

Structural analysis of the city physics with an environmental sustainability approach: A case study of Behshahr city

Seyyede Mohaddese Hosseini¹, Seyyed Mehdi Moussakazemi² , Nafiseh Marsousi³,
Majid Javerid⁴

1. Department of Geography, Payame Noor University, Tehran, Iran

Email: hosseini_mh94@yahoo.com

2. (Corresponding Author) Department of Geography, Payame Noor University, Tehran, Iran

Email: moosa_ka@pnu.ac.ir

3. Department of Geography, Payame Noor University, Tehran, Iran

Email: marsousin@pnu.ac.ir

4. Department of Geography, Payame Noor University, Tehran, Iran

Email: majid_javari@pnu.ac.ir

ARTICLE INFO

Article type:

Research Article

Article History:

Received:

3 April 2026

Received in revised form:

9 June 2026

Accepted:

4 July 2026

Available online:

17 August 2026

Keywords:

Environmental sustainability,
Physical structure,
Structural analysis,
Behshahr city.

ABSTRACT

Rapid urbanization and unplanned urban expansion in recent decades have led to multiple challenges in the spatial, social, and particularly environmental dimensions of cities. This study aims to analyze the structural morphology of Behshahr city with an emphasis on environmental sustainability. The research employs a descriptive-analytical approach based on field and documentary data. The study population consisted of 15 experts in urban planning and environmental management, and data were collected through questionnaires and analyzed using statistical methods (one-sample t-test and structural equation modeling) in SPSS and Smart PLS software. The overall status of the urban morphology in terms of environmental sustainability was evaluated as below the desirable level (mean < 3). The one-sample t-test indicated that most indicators, except for the people and local communities' component, significantly differed from the theoretical median ($p < 0.05$). Structural equation modeling results revealed that the components housing and buildings ($\beta=0.955$), land use ($\beta=0.945$), and urban structure ($\beta=0.936$) had the greatest impact on environmental sustainability, whereas land ($\beta=0.418$) and zoning ($\beta=0.459$) indicated no significant effect. These findings reveal that improving construction management, revising land-use policies, optimizing land allocation, and organizing the urban form can reduce environmental pressures and enhance the city's ecological resilience. Overall, achieving environmental sustainability in Behshahr requires modifications in morphological patterns and governance, moving toward a compact and resilient city, where urban development aligns with natural and ecological capacities to ensure a sustainable and livable future for coming generations.

Citation: Hosseini, S. M., Moussakazemi, S. M., Marsousi, N., & Javerid, M. (2026). Structural analysis of the city physics with an environmental sustainability approach: A case study of Behshahr city. *Geographical planning of space quarterly journal*, 16 (2), 101-121.

<http://doi.org/10.30488/gps.2026.561700.3876>



© The Author(s)

Publisher: Golestan University Press

Extended Abstract

Introduction

Rapid urban population growth and uncontrolled spatial expansion have become critical challenges of the contemporary era, with significant social, economic, and environmental consequences. Due to their special ecological conditions, the plain cities of northern Iran are highly sensitive to environmental changes. In floodplain cities such as Behshahr, Mazandaran Province, northern Iran, urban expansion has intensified pressure on natural resources, altered land-use patterns, reduced vegetation cover, and increased flood risk. An unbalanced urban form, especially in the absence of sustainable planning principles, undermines environmental resilience and heightens vulnerability to ecological pressures. An analysis of Behshahr's demographic and physical trends over the past six decades (1935–2016) indicates that the city's population and physical area have increased about 8.5 and 10.5 times respectively. The city's horizontal growth, the expansion of informal settlements, the annexation of surrounding villages, and the rise in the consumption of natural resources have created significant environmental pressures, including the change in the use of agricultural land and gardens, the increase in the production of sewage, urban waste, and the risk of flooding. The urbanization rate in Behshahr has increased from 22 percent in 1956 to 64 percent in 2016, indicating widespread rural-urban migration and increasing pressure on the city's physical structure (Population and Housing Census, 2016–2016). The results of recent studies also reveal that the area of built-up land in Behshahr has increased from 470 hectares (38.5 percent) in 1986 to 788 hectares (65 percent) in 2011. In such circumstances, the sustainable urban development approach has been proposed as a comprehensive framework for balancing urban growth and environmental protection. Achieving this goal requires reviewing the physical structure of cities, modifying land-use patterns, optimizing the use of natural resources, and reducing pollution. Considering the ecological

sensitivities of Behshahr, the study, with an analytical approach and a combination of physical, ecological, and management indicators, seeks to identify the main drivers of the physical structure for achieving sustainable urban development. In addition to explaining the current situation, this analysis can also provide a basis for predicting and guiding the future development of the city with minimal environmental damage. In this regard, the chief goal of the study is to analyze the physical structure of Behshahr with an environmental sustainability approach. The main question is how the physical structure of Behshahr affects its environmental sustainability and which components play the greatest role in promoting environmental resilience?

Methodology

This study adopts a descriptive-analytical and applied approach, combining expert-based assessments with multivariate quantitative analysis. The statistical population of the research includes specialists and experts in the fields of city studies, architecture, environment and urban planning who have practical and research experience related to sustainable urban development. To collect specialized and in-depth views on the relationships among physical components, land use, density, spatial structure and environmental resilience of the city. A statistical sample comprising 15 urban and environmental experts was selected for this study. This selection was made based on the purposive expert sampling method. The criteria for selecting these experts were at least five years of relevant work experience and participation in projects or scientific research in the field of environmental sustainability. Data collection was carried out through a specialized questionnaire consisting of 54 indicators and 13 components, which was developed based on previous studies and thematic literature, and completed by specialized experts. Reliability was confirmed using Cronbach's alpha. All research components have an alpha coefficient above 0.7, which indicates that the indicators used to measure the components of the physical structure of

Behshahr have appropriate reliability. Construct validity was verified through factor analysis and expert review. Data normality was assessed utilizing skewness, kurtosis, and the Shapiro–Wilk test. The kurtosis value was within the range of ± 2 , indicating that the distribution of the indices is normal in terms of distribution width or sharpness. The Shapiro–Wilk test has a p-value > 0.05 for most indices, confirming the normal distribution of the data. These results demonstrated that the data meet the necessary conditions for the utilization of parametric analyses such as t-test and PLS-SEM analyses. Parametric analyses, including one-sample t-tests, along with structural equation modeling (PLS-SEM), were employed to evaluate the relationships between urban morphology components and environmental sustainability. The study selected Behshahr city in Mazandaran province as the study area. The specific environmental characteristics of Behshahr, including surrounding agricultural lands and sensitive natural resources such as forests and rivers, have made it a suitable example for having an environmental sustainability approach in examining physical structure indicators. By concentrating on this city through this analytical lens, the study enables a thorough examination of its physical fabric and the determinants of environmental sustainability, thereby establishing a basis for proposing evidence-based strategies for sustainable urban governance.

Results and Discussion

Analysis of the physical structure of Behshahr city with an environmental sustainability approach exhibits that the status of most key indicators is at a lower level than desirable. The results demonstrate that indicators related to land, land use, housing and buildings, population and communities, physical structure, urban space, transportation, zoning, city and urbanization, policies and regulations, and natural environment/ecology have low averages and show a significant difference from the average (3). This highlights a serious weakness in sustainable urban management and planning and the inefficiency of environmental and physical

policies. Research studies have revealed that horizontal and scattered development, a decrease in per capita green space, and unbalanced decentralization put great pressure on the environment and reduce ecological resilience.

In the area of land, weaknesses in protection, renovation and consolidation of land plots lead to a decline in ecological capacity and increased pressure on the environment. The change of land use from agricultural and garden to urban and industrial uses, without proper management, has negative effects on biodiversity and pollutant absorption capacity. Housing and building indicators also demonstrate that the focus on quality and identity is limited and that the provision of diverse housing and improving quality still requires more attention. The condition of population and communities also indicates a weakness in planning, and therefore controlling the size and distribution of the population and supporting the local economy.

In the physical structure section, although indicators such as physical size and the promotion of ecological resilience have a relatively better status, indicators such as the combination of city form and integration, incorporation and merging, and organization of urban landscape are weak. This exhibits that the physical cohesion of the city is insufficient and uncoordinated urban growth exacerbates environmental risks. The natural environment and ecology indicators are in a critical state; river network, waste management, the restoration of natural environments, and environmental impact assessment with low averages indicate serious weaknesses in environmental protection and a decrease in the city's ecological resilience.

In contrast, the component of people and local groups with a mean close to the average indicates that there is a potential capacity for social participation, but its practical effect is still restricted on environmental protection and the realization of sustainability. Structural equation model analysis with PLS software showed that the most physical structure components have a significant impact on the state of environmental sustainability. In

particular, the components of housing and buildings, land use, and physical structure play a driving role in promoting environmental resilience and possess the greatest impact on the realization of sustainability. In the next ranks, the components of density, policies and regulations, and population and communities are located, which play an important role in managing urban growth, controlling population pressure, and guiding development policies. In contrast, the components of land and zoning had a low path coefficient and no significant effect, indicating a relative weakness in the effectiveness of land policies and regional planning in supporting sustainability.

Conclusion

This study exhibited that although the physical structure of Behshahr city is on the path of gradual improvement, there is still a significant distance to achieve environmental sustainability. Problems such as irregular construction, change in agricultural land use, weakness in the implementation of urban plans, and poor coordination among decision-making institutions are the most important obstacles to achieving sustainable urban development goals. Statistical results and PLS analyses show that the average of all indicators of the physical structure of Behshahr city - including land, land use, housing and buildings, urban spaces, transportation, density, city and urbanization and urban development, policies and regulations, natural environment/ecology - fall below the average benchmark; this clearly demonstrates the weakness of urban management and the inability to achieve sustainable development goals. In particular, the status of the natural/ecological environment component, as the most sensitive part of the physical structure of the city, was assessed as critical, indicating the city's high vulnerability and reduced ecological resilience to environmental degradation. Key weaknesses of the city include its river networks, vegetation and forest cover, waste management systems, environmental impact assessment processes, and ecological restoration efforts. In the

absence of remedial interventions, the city's resilience to the pressures of demographic expansion and urban growth is likely to diminish. In the area of land and land use, unbalanced changes and heterogeneous development have put great pressure on natural resources and led to the loss of gardens and agricultural lands.

This trend has not only reduced biodiversity, but also affected the productivity of natural resources and the quality of life of residents. Housing and building indicators also indicate a lack of efficient planning to provide diverse and quality housing; problems such as high density, non-compliance with ecological criteria and urban identity, and a lack of public spaces and urban services are clearly observed. Deficiencies in transportation network design and management, along with instability in urban policies and regulations emphasize the need for a fundamental review of urban management and planning approaches. Weakness in coordination, coherence, and integration of physical elements has exacerbated unbalanced urban growth and reduced quality of living environment; therefore, smart growth urban planning, integrated land management, and development of public and natural spaces seem urgent. Analyses exhibited that housing and building components, land use, and physical structure act as the main drivers in promoting environmental sustainability; therefore, without simultaneous attention to these sectors, other actions will have limited impact.

To improve the environmental sustainability of Behshahr city, following key actions are proposed:

- Efficient planning to provide diverse housing and improve the quality of construction and urban housing with an emphasis on sustainable materials, energy saving, and human-centered design.
- Reviewing land-use and urban zoning policies with an approach to protecting agricultural lands, controlling horizontal expansion, and encouraging internal development.
- Dealing with the change of agricultural, garden, and forest lands to urban applications.

- Managing land-use changes resulting from the construction of second homes.
- Relocation and transfer of polluting industries such as Behpak factories and asphalt plants.
- Applying physical principles of smart urban growth
- Take containment actions to deal with the merger of at risk villages.
- Managing and redesigning the city's appearance and landscape.
- Organizing and developing public spaces.
- Developing a comprehensive urban environmental plan to integrate environmental policies with physical planning.
- Establish an urban ecological monitoring system to continuously assess the effects of physical development on the environment and provide feedback to policymakers.

Overall, the results indicate that achieving environmental sustainability in Behshahr requires simultaneous changes in physical and management patterns; moving towards a compact, resilient city that is in harmony with natural and ecological capacities is the key to ensuring a sustainable and livable

future for next generations. This comprehensive and interdisciplinary approach, by converging physical reforms and environmental protection, paves the way for achieving sustainable urban development goals.

Funding

This research received no funding support.

Authors' Contribution

The first author was responsible for writing and analyzing the entire text of the article. The second author conceptualized, reviewed, and supervised the written article. The third and fourth authors contributed to the theoretical and technical discussions, critically reviewed the scientific content, and approved the final text.

Conflict of Interest

The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgments

We are grateful to all the scientific consultants involved in this paper.



