقاط قوت شامل مزایایی همچون: استفاده از استانداردهای بین‌المللی، ایجاد انگیزه برای تحول و توجه به مؤلفه‌های چندگانه محیط زیست می‌باشند. همچنین نقاط ضعف نیز مسائلی از قبیل محدودیت‌های داده، نیاز به همکاری بین ادارات و پیچیدگی در تفسیر داده‌ها را مورد بررسی قرار داده است. این تحلیل نقاط قوت و ضعف، ابزاری ارزشمند برای سازمان‌ها و سیاست‌گذاران منطقه ۱۲ تهران است تا بهبود و توسعه سیاست‌ها و برنامه‌های محیط زیستی خود را در جهتی مؤثرتر و پایدارتر انجام دهند. جدول (۲) این نقاط قوت و ضعف را نشان می‌دهد.

جدول ۲: نقاط قوت و ضعف محیط زیست هوشمند

نقاط قوت	
استفاده از استانداردهای بین‌المللی	استفاده از شاخص‌های کمیسیون اتحادیه اروپا به معنای استفاده از استانداردهای بین‌المللی در ارزیابی محیط زیست است که ارتقای اعتبار و قابلیت اطمینان را فراهم می‌کند.
مقایسه‌پذیری	این شاخص‌ها امکان مقایسه و تحلیل پایداری محیط زیست را در منطقه ۱۲ با سایر ناحیه‌ها یا حتی کشورهای دیگر را فراهم می‌کند.
ردیابی پیشرفت	با استفاده از این شاخص‌ها، می‌توان پیشرفت در ارتقای محیط زیست هوشمند را در طول زمان ردیابی کرد و تغییرات مثبت یا منفی را شناسایی نمود.
ارتباط با سیاست‌گذاری	این شاخص‌ها می‌توانند به سازمان‌ها و سیاست‌گذاران کمک کنند تا سیاست‌های محیط زیستی منطقه را با توجه به داده‌های کمی و قابل ارزیابی ترسیم کنند.
اطلاعات جمع‌آوری شده	سنجش این مؤلفه‌ها به جمع‌آوری دقیق داده‌های محیط زیستی و اجتماعی در منطقه ۱۲ کمک می‌کند که مبنای تصمیم‌گیری‌های بهتری فراهم شود.
انگیزه برای تحول	ارزیابی شاخص‌های کمیسیون اتحادیه اروپا می‌تواند انگیزه برای تحول و بهبود در حوزه محیط زیستی فراهم کند.
توجه به مؤلفه‌های چندگانه	این شاخص‌ها مولفه‌های مختلفی از محیط زیست هوشمند را در نظر می‌گیرند از جمله انرژی، آب، پسماند و حمل‌ونقل.
شفافیت	استفاده از شاخص‌های قابل‌اندازه‌گیری و بررسی از ارزش شفافیت در فرآیند ارزیابی و گزارش‌دهی در مورد وضعیت محیط زیست منطقه ۱۲ استفاده می‌کند.
انعکاس واقعیت	این شاخص‌ها به‌وضوح واقعیت موجود در وضعیت محیط زیست منطقه را بازتاب می‌دهند و بر اساس داده‌های قابل‌ارزیابی عمل می‌کنند.
تبیین زمینه برای همکاری	این ارزیابی می‌تواند زمینه را برای همکاری‌های بین‌المللی در زمینه ارتقای محیط زیست در منطقه فراهم کند.
نقاط ضعف	
محدودیت‌های داده	ممکن است دسترسی به داده‌های لازم برای ارزیابی شاخص‌های اتحادیه اروپا در منطقه ۱۲ تهران محدود باشد.
مخاطرات ناشی از تعارضات داده	در صورتی که داده‌هایی که برای سنجش این شاخص‌ها استفاده می‌شوند متفاوت یا تضاد داشته باشند، ممکن است تصمیم‌گیری‌ها مبتنی بر داده متزلزل شوند.
پیچیدگی در اندازه‌گیری	برخی از شاخص‌های کمیسیون اتحادیه اروپا ممکن است برای اندازه‌گیری و محاسبه آن‌ها نیاز به روش‌های پیچیده‌ای باشد.
استفاده از تکنولوژی گسترده	برای جمع‌آوری و پردازش داده‌ها به‌کار رفتن تکنولوژی مورد نیاز است که ممکن است منابع مالی و فنی محدودی را به همراه داشته باشد.
نیاز به همکاری با دستگاه‌های مختلف	برای به‌دست‌آوردن داده‌های لازم و اجرای ارزیابی‌ها، نیاز به همکاری بین ادارات و سازمان‌ها در منطقه ۱۲ وجود دارد که ممکن است با مشکلاتی مواجه شود.
تأثیرات جانبی نامطلوب	برخی از اقدامات ارتقای محیط زیست هوشمند ممکن است تأثیرات جانبی نامطلوبی داشته باشند که نیاز به بررسی دقیق دارند.
محدودیت‌های محل	شاخص‌های کمیسیون اتحادیه اروپا ممکن است برخی از محدودیت‌ها و ویژگی‌های محلی را در منطقه ۱۲ تهران نادیده بگیرند.
نیاز به پشتیبانی سیاستی	ارزیابی و استفاده از این شاخص‌ها نیازمند پشتیبانی سیاستی قوی از سوی مقامات محلی و ملی است.

مأخذ: یافته‌های پژوهش نگارندگان، ۱۴۰۲

آزمون فریدمن در تحلیل شاخص‌های اصلی

آزمون فریدمن، یکی از آزمون‌های آماری ناپارامتری است که برای مقایسه چند گروه کاربرد دارد و از نظر میانگین، رتبه‌های گروه‌ها را معلوم می‌کند که آیا این گروه‌ها می‌توانند از یک جامعه باشند یا نه؟ در این تحقیق جهت رتبه‌بندی شاخص‌های مورد مطالعه از نظر پاسخ‌گویان از این آزمون بهره گرفته شده است.

جدول ۳: رتبه‌بندی شاخص‌های مورد مطالعه از دیدگاه پاسخ‌گویان

متغیرها	تعداد	میانگین رتبه	کای دو	درجه آزادی	معناداری
محیط زیست و آلاینده‌های زیست‌محیطی	۳۲۵	۱,۸۱	۱۶۹,۸۵	۱	۰,۰۰۰
شبکه‌های هوشمند	۳۲۵	۱,۱۶			
انرژی و انرژی سبز	۳۲۵	۱,۱۲			
ساختمان سبز و برنامه‌ریزی سبز	۳۲۵	۱,۰۶			
مدیریت منابع آب	۳۲۵	۱,۶۰			
غذا و کشاورزی	۳۲۵	۱,۲۱			

مأخذ: یافته‌های پژوهش نگارندگان، ۱۴۰۲

نتایج آزمون فریدمن نشان می‌دهد که سطح معناداری به‌دست‌آمده از آزمون فریدمن کمتر از ۰/۰۵ است، در نتیجه بین شاخص‌های محیط زیست هوشمند در سطح ۹۵ درصد اطمینان تفاوت وجود دارد. به عبارت دیگر شاخص‌های محیط زیست هوشمند از دیدگاه پاسخ‌گویان، از اولویت یکسانی برخوردار نبوده‌اند. براین اساس شاخص محیط زیست و آلاینده‌های محیط زیستی با میانگین رتبه‌ای ۱/۸۱ بالاترین امتیاز و ساختمان سبز و برنامه‌ریزی سبز با امتیاز ۱,۰۶ پایین‌ترین امتیاز را دارا است.

