



Analyzing the Physical-Spatial Development of Ahvaz through the Lens of Ecological Infrastructure and Green City Principles

Ali Shamaei^{1*}, Sima Kazemi Lemraski²

1. Associate Professor, Department of Geography and Urban Planning, Faculty of Geography, Kharazmi University, Tehran, Iran.

2. PhD student in Geography and Urban Planning, Department of Geography, Faculty of Social Sciences, University of Zanjan, Zanjan, Iran.

*Corresponding author, Email: shamai@khu.ac.ir

Keywords:

Green City, Ecological City,
Physical Spatial
Development, Environmental
Capabilities, Ahvaz City.

Introduction

Rapid urbanization over the past few decades has fundamentally reshaped the physical, environmental, and social fabric of Ahvaz, often at the cost of long-term ecological resilience. Characterized by unchecked spatial expansion, a disproportionate concentration of socio-economic activities within the city core, deteriorating air and water quality, and the persistent decline of urban green space, Ahvaz faces profound challenges that signal a deviation from sustainable development trajectories. In response, this research adopts the paradigms of “Green City” and “Ecological City” as strategic frameworks to reconceptualize and reorganize urban growth. The primary objective is to critically evaluate the historical physical-spatial development patterns of Ahvaz while identifying optimal zones for future expansion toward the 1420 planning horizon. By bridging the gap between urban green management and ecological planning, this study underscores the necessity of achieving balanced spatial distribution—a critical prerequisite for mitigating environmental degradation, curbing urban hazards, and fostering urban resilience. Ultimately, this research aims to provide a robust, evidence-based roadmap for stakeholders to pivot away from ecologically costly expansion and toward a model that prioritizes spatial justice and the quality of urban life.

Methodology

This study adopts an applied, descriptive-analytical research design characterized by an exploratory approach to mapping the physical-spatial development of Ahvaz. To ensure a comprehensive assessment of sustainable development potential, a multidimensional set of natural and environmental criteria was synthesized through an extensive literature review, expert consultation, and the integration of organizational datasets, subsequently digitized into geographic information layers. Given the inherent heterogeneity of urban and environmental data, the study employed Fuzzy Logic to standardize variables and mitigate uncertainty, followed by the Analytic Hierarchy Process (AHP) to rigorously weight criteria, ensuring consistency through an audited compatibility rate. The final phase involved integrating these weighted layers within a Geographic Information System (GIS) environment via spatial overlay analysis. This methodology yields a high-precision land suitability zoning map, facilitating an integrated analysis that allows for the identification of zones where physical development is intrinsically compatible with ecological preservation principles.

Received:

22/Nov/2025

Revised:

05/Feb/2026

Accepted:

25/Apr/2026

Findings

The analytical output of this research classifies potential expansion areas into five distinct suitability zones, ranging from “very high” to “very low” capacity for physical growth. By synthesizing natural features with regional development variables, the findings reveal a clear spatial bifurcation in the



city's growth potential. Specifically, the most promising prospects for sustainable expansion are concentrated in the northwest and southwest corridors. In contrast, expansion toward the northeast, and certain sectors of the north and south, are significantly constrained by complex environmental and anthropogenic factors. These spatial limitations include critical intersections with heavy industrial complexes, high-value agricultural lands, sensitive riparian zones along the river, and the encroaching development of Kot Abdullah. This zoning map acts as a vital tool for urban planners, delineating where growth can proceed with minimal ecological friction and where protectionist policies are mandatory to prevent further urban sprawl.

Discussion and Conclusion

This study provides a rigorous evaluation of the physical-spatial development of Ahvaz through the lens of ecological urbanism, leveraging ten natural and geographical indicators to simulate four distinct development scenarios up to the year 1420. The spatial analysis indicates that approximately 25% of the surrounding land possesses high to very high suitability for development, with the third scenario emerging as the most viable trajectory; unlike the fragmented expansion inherent in the first two scenarios, the third offers an integrated growth pattern in the northwest and southwest that preserves ecological continuity. Realizing an “eco-city” in Ahvaz necessitates a paradigm shift from an economy-oriented growth model to one grounded in environmental responsibility, requiring redefined urban metrics, reformed zoning policies, and heightened public awareness regarding climate risks. In conclusion, the findings advocate for a transformative approach to spatial planning that reinforces green infrastructure and adheres to ecological principles. The proposed model suggests that a balanced, environmentally sensitive development strategy can transcend traditional urbanization, functioning as a restorative mechanism that generates energy, ensures food security, and enhances environmental health, thereby positioning Ahvaz on a clear path toward becoming a sustainable, 21st-century urban ecosystem.

How to cite this article:

Shamai, A., & Kazemi Lemraski, S. (2026) Analyzing the Physical-Spatial Development of Ahvaz through the Lens of Ecological Infrastructure and Green City Principles. *Green Development Management Studies*, 5(2), 287-310. <https://doi.org/10.22077/jgdms.2026.10512.1385>





تحلیل توسعه کالبدی-فضایی شهر اهواز از منظر زیرساخت‌های اکولوژیک و شهر سبز

علی شماعی^{۱*}، سیما کاظمی لمراسکی^۲

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

۲. دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، گروه جغرافیا، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

* ایمیل نویسنده مسئول: shamai@khu.ac.ir

واژگان کلیدی:

چکیده

شهر سبز، شهر اکولوژیک، توسعه کالبدی فضایی، توان‌های محیطی، شهر اهواز.

روند شتابان توسعه شهری در دهه‌های اخیر، پیامدهای گسترده‌ای بر ساختار کالبدی، زیست‌محیطی و اجتماعی شهر اهواز برجای گذاشته است. گسترش بی‌رویه کالبدی، تمرکز فعالیت‌ها در بخش مرکزی، آلودگی‌های هوا و آب، و کاهش فضاهای سبز از جمله نشانه‌های ناپایداری در الگوی توسعه فضایی این شهر است. در این میان، بهره‌گیری از رویکردهای نوین برنامه‌ریزی شهری مانند شهر سبز و شهر اکولوژیک می‌تواند راهکاری مؤثر برای بازآفرینی و ساماندهی توسعه شهری در جهت پایداری باشد. مسئله اصلی این پژوهش بررسی الگوی توسعه فضایی اهواز با رویکرد شهر سبز و اکولوژیک طی چند دهه اخیر و شناسایی بسترهای مناسب جهت گسترش کالبدی آینده شهر تا افق ۱۴۲۰ است. هدف اصلی، تحلیل توسعه کالبدی-فضایی شهر اهواز از منظر زیرساخت‌های اکولوژیک و شهر سبز است. اهمیت و ضرورت این پژوهش به لحاظ توسعه متعادل و متوازن شهر در پهنه‌های مناسب و پیشگیری از تخریب محیط‌زیست و کاهش آلودگی‌ها و مخاطرات شهری است. پژوهش از نوع کاربردی و نحوه گردآوری داده‌ها، اکتشافی، توصیفی است. در تجزیه و تحلیل داده‌ها از مدل Fuzzy و AHP و نرم‌افزارهای Expert Choice، Arc GIS و نقشه پهنه‌بندی تناسب زمین در رده‌های تناسب بسیار زیاد تا بسیار کم استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد که توسعه کالبدی اهواز طی سال‌های اخیر از الگوی متعادل و اکولوژیک فاصله گرفته و تمرکز رشد در نواحی مرکزی و شمالی شهر، موجب افزایش فشارهای زیست‌محیطی و کاهش پیوستگی اکولوژیکی شده است. در مقابل، مناطق جنوبی و جنوب‌غربی شهر از ظرفیت مناسبی برای استقرار فضاهای سبز و توسعه پایدار برخوردارند. بر اساس یافته‌ها، تحقق شهر سبز و اکولوژیک در اهواز نیازمند تقویت مدیریت سبز شهری، بهبود زیرساخت‌های زیست‌محیطی، و بازنگری در سیاست‌های توسعه فضایی شهر است تا مسیر آینده شهر در راستای پایداری، عدالت فضایی و کیفیت زیست شهری هدایت شود.

تاریخ دریافت:

۱۴۰۴ آذر ۰۱

تاریخ بازنگری:

۱۶ بهمن ۱۴۰۴

تاریخ پذیرش:

۰۵ اردیبهشت ۱۴۰۵



مقدمه

مؤلفه‌های سنجش پایداری شهری شامل زیست‌محیطی، اقتصادی، اجتماعی و نهادی است. شاخص‌های زیست‌محیطی شامل ناهمواری‌ها، اقلیم، منابع آب، خاک، پوشش گیاهی است و سازگاری توسعه کالبدی شهر با بستر محیطی آن توسعه شهر را پایدار می‌سازد. توسعه کالبدی پایدار فرایندی تحولی به‌منظور کاهش آثار مخرب ساخت‌وسازها با کم‌ترین آسیب و مخاطره است. رشد سریع شهرنشینی به‌ویژه در کلان‌شهرهای درحال توسعه، همراه با گسترش فعالیت‌های صنعتی، مصرف بی‌رویه منابع و افزایش آلودگی‌ها، پایداری اکولوژیکی شهرها را با چالش‌های جدی مواجه کرده و ضرورت بازنگری در الگوهای توسعه کالبدی-فضایی را دوجندان ساخته است. رویکردهای شهر سبز، مدیریت سبز و شهر اکولوژیک به‌عنوان چارچوب‌های نوین برنامه‌ریزی شهری، توسعه هماهنگ با محیط‌زیست، ارتقای فضاهای عمومی و سرانه فضای سبز، استفاده از انرژی پاک و کاهش آلودگی‌ها را دنبال می‌کنند. با چنین دیدگاهی، شهر سبز شهری به‌شمار می‌آید که در تعامل هماهنگ با محیط پیرامون خود عمل کرده و بر حفظ محیط‌زیست و ارتقای آگاهی شهروندان تأکید دارد. این نوع شهر در نخستین گام، به شناسایی و تعریف شاخص‌های محیط‌زیستی می‌پردازد تا بتواند ارزیابی دقیقی از وضعیت عملکرد و پیامدهای زیست‌محیطی خود ارائه دهد و در مسیر دستیابی به شهری پایدار گام بردارد. بر این اساس، شهر سبز به‌عنوان رویکردی برنامه‌ریزی شده مطرح است که نیازمند اصول و سیاست‌های مشخص می‌باشد (تی‌موتی^۱، ۲۰۱۲). رویکرد شهر سبز شامل اصولی است که باهدف کاهش فشارهای زیست‌محیطی و بهبود کیفیت زندگی شهری طراحی شده‌اند. این اصول شامل مدیریت بهینه انرژی، کاهش فاصله محل کار و سکونت، محدودیت استفاده از خودرو، تقویت حمل‌ونقل عمومی، پیاده‌روی و دوچرخه‌سواری، حفاظت از تنوع زیستی و فرهنگی، توسعه نظام‌های بازیافت و کاهش آلودگی‌ها است (رهنما و همکاران، ۱۳۸۷).

در مقابل، مدیریت سبز شهری بر سیاست‌ها و فرایندهای مدیریتی متمرکز است تا اثرات منفی توسعه بر محیط‌زیست کاهش یابد. این رویکرد شامل تصمیم‌گیری آگاهانه، آموزش شهروندان، بهینه‌سازی مصرف انرژی و به‌کارگیری معیارهای زیست‌محیطی در برنامه‌ریزی شهری است و با استفاده مؤثر از منابع مادی و انسانی، هدفمند و مستمر وضعیت مصرف منابع را به سمت اصلاح الگوهای مصرف و کاهش تولید زباله هدایت می‌کند (بهرامی سیف‌آباد و همکاران، ۱۴۰۱: ۶۹)؛ بدین‌سان، مدیریت شهری به‌عنوان موتور محرک این تحول، باید:

۱. چارچوب قانونی و انگیزشی ایجاد کند: تدوین قوانین محکم برای حمایت از ساخت‌وساز سبز، کسب‌وکارهای پایدار (مانند کاهش عوارض) امتیاز در نظر بگیرد.

۲. برنامه استراتژیک و سند چشم‌انداز داشته باشد: داشتن یک "برنامه عملیاتی شهر سبز" با اهداف کمی، مهلت‌های مشخص و مسئولان معین.

۳. سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های سبز انجام دهد: اولویت بودجه‌ای خود را به پروژه‌های حمل‌ونقل عمومی، انرژی پاک و سیستم‌های مدیریت آب و پسماند مدرن اختصاص دهد.

۴. توانمندسازی و آموزش دهد: با برگزاری کارگاه‌های آموزشی و کمپین‌های آگاهی‌بخشی، شهروندان را به شرکای فعال این تحول تبدیل کند.

۵. نظارت و ارزیابی مستمر انجام دهد: با تعریف شاخص‌های عملکردی کلیدی (KPIs)، پیشرفت شهر را به طور مرتب اندازه‌گیری و نتایج را به‌صورت شفاف منتشر کند.

شهر اکولوژیک با دیدگاهی جامع‌تر، بر تعامل سازنده میان نظام‌های طبیعی و مصنوع تأکید دارد و سعی می‌کند چرخه‌های زیستی، انرژی و منابع طبیعی را در چارچوبی یکپارچه حفظ و بازتولید کند. در این رویکرد، شهر به‌عنوان یک اکوسیستم زنده در نظر گرفته می‌شود که اجزاء و عناصر آن باید در پیوندی پایدار با یکدیگر عمل کنند. شهر اکولوژیک باهدف کاهش اثرات منفی انسان بر محیط، ترمیم چرخه‌های طبیعی، افزایش تاب‌آوری شهری و ایجاد ساختار فضایی پایدار، مورد توجه برنامه‌ریزان قرار

¹ . Timothy



گرفته است. ترکیب دو رویکرد شهر اکولوژیک و شهر سبز در تحلیل توسعه کالبدی-فضایی شهر می‌تواند چارچوبی جامع برای شناسایی نقاط ضعف و قوت الگوی توسعه فعلی و تعیین مسیر آینده شهر فراهم سازد. نتایج تحلیل فضایی با آشکارسازی پیوند میان ساختار کالبدی، کارایی فضایی، دسترسی‌ها و عناصر طبیعی، امکان هماهنگ‌سازی توسعه شهری با فرایندهای اکولوژیک، بهینه‌سازی مصرف انرژی و تقویت فضاهای سبز را ایجاد می‌کند. بدین ترتیب، تحلیل فضایی به‌عنوان ابزاری کلیدی، زمینه هدایت شهر به‌سوی الگوهای سبز، پایدار و سازگار با محیط‌زیست را مهیا می‌سازد.

