Journal of Geography and Urban Research

Journal Homepage: https://gur.maragheh.ac.ir/

# The structure of the urban ecology of Urmia using landscape metrics

Rasoul Ghorbani[a], Pooran Karbasi[b]

a. *Department of Urban and Regional Planning, Faculty of Planning and Environmental Sciences, University of Tabriz, Tabriz, Iran*
**Email:** ghorbani.rasoul@gmail.com

b. *Department of Geography and Urban Planning, Faculty of Human Sciences, University of Maragheh, Maragheh, Iran.*
**Email:** poorankarbasi@gmail.com

ARTICLEINFO

Article type:
**Research Paper**

Received:
4 February 2025
Received in revised form:
20 April 2025
Accepted:
2 May 2025
pp.35-47

*Keywords:*
landscape,
metrics,
urban ecology,
Urmia .

ABSTRACT

The landscape refers to the spatial structure and organization of natural and human elements in a region, shaped by human activities and natural processes. Metrics serve as key analytical tools in assessing and measuring the characteristics and performance of the landscape. This research examines the ecological structure of the city of Urmia, emphasizing the concept of landscape and its metrics, in order to propose corrective actions for improving its ecological processes. To identify the components of the landscape of Urmia, land use maps were utilized. Subsequently, for data modeling, landscape metrics (CA, NP, MPS, MSI, ED, SHEI, SHDI) were analyzed using the Patch Analyst extension. Finally, after hexagonal grid mapping of the area using a patch grid, the desired metrics for the hexagonal networks were calculated. The results obtained from the metrics indicate that the increase in distance and dispersion of patches, along with the reduction of their ecological connectivity, has led to fragmentation and a decrease in the integrity of the green space in the city of Urmia. Based on the findings, it can be concluded that the use of landscape metrics can help identify the challenges and opportunities present in the sustainability of green spaces and improve the quality of life for residents.

**Citation:** Ghorbani, R., & Karbasi, P.(2025). The structure of the urban ecology of Urmia using landscape metrics. *Journal of Geography and Urban Research*, 2(2), 35-47.
https://doi.org/10.22130/gur.2025.2052635.1014
© The Author(s)
**Publisher:** University of Maragheh.
This is an open access article under the CC BY license(https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

## Extended Abstract

### Introduction

In recent years, the trend of urban development in various parts of the world, especially in developing countries, has significantly increased. This unbalanced expansion has directly impacted the ecological structure of cities and their green spaces, leading to the fragmentation and degradation of these areas. According to recent research, these changes can result in a decrease in biodiversity, an increase in pollution, and a decline in the quality of life for urban residents. Therefore, design with an ecological development approach serves as a tool for controlling and guiding urban development and activities, as well as enhancing the quality of the urban environment. Today, the use of landscape structure methods, which essentially represent the ecological structure at the landscape scale, provides a new capability to address land use planning needs and development supply. Thus, studying the ecological structure of Urmia's urban environment through landscape metrics, in addition to diagnosing the current situation, can offer practical solutions for preserving and improving the urban environment. This review can serve as a roadmap for professionals, planners, and urban policymakers in Iran and other countries, highlighting the importance of considering environmental dimensions in urban management.

.

### Methodology

The research method of the present study is classified as applied research in terms of its objective and descriptive-analytical in terms of its nature. This study examines and analyzes the urban ecology structure of Urmia using landscape metrics. To achieve the research objectives, two methods were employed for data collection: library and field methods. In the theoretical section, information necessary for conducting the research was gathered by referring to books, journals, and online databases. In the field research section, the land use of green spaces was first identified, and then landscape metrics (CA, NP, MPS, MSI, ED, SHEI, SHDI) were examined for data modeling using the Patch Analyst extension. Subsequently, after grid-networking the area in a hexagonal format using patch grid, the desired metrics for the hexagonal networks were calculated.

### Results and discussion

The use of landscape metrics is the best method for comparing the state of the landscape over time and serves as a suitable tool for identifying the precise relationship between the structure and function of its various land uses. In this study, seven landscape metrics at the class level were utilized using the Patch Analysis plugin. To analyze and understand the landscape metrics, reliance was not placed on a single index; instead, a set of metrics was analyzed to gain a better understanding of the dynamics of ecosystems and the structure of the landscape. The results of the analysis of the connectivity metrics of the landscape of the city of Urmia indicate that the increase in urban population, along with the implementation of urban development plans and irregular constructions, has disrupted the ecological connections between habitats and green areas, leading to a reduction in ecological connectivity in the city's landscape. This situation has ultimately resulted in a decrease in environmental resilience. In other words, based on the values obtained from these metrics, the level of ecological connectivity in green areas has decreased, and the distances between similar ecological areas have increased.

### Conclusion

The results of this study indicate that the landscape serves as a key tool for understanding and analyzing the complex interactions between natural and human elements in an urban environment. Given the specific geographical and climatic characteristics of Urmia, a decisive understanding will not only benefit urban planning but also provide science- and data-based solutions for the environmental challenges ahead. Analyzing various metrics not only helps describe the current ecological status of the city but also enables the identification of strengths and weaknesses in the spatial structure and establishes smart options for managing these points. The increase in the density of green spaces in Urmia can lead to improved air quality, reduced heat island effects, and enhanced public well-being. Additionally, biodiversity plays a crucial role in increasing ecosystem sustainability and strengthening the environmental capabilities of the city. These results emphasize the necessity of integrating infrastructure and environmental policies. On the other hand, the research findings indicate serious challenges present in Urmia, including the reduction of green spaces due to unplanned development and its negative impacts. In this context, attention to natural environments and the preservation of biodiversity is essential not just for environmental sustainability.

### 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.

**فصلنامه جغرافیا و پژوهش‌های شهری**
**Journal Homepage: https://gur.maragheh.ac.ir/**

# ساختار اکولوژی شهری ارومیه با استفاده از متریک‌های سیمای سرزمین

**رسول قربانی[۱] ✉، پوران کرباسی[۲]**

۱- گروه برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای، دانشکده برنامه‌ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. **Email:** ghorbani.rasoul@gmail.com

۲-گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران. **Email:** poorankarbasi@gmail.com

**اطلاعات مقاله**

**نوع مقاله:**
مقاله پژوهشی

**تاریخ دریافت:**
۱۴۰۳/۱۱/۱۶
**تاریخ بازنگری:**
۱۴۰۴/۰۱/۳۱
**تاریخ پذیرش:**
۱۴۰۴/۰۲/۱۲
**صص.** ۳۵-۴۷

**واژگان کلیدی:**
*سیمای سرزمین،*
*متریک،*
*اکولوژی شهری،*
*ارومیه.*

**چکیده**

سیمای سرزمین به ساختار فضایی و سامان‌دهی عناصر طبیعی و انسانی در یک منطقه اطلاق می‌شود که در نتیجه‌ی فرآیندهای طبیعی و فعالیت‌های انسانی شکل می‌گیرد. متریک‌ها به‌عنوان ابزارهای تحلیلی اصلی، نقشی کلیدی در ارزیابی و سنجش ویژگی‌ها و عملکرد سیمای سرزمین ایفا می‌کنند. این پژوهش به بررسی ساختار اکولوژی شهری ارومیه با تأکید بر مفهوم سیمای سرزمین و متریک‌های آن می‌پردازد تا اقدامات اصلاحی برای بهبود فرآیندهای اکولوژیکی آن ارائه شود. برای شناسایی عناصر تشکیل‌دهنده‌ی سیمای سرزمین شهر ارومیه، از نقشه‌ی کاربری اراضی استفاده شده است. سپس، جهت مدل‌سازی داده‌ها، از افزونه‌ی Patch Analyst استفاده شده و متریک‌های سیمای سرزمین شامل مساحت طبقه، تعداد لکه‌ها، میانگین اندازه‌ی لکه، میانگین شکل لکه، میانگین تراکم حاشیه، یکنواختی و تنوع شانون مورد بررسی قرار گرفته‌اند. در نهایت، پس از شبکه‌بندی منطقه به‌صورت شش‌ضلعی با استفاده از Patch Grid، متریک‌های مورد نظر برای شبکه‌های شش‌ضلعی محاسبه شدند. نتایج حاصل از متریک‌ها نشان می‌دهد که افزایش فاصله و پراکندگی لکه‌ها و کاهش ارتباط اکولوژیکی آن‌ها، موجب گسستگی و کاهش یکپارچگی فضای سبز شهر ارومیه شده است. با توجه به یافته‌های به‌دست‌آمده، می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از متریک‌های سیمای سرزمین می‌تواند به شناسایی چالش‌ها و فرصت‌های موجود در زمینه‌ی پایداری فضای سبز و بهبود کیفیت زندگی ساکنان کمک کند.

