



Evaluating the degree of urban sprawl based on smart growth density criteria using the (BWM) method: A study of the city of Khoy

Farideh Vahedi¹ | Hassan Sattari Sarbangoli^{2✉} | Akbar Abdollahzadeh Tarf³

1. Department of Urban Planning, Ta, C, Islamic Azad University, Tabriz, Iran. E-mail: faridehe.vahedi@yahoo.com

2. Corresponding Author, Department of Urban Planning, Ta, C, Islamic Azad University, Tabriz, Iran. E-mail: sattari@iau.ac.ir

3. Department of Urban Planning, Ta, C, Islamic Azad University, Tabriz, Iran. E-mail: taraffarat@yahoo.com

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received 26 November 2025

Received in revised form 29

December 2025

Accepted 07 January 2026

Keywords:

Khoy city,

Smart growth,

Urban sprawl,

Urban density.

ABSTRACT

Urban sprawl is one of the major challenges facing medium-sized cities in Iran, with direct implications for spatial efficiency, accessibility patterns, and environmental sustainability. Khoy, as one of the most populous cities in West Azerbaijan Province, has experienced horizontal expansion, increasing land consumption, and declining spatial cohesion in recent years. The aim of this study is to assess the level of urban sprawl in Khoy based on smart growth density criteria and to identify the relative contribution of influencing factors. This research is applied in purpose and descriptive-analytical in nature, adopting a mixed qualitative-quantitative approach. In the first stage, spatial-temporal analysis of land-use maps across multiple time periods was conducted to verify the existence and spatial pattern of urban sprawl in Khoy. In the next stage, ten key components within five analytical dimensions were identified and weighted using the Best-Worst Method (BWM) based on the judgments of 18 experts in urban planning, environmental studies, and transportation. The weighting results indicate that access to services (weight= 0.18), population density (weight= 0.15), and land-use diversity (weight= 0.13) are the most influential factors explaining urban sprawl in Khoy. Subsequently, the actual values of the indicators at the city scale were normalized and integrated with the derived weights. The final urban sprawl index was calculated as 0.571, indicating that Khoy is positioned at a moderate to relatively high level of urban sprawl. The findings reveal that Khoy's spatial structure is influenced more by density patterns, land-use distribution, and accessibility than by environmental consequences alone. Accordingly, promoting infill development, enhancing spatial cohesion, and targeted regeneration of inefficient urban fabrics can play a significant role in mitigating urban sprawl in the city of Khoy.

Cite this article: Vahedi, F., Sattari Sarbangoli, H., & Abdollahzadeh Tarf, A. (2026). Evaluating the degree of urban sprawl based on smart growth density criteria using the (BWM) method: A study of the city of Khoy. *Journal of Natural Environment*, 79 (1), 127-148. DOI: <http://doi.org/10.22059/jne.2026.408832.2873>



© The Author(s).

Publisher: University of Tehran Press.

Introduction

In recent decades, cities around the world have encountered a phenomenon known as “urban sprawl,” which refers to the horizontal, decentralized, and low-density expansion of cities into peripheral areas. This type of development, often characterized by a lack of spatial coherence and effective planning, has led to extensive economic, social, and environmental consequences and has become one of the primary challenges in urban management and planning on a global scale. Urban sprawl results in increased land consumption, destruction of agricultural and natural lands, heightened dependence on personal vehicles, rising infrastructure and service costs, and ultimately a decline in residents’ quality of life. Many cities worldwide, especially in developing countries, face this undesirable pattern of urban expansion due to rapid population growth, rural–urban migration, and weak development control systems. In Iran, urbanization trends combined with weak policies governing development have led to unbalanced growth patterns in many cities. Horizontal city expansion, low-density development on the outskirts, and divergence from inward development policies are among the outcomes of this process. Among these, Khoy city, as a significant city in West Azerbaijan province, exhibits signs of urban sprawl due to its geographical location, demographic characteristics, and functional role. Its physical expansion in recent years, particularly in peripheral areas, has often occurred at low density and in a disjointed manner, exerting increasing pressure on infrastructure, access networks, urban services, and land resources.

Material and Methods

Initially, to identify the presence and nature of urban sprawl, land use maps of Khoy city were prepared for four time points 2007, 2020, 2023, and 2025 using satellite imagery. These maps were processed in ArcGIS software for comparative analysis. This analysis enabled the recognition of the general spatial growth pattern, including horizontal expansion, spatial discontinuity, and scattered patch development, serving as spatial evidence for subsequent research stages. After confirming the spatial–physical existence of urban sprawl, related components and indicators were extracted through scientific literature review and expert opinion. The research population comprised specialists in urban planning, environmental sciences, transportation, and urban management in Khoy city, selected purposefully (expert-based sampling). In the weighting phase, 18 experts with postgraduate education and relevant experience participated. To determine the relative importance of the indicators and prioritize them, the Best–Worst Method (BWM) was employed due to its lower comparison requirements and higher accuracy. Ultimately, by integrating the weights obtained from BWM with the normalized sub-indicator values, a final urban sprawl index for Khoy city was calculated, providing a basis for interpreting the current urban growth pattern and suggesting policy and management solutions. Figure 1 illustrates the process of identifying criteria, selecting best and worst criteria, pairwise comparisons, and calculating final weights using the BWM method, culminating in the derivation of the city’s final urban sprawl index.

Results

A comparative analysis of land-use maps of the city of Khoy in four time periods (2007, 2020, 2023, and 2025) indicates that the city’s physical expansion pattern has shifted from a relatively compact structure to a horizontal, discontinuous, and scattered form. This change has occurred gradually yet consistently, reflecting the emergence and consolidation of urban sprawl in the spatial structure of Khoy. In 2007, built-up areas were mainly concentrated in the city center, and physical development around the city appeared limited and relatively continuous. During this period, a clear boundary could still be distinguished between the urban fabric and surrounding lands, and detached development patches in the outskirts were not significantly widespread. By 2020, a noticeable shift had occurred in the urban development pattern. Expansion of built-up areas intensified toward the city’s periphery, and discontinuous development patches emerged along the outskirts and transportation corridors. This represents the initial decline of spatial cohesion and a clear transition toward horizontal and scattered development. In 2023, this trend accelerated further. An increase in built-up areas outside the central core, penetration into barren lands and natural cover, and the formation of linear development along major arteries became clearly evident. At this stage, the spatial continuity of the urban fabric weakened

further, and patch-type growth became one of the dominant characteristics of Khoy's development. Results show that "access to services," selected five times as the best, had the highest perceived importance, whereas "automobile dependency," selected six times as the worst, had the highest negative impact. Other components such as population density ranked second in importance, while variables like "limiting encroachment into natural areas" and "air pollution" were never selected as the best, indicating that they are perceived more as structural consequences. Normalized scores showed significant variability among components. The highest normalized value belonged to "access to services" (0.72), meaning that despite an average raw distance of 680 meters, Khoy's relative access level is acceptable within the reference range. "Population density" (0.64) and "limiting expansion into natural areas" (0.60) followed, indicating moderate levels of sprawl in these components. The final index reflects the overall status of Khoy's spatial development pattern from the viewpoint of smart-growth density criteria. The index value suggests that Khoy's urban expansion is at an upper-middle level of sprawl, dominated by horizontal rather than compact growth. This highlights the roles of density structure, land-use distribution, and accessibility patterns in shaping the city's current condition.

Discussion

Based on spatial analysis of land-use maps from 2007 to 2025, Khoy's growth pattern has shifted from a relatively compact form toward horizontal, discontinuous, and scattered expansion. This trend, alongside increasing detached development around the city, provides clear evidence of urban sprawl. Supporting these findings, land-use change charts show an increase in built-up areas alongside fluctuations in vegetation cover and gradual loss of barren land—indicating land-consumption dominance and urban-development instability. Analytical results from the BWM model show that the fundamental causes of sprawl in Khoy stem more from weaknesses in spatial organization, land-use distribution, and access patterns than from environmental factors. The final sprawl index (0.571) places Khoy in an "upper-middle transitional state," which, if current trends continue, could lead to intensified horizontal expansion and increased spatial instability. These findings are specific to Khoy and should not be generalized to other cities without contextual analysis. Based on the ranked components of the BWM model, effective control of sprawl in Khoy requires restructuring the existing spatial pattern. Priorities include strengthening efficient density within built-up areas, preventing horizontal outward expansion, improving access to services in underserved neighborhoods, directing investments toward underutilized inner-city zones, and protecting natural peripheral lands. These measures can help Khoy shift toward a more compact and sustainable growth pattern.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Ethical considerations

The authors avoided data fabrication, falsification, and plagiarism, and any form of misconduct.

CRedit authorship contribution statement

All authors contributed equally to the conceptualization of the article and writing of the original and subsequent drafts.

Data availability statement

Data available on request from the authors.

Acknowledgements

The authors would like to thank anonymous reviewers for their valuable suggestions in manuscript revision.

ارزیابی میزان پراکنده‌روی شهری براساس معیارهای تراکمی رشد هوشمند با به‌کارگیری روش (BWM): مطالعه شهر خوی

فریده واحدی^۱ | حسن ستاری ساربانقلی^۲ | اکبر عبدالله‌زاده طرف^۳

۱. گروه شهرسازی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران. رایانامه: faridehe.vahedi@yahoo.com

۲. نویسنده مسئول، گروه شهرسازی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران. رایانامه: sattari@iauo.ac.ir

۳. گروه شهرسازی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران. رایانامه: taraffarat@yahoo.com

اطلاعات مقاله	چکیده
<p>نوع مقاله: مقاله پژوهشی</p> <p>تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۹/۰۵</p> <p>تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۱۰/۰۸</p> <p>تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۰/۱۷</p> <p>کلیدواژه‌ها: پراکنده‌روی شهری، تراکم شهری، شهر خوی، رشد هوشمند.</p>	<p>پراکنده‌روی شهری از چالش‌های مهم شهرهای میانی ایران است که بر کارایی فضایی، الگوی دسترسی و پایداری محیطی اثر می‌گذارد. شهر خوی به‌عنوان یکی از شهرهای مهم استان آذربایجان غربی در سال‌های اخیر با گسترش افقی، افزایش مصرف زمین و کاهش انسجام فضایی مواجه شده است. هدف این پژوهش، سنجش میزان پراکنده‌روی شهری خوی بر پایه شاخص‌های تراکمی رشد هوشمند و شناسایی عوامل مؤثر بر آن است. این پژوهش کاربردی و از نوع توصیفی-تحلیلی بوده و با رویکرد ترکیبی کیفی-کمی انجام شده است. در گام نخست، با تحلیل فضایی-مکانی و بررسی نقشه‌های کاربری اراضی در دوره‌های زمانی مختلف، الگوی پراکنده‌روی شهری خوی شناسایی و تأیید شد. سپس ده مؤلفه در قالب پنج بعد تحلیلی تعیین و با نظر ۱۸ نفر از خبرگان برنامه‌ریزی شهری، محیط‌زیست و حمل‌ونقل، به روش تصمیم‌گیری چندمعیاره بهترین-بدترین (BWM) وزن‌دهی شدند. یافته‌ها نشان داد مؤلفه دسترسی به خدمات با وزن ۰/۱۸، تراکم جمعیت با وزن ۰/۱۵ و تنوع کاربری با وزن ۰/۱۳ بیشترین نقش را در تبیین پراکنده‌روی شهری دارند. در ادامه، شاخص‌ها در سطح شهر نرمال‌سازی و با وزن‌های به‌دست‌آمده ترکیب شدند. مقدار شاخص نهایی پراکنده‌روی شهری ۰/۵۷۱ به‌دست آمد که نشان‌دهنده وضعیت متوسط رو به بالای پراکنده‌روی در شهر خوی است. نتایج بیانگر آن است که ساختار فضایی خوی بیش از عوامل محیطی، تحت تأثیر تراکم، توزیع کاربری‌ها و الگوی دسترسی قرار دارد. بنابراین هدایت توسعه به‌سوی رشد درون‌زا، تقویت انسجام فضایی و بازآفرینی هدفمند بافت‌های ناکارآمد می‌تواند در کاهش پراکنده‌روی شهری مؤثر باشد.</p>

استناد: واحدی، فریده؛ ستاری ساربانقلی، حسن؛ و عبدالله‌زاده طرف، اکبر (۱۴۰۵). ارزیابی میزان پراکنده‌روی شهری براساس معیارهای تراکمی رشد هوشمند با به‌کارگیری روش (BWM): مطالعه شهر خوی. *مچطزیت طبعی*، ۷۹ (۱)، ۱۴۸-۱۲۷.

