

Analysis and Evaluation of Smart Urban Density Patterns in Urmia Based on Environmental Indicators

Fereydon Naghibi¹ , Reza Hosseinzadeh² 

1. (Corresponding Author) *Department of Urban Planning, Faculty of Architecture, Urban Planning and Art, Urmia University, Urmia, Iran*

Email: f.naghibi@urmia.ac.ir

2. *Department of Urban Planning, Faculty of Architecture, Urban Planning and Art, Urmia University, Urmia, Iran*

Email: st_r.hosseinzadeh@urmia.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article History:

Received:

3 June 2025

Received in revised form:

2 September 2025

Accepted:

8 October 2025

Available online:

10 November 2025

Keywords:

Density Patterns,
Smart City,
Urmia City,
Environmental
Components.

ABSTRACT

In response to the challenges arising from unregulated urban sprawl, this study adopts an integrated, data-driven framework to investigate the interplay between building density patterns and environmental indicators within the paradigm of smart city development in Urmia. The primary objective is to formulate a scientifically grounded model for optimizing density management while simultaneously enhancing environmental quality and urban livability. Methodologically, the research employs a descriptive-analytical design, incorporating Space Syntax modeling via DepthmapX, spatial analyses within ArcMap, Kernel Density estimation, and field-based data collection through spatial surveys and Likert-scale questionnaires. The empirical findings highlight pronounced spatial misalignments between existing density patterns and the distribution of public services, transport infrastructure, and green spaces. Notably, five-story developments, achieving a mean score of 8.10 out of 10, exhibited the highest degree of compatibility with environmental and smart city criteria, followed by six-story configurations with a score of 7/99. These results emphasize that moderate, well-regulated densities can provide a viable pathway to strengthening environmental sustainability while safeguarding the quality of urban life. The conclusions underscore the imperative of embedding sustainable urban design principles, environmental carrying-capacity assessments, and advanced analytical tools into urban planning and policy-making frameworks. Beyond its localized application to Urmia, the proposed framework holds broader implications for rapidly urbanizing contexts, offering an evidence-based foundation for participatory planning and resilient smart city development. The study advocates for further comparative, multi-scalar, and longitudinal investigations to deepen the understanding of density-environment dynamics and to refine strategies that foster inclusive, livable, and environmentally attuned urban futures.

Cite this article: Naghibi, F., & Hosseinzadeh, R. (2025). Analysis and Evaluation of Smart Urban Density Patterns in Urmia Based on Environmental Indicators. *Geographical Urban Planning Research Quarterly*, 13 (3), 57-74.

<http://doi.org/10.22059/jurbangeo.2025.391873.2048>



© The Author (s)

Publisher: University of Tehran Press

Extended Abstract

Introduction

The rapid acceleration of urbanization, particularly in developing countries, has produced irregular horizontal expansion and fragmented spatial growth. Initially observed in wealthier nations, this trend has now become a global challenge with severe implications, including the loss of agricultural land, population decline in historic urban cores, inefficiencies in service delivery, and escalating environmental pollution. In response, the smart city paradigm has been introduced as a pathway toward sustainable development and the efficient use of urban resources. Municipal authorities increasingly seek to revitalize neighborhoods and central districts without causing further ecological harm. Nevertheless, the widespread practice of selling surplus building density as a financial tool has disrupted population distribution, resulting in service shortages, congestion, and environmental degradation, with notable economic, social, and ecological consequences. Urmia represents a critical case study. Despite the implementation of multiple master and detailed plans, the city continues to face structural and spatial challenges. Its outward expansion, often at the expense of fertile agricultural land, underscores the urgent need to limit uncontrolled growth. This study evaluates the feasibility and spatial allocation of residential buildings with four or more stories, highlighting that increased density is not inherently necessary. Instead, optimizing land use and preventing unregulated density sales are essential to maintaining urban quality of life and preventing visual and structural disorder. The overarching goal is to propose context-sensitive strategies that support sustainable urban development in Urmia. By integrating spatial optimization, smart governance, and environmentally responsive planning, the study provides a framework for resilient, livable, and ecologically balanced urban futures.

Methodology

This study examines urban building density patterns in Urmia through a descriptive–analytical approach, structured in three phases. First, existing spatial and physical

patterns of residential development were mapped and assessed. Second, their environmental impacts were evaluated based on selected indicators, and third, their compatibility with the broader vision of a smart city was analyzed. The conceptual framework emphasizes the importance of physical dimensions, including accessibility, green spaces, vegetation coverage, land-use services, and public transportation. To achieve this, the current spatial structure was evaluated using field surveys and spatial analysis. Social indicators such as security and place attachment were measured through resident questionnaires, while spatial accessibility was analyzed using the Space Syntax model operationalized in DepthmapX. Environmental aspects, particularly green space distribution and the application of smart technologies, were further assessed using ArcGIS. Kernel Density Analysis was applied to delineate representative samples, focusing on Districts 1, 4, and 5, which capture both traditional and modern urban textures. The statistical population comprised building clusters across Urmia, from which samples were extracted for detailed evaluation. Findings highlight both strengths and deficiencies in existing density patterns, particularly regarding environmental sustainability and alignment with smart city principles. Ultimately, the research aims to provide policymakers with practical insights by identifying opportunities to enhance the quality of life through improved density management, while ensuring ecological balance and spatial justice. The proposed framework offers a context-sensitive basis for sustainable urban planning and the development of smart, resilient, and livable urban environments.

Results and discussion

The findings indicate that a five-story building density constitutes the optimal typology for Urmia, achieving the highest scores across the research indicators. This outcome highlights the environmental shortcomings associated with unregulated and irrational densities, which undermine urban quality of life and conflict with smart city principles. Inappropriate densities not

only constrain access to public services but also intensify environmental pollution and disrupt the city's structural coherence. These deficiencies manifest in multiple dimensions, including pedestrian accessibility, movement patterns, and the provision of green spaces. To address these challenges, the study recommends establishing stricter regulatory frameworks for building permits, informed directly by the research results. Regular monitoring and evaluation of ongoing construction projects should be prioritized, alongside the creation of adequate green and public spaces. Promoting sustainable construction technologies, integrating renewable energy systems, and organizing training workshops for developers and urban planners represent essential strategies. Furthermore, the active involvement of citizens in decision-making processes is emphasized as a means of fostering social responsibility and improving urban vitality. Continuous environmental impact assessments, grounded in reliable indicators, are also necessary to track and mitigate the long-term effects of urban development. Overall, the study demonstrates that controlled density regulation, supported by participatory governance and environmentally responsive planning, can significantly improve both environmental performance and social well-being in Urmia. This framework provides a practical foundation for aligning density policies with sustainable development objectives and the broader vision of a smart and livable city.

Conclusion

This study investigates urban density patterns in Urmia with a focus on environmental sustainability and the feasibility of residential buildings with four or more stories, framed within smart city principles. The primary aim is to manage densification while preserving environmental quality and residents' well-being. By identifying density clusters and evaluating them against smart city indicators, the research proposes a comprehensive framework for regulating surplus density rights. The findings demonstrate that five-story density achieves

the highest compatibility with Urmia's environmental components and smart city metrics. A statistically significant relationship was observed between density patterns and environmental indicators, confirming that rational, well-planned densities can improve quality of life. In contrast, unregulated densification generates negative impacts such as environmental degradation, reduced livability, and spatial imbalance. The study highlights that adherence to sustainable urban design principles, spatial planning, and citizen participation can mitigate environmental shortcomings while strengthening urban vitality. Practical recommendations include stricter oversight of building permits, integration of green and public spaces, promotion of sustainable technologies, and continuous monitoring of environmental impacts. Although limited by its single-city focus and reliance on survey-based data, the research provides a valuable scientific basis for evidence-based policymaking. The results offer guidance for urban authorities in Urmia and comparable cities, underscoring the importance of context-sensitive density management in creating smart, resilient, and livable urban environments.

Funding

There is no funding support.

Authors' Contribution

Authors contributed equally to the conceptualization and writing of the article. All of the authors approved the content of the manuscript and agreed on all aspects of the work declaration of competing interest none.

Conflict of Interest

Authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

We are grateful to all the scientific consultants of this paper.

تحلیل و ارزیابی الگوهای تراکمی شهر هوشمند در شهر ارومیه مبتنی بر مؤلفه‌های زیست‌محیطی

فریدون نقیبی^۱ ✉، رضا حسین‌زاده^۲ ^۱ - نویسنده مسئول، گروه شهرسازی، دانشکده معماری، شهرسازی و هنر، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران. رایانامه: f.naghbi@urmia.ac.ir^۲ - گروه شهرسازی، دانشکده معماری، شهرسازی و هنر، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران. رایانامه: st_r.hosseinzadeh@urmia.ac.ir

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله پژوهشی	در مواجهه با چالش‌های ناشی از گسترش بی‌ضابطه شهری، این پژوهش با رویکردی یکپارچه و داده‌محور، به تحلیل رابطه میان الگوهای تراکم ساختمانی و شاخص‌های زیست‌محیطی در قالب الزامات شهر هوشمند در شهر ارومیه پرداخته است. هدف اصلی، تدوین الگویی علمی برای مدیریت بهینه تراکم و ارتقاء کیفیت زندگی شهری است. پژوهش با روش توصیفی-تحلیلی و چارچوبی چندسطحی انجام‌شده و از مدل چیدمان فضا (Space Syntax) در نرم‌افزار DepthmapX، تحلیل‌های مکانی در محیط ArcMap، مدل Kernel Density و داده‌های میدانی شامل برداشت‌های فضایی و پرسش‌نامه‌های لیکرتی استفاده‌شده است. یافته‌ها نشان از وجود ناهماهنگی فضایی میان تراکم‌های ساختمانی با خدمات عمومی، حمل‌ونقل و فضاهای سبز دارد. تحلیل نهایی نشان داد که تراکم ساختمانی ۵ طبقه با میانگین امتیاز ۸/۱۰ از ۱۰، بالاترین سطح سازگاری را با شاخص‌های زیست‌محیطی و شهر هوشمند داشته و در جایگاه نخست قرار می‌گیرد. پس از آن، تراکم ۶ طبقه با امتیاز ۷/۹۹ در رتبه دوم قرار دارد. این یافته‌ها حاکی از آن است که تراکم‌های معقول و برنامه‌ریزی‌شده می‌توانند بدون خدشه به کیفیت زیست‌محیطی، بستری برای ارتقاء زیست‌پذیری شهری فراهم کنند. نتیجه‌گیری پژوهش، بر ضرورت استفاده از اصول طراحی پایدار، ظرفیت‌سنجی محیطی و ابزارهای تحلیلی هوشمند در سیاست‌گذاری و طراحی شهری تأکید دارد. این چارچوب می‌تواند برای شهر ارومیه و سایر شهرهای درحال توسعه، مبنایی برای تصمیم‌گیری‌های مبتنی بر شواهد و طراحی شهری مشارکتی در راستای تحقق شهر هوشمند و زیست‌پذیر باشد.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۳/۱۳	
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۶/۱۱	
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۷/۱۶	
تاریخ چاپ: ۱۴۰۴/۰۸/۱۹	
واژگان کلیدی: الگوهای تراکمی، شهر هوشمند، شهر ارومیه، مؤلفه‌های زیست‌محیطی.	

