



University of
Sistan and Baluchestan



Association of Geography
and Planning
of Border Areas of Iran

Analysis of Green Infrastructure-based Strategies for Climate Change Adaptation in Urban Planning (Case Study: Birjand City)

Zahra Ramezani Noghahi Aval¹, Mohammad Eskandari Sani^{2✉}, Morteza Emailnejad³

1. M.A In Geography and Environmental Hazards, University of Birjand, Birjand, Iran.
E-mail: Zahra-ramezani_nughabi@birjand.ac.ir
2. Associate professor, department of geography, University of Birjand, Birjand, Iran.
✉ E-mail: meskandarisani@birjand.ac.ir
3. Associate professor, department of geography, University of Birjand, Birjand, Iran.
E-mail: Esmailnejad.m@birjand.ac.ir



How to Cite: Ramezani Noghahi Aval, Z; Eskandari Sani, M & Emailnejad, M. (2026). Analysis of Green Infrastructure-based Strategies for Climate Change Adaptation in Urban Planning (Case Study: Birjand City). *Geography and Territorial Spatial Arrangement*, 16 (59), 1-6.

DOI: <http://dx.doi.org/10.22111/gajj.2026.54884.3340>

Article type:

Research Article

Received:

22/02/2026

Received in revised form:

05/07/2026

Accepted:

12/05/2026

Publisher online:

16/05/2026

ABSTRACT

Accelerating climate change and its intensifying impacts on dry and semi-arid cities highlight the urgent need for adaptive, green-infrastructure-based approaches in urban spatial planning. Birjand, characterized by an arid climate, limited water resources, and unbalanced urban expansion, faces high vulnerability to rising temperatures, urban heat island effects, severe drought, and flash floods. Despite scattered studies on green infrastructure in Iran, the simultaneous examination of spatial justice, spatial distribution of green spaces, and their role in climate adaptation in small arid cities such as Birjand remains limited, revealing a significant research gap. This study aims to identify effective green infrastructure strategies for climate adaptation within Birjand's urban spatial planning. A mixed-methods approach was employed, including vegetation change analysis using NDVI derived from Sentinel-2 imagery (2017–2024), GIS-based spatial analysis (spatial autocorrelation and kernel density), statistical analysis of expert questionnaires (n = 50) using SPSS, and qualitative interviews with urban and environmental specialists. The findings indicate that Birjand's green infrastructure is currently at a lower-to-moderate performance level. Green space distribution is spatially uneven and clustered (concentrated in central, high-density districts and insufficient in the south and west). Weak connectivity within the green network reduces ecosystem services, while public awareness and urban planning practices inadequately reflect the role of green infrastructure in climate resilience. NDVI analysis shows a relative decline in vegetation cover during the study period, driven by climatic pressures and urban expansion. Key strategies highlighted by the study include the use of drought-resistant native species (e.g., *Haloxylon*, *Tamarix*, *Melia azedarach*), adoption of smart irrigation systems, establishment of continuous green corridors, development of pocket parks and green roofs/walls, and strengthening community engagement through education. These measures not only enhance climate and environmental resilience but also promote spatial justice and improve quality of life within Birjand's urban planning framework.

By offering a localized framework tailored to the dry-climate cities of eastern Iran, this study contributes new insights to the existing literature and provides practical recommendations for integrated climate-responsive policymaking.

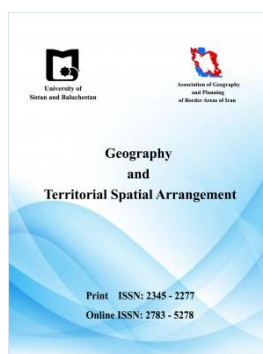
Keywords:

Adaptation, Climate Change, Green Infrastructure, Birjand.



© the Author(s).

Publisher: University of Sistan and Baluchestan



Extended Abstract

Introduction

Recently, research on how to manage cities and socio-cultural, economic and environmental systems has increased in order to promote sustainable urban management. In Iranian studies, simultaneous analysis of spatial justice, spatial self-congruence and experts' perceptions of green infrastructure in arid climates has been less investigated. With the acceleration of climate change and its intensification of its effects on arid and semi-arid cities, the need to adopt adaptive approaches based on green infrastructure in urban planning has become more apparent than ever. Due to its arid climate, limited water resources, and unbalanced urban expansion, Birjand is highly vulnerable to hazards such as temperature increases, urban heat islands, severe droughts, and flash floods.

Study Area

Birjand is the capital of South Khorasan Province (Figure 3) and is located at geographical coordinates of 32 degrees and 52 minutes north latitude and 59 degrees and 13 minutes east longitude. The city is located at an altitude of about 1491 meters above sea level and is located in a mountainous and relatively dry region. Birjand is located on the northern slopes of the Bagheran Mountain Range, and this location has created special climatic conditions for it. The distance from this city to the eastern border of Iran with Afghanistan is about 140 kilometers, which has made its geopolitical position more prominent.

Material and Methods

This research is of an applied-developmental type and is designed with a mixed approach that uses a combination of quantitative and qualitative methods to comprehensively examine green infrastructure strategies in adapting to climate change in the city of Birjand. The statistical population includes experts and specialists related to urban planning, green space, environment, and crisis management in the executive bodies of Birjand (municipality, Landscape and Green Space Organization, Regional Water Company, Environmental Protection, and academics). Purposive sampling was conducted and 50 experts with bachelor's degrees and above and relevant work experience were selected as respondents to the questionnaire; the aim of the research was not to generalize the results to all citizens, but to achieve an elite consensus for formulating adaptation strategies in the city of Birjand.

Result and Discussion

The central part and areas in the north and south of the city have a higher density of green spaces, which are especially dense along the main streets such as Modares, Tohid, and Moallem (in residential neighborhoods, especially in the south of the city). The northern, eastern, and western areas of the city have less developed infrastructure, and green spaces in these areas are scattered and limited. This pattern indicates a greater concentration of green infrastructure in densely populated areas, which plays an important role in reducing the effects of heat, improving air quality, and managing surface water. Green spaces also help adapt to climate change by reducing ambient temperature, absorbing carbon, and creating cool spaces for residents; especially in central areas such as Abuzar, Taleghani, and Beheshti, the need for climate adaptation is greater. In the next section, analyzing the demographic characteristics of the respondents to the questionnaire can help to better understand their social, economic, and cultural backgrounds. This information can help to analyze the results of other sections of the questionnaire and examine their relationship to climate change adaptation strategies through green infrastructure. Given that 40% of the respondents have a bachelor's degree, 30% have a master's degree, and 20% have a doctorate or higher, it can be concluded that the population of respondents is generally at a high level in terms of education. This distribution indicates that people with higher education are more likely to participate in discussions related to green infrastructure and climate change. Also, these people may have more awareness of environmental issues and their opinions and experiences in this field are more valuable.

Conclusion

The aim of this research was to identify the distribution pattern of green spaces, evaluate environmental indicators, and analyze the relationship between climate characteristics and the development of green infrastructure in order to increase urban resilience. The results of the analyses showed that the use of drought-resistant native species and the use of modern irrigation methods (such as drip irrigation or the use of treated wastewater) can be considered as an effective solution in the management and sustainable development of

green space infrastructure. Also, the findings showed that the lack of coherent policymaking in the field of distribution of urban green space infrastructure and the lack of comprehensive plans based on environmental justice have caused some urban areas, especially underserved areas, to be deprived of sufficient access to green spaces. On the other hand, a qualitative study of interviews conducted with urban experts showed that proper irrigation management, the use of drought-resistant native plants, and the continuous expansion of green spaces are among the most effective solutions for strengthening the role of green infrastructure in combating climate change. Therefore, focusing on creating a continuous network of green space infrastructure, especially along wind routes and in the southern areas of the city, can significantly increase the role of this infrastructure in reducing Birjand's climate vulnerability.

Key words: Adaptation, Climate Change, Green Infrastructure, Birjand.

References

Baghirov, H. S. O., Hina, S. M., Mulani, A., Gupta, A., Mabrouk, A. S., & Aziz, F. (2025). Urban green infrastructure enhancing biodiversity and climate resilience in smart cities. *Lex Localis – Journal of Local Self-Government*, 23(S5), 549-578.

<https://doi.org/10.52152/801285>

<https://lex-localis.org/index.php/LexLocalis/article/view/801285>

Beninde, J., Veith, M., & Hochkirch, A. (2015). Biodiversity in cities needs space: A meta-analysis of factors determining intra-urban biodiversity variation. *Ecology Letters*, 18(6), 581–592.

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/ele.12427>

Blakely, E. J. (2007). Urban planning for climate change. *Urban Studies*, 44(12), 2311–2324.

https://www.lincolnst.edu/app/uploads/legacy-files/pubfiles/1310_blakely_final.pdf

Chini, C. (2016). Urban green infrastructure and climate adaptation. *Sustainability*, 9(10), 1811.

https://www.mdpi.com/journal/sustainability/special_issues/Urban_Green_Infrastructure

Davoudi, S., et al. (2009). Planning for climate change: Strategies for mitigation and adaptation for spatial planners. Earthscan.

<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000234666>

Dunning, R., & Buck, N. T. (2017). The integration of infrastructures as a response to climate change: A critical opportunity? *Sustainability*, 9(5), 800.

<https://livrepository.liverpool.ac.uk/3008698/>

Eskandari Sani, Mohammad; Mohammadabadi, Saeede; Vafaei Fard, Mehdi. (2014). Urbanization and Food Insecurity: Examining Its New Challenges and Opportunities in Urban Agricultural Development, Case Study: Birjand City. *Urban Sustainability Journal*, Issue 10. (*In Persian*)

https://www.jscity.ir/article_214703.html

Eskandari Sani, Mohammad; Safargar, Sahar. (2014). Identifying Effective Physical Components in Improving Citizens' Sense of Security in Urban Spaces (Case Study: Moallem Street and Pasdaran City of Birjand), *Khorasan Culture Journal*, Issue 17. (*In Persian*)

https://www.farhangekhorasan.ir/article_150784.html

Eskandari Sani, Mohammad; Safargar, Sahar. (2014). Integrating Green and Circular Economy, a New Approach to Sustainable Income in Birjand City. *Green Development Management Studies*, Volume 1, Issue 2, Pages 159-172. (*In Persian*)

https://gmd.birjand.ac.ir/article_2395.html

Esmailnejad, Morteza; (2014). Assessing the Vulnerability of Peri-Urban Areas of Birjand to Climate Change. *Peri-urban Space Development*, 78-65, (1)6. (*In Persian*)

https://www.jpusd.ir/article_183897.html

Greene, M. (2024). Urban green infrastructure: Enhancing climate resilience and environmental sustainability in cities. *International Journal of Environmental Science and Sustainability*, 3(1), 11-21.

<https://jilpublishers.com/index.php/ijess/article/view/24>

Meerow, S., & Newell, J. P. (2017). Urban resilience for climate adaptation. *Urban Studies*, 54(7), 1403–1420.

<https://climateadaptationplatform.com/urban-resilience-for-climate-adaptation/>

Mondal, K., Rawat, S., Khose, S. B., Tateh, S., Saha, S., Choubey, S., Nagawade, O., & Vishwakarma, S. K. (2025). Urban green infrastructure for climate change adaptation and mitigation: Roles, innovations, and challenges in sustainable cities. *International Journal of Environment and Climate Change*, 15(12), 19-33. <https://doi.org/10.9734/ijecc/2025/v15i125144>.

<https://journalijecc.com/index.php/IJECC/article/view/5144>

Nasehi, Saeede, Al-Mohammad, Seydeh, Ramezani-Mehrian, Majid, Mobarghaei-Dinan, Naghmeh. (1402). Developing sustainability strategies for urban green infrastructures using landscape change assessment (Case study: Tehran Metropolitan Region 2). *Geography and Environmental Sustainability*, 13(2), 95-114. (In Persian)

https://ges.razi.ac.ir/article_2560.html

Norouzi, Maryam and Bamanian, Mohammad Reza. (1398). Analyzing the effect of urban green infrastructures on improving environmental sustainability components. *Scientific Journal of Architectural Thought*, 3(6)189-175. (In Persian)

<https://search.isc.ac/inventory/8/1120133.htm>

Oke, T. R., Mills, G., Christen, A., & Voogt, J. A. (2017). *Urban Climates*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

<https://doi.org/10.1017/9781139016476>.

<https://www.cambridge.org/core/books/abs/urban-climates/urban->

Rezaei, Ebrahim, Ebrahimzadeh, Isa and Eskandari-Sani, Mohammad. (2019). A critical analysis of urban water policy from the perspective of institutional capacity (case study: Birjand city). *Geography and Regional Urban Planning*, 9(31), 73-92. (In Persian)

https://journals.usb.ac.ir/article_4706.html

Salih, K., & Báthoryné Nagy, I. R. (2024). Review of the role of urban green infrastructure on climate resiliency: A focus on heat mitigation modelling scenario on the microclimate and building scale. *Urban Science*, 8(4), 220.