**استناد:** قربانی، رسول و کرباسی، پوران. (۱۴۰۴). ساختار اکولوژی شهری ارومیه با استفاده از متریک‌های سیمای سرزمین. مجله جغرافیا و پژوهش‌های شهری، ۲(۲)، ۴۷-۳۵.

https://doi.org/10.22130/gur.2025.2052635.1014

© نویسندگان
**ناشر:** دانشگاه مراغه

## مقدمه

در سال‌های اخیر، روند توسعه‌ی شهری در نقاط مختلف جهان، به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه، به‌طور چشم‌گیری افزایش یافته است. این گسترش نامتوازن، به‌طور مستقیم بر ساختار اکولوژیکی شهرها و فضاهای سبز آن‌ها تأثیر گذاشته و موجب تجزیه و تکه‌تکه شدن این فضاها شده است (Ersoy, 2019:306). بر اساس تحقیقات اخیر، این تغییرات می‌تواند به کاهش تنوع زیستی، افزایش آلودگی و افت کیفیت زندگی ساکنان شهری منجر شود. برای بررسی عملکرد، تغییرات و میزان پیوستگی سیمای سرزمین، شناخت ساختار آن ضروری است؛ چرا که اتصالات و تکه‌تکه شدن سیمای سرزمین از طریق درک همین ساختار قابل شناسایی است (Li et al, 2014: 15). سیمای سرزمین می‌تواند بر تنوع اکولوژیکی و بهبود کیفیت زندگی شهروندان تأثیر بگذارد. برای اندازه‌گیری و ارزیابی این وضعیت، پژوهشگران از متریک‌های گوناگونی استفاده می‌کنند (Chen et al, 2023: 18). این متریک‌ها شامل شاخص‌هایی برای سنجش میزان فضاهای سبز، پراکندگی آن‌ها و تنوع زیستی در مناطق شهری است که همگی می‌توانند نشان‌دهنده تأثیرات منفی ناشی از گسترش بی‌رویه باشند. متریک‌های سیمای سرزمین، مانند تنوع و یکنواختی، می‌توانند در درک بهتر فضاهای اکولوژیکی شهری که در آن زندگی می‌کنیم، نقش مهمی ایفا کنند (Herrero-J´auregui et al, 2018: 28)، همچنین، شناسایی الگوهای توزیع فضای سبز و سایر مؤلفه‌های اکولوژیکی می‌تواند به برنامه‌ریزان شهری در طراحی بسترهای پایدارتر و کارآمدتر کمک کند ( Hou et al, 2020:4).

بنابراین، طراحی با رویکرد توسعه اکولوژیک، ابزاری برای کنترل و هدایت توسعه شهر و فعالیت‌ها و ارتقای کیفیت محیط شهری به شمار می‌رود (Jiang et al, 2020:115). دستیابی به هدف طراحی شهرها بر اساس رویکرد اکولوژیک به‌سادگی ممکن نیست و باید به‌صورت تدریجی و در طول زمان تحقق یابد. برای رسیدن به چنین کمیت و کیفیتی از فضاهای باز و سبز در مناطق شهری، می‌توان به مدل فورمن[1] اشاره کرد؛ در این مدل، بر تناسب توزیع و ترکیب، پیوستگی و وسعت فضاهای سبز و باز به‌عنوان اجزای ساختاری سیمای سرزمین تأکید می‌شود (Forman, 1995: 139). لذا امروزه استفاده از روش ساختار سیمای سرزمین که درواقع ساختار اکولوژیکی در مقیاس سیمای سرزمین است، توانمندی جدیدی در پاسخگویی به نیازهای برنامه‌ریزی کاربری اراضی و توسعه فراهم می‌کند (Jim et al, 2003: 98).

کاویانی و همکاران (۱۳۹۴) در مطالعه خود به تحلیل الگوی رشد شهر تهران با رویکرد بوم‌شناسی سیمای سرزمین پرداخته‌اند. برای تهیه نقشه‌های کاربری زمین، از تصاویر ماهواره‌ای لندست استفاده شده است. تحلیل الگوها نیز با به‌کارگیری متریک‌های فضایی سیمای سرزمین انجام گرفته است. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که کاربری‌های ساخته‌شده بیشترین افزایش را داشته‌اند و فرآیند فضایی زمانی گسترش شهری در کلان‌شهر تهران و اطراف آن در سه مرحله اصلی شامل شکل‌گیری هسته نخستین شهری، پخشایش و همگرایی صورت گرفته است. ناصری و همکاران (۱۳۹۸) در مقاله‌ای به تحلیل تغییرات کاربری اراضی شهرستان ملایر با استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین پرداخته‌اند. نتایج نشان داد که از سال ۱۹۹۷ تا ۲۰۱۷، مساحت کاربری مسکونی و منابع آب کاهش یافته و مساحت کاربری کشاورزی و اراضی بایر افزایش داشته است. همچنین تعداد لکه‌ها، شکل سیمای سرزمین و پراکندگی در کل سیمای سرزمین کاهش یافته است. هدایت و همکاران (۱۴۰۰) در پژوهشی به آشکارسازی و شبیه‌سازی تغییرات کاربری اراضی شهر پردیس با استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین تا سال ۲۰۴۰ پرداخته‌اند. نتایج پیش‌بینی برای سال ۲۰۴۰ نشان می‌دهد که زمین‌های بایر این شهر نسبت به سال ۲۰۲۰ کاهش چشمگیری نزدیک به ۱۳۰ هکتار خواهد داشت. همچنین، مناطق انسان‌ساخت در سال ۲۰۴۰ با افزایش تقریباً ۵ درصدی نسبت به سال ۲۰۲۰، به ۱۱۱۳ هکتار می‌رسد که این میزان حاکی از افزایش ۷۵ هکتاری است. پژوهش دباروس فراز[2] و همکاران (۲۰۰۵) درباره روند تبدیل جنگل به مناطق شهری در روندونیا، برزیل، با

[1] Foreman model
2 De Barros Ferraz

استفاده از متریک‌های سیمای سرزمین، نشان می‌دهد که در صورت ادامه این تغییرات، تمامی زمین‌های جنگلی این منطقه تا سال ۲۰۲۳ نابود خواهند شد. نتایج مطالعات ماتسوشیتا[1] و همکاران (۲۰۰۶) در کاسومیگاورا[2] ژاپن نشان داد که با افزایش تعداد لکه‌ها و کاهش میانگین اندازه آن‌ها، تجزیه سیمای سرزمین مهم‌ترین ویژگی تغییر در این منطقه بوده است. نتایج تحقیق توسط ابدولا[3] و ناکاگوش[4] در مالزی (۲۰۰۶)، با استفاده از متریک‌های غنای لکه، میانگین اندازه و تعداد لکه بیانگر تجزیه سیمای سرزمین در واکنش به توسعه سیماهای انسان‌ساخت بوده است. تغییرات الگوی سیمای سرزمین در واکنش به توسعه شهری، با استفاده از متریک‌های میانگین اندازه لکه، تراکم لکه، شاخص یکنواختی شانون، درصد سیمای سرزمین توسط ونگ[5] (۲۰۰۷) در ایالات‌متحده بررسی شد یانگ و همکاران[6] (۲۰۱۱) به ارزیابی فضای سبز هنگ‌کنگ با استفاده از شاخص تکه‌تکه‌شدن و روش هفت متریک همراه با تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) پرداختند. نتایج حاصل نشان می‌دهد که با برنامه‌ریزی مناسب برای آینده فضای سبز شهری، می‌توان پایداری را در شهرهای کوچک افزایش داد. لی و همکاران[7] (۲۰۱۵) به بررسی فضای سبز و شبکه جاده‌ها با استفاده از متریک‌های سیمای سرزمین پرداخته‌اند. بررسی فضای سبز در دو دوره برنامه‌ریزی‌شده نشان می‌دهد که فضای سبز به صورت تکه‌تکه درآمده است.