DOI: <http://doi.org/10.22059/jne.2026.408832.2873>



مقدمه

در دهه‌های اخیر، شهرها در سراسر جهان با پدیده‌ای مواجه شده‌اند که از آن با عنوان «پراکنده‌رویی شهری»^۱ یاد می‌شود؛ پدیده‌ای که به گسترش افقی، غیرمتمرکز و کم‌تراکم شهرها در اراضی پیرامونی اشاره دارد (Zeynali Azim et al., 2024). این نوع توسعه، که اغلب بدون انسجام فضایی و برنامه‌ریزی کارآمد شکل می‌گیرد، پیامدهای گسترده‌ای در ابعاد اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیستی به‌همراه داشته و به یکی از چالش‌های اساسی مدیریت و برنامه‌ریزی شهری در مقیاس جهانی تبدیل شده است (Shahhosseini et al., 2024). پراکنده‌رویی شهری موجب افزایش مصرف زمین، تخریب اراضی کشاورزی و طبیعی، افزایش وابستگی به خودرو شخصی، رشد هزینه‌های زیرساختی و خدمات‌رسانی شهری و در نهایت کاهش کیفیت زندگی شهروندان می‌شود. بسیاری از شهرهای جهان، به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه، تحت تأثیر رشد سریع جمعیت، مهاجرت‌های روستا-شهری و ضعف نظام‌های هدایت توسعه، با این الگوی نامطلوب گسترش شهری مواجه شده‌اند (Ghasemi et al., 2023). در واکنش به این روند، رویکرد «رشد هوشمند» به‌عنوان چارچوبی نوین در برنامه‌ریزی شهری مطرح شده است که بر توسعه فشرده و متراکم، استفاده بهینه از زمین، تنوع کاربری‌ها، دسترسی مناسب به خدمات شهری و حمل‌ونقل پایدار تأکید دارد. این رویکرد تلاش می‌کند با هدایت آگاهانه توسعه شهری، ضمن کاهش پیامدهای منفی پراکنده‌رویی، زمینه ارتقای کارایی فضایی، عدالت اجتماعی و پایداری محیطی شهرها را فراهم آورد (Nasehi et al., 2023). نتایج مطالعات متعدد بین‌المللی نشان می‌دهد که شهرهایی با تراکم مناسب و ساختار فضایی منسجم، عملکرد اقتصادی و اجتماعی مطلوب‌تری دارند و از نظر محیط‌زیستی نیز آسیب‌پذیری کمتری را تجربه می‌کنند. از این‌رو، ارزیابی میزان پراکنده‌رویی و شناسایی شاخص‌های مرتبط با تراکم شهری، به‌عنوان یکی از محورهای کلیدی پژوهش‌های شهری در سطح جهانی مطرح شده است (Ghasemphour et al., 2023). در ایران نیز روند شهرنشینی، در کنار ضعف در اجرای سیاست‌های هدایت توسعه، موجب شکل‌گیری الگوهای نامتوازن رشد شهری در بسیاری از شهرها شده است. گسترش افقی شهرها، توسعه کم‌تراکم در حاشیه‌ها و فاصله گرفتن از الگوهای توسعه درون‌زا، از جمله پیامدهای این روند به‌شمار می‌آید. در این میان، شهر خوی به‌عنوان یکی از شهرهای مهم استان آذربایجان غربی، با توجه به موقعیت جغرافیایی، ویژگی‌های جمعیتی و نقش عملکردی خود، با نشانه‌هایی از پراکنده‌رویی شهری مواجه است. توسعه فیزیکی شهر در سال‌های اخیر، به‌ویژه در نواحی پیرامونی، اغلب به‌صورت کم‌تراکم و گسسته صورت گرفته و این امر فشار فزاینده‌ای بر زیرساخت‌ها، شبکه‌های دسترسی، خدمات شهری و منابع زمین وارد کرده است. افزایش هزینه‌های مدیریت شهری، کاهش بهره‌وری استفاده از زمین و دشواری در تأمین عادلانه خدمات، از جمله پیامدهایی است که ضرورت توجه جدی به الگوی رشد فضایی شهر خوی را دوچندان می‌کند. علاوه بر این، نبود چارچوب تحلیلی منسجم برای سنجش وضعیت پراکنده‌رویی و ارزیابی نقش شاخص‌های تراکمی، موجب شده است تصمیم‌گیری‌های شهری بیشتر مبتنی بر ملاحظات مقطعی باشد تا تحلیل‌های علمی و ساختاریافته. در چنین شرایطی، مسئله اصلی پژوهش حاضر بر ضرورت شناخت دقیق وضعیت پراکنده‌رویی شهری در خوی و بررسی نقش معیارهای تراکمی مرتبط با رشد هوشمند متمرکز است. دغدغه اساسی این است که بدون ارزیابی علمی میزان پراکنده‌رویی و بدون آگاهی از اهمیت نسبی شاخص‌های مؤثر بر آن، امکان هدایت توسعه شهری به‌سمت الگوهای پایدار و کارآمد فراهم نخواهد شد و روند رشد نامتوازن همچنان تداوم خواهد یافت. اهمیت این پژوهش از یک‌سو در غنای ادبیات علمی مرتبط با پراکنده‌رویی شهری و رشد هوشمند در بستر شهرهای متوسط ایران نهفته است و از سوی دیگر، می‌تواند مبنایی تحلیلی برای بهبود تصمیم‌گیری‌ها و سیاست‌گذاری‌های شهری در شهر خوی فراهم آورد. بر این اساس، سؤال اصلی تحقیق بدین‌صورت مطرح می‌شود: «وضعیت پراکنده‌رویی شهری در شهر خوی براساس معیارهای تراکمی رشد هوشمند چگونه است و کدام یک از این معیارها نقش تعیین‌کننده‌تری در شکل‌گیری یا کنترل این پدیده دارند؟» پاسخ به این سؤال می‌تواند زمینه‌ساز تدوین راهبردهایی برای هدایت توسعه شهری خوی به‌سوی الگوی متراکم، منسجم و پایدار باشد و الگویی قابل استفاده برای سایر شهرهای دارای شرایط مشابه ارائه دهد.

در این زمینه مطالعات زیادی در داخل و خارج ایران انجام شده است که در اینجا به تعدادی از آنها اشاره می‌شود: Soltani و همکاران (۲۰۲۵) با استفاده از رویکرد Delphi-DANP عوامل مؤثر بر پراکنده‌رویی شهری در ایران را شناسایی و کمی‌سازی

¹Urban Sprawl

کردند و نشان دادند که ترکیبی از عوامل سیاسی، اقتصادی، اجتماعی، محیط‌زیستی و فناوری موجب گسترش نامتوازن شهرها می‌شود و برنامه‌ریزی پایدار نیازمند مشارکت ذی‌نفعان و اصلاحات قانونی و توسعه زیرساخت‌های حمل‌ونقل عمومی است. Al-Murshidi و همکاران (۲۰۲۵) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و معیارهای چشم‌انداز، پراکنده‌رویی شهری در شهر دیوانیه، عراق را ارزیابی کردند و نشان دادند که ساخت‌وساز شهری طی ۳۴ سال از ۲۰۶۹ هکتار در ۱۹۹۰ به ۴۴۲۰ هکتار در ۲۰۲۴ افزایش یافته و الگوی پراکندگی شامل جهش، پر کردن، نوار/روبان و توسعه کم‌تراکم بوده است. این یافته‌ها اهمیت تحلیل کمی و فضایی پراکنده‌رویی برای برنامه‌ریزی پایدار شهری را برجسته می‌کند. Rahman و Antipova (۲۰۲۴) با استفاده از مدل معادلات ساختاری (SEM) رابطه بین پراکنده‌رویی شهری و زمان سفر روزانه را در ۱۶۲ منطقه شهری در ایالات متحده بررسی کردند و نشان دادند که تراکم بیشتر توسعه شهری باعث کاهش فاصله‌های طی شده و زمان سفر شده، در حالی که اثرات غیرمستقیم مالکیت خودرو و تراکم ترافیک نیز نقش میانجی داشته‌اند. این مطالعه اهمیت تحلیل اثرات مستقیم و غیرمستقیم فرم شهری بر رفتار حمل‌ونقل و برنامه‌ریزی سفر را برجسته می‌کند. Jamali و همکاران (۲۰۲۴) پیش‌بینی کردند که تا سال ۲۰۲۶ توسعه شهری ۱۲/۳ درصد افزایش خواهد یافت و تغییرات عمده زمین در اطراف مناطق تجاری، آموزشی، اداری و جاده‌ها رخ می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد که تحلیل فضایی همراه با مدل Random Forest ابزار مناسبی برای شناسایی عوامل مؤثر بر تغییرات کاربری زمین و مدیریت پراکنده‌رویی شهری و پیامدهای محیط‌زیستی آن است. یافته‌های Davari و همکاران (۲۰۲۴) نشان می‌دهد که توزیع شاخص‌های رشد هوشمند در مناطق مختلف شهر نامتعادل بوده و نابرابری فضایی معنی‌داری میان آنها وجود دارد. نتایج مطالعه بر ضرورت مداخله هدفمند و سیاست‌گذاری مکانی‌محور برای تحقق اصول رشد هوشمند در شهرهای میانی تأکید می‌کند. یافته‌های Mousavi و همکاران (۲۰۲۳) نشان می‌دهد که پراکنده‌رویی شهری با الگوهای متفاوت تراکم جمعیتی و کاربری اراضی، تأثیر مستقیمی بر توزیع و شدت ردپای کربن در شهر ارومیه دارد. به‌کارگیری مدل‌های AHP-TOPSIS و MGWR نقش تعیین‌کننده شکل شهری و تراکم خالص و ناخالص جمعیت را در افزایش یا کاهش انتشار کربن شهری تأیید می‌کند. این پژوهش بر ضرورت برنامه‌ریزی شهری مبتنی بر تراکم، دسترسی و الگوی رشد کم‌کربن به‌عنوان راهبردی مؤثر برای ارتقای پایداری محیط‌زیستی تأکید دارد. Mansour و همکاران (۲۰۲۳) با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی (ANN-MLP) و زنجیره مارکوف در محیط GIS تغییرات مکانی-زمانی پراکنده‌رویی شهری در اسکندریه، مصر را بین سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰ تحلیل و روند توسعه شهری تا ۲۰۵۰ را پیش‌بینی کردند. نتایج نشان داد که نزدیکی به نواحی ساحلی و تغییرات کاربری اراضی کشاورزی از مهم‌ترین عوامل محرک رشد شهری بوده و این روش چارچوبی جامع برای برنامه‌ریزی زمین و مدیریت پراکنده‌رویی ارائه می‌دهد. Chen و همکاران (۲۰۲۱) تأثیر پراکنده‌رویی شهری بر کیفیت اکولوژیک محیط در ۳۰ استان چین را بررسی کردند و نشان دادند که پراکنده‌رویی جمعیتی، اقتصادی، حمل‌ونقلی و کاربری زمین موجب کاهش کیفیت اکولوژیک شده و اثرات فضایی (spillover) نقش مهمی در این رابطه ایفا می‌کنند. یافته‌ها اهمیت توجه به اثرات مستقیم و غیرمستقیم توسعه شهری بر محیط‌زیست را برای برنامه‌ریزی پایدار شهری برجسته می‌سازد. Ansari و همکاران (۲۰۲۱) با بهره‌گیری از مدل‌سازی ساختاری تفسیری، عوامل مؤثر بر تحقق‌پذیری اصول رشد هوشمند در شهر ملایر را شناسایی و روابط متقابل میان آنها را تحلیل کردند.

مرور مطالعات داخلی و خارجی نشان می‌دهد که پراکنده‌رویی شهری پدیده‌ای چندبعدی، زمینه‌مند و وابسته به ساختار فضایی-عملکردی شهرها است که از تعامل الگوی کاربری زمین، تراکم، دسترسی، حمل‌ونقل و جهت‌گیری‌های برنامه‌ریزی شکل می‌گیرد. بخش قابل توجهی از پژوهش‌ها بر تحلیل‌های فضایی-مکانی و سنجش از دور برای شناسایی الگوی گسترش و پیامدهای محیط‌زیستی پراکنده‌رویی تمرکز داشته‌اند، در حالی که برخی مطالعات دیگر با بهره‌گیری از مدل‌های کمی و تصمیم‌گیری چندمعیاره به اولویت‌بندی عوامل مؤثر پرداخته‌اند. با وجود این، خلأ اصلی در ادبیات، پیوند نظام‌مند میان شواهد فضایی-زمانی گسترش شهری و رتبه‌بندی عددی عوامل مؤثر با رویکرد تصمیم‌سازی کاربردی است، به‌ویژه در شهرهای میانی ایران. بر این اساس، پژوهش حاضر با تلفیق تحلیل فضایی-مکانی، بررسی تغییرات کمی کاربری اراضی و به‌کارگیری مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره بهترین-بدترین، تلاش می‌کند این خلأ را در چارچوب خاص شهر خوی پوشش دهد و تصویری یکپارچه از ماهیت، شدت و عوامل مؤثر بر پراکنده‌رویی شهری ارائه کند.

پراکنده‌رویی شهری، به‌عنوان یکی از الگوهای غالب توسعه فضایی، در ادبیات برنامه‌ریزی شهری به‌عنوان شکل ناپایدار رشد شناخته می‌شود که پیامدهای اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیستی قابل توجهی به‌همراه دارد (Artmann *et al.*, 2019). این پدیده با گسترش افقی سکونتگاه‌ها و فعالیت‌ها، کاهش تراکم جمعیت و افزایش وابستگی به خودروهای شخصی همراه است، که منجر به مصرف بالای انرژی و افزایش انتشار آلاینده‌ها می‌شود و فشار قابل توجهی بر محیط‌زیست طبیعی پیرامون شهرها وارد می‌آورد (Shao, 2021; Lopez-Aparicio, 2025). از این‌رو، شناخت نحوه سازماندهی فضایی شهر و شدت پراکنده‌رویی، برای برنامه‌ریزی شهری پایدار و حفاظت از منابع طبیعی ضروری است (OECD, 2018).