استناد: نقیبی، فریدون و حسین‌زاده، رضا. (۱۴۰۴). تحلیل و ارزیابی الگوهای تراکمی شهر هوشمند در شهر ارومیه مبتنی بر مؤلفه‌های زیست‌محیطی. پژوهش‌های جغرافیای برنامه‌ریزی شهری، ۱۳ (۳)، ۷۴-۵۷.

<http://doi.org/10.22059/jurbangeo.2025.391873.2048>

مقدمه

رشد سریع شهرنشینی در جهان نه تنها به افزایش تعداد و جمعیت شهرها انجامیده، بلکه ابعاد فیزیکی آن‌ها را نیز فراتر از نرخ رشد جمعیت گسترش داده است. این روند کنترل‌ناپذیر به شکل‌گیری پدیده‌ای موسوم به پراکنش افقی یا اسپیرال شهری منجر شد؛ پدیده‌ای که ابتدا در کشورهای توسعه‌یافته بروز یافت و امروزه در بسیاری از نقاط جهان مشاهده می‌شود (محمودی و شمس، ۱۴۰۰: ۲). این الگوی توسعه پیامدهای متعددی برای شهرها در پی داشته است؛ از جمله گسترش نامنظم و تخریب اراضی کشاورزی و باغات، کاهش و فرسودگی بافت‌های مرکزی، دشواری خدمات‌رسانی ناشی از توسعه بی‌رویه، تشدید آلودگی و مسائل زیست‌محیطی بر اثر وابستگی به خودرو، و در نهایت افزایش حریم شهرها و تخریب عرصه‌های طبیعی. (زیاری و همکاران، ۱۳۹۹: ۲). اثرات زیست‌محیطی چون آلودگی هوا و صدا، افزایش گازهای گلخانه‌ای، استفاده از انرژی‌های تجدیدناپذیر و تغییرات اقلیمی سبب شده که هوشمندسازی شهرها با تأکید بر بعد محیط‌زیست موردتوجه قرار گیرد و ضرورت پرداختن به این مهم را برجسته سازد (پوراحمد و همکاران، ۱۳۹۷: ۸). با این حال، رشد سریع و برنامه‌ریزی نشده شهرها مانع از شکل‌گیری الگوی توسعه پایدار و بهره‌مندی از منافع شهرسازی نوین شده است. لذا به‌منظور فائق آمدن بر مشکلات شهرنشینی و افزایش کارایی مدیریت شهری، مفهوم شهر هوشمند در سال‌های اخیر مطرح گردیده است (Evans et al., 2019: 10). شهرداری‌های کلان‌شهرها معمولاً رشد هوشمند را به‌عنوان رویکردی در جهت احیای محله‌ها و مراکز شهری معرفی می‌کنند که بدون ایجاد پیامدهای منفی برای محیط‌زیست و ساختارهای اجتماعی ارزشمند، عمل می‌کند (زیاری و همکاران، ۱۳۹۹: ۲). بافت‌های متراکم از اصول بنیادین شهر هوشمند هستند، اما سیاست فروش مازاد تراکم در دو دهه اخیر تعادل فضایی شهرها را بر هم زده و با ناهماهنگی میان ظرفیت جمعیتی و زیرساخت‌ها، مشکلاتی چون ترافیک، آلودگی، کمبود خدمات و آشفتگی بصری را تشدید کرده است. پیامدهای این سیاست در ابعاد اقتصادی، اجتماعی و محیطی آشکار است. تراکم توسعه شهری به‌عنوان مؤلفه‌ای از فرم شهر هوشمند، از طریق شاخص‌هایی چون تراکم ناخالص مسکونی، تنوع مسکن، بلندمرتبه‌سازی و حجم ترافیک، بر جنبه‌های زیست‌محیطی و اجتماعی اثر می‌گذارد (قرائی و همکاران، ۱۳۹۷: ۵). نتایج پژوهش زمانی و سخائیان (۱۴۰۲) نشان می‌دهد که نسبت میان ارتفاع ساختمان‌ها، گشودگی فضاها و تعادل در خط آسمان از عوامل کلیدی در بهبود کیفیت بصری شهر محسوب می‌شود؛ به‌گونه‌ای که هرچه تناسب ارتفاعی بیشتر و معابر بازتر باشند، گستره گراف خط آسمان افزایش‌یافته و تجربه ادراک فضایی مطلوب‌تری حاصل می‌شود. در همین راستا، رنگزن و همکاران (۱۳۹۷) بر نقش تراکم کالبدی درافزایش یا کاهش دسترسی به نور خورشید تأکید دارند و معتقدند که تنظیم الگوی تراکم می‌تواند به‌ارتقاء بهره‌وری انرژی و تحقق توسعه پایدار منجر شود. با این حال، برخلاف دیدگاه‌های کالبدی محور، رستمی و همکاران (۱۴۰۰) به بعد اجتماعی زیست‌پذیری پرداخته و تأثیر فضاهای فرهنگی شهری را در ارتقاء تعاملات اجتماعی و احساس تعلق مکانی پررنگ‌تر دانسته‌اند. این تفاوت رویکردها نشان می‌دهد که هرچند بعد کالبدی یکی از پیش‌نیازهای تحقق زیست‌پذیری است، اما بدون توجه به جنبه‌های اجتماعی و فرهنگی، تحلیل ناقصی از شهر هوشمند به دست خواهد آمد. افزون بر این، در مطالعات مایکلسون^۱ (۲۰۲۱)، دیجیتالی‌سازی مدیریت منابع آب شهری به‌عنوان ابزاری برای ارتقاء شفافیت، کارایی و کیفیت زندگی در شهرهای هوشمند معرفی شده است. این دیدگاه، در مقایسه با رویکردهای پیشین، تمرکز خود را از ساختار فیزیکی به سامانه‌های مدیریتی و حکمرانی هوشمند معطوف کرده است. در ادامه استفان^۲ (۲۰۲۱) به‌ضرورت ایجاد شهرهای کم‌کربن، بدون زباله و تاب‌آور در برابر تغییرات اقلیمی اشاره

1. Mikkelsen

2. Stephan

می‌کند و این نوع شهرسازی را یکی از پیش‌شرط‌های کلیدی برای ارتقاء کیفیت زندگی در نسل‌های آینده می‌داند. با این حال، باید توجه داشت که تحقق این اهداف نیازمند تلفیق راهبردهای مدیریتی با ملاحظات کالبدی و فضایی است. همچنین دوارتی و تکسیرا^۱ (۲۰۲۲) ارتباط میان تراکم ساختمانی و پدیده گرمایش موضعی را بررسی کرده‌اند و نشان داده‌اند که این رابطه تحت تأثیر عواملی همچون هندسه شهری و ضریب دید آسمان قرار دارد. مرور پیشینه‌ها نشان می‌دهد که اگرچه هر پژوهش به بخشی از عوامل مؤثر بر زیست‌پذیری شهری پرداخته، اما رویکردی جامع که هم‌زمان ابعاد کالبدی، اجتماعی، اقلیمی و مدیریتی را در قالب شاخص‌های شهر هوشمند بررسی کند کمتر مورد توجه بوده است؛ خلأیی که این تحقیق می‌کوشد پر کند. بر این اساس، با تمرکز بر پیوند میان تراکم ساختمانی، کیفیت زیست‌محیطی و الزامات شهر هوشمند، چارچوبی تحلیلی برای ارزیابی الگوهای تراکمی شهر ارومیه تدوین شده است. برخلاف مطالعات تک‌بعدی پیشین، این پژوهش با رویکردی یکپارچه شاخص‌هایی چون کیفیت زیست‌محور شبکه‌های دسترسی، امنیت محیطی مبتنی بر فناوری هوشمند، سرزندگی اجتماعی، کارایی اکولوژیکی فضای سبز، خدمات عمومی هوشمند و عملکرد حمل‌ونقل پاک را مبنای تحلیل قرار می‌دهد. این رویکرد زمینه‌شناسایی ظرفیت‌های بهینه تراکم ساختمانی و حرکت به سوی توسعه پایدار و هوشمند شهری را فراهم می‌سازد. شهر ارومیه طی دهه‌های اخیر دستخوش تحولات کالبدی گسترده‌ای در قالب چندین طرح جامع و تفصیلی بوده است. با این حال، رشد فضایی آن به‌ویژه در سال‌های اخیر از اصول برنامه‌ریزی فضایی و توسعه پایدار فاصله گرفته و تحقق اهداف مصوب را با چالش مواجه کرده است. ناهماهنگی میان سیاست‌های رسمی و واقعیت‌های کالبدی به شکل‌گیری الگوهای گسترش نامتوازن، تراکم‌زایی بی‌ضابطه و فشار بر زیرساخت‌ها انجامیده است. در چنین شرایطی، اعمال تراکم مازاد صرفاً با رویکرد درآمدزایی، ناهنجاری‌های زیست‌محیطی و کالبدی ایجاد کرده و ضرورت بازنگری در مدیریت و توزیع تراکم بر مبنای شاخص‌های محیط‌زیستی و شهر هوشمند را برجسته می‌سازد. مطالعات طرح جامع شهر ارومیه نشان می‌دهد افزایش تراکم در تمام نقاط شهر ضرورتی ندارد و باید با روش‌های علمی، مکان‌یابی بهینه ساختمان‌های چهارطبقه و بیشتر صورت گیرد و سقف مجاز تراکم بر اساس شاخص‌های زیست‌محیطی شهر هوشمند تعیین شود. هدف این پژوهش ارائه چارچوبی برای تعیین سقف حداکثری تراکم ساختمانی در پهنه‌های مختلف شهر ارومیه است. پرسش اصلی پژوهش این است که حداکثر تراکم قابل قبول بر اساس شاخص‌های محیط‌زیستی شهر هوشمند چقدر است و چگونه می‌توان تراکم را افزایش داد بدون آنکه کیفیت زندگی ساکنان کاهش یابد، با تمرکز بر رابطه میان تراکم ساختمانی و کیفیت زیست‌محیطی و الگوی مکانی تراکم بالا؟

