Journal of Geography and Planning
Online ISSN: 2717-3534 Print ISSN: 2008-8078
Homepage: https://geoplanning.tabrizu.ac.ir

Presenting an Evaluation Model of Quantitative and Qualitative Indicators of Green Space in Mashhad

Hossein Aghajani [1*] | Farnaz Sarkari [2]

1. Academic Center for Education, Culture and Research-Director of Sustainable Urban and Regional Development Group, Mashhad, Iran. E.mail: aqajani_h@yahoo.com

2. master of urban planning in Tehran University, Tehran, Iran. E.mail: Farnaz.sarkari@ut.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received 12 April 2022
Received in revised form 19 September 2022
Accepted 19 October 2022
Published online 19 February 2024

Keywords:
Green Spaces, Quality, Accessibility, Landscape metrics, FRAGSTATS

ABSTRACT

Urban green spaces are essential for the well-being of the population. However, due to various factors, the distribution of green spaces among city neighborhoods in quantitative and qualitative dimensions is often skewed. Hence, urban planners require effective tools to evaluate and analyze green spaces among the neighborhoods. The most common indicator used in green space assessment is the total area of green space to the total population, however, this index does not provide information on how green space is distributed in the city or region, as well as its ecosystem and ecological effects, which requires a more comprehensive study using new metrics. The aim of this study is to provide tools for a more comprehensive assessment to evaluate and plan better the location and quality of green spaces in the metropolis of Mashhad. For this a set of indicators for green spaces in a multidimensional framework was applied. The indicators considered (i) the total area of green spaces in relation to population and urban context, (ii) the quality of green spaces based on its size, density, the average Euclidean distance, and (iii) the accessibility of green spaces based on its shape, aggregation index, share of population supplied by GS, using the Geographic information system, Fragstats software. The proposed indicators were tested in seventeen municipalities of Mashhad. The results show that districts 17, 6 and 7 have the best and districts 15 and 16 which are among the least privileged areas of the city, have the worst situation of spatial distribution of green space in Mashhad.

Urban green spaces are essential for the well-being of the population. However, due to various factors, the distribution of green spaces among city neighborhoods in quantitative and qualitative dimensions is often skewed. Hence, urban planners require effective tools to evaluate and analyze green spaces among the neighborhoods. The most common indicator used in green space assessment is the total area of green space to the total population, however, this index does not provide information on how green space is distributed in the city or region, as well as its ecosystem and ecological effects, which requires a more comprehensive study using new metrics. The aim of this study is to provide tools for a more comprehensive assessment to evaluate and plan better the location and quality of green spaces in the metropolis of Mashhad. For this a set of indicators for green spaces in a multidimensional framework was applied. The indicators considered (i) the total area of green spaces in relation to population and urban context, (ii) the quality of green spaces based on its size, density, the average Euclidean distance, and (iii) the accessibility of green spaces based on its shape, aggregation index, share of population supplied by GS, using the Geographic information system, Fragstats software. The proposed indicators were tested in seventeen municipalities of Mashhad. The results show that districts 17, 6 and 7 have the best and districts 15 and 16 which are among the least privileged areas of the city, have the worst situation of spatial distribution of green space in Mashhad.

Cite this article: Aghajani, H, Sarkari, F. (2024). Presenting an Evaluation Model of Quantitative and Qualitative Indicators of Green Space in Mashhad. *Journal of Geography and Planning*, 27 (86), 1-19. http//doi.org/10.22034/GP.2022.50982.2986

© The Author(s).
Publisher: University of Tabriz.
DOI: http//doi.org/10.22034/GP.2022.50982.2986

Extended Abstract

Introduction

Urban green spaces are essential for the well-being of the population. However, due to various factors, the distribution of green spaces among city neighborhoods is often skewed. Hence, urban planners require effective tools to evaluate and analyze green spaces among the neighborhoods. The most common indicator used in green space assessment is the total area of green space to the total population, however, this index does not provide information on how green space is distributed in the city or region, as well as its ecosystem and ecological effects. Effective evaluation of urban green space in relation to urban ecosystem depends on the quantity, quality and accessibility to green space and only a limited number of studies have examined this issue in an integrated manner. Also, using landscape metrics for the study of green space distribution is a new topic that has been less addressed. The use of landscape metrics in most domestic studies has been related to the issue of continuity and destruction of land uses at the provincial level and has been less used in relation to the issue of urban green space analysis. The aim of this study is to provide tools to evaluate and plan better the location and quality of green spaces in order to disclose existing inequalities. For this a set of indicators elaborated to analyze green space consider the three main dimensions quantity, quality and spatial distribution.

Indicators associated to the quantity of green space: The sum of green space areas to the total population per municipality and the sum of green spaces to the total area of each municipality have been examined to evaluate the quantity of green space in each area.

Indicators associated to the quality of green space: The quality and accessibility of green spaces is closely related to their size, shape and other aspects of their configuration. So, in this study four indicators of green space patch density, mean size of green space, Mean Euclidean Nearest-Neighbor Distance and the sum of green spaces greater than 0.5ha to the total area of green spaces were selected to examine the quality of green space in each municipality. These metrics describe the quality aspect of green space distribution since small, fragmented and distant patches signify poorer quality than large and contiguous patches.

Indicators associated to the accessibility to the green space: Shape index and Aggregation index are related to the shape complexity and aggregation of green space patches in a neighborhood. Compared with simple-shaped and aggregated patches, complex-shaped and disaggregated patches increase the proximity between green spaces and residents. Share of population served by green space greater than 0.5ha in 300m was also considered.

To study the spatial distribution of parks and green space in the municipalities of Mashhad, census data and land use layer, both of which were prepared in 2016, have been used. To obtain the required information for each region, the research data in Arc GIS software was processed by Spatial join, Tabulate Intersection, Select By Location tools and the required information of each region was obtained. In order to calculate the index score in each region, depending on the index, FRAGSTATS 4.2 and Arc GIS 8 software have been used.

In order to obtain the score of each dimension it is necessary to compare the indicators with each other, and because the data under study have positive and negative size, dimensions and orientation, the data are standardized by the minimum-maximum method. In order to compare each dimension with each other it is necessary to weigh the indicators. The indicators are weighted from the mean method, which is an objective method. Then the weight of the indicators is multiplied by the standardized scores and the final score of each index is obtained and from the sum of the scores of the indicators, the dimension scores and the final score are obtained.

Results

Quantity of green spaces: In general, it can be said that the northeastern half of Mashhad, which is one of the less privileged areas of the city, had a more unfavorable situation in terms of a little green space. District 17 has achieved the best situation in terms of quantity of green space because of the large size of the Sun park in this area.

Quality of green spaces: The average green space in Mashhad was 1.4 hectares. The best situation is in region 13 with 7.62 hectares and the worst situation is in region 10 with 0.28 hectares. The great number of small parks in district 10 has caused the mean size of green spaces to have the lowest value in this region and the Mean Euclidean Nearest-Neighbor Distance and green space patch density had the best condition in this municipality. There was a reverse condition in districts 13 and 14. Existence of a large park in these areas has caused low green space density and mean size of green spaces in these areas is high. In this dimension, the two districts 15 and 16, which are among the less privileged areas of Mashhad, have had the lowest situation.

Accessibility of the green space: The highest value of aggregation index was evaluated in region 14 and the lowest value that indicates the dispersion and non-aggregation of green space in a region was obtained in regions 1 and 9 with values of 75 and 73. Another indicator that increases the accessibility of green spaces is the complexity of the shapes. Compared to simple and integrated green spaces, green spaces with complex and

separated shapes increase the proximity of green space and residents. This index had the highest value in region 17 and the lowest value in region 5. In general, districts 9 and 10 had the best accessibility status among the districts, and districts 14 and 16 had the worst accessibility status.
In general district 17 has the best spatial distribution among the districts. This region, despite having a moderate score in the dimension of accessibility, however, has achieved a high score in both quantitative and qualitative dimensions. Districts 15 and 16, which are considered as low-income areas of Mashhad, have been in a bad situation in all three dimensions. In general, it can be said that the northeastern areas of Mashhad, which are among the less privileged areas of the city, have achieved a low score in the spatial distribution of green space.

Refrences

Anguluri, R., & Narayanan, P. (2017). Role of green space in urban planning: Outlook towards smart cities. *Urban Forestry & Urban Greening*, *25*, 58-65. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.04.007

Arthur, N., & Hack, J. (2022). A multiple scale, function, and type approach to determine and improve Green Infrastructure of urban watersheds. *Urban Forestry & Urban Greening*, *68*. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2022.127459

Coolen, H., & Meesters, J. (2011). Private and public green spaces: meaningful but different settings. *Journal of Housing and the Built Environment*, *27*(1), 49-67. https://doi.org/10.1007/s10901-011-9246-5

de la Barrera, F., Reyes-Paecke, S., & Banzhaf, E. (2016). Indicators for green spaces in contrasting urban settings. *Ecological Indicators* .۲۱۹-۲۱۲ ,٦٢ ,https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.10.027

Li, H., & Liu, Y. (2016). Neighborhood socioeconomic disadvantage and urban public green spaces availability: A localized modeling approach to inform land use policy. *Land Use Policy*, *57*, 470-4 .۷۸ https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.06.015

McGarigal. (2015). <*fragstats.help.4.2.pdf*> (FRAGSTATS HELP, Issue .