<https://doi.org/10.3390/urbansci8040220>,

<https://www.mdpi.com/2413-8851/8/4/220>

Seiwert, A., & Rößler, S. (2020). Understanding the term green infrastructure: origins, rationales, semantic content and purposes as well as its relevance for application in spatial planning. *Land Use Policy*, 97, 104785.

<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104785>,

<https://ideas.repec.org/a/eee/lauspo/v97y2020ics0264837718309621.html>

Shirgar, Elmira, Khairuddin, Reza and Behzadfar, Mostafa. (2019). Explaining the intervention model in urban green infrastructure with the aim of creating urban ecological resilience with an emphasis on climate change (case study: Yousef Abad neighborhood of Tehran). *Ecology*, 45(3), 545-565. (In Persian)

https://journals.ut.ac.ir/article_75006.html

Taleai, M. (2007). Urban green infrastructure and ecosystem services. *Ecological Planning Journal*, 22(2), 89–103. (In Persian)

<https://sanad.iau.ir/fa/Journal/jshsp/DownloadFile/1032263>

Tamminga, K., Cortesão, J., & Bakx, M. (2020). Convivial greenstreets: A concept for climate-responsive urban design. *Sustainability*, 12(9), 3790.

<https://doi.org/10.3390/su12093790>.

<https://www.mdpi.com/2071-1050/12/9/3790>

Timi, Niusha, Sholeh, Mahsa, Lotfi, Sahand and Sadeghi, Alireza. (1404). Measuring the effects of urban green infrastructure with a climate-sensitive design approach (case study: Gol Mohammadi neighborhood of Isfahan). *Danesh Ursasazi*, 9(2)55-77 . *(In Persian)*

<https://www.ensani.ir/fa/article/624751>

Vaisi Nabi Kandi, Bahman and Hami, Ahmad and Emami Namin, Farzin (1402), Urban Green Infrastructures as a Solution to Climate Change in Order to Improve the Quality of Urban Life, Third International Conference on Architecture, Civil Engineering, Urban Planning, Environment and Horizons of Islamic Art in the Declaration of the Second Step of the Revolution, Tabriz. *(In Persian)*

<https://civilica.com/doc/1960956>

تحلیل استراتژی‌های مبتنی بر زیرساخت سبز برای سازگاری با تغییرات اقلیمی در آمایش شهری (نمونه موردی: شهر بیرجند)

زهرا رضانی اول نوقابی^۱، محمد اسکندری ثانی^{۲*}، مرتضی اسمعیل‌نژاد^۳

مقاله پژوهشی

چکیده

با شتاب‌گیری تغییرات اقلیمی و تشدید اثرات آن بر شهرهای خشک و نیمه‌خشک، ضرورت اتخاذ رویکردهای سازگارانه مبتنی بر زیرساخت‌های سبز در آمایش شهری بیش‌ازپیش آشکار شده‌است. شهر بیرجند به دلیل موقعیت اقلیمی خشک، محدودیت منابع آب و گسترش نامتوازن شهری، در برابر مخاطراتی همچون: افزایش دما، جزیره حرارتی شهری، خشکسالی شدید و سیلاب‌های ناگهانی، آسیب‌پذیری بالایی دارد. با وجود مطالعات پراکنده در زمینه زیرساخت سبز در ایران، بررسی هم‌زمان عدالت فضایی، تحلیل مکانی توزیع فضاهای سبز و نقش آن‌ها در سازگاری اقلیمی در شهرهای کوچک اقلیم خشک مانند بیرجند کمتر مورد توجه قرار گرفته و خلأ پژوهشی قابل توجهی وجود دارد. این پژوهش، با هدف شناسایی استراتژی‌های مؤثر زیرساخت سبز برای سازگاری با تغییرات اقلیمی در آمایش شهری بیرجند، به ارزیابی عوامل مؤثر، وضعیت فعلی زیرساخت‌ها و راهبردهای بومی‌سازی پرداخته‌است. روش تحقیق ترکیبی (کمی-کیفی) بوده و شامل تحلیل تغییرات پوشش گیاهی با شاخص «NDVI» (از تصاویر Sentinel-2 در بازه ۲۰۱۷-۲۰۲۴)، تحلیل فضایی «GIS» (خودهمبستگی مکانی و تراکم کرنل)، تحلیل آماری «SPSS» بر روی پرسش‌نامه متخصصان (۵۰ نفر) و مصاحبه‌های کیفی با کارشناسان است. یافته‌ها نشان‌داد وضعیت زیرساخت‌های سبز شهری بیرجند در سطح متوسط روبه‌پایین قرار دارد؛ توزیع فضاهای سبز نامتوازن و خوشه‌ای است (تمرکز در نواحی مرکزی و پرجمعیت، کمبود در جنوب و غرب)، اتصال ضعیف شبکه سبز خدمات اکوسیستمی را کاهش داده و درک عمومی و برنامه‌ریزی شهری از نقش آن‌ها در تاب‌آوری اقلیمی ناکافی است. تحلیل «NDVI» حاکی از کاهش نسبی پوشش گیاهی در دوره مورد مطالعه تحت‌تأثیر تغییرات اقلیمی و گسترش شهری است. نتایج تأکید می‌کند که راهبردهای کلیدی شامل: استفاده از گونه‌های بومی مقاوم به خشکی (تاغ، گز، زیتون تلخ)، سیستم‌های آبیاری هوشمند، ایجاد کریدورهای سبز پیوسته، توسعه فضاهای کوچک محلی و بام یا دیوار سبز و تقویت مشارکت شهروندان از طریق آموزش است. این رویکردها نه تنها تاب‌آوری اقلیمی و زیست‌محیطی را افزایش می‌دهند، بلکه عدالت فضایی و کیفیت زندگی را در آمایش شهری بیرجند ارتقا می‌بخشند. مطالعه حاضر با ارائه چارچوبی بومی‌سازی شده برای شهرهای خشک شرق ایران، گامی نوین در پرکردن خلأهای پژوهشی موجود برمی‌دارد و پیشنهادهایی عملی برای سیاست‌گذاری یکپارچه ارائه می‌کند.

جغرافیا و آمایش شهری- منطقه‌ای
تابستان ۱۴۰۵، سال ۱۶، شماره ۵۹
تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۲/۰۳
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۵/۰۲/۱۷
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۲/۲۲
انتشار آنلاین: ۱۴۰۵/۰۲/۲۶
صفحات: ۱-۲۸



واژه‌های کلیدی:
زیرساخت سبز شهری، تغییرات اقلیمی، عدالت فضایی، شهر بیرجند، تاب‌آوری شهری، آمایش شهری.

مقدمه

اخیراً، تحقیق در مورد چگونگی مدیریت شهرها و سیستم‌های اجتماعی فرهنگی، اقتصادی و زیست‌محیطی افزایش یافته تا بتواند در جهت ارتقا مدیریت پایدار شهرها قدم بردارد. در مطالعات ایران، تحلیل هم‌زمان عدالت فضایی، خودهمبستگی مکانی و ادراک متخصصان در زمینه زیرساخت سبز در اقلیم خشک کمتر بررسی شده است.

^۱ - کارشناس ارشد جغرافیا گرایش مخاطرات محیطی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.

^۲ - دانشیار گروه جغرافیا، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران. (نویسنده مسئول)

^۳ - دانشیار گروه جغرافیا، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

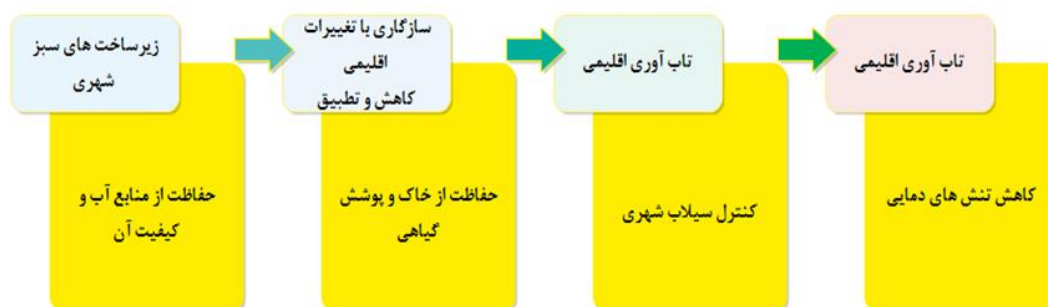
* - کارشناس ارشد جغرافیا گرایش مخاطرات محیطی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.

^۲ - دانشیار گروه جغرافیا، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران. (نویسنده مسئول)

^۳ - دانشیار گروه جغرافیا، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

زیرساخت‌های سبز شهری علاوه بر حفظ و گسترش طبیعت و ایجاد یک اکوسیستم فعال شهری می‌توانند مزایای اقتصادی و اجتماعی نیز برای شهر به‌همراه داشته باشند و می‌توانند در مقیاس‌های مختلف، از سطح خانه یا ساختمان، تا سطح چشم‌انداز وسیع‌تر مورد استفاده قرار گیرند (نوروزی و بمانیان، ۱۳۹۸: ۱۷۵). طراحی شهری حساس به اقلیم بهترین تصمیم را برای خرد اقلیم‌ها در فصول گرم سال (Tamminga, et al. 2020:3700) به‌ویژه در مناطق خشک دارد. رویکرد زیرساخت سبز در راستای طراحی شهری حساس به اقلیم با بهبود پوشش گیاهی شهرها و سوق دادن آن‌ها به سمت اکوسیستم‌های طبیعی در تلاش برای رفع این مشکل است. این رویکرد در تلاش است شهرها را به‌عنوان جزئی از طبیعت و نه در مقابل طبیعت برنامه‌ریزی نماید (تیمی و همکاران، ۱۴۰۴: ۱۹). راه‌حل‌های مبتنی بر طبیعت، مانند احیای زیرساخت سبز (GI)، توجه جهانی را برای افزایش انعطاف‌پذیری آب‌وهوا در مناطق شهری به خود جلب کرده است (ویسی و همکاران، ۱۴۰۲: ۱۳). امروزه بیش از نیمی از جمعیت جهان در مناطق شهری سکونت دارند و پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۵۰ میلادی، ۶۶ درصد از جمعیت جهان ساکن شهرها شوند. (Oke et al, 2017). با افزایش جمعیت شهرها، فعالیت‌های انسانی عامل تغییر اقلیم در محیط‌های شهری زیاد می‌شود که در نتیجه آن، توانایی زیرساخت‌های شهری برای رسیدن به درخواست‌هایی که برای آن ایجاد شده‌اند دشوار می‌شود (Dunning and Buck, 2017:11). زیرساخت‌های شهری نیازمند راه‌حل‌های قابل‌انطباق و قابل‌دسترس برای شهروندان است و باعث ایجاد تعادل میان محیط طبیعی و انسان ساخت می‌گردد (ناصری و همکاران، ۱۴۰۲: ۱۱۵). IPCC تعریف سازگاری را به این‌صورت بیان می‌کند: تنظیم در سیستم‌های طبیعی یا انسانی به محرک‌های واقعی یا موردانتظار اقلیم و تأثیرات آن‌ها که آسیب‌ها یا فرصت‌ها را تعدیل می‌کند (Davoudi et al, 2009: 12). سازگاری با تغییر اقلیم به تلاش‌هایی در جهت توسعه در برابر پیش‌بینی‌ها یا تأثیرات بالقوه اقلیم و در حین وقوع آن گفته می‌شود (Meerow, 2011: 12). امروزه برنامه‌ریزی شهری با تولید انواع خدمات اکوسیستمی و داشتن رویکرد چندمنظوره و چندرشته‌ای فعال، توانایی برنامه‌ریزان را برای مقابله با تغییرات آب‌وهوایی در مقیاس شهری افزایش می‌دهد. پیشرفت‌های قابل‌توجهی در برنامه‌ریزی اخیراً در ادغام اهداف سازگاری در برنامه‌های زیرساخت شهری صورت گرفته است. زیرساخت‌های سبز هم‌جوار شهری اثرات خارجی بر یکدیگر دارند؛ این تأثیرات می‌تواند مثبت یا منفی باشد. اثرات مثبت منجر به افزایش کارایی به‌میزانی می‌شود که زیرساخت‌های هم‌جوار به توسعه پایدار و شیوه بهتر زندگی منجر شوند، در حالی که اثرات منفی به کاهش کارایی منجر شده و کاهش ارزش زیرساخت‌ها را به‌دنبال خواهد داشت که به ایجاد ناسازگاری میان کاربری‌های مختلف می‌انجامد (Taleai, 2007:376). زیرساخت سبز شهری به‌عنوان یکی از استراتژی‌های اصلی طراحی شهری حساس به اقلیم، مشکلات، اهداف، مزایا و عناصر بسیار گسترده‌ای را در برمی‌گیرد (Seiwert, A., and Rößler, 2020:10). در دهه اخیر، شهرها به‌عنوان بسترهای اصلی تجمع جمعیتی و فعالیت‌های اقتصادی، با شدت یافتن پیامدهای تغییرات اقلیمی از جمله افزایش دما، تشدید جزیره گرمای شهری و فراوانی رخداد‌های هیدرولوژیک شدید مواجه شده‌اند؛ در چنین شرایطی، زیرساخت‌های سبز شهری به‌عنوان راهبردی مبتنی بر طبیعت، نقش کلیدی در ارتقای تاب‌آوری شهری و تطبیق با تغییرات اقلیمی ایفا می‌کنند. (Mondal et al., 2025:20) این زیرساخت‌ها، که شامل فضای سبز عمومی، جنگل‌های شهری، بام‌ها و دیوارهای سبز، سامانه‌های نفوذپذیر و شبکه‌های اکوسیستمی شهری هستند، با بهره‌گیری از خدمات اکوسیستمی مانند تعدیل دما از طریق تبخیر-تعریق، کاهش شدت رواناب‌های سطحی و بهبود کیفیت هوا، به‌طور هم‌زمان در کاهش اثرات مخرب تغییرات اقلیمی و افزایش کیفیت