مبانی نظری

به‌طور کلی، رشد هوشمند شهری سه حوزه اصلی را در بر می‌گیرد: تراکم، کاربری زمین و سیستم‌های حمل‌ونقل. اصلاحات در حوزه نخست به محدودسازی گسترش شهری، در حوزه دوم به کاربری‌های مختلط، و در حوزه سوم به تقویت حمل‌ونقل عمومی و ایجاد فضاهای مطلوب برای عابران پیاده مربوط می‌شود. (محمودی و شمس، ۱۴۰۰: ۸؛ رضایی بزنجانی و همکاران، ۱۳۹۸: ۱۶۰). (جدول ۱) تفاوت‌های بنیادی میان پراکنش افقی و رشد هوشمند شهری را در ابعاد کالبدی، عملکردی، دسترسی، زیرساخت، فرم، حمل‌ونقل و ساختار خیابان‌ها نشان می‌دهد. گسترش افقی با تراکم پایین، کاربری‌های مجزا و شبکه‌های غیر پیاده‌محور، وابستگی به خودرو، مصرف انرژی بالا و تخریب اکوسیستم‌های

حاشیه‌ای را به همراه دارد. در مقابل، رشد هوشمند با تراکم فشرده، کاربری‌های مختلط و اولویت‌بخشی به حمل‌ونقل پایدار، کیفیت زیست‌محیطی و عدالت فضایی را ارتقا می‌دهد. طراحی خیابان‌های چندمنظوره و پیاده‌محور در این الگو، برخلاف الگوی افقی که تمرکز بر خودرو دارد، کیفیت فضاهای عمومی و زیست‌پذیری شهری را بهبود می‌بخشد و گذار از شهر عملکرد محور به انسان‌محور را نشان می‌دهد. چنین رویکردی نه تنها توسعه کالبدی را با پایداری محیطی هماهنگ می‌کند، بلکه سرمایه اجتماعی، هم‌زیستی محله‌ای و خلق فضاهای شهری پاسخگو به نیازهای متنوع شهروندان را نیز تقویت می‌نماید، و راهکاری پایدار برای چالش‌های عدالت فضایی و تاب‌آوری شهری ارائه می‌دهد. (محمودی و شمس، ۱۴۰۰: ۸؛ خندانی و همکاران، ۱۳۹۸: ۱۸۳).

جدول ۱. تفاوت‌های اصلی پراکنش افقی شهر و رشد هوشمند شهری

شاخص	رشد هوشمند	پراکنش افقی
تراکم الگوی رشد	توسعه فشرده (بهینه)	تراکم پایین فعالیت‌های پراکنده
اختلاط کاربری	توسعه درون بافتی	توسعه در پیرامون شهر
مقیاس	کاربری اراضی مختلط	کاربری اراضی جدا از هم و تک عملکردی
خدمات عمومی	مقیاس انسانی شامل ساختمان‌ها، بلوک‌های کوچک‌تر.	مقیاس کلان شامل ساختمان‌ها و بلوک‌های بزرگ و جاده‌های عریض
فروشگاه‌ها، مدارس و پارک	محیط‌های محلی کوچک‌تر که با دسترسی پیاده‌روی هم‌راستا هستند.	در فواصل دور، فروشگاه‌های بزرگ وجود دارند که نیازمند دسترسی با خودرو هستند.
حمل‌ونقل	در فواصل دور، فروشگاه‌های بزرگ وجود دارند که نیازمند دسترسی با خودرو هستند.	سیستم حمل‌ونقل مبتنی بر خودرو و الگوهای کاربری اراضی برای پیاده‌روی، دوچرخه‌سواری و حمل‌ونقل عمومی چندان مؤثر نیستند.
ارتباطات	جاده‌ها، پیاده‌روها و مسیرهای به هم پیوسته که سفرها را به صورت موتور و غیرموتوری هدایت می‌کنند.	شبكة جاده‌ای با خیابان‌های بی‌انتهای که مسیرها و پیاده‌روهای غیرمرتبط باعث کاهش استفاده از سفرهای غیر ماشینی می‌شوند.
طرح خیابان	خیابان‌ها با فعالیت‌های متنوع سازگار.	خیابان‌ها برای افزایش سرعت، حجم ترافیک و عبور وسایل نقلیه
فرایند برنامه‌ریزی	با برنامه	گاهی اوقات بدون برنامه‌ریزی
فضای عمومی	تأکید بر حوزه عمومی	تأکید بر حوزه خصوصی

منبع: (محمودی و شمس، ۱۴۰۰: ۷)

در ادبیات متخصصین ساختمان، فروش تراکم مازاد، مجاز کردن نقض طرح تفصیلی شهر با دریافت مقدار معینی پول به صورت رسمی معنی شده است (سعیدنیا، ۱۳۸۳؛ زیاری، ۱۳۸۸). اما منابع پایدار درآمد شهرداری جای خود را به فروش ناپایدار تراکم داد. تصویب چند طرح توسط شورای عالی شهرسازی و معماری در سال‌های ۱۳۶۴-۱۳۶۶ با هدف بهره‌وری از زمین برای اسکان جمعیت و تأمین فضای باز، قانونی شدن فروش مازاد تراکم را در تهران و سپس دیگر کلان‌شهرهای کشور رقم زد. این سیاست با مأموریت اصلی شهرداری‌ها، همان‌گونه که توسط سازمان ملل و بانک جهانی مطرح شده بود، در تضاد بود. تراکم‌فروشی‌های پی‌درپی موجب اختلال در خط آسمان، آشفته‌گی بصری و محیط شهری پرتنش شد، وضعیتی که ناشی از کاهش جمع‌گرایی و گسترش فردگرایی در جامعه است. (زمانی و همکاران، ۱۴۰۳: ۳). فروش مازاد تراکم ساختمانی، به عنوان مداخله‌ای غیر پایدار، پیامدهای چندبعدی بر ساختار فضایی و کیفیت زیست‌محیطی شهرها داشته است. تراکم بی‌رویه باعث ناهماهنگی در خدمات عمومی، زیرساخت‌ها، سیمای کالبدی، آسایش روانی و انسجام اجتماعی شده است؛ وضعیتی که با مبانی نظری طراحی زیست‌محیطی شهری، مطرح شده توسط کوین لینچ، یان بنتلی و هاتن، در تضاد است. یکی از پیامدهای بارز این سیاست، کاهش دسترسی به فضاهای عمومی و خدمات اجتماعی، از جمله سرانه فضاهای آموزشی، فرهنگی، درمانی و سبز است، امری که با تأکید نظریه‌پردازانی مانند گلن، فرانسیس تیبالز و کمیته مشورتی برنامه‌ریزی لندن بر فضاهای انسانی و اقلیمی برای شهروندان، به ویژه عابران

پیاده، در تعارض قرار دارد. (نوروزی و بهمن‌پور، ۱۳۹۱: ۷). فقدان فضاهای عمومی مناسب نه تنها کارکرد زیستی و اجتماعی شهر را مختل می‌کند، بلکه نارضایتی اجتماعی، فشار روانی و تضعیف همبستگی محله‌ای را تشدید می‌نماید. تراکم‌فروشی و پیامدهای آن بر سیمای شهری و خط آسمان، از جمله اشرافیت نابرابر، سایه‌اندازی‌های مخرب و بی‌نظمی ارتفاعات، با اصول زیباشناختی و زمینه‌گرایی طراحی شهری در تضاد است. افزون بر این، تراکم‌فروشی بدون توسعه متوازن شبکه‌های حمل‌ونقل و زیرساخت‌ها، بحران در بهره‌برداری و کاهش کیفیت خدمات شهری را به همراه داشته است. (ملایوسف و همکاران، ۱۴۰۰: ۸). اسناد راهبردی طراحی شهری، از جمله گزارش گروه ویژه ریچارد راجرز و سند «شهرهای پایدار» هاتن، بر طراحی مسئولانه با رعایت ظرفیت محیطی، عدالت فضایی و توزیع متوازن زیرساخت‌ها تأکید دارند. با این حال، انطباق نداشتن تراکم واقعی با تراکم پیش‌بینی‌شده در اسناد توسعه‌ای، اهداف طرح‌های جامع و تفصیلی را بی‌اثر کرده و نشانه بحران در برنامه‌ریزی شهری و ناکامی در یکپارچه‌سازی اهداف کالبدی و محیطی است. فروش مازاد تراکم نه تنها با اصول توسعه پایدار در تضاد است، بلکه پیوستگی‌های محیطی و کالبدی شهر را نیز تهدید می‌کند. نظریه‌پردازانی مانند پانتر و کرمونا با تأکید بر عناصر حسی تجربه فضا (صدا، بو، اقلیم خرد و منظر طبیعی) بر اهمیت کیفیت‌های زیست‌محیطی تأکید دارند، درحالی‌که توسعه‌های مبتنی بر سود حداکثری این ابعاد کیفی را به نفع کمیت‌های ساختمانی نادیده گرفته‌اند. (نوروزی و بهمن‌پور، ۱۳۹۱: ۵؛ خوارزمی و همکاران، ۱۴۰۱: ۳). تحلیل نظریات پیشین نشان می‌دهد که تراکم هوشمند نه تنها فرم کالبدی شهر را شکل می‌دهد، بلکه مؤلفه‌ای کلیدی در ارتقاء کیفیت زیست‌محیطی و تحقق توسعه پایدار در شهر هوشمند است. پژوهش حاضر با شش شاخص زیربنایی (جدول ۲) به تحلیل ارتباط میان الگوهای تراکم ساختمانی و کیفیت زیستی در بافت شهری ارومیه می‌پردازد. این شاخص‌ها بر پایه مرور نظام‌مند ادبیات نظری و تجارب عملی حوزه شهر هوشمند و طراحی پایدار شناسایی شده و چارچوبی جامع برای ارزیابی تأثیر تراکم بر کیفیت زندگی و پایداری شهری فراهم می‌کنند.

