University of Sistan and Baluchestan

Geography and Development

Print ISSN: 1735 - 0735 Online ISSN: 2676-7791

Homepage: https://gdij.usb.ac.ir

Evaluation of the Ecological Structure of the Green Space with the Landscape Approach (Case study: The city of Some Sera- Gilan)

Hosein Hataminejad[1]✉, Rana Yazdi[2], Hossein Iraji[3]

1. Associate Professor of Geography and Urban Planning, Faculty of Geography, University of Tehran, Tehran, Iran
   ✉E-mail: Hataminejad@ut.ac.ir
2. Ph. D Student of Geography and Urban Planning, Faculty of Geography, University of Tehran, Tehran, Iran
   E-mail: ranayazdi20@gmail.com
3. Ph. D Student of Geography and Urban Planning, Faculty of Geography, University of Tehran, Tehran, Iran
   E-mail: iraji.hossein@ut.ac.ir

How to Cite: Hataminejad, H; Yazdi, R; & Iraji, H. (2023). Evaluation of the Ecological Structure of the Green Space with the Landscape Approach (Case study: The city of Some Sera- Gilan). *Geography and Development*, 21 (71), 93-115.

DOI: http://dx.doi.org/10.22111/GDIJ.2023.7591

Received:
13 September 2022
Received in revised form:
19 February 2023
Accepted:
21 February 2023
Published online:
20 May 2023

Keywords:
Ecological structure,
Green space,
Land landscape,
Someh Sara,
Gilan.

ABSTRACT

Earth metrics are usually the broadest and most diverse measurements of space metrics. Many of these metrics have been developed specifically for urban studies, focusing on spatial patterns such as density, sprawl/compression, centrality, land use mix, connectivity, or accessibility. The current research is applied in terms of purpose and in terms of descriptive-analytical method and based on remote sensing data. In this research, firstly, the land use map of 2013 and 2015 was prepared using Landsat satellite images and using ENVI 5.3 software with a supervised classification method in 4 classes of urban space, fields, gardens and man-made wastelands. . which shows the ecological changes of the green space of the study area in a period of 7 years. Then the land use changes of the region were prepared with the help of ArcGIS and finally analyzed using Fragastas software. The findings of the research show that the green space of the city of Soumesara is decreasing and turning into a man-made space, that indiscriminate constructions have had important effects on the ecological structure of the region, as a result of which the green and barren spaces are not used for residential purposes. and the highest rate of conversion of green space use to artificial uses and after that was waste use.

© the Author(s). **Publisher:** University of Sistan and Baluchestan

Extended Abstract

1. Introduction

Today, urban environments are increasingly important in terms of resilience and healthy and sustainable ecosystems. Over the past 40 years, the rate of urbanization has inreasead more than double (OECD, 2020). Meanwhile, it is predicted that by 2050, the amount of population living in the world's cities will reach more than 60% (UN, 2018). Therefore, the cities will not be able to meet the needs of this increased population and this will cause double pressure on the urban ecosystem. Understanding the landscape patterns and the concept of urban ecology is essential for urban management. After that, the landscape ecology debates were raised in the 1980s and advanced a lot in the 1990s. The image of the land studies the composition of the structure and functions of the image of the land based on various metrics that are

used to quantify the features of the image of the land, including diversity, communication (Afrakhte et al., 2014: 198). Based on the studies, it can be seen that most of the natural (vegetation) and unnatural (man-made) phenomena are facing changes (irregularity, dispersion) over time. natural and man-made within a certain period of time.

2. Method and Material

In this research, by using land surface metrics, using Fragstats software, the amount of scattered surface of 4 types of man-made uses, orchards, and agricultural lands has been investigated. Soumesara city, which has an area of 579.68 square kilometers. And the population of this city is 47083 people based on the last census of 2015. It is located in Gilan province. The longitude of this city is 04:19 o49 and its latitude is 54:17 o37. The city of Soumesara constitutes 4.12% of the area of Gilan province. The physical growth of the city of Suma Sera was dense and coherent in the past, but now it is scattered. The purpose of this research is to measure the physical expansion of green space in the period of 2014-2021, which has been calculated through satellite images and spatial metrics.

3. Results and Discussion

3.1. Analysis of land use maps

According to the information obtained from the satellite images of 2014, the use of man-made urban space is the largest with 35,545.21 hectares and the barren lands with 10,093.62 are the smallest. Also, in the satellite images in 2021, which is related to the studied area, it is clear that the highest amount is related to man-made urban space with 68.44244 hectares and the lowest amount belongs to barren lands with 18.4800 km. By comparing the years 2014 and 2021, it was found that the man-made space has increased and the green space and barren lands have decreased. According to the obtained results, it is clear that the increase in man-made space is due to the recent activities of the municipality of the region, which due to the structural changes in the previous vegetation of the region will not function as before. The largest amount of changes between 2014 and 2021 is related to the urban space, which increased by 13 percent, and then the barren land, which decreased by 8 percent.

3.2. Analysis of metrics at the class level between 2014 and 2021

The evaluation of the number of spots showed that the number of spots in the green and barren floor has increased. The biggest change in the number of spots during the period of time was related to the use of green space. The increase in green spots indicates fragmentation and disturbance in the land, which is caused by the expansion of man-made and barren lands. Comparing the density of spots on the surface showed that the density of spots increased in green spaces, but decreased in man-made and barren areas. This means that the man-made space is scattered and the man-made and barren space is more fragmented than the green space class. Based on the results, the biggest spot showed that the reduction of the biggest spot is related to barren lands, which shows that the integrated destruction of land cover is for barren lands. Reducing the scale of the biggest spot for barren lands means excessive use of barren lands in the direction of using and turning some parts of barren lands into man-made lands and green spaces. The analysis of the shape of the land shows that the use of barren lands with the highest number (change) has led to more complexities and an increase in the irregularity of the shape of the spot. The assessment of Sanjeh gave the highest ratio of edge density to barren land use and during the study period, this ratio has increased. The area of the spot in man-made land use has increased more than two vegetation land use and barren land use (89.28) and then barren land use has the second place with 35.63. Vegetation with a negative value of 75.24 shows the decrease of this land use and turning it into man-made land use. Mps or average spot size other than green space has increased in barren and man-made land use . The analysis of the mean shape of the spot (MSI) in the green space is decreasing and in the barren and man-made use it is associated with an increase . Based on the changes in the percentage of land cover (Plan), the percentage of barren and man-made lands has increased in the period from

2014 to 2021, and the percentage of green space use has decreased, which indicates that the expansion of urbanization leads to the loss of green spaces from the total land. Agriculture and gardens have been. According to diagram number 12 (fractal) in the topic of green space usage in 2014, it was 1.0379 and this amount has reached 1.2955 in 2021.

4. Conclusion

Based on human activities and natural phenomena, the face of the earth is always changing, therefore, for the optimal management of natural areas, knowing the ratio of changes in land use is considered essential in planning. Changes in land use cover are important for current and future planning of land use in the direction of sustainable development, and understanding the structure and how to combine patterns of the land surface will lead to integrated planning and planning of the land surface, which can help reduce the degradation of the land surface. slow down and prevent the degradation of the quality of land use (Nazarnejad et al., 2018). The findings of the research show that the green space in the city of Soumesara is decreasing and becoming a man-made space, that the indiscriminate constructions have had important effects on the ecological structure of the region, as a result of which the green and barren spaces are not being used. have become residential, and the highest rate of conversion of green space use to man-made use and then wasteland use. The results obtained from land surface measurements indicate that the number of spots in the green spaces of the monastery has increased from 2014 to 2021, which indicates fragmentation and disturbance in the landscape, and the area of the spots has decreased and the density of the edges has increased. . The large patches of green spaces in 2014 have been replaced by smaller patches with lower ecological value, and the connection between the patches of green spaces has been broken. Finally, to improve the state of the ecological structure and continuity of the green space of the region, the following suggestions are recommended:

"Protection of existing green spaces with high ecological value and large size and connecting these large pieces by smaller pieces or natural corridors of rivers to create continuity in the natural matrix of the city."

Keywords: Ecological structure, Green space, Land landscape, Someh Sara, Gilan.

5. References

Afarakhte, R., Nohagar, A (2014). Land use analysis in the central part of Gilan with the approach of landscape ecology, geography and land use, (5) 15, 197-213.
https://sid.ir/paper/236733/fa

Aswathy, R.K., Sunil Mathew (2016). On different forms of self similarity, Chaos, Solitons & Fractals Volume 87, June 2016, 102-108.
https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S096007791630100X

Rhodes, Edward C., Jay P. Angerer, William E. Fox, and Jason R. McAlister. "Woody vegetation cover, attrition, and patch metrics over eight decades in central Texas, United States." Rangeland Ecology & Management 78 (2021): 54-66.
https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1550742421000592

Balasubramanian, A (2017). 150 Branches of Geology(Earth Science), Department of Studies in Earth Science, University of Mysore, Mysore-6, 1-47 (Researchgate)
https://www.researchgate.net/publication/318602166_150_BRANCHES_OF_GEOLOGYEARTH_SCIENCES

Bhatti, Saad Saleem (2018). Spatial Metrics: The Static and Dynamic Perspectives, In book: Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences. 181-196.
https://www.researchgate.net/publication/316972211_Spatial_Metrics_The_Static_and_Dynamic_Perspectives

Cepic, Michael (2022). Modelling human influences on biodiversity at a global scale–A human ecology perspective, Ecological Modelling Volume 465, March 2022, 109854, 1-13.
https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304380021003926

Chehrazer, Y., and Chehrazer, F., and Amiri, M (2021). Investigating and comparing the effects of urban growth on the landscape of districts 4 and 9 of Karaj city in order to review the process of planning settlements. Environment and cross-sectoral development, 6(71), 25-40.
SID. https://sid.ir/paper/405622/fa

Cushman, Samuel A., Brad H. McRae, and Kevin McGarigal (2015). Basics of landscape ecology: An introduction to landscapes and population processes for landscape geneticists. Landscape genetics, 9-34.
https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/9781118525258.ch02

Cushman, Samuel A., Kevin Gutzweiler, Jeffrey S. Evans, and Kevin McGarigal (2010). "The gradient paradigm: a conceptual and analytical framework for landscape ecology." Spatial complexity, informatics, and wildlife conservation (2010), 83-108.
https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-4-431-87771-4_5

E ,Amy (2019). Emerging trajectories for spatial pattern analysis in landscape ecology, Landscape ecology, 2073-2082.
https://link.springer.com/article/10.1007/s10980-019-00880-1

Faraniza, Zara (2021). Application of urban ecological concepts towards healthy and humane cities, Journal of Physics Conference Series 1940(1):01205, 1-10.
https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1940/1/012054/pdf

Feng, Yongjiu, and Yan Liu (2015). "Fractal dimension as an indicator for quantifying the effects of changing spatial scales on landscape metrics." Ecological Indicators 53 (2015): 18-27.
https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1470160X15000217

Gökyer, E, Oğuztürk, T, C, Omer. LUTFU (2020). Evaluating Landscape Changes in a Coastal City Case of Amasra City, 355-364.
https://www.researchgate.net/publication/347983388_Evaluating_Landscape_Changes_in_a_Coastal_City_Case_of_Amasra_City

Hataminejad, H., and Hatami, A., and Moradi, A (2021). Analysis of the spatial growth patterns of Khorram Abad city with the approach of landscape ecology. Studies in the Geography of Mountainous Regions, 2(3 (series 7)), 39-62.
SID. https://sid.ir/paper/414503/fa

Hepcan, C. C (2013). Quantifying landscape pattern and connectivity in a Mediterranean coastal settlement: the case of the Urla district, Turkey, 143-155.
https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22331453/