جدول ۴: رتبه‌بندی شاخص‌های مورد مطالعه از دیدگاه پاسخ‌گویان

متغیرها	تعداد	میانگین رتبه	کای دو	درجه آزادی	معناداری
ناحیه ۱	۴۴	۲,۸۸	۲۱۱,۰۹	۷	۰,۰۰۰
ناحیه ۲	۴۱	۲,۳۲			
ناحیه ۳	۳۸	۲,۵۱			
ناحیه ۴	۳۹	۲,۴۹			
ناحیه ۵	۴۲	۲,۳۴			
ناحیه ۶	۳۵	۲,۲۱			

مأخذ: یافته‌های پژوهش نگارندگان، ۱۴۰۲

نتایج آزمون فریدمن نشان می‌دهد که سطح معناداری به‌دست‌آمده کمتر از ۰/۰۵ است، در نتیجه بین شاخص‌های محیط زیست هوشمند در سطح نواحی شش‌گانه منطقه دوازده تهران در سطح ۹۵ درصد اطمینان تفاوت وجود دارد. به عبارت دیگر شاخص‌های محیط زیست هوشمند از دیدگاه پاسخ‌گویان ساکن در سطح نواحی، از اولویت یکسانی برخوردار نبوده‌اند. بر این اساس؛ ناحیه ۱ و ناحیه ۴ با میانگین رتبه‌ای ۲/۸۸ و ۲/۴۹ بالاترین رتبه و ناحیه ۶ با امتیاز ۲/۲۱ پایین‌ترین امتیاز را دارا است.

مدل معادلات ساختاری جهت بررسی شاخص‌های محیط زیست هوشمند

در پژوهش‌هایی که هدف، آزمون مدلی خاص از روابط بین متغیرها است، از روش مدل معادلات ساختاری استفاده می‌شود. مدل‌سازی مسیری «PLS» یکی از روش‌های مدل معادلات ساختاری است. یک مدل کامل مسیری «PLS» شامل دو بخش اندازه‌گیری (مدل بیرونی) و ساختاری است. در قسمت اندازه‌گیری، ارتباط سؤالات با گویه‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد و در قسمت ساختاری، عامل‌های مورد بررسی با یکدیگر جهت آزمون فرضیه‌ها مورد توجه هستند. با توجه به نرمال بودن توزیع داده‌ها و وجود همبستگی لازم بین متغیرها، می‌توان از مدل‌های معادلات ساختاری (نرم‌افزار SmartPLS) استفاده کرد.

ارزیابی مدل

در مدل‌های «PLS» دو مدل آزمون انجام می‌شود. مدل بیرونی که هم‌ارز مدل اندازه‌گیری است و مدل درونی که مشابه مدل ساختاری در مدل‌های معادلات ساختاری است. مدل درونی نشانگر بارهای عاملی متغیرهای مشاهده شده است.

بررسی مدل بیرونی تحقیق

بررسی پایایی مدل‌های اندازه‌گیری

در مدل‌های «PLS» مدل اندازه‌گیری یا همان گویه‌ها به دودسته گویه‌های انعکاسی و گویه‌های ترکیبی تقسیم می‌شوند. در پژوهش حاضر تمام مدل‌های اندازه‌گیری از نوع انعکاسی هستند. در ارزیابی پایایی این مدل‌ها باید تک‌بعدی بودن بلوک‌ها تعیین شود. از آلفای کرونباخ برای تعیین تک‌بعدی بودن مدل‌های اندازه‌گیری استفاده می‌شود. معمولاً اولین معیاری که در مدل‌های اندازه‌گیری انعکاسی بررسی می‌شود، پایایی سازگاری درونی است. معیار سنتی برای کنترل آن، آلفای کرونباخ است علاوه بر آلفای کرونباخ، در مدل‌های مسیری «PLS» از پایایی مرکب نیز برای بررسی پایایی سازگاری درونی و تک‌بعدی بودن بلوک‌ها استفاده می‌شود. اگر میزان این شاخص از ۰٫۷ بیشتر باشد، پایایی مرکب مدل تأیید می‌گردد. برای تشخیص تک‌بعدی بودن یک بلوک پایایی مرکب نسبت به آلفای کرونباخ شاخص مناسب‌تری است زیرا آلفای کرونباخ مبتنی بر فرض هم‌ارزی متغیرهای مشاهده شده است. یعنی فرض متا که هر متغیر مشاهده شده اهمیت یکسانی نسبت به سایر متغیرهای مشاهده شده در تعریف متغیر پنهان دارد اما پایایی مرکب این فرض را ندارد و مبتنی بر نتایج مدل (یعنی بارهای عاملی) است تا همبستگی موجود بین متغیرهای مشاهده شده در مجموع داده‌ها، در واقع آلفای کرونباخ تخمینی کران پایینی از پایایی ارائه می‌دهد نتایج نرم‌افزار «PLS» برای این دو شاخص در جدول ذیل ارائه شده است:

جدول ۵: بررسی پایایی مدل اندازه‌گیری

متغیرها	پایایی مرکب	آلفای کرونباخ
محیط زیست و آلاینده‌های زیست‌محیطی	۰,۸۰۹	۰,۷۳۷
شبکه‌های هوشمند	۰,۸۷۳	۰,۸۷۰
انرژی و انرژی سبز	۰,۸۹۳	۰,۸۸۹
ساختمان سبز و برنامه‌ریزی سبز	۰,۸۲۴	۰,۸۸۳
مدیریت منابع آب	۰,۷۹۵	۰,۷۸۱
غذا و کشاورزی	۰,۸۱۷	۰,۸۹۲

مأخذ: یافته‌های پژوهش نگارندگان، ۱۴۰۲

همان‌طور که مشاهده می‌نمایید مقادیر به‌دست‌آمده برای دو شاخص آلفای کرونباخ و پایایی مرکب برای متغیرهای محوری مورد مطالعه از ۰,۷ بیشتر شد که نشان‌دهنده پایایی مطلوب متغیرهای تحقیق است؛ بنابراین به‌صورت کلی مدل‌های اندازه‌گیری از پایایی مطلوبی برخوردارند. این شاخص‌ها از طریق بررسی همبستگی درونی یا بارهای عاملی بین معرف‌ها در مورد پایایی هم‌زمان متغیرها نتیجه می‌گیرند اما از آن‌جا که پایایی معرف‌ها متفاوت است، پایایی هر معرف باید به‌تنهایی ارزیابی شود. پژوهشگران معتقدند که یک متغیر مکنون باید بخش قابل توجهی از پراکندگی معرف را توضیح دهد (معمولاً حداقل ۵۰٪)؛ بنابراین قدر مطلق همبستگی بین یک گویه و هر کدام از متغیرهای مشاهده‌شده آن (یعنی قدر مطلق بارهای خروجی استانداردشده) باید بیشتر از ۰,۷ باشد. برخی از محققان نیز معتقدند که متغیرهایی که دارای بار عاملی (همبستگی بین یک گویه و هر کدام از متغیرهای مشاهده‌شده آن) کمتر از ۰,۴ باشند، بهتر است از مدل اندازه‌گیری حذف شوند باید و^۱ معتقد است در صورتی که مقدار AVE گویه بیشتر از ۰,۵ باشد؛ اگر تعداد معرف‌ها کم باشد (سه یا چهار معرف) می‌توان معرف‌هایی که بار عاملی آن‌ها کمتر از ۰,۷ است را حفظ کرد. برخی نیز معتقدند که اگر تعداد معرف‌ها بیشتر از ۵ عدد باشد معرف‌های ضعیف را می‌توان حذف نمود. پایایی معرف‌ها در جدول ذیل ارائه شده است. با توجه به آن‌چه بیان شد، با توجه به این که بار عاملی آن‌ها از ۰,۶ کمتر است بهتر است از مدل اندازه‌گیری حذف گردند.

ارزیابی روایی مدل‌های اندازه‌گیری

اولین روایی مورد بررسی برای تأیید روابودن مدل‌های اندازه‌گیری، روایی همگرا^۲ است. روایی همگرا به این معنا است که مجموعه معرف‌ها، گویه اصلی را تعیین می‌کنند.

1. Bido

2. Convergent Validity

جدول ۶: ارزیابی روایی همگرا مدل اندازه‌گیری

متغیرها	AVE
محیط زیست و آلاینده‌های زیست‌محیطی	۰,۸۸۹
شبکه‌های هوشمند	۰,۷۲۰
انرژی و انرژی سبز	۰,۸۱۸
ساختمان سبز و برنامه‌ریزی سبز	۰,۷۹۸
مدیریت منابع آب	۰,۸۶۴
غذا و کشاورزی	۰,۸۳۲

مأخذ: یافته‌های پژوهش نگارندگان، ۱۴۰۲

با توجه به نتایج جدول (۶)، مقدار AVE برای متغیرهای مکنون بالاتر از ۰,۵ است؛ بنابراین می‌توان بیان کرد که روایی همگرایی مدل‌های اندازه‌گیری مطلوب است.