Rigolon, A., Browning, M., & Jennings, V. (2018). Inequities in the quality of urban park systems: An environmental justice investigation of cities in the United States. *Landscape and Urban Planning*, *178*, 156-169. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2018.05.026

Sathyakumar, V., Ramsankaran, R., & Bardhan, R. (2020). Geospatial approach for assessing spatiotemporal dynamics of urban green space distribution among neighbourhoods: A demonstration in Mumbai. *Urban Forestry & Urban Greening*, *48*. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126585

Senanayake, I. P., Welivitiya, W. D. D. P., & Nadeeka, P. M. (2013). Urban green spaces analysis for development planning in Colombo, Sri Lanka, utilizing THEOS satellite imagery – A remote sensing and GIS approach. *Urban Forestry & Urban Greening*, *12*(3), 307-314. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2013.03.011

Tian, Y., Jim, C. Y., & Wang, H. (2014). Assessing the landscape and ecological quality of urban green spaces in a compact city. *Landscape and Urban Planning*, *121*, 97-108. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2013.10.001

Wright Wendel, H. E., Zarger, R. K., & Mihelcic, J. R. (2012). Accessibility and usability: Green space preferences, perceptions, and barriers in a rapidly urbanizing city in Latin America. *Landscape and Urban Planning*, *107*(3), 272-282. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2012.06.003

Yao, L., Liu, J., Wang, R., Yin, K., & Han ,B. (2014). Effective green equivalent—A measure of public green spaces for cities. *Ecological Indicators*, *47*, 123-127. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.07.009

Zhou, X., & Wang, Y.-C. (2011). Spatial–temporal dynamics of urban green space in response to rapid urbanization and greening policies. *Landscape and Urban Planning*, *100*(3), 268-277. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2010.12.013

جغرافیا و برنامه ریزی
شاپا چاپی: ۲۰۰۸-۸۰۷۸ شاپا الکترونیکی: ۲۷۱۷-۳۵۳۴
Homepage: https://geoplanning.tabrizu.ac.ir

ارائه الگوی ارزیابی شاخص‌های کمی و کیفی فضای سبز در شهر مشهد

حسین آقاجانی[1*] | فرناز سرکاری[2]

۱. استادیار گروه توسعه پایدار شهری و منطقه‌ای جهاد دانشگاهی مشهد، مشهد، ایران. رایانامه: aqajani_h@yahoo.com

۲. کارشناسی ارشد برنامه ریزی شهری دانشگاه تهران، تهران، ایران.

رایانامه: Farnaz.sarkari@ut.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۱/۲۳
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۶/۲۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۷/۲۷
تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۱۱/۳۰

کلیدواژه‌ها:
فضای سبز، دسترسی، کیفیت، سنجه‌های سیمای سرزمین، فرگستس

چکیده

وجود پارک و فضای سبز از عناصر اکولوژیکی کلیدی در جهت بهبود کیفیت زندگی شهری محسوب می‌شوند. با این وجود، فضاهای سبز در بین مناطق شهر در ابعاد کمی و کیفی به دلیل عوامل مختلف اجتماعی–اقتصادی و فرهنگی غالبا نامتوازن توزیع شده‌اند. از این رو، برنامه‌ریزان شهری به ابزارهای مؤثر برای ارزیابی و تحلیل فضاهای سبز در میان مناطق شهر نیاز دارند. رایج ترین شاخص مورد استفاده در ارزیابی فضای سبز، شاخص مساحت کل فضای سبز به جمعیت کل می‌باشد، با این حال این شاخص، اطلاعاتی در مورد نحوه توزیع فضای سبز در سطح شهر یا مناطق شهری و همچنین اثرات اکوسیستمی و اکولوژیکی آن به صورت کاملی ارائه نمی‌دهد که نیازمند بررسی ابعاد جامع‌تر با استفاده از سنجه‌های جدید می‌باشد. هدف این مطالعه ارائه ابزارهایی برای ارزیابی جامع‌تر فضای سبز در یک چارچوب چندبعدی درکلان‌شهر مشهد است. بدین‌منظور ابتدا به شناسایی یک مجموعه شاخص در سه بعد کمی (سرانه، درصد فضای سبز)، کیفی (میانگین اندازه، درصد فضای سبز بیشتر از ۰.۵ هکتار، تراکم، میانگین فاصله اقلیدسی نزدیک‌ترین همسایه) و دسترسی (شاخص تجمع، شاخص شکل هندسی، درصد جمعیت با فاصله ۱۰۰ و ۳۰۰ به فضای سبز) با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی، نرم‌افزار فرگستس جهت ارزیابی وضعیت فضای سبز در مناطق ۱۷گانه شهر مشهد می‌پردازد. نتایج نشان می‌دهد منطقه ۱۷، ۶ و ۷ به ترتیب دارای وضعیت مطلوبی به لحاظ شاخص‌های مورد بررسی دارند و مناطق کم‌برخوردار ۱۵ و ۱۶ که بدون برنامه رشد کرده‌اند، بدترین وضعیت توزیع فضایی پارک‌ها را در میان مناطق شهر مشهد داشته‌اند.

استناد: آقاجانی، حسین؛ سرکاری، فرناز (۱۴۰۲). ارائه الگوی ارزیابی شاخص‌های کمی و کیفی فضای سبز در شهر مشهد. *جغرافیا و برنامه‌ریزی*، ۲۷ (۸۶)، ۱۹-۱.

http//doi.org/ 10.22034/GP.2022.50982.2986

ناشر: دانشگاه تبریز.

© نویسندگان.

مقدمه

فضاهای سبز از عناصر کلیدی برای ارتقا کیفیت زندگی شهری محسوب میشوند. این فضاها نقش مهمی در بهبود کیفی زندگی مردم با فراهم کردن خدمات اکوسیستمی مانند تعادل اقلیمی،جذب آلودگی‌ها و همچنین افزایش ارتباطات محلی و اجتماعی دارند. پارک‌ها مکانی مناسب برای آسایش، راحتی و سلامت روحی و روانی ساکنان شهر هستند(Zhou & Wang, 2011).

فضاهای سبز شهری را می‌توان نوعی از سطوح کاربری زمین شهری با پوشش‌های گیاهی انسان ساخت دانست که هم واجد «بازدهی اجتماعی» و هم واجد «بازدهی اکولوژیکی» هستند.در این میان باغ‌های میوه در شهر می‌توانند هم واجد «بازدهی اکولوژیکی» باشند و هم واجد «بازدهی اقتصادی» اما به علت عدم امکان بهره برداری عمومی، خصوصی تلقی شده و نمی‌توانند واجد «بازدهی اجتماعی» باشند. در مقایسه با فضاهای سبز خصوصی، فضاهای سبز عمومی باید نقش عمده‌ای در سیستم سبز شهری، به ویژه در مناطق شهری پرجمعیت‌تر ایفا کنند(Coolen & Meesters, 2011). بنابراین فضاهای سبز دارای محدودیت دسترسی مانند باغهای خصوصی و فضاهای سبز دولتی علی رغم اثرات اکولوژیکی و زیست‌محیطی که دارند به دلیل اینکه نمی‌توانند بعنوان کالای عمومی به ارائه کردن خدمات و ایجاد فضای آزاد و رایگان و در دسترس تمام شهروندان (مانند پارک‌ها، کنارگذرهای سبز معابر، میادین و پیاده راه‌ها و ...) لحاظ شوند (de la Barrera et al., 2016) از این مطالعه حذف شدند.

فضای سبز به عنوان جزئی از بافت شهرها و بخشی از خدمات شهری ضرورت یافته و نمی‌توان آن را جدا از نیازهای جامعه شهری دانست، از این رو فضای سبز باید از نظر کمی و کیفی متناسب با حجم فیزیکی شهر، نیازهای جامعه و با توجه به شرایط اکولوژیکی شهر و روند گسترش آتی آن توسعه یابد تا بتواند به عنوان فضای سبز فعال بازدهی زیست محیطی مستمری داشته باشد.

برای استفاده مؤثر از مزایای فضاهای سبز، این فضاها باید در نزدیکی محل زندگی و کار مردم وجود داشته باشند. با این وجود، فضاهای سبز در بین محلات شهر به دلیل عوامل مختلف اجتماعی–اقتصادی و فرهنگی غالبا نامتوازن توزیع شده‌اند(Li & Liu, 2016) عدم تعادل فضایی در تامین فضای سبز و مزایای مرتبط با آن، یک مسئله جهانی عدالت زیست محیطی شناخته شده است که اقدامات ضروری را لازم می‌دارد(Rigolon et al., 2018). با انجام ارزیابی‌های معمول توزیع فضای سبز در سطح محله، برنامه‌ریزان شهری می‌توانند روندهای مکانی توزیع فضای سبز را کشف کنند و در نتیجه استراتژی‌های محلی برای بهبود کارایی فضاهای سبز طراحی کنند(Sathyakumar et al., 2020).

ارزیابی موثر فضای سبز شهری در ارتباط با اکوسیستم شهری بستگی به بررسی کمیت،کیفیت و دسترسی به فضای سبز دارد(Arthur & Hack, 2022; de la Barrera et al., 2016; Sathyakumar et al., 2020) و فقط تعداد محدودی از مطالعات این مساله را بصورت یکپارچه بررسی کرده‌اند. بسیاری از مطالعات مانند (Anguluri & Narayanan, 2017; Senanayake et al.)تنها به معیارهای کمی مانند درصد مساحت فضای سبز و یا سرانه فضای سبز برای بررسی توزیع فضای سبز در میان مناطق مختلف شهر اکتفا کرده‌اند. رایج ترین شاخص مورد استفاده در ارزیابی فضای سبز شاخص مساحت کل فضای سبز به جمعیت کل ($\boldsymbol{m^2}$/جمعیت ساکن) می‌باشد، با این حال این شاخص اطلاعاتی در مورد نحوه توزیع فضای سبز در سطح شهر یا منطقه و همچنین اثرات اکوسیستمی و اکولوژیکی آن ارائه نمی‌دهد(Yao et al., 2014). در واقع این شاخص توزیع فضای سبز را عادلانه در نظر می‌گیرد و به همین دلیل نمی‌تواند اطلاعات کافی و واقعی در مورد توزیع فضای سبز در سطح شهر و نحوه دسترسی تمامی گروه‌های مختلف جمعیتی ارائه کند(de la Barrera et al., 2016).