شهر ارومیه، یکی از مهم‌ترین و تاریخی‌ترین شهرهای ایران در شمال‌غرب کشور، در سال‌های اخیر با تحولات و چالش‌های متعددی روبه‌رو شده است. تغییرات اقلیمی، افزایش سریع جمعیت و توسعه نامتوازن زیرساخت‌های شهری، از جمله مسائلی هستند که تأثیرات عمیقی بر ساختار اکولوژیکی شهری این منطقه داشته‌اند. در این راستا، بررسی دقیق و جامع ساختار اکولوژی شهری ارومیه با استفاده از متریک‌های سیمای سرزمین می‌تواند به‌عنوان ابزاری مؤثر در درک و مدیریت این چالش‌ها مطرح شود. بنابراین، مطالعه ساختار اکولوژی شهری ارومیه با رویکرد متریک‌های سیمای سرزمین، علاوه بر آسیب‌شناسی وضعیت کنونی، می‌تواند راهکارهای عملی برای حفظ و بهبود محیط زیست شهری ارائه دهد. این بررسی می‌تواند به‌عنوان نقشه‌راهی برای متخصصان، برنامه‌ریزان و سیاست‌گذاران شهری در ایران و دیگر کشورها مورد استفاده قرار گیرد و اهمیت توجه به ابعاد زیست‌محیطی در مدیریت شهری را نشان دهد. با این رویکرد، می‌توان به سمت توسعه‌ی اکولوژیک پایدار در ارومیه و سایر شهرها حرکت کرد و کیفیت زندگی ساکنان را بهبود بخشید.

## مبانی‌نظری

ساختار اکولوژی شهری، با تمرکز بر تعاملات بین انسان و محیط‌زیست، به بررسی و تحلیل کیفیت محیط شهری و راه‌های بهبود آن می‌پردازد. این مطالعه با بهره‌گیری از رویکردهای چندبعدی و در نظر گرفتن مؤلفه‌های مختلفی مانند فضای سبز، تنوع زیستی و کاربری زمین، امکان تجزیه و تحلیل عمیق‌تری از چالش‌ها و فرصت‌های یک شهر را فراهم می‌کند. این رویکرد به‌ویژه در شهرهای در حال توسعه و آن‌هایی که با چالش‌های زیست‌محیطی مختلفی مواجه‌اند، اهمیت زیادی دارد و می‌تواند به ارتقای کیفیت زندگی ساکنان و پایه‌گذاری شهری پایدار کمک کند (Lee et al, 2015: 139).

سیمای سرزمین به معنای الگوها و ویژگی‌های بصری و فضایی محیط‌های طبیعی و ساخته‌شده است که شامل عناصری از جمله توپوگرافی، پوشش گیاهی، بناهای انسانی و آب‌راه‌ها می‌شود. این مفهوم به‌طور مستقیم بر نحوه تجربه و ادراک انسان از محیط تأثیر می‌گذارد و در مطالعات جغرافیایی و زیست‌محیطی اهمیت زیادی دارد (Xu et al, 2018: 4228). متحرک بودن سیمای سرزمین نیازمند استفاده از تکنیک‌های تحلیل فضایی است که در آن، متریک‌ها (معیارها) به‌عنوان ابزارهای کلیدی برای اندازه‌گیری و تأثیرگذاری بر پارامترهای جغرافیایی و زیست‌محیطی عمل می‌کنند. متریک‌ها

[1] Matsushita
2 Kasumigaura
3 Abdullah
[4] Nakagosh
5 Weng
[6] Yuhong et al
[7] Liu et al

به دو دسته‌ی کلی تقسیم می‌شوند: متریک‌های توصیفی و متریک‌های تحلیلی. متریک‌های توصیفی به تحلیل ویژگی‌های کیفی و کمی منظر می‌پردازند و شامل مواردی مانند مساحت، محیط و تنوع پوشش گیاهی هستند؛ در حالی که متریک‌های تحلیلی به بررسی روابط و الگوهای فضایی و تأثیرات آن‌ها بر اکوسیستم و فعالیت‌های انسانی اختصاص دارند. (Hesselbarth et al, 2018: 4228).

علاوه بر این، فعالیت‌های انسانی مانند شهرسازی، کشاورزی و صنایع نیز تأثیر قابل‌توجهی بر سیمای سرزمین دارند. این فعالیت‌ها می‌توانند موجب تغییرات چشمگیری در پوشش زمین، الگوهای مصرف آب و حتی تنوع زیستی شوند (Higgins, 2012: 140). سیمای سرزمین نه‌تنها نتیجه‌ی تعاملات پیچیده‌ی این عوامل است، بلکه سیستمی پویا است که به تغییرات محیطی، اجتماعی و اقتصادی واکنش نشان می‌دهد. شناخت و درک این سیستم می‌تواند به بهبود مدیریت منابع طبیعی و حفظ محیط زیست کمک کند (Bierregaard, 2001). بنابراین، درک دقیق سیمای سرزمین به برنامه‌ریزی بهینه‌ی استفاده از منابع طبیعی و مدیریت پایدار محیط‌زیست کمک می‌کند. در این راستا، متریک‌های توسعه پایدار می‌توانند به‌عنوان ابزارهایی برای ارزیابی و بهبود کیفیت زیست‌محیطی و اجتماعی در فرآیندهای برنامه‌ریزی کاربردی باشند (Botequilha et al, 2002: 67).

این متریک‌ها به منظور همگام‌سازی زبان برنامه‌ریزان شهری و اکولوژیست‌ها از اهمیت بالایی برخوردارند. این معیارها ویژگی‌های شکلی، هندسی و ماهیت پراکندگی و توزیع اجزای ساختاری سیمای سرزمین را به‌صورت قابل تعریف و کمی مقایسه می‌کنند (Herzog et al, 2001: 38). متریک‌های سیمای سرزمین در سه سطح لکه، طبقه و سیمای سرزمین محاسبه می‌شوند. در سطح طبقات، مجموعه‌های مرتبط با یک طبقه‌ی خاص مورد بررسی قرار می‌گیرند، در حالی که متریک‌ها در سطح سیمای سرزمین به‌طور کلی در تمام محدوده محاسبه شده و نتایج ویژگی‌های لکه‌ها و طبقات را نشان می‌دهند.

## روش پژوهش

روش پژوهش حاضر از نظر هدف، در زمره‌ی تحقیقات کاربردی و از نظر شیوه، توصیفی–تحلیلی است. این پژوهش به بررسی و تحلیل ساختار اکولوژی شهری ارومیه با استفاده از متریک‌های سیمای سرزمین می‌پردازد. به‌منظور دستیابی به اهداف تحقیق، اطلاعات مورد نیاز از دو روش کتابخانه‌ای و میدانی گردآوری شده است. در بخش نظری، با مراجعه به کتب، مجلات و پایگاه‌های اینترنتی، اطلاعات لازم برای انجام پژوهش جمع‌آوری شده است. در بخش میدانی پژوهش، ابتدا کاربری فضاهای سبز شناسایی شد و سپس برای مدل‌سازی داده‌ها، از افزونه‌ی Patch Analyst در نرم‌افزار ArcMap استفاده گردید. در این مرحله، متریک‌های سیمای سرزمین شامل CA، NP، MPS، MSI، ED، SHEI و SHDI مورد بررسی قرار گرفتند. پس از آن، با شبکه‌بندی منطقه به‌صورت شش‌ضلعی با استفاده از Patch Grid، متریک‌های مورد نظر برای این شبکه‌های شش‌ضلعی محاسبه شدند.س

### مساحت طبقه (CA)[1]

حاصل‌جمع مساحت لکه‌ها (بر حسب مترمربع) بر عدد ۱۰۰۰۰۰ تقسیم می‌شود تا به واحد هکتار تبدیل گردد.