تحلیل ساختاری کالبد شهر با رویکرد پایداری زیست‌محیطی

مطالعه موردی: شهر بهشهر

سیده محدثه حسینی^۱، سید مهدی موسی کاظمی^۲ , نفیسه مرصوصی^۳، مجید جاوری^۴۱- گروه جغرافیا، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران. رایانامه: hosseini_mh94@yahoo.com۲- نویسنده مسئول، گروه جغرافیا، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران. رایانامه: moosa_ka@pku.ac.ir۳- گروه جغرافیا، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران. رایانامه: marsousin@pnu.ac.ir۴- گروه جغرافیا، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران. رایانامه: majid_javari@pnu.ac.ir

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله پژوهشی تاریخ دریافت: ۱۴۰۵/۰۱/۱۴ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۵/۰۳/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۴/۱۳ تاریخ چاپ: ۱۴۰۵/۰۵/۲۶ واژگان کلیدی: پایداری زیست‌محیطی، ساختار کالبدی، تحلیل ساختاری، شهر بهشهر.	رشد شتابان شهرنشینی و توسعه بی‌رویه فضاهای شهری در دهه‌های اخیر، چالش‌های گسترده‌ای را در ابعاد کالبدی، اجتماعی و به‌ویژه زیست‌محیطی شهرها ایجاد کرده است. پژوهش حاضر با هدف تحلیل ساختار کالبدی شهر بهشهر با تأکید بر پایداری زیست‌محیطی انجام شده است. روش تحقیق از نوع توصیفی-تحلیلی و مبتنی بر داده‌های میدانی و اسنادی است. جامعه آماری شامل ۱۵ نفر از کارشناسان حوزه شهرسازی و محیط‌زیست بوده و داده‌ها از طریق پرسشنامه گردآوری و با استفاده از آزمون تی تک نمونه‌ای و مدل‌سازی معادلات ساختاری در نرم‌افزارهای SPSS و SmartPLS تحلیل شده‌اند. نتایج نشان داد که وضعیت کلی ساختار کالبدی شهر بهشهر از منظر پایداری زیست‌محیطی در سطحی کمتر از حد مطلوب قرار دارد و میانگین اغلب شاخص‌ها کمتر از ۳ ارزیابی شده است. آزمون تی تک نمونه‌ای بیانگر آن است که بیشتر مؤلفه‌ها، به‌جز «مردم و گروه‌های محلی»، تفاوت معناداری با مقدار نظری دارند ($p < 0/05$). همچنین یافته‌های مدل معادلات ساختاری نشان داد که مؤلفه‌های «مسکن و ساختمان» ($\beta = 0/955$)، «کاربری زمین» ($\beta = 0/945$) و «ساختار کالبدی» ($\beta = 0/936$) بیشترین اثر را بر پایداری زیست‌محیطی داشته‌اند، درحالی‌که مؤلفه‌های «زمین» ($\beta = 0/418$) و «منطقه‌بندی» ($\beta = 0/459$) تأثیر معناداری نشان ندادند. بر این اساس، بهبود مدیریت ساخت‌وساز، بازنگری در سیاست‌های کاربری زمین و سامان‌دهی کالبدی می‌تواند زمینه‌ساز ارتقای تاب‌آوری زیست‌محیطی و حرکت به‌سوی الگوی شهر فشرده و پایدار در بهشهر باشد.

استناد: حسینی، سیده محدثه؛ موسی کاظمی، سید مهدی؛ مرصوصی، نفیسه و جاوری، مجید. (۱۴۰۵). تحلیل ساختاری کالبد شهر با رویکرد پایداری زیست‌محیطی مطالعه موردی: شهر بهشهر. *مجله آمایش جغرافیایی فضا*، ۱۶ (۲)، ۱۰۱-۱۲۱.

<http://doi.org/10.30488/gps.2026.561700.3876>



مقدمه

رشد شتابان جمعیت شهری و گسترش بی‌رویه فضاهای شهری در دهه‌های اخیر، یکی از مهم‌ترین چالش‌های جهان معاصر محسوب می‌شود که پیامدهایی گسترده در ابعاد اجتماعی، اقتصادی، کالبدی و به‌ویژه زیست‌محیطی برجای گذاشته است. شهرها تبدیل به مکان‌هایی با تمرکز بالای جمعیتی گشته‌اند. این امر گسترش فضایی-کالبدی شهر را دستخوش تغییراتی می‌کند (مهیمی و همکاران ۱۳۹۹). شهرها به‌عنوان مراکز اصلی تمرکز جمعیت، مصرف منابع و تولید آلاینده‌ها، با تهدیداتی چون تغییرات اقلیمی، آلودگی هوا، کمبود منابع آب و کاهش تنوع زیستی مواجه‌اند. برای نمونه، تنها در اروپا بین سال‌های ۲۰۱۸ تا ۲۰۲۳ بیش از ۹۰۰۰ کیلومترمربع از اراضی طبیعی و کشاورزی (رقمی معادل تخریب روزانه حدود ۶۰۰ زمین فوتبال) به دلیل توسعه شهری از بین رفته است (The Guardian, 2025:3).

در ایران، این روند با شدت بیشتری مشاهده می‌شود. نبود نظام جامع مدیریت زمین شهری، ضعف در کنترل ساخت‌وساز و بی‌توجهی به ملاحظات زیست‌محیطی موجب گسترش بی‌قاعده محدوده شهری و تخریب گسترده منابع طبیعی شده است (UN-Habitat, 2020: 45-47). توسعه افقی در اراضی کشاورزی، تخریب جنگل‌ها و حریم رودخانه‌ها، آلودگی منابع آب و فرسایش خاک از جمله پیامدهای بارز این فرآیند است (زیاری، ۱۳۹۷: ۱۴۲). همچنین مطالعات نشان می‌دهد که رشد کالبدی بی‌ضابطه با افزایش ناپایداری زیست‌محیطی رابطه مستقیم دارد؛ به‌گونه‌ای که در بسیاری از مناطق آسیای شرقی، از جمله شرق چین، میان افزایش وسعت کالبدی شهرها، رشد انتشار کربن و کاهش بهره‌وری انرژی همبستگی بالایی مشاهده می‌شود (Liu et al., 2021: 112-114).

در چنین شرایطی، رویکرد توسعه پایدار شهری به‌عنوان چارچوبی جامع برای تعادل بخشی میان رشد شهری و حفاظت از محیط‌زیست مطرح شده است. تحقق این هدف مستلزم بازنگری در ساختار کالبدی شهرها، اصلاح الگوهای کاربری زمین، بهینه‌سازی بهره‌برداری از منابع طبیعی و کاهش آلودگی‌ها است. پژوهش‌ها تأکید دارند که برنامه‌ریزی شهری هوشمند، استفاده از فناوری‌های نوین و مشارکت اجتماعی می‌تواند نقش مؤثری در ارتقای کیفیت محیط‌زیست و افزایش تاب‌آوری شهری ایفا کند (OECD, 2023: 55-58) و ارزیابی توان اکولوژیک، برآوردی از قابلیت‌ها و محدودیت‌ها برای توسعه کلان کاربری‌ها با سنجش ویژگی‌های اکولوژیک سرزمین، ارائه می‌کند (دانه‌کار و سبحانی ۱۴۰۳).

شهرهای جلگه‌ای شمال ایران به دلیل شرایط اکولوژیکی ویژه خود، حساسیت بالایی نسبت به تغییرات محیطی دارند. شهر بهشهر، یکی از شهرهای جلگه‌ای استان مازندران، نمونه‌ای شاخص از این وضعیت است. این شهر در میان اراضی حاصلخیز کشاورزی، نوار ساحلی شمال و دامنه‌های منابع طبیعی جنوبی واقع شده و وجود چهار رودخانه و توپوگرافی چاله‌مانند، خطر سیلاب را افزایش داده است. چنین ساختار طبیعی-اکولوژیکی حساسی، ایجاب می‌کند که توسعه کالبدی شهر با رعایت دقیق ملاحظات زیست‌محیطی صورت گیرد؛ در غیر این صورت، پیامدهایی چون نابودی اراضی کشاورزی، تخریب منابع طبیعی و افت کیفیت زندگی شهروندان به دنبال خواهد داشت (زاهدی کلاکی و همکاران، ۱۴۰۲: ۲۴۱).

تحلیل روندهای جمعیتی و کالبدی بهشهر طی شش دهه گذشته (۱۳۳۵-۱۳۹۵) نشان می‌دهد که جمعیت شهر حدود ۵/۸ برابر و محدوده کالبدی آن ۱۰/۵ برابر افزایش یافته است. رشد افقی شهر، گسترش سکونتگاه‌های غیررسمی، الحاق روستاهای پیرامونی و افزایش مصرف منابع طبیعی، فشارهای زیست‌محیطی چشمگیری؛ از جمله تغییر کاربری اراضی کشاورزی و باغ‌ها، افزایش تولید فاضلاب و زباله شهری و افزایش خطر سیلاب ایجاد کرده است. نرخ شهرنشینی در بهشهر از ۲۲ درصد در سال ۱۳۳۵ به حدود ۶۴ درصد در سال ۱۳۹۵ رسیده که نشانگر مهاجرت گسترده روستا-شهری و افزایش فشار بر ساختار کالبدی شهر است (سرشماری نفوس و مسکن، ۱۳۳۵-۱۳۹۵). نتایج مطالعات جدید نیز نشان

می‌دهد که سطح اراضی ساخته‌شده در بهشهر از ۴۷۰ هکتار (۳۸/۵ درصد) در سال ۱۳۶۵ به ۷۸۸ هکتار (۶۵ درصد) در سال ۱۴۰۰ افزایش یافته است. این رشد افقی سبب تکه‌تکه شدن اراضی کشاورزی و کاهش پیوستگی اکولوژیکی شده است، به‌گونه‌ای که فاصله میان قطعات زمین (MNN) از ۷۹ متر در سال ۱۳۶۵ به ۸۴/۶۹ متر در سال ۱۴۰۰ افزایش یافته است. این روند نشانگر افت تاب‌آوری زیست‌محیطی و کاهش ظرفیت جذب آلاینده‌ها در اکوسیستم شهری است.

بررسی پژوهش‌های داخلی نشان می‌دهد که بیشتر مطالعات به تحلیل تک‌بعدی مؤلفه‌های کالبدی مانند تراکم جمعیت، کاربری زمین، اسکان غیررسمی یا حمل‌ونقل پرداخته‌اند و عمدتاً اثر هر شاخص بر پایداری زیست‌محیطی در یک مقطع زمانی موردتوجه بوده است (زاهدی کلاکی و همکاران، ۱۴۰۰: ۲۰۲). پژوهش‌های خارجی با رویکرد سیستمی و اکولوژیکی، بر تعامل میان الگوهای توسعه فضایی، خدمات اکوسیستمی و تاب‌آوری زیست‌محیطی تمرکز دارند و اغلب از ابزارهایی مانند GIS، سنجش‌ازدور و مدل‌های پیش‌بینی تغییر کاربری زمین استفاده می‌کنند (Huang et al., 2024: 3).

با توجه به حساسیت‌های اکولوژیکی بهشهر و خلأ مطالعات جامع در سطح محلی، پژوهش حاضر با رویکرد تحلیلی و ترکیب شاخص‌های کالبدی، اکولوژیکی و مدیریتی، به دنبال شناسایی پیشران‌های اصلی ساختار کالبدی برای تحقق توسعه پایدار شهری است. این تحلیل می‌تواند علاوه بر تبیین وضعیت موجود، زمینه‌ساز پیش‌بینی و هدایت توسعه آینده شهر با حداقل اثرات مخرب زیست‌محیطی باشد (کاظم نژاد و همکاران، ۱۴۰۴: ۲). در این راستا هدف اصلی پژوهش، تحلیل ساختار کالبدی شهر بهشهر با رویکرد پایداری زیست‌محیطی است. سؤال اصلی این است که: چگونه ساختار کالبدی شهر بهشهر بر پایداری زیست‌محیطی آن تأثیر می‌گذارد و کدام مؤلفه‌ها بیشترین نقش را در ارتقای تاب‌آوری محیطی دارند؟

مبانی نظری

ساختار کالبدی شهری به نحوه سازمان‌دهی فضایی و کالبدی عناصر شهر اطلاق می‌شود و شامل بافت مسکونی، شبکه معابر، کاربری زمین و فضاهای عمومی است (Carmona, 2010: 45-47). این ساختار نه تنها شکل شهر را تعیین می‌کند، بلکه عملکردهای زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی آن را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد. مطالعات نشان داده‌اند که ساختارهای نامتوازن یا پراکنده شهری، موجب افزایش مصرف انرژی، کاهش سرانه فضای سبز و بالا رفتن سطح آلاینده‌ها می‌شوند و فشار قابل توجهی بر محیط‌زیست وارد می‌کنند (Chen et al., 2025: 3).

در مقابل، ساختارهای فشرده و منسجم شهری، با ارتقای پیوستگی فضایی و دسترسی به خدمات، کاهش نیاز به حمل‌ونقل و استفاده بهینه از اراضی، به کاهش مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای کمک می‌کنند (Monkkonen et al., 2024; Calthorpe, 2011: 38). بهره‌گیری از رویکردهای نوین مانند هوش مصنوعی، یادگیری ماشین و شبیه‌سازی محیطی نیز امکان تحلیل دقیق الگوهای کالبدی و پیش‌بینی اثرات زیست‌محیطی توسعه شهری را فراهم می‌آورد (Eshraghi et al., 2024: 2). تجربه‌های بین‌المللی نشان می‌دهد که شهرهایی که از اصول شهر فشرده، طراحی اکولوژیک و ارتقای کیفیت فضاهای عمومی بهره برده‌اند، موفق به کاهش فشار زیست‌محیطی و افزایش تاب‌آوری شهری شده‌اند (Gehl, 2011: 33-36; Hall, 2014: 57-60). در ایران نیز، توسعه نامتوازن کالبدی، کاهش

سرانه فضای سبز و افزایش تراکم جمعیتی، فشار زیادی بر محیط‌زیست شهری وارد کرده است (زاهدی کلاکی و همکاران، ۱۴۰۲: ۲۴۳).

مرور پژوهش‌های حوزه پایداری زیست‌محیطی شهری نشان می‌دهد که ساختار کالبدی و الگوی توسعه فضایی شهرها نقش تعیین‌کننده‌ای در بهبود یا تضعیف شرایط زیست‌محیطی دارند. دست‌آنه‌ین و همکاران (۱۴۰۳) نشان دادند که توسعه افقی و پراکنده شهر تبریز موجب کاهش فضاهای سبز، تغییر کاربری اراضی طبیعی و فشار بر منابع اکولوژیکی شده و مؤلفه‌هایی نظیر الگوی گسترش فضایی، نحوه استفاده از زمین و حفظ پوشش گیاهی به‌عنوان پیشران‌های کلیدی پایداری زیست‌محیطی مطرح هستند. بردی آنامرادنژاد و محمدی کاظم‌آبادی (۱۴۰۲) فرسودگی بافت‌های مرکزی و ناکارآمدی ساختار کالبدی را از عوامل تشدید ناپایداری محیطی می‌دانند. شمعی و نظریور دزکی (۱۴۰۲) بر ضرورت انطباق توسعه کالبدی با شاخص‌های محیط‌زیستی تأکید کرده‌اند. به‌طور کلی، توسعه افقی، کاهش سرانه فضای سبز و تمرکززدایی نامتوازن فشار زیادی بر محیط‌زیست وارد می‌کند و تحلیل شاخص‌های کالبدی، کاربری زمین و تراکم جمعیت در شهرهایی مانند بهشهر، ابزاری کلیدی برای برنامه‌ریزی شهری پایدار محسوب می‌شود (زاهدی کلاکی و همکاران، ۱۴۰۲). در سطح جهانی، رویکردهای سیستمی- اکولوژیکی با بهره‌گیری از GIS، مدل‌سازی فضایی، سنجش‌ازدور و مدل‌های شبیه‌سازی شهری (LULC) بر تحلیل رابطه میان توسعه فضایی، خدمات اکوسیستمی و تاب‌آوری زیست‌محیطی تمرکز دارند. نتایج این مطالعات نشان می‌دهد که توسعه فشرده، حفاظت از فضاهای سبز و مدیریت هوشمند کاربری زمین، نقش تعیین‌کننده‌ای در ارتقای پایداری اکولوژیکی ایفا می‌کند (Tavares et al., 2019: 51; Pereira et al., 2024: 492).