مطالعات اخیر، علاوه بر ابعاد کمی فضای سبز به ابعاد کیفی و دسترسی فضاهای سبز نیز توجه کرده و این سه بعد را از ویژگی‌های کلیدی برای ارزیابی توزیع فضاهای سبز دانسته‌اند(Arthur & Hack, 2022; de la Barrera et al., 2016; Sathyakumar et al., 2020). کیفیت و دسترسی به فضاهای سبز ارتباط تنگاتنگی با اندازه، شکل و سایر جنبه های پیکربندی آنها دارد. به عنوان مثال، فضاهای سبز بزرگ و به خوبی متصل از تنوع زیستی بیشتر، گردهمایی‌های بزرگ، استفاده های چندگانه همزمان پشتیبانی می کنند و از این رو کیفیت بالایی را ارائه می‌دهند(Sathyakumar et al., 2020). یکی از

روش‌های تحلیل فضای سبز شهری در مطالعات اخیر استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین بوده است. سنجه‌های سیمای سرزمین الگوریتم‌هایی برای کمی کردن خصوصیات مکانی خاص لکه‌ها، کلاس‌ها و یا کل سیمای سرزمین است(McGarigal, 2015). در ادامه به چند پژوهش مرتبط خارجی که از سنجه‌های سیمای سرزمین برای بررسی توزیع فضای سبز استفاده کرده‌اند، اشاره شده است.

(de la Barrera et al., 2016) در پژوهشی به تحلیل فضای سبز شهری در سه بعد کمیت(سرانه و درصد فضای سبز شهری)، کیفیت (شکل و سطح پوشش گیاهی) و دسترسی در سه منطقه درامدی مختلف در شهر سانتیاگو(شیلی) با استفاده از داده‌های سنجش از دور و استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین در نرم‌افزار فرگستس و همچنین سنجه‌های قابل دستیابی در نرم‌افزار آرک جی‌ای‌اس پرداخته است.

(Sathyakumar et al., 2020) در پژوهشی به ارزیابی فضای سبز شهری با استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین در سه بعد کمی (سرانه و درصد فضای سبز) ، کیفی (تراکم فضای سبز، میانگین فضای سبز، میانگین فاصله اقلیدسی نزدیکترین همسایه) و دسترسی (شاخص تجمع و شاخص شکل هندسی) در شهر مومبای کشور هند بین سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۱ پرداخته است. در کشورهای در حال توسعه که داده‌های آماری کمتری وجود دارد، استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین روشی قابل قبول برای ارزیابی فضای سبز در این پژوهش عنوان شده است

(Tian et al., 2014) در پژوهشی با استفاده از سیستم تحلیل جغرافیایی، داده‌های سنجش از دور و روش تحلیل عاملی به تحلیل الگوهای منظر فضاهای سبز شهری در شهر هنگ‌کنگ پرداخته‌اند. در این پژوهش ابتدا با استفاده از نرم‌افزار فرگستس سنجه‌های سیمای سرزمین (اندازه، شکل، مجاورت و ترکیب‌بندی لبه) محاسبه شده و در ادامه با استفاده از روش تحلیل عاملی با انتخاب شاخص‌های منتخب و اعمال وزن هر شاخص که از روش تحلیل عاملی به دست آمده بود، امتیاز اکولوژی فضاهای سبز را در مناطق مختلف هنگ‌کنگ بررسی کرده است

اگرچه در زمینه تحلیل پارک‌های شهری پژوهش‌های مختلفی در داخل کشور انجام شده است، استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین در ارتباط با موضوع بررسی ساختار فضای سبز در شهرها بسیار کم کار شده است. بسیاری از مطالعات به بررسی کاربری‌های اراضی با استفاده از شاخص‌های کمی رایج مانند درصد مساحت کاربری و یا سرانه کاربری مورد نظر پرداخته‌اند. برای مثال شماعی و دیگران(۱۳۹۳) به بررسی و ارزیابی وضعیت شاخص‌ها و سرانه‌های کاربری زمین شهر بابل و انطباق آن نسبت به استاندارد مطلوب شهر سالم پرداخته‌اند و نتیجه گرفته‌اند سرانه کاربری‌های شهر بابل نسبت به شهر سالم خیلی پایین‌تر است و وضعیت کاربری فضای سبز شهر بابل بحرانی بوده است. بسیاری دیگر از مطالعات صورت گرفته در ارتباط با کیفیت فضای سبز شهری به صورت پیمایشی و با استفاده از پرسشنامه صورت گرفته است. برای مثال حسینی‌مند و دیگران(۱۳۹۹) به ارزیابی مؤلفه‌های کیفی–ادراکی فضاهای سبز در ارتقاء حس رضایتمندی و سرزندگی ساکنان محلات اطراف پارک ائل گولی و پارک ولیعصر تبریز به روش کمی، با ابزار پرسشنامه و به صورت پیمایشی پرداختند.

کاربرد سنجه‌های سیمای سرزمین در اکثر پژوهش‌های صورت گرفته در ایران در ارتباط با موضوع پیوستگی و تخریب کاربری‌های اراضی در سطح استانی بوده است. برای مثال (کلاکی و دیگران،۱۳۹۹) به بررسی روند تغییرات در وسعت و الگوی ساختاری پوشش اراضی شهر بهشهر بر اساس تبیین ساختار اکولوژی شهر در طی ۳۴ سال اخیر با استفاده از تکنیک سنجش از دور و متریک‌های سیمای سرزمین پرداختند و نتیجه گرفته‌اند طی دوره زمانی مورد مطالعه وسعت، پیوستگی و ماهیت ترکیب لکه‌های اکولوژکی خصوصا لکه‌های زراعی دچار تخریب شدیدی شده است.

در ادامه چند پژوهش داخلی که از سنجه‌های سیمای سرزمین برای تحلیل ساختار فضای سبز استفاده کرده‌اند، معرفی شده‌اند.

(محمودزاده و مسعودی،۱۳۹۸) به ارزیابی پیوستگی اکولوژیکی سیمای سرزمین شهر تبریز با استفاده از شاخص‌های پیوستگی پرداختند و کریدورهای بهینه بر اساس لایه مقاومت سیمای سرزمین و تکنیک‌های گراف و حداقل هزینه را تهیه کردند.

(استادی و دیگران، ۱۳۹۶) به ارزیابی و رتبه‌بندی مناطق شهر مشهد با استفاده از شاخص‌های کمی و کیفی مبتنی بر متریک‌های سیمای سرزمین پرداختند و با استفاده از روش تاپسیس مناطق را رتبه‌بندی کردند.

(حاتمی و دیگران، ۱۳۹۳) به ارزیابی ترکیب و توزیع فضایی لکه‌های سبز شهر مشهد با استفاده از شش سنجه سیمای سرزمین پرداختند ونتیجه گرفتند شهر مشهد فاقد شبکه موزائیک لکه‌های سبز برای ارائه خدمات اکولوژیک است.

(لاریجانی و همکاران، ۱۳۹۱) در پژوهشی با عنوان تحلیل اکولوژیک ساختار فضای سبز شهر جیرفت با استفاده از متریک‌های سیمای سرزمین، وضعیت فضاهای سبز و تلفیق آن با توسعه پایدار، ترکیب و توزیع فضاهای سبز شهر جیرفت را با کمک متریک‌های سیمای سرزمین بررسی کردند. نتایج این تحقیق بیانگر این موضوع است که فضاهای سبز از نظر ترکیب و توزیع در بخش قابل توجهی از شهر جیرفت دارای شرایط مطلوبی نیستند و شبکه موزاییک لکه‌های فضای سبز شهری از وسعت و پیوستگی لازم برای ارائه خدمات اکولوژیکی برخوردار نیست.

ارزیابی موثر فضای سبز شهری در ارتباط با اکوسیستم شهری بستگی به بررسی کمیت،کیفیت و دسترسی به فضای سبز دارد و فقط تعداد محدودی از مطالعات این مساله را بصورت یکپارچه بررسی کرده‌اند. همچنین بررسی توزیع فضای سبز با استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین موضوع جدیدی که کمتر به آن پرداخته شده است. هدف این مطالعه ارزیابی جامع توزیع فضاهای سبز و پارک‌ها جهت ارتقائ سلامت و دسترسی مناسب شهری به فضای سبز در یک چارچوب کمی، کیفی و دسترسی است، بنابراین به ارزیابی مجموعه شاخص فضای سبز جهت تعیین نابرابری‌های مناطق مختلف شهری می‌پردازد. تمامی شاخص ها در مناطق ۱۷ گانه شهر مشهد مورد بررسی قرار گرفت تا با دقت بیشتری تفاوت‌های موجود را در سطح شهر مشهد آشکار کند. دستیابی به شاخص‌های کمی در ابعاد مختلف ارزیابی توزیع فضای سبز شهری جهت ارائه پیشنهادات در راستای توسعه مناطق در برخورداری از فضای سبز کیفی و بهبود در دسترسی از اهداف این مطالعه است.

روش پژوهش

برای بررسی وضعیت توزیع فضایی پارک‌ها و فضای سبز در مناطق شهر مشهد از داده‌های سرشماری و لایه کاربری اراضی که هر دو در سال ۱۳۹۵ تهیه شده‌اند، استفاده شده است. برای به دست آوردن اطلاعات مورد نیاز برای هر منطقه، داده‌های تحقیق در نرم‌افزار Arc GIS توسط ابزارهای Spatial join, Tabulate Intersection, Select By Location مورد پردازش قرار گرفتند و اطلاعات مورد نیاز هر منطقه به دست آمد. در ادامه برای محاسبه امتیاز شاخص‌ها در هر منطقه بسته به نوع شاخص از نرم‌افزار FRAGSTATS 4.2 و Arc GIS 8 استفاده شده است.

FRAGSTATS یک برنامه تحلیل الگوی فضایی برای تعیین کمیت ساختار (یعنی ترکیب و پیکربندی) مناظر زمین از روی تصاویر رستر است. برای محاسبه شاخص‌ها در این نرم‌افزار پس از اینکه کاربری اراضی موجود در سطح شهر به دو دسته فضای سبز و غیر از فضای سبز دسته‌بندی شدند، لایه کاربری اراضی موجود هر منطقه در نرم‌افزار ARC GIS تبدیل به لایه رستر شده و برای راحتی کار در نرم‌افزار FRAGSTATS خروجی Tiff از آن گرفته شده و به نرم‌افزار FRAGSTATS منتقل شده است.