نظریه شهر فشرده، توسعه متمرکز فضایی را به‌عنوان راهکاری برای افزایش بهره‌وری زمین و کاهش فشار بر محیط‌زیست طبیعی معرفی می‌کند. تمرکز جمعیت و فعالیت‌ها در محدوده‌های شهری، موجب کاهش مصرف زمین‌های اطراف و حفظ فضاهای طبیعی می‌شود (Song and Knaap, 2005). همچنین، انسجام فعالیت‌ها و نزدیکی خدمات به سکونتگاه‌ها، کاهش نیاز به سفرهای طولانی و کاهش انتشار آلاینده‌ها را به‌همراه دارد (Gren *et al.*, 2018). پژوهش‌ها نشان می‌دهند که شهرهای متراکم، با افزایش بهره‌وری منابع و کاهش نفوذ به عرصه‌های طبیعی، قابلیت پایداری اکولوژیک بالاتری دارند و فشارهای محیطی بر اکوسیستم‌های طبیعی را کاهش می‌دهند (Hautamäki *et al.*, 2024). رویکرد رشد هوشمند، توسعه شهری را با تمرکز بر کارایی زمین، دسترسی مناسب به خدمات، افزایش تنوع فعالیت‌ها و حفاظت از محیط طبیعی هدایت می‌کند (Mohammed and Alshuwaikhat, 2016). این رویکرد با کاهش پراکنده‌رویی و ارتقای کیفیت زندگی، پیامدهای محیط‌زیستی توسعه شهری را تعدیل می‌کند و استفاده بهینه از منابع را ارتقا می‌دهد (Artmann *et al.*, 2017). شهرهایی که اصول رشد هوشمند را اعمال می‌کنند، شبکه‌ای از فعالیت‌های متراکم، حمل‌ونقل عمومی کارآمد و فضاهای سبز را ترکیب می‌کنند تا هم فشار بر محیط طبیعی کاهش یابد و هم بهره‌وری انرژی و منابع افزایش یابد (Shawly, 2022). ابعاد مختلف پراکنده‌رویی شهری و رشد هوشمند شامل تراکم و کاربری زمین، دسترسی و حمل‌ونقل، محیط طبیعی و اکوسیستم، انسجام فضایی و رشد هوشمند، حفاظت از محیط طبیعی و انتشار آلاینده‌ها هستند. تراکم جمعیت و تنوع کاربری به‌عنوان مؤلفه‌هایی کلیدی در کنترل توسعه پراکنده و ارتقای کارایی زمین شناخته می‌شوند (Song and Knaap, 2005; Gren *et al.*, 2018; Artmann *et al.*, 2019). شاخص‌هایی هستند که نشان می‌دهند چگونه ساختار فضایی شهر بر رفتار حمل‌ونقل و اثرات محیط‌زیستی تأثیر می‌گذارد (Mohammed and Alshuwaikhat, 2016; Shao, 2021; Shawly, 2022). پوشش گیاهی و فضاهای سبز، اثرات بر اکوسیستم و محدودسازی نفوذ توسعه به عرصه‌های طبیعی، نقش مستقیمی در حفاظت از محیط‌زیست طبیعی و کاهش تخریب زیستگاه‌ها دارند (Artmann *et al.*, 2017; OECD, 2018; Włoch-Szymła, 2019; Hautamäki *et al.*, 2024). همچنین، انسجام فضایی و اجرای اصول رشد هوشمند، با فراهم کردن هماهنگی میان سکونتگاه‌ها، خدمات و حمل‌ونقل، و تقویت فعالیت‌های متراکم، راهکاری مؤثر در کاهش پراکنده‌رویی و اثرات محیط‌زیستی ناشی از آن است (Mohammed and Alshuwaikhat, 2016; Gren *et al.*, 2018; Shawly, 2022). این چارچوب نظری، امکان تحلیل و ارزیابی علمی مؤلفه‌ها و سنجه‌هایی را فراهم می‌آورد که در یافته‌های تحقیق بررسی خواهند شد، و زمینه‌ای برای ارائه توصیه‌های سیاستی مبتنی بر شواهد برای مدیریت توسعه شهری فراهم می‌کند (Artmann *et al.*, 2019; Lopez-Aparicio, 2025). جدول ۱ متغیرهای مورد بررسی در تحقیق حاضر را نشان می‌دهد.

جدول ۱- متغیرهای مورد بررسی در تحقیق

Table 1. Variables examined in the study

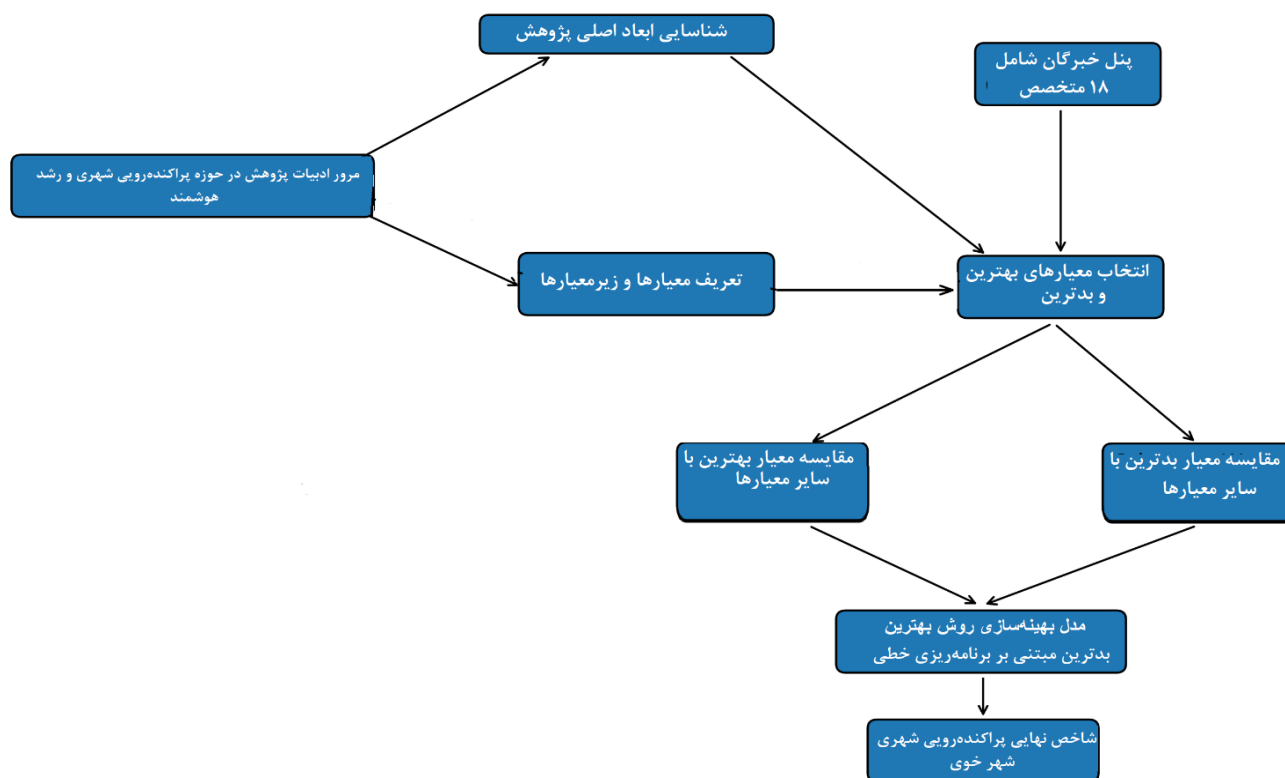
منابع	زیرسنجها	مؤلفه/شاخص	بعد
Artmann <i>et al.</i> , 2019; Song and Knaap, 2005	تعداد نفر در هکتار، تمرکز فعالیت‌ها	تراکم جمعیت	تراکم و کاربری زمین
Gren <i>et al.</i> , 2018; Jim, 2013	ترکیب مسکونی، خدماتی، تجاری	تنوع کاربری	تراکم و کاربری زمین
Mohammed and Alshuwaikhat, 2016; Shawly, 2022	فاصله تا مدارس، درمانگاه، مراکز فرهنگی	دسترسی به خدمات	دسترسی و حمل‌ونقل
Shao, 2021; Song and Knaap, 2005	طول متوسط سفر روزانه، استفاده از خودرو شخصی	وابستگی به خودرو	دسترسی و حمل‌ونقل

منابع	زیرسنجها	مؤلفه/شاخص	بعد
Hautamäki et al, 2024; Jim, 2013	درصد فضای سبز، تعداد پارکها و جنگلها	پوشش گیاهی و فضاهای سبز	محیط طبیعی و اکوسیستم
Wloch-Szymła, 2019; Artmann et al., 2017	کاهش زیستگاهها، تنوع زیستی، تاب آوری اکولوژیک	اثرات بر اکوسیستم	محیط طبیعی و اکوسیستم
Gren et al., 2018; OECD, 2018	هماهنگی مسکن، خدمات و شبکه حمل و نقل	انسجام فضایی	انسجام فضایی و رشد هوشمند
Mohammed and Alshuwaikhat, 2016; Shawly, 2022	تطابق با اصول رشد هوشمند، کاهش گسترش پراکنده	رشد هوشمند	انسجام فضایی و رشد هوشمند
OECD, 2018; Artmann et al., 2019	حفظ زمینهای کشاورزی و زیستگاهها	محدودسازی نفوذ به عرصه‌های طبیعی	حفاظت از محیط طبیعی
Lopez-Aparicio, 2025; Zhang et al., 2023	میزان انتشار Nox و CO2	آلودگی هوا و گازها	انتشار آلاینده‌ها و محیط زیست

سنجش زیرسنجۀ «اثرات بر اکوسیستم» با اتکا به تغییرات کاربری اراضی، کاهش پوشش‌های طبیعی و نفوذ توسعه شهری به عرصه‌های پیرامونی و براساس تحلیل‌های مکانی انجام شده است. همچنین، زیرسنجۀ «انتشار آلاینده‌ها» بر مبنای داده‌های آماری موجود، الگوی غالب سفرهای شهری و قضاوت خبرگان درباره‌ی پیامدهای محیط‌زیستی رشد پراکنده‌ی ارزیابی و به‌صورت شاخص نرمال شده در مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره وارد شده است.

روش‌شناسی پژوهش

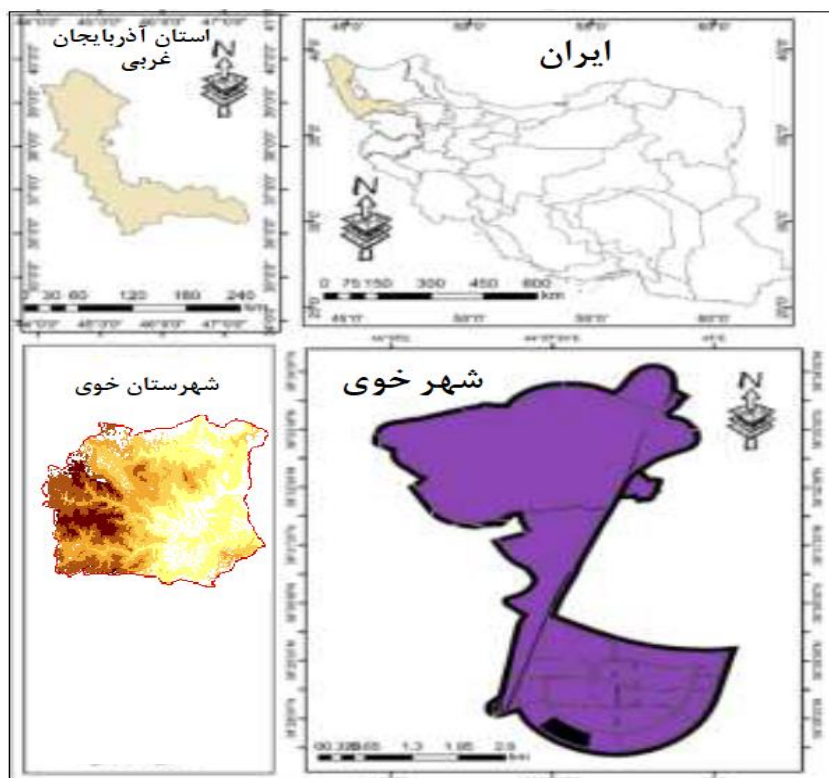
این پژوهش از نظر هدف کاربردی و از نظر ماهیت توصیفی-تحلیلی با رویکرد ترکیبی کیفی-کمی است که با هدف ارزیابی میزان پراکنده‌روی شهری در شهر خوی انجام شده است. چارچوب روش‌شناسی پژوهش بر تلفیق تحلیل فضایی-زمانی و روش تصمیم‌گیری چندمعیاره بهترین-بدترین (BWM) استوار است. در گام نخست، به‌منظور تشخیص وجود و ماهیت فضایی پراکنده‌روی شهری، نقشه‌های کاربری اراضی شهر خوی در چهار مقطع زمانی ۲۰۰۷، ۲۰۲۰، ۲۰۲۳ و ۲۰۲۵ با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای تهیه و پس از پردازش در محیط نرم‌افزار ArcGIS مورد تحلیل تطبیقی قرار گرفتند. این تحلیل امکان شناسایی الگوی کلی گسترش کالبدی شهر، شامل رشد افقی، ناپیوستگی فضایی و پراکنش لکه‌ای توسعه را فراهم کرد و به‌عنوان شواهد مکانی پایه برای مراحل بعدی پژوهش مورد استفاده قرار گرفت. در گام دوم، پس از تأیید فضایی-کالبدی وجود پراکنده‌روی شهری، مؤلفه‌ها و شاخص‌های مرتبط با این پدیده از طریق مطالعه ادبیات علمی و نظر خبرگان استخراج شد. جامعه آماری پژوهش شامل متخصصان حوزه‌های برنامه‌ریزی شهری، محیط‌زیست، حمل و نقل و مدیریت شهری شهر خوی است که به‌صورت هدفمند (خبره‌محور) انتخاب شدند. در مرحله وزن‌دهی شاخص‌ها، ۱۸ خبره با تحصیلات تکمیلی و تجربه مرتبط مشارکت داشتند. در گام سوم، برای تعیین اهمیت نسبی مؤلفه‌ها و اولویت‌بندی شاخص‌ها از روش بهترین-بدترین (BWM) استفاده شد. این روش به‌دلیل نیاز به مقایسه‌های کمتر و دقت بالاتر در استخراج وزن‌ها به‌کار گرفته شد. در نهایت، با تلفیق وزن‌های حاصل از BWM و مقادیر نرمال شده زیرشاخص‌ها، شاخص نهایی پراکنده‌روی شهری شهر خوی محاسبه شد که مبنایی برای تفسیر وضعیت الگوی رشد شهری و ارائه پیشنهادها و سیاستی و مدیریتی فراهم می‌آورد. شکل ۱، مراحل شناسایی معیارها، انتخاب معیارهای بهترین و بدترین، انجام مقایسه‌های زوجی و محاسبه وزن نهایی معیارها با روش بهترین-بدترین را نشان می‌دهد که در نهایت به استخراج شاخص نهایی پراکنده‌روی شهری شهر خوی منجر می‌شود.