زیست‌محیطی شهرها مؤثر واقع می‌شوند (Greene, 2024: 13; Mondal et al., 2025:24). از منظر نظری، این رویکرد برگرفته از ادبیات خدمات اکوسیستمی و برنامه‌ریزی اکولوژیک است که بر یکپارچگی میان کارکردهای زیست‌محیطی، اجتماعی و کالبدی فضاهای شهری تأکید دارد، به‌گونه‌ای که زیرساخت‌های سبز به‌عنوان واسطی میان انسان و طبیعت در فرایندهای شهری عمل می‌کنند (Kadić et al., 2025: 3)؛ شیرگیر و همکاران، ۱۳۹۸: ۵۵۰) علاوه بر نقش مستقیم در مدیریت مخاطرات اقلیمی، زیرساخت‌های سبز شهری می‌توانند به‌عنوان ابزارهای مؤثر در سیاست‌های کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای نیز شناخته شوند، زیرا توانایی ذخیره و جذب کربن در پوشش گیاهی و خاک‌های مرتب، پتانسیل چشمگیری برای تعدیل تغییرات اقلیمی دارد (Mondal et al., 2025:28: 28). درایران نیز پژوهش‌ها نشان داده‌اند که ارتقای ساماندهی زیرساخت‌های سبز می‌تواند تاب‌آوری اکولوژیک و اقلیمی محله‌ها و شهرها را افزایش دهد، به‌ویژه هنگامی که این زیرساخت‌ها در سیاست‌گذاری‌های شهری به‌صورت استراتژیک گنجانده شوند (شیرگیر و همکاران، ۱۳۹۸: ۵۵۶؛ ناصحی و همکاران، ۱۴۰۲: ۹۷). این دیدگاه‌های نظری و تجربی، اهمیت تلفیق رویکردهای مبتنی بر زیرساخت‌های سبز با نظام برنامه‌ریزی شهری را در مواجهه با چالش‌های اقلیمی و در راستای توسعه پایدار مورد تأکید قرار می‌دهند، به‌ویژه در شهرهایی که با فشار افزایش دما و نابودی پوشش‌های طبیعی روبه‌رو هستند (شکل ۱) و نیازمند ابزارهای چندمنظوره برای ارتقای کیفیت محیط زندگی و مقاومت در برابر شوک‌های اقلیمی‌اند (Greene, 2024:19; Kadić et al., 2025: 7). اخیراً جمعیت شهر بیرجند در سال‌های اخیر به‌عنوان مهاجران زیست‌محیطی و اقلیمی بدنه اصلی مناطق پیراشهری را به‌ویژه در شهر بیرجند ایجاد کرده‌اند (اسمعیل‌نژاد، ۱۴۰۳: ۶۸) که نیاز به زیرساخت‌های سبز شهری دارند. بسیاری از شهرها در کشورهای در حال توسعه به‌دلیل نبود زیرساخت مناسب در معرض آب‌وهوای شدید و تأثیرات شدید تغییر اقلیم قرار دارند. پل‌ها و جاده‌ها می‌توانند در نتیجه ذوب‌شدن قیر یا افزایش حجم بتن از بین بروند (Chini, 2016: 1811). اگرچه بسیاری از شهرها ساختار کاهش اثر فجایع و اقدامات حفاظتی در سطح وسیع مانند مخازن کنترل سیل و حوضچه‌های نگهدارنده سیل دارند، اما این اقدامات احتیاطی خطرات احتمالی غیرمنتظره که بر اثر تغییر اقلیم به‌وجود می‌آید را در نظر نمی‌گیرد (Blakely, 2007: 11-12). استراتژی‌های توسعه‌یافته در زمینه فضاهای سبز شهری شامل افزایش پوشش درختان با گونه‌های بومی گسترش فضاهای سبز نزدیک به یکدیگر برای افزایش اتصال (Beninde et al.2015:581) و بازسازی زیستگاه‌هایی است که گونه‌های متنوع می‌توانند در آن رشد کنند (Blaustein, 2013).

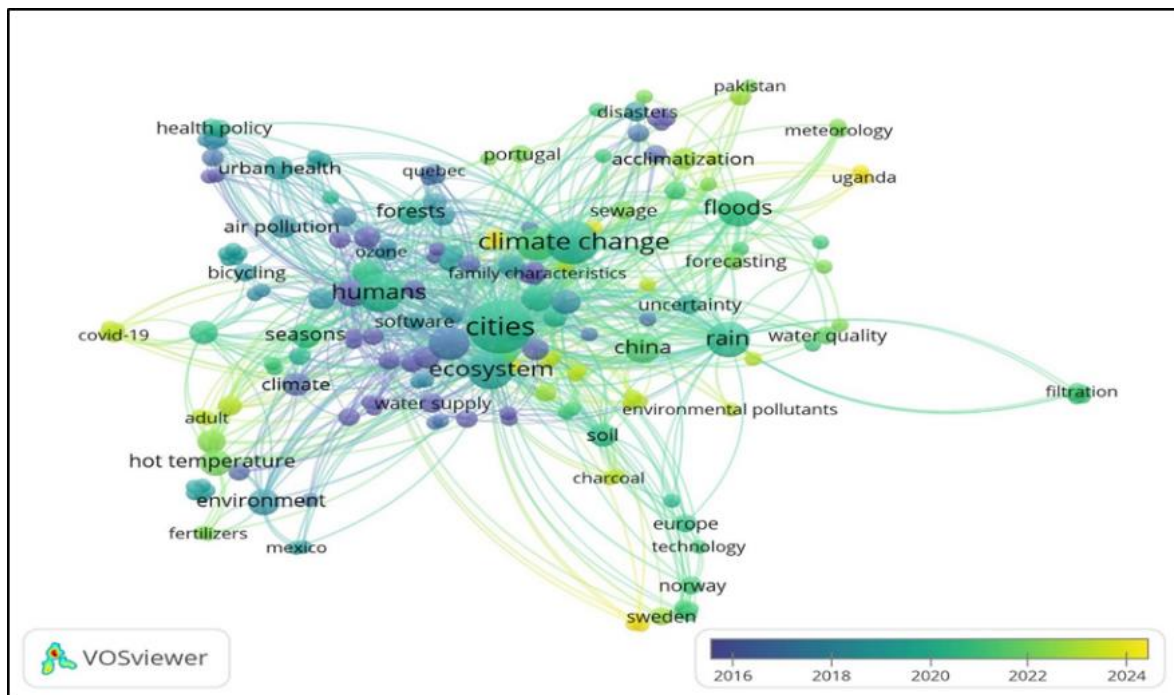


شکل ۱. نقش زیرساخت‌های سبز شهری و تاب‌آوری اقلیمی شهر
(منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۴)

یافت جمعیت استان خراسان جنوبی روستایی است که در دو دهه گذشته رخدادهای شدید آب‌وهوایی را تجربه کردند، این بخش از جمعیت به دلیل وابستگی قابل توجه به تغییرات آب‌وهوایی آسیب‌پذیر هستند. شهر بیرجند در شرق کشور از کانون‌های جمعیتی است که با پیامدهای تغییر اقلیم، از جمله خشک‌سالی‌های شدید و بدون بازگشت، افزایش دما، فراوانی تعداد روزهای گردوغبار و برهم خوردن تعادل اکولوژیک مواجه شده است. تغییرات اقلیمی در آینده، شهر بیرجند را که یکی از شهرهای حساس به آب است، با مخاطراتی از جمله تنش‌های آبی، افزایش مصرف انرژی و نابودی اکوسیستم‌های طبیعی روبه‌رو خواهد کرد؛ بنابراین شناخت استراتژی‌های کاهش اثر تغییرات اقلیمی و برنامه‌های اقدام اقلیمی می‌تواند شهر بیرجند را تاب‌آور نموده و آسیب‌پذیری آن را در مقابل پیامدهای تغییر اقلیم کاهش دهد. رویکردهای پایدار شهری می‌تواند درآمدهای پایدار شهرداری را افزایش دهد و منابع لازم برای توسعه زیرساخت‌های سبز را تأمین کند (اسکندری‌ثانی و سفالگر، ۱۴۰۱). همچنین، مؤلفه‌های کالبدی فضاهای شهری (مانند: طراحی خیابان‌ها و فضاهای سبز) نقش مهمی در بهبود احساس امنیت و کیفیت زندگی شهروندان ایفا می‌کنند که این امر به تاب‌آوری اجتماعی در برابر تغییرات اقلیمی کمک می‌کند (اسکندری-ثانی و سفالگر، ۱۴۰۱).

این پژوهش، سعی دارد در این راستا گام بردارد و به دنبال بررسی این است که مهم‌ترین استراتژی‌ها کدام‌اند و از طریق این استراتژی‌ها چگونه می‌توان رویکردی یکپارچه در عمل برنامه‌ریزی شهری ارائه داد؛ بنابراین، این پژوهش با پُر کردن خلأهای موجود در دانش محلی و جهانی، گامی اساسی در جهت تاب‌آوری اکولوژیکی و اجتماعی شهر بیرجند در برابر تغییرات اقلیمی برمی‌دارد.

نمودار هم‌رویدادی این پژوهش نشان می‌دهد (شکل ۲) که شبکه علمی تغییرات اقلیمی و زیرساخت سبز شهری پیرامون چند مفهوم محوری شکل گرفته است که در میان آن‌ها تغییرات اقلیمی، شهرها، اکوسیستم و انسان بیشترین پیوندها و نقش هسته‌ای را دارند. ارتباط پررنگ شهرها با مفاهیمی مانند کیفیت آب، بارش، آلودگی هوا، سلامت شهری و گرمای شدید بیانگر آن است که زیرساخت سبز به‌عنوان راهکاری چندبُعدی برای سازگاری شهری با تغییرات اقلیمی، کاهش مخاطرات محیطی (به‌ویژه سیلاب) و ارتقای سلامت انسان مورد توجه قرار گرفته است. حضور مفاهیمی نظیر پیش‌بینی، عدم قطعیت و هواشناسی نشان‌دهنده جهت‌گیری پژوهش‌ها به سمت مدیریت ریسک و تصمیم‌گیری مبتنی بر دانش اقلیمی است. همچنین دیده شدن نام مناطق و کشورها مانند چین، اروپا و کشورهای در حال توسعه حاکی از گستره جهانی مطالعات، اما با تمرکز جغرافیایی نامتوازن است. طیف رنگی جدیدتر در موضوعاتی چون: سیلاب، کیفیت آب و آلودگی‌های محیطی نشان می‌دهد که در سال‌های اخیر، تمرکز پژوهش‌ها از مباحث نظری به سمت کاربردهای عملی زیرساخت سبز در تاب‌آوری شهری و مدیریت تغییرات اقلیمی حرکت کرده است.