دومین روایی مورد بررسی برای تأیید روا و اعتبار مدل اندازه‌گیری روایی افتراقی یا واگرا^۱ بوده که یک معیار تکمیل‌کننده است. در مدل‌سازی مسیری «PLS» از دو معیار شامل معیار فورنل-لاکر و آزمون بارهای عرضی^۲ برای بررسی روایی واگرا استفاده می‌شود. نتایج مربوط به بارهای عاملی در جدول (۷) ارائه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود بار هر معرف انعکاسی برای هر گویه بیشتر از بار آن معرف برای سایر گویه‌ها است (بارهای عاملی روی قطر اصلی بیش از سایر است)؛ بنابراین روایی افتراقی یا واگرای مدل تأیید می‌گردد.

جدول ۷: بررسی روایی واگرا مدل اندازه‌گیری

شاخص‌های اصلی	محیط زیست و آلاینده‌های زیست‌محیطی	شبکه‌های هوشمند	انرژی و انرژی سبز	ساختمان سبز و برنامه‌ریزی سبز	مدیریت منابع آب	غذا و کشاورزی
محیط زیست و آلاینده‌های زیست‌محیطی	۰,۹۴	۰,۸۳	۰,۸۰	۰,۸۸	۰,۹۲	۰,۸۷
شبکه‌های هوشمند	۰,۹۵	۰,۹۴	۰,۹۰	۰,۸۸	۰,۹۲	۰,۹۴
انرژی و انرژی سبز	۰,۸۷	۰,۷۱	۰,۹۴	۰,۹۱	۰,۸۹	۰,۹۳
ساختمان سبز و برنامه‌ریزی سبز	۰,۸۴	۰,۸۶	۰,۹۰	۰,۹۴	۰,۹۳	۰,۸۴
مدیریت منابع آب	۰,۸۳	۰,۸۰	۰,۸۸	۰,۹۲	۰,۹۴	۰,۸۸
غذا و کشاورزی	۰,۸۸	۰,۹۰	۰,۹۱	۰,۸۹	۰,۹۳	۰,۹۴

مأخذ: یافته‌های پژوهش نگارندگان، ۱۴۰۲

بررسی مدل درونی تحقیق

پس از آزمون مدل بیرونی و به‌عبارتی تأیید روایی و پایایی (مدل‌های اندازه‌گیری تحقیق)، مدل درونی یا همان مدل ساختاری تحقیق ارزیابی می‌گردد. با استفاده از مدل درونی می‌توان به بررسی فرضیه‌های پژوهش پرداخت. از معیارهای آماره t ، ضریب تعیین و ضریب مسیر برای ارزیابی مدل استفاده می‌شود. مدل مفهومی آزمون‌شده در

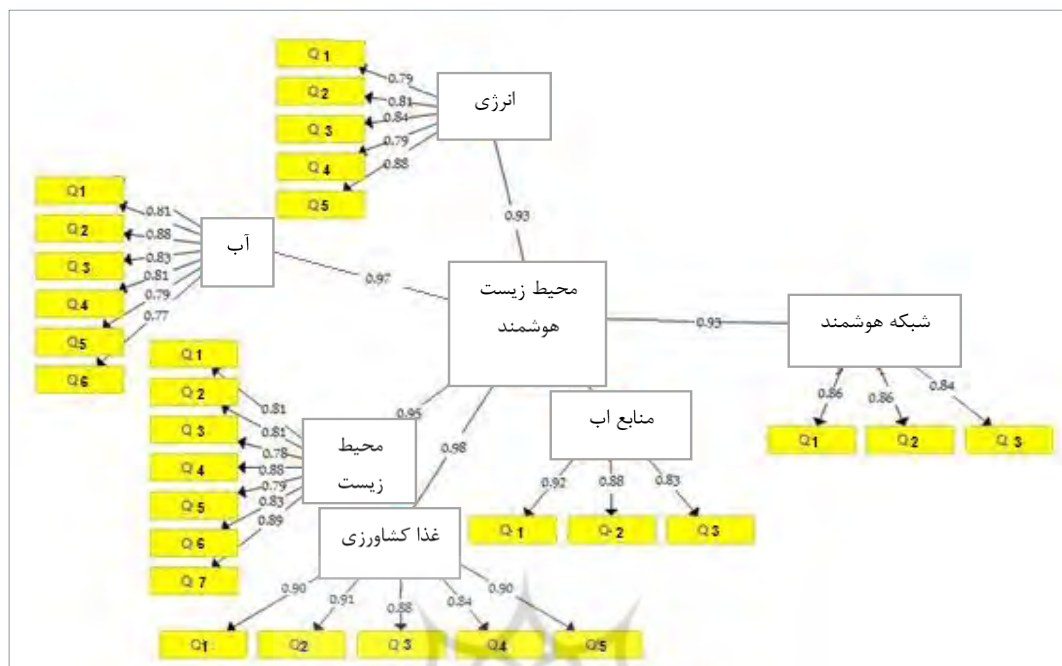
حالت استاندارد یا الگوریتم «PLS» و ضریب مسیرها در جدول (۸) ارائه شده است. اعدادی که بر روی مسیر گویه‌ها با یکدیگر نشان داده شده است، ضریب مسیر نامیده می‌شود. این اعداد بیانگر بتای استاندارد شده در رگرسیون یا ضریب همبستگی دو گویه است و برای بررسی میزان تأثیر مستقیم یک متغیر بر متغیر دیگر ارائه می‌شود. اعدادی که بر روی مسیر بین گویه‌ها و معرف‌ها نمایش داده می‌شود در مدل‌های انعکاسی بیانگر بار عاملی است و اعداد داخل هر دایره نشان‌دهنده ضریب تعیین (R^2) گویه اصلی است و مقدار آن همیشه بین صفر و یک تغییر می‌کند. هرچه ضریب تعیین بزرگ‌تر باشد نشان می‌دهد که خط رگرسیون بهتر توانسته تغییرات متغیر وابسته را به متغیر مستقل نسبت دهد. مقادیر R^2 برابر ۰،۱۸، ۰،۲۳ و ۰،۶۷ در مدل‌های مسیری PLS به ترتیب ضعیف، متوسط و قابل توجه توصیف می‌شوند. اگر ساختارهای یک مدل مسیری داخلی معین، یک متغیر مکنون درون‌زا را با تعداد معدودی (یک یا دو) متغیرهای مکنون برون‌زا را شرح دهد، R^2 متوسط قابل پذیرش است اما اگر متغیر مکنون درون‌زا متکی به چند متغیر مکنون برون‌زا باشد مقدار R^2 حداقل باید در سطح قابل توجه قرار داشته باشد (به این معنا که از ۰،۶۷ بیشتر باشد).

جدول ۸: مقدار ضریب تعیین متغیرهای تحقیق

متغیرها	R^2
محیط زیست و آلاینده‌های زیست‌محیطی	۰،۹۶
شبکه‌های هوشمند	۰،۹۳
انرژی و انرژی سبز	۰،۹۷
ساختمان سبز و برنامه‌ریزی سبز	۰،۸۷
مدیریت منابع آب	۰،۹۱
غذا محیط‌زیستی	۰،۹۰

مأخذ: یافته‌های پژوهش نگارندگان، ۱۴۰۲

همان‌طور که مشاهده می‌شود برای متغیرهای مکنون برون‌زا یا مستقل مقدار R^2 ارائه نمی‌شود. با توجه به مقدار R^2 محاسبه‌شده برای متغیرهای مورد نظر در سطح مطلوب قرار دارد.