رابطه ۱) $CA = \sum_{j=1}^{n} a_{ij} (\frac{1}{10000})$

این متریک، مساحت اشغال‌شده توسط هر طبقه از کاربری اراضی را بیان می‌کند و سنجه‌ای مناسب برای نشان‌دادن ترکیب در سیمای سرزمین به‌شمار می‌رود. این متریک می‌تواند در موارد متعددی از جمله تحلیل تغییرات در کاربری یا پوشش اراضی، برنامه‌ریزی برای حفاظت از منابع، و برنامه‌ریزی‌های راهبردی سیمای سرزمین مورد استفاده قرار گیرد و به‌ویژه در کنار متریک‌های دیگر مانند میانگین اندازه لکه، کارایی مؤثرتری خواهد داشت.

[1] Class Area

### تعداد لکه‌ها (NP)[1]

این سنجه تعداد لکه‌ها را در سطح کلاس یا سیمای سرزمین کمی می‌کند.

رابطه ۲) NP=N

هنگامی که سیمای سرزمین تنها یک لکه داشته باشد NP=1 می‌شود.

### متریک تراکم حاشیه (ED)[2]

معادل طول تمامی حاشیه‌ها تقسیم بر مساحت می‌باشد.

رابطه ۳) $$ED = \frac{\sum_{k=1}^{m} e_{ij}}{A}$$

$e$ طول کل حاشیه‌های لکه‌های کلاس در سیمای سرزمین، $A$ مساحت کل سیمای سرزمین است.

### میانگین اندازه لکه (MPS)[3]

میانگین اندازه‌ی لکه‌ها در سطح کلاس یا سیمای سرزمین را اندازه‌گیری می‌کند.

رابطه ۴) $$\mathrm{MPS} = \frac{\sum_{j=1}^{n} a_{ij}}{n_i}\left(\frac{1}{10000}\right)$$

ai مساحت لکه، m تعداد کل انواع لکه است.

متوسط اندازه لکه، نشان‌دهنده میانگین اندازه لکه‌ها در هر طبقه است و از تقسیم مساحت هر طبقه بر تعداد لکه‌ها (بر حسب هکتار) محاسبه می‌شود. این متریک، میانگین اندازه لکه‌ها را در سطح کلاس بر حسب هکتار بیان می‌کند و به‌طور طبیعی شامل مقادیری بزرگ‌تر از صفر است.

### یکنواختی شانون (SHEI)[4]

شاخص یکنواختی شانون، نحوه پراکنش و توزیع لکه‌ها را نشان می‌دهد. هر چه توزیع لکه‌ها یکنواخت‌تر باشد میزان پایداری و ثبات بیشتر خواهد بود.

رابطه ۵) $$SHEI = \frac{-\sum_{i=1}^{m}(P_i^0 lnP_I\ )}{Inm}$$

Pi فراوانی لکه نوع i، m تعداد کل لکه‌ها (در سطح کل سیمای سرزمین) می‌باشد.

مقدار کمی این سنجه بدون واحد بیان می‌شود و مقدار آن بین صفر و یک است.

### تنوع شانون (SHDI)[5]

تنوع کاربری‌های سیمای سرزمین را اندازه‌گیری می‌کند.

رابطه ۶) $$SHDI = -\sum_{i=1}^{m}(P_i^0 lnP_I)$$

در این شاخص، m نشان‌دهنده تعداد کل انواع لکه‌ها و Pi بیانگر نسبتی از سیمای سرزمین است که توسط لکه‌ی i اشغال شده است.

هرچه مقدار متریک‌های تنوع به عدد یک نزدیک‌تر باشد، میزان تنوع بیشتر است و هرچه این مقدار به صفر نزدیک شود، تنوع کاهش می‌یابد.

---

[1] Number of Patches
[2] Edge Density
[3] Mean Patch Size
[4] Shannon's Evenness Index
[5] Shannon S Diversity Index

**جدول ۱. متریک‌های مورداستفاده در تحقیق**

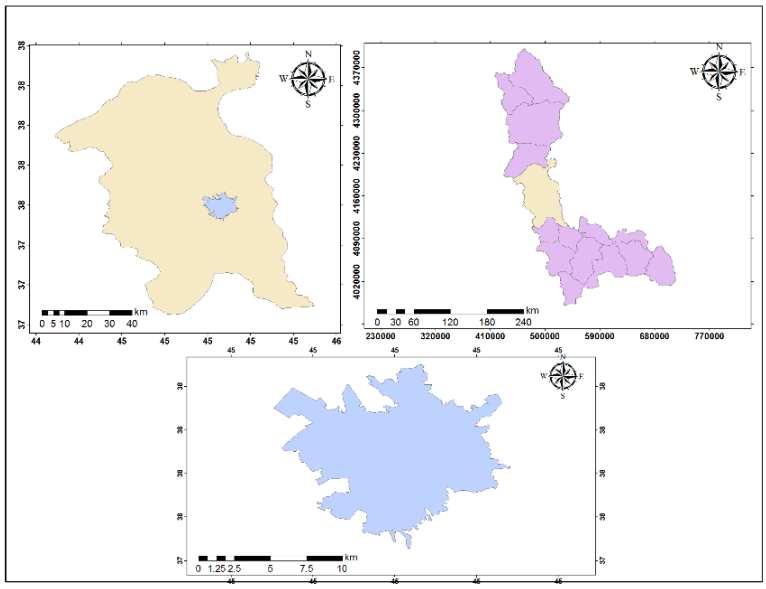
| متریک | نام متریک | دامنه تغییرات متریک | توضیحات |
|---|---|---|---|
| **CA** | Class Area | $CA = \sum_{j=1}^{n} a_{ij}(\frac{1}{10000})$ | نسبت مساحت طبقه در سیمای سرزمین |
| **NP** | Number Of Patches | $1 \leq NP \leq N_{max}$ | تعداد لکه‌ها در سیمای سرزمین و یا کل تعداد لکه‌ها برای طبقه‌ای خاص |
| **ED** | Edge Density | $ED = \frac{\sum_{k=1}^{m} e_{ik}}{A}(10000)$ | محیط هر کلاس تقسیم‌بر سطح آن |
| **MPS** | Mean Patch Size | $MPS = \frac{\sum_{j=1}^{n} a_{ij}}{n_i}(\frac{1}{10000})$ | میانگین اندازه لکه |
| **MSI** | Mean Shape Index | $MSI = \frac{\sum_{j=1}^{n}\left(\frac{0.25P_{IJ}}{\sqrt{a_{IJ}}}\right)}{N}$ | میانگین شکل شاخص |
| **SHEI** | Shannons Evenness Index | $SHEI = \frac{-\sum_{i=1}^{m}(P_i^0 \ln P_i)}{\ln m}$ | یکنواختی شانون |
| **SHDI** | Shannon S Diversity Index | $SHDI = -\sum_{i=1}^{m}(P_i^0 \ln P_i)$ | تنوع شانون |

**منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۳**

## محدوده مورد مطالعه

ارومیه یکی از بزرگ‌ترین شهرهای شمال‌غرب کشور است. این شهر در موقعیت جغرافیایی ۳۷ درجه و ۲۸ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۳۵ دقیقه عرض شمالی و ۴۴ درجه و ۵۸ دقیقه تا ۴۵ درجه و ۸ دقیقه طول شرقی واقع شده است. بر اساس سرشماری سال ۱۴۰۰، جمعیت این شهر ۷۹۴،۳۰۰ نفر گزارش شده است.

شهر ارومیه در جلگه‌ای به طول ۷۰ کیلومتر و عرض ۳۰ کیلومتر، در کنار دریاچه ارومیه گسترده شده است. این شهر از شمال به سلماس، از جنوب به اشنویه و نقده، از غرب به دریاچه ارومیه و از شرق به کشور ترکیه محدود می‌شود. ارتفاع ارومیه از سطح دریا ۱۳۳۲ متر است. موقعیت منطقه مورد مطالعه و شهر ارومیه در شکل ۱ نمایش داده شده است.