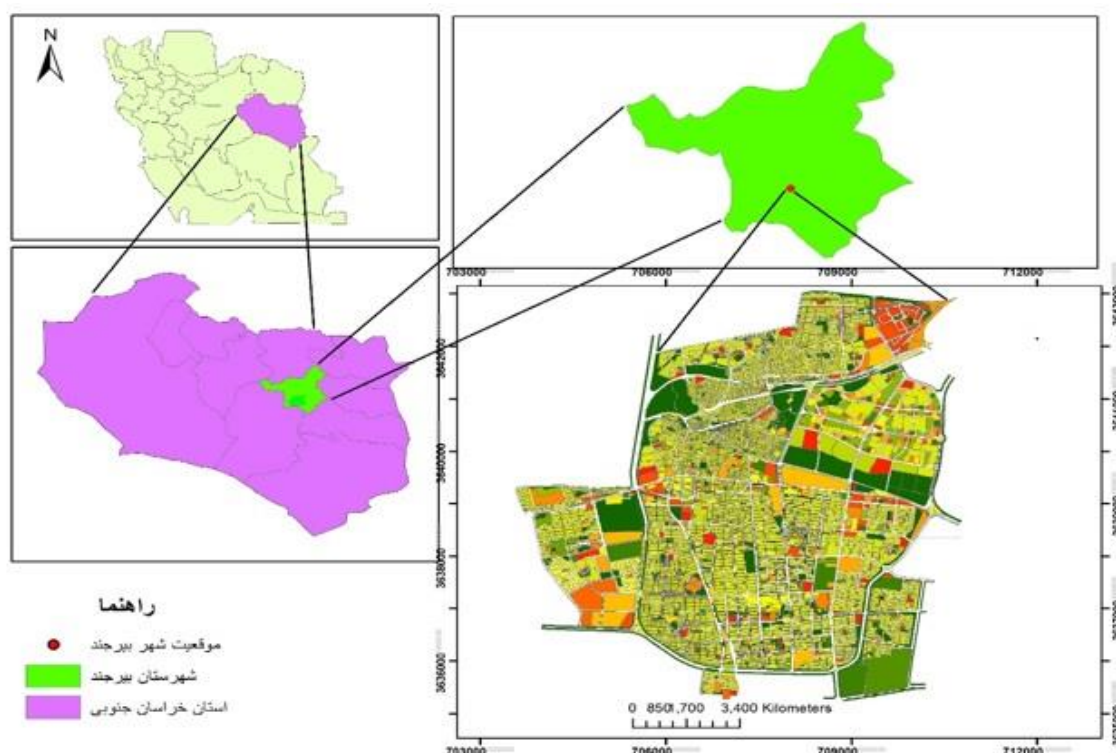


شکل ۲. شبکه علمی هم‌رویدادی تغییرات اقلیمی و زیرساخت‌های سبز شهری

(منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۴)

معرفی منطقه مورد مطالعه

شهر بیرجند، مرکز استان خراسان جنوبی است (شکل ۳) و در مختصات جغرافیایی حدود ۳۲ درجه و ۵۲ دقیقه عرض شمالی و ۵۹ درجه و ۱۳ دقیقه طول شرقی قرار دارد. این شهر در ارتفاعی حدود ۱۴۹۱ متر از سطح دریا واقع شده و در منطقه‌ای کوهستانی و نسبتاً خشک جای گرفته است. بیرجند در دامنه شمالی رشته‌کوه باقران واقع است و همین موقعیت، شرایط اقلیمی خاصی برای آن ایجاد کرده است. فاصله این شهر تا مرز شرقی ایران با کشور افغانستان حدود ۱۴۰ کیلومتر است و همین امر جایگاه ژئوپلیتیکی آن را پررنگ‌تر کرده است (شهرداری بیرجند، ۱۴۰۴). بر اساس آمار سال ۱۴۰۳، جمعیت شهر بیرجند ۲۶۶،۷۷۸ نفر بوده است (اسکندری‌ثانی و همکاران، ۱۴۰۴). این شهر به‌عنوان یکی از قطب‌های فرهنگی، اقتصادی و آموزشی شرق کشور شناخته می‌شود.



شکل ۳. موقعیت جغرافیایی شهر بیرجند

روش‌شناسی تحقیق

این پژوهش از نوع کاربردی-توسعه‌ای و با رویکرد ترکیبی طراحی شده است که ترکیبی از روش‌های کمی و کیفی را برای بررسی جامع استراتژی‌های زیرساخت سبز در سازگاری با تغییرات اقلیمی در شهر بیرجند به کار می‌گیرد. جامعه آماری شامل کارشناسان و متخصصان مرتبط با برنامه‌ریزی شهری، فضای سبز، محیط‌زیست و مدیریت بحران در دستگاه‌های اجرایی بیرجند (شهرداری، سازمان سیما منظر و فضای سبز، شرکت آب منطقه‌ای، حفاظت محیط‌زیست و دانشگاهیان) است. نمونه‌گیری هدفمند انجام شد و ۵۰ نفر از کارشناسان با تحصیلات کارشناسی به بالا و سابقه کاری مرتبط به‌عنوان پاسخ‌دهندگان پرسش‌نامه انتخاب شدند؛ هدف پژوهش اساساً تعمیم نتایج به کل شهروندان نبوده، بلکه دستیابی به یک اجماع نخبگانی برای تدوین استراتژی‌های سازگاری در شهر بیرجند بوده است. همچنین، ۱۲ نفر از کارشناسان کلیدی برای مصاحبه نیمه‌ساختاریافته دعوت شدند. داده‌های مکانی از تصاویر ماهواره‌ای «Sentinel-2» (قدرت تفکیک ۱۰ متر) در دو مقطع ۲۰۱۷ و ۲۰۲۴ (با حداقل پوشش ابر و هم‌زمانی فصلی) از سامانه ArcGIS Living Atlas که تصحیحات اتمسفری انجام شده و استخراج شد و محدوده مطالعه به مرز قانونی شهر بیرجند محدود گردید. ابزارهای اصلی شامل پرسش‌نامه محقق‌ساخته با مقیاس لیکرت ۵ درجه‌ای (روایی محتوایی توسط متخصصان و پایایی با آلفای کرونباخ ≤ 0.85 ، تأیید شد)، مصاحبه نیمه‌ساختاریافته و داده‌های ثانویه (آمار جمعیتی، کاربری اراضی و گزارش‌های شهرداری تا ۱۴۰۴) بود.

تحلیل داده‌ها در دو سطح کمی و کیفی انجام شد. در بخش کمی، تحلیل فضایی با نرم‌افزار «ArcGIS Pro» شامل طبقه‌بندی نظارت‌شده کاربری اراضی، محاسبه شاخص «NDVI» برای تغییرات پوشش گیاهی، تحلیل تراکم کرنل برای پراکندگی فضاهای سبز، و آزمون خودهمبستگی فضایی (Global Moran's I) برای بررسی الگوی خوشه‌ای توزیع زیرساخت سبز بود. تحلیل آماری با «SPSS» شامل آمار توصیفی (فراوانی، میانگین) و آزمون‌های ناپارامتریک برای بررسی روابط متغیرها انجام شد. در بخش کیفی، مصاحبه‌ها با روش تحلیل محتوای کیفی (کدگذاری باز و محوری) و نرم‌افزار «MAXQDA» کدگذاری و تم‌های اصلی راهبردهای بومی‌سازی استخراج شد. اعتبار پژوهش از طریق «triangulation» (ترکیب داده‌های مکانی، پرسش‌نامه و مصاحبه)، ارزیابی دقت طبقه‌بندی با ضریب کاپا ≥ 0.8 و تأیید روایی ابزارها توسط متخصصان تأمین گردید. محدودیت‌های اصلی شامل نمونه‌گیری هدفمند (عدم تعمیم به کل شهروندان)، محدودیت دسترسی به تصاویر با کیفیت بالا در برخی فصول، و تمرکز بر داده‌های موجود تا ۱۴۰۴ است.

نقشه‌های کاربری اراضی بر اساس طبقه‌بندی موجود در پایگاه «Esri» و داده‌های «Sentinel-2» تهیه شد. کلاس‌های مورد بررسی شامل:

- مناطق شهری
- زمین‌های بایر
- محصولات کشاورزی
- مراتع
- پوشش گیاهی حاشیه آبراهه‌ها
- آب‌های سطحی

برای اطمینان از هم‌تعریفی کلاس‌ها در دو سال مورد بررسی، بازطبقه‌بندی (Reclassification) انجام شد تا دسته‌بندی‌ها در هر دو دوره زمانی یکسان‌سازی شوند. تحلیل تغییرات کاربری اراضی با استفاده از روش مقایسه پس از طبقه‌بندی (Post-Classification Comparison) صورت گرفت؛ بدین صورت که نقشه‌های طبقه‌بندی‌شده هر سال به صورت پیکسلی با یکدیگر مقایسه و میزان تغییر هر کلاس محاسبه شد.

مساحت هر کلاس با استفاده از محاسبه تعداد پیکسل‌ها و تبدیل آن به هکتار استخراج گردید.

به‌منظور ارزیابی تغییرات پوشش گیاهی، شاخص تفاضل نرمال‌شده پوشش گیاهی (NDVI) برای هر دو سال محاسبه شد. مقادیر «NDVI» در بازه منفی یک تا مثبت یک قرار دارند. مقادیر نزدیک به مثبت یک نشان‌دهنده پوشش گیاهی متراکم و مقادیر نزدیک به صفر یا منفی بیانگر سطوح بایر یا ساخته‌شده هستند. پس از محاسبه شاخص، نقشه‌ها طبقه‌بندی و تغییرات مکانی پوشش گیاهی بین سال‌های ۲۰۱۷ و ۲۰۲۴ تحلیل گردید. برای تحلیل روند تغییرات، مساحت هر کلاس کاربری در دو سال مورد مقایسه قرار گرفت و میزان تغییر مطلق (هکتار) و تغییر نسبی (درصد) محاسبه شد. همچنین جهت تحلیل فضایی، پراکنش توسعه شهری در جهات مختلف شهر (شمال، غرب، جنوب) بررسی و الگوی گسترش شهری نسبت به زیرساخت‌های حمل‌ونقل و اراضی کشاورزی تحلیل شد. در مرحله تفسیر، نتایج تغییرات کاربری اراضی و کاهش یا افزایش مقادیر «NDVI» در چارچوب شرایط اقلیمی منطقه و روند رشد جمعیت شهر بیرجند تحلیل شد (شکل ۴). داده‌های جمعیتی و روند توسعه شهری برای

تیین الگوی گسترش کاربری شهری مورداستفاده قرار گرفتند. این تحلیل به منظور شناسایی پیامدهای اکولوژیکی گسترش شهری و ظرفیت‌های بالقوه توسعه زیرساخت‌های سبز انجام شد.

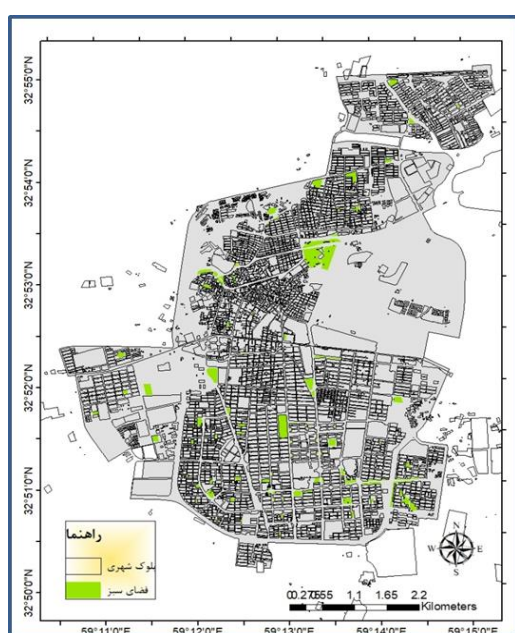
جدول ۱. شاخص‌های شهر سبز برای سنجش استراتژی‌های سازگاری با تغییرات اقلیمی در شهر بیرجند

شاخص پوشش گیاهی	منابع آبی	انرژی‌های تجدیدپذیر	شاخص آسایش حرارتی در بافت شهری	شاخص آلودگی هوا
فضاهای سبز مرکز شهر	سرانه مصرف آب شرب	منابع انرژی خورشیدی	شاخص دما و رطوبت	Co2, NO2
پارک‌ها	سرانه مصرف آب غیرشرب	انرژی بادی	شاخص سرعت باد	-
بلوارها	-	انرژی زمین گرمایی	-	-
فضاهای سبز پیرامونی	-	-	-	-

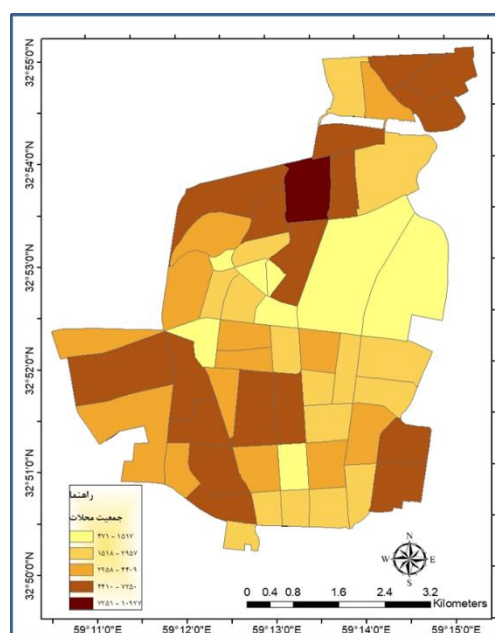
(منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۴)

نتایج و بحث

نقشه پراکندگی پهنه‌های سبز مانند پارک‌ها، بلوارها و باغات در شهر بیرجند، نشان‌دهنده توزیع ناهموار این عناصر در سطح شهر است (شکل ۵). بخش مرکزی و مناطقی در شمال و جنوب شهر دارای تراکم بیشتری از پهنه‌های سبز هستند که به‌ویژه در امتداد خیابان‌های اصلی مانند: مدرس، توحید، و معلم (در محله‌های مسکونی به‌ویژه در جنوب شهر) متراکم مشاهده می‌شوند. نواحی شمالی، شرقی و غربی شهر به‌دلیل گسترش کمتری از این زیرساخت‌ها برخوردارند و پهنه‌های سبز در این مناطق پراکنده و محدود هستند. این الگو نشان‌دهنده تمرکز بیشتر زیرساخت‌های سبز در مناطق پرجمعیت است که نقش مهمی در کاهش اثرات گرما، بهبود کیفیت هوا و مدیریت آب‌های سطحی ایفا می‌کند. همچنین، پهنه‌های سبز در سازگاری با تغییرات اقلیمی از طریق کاهش دمای محیط، جذب کربن و ایجاد فضاهای خنک برای ساکنان کمک می‌کنند؛ به‌ویژه در مناطق مرکزی مانند: ابودر، طالقانی و بهشتی، نیاز به تعدیل شرایط اقلیمی بیشتر است.