تهیه و ترسیم: یافته‌های پژوهش نگارندگان، ۱۴۰۲

ریزایی برآزش مدل اندازه‌گیری و مدل معادلات ساختاری دو قسمت شاخص اشتراک و شاخص افزونگی تقابل مدل اندازه‌گیری و کیفیت مطلوب مدل معادلات ساختاری کلی مدل را نشان می‌دهد. جدول (۹) شاخص اشتراک و شاخص افزونگی و سه مقدار ۰,۰۱، ۰,۰۵ و ۰,۱۰ معرفی شده است و حصول مقدار ۰,۵۰ برای GFI

جدول ۹: شاخ‌های برآزش مدل

GOF		شاخص اعتبار اشتراک CV- Com	شاخص اعتبار افزونگی CV- Red	متغیرها
۰,۵۰	۰,۰۰	۰,۴۳۵	۰,۰۰	محیط زیست و آلاینده‌های زیست‌محیطی
	۰,۰۰	۰,۲۲۵	۰,۰۰	شبکه‌های هوشمند
	۰,۰۰	۰,۳۳۴	۰,۰۰	انرژی و انرژی سبز
	۰,۰۰	۰,۱۸۹	۰,۰۰	ساختمان سبز و برنامه‌ریزی سبز
	۰,۰۰	۰,۳۱۲	۰,۰۰	مدیریت منابع آب
	۰,۰۰	۰,۴۹۳	۰,۰۰	غذا و کشاورزی

مأخذ: یافته‌های پژوهش نگارندگان، ۱۴۰۲

تحلیل شاخص‌های محیط زیست هوشمند در مدل «marcos»

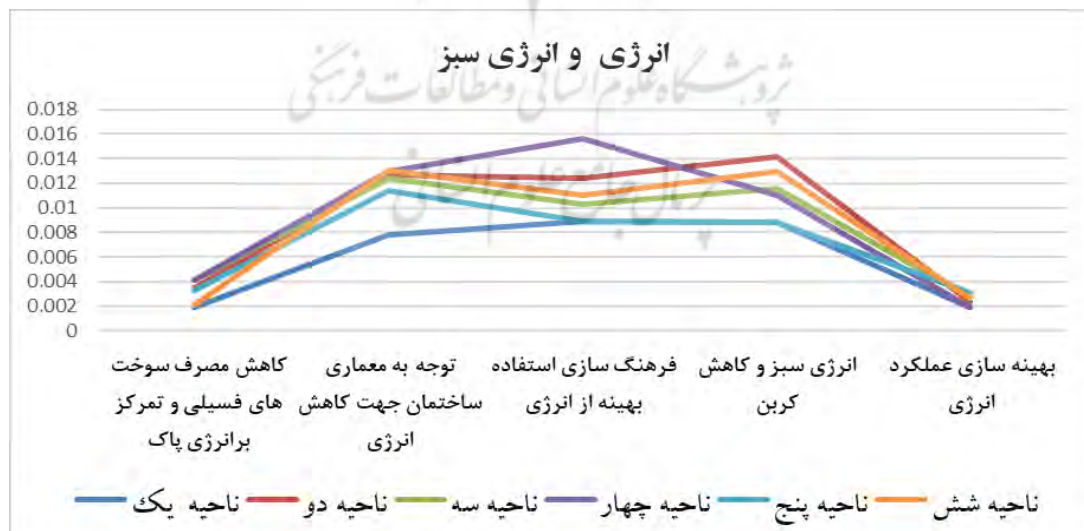
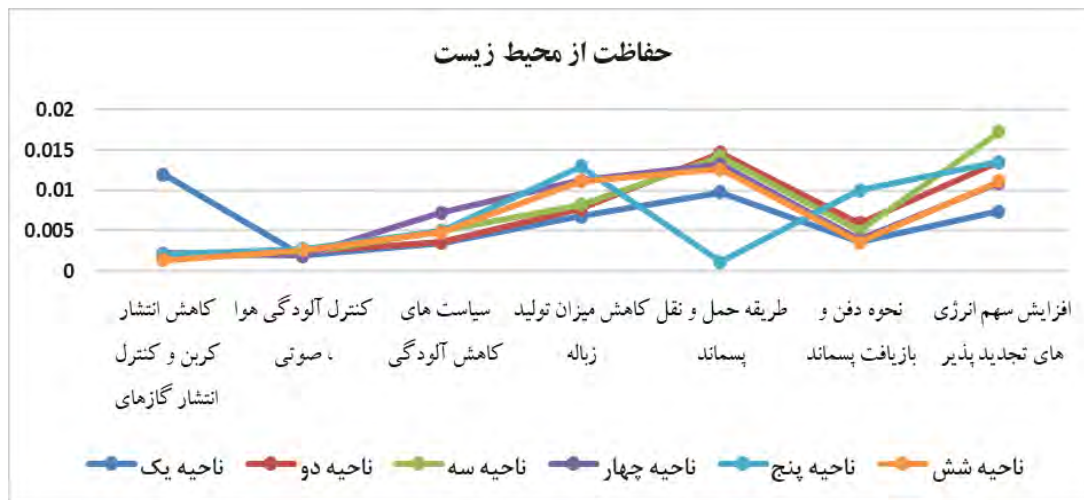
پس از انجام مراحل معادلات ساختاری، به‌منظور تعیین و ارزیابی اثرات شاخص‌های محیط زیست هوشمند در نواحی شش‌گانه منطقه دوازده تهران، اکنون نیاز است که این شاخص‌ها و ضریب و وزن آن‌ها در قلمرو مورد مطالعه مشخص شود که بدین‌منظور از مدل «مارکوس» استفاده شده است. نتایج نهایی این مدل پس از هفت گام تحلیل در جدول (۱۰) مشخص شده است.