**شکل ۱. محدوده موردمطالعه**

**منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۳**

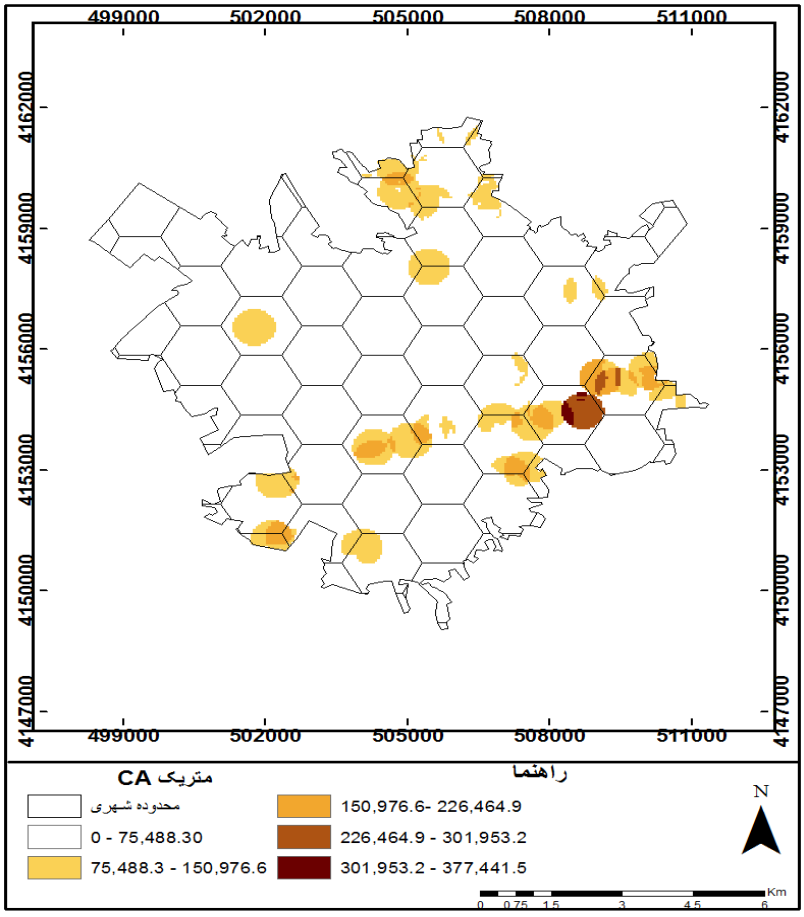
## یافته‌های پژوهش

استفاده از متریک‌های سیمای سرزمین، بهترین روش برای مقایسه وضعیت سیمای سرزمین در طول زمان و ابزاری مناسب برای شناسایی ارتباط دقیق میان ساختار و عملکرد کاربری‌های مختلف آن است. در این پژوهش، از هفت متریک سیمای سرزمین در سطح کلاس با استفاده از افزونه Patch Analyst بهره‌برداری شده است. برای تحلیل و درک متریک‌های سیمای سرزمین، تنها به یک شاخص اکتفا نشده و مجموعه‌ای از متریک‌ها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته‌اند تا فهم بهتری از دینامیک اکوسیستم‌ها و ساختار چشم‌انداز به دست آید.

### متریک CA

این متریک نسبت مساحت طبقات را در سیمای سرزمین محاسبه کرده و در شناسایی ماتریس سیمای سرزمین و تعیین بزرگ‌ترین لکه‌ها در سیمای شهری نقش دارد. اندازه این متریک به‌طور مستقیم با پایداری فضای سبز مرتبط است؛ به این معنا که هرچه مساحت لکه‌ها بزرگ‌تر و وسعت بیشتری داشته باشند، از نظر پایداری وضعیت بهتری خواهند داشت. نقشه فضایی ارائه شده، وضعیت پوشش گیاهی شهر ارومیه را به تصویر می‌کشد.

بر اساس نقشه فضایی کاربری‌های موجود و از دیدگاه متریک CA، لکه‌هایی که در شرق و جنوب‌شرقی منطقه واقع شده‌اند، از نظر اکولوژیکی اهمیت بیشتری دارند. این موضوع نشان می‌دهد که باغ‌ها و فضاهای سبز در این نواحی هنوز وضعیت خود را حفظ کرده و در شرایط بهتری قرار دارند، در حالی که بخش شمال‌غربی از نظر وضعیت فضای سبز در شرایط مناسبی نیست.

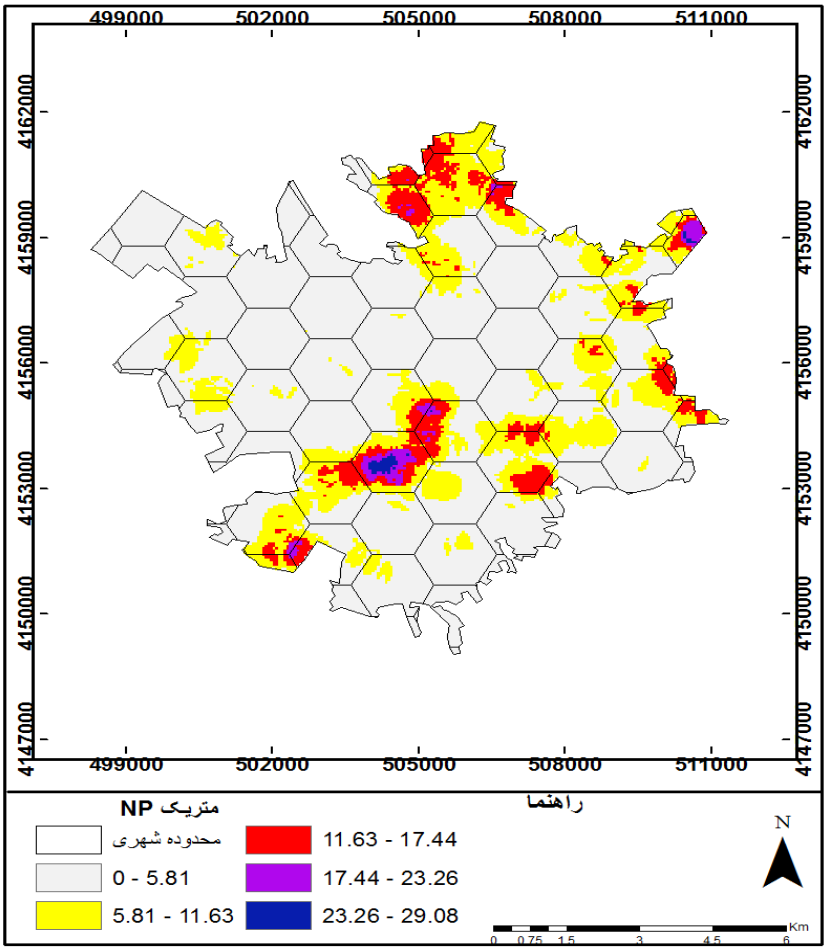



**شکل ۲. متریک CA بر حسب مترمربع، فضای سبز ارومیه**

**منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۳**

**متریک NP**

متریک NP تعداد لکه‌های هر کلاس را مشخص می‌کند و برای ارزیابی میزان گسستگی کلاس‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. بررسی وضعیت تعداد لکه‌ها نشان می‌دهد که این متریک در شناسایی توزیع و پراکندگی الگوهای مختلف کاربری زمین و پوشش گیاهی بسیار مؤثر است. افزایش تعداد لکه‌ها معمولاً به کاهش پیوستگی منجر می‌شود. بر اساس نتایج به دست آمده، با وجود افزایش سطح فضای سبز در نواحی جنوبی و جنوب‌غربی، تعداد لکه‌ها در این مناطق بیشتر است که این موضوع می‌تواند در سال‌های آینده به تخریب و از بین رفتن اراضی فضای سبز منجر شود.