Jagalingam, P,& Hegde, A.V (2015). A review of quality metrics for fused image. Aquatic Procedia, 4,133-142.
https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214241X15000206/pdf?md5=20520bc5cafb6ec63ed93952fe6310bc&pid=1-s2.0-S2214241X15000206-main.pdf

Kumar, Mukesh, Derrick M. Denis, Sudhir Kumar Singh, Szilárd Szabó, and Shakti Suryavanshi (2018). Landscape metrics for assessment of land cover change and fragmentation of a heterogeneous watershed. Remote Sensing Applications: Society and Environment, 10, 224-233.
https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S235293851730246X

Lam, N.S (2009). Fractal Analysis, International Encyclopedia of Human Geography 2009, 263-270.
https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780080449104004405

Masoudi, H., Mahmoudzadeh, H (2018). An analysis of the structural changes of the landscape of Tabriz metropolis by using the basics of ecology of the landscape and emphasizing the concept of continuity, Land Survey 11(2), 179-204.
https://sid.ir/paper/377595/fa

McGarigal, Kevin (2015). Basics of Landscape Ecology: An Introduction to Landscapes and Population Processes for Landscape Geneticists, In book: Landscape Genetics: Concepts, Methods, Applications. 9-34.
https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/9781118525258.ch02

J.Lawrence, Roderick (2021). Human Ecology, International Encyclopedia of Transportation 2021, 95-115.
https://www.researchgate.net/publication/350845281_Overcoming_Barriers_to_Implementing_Sustainable_Development_Goals_Human_Ecology_Matters

Mansour, Shawky, Eman Ghoneim, Asmaa El-Kersh, Sayed Said, and Shimaa Abdelnaby (2023). "Spatiotemporal Monitoring of Urban Sprawl in a Coastal City Using GIS-Based Markov Chain and Artificial Neural Network (ANN)." Remote Sensing 15, No. 3 (2023). 601.
https://doi.org/10.3390/rs15030601

Qobadi, A., and Pourrajbi, M (2018). Investigating the role of urban management on the development of the tourism industry (case study: the city of Moemasera). Sustainable development of geographic environment, 1(2), 68-84.
https://sid.ir/paper/269727/fa

Steiner,Frederick (2018). The ecological wisdom of plan-making, Journal of Urban Management Volume 7, Issue 3, December 2018, 124-130.
https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2226585617300894

Termorshuizen, J. W., & Opdam, P (2009). Landscape services as a bridge between landscape ecology and sustainable development. Landscape ecology, 24, 1037-1052.
https://idp.springer.com/authorize/casa?redirect_uri=https://link.springer.com/article/10.1007/s10980-008-9314-8&casa_token=AMIf5uuV1UIAAAAA:aGB9UPxM1LxJlG4RHwKUt4h_BSGfA0eWlQ2rup1JR6DRmraAtrRIgKoV4w-BuH7KR2uBPWjwiOfCR2tCB1I

Wu, Q., Li, Z., Yang, C., Li, H., Gong, L., & Guo, F (2022). On the Scale Effect of Relationship Identification between Land Surface Temperature and 3D Landscape Pattern: The Application of Random Forest. Remote Sensing, 14(2). 279.
https://www.mdpi.com/2072-4292/14/2/279

Yu, H., Liu, X., Kong, B., Li, R., & Wang, G (2019). Landscape ecology development supported by geospatial technologies: A review. Ecological Informatics, 51, 185-192.
https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1574954119300329

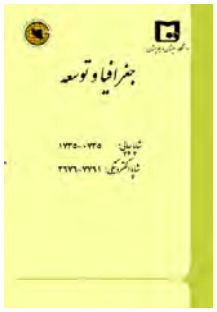
جغرافیا و توسعه
شاپا چاپی: ۰۷۳۵-۱۷۳۵ شاپا الکترونیکی: ۷۷۹۱-۲۶۷۶
https://gdij.usb.ac.ir
دانشگاه سیستان و بلوچستان

ارزیابی ساختار اکولوژیکی فضای سبز با رویکرد سیمای سرزمین
مطالعهٔ موردی: شهر صومعه‌سرا– گیلان

مقاله پژوهشی

دکتر حسین حاتمی‌نژاد[1*]، رعنا یزدی[2]، حسین ایرجی[3]

جغرافیا و توسعه، شمارهٔ ۷۱، تابستان ۱۴۰۲
تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۶/۲۲
تاریخ بازنگری داوری: ۱۴۰۱/۱۱/۳۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۰۲
صفحات: ۱۱۵-۹۳



واژه‌های کلیدی:
ساختار اکولوژیک، فضا، فضای سبز، سیمای سرزمین، صومعه‌سرا، گیلان.

چکیده
متریک سیمای سرزمین معمولاً گسترده‌ترین و متنوع‌ترین اندازه‌گیری از معیار مکانی است. بیشتر این معیارها به‌طور خاص برای مطالعات شهری با تمرکز بر الگوهای فضایی مانند تراکم، پراکندگی/فشردگی، مرکزیت، ترکیب کاربری زمین، اتصال، یا دسترسی توسعه داده شده‌اند. پژوهش حاضر از نظر هدف کاربردی و از نظر روش توصیفی- تحلیلی و مبتنی بر داده‌های سنجش‌ازدور است. در این تحقیق ابتدا نقشه‌های کاربری زمین مربوط به سال ۲۰۱۴ و ۲۰۲۱ با استفاده از تصاویر ماهواره لندست و استفاده از نرم‌افزار ENVI 5.3 به روش طبقه‌بندی نظارت شده در ۴ کلاس فضای شهری انسان‌ساخت، مزارع، باغات، زمین‌های بایر تهیه شد که تغییرات اکولوژیکی فضای سبز منطقهٔ مورد مطالعه را در یک دورهٔ ۷ ساله نشان می‌دهد. سپس تغییرات کاربری زمین‌های منطقه به کمک آرک جی.آی.اس آماده‌سازی شدند و درنهایت با استفاده از نرم‌افزار Fragastas مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفتند. یافته‌های پژوهش بیانگر این است که فضای سبز در شهر صومعه‌سرا در حال کاهش و تبدیل‌شدن به فضای انسان ساخت است که ساخت‌وسازهای بی‌رویه تأثیرهای مهمی روی ساختار اکولوژیک منطقه داشته است که درنتیجهٔ آن فضاهای سبز و بایر به کاربری مسکونی تبدیل شده‌اند که بیشترین میزان تبدیل کاربری فضای سبز به کاربری انسان‌ساخت و سپس کاربری بایر بوده است. نتایج به‌دست‌آمده از سنجه‌های سیمای سرزمین بیانگر این است که لکه‌های فضاهای سبز صومعه‌سرا از سال ۲۰۱۴ تا ۲۰۲۱ تعداد لکه‌های بیشتر شده که نشانگر خُردشدگی و وجود اختلال در سیمای سرزمین است و مساحت لکه‌ها کم شده و تراکم حاشیه بیشتر شده است. لکه‌های بزرگ فضاهای سبز سال ۲۰۱۴ جای خود را به لکه‌های کوچک‌تر با ارزش اکولوژیکی پایین‌تر داده و ارتباط بین لکه‌های فضاهای سبز قطع شده است.

مقدمه
در حال حاضر تقریباً ۴ میلیارد نفر (۵۵ درصد از جمعیت جهان) در شهرها و مناطق شهری زندگی می کنند. پیش بینی می شود که جمعیت شهری جهان تا سال ۲۰۵۰ دو برابر شود (*Mansour et al, 2023:1*). براین‌اساس شهرهای امروزی به‌عنوان یک چالش مهم برای محیط‌زیست مطرح می‌شود. تغییرات پوشش گیاهی و کاربری سرزمین اثرات گسترده‌ای بر سیمای سرزمین دارد. در سال‌های اخیر به‌دلیل عدم‌استفادهٔ مناسب از سرزمین و تبدیل و تحول در نوع استفاده از زمین باعث ازبین‌رفتن اراضی جنگلی، توسعهٔ شهرنشینی و گسترش بیابان‌زدایی شده است *(طالبی امیری و همکاران، ۱۳۸۸: ۱۳۴)*. در دهه‌های اخیر، ساختار اکولوژیکی فضای سبز شهر صومعه‌سرا که سریع‌ترین رشد شهری را در میان شهرهای شمال کشور دارد، به دلایل مختلف ازجمله توسعهٔ شهر از سوی مدیران و گاهی خود شهروندان، قربانی سودجویی اقتصادی و کاربری‌های خاکستری شده است؛ درک الگوهای سیمای سرزمین، تغییرات و تعاملات میان فعالیت‌های انسانی و پدیده‌های طبیعی

۱. دانشیار جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران (نویسنده مسئول) Hataminejad@ut.ac.ir
۲. دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران rana.yazdi@ut.ac.ir
۳. دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران iraji.hossein@ut.ac.ir

برای مدیریت زمین امری ضروری است *(محمودزاده و همکاران، ۱۳۹۸: ۱۸۱)*. سیمای سرزمین براساس سنجه‌های مختلفی که به‌منظور کمّی‌کردن خصوصیات سیمای سرزمین ازجمله تنوع، ارتباطات به‌کار برده می‌شود، نحوهٔ ترکیب ساختار و عملکردهای سیمای سرزمین را مطالعه می‌کند *(نوحه‌گر و همکاران، ۱۳۹۴: ۱۹۸)*. سیمای سرزمین عبارت است از موزاییکی با کیلومترها وسعت که در آن اکوسیستم‌های محلی و کاربری‌های زمین تکراری شده باشد. درواقع سیمای سرزمین سرشت و ویژگی کلی یک منطقه محسوب می‌شود*(محمدی‌جو و همکاران، ۱۳۹۷: ۱۳۱)*. امروزه بسیاری از محققان در تحقیقات خود از این تکنیک استفاده می‌کنند. ادوارد[1] و همکاران در مطالعه‌ای با عنوان معیارهای پوشش گیاهی ایالات متحده، شاخص‌های پوشش گیاهی برای دوره‌ای از سال ۱۹۳۸ تا ۲۰۱۸ در حوضه‌های آبخیز بنت و سولفور کریک دشت لامپاساس کات در تگزاس مرکزی مورد تجزیه‌وتحلیل قرار دادند. تجزیه‌وتحلیل نشان داد که کمتر از ۱۰ درصد از پوشش گیاهی اولیه باقی مانده است. این تحقیق بر اهمیت مجموعه داده‌های بلندمدت و مبتنی بر دانش محلی در کاربرد و تفسیر پارادایم‌های مدیریت تاریخی تأکید می‌کند *(Rhodes et al, 2021: 57)*. در مطالعه‌ای دیگر یان لیو[2] به بررسی بُعد فراکتال به‌عنوان شاخصی برای تعیین کمّیت اثرات تغییر مقیاس‌های فضایی بر متریک‌های منظر پرداخته و روش فراکتالی را برای اندازه‌گیری حساسیت مقیاس معیارهای چشم‌انداز شهری در جنوب کوئینزلند، به‌عنوان مطالعهٔ موردی به‌کار گرفت. نتایج نشان می‌دهد که بیشتر معیارهای منظر در منطقه و لبه، شکل و گروه‌های تجمع، قانون فراکتالی را نشان می‌دهند که در طیف وسیعی از مقیاس‌ها سازگار است *(Feng & Liu, 2015:18)*.