یکی از چالش‌های اصلی شهرهای معاصر، به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه، تخریب زیرساخت‌های اکولوژیکی ناشی از توسعه کالبدی ناپایدار است. زیرساخت‌های اکولوژیک شامل فضاهای سبز، منابع طبیعی و کریدورهای اکولوژیکی هستند که تعادل زیست‌محیطی، کیفیت زندگی شهری و تاب‌آوری اکولوژیکی را حفظ می‌کنند (کوخی و مثنوی، ۱۳۹۳). گسترش افقی شهرها، تغییر کاربری اراضی طبیعی و صنعتی شدن متمرکز باعث گسست این شبکه و افزایش آلودگی، جزیره حرارتی و کاهش عملکرد اکوسیستم‌ها می‌شود (رزاقیان و دیگران، ۱۳۹۱).

مطالعات شهر سبز و شهر اکولوژیک بر لزوم هماهنگی توسعه شهری با ظرفیت‌های محیطی، چرخه‌های طبیعی و اقلیم تأکید دارند و حفاظت از منابع طبیعی و بازآفرینی زیرساخت‌های اکولوژیک را ضروری می‌دانند (یانگ^۱، ۲۰۱۲؛ اینگ^۲، ۲۰۰۹؛ شریفیان‌بارفروش و همکاران، ۱۳۹۳). تجربه توسعه شهری اهواز نمونه‌ای از پیامدهای منفی توسعه ناپایدار است که کاهش فضاهای سبز و تجاوز به اراضی طبیعی باعث تضعیف تاب‌آوری اکولوژیکی و تشدید آلودگی شده است (اسفندیاری و قراچورلو، ۱۳۹۷). بنابراین، بازنگری در الگوی توسعه فضایی و توجه به زیرساخت‌های سبز برای تحقق توسعه پایدار ضروری است.

در فرایند توسعه فضایی در شهر اهواز، توسعه ناپایدار کالبدی-فضایی موجب کاهش پیوستگی فضاهای سبز، تجاوز به اراضی طبیعی و تضعیف شبکه‌های اکولوژیکی شده است که تشدید آلودگی و کاهش تاب‌آوری اکولوژیکی شهر را به دنبال داشته است. رشد شهری دهه‌های اخیر عمدتاً کوتاه‌مدت و اقتصادی بوده و کم‌توجه به اصول مدیریت سبز، منجر به گسترش نامتوازن شهر، کاهش فضاهای سبز، افت کیفیت محیط زیست و ضعف شبکه حمل‌ونقل عمومی شده است. این وضعیت ضرورت بازنگری در الگوهای توسعه شهری و حرکت به‌سوی سیاست‌های سازگار با محیط‌زیست را افزایش می‌دهد. هدف پژوهش، تحلیل توسعه کالبدی-فضایی اهواز با تمرکز بر شاخص‌هایی مانند سرانه فضاهای سبز، توزیع کاربری اراضی، پیوستگی اکولوژیکی و کارایی شبکه حمل‌ونقل است تا انطباق توسعه با اصول پایدار بررسی و راهبردهای برنامه‌ریزی مبتنی بر پایداری و ارتقای کیفیت زندگی تدوین شود.

نوآوری پژوهش حاضر در آن است که برخلاف مطالعات پیشین که عمدتاً به بررسی کلی توسعه شهری یا تحلیل‌های تک‌بعدی پرداخته‌اند، این تحقیق با تمرکز ویژه بر تخریب زیرساخت‌های اکولوژیکی و شاخص‌های زیست‌محیطی، توسعه کالبدی-فضایی شهر اهواز را در چارچوب تلفیقی شهر سبز و شهر اکولوژیک تحلیل می‌کند و با به‌کارگیری هم‌زمان مدل‌های AHP و Fuzzy در محیط GIS امکان شناسایی پهنه‌های مستعد توسعه و ارائه سناریوهای فضایی سازگار با الزامات اکولوژیکی پایدار تا افق ۱۴۲۰ را فراهم ساخته است.

شاخص‌های توسعه کالبدی-فضایی شهری

توسعه کالبدی-فضایی شهری فرایندی چندبعدی است که نحوه گسترش فیزیکی شهر، الگوی استقرار کاربری‌ها و میزان سازگاری آن با ظرفیت‌های محیطی را در بر می‌گیرد. ارزیابی این فرایند مستلزم استفاده از شاخص‌هایی است که بتوانند ابعاد ساختاری، فضایی و زیست‌محیطی توسعه شهری را به‌صورت کمی و کیفی اندازه‌گیری کنند. در چارچوب رویکرد شهر سبز و شهر اکولوژیک، مهم‌ترین شاخص‌های توسعه کالبدی-فضایی شامل موارد زیر است:

۱. yang

۲. Yeang

**جدول ۱- شاخص‌های توسعه کالبدی-فضایی در چارچوب شهر سبز و زیرساخت اکولوژیک**

بُعد	شاخص‌ها	هدف ارزیابی	کاربرد در تحلیل فضایی
ساختاری-فضایی	الگوی گسترش شهری، تراکم ساختمانی، توزیع کاربری اراضی، پیوستگی بافت شهری	سنجش نحوه سازمان‌یابی کالبد شهر	تحلیل تمرکز یا پراکندگی توسعه
زیست‌محیطی	شیب زمین، منابع آب، پوشش گیاهی، فاصله از صنایع، کیفیت زمین	ارزیابی سازگاری توسعه با بستر طبیعی	تعیین پهنه‌های مناسب توسعه
زیرساختی-دسترسی	فاصله از راه‌های ارتباطی، دسترسی به خدمات شهری، پیوند فضایی	سنجش کارایی و قابلیت بهره‌برداری	تحلیل مطلوبیت مکانی
پایداری اکولوژیکی	پیوستگی زیرساخت سبز، حفاظت اراضی طبیعی، کاهش فشار محیطی	تضمین توسعه پایدار شهری	کنترل تخریب اکولوژیکی

پیشینه تجربی

تحلیل قابلیت اراضی برای توسعه شهری ضروری است و بهره‌برداری مؤثر از زمین مستلزم توجه به پتانسیل‌ها و توانمندی‌های آن است (صفری‌پور، ۱۳۹۹). در این راستا، در خصوص توسعه شهرها و مولفه‌های توان محیطی مطالعات متعددی صورت گرفته است که در ادامه به برخی از آن‌ها اشاره شده است:

حجی‌پور و همکاران (۱۴۰۴) در پژوهش «مدیریت سبز در فضای روستایی: مطالعه موردی بخش دیهوک خراسان جنوبی» با استفاده از روش‌های ANP، MARCOS و SOAR چارچوب یکپارچه‌ای از مدیریت سبز ارائه کردند که ابعاد انرژی، پسماند، آب، کشاورزی پایدار، فرهنگ زیست‌محیطی و زیرساخت را شامل می‌شود. یافته‌ها نشان دادند که پتانسیل‌های طبیعی و فرصت‌های نوین، همراه با راهکارهایی مانند انرژی خورشیدی و بازیافت آب، می‌توانند محرک توسعه سبز باشند و الگویی کاربردی برای مناطق خشک فراهم کنند. زنگانه و همکاران (۱۴۰۴) در پژوهش «تحلیل فضایی تغییرات زیرساخت سبز شهر زنجان» با به‌کارگیری نرم افزارهای سنجش ازدور (EVNI)، ابزارهای آمار فضایی- شاخص خودهمبستگی فضایی موران (Moran's I) و تحلیل رگرسیون وزنی جغرافیایی (GWR) نشان دادند که الگوهای فضایی زیرساخت‌های سبز شهر زنجان طی دوره زمانی ۱۳۷۲ تا ۱۴۰۲ دارای خودهمبستگی فضایی مثبت و قوی می‌باشند. همچنین مشخص شد که افزایش مناطق ساخته شده همراه با کاهش پوشش گیاهی در زمینه‌های شهری بوده است. شریفی و همکاران (۱۴۰۳) در پژوهش «بررسی توسعه فضایی شهری و مواجهه با مخاطرات محیطی: مطالعه موردی شهرستان نور» با به‌کارگیری ANP و مدل ترکیبی زنجیره مارکوف و اتوماتای سلولی نشان دادند که نواحی شمالی و جنوبی شهرستان بیشترین پتانسیل مخاطرات را دارند و توسعه سریع مناطق ساخته‌شده در دهه‌های گذشته بدون توجه به مخاطرات طبیعی، این مناطق را به سمت اراضی پرخطر سوق داده است. موحد و همکاران (۱۴۰۰) در پژوهش «تحلیل و سطح‌بندی فضایی برای دستیابی به گردشگری پایدار در اردبیل» با استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره شامل ویکور، الکره، SAW و مدل ادغامی کپلند نشان دادند که هر مدل رتبه‌بندی متفاوتی ارائه می‌دهد؛ با این حال، مدل ترکیبی با ادغام وزن و اهمیت مدل‌ها به یک نتیجه واحد دست یافت. این موضوع بیانگر کارآمدی ادغام مدل‌ها در ارائه جمع‌بندی منسجم‌تر است. ملک‌پور اصل و بوستانی (۱۴۰۱) در پژوهش «رهیافت برنامه‌ریزی همکارانه برای دستیابی به شهر کم‌کربن در تهران» با استفاده از سناریوپردازی، نرم‌افزار میک‌مک و ماتریس عدم‌قطعیت نشان دادند که راهکارهای مبتنی بر مشارکت شهروندان و نهادها می‌تواند مسیر تحقق شهر سبز و کاهش پیامدهای نامطلوب محیط شهری را تقویت کند. شعبانی و همکاران (۲۰۱۹) در پژوهش «ارزیابی فضایی محیط شهری با رویکرد شهر سبز در تهران» با بهره‌گیری از مدل تحلیل شبکه فازی و روش رتبه‌بندی VIKOR نشان دادند که تهران از نظر شاخص‌های شهر سبز وضعیت نسبتاً نامطلوبی داشته و در میان شهرهای آسیایی رتبه پانزدهم را کسب کرده است. اسفندیاری و همکاران (۱۳۹۷) در پژوهش «امکان‌سنجی گسترش فیزیکی شهر سراب با توجه به عوامل طبیعی»، با به‌کارگیری تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی و هم‌پوشانی مبتنی بر عملگر گامای ۰/۹، نقشه تناسب اراضی را تهیه کردند. نتایج نشان داد که



تفاوت میان پهنه‌های مناسب (۳۸٪) و نامناسب (۴۲٪) برای توسعه فیزیکی شهر سراب اندک است. ژو^۱ و همکاران (۲۰۲۰) در مطالعه «تغییر کاربری زمین در مناطق روستایی چین (۱۹۹۵-۲۰۱۵)» با استفاده از داده‌های اقتصادی، اجتماعی، توپوگرافی و اقلیمی و به‌کارگیری مدل ژئوتکستایل و تحلیل خودهمبستگی مکانی، مشخص شد که اراضی کشاورزی در شمال شرقی و شمال غربی چین کاهش یافته و در مقابل، مساحت مناطق ساخته شده در دلتای یانگ‌تسه، دلتای مروارید، منطقه پکن-تیانجین-هبی و استان‌های هنان و آنهویی افزایش یافته است. دوان^۲ و همکاران (۲۰۱۹). در مطالعه‌ای با عنوان «تغییر کاربری و پوشش زمین در چشم‌انداز مقدس کایلاش، چین» با استفاده از داده‌های سنجش‌ازدور شامل تصاویر TM، ETM داده‌های هواشناسی طی دوره ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۸، الگوهای پویای تغییر کاربری و پوشش زمین تحلیل شد. نتایج نشان داد که شدت فعالیت‌های انسانی در این دوره افزایش یافته و این امر موجب تبدیل اراضی کشاورزی به کاربری‌های مسکونی در منطقه کایلاش شده است. وانگ^۳ و همکاران (۲۰۱۹) در پژوهشی با عنوان «پیش‌بینی تغییرات کاربری زمین در شمال چین با استفاده از رگرسیون لجستیک، اتوماتای سلولی و مدل مارکوف»، الگوهای آتی توسعه شهری شبیه‌سازی شد. نتایج نشان داد که در سال ۲۰۲۰ موج جدیدی از گسترش حومه در بخش‌های جنوب‌غربی، غربی و شمال‌غربی منطقه مورد مطالعه رخ خواهد داد. چوتچون^۴ و ویجیتوزوم^۵ (۲۰۱۹) در پژوهشی با عنوان «پیش‌بینی گسترش شهری و تغییرات کاربری اراضی شهری در شهر ناخون رانچاسیما» با استفاده از یک مدل CA-Marov تحت دو سناریوی مختلف، گسترش شهری و تغییرات کاربری زمین شهری در شهر ناخون رانچاسیما را پیش‌بینی کردند.

پیشینه نظری

شهرهای پایدار بیش از سه دهه است که الگوی جهانی پیشرو در شهرسازی بوده‌اند. رویکردهای مختلفی برای شهرهای پایدار وجود دارد که به‌عنوان مدل‌هایی از اشکال شهری پایدار شناخته می‌شوند، از جمله شهرهای بوم‌شناختی، شهرهای فشرده، شهرهای سبز، شهرسازی نوین، شهرسازی منظرگرا و مهار شهری. در تمامی این رویکردها و الگوهای نوین توسعه شهری، شهرهای بوم‌شناختی اغلب به عنوان رویکردی سازگارتر با محیط‌زیست و پایدارتر مورد حمایت قرار می‌گیرند (بیری^۶، ۲۰۱۸). در این راستا، ایده شهر اکولوژیکی یا شهر بوم‌شناختی را می‌توان جدیدترین یا ادامه رویکردهای توسعه شهری در چارچوب مدل نظری توسعه پایدار دانست (جمعه پور، ۱۳۹۸، ۳۴۸).