شناسایی و تحلیل عوامل مؤثر بر پایداری زیست‌محیطی در شهرهایی مانند بهشهر، ابزار مؤثری برای برنامه‌ریزی شهری پایدار و ارتقای تاب‌آوری محیطی محسوب می‌شوند. بر مبنای این ادبیات، مدل مفهومی این پژوهش مبتنی بر چند نظریه مهم شهری و محیطی طراحی شده است:

۱. نظریه رشد هوشمند (Smart Growth Theory). توسعه شهری باید درون‌زا، متراکم و کارآمد باشد تا از گسترش افقی بی‌رویه و اتلاف منابع جلوگیری شود (Duany et al., 2000: 45-47).
۲. نظریه شهر فشرده: افزایش تراکم، اختلاط کاربری‌ها و کاهش وابستگی به خودرو باعث کاهش انتشار کربن و بهبود عملکرد شهری می‌شود (Jenks, 2000: 12-15; Calthorpe, 2011: 67-70).
۳. نظریه تاب‌آوری شهری: ساختار کالبدی منسجم و انعطاف‌پذیر، توانایی شهر در مواجهه با فشارها و شوک‌های زیست‌محیطی را افزایش می‌دهد (Meerow et al., 2016: 40-42).
۴. نظریه زیرساخت سبز: یکپارچه‌سازی شبکه‌های طبیعی با توسعه کالبدی موجب ارتقای خدمات اکولوژیکی و تاب‌آوری شهر می‌شود (Benedict & McMahon, 2012: 55-57; Gómez-Baggethun et al., 2023: 5-7).
۵. نظریه عدالت فضایی: ساختار کالبدی باید به توزیع متوازن منابع و خدمات کمک کند تا دسترسی برابر به محیط سالم تضمین شود (Fainstein, 2022: 22-25).

جدول ۱. شاخص‌های پژوهش

مؤلفه	شاخص‌ها	منابع نظری
زمین	حفاظت، نوسازی، تجمع	Hall, 2014; Beatley, 2012
کاربری زمین	ترکیبی، مقابله با تغییر، سازگاری	Calthorpe, 2011
مسکن و ساختمان	تأمین مسکن، کیفیت، هویت، انعطاف‌پذیری	Carmona, 2010; UN-Habitat, 2015
جمعیت و جوامع	حجم، پراکندگی، اقتصاد محلی، هویت، بهداشت	Montgomery, 2008
ساختار کالبدی	اندازه، توسعه درونی، رشد هوشمند، یکپارچگی، الحاق، منظر، تاب‌آوری، اسکان غیررسمی، فضاهای عمومی، توسعه چندمرکزی	Newman, 2006; Jabareen, 2013
فضای شهری	حفاظت، توسعه طبیعی، فضاهای عمومی	Gehl, 2011
حمل‌ونقل	زیرساخت، یکپارچگی شبکه، مدیریت پارکینگ	Litman, 2020; Rodrigue, 2020
منطقه‌بندی	مکان‌یابی مناسب، پهنه‌بندی پهنه	Pacione, 2009
تراکم	توان اکولوژیک، هماهنگی، مدیریت محیط، سیاست تراکمی، سیما و منظر	Duan, 2000; Jenks, 2000
شهر و شهرسازی	محیط‌زیست، محله محوری، ساماندهی رشد	UN-Habitat, 2015
مردم و شهروندان	مشارکت، NGO/CBO، آگاهی، آموزش	Putnam, 2000
محیط طبیعی/اکولوژی	پوشش گیاهی، شبکه رودخانه، پسماند، EIA، احیا	Forman, 2014; Beatley, 2012
سیاست‌ها و مقررات	تدوین سیاست‌ها، مدیریت یکپارچه، سیاست اقتصادی	Faludi, 2000; Healey, 2000

دلایل انتخاب چند رویکرد و نظریه در طراحی مدل مفهومی پژوهش حاضر، بر اساس ضرورت تحلیل چندبعدی ساختار کالبدی شهر به‌شهر است. این پژوهش با نگرش جامع به شهر، ابعاد متنوعی از جمله زمین، کاربری زمین، مسکن و ساختمان، جمعیت و جوامع، ساختار کالبدی، فضای شهری، حمل‌ونقل، منطقه‌بندی، تراکم، شهر و شهرسازی، مردم و شهروندان، محیط طبیعی/اکولوژی و سیاست‌ها و مقررات را موردبررسی قرار می‌دهد. انتخاب این رویکرد چندبعدی و تلفیقی از نظریه‌ها، امکان شناسایی پیشران‌های کلیدی در هر بعد را فراهم می‌سازد و دیدگاهی جامع از تعاملات بین عوامل انسانی، کالبدی و محیطی ارائه می‌کند. بدین ترتیب، پژوهش قادر است راهکارهایی برای برنامه‌ریزی توسعه شهری پایدار ارائه کند و اثرات مخرب زیست‌محیطی را به حداقل برساند.

روش پژوهش

این تحقیق از نوع توصیفی-تحلیلی و کاربردی است و با رویکرد کارشناسان خبره و تحلیل‌های کمی و چندمتغیره انجام می‌شود. هدف مطالعه شناسایی پیشران‌های کلیدی ساختار کالبدی مؤثر بر پایداری زیست‌محیطی در شهر به‌شهر است. جامعه آماری تحقیق شامل متخصصان و کارشناسان حوزه‌های شهری، معماری، محیط‌زیست و شهرسازی است که دارای تجربه عملی و پژوهشی مرتبط با توسعه پایدار شهری می‌باشند. در پژوهش حاضر، تعداد ۱۵ متخصص شهری و محیط‌زیست به‌عنوان نمونه آماری انتخاب شد. این انتخاب بر اساس روش نمونه‌گیری هدفمند و خبره محور انجام شده است، زیرا هدف اصلی جمع‌آوری دیدگاه‌های تخصصی و عمیق درباره روابط میان مؤلفه‌های کالبدی، کاربری زمین، تراکم، ساختار فضایی و تاب‌آوری زیست‌محیطی شهر به‌شهر است و نه تعمیم آماری به کل جمعیت شهری. این رویکرد با رویکردهای پیشین در تحلیل ساختاری شهری و مدل‌سازی سیستم‌های پیچیده هم‌راستا است، که نشان می‌دهد تعداد محدودی از متخصصان خبره (بین ۱۰ تا ۳۰ نفر) برای شناسایی شبکه پیچیده روابط علی و اثرگذاری متغیرها کفایت می‌کند (Warfield, 1974: 81-87). معیار انتخاب این متخصصان، حداقل پنج سال تجربه کاری مرتبط و مشارکت در پروژه‌ها یا پژوهش‌های علمی حوزه پایداری محیطی بوده است. گردآوری داده‌ها از طریق پرسشنامه تخصصی شامل ۵۴

شاخص و ۱۳ مؤلفه انجام شده است که بر اساس مطالعات پیشین و ادبیات موضوعی تدوین شده و توسط متخصصان خبره تکمیل گردیده است. برای ارزیابی هر شاخص از مقیاس پنج گانه لیکرت استفاده شده است. برای اطمینان از پایایی و روایی داده‌ها، از ضریب آلفای کرونباخ برای سنجش انسجام درونی پرسشنامه استفاده شده و روایی محتوایی توسط متخصصان خبره تأیید گردیده است. همچنین روایی سازه‌ای با تحلیل بارهای عاملی مورد تأیید قرار گرفته است.

جدول ۲. ضریب آلفای کرونباخ (اعتماد درونی)

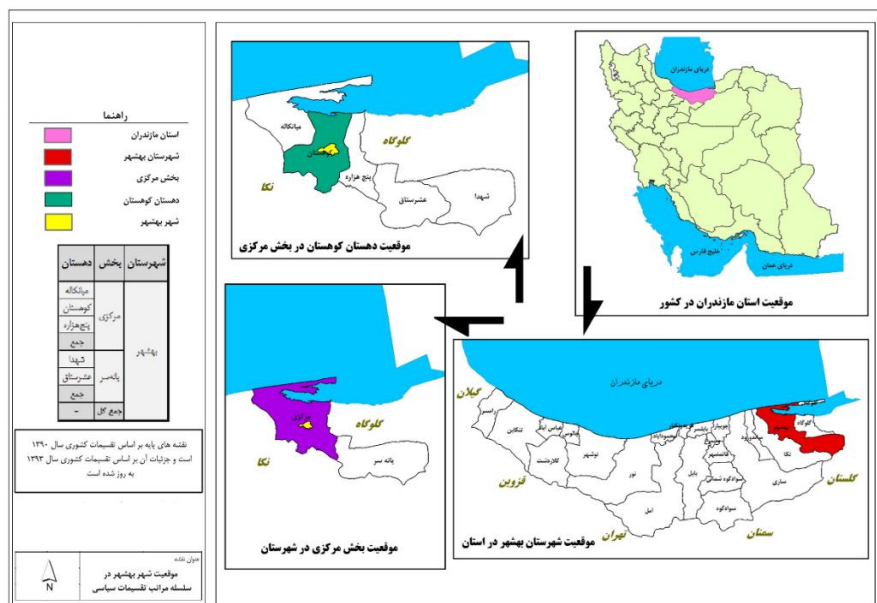
مؤلفه	تعداد شاخص‌ها	ضریب آلفا کرونباخ	مؤلفه	تعداد شاخص‌ها	ضریب آلفا کرونباخ
زمین	۳	۰/۸۲	منطقه‌بندی	۲	۰/۷۶
کاربری زمین	۴	۰/۷۹	تراکم	۵	۰/۸۱
مسکن و ساختمان	۳	۰/۸۵	شهر، شهرنشینی و شهرسازی	۳	۰/۷۹
جمعیت و جوامع	۵	۰/۸۰	مردم و گروه‌های محلی	۴	۰/۸۴
ساختار کالبدی	۱۱	۰/۸۸	محیط طبیعی / اکولوژی	۵	۰/۸۶
فضای شهری	۳	۰/۷۷	سیاست‌ها و مقررات	۴	۰/۸۳
حمل و نقل	۲	۰/۷۲			

تمامی مؤلفه‌های پژوهش ضریب آلفای بالای ۰/۷ دارند که نشان می‌دهد شاخص‌های استفاده شده برای سنجش مؤلفه‌های ساختار کالبدی شهر بهشهر از پایایی مناسب برخوردارند. به منظور تعیین نرمال بودن توزیع داده‌های شاخص‌های ساختار کالبدی شهر بهشهر، ابتدا مقادیر چولگی و کشیدگی محاسبه شد و سپس آزمون شاپیرو ویلک برای هر شاخص اجرا گردید. نتایج نشان می‌دهند که مقدار چولگی مشاهده شده برای همه شاخص‌ها در بازه $2 \pm$ قرار دارد، که بیانگر نرمال بودن و تقارن نسبی توزیع داده‌ها است. مقدار کشیدگی نیز در محدوده $2 \pm$ قرار دارد و نشان می‌دهد که توزیع شاخص‌ها از نظر پهنای توزیع یا تیز بودن، طبیعی است. آزمون شاپیرو ویلک برای اکثر شاخص‌ها $p\text{-value} > 0/05$ دارد، که نرمال بودن توزیع داده‌ها را تأیید می‌کند. این نتایج نشان می‌دهد که داده‌ها شرایط لازم برای استفاده از تحلیل‌های پارامتریک مانند آزمون t و تحلیل‌های PLS-SEM را دارا هستند.