کونار[3] در پژوهشی با عنوان شاخص‌های چشم‌انداز برای ارزیابی تغییر پوشش زمین و تکه‌تکه‌شدن یک حوزهٔ آبخیز ناهمگن بر اثر فعالیت‌های انسانی را بررسی می‌کند. نتایج نشان داد تغییرات قابل‌توجهی در منطقه رخ داده است که ضرورت اتخاذ تدابیر مناسب برای حفظ این حوزهٔ طبیعی را نشان می‌دهد. نظارت و به‌ویژه تعیین کمّیت، تأثیر فعالیت‌های انسانی بر مناظر ما نیز ممکن است طراحی منابع چشم‌انداز، سیاست‌ها و مطالعات ارزیابی ریسک کارآمد و قابل‌ارزیابی را تسهیل کند*(Kumar et al, 2018: 226)*. براساس مطالعات انجام‌شده می‌توان دریافت که اکثر پدیده‌های طبیعی (پوشش گیاهی) و غیرطبیعی (انسان‌ساخت) در طول زمان با تغییراتی (بی‌نظمی، پراکندگی) روبه‌رو هستند که با استفاده از متریک‌های سیمای سرزمین می‌توان میزان تغییرات پوشش طبیعی و انسان‌ساخت طی بازهٔ زمانی مشخص به‌دست آورد. هدف از این پژوهش ارزیابی ساختار اکولوژیکی فضای سبز با رویکرد سیمای سرزمین شهر صومعه‌سرا است که ازطریق تصاویر ماهواره‌ای و متریک‌های فضایی محاسبه شده است. درواقع رشد روزافزون کالبدی شهر صومعه‌سرا طی سال‌های اخیر موجب تخریب اراضی مرغوب کشاورزی، محیط‌زیست و تغییرات اقلیمی و تشدید بیابان‌زایی منطقهٔ مورد بررسی شده است؛ ازاین‌رو در پژوهش پیش‌رو تکنیک‌های سنجش‌ازدور به‌منظور آنالیز تغییرات کاربری اراضی بین سال‌های ۲۰۲۱-۲۰۱۴ است. به‌وسیلهٔ تفسیر تصاویر لندست ۸ و سنجندهٔ OLI و ارزیابی تغییر ساختار چشم‌انداز ازطریق Fragstats به‌کار برده شد.

مبانی نظری

مفهوم اکولوژی شاخه‌ای از زیست‌شناسی است. درواقع علم اکولوژی به مطالعهٔ رابطهٔ میان موجودات و

1. Edward
2. Yan Liu
3. Kumar

محیط بیوفیزیکی آن‌ها می‌پردازد. واژۀ «اکولوژی» (Ökologie) اولین‌بار در سال ۱۸۶۶ توسط دانشمند آلمانی ارنست هکل[1] ابداع شد. مفهوم اکولوژی براساس ریشۀ آن (Oikos (خانه) و logos (دخل و خرج)) در یونان باستان به معنای دخل و خرج خانه است (*Balasubramanian, 2017: 197*). یک ناحیۀ جغرافیایی واحد از عناصر طبیعی و مصنوع تشکیل می‌شود که دارای روابط متقابل با یکدیگر هستند. به این ناحیۀ جغرافیایی واحد سرزمین نیز گفته می‌شود. از اکولوژی می‌توان مفاهیم مختلفی همچون اکولوژی شهری، اکولوژی منظر و اکولوژی انسانی نیز استخراج کرد که می‌توان به شرح آن پرداخت.

اکولوژی منظر: اکولوژی منظر بر چگونگی تأثیر توزیع عوامل زنده و مصنوع در یک اکوسیستم می‌پردازد. علاوه‌براین، اکولوژی منظر نحوۀ شکل‌گیری عناصر یک اکوسیستم و نحوۀ تعامل میان آن‌ها را مطالعه می‌کند (*Yu et al, 2019: 187*). اصطلاح اکولوژی منظر برای نخستین بار توسط ترول[2] در سال ۱۹۳۹ مطرح شد و تا سال ۱۹۸۰ با سرعت اندکی پیشرفت کرد؛ اما با پیشرفت تکنولوژی و فناوری به یکباره به‌عنوان یکی از بخش‌های مهم جغرافیا مبدل شد. اکولوژی منظر علم و هنر مطالعه و بهبود رابطۀ بین الگوی فضایی و فرایندهای بوم‌شناختی در مقیاس‌ها و متنوعی است (*Wu et al, 2022: 279*). ترول بوم‌شناسی منظر را به‌عنوان «مطالعۀ روابط علّی پیچیدۀ اصلی بین جوامع زندگی و محیط آن‌ها در یک بخش معیّن از چشم‌انداز توصیف کرد» (*Cushman et al, 2010:87*).

فورمن[3] و گسینگر[4] نیز اکولوژی منظر را چگونگی تأثیر ناهمگونی فضایی بر فرایندهای اکولوژیکی و به‌طور خاص، تأثیرات توزیع عوامل زنده و غیرزیست در یک اکوسیستم بر علل و پیامدهای این فرایندها تعریف می‌کند (*Yu et al, 2019: 185*).

منظر ابتدا توسط الکساندر فون هامبدالت[5] به‌عنوان «همۀ ویژگی‌های یک سرزمین» تعریف شد. منظر به‌عنوان یک ناحیه از زمین است که به‌طور ناهمگن تکرار می‌شود (*فورمن و گادرون، ۱۹۸۶*). کنوانسیون منظر اروپایی منظر را منطقه‌ای تعریف می‌کند که توسط مردم درک می‌شود. ویژگی یک منظر کنش و تعامل عوامل طبیعی و انسانی است (*Ercan Gökyer, 2020: 357*). بوم‌شناسی منظر، بین‌رشته‌ای است که براساس نظریه‌ها و روش‌هایی از سراسر علوم فیزیکی، طبیعی و اجتماعی تعریف می‌شود؛ زیرا هدف از تحلیل آن می‌تواند جنبۀ زیست‌محیطی، اجتماعی، اقتصادی و سیاسی داشته باشد (*Amy E. Frazier, 2019: 2073-2082*).

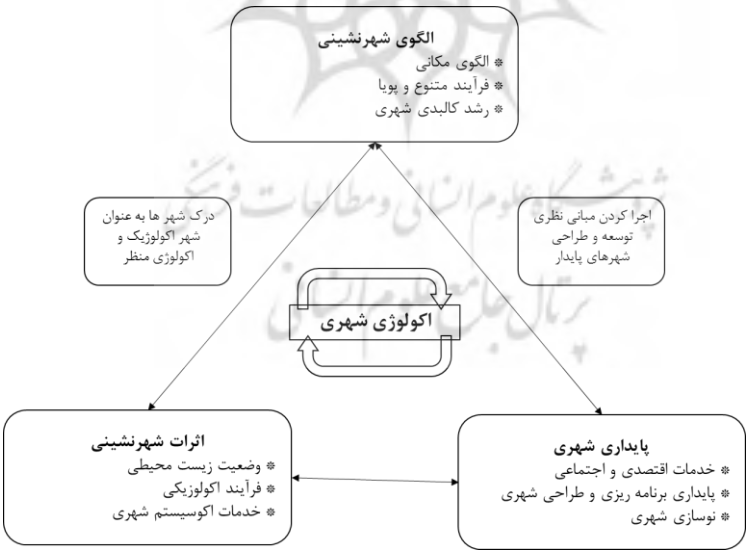
بوم‌شناسی منظر یک بُعد مهم از ویژگی‌های محیطی است که برای حفظ سلامت اکوسیستم و تنوع زیستی حیاتی است و شکاف دانش در توسعۀ پایدار را از بین می‌برد (*W. Termorshuizen,2009:1039*).بوم‌شناسی منظر با استفاده از تکنیک عناصر تشکیل‌دهنده، یک سرزمین را کمّی‌سازی کرده و سپس نحوۀ چیدمان و اثرگذاری آن‌ها را بر یکدیگر می‌سنجد.

اکولوژی شهری: همان‌طور که گفته شد، یک سرزمین در مقیاس‌های متفاوتی قابل‌بحث است. درواقع یک واحد سرزمین ممکن است از روستاها، شهرها، استان و کشورها نیز تشکیل شود؛ بنابراین مطالعۀ روابط میان عنصر در سطح شهر را اکولوژی شهری می‌نامند. درواقع اکولوژی شهری تلاشی برای بررسی تعدادی از جنبه‌های مختلف بوم‌شناسی شهری، با تکیه بر بررسی‌ها، فراتحلیل‌ها و مطالعات موردی واقع در نقاط مختلف جهان است. شهرها در

1. Ernest Hekel
2. Troul
3. Forman
4. Gesinger
5. Alexander von Humboldt

هستهٔ خود از سیستم‌های اجتماعی تشکیل می‌شوند. اهمیت مطالعهٔ اکولوژی شهری پس از کنفرانس زیستگاه در استکهلم در سال ۱۹۷۲ افزایش یافت (UN, 2022). برخی از کاربردهای اصطلاح «اکولوژی شهری» بر مفهوم تعادل است؛ زیرا شهر اکولوژیکی شهری است که در تعادل و تعامل با طبیعت است. مفهوم اکولوژی شهری با توجه به مفهوم اکولوژی بر این فرض استوار است که شهر یک سیستم باز است و ازاین‌رو به سمت تعادل حرکت نمی‌کند. این بدان معناست روابط میان پدیده‌های زیست‌محیطی و اجتماعی همواره در حال بی‌نظم‌شدن است (P.McManus,2009:296). اکولوژی شهری موضوعی جهان‌شمول در ابعاد اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی و توسعهٔ پایدار است. امروزه کشورهای توسعه‌یافته ازطریق توسعهٔ پایدار سعی در ایجاد نوعی تعادل میان انسان و محیط‌زیست است. به‌دلیل هنجارشکنی انسان و تخریب بی‌رویهٔ اکوسیستم سبب شده است که باعث کاهش انعطاف‌پذیری آن از نظر کاهش مشکلات ناشی از شهرنشینی ازجمله نزول کیفیت هوا، محدودیت فضای زندگی، اثر جزیرهٔ گرمایی شهری (UHI)، فقدان سلامت شهری، کمبود آب زیرزمینی، شود.

کارشناسان اکولوژی شهری را به‌عنوان «آوردن فضای سبز به رودن شهرها تعریف می‌کنند. به‌طورکلی اکولوژی شهری ۳ عمل را در نظر می‌گیرد: ۱.بوم‌شناسی و تکامل موجودات زنده‌ای که در مرزهای شهری زندگی می‌کنند؛ ۲. بوم‌شناسی بیولوژیکی، اقتصادی، سیاسی و فرهنگی انسان‌ها در مناطق شهری؛ ۳. مطالعهٔ روابط انسانی و فرایندهای طبیعی. انسان و طبیعت نیروهایی هستند که الگوها و فرایندهای قابل‌اندازه‌گیری متقابل را در برنامه‌ریزی و توسعهٔ شهری شکل می‌دهند (Faraniza, 2021: 3).



نمودار ۱: رویکردهای اکولوژی شهری

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۴۰۱

اکولوژی انسانی

تأثیرات انسانی به کاهش تنوع زیستی کمک می‌کند. مداخلات جهانی‌شدهٔ انسانی باعث بیشترین تلفات تنوع زیستی می‌شود (*Michael Cepic, 2022: 3*). اکولوژی انسانی چارچوبی جامع برای مطالعات تحرک جمعیت و حمل‌ونقل افراد، کالاها و خدمات و چگونگی تأثیر این فرایندها بر اکوسیستم‌های طبیعی، منابع و سلامت انسان در طول قرن‌ها فراهم می‌کند (*J.Lawrence Roderick, 2021:109*). نظریهٔ اکولوژی انسانی در تمرکز بر انسان به‌عنوان ارگانیسم‌های بیولوژیکی و موجودات اجتماعی در تعامل با محیط خود منحصربه‌فرد است. در این نظریه خانواده به‌عنوان یک سیستم تبدیل انرژی در نظر گرفته می‌شود که به طبیعت فیزیکی-بیولوژیکی ساخته‌شده توسط انسان و محیط اجتماعی-فرهنگی وابسته است. همچنین اکولوژی انسانی بر ایجاد استفاده و مدیریت منابع برای سازگاری خلاقانه، توسعهٔ انسانی و پایداری محیط‌ها تأکید می‌کند. بوم‌شناسی انسانی مطالعهٔ روابط متقابل بین انسان و محیط‌زیست است که از زمینه‌های گوناگون زیست‌شناسی و جغرافیا گرفته تا جامعه‌شناسی، مهندسی و معماری استفاده می‌کند. اشتاینر[1] بوم‌شناسی انسانی را با دیدگاه معماری منظر ترکیب می‌کند و آگاهانه، انسان‌ها و محیط اطرافشان را به هم متصل کنند (*Steiner, 2018: 127*).