شهر اکولوژیکی به شهری گفته می‌شود که بر اساس ملاحظات زیست‌محیطی سازمان‌دهی شده و توسعه آن در تطابق با بستر طبیعی صورت می‌گیرد (کوخی و مثنوی، ۱۳۹۳). این مفهوم در قرن نوزدهم و اوایل قرن بیستم ظهور و رشد کرد، زمانی که برنامه‌ریزان و مدیران شهری، در مواجهه با مشکلات پیش‌روی شهرها، به ویژه مسائل مربوط به سلامت عمومی، شروع به درک نیاز به محیط‌های جایگزین کردند (تانگ، ۲۰۱۱). مروری بر آثار پیشگامان برنامه‌ریزی شهری قرن نوزدهم مانند فردریک لالمستد^۷، پاتریک گدس^۸ و ابن‌رهاوارد^۹ که دیدگاه‌هایی در مورد وجود حیات، اهمیت حفاظت از زیبایی طبیعت و کارکردهای اکولوژیکی مرتبط با برنامه‌ریزی داشتند، نشان می‌دهد که آن‌ها به این موضوع توجه کافی داشته‌اند (ونگ و یوئن^{۱۰}، ۲۰۱۱). نقطه عطف نظریه برنامه‌ریزی شهری مدرن، ایده اکولوژیکی در آمریکا است که تأثیر قابل توجهی بر نظریه و رویکرد برنامه‌ریزی شهری داشته است. ظهور مفهوم شهر اکولوژیکی هم‌زمان با افزایش نگاه‌ها به توسعه شهرهای پایدار بود. در سال ۱۹۷۵، ریچارد رجیستر^{۱۱} در بروکلین کالیفرنیا نهادی را ایجاد کرد که هدف اصلی آن بازسازی و مدیریت شهرها بر اساس معیارهای

1. Zhou

2. Duan

3. Wang

4. Chotchaiwong

5. Wijitkosum

6. Nakhon Ratchasima

7. Bibri

8. Fredrick Law Olmsted

9. Patrick Geddes

10. Ebenzer Howard

11. Wong & Yuen

12. Richard Register



زیست‌محیطی و هماهنگی با طبیعت بود. ریچارد رجیستر سعی در کنترل ورود و خروج شهرها داشت. تنوع زیستی شهر اکولوژیکی که او در نظر داشت، از بروکلین الگوبرداری شده بود و از تعادل اکولوژیکی بلندمدت محیط شهری پشتیبانی می‌کرد (جیانگ^۱، ۲۰۱۹). یکی از نمادهای توسعه پایدار شهر، رعایت شاخص‌های شهر سبز است که در آن معیارها و مقررات توسعه پایدار تا حد امکان رعایت می‌شود. رعایت این اصول منجر به صرفه‌جویی در تولید و کاهش زباله‌های شهری، استفاده مجدد و بازیافت آن‌ها، صرفه‌جویی در مصرف انرژی، اولویت الگوهای حمل‌ونقل عمومی، پیاده‌روی و دوچرخه‌سواری در برنامه‌ریزی، استفاده از انرژی خورشیدی در طراحی، بازیافت پساب‌ها و کاهش آلودگی‌های مختلف زیست‌محیطی خواهد شد (رزاقیان و دیگران، ۱۳۹۱، ۱۵۶). در رویکرد شهر سبز، پایداری اکولوژیکی بر سایر مسائل محیط‌زیست شهری اولویت دارد. چالش‌هایی همچون افزایش تولید و مصرف گرایی، رشد پسماند، کاهش منابع طبیعی و تشدید تغییرات اقلیمی از مهم‌ترین تهدیدهای بلندمدت برای اکوسیستم شهری محسوب می‌شوند. طرفداران این دیدگاه بر این باورند که ساختارهای کنونی جوامع نیازمند بازنگری است و دستیابی به توسعه پایدار تنها از طریق تحول در شیوه‌های تفکر و اصلاح ساختارهای موجود امکان‌پذیر خواهد بود (پوگ^۲، ۲۰۰۰، ۱۴۳-۱۴۷).

تحولات نشان می‌دهد که از سال ۲۰۰۶ مفاهیم و ابتکارات جدیدی وارد ادبیات بوم‌شهرها شده است، از جمله توجه به شهرهای کم‌کربن یا بدون کربن. البته این به آن معنا نیست که توجه به کم‌کربن کردن بوم شهر به معنای عدم توجه به ابعاد دیگر این شهرها باشد (جوس^۳، ۲۰۱۳). بحث دیگری که در سال‌های اخیر مورد توجه ویژه قرار گرفته است، تحقق شهر هوشمند به‌عنوان یک سیستم اجتماعی-فنی مجهز به انرژی‌های تجدیدپذیر و فناوری‌های سبز، شکلی نو از طراحی مدرن و حکمرانی تحول‌آفرین محسوب می‌شود (جوس، ۲۰۱۸). رزلند^۴ معتقد است که شهر اکولوژیکی اصطلاحی نسبتاً جدید است، اما مبتنی بر مفاهیمی است که سابقه طولانی دارند. از نظر مارک رزلند، متخصص اکولوژی شهری، این اصطلاح تلاش می‌کند تا فضای سبز و باز را به روشی پایدار ایجاد و احیا کند و فرصتی را برای توسعه درک و ارتباط بیشتر با طبیعت فراهم کند (رزلند، ۲۰۱۲، ۴۴). یکی دیگر از نظریه‌پردازان در مورد شهر اکولوژیک فیلیپ گافرون^۵ است. از دیدگاه گافرون، برای آنکه شهری بوم‌شهری تلقی شود، باید ساختار و عملکرد آن با نظام‌های طبیعی همخوان باشد. این موضوع از طریق طراحی فضاهای سکونت‌ی کارآمد، کاهش مصرف انرژی، بهینه‌سازی حمل‌ونقل، مدیریت چرخه‌های مواد و آب، و ایجاد زیستگاه‌هایی که اصول کلی توسعه پایدار را دنبال می‌کنند، امکان‌پذیر است. یک شهر بوم‌شهری از محله‌های فشرده و مناسب برای عابران پیاده و محله‌های با کاربری مختلط تشکیل شده است که در مکان‌های حمل و نقل عمومی در یک سیستم شهری چند مرکزی ادغام شده‌اند. همچنین فضاهای عمومی جذاب را در خود جای داده است. در یک شهر بوم‌شهری، محیط باید برای کار و زندگی جذاب باشد و چنین ساختارهای پایدار و قابل سکونت به سلامت، ایمنی و رفاه ساکنان و هویت آنها کمک می‌کند (فیلیپ گافرون، ۲۰۰۵). پاول داونتون^۶ شهرهای اکولوژیکی ایدئال را تعریف می‌کند و برنامه‌ریز شهری مدرن را به عنوان یک درمانگر معرفی می‌کند. او بیان می‌کند که هدف شهرها باید ایجاد محیطی باشد که سلامت را ایجاد کند و پایداری شهرها را افزایش دهد و در ساخت و نگهداری شهرها، انسان‌ها بیشترین تأثیرات زیست‌محیطی را بر زیست‌کره ایجاد کرده‌اند که ما را مجبور به اصلاح فرآیندها و اهداف شهری می‌کند و در واقع، شهرها باید یک سیستم اکولوژیکی مثبت خالص ایجاد کنند. به نظر او، اکوپلیس برای مردم مطابق با مکان آنها طراحی و ساخته می‌شود، در حالی که چرخه‌های جو، آب، مواد، مواد مغذی، شرایط زندگی متعادل و سالم، توانمندسازی معلولان، رساندن غذا به گرسنگان و پناه دادن به بی‌خانمان‌ها در دستور کار قرار دارد. او نظریه خود را مکمل نظریه ثبت می‌داند (پاول داونتون، ۲۰۰۹). از نظر هری هس^۷ یک شهر اکولوژیکی شهری است که با طبیعت در تعامل است و در آن محیط زیست و زیستگاه ساخته دست بشر با حیات سیستم‌های شهری پیوند خورده است (هس و بوش، ۲۰۱۸). تای-چی ونگ^۸ اعتقاد دارد، ایجاد شهرهای اکولوژیک هوسی زودگذر و کوتاه مدت نیست، بلکه آینده‌ی زندگی ما وابسته به آن است (ونگ و یوئن، ۲۰۱۱). از دید کن یانگ که نظریه‌پرداز عملگر محسوب می‌شود، مفهوم شهر اکولوژیک تنها در سطح تعریف نظری باقی نمی‌ماند، بلکه در پروژه‌های واقعی نیز به کار بسته می‌شود. او رویکردی با عنوان «برنامه‌ریزی اکولوژیک یکپارچه» پیشنهاد می‌کند و آن را

1. Jiang

2. Pugh

3. Joss

4. Rosland

5. Philine Gaffron

6. Downton

7. Hes

8. Wong



راهبردی آینده‌محور معرفی می‌کند. یانگ بر این باور است که علم و فناوری باید به گونه‌ای توسعه یابند که کاملاً با محیط‌زیست در تعادل باشند (کیبرت، ۲۰۱۹). از نظر ژیفینگ یانگ^۱ پس از بازنگری در مراحل توسعه شهری و بروز مشکلات زیست‌محیطی ناشی از صنعتی شدن شهرها مفهوم شهر اکولوژیک به‌عنوان الگوی توسعه شهری جایگزینی در موج جهانی تمدن اکولوژیک مطرح شده است. یانگ معتقد است در یک شهر بوم‌گردی محیط‌زیست به‌درستی حفاظت خواهد شد درحالی‌که جامعه و اقتصاد به راحتی رشد می‌کنند (یانگ^۲، ۲۰۱۲). کن یانگ، یکی از چهره‌های مشهور در حوزه بوم‌شهر و معماری سبز، با توجه به مسئله افزایش جمعیت و قیمت زمین، ساخت آسمان‌خراش‌ها و ساختمان‌های بلند را اجتناب‌ناپذیر می‌داند. او را می‌توان پیش‌گام استفاده از اصول معماری اقلیمی در ساختمان‌های بلند که به آسمان‌خراش‌های اقلیمی معروف هستند، دانست. او اصول تقلید از طبیعت را به شیوه‌های منسجم، سازمان‌یافته و کاربردی به کار می‌گیرد (یانگ، ۲۰۰۹). به گفته رادنی‌آروایت^۳، شهر اکولوژیکی شهری است که در برابر تغییرات شدید آب و هوایی و گرما مقاوم است و باعث کاهش دما می‌شود. این شهر به سمت پیاده‌روی، دوچرخه‌سواری و حمل‌ونقل عمومی گرایش دارد و از طریق انرژی خورشیدی، وابستگی شهر به برق کاهش می‌یابد. در واقع، یک شهر اکولوژیکی سطح قابل قبولی از استانداردهای زندگی را برای ساکنان خود فراهم می‌کند، بدون اینکه چرخه‌های زیستی که به آن‌ها وابسته است را از بین ببرد (وایت، ۲۰۰۲، ۱۹۹-۱۹۵). به گفته الیاس بیبری و جان روگتسی، شهر اکولوژیک طیف وسیعی از پیشنهادها، شهری-اکولوژیکی را در بر می‌گیرد که هدف آن‌ها دستیابی به پایداری است. این رویکردها بر انرژی‌های تجدیدپذیر (مانند انرژی خورشیدی، باد، زمین‌گرمایی و غیره)، طراحی خورشیدی غیرفعال، معماری سبز، تنوع اکولوژیکی و فرهنگی و سیاست‌های سازگار با محیط زیست تأکید دارند (بیبری و جان روگتسی، ۲۰۲۰). به طور خلاصه، می‌توان گفت که شهر اکولوژیکی در واقع الگوی جدیدی از حکمرانی خوب شهری در هماهنگی با طبیعت است (دنگ و همکاران، ۲۰۲۱). نظریه پردازان زیادی در زمینه شهر اکولوژیک وجود دارند. در جدول (۲) مهم‌ترین شاخص‌های شهر اکولوژیک از نظر آن‌ها بررسی شده است.

جدول ۲- شاخص‌های شهر اکولوژیک از دیدگاه نظریه‌پردازان

نظریه‌پرداز	شاخص
ریچارد رچستر	کاربری مختلط، شهر فشرده، پیاده‌محوری و دوچرخه؛ کشاورزی شهری و کاشت گیاهان بومی؛ مدیریت آب؛ بازیافت و انرژی‌های تجدیدپذیر؛ حمایت از بازارهای محلی و صنایع دستی؛ تقویت حس تعلق و تنوع
فیلین گافرون و همکاران	احیای ارزش‌های سنتی؛ توسعه جمع‌وجور و پیاده‌محور؛ کاربری مختلط؛ فضاهای عمومی مبتنی بر خیابان؛ تحرک پایدار؛ بازیابی مناظر طبیعی
پل داونتون	احیای اراضی آلوده و پوشش گیاهی؛ راهروهای سبز و ذخایر حیات‌وحش؛ حفظ چرخه‌های طبیعی؛ انرژی تجدیدپذیر و مصالح محیطی؛ فناوری‌های سبز؛ مسکن ارزان؛ حمایت از هنر و میراث
ژیفینگ یانگ	زندگی پایدار و سلامت انسان؛ کاهش انتشار و افزایش بهره‌وری؛ فناوری پیشرفته؛ مشاغل جدید؛ امنیت زیست‌محیطی؛ سازگاری با تغییرات؛ شهر کم‌کربن
کن یانگ	کاربری مختلط؛ سازگاری شهر با اقلیم؛ حمل‌ونقل پاک؛ پیوستگی اکولوژیکی در ساختمان‌ها؛ تبلیغات زیست‌محیطی؛ حفظ جریان ماده و انرژی؛ حفاظت از چشم‌انداز طبیعی
رادنی آر وایت	پیاده‌روی و دوچرخه‌سواری؛ کاهش آلودگی؛ حداقل‌سازی ضایعات؛ تأمین نیازها از منابع بومی؛ توانمندسازی جامعه؛ اقتصاد محیطی پویا؛ حمل‌ونقل عمومی
الیاس بیبری و جان روجستی	اقتصاد محیطی مستقل؛ صرفه‌جویی در آب و انرژی؛ بازیافت کامل و زباله صفر؛ کربن خنثی؛ حمل‌ونقل دوچرخه و عمومی؛ مسکن مناسب؛ حمایت از کشاورزی شهری