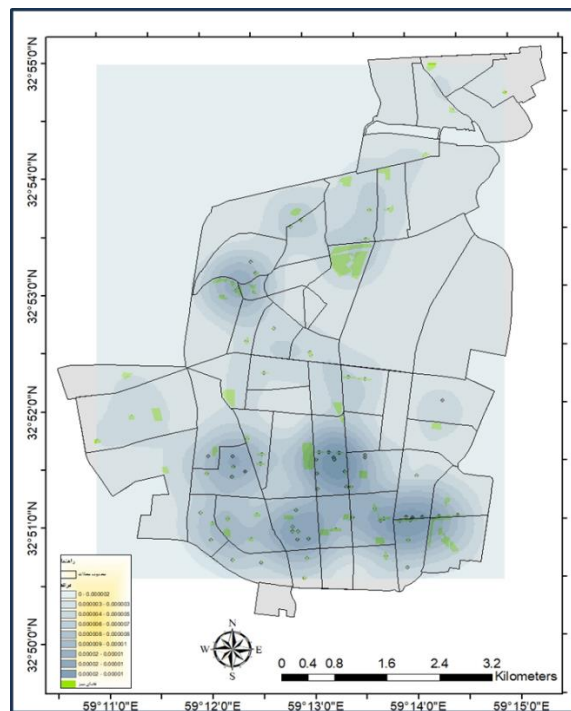


شکل ۵. پراکنش فضای سبز در شهر بیرجند



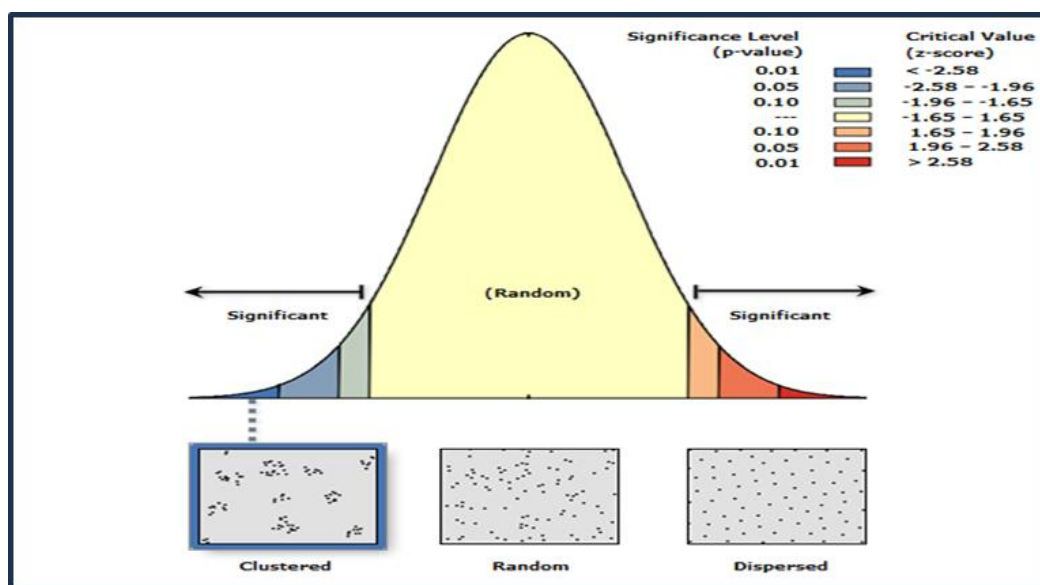
شکل ۴. پراکندگی جمعیت محلات شهری شهر بیرجند

نتایج تحلیل‌های فضایی انجام‌شده بر روی فضاهای سبز شهری بیرجند نشان می‌دهد که توزیع این زیرساخت‌های سبز از الگوی متوازن و همگن برخوردار نیست. نقشه تراکم کرنل (شکل ۶) حاکی از آن است که بخش‌های جنوبی، جنوب‌شرقی و تا حدودی غرب شهر دارای بیشترین تمرکز و تراکم فضاهای سبز هستند، در حالی که مناطق مرکزی و به‌ویژه شمال‌شرقی شهر با کمبود جدی این کاربری‌ها مواجه‌اند. این ناهمگنی فضایی از منظر سازگاری با تغییرات اقلیمی اهمیت بالایی دارد؛ زیرا محلات برخوردار از تراکم سبز بیشتر نقش مؤثری در تعدیل دما، کاهش اثر جزایر حرارتی و بهبود کیفیت هوا ایفا می‌کنند؛ در مقابل، محلات فاقد فضای سبز، بیشترین آسیب‌پذیری را در برابر گرمایش موضعی و کمبود تهویه طبیعی خواهند داشت.



شکل ۶. تحلیل تراکم کرنل بر اساس زیرساخت‌ها و فضای سبز شهر بیرجند

تحلیل یافته‌ها با نتایج خودهمبستگی فضایی (Moran's I) نشان‌داد (شکل ۷) که الگوی پراکنش زیرساخت‌های فضاهای سبز در بیرجند از نوع خوشه‌ای است؛ به این معنا که توزیع به‌صورت تصادفی رخ‌نداده، بلکه در برخی نقاط تمرکز بالا و در بخش‌هایی دیگر پراکندگی بسیار کم وجود دارد. این الگوی خوشه‌ای بیانگر ضعف در عدالت فضایی و عدم پیوستگی شبکه زیرساخت سبز شهری است که خود می‌تواند اثربخشی زیست‌محیطی زیرساخت سبز شهری در مقیاس شهری را کاهش دهد؛ بنابراین، راهبردهای مدیریت شهری باید بر توسعه زیرساخت سبز شهری در محلات کم‌برخوردار، ایجاد پیوستگی میان لکه‌های سبز موجود از طریق کریدورهای سبز و استفاده از زیرساخت‌های سبز نوین همچون بام‌ها و دیوارهای سبز متمرکز شود تا علاوه بر ارتقای کیفیت زیست‌محیطی، تاب‌آوری شهری در برابر تغییرات اقلیمی نیز افزایش یابد.



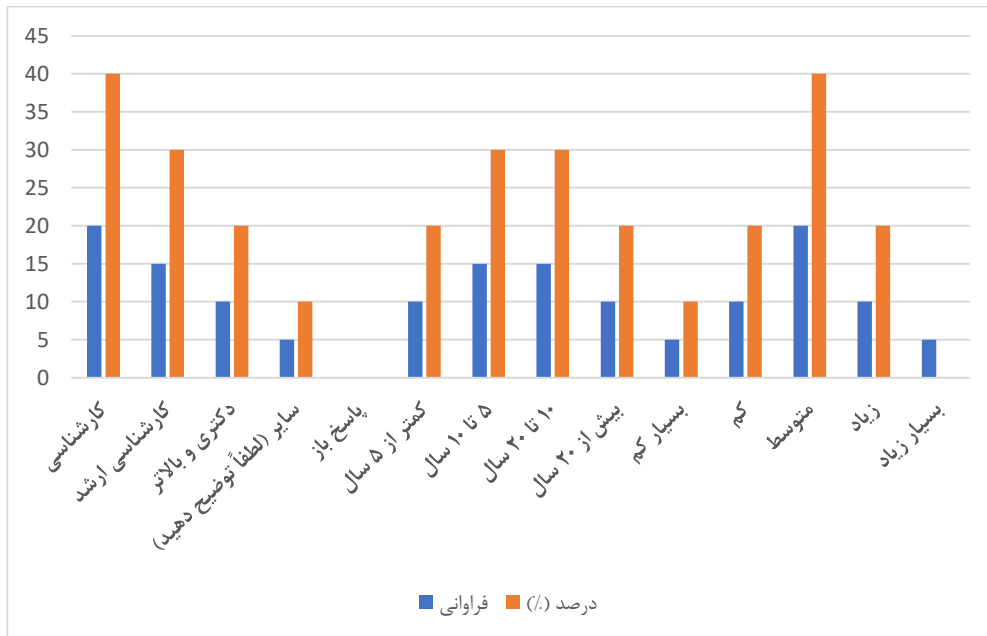
شکل ۷. تحلیل اتوکورولیشن مکانی برای زیرساخت‌های فضای سبز شهری در بیرجند

(منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۴)

در بخش بعدی، تحلیل ویژگی‌های جمعیت‌شناختی پاسخ‌دهندگان به پرسش‌نامه می‌تواند به درک بهتر از زمینه‌های اجتماعی، اقتصادی و فرهنگی آن‌ها کمک کند. این اطلاعات می‌تواند به تحلیل نتایج سایر بخش‌های پرسش‌نامه و بررسی ارتباط آن‌ها با استراتژی‌های سازگاری با تغییرات اقلیمی از طریق زیرساخت‌های سبز کمک کند. باتوجه به این که ۴۰٪ از پاسخ‌دهندگان دارای مدرک کارشناسی، ۳۰٪ کارشناسی ارشد و ۲۰٪ دکتری و بالاتر هستند، می‌توان نتیجه گرفت که جمعیت پاسخ‌دهندگان از نظر تحصیلات به‌طور کلی در سطح بالایی قرار دارند. این توزیع نشان‌دهنده این است که افراد با تحصیلات عالی بیشتر تمایل دارند تا در مباحث مرتبط با زیرساخت‌های سبز و تغییرات اقلیمی شرکت کنند. همچنین، ممکن است این افراد آگاهی بیشتری از مسائل زیست‌محیطی داشته باشند و نظرات و تجربیات آن‌ها در این زمینه ارزشمندتر باشد.

فراوانی آشنایی با مفاهیم زیرساخت شهری

۱۰٪ بسیار کم، ۲۰٪ کم، ۴۰٪ متوسط، ۲۰٪ زیاد و ۱۰٪ بسیار زیاد. تحلیل نتایج پرسش‌نامه در این زمینه نشان می‌دهد که ۴۰٪ از پاسخ‌دهندگان با مفهوم زیرساخت سبز شهری آشنایی متوسطی دارند، درحالی که ۳۰٪ آشنایی زیاد یا بسیار زیاد دارند. این موضوع می‌تواند نشان‌دهنده نیاز به آموزش و آگاهی‌بخشی بیشتر در زمینه زیرساخت‌های سبز و اهمیت آن‌ها در سازگاری با تغییرات اقلیمی باشد. همچنین، این آشنایی می‌تواند تأثیر مستقیمی بر نظرات و پیشنهادات آن‌ها درباره بهبود زیرساخت‌های سبز داشته باشد (شکل ۷).



شکل ۷. نمودار میزان آشنایی افراد از زیرساخت سبز شهری

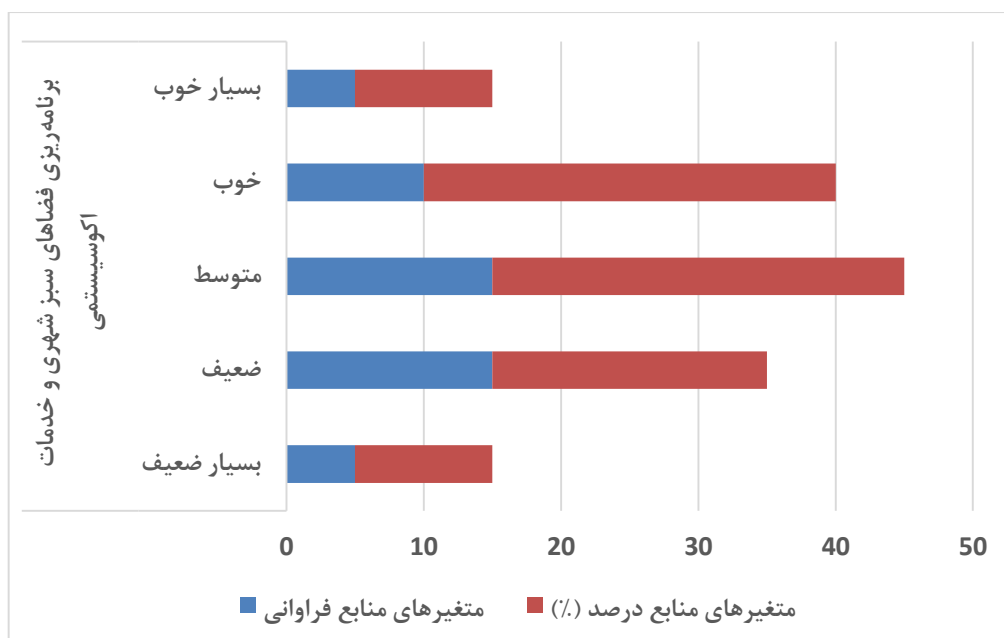
(منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۴)