جدول ۲. شاخص‌های پژوهش

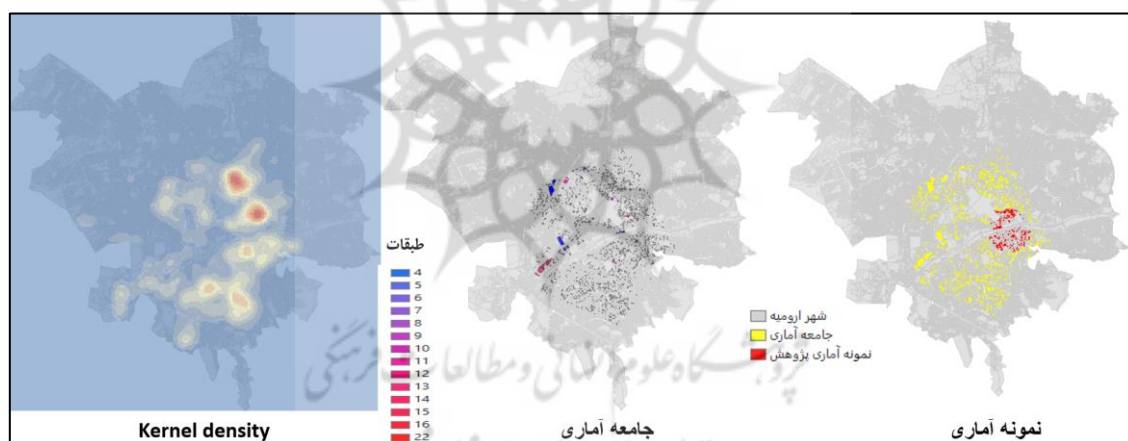
شاخص‌ها	مؤلفه‌ها	پیوند با مؤلفه‌های زیست‌محیطی شهر هوشمند
کیفیت زیست محیطی	پیوستگی عملکردی معابر - کیفیت و استاندارد پیاده‌روها	پیوند با مؤلفه‌های زیست‌محیطی شهر هوشمند
شبکه‌های دسترسی شهری	اتصال به مراکز خدماتی جاذب سفر	کاهش
امنیت محیطی پایدار با فناوری	نورپردازی معابر - وجود سامانه‌های نظارتی و CCTV	کاهش انرژي مصرف انرژی فردی - کاهش آلاینده‌های ترافیکی - تقویت پیاده‌مداری سبز
هوشمند	احساس امنیت عابران در شب	ارتقاء حس ایمنی زیست شهری - افزایش کاربری شبانه فضاهای باز - کاهش پیامدهای زیست‌ناپایدار
سرزندگی اجتماعی و انسجام اکولوژیک انسانی	تعاملات اجتماعی محله‌ای - روابط همسایگی و حس تعلق مکانی - مشارکت‌پذیری محله‌ای	پایداری اکولوژیک انسانی - کاهش انزوای شهری - افزایش سرزندگی فضاهای متراکم
کیفیت اکولوژیک فضای سبز شهری خدمات محیطی	دسترسی به فضاهای سبز و پارک‌ها - کفایت و پراکنش میلمان محیطی - عملکرد سیستم‌های جمع‌آوری پسماند	بهبود تهویه طبیعی شهر - کاهش اثر و پیامدهای جزیره گرمایی - پایداری زیستی در تراکم بالا
خدمات عمومی هوشمند و زیرساخت‌های پایدار	استقرار خدمات الکترونیک (بانک، پلیس+۱۰، دستگاه ATM) - دسترسی به خدمات عمومی و تفریحی هوشمند	کاهش سفرهای زائد درون شهری - صرفه‌جویی در مصرف انرژی - مدیریت منابع خدماتی بهینه
سیستم حمل‌ونقل عمومی با فناوری پاک و هوشمند	نزدیکی ایستگاه‌ها به مراکز جمعیتی - سطح دسترسی به اتوبوس‌های شهری - استفاده از فناوری‌های پاک	کاهش وابستگی به خودرو شخصی - مهار انتشار CO2 - پشتیبانی از عدالت محیط‌زیستی شهری

روش پژوهش

این پژوهش توصیفی - تحلیلی و کاربردی، با رویکردی تلفیقی و چندسطحی انجام شده و با ترکیب تحلیل‌های فضایی، سنجش میدانی و ارزیابی آماری، پیامدهای زیست‌محیطی الگوهای تراکم شهری را بررسی می‌کند. ابتدا

الگوهای مکانی و پراکنش تراکم ساختمانی شناسایی شده و داده‌های فضایی، تراکم فیزیکی و پراکندگی عملکردی به‌عنوان مبنای تحلیل استفاده شده‌اند. سپس تأثیر این الگوها بر شاخص‌های زیست‌محیطی و کیفیت پایداری شهری ارزیابی شد تا نسبت میان تراکم فضایی و پویایی زیست‌محیطی مشخص شود. در گام بعد، نواحی شهری با بیشترین هم‌پوشانی با مؤلفه‌های شهر هوشمند طبقه‌بندی شدند تا به‌عنوان کانون‌های بالقوه توسعه هوشمند معرفی شوند. درنهایت، با تلفیق یافته‌های فضایی، محیطی و عملکردی، الگویی پیشنهادی برای تراکم بهینه ارائه شده است.

در این پژوهش، جامعه آماری شامل کلیه ساختمان‌های مسکونی چهارطبقه و بالاتر در محدوده قانونی شهر ارومیه است؛ انتخاب این جامعه آماری مبتنی بر نتایج طرح جامع شهر ارومیه صورت گرفته، که بیانگر این است که گرایش‌های موجود در افزایش تراکم ساختمانی، لزوماً با ضرورت فوری برای توسعه عمودی همراه نبوده و در برخی موارد، رشد بی‌ضابطه تراکم می‌تواند منجر به اختلال در تعادل فضایی، آشفتگی بصری و افت کیفیت زندگی شهری شود. از این رو پژوهش حاضر، تمرکز خود را بر مکان‌یابی و امکان‌سنجی استقرار ساختمان‌های مسکونی چهارطبقه و بیشتر قرار داده است. براین اساس، کل تعداد ساختمان‌های واجد شرایط ۲۴۴۲ واحد بوده و با استفاده از فرمول کوکران، حجم نمونه به ۳۳۲ ساختمان کاهش یافت. به‌منظور شناسایی نواحی دارای بالاترین تراکم ساختمانی، از تحلیل چگالی هسته‌ای (Kernel Density) بهره گرفته شد که تمرکز اصلی ساختمان‌های مرتفع را در مناطق ۱، ۴ و ۵ نشان داد. برای سنجش روایی پرسش‌نامه از روایی محتوا با نظر متخصصان حوزه برنامه‌ریزی شهری استفاده شد و پایایی آن با ضریب آلفای کرونباخ ۰/۸۱۲ تأیید شد.

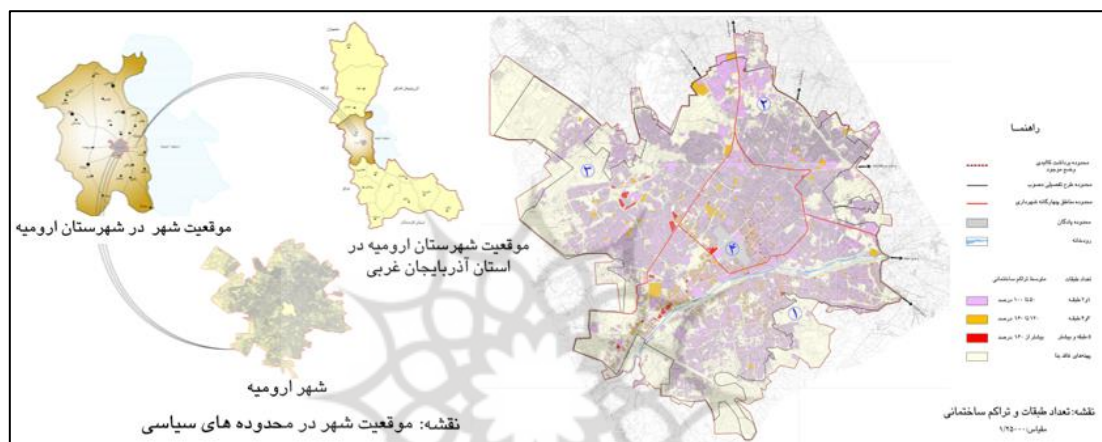


شکل ۱. نقشه جامعه آماری و نمونه آماری استخراج شده از تحلیل kernel density

در این پژوهش، مدل چیدمان فضا به‌عنوان ابزار اصلی تحلیل ساختار کالبدی و شبکه‌های ارتباطی شهر به کار گرفته شد. نرم‌افزار DepthmapX برای سنجش شاخص‌هایی چون انسجام فضایی، نفوذپذیری و دسترسی، و ArcGIS برای تحلیل داده‌های مکانی استفاده شد. داده‌های زیست‌محیطی شامل پراکنش فضای سبز، سطوح نفوذناپذیر، کیفیت بصری، شدت آلودگی و تراکم جمعیت نیز در ArcMap بررسی و با نتایج مدل فضایی تطبیق داده شدند. ارزیابی شاخص‌هایی چون کیفیت پیاده‌روها، کارآمدی حمل‌ونقل عمومی، پوشش خدمات، دسترسی به فضاهای سبز و انسجام اجتماعی، ظرفیت‌ها و محدودیت‌های فضایی را مشخص کرده و با مؤلفه‌های شهر هوشمند تطبیق داده شد تا الگوهای مؤثر و ناکارآمد تفکیک شوند.