مأخذ: ابراهیم براتی و همکاران (۱۴۰۱)

1. Zhifeng Yang

2. yung

3. R White Rodney



جدول ۳- بررسی تطبیقی معیارهای شاخص بومشهر از دیدگاه نظریه پردازان

عوامل	رجیستر	داونتون	یانگ	گافرون و دیگران
منظر شهری	کشاورزی شهری، مدیریت آب و تنوع گیاهی	افزایش پوشش سبز و تنوع زیستی	پیوستگی شبکه سبز، بام سبز و گیاهان بومی	حفاظت از مناظر طبیعی و بازآفرینی ساختار سبز
کالبد فیزیکی شهر	همانگی کالبد با بستر طبیعی و زیست بوم	انطباق شهر با توپوگرافی و ویژگی‌های محیطی	-توجه به بستر بومی	سازگاری کالبد با اقلیم و شرایط طبیعی
ساختار شهری	کاربری ترکیبی، بافت متراکم و حمل و نقل پاک	جلوگیری از گسترش افقی، پیاده‌مداری و حمل و نقل پایدار	کاهش وابستگی به خودرو و توسعه مسیرهای پیاده/دوچرخه	توسعه چندمرکزی و اولویت حرکت پاک
ماده و انرژی	حضور فناوری‌های انرژی تجدیدپذیر و بازیافت	کاهش مصرف انرژی و استفاده از انرژی‌های پاک فناوری‌ها پاک	بهره‌گیری از راهبردهای اقلیمی و منابع تجدیدپذیر	استفاده گسترده از انرژی‌های تجدیدپذیر در شهر
آب، خاک، هوا	سطوح نفوذپذیر و حفاظت از منابع آب	احیای جریان‌های آب و بازسازی خاک	تقویت جریان‌های طبیعی و مدیریت آب باران	حفاظت از رودخانه‌ها و شبکه‌های آب طبیعی
فرهنگ، اجتماع، اقتصاد	تقویت حس مکان و بازارهای محلی	همانگی با ارزش‌ها و فرهنگ بومی	طراحی بر پایه الگوهای محلی و تقویت هویت	احیای میراث فرهنگی و آموزش محیط‌زیستی

مأخذ: شریفیان بارفروش و همکاران، ۱۳۹۳

«شهر سبز»، شهری دوستدار محیط‌زیست و سازگار با ایده توسعه اقتصادی پایدار است که می‌تواند برای ساکنین خود رفاه، آسایش و امنیت به همراه داشته باشد. در ایده «شهر سبز»، مدیران شهری می‌کوشند تا کم‌ترین تأثیر تخریبی را بر روی زیست‌بومی داشته باشند که شهر روی آن اتکا دارد (کاهن، ۲۰۰۸). شهرهای سبز به‌عنوان شهرهایی تعریف می‌شوند که همواره سعی دارند تأثیرات محیطی خود را با کاهش زباله، گسترش بازیافت، کاهش انتشار آلودگی‌ها، افزایش تراکم مسکونی در کنار گسترش فضاهای باز شهری، کنترل کرده و توسعه کسب‌وکارهای محلی پایدار را تشویق کنند (غراب، شالاهی^۱، ۲۰۱۶). از نظر کان در یک شهر سبز، شهر و شهروندان علاوه بر این که از مزایای آب‌وهوای تمیز لذت می‌برند، نباید آثار و نتایج منفی را به مردمی که ساکن آنسوی مرزهای شهر آنها هستند، تحمیل کنند (کان^۲، ۲۰۰۶).

برخی تحلیل‌گران شهر سبز را از طریق نمونه‌های واقعی، مانند مقایسه پورتلند و مکزیکوسیتی، تبیین می‌کنند. از دیدگاه آنها، شهرهای سبز دارای کیفیت بالای هوا، فضاهای شهری مطلوب، تاب‌آوری در برابر سوانح طبیعی، کاهش شیوع بیماری‌های واگیردار و رفتارهای سازگار با محیط‌زیست مانند استفاده از حمل‌ونقل عمومی هستند و کم‌ترین اثرات منفی را بر محیط‌زیست دارند (کان، ۲۰۰۶).

۱. Ghorab, Shalahy

۲. Kahn



جدول ۴- شاخص‌های شهر سبز

حوزه	شاخص	نمونه‌هایی از شاخص‌های کلیدی
محیط‌زیستی	کیفیت هوا و انرژی	کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای (CO ₂)، بهبود کیفیت هوا، کاهش ذرات معلق، بهینه‌سازی مصرف انرژی و استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر (خورشیدی، بادی).
انرژی	مدیریت آب و پسماند	کاهش هدررفت آب، مدیریت پایدار منابع آب، کاهش سرانه تولید زباله، بازیافت مواد از مبدأ و مدیریت صحیح پسماند.
حمل‌ونقل	حمل‌ونقل توسعه	وسعه حمل‌ونقل عمومی پاک و کارآمد، مسیرهای پیاده‌روی و دوچرخه‌سواری ایمن، ترویج خودروهای برقی و توسعه ایستگاه‌های شارژ
کاربری زمین	فضاهای سبز و کاربری اراضی	افزایش سرانه فضای سبز عمومی، حفظ و توسعه کمرندهای سبز، توسعه بام‌ها و دیوارهای سبز، حفظ و گسترش پارک‌ها و جنگل‌های شهری.
حکمرانی	حکمرانی و اجتماع	برنامه‌ریزی استراتژیک زیست‌محیطی، مشارکت شهروندان و نهادهای مدنی، ارتقای کیفیت زندگی و سلامت اجتماعی.

حرکت به سوی شهر سبز

- گذار به سمت شهر سبز صرفاً با شناسایی شاخص‌ها محقق نمی‌شود، بلکه مستلزم توجه به چند الزام اساسی است:
۱. برنامه‌ریزی یکپارچه و استراتژیک: مدیریت هماهنگ شهری و برنامه‌ریزی زیست‌محیطی در تمامی حوزه‌ها ضروری است.
 ۲. اولویت‌بندی شاخص‌ها: شاخص‌ها باید بر اساس شرایط محلی رتبه‌بندی شوند؛ مثلاً در تهران انتشار کربن، حمل‌ونقل و کیفیت هوا اولویت دارند.
 ۳. کاربرد شاخص‌ها در مقیاس‌های مختلف: شاخص‌ها هم برای سنجش بین‌المللی و هم ارزیابی درون‌شهری قابل استفاده‌اند.

اصول نظری و مبانی فکری شهر سبز

- مبانی نظری شهر سبز چارچوبی مفهومی فراهم می‌کند که بر چند اصل کلیدی استوار است:
۱. توسعه پایدار^۱: توازن میان محیط‌زیست، اقتصاد و اجتماع برای نیازهای نسل حاضر و آینده.
 ۲. بوم‌شناسی شهری^۲: شهر به مثابه اکوسیستم پویا با مدیریت بهینه انرژی، آب، مواد و پسماند.
 ۳. تاب‌آوری شهری^۳: توان سازگاری و بازگشت‌پذیری در برابر شوک‌ها و تنش‌های محیطی.
 ۴. عدالت محیطی و دسترسی برابر^۴: توزیع عادلانه فضاهای سبز، هوای پاک و زیرساخت‌ها برای جلوگیری از نابرابری.
 ۵. اقتصاد چرخشی^۵: کاهش تولید پسماند و بازچرخانی حداکثری مواد در چرخه مصرف.
 ۶. حکمرانی خوب و مشارکت مردمی^۶: مدیریت شفاف و پاسخگو با مشارکت فعال شهروندان، نهادها و بخش خصوصی.

1. Sustainable Development

2. Urban Ecology

3. Urban Resilience

4. Environmental Justice & Equitable Access

5. Circular Economy

6. Good Governance & Public Participation



نمونه‌های عملی اقدامات شهر سبز در توسعه شهری

بررسی تجربیات جهانی نشان می‌دهد که رویکرد شهر سبز در قالب اقدامات عملی متنوعی در حوزه توسعه کالبدی-فضایی اجرا شده است. این اقدامات باهدف کاهش فشارهای زیست‌محیطی، ارتقای کیفیت زندگی شهری و حفاظت از زیرساخت‌های طبیعی انجام می‌شوند. جدول زیر نمونه‌هایی از این اقدامات و پیامدهای فضایی آن‌ها را نشان می‌دهد.

جدول ۵- نمونه‌های عملی اقدامات شهر سبز در شهرهای جهان

شهر نمونه	نمونه اقدام شهر سبز	حوزه اقدام	پیامد کالبدی-فضایی
کپنهاگ (دانمارک)	ایجاد شبکه پیوسته پارک‌ها و کریدورهای سبز	توسعه زیرساخت سبز	افزایش پیوستگی اکولوژیکی و کنترل گسترش شهری
آمستردام (هلند)	شبکه گسترده مسیرهای دوچرخه و پیاده‌محوری	حمل‌ونقل پایدار	کاهش وابستگی به خودرو و بهبود ساختار فضایی
فریبورگ (آلمان)	استفاده گسترده از انرژی خورشیدی در ساختمان‌ها	انرژی‌های تجدیدپذیر	توسعه کالبدی کم‌کربن
ملبورن (استرالیا)	جمع‌آوری آب باران و سطوح نفوذپذیر	مدیریت پایدار آب	کاهش فشار بر منابع آب شهری
پورتلند (آمریکا)	هدایت توسعه به پهنه‌های مناسب زیست‌محیطی	کنترل گسترش شهری	جلوگیری از تخریب اراضی طبیعی

مأخذ: نگارنده

حرکت به‌سوی شهر سبز یک فرایند پویا و بلندمدت است که نیازمند اراده سیاسی، مشارکت جمعی و نگرش سرمایه‌گذارانه به پایداری شهری است. در این مسیر، شهر اکولوژیک را می‌توان نسخه پیشرفته‌تر و کامل‌تری از شهر سبز دانست که وجوه مشترک فراوانی با آن دارد، هرچند سطح الزامات و استانداردهای محیطی در آن گسترده‌تر است. قطعاً الگوی بهینه شهر از دیدگاه شهر سبز و شهر اکولوژیک، یک الگوی یکسان نیست؛ اما اشتراکات بسیار زیادی دارد. در واقع، شهر اکولوژیک، نسخه‌ای ایدئال، پیشرفته و تمام‌عیار از شهر سبز است.

در جدول (۶) هسته مرکزی و ویژگی‌های کلیدی هر یک بیان شده است.

جدول ۶- مقایسه شهر سبز و شهر اکولوژیک

شهر سبز (Green City)	شهر اکولوژیک (Ecological City/Eco-City)
هسته مرکزی تمرکز بر نتایج و محصولات سبز (مانند پارک‌های بیشتر، آلودگی کمتر، بازیافت بهتر)	تمرکز بر فرآیندها و کارکردهای اکوسیستمی (شهر به عنوان یک اکوسیستم زنده و خودتنظیم)
نگرش غالب انسان‌محور (Anthropocentric): حفاظت از محیط زیست برای بهبود کیفیت زندگی انسان.	بوم‌محور (Ecocentric): انسان جزئی از یک کل بزرگتر (طبیعت) است و باید در تعادل با آن زندگی کند.
مقیاس عمل اغلب در سطح شهر و مدیریت داخلی آن تعریف می‌شود.	به دنبال ارتباط متعادل با حومه و منطقه پیرامون (Eco-region) است.

زیرساخت‌های اکولوژیک^۱

زیرساخت‌های اکولوژیک به شبکه‌ای از فضاها و طبیعی و نیمه طبیعی اشاره دارد که به طور برنامه‌ریزی شده طراحی و مدیریت می‌شوند تا طیف وسیعی از خدمات اکوسیستمی را ارائه دهند و از سلامت محیط‌زیست، رفاه انسان و تاب‌آوری جوامع در برابر تغییرات (مانند تغییرات اقلیم) حمایت کنند. این مفهوم رویکردی است که زیرساخت‌های "طبیعی" یا "سبز" را به‌عنوان

¹ Ecological Infrastructure



مکمل یا جایگزینی برای زیرساخت‌های سنتی "خاکستری" مانند سدهای بتنی، سیستم‌های فاضلاب مهندسی شده) در نظر می‌گیرد.

اهداف اصلی زیرساخت‌های اکولوژیک

- ۱- حفاظت از تنوع زیستی: ایجاد کریدورهای حیات وحش، حفظ و احیای زیستگاه‌ها
- ۲- ارائه خدمات اکوسیستمی: تأمین آب، تصفیه آب و هوا، گرده‌افشانی، تنظیم اقلیم،
- ۳- ارتقای سلامت و رفاه انسان: ایجاد فضاهای سبز برای تفریح، کاهش استرس و بهبود کیفیت زندگی
- ۴- افزایش تاب‌آوری: کمک به جوامع برای سازگاری با تأثیرات تغییر اقلیم

مزایای کلیدی نسبت به زیرساخت‌های خاکستری

- مقرون به صرفه‌تر: هزینه نگهداری و تعمیرات کمتر در بلند مدت
- چند منظوره بودن: همزمان چندین خدمات (مثلاً کنترل سیل، و حفاظت از گونه‌ها) ارائه می‌دهد.
- تاب‌آورتر: قابلیت تطبیق و تکامل با شرایط جدید
- پایدار: با تقویت فرایندهای طبیعی، اثرات منفی بر محیط‌زیست را کاهش می‌دهد.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر از نظر هدف، کاربردی و از نظر ماهیت و روش، توصیفی-تحلیلی است که با رویکردی اکتشافی به بررسی الگوی توسعه کالبدی-فضایی شهر اهواز می‌پردازد. در این تحقیق، به منظور ارزیابی میزان انطباق توسعه شهری با شاخص‌های زیست‌محیطی و اکولوژیکی، از تلفیق روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره و تحلیل فضایی استفاده شده است.