شکل ۱- مدل مفهومی و چارچوب اجرایی ارزیابی پراکنده‌رویی شهری براساس روش بهترین-بدترین

Figure 1. Conceptual model and operational framework for evaluating urban sprawl based on the Best–Worst Method (BWM)

محدوده مورد بررسی: شهر خوی یکی از شهرهای پرجمعیت استان آذربایجان غربی است و پس از شهر ارومیه، بیشترین جمعیت شهری استان را به‌خود اختصاص داده است (شکل ۲). براساس نتایج سالنامه آماری عمومی نفوس و مسکن سال ۱۴۰۲، جمعیت شهر خوی برابر با ۲۱۲۹۰۰ نفر گزارش شده است. مساحت بافت فرسوده این شهر حدود ۱۱ هکتار است و به‌عنوان محدوده مورد مطالعه این پژوهش انتخاب شده است. تمرکز بر این محدوده به‌دلیل تراکم جمعیتی، فرسودگی کالبدی و نقش آن در ساختار فضایی شهر، امکان تحلیل دقیق‌تر مسائل و چالش‌های موجود را فراهم می‌سازد. در سال‌های اخیر، الگوی توسعه فضایی شهر خوی بیش از آنکه مبتنی بر اصول رشد هوشمند باشد، تحت تأثیر گسترش افقی و پراکنده‌رویی شهری قرار گرفته است. توسعه کالبدی شهر عمدتاً به‌سمت اراضی پیرامونی و حاشیه‌ای هدایت شده و این امر موجب افزایش فاصله کاربری‌ها، کاهش انسجام فضایی و وابستگی بیشتر به جابجایی‌های خودرومحور شده است. چنین الگویی، با اصول رشد هوشمند که بر فشردگی شهری، تنوع کاربری‌ها، دسترسی‌پذیری و استفاده بهینه از زمین تأکید دارد، همخوانی محدودی دارد. از سوی دیگر، ظرفیت‌های بالقوه‌ای برای تحقق رشد هوشمند در شهر خوی وجود دارد؛ به‌ویژه در محدوده‌های مرکزی و بافت‌های فرسوده که از زیرساخت‌های پایه شهری برخوردارند اما به‌دلیل فرسودگی کالبدی و کاهش کیفیت محیطی، کارکرد بهینه خود را از دست داده‌اند. بازآفرینی این بافت‌ها و هدایت توسعه شهری به درون شهر می‌تواند به کاهش پراکنده‌رویی، ارتقای کارایی فضایی و بهبود پایداری شهری در خوی منجر شود و زمینه حرکت تدریجی شهر به‌سمت الگوی رشد هوشمند را فراهم سازد (شکل ۲).



شکل ۲- موقعیت جغرافیایی شهر خوی در ایران، استان و شهرستان

Figure 2. Geographical location of Khoy city in Iran, at the provincial and county levels.

یافته‌های پژوهش و بحث

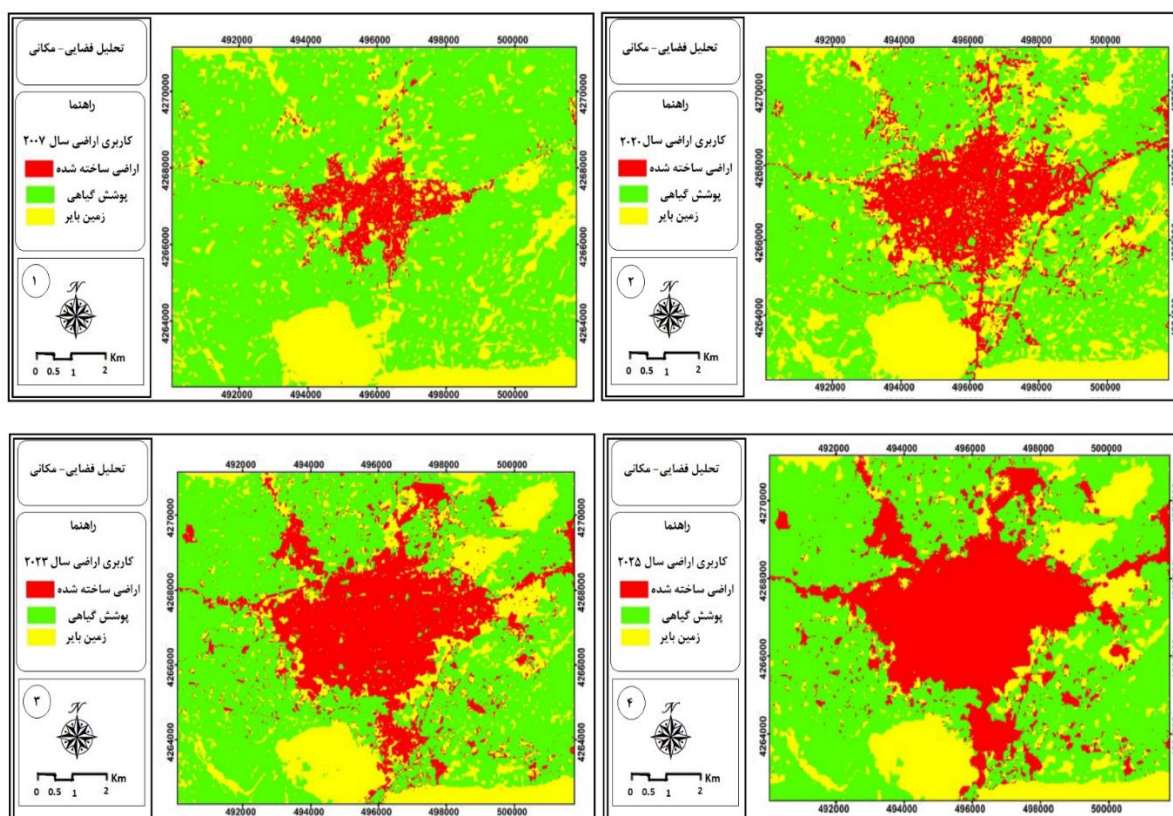
به‌منظور ارزیابی علمی پدیدهٔ پراکنده‌رویی شهری، ضروری است که پیش از ورود به تحلیل‌های ادراکی و کمی، شواهد عینی و فضایی گسترش کالبدی شهر مورد بررسی قرار گیرد. از این‌رو، در ابتدای بخش یافته‌ها، الگوی رشد فضایی-مکانی شهر خوی از طریق تحلیل نقشه‌های کاربری اراضی در مقاطع زمانی مختلف بررسی می‌شود تا وجود، ماهیت و روند پراکنده‌رویی شهری به‌صورت مستند تبیین گردد. این تحلیل فضایی مبنای منطقی تفسیر یافته‌های کیفی و نتایج کمی پژوهش در مراحل بعدی را فراهم می‌سازد.

تحلیل فضایی-مکانی نقشه‌های کاربری اراضی شهر خوی (۲۰۲۵-۲۰۰۷)

تحلیل تطبیقی نقشه‌های کاربری اراضی شهر خوی در چهار مقطع زمانی ۲۰۰۷، ۲۰۲۰، ۲۰۲۳ و ۲۰۲۵ نشان می‌دهد که الگوی گسترش کالبدی شهر در این بازهٔ زمانی از یک ساختار نسبتاً متمرکز به الگوی افقی، ناپیوسته و پراکنده تغییر یافته است. این تغییر الگو به‌صورت تدریجی اما پیوسته رخ داده و بیانگر شکل‌گیری و تثبیت پراکنده‌رویی شهری در ساخت فضایی شهر خوی است. در مقطع ۲۰۰۷، اراضی ساخته‌شده عمدتاً در هستهٔ مرکزی شهر متمرکز بوده و توسعهٔ کالبدی در پیرامون شهر به‌صورت محدود و نسبتاً پیوسته مشاهده می‌شود. در این دوره، هنوز مرز مشخصی میان بافت شهری و اراضی پیرامونی قابل تشخیص است و لکه‌های ساختمانی منفصل در حاشیه‌ها گسترده‌تری ندارند. در مقطع ۲۰۲۰، الگوی توسعهٔ شهری دچار تغییر محسوس می‌شود. گسترش اراضی ساخته‌شده به‌سمت پیرامون شهر تشدید شده و لکه‌های ساختمانی ناپیوسته در حاشیه‌ها و در امتداد محورهای ارتباطی ظاهر می‌گردند. این وضعیت نشان‌دهندهٔ آغاز کاهش انسجام فضایی و حرکت شهر به‌سمت توسعه افقی و پراکنده است. در مقطع ۲۰۲۳، این روند شدت بیشتری می‌یابد. افزایش سطح اراضی ساخته‌شده در خارج از هستهٔ مرکزی، نفوذ کالبدی به اراضی بایر و پوشش‌های طبیعی و شکل‌گیری توسعه‌های خطی در راستای شریان‌های اصلی به‌وضوح قابل مشاهده است. در این

مرحله، پیوستگی فضایی بافت شهری بیش از پیش تضعیف شده و الگوی رشد لکه‌ای به یکی از ویژگی‌های غالب توسعه شهر تبدیل می‌شود.

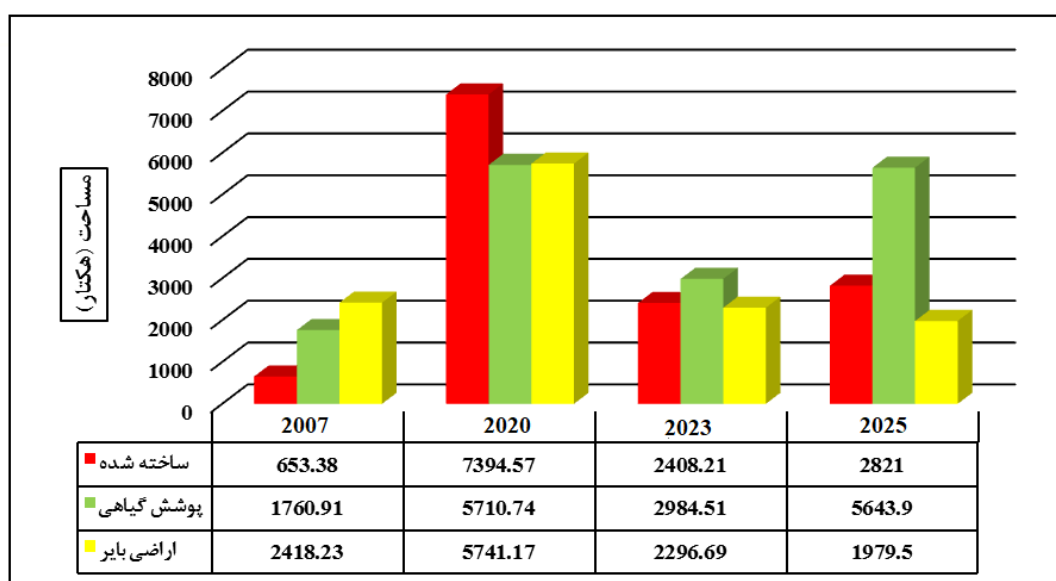
در نهایت، در مقطع ۲۰۲۵، الگوی پراکنده‌رویی شهری به صورت تثبیت شده نمایان می‌شود. هسته مرکزی شهر به طور قابل توجهی گسترش یافته، اما همزمان توسعه‌های ناپیوسته و منفصل در پیرامون شهر تداوم یافته‌اند. این همزمانی گسترش هسته و توسعه‌های پراکنده پیرامونی بیانگر آن است که رشد شهری خوی عمدتاً مبتنی بر مصرف زمین، گسترش افقی و نفوذ به اراضی پیرامونی بوده و از الگوی رشد فشرده و درون‌زا فاصله گرفته است. در مجموع، شواهد فضایی-مکانی حاصل از تحلیل این نقشه‌ها نشان می‌دهد که پراکنده‌رویی شهری در شهر خوی نه یک پدیده مقطعی، بلکه یک فرآیند ساختاری و تشدیدشونده در بازه زمانی ۲۰۰۷ تا ۲۰۲۵ بوده است. این یافته‌ها مبنای عینی و مکانی لازم برای تفسیر نتایج کیفی خبرگان و تحلیل‌های کمی بعدی پژوهش را فراهم می‌سازد. شکل ۳ تغییرات کاربری اراضی شهر خوی را در چهار مقطع زمانی ۲۰۰۷، ۲۰۲۰، ۲۰۲۳ و ۲۰۲۵ نشان می‌دهد. مقایسه نقشه‌ها بیانگر گسترش افقی شهر، ظهور توسعه‌های ناپیوسته و لکه‌ای در پیرامون هسته مرکزی و کاهش انسجام فضایی بافت شهری است که به عنوان شواهد فضایی-مکانی، وجود و تثبیت الگوی پراکنده‌رویی شهری در شهر خوی را تأیید می‌کند.