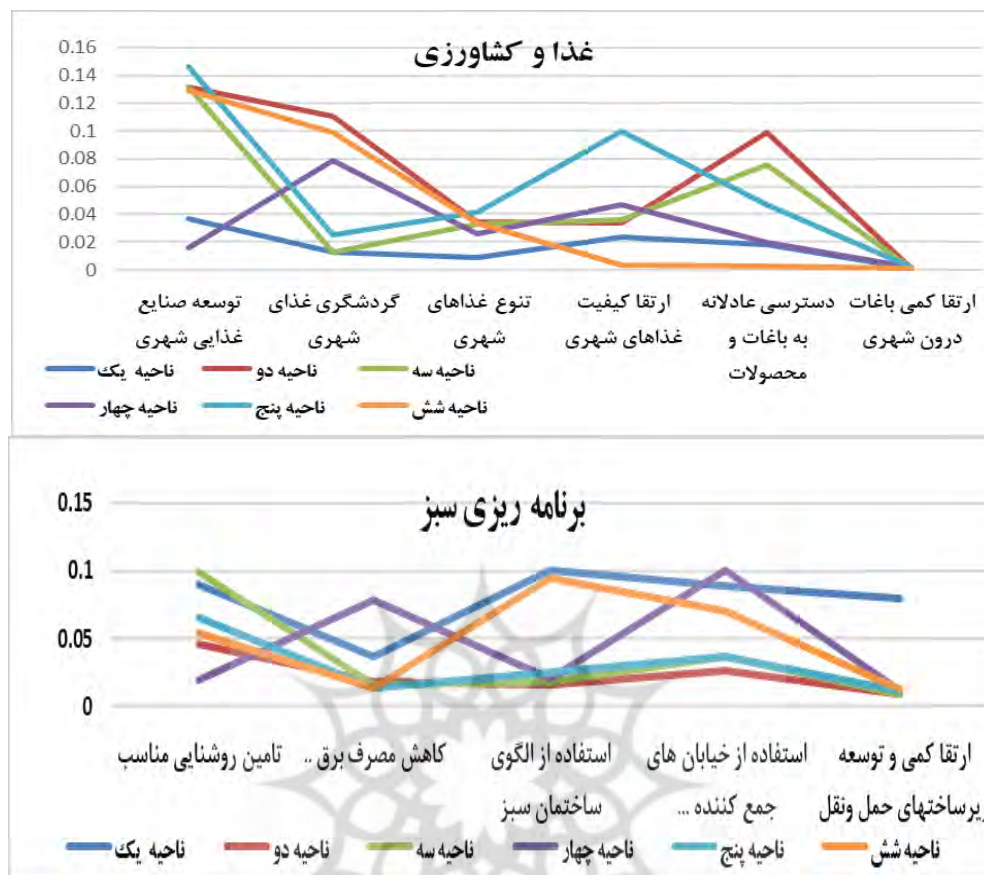
جدول ۱۰: نتایج نهایی مدل مارکوس

وزن‌دهی	ناحیه ۱	ناحیه ۲	ناحیه ۳	ناحیه ۴	ناحیه ۵	ناحیه ۶	مطلوبیت	موزون
کاهش انتشار کربن و کنترل انتشار گازهای گلخانه‌ای	۰,۰۰۱	۰,۰۰۱	۰,۰۰۱	۰,۰۰۲	۰,۰۰۲	۰,۰۰۲	۰,۰۰۲	۰,۰۰۱
کنترل آلودگی هوا، صوتی	۰,۰۰۲	۰,۰۰۳	۰,۰۰۳	۰,۰۰۳	۰,۰۰۲	۰,۰۰۲	۰,۰۰۲	۰,۰۰۲
سیاست‌های کاهش آلودگی صنایع و کارخانه‌ها و مواد سمی	۰,۰۰۴	۰,۰۰۶	۰,۰۰۵	۰,۰۰۵	۰,۰۰۷	۰,۰۰۵	۰,۰۰۴	۰,۰۰۴
کاهش میزان تولید زباله	۰,۰۰۷	۰,۰۱۳	۰,۰۱۱	۰,۰۱۳	۰,۰۱۱	۰,۰۰۸	۰,۰۰۸	۰,۰۰۷
طریقه حمل‌ونقل پسماند	۰,۰۱۰	۰,۰۱۰	۰,۰۱۳	۰,۰۱۱	۰,۰۱۳	۰,۰۱۴	۰,۰۱۵	۰,۰۱۰
نحوه دفن و بازیافت پسماند	۰,۰۰۴	۰,۰۰۴	۰,۰۰۴	۴,۹۹۳	۰,۰۰۴	۰,۰۰۵	۰,۰۰۶	۰,۰۰۴
افزایش سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در ترکیب انرژی جهانی	۰,۰۰۷	۰,۰۱۱	۰,۰۱۱	۰,۰۱۴	۰,۰۱۱	۰,۰۱۷	۰,۰۱۴	۰,۰۰۷
هوشمندی آب	۰,۰۰۶	۰,۰۰۹	۰,۰۰۸	۰,۰۰۶	۰,۰۱۰	۰,۰۰۸	۰,۰۰۷	۰,۰۰۶
هوشمندی برق	۰,۰۰۴	۰,۰۰۴	۰,۰۰۴	۰,۰۰۸	۰,۰۰۷	۰,۰۰۴	۰,۰۰۴	۰,۰۰۴
هوشمندی گاز	۰,۰۰۱	۰,۰۰۲	۰,۰۰۲	۰,۰۰۲	۰,۰۰۲	۰,۰۰۱	۰,۰۰۲	۰,۰۰۱
کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی و تمرکز بر انرژی پاک	۰,۰۰۲	۰,۰۰۴	۰,۰۰۲	۰,۰۰۳	۰,۰۰۴	۰,۰۰۴	۰,۰۰۳	۰,۰۰۲
توجه به معماری ساختمان جهت کاهش انرژی	۰,۰۰۸	۰,۰۰۸	۰,۰۱۳	۰,۰۱۱	۰,۰۱۳	۰,۰۱۲	۰,۰۱۳	۰,۰۰۸
فرهنگ‌سازی استفاده بهینه از انرژی	۰,۰۰۹	۰,۰۱۱	۰,۰۱۱	۰,۰۰۹	۰,۰۱۶	۰,۰۱۰	۰,۰۱۲	۰,۰۰۹
انرژی سبز و کاهش کربن	۰,۰۰۹	۰,۰۰۹	۰,۰۱۳	۰,۰۰۹	۰,۰۱۱	۰,۰۱۲	۰,۰۱۴	۰,۰۰۹
بهینه‌سازی عملکرد انرژی	۰,۰۰۲	۰,۰۰۳	۰,۰۰۳	۰,۰۰۳	۰,۰۰۲	۰,۰۰۳	۰,۰۰۲	۰,۰۰۲
میزان شرب بودن	۰,۰۱۸	۰,۰۳۶	۰,۰۲۳	۰,۰۳۳	۰,۰۱۸	۰,۰۳۶	۰,۰۳۷	۰,۰۱۸
اندازه‌گیری آب مصرفی	۰,۰۰۳	۰,۰۰۲	۰,۰۰۳	۰,۰۰۳	۰,۰۰۳	۰,۰۰۴	۰,۰۰۳	۰,۰۰۲
کیفیت آب	۰,۰۲۰	۰,۰۲۹	۰,۰۲۰	۰,۰۳۴	۰,۰۲۵	۰,۰۲۲	۰,۰۲۶	۰,۰۲۰
توسعه صنایع غذایی شهری	۰,۱۱۴	۰,۱۶۲	۰,۱۲۹	۰,۱۴۶	۰,۱۸۱	۰,۱۳۱	۰,۱۳۱	۰,۱۱۴
گردشگری غذای شهری	۰,۱۰۰	۰,۲۵۳	۰,۲۲۰	۰,۲۰۶	۰,۱۵۱	۰,۱۰۰	۰,۱۱۱	۰,۱۰۰
تنوع غذاهای شهری	۰,۰۰۹	۰,۰۲۰	۰,۰۳۴	۰,۰۴۱	۰,۰۲۶	۰,۰۳۳	۰,۰۳۵	۰,۰۰۹
ارتقای کیفیت غذاهای شهری	۰,۰۰۲	۰,۰۰۴	۰,۰۰۳	۰,۰۰۳	۰,۰۰۳	۰,۰۰۴	۰,۰۰۳	۰,۰۰۲
دسترسی عادلانه به باغات و محصولات	۰,۰۰۲	۰,۰۰۳	۰,۰۰۳	۰,۰۰۳	۰,۰۰۳	۰,۰۰۵	۰,۰۰۵	۰,۰۰۲
ارتقای کمی باغات درون‌شهری	۰,۰۰۱	۰,۰۰۱	۰,۰۰۱	۰,۰۰۲	۰,۰۰۲	۰,۰۰۱	۰,۰۰۱	۰,۰۰۱
تأمین روشنایی مناسب و استفاده از سیستم روشنایی پربازده	۰,۰۱۲	۰,۰۲۰	۰,۰۱۳	۰,۰۱۷	۰,۰۱۶	۰,۰۱۲	۰,۰۱۶	۰,۰۱۲
کاهش مصرف برق و تأمین امکان دید باکیفیت	۰,۰۱۱	۰,۰۱۱	۰,۰۱۴	۰,۰۱۳	۰,۰۲۰	۰,۰۱۶	۰,۰۱۸	۰,۰۱۱
استفاده از الگوی ساختمان سبز (بام سبز) و توجه به منظر شهری	۰,۰۱۶	۰,۰۲۲	۰,۰۱۶	۰,۰۲۶	۰,۰۲۰	۰,۰۱۸	۰,۰۱۶	۰,۰۱۶
استفاده از خیابان‌های جمع‌کننده و پخش‌کننده جهت کاهش ترافیک	۰,۲۲۰	۰,۳۰۱	۰,۲۲۰	۰,۳۶۲	۰,۳۷۴	۰,۳۶۴	۰,۲۸۳	۰,۲۲۰
ارتقای کمی و توسعه زیرساخت‌های حمل‌ونقل عمومی	۰,۰۰۶	۰,۰۰۹	۰,۰۱۲	۰,۰۱۱	۰,۰۱۱	۰,۰۱۰	۰,۰۰۹	۰,۰۰۶