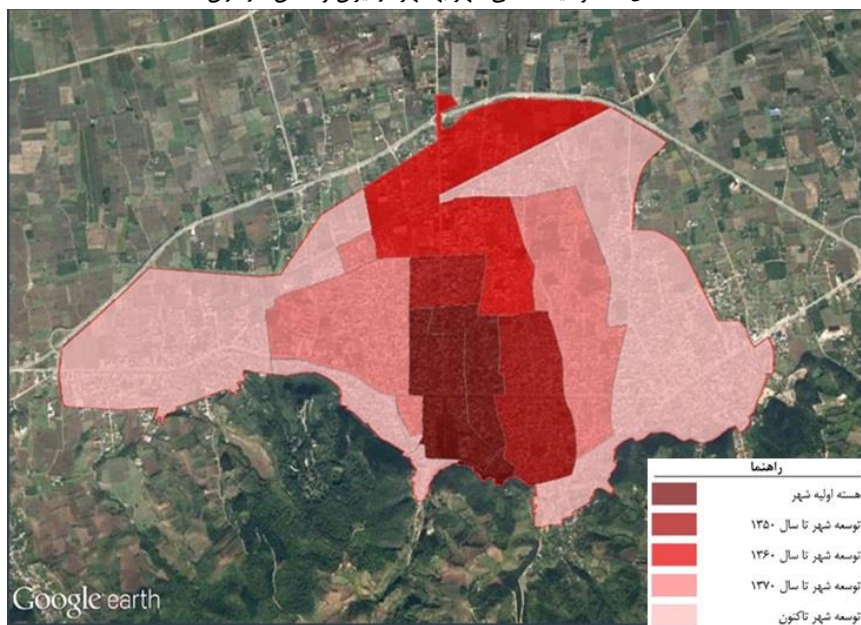
محدوده مورد مطالعه

پژوهش حاضر شهر بهشهر در استان مازندران را به عنوان محدوده مورد مطالعه انتخاب کرده است. این شهر در بخش مرکزی شهرستان بهشهر واقع شده و از شمال به شهرک صنعتی بهشهر، از جنوب به جنگل‌های عباس‌آباد، از غرب به شهر رستم‌کلا و از شرق به شهر خلیل‌شهر محدود می‌شود. از نظر موقعیت جغرافیای طبیعی، شهر بهشهر در ناحیه‌ای کوهپایه‌ای قرار دارد که از جنوب به ناحیه کوهستانی و از شمال به ناحیه جلگه‌ای و نهایتاً به دریا منتهی می‌شود. دشت و دامنه‌های جنگلی کوهستان محل سکونت اصلی ساکنان شهر است. موقعیت جغرافیایی این شهر بین ۳۶ درجه و ۷ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۵۱ دقیقه شمالی و ۵۳ درجه و ۱۶ دقیقه تا ۵۴ درجه و ۱۴ دقیقه شرقی قرار دارد (سالنامه آماری استان مازندران، ۱۴۰۰: ۴۳). ویژگی‌های زیست‌محیطی خاص بهشهر، شامل اراضی کشاورزی پیرامونی و منابع طبیعی حساس مثل جنگل و رودخانه، آن را به نمونه‌ای مناسب برای داشتن رویکرد پایداری زیست‌محیطی در بررسی شاخص‌های ساختار کالبدی تبدیل کرده است. تمرکز تحقیق بر این شهر با این رویکرد، امکان تحلیل جامع ساختار کالبدی و شناسایی عوامل مؤثر ساختار کالبدی بر پایداری زیست‌محیطی را فراهم می‌کند و زمینه ارائه راهبردهای علمی و کاربردی برای مدیریت شهری پایدار را ایجاد می‌نماید.

در طی شش دوره سرشماری از سال ۱۳۳۵ تا سال ۱۳۹۵ مساحت شهر بهشهر از ۱۳۹ هکتار به ۱۴۰۰ هکتار، ۱۰/۰۵ برابر افزایش داشته است. بر اساس مدل هلدن ۷۶ درصد از رشد شهر در فاصله سال‌های ۱۳۳۵-۱۳۹۵ مربوط به رشد جمعیت بوده است و ۲۴ درصد باقیمانده، مربوط به رشد افقی و اسپرال شهر می‌باشد که نتیجه آن کاهش تراکم ناخالص جمعیت و افزایش سرانه ناخالص زمین شهری در راستای گسترش افقی شهر بهشهر بوده است. با توجه به روند توسعه شهر، ایجاد پهنه‌های ناکارآمد با ۵۰۹ هکتار یعنی ۳۶/۳۵ درصد از مساحت شهر، ادغام روستاهای اطراف به بافت شهر، به زیرساخت و ساز رفتن اراضی زارعی و باغی از جمله مشکلات الگوی رشد پراکنده شهر بهشهر می‌باشد.



شکل ۱. موقعیت مکانی شهر بهشهر در ایران و استان مازندران



شکل ۲. مراحل توسعه کالبدی شهر بهشهر

یافته‌ها

جامعه نمونه پژوهش حاضر شامل ۱۵ نفر از کارشناسان، مدیران، مدرسین و متخصصین شهری است که از دستگاه‌های اجرایی، دانشگاه‌ها و نظام صنفی، شامل نظام‌مهندسی و مهندسين مشاور، انتخاب‌شده‌اند. بررسی مشخصات فردی پاسخگویان نشان می‌دهد که اکثریت آن‌ها مرد بوده و ۱۱ نفر معادل ۷۳/۳ درصد از جمعیت نمونه را تشکیل می‌دهند، درحالی‌که ۴ نفر (۲۶/۷ درصد) زن هستند. سطح تحصیلات پاسخگویان نیز حاکی از برخورداری جامعه نمونه از تحصیلات عالی است؛ به‌گونه‌ای که ۸ نفر (۵۳/۳ درصد) دارای مدرک کارشناسی ارشد و ۷ نفر (۴۶/۷ درصد) دارای مدرک دکتری می‌باشند. از نظر رشته تحصیلی، پاسخگویان در حوزه‌های محیط‌زیست و برنامه‌ریزی شهری هر کدام ۴ نفر (۲۶/۶ درصد)، در رشته عمران ۳ نفر (۲۰ درصد) و در رشته‌های معماری و شهرسازی هر کدام ۲ نفر (۱۳/۳ درصد) قرار دارند، که نشان‌دهنده تنوع رشته‌ای میان خبرگان و متخصصین نمونه است. وضعیت شغلی پاسخگویان نیز ترکیبی از کارشناسان، مدیران، مدرسین و اعضای نظام صنفی را نشان می‌دهد؛ به‌طوری‌که ۵ نفر (۲۶/۶ درصد) کارشناس، ۴ نفر (۲۶/۶ درصد) مدیر، ۳ نفر (۲۰ درصد) مدرس و ۳ نفر دیگر (۲۰ درصد) عضو نظام صنفی هستند. همچنین بررسی محل اشتغال پاسخگویان نشان می‌دهد که بیشترین سهم مربوط به مدرسین دانشگاه‌ها با ۳ نفر (۲۰/۲ درصد) است و پس‌از آن سازمان‌هایی مانند راه و شهرسازی، شهرداری و نظام‌مهندسی هر کدام ۲ نفر (۱۳/۴ درصد) و سایر سازمان‌ها شامل منابع طبیعی، محیط‌زیست، جهاد کشاورزی، بنیاد مسکن، فرمانداری و مهندسين مشاور هر کدام ۱ نفر (۶/۶ درصد) را تشکیل می‌دهند. به‌طور کلی، جامعه نمونه شامل افرادی با تحصیلات عالی و تخصص‌های متنوع در حوزه شهری است و ترکیبی متوازن از جنسیت، رشته تحصیلی و وضعیت شغلی را نشان می‌دهد که نماینده مناسبی از کارشناسان و خبرگان شهری محسوب می‌شود.

ارزیابی وضعیت شاخص‌های ساختار کالبدی در دستیابی به پایداری زیست‌محیطی

با توجه به تأیید نرمال بودن داده‌ها، برای بررسی وضعیت مؤلفه‌های پژوهش از روش‌های پارامتریک و به‌ویژه آزمون تی تک نمونه‌ای استفاده شد. هدف این بخش، بررسی میزان تحقق شاخص‌ها نسبت به سطح مطلوب است. با توجه به طیف لیکرت ۵ درجه، عدد ۳ به‌عنوان میانه نظری تعیین شد و میانگین بالاتر از ۳ نشان‌دهنده وضعیت مطلوب گویه است. برای اطمینان از معناداری نتایج، سطح خطای پنج درصد و حد بحرانی ۱/۹۶ در نظر گرفته شد؛ مقادیر معناداری کمتر از ۰/۰۵ نشان‌دهنده اختلاف معنادار میان میانگین مشاهده‌شده و میانه نظری است.

جدول ۳. وضعیت شاخص‌های ساختار کالبدی شهر بهشهر

مؤلفه	شاخص	میانگین	آماره تی	مقدار معناداری (p)
زمین	حفاظت از زمین	۲/۲۶۶۷	-۷/۶۴۳	۰/۰۰۰
	نوسازی و احیای اراضی	۲/۲۶۶۷	-۵/۸۷۲	۰/۰۰۰
	تجمع قطعات	۲/۱۳۳۳	-۵/۲۴۵	۰/۰۰۰
کاربری زمین	کاربری ترکیبی	۲/۳۳۳۳	-۱/۳۲۰	۰/۰۳۶
	مقابله با تغییر کاربری	۲/۰۶۶۷	-۷/۱۲۸	۰/۰۰۰
	رعایت سازگاری و همبستگی	۲/۴۲۲۲	-۳/۸۳۳	۰/۰۰۲
	توزیع فعالیت‌ها	۲/۳۶۶۷	-۳/۴۱۳	۰/۰۰۴
مسکن و ساختمان	تأمین مسکن متنوع	۲/۰۴۴۴	-۸/۵۲۷	۰/۰۰۰
	ارتقاء کیفیت	۲/۱۶۶۷	-۷/۱۷۴	۰/۰۰۰
	هویت مدار و انسان‌مدار	۲/۴۰۰۰	-۱۲/۶۱۶	۰/۰۰۰

حجم جمعیت	۲/۱۶۶۷	-۵/۸۰۱	۰/۰۰۰
پراکندگی جمعیت	۲/۱۱۱۱	-۶/۳۲۵	۰/۰۰۰
حمایت از اقتصاد محلی	۲/۰۳۳۳	-۴/۷۴۰	۰/۰۰۰
حفظ هویت مکانی	۲/۲۶۶۷	-۵/۳۵۸	۰/۰۰۰
بهداشت عمومی	۲/۲۳۳۳	-۴/۷۶۶	۰/۰۰۰
اندازه کالبدی	۲/۵۰۰۰	-۲/۶۴۶	۰/۰۱۹
توسعه درونی	۲/۴۳۳۳	-۳/۳۷۱	۰/۰۰۵
رشد هوشمند	۲/۴۰۰۰	-۴/۰۵۴	۰/۰۰۱
ترکیب فرم شهر و یکپارچگی	۲/۱۰۰۰	-۴/۵۸۳	۰/۰۰۰
الحاق و ادغام	۲/۰۶۶۷	-۸/۶۷۱	۰/۰۰۰
ساماندهی سیما و منظر	۲/۰۰۰۰	-۹/۲۶۹	۰/۰۰۰
ارتقای تاب‌آوری اکولوژیکی	۲/۴۶۶۷	-۳/۳۷۸	۰/۰۰۵
ساماندهی اسکان غیررسمی	۲/۳۶۶۷	-۳/۸۳۳	۰/۰۰۲
ساماندهی فضاهای عمومی	۲/۲۰۰۰	-۳/۸۳۲	۰/۰۰۲
پایداری ساختار کالبدی	۲/۳۳۳۳	-۵/۱۰۴	۰/۰۰۰
توسعه چندمرکزی	۲/۲۸۸۹	-۴/۵۷۱	۰/۰۰۰
حفاظت از فضاهای طبیعی	۲/۴۰۰۰	-۲/۶۷۱	۰/۰۱۸
توسعه فضاهای طبیعی	۲/۲۰۰۰	-۴/۷۷۳	۰/۰۰۰
توسعه فضاهای عمومی	۱/۹۶۶۷	-۷/۲۷۸	۰/۰۰۰
توسعه زیرساخت‌ها و مسیرها	۱/۹۰۰۰	-۵/۷۸۲	۰/۰۰۰
یکپارچگی شبکه و مدیریت فضای پارک	۲/۵۳۳۳	-۳/۱۰۸	۰/۰۰۸
مکان‌یابی مناسب	۲/۱۶۶۷	-۴/۷۹۹	۰/۰۰۰
پهنه‌بندی بهینه	۲/۳۶۶۷	-۵/۵۵۱	۰/۰۰۰
رعایت توان اکولوژیک	۲/۷۰۰۰	-۱/۴۵۷	۰/۱۶۷
هماهنگی و یکپارچگی	۲/۳۱۱۱	-۳/۳۲۹	۰/۰۰۵
مدیریت محیط‌زیست	۲/۷۷۷۸	-۱/۱۱۳	۰/۲۸۴
سیاست‌های تراکمی	۲/۶۳۳۳	-۲/۱۵۰	۰/۰۵۰
ساماندهی سیما و منظر	۲/۳۳۳۳	-۳/۴۵۲	۰/۰۰۴
بهبود محیط‌زیست شهری	۲/۰۰۰۰	-۴/۹۷۱	۰/۰۰۰
مخله‌محوری	۲/۱۶۶۷	-۶/۱۶۸	۰/۰۰۰
ساماندهی رشد کالبدی	۲/۲۰۰۰	-۳/۶۱۷	۰/۰۰۳
مشارکت و همکاری در حفظ محیط‌زیست	۲/۹۶۶۷	-۰/۱۰۱	۰/۹۲۱
تشکیل گروه‌های مردم‌نهاد	۳/۰۶۶۷	۰/۲۲۲	۰/۸۲۷
افزایش آگاهی زیست‌محیطی	۲/۹۸۳۳	-۰/۰۶۴	۰/۹۵۰
آموزش‌های زیست‌محیطی	۲/۷۳۳۳	-۱/۱۸۱	۰/۲۵۷
پوشش گیاهی و جنگلی	۲/۶۵۰۰	-۱/۹۷۴	۰/۰۶۸
شبکه رودخانه‌ای	۱/۷۶۶۷	-۸/۰۴۷	۰/۰۰۰
مدیریت پسماند	۱/۸۴۴۴	-۶/۹۸۵	۰/۰۰۰
ارزیابی اثرات زیست‌محیطی	۱/۹۶۶۷	-۵/۹۹۸	۰/۰۰۰
احیا و ترمیم محیط‌های طبیعی	۱/۷۵۰۰	-۷/۳۱۹	۰/۰۰۰
تدوین سیاست‌های زمین و کاربری	۲/۳۷۳۳	-۱/۹۳۳	۰/۰۱۱
مدیریت یکپارچه	۲/۴۰۰۰	-۳/۰۵۵	۰/۰۰۹
سیاست‌های اقتصادی	۲/۰۱۳۳	-۸/۷۳۸	۰/۰۰۰
برنامه‌ریزی مشارکتی	۲/۱۱۱۱	-۷/۱۳۵	۰/۰۰۰

جمعیت و جوامع

ساختار کالبدی

فضای شهری

حمل و نقل

منطقه‌بندی

تراکم

شهر، شهرنشینی و شهرسازی

مردم و گروه‌های محلی

محیط طبیعی / اکولوژی

سیاست‌ها و مقررات

بررسی شاخص‌های مرتبط با ساختار کالبدی مبتنی بر پایداری زیست‌محیطی، در شهر بهشهر نشان می‌دهد که تحقق اهداف پایداری زیست‌محیطی با چالش‌های جدی مواجه است. در حوزه زمین، شاخص‌های حفاظت از زمین، نوسازی و احیای اراضی و تجمیع قطعات دارای میانگین پایین (۲/۱۳ تا ۲/۲۷) و مقادیر منفی و معنادار هستند، که بیانگر ضعف در حفاظت از اراضی خالی و توجه نکردن به بازآفرینی زمین آلوده پیرامون راه‌آهن بهشهر (گنداب) و همچنین ناکارآمدی سیاست‌های تجمیع زمین است. این موضوع مانع از دستیابی به اهداف پایداری زیست‌محیطی در حوزه زمین شده است. شاخص‌های کاربری زمین نیز وضعیت مطلوبی ندارند؛ شاخص‌های کاربری ترکیبی، مقابله با تغییر کاربری، رعایت سازگاری و همبستگی و توزیع فعالیت‌ها، میانگین ۲/۰۶ تا ۲/۴۲ دارند و همگی معنادار هستند. این امر نشان می‌دهد که تغییر کاربری زراعی، باغی و جنگلی به کاربری‌های شهری و تغییرات کاربری ناشی از احداث خانه‌های دوم و عدم مدیریت مناسب در توزیع فعالیت‌ها (جابه‌جایی و انتقال صنایع آلاینده مانند کارخانه بهپاک و آسفالت)، فشار زیادی بر محیط‌زیست وارد کرده است.