متریک سیمای سرزمین

متریک‌های سیمای سرزمین از دههٔ ۱۹۸۰ در محیط‌زیست چشم‌انداز برای تعیین کمّیت شکل و الگوی پوشش گیاهی مورد استفاده قرار گرفته است. متریک‌های سیمای سرزمین، شاخص‌هایی هستند که الگوهای کاربری اراضی را در یک منطقهٔ شهری توصیف می‌کنند. متریک‌ها همانند عبارات ریاضی، قادرند ویژگی‌های پوشش مناطق را در قالب پچ‌ها، کریدورها و چشم‌انداز را مورد تجزیه‌وتحلیل قرار دهند (*حاتمی‌نژاد و همکاران، ۱۴۰۰: ۴۵*). استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین، ابزاری مفید در تحلیل و بررسی خصوصیت‌های مکانی و پوشش سرزمین محسوب می‌شود. همچنین سنجه‌های سیمای سرزمین ابزاری قدرتمند در توصیف و تحلیل تغییرات کاربری و پوشش شهری به‌کار می‌رود و می‌تواند برخی جنبه‌های پنهان تغییر سیمای سرزمین را آشکار کند (*عسگریان و همکاران، ۱۳۹۴: ۴۴۱-۴۳۱*).

معیارهای سیمای سرزمین معمولاً گسترده‌ترین و متنوع‌ترین اندازه‌گیری از معیار مکانی است. معیارها به‌طور خاص برای مطالعات شهری با تمرکز بر الگوهای فضایی مانند تراکم، پراکندگی/فشردگی، مرکزیت، ترکیب کاربری زمین، اتصال، یا دسترسی توسعه داده شده‌اند (*Bhatti, 2018:183*). معیارهای منظر، الگوریتم‌هایی هستند که ساختار فضایی الگوهای پوشش زمین را در یک منطقهٔ جغرافیایی تعریف شده کمّی می‌کنند. اصطلاح «سنجه‌های چشم‌انداز» به معیارهایی برای کمّی‌سازی الگوها در نقشه‌های طبقه‌بندی اشاره می‌کند (*Cushman et al, 2015:11*). به‌طورکلی متریک‌ها از ماتریکس، کریدور و پچ تشکیل می‌شود. پچ، محل تجمع عناصر است که به‌صورت لکه دیده می‌شود. کریدور، به محل اتصال پچ‌ها گفته می‌شود. ماتریکس، به سطحی گفته می‌شود در عملکرد سیمای سرزمین بیشترین عملکرد را دارند. درواقع بیشترین عناصر پراکنده را احاطه می‌کند.

1. Steiner

جدول۲: متریک‌های سرزمین

فرمول	واحد	شرح	نام (مخفف)	دسته‌بندی
$\frac{\sum_{j=1}^{n} aij}{A} * 100$	%	درصد منظره متشکل از نوع پچ مربوط	درصد چشم‌انداز	PLAND
$\frac{2\ln(0.25\ pij)}{\ln aij}$	-	مجموع ۲ برابر لگاریتم محیط پچ تقسیم بر لگاریتم مساحت کل برای نوع پچ مربوط تقسیم بر تعداد وصله‌ها	شاخص بُعد فراکتال متوسط	FRMN
$\frac{0.25\sum_{k=1}^{m} eik}{\sqrt{A}}$	-	نسبت محیط به مساحت برای کلاس مربوط	شاخص شکل منظره	LSI
$\frac{\sum_{k=1}^{m} eik}{A}$	m/ha	طول کل همهٔ بخش‌های لبه تقسیم بر مساحت کل برای نوع پچ مربوط	تراکم لبه	ED
nij	-	تعداد تکه‌های موجود در چشم‌انداز	تعداد تکه‌ها	NP
$\frac{\sum_{j=1}^{n}(aij)^2}{n_i}(10^{-4})$	-	تقسیم مجموع پچ‌ها بر تعداد آن‌ها	میانگین اندازهٔ پچ	MPS
$\frac{\sum_{j=1}^{n}(Pij)^2}{\sqrt{A_{ij}}}$	-	مجموع محیط هر تکه تقسیم بر جذر مساحت وصله (هکتار) برای هر کلاس (سطح کلاس) یا همهٔ تکه‌ها (سطح منظر)	شاخص میانگین شکل در ناحیه	MSI
$\frac{\sum_{j=1}^{n} a_{ij}}{(10^4)}$	Hectares	مجموع مساحت همهٔ تکه‌ها، تقسیم بر ۱۰۰۰۰ (برای تبدیل به هکتار)	مساحت کلاسه‌ها	CA

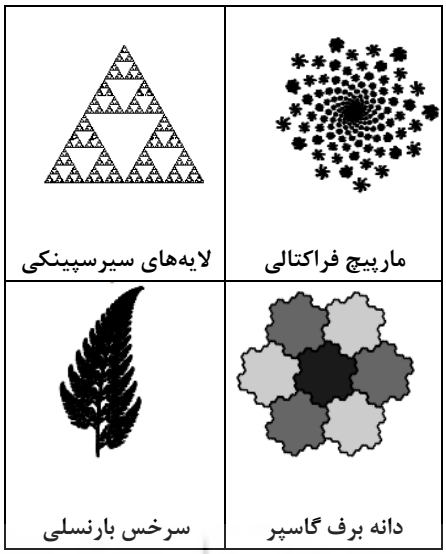
مأخذ: Jagalingam, 2015: 136

تئوری فراکتال

کاربرد ساختارهای غیرخطی در نگرش سیستمی از بعد از جنگ جهانی دوم روال علمی خود را در پژوهش‌های ترکیبی پیدا کرده است. بدیهی است که دیدگاه سیستمی مختص به یک زمینهٔ علمی نیست و در سایر شاخه‌های علوم طبیعی و انسانی قابل‌محاسبه است. از آنجا که بحث حاضر یک قیاس سیستماتیک است که از اجزای طبیعی و انسانی تشکیل یافته است، می‌توان از تحلیل‌های آشوبی، برخالی، فازی و حتی خطی نیز در تبیین قوانین حاکم بر منطق سیستمی بحث بهره برد *(کمانه و همکاران، ۱۳۹۴: ۱۸۹)*. دیدگاه فراکتال سعی دارد با به‌کارگیری قواعد ساده تغییرات مقیاس، به شبیه‌سازی رفتار پیچیدهٔ سیستم‌ها بپردازد. فراکتال یا رفتار فراکتالی درواقع رفتاری است که در طبیعت و هر چیزی وجود دارد که متمایل به داشتن حالتی متعادل است *(سلطانی و همکاران، ۱۳۹۸: ۷۳)*. مندلبروت در سال ۱۹۷۷ اصطلاح فراکتال را ابداع کرد، هندسهٔ فراکتال عمدتاً به‌دلیل ناکارآمدی هندسهٔ کلاسیک در توصیف اشکال و پدیده‌های پیچیده مطرح شد. کاربردهای فراکتال در جغرافیا عمدتاً به دو گروه تقسیم می‌شوند *(R.K. Aswathy et al, 2016:106)*.

۱- از بُعد فراکتال برای توصیف پیچیدگی اشکال و الگوهای فضایی مانند خطوط ساحلی، شبکه‌های رودخانه‌ای، رشد شهر و مناظر استفاده می‌کند.

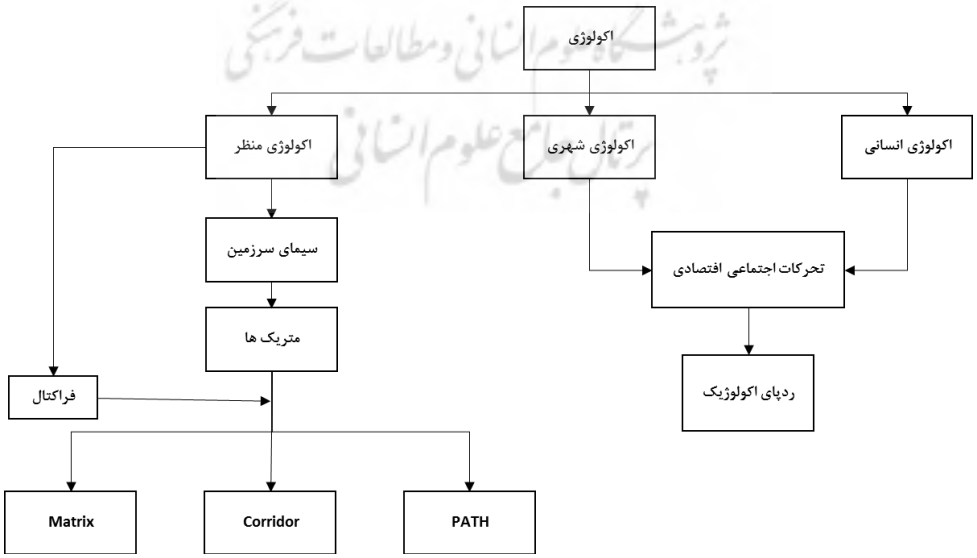
۲- برنامه‌ها بر شبیه‌سازی تصاویر مصنوعی برای آزمایش انواع مدل‌های جغرافیایی تمرکز دارند *(N.S.Lam, 2009: 267)*



شکل ۱: مجموعه فراکتال

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۴۰۱

اخیراً نظریه فراکتال در جغرافیای شهری رایج شده است. درواقع، مفهوم آن با بسیاری از ویژگی‌های سیستم‌های شهری سازگار است: خود شباهت در خوشه‌بندی و پراکندگی الگوهای فضایی در مقیاس‌های مختلف، سازماندهی سلسله‌مراتبی، سینوسی‌بودن مرزها و پویایی غیرخطی. ویژگی‌های فراکتال می‌تواند با تکامل سیستم‌های شهری با ویژگی‌های مهم مورفولوژی شهری مرتبط باشد. در سنت بوم‌شناسی منظر، بُعد فراکتال برای اندازه‌گیری تکه‌تکه‌شدن در الگوهای فضایی جنگل‌ها و لکه‌های سبز شهری برای مشخص‌کردن کیفیت محیطی مرتبط با آن‌ها استفاده می‌شود (C.Hepcan, 2013: 146).