شکل ۳. تحلیل فضایی-زمانی گسترش کالبدی و الگوی پراکنده‌رویی شهری در شهر خوی (۲۰۰۷-۲۰۲۵)
Figure 3. Spatio-temporal analysis of physical expansion and the pattern of urban sprawl in Khoy city

تحلیل تغییرات کمی مساحت کاربری‌های اراضی شهر خوی: به منظور تکمیل و پشتیبانی کمی از تحلیل فضایی-مکانی ارائه شده در بخش قبل، در این قسمت تغییرات مساحت کاربری‌های اصلی اراضی شهر خوی شامل اراضی ساخته شده، پوشش گیاهی و اراضی بایر در بازه زمانی ۲۰۰۷ تا ۲۰۲۵ مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این تحلیل در قالب نمودار تغییرات مساحتی ارائه شده و امکان ارزیابی شدت و جهت مصرف زمین در فرآیند گسترش شهری را فراهم می‌سازد. بررسی داده‌های مساحتی نشان می‌دهد که اراضی ساخته شده از حدود ۶۵۳ هکتار در سال ۲۰۰۷ به ۷۳۹۵ هکتار در سال ۲۰۲۰ افزایش یافته است. این جهش قابل توجه، بیانگر یک دوره رشد شدید کالبدی و مصرف گسترده زمین در بازه زمانی مذکور است که با گسترش افقی شهر و نفوذ توسعه به اراضی پیرامونی همراه بوده است. چنین افزایشی از نظر مساحتی نشان‌دهنده فشار بالای توسعه شهری بر منابع زمین و

فاصله گرفتن شهر از الگوی رشد فشرده است. در سال ۲۰۲۳، مساحت اراضی ساخته شده به حدود ۲۴۰۸ هکتار کاهش یافته است. این کاهش می‌تواند ناشی از تغییر در محدوده مطالعه، بازنگری در طبقه‌بندی کاربری‌ها یا تمرکز نسبی توسعه در بخش‌هایی از شهر باشد. با این حال، روند کلی در سال ۲۰۲۵ مجدداً افزایشی شده و مساحت اراضی ساخته شده به حدود ۲۸۲۱ هکتار رسیده است که نشان می‌دهد گرایش به توسعه کالبدی و مصرف زمین در سال‌های اخیر همچنان تداوم دارد، هرچند با شدت کمتر نسبت به دوره اوج رشد. در مقابل، پوشش گیاهی نوسانات محسوسی را تجربه کرده است. مساحت این کاربری از حدود ۱۷۶۱ هکتار در سال ۲۰۰۷ به ۵۷۱۱ هکتار در سال ۲۰۲۰ افزایش یافته که می‌تواند بازتاب‌دهنده تغییرات کاربری پیرامونی یا ثبت پهنه‌های طبیعی در محدوده مطالعه باشد. با این حال، در سال ۲۰۲۳ پوشش گیاهی به حدود ۲۹۸۵ هکتار کاهش یافته و سپس در سال ۲۰۲۵ مجدداً افزایش پیدا کرده و به حدود ۵۶۴۴ هکتار رسیده است. این نوسانات بیانگر بی‌ثباتی در الگوی حفاظت از اراضی طبیعی و تأثیرپذیری آن از روندهای توسعه شهری است. اراضی بایر نیز از حدود ۲۴۱۸ هکتار در سال ۲۰۰۷ به ۵۷۴۱ هکتار در سال ۲۰۲۰ افزایش یافته‌اند که نشان‌دهنده آماده‌سازی و تبدیل تدریجی این اراضی برای توسعه‌های بعدی است. در سال ۲۰۲۳، مساحت اراضی بایر به حدود ۲۲۹۷ هکتار کاهش یافته و در سال ۲۰۲۵ به حدود ۱۹۸۰ هکتار رسیده است. این کاهش تدریجی بیانگر آن است که بخش قابل توجهی از اراضی بایر در دوره‌های اخیر به توسعه‌های کالبدی شهری اختصاص یافته‌اند. در مجموع، تحلیل تغییرات مساحتی کاربری‌های اراضی نشان می‌دهد که رشد شهری خوی در بازه زمانی ۲۰۰۷ تا ۲۰۲۵ با افزایش مصرف زمین، نوسان در کاربری‌های طبیعی و کاهش تدریجی اراضی بایر همراه بوده است. این الگو، در کنار شواهد فضایی-مکانی نقشه‌ها، بیانگر غلبه نسبی توسعه افقی و ناپایدار بر الگوی رشد فشرده و درون‌زا بوده و از نظر مساحتی نیز وقوع و تداوم پراکنده‌رویی شهری در شهر خوی را تأیید می‌کند. شکل ۴ تغییرات مساحت کاربری‌های اصلی اراضی شهر خوی شامل اراضی ساخته شده، پوشش گیاهی و اراضی بایر را در چهار مقطع زمانی ۲۰۰۷، ۲۰۲۰، ۲۰۲۳ و ۲۰۲۵ (برحسب هکتار) نشان می‌دهد. نمودار بیانگر افزایش قابل توجه اراضی ساخته شده در کنار نوسانات پوشش گیاهی و کاهش تدریجی اراضی بایر است که به‌عنوان شواهد کمی، روند مصرف زمین و گسترش افقی شهر را تأیید کرده و مکمل تحلیل فضایی-مکانی الگوی پراکنده‌رویی شهری در شهر خوی محسوب می‌شود. بدین ترتیب، تحلیل فضایی-مکانی و بررسی تغییرات کمی مساحت کاربری‌های اراضی نشان داد که پراکنده‌رویی شهری در شهر خوی به‌عنوان یک الگوی واقعی و قابل مشاهده در ساخت فضایی شهر شکل گرفته است. در ادامه، به‌منظور تبیین علل، سازوکارها و پیامدهای این الگوی رشد، دیدگاه‌های کیفی خبرگان مورد بررسی قرار می‌گیرد. این یافته‌های کیفی، زمینه مفهومی لازم برای اجرای مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره و تفسیر نتایج کمی بعدی پژوهش را فراهم می‌سازد.



شکل ۴- تغییرات مساحت کاربری‌های اصلی اراضی شهر خوی در دوره زمانی ۲۰۰۷-۲۰۲۵

Figure 4. Changes in the area of main land use types in Khoy city during the period 2007–2025

در راستای تبیین زمینه مفهومی و ادراکی پراکنده‌رویی شهری در شهر خوی، پیش از ارائه نتایج کمی و جدول‌های حاصل از روش بهترین-بدترین، دیدگاه‌های کیفی خبرگان مورد بررسی قرار گرفت. این بخش به انعکاس برداشت‌ها، قضاوت‌های تخصصی و ارزیابی‌های ادراکی خبرگان درباره ماهیت، عوامل و پیامدهای پراکنده‌رویی شهری اختصاص دارد که از طریق پرسش‌های باز و نیمه‌ساخت‌یافته در قالب پرسشنامه خبره گردآوری شده‌اند. هدف از ارائه این یافته‌های کیفی، سفاف‌سازی منطق انتخاب مؤلفه‌ها و فراهم کردن پیوندی مفهومی میان دیدگاه‌های خبرگان و نتایج کمی حاصل از وزن‌دهی و محاسبه شاخص پراکنده‌رویی شهری است. بدین ترتیب، یافته‌های کیفی حاضر به‌عنوان مبنای مفهومی تحلیل‌های کمی عمل کرده و زمینه لازم برای تفسیر نتایج عددی در بخش‌های بعدی را فراهم می‌سازد.

– یافته‌های کیفی: سؤالات مطرح‌شده برای خبرگان و جمع‌بندی پاسخ‌ها

سؤال ۱: از دیدگاه شما، مهم‌ترین عامل شکل‌گیری پراکنده‌رویی شهری در شهر خوی چیست؟

پاسخ‌های خبرگان نشان می‌دهد که اغلب آنها ضعف در الگوی توزیع کاربری‌های شهری و تمرکز نامتوازن خدمات را عامل اصلی پراکنده‌رویی در شهر خوی می‌دانند. به‌گفته خبرگان، گسترش فعالیت‌های خدماتی و تجاری در نقاط محدود و محرومیت بخش‌هایی از شهر از دسترسی مناسب، موجب کشیده‌شدن توسعه به‌سمت حاشیه‌ها شده است.

سؤال ۲: نقش تراکم جمعیتی را در وضعیت کنونی رشد شهری خوی چگونه ارزیابی می‌کنید؟

بیشتر خبرگان معتقدند که تراکم پایین و پراکنده در برخی پهنه‌های شهری، انسجام فضایی شهر خوی را تضعیف کرده است. از دید آنها، نبود تراکم کارآمد موجب افزایش فاصله میان کاربری‌ها و کاهش بهره‌وری زیرساخت‌های موجود شده است.

سؤال ۳: دسترسی به خدمات شهری چه نقشی در پراکنده‌رویی شهر خوی دارد؟

خبرگان تأکید کرده‌اند که دسترسی نابرابر به خدمات شهری یکی از عوامل کلیدی در افزایش جابجایی‌های درون‌شهری است. این وضعیت به‌ویژه در محلات پیرامونی موجب وابستگی بیشتر به سفرهای طولانی و توسعه افقی شهر شده است.

سؤال ۴: وابستگی به خودرو را علت می‌دانید یا پیامد پراکنده‌رویی؟

اکثریت خبرگان وابستگی به خودرو را پیامد ساختار فضایی شهر خوی دانسته‌اند، نه عامل اولیه. از نظر آنها، نبود کاربری‌های مختلط و ضعف دسترسی پیاده‌محرور، شهروندان را ناگزیر به استفاده از خودرو کرده است.

سؤال ۵: پیامدهای محیط‌زیستی پراکنده‌رویی در شهر خوی از نظر شما چیست؟

خبرگان کاهش کیفیت محیطی، فشار بر اراضی پیرامونی و تهدید فضاهای طبیعی اطراف شهر را از مهم‌ترین پیامدهای تداوم الگوی رشد افقی در شهر خوی عنوان کرده‌اند.

سؤال ۶: مهم‌ترین راهکار کنترل پراکنده‌رویی در شهر خوی چیست؟

در جمع‌بندی پاسخ‌ها، خبرگان بر هدایت توسعه به‌سمت درون شهر، تقویت کاربری‌های مختلط، افزایش تراکم کارآمد و بازآفرینی بافت‌های ناکارآمد شهری تأکید کرده‌اند. براساس پاسخ‌های کیفی خبرگان، مؤلفه‌های استخراج‌شده در قالب مقایسه‌های زوجی روش بهترین-بدترین کمی‌سازی شده و نتایج آن ارائه شده است. براساس جدول ۱، فرآیند وزن‌دهی شاخص‌ها با مشارکت ۱۸ متخصص انجام شده است که از این میان ۹ نفر دارای مدرک دکتری و ۹ نفر دارای مدرک کارشناسی ارشد هستند. این توزیع نشان می‌دهد که صد درصد خبرگان از تحصیلات تحصیلات تکمیلی برخوردار بوده‌اند که اعتبار علمی قضاوت‌ها را تقویت می‌کند. از نظر سابقه کاری، حداقل سابقه برابر ۹ سال و حداکثر سابقه برابر ۲۲ سال گزارش شده است و میانگین سابقه بیش از ۱۴ سال برآورد می‌شود که بیانگر تجربه عملی قابل توجه خبرگان در حوزه توسعه شهری است. همچنین ۸ نفر از خبرگان در دانشگاه‌ها، ۶ نفر در شهرداری و ۴ نفر در بخش مشاوره فعالیت دارند که نشان‌دهنده توازن میان دیدگاه‌های نظری و اجرایی است. این ترکیب باعث شده است قضاوت‌ها صرفاً دانشگاهی یا صرفاً مدیریتی نباشد. تعداد خبرگان انتخاب‌شده، مطابق با استانداردهای روش BMW و مطالعات پیشین، برای دستیابی به وزن‌های پایا و کم‌ناسازگار کافی ارزیابی می‌شود و جدول ۱ نشان می‌دهد که پایه تصمیم‌گیری پژوهش از نظر کمی و کیفی قابل اتکا است.