در گام نخست، بر اساس مرور ادبیات نظری و مطالعات پیشین، مهم‌ترین معیارهای طبیعی و زیست‌محیطی مؤثر بر توسعه کالبدی پایدار شهری شناسایی شدند. این معیارها شامل ناهمواری، شیب، منابع آب سطحی، پوشش گیاهی، کاربری اراضی، فاصله از آبراهه‌ها، اراضی کشاورزی، صنایع و سایر محدودیت‌های محیطی بودند که نقش تعیین‌کننده‌ای در حفظ پیوستگی اکولوژیکی و جلوگیری از تخریب زیرساخت سبز شهری دارند. داده‌ها از سازمان‌های دولتی، شهرداری و طرح جامع اهواز تهیه و لایه‌های جدید استخراج شد و اولویت‌بندی معیارها بر اساس پیشینه تحقیق، نظرات کارشناسی و مشاهدات میدانی انجام شد. با توجه به ماهیت ناهمگن داده‌های محیطی و وجود عدم قطعیت در ارزیابی معیارها، منطق فازی (Fuzzy Logic) به منظور استاندارد سازی و هم‌مقیاس‌سازی لایه‌های اطلاعاتی به کار گرفته شد. استفاده از توابع عضویت فازی امکان تبدیل داده‌های کمی و کیفی به مقیاس مشترک و بیان تدریجی میزان مطلوبیت هر معیار را فراهم ساخت؛ امری که در روش‌های کلاسیک بولین قابل دستیابی نیست.

در مرحله بعد، برای تعیین اهمیت نسبی و وزن معیارها، از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) استفاده شد. وزن‌دهی معیارها بر اساس مقایسه‌های زوجی و با بهره‌گیری از نظر خبرگان حوزه برنامه‌ریزی شهری و محیط‌زیست انجام گرفت. به منظور اطمینان از صحت قضاوت‌ها، نرخ سازگاری (CR) محاسبه شد و تنها ماتریس‌هایی با مقدار CR کمتر از ۰/۱ در تحلیل نهایی مورد استفاده قرار گرفتند. پس از تعیین وزن‌ها، لایه‌های فازی شده معیارها با استفاده از محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و روش هم‌پوشانی وزنی تلفیق شدند. خروجی این مرحله، نقشه پهنه‌بندی تناسب اراضی در پنج طبقه بسیار مناسب، مناسب، متوسط، نامناسب و بسیار نامناسب برای توسعه کالبدی آینده شهر بود. این نقشه مبنایی برای تحلیل الگوی گسترش فضایی شهر اهواز و شناسایی پهنه‌های مستعد توسعه سازگار با ملاحظات اکولوژیکی تا افق ۱۴۲۰ فراهم می‌سازد.



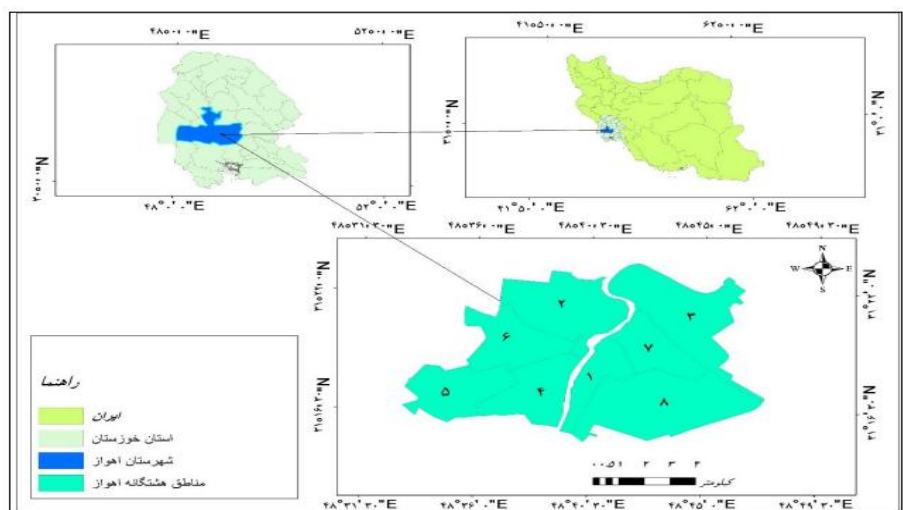
وجه تمایز پژوهش حاضر نسبت به مطالعات مشابه، در تمرکز ویژه بر تخریب زیرساخت‌های اکولوژیکی و پیوستگی فضایی عناصر طبیعی در چارچوب تلفیقی شهر سبز و شهر اکولوژیک، و همچنین به‌کارگیری هم‌زمان منطق فازی و AHP در تحلیل تناسب اراضی شهری در مقیاس کلان‌شهری اهواز است؛ رویکردی که امکان ارائه نتایج دقیق‌تر و تصمیم‌سازی مؤثرتر در برنامه‌ریزی فضایی پایدار را فراهم می‌کند. تحلیل سرانه فضای سبز نشان داد که توزیع آن در شهر بسیار نامتوازن است؛ از ۰/۷ مترمربع در منطقه ۶ تا ۳۲/۲۷ مترمربع در منطقه ۳ متغیر است. کمترین میزان در مناطق ۶ و ۷ با ۰/۷ و ۲/۳ مترمربع مشاهده شد، در حالی که استاندارد بین‌المللی برای شهرهای بزرگ ۲۰ تا ۲۵ مترمربع و برای شهرهای بسیار آلوده مانند اهواز حدود ۵۲ مترمربع است (جدول ۷، طرح جامع شهر اهواز).

جدول ۷- مساحت و سرانه کاربری فضای سبز در مناطق شهر اهواز

منطقه	مساحت (مترمربع)	سرانه (مترمربع)
منطقه ۱	۲۸۲۰۷۷	۲/۳۵
منطقه ۲	۳۰۸۶۱۰	۴/۳۱
منطقه ۳	۴۳۵۴۶۵۷	۳۲/۲۷
منطقه ۴	۴۹۲۴۹۳	۳/۰۱
منطقه ۵	۲۵۹۱۸۹	۵/۶۲
منطقه ۶	۱۲۱۳۴۳	۰/۷
منطقه ۷	۳۴۱۱۲۶	۲/۲۹
منطقه ۸	۱۱۲۸۹۹۵	۱۰/۴۳
اهواز	۷۴۱۲۵۴۱	۷/۶۱

مأخذ: طرح جامع شهر اهواز

اهواز، مرکز استان خوزستان و یکی از کلان‌شهرهای ایران، در منطقه جلگه‌ای با ارتفاع ۱۲ متر از سطح دریا قرار دارد و با مساحت ۱۸'۶۵۰ هکتار رودخانه کارون را به دو بخش شرقی و غربی تقسیم می‌کند. جمعیت این شهر از حدود ۱۲۰ هزار نفر در سال ۱۳۳۵ به بیش از ۱.۳ میلیون نفر در سال ۱۳۹۵ رسیده و هفتمین کلان‌شهر پرجمعیت کشور است که ۳۲ درصد جمعیت استان در آن سکونت دارند و ۳۵ درصد از این جمعیت در حاشیه شهر زندگی می‌کنند. اهواز با وجود کارخانه‌ها و تأسیسات صنعتی از جمله شرکت مناطق نفت‌خیز جنوب و شرکت ملی حفاری، یکی از مهم‌ترین مراکز صنعتی کشور است و مهاجرت گسترده به آن را موجب شده است (معاونت برنامه‌ریزی و گسترش شهرداری اهواز، ۱۳۹۱).



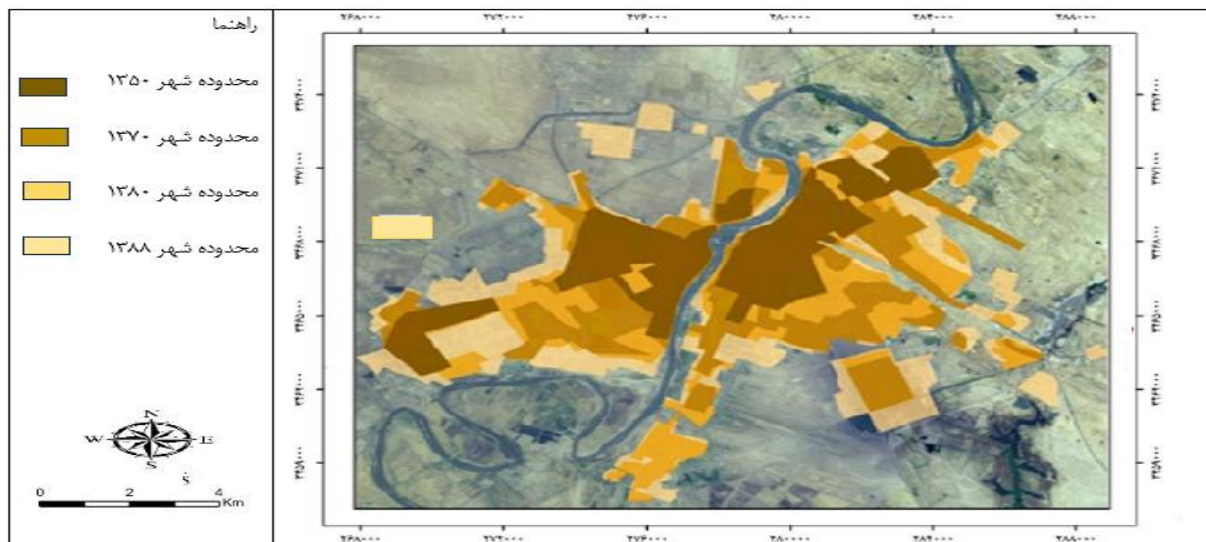
شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه



یافته‌های تحقیق

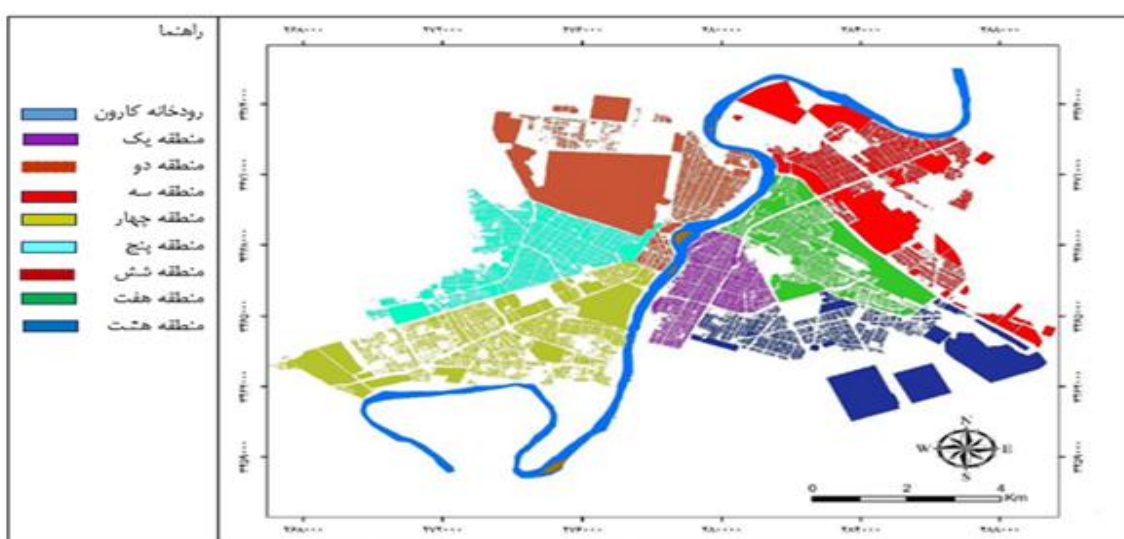
روند رشد و گسترش شهر اهواز

نحوه گسترش شهر اهواز در طول ادوار تاریخی در شکل (۲)، آورده شده است.



شکل ۲- روند رشد و گسترش کالبدی شهر اهواز طی سال‌های ۱۳۵۰ تا ۱۳۸۸ (مهندسین مشاور عرصه)

همان‌طور که در جدول (۸) نشان داده شده است، جمعیت اهواز از ۱۲۰'۰۹۸ نفر در سال ۱۳۳۵ به ۱'۱۲۲'۰۲۱ نفر در سال ۱۳۹۰ رسیده و پیش‌بینی می‌شود در سال ۱۴۲۰ به حدود ۲'۰۸۴'۰۰۰ نفر افزایش یابد. نرخ رشد جمعیت و مهاجرت در طول سال‌ها نوسان داشته است؛ بیش‌ترین نرخ رشد جمعیت و مهاجرت در سال ۱۳۵۵ به ترتیب ۲/۶ و ۹/۳۰ و کم‌ترین نرخ رشد جمعیت در سال ۱۳۹۵ برابر ۵۵/۱ درصد بوده است.