در بخش مسکن و ساختمان، شاخص‌ها میانگین ۲/۰۴ تا ۲/۴ دارند. توجه بیشتری به شاخص هویت‌مداری و انسان‌مداری شده است، اما شاخص‌هایی مانند تأمین مسکن متنوع و ارتقاء کیفیت هنوز در سطح پایین قرار دارند. این نشان می‌دهد که در طراحی و کیفیت مسکن، تمرکز بر انسان‌مداری وجود دارد، اما تنوع و کیفیت مسکن نیازمند توجه بیشتری است.

شاخص‌های جمعیت و جوامع نیز وضعیت متوسط تا ضعیف دارند؛ حجم و پراکندگی جمعیت، حمایت از اقتصاد محلی، حفظ هویت مکانی و بهداشت عمومی، میانگین حدود ۲/۰۳ تا ۲/۲۷ دارند و همه شاخص‌ها معنادار هستند. این یافته‌ها نشان می‌دهد که در مدیریت جمعیت و جوامع، برنامه‌ریزی کافی انجام نشده است.

در حوزه ساختار کالبدی، برخی شاخص‌ها مانند اندازه کالبدی، ارتقاء تاب‌آوری اکولوژیکی و توسعه درونی وضعیت نسبتاً بهتری دارند، اما شاخص‌هایی مانند الحاق و ادغام، سامان‌دهی سیما و منظر و ترکیب فرم شهر و یکپارچگی، ضعیف هستند. این نشان می‌دهد که برخی عناصر ساختار کالبدی، مدیریت مناسبی دارند، اما هماهنگی و یکپارچگی کالبدی هنوز نیازمند بهبود است.

شاخص‌های فضای شهری وضعیت ضعیفی دارند؛ حفاظت و توسعه فضاهای طبیعی میانگین ۲/۲ تا ۲/۴ دارند و توسعه فضاهای عمومی با میانگین ۱/۹۷ پایین‌ترین وضعیت را نشان می‌دهد. همچنین در حوزه حمل‌ونقل، توسعه زیرساخت‌ها و مسیرها میانگین ۱/۹ دارد و ضعف قابل توجهی دیده می‌شود، هرچند یکپارچگی شبکه و مدیریت فضای پارک وضعیت بهتری دارد.

وضعیت ضعیف شاخص‌های منطقه‌بندی و تراکم نیز بیانگر ضعف در مدیریت پایداری هستند؛ برخی شاخص‌های تراکم معنادار نیستند و نشان‌دهنده ناکارآمدی برخی سیاست‌های تراکمی بر مدیریت محیط‌زیست شهری است. همچنین شاخص‌های مربوط به شهر، شهرنشینی و شهرسازی با میانگین ۲ تا ۲/۲ وضعیت متوسط تا ضعیف دارند و نیازمند برنامه‌ریزی دقیق‌تر هستند.

در حوزه مردم و گروه‌های محلی، شاخص‌های مشارکت، تشکیل گروه‌های مردم‌نهاد، افزایش آگاهی و آموزش زیست‌محیطی میانگین بالایی دارند، اما مقادیر منفی معنادار نیستند، که نشان می‌دهد مشارکت شهروندان در عمل کم‌رنگ است و تأثیرگذار نبوده است.

شاخص محیط طبیعی و اکولوژی وضعیت بسیار ضعیفی دارد؛ پوشش گیاهی و جنگلی وضعیت نسبی بهتری دارد، اما شبکه رودخانه‌ای، مدیریت پسماند، احیا و ترمیم محیط‌های طبیعی و ارزیابی اثرات زیست محیطی میانگین‌هایی کمتر از ۲ داشته و تی‌های منفی و معنادار نشان می‌دهند که حفاظت و مدیریت محیط طبیعی با چالش جدی مواجه است. تمام شاخص‌های سیاست‌ها و مقررات شامل تدوین سیاست‌های زمین و کاربری، مدیریت یکپارچه، سیاست‌های اقتصادی و برنامه‌ریزی مشارکتی، همگی میانگین پایینی داشته و تفاوت معناداری با سطح مطلوب دارند ($p < 0.05$)، که نشان‌دهنده ضعف عملکرد در این حوزه‌ها و نیاز به بازنگری و تقویت سیاست‌ها است.

جدول ۴. وضعیت مؤلفه‌های ساختار کالبدی با تأکید بر پایداری زیست محیطی

مؤلفه	میانگین	اماره تی	مقدار معناداری	مؤلفه	میانگین	اماره تی	مقدار معناداری
زمین	۲/۲۲۲۲	-۱۱/۴۱	۰/۰۰۰	منطقه بندی	۲/۲۶۶۷	-۵/۵۳	۰/۰۰۰
کاربری زمین	۲/۳۹۷۲	-۵/۶۹	۰/۰۰۰	تراکم	۲/۵۵۱۱	-۳/۰۸	۰/۰۰۸
مسکن و ساختمان	۲/۲۰۳۷	-۹/۹۸	۰/۰۰۰	شهر، شهرنشینی و شهرسازی	۲/۱۲۲۲	-۵/۲۹	۰/۰۰۰
جمعیت و جوامع	۲/۱۶۲۲	-۶/۷۹	۰/۰۰۰	مردم و گروه‌های محلی	۲/۹۳۷۵	-۰/۳۴۹	۰/۸۰۷
ساختار کالبدی	۲/۲۸۶۹	-۸/۹۴	۰/۰۰۰	محیط طبیعی / اکولوژی	۱/۹۹۵۶	-۶/۹۴	۰/۰۰۰
فضای شهری	۲/۱۸۸۹	-۵/۷۲	۰/۰۰۰	سیاست‌ها و مقررات	۲/۲۲۴۴	-۶/۳۵	۰/۰۰۰
حمل و نقل	۲/۲۱۶۷	-۴/۹۶	۰/۰۰۰				

بر اساس جدول شماره (۴)، میانگین تمامی مؤلفه‌های ساختار کالبدی کمتر از عدد ۳ بوده و آماره تی منفی و معنادار (به جز مؤلفه مردم، گروه‌های محلی و شهروندان) است ($\text{Sig} < 0.05$). این امر نشان می‌دهد که از دیدگاه پاسخگویان، وضعیت تمام مؤلفه‌های ساختار کالبدی در دست‌یابی به پایداری زیست محیطی، در شهر به‌شهر نامطلوب و پایین‌تر از حد متوسط ارزیابی شده است. در میان مؤلفه‌ها، تنها مؤلفه‌ای که میانگینی نزدیک به حد متوسط دارد، ولی از نظر آماری معنادار نیست ($\text{Sig} = 0.807$)، مردم، گروه‌های محلی و شهروندان ($2/93$) است. این نتیجه نشان می‌دهد که مشارکت اجتماعی و نقش شهروندان در پایداری زیست محیطی، وضعیت نسبتاً بهتری نسبت به سایر مؤلفه‌ها دارد. هرچند که معنادار نبودن مقدار تی نشان می‌دهد که مشارکت شهروندان در عمل تأثیرگذار نبوده است. بعدازآن تراکم (میانگین $2/55$) وضعیت نسبتاً بهتری دارد، اما همچنان در سطحی پایین‌تر از مطلوب قرار گرفته است. در مقابل، محیط طبیعی / اکولوژی (میانگین $1/99$) پایین‌ترین مقدار را دارد که بیانگر آسیب‌پذیری و ضعف جدی در بعد زیست محیطی است.

برای بررسی تأثیر مؤلفه‌های ساختار کالبدی بر وضعیت پایداری زیست محیطی شهر به‌شهر از روش مدل‌سازی معادلات ساختاری در نرم‌افزار Smart PLS2 استفاده شده است. الگویابی معادلات ساختاری در دو مرحله به آزمون الگو می‌پردازد که شامل آزمون الگوی اندازه‌گیری و ساختاری می‌باشد. در مدل‌سازی PLS، الگوی اندازه‌گیری را مدل بیرونی و الگوی ساختاری را مدل درونی می‌نامند. در این راستا الگوی اندازه‌گیری به بررسی اعتبار و روایی ابزارهای اندازه‌گیری و سازه‌های پژوهش می‌پردازد و الگوی ساختاری روابط متغیرهای مکنون را مورد آزمون قرار می‌دهد. فرنل ولاکر (۱۹۸۱) سه ملاک را برای بررسی اعتبار سازه‌ها پیشنهاد می‌کنند: (۱) اعتبار هریک از گویه‌ها؛ قدرت رابطه بین عامل (متغیر پنهان) و متغیر قابل مشاهده به وسیله بار عاملی نشان داده می‌شود. بار عاملی بین 0.3 تا 0.6 قابل قبول است و اگر بزرگ‌تر از 0.6 باشد خیلی مطلوب است. (۲) اعتبار ترکیبی هریک از سازه‌ها؛ در حقیقت نسبت مجموع بارهای عاملی متغیرهای مکنون به مجموع بارهای عاملی به علاوه واریانس خطا می‌باشد که مقادیر آن بین 0 تا 1 است و جانشینی برای آلفای کرونباخ می‌باشد. میزان این شاخص نباید کمتر از 0.7 باشد. (۳) ملاک سوم بررسی اعتبار، میانگین واریانس

استخراج شده می‌باشد. در مورد روایی همگرا هم، فورنل و لارکر (۱۹۸۷) مقدار روایی همگرا بالای ۰/۵ را قابل قبول دانستند. ولی باین حال مگتر و همکاران (۱۹۹۶) مقدار ۰/۴ به بالا را هم، معیار کافی دانستند.

جدول ۵. پایایی ترکیبی و شاخص AVE

مؤلفه	پایایی ترکیبی	میانگین واریانس استخراج شده (AVE)	مؤلفه	پایایی ترکیبی	میانگین واریانس استخراج شده (AVE)
تراکم	۰/۸۷۲	۰/۵۹۱	فضای شهری	۰/۷۸۰	۰/۵۶۱
جمعیت و جوامع	۰/۸۸۸	۰/۶۳۱	محیط طبیعی- اکولوژی	۰/۹۳۶	۰/۷۴۸
حمل و نقل	۰/۹۲۲	۰/۸۵۵	مردم و گروه‌های محلی	۰/۹۴۲	۰/۸۰۳
زمین	۰/۳۷۶	۰/۳۵۵	مسکن و ساختمان	۰/۸۵۰	۰/۶۷۳
ساختار کالبدی	۰/۷۹۸	۰/۳۱۰	منطقه بندی	۰/۹۰۹	۰/۸۳۳
سیاست‌ها و مقررات	۰/۷۸۳	۰/۴۸۵	کاربری زمین	۰/۷۷۳	۰/۴۹۴
شهر، شهرنشینی و شهرسازی	۰/۹۰۸	۰/۷۶۹			

در اکثر مؤلفه‌ها مقدار پایایی ترکیبی بالاتر از ۰/۷ است که نشان‌دهنده پایایی قابل قبول و مناسب سازه‌ها می‌باشد. بالاترین مقدار پایایی مربوط به مؤلفه مردم و گروه‌های محلی (۰/۹۴۲) و محیط طبیعی/ اکولوژی (۰/۹۳۶) است که نشان‌دهنده انسجام درونی بالای گویه‌های مربوط به این سازه‌هاست. تنها مؤلفه زمین (۰/۳۷۶) دارای مقدار پایایی بسیار پایین است که بیانگر ضعف در همسانی درونی گویه‌های آن است و احتمالاً نیازمند بازنگری یا حذف برخی شاخص‌هاست.

معیار میانگین واریانس استخراج شده (AVE) بیانگر میزان واریانس تبیین شده توسط شاخص‌های مشاهده‌پذیر نسبت به خطای اندازه‌گیری است. مقدار قابل قبول برای این میانگین معمولاً بیش از ۰/۵ در نظر گرفته می‌شود. همان‌طور که مشاهده می‌شود، اکثر مؤلفه‌ها این شرط را برآورده کرده‌اند (مانند «حمل و نقل» با ۰/۸۳۳ و «محیط طبیعی-اکولوژی» با ۰/۷۴۸)، که نشان‌دهنده روایی همگرایی مناسب مدل است. باین حال، مؤلفه‌های زمین (۰/۳۵۵)، ساختار کالبدی (۰/۳۱۰) و تا حدودی کاربری زمین (۰/۴۹۴) مقادیر پایینی دارند و در مرز قابل قبول قرار می‌گیرند.