جدول ۱- مشخصات خبرگان مشارکت کننده در پژوهش

Table 1. Characteristics of the experts participating in the study

ردیف	حوزه تخصصی	محل فعالیت	سطح تحصیلات	سابقه کاری (سال)
۱	برنامه ریزی شهری	دانشگاه	دکتری	۱۸
۲	برنامه ریزی شهری	شهرداری	کارشناسی ارشد	۱۵
۳	محیط زیست شهری	اداره محیط زیست	دکتری	۱۴
۴	حمل و نقل شهری	شهرداری	کارشناسی ارشد	۱۲
۵	برنامه ریزی منطقه ای	دانشگاه	دکتری	۲۰
۶	طراحی شهری	دانشگاه	دکتری	۱۶
۷	مدیریت شهری	شهرداری	کارشناسی ارشد	۱۳
۸	محیط زیست	مشاور	کارشناسی ارشد	۱۱
۹	حمل و نقل	مشاور	کارشناسی ارشد	۱۰
۱۰	برنامه ریزی شهری	مشاور	دکتری	۱۷
۱۱	توسعه شهری	شهرداری	کارشناسی ارشد	۱۴
۱۲	محیط زیست	دانشگاه	دکتری	۱۹
۱۳	برنامه ریزی شهری	دانشگاه	دکتری	۲۲
۱۴	حمل و نقل	دانشگاه	دکتری	۱۵
۱۵	توسعه پایدار	مشاور	کارشناسی ارشد	۱۲
۱۶	برنامه ریزی شهری	شهرداری	کارشناسی ارشد	۹
۱۷	محیط زیست	مشاور	کارشناسی ارشد	۱۳
۱۸	مدیریت شهری	دانشگاه	دکتری	۱۸

جدول ۲ نشان می دهد که ساختار نهایی مدل شامل ۵ بعد اصلی و ۱۰ مؤلفه است. بیشترین تعداد مؤلفه مربوط به بعد «تراکم و کاربری زمین» و «دسترسی و حمل و نقل» است که هر یک شامل ۲ مؤلفه هستند. این موضوع بیانگر تمرکز ادبیات علمی و نظر خبرگان بر نقش ساختار فضایی و دسترسی در شکل گیری پراکنده رویی شهری است. در مقابل، ابعاد «حفاظت محیط طبیعی» و «انتشار آلاینده ها» هر کدام تنها با یک مؤلفه نشان می دهد این ابعاد بیشتر به عنوان پیامدهای رشد شهری در نظر گرفته شده اند تا عوامل اولیه. توزیع نسبتاً متعادل مؤلفه ها میان ابعاد، امکان تحلیل جامع پراکنده رویی را فراهم کرده و مانع از تمرکز افراطی بر یک جنبه خاص شده است. جدول ۲ در واقع چارچوب تحلیلی کمی پژوهش را تثبیت می کند و نشان می دهد که مدل تصمیم گیری بر پایه مجموعه ای محدود اما معنی دار از متغیرها بنا شده است.

جدول ۲. ابعاد و مؤلفه های نهایی مورد استفاده در مدل BWM

Table 2. Final dimensions and components used in the BWM model

ردیف	بعد	مؤلفه
۱	تراکم و کاربری زمین	تراکم جمعیت
۲	تراکم و کاربری زمین	تنوع کاربری
۳	دسترسی و حمل و نقل	دسترسی به خدمات
۴	دسترسی و حمل و نقل	وابستگی به خودرو
۵	محیط طبیعی و اکوسیستم	پوشش گیاهی و فضاهاى سبز
۶	محیط طبیعی و اکوسیستم	اثرات بر اکوسیستم
۷	انسجام فضایی و رشد هوشمند	انسجام فضایی
۸	انسجام فضایی و رشد هوشمند	رشد هوشمند
۹	حفاظت محیط طبیعی و آلاینده ها	محدودسازی نفوذ به عرصه های طبیعی
۱۰	حفاظت محیط طبیعی و آلاینده ها	آلودگی هوا و گازها

براساس جدول ۳، مؤلفه «دسترسی به خدمات» با ۵ بار انتخاب به‌عنوان بهترین بیشترین اهمیت ادراکی را نزد خبرگان دارد، در حالی که مؤلفه «وابستگی به خودرو» با ۶ بار انتخاب به‌عنوان بدترین بیشترین اثر منفی را از دید متخصصان نشان می‌دهد. مؤلفه «تراکم جمعیت» با ۴ بار انتخاب به‌عنوان بهترین در رتبه دوم قرار گرفته که اهمیت الگوی استقرار جمعیت را برجسته می‌کند. در مقابل، مؤلفه‌هایی مانند «محدودسازی نفوذ به عرصه‌های طبیعی» و «آلودگی هوا و گازها» هیچ انتخابی به‌عنوان بهترین نداشته‌اند که نشان می‌دهد این متغیرها بیشتر به‌عنوان پیامدهای ساختاری در نظر گرفته شده‌اند. پراکندگی انتخاب‌ها میان سایر مؤلفه‌ها بیانگر نگاه چندبعدی خبرگان است. این نتایج جهت مقایسه‌های زوجی در روش BWM را مشخص کرده و مبنای عددی وزن‌دهی نهایی را فراهم می‌کند.

جدول ۳- انتخاب معیار بهترین و بدترین توسط خبرگان خروجی اولیه (BWM)

Table 3. Selection of the best and worst criteria by experts — initial BWM output

ردیف	مؤلفه	تعداد انتخاب به‌عنوان بهترین	تعداد انتخاب به‌عنوان بدترین
۱	تراکم جمعیت	۴	۱
۲	تنوع کاربری	۳	۱
۳	دسترسی به خدمات	۵	۰
۴	وابستگی به خودرو	۱	۶
۵	پوشش گیاهی و فضاهای سبز	۲	۱
۶	اثرات بر اکوسیستم	۱	۳
۷	انسجام فضایی	۱	۲
۸	رشد هوشمند	۱	۱
۹	محدودسازی نفوذ به عرصه‌های طبیعی	۰	۲
۱۰	آلودگی هوا و گازها	۰	۱

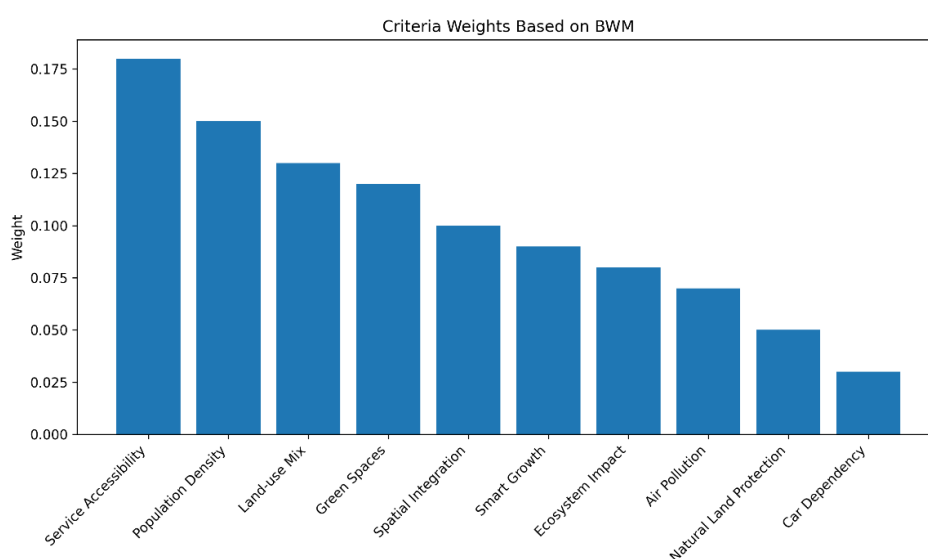
مطابق جدول ۴، بیشترین وزن نهایی برابر ۰/۱۸ به مؤلفه «دسترسی به خدمات» اختصاص یافته است که نشان می‌دهد این عامل اصلی‌ترین متغیر در ارزیابی پراکنده‌رویی شهر خوی است. پس از آن، «تراکم جمعیت» با وزن ۰/۱۵ و «تنوع کاربری» با وزن ۰/۱۳ قرار دارند که در مجموع بیش از ۴۶ درصد از کل وزن مدل را به‌خود اختصاص می‌دهند. این موضوع نقش غالب ساختار فضایی شهر را نشان می‌دهد. در مقابل، مؤلفه «وابستگی به خودرو» با وزن ۰/۰۳ کمترین سهم را دارد که بیانگر ماهیت وابسته و ثانویه این متغیر نسبت به سایر مؤلفه‌هاست. فاصله تدریجی وزن‌ها از ۰/۱۸ تا ۰/۰۳ نشان می‌دهد که مدل وزن‌دهی فاقد تمرکز افراطی بوده و ساختاری متوازن دارد.

جدول ۴- وزن نهایی مؤلفه‌ها براساس روش بهترین-بدترین (BWM)

Table 4. Final weights of the components based on the Best–Worst Method (BWM)

ردیف	مؤلفه	وزن نهایی
۱	دسترسی به خدمات	0.18
۲	تراکم جمعیت	0.15
۳	تنوع کاربری	0.13
۴	پوشش گیاهی و فضاهای سبز	0.12
۵	انسجام فضایی	0.1
۶	رشد هوشمند	0.09
۷	اثرات بر اکوسیستم	0.08
۸	آلودگی هوا و گازها	0.07
۹	محدودسازی نفوذ به عرصه‌های طبیعی	0.05
۱۰	وابستگی به خودرو	0.03

شکل ۴ توزیع وزن ابعاد اصلی پراکنده‌روی شهری در شهر خوی را نشان می‌دهد و بیانگر نقش غالب ابعاد تراکم، دسترسی و محیط طبیعی در شکل‌گیری الگوی رشد شهری است. براساس جدول ۵، بعد «تراکم و کاربری زمین» با وزن ۰/۲۸ بالاترین اهمیت را دارد. پس از آن، بعد «دسترسی و حمل‌ونقل» با وزن ۰/۲۱ و «محیط طبیعی و اکوسیستم» با وزن ۰/۲ قرار گرفته‌اند. اختلاف اندک میان این سه بعد نشان می‌دهد که پراکنده‌روی شهری در خوی نتیجه تعامل چندبعدی است. بعد «انسجام فضایی و رشد هوشمند» با وزن ۰/۱۹ نقش مکمل دارد، در حالی که بعد «حفاظت محیط طبیعی و آلاینده‌ها» با وزن ۰/۱۲ کمترین سهم را دارد. مجموع وزن چهار بعد اول برابر ۰/۸۸ است که نشان می‌دهد تمرکز اصلی مدل بر عوامل ساختاری و فضایی است. شکل ۵ مقایسه نسبی ابعاد اصلی پراکنده‌روی شهری در شهر خوی را نشان می‌دهد و بیانگر تفاوت میزان اثرگذاری هر بُعد در الگوی رشد فضایی شهر است. نتایج حاکی از نقش پررنگ‌تر ابعاد مرتبط با تراکم، کاربری زمین و دسترسی در مقایسه با سایر ابعاد بوده و عدم تعادل موجود میان مؤلفه‌های رشد شهری را به‌خوبی نمایان می‌سازد (شکل ۶).



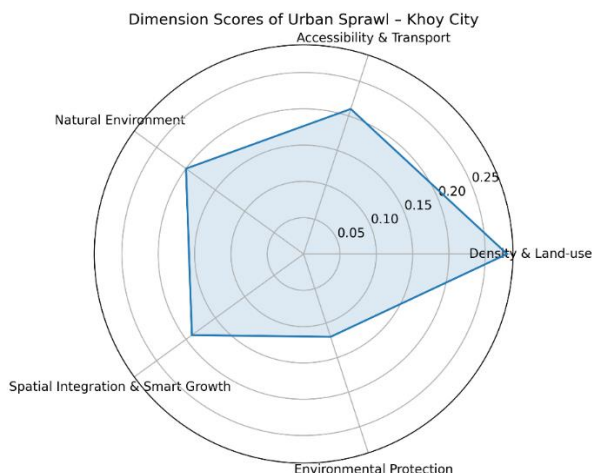
شکل ۵- وزن ابعاد پراکنده‌روی شهری بر اساس روش بهترین-بدترین

Figure 5. Weights of urban sprawl dimensions based on the Best–Worst Method (BWM)

جدول ۵- وزن نهایی ابعاد اصلی پژوهش

Table 5. Table 5. Final weights of the main research dimensions

ردیف	بعد	وزن
۱	تراکم و کاربری زمین	0.28
۲	دسترسی و حمل‌ونقل	0.21
۳	محیط طبیعی و اکوسیستم	0.2
۴	انسجام فضایی و رشد هوشمند	0.19
۵	حفاظت محیط طبیعی و آلاینده‌ها	0.12



شکل ۶- وضعیت نسبی ابعاد پراکنده‌رویی شهری در شهر خوی

Figure 6. Relative status of urban sprawl dimensions in Khoy city

مطابق جدول ۶، تراکم جمعیت شهر خوی برابر ۹۶ نفر در هکتار است که سطحی متوسط را نشان می‌دهد. نسبت تنوع کاربری برابر ۰/۴۲ بیانگر غلبه کاربری‌های تک‌عملکردی است. فاصله متوسط دسترسی به خدمات برابر ۶۸۰ متر و سهم استفاده از خودرو شخصی برابر ۶۲ درصد است که بیانگر وابستگی بالای سفرهای شهری به خودرو است. سرانه فضای سبز برابر ۷/۴ مترمربع بوده که پایین‌تر از استانداردهای مطلوب شهری است. مقدار شاخص کاهش زیستگاه برابر ۰/۳۸ و انتشار سرانه CO₂ برابر ۴/۱ تن نشان می‌دهد که پیامدهای محیط‌زیستی پراکنده‌رویی در سطح قابل توجهی قرار دارند. این مقادیر خام مبنای نرمال‌سازی و محاسبه شاخص نهایی قرار گرفته‌اند.