برای اینکه امتیاز سه بعد و امتیاز نهایی توزیع فضایی پارک‌ها در هر منطقه به دست بیاید، لازم است شاخص‌ها با یکدیگر قابل مقایسه شوند و به این دلیل که داده‌های مورد بررسی دارای اندازه، ابعاد و جهت گیری مثبت و منفی هستند داده‌ها با روش حداقل–حداکثر[1] استاندارد شده‌اند. تمام شاخص‌ها به دو دسته مثبت و منفی تقسیم شده‌اند. برای شاخص‌های مثبت، داده‌های بزرگتر برای توسعه سیستم مساعد تر بوده و برعکس برای شاخص‌های منفی، داده‌های کوچکتر برای توسعه سیستم مساعدتر هستند. فرایند استاندارد کردن داده‌ها با روش حداقل–حداکثر در رابطه (۱) و (۲) نشان داده شده است.

1. minimum-maximum Standardization method

$$Y_{ij} = \frac{X_{ij} - min(X_j)}{max(X_j) - min(X_j)} \quad for\ positive\ index \quad (1)$$

$$Y_{ij} = \frac{max(X_j) - X_{ij}}{max(X_j) - min(X_j)} \quad for\ negative\ index \quad (2)$$

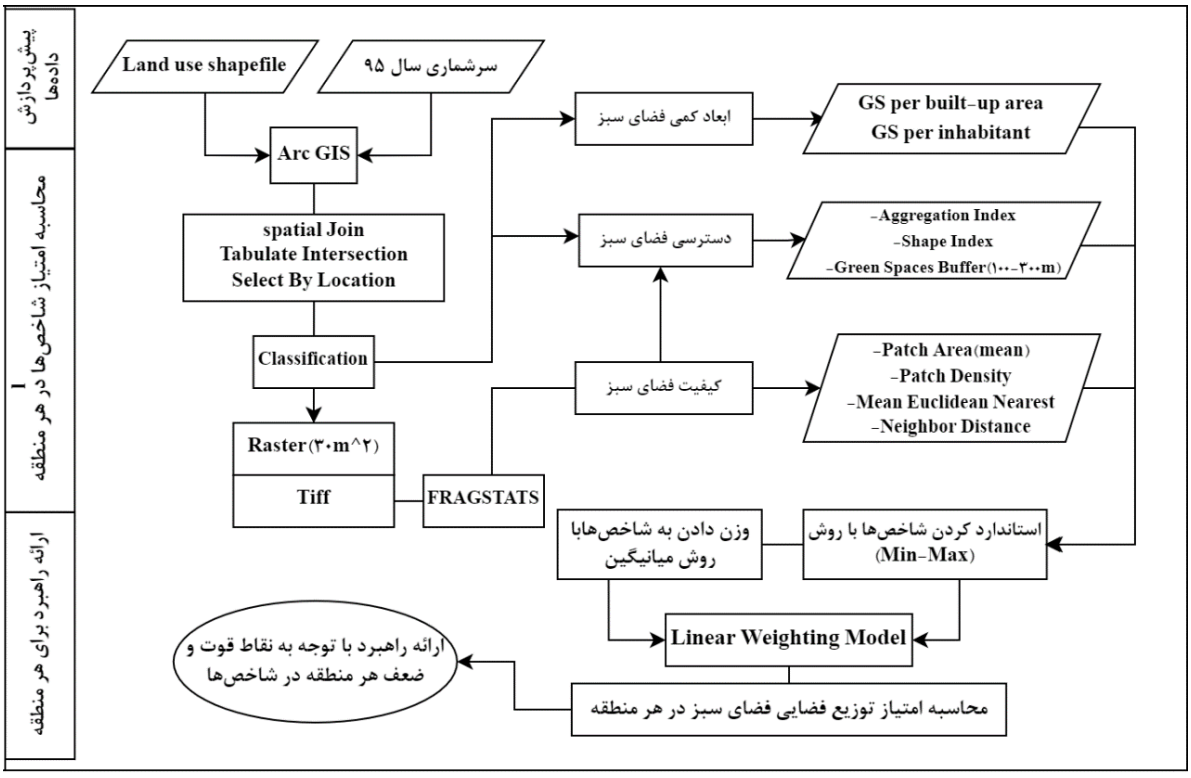
Y_{ij} برابر امتیاز استاندارد شده شاخص j ، $min(X_j)$ و $max(X_j)$ برابر کمترین و بیشترین امتیاز شاخص j هستند، X_{ij} داده خام است. تمام مقادیر بعد از پردازش در بازه $[0,1]$ قرار می‌گیرند.

در ادامه برای مقایسه ابعاد با یکدیگر با استفاده از روش میانگین که یک روش عینی است به شاخص‌ها وزن داده شده است. در این روش تمام ابعاد به یک اندازه مهم در نظر گرفته شده و شاخص‌های هر بعد وزن یکسان می‌گیرند. در ادامه وزن شاخص‌ها در امتیازات استاندارد شده ضرب شده و امتیاز نهایی هر شاخص به دست آمده و از جمع امتیازات شاخص‌ها، امتیازات ابعاد و امتیاز نهایی به دست می‌اید.

محاسبه امتیاز هر بعد

$$U_i = \sum_{j=1}^{p} W_j Y_{ij} \quad (3)$$

U_i برابر امتیاز هر بعد در منطقه i، p برابر تعداد شاخص در هر بعد، W_j وزن هر شاخص، Y_{ij} برابر مقدار استاندارد شده شاخص j برای منطقه i



شکل ۱: فرایند انجام تحقیق

شاخص‌های تحقیق

مطالعات اخیر، ترکیب جنبه‌های کمیت، کیفیت و دسترسی را برای ارزیابی جامع توزیع فضای سبز شهری توصیه کرده‌اند. در این تحقیق نیز مجموعه‌ای از شاخص‌ها با در نظر گرفتن سه بعد اصلی تحلیل شامل: کمیت، کیفیت و دسترسی فضای سبز در نظر گرفته شده‌اند. این تحقیق از ۱۰ شاخص برای بررسی توزیع فضایی پارک‌ها و فضای سبز در شهر مشهد استفاده کرده است.

شاخص‌های مربوط به کمیت (مقدار) فضای سبز

دو شاخص نسبت مساحت فضای سبز به سطح کل منطقه و سرانه فضای سبز(مجموع مساحت فضای سبز به کل جمعیت)برای بررسی کمیت فضای سبز در هر منطقه انتخاب شده‌اند.

شاخص‌های مربوط به کیفیت فضای سبز

مطالعات اخیر نشان می دهد که کیفیت و دسترسی به فضاهای سبز ارتباط تنگاتنگی با اندازه، شکل و سایر جنبه های پیکربندی آنها دارد. به عنوان مثال، فضاهای سبز بزرگ و متصل به هم از تنوع زیستی بیشتر، گردهمایی‌های اجتماعی بزرگ، استفاده‌های چندگانه همزمان پشتیبانی می‌کنند و در بهبود کیفیت هوا، کاهش جزایر گرمایی، کاهش رواناب تأثیر بیشتری دارند از این رو کیفیت بالایی را ارائه می‌دهند(de la Barrera et al., 2016; Tian et al., 2014; Wright Wendel et al., 2012) به همین ترتیب، لکه های فضای سبز کشیده و به خوبی توزیع شده، تعداد بیشتری از ساکنان را جذب و بهره مند می‌کند(Arthur & Hack, 2022). به این دلیل که فضاهای سبز کوچک، تکه تکه و با فاصله زیاد از یک‌دیگر، کیفیت پایین‌تری نسبت به فضاهای سبز بزرگ و پیوسته دارند(Sathyakumar et al., 2020)، در این مطالعه چهار شاخص تراکم فضای سبز، میانگین اندازه فضای سبز، نسبت فضای سبز بزرگتر از ۰.۵ هکتار، میانگین فاصله اقلیدسی بین هر فضای سبز با نزدیک‌ترین فضای برای بررسی کیفیت فضاهای سبز انتخاب شده‌اند.

شاخص‌های مربوط به دسترسی فضای سبز

چگونگی پراکنش فضای سبز در سطح شهر ارتباط تنگاتنگی با دسترسی و شاخص فاصله از خدمات دارد. بلحاظ نظری بیشترین توزیع فضای سبز معمولا بدو شکل هستند.۱) توزیع تمام فضاهای سبز در یک محله محدود ۲) توزیع تمام فضای سبز بصورت برابر در تمام محدوده‌های شهر. شاخص سطح کل فضای سبز برای هر دو نمونه یکسان است، در صورتی که تخصیص توزیع فضایی در دو نمونه متفاوت است. فقط یک شاخص طراحی شده خوب می تواند انعکاس مناسبی از توزیع فضای سبز را نشان دهد. بدین منظور این پژوهش از شاخص تجمع[1](IA) برای محاسبه توزیع خوشه‌ای در سطح محدوده‌های شهر استفاده کرده است. این شاخص یکپارچگی فضای سبز در سطح محدوده‌های شهری را نشان می‌دهد. شاخص تجمع(AI) هنگامی که بر اساس ارزیابی‌ها تمامی قطعات در مجاورت هم قرار دارند نزدیک به ۱۰۰ است و زمانی که تمام قطعات با فاصله از یکدیگر قرار می گیرند نزدیک به صفر است(McGarigal, 2015). شاخص دیگری که در بخش دسترسی فضای سبز بررسی شده است، شاخص شکل هندسی فضای سبز بوده است. این شاخص از نسبت محیط فضای سبز به مساحت آن به دست می‌آید. اگر نسبت برابر با یک باشد فضای سبز شکل منظم و مربعی دارد و اگر بیشتر از یک باشد شکل هندسی نامنظم قطعه فضای سبز را نشان می‌دهد. در مقایسه با فضاهای سبز ساده و تجمیع شده، فضاهای سبز با شکل‌های پیچیده و تفکیک شده نزدیکی فضای سبز و ساکنین را افزایش می‌دهند(Sathyakumar et al., 2020).