قدرت رابطه بین عامل (متغیر پنهان) و متغیر قابل مشاهده به وسیله بار عاملی نشان داده می‌شود. بار عاملی مقداری بین صفر و یک است. اگر بار عاملی کمتر از ۰/۳ باشد رابطه ضعیف در نظر گرفته شده و از آن صرف نظر می‌شود. بار عاملی بین ۰/۳ تا ۰/۶ قابل قبول است و اگر بزرگ‌تر از ۰/۶ باشد خیلی مطلوب است.

جدول ۶. بررسی روایی همگرا و روایی واگرایی مدل‌های اندازه‌گیری (شاخص‌های توسعه کالبدی)

مؤلفه	شاخص‌ها	بار عاملی	T-Values	رابطه
زمین	حفاظت از زمین	۰/۲۹۹	۰/۵۴۰	ضعیف
	نوسازی و احیای اراضی	۰/۹۷۰	۲/۷۱	خیلی مطلوب
	تجمیع قطعات	۰/۱۸۹	۰/۳۶	ضعیف
کاربری زمین	کاربری ترکیبی	۰/۲۶۰	۰/۶۳	ضعیف
	مقابله با تغییر کاربری	۰/۶۲۲	۲/۵۳	خیلی مطلوب
	رعایت سازگاری و همبستگی	۰/۸۶۸	۰/۴۷	خیلی مطلوب
	توزیع فعالیت‌ها	۰/۸۷۵	۱۷/۴	خیلی مطلوب
مسکن و ساختمان	تأمین مسکن متنوع	۰/۹۵۱	۲۰/۷۹	خیلی مطلوب

ارتقای کیفیت	۰/۹۵۳	۴۴/۸۱	خیلی مطلوب
هویت مدار و انسان مدار	۰/۴۵۵	۱/۴۶	قابل قبول
حجم جمعیت	۰/۷۹۴	۸/۳۱	خیلی مطلوب
پراکندگی جمعیت	۰/۹۶۳	۲۲/۶۲	خیلی مطلوب
حمایت از اقتصاد محلی	۰/۸۵۲	۳/۷۸	خیلی مطلوب
حفظ هویت مکانی	۰/۸۶۷	۱۶/۸۶	خیلی مطلوب
بهداشت عمومی	۰/۳۴۳	۰/۹۳۳	قابل قبول
اندازه کالبدی	۰/۵۰۴	۱/۴۰۲	قابل قبول
توسعه درونی	-۰/۰۸۹	۰/۲۱	ضعیف
رشد هوشمند	۰/۶۲۱	۳/۴۱	خیلی مطلوب
ترکیب فرم شهر و یکپارچگی	۰/۳۷۰	۰/۸۲	قابل قبول
الحاق و ادغام	۰/۵۸۳	۱/۴۹	قابل قبول
ساماندهی سیما و منظر	۰/۷۲۳	۴/۸۶	خیلی مطلوب
ارتقای تاب آوری اکولوژیکی	۰/۷۳۲	۵/۶	خیلی مطلوب
ساماندهی اسکان غیررسمی	۰/۵۳۴	۱/۹۹	قابل قبول
ساماندهی فضاهای عمومی	۰/۲۷۲	۱/۴۴	ضعیف
پایداری ساختار کالبدی	۰/۸۴۷	۵/۸۱	خیلی مطلوب
توسعه چندمرکزی	۰/۳۸۰	۱/۱۹	قابل قبول
حفاظت از فضاهای طبیعی	۰/۴۴۲	۱/۰۰۸	قابل قبول
توسعه فضاهای طبیعی	۰/۸۰۲	۲/۸۸	خیلی مطلوب
توسعه فضاهای عمومی	۰/۹۱۹	۲۲/۰۱	خیلی مطلوب
توسعه زیرساخت‌ها و مسیرها	۰/۸۹۸	۴۹/۶۱	خیلی مطلوب
یکپارچگی شبکه و مدیریت فضای پارک	۰/۹۵۰	۱۳/۳۹	خیلی مطلوب
مکان‌یابی مناسب	۰/۹۵۳	۴/۷۹	خیلی مطلوب
پهنه‌بندی پهنه	۰/۸۷۲	۳/۵۵	خیلی مطلوب
رعایت توان اکولوژیک	۰/۹۳۲	۱۲/۹۸	خیلی مطلوب
هماهنگی و یکپارچگی	۰/۴۰۰	۱/۲۳	قابل قبول
مدیریت محیط‌زیست	۰/۷۰۰	۳/۳۳	خیلی مطلوب
سیاست‌های تراکمی	۰/۸۰۵	۷/۸۱	خیلی مطلوب
ساماندهی سیما و منظر	۰/۸۸۹	۸/۶۶	خیلی مطلوب
بهبود محیط‌زیست شهری	۰/۹۱۹	۴/۷۲	خیلی مطلوب
محله محوری	۰/۷۶۴	۲/۶۹	خیلی مطلوب
ساماندهی رشد کالبدی	۰/۹۳۷	۷/۶۱	خیلی مطلوب
مشارکت و همکاری در حفظ محیط‌زیست	۰/۹۰۱	۱۱/۸۹	خیلی مطلوب
تشکیل گروه‌های مردم‌نهاد	۰/۸۹۱	۱۱/۷۹	خیلی مطلوب
افزایش آگاهی زیست‌محیطی	۰/۹۵۴	۴۲/۴۲	خیلی مطلوب
آموزش‌های زیست‌محیطی	۰/۸۳۴	۱۹/۹	خیلی مطلوب
پوشش گیاهی و جنگلی	۰/۷۵۵	۵/۴۹	خیلی مطلوب
شبکه رودخانه‌ای	۰/۸۴۵	۲/۴۹	خیلی مطلوب
مدیریت پسماند	۰/۸۰۵	۲/۹۳	خیلی مطلوب
ارزیابی اثرات زیست‌محیطی	۰/۹۶۱	۹/۹۹	خیلی مطلوب
احیا و ترمیم محیط‌های طبیعی	۰/۹۴۰	۱۱/۷۹	خیلی مطلوب
تدوین سیاست‌های زمین و کاربری	۰/۹۰۰	۵/۳۳	خیلی مطلوب
مدیریت یکپارچه	۰/۵۴۸	۱/۳۱	قابل قبول
سیاست‌های اقتصادی	۰/۵۷۳	۱/۸۳	قابل قبول
برنامه‌ریزی مشارکتی	۰/۷۰۸	۴/۷۷	خیلی مطلوب

جمعیت و جوامع

ساختار کالبدی

فضای شهری

حمل و نقل

منطقه بندی

تراکم

شهر، شهرنشینی و شهرسازی

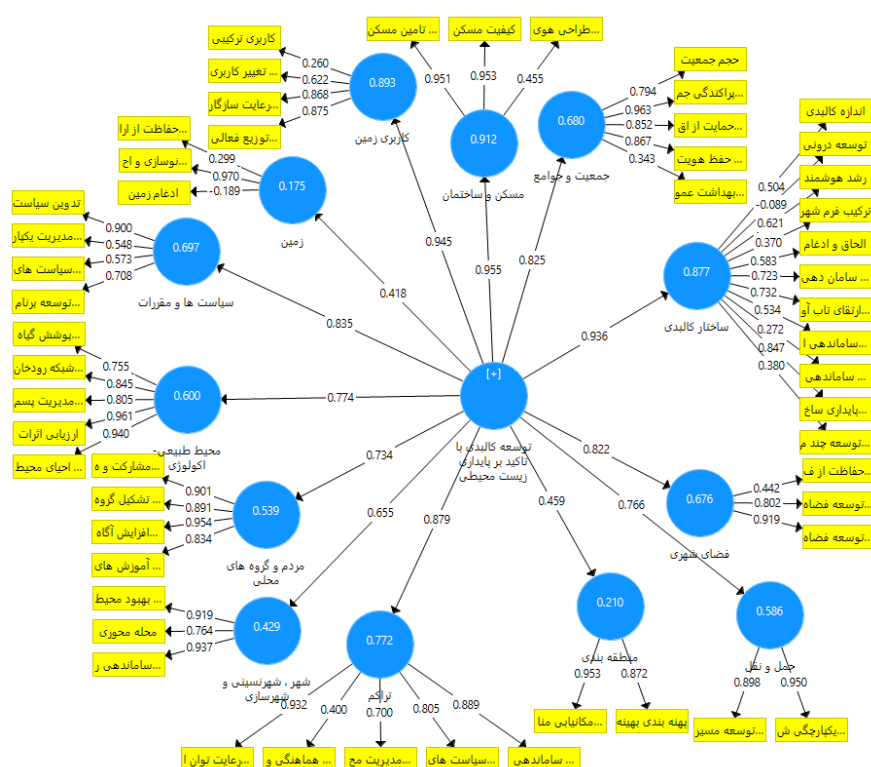
مردم، گروه‌های محلی، شهروندان

محیط طبیعی / اکولوژی

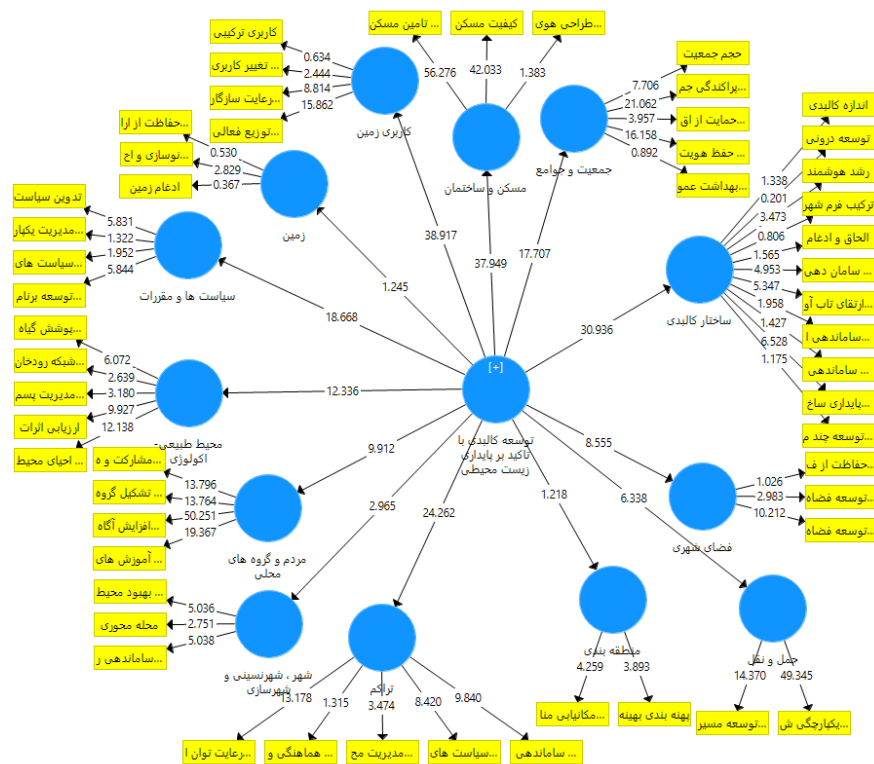
سیاست‌ها و مقررات

نتایج تحلیل مؤلفه‌ها و شاخص‌های ساختار کالبدی با تأکید بر پایداری زیست‌محیطی نشان می‌دهد که بیشتر شاخص‌ها دارای بار عاملی بالا و رابطه معنادار هستند. در میان مؤلفه‌ها، مسکن و ساختمان، حمل‌ونقل، محیط طبیعی-اکولوژی، مردم و گروه‌های محلی در برخی شاخص‌ها مانند ارتقای کیفیت مسکن، توسعه زیرساخت‌های حمل‌ونقل، احیای محیط‌های طبیعی و افزایش آگاهی‌های زیست‌محیطی دارای بار عاملی بالا هستند و روابط بسیار مطلوب با پایداری زیست‌محیطی دارند. در مقابل، مؤلفه‌های زمین، ساختار کالبدی و کاربری زمین در برخی شاخص‌ها مانند حفاظت از زمین، توسعه درونی و کاربری ترکیبی پایین و رابطه ضعیف با پایداری زیست‌محیطی هستند؛ بنابراین، این بخش‌ها نیازمند بازنگری و تقویت در سیاست‌گذاری و اجرا می‌باشند.

پس از بررسی اعتبار و روایی ابزارهای اندازه‌گیری و سازه‌های پژوهش (مدل بیرونی) لازم است تا متغیرهای مکنون مورد آزمون قرار گیرد. بدین منظور، مدل آزمون شده پژوهش در شکل‌های شماره (۳) و (۴) ارائه شده است.



شکل ۳. مدل ساختاری مدل سازی مسیری پژوهش



شکل ۴. مقادیر پایه T

بر اساس جدول شماره (۷)، نتایج مدل معادلات ساختاری نشان می‌دهد که تقریباً تمام مؤلفه‌های ساختار کالبدی با پایداری زیست‌محیطی رابطه‌ای مثبت و معنادار دارند ($\text{Sig} < 0.05$). مقدار ضریب مسیر بیانگر شدت اثر هر مؤلفه بر پایداری زیست‌محیطی است و هرچه این مقدار بیشتر باشد، نقش مؤلفه در تحقق پایداری قوی‌تر است. نتایج نشان می‌دهد که مؤلفه‌های مسکن و ساختمان (0.955)، کاربری زمین (0.945) و ساختار کالبدی (0.936) بیشترین تأثیر را بر پایداری زیست‌محیطی داشته و به ترتیب در رتبه‌های اول تا سوم قرار گرفته‌اند. این امر نشان می‌دهد که ارتقای کیفیت مسکن، بهبود نحوه استفاده از زمین و سامان‌دهی کالبدی شهر از مهم‌ترین عوامل مؤثر در توسعه پایدار شهر به‌شهر هستند. در رتبه‌های بعدی، مؤلفه‌های تراکم (0.879)، سیاست‌ها و مقررات (0.835) و جمعیت و جوامع (0.825) قرار دارند که نقش آن‌ها در مدیریت رشد شهری، کنترل فشار جمعیتی و هدایت سیاست‌های توسعه‌ای بسیار مؤثر ارزیابی می‌شود. در مقابل، مؤلفه‌های زمین (0.418)، منطقه‌بندی (0.459) دارای ضرایب مسیر پایین‌تری هستند و از نظر آماری معنادار نیستند ($\text{Sig} > 0.05$). این نتایج بیانگر ضعف نسبی در کارایی سیاست‌های زمین و منطقه‌بندی در پشتیبانی از پایداری زیست‌محیطی است. به‌طور کلی، یافته‌ها نشان می‌دهد که مؤلفه‌های مسکن و ساختمان، کاربری زمین، و ساختار کالبدی بیشترین نقش را در دستیابی به پایداری زیست‌محیطی شهر به‌شهر دارند، درحالی‌که بخش‌های مربوط به مدیریت زمین و منطقه‌بندی شهری نیازمند بازنگری و تقویت در سیاست‌گذاری و اجرا می‌باشند.