متغیرهای منابع در زمینه زیرساخت سبز شهری

تحلیل متغیرهای منابع در این تحقیق، به بررسی کیفیت برنامه‌ریزی فضاهای سبز شهری و خدمات اکوسیستمی آن‌ها در شهر بیرجند می‌پردازد. باتوجه به داده‌های ارائه‌شده در پرسش‌نامه، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که وضعیت فعلی برنامه‌ریزی فضاهای سبز به‌طور کلی در سطح متوسط به پایین قرار دارد. بر اساس جدول داده‌ها، نظرات پاسخ‌دهندگان به شکل زیر توزیع شده است: ۱۰٪ از پاسخ‌دهندگان به‌شدت نگران کیفیت برنامه‌ریزی زیرساخت‌های فضاهای سبز هستند و این درصد نشان‌دهنده این است که گروهی از افراد به‌وضوح احساس می‌کنند که فضاهای سبز قادر به ارائه خدمات اکوسیستمی لازم نیستند. همچنین، ۲۰٪ از پاسخ‌دهندگان این گزینه را انتخاب کرده‌اند که نشان می‌دهد تعدادی از افراد به‌طور قابل توجهی از کیفیت برنامه‌ریزی زیرساخت فضاهای سبز رضایت ندارند و نیاز به بهبود محسوس در این حوزه دارند. در این میان، ۳۰٪ به وضعیت متوسط رأی داده‌اند که به‌معنای عدم رضایت کامل از کیفیت خدمات و زیرساخت‌ها است. در مقابل، ۳۰٪ دیگر این گزینه را انتخاب کرده‌اند که اگرچه این درصد نشان‌دهنده وجود بعضی از نقاط قوت است، اما نباید فراموش کرد که در مجموع، نیمی از پاسخ‌دهندگان (۶۰٪) احساس می‌کنند که زیرساخت فضاهای سبز به‌طور کلی در سطح قابل‌قبولی نیستند. در نهایت، ۱۰٪ از پاسخ‌دهندگان این گزینه را انتخاب کرده‌اند که نشان‌دهنده این است که تعداد کمی از افراد از کیفیت برنامه‌ریزی و خدمات ارائه‌شده راضی هستند و این موضوع می‌تواند نشان‌دهنده نارسایی در سیستم برنامه‌ریزی فضاهای سبز باشد. به‌طور کلی، اکثریت پاسخ‌دهندگان (۶۰٪) از کیفیت برنامه‌ریزی زیرساخت فضاهای سبز شهری در بیرجند رضایت ندارند و آن‌را در سطح متوسط به پایین ارزیابی می‌کنند. این نتایج نشان‌دهنده وجود چالش‌های قابل توجه در زمینه طراحی و مدیریت این زیرساخت‌ها است. همچنین، وجود ۳۰٪ پاسخ‌دهندگان که به کیفیت برنامه‌ریزی، نمره خوب یا بسیار خوب داده‌اند، نمی‌تواند به‌تنهایی وضعیت کلی را بهبود بخشد و به‌نوعی نشان‌دهنده ناهماهنگی و عدم

تعدادل در تجربیات مختلف افراد است. خدمات اکوسیستمی ارائه شده توسط فضاهای سبز در شرایط کنونی به وضوح نمی تواند نیازهای شهروندان را برآورده کند و در شرایطی که شهر بیرجند با چالش های محیطی و تغییرات اقلیمی مواجه است، بهبود و توسعه فضاهای سبز باید به عنوان یک اولویت در نظر گرفته شود (شکل ۸).

نتایج این تحلیل نشان می دهد که وضعیت برنامه ریزی زیرساخت های فضاهای سبز شهری در بیرجند به طور کلی در سطح متوسط به پایین قرار دارد. این امر نیاز به توجه جدی و اصلاحات در زمینه طراحی و مدیریت فضاهای سبز را نشان می دهد. برای ارتقای کیفیت زندگی شهروندان و افزایش تاب آوری شهر در برابر چالش های اقلیمی، ضروری است که سیاست گذاران و برنامه ریزان شهری به بهبود این زیرساخت ها و خدمات اکوسیستمی توجه بیشتری داشته باشند.



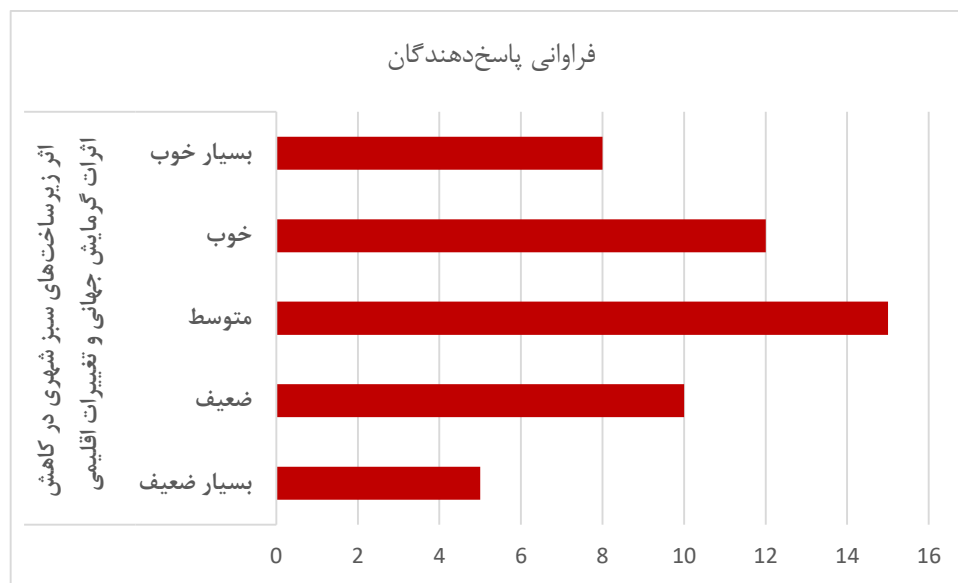
شکل ۸. فراوانی متغیر برنامه ریزی فضاهای سبز شهری و خدمات اکوسیستمی

(منبع: یافته های پژوهش، ۱۴۰۴)

زیرساخت های سبز شهری و تأثیرات آن ها بر تغییرات اقلیمی و تاب آوری شهر بیرجند

تحلیل متغیر زیرساخت های سبز شهری بیرجند در کاهش اثرات گرمایش جهانی و تغییرات اقلیمی، بر اساس شکل ۴ فراوانی پاسخ دهندگان به ما بینش های مهمی درباره احساسات عمومی نسبت به تأثیر زیرساخت های سبز در شهر بیرجند می دهد. از مجموع ۵۰ پاسخ دهنده متخصص، ۱۰ درصد (۵ نفر) گزینه بسیار ضعیف را انتخاب کرده اند که نشان دهنده این است که تعدادی از شهروندان به طور جدی به تأثیر این زیرساخت ها شک دارند. همچنین، ۲۰ درصد (۱۰ نفر) گزینه ضعیف را انتخاب کرده اند، که این نیز به تأکید بر احساس عدم اطمینان نسبت به کارایی زیرساخت های سبز در مقابله با تغییرات اقلیمی کمک می کند. در مقابل، ۳۰ درصد (۱۵ نفر) از پاسخ دهندگان گزینه متوسط را انتخاب کرده اند، که نشان دهنده وجود برخی نقاط قوت و تأثیرات مثبت، اما نه به اندازه کافی قوی، است. ۲۴ درصد (۱۲ نفر) گزینه خوب و ۱۶ درصد (۸ نفر) گزینه بسیار خوب را انتخاب کرده اند (شکل ۹) که این دو

گروه به جنبه‌های مثبت زیرساخت‌های سبز اشاره دارند و نشان‌دهنده امیدواری نسبت به نقش این زیرساخت‌ها در کاهش اثرات گرمایش جهانی هستند. به‌طور کلی، این تحلیل نشان می‌دهد درحالی‌که برخی از شهروندان به تأثیر مثبت زیرساخت‌های سبز اعتقاد دارند، هنوز درصد قابل توجهی از پاسخ‌دهندگان نسبت به کارایی آن‌ها نگرانی و تردید دارند؛ بنابراین، این نتایج نیاز به بررسی و تقویت زیرساخت‌های سبز و همچنین افزایش آگاهی عمومی درباره نقش آن‌ها در مقابله با تغییرات اقلیمی را مورد تأکید قرار می‌دهد.



شکل ۹. فراوانی اثر زیرساخت‌های سبز شهری در کاهش اثرات گرمایش جهانی و تغییرات اقلیمی

(منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۴)

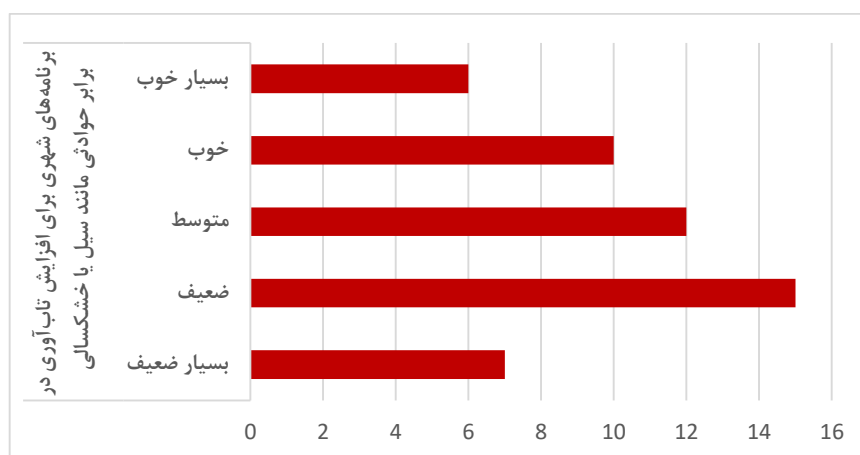
تحلیل متغیر افزایش تاب‌آوری در برابر حوادثی مانند سیل یا خشک‌سالی کافی در شهر بیرجند، بر اساس جدول فراوانی پاسخ‌دهندگان جامعه آماری، به ما بینش‌هایی درباره احساسات عمومی نسبت به کارایی برنامه‌های شهری در مواجهه با چالش‌های اقلیمی می‌دهد. از مجموع ۵۰ پاسخ‌دهنده، ۱۴ درصد (۷ نفر) گزینه بسیارضعیف و ۳۰ درصد (۱۵ نفر) گزینه ضعیف را انتخاب کرده‌اند. این نتایج نشان‌دهنده این است که تعداد قابل توجهی از شهروندان به‌وضوح احساس می‌کنند که برنامه‌های موجود ناکافی و غیرمؤثر هستند. به بیان دیگر، این گروه از پاسخ‌دهندگان نگرانی خود را نسبت به عدم توانایی برنامه‌های شهری در افزایش تاب‌آوری در برابر حوادث طبیعی نظیر سیل و خشک‌سالی ابراز کرده‌اند. از سوی دیگر، ۲۴ درصد (۱۲ نفر) گزینه متوسط را انتخاب کرده‌اند که نشان‌دهنده وجود نظرهای مختلط و عدم اطمینان در مورد کارایی برنامه‌های موجود است. این درصد می‌تواند حاکی از این باشد که برخی از پاسخ‌دهندگان احساس می‌کنند که برنامه‌ها به‌طور نسبی کارآمد هستند، اما هنوز نقاط ضعفی وجود دارد که باید برطرف شوند. در نهایت، ۲۰ درصد (۱۰ نفر) گزینه «خوب» و ۱۲ درصد (۶ نفر) گزینه بسیارخوب را انتخاب کرده‌اند. این گروه به‌وضوح معتقدند که برنامه‌های شهری در افزایش تاب‌آوری مؤثر بوده‌اند و می‌توانند در مواجهه با حوادث طبیعی نقش مثبت و سازنده‌ای ایفا کنند. به‌طور کلی، این تحلیل نشان می‌دهد درحالی‌که بخشی از پاسخ‌دهندگان به کارایی برنامه‌های موجود اعتقاد دارند، اما اکثریت پاسخ‌دهندگان (۴۴ درصد) به‌نوعی احساس -

می‌کنند (شکل ۱۰) که این برنامه‌ها کافی نیستند و نیاز به بهبود دارند؛ لذا، این نتایج ضرورت بازنگری و تقویت برنامه‌های شهری برای افزایش تاب‌آوری در برابر حوادث طبیعی را به‌وضوح نشان می‌دهد. همچنین، این امر می‌تواند به مسئولان و برنامه‌ریزان شهری کمک کند تا با شناسایی نقاط ضعف و نیازهای موجود، استراتژی‌های مؤثرتری برای مقابله با چالش‌های اقلیمی را توسعه‌دهند.