شکل ۳- تقسیمات کالبدی شهر اهواز



جدول ۸- روند رشد جمعیت شهر اهواز طی (۹۵-۱۳۳۵) و برآورد آن تا سال ۱۴۲۰

سال	جمعیت	متوسط رشد سالانه (درصد)	سال	جمعیت	متوسط رشد سالانه (درصد)
۱۳۳۵	۱۲۰۰۹۸	-	۱۳۹۰	۱۱۲۲۰۲۱ ^۳ (۱۲۱۰۶۱۸) ^۲	۱/۵۵
۱۳۴۵	۲۰۶۳۷۵	۵/۷	۱۴۰۰	۱۴۱۵۱۷۰	۲/۴۴
۱۳۵۵	۳۳۴۳۹۹	۶/۲	۱۴۰۵	۱۵۹۶۴۵۴	۲/۴۴
۱۳۶۵	۵۷۸۲۱۹	۵/۶	۱۴۱۰	۱۸۰۰۹۶۱	۲/۴۴
۱۳۷۵	۸۰۴۹۸۰	۳/۳	۱۴۲۰	۲۰۸۴۰۰۰	۱/۵
۱۳۸۵	۹۸۵۴۳۲	۴/۳	-	-	-
۱۳۹۵	۱۳۰۳۰۰۰	۴/۱	-	-	-

منبع: شهرداری شهر اهواز، ۱۳۹۵: ۲۵

جدول ۹- محاسبه مساحت مورد نیاز برای گسترش کالبدی شهر در سال (۱۴۲۰)

وضع موجود ۱۳۹۰			افق ۱۴۱۰ (جمعیت)		افق ۱۴۲۰ (جمعیت)		مساحت	مساحت
			(۱۸۰۰۹۶۱)		(۲۰۸۴۰۰۰)		مورد نیاز (هکتار)	مورد نیاز (هکتار)
			مساحت	سرانه مصوب	مساحت	مساحت	۱۴۱۰	۱۴۲۰
مسکونی	۳۲.۵۶	۳۶۲۲.۷	۳۰	۳۸۹۳.۰	۴۰۰۴/۹	۲.۵۶	۶۸۰	۳۷۷/۲
تجاری - خدماتی	۲.۶۹	۲۹۹.۱۴	۳.۵	۲۴۵۴.۰	۳۳۰/۳	۰.۸۱	۱۵۵.۰۴	۳۱/۲
آموزشی	۱.۶۸	۱۸۶.۸۵	۴.۵	۲۶۹	۲۰۶/۳	۲.۸۲	۸۳	۱۹/۵
آموزشی، تحقیقات و فناوری	۲.۵۹	۲۸۷.۸۶	۰	۰	۳۱۸/۷	۰	۰	۳۰/۹
مذهبی	۰.۲۹	۳۲.۴۷	۰.۷۵	۹۷.۳	۳۵/۹	۰.۴۶	۶۴.۸۵	۳/۵
فرهنگی - هنری	۰.۲۸	۳۰.۹۲	۰.۷۵	۹۷.۳	۳۴۰/۲	۰.۴۷	۶۶.۴	۳/۲
تفریحی - گردشگری	۳.۶۸	۴۰۹.۴۹	۰.۷۵	۹۷.۳	۴۵۲/۰	۲.۹۳	۳۱۲.۱۷	۴۲/۵
درمانی	۱.۱۱	۱۲۴.۰۵	۲.۵	۳۲۴.۴	۱۳۵/۸	۱.۳۹	۲۰۰.۳۷	۱۲/۸
ورزشی	۱.۸۱	۲۰۱.۵۹	۲	۲۵۹.۵	۲۲۳/۶	۰.۱۹	۵۷.۹۴	۲۲/۰
اداری - انتظامی	۳.۸۶	۴۲۹.۲۸	۱.۵	۱۹۴.۶	۲۶۴/۲	۲.۳۶	۲۳۴.۶۸	۲۵/۰
پارک و فضای سبز	۴.۰۲	۴۴۷.۵۲	۱۲	۱۵۵۷.۲	۴۹۴/۰	۷.۹۸	۱۱۰۹.۶۸	۴۶/۵
صنعتی	۱۲.۷۷	۱۴۲۰.۶	۱۰	۱۲۲۹۷.۷	۱۵۵/۲	۲.۷۷	۱۲۲.۹۱	۱۴/۶
تأسیسات شهری	۲.۱۹	۲۴۳.۳۷	۱.۵	۱۹۴.۶	۳۱۸/۸	۰.۶۹	۴۸.۷۲	۳۰/۱
تجهیزات شهری	۰.۵۸	۶۴.۱۳	۱	۱۲۹.۷	۵۵/۹	۰.۴۲	۶۵.۶۴	۵/۳
حمل و نقل و انبارداری	۳۵.۶۳	۳۹۶۴.۴	۳۰	۳۸۹۳.۰	۷۸۸/۱	۵.۶۳	۷۱.۳۶	۷۴/۵
مجموع مساحت	۱۰۵.۹۲	۱۱۷۶۴.۳۷	۱۰۰.۷۵	۲۵۷۵۸.۶	۷/۸۱۸/۵	۳۱.۴۸=۲.۴	۲۶۰۵.۸۳	۷۳۹/۱

مأخذ: مهندسين مشاور عرصه، ۱۳۹۱: ۶۷

همان طور که در جدول (۹)، نشان داده شده است در افق سال ۱۴۲۰، زمین مورد نیاز برای کاربری های شهری اهواز حدود ۷۳۹ هکتار است که بیشترین سهم به سرانه مسکونی (۳۷۷ هکتار) و پس از آن به حمل و نقل و انبارداری (۷۵ هکتار) و فضای سبز (۴۷ هکتار) اختصاص دارد.

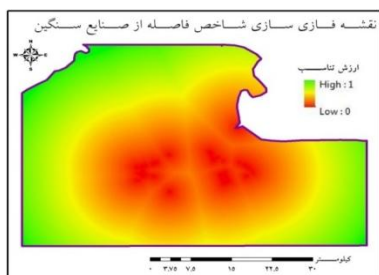
۱. با احتساب جمعیت کوت عبدالله (مرکز شهرستان جدید کارون)

۲. جمعیت بر اساس محدوده خدمات شهری شهرداری

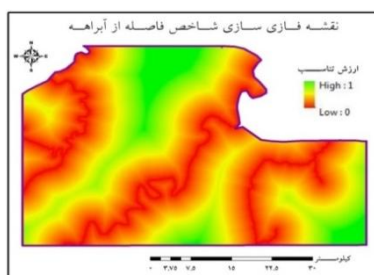
۳. جمعیت بر اساس محدوده مصوب استانداری



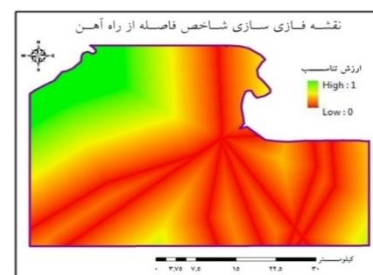
در مرحله نخست، ابتدا لایه‌های اطلاعاتی مورد نیاز پروژه بازبینی، اصلاح و با قالب مناسب تنظیم شدند و سپس برای تعیین محدوده‌های حریم جغرافیایی از روش فاصله اقلیدسی (Euclidean Distance) بهره گرفته شد. در مرحله دوم، نقشه‌های معیار مربوط به ارزیابی تناسب اراضی برای توسعه فیزیکی شهر اهواز با استفاده از منطق فازی (FuzzyMembership) استاندارد گردیدند تا همگنی داده‌ها و انعطاف‌پذیری بیشتر فراهم شود. در این روش، اعداد بین صفر تا یک قرار می‌گیرند؛ به‌گونه‌ای که عدد یک بیانگر بالاترین میزان تناسب و عدد صفر نشان‌دهنده کم‌ترین سطح تناسب برای توسعه کالبدی است. جدول (۸) شامل لایه‌های استفاده‌شده و نوع توابع فازی مربوط به هر یک از آن‌هاست. در شکل‌های (۴) تا (۱۰) لایه‌های استانداردشده در (Fuzzy Membership) آورده شده‌اند:



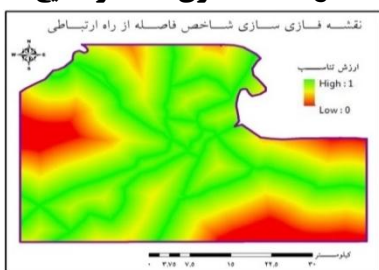
شکل ۶- نقشه فازی فاصله از صنایع



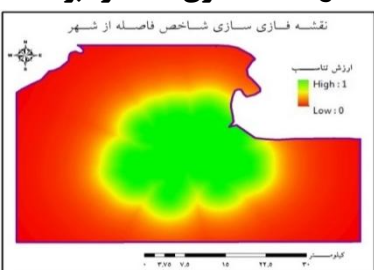
شکل ۵- نقشه فازی فاصله از آبراهه



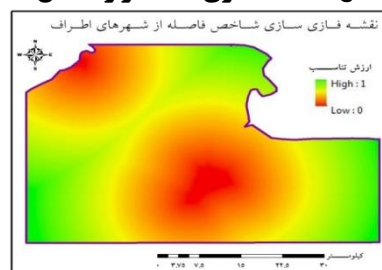
شکل ۴- نقشه فازی فاصله از راه آهن



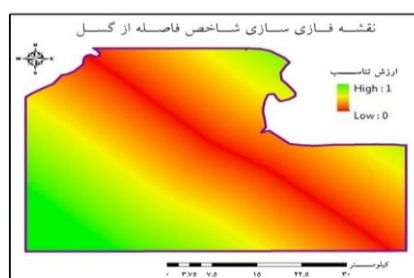
شکل ۹- نقشه فازی فاصله از راه ارتباطی



شکل ۸- نقشه فازی فاصله از شهر



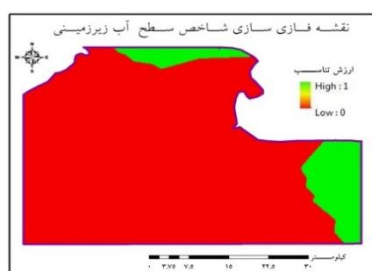
شکل ۷- نقشه فازی فاصله از شهرهای پیرامون



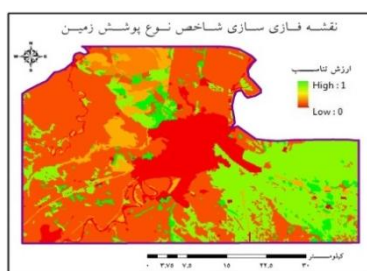
شکل ۱۰- نقشه فازی فاصله از گسل

جدول ۱۰- توابع فازی استانداردسازی معیارهای تحلیل تناسب اراضی برای گسترش کالبدی

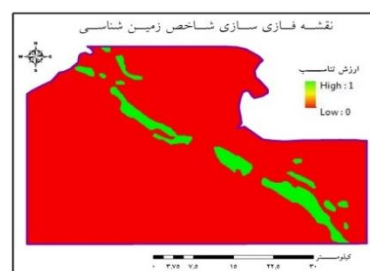
نوع	شاخص	نوع تابع	شکل تابع فازی ^۱	Spread ^۲	فاصله
شکل فازی	کاربری اراضی*	Linear	افزایشی	-	-
	نوع خاک*	Linear	افزایشی	-	-
	نوع پوشش اراضی*	Linear	افزایشی	-	-
	شکل زمین*	Linear	افزایشی	-	-
	سطح ایستایی آب زیرزمینی*	Linear	افزایشی	-	-
فاصله فازی	زمین شناسی*	Linear	افزایشی	-	-
	فاصله از راه آهن	Linear ^۳	افزایشی	-	-
	فاصله از صنایع بزرگ	Linear	افزایشی	-	-
	فاصله از جاده های ارتباطی	Linear	کاهشی	-	-
	فاصله از شهرهای اطراف	Linear	افزایشی	-	-
	فاصله از آبراهه	Linear	افزایشی	-	-
	فاصله از گسل	Linear	افزایشی	-	-
	فاصله از شهر	Small ^۴	-	۳	۵۰۰۰



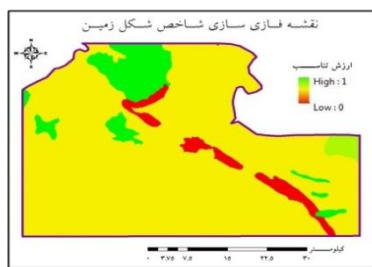
شکل ۱۱- نقشه فازی زمین شناسی



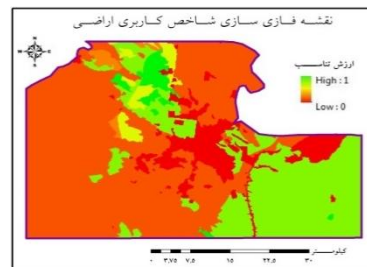
شکل ۱۲- نقشه فازی تنوع پوشش گیاهی



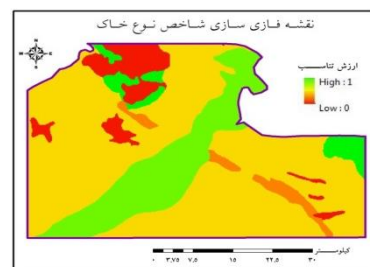
شکل ۱۳- نقشه فازی سطح آب زیرزمینی



شکل ۱۴- نقشه فازی نوع خاک



شکل ۱۵- نقشه فازی کاربری اراضی



شکل ۱۶- نقشه فازی شکل زمین

مرحله سوم: در این مرحله از خبرگان در مورد معیارهای مورد مطالعه نظرخواهی کرده و اوزان آنها تعیین گردید.

۱. شکل تابع فازی، افزایش و کاهشی دو حالت از تابع Linear در (FuzzyMembership) است که در اینجا به این معنی است که در حالت افزایش میزان یک شاخص یا فاصله از آن، میزان تناسب اراضی افزایش و با حالت کاهش، میزان تناسب کاهش می یابد.
۲. Spread: ضریب کاهش یا افزایش شیب تناسب اراضی یک کاربری است.
۳. Linear: از گزینه های (FuzzyMembership) در برنامه (Arc gis) است که موارد کاربرد آن در لایه هایی است که فاصله گرفتن از آنها به صورت خطی تناسب اراضی را کاهش یا افزایش می دهد.
۴. Small: از گزینه های (FuzzyMembership) در برنامه (Arc gis) است که موارد کاربرد آن در لایه هایی است که فاصله خاصی از آنها تناسب اراضی بالا بوده و بعد از آن فاصله میزان تناسب اراضی بر اساس میزان (SPREED) کم می شود.