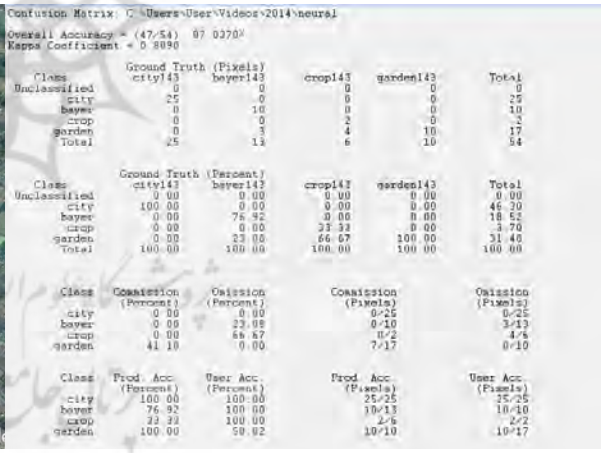


نمودار ۲: چارچوب مفهومی پژوهش

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۴۰۱

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر از نظر هدف کاربردی و از نظر روش توصیفی- تحلیلی و مبتنی بر داده‌های سنجش‌ازدور است. در این تحقیق ابتدا نقشه‌های کاربری زمین مربوط به سال ۲۰۱۴ و ۲۰۲۱ با استفاده از تصاویر ماهوارهٔ لندست و استفاده از نرم‌افزار ENVI 5.3 به روش طبقه‌بندی نظارت‌شده در ۴ کلاس فضای شهری انسان‌ساخت، مزارع، باغات، زمین‌های بایر تهیه شد که تغییرات اکولوژیکی فضای سبز منطقهٔ مورد مطالعه را در یک دورهٔ ۷ ساله نشان می‌دهد. سپس تغییرات کاربری زمین‌های منطقه به کمک آرک جی.آی.اس آماده‌سازی شدند و درنهایت با استفاده از نرم‌افزار Fragastas مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفتند. تصاویر ماهواره‌ای Landsat مربوط به‌سال‌های ۲۰۱۴ و ۲۰۲۱ از سازمان زمین‌شناسی ایالات متحده تهیه شده که مربوط به‌لندست ۸ و سنجندهٔ OLI است. تصحیح رادیو متریک و اتمسفریک گام‌های ضروری برای استخراج دقیق اطلاعات کمّی از لندست است؛ ازاین‌رو، اولین مرحله بعد از دانلود تصاویر، اضافه‌کردن آن‌ها به نرم‌افزار ENVI و انجام تصحیحات رادیومتریک و اتمسفریک بوده است *(حاتمی‌نژاد و همکاران، ۱۴۰۰: ۴۵)*. در تحقیق از طبقه‌بندی نظارت‌شده در نرم‌افزار ENVI استفاده شد. طبقه‌بندی انجام‌گرفته با استفاده از نرم‌افزار Goolge Earth مورد صحت‌سنجی قرار گرفته است و از ابزار Confusion Matrix using trhth Roi و شاخص کاپا در نرم‌افزار ENVI استفاده‌شد.صحت‌سنجی ۸۷،۰۳ و کاپا ۰،۸۰ که این مقدار بیانگر تطابق و دقت قابل‌قبول و بالا در کلاس‌بندی تصاویر و واقعیت است.


Confusion Matrix: C:\Users\User\Videos\2014\neural

Overall Accuracy = (47/54) 87.0370%
Kappa Coefficient = 0.8090

Class	Ground Truth (Pixels) city143	bayer143	crop143	garden143	Total
Unclassified	0	0	0	0	0
city	25	0	0	0	25
bayer	0	10	0	0	10
crop	0	0	2	0	2
garden	0	3	4	10	17
Total	25	13	6	10	54

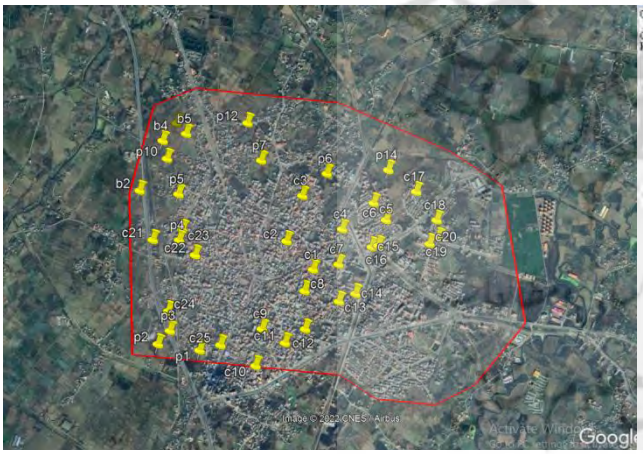
Class	Ground Truth (Percent) city143	bayer143	crop143	garden143	Total
Unclassified	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
city	100.00	0.00	0.00	0.00	46.30
bayer	0.00	76.92	0.00	0.00	18.52
crop	0.00	0.00	33.33	0.00	3.70
garden	0.00	23.08	66.67	100.00	31.48
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Class	Commission (Percent)	Omission (Percent)	Commission (Pixels)	Omission (Pixels)
city	0.00	0.00	0/25	0/25
bayer	0.00	23.08	0/10	3/13
crop	0.00	66.67	0/2	4/6
garden	41.18	0.00	7/17	0/10

Class	Prod. Acc. (Percent)	User Acc. (Percent)	Prod. Acc. (Pixels)	User Acc. (Pixels)
city	100.00	100.00	25/25	25/25
bayer	76.92	100.00	10/13	10/10
crop	33.33	100.00	2/6	2/2
garden	100.00	58.82	10/10	10/17

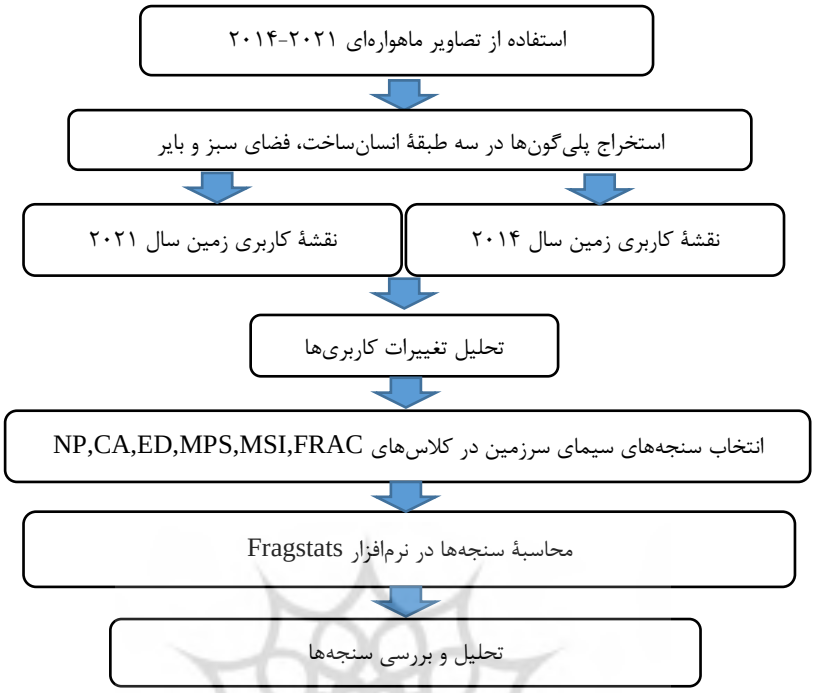
شکل ۲: شاخص کاپا

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۴۰۱



شکل ۳: فرایند صحت‌سنجی طبقه‌بندی در گوگل‌ارث

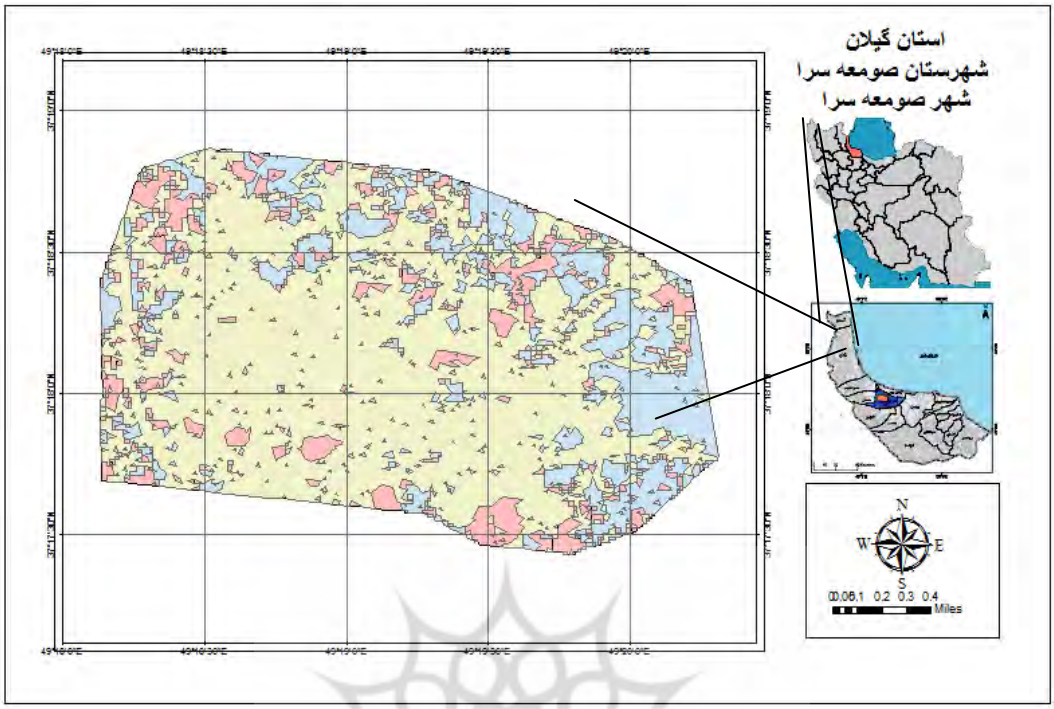
تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۴۰۱



شکل ۴: فلوچارت مراحل انجام پژوهش

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۴۰۱

متریک‌های سیمای سرزمین الگوهای سیمای سرزمین را با کمک توصیف ویژگی‌های مؤلفه و پیکربندی فضایی پچ‌های مختلف اندازه‌گیری می‌کنند *(Wu et al, 2022: 2)*. سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی توانایی ذخیره، تجزیه‌وتحلیل و مدل‌سازی داده‌ها را دارند. بسیاری از اکولوژیست‌ها داده‌های سیمای سرزمین را برای مدیریت و نمایش بهتر در GIS ذخیره می‌کنند. برای انجام آنالیز روی داده‌ها بایستی آن‌ها را به فرمت رستری تبدیل کرد، بدین‌منظور سیمای سرزمین به‌صورت شبکه‌ای درمی‌آید که در آن شبکهٔ پدیده‌های مشابه، شناسهٔ یکسان می‌گیرند. در این حالت با انجام آنالیزهای مربوط می‌توان پارامترهای مختلف سیمای سرزمین را تعیین کرد *(چهرآذر و همکاران، ۱۴۰۰: ۲۹)*. توانایی برای تشریح کمّی ساختار سیمای سرزمین، پیش‌شرط مطالعهٔ عملکرد و تغییرات در ساختار سیمای سرزمین است؛ بنابراین برای نیل به این هدف، متریک‌های مختلفی در اکولوژی سیمای سرزمین تدوین، تولید و مورد استفاده قرار می‌گیرند. استفاده از متریک‌های سیمای سرزمین بهترین راه برای مقایسهٔ وضعیت سیمای سرزمین طی زمان و ابزار مناسبی برای یافتن ارتباط دقیق بین ساختار و عملکرد کاربری‌های مختلف سیمای سرزمین است *(حسن‌پور و همکاران، ۱۳۹۹: ۱۸۸)*. استان گیلان شامل ۱۶ شهرستان است؛ شهرستان صومعه‌سرا در ناحیهٔ غربی استان گیلان واقع شده است که یکی از زیباترین، تاریخی‌ترین و بااهمیت‌ترین شهرستان‌های آن به شمار می‌آید *(قبادی و رجبی، ۱۳۹۸: ۷۰)*. شهر صومعه‌سرا یکی از شهرهای شهرستان صومعه‌سرا است که در طول جغرافیایی از $49^0 18' 8.32"$ تا $49^0 20' 18.25"$ و عرض جغرافیایی $37^0 18' 51.58"$ تا $37^0 17' 18.05"$ درغرب استان گیلان قرار دارد. شهرستان صومعه‌سرا از سمت شمال به تالاب انزلی، از جنوب به جنوب شهرستان فومن، از شمال غرب به رضوانشهر و ماسال و از شرق به شهرستان رشت محدود می‌شود *(قبادی و رجبی، ۱۳۹۸: ۷۱)*. شکل ۵ موقعیت جغرافیایی شهرستان صومعه‌سرا را نشان می‌دهد.