محدوده مورد مطالعه

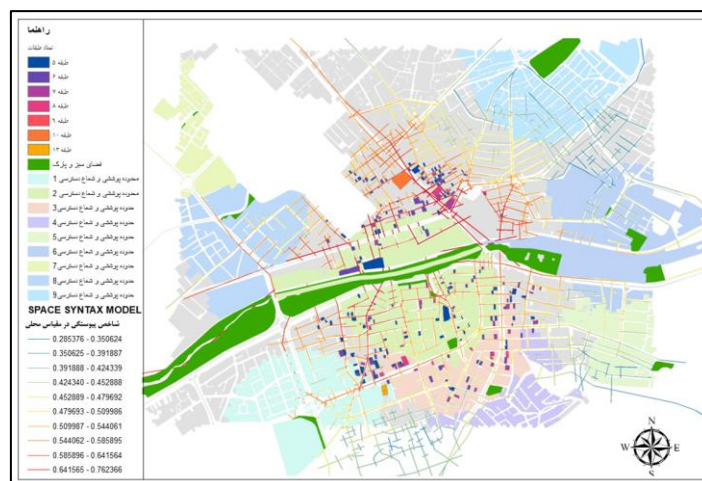
شهر ارومیه، مرکز سیاسی - اداری استان آذربایجان غربی و دهمین شهر بزرگ کشور است که در سالیان اخیر این شهر از بی ثباتی جمعیتی در اثر افزایش مهاجرت ها و رشد فیزیکی لجام گسیخته رنج برده است. کاهش تراکم شهری، افزایش رشد جمعیت و هجوم مهاجرین به رشد پراکنده شهر ارومیه دامن زده است (روستایی و همکاران، ۱۳۹۹: ۸). شهر ارومیه در سال ۱۳۹۵ دارای ۲۲۵۰۵۰ خانوار با بعد خانوار ۳/۴ و جمعیت ۷۳۶۲۲۴ نفری بوده است (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۵). در سال های گذشته با افزایش ساخت وسازهای داخل محدوده و اطراف و توسعه کالبدی از این طریق، تراکم ساختمانی و توسعه عمودی رو به افزایش گذاشته شده (مصیب زاده و خیاط سلیمه دار، ۱۴۰۱: ۹۰). ویژگی های عمومی جوی ناحیه متأثر از شرایط کلی حاکم بر اقلیم منطقه است و تفاوت های جزئی بیشتر ناشی از موقعیت و تأثیر عوامل جغرافیایی و طبیعی نواحی است (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۵).



شکل ۲. نقشه معرفی محدوده مورد مطالعه نقشه موقعیت شهر و نقشه تراکم ساختمانی، منبع: طرح جامع شهر ارومیه

یافته ها

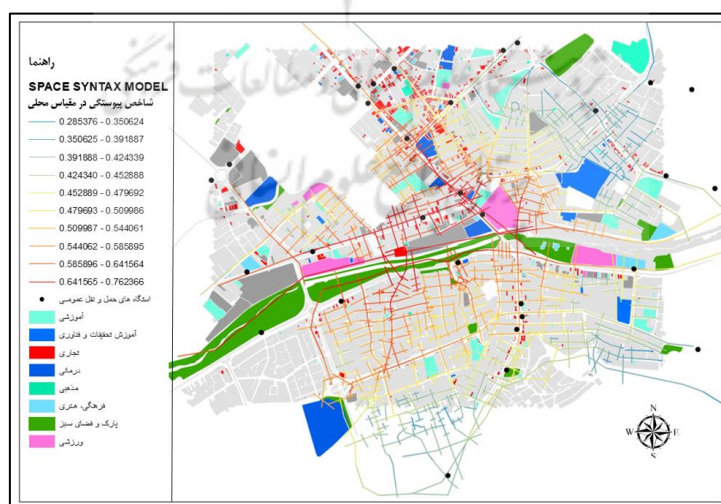
در این پژوهش، محدوده مطالعاتی با توجه به شاخص های کمی و کیفی به دقت ارزیابی شد. ابتدا کاربری های خدماتی و فضای سبز و شعاع دسترسی آن ها در مدل چیدمان فضایی تحلیل شد. سپس داده های مرتبط با شاخص ها شامل کاربری های دولت الکترونیک و کاربری های تفریحی و ورزشی جمع آوری شد. در گام بعد، مبلمان شهری و مؤلفه های مرتبط با آن بررسی گردید. همچنین برداشت میدانی معابر با کاربری های جاذب سفر شامل بررسی حجم ترافیک، مقاطع عرضی، میزان درگیری ها و کیفیت پیاده روها انجام شد تا تردد پیاده و عرض مفید پیاده روها با استانداردهای بهینه سنجیده شود. تمامی این داده ها با مشارکت کارشناسان و نظرسنجی از ساکنان و اهالی منطقه تکمیل شد. وضعیت فضای سبز در محدوده مطالعاتی نشان می دهد که با در نظر گرفتن دسترسی به کاربری های منطقه ای، کل محدوده تحت پوشش است. با این حال، در دسترسی های محلی، فضای سبز شمال شرقی محدوده (منطقه ۴) پوشش کامل ندارد و در شعاع دسترسی محلی قرار نگرفته است. فضای سبز مرکزی منطقه ای، از نظر مکان یابی در مدل Space Syntax در معابری با شاخص پیوستگی بالا واقع شده، در حالی که سایر کاربری های فضای سبز در معابری با پیوستگی پایین تر قرار دارند. نتایج پرسش نامه ها نشان می دهد که کیفیت دسترسی و خود کاربری های فضای سبز، امتیاز ۴ از ۵ را کسب کرده است.



شکل ۳. نقشه دسترسی ها و موقعیت کاربری های فضای سبز در مدل space syntax

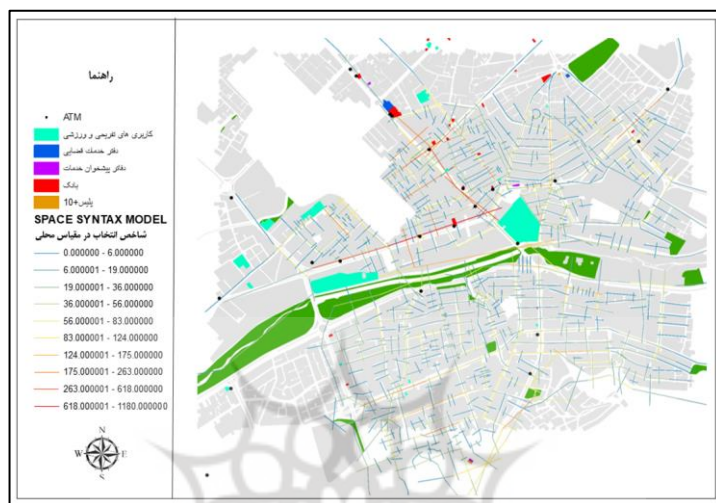
تحلیل داده‌های (جدول ۳) نشان‌دهنده نارسایی آشکار در سرانه فضای سبز محدوده است؛ به‌طوری که با حذف فضاهای سبز منطقه‌ای و تمرکز بر مقیاس خرد، سرانه به $1/54$ مترمربع کاهش می‌یابد. با لحاظ فضاهای سبز منطقه‌ای، سرانه به $7/3$ مترمربع ارتقاء می‌یابد که تنها حداقل نیاز ساکنان را تأمین می‌کند. امتیاز پایین رضایت شهروندان ($2/5$ از 5) از کیفیت دسترسی به این فضاها نشان می‌دهد که افزایش عددی سرانه به‌تنهایی کیفیت تجربه فضایی را ارتقاء نمی‌دهد.

در ادامه، ایستگاه‌های حمل‌ونقل عمومی محدوده از نظر مکان‌یابی نسبت به کاربری‌های خدماتی و جایگاهشان در مدل Space Syntax تحلیل شدند. تمرکز تحقیق بر ایستگاه‌های اتوبوس شهری بوده و این ایستگاه‌ها عمدتاً در نزدیکی کاربری‌های خدماتی و در معابری با شاخص پیوستگی محلی بالا قرار دارند (شکل ۴). بر اساس نتایج پرسش‌نامه‌ها، میزان دسترسی و کیفیت امتیاز متوسط ۳ از ۵ و وضعیت ایستگاه‌ها و سیستم حمل‌ونقل عمومی ۴ از ۵ را کسب کرده‌اند.



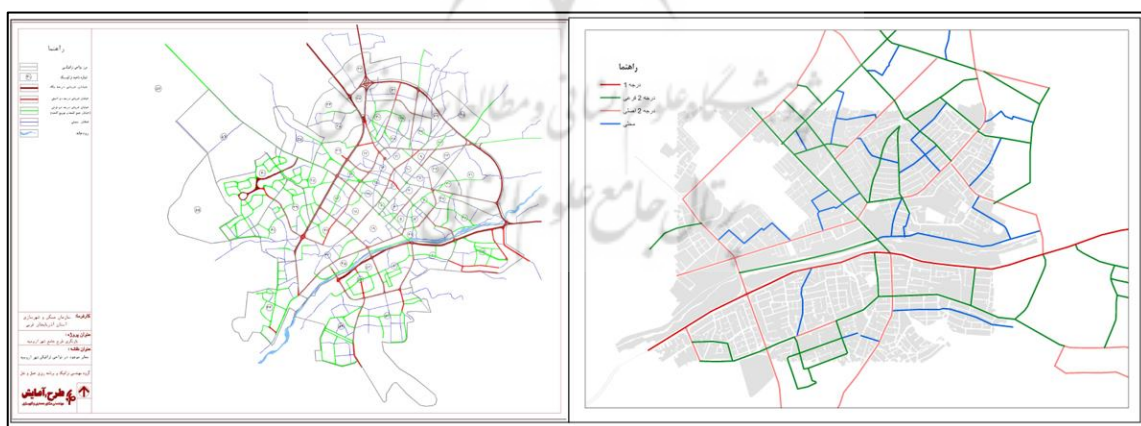
شکل ۴. نقشه کاربری های خدماتی محدوده مورد مطالعه در مدل space syntax

فراوانی بیشتری دارند و درمعابری با شاخص انتخاب‌بالا واقع شده‌اند، درحالی‌که دربخش میانی و جنوبی محدوده، فراوانی کمتر و استقرار درمعابری با شاخص انتخاب‌پایین مشاهده‌شد. تمامی این کاربری‌ها به دوربین‌مدارسته مجهز هستند و اکثر کاربری‌های تجاری نیز برای تأمین امنیت از این سیستم بهره می‌برند که شاخص امنیت‌هوشمند را تقویت می‌کند. کاربری‌های تفریحی نیز ارزیابی شدند و تنها تعداد محدودی به فناوری‌های هوشمند مجهز بودند، به‌طوری‌که مناطق ۱ و ۵ نسبت به منطقه ۴ شرایط بهتری داشتند. نتایج پرسش‌نامه‌ها نشان داد که به‌طور کلی، کاربری‌های محدوده موفق به کسب امتیاز ۳ از ۵ شده‌اند.



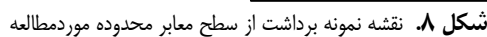
شکل ۶. نقشه کاربری‌های مرتبط با دولت الکترونیک در مدل space syntax

در ادامه جهت بررسی کیفیت دسترسی‌ها ابتدا معابر محدوده مورد مطالعه را از نظر سلسله‌مراتب آنها در طرح‌های فرادست شهری بررسی نموده که به شرح شکل (۷) می‌باشد.