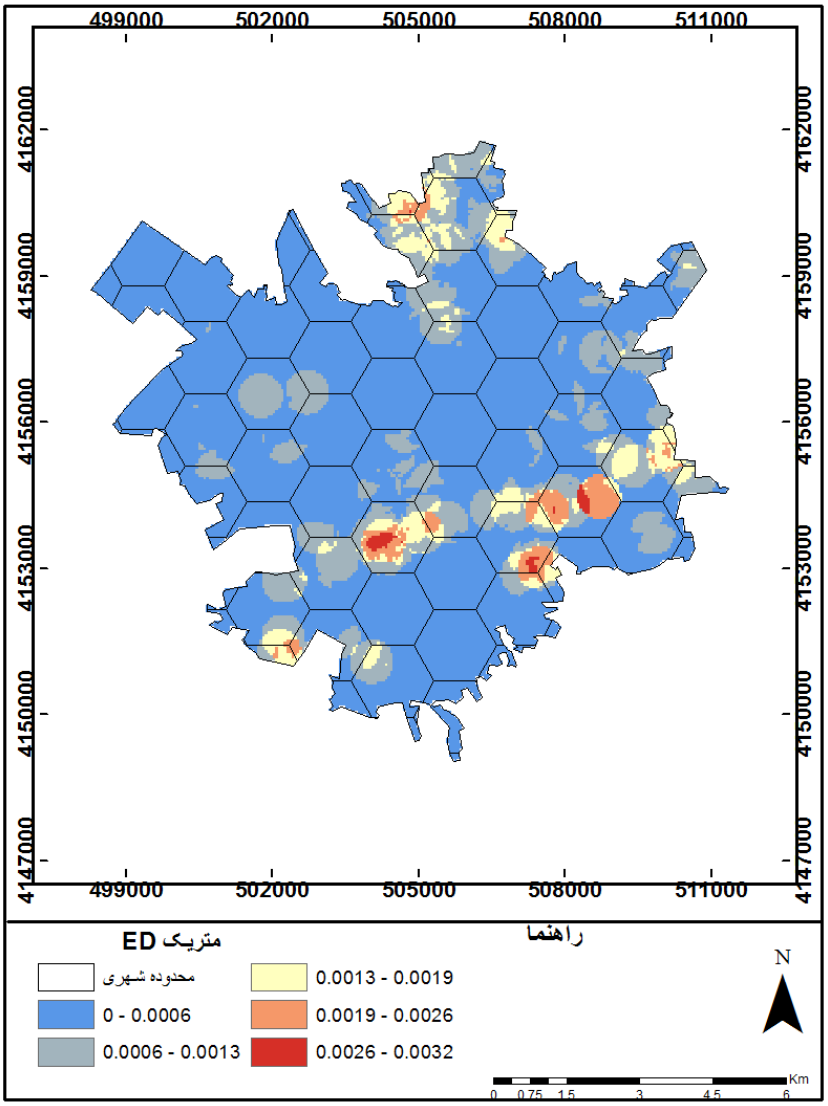

**شکل ۳. متریک NP فضای سبز ارومیه**

**منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۳**

**متریک ED**

تحلیل فضایی متریک تراکم حاشیه (ED) در سیمای سرزمین نشان می‌دهد که بین این متریک و پایداری فضای سبز رابطه‌ای معکوس وجود دارد. به عبارت دیگر، هر چه تراکم حاشیه لکه‌ها بیشتر باشد، پایداری آن‌ها کمتر خواهد بود. افزایش مقدار این سنجه، بیانگر گسترش و توسعه مساحت لکه‌های کاربری سکونتگاهی در منطقه مورد مطالعه است که ناشی از افزایش جمعیت شهر و نواحی اطراف آن می‌باشد. در این روند، لکه‌های مجاور شهر ارومیه به هم پیوسته و اتصالی ناموزن از توسعه را شکل داده‌اند. به طور کلی، با افزایش اندازه لکه (LPI)، مقدار سنجه تراکم حاشیه (ED) کاهش می‌یابد. همان‌طور که در شکل شماره ۴ مشاهده می‌شود، در کاربری فضای سبز هرچه به سمت نیمه شرقی منطقه نزدیک‌تر

می‌شویم، فضاهای سبز تراکم حاشیه بالاتری دارند که این افزایش ناشی از توسعه ساخت‌وسازهای جدید و تکه‌تکه شدن فضاهای سبز است.

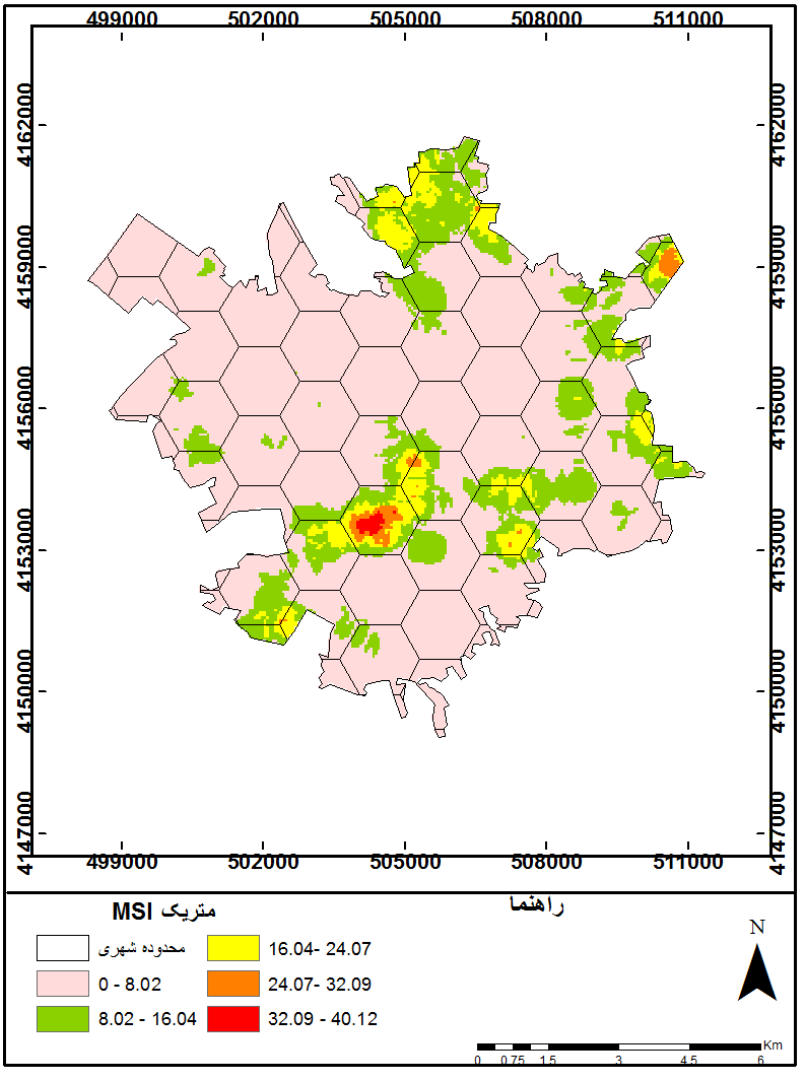



**شکل٤. متریک ED فضای سبز ارومیه**

**منبع: یافته‌های پژوهش، ۱٤۰۳**

### متریک MSI

متوسط شاخص شکلی نشان‌دهنده میانگین نسبت محیط به مساحت لکه‌ها است و برای بررسی پیچیدگی یا شکل لکه‌ها به کار می‌رود. هرچه این عدد بزرگ‌تر باشد، بیانگر افزایش بی‌نظمی و پیچیدگی شکل لکه‌ها است؛ در حالی که هرچه شکل لکه‌ها به دایره نزدیک‌تر باشد، این شاخص به عدد یک میل می‌کند. افزایش مقدار این شاخص به معنای بزرگ‌تر شدن نسبت محیط به مساحت هر لکه است که معمولاً نشان‌دهنده افزایش تکه‌تکه شدن و ناهمواری شکل لکه‌ها است. این افزایش ممکن است ناشی از رشد جمعیت و توسعه نامتعادل و افقی شهر باشد که موجب گسترش مناطق شهری ساخته شده و خردشدگی و جدایی نواحی بزرگ سبز را به دنبال دارد. این تغییرات منجر به کاهش پیوستگی بین فضاهای سبز شده و در نهایت، عملکرد و پایداری اکولوژیکی فضای سبز شهر ارومیه را کاهش می‌دهد.