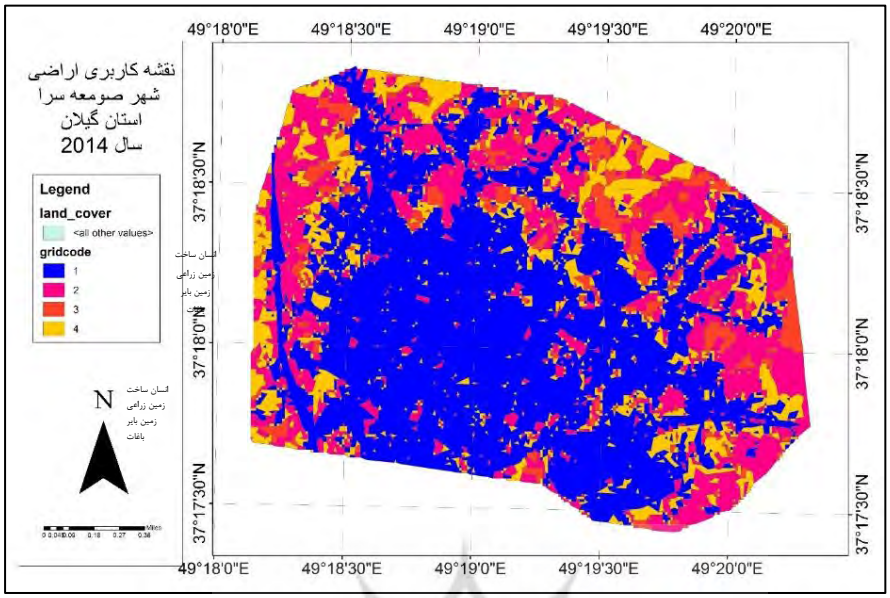


شکل ۵: نقشهٔ منطقهٔ مورد مطالعه

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۴۰۱

یافته‌های تحقیق

امروزه به‌دلیل اهمیت منابع تجدیدناپذیر، موضوع ساختار اکولوزیک در برنامه‌ریزی شهری نقش مهمی ایفا می‌کنند. سیمای سرزمین به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل اکولوژی و تنوع بیولوژیکی شناخته شده‌است. آشکارسازی و تحلیل تغییرات کاربری اراضی مبنای شناخت مسائل و مشکلات محیط‌زیست است. تغییر کاربری سرزمین ناشی ازفعالیت انسان به‌دلیل عدم‌توجه به محدودیت‌های محیط‌زیستی بر سیمای محیط بسیار تأثیرگذار بوده است و روند در حال توسعه تغییر کاربری درنتیجهٔ فعل و انفعالات پیچیدهٔ فاکتورهای ساختاری و عملکردی، آثار محیط‌زیستی شدیدی بر اکوسیستم‌های طبیعی داشته است؛ بنابراین با توجه به آثار منفی ناشی از استفادهٔ نامناسب از سرزمین و تغییر کاربری اراضی، آگاهی و شناخت روند تغییرپذیری، در ارزیابی آثار محیط‌زیستی ناشی از توسعه به‌منظور طرح‌ریزی و مدیریت پایدار سرزمین و ساختار اکولوژیکی فضای سبز با رویکرد سیمای سرزمین، تحلیل روند کلاسه‌های ۴ گانه ازطریق بررسی نقشه‌های کاربری زمین طی سال‌های ۲۰۲۱-۲۰۱۴ ضروری است. براساس نقشه‌های کاربری زمین و اطلاعات به‌دست‌آمده از تصاویر ماهواره‌ای مربوط به‌سال ۲۰۱۴، کاربری فضای شهری انسان‌ساخت ۳۵۵۴۵,۲۱ هکتار بیشترین و زمین‌های بایر با ۱۰۰۹۳,۶۲ کمترین وسعت را دارا هستند. همچنین در تصاویر ماهواره‌ای در سال ۲۰۲۱ که مربوط به منطقهٔ مورد مطالعه است، مشخص است که بیشترین میزان مربوط به فضای شهری انسان‌ساخت با ۴۴۲۴۴.۶۸ هکتار و کمترین میزان به زمین‌های بایر با ۴۸۰۰.۱۸ کیلومتر تعلق دارد.



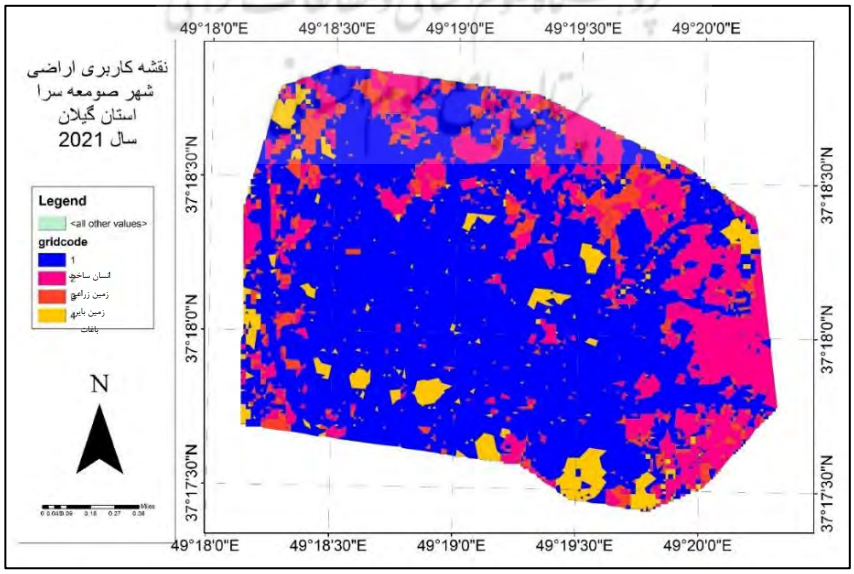
شکل ۶: نقشهٔ کاربری زمین در سال ۲۰۱۴

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۴۰۱

جدول ۳: مساحت طبقات کاربری زمین در سال ۲۰۱۴

کلاس کاربری زمین	مساحت (هکتار)	مساحت (درصد)
فضای شهری انسان‌ساخت	۲۱۱۴۸.۳۵۵۴۵	۱۰۰۰۳.۵۴
فضای سبز	۹۳.۲۰۰۶۳	۵۳۷۴۱.۳۰
زمین‌های بایر	۶۲۱۶۰۶.۱۰۰۹۳	۳۶۲۵۵.۱۵
مجموع	۷۶۳۰۹.۶۵۷۰۲	۱۰۰

مأخذ: نگارندگان، ۱۴۰۱



شکل ۷: نقشهٔ کاربری زمین در سال ۲۰۲۱

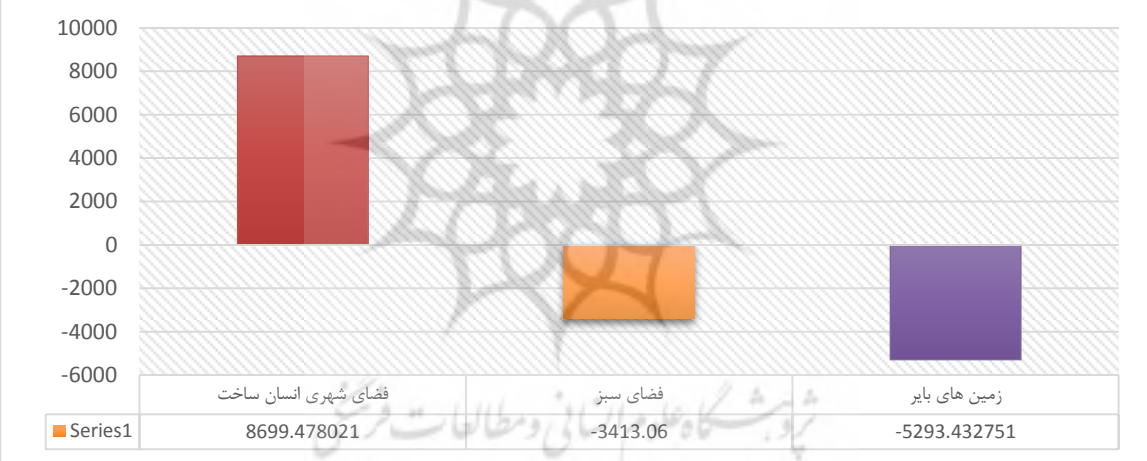
تهیه و ترسیم: نگارندگان،۱۴۰۱

جدول ۴: مساحت طبقات کاربری زمین در سال ۲۰۲۱

کلاس کاربری زمین	مساحت (هکتار)	مساحت (درصد)
فضای شهری انسان‌ساخت	۶۸۹۵۰۱.۴۴۲۴۴	۳۴۷۸۸.۶۷
فضای سبز	۸۷.۱۶۶۵۰	۳۴۵۴۳.۲۵
زمین‌های بایر	۱۸۸۸۵۵.۴۸۰۰	۳۰۶۶۹۷.۷
مجموع	۷۴۸۳۶.۶۵۶۹۵	۱۰۰

مأخذ: نگارندگان، ۱۴۰۱

با مقایسهٔ سال‌های ۲۰۱۴ و ۲۰۲۱ مشخص شد که فضای انسان‌ساخت افزایش یافته و فضای سبز و زمین‌های بایر کاهش پیدا کرده‌اند. با توجه به نتایج حاصل مشخص است که افزایش فضای انسان‌ساخت ناشی از فعالیت‌های اخیر شهرداری منطقه است که با توجه به تغییرات ساختاری در پوشش گیاهی قبلی منطقه عملکرد سابق را نخواهد داشت. بیشترین میزان تغییرات بین سال‌های ۲۰۱۴ تا ۲۰۲۱ مربوط به فضای شهری است که ۱۳ درصد افزایش یافته و سپس زمین‌های بایر که ۸ درصد کم شده است.