محاسبه نرخ سازگاری (CR)

در روش AHP برای سنجش هماهنگی مقایسه‌های زوجی از نرخ سازگاری (CI) استفاده می‌شود. اگر نرخ مذکور برابر یا کمتر از ۰/۱ باشد، می‌توان ارزیابی‌ها و مقایسه‌ها را خوب و صحیح دانست، در غیر این صورت باید ارزیابی‌ها و مقایسه‌های زوجی تکرار یا اصلاح شوند. نرخ سازگاری با محاسبه شاخص سازگاری (CI) و رابطه زیر به دست می‌آید:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad \text{رابطه (۱)}$$

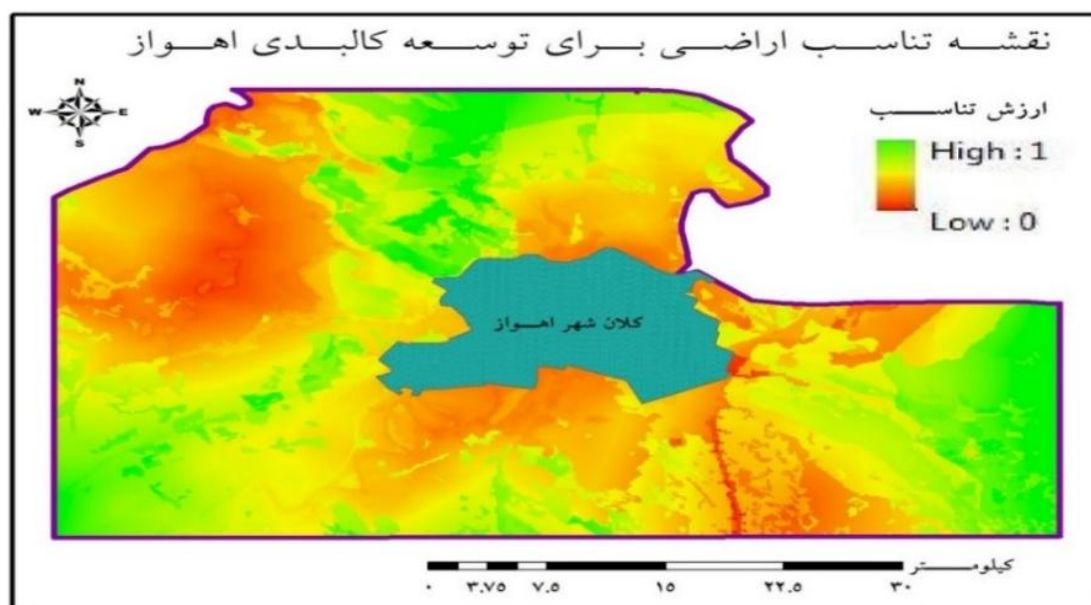
در رابطه بالا $\lambda_{\max}$ عنصر بردار ویژه و n تعداد معیارهاست. عنصر بردار ویژه از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\text{رابطه (۲)} \quad \text{وزن معیار} / \text{سطر ماتریس ارزش‌گذاری} \times \text{ستون وزن‌ها} - \lambda_{\max}$$

$\lambda_{\max}$ باید به تعداد معیارها و برای همه آن‌ها محاسبه شده و سپس از مجموع آن‌ها در رابطه (۱) CI می‌گردد. شاخص دیگر مورد نیاز شاخص تصادفی (CR) است که متناسب با تعداد معیارها از جدول (۱۰) به دست می‌آید و نهایتاً نرخ سازگاری از رابطه (۳) محاسبه می‌شود.

$$CR = CI / RI \quad \text{رابطه (۳)}$$

با توجه به توضیحات فوق مقدار نرخ سازگاری در محاسبات حاضر با توجه به جدول (۵) برابر ۰/۰۳ به دست آمد.



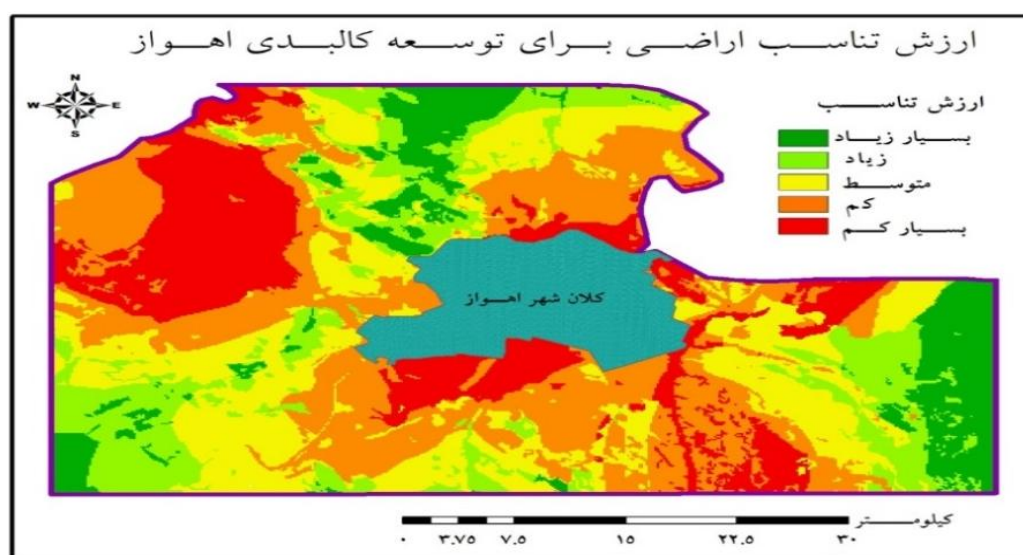
شکل ۱۷- نقشه فازی ارزش تناسب اراضی برای گسترش کالبدی آینده شهر اهواز

مرحله چهارم: در این مرحله، نقشه‌های استاندارد شده با مدل منطق فازی در (Fuzzy Membership) و وزن‌های به‌دست آمده از مدل فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) (جدول ۵) با استفاده از (Raster Calculator) ترکیب می‌شوند که نقشه خروجی آن (شکل ۱۶) نشان‌دهنده میزان مناسب بودن اراضی برای گسترش فیزیکی کلان‌شهر اهواز است. مرحله پنجم: در این مرحله، نقشه تناسب زمین برای گسترش فیزیکی که امتیازات آن در محدوده ۰ تا ۱ تعریف شده بود، طبقه‌بندی می‌شود و خروجی آن (شکل ۱۸) مقدار تناسب زمین برای گسترش فیزیکی کلان‌شهر اهواز است.



جدول ۱۱- ارزش دهی به معیارها در نظر سنجی از خبرگان

نوع	وزن	شاخص	امتیاز اولیه	امتیاز نهایی	نرخ سازگاری
طبیعی	۰/۳۳۳	کاربری اراضی	۰/۳۴۸	۰/۱۱۶	۰/۰۳
		نوع خاک	۰/۰۷۳	۰/۰۲۴	
		نوع پوشش اراضی	۰/۲۵۱	۰/۰۸۴	
		شکل زمین	۰/۰۴۶	۰/۰۱۵	
		سطح ایستایی آب زیرزمینی	۰/۱۷۷	۰/۰۵۹	
		زمین شناسی	۰/۱۰۵	۰/۰۳۵	
حريم‌های جغرافیایی	۰/۶۶۷	فاصله از راه آهن	۰/۰۳۱	۰/۰۲۱	
		فاصله از صنایع بزرگ	۰/۱۰۹	۰/۰۷۳	
		فاصله از جاده‌های ارتباطی	۰/۱۷۴	۰/۱۱۶	
		فاصله از شهرهای اطراف	۰/۰۵۱	۰/۰۳۴	
		فاصله از آبراهه	۰/۲۵۲	۰/۱۶۸	
		فاصله از گسل	۰/۳۰۸	۰/۲۰۵	
		فاصله از شهر	۰/۰۷۵	۰/۰۵۰	
مجموع		مجموع	۱	۱	

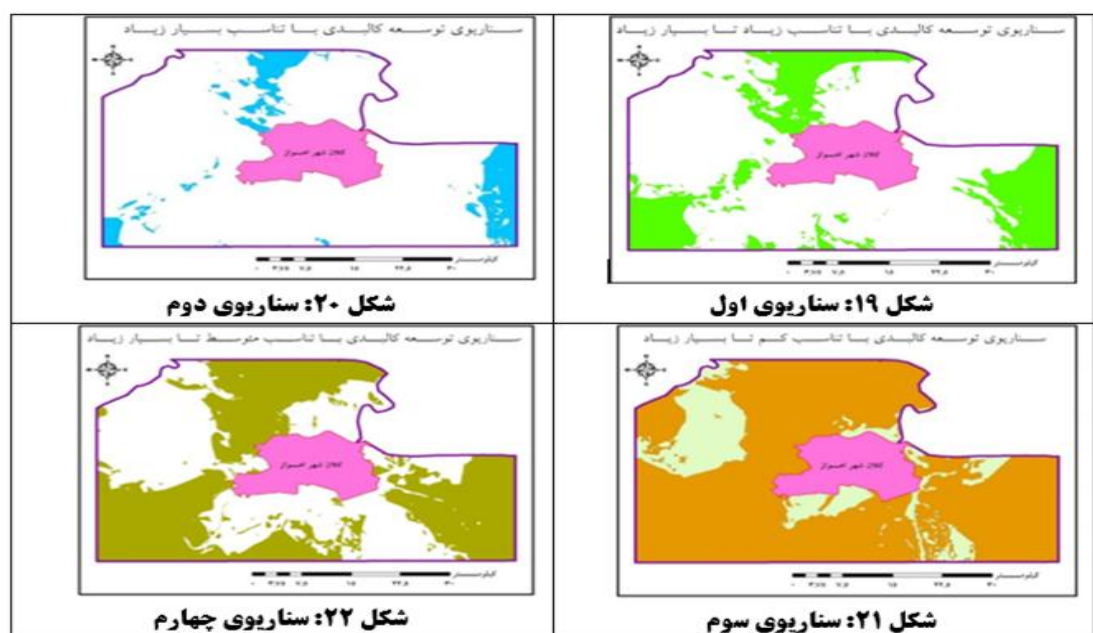


شکل ۱۸- نقشه طبقه‌بندی تناسب اراضی برای گسترش کالبدی آینده شهر اهواز

جدول ۱۲- مساحت و درصد تناسب اراضی برای گسترش کالبدی کلان‌شهر اهواز

ردیف	نوع	مساحت (هکتار)	درصد
۱	بسیار زیاد	۲۱۱۳۳	۹/۷
۲	زیاد	۳۲۳۴۸	۱۴/۹
۳	متوسط	۵۱۹۱۳	۲۳/۹
۴	کم	۶۲۷۵۳	۲۸/۹
۵	بسیار کم	۴۸۷۹۰	۲۲/۵
۶	مجموع	۲۱۶۹۳۷	۱۰۰

در زیر چهار سناریو برای گسترش (توسعه) کالبدی کلان‌شهر اهواز در قالب نقشه ارائه شده است.



بحث و نتیجه‌گیری

این مطالعه باهدف تحلیل توسعه کالبدی-فضایی شهر اهواز با رویکرد شهر سبز و اکولوژیک انجام شد. با استفاده از ۱۰ شاخص شامل مرزهای جغرافیایی و شاخص‌های طبیعی و به‌کارگیری مدل سلسله‌مراتبی فازی، چهار سناریو برای گسترش فیزیکی آینده شهر تا افق ۱۴۲۰ طراحی و بررسی شد. نتایج نشان داد که حدود ۲۵٪ از اراضی مورد مطالعه دارای تناسب بالا تا بسیار بالا برای توسعه فیزیکی هستند. بررسی سناریوها مشخص کرد که سناریوی سوم (تناسب متوسط تا بسیار زیاد) مناسب‌ترین گزینه است، زیرا در این سناریو، زمین‌های مناسب برای گسترش شهر به شکل یکپارچه در شمال غرب و جنوب غرب قرار دارند و امکان توسعه خطی و پیوسته فراهم می‌شود، در حالی که در سناریوهای اول و دوم، پراکندگی و ایزوله بودن اراضی مانع گسترش مطلوب شهری می‌شود.

تحلیل نقشه‌های نهایی نشان داد که گسترش آینده شهر با محدودیت‌هایی همچون اراضی کشاورزی، نخلستان‌ها، رودخانه‌ها، واحدهای صنعتی و شهر جدید کوت عبدالله مواجه است و تحقق معیارهای شهر سبز و اکولوژیک در سطح محلی نیازمند بازتعریف شاخص‌ها و اصلاح سیاست‌ها است. با توجه به غلبه نگرش اقتصادمحور در توسعه شهری، دستیابی به بوم شهر اهواز نیازمند ارتقای آگاهی جمعی در زمینه مخاطرات اقلیمی، همزیستی با محیط‌زیست و مسئولیت‌پذیری نسبت به نسل‌های آینده است. بر اساس یافته‌ها، تحقق توسعه پایدار در اهواز مستلزم بازنگری الگوی توسعه کالبدی، تقویت زیرساخت‌های سبز، اصلاح سیاست‌های مدیریت شهری و برنامه‌ریزی فضایی مبتنی بر اصول اکولوژیک است. الگوی بهینه پیشنهادی توسعه‌ای متوازن و سازگار با محیط‌زیست است که نه تنها نیازهای انسان را تأمین می‌کند، بلکه به‌عنوان منبعی مثبت برای تولید انرژی، غذا و سلامت شهر و منطقه پیرامون عمل می‌کند. این الگو، راهبردی عملی برای نزدیک شدن به شهری پایدار و سالم در قرن بیست و یکم محسوب می‌شود.