جدول ۲. متغیر برنامه‌های شهری برای افزایش تاب‌آوری

درصد	تعداد	ارزیابی
۱۴٪	۷	بسیارضعیف
۳۰٪	۱۵	ضعیف
۲۴٪	۱۲	متوسط
۲۰٪	۱۰	خوب
۱۲٪	۶	بسیارخوب

برنامه‌های شهری برای افزایش تاب‌آوری در برابر حوادثی مانند سیل یا خشک‌سالی

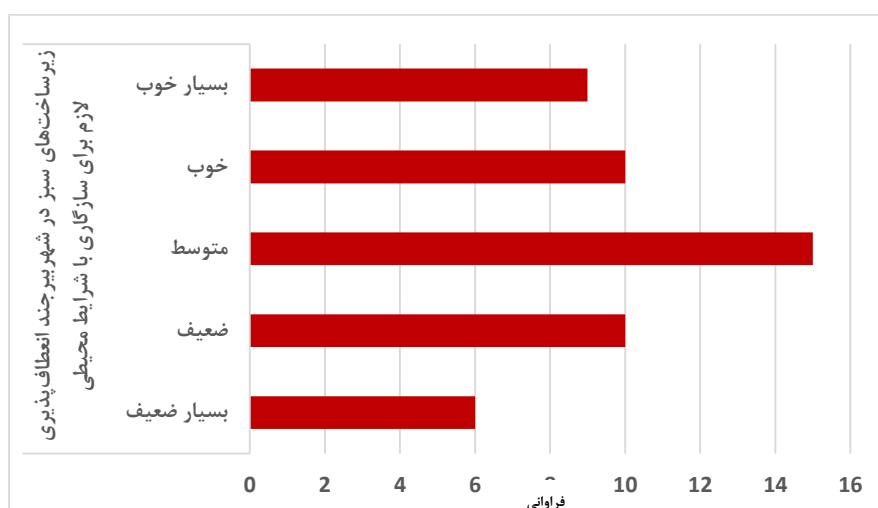


شکل ۱۰. فراوانی برنامه‌های شهری برای افزایش تاب‌آوری در برابر حوادث طبیعی

(منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۴)

تحلیل متغیر زیرساخت‌های سبز در شهر بیرجند، انعطاف‌پذیری لازم برای سازگاری با شرایط محیطی در حال تغییر را دارد، بر اساس شکل ۶، فراوانی پاسخ‌دهندگان، به ما بینش‌هایی درباره‌ی ارزیابی عمومی نسبت به قابلیت‌های زیرساخت‌های سبز در مواجهه با چالش‌های محیطی می‌دهد. از مجموع ۵۰ پاسخ‌دهنده، ۱۲ درصد (۶ نفر) گزینه «بسیارضعیف» و ۲۰ درصد (۱۰ نفر) گزینه «ضعیف» را انتخاب کرده‌اند. این نتایج نشان‌دهنده‌ی این است که یک گروه قابل توجه از شهروندان به توانایی زیرساخت‌های سبز در سازگاری با شرایط محیطی در حال تغییر شک دارند و احساس می‌کنند که این زیرساخت‌ها به اندازه کافی انعطاف‌پذیر نیستند. در مقابل، ۳۰ درصد (۱۵ نفر) گزینه «متوسط» را انتخاب کرده‌اند. این درصد نشان‌دهنده‌ی این است که بسیاری از پاسخ‌دهندگان نسبت به وضعیت زیرساخت‌های سبز احساس خنثی دارند و به‌نظر می‌رسد که آن‌ها از عملکرد این زیرساخت‌ها در مواجهه با تغییرات

محیطی بی اطلاع یا مطمئن نیستند. این ممکن است نشان دهنده نیاز به اطلاعات بیشتر یا بهبود در طراحی و عملکرد این زیرساخت‌ها باشد. از سوی دیگر، ۲۰ درصد (۱۰ نفر) گزینه «خوب» و ۱۸ درصد (۹ نفر) گزینه «بسیار خوب» را انتخاب کرده‌اند. این گروه از پاسخ‌دهندگان به‌وضوح به توانایی زیرساخت‌های سبز در سازگاری با شرایط محیطی اعتماد دارند و معتقدند که این زیرساخت‌ها می‌توانند به‌طور مؤثری به نیازهای محیطی پاسخ‌دهند. به‌طور کلی، تحلیل این متغیر نشان می‌دهد در حالی که برخی از شهروندان به قابلیت‌های مثبت زیرساخت‌های سبز اعتقاد دارند، درصد قابل توجهی از پاسخ‌دهندگان (۳۲ درصد) احساس می‌کنند (شکل ۱۱) که این زیرساخت‌ها به اندازه کافی انعطاف‌پذیر نیستند. این نتایج ضرورت بررسی و تقویت طراحی و عملکرد زیرساخت‌های سبز را نشان می‌دهد تا بتوانند به خوبی با چالش‌های محیطی سازگار شوند. همچنین، مسئولان و برنامه‌ریزان شهری باید به نیاز به اطلاع‌رسانی بیشتر و ایجاد آگاهی در مورد مزایای زیرساخت‌های سبز توجه کنند تا اعتماد عمومی را افزایش دهند و مشارکت شهروندان را در حفظ و توسعه این زیرساخت‌ها جلب کنند.



شکل ۱۱. فراوانی زیرساخت‌های سبز در شهر بیرجند انعطاف‌پذیری لازم برای سازگاری با شرایط محیطی

(منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۴)

تحلیل متغیر آیا اطلاع‌رسانی و آموزش کافی درباره نقش زیرساخت‌های سبز در مقابله با تغییرات اقلیمی انجام شده است، بر اساس جدول فراوانی پاسخ‌دهندگان، به ما بینش‌هایی درباره میزان آگاهی عمومی نسبت به زیرساخت‌های سبز و نقش آن‌ها در مقابله با تغییرات اقلیمی می‌دهد. از مجموع ۵۰ پاسخ‌دهنده، ۱۶ درصد (۸ نفر) گزینه «بسیار ضعیف» و ۲۴ درصد (۱۲ نفر) گزینه «ضعیف» را انتخاب کرده‌اند. این نتایج نشان دهنده این است که یک بخش قابل توجه از شهروندان احساس می‌کنند که اطلاع‌رسانی و آموزش در این زمینه ناکافی بوده و نیاز به بهبود دارد. این نگرانی می‌تواند به عدم آگاهی عمومی از مزایای زیرساخت‌های سبز و تأثیرات مثبت آن‌ها بر تغییرات اقلیمی اشاره کند (شکل ۷).

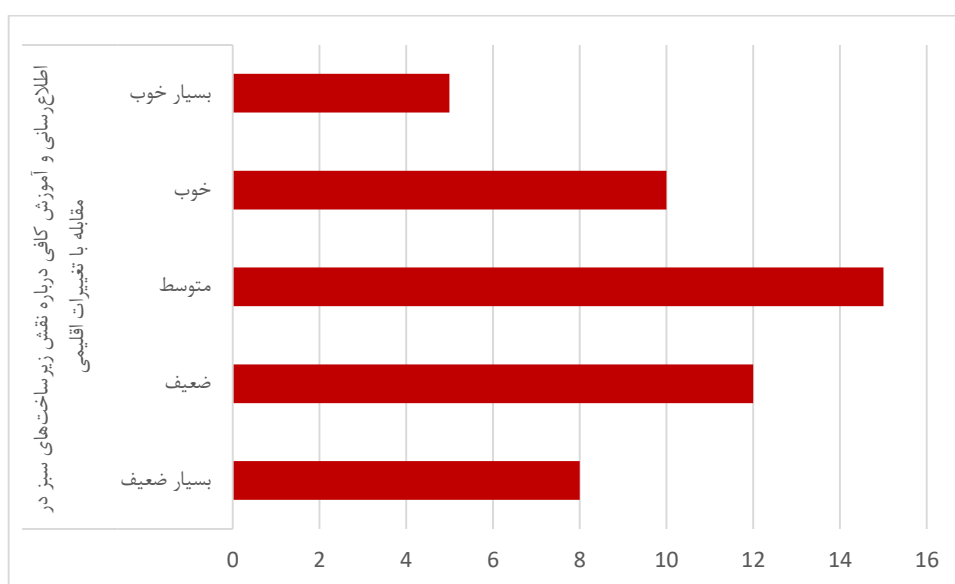
در مقابل، ۳۰ درصد (۱۵ نفر) گزینه «متوسط» را انتخاب کرده‌اند. این درصد نشان دهنده این است که بسیاری از پاسخ‌دهندگان نسبت به میزان اطلاع‌رسانی و آموزش موجود احساس خنثی دارند. این ممکن است به این معنا باشد

که آن‌ها از وضعیت موجود راضی نیستند، اما درعین حال نمی‌توانند به‌طور قطعی از ناکافی بودن آموزش‌ها صحبت کنند و به‌نظر می‌رسد که نیاز به اطلاعات بیشتری احساس می‌شود. از سوی دیگر، ۲۰ درصد (۱۰ نفر) گزینه «خوب» و ۱۰ درصد (۵ نفر) گزینه «بسیار خوب» را انتخاب کرده‌اند. این گروه از پاسخ‌دهندگان به‌وضوح به وجود برنامه‌های مؤثر اطلاع‌رسانی و آموزشی اشاره دارند و معتقدند که تلاش‌هایی در این راستا انجام شده است. به‌طور کلی، تحلیل این متغیر نشان می‌دهد درحالی‌که برخی از شهروندان به‌وجود برنامه‌های آموزشی و اطلاع‌رسانی در زمینه زیرساخت‌های سبز اعتقاد دارند، درصد قابل‌توجهی از پاسخ‌دهندگان (۴۰ درصد) احساس می‌کنند که این برنامه‌ها ناکافی و نیاز به بهبود دارند. این نتایج ضرورت توجه جدی به بهبود فرایندهای اطلاع‌رسانی و آموزش در زمینه زیرساخت‌های سبز را نشان می‌دهد. برنامه‌ریزان و مسئولان شهری باید به این نیاز پاسخ‌دهند و اقداماتی را برای افزایش آگاهی عمومی و مشارکت شهروندان در حفظ و توسعه زیرساخت‌های سبز به‌عمل آورند.

جدول ۳. میزان برنامه‌های شهری برای افزایش تاب‌آوری

تعداد	ارزیابی	برنامه‌های شهری برای افزایش تاب‌آوری
۶	بسیار ضعیف	
۱۰	ضعیف	
۱۵	متوسط	
۱۰	خوب	
۹	بسیار خوب	

(منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۴)



شکل ۱۲. فراوانی میزان اطلاع درباره زیرساخت‌های سبز شهری در مقابله با تغییرات اقلیمی

(منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۴)

جدول ۴. میزان آگاهی شهروندان از نقش زیرساخت‌های سبز شهری در مقابله با تغییرات اقلیمی

اطلاع‌رسانی و آموزش	بسیارضعیف	۸	۱۶درصد
کافی درباره نقش	ضعیف	۱۲	۲۴درصد
زیرساخت‌های سبز در	متوسط	۱۵	۳۰درصد
مقابله با تغییرات اقلیمی	خوب	۱۰	۲۰درصد
	بسیارخوب	۵	۱۰درصد

(منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۴)

شهر بیرجند در مسیر توسعه زیرساخت‌های سبز با سه چالش عمده مواجه است: نخست، محدودیت منابع طبیعی و اقلیمی؛ دوم، ضعف در برنامه‌ریزی و مدیریت شهری و سوم، کمبود مشارکت اجتماعی و آگاهی عمومی. با این حال، فرصت‌هایی همچون: زمین‌های بلااستفاده، آبراهه‌های شهری، فضاهای باز اطراف نهادهای آموزشی و خدماتی و امکان بازآفرینی فضاهای رهاشده، پتانسیل مناسبی برای ارتقای شاخص‌های سبزی‌نگی و تاب‌آوری شهری فراهم می‌کنند. در نهایت، می‌توان گفت نتایج این تمرکز بر استفاده از گونه‌های بومی سازگار با اقلیم خشک، بازآفرینی فضاهای ناکارآمد شهری، طراحی شبکه‌های پیوسته سبز و ارتقای آگاهی و مشارکت عمومی، از جمله محورهایی است که در مرحله بعدی پژوهش باید با جزئیات بیشتری بررسی و پیشنهاد شود. نتایج تحلیل کیفی مصاحبه‌ها با کارشناسان شهری و فضای سبز نشان داد که کارآمدی راهبردهای طراحی و مدیریتی در گرو توجه هم‌زمان به شرایط اقلیمی خاص بیرجند و ظرفیت‌های بومی آن است. به‌کارگیری گونه‌های گیاهی مقاوم به خشکی نظیر تاغ، گز و زیتون تلخ می‌تواند در کاهش مصرف آب و حفظ پایداری فضاهای سبز نقش کلیدی ایفا کند. همچنین، طراحی فضاهای سبز چندمنظوره که هم‌زمان کارکردهای زیست‌محیطی، اجتماعی و آموزشی را پوشش دهند، می‌تواند به استفاده بهینه از زمین‌های شهری منجر شود. این رویکرد علاوه بر ارتقای کیفیت زیست‌محیطی، موجب افزایش تعاملات اجتماعی و مشارکت شهروندان در نگهداری فضاهای سبز خواهد شد. از سوی دیگر، بهره‌گیری از فناوری‌های نوین همچون سیستم‌های آبیاری هوشمند و سنسورهای کنترل رطوبت خاک، به‌ویژه در اقلیم خشک بیرجند، می‌تواند تأثیر بسزایی در کاهش هدررفت منابع آبی داشته باشد. همچنین، ایجاد شبکه‌ای پیوسته از فضاهای سبز از طریق اتصال پارک‌ها، باغ‌ها و فضاهای باز با مسیرهای سبز پیاده‌راهی، موجب گردش جریان هوا، کاهش دما و افزایش تنوع زیستی شهری می‌شود. در کنار این اقدامات، تقویت نقش نهادهای محلی و انجمن‌های مردمی در طراحی و نگهداری فضاهای سبز، به تداوم موفقیت این راهبردها کمک خواهد کرد.