1. aggregation index

جدول ۱: شاخص‌های تحقیق

دسته	شاخص	وزن	فرمول	توضیح
کمیت فضای سبز	نسبت فضای سبز به سطح کل منطقه (درصد)	۱/۶	$P_i = \frac{\sum_{j=1}^{n} a_{ij}}{A}(100)$	P_i= نسبت مساحت فضای سبز به مساحت کل منطقه a_{ij}= مساحت فضای سبز A=سطح کل منطقه(مترمربع)
	سرانه فضای سبز(مترمربع)	۱/۶	$PI = \frac{\sum_{j=1}^{n} a_{ij}}{P}$	PI=نسبت فضای سبز به ازای هر ساکن a_{ij}= مساحت فضای سبز P=جمعیت منطقه
کیفیت فضای سبز	تراکم فضای سبز (تعداد در ۱۰۰ هکتار) **Patch Density	۱/۱۲	$PD = \frac{n_i}{A}(10000)(100)$	PD=تعداد فضای سبز در ۱۰۰ هکتار n_i=تعداد فضای سبز در سطح منطقه A=سطح کل منطقه(مترمربع)
	میانگین فضای سبز(هکتار) **Patch Area(mean)	۱/۱۲	$MN = \frac{\sum_{j=1}^{n} a_{ij}}{N} * 10^{-4}$	MN=میانگین فضای سبز N=تعداد فضای سبز
	نسبت مساحت فضای سبز بزرگتر از ۰.۵ هکتار به کل مساحت فضای سبز(درصد)	۱/۱۲	=	–
	میانگین فاصله اقلیدسی نزدیک‌ترین همسایه(متر) * **Mean Euclidean Nearest-Neighbor Distance	۱/۱۲	$ENN_MN = \frac{\sum_{i=1}^{n} d_i}{N}$	d_i فاصله بین هر فضای سبز با نزدیکترین فضای سبز= N=تعداد فضای سبز
دسترسی فضای سبز	شاخص تجمع فضای سبز(درصد) * **Aggregation Index	۱/۱۲	$AI = \left[\sum_{i=1}^{m}\left(\frac{g_{ii}}{max - g_{ii}}\right)P_i\right](100)$	**0≤ AI ≤ 100** **AI=0** اگر فضاهای سبز کاملا فشره و تجمیع شده باشند **AI=100** اگر فضاهای سبز کاملا پراکنده باشند
	شاخص شکل فضای سبز(بدون واحد) **Shape Index	۱/۱۲	$SI = \frac{.25P_{ij}}{\sqrt{a_{ij}}}$	P_{ij}=محیط(متر)فضای سبز a_{ij}=مساحت فضای سبز **SI ≥ 1** **SI = 1** شکل مربعی **SI > 1** هرچه از ۱ بزرگتر باشد، شکل پیچیده‌تر می‌شود
	نسبت جمعیت با فاصله ۱۰۰ متر به فضای سبز به کل جمعیت منطقه(درصد)	۱/۱۲	–	–
	نسبت جمعیت با فاصله ۳۰۰ متر به فضای سبز بزرگتر از ۰.۵ هکتار به کل جمعیت منطقه(درصد)	۱/۱۲	–	–

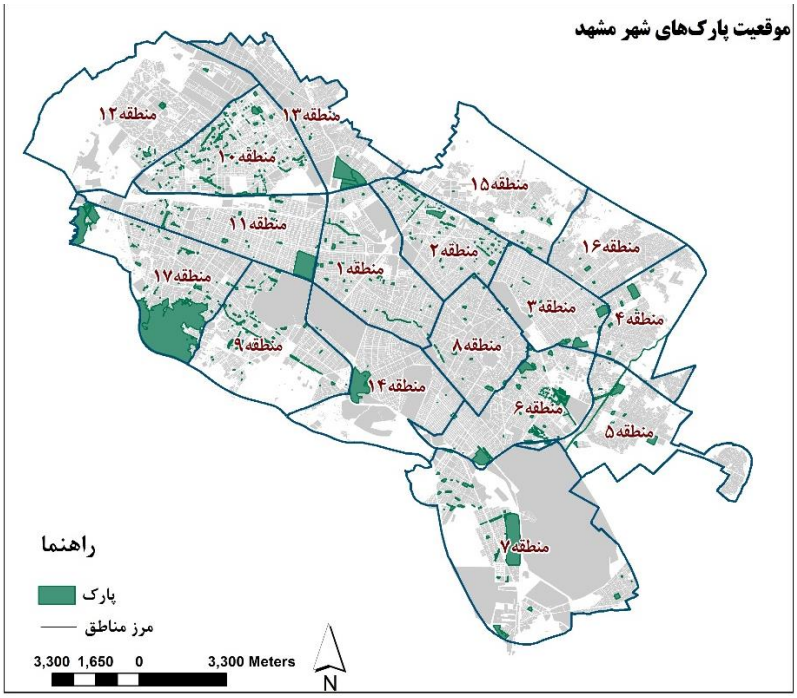
* شاخص‌های منفی

** نام سنجه در FRAGSTATS(McGarigal, 2015)

محدوده مورد مطالعه

شهر مشهد مرکز استان خراسان رضوی با مساحتی در حدود ۳۰۷۳۷ هکتار دارای جمعیتی بالغ بر ۳۰۱۵۹۵۱ نفر و دومین شهر پرجمعیت ایران پس از تهران است. شهر مشهد شامل ۱۷ منطقه می‌باشد که در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفته‌اند. جامعه آماری تحقیق شامل فضاهای سبز و پارک‌های شهر مشهد تعیین شده است. با توجه به وجود باغات بزرگ آستان قدس رضوی و به دلیل عدم دسترسی مردم به این فضاها در این مطالعه، علی‌رغم اثرگذاری بر وضعیت هوای شهر مشهد از نمونه‌های مورد

مطالعه حذف شده‌اند. بنابراین پارک‌ها و فضای سبز که در دسترس عموم مردم قرار گرفته‌اند به عنوان جامعه آماری این تحقیق می‌باشد.