مأخذ: یافته‌های پژوهش نگارندگان، ۱۴۰۲

همان‌طور که در جدول مشخص است شاخص‌های محیط زیست هوشمند با همدیگر تفاوت دارند و علاوه بر اهمیت تفاوت آن‌ها با خود، در نواحی شش‌گانه هم این تفاوت مشخص است همان‌طور که در شکل (۴) گویاست بعد حفاظت از محیط زیست در ناحیه ۱ کمترین تأثیر را داشته است و در ناحیه ۶ بیشترین تأثیرات را دارا است. تحلیل تفکیکی این بعد، یعنی بعد حفاظت از محیط‌زیست بر اساس زیرمجموعه‌های آن، شاخص کاهش انتشار کربن و کنترل گازهای گلخانه‌ای در ناحیه ۶ پایین‌ترین رتبه و ناحیه ۱ در رتبه اول قرار دارد. شاخص کنترل آلودگی هوا نیز در همه نواحی نسبتاً یکسان است اما در ناحیه ۶ بیشترین تأثیرات را داشته است. همچنین شاخص سیاست‌های کاهش آلودگی در ناحیه ۴ از وزن بالایی برخوردار است. شاخص کاهش میزان تولید زباله در نواحی ۵ و ۱ به‌ترتیب بیشترین وزن و کمترین وزن را دارند. همچنین شاخص طریقه حمل پسماند بر اساس پاسخ افراد خبره در نواحی ۲ و ۶ و ۳ تفاوتی دیده نمی‌شود اما در سایر نواحی، وزن اندکی متفاوت است. در راستای همین شاخص نحوه دفن پسماند این تفاوت‌ها وجود ندارد؛ اما در شاخص سهم انرژی‌های تجدیدپذیر پراکنش وزنی بیشتری در نواحی شش‌گانه وجود دارد. در بعد مدیریت منابع آب سه شاخص کلیدی مورد کنکاش قرار گرفت که زیرشاخص‌های؛ کیفیت آب، میزان شرب‌بودن و اندازه‌گیری آب مصرفی به‌ترتیب در نواحی ۱۵ و ۳ از وزن بیشتری برخوردار بودند و شاخص آب مصرفی نسبت به سایر شاخص‌های مورد مطالعه از وزن کمتری برخوردار بوده است. در بعد شبکه‌های هوشمند هم همین نتیجه با اندکی تغییر دیده می‌شود به‌طوری‌که میزان هوشمندی شبکه برق در راستای ارتقای محیط زیست هوشمند از وزن بالاتری برخوردار است و تفاوت آن‌ها در شش ناحیه مورد مطالعه چشمگیر نیست. در بعد انرژی و انرژی سبز ناحیه ۴ از شرایط مطلوب‌تری برخوردار است به‌طوری‌که در این ناحیه شاخص فرهنگ‌سازی استفاده بهینه از انرژی نزدیک به ۹۰ درصد اهمیت بیشتری دارد. این شاخص که نسبت به سایر شاخص‌ها از وزن ارزشی بیشتری برخوردار است، در ناحیه ۱ نسبت به سایر نواحی کمتر مورد توجه قرار می‌گیرد. همان‌طور که در شکل مشخص است بعد انرژی و انرژی‌های سبز تفاوت شاخص‌ها با یکدیگر گویاست و در تحلیل مکانی هم این تفاوت‌ها دیده می‌شود به‌طوری‌که شاخص کاهش مصرف سوخت فسیلی و تمرکز بر انرژی پاک، توجه به معماری ساختمان سبز جهت کاهش انرژی، فرهنگ‌سازی استفاده بهینه از انرژی، انرژی سبز و بهینه‌سازی انرژی به‌ترتیب در نواحی ۴ و ۶ و ۴ و ۲ و ۳ دارای بیشترین وزن هستند. یکی دیگر از ابعاد بقای شاخص‌های محیط زیست هوشمند بر اساس کمیسیون اتحادیه اروپا، شاخص غذا و کشاورزی است که این شاخص‌ها نیز با یکدیگر چه از نظر شاخص‌شناسی و چه از نظر قلمرویی تفاوت دارند به‌طوری‌که شاخص گردشگری غذای شهری در ناحیه ۴ بیشتر از سایر نواحی است. ارتقای کمی باغات درون‌شهری در همه نواحی نسبت به سایر شاخص‌ها از وزن کمتری برخوردار است در بعد برنامه‌ریزی سبز هم تفاوت‌ها آشکار است به‌طوری‌که از جنبه شاخص‌شناسی استفاده از الگوهای ساختمان سبز نسبت به سایر شاخص‌ها از وزن بیشتری برخوردار است و همین شاخص در ناحیه یک بیشتر و در ناحیه ۲ کمتر مورد توجه بوده است.





شکل ۴: میزان اهمیت شاخص‌های محیط زیست هوشمند در نواحی شش گانه

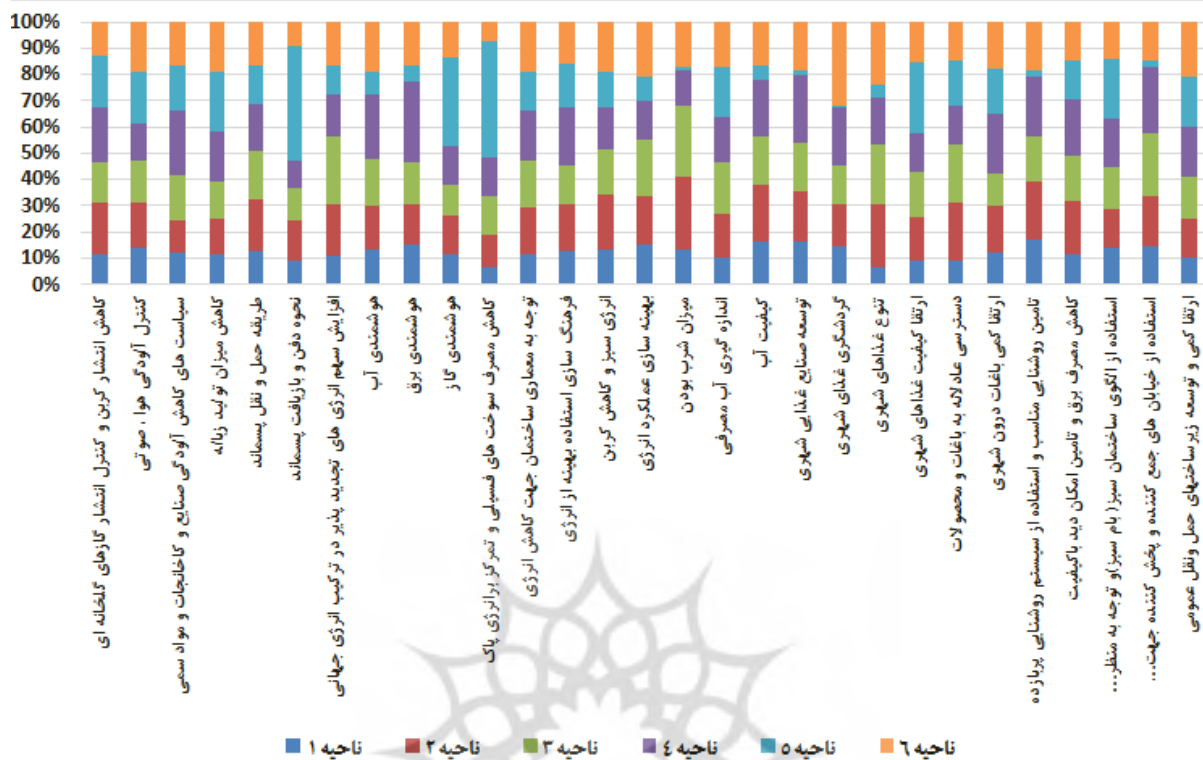
تهیه و ترسیم: یافته‌های پژوهش نگارندگان، ۱۴۰۲

پس از انجام این تحلیل، اکنون نیاز است که میزان مطلوبیت‌ها در نواحی شش گانه مشخص شود. جدول (۱۱) این مطلوبیت‌ها را نشان می‌دهد و شکل (۵) ضریب مطلوبیت شاخص‌ها در نواحی شش گانه را نشان می‌دهد همان‌طور که در شکل مشخص است، شاخص‌های محیط زیست هوشمند با همدیگر برابر نیستند و در نواحی شش گانه هم تفاوت معنی‌دار است.