شکل ۷. نقشه سلسله‌مراتب معابر محدوده مورد مطالعه. منبع: طرح جامع شهر ارومیه

با استفاده از برش‌های عرضی، نقشه‌های تقاطع‌ها و داده‌های حجم ترافیک برداشت میدانی، نقاط درگیری و مقاطع عرضی معابر، دسترسی‌ها ارزیابی شدند (شکل ۸). معابری که با برخورد کم‌تر، حجم بیشتری ترافیک را جابه‌جا کرده و ایستگاه‌های حمل‌ونقل آنها در نزدیکی کاربری‌های جاذب سفر قرار داشتند، کیفیت بالاتری داشتند. نتایج پرسش‌نامه‌ها نشان داد که به طور متوسط، دسترسی‌های محدوده امتیاز ۳ از ۵ را کسب کرده‌اند.



شکل ۹. نمونه ارزیابی کیفیت پیاده‌روهای محدوده مورد مطالعه

در شکل (۹) مشاهده می‌شود که پیاده‌روهای چپ و راست از نظر مقطع عرضی ناهماهنگ هستند. در مدت پنج دقیقه، هر سمت حدود ۲۰۰ نفر عابر داشته و بر اساس فرمول عرض بهینه، استاندارد مناسب ۱/۲۵ متر تعیین شده است؛ حال آن‌که عرض فعلی پیاده‌رو به طور قابل توجهی بیشتر است. تعداد عابران عبوری در هر دقیقه ۴۰ نفر است که معادل ۶/۷ نفر در هر متر در سمت راست و ۱۰/۶ نفر در سمت چپ می‌شود. بر اساس جدول ۵، کیفیت آن در رده (ب) قرار دارد.

جدول ۵. سنجش کیفیت مسیرهای پیاده

کیفیت تردد عابران پیاده	ابعاد مسیرهای پیاده‌روی (متر به ازای هر فرد)	شدت جریان عابران پیاده (نفر در دقیقه به ازای هر متر)
الف	بیش از ۱۳	کمتر از ۶
ب	۴ تا ۱۳	از ۶ تا ۲۰
ج	۲/۴ تا ۳/۹	۲۱ تا ۳۰
د	۱/۵ تا ۲/۳	۳۱ تا ۴۵
ه	۰/۶ تا ۱/۴	۴۶ تا ۷۵
و	کمتر از ۰/۶	متغیر و ناپایدار

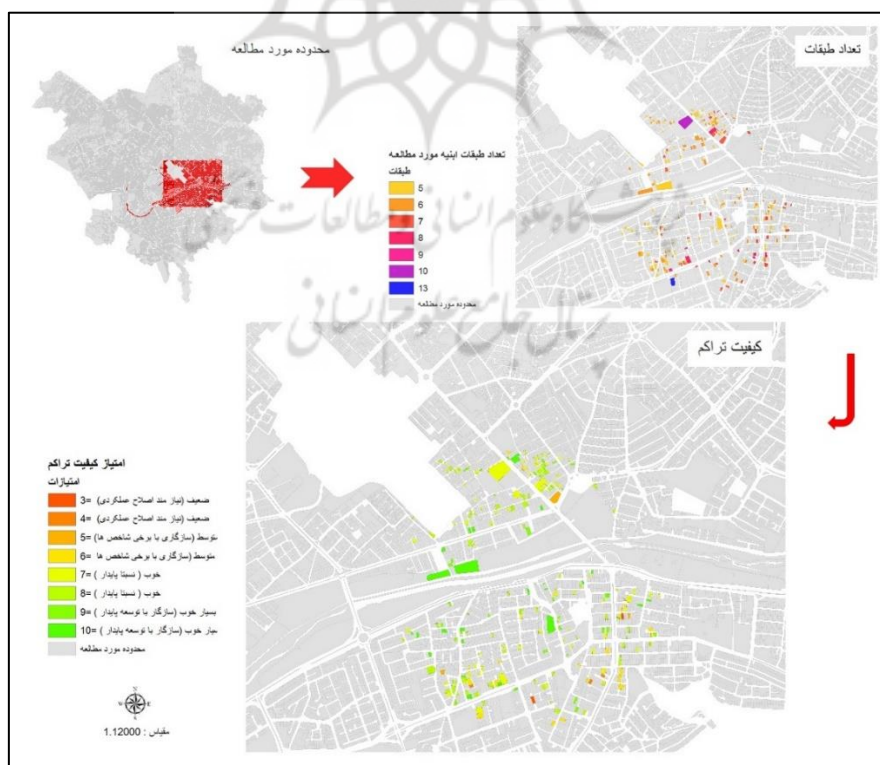
منبع: دژدار، ۱۳۹۹

معايير محدوده از کیفیت متوسط تا بالا برخوردارند و به طور میانگین امتیاز ۷/۰۲ از ۱۰ کسب کرده‌اند. ۲۳ درصد معابر در وضعیت مطلوب و هم‌راستا با شاخص‌های پژوهش قرار دارند، درحالی‌که ۴۷ درصد در سطح متوسط و ۳۰ درصد در وضعیت متوسط به پایین هستند و فاقد کیفیت مطلوب بر اساس معیارها هستند. (شکل ۱۰)



شکل ۱۰. نقشه نتایج ارزیابی کیفیت معابر محدوده مورد مطالعه

در نهایت، جمع‌بندی نهایی اطلاعات گردآوری شده به منظور ارزیابی و رتبه‌بندی تراکم‌های ایجادشده در محدوده مورد بررسی، بر اساس مطالعات مرتبط با ابعاد محیط‌زیستی در شهرهای هوشمند و شاخص‌های پژوهشی، در شکل (۱۱) به تصویر کشیده شده است.



شکل ۱۱. نقشه نهایی امتیازات کیفیت تراکم‌های ساختمانی در وضعیت موجود شهر ارومیه و توزیع تعداد طبقات ساختمانی، بر پایه شاخص‌های پژوهش

بر اساس شکل (۱۱)، ساختمان‌های ۵ طبقه بالاترین امتیاز را در شاخص‌های پژوهشی کسب کرده‌اند و نشان می‌دهند که تراکم بهینه محدوده مطالعاتی با شرایط محیطی ارومیه، معادل ۵ طبقه است. جزئیات سایر تراکم‌ها در جدول (۶) ارائه شده است.

جدول ۶. نتایج تفصیلی امتیازات کیفیت تراکم‌های موجود در ارتباط با شاخص‌های پژوهش

تعداد طبقات	تعداد ساختمان	میانگین امتیاز (از ۱۰)
۵	۱۲۸	۸/۱۰
۶	۱۱۳	۷/۹۹
۷	۶۷	۷/۶۴
۸	۱۵	۷/۲
۹	۵	۶/۸
۱۰	۱	۷
۱۳	۲	۶/۷

نتایج تحقیق نشان می‌دهد که تراکم‌های غیرمنطقی و بدون ضابطه، نواقص زیست‌محیطی جدی ایجاد کرده و کیفیت زندگی شهروندان را کاهش می‌دهند؛ این تراکم‌ها دسترسی به خدمات عمومی را محدود کرده و آلودگی‌های زیست‌محیطی را افزایش می‌دهند و بر دسترسی‌های پیاده، الگوهای حرکتی، سلسله‌مراتب دسترسی و شاخص‌های فضای سبز تأثیر منفی می‌گذارند. بنابراین، پیشنهاد می‌شود صدور مجوز تراکم ساختمانی بر اساس نتایج پژوهش کنترل شود و با راهبردهایی چون افزایش نظارت بر پروژه‌های ساختمانی، ایجاد فضاهای سبز و عمومی کافی، استفاده از مصالح دوستدار محیط‌زیست و فناوری‌های انرژی تجدیدپذیر، مشکلات ناشی از تراکم‌های موجود رفع گردد.

جدول ۷. راهبردهای پیشنهادی

۱- وضع قوانین کنترل صدور مجوز تراکم ساختمانی: بر اساس نتایج پژوهش، قوانین جدیدی برای کنترل تراکم ساختمانی وضع گردد.
۲- افزایش نظارت و ارزیابی مستمر بر پروژه‌های ساختمانی: به‌ویژه در نواحی با تراکم بالا برای شناسایی و پیشگیری از تخلفات محیط‌زیستی ضروری است.
۳- ترویج استفاده از فناوری‌های نوین و پایدار: استفاده از مصالح دوستدار محیط‌زیست و سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر در ساخت‌وساز.
۴- برگزاری کارگاه‌ها و دوره‌های آموزشی: برای سازندگان و طراحان شهری در خصوص اصول شهر هوشمند و پایداری محیط‌زیستی.
۵- مشارکت فعال شهروندان: تقویت حس مسئولیت اجتماعی و ارتقای کیفیت زندگی از طریق مشارکت شهروندان در فرآیندهای برنامه‌ریزی شهری.
۶- ارزیابی مداوم تأثیرات محیط‌زیستی پروژه‌های ساختمانی: استفاده از شاخص‌های معتبر برای بهبود مستمر شرایط زیست‌محیطی و اجتماعی.

بحث

تراکم ساختمان‌ها به‌عنوان مؤلفه‌ای کلیدی در طراحی شهری، تأثیر بسزایی بر کیفیت زندگی و محیط‌زیست دارد. این پژوهش نشان می‌دهد که تراکم بهینه در ارومیه، معادل پنج طبقه، می‌تواند کیفیت زندگی را ارتقاء داده و نواقص زیست‌محیطی را کاهش دهد. مطالعات پیشین، ازجمله کارهای زمانی و ساختمانی، بر رابطه ارتفاع ساختمان‌ها با کیفیت فضاهای عمومی تأکید دارند و نشان می‌دهند که تناسب ارتفاع و گشودگی فضاها با نیازهای اجتماعی و فرهنگی، ارتقاء کیفیت زندگی تسهیل می‌کند. با این حال، تراکم‌های غیرمنطقی حتی در شرایط اجتماعی و فرهنگی سازگار، می‌توانند به افزایش آلودگی و کاهش کیفیت زندگی منجر شوند. پژوهش رنگزن و همکاران نیز اهمیت دسترسی به نور طبیعی و فضای سبز را در توسعه پایدار تأیید می‌کند؛ یافته‌های حاضر نشان می‌دهد که افزایش تراکم در مناطق کم‌نور و با فضای سبز محدود، موجب نارضایتی ساکنان می‌شود. این تحقیق بر لزوم تدوین سیاست‌های علمی و دقیق در حوزه تراکم

ساختمان‌ها تأکید دارد تا ضمن حفظ کیفیت محیط‌زیست، کیفیت زندگی شهروندان ارتقاء یابد.