جدول ۷. ضرایب مسیر، آماره t

مؤلفه	ضریب مسیر	ضریب معناداری	انحراف معیار	مقدار معناداری	رتبه‌بندی بر اساس ضریب مسیر
زمین	۰/۴۱۸	۱/۰۹۷	۰/۳۳۶	۰/۲۱۴	۱۳
کاربری زمین	۰/۹۴۵	۴۱/۳۶	۰/۰۲۴	۰/۰۰۰	۲
مسکن و ساختمان	۰/۹۵۵	۲۶/۶۵	۰/۰۲۵	۰/۰۰۰	۱
جمعیت و جوامع	۰/۸۲۵	۱۶/۸۶	۰/۰۴۷	۰/۰۰۰	۶
ساختار کالبدی	۰/۹۳۶	۳۳/۰۴	۰/۰۳۰	۰/۰۰۰	۳
فضای شهری	۰/۸۲۲	۴/۸۷	۰/۰۹۶	۰/۰۰۰	۷
حمل‌ونقل	۰/۷۶۶	۵/۸۲	۰/۱۲۱	۰/۰۰۰	۹
منطقه بندی	۰/۴۵۹	۱/۲۱	۰/۳۷۷	۰/۲۲۴	۱۲
تراکم	۰/۸۷۹	۲۲/۳۷	۰/۰۳۶	۰/۰۰۰	۴
شهر، شهرنشینی و شهرسازی	۰/۶۵۵	۴/۲۴	۰/۲۲۱	۰/۰۰۳	۱۱
مردم، گروه‌های محلی، شهروندان	۰/۷۳۴	۹/۳۲	۰/۰۷۴	۰/۰۰۰	۱۰
محیط طبیعی/ اکولوژی	۰/۷۷۴	۱۲/۵۲	۰/۰۶۳	۰/۰۰۰	۸
سیاست‌ها و مقررات	۰/۸۳۵	۱۰/۰۴۵	۰/۰۴۵	۰/۰۰۰	۵

بحث

تحلیل ساختار کالبدی شهر به‌شهر با رویکرد پایداری زیست‌محیطی نشان می‌دهد که وضعیت اکثر شاخص‌های کلیدی در سطحی پایین‌تر از حد مطلوب قرار دارد. نتایج بیانگر آن است که شاخص‌های مرتبط با زمین، کاربری زمین، مسکن و ساختمان، جمعیت و جوامع، ساختار کالبدی، فضای شهری، حمل‌ونقل، منطقه‌بندی، شهر و شهرنشینی، سیاست‌ها و مقررات و محیط طبیعی/اکولوژی میانگین‌های پایینی دارند و تفاوت معناداری با حد متوسط (عدد ۳) نشان می‌دهند. این امر ضعف جدی در مدیریت و برنامه‌ریزی شهری پایدار و ناکارآمدی سیاست‌های زیست‌محیطی و کالبدی را برجسته می‌کند. مطالعات نشان داده‌اند که توسعه افقی و پراکنده، کاهش سرانه فضای سبز و تمرکززدایی نامتوازن، فشار زیادی بر محیط‌زیست وارد می‌کند و تاب‌آوری اکولوژیکی را کاهش می‌دهد (دست‌آهنین، فرامرزی اصلی و موسوی، ۱۴۰۳؛ بردی آنامرادنژاد و محمدی کاظم‌آبادی، ۱۴۰۲؛ شماعی و نظریور دزکی، ۱۴۰۲). در سطح بین‌المللی، توسعه فشرده، حفاظت از فضاها، سبز و مدیریت هوشمند کاربری زمین، نقش تعیین‌کننده‌ای در ارتقای پایداری اکولوژیکی ایفا می‌کند (Tavares et al., 2019; Pereira et al., 2024).

در حوزه زمین، ضعف در حفاظت، نوسازی و تجمیع قطعات زمین منجر به کاهش توان اکولوژیکی و افزایش فشار بر محیط‌زیست می‌شود. تغییر کاربری اراضی کشاورزی و باغ‌ها به کاربری‌های شهری و صنعتی، بدون مدیریت مناسب، اثرات منفی بر تنوع زیستی و ظرفیت جذب آلاینده‌ها دارد. شاخص‌های مسکن و ساختمان نیز نشان می‌دهد که تمرکز بر کیفیت و هویت‌مداری محدود بوده و تأمین مسکن متنوع و ارتقای کیفیت هنوز نیازمند توجه بیشتری است. وضعیت جمعیت و جوامع نیز حاکی از ضعف برنامه‌ریزی در کنترل حجم و توزیع جمعیت و حمایت از اقتصاد محلی است.

در بخش ساختار کالبدی، هرچند شاخص‌هایی مانند اندازه کالبدی و ارتقای تاب‌آوری اکولوژیکی وضعیت نسبی بهتری دارند، شاخص‌هایی مانند ترکیب فرم شهر و یکپارچگی، الحاق و ادغام و سامان‌دهی سیما و منظر شهری ضعیف هستند. این موضوع نشان می‌دهد که انسجام کالبدی شهر به‌شهر ناکافی است و رشد غیر هماهنگ شهری، خطرات زیست‌محیطی را تشدید می‌کند. شاخص‌های محیط طبیعی و اکولوژی وضعیت بحرانی دارند؛ شبکه رودخانه‌ای، مدیریت

پسماند، احیا و ترمیم محیط‌های طبیعی و ارزیابی اثرات زیست‌محیطی با میانگین‌های پایین، نشان‌دهنده ضعف جدی در حفاظت از محیط‌زیست و کاهش تاب‌آوری اکولوژیکی شهر است.

در مقابل، مؤلفه مردم و گروه‌های محلی با میانگین نزدیک به حد متوسط، نشان می‌دهد که ظرفیت بالقوه مشارکت اجتماعی وجود دارد، اما اثر عملی آن در حفاظت محیط‌زیست و تحقق پایداری هنوز محدود است. تحلیل مدل معادلات ساختاری با نرم‌افزار PLS نشان داد که بیشتر مؤلفه‌های ساختار کالبدی تأثیر قابل‌توجهی بر وضعیت پایداری زیست‌محیطی دارند. به‌ویژه، مؤلفه‌های مسکن و ساختمان، کاربری زمین و ساختار کالبدی نقش پیشران در ارتقای تاب‌آوری محیطی دارند و بیشترین تأثیر را در تحقق پایداری دارند. در رتبه‌های بعدی، مؤلفه‌های تراکم، سیاست‌ها و مقررات و جمعیت و جوامع قرار دارند که نقش مهمی در مدیریت رشد شهری، کنترل فشار جمعیتی و هدایت سیاست‌های توسعه‌ای ایفا می‌کنند. در مقابل، مؤلفه‌های زمین و منطقه‌بندی ضریب مسیر پایین و تأثیر معناداری نداشتند که نشان‌دهنده ضعف نسبی در کارایی سیاست‌های زمین و برنامه‌ریزی منطقه‌ای در حمایت از پایداری است.

از منظر نظری، یافته‌ها تأیید می‌کند که رویکردهای شهر فشرده، رشد هوشمند و تاب‌آوری شهری ابزار مناسبی برای شناسایی روابط علی بین مؤلفه‌های شهری و پایداری زیست‌محیطی هستند. انسجام کالبدی، تراکم هدفمند، ترکیب کاربری‌ها و کیفیت مسکن نقش میانجی و پیشران در کاهش فشارهای زیست‌محیطی دارند و برای مطالعات مشابه در سایر شهرهای کوچک و متوسط قابل‌استفاده‌اند. پیامدهای مدیریتی پژوهش روشن است: تقویت پیشران‌ها، اصلاح سیاست‌های زمین و منطقه‌بندی، افزایش مشارکت اجتماعی و تمرکز بر حفاظت و احیای محیط طبیعی، اولویت‌های اصلی مدیریت شهری در به‌شهر هستند. بدون این مؤلفه‌ها، دستیابی به توسعه پایدار شهری دشوار است. بنابراین، برنامه‌ریزی جامع و یکپارچه با توجه هم‌زمان به ساختار کالبدی، سیاست‌ها، مشارکت مردم و محیط طبیعی، لازم است.

نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با هدف تحلیل ساختار کالبدی شهر به‌شهر و تأثیر آن بر پایداری زیست‌محیطی انجام شد. یافته‌ها نشان می‌دهد که هرچند ساختار کالبدی شهر در مسیر بهبود تدریجی قرار دارد، اما هنوز فاصله قابل‌توجهی تا دستیابی به پایداری زیست‌محیطی وجود دارد. مشکلاتی نظیر ساخت‌وسازهای بی‌ضابطه، تغییر کاربری اراضی کشاورزی، ضعف در اجرای طرح‌های شهری و نبود هماهنگی میان نهادهای تصمیم‌گیر، مهم‌ترین موانع تحقق اهداف توسعه پایدار شهری هستند. نتایج آماری و تحلیل‌های PLS نشان می‌دهد که میانگین تمامی شاخص‌های ساختار کالبدی شهر به‌شهر، اعم از زمین، کاربری زمین، مسکن و ساختمان، فضاها، کاربری شهری، حمل‌ونقل، تراکم، شهر و شهرنشینی و شهرسازی، سیاست‌ها و مقررات، محیط طبیعی / اکولوژی کمتر از حد متوسط است؛ این امر به‌وضوح ضعف مدیریت شهری و ناتوانی در تحقق اهداف توسعه پایدار را نمایان می‌سازد. به‌ویژه وضعیت مؤلفه محیط طبیعی / اکولوژیکی به‌عنوان حساس‌ترین بخش ساختار کالبدی شهر، بحرانی ارزیابی شد و نشان‌دهنده آسیب‌پذیری بالای شهر و کاهش تاب‌آوری اکولوژیکی در برابر تخریب‌های زیست‌محیطی است. شبکه‌های رودخانه‌ای، پوشش گیاهی و جنگلی، مدیریت پسماند و ارزیابی اثرات زیست‌محیطی، احیا و ترمیم محیط‌های طبیعی، همگی نقاط ضعف عمده شهر محسوب می‌شوند که بدون اقدامات اصلاحی، ظرفیت شهر برای مقابله با فشارهای ناشی از رشد جمعیت و توسعه شهری کاهش خواهد یافت. در حوزه زمین و کاربری اراضی، تغییرات نامتوازن و توسعه غیر همگون، فشار زیادی بر منابع طبیعی وارد کرده و منجر به از بین رفتن باغ‌ها و اراضی کشاورزی شده است. این روند نه‌تنها تنوع زیستی را کاهش داده، بلکه بهره‌وری منابع طبیعی و کیفیت

زندگی ساکنان را نیز تحت تأثیر قرار داده است. شاخص‌های مسکن و ساختمان نیز بیانگر فقدان برنامه‌ریزی کارآمد برای تأمین مسکن متنوع و با کیفیت است؛ مشکلاتی نظیر تراکم بالا، عدم انطباق با معیارهای اکولوژیکی و هویت شهری و کمبود فضاهای عمومی و خدمات شهری به‌وضوح مشاهده می‌شود. ضعف در طراحی و مدیریت شبکه حمل‌ونقل و ناپایداری در سیاست‌ها و مقررات شهری، ضرورت بازنگری اساسی در رویکردهای مدیریت و برنامه‌ریزی شهری را تأکید می‌کند. ضعف در هماهنگی، انسجام و یکپارچگی عناصر کالبدی، رشد غیر متعادل شهری و کاهش کیفیت محیط زندگی را تشدید کرده است؛ بنابراین برنامه‌ریزی شهری رشد هوشمند، مدیریت یکپارچه زمین و توسعه فضاهای عمومی و طبیعی، ضروری و فوری به نظر می‌رسد. تحلیل‌ها نشان داد که مؤلفه‌های مسکن و ساختمان، کاربری زمین و ساختار کالبدی به‌عنوان پیشران‌های اصلی در ارتقای پایداری زیست‌محیطی عمل می‌کنند؛ بنابراین بدون توجه هم‌زمان به این سه بخش، سایر اقدامات توسعه پایدار تأثیر محدودی خواهند داشت. برای ارتقای پایداری زیست‌محیطی شهر به‌شهر، اقدامات کلیدی شامل موارد زیر است:

- برنامه‌ریزی کارآمد برای تأمین مسکن متنوع و بهبود کیفیت ساخت‌وساز و مسکن شهری با تأکید بر مصالح پایدار، صرفه‌جویی انرژی و طراحی انسان‌محور
- بازنگری در سیاست‌های کاربری زمین و منطقه‌بندی شهری با رویکرد حفاظت از اراضی کشاورزی، کنترل گسترش افقی و تشویق توسعه درونی
- مقابله با تغییر کاربری زراعی و باغی و جنگلی به کاربری‌های شهری
- مدیریت تغییرات کاربری ناشی از احداث خانه‌های دوم
- جابه‌جایی و انتقال صنایع آلاینده کارخانه‌های پهلپاک و کارخانه آسفالت
- به‌کارگیری اصول کالبدی رشد هوشمند شهری
- اقدامات مهارکننده برای مقابله با پیوستن روستاهای در معرض ادغام
- ساماندهی سیما و منظر شهر
- ساماندهی و توسعه فضاهای عمومی
- تدوین طرح جامع زیست‌محیطی شهری به‌منظور یکپارچه‌سازی سیاست‌های زیست‌محیطی با برنامه‌ریزی کالبدی.
- ایجاد سیستم پایش اکولوژیکی شهری جهت ارزیابی مداوم اثرات توسعه کالبدی بر محیط‌زیست و ارائه بازخورد به سیاست‌گذاران.