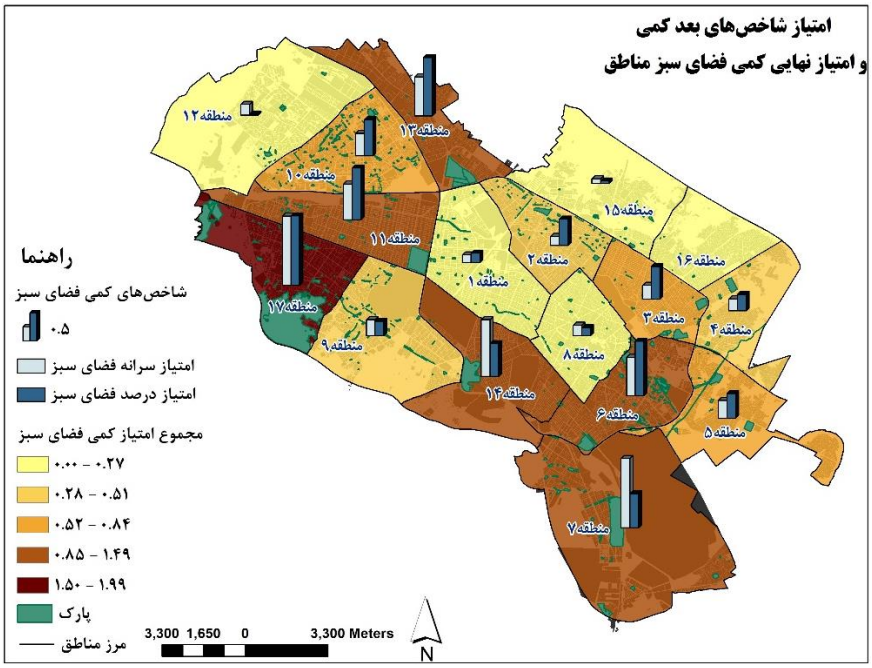


شکل ۲: نقشه موقعیت پارک‌های شهر مشهد

تجزیه و تحلیل داده‌ها

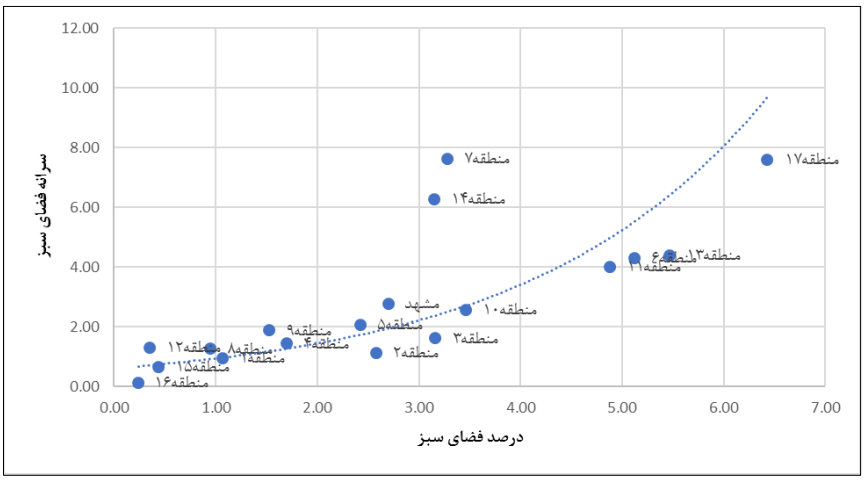
کمیت فضای سبز

برای ارزیابی وضعیت کمی فضای سبز در شهر مشهد از دو شاخص سرانه و نسبت فضای سبز به سطح کل منطقه استفاده شده است. بیشترین سرانه فضای سبز در منطقه ۷(۷.۶۲مترمربع) و کمترین مقدار در منطقه ۱۶(۰.۲۴مترمربع) وجود دارد. این شاخص در سطح شهر مشهد برابر (۲.۷۶مترمربع) است. شاخص نسبت فضای سبز به سطح کل منطقه بیشترین مقدار را در منطقه ۱۷ و کمترین مقدار را در منطقه ۱۶(۰.۲۴٪) داشته است. این مقدار در کل سطح شهر مشهد (۲.۷۱٪) بوده است. بر اساس مطالعات وزارت مسکن و شهرسازی، سرانه متعارف و قابل قبول فضاهای سبز شهری در شهرهای ایران بین ۷ تا ۱۲ مترمربع برای هر نفر است. با مقایسه سرانه‌های فضای سبز مناطق مشهد با استاندارد طرح‌های جامع شهری، تنها مناطق ۷ و ۱۷ از این استاندارد برخوردار هستند. منطقه ۱۷ بهترین وضعیت را در بعد کمی فضای سبز به دست آورده است که دلیل اصلی آن وسعت زیاد پارک خورشید و پارک جنگلی طرق در این مناطق می‌باشد. مناطق حاشیه‌ای شهر شامل مناطق ۱۶ و ۱۵ که جز مناطق کم‌برخوردار شهر مشهد محسوب می‌شوند، بدترین وضعیت کمی فضای سبز را دارا هستند. همچنین منطقه ۱۲ که جز محلات جدید شهر می‌باشد، به طور کامل توسعه پیدا نکرده و بسیاری از قسمت‌های منطقه ساخته نشده است. با این حال به طور کلی می‌توان گفت که نیمه شمال شرقی مشهد که جز مناطق کم‌برخوردارتر شهر می‌باشند وضعیت نامناسب‌تری در بعد کمی و سرانه‌ای فضای سبز داشته‌اند.



شکل ۳: نقشه امتیاز شاخص‌های بعد کمی و امتیاز نهایی کمی فضای سبز مناطق

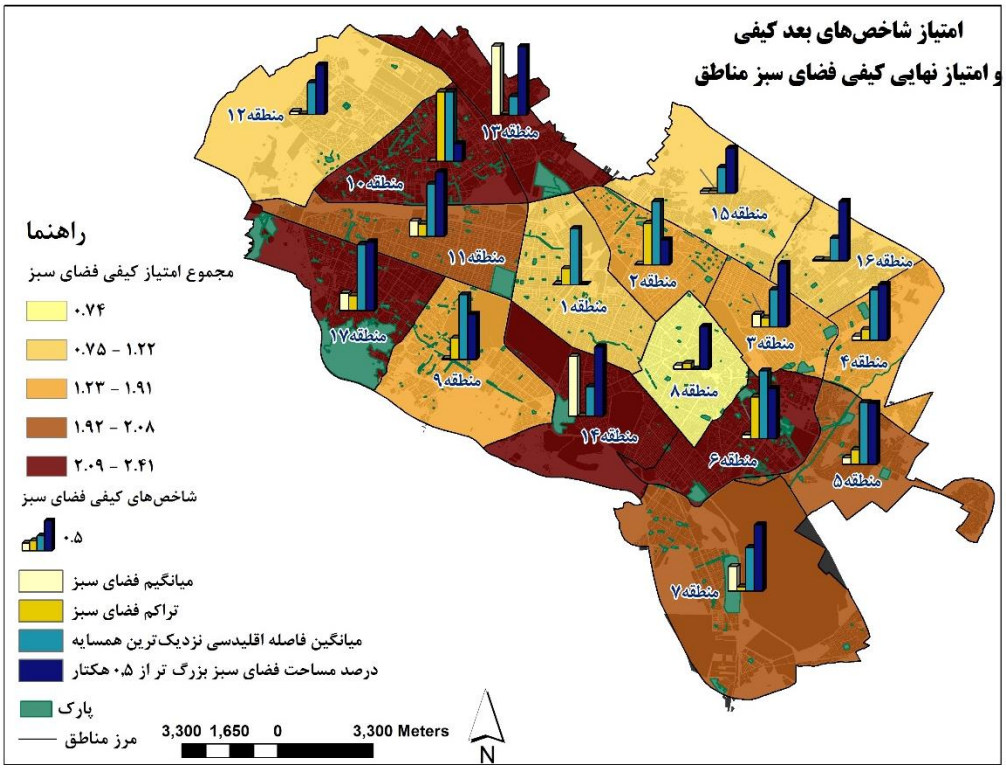
با مقایسه دو شاخص سرانه فضای سبز و درصد فضای سبز در مناطق همانطور که در شکل شماره۳ مشخص است، در بیشتر مناطق از قبیل (مناطق ۳،۲،۱و..) امتیاز درصد فضای سبز بیشتر از امتیاز سرانه فضای سبز بوده که نشان‌دهنده جمعیت بالای این مناطق نسبت به سطح فضای سبز است. در مناطق ۷ و ۱۴ وضعیت شاخص‌ها برعکس شده و شاخص سرانه فضای سبز امتیاز بیشتری نسبت به درصد فضای سبز به دست آورده است که نشان‌دهنده جمعیت کمتر این مناطق نسبت به فضای سبز آن‌هاست. خارج بودن این دو منطقه از روند در شکل شماره ۴ مشخص است. در این نمودار که رابطه بین دو شاخص کمیت فضای سبز را نشان می‌دهد با افزایش درصد فضای سبز، سرانه فضای سبز نیز در مناطق با نسبت مشخص زیاد شده است. با این حال فاصله دو منطقه ۷ و ۱۴ از روند زیاد است. این رابطه در اغلب مناطق به هم نزدیک بوده و فقط در مناطق ۷ و ۱۴ سرانه فضای سبز بالا و در منطقه ۱۷ درصد فضای سبز بالا را نشان می‌دهد. در مجموع این سه منطقه در مقایسه با سایر مناطق نسبتا در دو شاخص کمی ناهماهنگ هستند.



شکل ۴: نمودار ارتباط دو شاخص سرانه و درصد فضای سبز مناطق

کیفیت فضای سبز

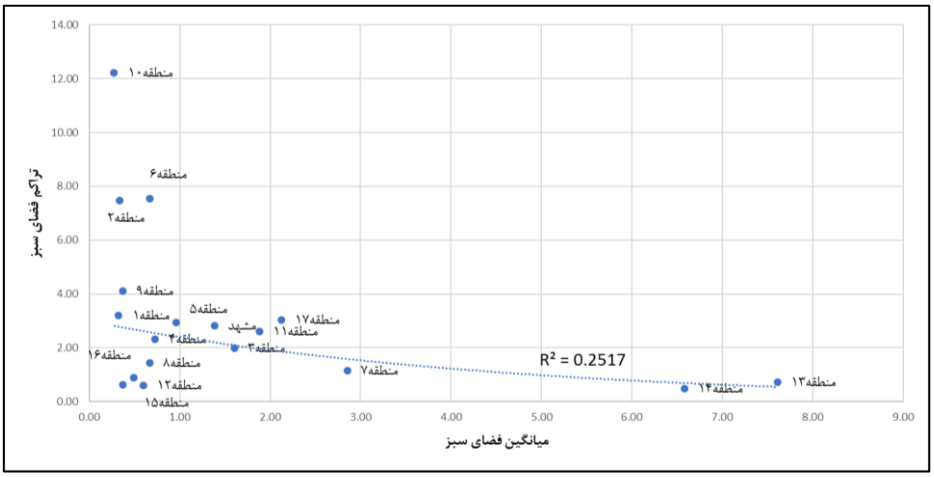
به این دلیل که فضاهای سبز کوچک، تکه تکه و با فاصله زیاد کیفیت فضای کمی دارند در این پژوهش از چهار شاخص میانگین فضای سبز، درصد فضای سبز بزرگتر از ۰.۵ هکتار، فاصله فضای سبز با نزدیکترین فضای سبز بعدی و تراکم فضای سبز برای بررسی کیفیت فضای سبز استفاده شده است. میانگین فضای سبز در شهر مشهد برابر ۱.۴ هکتار بوده است. بهترین وضعیت مربوط به منطقه ۱۳ با ۷.۶۲ هکتار و بدترین وضعیت در منطقه ۱۰ با ۰.۲۸ هکتار وجود دارد. تعداد زیاد پارک‌های کوچک در منطقه ۱۰ باعث شده که شاخص میانگین فضای سبز کمترین مقدار را در این منطقه و شاخص فاصله هر فضای سبز با فضای سبز بعدی کمترین مقدار(بهترین وضعیت) را در این منطقه داشته باشد. شاخص تراکم فضای سبز نیز که بیانگر تعداد فضای سبز در ۱۰۰ هکتار است، بیشترین مقدار را در این منطقه شهرداری داشته است. همین وضعیت در مناطق ۱ و ۲ نیز وجود داشته است. در مناطق ۱۳ و ۱۴ عکس این وضعیت وجود داشته است. وجود یک پارک بزرگ در این مناطق باعث شده تراکم فضای سبز کم و میانگین فضای سبز در این مناطق زیاد باشد. شاخص تراکم فضای سبز بیشترین مقدار را در منطقه ۱۰ با تعداد ۱۲.۲۲ و کمترین مقدار را در منطقه ۱۴ با تعداد ۰.۴۸ داشته است. این مقدار در سطح شهر مشهد برابر ۲.۸۱ بوده است. در این بعد نیز دو منطقه ۱۵ و ۱۶ که جز مناطق کم‌برخوردار شهر مشهد هستند پایین‌ترین وضعیت را داشته‌اند. همچنین منطقه ۸ که بافت دور حرم را شامل می‌شود با وجود تراکم بسیار بالای جمعیت و فعالیت در این منطقه فاقد کیفیت مناسب فضای سبز می‌باشد.