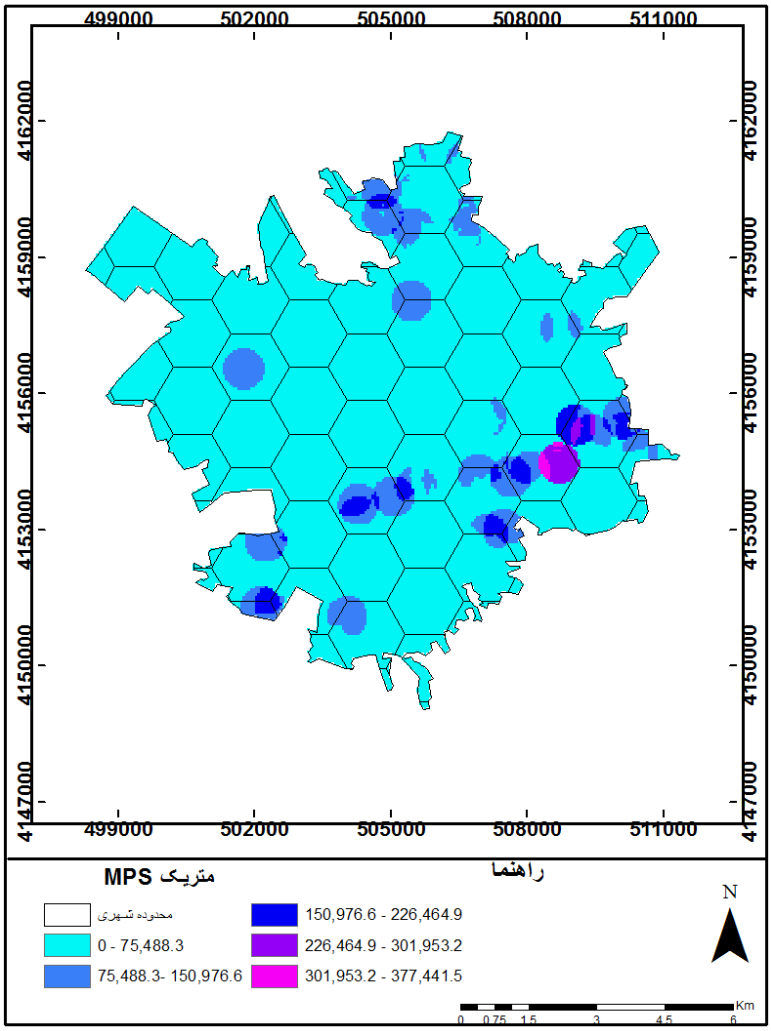



**شکل۵. متریک MSI فضای سبز ارومیه**

**منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۳**

## متریک MPS

میانگین اندازه لکه‌های هر نوع پوشش یا کاربری خاص در سیمای سرزمین را نشان می‌دهد. ازآنجاکه لکه‌ها اجزای اصلی فیزیکی و کارکردی سیمای سرزمین محسوب می‌شوند و فرآیندهای آن را کنترل می‌کنند، اندازه آن‌ها بر ویژگی‌های مختلف سیمای سرزمین، از جمله ترکیب و توزیع گونه‌ها و تولید اولیه، تأثیرگذار است. به همین دلیل، متریک میانگین اندازه لکه می‌تواند به‌عنوان معیاری برای ارزیابی کارکردهای سیمای سرزمین مورد استفاده قرار گیرد. بنابراین می‌توان گفت وجود لکه‌های سبز با وسعت و تعداد بیشتر و همچنین اندازه‌های بزرگ‌تر، به بهبود عملکردهای اکولوژیکی منجر می‌شود. با توجه به نقشه میانگین اندازه لکه‌های سبز، تنها در بخش شرقی ارومیه، وضعیت بهتری مشاهده می‌شود.




**شکل٦. متریک MPS بر حسب مترمربع، فضای سبز ارومیه**

**منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۳**

دامنه تغییرات شاخص SHEI برابر با ۰/۸۲۱ است که نشان‌دهنده افزایش تنوع در توزیع لکه‌ها در سیمای سرزمین می‌باشد. متریک SHDI (تنوع شانون) نیز به تنوع نسبی لکه‌ها در سطح سیمای سرزمین اشاره دارد و در مقابل، پیوستگی سیمای سرزمین قرار می‌گیرد. در این پژوهش، مقدار تنوع سیمای سرزمین برابر با ۴/۹۹۷ است. اگر نتایج به‌دست‌آمده از متریک تنوع شانون بیشتر از یک باشد، بیانگر پراکنش پراکنده است؛ اگر برابر با یک باشد، نشان‌دهنده توزیع تصادفی است؛ و در صورتی که کمتر از یک باشد، به توزیع یکنواخت اشاره دارد. در شهر ارومیه، این شاخص بیش از یک است که بیانگر پراکنش پراکنده فضاهای سبز در این منطقه می‌باشد.

**جدول ۲. متریک‌های SHDI, SHEI**

| متریک | SHDI | SHEI |
|---|---|---|
| فضای سبز | ۴/۹۷۷ | ۰/۸۲۱ |

**منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۳**

## نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با هدف تحلیل ساختار اکولوژی شهری ارومیه، به بررسی سیمای سرزمین و متریک‌های مرتبط با آن پرداخته است. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که سیمای سرزمین، به‌عنوان ابزاری کلیدی، در درک و تحلیل تعاملات پیچیده میان عناصر طبیعی و انسانی در محیط شهری نقش مؤثری ایفا می‌کند. با توجه به ویژگی‌های خاص جغرافیایی و اقلیمی ارومیه، این درک تعیین‌کننده نه‌تنها به نفع برنامه‌ریزی شهری خواهد بود، بلکه راه‌حل‌هایی علمی و مبتنی بر داده برای چالش‌های زیست‌محیطی پیش‌رو ارائه می‌دهد. تحلیل متریک‌های مختلف، نه‌تنها به توصیف وضعیت موجود اکولوژیکی شهر کمک می‌کند، بلکه امکان شناسایی نقاط قوت و ضعف در ساختار فضایی و ارائه گزینه‌های هوشمند برای مدیریت این نقاط را نیز فراهم می‌آورد. به‌گونه‌ای که افزایش تراکم فضاهای سبز در ارومیه می‌تواند به بهبود کیفیت هوا، کاهش اثرات جزیره حرارتی و افزایش رفاه عمومی منجر شود. علاوه بر این، تنوع زیستی نقش مهمی در ارتقای پایداری اکوسیستم و تقویت قابلیت‌های زیست‌محیطی شهر ایفا می‌کند. این نتایج، بر ضرورت ادغام سیاست‌های زیرساختی و محیط‌زیستی تأکید دارند.

از سوی دیگر، نتایج تحقیق نشان‌دهنده چالش‌های جدی موجود در ارومیه است؛ چالش‌هایی که شامل کاهش فضاهای سبز به‌دلیل توسعه غیرمنظم و پیامدهای منفی ناشی از آن می‌باشد. در این راستا، توجه به محیط‌های طبیعی و حفظ تنوع زیستی نه‌تنها برای پایداری زیست‌محیطی ضروری است، بلکه به‌عنوان عاملی مؤثر در تقویت فرهنگ محلی و احساس تعلق ساکنان به شهر نیز ایفای نقش می‌کند. به‌ویژه در مناطق شهری که ساختار اجتماعی تحت فشار قرار دارد، وجود فضاهای سبز و مناطق طبیعی می‌تواند به بهبود روابط اجتماعی و تحکیم پیوندهای اجتماعی کمک کند.