جدول ۸. خلاصه تطبیقی نتایج پژوهش با نتایج سایر مطالعات

منبع	تمرکز پژوهش	یافته کلیدی	نقطه اشتراک	وجه تمایز
زمانی و سخت‌افزار (۱۴۰۲)	بررسی نسبت ارتفاع ساختمان‌ها، گشودگی فضاها، تعادل خط آسمان	تناسب ارتفاع و بازبودن معابر منجر به افزایش گستره خط آسمان و ارتقاء ادراک بصری	تأکید بر نقش کالبدی در کیفیت بصری و تجربه فضایی	عدم بررسی ابعاد زیست‌محیطی و اجتماعی در تعریف تراکم مطلوب
رنگزن و همکاران (۱۳۹۷)	تأثیر تراکم کالبدی بر دسترسی به نور خورشید	تنظیم الگوی تراکم موجب ارتقاء بهره‌وری انرژی	تأکید بر اهمیت نور و تراکم در کیفیت محیط‌زیست	عدم توجه به ابعاد اجتماعی فرهنگی و ادراک شهروندان
رستمی و همکاران (۱۴۰۰)	بررسی بعد زیست‌پذیری و تأثیر فضاهای فرهنگی شهری	فضاهای فرهنگی باعث تقویت تعاملات اجتماعی و افزایش احساس تعلق مکانی می‌شوند	تأکید بر اهمیت جنبه‌های اجتماعی و فرهنگی در زیست‌پذیری	عدم تلفیق شاخص‌های کالبدی و مدیریتی در تحلیل تراکم
میکسلن (۲۰۲۱)	دییجتالی‌سازی مدیریت منابع آب و ارتقاء کیفیت زندگی شهرهای هوشمند	مدیریت هوشمند منابع آب دلیل افزایش شفافیت و کارایی در شهرهای هوشمند	توجه به رویکردهای مدیریتی و حکمرانی هوشمند	غفلت از شاخص‌های کالبدی و فضایی در تعیین تراکم بهینه
استفان (۲۰۲۱)	توسعه شهرهای کم‌کربن و تاب‌آور در برابر تغییرات اقلیمی	شهرهای تاب‌آور و کم‌کربن پیش‌شرط ارتقاء کیفیت زندگی نسل‌های آینده‌اند	تأکید بر ضرورت تلفیق ملاحظات مدیریتی و کالبدی	ارائه مدل عددی تراکم بهینه بر اساس شاخص (کالبدی و زیست‌محیطی)
دوارته و تکسیرا (۲۰۲۲)	ارتباط تراکم ساختمانی و گرمایش موضعی	رابطه متأثر از هندسه شهری و ضریب دید آسمان می‌باشد.	تأکید بر شاخص‌های فضایی در سیاست‌گذاری	ارائه تحلیل چندسطحی بر مبنای داده‌های میدانی
پژوهش حاضر	بررسی اثرات تراکم ساختمانی بر کیفیت زیست‌محیطی و زندگی	تراکم بهینه (حداکثر پنج طبقه) موجب بهبود کیفیت زندگی و شاخص‌های زیست‌محیطی	ترکیب شاخص‌های کالبدی، اجتماعی، زیست‌محیطی و ادراکی	ارائه الگویی عددی فضایی مبتنی بر داده‌های میدانی، نرم‌افزاری و سنجش ادراک

نتیجه‌گیری

در این پژوهش، الگوهای تراکمی شهر هوشمند در ارومیه از منظر مؤلفه‌های زیست‌محیطی مورد ارزیابی قرار گرفت و امکان‌سنجی و مکان‌یابی ساختمان‌های مسکونی با ارتفاع ۴ طبقه و بیشتر بررسی شد. هدف اصلی مطالعه پاسخ به این پرسش بود که چگونه می‌توان افزایش تراکم ساختمان‌ها را، هم‌زمان با حفظ شاخص‌های زیست‌محیطی و کیفیت زندگی شهروندان، مدیریت کرد. یافته‌ها نشان دادند که تراکم پنج طبقه بیشترین سازگاری را با مؤلفه‌های زیست‌محیطی ارومیه دارد و رابطه معناداری میان الگوهای تراکمی و کیفیت زیست‌محیطی برقرار است، که این ارتباط با شاخص‌های شهر هوشمند نیز همسو است. اهمیت این نتایج در آن است که تراکم ساختمان‌ها در محدوده معقول و بر اساس شاخص‌های زیست‌محیطی می‌تواند کیفیت زندگی ساکنان را بهبود بخشد، درحالی‌که تراکم‌های غیرمنطقی و بدون ضابطه اثرات منفی قابل‌توجهی بر محیط‌زیست و زندگی شهری دارند. این نتایج تأکید می‌کنند که رعایت اصول طراحی شهری و برنامه‌ریزی فضایی، مانع از بروز نواقص زیست‌محیطی شده و کیفیت زندگی شهری را ارتقا می‌دهد. بنابراین، توجه به این مؤلفه‌ها در مقیاس‌های کلان و خرد در طراحی شهری ضروری است. یافته‌های پژوهش می‌تواند به سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان شهری ارومیه کمک کند تا الگوهای تراکمی پایدار را طراحی و اجرا کنند و از بروز مشکلات زیست‌محیطی جلوگیری شود. همچنین، پژوهشگران با استفاده از این نتایج، می‌توانند درک عمیق‌تری از تأثیر الگوهای تراکمی بر کیفیت زندگی و محیط‌زیست به دست آورند. با این حال، همانند سایر مطالعات کاربردی، این پژوهش نیز محدودیت‌هایی

دارد که در تفسیر و تعمیم‌یافته‌ها باید مدنظر قرار گیرد. نخست آنکه تمرکز مکانی تحقیق بر شهر ارومیه و تحلیل داده‌ها در بستر یک شهر واحد، قابلیت تعمیم نتایج به سایر فضاهای شهری با ساختارهای متفاوت را محدود می‌سازد. علاوه بر این، اتکای بخشی از داده‌ها بر ادراک ذهنی شهروندان از طریق پرسش‌نامه ممکن است تحت‌تأثیر عوامل زمینه‌ای، سوگیری‌های فردی و متغیرهای پنهان قرار گیرد. محدودیت دیگر، کمبود داده‌های محیط‌زیستی دقیق در مقیاس بلوک‌های شهری است که امکان تحلیل برخی شاخص‌ها با جزئیات بالاتر را محدود می‌سازد. بر همین اساس، پیشنهاد می‌شود مطالعات آتی با رویکرد تطبیقی و میان مکانی در سایر شهرها با تنوع ساختار کالبدی، فرهنگی و اقلیمی انجام گیرد تا زمینه سنجش همگرایی یا واگرایی نتایج فراهم شود. همچنین، بهره‌گیری از روش‌های تحلیل طولی و داده‌های چند دوره‌ای می‌تواند روند تغییرات تراکم ساختمانی و پیامدهای زیست‌محیطی آن را در بستر زمان روشن‌تر سازد. ترکیب روش‌های کیفی و کمی در سطوح تحلیل چند مقیاسی، و همچنین استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی و پیش‌بینی گر، از دیگر راهکارهایی است که می‌تواند افق‌های نوینی در تکمیل و تعمیق این حوزه فراهم کرده و زمینه تصمیم‌سازی‌های مبتنی بر شواهد را تقویت کند.

حامی مالی

این اثر حامی مالی ندارد.

سهم نویسندگان در پژوهش

نویسندگان در تمامی بخش‌ها و مراحل پژوهش سهم برابر داشتند.

تضاد منافع

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

تقدیر و تشکر

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

منابع

- احمدپور، احمد؛ زیاری، کرامت اله؛ حاتمی‌نژاد، حسین و پارسا، شهرام. (۱۳۹۷). شهر هوشمند تبیین ضرورت‌ها و الزامات شهر تهران برای هوشمندی. *نگرش‌های نو در جغرافیای انسانی*، ۱۰(۲)، ۱-۲۲. <https://doi.org/10.1001.1.66972251.1397.10.2.1.1>
- سعیدنیا، احمد. (۱۳۸۳). کتاب سبز راهنمای شهرداری ها ج ۶ تهران سازمان شهرداری ها و دهیاری های کشور.
- اصغری زمانی، اکبر؛ جعفری، فیروز و سخائیان، کوثر. (۱۴۰۳). ارزیابی تأثیرات فروش تراکم بر مفهوم خط آسمان در شهر خوی با استفاده از محاسبه شاخص SVF. *فصلنامه معماری و شهرسازی*، ۱۰۴(۱)، ۲۳-۴۰. <https://doi.org/10.48308/sofeh.2024.104358>
- خندانی، سکینه؛ صفرویی، محمدعلی و بیگ بابایی، بشیر. (۱۳۹۹). تحلیل فضایی شاخص‌های رشد هوشمند شهری در شهرهای میان اندام مطالعه موردی شهر مرند. *فصلنامه پژوهش و برنامه‌ریزی شهری*، ۱۱(۴۲)، ۱۸۳-۱۸۴. <https://doi.org/10.22285229.1399.11.42.13.4>
- خوارزمی، امید علی؛ غفوریان، مهسا؛ صبور، مرضیه و سردار، سیما. (۱۴۰۱). چالش‌های محیط‌زیست هوشمند در کلان‌شهر مشهد با استفاده از مدل DPSIR. *مجله جغرافیا و فضای شهری*، ۹(۳)، ۱۷-۳۶. <https://doi.org/10.22067/jgusd.2021.67171.0>