شکل ۵: نقشه امتیاز شاخص‌های بعد کیفی و امتیاز نهایی کیفی فضای سبز مناطق

برای بررسی این مسئله که آیا بین میانگین فضای سبز و تراکم فضای سبز در مناطق شهر رابطه معکوس وجود دارد، بین این دو شاخص رگرسیون گرفته و مقدار ۰.۲۵ به دست آمد که نمی‌توان گفت رابطه قوی بین این دو شاخص وجود دارد، با این وجود همانطور که در شکل شماره ۶ دیده می‌شود دو منطقه ۱۳ و ۱۴ در یک گوشه نمودار قرار گرفته‌اند که بیانگر وجود تعداد کمی

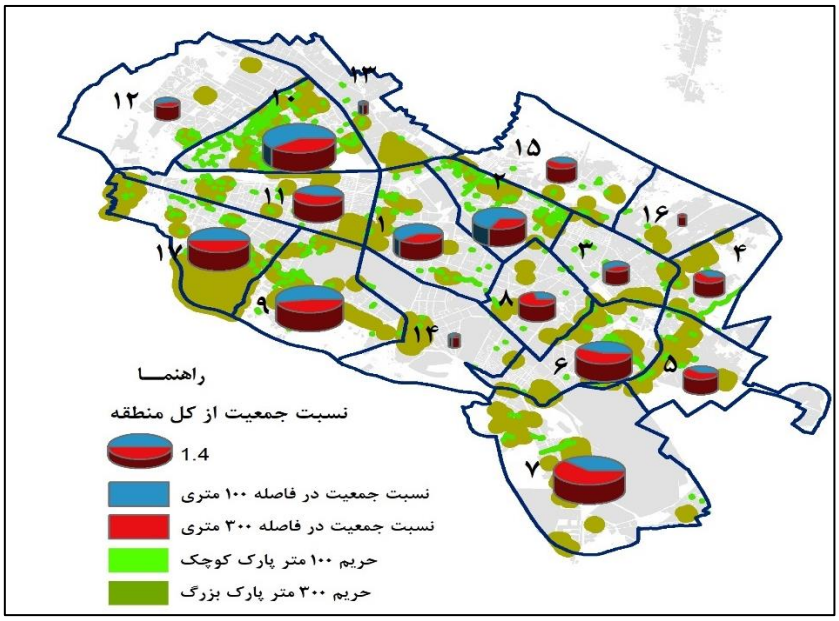
پارک با فضای زیاد در این مناطق هستند و در گوشه دیگر نمودار مناطق ۱۰،۲ و ۶ هستند که دارای تعداد زیادی فضای سبز کوچک می‌باشند.



شکل ۶: ارتباط دو شاخص تراکم و میانگین فضای سبز مناطق

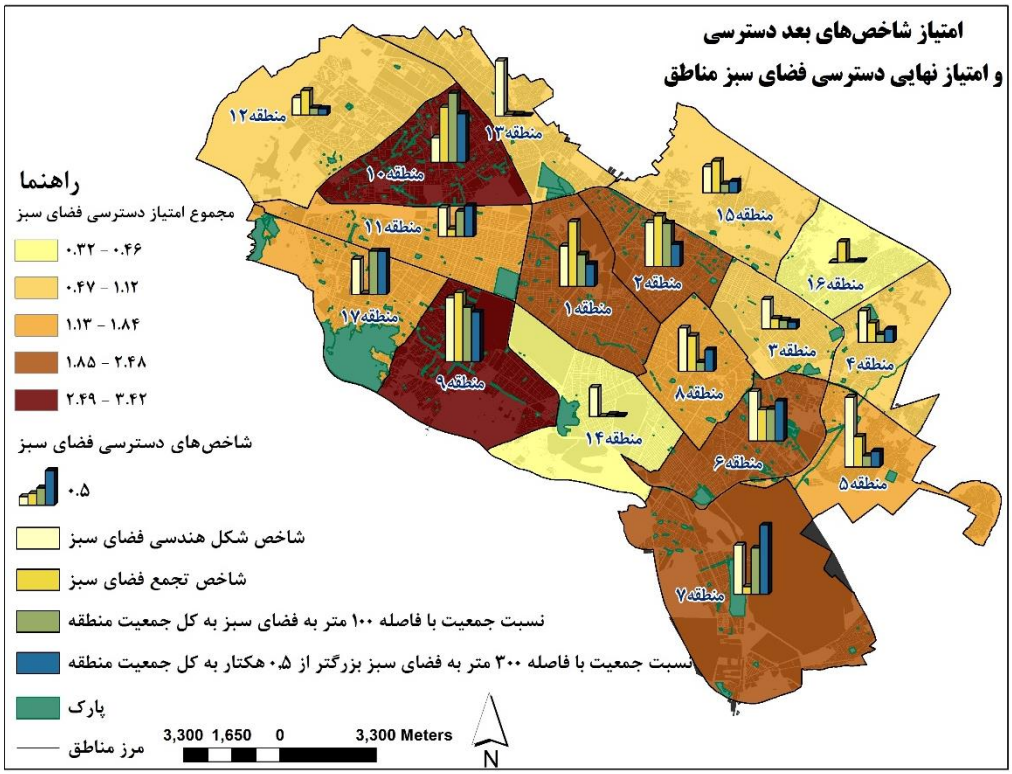
دسترسی فضای سبز

برای بررسی وضعیت دسترسی فضای سبز چهار شاخص شکل هندسی فضای سبز، شاخص تجمع، نسبت جمعیت با فاصله ۱۰۰ متر به فضای سبز و نسبت جمعیت با فاصله ۳۰۰ متر به فضای سبز بزرگتر از ۰.۵ مورد بررسی قرار گرفتند. شاخص تجمیع در بازه ۰ تا ۱۰۰ قرار می‌گیرد، هنگامی که تمامی قطعات در مجاورت هم قرار دارند نزدیک به ۱۰۰ است و زمانی که تمام قطعات با فاصله از یکدیگر قرار می‌گیرند نزدیک به صفر است. بیشترین مقدار این شاخص در منطقه ۱۴ ارزیابی شده و کمترین مقدار که بیانگر پراکندگی و عدم تجمیع فضای سبز در یک منطقه هستند در منطقه ۱ و ۹ با مقدار ۷۵ و ۷۳ به دست آمده است. منطقه ۱۰ به علت وجود پارک‌های کوچک با تعداد زیاد بهترین وضعیت را در شاخص نسبت جمعیت با فاصله ۱۰۰ متر به فضای سبز داشته در حالی که در شاخص نسبت جمعیت با فاصله ۳۰۰ متر به فضای سبز بزرگ‌تر از ۰.۵ هکتار، منطقه ۷ بهترین وضعیت را دارد. شاخص دیگری که دسترسی فضاهای سبز را افزایش می‌دهد، پیچیدگی اشکال است.



شکل ۷: فضاهای سبز و جمعیت تحت پوشش با فاصله ۱۰۰-۳۰۰ متر

در مقایسه با فضاهای سبز ساده و تجمیع شده، فضاهای سبز با شکل‌های پیچیده و تفکیک شده نزدیکی فضای سبز و ساکنین را افزایش می دهند. به همین دلیل شاخص شکل فضای سبز که سادگی(مربعی شکل) و پیچدگی اشکال را بررسی می‌کند به عنوان یکی از شاخص‌های بخش دسترسی مورد ارزیابی قرار گرفته است. بیشترین مقدار را در منطقه ۱۷ و کمترین مقدار را در منطقه ۵ داشته است. در کل مناطق ۹ و ۱۰ بهترین وضعیت دسترسی را در میان مناطق داشته‌اند و مناطق ۱۴ و ۱۶ بدترین وضعیت دسترسی را دارند.

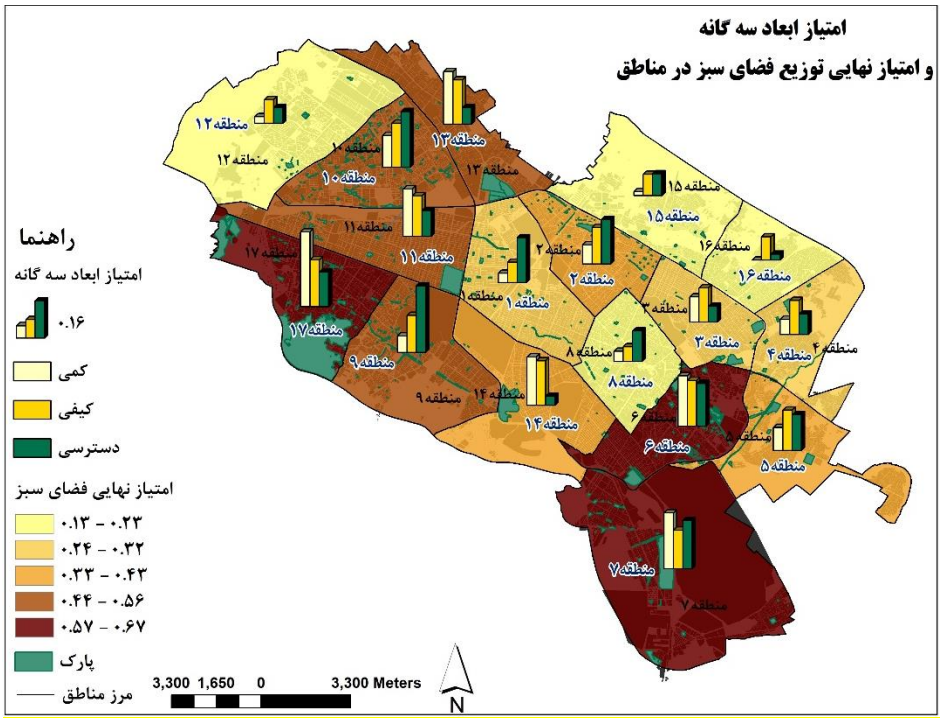


شکل ۸: امتیاز شاخص‌های بعد دسترسی و امتیاز نهایی دسترسی فضای سبز مناطق

جمع‌بندی

امتیاز نهایی توزیع فضایی پارک و فضای سبز در هر منطقه با محاسبه سه بعد توزیع کمی، کیفی و دسترسی فضای سبز به دست آمد. برای به دست آوردن امتیاز نهایی و اینکه ابعاد سه‌گانه با یک‌دیگر قابل مقایسه باشند، امتیازات هر شاخص ابتدا استاندارد شده و سپس در وزن شاخص که از روش میانگین‌گیری به دست آمد ضرب شده است و امتیازات هر بعد به دست آمده است. از جمع امتیازات سه بعد امتیاز نهایی توزیع فضایی فضای سبز در هر منطقه محاسبه شد.