جدول ۶- مقادیر خام زیرسنجه‌ها در مقیاس کل شهر خوی

Table 6. Raw values of sub-indices at the scale of Khoy city

مقدار خام	زیرسنجه	مؤلفه	ردیف
96	تعداد نفر در هکتار	تراکم جمعیت	۱
0.42	نسبت کاربری‌های مختلط	تنوع کاربری	۲
680	فاصله متوسط تا خدمات (متر)	دسترسی به خدمات	۳
62	درصد استفاده از خودرو شخصی	وابستگی به خودرو	۴
7.4	سرانه فضای سبز (مترمربع)	پوشش گیاهی و فضاهای سبز	۵
0.38	شاخص کاهش زیستگاه	اثرات بر اکوسیستم	۶
0.46	شاخص پیوستگی فضایی	انسجام فضایی	۷
0.41	میزان انطباق با اصول رشد هوشمند	رشد هوشمند	۸
54	درصد حفاظت اراضی پیرامونی	محدودسازی نفوذ به عرصه‌های طبیعی	۹
4.1	انتشار سرانه CO ₂ (تن)	آلودگی هوا و گازها	۱۰

براساس جدول ۷، مقادیر نرمال‌شده نشان می‌دهد که وضعیت شهر خوی در میان مؤلفه‌های مختلف یکنواخت نیست و نوسان معنی‌داری دارد. بیشترین مقدار نرمال‌شده مربوط به «دسترسی به خدمات» با مقدار ۰/۷۲ است که نشان می‌دهد علی‌رغم فاصله متوسط ۶۸۰ متر در داده‌های خام، وضعیت نسبی دسترسی خوی در مقایسه با دامنه مرجع قابل قبول ارزیابی شده است. پس از آن، «تراکم جمعیت» با مقدار ۰/۶۴ و «محدودسازی نفوذ به عرصه‌های طبیعی» با مقدار ۰/۶ قرار دارند که بیانگر آن است که شدت پراکنده‌رویی در این مؤلفه‌ها در سطح متوسط قرار دارد. در مقابل، کمترین مقدار نرمال‌شده مربوط به «وابستگی به خودرو» با مقدار ۰/۳۴ است که نشان‌دهنده وضعیت نامطلوب و وابستگی بالای ساختار فضایی شهر به حمل‌ونقل خودرومحور است. همچنین، مقدار ۰/۴۱ برای «اثرات بر اکوسیستم» و ۰/۴۵ برای «آلودگی هوا و گازها» بیانگر آن است که پیامدهای محیط‌زیستی

رشد شهری در خوی در سطحی قابل توجه اما نه بحرانی قرار دارد. جدول ۷ نقش واسط مهمی میان داده‌های خام جدول ۶ و محاسبات وزنی جدول ۸ ایفا می‌کند و امکان مقایسه مستقیم مؤلفه‌ها را در یک مقیاس مشترک فراهم می‌سازد.

جدول ۷- مقادیر نرمال شده زیرسنجه‌ها

Table 7. Normalized values of the sub-indices

مقدار نرمال شده	مؤلفه	ردیف
0.64	تراکم جمعیت	۱
0.58	تنوع کاربری	۲
0.72	دسترسی به خدمات	۳
0.34	وابستگی به خودرو	۴
0.52	پوشش گیاهی و فضاهای سبز	۵
0.41	اثرات بر اکوسیستم	۶
0.56	انسجام فضایی	۷
0.53	رشد هوشمند	۸
0.6	محدودسازی نفوذ به عرصه‌های طبیعی	۹
0.45	آلودگی هوا و گازها	۱۰

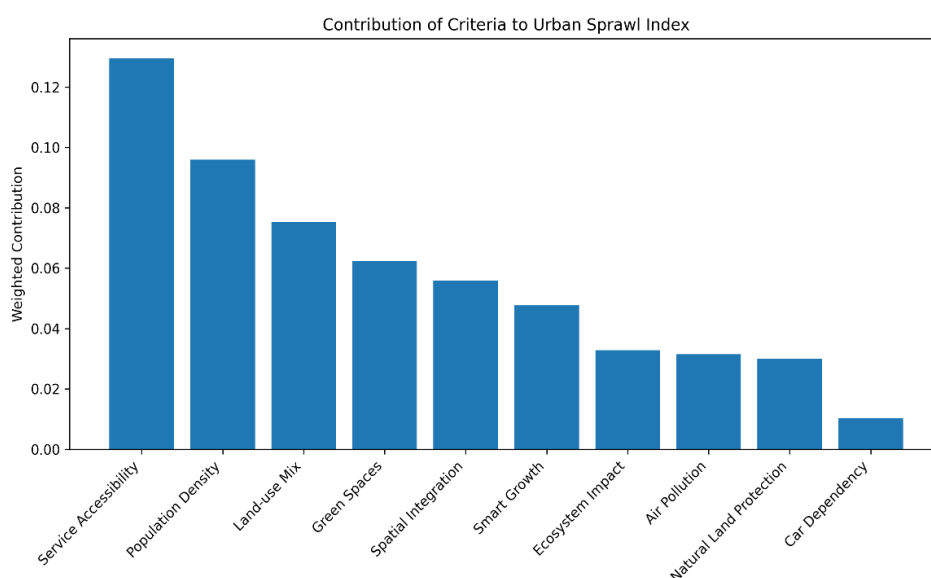
جدول ۸ با ترکیب وزن‌های استخراج شده از روش BWM و مقادیر نرمال شده، سهم واقعی هر مؤلفه در شکل‌گیری پراکنده‌رویی شهری شهر خوی را مشخص می‌کند. بالاترین امتیاز وزنی برابر ۰/۱۲۹ مربوط به «دسترسی به خدمات» است که حاصلضرب وزن ۰/۱۸ در مقدار نرمال شده ۰/۷۲ است و نشان می‌دهد این مؤلفه بیشترین تأثیر را در شاخص نهایی دارد. پس از آن، «تراکم جمعیت» با امتیاز ۰/۰۹۶ و «تنوع کاربری» با امتیاز ۰/۰۷۵ قرار گرفته‌اند که در مجموع بیش از ۵۲ درصد از امتیاز نهایی را تشکیل می‌دهند. این موضوع نشان می‌دهد که ساختار فضایی شهر خوی نقش غالبی در پراکنده‌رویی دارد. در مقابل، «وابستگی به خودرو» با امتیاز وزنی ۰/۰۱۰ کمترین سهم را دارد که ناشی از وزن پایین ۰/۰۳ و مقدار نرمال شده ۰/۳۴ است. مؤلفه‌های محیط‌زیستی مانند «اثرات بر اکوسیستم» با امتیاز ۰/۰۳۳ و «آلودگی هوا» با ۰/۰۳۲ سهمی متوسط اما معنی‌دار دارند. جدول ۸ به صورت شفاف نشان می‌دهد کدام مؤلفه‌ها بیشترین نقش را در تشدید یا کنترل پراکنده‌رویی شهری ایفا می‌کنند. شکل ۵ سهم نسبی هر مؤلفه را در محاسبه شاخص نهایی پراکنده‌رویی شهری نشان می‌دهد که از تلفیق وزن‌های روش بهترین-بدترین و مقادیر نرمال شده شاخص‌ها حاصل شده است. نتایج بیانگر نقش غالب مؤلفه‌های مرتبط با ساختار فضایی و دسترسی در شکل‌گیری وضعیت موجود شهر خوی است و مبنای اولویت‌بندی مداخلات برنامه‌ریزی شهری را فراهم می‌کند.

بر اساس جدول ۹، و شکل ۷ مجموع امتیاز وزنی مؤلفه‌ها برابر ۰/۵۷ محاسبه شده است که بیانگر قرارگیری شهر خوی در سطح «متوسط رو به بالا» از نظر پراکنده‌رویی شهری است. این مقدار نشان می‌دهد که ساختار فضایی شهر نه کاملاً منطبق با الگوی رشد هوشمند است و نه در وضعیت پراکنده‌رویی شدید قرار دارد، بلکه در وضعیت بینابینی و ناپایدار به سر می‌برد. مقدار ۰/۵۷۱ حاصل انباشت امتیازهای وزنی جدول ۸ است که در آن مؤلفه‌های دسترسی، تراکم و تنوع کاربری نقش غالب داشته‌اند. فاصله این مقدار از حد میانی ۰/۵ نشان می‌دهد که در صورت تداوم روندهای موجود، احتمال حرکت شهر به سمت پراکنده‌رویی شدید وجود دارد. از سوی دیگر، پایین تر بودن امتیاز از سطوح بحرانی بیانگر وجود ظرفیت‌های اصلاحی در ساختار شهر خوی است. جدول ۹ نتیجه نهایی کل فرآیند تصمیم‌گیری چندمعیاره را به صورت یک شاخص عددی خلاصه می‌کند و مبنای روشنی برای ارائه راهبردهای کنترلی، اصلاحی و سیاست‌گذاری شهری فراهم می‌آورد. این شاخص می‌تواند در مطالعات تطبیقی آتی یا پایش تغییرات الگوی رشد شهری خوی مورد استفاده قرار گیرد.

جدول ۸- امتیاز وزنی مؤلفه‌ها در ارزیابی پراکنده‌رویی شهری شهر خوی

Table 8. Weighted scores of components in the assessment of urban sprawl in Khoy city

ردیف	مؤلفه	وزن BWM	مقدار نرمال شده	امتیاز وزنی
۱	دسترسی به خدمات	0.18	0.72	0.129
۲	تراکم جمعیت	0.15	0.64	0.096
۳	تنوع کاربری	0.13	0.58	0.075
۴	پوشش گیاهی و فضاهاى سبز	0.12	0.52	0.062
۵	انسجام فضایی	0.1	0.56	0.056
۶	رشد هوشمند	0.09	0.53	0.048
۷	اثرات بر اکوسیستم	0.08	0.41	0.033
۸	آلودگی هوا و گازها	0.07	0.45	0.032
۹	محدودسازی نفوذ به عرصه‌های طبیعی	0.05	0.6	0.03
۱۰	وابستگی به خودرو	0.03	0.34	0.01



شکل ۷- سهم مؤلفه‌ها در شکل‌گیری شاخص نهایی پراکنده‌رویی شهری

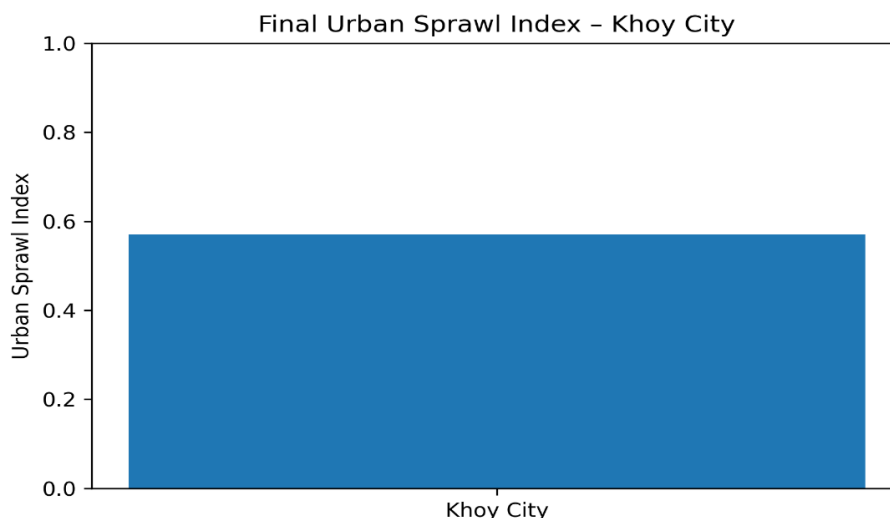
Figure 7. Contribution of the components to the formation of the final urban sprawl index

جدول ۹- امتیاز نهایی پراکنده‌رویی شهری شهر خوی

Table 9. Final urban sprawl score of Khoy city

شاخص نهایی	مقدار
مجموع امتیاز وزنی	0.571
وضعیت پراکنده‌رویی شهری	متوسط رو به بالا

شکل ۸ مقدار شاخص نهایی پراکنده‌رویی شهری شهر خوی را که بر پایه تلفیق وزن مؤلفه‌ها و مقادیر نرمال شده شاخص‌ها محاسبه شده است، نمایش می‌دهد. شاخص ارائه شده بیانگر وضعیت کلی الگوی رشد فضایی شهر خوی از منظر معیارهای تراکمی رشد هوشمند است. مقدار شاخص نشان می‌دهد که الگوی توسعه شهری خوی در سطحی میانی رو به بالا از نظر پراکنده‌رویی قرار دارد و حاکی از غلبه نسبی رشد افقی بر توسعه فشرده و درون‌زا است. این نتیجه بازتاب‌دهنده نقش ساختار تراکم، نحوه توزیع کاربری‌ها و الگوی دسترسی در شکل‌گیری وضعیت کنونی شهر بوده و مبنایی برای تفسیر سیاستی و برنامه‌ریزی شهری فراهم می‌سازد.