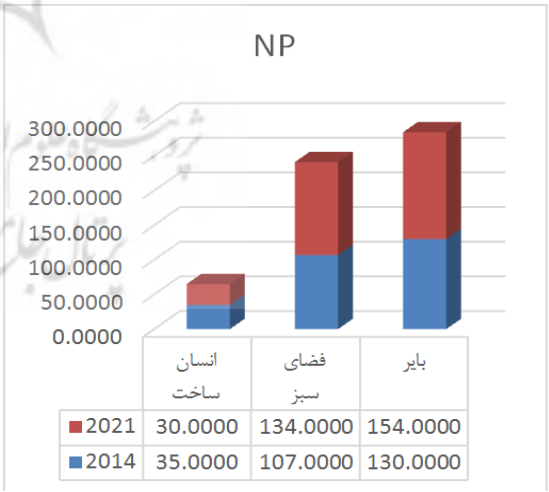
نمودار ۳: تغییرات کاربری اراضی ۲۰۱۴ تا ۲۰۲۱

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۴۰۱

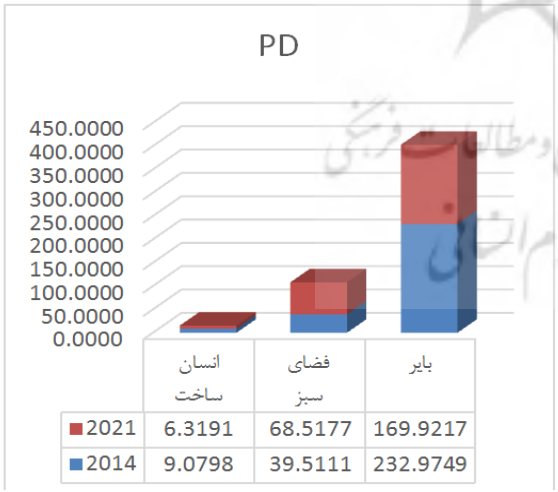
تحلیل متریک‌ها در سطح کلاس (طبقه) بین سال‌های ۲۰۱۴ تا ۲۰۲۱

ارزیابی تعداد لکه در نمودار ۴ نشان داد، تعداد لکه‌های در طبقهٔ فضای سبز و بایر زیاد شده است بیشترین تغییر در طول بازهٔ زمانی در تعداد لکه‌ها مربوط به کاربری فضای سبز بوده است که افزایش لکه فضای سبز نشانگر خُردشدگی و وجود اختلال در سرزمین است که درنتیجهٔ گسترش اراضی انسان‌ساخت و بایر ایجاد شده است. مقایسهٔ تراکم لکه در سطح نشان داد، تراکم لکه‌ها در فضای سبز بیشتر شده، اما در کاربری انسان‌ساخت و بایر کم شده است. این بدان معنی است که فضای انسان ساخت دچار پراکنده‌رویی شده و فضای انسان‌ساخت و بایر حالت تکه‌تکهٔ بیشتری را نسبت‌به کلاس فضای سبز دارد (نمودار ۵). براساس نتایج، بزرگ‌ترین لکه (نمودار ۶) نشان داد، کاهش بزرگ‌ترین لکه مربوط به اراضی بایر است که نشان می‌دهد تخریب یکپارچهٔ پوشش اراضی برای زمین‌های بایر است. کاهش سنجه بزرگ‌ترین لکه برای اراضی

بایر به معنی استفاده بیش از حد از زمین‌های بایر درجهت استفاده و تبدیل‌شدن بعضی قسمت‌های زمین‌های بایر به اراضی انسان‌ساخت و فضای سبز است. تحلیل شکل سیمای سرزمین نشان می‌دهد که کاربری اراضی بایر با بیشترین عدد (تغییر) منجر به پیچیدگی‌های بیشتر و افزایش بی‌نظمی شکل لکه شده است (نمودار ۷). ارزیابی سنجه بیشترین نسبت تراکم حاشیه در نمودار ۸ به کاربری اراضی بایر تعلق داد و در طی دورهٔ مطالعه این نسبت افزایش پیدا کرده است. مساحت لکه در کاربری انسان‌ساخت بیش از دو کاربری پوشش گیاهی و کاربری بایر افزایش یافته است (۸۹,۲۸) و پس از آن کاربری بایر با میزان ۳۵,۶۳ در رتبهٔ دوم مساحت را دارد. پوشش گیاهی با میزان منفی ۷۵,۲۴ نشان از کاهش این کاربری و تبدیل‌شدن به کاربری انسان‌ساخت و بایر می‌دهد (نمودار ۹). Mps یا میانگین اندازهٔ لکه غیر از فضای سبز در کاربری بایر و انسان‌ساخت افزایش یافته است (نمودار ۱۰). تحلیل سنجهٔ میانگین شکل لکه (MSI) در فضای سبز کاهش و در کاربری بایر و انسان‌ساخت با فزایش همراه است (نمودار ۱۱). براساس تغییرات درصد پوشش سیمای سرزمین (Pland)، درصد اراضی بایر و انسان‌ساخت در بازهٔ زمانی ۲۰۱۴ تا ۲۰۲۱ افزایش داشته و درصد کاربری فضای سبز کاهش یافته است‌که نشانگر این است که گسترش شهرنشینی منجر به ازبین‌رفتن اراضی فضای سبز از جمع زمین‌های کشاورزی و باغات شده است. براساس نمودار ۱۲ (فراکتال) در مبحث کاربری فضای سبز در سال ۲۰۱۴، ۱,۰۳۷۹ بوده و این میزان در سال ۲۰۲۱ به ۱,۲۹۵۵ رسیده است. این اعداد به این معنی است که شکل فضای سبز منطقه به سمت بی‌نظمی میل پیدا کرده است و دچار پیچیدگی شده و از شکل ساده خارج شده است.

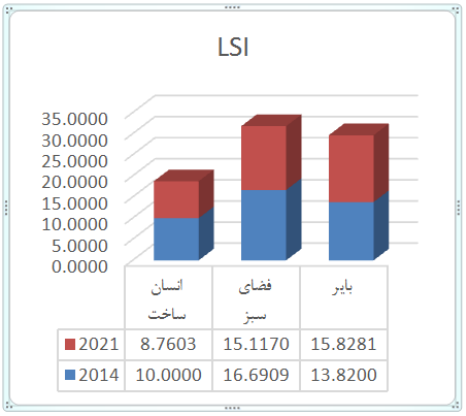


نمودار ۴: تحلیل سنجهٔ تعداد لکه در سال‌های ۲۰۱۴ و ۲۰۲۱

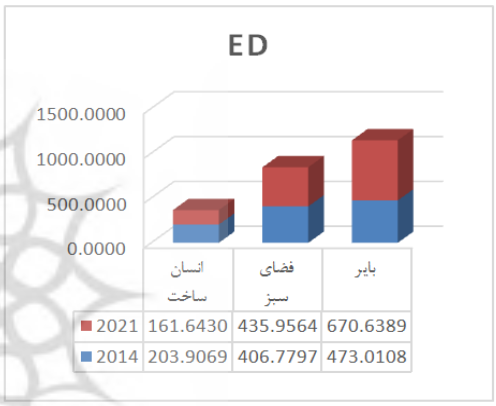


نمودار ۵: تحلیل سنجهٔ تراکم لکه در سال‌های ۲۰۱۴ و ۲۰۲۱

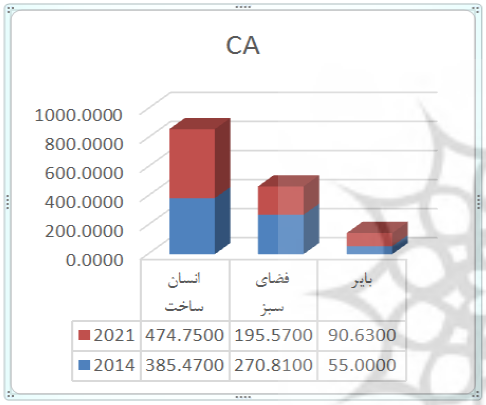
نمودار ۶: تحلیل سنجهٔ بزرگ‌ترین لکه در سال‌های ۲۰۱۴ و ۲۰۲۱



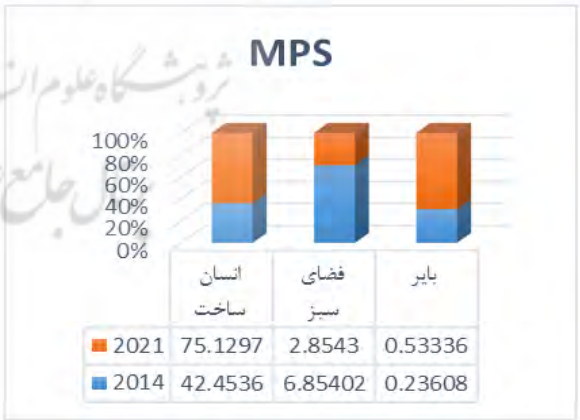
نمودار ۷: تحلیل سنجهٔ شکل سیمای سرزمین در سال‌های ۲۰۱۴ و ۲۰۲۱



نمودار ۸: تحلیل سنجه تراکم حاشیه در سال‌های ۲۰۱۴ و ۲۰۲۱

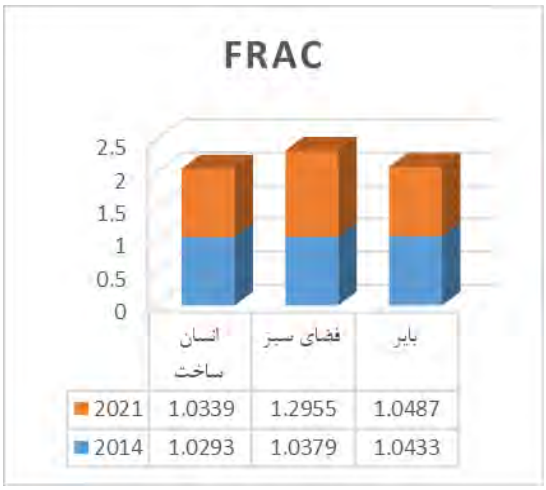


نمودار ۹: تحلیل سنجهٔ مساحت کلاس در سال‌های ۲۰۱۴ و ۲۰۲۱



نمودار ۱۰: تحلیل سنجهٔ میانگین اندازه لکه در سال‌های ۲۰۱۴ و ۲۰۲۱

نمودار ۱۱: تحلیل سنجهٔ میانگین شکل لکه در سال‌های ۲۰۱۴ و ۲۰۲۱



نمودار ۱۲: اطلاعات به‌دست‌آمده از متریک AWMPFD در سال‌های ۲۰۱۴ و ۲۰۲۱

تهیه و ترسیم: نگارنده، ۱۴۰۱

نتیجه

براساس فعالیت‌های انسانی و پدیده‌های طبیعی، کالبد زمین همواره دستخوش تغییر می‌شود؛ ازاین‌رو برای مدیریت بهینهٔ مناطق طبیعی، آگاهی از نسبت تغییرات پوشش کاربری اراضی از موارد ضروری در برنامه‌ریزی محسوب می‌شود. تغییرات پوشش کاربری اراضی برای برنامه‌ریزی‌های فعلی و آتی استفاده از سرزمین درجهت توسعهٔ پایدار حائز اهمیت است و درک ساختار و نحوهٔ ترکیب الگوهای سیمای سرزمین سبب طرح‌ریزی و برنامه‌ریزی یکپارچهٔ سیمای سرزمین می‌شود که می‌تواند به کاهش تخریب سیمای سرزمین کمک کند و از تنزل کیفیت استفاده از زمین جلوگیری کند. این در حالی است که براساس پژوهش انجام‌شده توسط نوحه‌گر و همکاران در سال ۱۳۹۴، حوزهٔ سیمای سرزمین دخل و تصرف انسان، ساختار سیمای سرزمین ریزدانه شده و تعداد تکه‌های انسان‌ساخت مصنوعی و نیمه‌طبیعی افزایش یافته و عوامل مزبور منجر به هضم کاربری جنگل و بیشه‌زار متراکم شده است.