جدول ۱۱: میزان مطلوبیت‌ها در نواحی شش گانه

وزن دهی	SI	-K	+K	F(K-)	F(K+)	F(K)
ناحیه ۱	۱,۰۰۲۶	۱,۰۰۶۵	۱,۰۰۱۴۵	۰,۰۴۴۱۸۹	۰,۰۴۳۹۷۳	۰,۰۰۱۹۴۳
ناحیه ۲	۱,۲۰۳۳۵۳	۱,۲۰۰۲۳۲	۱,۱۹۵۴۶۳	۰,۰۵۳۰۳۶	۰,۰۵۲۴۳۷	۰,۰۰۲۷۸۱
ناحیه ۳	۲,۲۷۳۸۴۷	۲,۲۶۷۹۵	۲,۲۵۸۹۳۸	۰,۱۰۰۲۱۷	۰,۰۹۹۰۸۴	۰,۰۰۹۹۳
ناحیه ۴	۲,۰۲۰۱۲۱	۲,۰۱۴۸۸۳	۲,۰۰۶۸۷۶	۰,۰۸۹۰۳۵	۰,۰۸۸۰۲۸	۰,۰۰۷۸۳۸
ناحیه ۵	۶,۷۸۲۸۶۱	۶,۷۶۵۲۷۱	۶,۷۳۸۳۸۸	۰,۲۹۸۹۴۷	۰,۲۹۵۵۶۶	۰,۰۸۸۳۵۹
ناحیه ۶	۱,۹۳۵۹۷۵	۱,۹۳۰۹۵۵	۱,۹۲۳۲۸۱	۰,۰۸۵۳۲۶	۰,۰۸۴۳۶۱	۰,۰۰۷۱۹۸
مطلوبیت نواحی	۲,۳۳۰۹۲۶	۲,۳۲۴۸۸۱	۲,۳۱۵۶۴۳	۰,۱۰۲۷۳۳	۰,۱۰۱۵۷۱	۰,۰۱۰۴۳۵

مأخذ: یافته‌های پژوهش نگارندگان، ۱۴۰۲



شکل ۵: میزان مطوبیت شاخص‌ها در نواحی شش‌گانه

تهیه و ترسیم: یافته‌های پژوهش نگارندگان، ۱۴۰۲

نتیجه‌گیری

در این پژوهش که با هدف تحلیل شاخص‌های محیط زیست هوشمند در نواحی منطقه دوازده تهران تدوین شد، مشخص گردید که شاخص‌های محیط زیست هوشمند به لحاظ اهمیت با همدیگر متفاوت هستند؛ به عبارت دیگر محیط زیست هوشمند از دیدگاه پاسخ‌گویان، از اولویت یکسانی برخوردار نبوده است. بر این اساس شاخص محیط زیست و آلاینده‌های زیست‌محیطی با میانگین رتبه‌ای ۱/۸۱ بالاترین امتیاز و شاخص برنامه‌ریزی سبز با امتیاز ۱،۰۶ پایین‌ترین امتیاز را دارا می‌باشد. همچنین نتایج نشان می‌دهد که سطح معناداری به دست آمده از آزمون «فریدمن» کمتر از ۰/۰۵ می‌باشد، در نتیجه بین شاخص‌های محیط زیست هوشمند در سطح نواحی ۶گانه منطقه دوازده تهران در سطح ۹۵ درصد اطمینان تفاوت وجود دارد. بر این اساس نواحی ۶ و ۴ با میانگین رتبه‌ای ۲/۸۸ و ۲/۷۹ بالاترین رتبه و ناحیه ۱ با امتیاز ۲/۲۱ پایین‌ترین امتیاز را دارا می‌باشد. تحلیل مدل معادلات ساختاری جهت بررسی تأثیر شاخص‌های محیط زیست هوشمند در قلمرو مورد مطالعه با توجه به ضرایب تعیین (R2) به دست آمده نشان داد که تغییرات متغیر وابسته، به میزان قابل توجهی در گرو تغییرات متغیرهای مستقل تحقیق است. همچنین با توجه به مثبت بودن شاخص اشتراک و شاخص افزونگی و سه مقدار

۰،۰۱، ۰،۲۵، ۰،۳۶ که به عنوان مقادیر ضعیف، متوسط و قوی برای GOF معرفی شده است و حصول مقدار ۰،۵۰ برای GOF، برازش مناسب مدل تأییدی گردد.

تحلیل‌های مبتنی بر مدل «مارکوس» هم نشان می‌دهد در بعد حفاظت از محیط زیست، ناحیه ۶ بیشترین تأثیر و ناحیه ۱ کمترین تأثیر را داشته است. شاخص‌های کاهش انتشار کربن و کنترل گازهای گلخانه‌ای در ناحیه ۶ کمترین رتبه را دارند در حالی که ناحیه ۱ بالاترین رتبه را دارد. شاخص کنترل آلودگی هوا در تمام نواحی نسبتاً یکسان است اما در ناحیه ۶ بیشترین تأثیر را دارد. همچنین شاخص سیاست‌های کاهش آلودگی در ناحیه ۴ وزن بالاتری دارد. در بعد مدیریت منابع آب، سه شاخص کلیدی شامل؛ کیفیت آب، میزان شرب بودن و اندازه‌گیری آب مصرفی مورد توجه قرار گرفته‌اند. نواحی ۵ و ۳ وزن بیشتری را برای این شاخص‌ها دارند و شاخص آب مصرفی نسبت به سایر شاخص‌ها وزن کمتری دارد.

در بعد شبکه‌های هوشمند، میزان هوشمندی شبکه برق در ارتقای محیط زیست هوشمند وزن بالاتری دارد و تفاوت آن‌ها در شش ناحیه مشخص نیست. در بعد انرژی و انرژی سبز، ناحیه ۴ شرایط مطلوب‌تری دارد. شاخص فرهنگ‌سازی استفاده بهینه از انرژی در این ناحیه اهمیت بیشتری دارد. در ناحیه ۱ نسبت به سایر نواحی کمتر مورد توجه قرار می‌گیرد. همچنین، در شاخص انرژی و انرژی سبز، شاخص‌ها با یکدیگر تفاوت دارند و در تحلیل مکانی نیز این تفاوت‌ها مشهود است. شاخص کاهش مصرف سوخت فسیلی و تمرکز بر انرژی پاک، توجه به معماری ساختمان سبز، فرهنگ‌سازی استفاده بهینه از انرژی، انرژی سبز و بهینه‌سازی انرژی به ترتیب در نواحی ۴، ۶، ۴، ۳ و ۲ بیشترین وزن را دارند. در بعد غذا و کشاورزی، شاخص گردشگری غذای شهری در ناحیه ۴ بیشتر از سایر نواحی است. می‌توان نتیجه گرفت که در بعد حفاظت از محیط زیست، نواحی ۶ و ۱ تأثیر کمتری دارند و نواحی ۴ و ۳ بیشترین تأثیر را دارند. در بعد مدیریت منابع آب، نواحی ۱۵ و ۳ بیشترین تأثیر را دارند. در بعد شبکه‌های هوشمند، تفاوت‌های معناداری مشاهده نشده است. در بعد انرژی و انرژی سبز، نواحی ۴ و ۱ بیشترین تأثیر را دارند. در بعد غذا و کشاورزی، ناحیه ۴ بیشترین تأثیر را دارد. به طور کلی، ناحیه ۴ در بعدهای مختلف حفاظت از محیط زیست و مدیریت منابع طبیعی تأثیر قابل توجهی دارد و نواحی دیگر نیز در بعضی از بعدها تأثیر مهمی دارند.

ارتقای محیط زیست هوشمند، یک هدف مهم است که با استفاده از فناوری‌های نوین و روش‌های هوشمندانه، می‌توان به آن دست یافت. در زیر به برخی از راهکارهای ارتقای محیط زیست هوشمند اشاره می‌کنیم:

۱. انتقال هوشمند: استفاده از سیستم‌های انتقال هوشمند برای بهینه‌سازی روند حمل‌ونقل، جلوگیری از ترافیک مزمن و کاهش آلودگی هوا است. این سیستم‌ها می‌توانند با استفاده از داده‌های جمع‌آوری شده از سنسورها و دستگاه‌های ارتباطی، به طور هوشمندانه مسیرها و مسیره‌های جایگزین را پیشنهاد دهند.

۲. مدیریت هوشمند آب: سیستم‌های مدیریت هوشمند آب می‌توانند به کاهش مصرف آب، کاهش ضایعات آب، کنترل بهینه منابع آبی و بهبود آبیاری در کشاورزی کمک کنند. با استفاده از سنسورها و سیستم‌های هوشمند، می‌توان میزان مصرف آب را کنترل کرده و به طور هوشمندانه آب را توزیع کرد.

۳. بازیافت و استفاده مجدد: تشویق به بازیافت و استفاده مجدد مواد قابل بازیافت و کاهش مصرف مواد غیر قابل تجدید، می‌تواند به حفظ منابع طبیعی و کاهش تولید زباله‌های جامد کمک کند. با استفاده از فناوری‌های هوشمند، می‌توان فرآیند جمع‌آوری زباله‌های و بازیافت آن‌ها را بهبود بخشید و فرآیندها را بهینه کنید.