این تحقیق نشان می‌دهد که تحقق توسعه پایدار در ارومیه نیازمند همکاری میان نهادهای دولتی، محققان، مشاوران محیط‌زیست و جامعه محلی است. ایجاد شبکه‌های همکاری و تبادل اطلاعات می‌تواند به نتایج مؤثرتری در زمینه طراحی و اجرای پروژه‌های زیست‌محیطی منجر شود. همچنین، ضرورت آموزش عمومی درباره اهمیت اکولوژی شهری و ارتقای درک مسئولیت‌های محیط‌زیستی در میان ساکنان احساس می‌شود. این آگاهی می‌تواند به تقویت همکاری‌های جامعه‌محور در راستای حفظ و ارتقای سیمای سرزمین بینجامد. علاوه بر این، پروژه‌های تحقیقاتی آینده می‌توانند به بررسی دقیق‌تری از اثرات تعاملات انسانی بر محیط زیست و تحلیل فضایی در سطوح مختلف بپردازند. استفاده از فناوری‌های نوینی مانند GIS و سنجش از دور، این امکان را برای محققان فراهم می‌سازد که تغییرات سیمای سرزمین را به‌صورت مستمر و دقیق‌تر پایش کرده و راهکارهای عملی‌تری برای مقابله با چالش‌های شهری ارائه دهند.

در نهایت، با توجه به تمام نکات ذکرشده، می‌توان نتیجه گرفت که به‌منظور بهبود کیفیت زندگی شهروندان و حفاظت از محیط زیست، لازم است برنامه‌های مدیریتی به سیمای سرزمین و متریک‌های آن توجه ویژه داشته باشند. این رویکرد جامع و چندبُعدی نه‌تنها می‌تواند به تحقق اهداف اکولوژیکی و اجتماعی شهر ارومیه بینجامد، بلکه قابلیت آن را دارد که به‌عنوان الگویی برای سایر شهرهای مشابه در جهت ایجاد اکوسیستم‌های پایدار و شهرهای قابل زیست به کار گرفته شود.

**References:**


1. Abdullah, S.A., & Nakagoshi, N. (2006). Changes in Landscape Spatial Pattern in Highly Developing State of Seangor, Peninsular Malaysia. *Journal of Landscape and Urban Planning*, 77(3), 263- 275. 10.1016/j.landurbplan.2005.03.003
2. Bierregaard, R. O., Gascon, C., Lovejoy, T. E., & Mesquita, R. (2001). *Lessons from Amazonia: the ecology and conservation of a fragmented forest*. Yale University Press.
3. Botequilha, A., & Ahren, J. (2002). Applying Landscape Ecological Concepts and Metrics in Sustainable Land-Scape Plannin. *Journal of Landscape and Urban Planning*, 59(2), 65-93. 10.1016/S0169-2046(02)00005-1
4. Chen, Z., Yu, S., You, X., Yang, C., Wang, C., Lin, J., Wu, W., & Yu, B. (2023). New nighttime light landscape metrics for analyzing urban-rural differentiation in economic development at

township: a case study of Fujian province, China. Appl. *Journal of Geography*, 150(30), 102-112. 10.1016/j.apgeog.2022.102841

5. De Barros Ferraz, S.F., Vettorazzi, C.A., Theobald, D.M., & Balleste, M.V.R. (2005). Landscape Dynamics of Amazonian Deforestation between 1984 and 2002 in Central Rondonia, Brazil: Assessment and Future Scenarios. *Journal of Forest Ecology and Management*, 204(35), 69-85. 10.1016/j.foreco.2004.07.073
6. Ersoy, E., Jorgensen,A., & Warren, P. H. (2019). Identifying multispecies connectivity corridors and the spatial pattern of the landscape. *Journal of Urban Forestry & Urban Greening*, 40(17), 308-322. 10.1016/j.ufug.2018.08.001
7. Forman, R.T.T. (1995). Some general principles of landscape and regional ecology. *Journal of* L*andscape Ecology*, 10(3), 133-142. 10.1007/BF00133027
8. Hedayat, S. M., Davodpour, Z., & Zaker Haghighi, K. (2023). Detection and simulation of land use changes in the new city of Pardis with Landscape Metrics by 2040. *Journal of Geographical Engineering of Territory*, *7*(2), 461-476. 10.22034/jget.2023.160270 [in Persian]
9. Herrero-J´auregui, C., Arnaiz-Schmitz, C., Herrera, L., Smart, S.M., Montes, C., Pineda, F. D., & Schmitz, M.F. (2018). *Aligning landscape structure with ecosystem services alongan urban–rural gradient. Trade-offs and transitions towards cultural services*. Landsc: Ecol.
10. Herzog, F., & Lausch, A. (2001). Supplementing land-use statistics with landscape metrics: Some methodological consideration. *Journal of Environmental Monitoring and Assessment*, 72(1), 37-45. 10.1023/A:1011949704308
11. Hesselbarth, M.H., Sciaini, M., With, K.A., Wiegand, K., & Nowosad, J. (2019). Landscape metrics: an open-source R tool to calculate landscape metrics. *Journal of Ecography*, 42(10), 1648–1657. 10.1111/ecog.04617
12. Higgins, S., Mahon, M., & McDonagh, J. (2012). Interdisciplinary interpretations and applications of the concept of scale in landscape research. *Journal of Environ Manage*, 113(21), 137–145. 10.1016/j.jenvman.2012.08.027
13. Hou, L., Wu, F., & Xie, X. (2020). The spatial characteristics and relationships between landscape pattern and ecosystem service value along an urban-rural gradient in Xi'an city, China. *Journal of Ecological Indicators*, 108(19), 1-17. 10.1016/j.ecolind.2019.105720
14. Jiang, W., Wu, T., & Fu, B. (2021). The value of ecosystem services in China: a systematic review for twenty years. *Journal of Ecosyst*, 52(12), 101-121. 10.1016/j.ecoser.2021.101365
15. Jim, C.Y., Sophia, S., & Chen, C. (2003). Comprehensive green space planning based on landscape ecology principles in compact Nanjing city. *Journal of China Landscape and Urban Planning*, 65(3), 95-116. 10.1016/S0169-2046(02)00244-X
16. Kaviani, A., Farhoodi, R., & Rajabi, A. (2015). Analysis of Urban Growth Pattern in Tehran City by Landscape Ecology Approach. *Journal of Geographical Urban Planning Research (GUPR)*, *3*(4), 407-429. 10.22059/jurbangeo.2015.57410 [in Persian]
17. Lee, Y.C., Ahern, J., & Yeh, C.T. (2015). Ecosystem services in peri-urban landscapes: the effects of agricultural landscape change on ecosystem services in Taiwan's western coastal plain. Landsc. *Journal of Urban Plan*, 139(91), 137–148. 10.1016/j.landurbplan.2015.02.023
18. Li, H., Fernandez, S.J., & Ganguly, A. (2014). Racial Geography, Economic Growth and Natural Disaster Resilience. *Journal of Geography and Natural Disasters*, *4*(2), 1-15.
19. Liu, T., & Yang, X. (2015). Monitoring land changes in an urban area using satellite imagery. GIS and landscape metrics. *Journal of Applied Geography*, 56(13), 42-54. 10.1016/j.apgeog.2014.10.002
20. Matsushita, B., Xu, M., & Fukushima, T. (2006).Characterizing the Changes in landscape structure in the Lake Kasumigaura Basin, Japan using a high quality GIS dataset. *Journal of Landscape and Urban Planning*, 78(3), 241-250. 10.1016/j.landurbplan.2005.08.003
21. Naseri, N., Hyesteh, K., & Ildoromi, A. (2019). Analysis of Land Use Changes in Malayer County Using Landscape Metrics. *Journal of Environmental Science Studies*, *4*(4), 2114-2122. [in Persian]
22. Weng, Y.C. (2007). Spatiotemporal Changes of Landscape Pattern in Response to Urbanization. *Journal of Landscape and Urban Planning*, 81(4), 341-353. 10.1016/j.landurbplan.2007.01.009
23. Xu, Q., Wang, W., & Mo, L. (2018). Evaluation of landscape stability in Beijing-Tianjin- Hebei region. *Journal of Acta Ecol. Sin*, 38(11), 4226–4233. 10.5846/stxb201801110087
24. Yuhong, T., Jimb, C.Y., Yan, T., & Shid Tao, S. (2011). Landscape ecological assessment of green space fragmentation in Hong Kong. *Journal of Urban Forestry & Urban Greening*, 10(2), 79–86. 10.1016/j.ufug.2010.11.002