منابع

- اسفندیاری، فریبا، و قراچورلو، مرتضی. (۱۳۹۷). امکان‌سنجی گسترش فیزیکی شهر سراب در ارتباط با عوامل طبیعی. *جغرافیا و آمایش شهری منطقه‌ای*، ۱۶-۱۱، ۲۸. <https://doi.org/10.22111/gaij.2018.4101>
- براتی، ابراهیم، صابری، حمید، خادم‌الحسینی، احمد، و اذانی، مهری. (۱۴۰۰). شناسایی و تحلیل عوامل مؤثر در دستیابی به شهر اکولوژیک: مطالعه موردی شهر درچه. *برنامه‌ریزی فضایی*، ۱۱(۴)، ۱۵۱-۱۶۸. <https://doi.org/10.22108/sppl.2022.132240.1636>



- بهرامی سیف‌آباد، محمد، عزیزی، جواد، و حجت‌دوست، سجاد. (۱۴۰۱). بررسی تأثیر جستجوی دانش و خلق دانش بر مدیریت زنجیره تأمین سبز با نقش تعدیل‌کننده به‌کارگیری دانش و نقش میانجی خودکارآمدی سبز: شرکت‌های شهرک‌های صنعتی شهر یاسوج. محیط زیست و توسعه فرابخشی، ۷(۷۵)، ۶۸-۸۰. <https://sid.ir/paper/1044839/fa>
- جمعه‌پور، محمود. (۱۳۹۸). برنامه‌ریزی محیطی و پایداری شهری و منطقه‌ای: اصول، روش‌ها و شاخص‌های محیطی پایداری سرزمین. سمت. <https://samt.ac.ir/fa/book/1035>
- حجی‌پور، محمد، اکرامی‌مقدم، حسین، و اسکندری‌ثانی، محمد. (۱۴۰۴). مدیریت سبز در فضای روستایی: مطالعه موردی بخش دیهوک خراسان جنوبی. مطالعات مدیریت توسعه سبز، ۴(۲)، ۱-۲۴. <https://doi.org/10.22077/jgdms.2025.3557>
- رزاقیان، فرزانه، رهنما، محمدرحیم، توانگر، معصومه، و آقاجانی، حسین. (۱۳۹۱). تحلیل اکولوژیکی پارک‌های شهری: مطالعه موردی مشهد. محیط‌شناسی، ۳۸(۴)، ۱۵۵-۱۶۸. <https://doi.org/10.22059/jes.2013.29870>
- رهنما، محمد، و عباس‌زاده، غلام. (۱۳۸۷). اصول، مبانی و مدل‌های شکل‌گیری فرم شهر. دانشگاه مشهد. https://jurbangeo.ut.ac.ir/article_60169_72682c3096e42a53aa65e71c58156dfa.pdf
- شریفی، حسین، رضانی‌پور، مهرداد، و ابراهیمی، لیلا. (۱۴۰۳). بررسی توسعه فضای شهری در راستای مواجهه با مخاطرات محیطی: مطالعه موردی شهرستان نور. تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۲۴(۷۵)، ۳۷۷-۳۵۴. http://jgs.khu.ac.ir/article_10.61186/24.75.4.jgs
- شریفیان‌بارفروش، سیده‌شفق، و مفیدی‌شمیرانی، سیدمجید. (۱۳۹۳). معیارهای شاخص بوم شهر از دیدگاه نظریه‌پردازان. باغ نظر، ۱۱(۳۱)، ۹۹-۱۰۸. <https://sid.ir/paper/125624/fa>
- شعبانی، مرتضی، علوی، سیدعلی، مشکینی، ابوالفضل، و سلمان‌ماهینی، عبدالرسول. (۱۳۹۸). ارزیابی و سنجش فضایی محیط‌زیست شهری با رویکرد شهر سبز: مطالعه موردی کلان‌شهر تهران. پژوهش‌های جغرافیایی انسانی، ۵۱(۱)، ۱۱۱-۱۲۷. <https://doi.org/10.22059/jhgr.2017.61799>
- صفری‌پور، پیمان. (۱۳۹۶). کاربرد GIS و RS در ارزیابی اثرات تغییر کاربری اراضی بر سیل‌خیزی در حوضه آبریز گل‌ایلام با استفاده از مدل HEC-HMS [پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تبریز]. گنج. <https://ganj.irandoc.ac.ir>
- کوخابی، طاهره، و مثنوی، محمدرضا. (۱۳۹۳). طراحی محیطی زیرساخت‌های اکولوژیکی منظر شهری با استفاده از اصل پیوستگی با انشعابات (AWOP) به‌منظور افزایش کیفیت زندگی شهری: مطالعه موردی منطقه دو شهر تهران. محیط‌شناسی، ۴۰(۳)، ۵۵۹-۵۷۲. <https://doi.org/10.22059/jes.2014.52205>
- مرکز آمار ایران. (۱۳۳۵ تا ۱۳۹۰). جمعیت شهرستان‌های استان خوزستان.
- معاونت برنامه‌ریزی و توسعه شهرداری اهواز. (۱۳۹۱). آمارنامه کلان‌شهر اهواز. انتشارات روابط عمومی و امور بین‌المللی شهرداری اهواز.
- ملک‌پوراصل، بهزاد، و بوستانی، پریمان. (۱۴۰۱). رهیافت برنامه‌ریزی همکارانه به‌منظور دستیابی به شهر کم‌کربن در کلان‌شهر تهران. پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی. <https://www.doi.org/10.22034/gp.2021.46529.2856>
- موحد، علی، و قاسمی، مسلم. (۱۴۰۰). تحلیل و سطح‌بندی فضایی در سطح مناطق شهری برای دستیابی به گردشگری پایدار: مطالعه موردی شهر اردبیل. پژوهش‌های جغرافیایی برنامه‌ریزی شهری، ۹(۴)، ۱۱۲۵-۱۱۴۸. <https://doi.org/10.22059/jurbangeo.2021.317702.1444>
- مهندسین مشاور عرصه. (۱۳۸۸). طرح راهبردی توسعه و عمران (جامع) شهر اهواز، مرحله اول، مقطع اول: مطالعات پایه و پیش‌نیاز شناخت پایه و حوزه نفوذ.
- مهندسین مشاور عرصه. (۱۳۹۱). طرح راهبردی توسعه و عمران (جامع) شهر اهواز، مرحله دوم، مقطع سوم: تلفیق مطالعات و تحلیل نهایی با استفاده از روش SWOT.
- مهندسین مشاور فجر توسعه. (۱۳۹۱). مطالعات بافت فرسوده و توانمندسازی محلات شهر اهواز، سطح یک: مطالعات راهبردی. سازمان بهسازی و نوسازی اهواز.
- Arseh Consulting Engineers. (2009). *Strategic development and development plan (comprehensive) of Ahvaz City, first phase, first section: Basic studies and prerequisites for basic knowledge and area of influence.*
- Arseh Consulting Engineers. (2012). *Strategic development and development plan (comprehensive) of Ahvaz City, second phase, third section: Integration of studies and final analysis using SWOT method.*
- Bahrami Seifabad, M., Azizi, J., & Hojjat Doost, S. (2014). Investigating the effect of knowledge seeking and knowledge creation on green supply chain management with the moderating role of knowledge utilization and the mediating role of green self-efficacy: Companies in industrial parks in Yasuj city. *Environment and Cross-Sectoral Development*, 7(75), 68-80. <https://sid.ir/paper/1044839/fa>



- Bibri, S. E. (2018). *Smart sustainable cities of the future: The untapped potential of big data analytics and context aware computing for advancing sustainability*. Springer. <https://www.planninginsights.co.in/data/ebook/1625564553.pdf>
- Bibri, S. E., & Krogstie, J. (2020). The emerging data-driven smart city and its innovative applied solutions for sustainability: The cases of London and Barcelona. *Energy Informatics*, 3(1), 1–22. <https://doi.org/10.1186/s42162-020-00108-6>
- Chotchaiwong, P., & Wijitkosum, S. (2019). Predicting urban expansion and urban land use changes in Nakhon Ratchasima City using a CA-Markov model under two different scenarios. *Land*, 8(9), Article 140. <https://doi.org/10.3390/land8090140>
- Deng, L., et al. (2021). Comparison of protein and peptide fractionation approaches in protein identification and quantification from *Saccharomyces cerevisiae*. *Journal of Chromatography B: Analytical Technologies in the Biomedical and Life Sciences*, 1162, Article 122453. <https://doi.org/10.1016/j.jchromb.2020.122453>
- Deputy of Planning and Development of Ahvaz Municipality. (2012). *Statistics of Ahvaz metropolitan city*. Public Relations and International Affairs Publications of Ahvaz Municipality.
- Downton, P. F. (2009). *Ecopolis: Architecture and cities for a changing climate* (Vol. 1). Springer Science & Business Media. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8496-6>
- Duan, C., Shi, P., Song, M., Zhang, X., Zong, N., & Zho, C. (2020). Land use and land cover change in the Kailash Sacred Landscape of China. *Sustainability*, 11(6), Article 1788. <https://doi.org/10.3390/su11061788>
- Esfandiari, F., & Qarachoorloo, M. (2018). Feasibility study of physical expansion of Sarab city in relation to natural factors. *Geography and Regional Urban Planning*, 8(28), 1–16. <https://doi.org/10.22111/gaig.2018.4101>
- Fajr Toseeh Consulting Engineers. (2012). *Studies of dilapidated texture and empowerment of Ahvaz City neighborhoods (Level one: Strategic studies)*. Ahvaz Improvement and Renovation Organization.
- Gaffron, P., Huismans, G., Skala, F., Messerschmidt, R., Verdaguer, C., & Koren, C. (2005). *Ecocity* (Book 1). Facultas Verlags-und Buchhandels AG. <http://real.mtak.hu/id/eprint/13865>
- Ghorab, H. K., & Shalahy, H. A. (2016). Eco and green cities as new approaches for planning and developing cities in Egypt. *Alexandria Engineering Journal*, 55, 495–503. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2015.12.018>
- Hajipour, M., Ekrami Moghadam, H., & Eskandari Sani, M. (2015). Green management in rural space: A case study of Dihok District, South Khorasan. *Journal of Green Development Management Studies*, 4(2), 1–24. <https://doi.org/10.22077/jgdms.2025.3557>
- Hes, D., & Bush, J. (Eds.). (2018). *Enabling eco-cities: Defining, planning and creating a thriving future*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-981-10-7320-5>
- Jiang, B. (2019). *Hope for Chinese ecocities* (Doctoral dissertation, University of British Columbia). <https://doi.org/10.14288/1.0388214>
- Joss, S. (2018). Future cities: Asserting public governance. *Palgrave Communications*, 4(1), 1–4.
- Joss, S., Cowley, R., & Tomozeiu, D. (2013). Towards the “ubiquitous eco-city”: An analysis of the internationalisation of eco-city policy and practice. *Urban Research & Practice*, 6(1), 54–74. <https://doi.org/10.1080/17535069.2012.762216>
- Jumapour, M. (2019). *Environmental planning and urban and regional sustainability: Principles, methods and environmental indicators of land sustainability*. Samt. <https://samt.ac.ir/fa/book/1035>
- Kahn, M. E. (2006). *Green cities: Urban growth and the environment*. Potomac.
- Kahn, M. E. (2008). *Green cities: Urban growth and the environment*. Potomac.
- Kenworthy, J. R. (2006). The eco-city: Ten key transport and planning dimensions for sustainable city development. *Environment and Urbanization*, 18(1), 67–85.
- Kibert, C. J. (2019). *Sustainable construction: Green building design and delivery*. John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1177/0956247806063947>
- Kokhaei, T., & Masnavi, M. R. (2014). Environmental design of ecological infrastructures of urban landscape using the principle of continuity with branches (AWOP) in order to increase the quality of urban life (Reference study: Tehran city area). *Journal of Environment*, 40(3), 559–572. <https://doi.org/10.22059/jes.2014.52205>
- Malekpour Asl, B., & Boustani, P. (2022). Collaborative planning approach to achieve a low-carbon city in Tehran metropolis. Institute for Humanities and Cultural Studies. <https://doi.org/10.22034/gp.2021.46529.2856>



- Movahed, A., & Ghasemi, M. (2012). Spatial analysis and stratification in urban areas to achieve sustainable tourism: Case study: Ardabil city. *Research on the Geography of Urban Planning*, 9(4), 1125–1148. <https://doi.org/10.22059/jurbangeo.2021.317702.1444>
- Pugh, C. (2000). *Sustainable cities in developing countries* (N. Moharramzade, Trans.). Center for Architectural & Urban Studies and Research. <https://doi.org/10.4324/9781315071404>
- Rahnama, M., & Abbaszadeh, G. (2008). *Principles, foundations and models of the formation of the form of city*. Mashhad University.
- Razaghian, F., Rahnama, M. R., Tavangar, M., & Aghajani, H. (2012). Ecological analysis of urban parks (case study: Mashhad). *Environment*, 38(4), 155–168. <https://doi.org/10.22059/jes.2013.29870>
- Roseland, M. (2012). *Toward sustainable communities: Solutions for citizens and their governments*. New Society Publishers. <https://www.amazon.com/Toward-Sustainable-Communities-Fifth-Governments/dp/0865719748>
- Safaripour, P. (2017). *Application of GIS and RS in assessing the effects of land use change on flooding in the Gol Ilam watershed using the HEC-HMS model* (Master's thesis, University of Tabriz). Ganj. <https://ganj.irandoc.ac.ir>
- Shabani, M., Alavi, S. A., Meshkini, A., & Salman Mahini, A. (2019). Spatial assessment and measurement of urban environment with a green city approach (case study: Tehran metropolis). *Human Geography Research*, 51(1), 111–127. <https://doi.org/10.22059/jhgr.2017.61799>
- Sharifi, H., Ramezanipour, M., & Ebrahimi, L. (2024). Investigating the development of urban space in the face of environmental hazards (Case study of Noor County). *JGS*, 24(75), 354–377. <https://doi.org/10.61186/jgs.24.75.4> <http://jgs.khu.ac.ir/article-1-3900-fa.html>
- Sharifian Barforosh, S. S., & Mofidi Shemirani, S. M. (2014). Criteria for the structure of the urban ecosystem from the perspective of theorists. *Bagh Nazar*, 11(31), 99–108. <https://sid.ir/paper/125624/fa>
- Tang, Z. (2011). *Eco-city and green community: The evolution of planning theory and practice*. Nova Science Publishers. <https://novapublishers.com/shop/eco-city-and-green-community-the-evolution-of-planning-theory-and-practice/>
- Wang, M., Cai, L., Xu, H., & Zhao, S. (2019). Predicting land use changes in northern China using logistic regression, cellular automata, and a Markov model. *Arabian Journal of Geosciences*, 12(24), Article 790. <https://doi.org/10.1007/s12517-019-4985-9>
- White, R. (2002). *Building the ecological city*. Woodhead Publishing. https://books.google.com/books/about/Building_the_Ecological_City.html?id=FzPKs9Rnx2QC
- Wong, T. C., & Yuen, B. (2011). *Eco-city planning: Policies, practice and design*. Springer Science + Business Media BV. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-0383-4>
- Yang, Z. (2012). Ecological city: Concepts, principles and practice. *Urban Development Studies*, 19(3), 1–8.
- Yeang, K. (2009). *Eco master planning*. John Wiley & Sons Ltd. <https://www.wiley.com/en-us/EcoMasterplanning-p-9780470697290>
- Zanganeh, A. H., Sara, & Karami, T. (2014). Spatial analysis of changes in green infrastructure in Zanjan city. *Journal of Green Development Management Studies*, 4(3), 109–132. <https://doi.org/10.22077/jgdms.2025.8558.1226>
- Zhou Yang, L., Xunhuan, L., & Y. (2020). Land use change and driving factors in rural China during the period 1995–2015. *Land Use Policy*, 99, Article 105048. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.105048>