- دژدار، فریدون. (۱۳۹۹). کتاب سبز پیاده رو و پیاده راه سازی، وزارت کشور، مرکز مطالعات برنامه‌ریزی شهری و روستایی.
- رستمی، روح‌الله؛ موسوی، سید یعقوب؛ قدیمی، بهرام و میرزایی، خلیل. (۱۴۰۰). تبیین عوامل موثر بر میزان زیست‌پذیری شهری مطالعه موردی شهر ایلام. *مجله شهر پایدار*، ۴(۲)، ۱۴. <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.24766631.1400.4.2.3.7.14>
- رضایی بزنجان، رضا؛ اذانی، مهری؛ صابری، حمید و مؤمنی، مهدی. (۱۳۹۸). برنامه‌ریزی راهبردی مناطق شهری کرمان بر پایه رشد هوشمند شهری. *فصلنامه جغرافیا (برنامه‌ریزی منطقه‌ای قشم)*، ۱، ۱۷۹-۱۵۷. <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.22286462.1398.10.37.10.9>
- رنگزن، کاظم؛ قنبری، نازنین؛ کابلی زاده، مصطفی و مرادی، پوریا. (۱۳۹۷). ارزیابی شاخص‌های تراکم شهری در امکان‌سنجی استفاده از پتانسیل انرژی خورشیدی با استفاده از GIS مطالعه موردی منطقه ۴ اهواز. *نشریه جغرافیا و برنامه‌ریزی*، ۶۴، ۶۴-۱۲۷-۱۰۳.
- روستایی، شهرپور؛ حکیمی، هادی و علیزاده، شیوا. (۱۳۹۹). سنجش عدالت فضایی شاخص‌های کمی و کیفی مسکن در حوزه‌های شهری (مطالعه موردی: شهر ارومیه). *پژوهش‌های جغرافیای انسانی*، ۵۲(۳)، ۱۰۰۹-۱۰۲۹. <https://doi.org/10.22059/jhgr.2019.255578.1007679>
- زیاری، کرامت‌الله؛ حاتم‌نژاد، حسین و ترکمن‌نیا، نعیمه. (۱۳۹۹). سنجش تطبیقی معیارهای رشد هوشمند شهری در نواحی شش‌گانه منطقه ۶ تهران. *پژوهش‌های جغرافیای انسانی*، ۵۲(۳)، ۷۷۵-۷۹۲. <https://doi.org/10.22059/jhgr.2020.45151.1006671>
- سختائیان، کوثر؛ اصغری‌زمانی، اکبر، و جعفری، فیروز. (۱۴۰۳). ارزیابی تأثیرات فروش تراکم بر مفهوم خط آسمان در شهر خوی با استفاده از محاسبه شاخص SVF. *فصلنامه معماری و شهرسازی*، ۱۰۴(۱)، ۲۳-۴۰. <https://doi.org/10.48308/sofeh.2024.104358>
- قرائی، آزاده؛ زبردست، اسفندیار و ماجدی، حمید. (۱۳۹۷). تبیین ارتباط میان فرم شهر و پایداری اجتماعی (مطالعه موردی: مناطق ۲۲گانه شهر تهران). *برنامه‌ریزی توسعه کالبدی*، ۵(۳)، ۷۹-۹۳. <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.26455471.1397.5.3.5.2.93-79>
- زیاری، کرامت‌الله. (۱۳۸۸). کتاب برنامه‌ریزی کاربری اراضی. یزد: انتشارات دانشگاه یزد.
- محمودی، ناصر و شمس، مجید. (۱۴۰۰). تحلیل اثرات زیست‌محیطی گسترش افقی شهر با تأکید بر شاخص‌های شهر هوشمند (مطالعه موردی: شهر دزفول). *فصل نامه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری چشم‌انداز زاگرس*، ۱۳(۴۸)، ۲۱۶-۱۹۵.
- مرکز آمار ایران. (۱۳۹۵). نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن ۱۳۹۵. تهران: مرکز آمار ایران. دریافت‌شده از <https://www.amar.org.ir>
- مصیب‌زاده، علی و خیاط سلیقه‌دار، شراره. (۱۴۰۱). کاربری تکنیک چیدمان فضایی جهت بازآفرینی و هویت‌بخشی کالبدی محلات شهری (نمونه موردی: محله عسگرخان شهر ارومیه). *فصلنامه برنامه‌ریزی شهری و توسعه منطقه‌ای*، ۱(۳)، ۱۰۵-۸۹. <https://doi.org/10.22034/jprd.2023.55405.1031>
- مهندسان مشاور معماری و شهرسازی طرح و آمایش. (۱۳۸۹). طرح تجدیدنظر طرح جامع ارومیه اداره کل راه و شهرسازی استان آذربایجان غربی.
- نوروزی، رضا و بهمن‌پور، هومن. (۱۳۹۳). معیارهای طراحی محله پایدار با تأکید بر ارزش‌های زیست‌محیطی. *معماری و شهرسازی پایدار*، ۱(۲)، ۶۵-۸۰. <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.25886274.1392.1.2.6.4.80-65>
- اله‌قلی‌پور ملایوسف، سمیرا؛ حافظی‌فر، مریم؛ مختاری اصل، غلامرضا و محمدی کله سر، مسلم. (۱۴۰۰). تأثیر تراکم ساختمانی بر منظر شهری با تأکید بر پایداری در شهر اردبیل؛ نمونه موردی: شهرک نادری اردبیل. *شبابک*، ۶(۶۳)، ۹۱-۱۰۰.

References

- Ahmadpour, A., Hataminejad, H., & Parsa, S. (2019). Smart city: Explaining the needs and requirements of Tehran city for the smartness of new attitudes. *Human Geography*, 10(2), 1–22. <https://doi.org/10.1001.1.66972251.1397.10.2.1.1> [In Persian].
- Ahmed Saeednia. (2004). *Green book of municipalities guide* (Vol. 6). Tehran: Organization of Municipalities and Villages. [In Persian].

- Architectural and Urban Planning Consulting Engineers. (2008). Revision plan of the Urmia master plan. *General Road and Urban Development Department of West Azarbaijan Province*. [In Persian].
- Asghari Zamani, A., Jafari, F., & Sakhaeian, K. (2024). Evaluation of the effects of density sales on the concept of skyline in Khoy city using SVF index calculation. *Sofeh: Scientific Quarterly of Architecture and Urbanism*, 104(1), 23–40. <https://doi.org/10.48308/sofeh.2024.104358> [In Persian].
- Duarte, S., & Teixeira, L. (2022). Urban climate adaptation: An interdisciplinary research experience empowering architecture and urbanism education. *Technology, Environment and Sustainability*, 2, 116–125. <https://doi.org/10.14718/RevArq.2022.24.4380>
- Elah Qolipour Melayoussef, S., Hafizifar, M., Mokhtari Asl, G., & Mohammadi Kalesar, M. (2021). The impact of building density on the urban landscape with an emphasis on sustainability in Ardabil city: Case study of Naderi town of Ardabil. *Shabak*, 7(6[63]), 91–100. [In Persian].
- Evans, J., Karvonen, A., Luque-Ayala, A., Martin, C., McCormick, K., & Raven, R. (2019). *Smart and sustainable cities? Pipedreams, practicalities and possibilities*. Routledge.
- ezaee Bezanjani, R., Azani, M., Saberi, H., & Momeni, M. (2020). Strategic planning of urban areas of Kerman based on the smart urban growth. *Geography (Regional Planning)*, 9(37), 157–179. <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.22286462.1398.10.37.10.9> [In Persian].
- Gharaye, A., Zebardast, E., & Majedi, H. (2018). Explaining the relationship between city form and social sustainability: Case study of 22 districts of Tehran metropolitan. *Physical Social Planning*, 5(3), 79–93. <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.26455471.1397.5.3.5.2> [In Persian].
- Khandani, S., Safarlue, M. A., & Beygbabaye, B. (2020). Spatial analysis of urban smart growth indicators in middle cities: Case study of Marand city. *Journal of Regional Planning*, 11(42), 181–194. <https://dori.net/dor/20.1001.1.22285229.1399.11.42.13.4> [In Persian].
- Kharazmi, O. A. (2022). Challenges of smart environment in Mashhad metropolis using DPSIR model. *Geography and Urban Space Development*, 9(2), 17–36. <https://doi.org/10.22067/jgusd.2021.67171.0> [In Persian].
- Mahmoudi, N., & Shams, M. (2021). Analysis of the environmental effects of the horizontal expansion of the city with an emphasis on smart city indicators: Case study of Dezful city. *Zagros Landscape Geography and Urban Planning Quarterly*, 13(48), 195–216. [In Persian].
- Mikkelsen, P. S. (2021). Water for smart livable cities: How rethinking urban water management can transform cities of the future. *State of Green*.
- Mosayyebzadeh, A., & Khayat Salighr, S. (2023). Application of spatial arrangement technique for reconstruction and physical identification of urban neighborhoods: Case study of Asgarkhan neighborhood of Urmia. *Urban Space and Social Life*, 1(3), 89–105. <https://doi.org/10.22034/jprd.2023.55405.1031> [In Persian].
- Noroozi, R., & Bahmanpour, H. (2014). Sustainable neighborhoods design criteria based on environmental norms. *Journal of Sustainable Architecture and Urban Design*, 1(2), 65–80. <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.25886274.1392.1.2.6.4> [In Persian].
- Rangzan, K., Ghanbari, N., Kabolizade, M. K., & Moradi, P. M. (2018). Evaluation of the urban compactness indexes in feasibility of use of solar energy potential using GIS: Case study of Ahvaz Region 4. *Journal of Geography and Planning*, 22(64), 103–127. [In Persian].
- Rau, S. (2021). Bridge to future livable cities and city clusters in the People's Republic of China: Policy opportunities for high-quality urban development. *Asian Development Bank*. <https://dx.doi.org/10.22617/WPS210372-2>
- Rostaei, S., Hakimi, H., & Alizadeh, S. (2020). Study of space equity of quantitative and qualitative indicators of housing in urban areas: Case study of Urmia city. *Human Geography Research*, 52(3), 1009–1029. <https://doi.org/10.22059/jhgr.2019.255578.1007679> [In Persian].
- Rostami, R., Mousavi, Y., Ghadimi, B., & Mirzai, K. (2021). Explaining the effective factors on urban livability: Case study of Ilam city. *Journal of Sustainable City*, 4(2), 107–124. [In Persian]. <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.24766631.1400.4.2.3.7>

- Sakhaeian, K., Asghari Zamani, A., & Jafari, F. (2024). Evaluation of the impacts of density selling on the concept of skyline in Khoy city using SVF index calculation. *Scientific Quarterly of Architecture and Urban Planning*, 104(1), 23–40. <https://doi.org/10.48308/sofeh.2024.104358> [In Persian].
- Ziyari, K. (2009). *land use planning*. Yazd: Yazd University Publications. [In Persian].
- Zyari, K., Hataminejad, H., & Torkamannia, N. (2020). Comparative assessment of urban smart growth indicators in six areas of the 6th region, Tehran. *Human Geography Research*, 52(3), 775–792. <https://doi.org/10.22059/jhgr.2020.45151.1006671> [In Persian].