شکل ۸- شاخص نهایی پراکنده‌رویی شهری شهر خوی
 Figure 8. Final urban sprawl index of Khoy city

یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که الگوی رشد شهری شهر خوی در وضعیت میانی و ناپایدار از نظر پراکنده‌رویی قرار دارد. شاخص نهایی محاسبه‌شده برابر ۰/۵۷۱ بیانگر آن است که شهر نه به‌طور کامل منطبق با اصول رشد هوشمند است و نه در وضعیت پراکنده‌رویی حاد قرار دارد، بلکه در آستانه حرکت به سمت الگوی پراکنده‌تر قرار گرفته است. نتایج وزن‌دهی با روش بهترین-بدترین نشان داد که مؤلفه‌های «دسترسی به خدمات» با وزن ۰/۱۸، «تراکم جمعیت» با وزن ۰/۱۵ و «تنوع کاربری» با وزن ۰/۱۳ بیشترین نقش را در شکل‌دهی به این وضعیت دارند و در مجموع بیش از ۴۶ درصد از اهمیت کل مدل را به‌خود اختصاص داده‌اند. این موضوع بیانگر آن است که ساختار فضایی و الگوی توزیع خدمات، نقش تعیین‌کننده‌تری نسبت به پیامدهای محیط‌زیستی در پراکنده‌رویی شهر خوی دارند. در مقابل، مؤلفه «وابستگی به خودرو» با وزن ۰/۰۳ کمترین سهم را داشته که نشان می‌دهد این متغیر بیشتر تابع سایر عوامل ساختاری است. ترکیب داده‌های خام و مقادیر نرمال‌شده نشان داد که فاصله دسترسی به خدمات برابر ۶۸۰ متر، استفاده از خودرو شخصی برابر ۶۲ درصد و سرانه فضای سبز برابر ۷/۴ مترمربع از جمله نقاط ضعف اصلی شهر محسوب می‌شوند. در مجموع، یافته‌ها تأکید می‌کند که کنترل پراکنده‌رویی در خوی مستلزم مداخلات هدفمند در افزایش تراکم کارآمد، تنوع کاربری و بهبود دسترسی محلی است.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش در شهر خوی با بدنه اصلی مطالعات داخلی و خارجی در حوزه پراکنده‌رویی شهری همخوانی دارد و تأیید می‌کند که این پدیده ماهیتی چندبعدی و ساختاری دارد. مشابه یافته‌های Soltani و همکاران (۲۰۲۵) و Mousavi و همکاران (۲۰۲۳)، نتایج کمی حاصل از مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره بهترین-بدترین (BWM) نشان داد که عوامل کلیدی-عملکردی نقش غالبی در شکل‌گیری پراکنده‌رویی دارند. در این پژوهش نیز مؤلفه‌های «دسترسی به خدمات» با وزن ۰/۱۸، «تراکم جمعیت» با وزن ۰/۱۵ و «تنوع کاربری» با وزن ۰/۱۳ در بالاترین رتبه‌ها قرار گرفتند که با نتایج Rahman و Antipova (۲۰۲۴) درباره نقش فرم شهری مبتنی بر دسترسی هم‌راستا است. تفاوت اصلی پژوهش حاضر با برخی مطالعات صرفاً مکانی آن است که علاوه بر تحلیل الگوی گسترش، اولویت‌بندی عددی عوامل مؤثر را به‌صورت صریح و تصمیم‌ساز ارائه می‌دهد.

براساس تحلیل فضایی-مکانی نقشه‌های کاربری اراضی در دوره ۲۰۰۷ تا ۲۰۲۵، الگوی رشد شهر خوی از ساختاری نسبتاً متمرکز به الگوی افقی، ناپیوسته و لکه‌ای تغییر یافته است. این روند، همراه با گسترش توسعه‌های منفصل در پیرامون شهر، وجود و تداوم پراکنده‌رویی شهری را به‌صورت عینی تأیید می‌کند. در تکمیل این شواهد، نمودار تغییرات مساحت کاربری‌های اراضی نشان داد که افزایش اراضی ساخته‌شده در کنار نوسان پوشش گیاهی و کاهش تدریجی اراضی بایر، بیانگر غلبه مصرف زمین و ناپایداری الگوی توسعه شهری در خوی است.

در مرحلهٔ تحلیلی، نتایج مدل بهترین-بدترین (BWM) نشان داد که ریشهٔ اصلی پراکنده‌رویی شهری در خوی بیش از آنکه ناشی از عوامل محیط‌زیستی باشد، به ضعف سازمان فضایی، ناهماهنگی در توزیع کاربری‌ها و ناکارآمدی الگوی دسترسی بازمی‌گردد. مقدار شاخص نهایی پراکنده‌رویی برابر ۰/۵۷۱ بیانگر قرارگیری شهر خوی در وضعیت «متوسط رو به بالا» و مرحلهٔ گذار است؛ وضعیتی که در صورت تداوم روندهای مشاهده‌شده در نقشه‌ها و نمودارها، می‌تواند به تشدید رشد افقی و ناپایداری فضایی منجر شود. تأکید می‌شود که این نتایج صرفاً به شرایط فضایی و برنامه‌ریزی شهر خوی مربوط است و تعمیم آن به سایر شهرها نیازمند بررسی زمینه‌های محلی است. با توجه به یافته‌های تحقیق می‌توان به پیشنهاداتی در این رابطه ارائه داد:

با توجه به رتبه‌بندی عددی مدل بهترین-بدترین، کنترل پراکنده‌رویی شهری در شهر خوی مستلزم تمرکز بر اصلاح ساختار فضایی موجود است. تقویت تراکم کارآمد در محدوده‌های ساخته‌شده خوی و جلوگیری از توسعهٔ افقی در حاشیهٔ شهر باید در اولویت سیاست‌های توسعهٔ شهری قرار گیرد. با توجه به بالاترین وزن مؤلفهٔ «دسترسی به خدمات»، بازنگری در توزیع فضایی خدمات و بهبود دسترسی محلی در محلات کم‌برخوردار خوی می‌تواند نقش مؤثری در کاهش وابستگی به خودرو داشته باشد. همچنین، هدایت سرمایه‌گذاری‌ها به سمت بافت‌های میانی و کم‌فعال شهر خوی و حفاظت هدفمند از اراضی طبیعی پیرامونی، اقدامات ضروری برای مهار پراکنده‌رویی و حرکت به‌سوی الگویی متراکم‌تر و پایدارتر در این شهر است.

ملاحظات اخلاقی

حامی مالی

موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است.

مشارکت نویسندگان

نویسندگان به‌طور مساوی در کلیهٔ مراحل طراحی و انجام پژوهش، گردآوری داده‌ها، تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها، تحلیل و تفسیر اطلاعات و نتایج، تهیه پیشنویس مقاله، بررسی و کنترل نتایج، اصلاح، بازبینی و نهایی‌سازی مقاله مشارکت داشتند.

تعارض منافع

بنا بر اظهار نویسندگان این مقاله تعارض منافع ندارد.

بیانیه دسترسی به داده‌ها

داده‌های پژوهش حاضر از طریق درخواست از نویسندگان (نویسنده مسئول) قابل دسترسی است.

سپاسگزاری

از داوران محترم به‌خاطر ارائهٔ نظرهای ساختاری و علمی سپاسگزاری می‌شود.

References

- Ansari, M., Vali Shariatpanahi, M., Malekhosseini, A., Moradi, M., 2021. Modeling Factors Affecting the Implement ability of Smart Growth Principles in Malayer. The Journal of Spatial Planning and Geomatics 25(2), 1-34. (In Persian)
- Artmann, M., Inostroza, L., Fan, P., 2019. Urban sprawl, compact urban development and green cities: How much do we know, how much do we agree? Ecological Indicators 96, 3-9.
- Artmann, M., Kohler, M., Meinel, G., Gan, J., Ioja, I.C., 2017. How smart growth and green infrastructure can mutually support each other A conceptual framework for compact and green cities. Ecological Indicators 96, 10-22.
- Batty, M., Besussi, E., Chin, N., 2003. Traffic, urban growth and suburban sprawl. Environment and Planning B: Planning and Design 30(6), 881-898.
- Chen, D., Lu, X., Hu, W., Zhang, C., Lin, Y., 2021. How urban sprawl influences eco-environmental quality: Empirical research in China by using the Spatial Durbin model. Ecological Indicators 131, 108113.
- Coq-Huelva, D., Asián-Chaves, R., 2019. Urban sprawl and sustainable urban policies: A review of the cases of Lima, Mexico City and Santiago de Chile. Sustainability 11(20), 5835.

- Davari, E, Ajza Shokouhi, M., Khakpour, B., 2024. Evaluating and Measuring the Smart Growth Indicators in Urban Areas using The WASPAS Decision-Making Model (Case Study: Sari City). *Geography and Urban Space Development* 10(4), 83-103. (In Persian)
- Ghasemi, A., Safari, M., & Rezapour, N. 2023. A spatial evaluation of the smart growth indicators: case study of Tehran. *Journal of Urbanism: International Research on Placemaking and Urban Sustainability* 1-20.
- Ghasemphour, A., Arbabi, A., Ebadati, N., Adibi, F., Rostam Pish, M., 2023. Analysis and explanation sprawl in industrial cities (Case study: Bandar Mahshahr). *Journal of Applied Researches in Geographical Sciences (JARGS)*. 23(69), 479-496.
- Hautamäki, R., Puustinen, T., Merikoski, T., Staffans, A., 2024. Greening the compact city: Unarticulated tensions and incremental advances in municipal climate action plans. *Cities* 145, 105251.
- Jamali, A. A., Behnam, A., Almodaresi, S.A., He, S., Jaafari, A., 2024. Exploring factors influencing urban sprawl and land-use changes analysis using systematic points and random forest classification. *Environment, Development and Sustainability* 26, 13557-13576.
- Karim Badr Al-Murshidi, H., Mousavi, M., Manouchehri, A., Jamshidi, A., 2025. Measuring and evaluating urban sprawl using satellite images and Landscape metrics in Iraq Country (Case study: Al-Diwaniyahcity). *Journal of Sustainable Urban & Regional Development Studies (JSURDS)* 6(3), 199-215. (In Persian)
- López-Aparicio, S., Grythe, H., Drabicki, A., Chwastek, K., Tobola, K., Górská-Niemas, L., Kierpiec, L., Markelj, M., Strużewska, J., Kud, B., Santos, G.S., 2025. Environmental sustainability of urban expansion: Implications for transport emissions, air pollution, and city growth. *Environment International* 196, 109310.
- Lyu, S., Huang, Y., Sun, T., 2025. Urban sprawl, public transportation efficiency and carbon emissions. *Journal of Cleaner Production* 489, 144652.
- Mansour, S., Ghoneim, E., El-Kersh, A., Said, S., Abdelnaby, S., 2023. Spatiotemporal Monitoring of Urban Sprawl in a Coastal City Using GIS-Based Markov Chain and Artificial Neural Network (ANN). *Remote Sensing* 15(3), 601.
- Mousavi, S.R., Mahmoudi Holasoo, M., Shah Mohammad, M., Heydari, S., 2023. Investigating the Effects of Urban Sprawl on Carbon Distribution Using AHP-TOPSIS and MGWR Models. *Human Ecology* 2(4), 260-277. (In Persian)
- Nasehi, S., Nohegar, A., & Farhadi, R., 2023. Spatiotemporal Analysis of Urban Growth Patterns to Provide Strategies for Sustainable Land Planning (Case Study: Bandar Abbas City). *Geography and Environmental Sustainability* 13(4), 69-83. (In Persian)
- OECD, 2018. *Rethinking Urban Sprawl: Moving Towards Sustainable Cities*, OECD Publishing, Paris.
- Rahman, M.H., Antipova, A., 2024. Structural equation model in exploring urban sprawl and its impact on commuting time in 162 US urbanized areas. *Cities* 148, 104855.
- Seto, K.C., Güneralp, B., Hutyra, L.R., 2012. Global forecasts of urban expansion to 2030 and direct impacts on biodiversity and carbon pools. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 109(40), 16083-16088.
- Shahhosseini, G, Rafieian, M, & Dadashpoor, H. 2024. Analyzing the Structures and Mechanisms Affecting the Informal Processes Causing Sprawl in the Tehran Metropolitan Region. *Urban Structure and Function Studies* 11(39), 157-196. (In Persian).
- Soltani, A., Azizi, P., Javadpoor, M., Allan, A., Bagheri, B., 2025. Determining and Quantifying Urban Sprawl Drivers: A Delphi-DANP Approach. *Land* 14(2), 311.
- Zeynali Azim, A., Moosavi, M.S., Sarvar, R., 2024. Evaluation of physical development of Tabriz in terms of compactness by ranking of smart urban growth indicators (Case study of zones 2, 4 and 7). *Urban Studies Quarterly* 17(65), 1-28. (In Persian)
- Zhang, L., Zhang, J., Li, X., Zhou, K., Ye, J., 2023. The Impact of Urban Sprawl on Carbon Emissions from the Perspective of Nighttime Light Remote Sensing: A Case Study in Eastern China. *Sustainability* 15(15), 11940.