اتصال و پیوستگی سیمای سرزمین نیز به‌واسطهٔ افزایش تکه‌های کاربری‌های متنوع، کاهش پیدا کرده و چشم‌انداز منطقه باهضم تکه‌های جنگل درمیان پوشش‌های انسان‌ساخت، به‌ویژه یکپارچه‌سازی زمین‌های کشاورزی دچار تحول شده است. به‌طورکلی، براساس یافته‌های محمودزاده وهمکاران در سال ۱۳۹۸، تحلیل نقشه‌های کاربری اراضی و متریک‌های سیمای سرزمین به‌وضوح آثار فعالیت‌های انسانی و شهرنشینی بر محیط اطراف را نمایان می‌سازد و نتایج حاکی از این است که سیمای سرزمین شهرها به‌مرور ریزدانه، پیچیده و از نظر هندسی نامنظم‌تر و با کاهش پیوستگی، ازهم‌گسیخته‌تر شده است. یافته‌های پژوهش پیش‌رو، بیانگر این است که فضای سبز در شهر صومعه‌سرا در حال کاهش و تبدیل‌شدن به‌فضای انسان‌ساخت است که ساخت و سازهای بی‌رویه تأثیرهای مهمی بر ساختار اکولوژیک منطقه داشته است که در نتیجهٔ آن فضاهای سبز و بایر به کاربری مسکونی تبدیل شده‌اند که بیشترین میزان تبدیل کاربری فضای سبز به کاربری انسان‌ساخت و سپس کاربری بایر بوده است. نتایج به‌دست‌آمده از سنجه‌های سیمای سرزمین

بیانگر این است که لکه‌های فضاهای سبز صومعه‌سرا از سال ۲۰۱۴ تا ۲۰۲۱ تعداد لکه‌های بیشتر شده که نشانگر خُردشدگی و وجود اختلال در سیمای سرزمین است و مساحت لکه‌ها کم شده و تراکم حاشیه بیشتر شده است. لکه‌های بزرگ فضاهای سبز سال ۲۰۱۴ جای خود را به لکه‌های کوچک‌تر با ارزش اکولوژیکی پایین‌تر داده و ارتباط بین لکه‌های فضاهای سبز قطع شده است. درنهایت برای بهبود وضعیت ساختار اکولوژیک و پیوستگی فضای سبز منطقه پیشنهادهای زیر توصیه می‌شود:

«حفاظت از فضاهای سبز موجود با ارزش اکولوژیکی بالا و با وسعت زیاد و اتصال این قطعات بزرگ توسط قطعات کوچک‌تر یا کریدورهای طبیعی رودخانه‌ها درجهت ایجاد پیوستگی در ماتریس طبیعی شهر.»

منابع

چهرآذر، یحیی؛ فائزه چهرآذر؛ محمدجواد امیری (۱۴۰۰). بررسی و مقایسه آثار رشد شهری بر سیمای سرزمین مناطق ۴ و ۹ شهر کرج جهت بازنگری در روند برنامه‌ریزی سکونتگاه ها، محیط زیست و توسعه فرابخشی. دوره ۶. شماره ۷۱. صفحات ۴۰-۲۵.
SID. https://sid.ir/paper/405622/fa

حاتمی‌نژاد، حسین؛ احمد حاتمی، احمد؛ اعظم مرادی (۱۴۰۰). تحلیل الگوهای رشد فضایی شهر خرم آباد با رویکرد بوم‌شناسی سیمای سرزمین، مطالعات جغرافیای مناطق کوهستانی. دوره ۲. شماره ۳. پیاپی ۷. صفحات ۶۲-۳۹.
SID. https://sid.ir/paper/414503/fa

حسن‌پور، پرستو؛ رومینا سیاح‌نیا؛ حسن اسماعیل‌زاده (۱۳۹۹). ارزیابی ساختار اکولوژیکی فضای سبز شهری با رویکرد سیمای سرزمین مطالعهٔ موردی: منطقهٔ ۲۲ تهران، فصلنامهٔ علوم محیطی. دوره ۱۸. شماره ۱. صفحات ۲۰۲-۱۸۷.
https://envs.sbu.ac.ir/article_98125.html

سلطانی، شکور؛ منیژه قهرودی‌تالی؛ سیدحسن صدوق (۱۳۹۸). کاربرد سنجش از دور و مدل ریاضی فراکتال در بررسی رفتار و تغییرات لندفرم های ژئومورفولوژیکی رودخانه ارس، پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی. دوره ۷. شماره ۴. صفحات ۹۲-۷۳.
SID. https://sid.ir/paper/380215/fa

طالبی‌امیری، شیما؛ فرود آذری‌دهکردی؛ سیدحمیدرضا صادقی؛ سیدرضا صوفی‌باف (۱۳۸۸). تحلیل تخریب سیمای سرزمین حوزه آبخیز نکا با استفاده از متریک های اکولوژی سیمای سرزمین، علوم محیطی. دوره ۶. شماره ۳. صفحات ۱۴۴-۱۳۳.
https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=103154

عسگریان، علی؛ بهمن جباریان‌امیری (۱۳۹۴). بررسی اثر مقیاس بر حساسیت سنجه‌های سیمای سرزمین، نشریهٔ محیط زیست طبیعی. سال شصت و هشتم. شمارهٔ ۳. پاییز ۱۳۹۴. صفحات ۴۴۱-۴۳۱.
https://sid.ir/paper/500416/fa

قبادی، علیرضا؛ میلاد پوررجبی (۱۳۹۸). بررسی نقش مدیریت شهری بر توسعه صنعت گردشگری (مطالعه موردی: شهرستان صومعه سرا)، توسعه پایدار محیط جغرافیایی. دوره۱. شماره ۲. صفحات ۸۴-۶۸.
https://sid.ir/paper/269727/fa

کمانه، سیدعبدالعلی؛ حیدر قادری؛ شهیده دهقان (۱۳۹۴). بازخورد اقلیم و ژئومورفولوژی در برنامه‌ریزی توسعه شهری (مطالعه موردی: کلانشهر شیراز)، برنامه‌ریزی منطقه‌ای. دوره ۵. شماره ۱۹. صفحات ۱۹۸-۱۸۷.
https://sid.ir/paper/230576/fa

محمدی‌جو، مینو؛ مهرداد خان‌محمدی؛ سیدمحمود هاشمی(۱۳۹۷). ارزیابی روند تغییرات سیمای شهر لاهیجان با استفاده ازمفاهیم و متریک‌های سیمای سرزمین، پژوهش های جغرافیای برنامه‌ریزی شهری. دوره۶. شماره۱. صفحات ۱۴۸-۱۲۹.
https://sid.ir/paper/261246/fa

محمودزاده، حسن؛ حسن مسعودی (۱۳۹۸). تحلیلی بر تغییرات ساختاری سیمای سرزمین کلان شـهر تبریـز بـا اسـتفاده از مبانی اکولوژی سیمای سرزمین و با تأکید بر مفهوم پیوستگی، آمایش سرزمین. دوره ۱۱. شماره ۲. صفحات ۲۰۴-۱۷۹.
https://sid.ir/paper/377595/fa

نوحه‌گر، احمد؛ بهمن جباریان‌امیری؛ روشنک افراخته (۱۳۹۴). تحلیل کاربری سرزمین در بخش مرکزی گیلان با رویکرد اکولوژی سیمای سرزمین، جغرافیا و آمایش‌شهری- منطقه‌ایی. دوره ۵. شماره ۱۵. صفحات ۲۱۳-۱۹۷.
https://sid.ir/paper/236733/fa

References

Aswathy, R.K., Sunil Mathew (2016). On different forms of self similarity, Chaos, Solitons & Fractals Volume 87, June 2016, 102-108.
https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S096007791630100X

Rhodes, Edward C., Jay P. Angerer, William E. Fox, and Jason R. McAlister. "Woody vegetation cover, attrition, and patch metrics over eight decades in central Texas, United States." Rangeland Ecology & Management 78 (2021): 54-66.
https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1550742421000592

Balasubramanian, A (2017). 150 Branches of Geology(Earth Science), Department of Studies in Earth Science, University of Mysore, Mysore-6, 1-47 (Researchgate)
https://www.researchgate.net/publication/318602166_150_BRANCHES_OF_GEOLOGYEARTH_SCIENCES

Bhatti, Saad Saleem (2018). Spatial Metrics: The Static and Dynamic Perspectives, In book: Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences. 181-196.
https://www.researchgate.net/publication/316972211_Spatial_Metrics_The_Static_and_Dynamic_Perspectives

Cepic, Michael (2022). Modelling human influences on biodiversity at a global scale–A human ecology perspective, Ecological Modelling Volume 465, March 2022, 109854, 1-13.
https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304380021003926

Cushman, Samuel A., Brad H. McRae, and Kevin McGarigal (2015). Basics of landscape ecology: An introduction to landscapes and population processes for landscape geneticists. Landscape genetics, 9-34.
https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/9781118525258.ch02

Cushman, Samuel A., Kevin Gutzweiler, Jeffrey S. Evans, and Kevin McGarigal (2010). "The gradient paradigm: a conceptual and analytical framework for landscape ecology." Spatial complexity, informatics, and wildlife conservation (2010), 83-108.
https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-4-431-87771-4_5

E ,Amy (2019). Emerging trajectories for spatial pattern analysis in landscape ecology, Landscape ecology, 2073-2082.
https://link.springer.com/article/10.1007/s10980-019-00880-1

Faraniza, Zara (2021). Application of urban ecological concepts towards healthy and humane cities, Journal of Physics Conference Series 1940(1):01205, 1-10.
https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1940/1/012054/pdf

Feng, Yongjiu, and Yan Liu (2015). "Fractal dimension as an indicator for quantifying the effects of changing spatial scales on landscape metrics." Ecological Indicators 53 (2015): 18-27.
https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1470160X15000217

Gökyer, E, Oğuztürk, T, C, Omer LUTFU (2020). Evaluating Landscape Changes in a Coastal City Case of Amasra City, 355-364.
https://www.researchgate.net/publication/347983388_Evaluating_Landscape_Changes_in_a_Coastal_City_Case_of_Amasra_City

Hepcan, C. C (2013). Quantifying landscape pattern and connectivity in a Mediterranean coastal settlement: the case of the Urla district, Turkey, 143-155.
https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22331453/

Jagalingam, P,& Hegde, A.V (2015). A review of quality metrics for fused image. Aquatic Procedia, 4,133-142.
https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214241X15000206/pdf?md5=20520bc5cafb6ec63ed93952fe6310bc&pid=1-s2.0-S2214241X15000206-main.pdf

Kumar, Mukesh, Derrick M. Denis, Sudhir Kumar Singh, Szilárd Szabó, and Shakti Suryavanshi (2018). Landscape metrics for assessment of land cover change and fragmentation of a heterogeneous watershed. Remote Sensing Applications: Society and Environment, 10, 224-233.
https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S235293851730246X

Lam, N.S (2009). Fractal Analysis, International Encyclopedia of Human Geography 2009, 263-270.
https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780080449104004405

J.Lawrence, Roderick (2021). Human Ecology, International Encyclopedia of Transportation 2021, 95-115.
https://www.researchgate.net/publication/350845281_Overcoming_Barriers_to_Implementing_Sustainable_Development_Goals_Human_Ecology_Matters

Mansour, Shawky, Eman Ghoneim, Asmaa El-Kersh, Sayed Said, and Shimaa Abdelnaby (2023). "Spatiotemporal Monitoring of Urban Sprawl in a Coastal City Using GIS-Based Markov Chain and Artificial Neural Network (ANN)." Remote Sensing 15, No. 3 (2023). 601.
https://doi.org/10.3390/rs15030601

Steiner,Frederick (2018). The ecological wisdom of plan-making, Journal of Urban Management Volume 7, Issue 3, December 2018, 124-130.
https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2226585617300894

Termorshuizen, J. W., & Opdam, P (2009). Landscape services as a bridge between landscape ecology and sustainable development. Landscape ecology, 24, 1037-1052.
https://idp.springer.com/authorize/casa?redirect_uri=https://link.springer.com/article/10.1007/s10980-008-9314-8&casa_token=AMIf5uuV1UIAAAAA:aGB9UPxM1LxJlG4RHwKUt4h_BSGfA0eWlQ2rup1JR6DRmraAtrRIgKoV4w-BuH7KR2uBPWjwiOfCR2tCB1I

Wu, Q., Li, Z., Yang, C., Li, H., Gong, L., & Guo, F (2022). On the Scale Effect of Relationship Identification between Land Surface Temperature and 3D Landscape Pattern: The Application of Random Forest. Remote Sensing, 14(2). 279.
https://www.mdpi.com/2072-4292/14/2/279

Yu, H., Liu, X., Kong, B., Li, R., & Wang, G (2019). Landscape ecology development supported by geospatial technologies: A review. Ecological Informatics, 51, 185-192.
https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1574954119300329