۴. کشاورزی هوشمند: استفاده از فناوری‌های هوشمند در کشاورزی می‌تواند به کاهش مصرف آب، استفاده بهینه از کودها و سموم شیمیایی، کاهش اتلاف محصولات کشاورزی و کنترل بیماری‌ها و آفات کمک کند. سیستم‌های هوشمند می‌توانند با استفاده از سنسورها، داده‌های هواشناسی و داده‌های خاک، به‌طور هوشمندانه نیازهای آبی و مواد غذایی گیاهان را تعیین کنند و کشاورزان را در تصمیم‌گیری‌های بهتر درخصوص کشت‌وداشت یاری نمایند.

۵. آگاهی عمومی و آموزش: ارتقای آگاهی عمومی و آموزش درباره مسائل محیط زیست و نحوه حفاظت از آن با استفاده از فناوری هوشمند می‌تواند به ایجاد تغییرات مثبت در رفتار و عادات افراد کمک کند. استفاده از پلتفرم‌های آموزشی آنلاین، اپلیکیشن‌های آگاهی محیط زیست و فناوری‌های تعاملی، می‌تواند به شناخت بهتر مسائل محیط‌زیست و ارتقای نگرش‌ها و رفتارهای سبز در جامعه کمک کند.

منابع

انصاریان، مجتبی (۱۳۹۹). فناوری‌های نوین، چالش‌ها، فرصت‌های زیست‌محیطی، دوفصلنامه تخصصی حقوق قراردادها و فناوری‌های نوین. دوره اول. شماره ۲. پاییز و زمستان ۱۳۹۹. صفحات ۲۲۶-۲۰۳.

https://mtlj.usc.ac.ir/article_127904.htm

الوندی، عظیم؛ مجید شمس (۱۳۹۷). تحلیلی بر الزامات و بایسته‌های رشد هوشمند شهری (مطالعه موردی: شهر تویسرکان)، فصلنامه آمایش محیط. شماره ۵۱. زمستان ۱۳۹۹.

https://ebtp.malayer.iau.ir/article_680305.html

پورجوان، خسرو (۱۳۹۸). تبیین شهر هوشمند و راهکارهای حمل و نقل هوشمند شهری، دو فصلنامه علمی کارافن. شماره چهل و پنجم. بهار و تابستان ۱۳۹۸. صفحات ۳۴-۱۵.

https://karafan.tvu.ac.ir/article_100529.html

توکل‌همدانی، فرهاد (۱۳۹۷). شاخص‌های کلیدی در شهرهای هوشمند؛ به همراه روش اندازه‌گیری آن‌ها، سازمان فناوری اطلاعات و ارتباطات شهرداری تهران دبیرخانه و مرکز تهران هوشمند، انتشارات سازمان فناوری اطلاعات و ارتباطات شهرداری تهران. سال ۱۳۹۷.

<https://smartrighttogether.ir/key-performance-indicators-for-sustainable-smart-cities/>

ساسان‌پور، فرزانه؛ افشار حاتمی (۱۴۰۲). شهرهای آینده، شهرهای هوشمند پایدار، انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه تهران.

<https://jgs.khu.ac.ir/article-1-3122-fa.html>

خوارزمی، امیدعلی؛ مهسا غفوریان؛ مرضیه صبوری؛ سیما سردار (۱۴۰۱). چالش‌های محیط زیست هوشمند در کلانشهر مشهد با استفاده از مدل DPSIR، جغرافیا و توسعه فضای شهری. دوره ۲. شماره ۹. صفحات ۳۶-۱۷.

https://jgusd.um.ac.ir/article_40501.html

علائی، ریحانه، محمدرحیم رهنما؛ محمد اجزاشکوهی؛ علی فرقانی (۱۴۰۲). تبیین سناریوهای محیط زیست هوشمند در کلانشهر مشهد، تحقیقات جغرافیایی. دوره ۳۸. شماره ۲.

https://georesearch.ir/browse.php?a_id=1442&sid=1&slc_lang=fa

کریمی، مهدی (۱۴۰۰). سیاست‌گذاری زیست محیطی اتحادیه اروپا، فصلنامه آمایش سیاسی فضا. دوره ۳. شماره ۳. تابستان ۱۴۰۰.

<https://psp.modares.ac.ir/article-42-55793-fa.html>

کیانی، اکبر (۱۳۹۰). شهرهوشمند ضرورت هزاره سوم در تعاملات یکپارچه شهرداری الکترونیک (ارایه مدل مفهومی اجرایی با تاکید بر شهرهای ایران)، آمایش محیط. پاییز ۱۳۹۰. دوره ۴. صفحات ۶۴-۳۹.

<https://www.noormags.ir/view/ar/articlepage/1016719/>

موسوی‌حسنی، سیدمصطفی (۱۴۰۱). نظریه‌های شهرهوشمند، جغرافیا و روابط انسانی. دوره ۲. شماره ۵. صفحات ۲۰-۱. میری، سمیه؛ مهران سهراب‌زاده؛ محسن نیازی (۱۴۰۰). بررسی نقش فرهنگ شهروندی در ارتقای محیط زیست هوشمند، فصلنامه انجمن ایرانی مطالعات فرهنگی و ارتباطات/نشریه آنلاین. سال ۱۴۰۰.

https://www.jcsc.ir/article_248013_0b44b11958e1095cf6175806e1dcc93d.pdf

References

- Brinzel, R., Prakash, B., & Avinash, G (2019). Smart Environmental Monitoring System. International Journal of Green Computing. 10 (1). 43-54.
<https://afoui.org/environment-and-sustainability>
- Brkljacis, T., Majectic, F., & Tarabic, B.N (2017). Smart Environment: Cyber Parks (connecting Nature and Technology). Handbook of Research on Entrepreneurial Development and Innovation within Smart Cities. Publisher: IGI Global.
https://www.researchgate.net/publication/315161050_Smart_Environment_Cyber_Parks_Connecting_Nature_and_Technology
- Caragliu, A., Del Bo, C. and Nijkamp, P (2009) Smart Cities in Europe. Proceedings of the 3rd Central European Conference in Regional Science—CERS 2009, Kosice, 7-9 October 2009, 49-59.
<https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=1239981>
- Davies, Peter (2017). European Union environmental law: an introduction to key selected issues, Taylor and Francis publisher
<https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.4324/9781315255835/european-union-environmental-law-peter-davies>
- Crivello S (2014). Urban Policy Mobilities: The Case of Turin as a Smart City, European Planning Studies, 23(5), 909-921 .
<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09654313.2014.891568>
- European Parliament. Directorate General for Research (2009). Fact Sheets on the European Union. Office for Official Publications of the European Communities.
<https://www.europarl.europa.eu/factsheets/en/home>

- Fernandez, A., Alvarez, J., Ortega, A. Gonzalez, L (2009). Smart Environment Software Reference Architecture. Fifth International Joint Conference on INC, IMS and IDC.
<https://ieeexplore.ieee.org/document/5331692>
- Nazarov, A., Tovmasyan, N., & Kovtun, D (2021). Smart City Technology: Ecological Sustainability. In E3S Web of Conferences (Vol. 295, 01032). EDP Sciences
https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2021/71/e3sconf_wfsdi2021_01032.pdf
- Scholl, H. J., & Scholl, M. C (2014). Smart governance: A roadmap for research and practice. IConference 2014 proceedings.
<https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/016146811912101412>
- Villanueva-Rosales, N., Cheu, R. L., Gates, A., Rivera, N., Mondragon, O., Cabrera, S Prochazkova, D (2015). A collaborative, interdisciplinary initiative for a smart cities innovation network. In 2015 IEEE First International Smart Cities Conference (ISC2) 1-2). IEEE.
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7366179>
- Vijendran, S., Schlutz, J., Gerst, A., Istasse, E., De Mey, S., & Schmitt, D (2021, September). ESA Terrae Novae exploration strategy 2040. In European planetary science congress (pp. EPSC2021-798).
<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2021EPSC...15..798V/abstract>