نتیجه‌گیری

پهنه‌های سبز در بیرجند نقش حیاتی در سازگاری با تغییرات اقلیمی دارند، از جمله کاهش دما، بهبود کیفیت هوا، مدیریت آب، حفظ تنوع زیستی و ارتقای سلامت جامعه. توزیع این فضاها، با تمرکز بیشتر در مناطق پرجمعیت، نشان‌دهنده رویکرد استراتژیک است، اما نیاز به گسترش در مناطق کمتر پوشش داده شده نیز وجود دارد. حفظ و توسعه فضاهای سبز تاریخی مانند باغ اکبریه می‌تواند الگوهای مؤثری برای آینده ارائه دهد. هدف از این پژوهش، شناسایی الگوی توزیع فضاهای سبز، ارزیابی شاخص‌های زیست‌محیطی و تحلیل ارتباط میان ویژگی‌های اقلیمی و توسعه زیرساخت‌های سبز در راستای افزایش تاب‌آوری شهری بوده است. نتایج تحلیل‌ها نشان داد که بهره‌گیری از گونه‌های بومی مقاوم به خشکی و استفاده از روش‌های نوین آبیاری (مانند: آبیاری قطره‌ای یا استفاده از پساب تصفیه شده) می‌تواند به عنوان راهکاری مؤثر در مدیریت و توسعه پایدار زیرساخت‌های سبز مورد توجه قرار گیرد. همچنین، یافته‌ها نشان داد که عدم وجود سیاست‌گذاری منسجم در زمینه توزیع زیرساخت‌های فضاهای سبز شهری و نبود طرح‌های جامع مبتنی بر عدالت محیطی سبب شده است تا برخی نواحی شهری، به‌ویژه مناطق کم‌برخوردار، از دسترسی کافی به فضاهای سبز محروم بمانند. از سوی دیگر، بررسی کیفی مصاحبه‌های انجام شده با کارشناسان شهری نشان داد که مدیریت صحیح آبیاری، استفاده از گیاهان بومی مقاوم به خشکی و گسترش فضاهای سبز پیوسته از مؤثرترین راهکارها برای تقویت نقش زیرساخت‌های سبز در مقابله با تغییرات اقلیمی هستند؛ بنابراین، تمرکز بر ایجاد شبکه‌ای پیوسته از زیرساخت‌های فضاهای سبز، به‌ویژه در امتداد مسیرهای بادی و نواحی جنوبی شهر، می‌تواند نقش این زیرساخت‌ها را در کاهش آسیب‌پذیری اقلیمی بیرجند به‌طور معناداری افزایش دهد. در عین حال، بررسی هم‌زمان داده‌های جمعیتی و کاربری زمین نشان داد که در برخی نواحی با تراکم بسیار بالا، سرانه فضای سبز، به‌رغم تلاش مدیریت شهری، همچنان پایین‌تر از حد استاندارد ملی است. این موضوع می‌تواند ناشی از کمبود زمین آزاد برای توسعه فضاهای سبز جدید باشد. راهکار مناسب در چنین شرایطی، بهره‌گیری از فضاهای کوچک محلی، بام‌های سبز، دیوارهای سبز و توسعه فضاهای سبز خطی در امتداد معابر است تا ضمن حفظ تعادل فضایی، پوشش سبز شهری افزایش یابد؛ بنابراین، دستیابی به توزیع عادلانه زیرساخت‌های سبز نیازمند سیاست‌های جامع شهری و بازنگری در نحوه تخصیص زمین و منابع است و در این راستا پیشنهادات عملیاتی زیر ارائه می‌شود:

- توسعه فضاهای سبز در مناطق کم‌برخوردار جنوبی و غربی شهر.
- ایجاد پارک‌های کوچک دوستدار اقلیم و کریدورهای سبز برای افزایش دسترسی شهروندان در نواحی شرقی بیرجند
- استفاده از سیستم‌های آبیاری هوشمند و جمع‌آوری آب باران در سایت اداری (شهرکی که کاربری های اداری و مسکونی به آن جا منتقل شده است) در غرب بیرجند.
- کاشت گونه‌های گیاهی بومی و مقاوم به خشکی و شوری خاک در بولوارهای توحید، بهشتی، مدرس و پاسداران.
- تکمیل و بهره‌برداری از پروژه‌های نیمه‌تمام مانند بوستان‌های خطی مهرشهر، احمدی روشن و الهیه.
- ارتقای نقش مشارکت شهروندان از طریق آموزش عمومی و جلب همکاری در نگهداری فضاهای سبز.
- ادغام برنامه‌ریزی زیرساخت‌های سبز در طرح‌های جامع و تفصیلی شهری.

منابع

اسکندری ثانی، محمد؛ سفالگر، سحر. (۱۴۰۱). ادغام اقتصاد سبز و چرخشی، رویکرد نوین درآمد پایدار در شهر بیرجند. مطالعات مدیریت توسعه سبز، دوره ۱، شماره ۲، صفحات ۱۵۹-۱۷۲.

https://gmd.birjand.ac.ir/article_2395.html

اسکندری ثانی، محمد؛ سفالگر، سحر. (۱۴۰۱). شناسایی مؤلفه‌های کالبدی مؤثر در بهبود احساس امنیت شهروندان در فضاهای شهری (نمونه موردی: خیابان معلم و پاسداران شهر بیرجند)، مجله فرهنگ خراسان، شماره ۱۷.

https://www.farhangekhorasan.ir/article_150784.html

اسکندری ثانی، محمد؛ محمدآبادی، سعیده؛ وفایی فرد، مهدی. (۱۴۰۴). شهرنشینی و ناامنی غذایی: بررسی چالش‌ها و فرصت‌های نوین آن در توسعه کشاورزی شهری؛ مطالعه موردی: شهر بیرجند. مجله پایداری شهری، شماره ۱۰.

https://www.jscity.ir/article_214703.html

اسمعیل‌نژاد، مرتضی. (۱۴۰۳). ارزیابی آسیب‌پذیری مناطق پیراشهری بیرجند در برابر تغییرات اقلیمی. توسعه فضاهای پیراشهری، ۶(۱)، ۶۵-۷۸.

doi: 10.22034/jpusd.2023.319254.1173

https://www.jpud.ir/article_183897.html

تیمی، نیوشا؛ شعله، مهسا؛ لطفی، سهند؛ صادقی، علیرضا. (۱۴۰۴). سنجش اثرات زیرساخت سبز شهری با رویکرد طراحی حساس به اقلیم (مطالعه موردی: محله گل محمدی اصفهان). دانش شهرسازی، ۹(۲)، ۷۷-۵۵.

doi: 10.22124/upk.2025.29226.1992

<https://www.ensani.ir/fa/article/624751>

رضایی، ابراهیم؛ ابراهیم‌زاده، عیسی؛ اسکندری ثانی، محمد. (۱۳۹۸). تحلیلی انتقادی بر سیاست شهری آب از منظر ظرفیت نهادی (موردشناسی: شهر بیرجند). جغرافیا و آمایش شهری منطقه‌ای. (۳۱)، ۹۲-۷۳.

doi: 10.22111/gaij.2019.4706

https://journals.usb.ac.ir/article_4706.html

شیرگر، المیرا؛ خیرالدین، رضا؛ بهزادفر، مصطفی. (۱۳۹۸). تبیین الگوی مداخله در زیرساخت‌های سبز شهری با هدف ایجاد تاب‌آوری اکولوژیک شهری با تأکید بر تغییرات اقلیمی (نمونه موردی: محله یوسف‌آباد شهر تهران). محیط شناسی (۳)، ۴۵-۵۶۵-۵۴۵.

doi: 10.22059/jes.2020.290829.1007933

https://journals.ut.ac.ir/article_75006.html

ناصحی، سعیده؛ آل محمد، سیده؛ رضانی‌مهربان؛ مجید، مبرقعی‌دینان، نغمه. (۱۴۰۲). تدوین راهبردهای پایداری زیرساخت‌های سبز شهری با استفاده از ارزیابی تغییرات سیمای سرزمین (مطالعه موردی: منطقه دو کلان‌شهر تهران). جغرافیا و پایداری محیط. (۲)، ۱۳-۹۵-۱۱۴.

doi: 10.22126/ges.2023.8640.2614

https://ges.razi.ac.ir/article_2560.html

نوروزی، مریم؛ بمانیان، محمدرضا. (۱۳۹۸). تحلیل اثر زیرساخت‌های سبز شهری بر ارتقای مؤلفه‌های پایداری محیطی. نشریه علمی اندیشه معماری، ۳(۶)، ۱۸۹-۱۷۵.

doi: 10.30479/at.2019.11641.1322

<https://search.isc.ac/inventory/8/1120133.htm>

ویسی نی‌کندی، بهمن؛ حامی، احمد؛ امامی‌نمین، فرزین. (۱۴۰۲). زیرساخت‌های سبز شهری راهکاری در برابر تغییرات اقلیمی در جهت بهبود کیفیت زندگی شهری، سومین کنفرانس بین‌المللی معماری، عمران، شهرسازی، محیط‌زیست و افق‌های هنر اسلامی در بیانیه گام دوم انقلاب، تبریز.

<https://civilica.com/doc/1960956>

References

- Baghirov, H. S. O., Hina, S. M., Mulani, A., Gupta, A., Mabrouk, A. S., & Aziz, F. (2025). Urban green infrastructure enhancing biodiversity and climate resilience in smart cities. *Lex Localis – Journal of Local Self-Government*, 23(S5), 549-578. <https://doi.org/10.52152/801285> .
- <https://lex-localis.org/index.php/LexLocalis/article/view/801285>
- Beninde, J., Veith, M., & Hochkirch, A. (2015). Biodiversity in cities needs space: A meta-analysis of factors determining intra-urban biodiversity variation. *Ecology Letters*, 18(6), 581–592.
- <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/ele.12427>
- Blakely, E. J. (2007). Urban planning for climate change. *Urban Studies*, 44(12), 2311–2324.
- https://www.lincolnst.edu/app/uploads/legacy-files/pubfiles/1310_blakely_final.pdf
- Chini, C. (2016). Urban green infrastructure and climate adaptation. *Sustainability*, 9(10), 1811.
- https://www.mdpi.com/journal/sustainability/special_issues/Urban_Green_Infrastructure
- Davoudi, S., et al. (2009). Planning for climate change: Strategies for mitigation and adaptation for spatial planners. Earthscan.
- <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000234666>
- Dunning, R., & Buck, N. T. (2017). The integration of infrastructures as a response to climate change: A critical opportunity? *Sustainability*, 9(5), 800.
- <https://livrepository.liverpool.ac.uk/3008698/>
- Greene, M. (2024). Urban green infrastructure: Enhancing climate resilience and environmental sustainability in cities. *International Journal of Environmental Science and Sustainability*, 3(1), 11-21.
- <https://jilpublishers.com/index.php/ijess/article/view/24>
- Meerow, S., & Newell, J. P. (2017). Urban resilience for climate adaptation. *Urban Studies*, 54(7), 1403–1420.
- <https://climateadaptationplatform.com/urban-resilience-for-climate-adaptation/>
- Mondal, K., Rawat, S., Khose, S. B., Tateh, S., Saha, S., Choubey, S., Nagawade, O., & Vishwakarma, S. K. (2025). Urban green infrastructure for climate change adaptation and mitigation: Roles, innovations, and challenges in sustainable cities. *International Journal of Environment and Climate Change*, 15(12), 19-33.
- <https://doi.org/10.9734/ijecc/2025/v15i125144>.
- <https://journalijecc.com/index.php/IJECC/article/view/5144>
- Oke, T. R., Mills, G., Christen, A., & Voogt, J. A. (2017). *Urban Climates*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- <https://doi.org/10.1017/9781139016476>. <https://www.cambridge.org/core/books/abs/urban-climates/urban->
- Salih, K., & Báthoryné Nagy, I. R. (2024). Review of the role of urban green infrastructure on climate resiliency: A focus on heat mitigation modelling scenario on the microclimate and building scale. *Urban Science*, 8(4), 220.
- <https://doi.org/10.3390/urbansci8040220>, <https://www.mdpi.com/2413-8851/8/4/220>

Seiwert, A., & Rößler, S. (2020). Understanding the term green infrastructure: origins, rationales, semantic content and purposes as well as its relevance for application in spatial planning. *Land Use Policy*, 97, 104785.

<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104785>,

<https://ideas.repec.org/a/eee/lauspo/v97y2020ics0264837718309621.html>

Taleai, M. (2007). Urban green infrastructure and ecosystem services. *Ecological Planning Journal*, 22(2), 89-103.

<https://sanad.iau.ir/fa/Journal/jshsp/DownloadFile/1032263>

Tamminga, K., Cortesão, J., & Bakx, M. (2020). Convivial greenstreets: A concept for climate-responsive urban design. *Sustainability*, 12(9), 3790.

<https://doi.org/10.3390/su12093790>.

<https://www.mdpi.com/2071-1050/12/9/3790>