در مجموع، نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که دستیابی به پایداری زیست‌محیطی در شهر به‌شهر مستلزم تغییر هم‌زمان در الگوهای کالبدی و مدیریتی است؛ حرکت به‌سوی شهری فشرده، تاب‌آور و هماهنگ با ظرفیت‌های طبیعی و اکولوژیکی، کلید تضمین آینده‌ای پایدار و قابل زیست برای نسل‌های بعدی محسوب می‌شود. این رویکرد جامع و میان‌رشته‌ای، با همگرایی اصلاحات کالبدی و حفاظت محیطی، مسیر تحقق اهداف توسعه پایدار شهری را هموار می‌سازد.

حامی مالی

این اثر حامی مالی نداشته است.

سهم نویسندگان پژوهش

نویسنده اول نگارش و تحلیل کل متن مقاله را به عهده داشته است. ایده پردازی، بازبینی و نظارت بر مقاله نگارش شده توسط نویسنده دوم صورت گرفته است. نویسنده سوم و چهارم با ارائه مباحث نظری، تکنیکی و در بازبینی انتقادی محتوای علمی مشارکت داشته و متن نهایی را تأیید کرده‌اند.

تضاد منافع

نویسندگان اعلام می‌دارند که هیچ تضاد منافی در رابطه با نویسندگی و یا انتشار این مقاله ندارند.

تقدیم و تشکر

نویسندگان از همه کسانی که در انجام این پژوهش آن‌ها را یاری رساندند، به‌ویژه کسانی که کار ارزیابی کیفیت مقاله را انجام دادند، تشکر و قدردانی می‌نمایند.

منابع

- آنامراندزاد، رحیم بردی و محمدی کاظم‌آبادی، لیلا. (۱۴۰۲). بررسی چالش‌های توسعه شهری با تأکید بر شاخص‌های کالبدی (مطالعه موردی: شهر اراک). *پژوهش‌های جغرافیایی/ انسانی*، ۵۵ (۲)، ۹۹-۱۱۸.
<https://doi.org/10.22059/jhgr.2022.323805.1008300>
- دانه‌کار، افشین و سبحانی، پروانه. (۱۴۰۳). ارزیابی توان اکولوژیک و تعادل سنجی توسعه کلان کاربری‌ها در مجموعه شهری تهران-البرز. *مجله آمایش جغرافیایی فضا*، ۱۴ (۴)، ۳۷-۵۷.
[doi: 10.30488/gps.2024.466071.3759](https://doi.org/10.30488/gps.2024.466071.3759)
- دست‌آهنین، باقر؛ فرامرزی‌اصلی، مهسا؛ موسوی، میرسعید. (۱۴۰۳). تحلیل تغییرات کالبدی شهر تبریز با تأکید بر توسعه پایدار طی سال‌های ۲۰۲۰-۲۰۲۰. *اقتصاد و برنامه‌ریزی شهری*، ۵ (۴)، ۱۸۵-۱۷۲.
<https://doi.org/10.22034/uep.2025.495467.1573>
- زاهدی کلاکی، ابراهیم؛ متولی، صدرالدین؛ محمودزاده، حسن و جانباز قبادی، غلامرضا. (۱۴۰۰). تبیین ساختار اکولوژی شهری در راستای ارتقای ضریب تاب‌آوری زیست‌محیطی با استفاده از تحلیل متریک‌های سیمای سرزمین (مطالعه موردی شهر بهشهر). *جغرافیا و برنامه‌ریزی*، ۲۵ (۷۸)، ۱۹۷-۲۱۸.
<https://doi.org/10.22034/gp.2021.42841.2741>
- زاهدی کلاکی، ابراهیم؛ متولی، صدرالدین؛ محمودزاده، حسن و جانباز قبادی، غلامرضا. (۱۴۰۲). ارزیابی تغییرات ساختار اکولوژیک شهر بهشهر به‌منظور ارائه راهکارهایی جهت بهبود پیوستگی منظر و ارتقای تاب‌آوری زیست‌محیطی. *مطالعات برنامه‌ریزی سکونتگاه‌های انسانی*، ۱۸ (۱)، ۲۵۶-۲۳۹.
- زیاری، کرامت‌الله. (۱۳۹۷). *برنامه‌ریزی شهری: کاربری اراضی شهری*. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
- سالنامه آماری استان مازندران. (۱۴۰۰). سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان مازندران.
- سرشماری نفوس و مسکن. (۱۳۹۵-۱۳۳۵). مرکز آمار ایران.
- شماعی، علی و نظری‌پور دزکی، امین. (۱۴۰۱). تحلیل و ارزیابی نقش شاخص‌های محیط‌زیست در توسعه پایدار کالبدی شهر (مطالعه موردی: شهر اهواز). *مطالعات پایداری و توسعه سکونتگاه‌های همساز با اقلیم*، ۱۱ (۱)، ۱-۱۹.
<https://doi.org/10.22034/mpsh.2022.365446.1026>
- کاظم‌نژاد، علی؛ تاج‌بخش، امیرحسین؛ مرادی سنگاچینی، امیرارسلان؛ صارمی، حمیدرضا؛ مغانی رحیمی، خاطره. (۱۴۰۴). شناسایی پیشران‌های کلیدی آینده توسعه شهری (نمونه مورد مطالعه: منطقه ۵ شهرداری تهران). *اندیشه راهبردی شهرسازی*، ۳ (۲)، ۲۲-۱.
<https://doi.org/10.30479/ust.2025.22640.1216>
- مهمی، امیرمهمی؛ فدایی قطبی، مریم؛ اسماعیلی، علی و غضنفرپور، حسین. (۱۳۹۹). ارزیابی شاخص‌های فضایی-کالبدی در تبیین الگوی پراکنده‌رویی شهری با استفاده از داده‌های سنجش‌ازدور. *شهر کرمان. آمایش جغرافیایی فضا*، ۱۰ (۳۸)، ۱۰۷-۱۲۶.
[doi: 10.30488/gps.2021.164892.2974](https://doi.org/10.30488/gps.2021.164892.2974)

References

- Anāmarādnejād, R. B., & Mohammadi Kazemabadi, L. (2023). Investigating the challenges of urban development with emphasis on physical indicators (Case study: Arak City). *Human Geography Research*, 55(2), 99–118. <https://doi.org/10.22059/jhgr.2022.323805.1008300> [In Persian]
- Beatley, T. (2012). *Green urbanism: Learning from European cities*. Washington, DC: Island Press.
- Benedict, M. A., & McMahon, E. T. (2012). *Green infrastructure: Linking landscapes and communities*. Island Press.
- Calthorpe, P. (2011). *Urbanism in the age of climate change*. Island Press.
- Carmona, M. (2010). *Public places, urban spaces: The dimensions of urban design*. Routledge.
- Chen, L., Liu, X., Sun, T., Ma, N., & Zhang, T. (2025). Compact urban morphology and the 15 minute city: Evidence from China. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 196, 104482. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2025.104482>
- Danehkar, A., & Sobhani, P. (2024). Ecological potential evaluation and balance measurement of macro-land use in the urban set of Tehran-Alborz. *Geographical planning of space quarterly journal*, 14(4), 37-57. doi: 10.30488/gps.2024.466071.3759. [In Persian]
- Dastāhanin, B., Faramarzi-Asli, M., & Mousavi, M. S. (2025). Analysis of physical changes in Tabriz with emphasis on sustainable development during 2000–2020. *Urban Economy and Planning*, 5(4), 172–185. <https://doi.org/10.22034/uep.2025.495467.1573> [In Persian]
- Duany, A. (2000). *The smart growth manual*. McGraw-Hill.
- Duany, A., Plater-Zyberk, E., & Speck, J. (2000). *Suburban nation: The rise of sprawl and the decline of the American dream*. North Point Press.
- Eshraghi, P., Talami, R., Nikkhah Dehnavi, A., Mirdamadi, M., & Zomorodian, Z.-S. (2024). Adopting Explainable AI to investigate the impact of urban morphology design on energy and environmental performance in dry arid climates. *arXiv*. <https://arxiv.org/abs/2412.12183>
- Fainstein, S. S. (2022). *The just city*. Cornell University Press.
- Faludi, A. (2000). *The performance of spatial planning*. Springer.
- Forman, R. T. T. (2014). *Urban ecology: Science of cities*. Cambridge University Press.
- Gehl, J. (2011). *Life between buildings: Using public space*. Island Press.
- Gómez-Baggethun, E., Barton, D. N., Martín-López, B., Braat, L., & Sitas, N. (2023). Urban green infrastructure and ecosystem services: Concepts and evidence. *Ecological Economics*, 208, 107834. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2023.107834>
- Hall, P. (2014). *Cities of tomorrow: An intellectual history of urban planning and design in the twentieth century*. Wiley-Blackwell.
- Healey, P. (2000). *Institutional planning: A framework for evaluation*. Routledge.
- Huang, Y., Li, J., & Chen, X. (2024). Effects of land use changes on environmental sustainability in coastal China. *Journal of Environmental Management*, 333, 117187. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.117187>
- Jabareen, Y. R. (2013). Planning the resilient city: Concepts and strategies. *Cities*, 35, 89–99. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2013.05.008>
- Jenks, M. (2000). *Compact cities: Sustainable urban forms for developing countries*. E & FN Spon.
- Kazemnejad, A., Tajbakhsh, A. H., Moradi Sangachini, A. A., Saremi, H. R., & Maghani Rahimi, K. (2025). Identifying the key drivers of the future of urban development (Case study: District 5 of Tehran Municipality). *Strategic Thinking in Urbanism*, 3(2), 1–22. <https://doi.org/10.30479/ust.2025.22640.1216> [In Persian]
- Litman, T. (2020). *Transportation and environmental planning*. Victoria Transport Policy Institute.
- Liu, H., Li, X., & Wang, Y. (2021). Urban expansion and environmental impacts in eastern China: Linking built-up area growth with carbon emissions and energy efficiency. *Sustainable Cities and Society*, 69, 102853. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.102853>
- Meerow, S., Newell, J. P., & Stults, M. (2016). Defining urban resilience: A review. *Landscape and Urban Planning*, 147, 38–49. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.11.011>

- Mohimi, A., Fadaei Qotbi, M., Esmaeily, A., Ghazanfarpour, H. (2021). Evaluating the Physical-Spatial Indices in Determination of Urban Sprawl Patterns Using Remote Sensing (Case Study: City of Kerman). *Geographical planning of space quarterly journal*, 10(38), 107-126. doi: 10.30488/gps.2021.164892.2974. [In Persian]
- Monkkonen, P., Guerra, E., Montejano Escamilla, J., Caudillo Cos, C., & Tapia-McClung, R. (2024). A global analysis of land use regulation, urban form, and greenhouse gas emissions. *Cities*, 147, 104801. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2024.104801>
- Montgomery, J. (2008). *Making a city: Urbanity, vitality and urban design*. Routledge.
- Newman, P. (2006). *Sustainable urban form: Urban design and planning for sustainability*. Earthscan.
- OECD. (2023). *The territorial impact of urban policies*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264525325-en>
- Pacione, M. (2009). *Urban geography: A global perspective*. Routledge.
- Pereira, P., Inácio, M., Pinto, L., Kalinauskas, M., Bogdzevic, K., & Zhao, W. (2024). Mapping ecosystem services in urban and peri-urban areas: A systematic review. *Geography and Sustainability*, 5(3), 491–509. <https://doi.org/10.1016/j.geosus.2024.06.002>
- Population and Housing Census. (1956–2016). *Statistical Center of Iran*. [In Persian]
- Putnam, R. D. (2000). *Bowling alone: The collapse and revival of American community*. Simon & Schuster.
- Rodrigue, J.-P. (2020). *The geography of transport systems* (5th ed.). Routledge.
- Shamayee, A., & Nazarpour Dezaki, A. (2022). Analysis and evaluation of the role of environmental indicators in sustainable physical urban development (Case study: Ahvaz City). *Studies of Sustainability and Development of Climate-Compatible Settlements*, 1(1), 1–19. <https://doi.org/10.22034/mpsh.2022.365446.1026> [In Persian]
- Statistical Yearbook of Mazandaran Province. (2021). *Mazandaran Province Management and Planning Organization*. [In Persian]
- Tavares, P. A., Beltrão, N., Guimarães, U. S., Teodoro, A., & Gonçalves, P. (2019). Urban ecosystem services quantification through remote sensing approach: A systematic review. *Environments*, 6(5), 51. <https://doi.org/10.3390/environments6050051>
- The Guardian. (2025). Revealed: Europe losing 600 football pitches of nature and crop land a day. https://www.theguardian.com/environment/2025/revealed-europe-losing-600-football-pitches-of-nature-and-crop-land-a-day?utm_source=chatgpt.com
- UN-Habitat. (2020). *World cities report 2020: The value of sustainable urbanization*. United Nations Human Settlements Programme. <https://unhabitat.org/world-cities-report-2020>
- Warfield, J. N. (1974). *Structuring complex systems*. New York: Wiley.
- Zahedi-Kalaki, E., Motavalli, S., Mahmoudzadeh, H., & Janbaz Qobadi, G. R. (2021). Explaining urban ecology structure toward improving environmental resilience using landscape metrics analysis (Case study: Behshahr City). *Geography and Planning*, 25(78), 197–218. <https://doi.org/10.22034/gp.2021.42841.2741> [In Persian]
- Zahedi-Kalaki, E., Motavalli, S., Mahmoudzadeh, H., & Janbaz Qobadi, G. R. (2023). Evaluating changes in the ecological structure of Behshahr City in order to propose strategies for improving landscape connectivity and enhancing environmental resilience. *Human Settlements Planning Studies*, 18(1), 239–256. [In Persian]
- Ziari, K. (2018). *Urban planning: Urban land use*. Tehran: University of Tehran Press. [In Persian]