در شکل شماره ۸ امتیاز سه بعد مورد بررسی و امتیاز نهایی مناطق نشان داده شده است. منطقه ۱۷ در کل بهترین وضعیت توزیع فضایی را در میان مناطق داشته است. این منطقه با وجود اینکه در بعد دسترسی امتیاز متوسطی داشته است با این حال در دو بعد کمی و کیفی امتیاز بالایی به دست آورده است. مناطق ۶ و ۷ که در هر سه بعد وضعیت قابل‌قبولی داشته‌اند به ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار گرفته‌اند. مناطق ۱۵، ۱۶ و ۱۲ به ترتیب بدترین وضعیت توزیع فضایی پارک و فضای سبز را در میان مناطق داشته‌اند. مناطق ۱۵ و ۱۶ که جز مناطق کم‌برخوردار شهر مشهد محسوب می‌شوند در هر سه بعد وضعیت نامناسبی داشته‌اند. منطقه ۱۲ به دلیل اینکه به طور کامل توسعه پیدا نکرده و جز مناطق جدید شهر محسوب می‌شود امتیاز پایینی به دست آورده است. در کل می‌توان گفت مناطق شمال شرقی مشهد که جز مناطق کم‌برخوردارتر شهر هستند در مجموع امتیاز پایینی در توزیع فضایی فضای سبز به دست آورده‌اند.



شکل ۹: امتیاز ابعاد سه گانه و امتیاز نهایی توزیع فضای سبز در مناطق

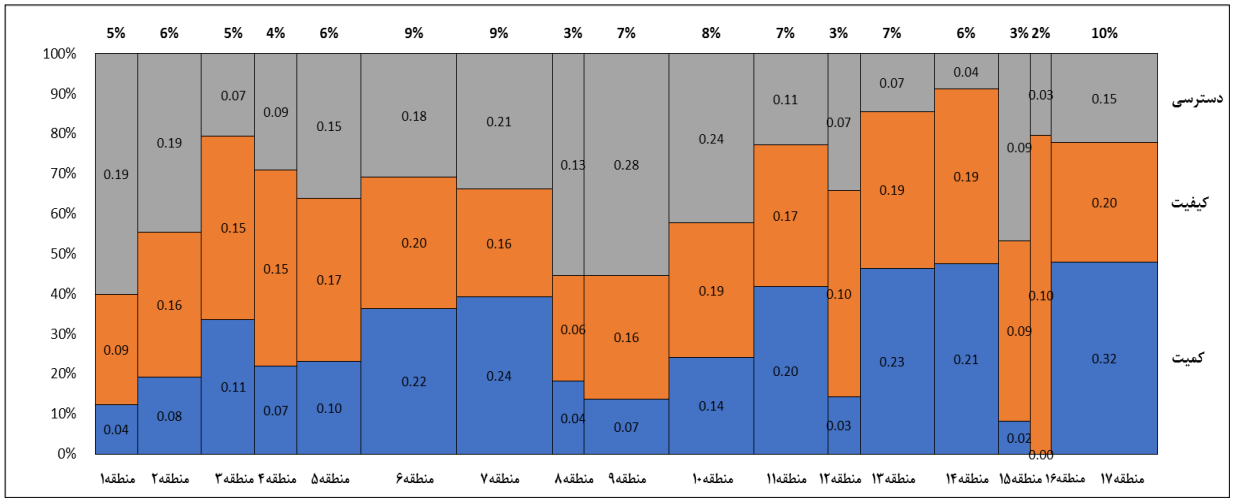
در ادامه برای اینکه به طور دقیق‌تر نقاط قوت و ضعف هر منطقه در توزیع فضایی پارک‌ها مشخص شود، وضعیت شاخص‌ها در هر منطقه در جدول شماره ۲ جمع‌بندی شده است. برای اینکه بهتر بتوان مناطق را با یک‌دیگر مقایسه کرد، وضعیت کل شهر مشهد به عنوان حد وسط اتخاب شده است و در هر شاخص مناطق به دو دسته بهتر از کل شهر و ضعیف‌تر از کل شهر تقسیم شده‌اند(اعداد با رنگ سبز نشان دهنده مقدار بیشتر از میانگین شهر مشهد است). عملکرد مناطق ۴، ۱۲، ۱۵ و ۱۶ در بسیاری از شاخص‌ها پایین‌تر از کل سطح شهر بوده که لزوم رسیدگی به فضای سبز در این مناطق را پررنگ می‌کند.

جدول ۲: امتیاز کل شاخص‌های مورد بررسی در هر منطقه و مقایسه با کل شهر مشهد

بعد	کمیت		کیفیت				دسترسی			
منطقه	سرانه فضای سبز	نسبت فضای سبز به سطح کل منطقه(٪)	میانگین فضای سبز	درصد مساحت فضای سبز بزرگتر از ۰.۵ هکتار	تراکم فضای سبز	فاصله هر فضای سبز با نزدیکترین فضای سبز بعدی	تجمیع فضای سبز	نسبت جمعیت با فاصله ۱۰۰ متر به فضای سبز	نسبت جمعیت با فاصله ۳۰۰ متر به فضای سبز بزرگتر از ۰.۵ هکتار	شکل هندسی فضای سبز
1	0.93	1.07	0.33	0.44	3.19	133	74.9	0.35	0.32	1.49
2	1.10	2.58	0.35	0.64	7.46	97	80.0	0.44	0.32	1.52
3	1.59	3.17	1.62	0.94	1.96	223	94.7	0.16	0.19	1.39
4	1.41	1.71	0.74	0.88	2.31	158	91.3	0.16	0.24	1.41
5	2.04	2.43	0.97	0.92	2.93	105	87.3	0.18	0.27	1.75
6	4.30	5.13	0.68	0.84	7.53	75	87.0	0.35	0.47	1.57
7	7.62	3.28	2.87	0.96	1.15	193	95.7	0.47	0.72	1.57

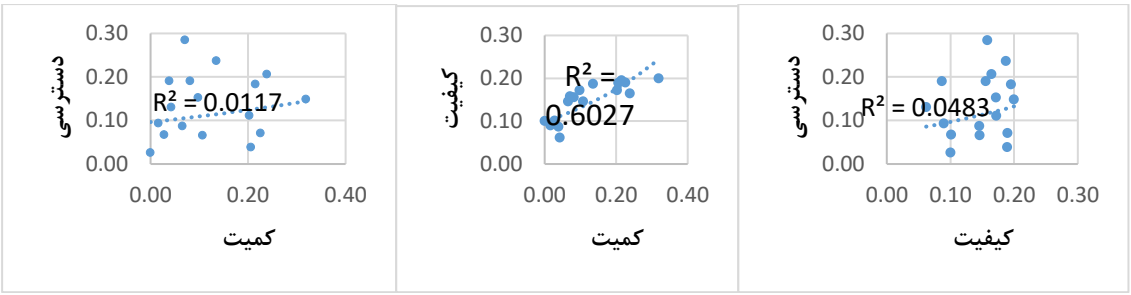
بعد	کمیت		کیفیت				دسترسی			
منطقه	سرانه فضای سبز	نسبت فضای سبز به سطح کل منطقه(٪)	میانگین فضای سبز	درصد مساحت فضای سبز بزرگتر از ۰.۵ هکتار	تراکم فضای سبز	فاصله هر فضای سبز با نزدیکترین فضای سبز بعدی	تجمیع فضای سبز	نسبت جمعیت با فاصله ۱۰۰ متر به فضای سبز	نسبت جمعیت با فاصله ۳۰۰ متر به فضای سبز بزرگتر از ۰.۵ هکتار	شکل هندسی فضای سبز
8	1.24	0.95	0.68	0.78	1.42	403	85.5	0.16	0.31	1.51
9	1.86	1.53	0.38	0.80	4.10	89	73.2	0.54	0.55	1.70
10	2.54	3.46	0.28	0.58	12.22	68	78.3	0.66	0.54	1.34
11	3.98	4.89	1.89	0.95	2.59	152	95.6	0.30	0.39	1.38
12	1.29	0.35	0.61	0.83	0.58	250	89.4	0.15	0.18	1.28
13	4.37	5.47	7.62	0.99	0.72	311	97.7	0.10	0.13	1.62
14	6.26	3.16	6.59	0.99	0.48	260	98.4	0.11	0.14	1.39
15	0.63	0.44	0.50	0.80	0.87	278	86.8	0.16	0.23	1.36
16	0.11	0.24	0.38	0.91	0.62	292	90.9	0.09	0.14	1.12
17	7.58	6.43	2.13	0.98	3.02	83	97.9	0.45	0.50	1.44

در شکل شماره ۱۰ وضعیت ابعاد سه‌گانه در مناطق شهر مشهد نشان داده شده است. اعداد نمودار بیانگر امتیاز هر منطقه در هر بعد است. برای مثال منطقه ۱ در بعد کمی امتیاز۰.۰۴، بعد کیفی ۰.۰۹ و بعد دسترسی امتیاز ۰.۱۹ را به دست آورده است که این ابعاد به ترتیب ۱۰، ۳۰ و ۶۰ درصد امتیاز نهایی توزیع فضای سبز منطقه ۱ را تشکیل می‌دهند که خود نشان‌دهنده وضعیت مطلوب بعد دسترسی نسبت به دو بعد دیگر در منطقه ۱ می‌باشد. اعداد بالاترین سطر نسبت امتیاز هر منطقه را به کل مناطق نشان می‌دهد و یا به عبارت دیگر وضعیت فضای سبز هر منطقه را نسبت به کل مناطق نشان می‌دهد. برای مثال در منطقه ۱ جمع امتیاز فضای سبز این منطقه نسبت به کل مناطق برابر ۵ درصد بوده است. بهترین وضعیت در منطقه ۱۷ با ۱۰درصد و بدترین وضعیت در منطقه ۱۶ با ۲ درصد وجود داشته است.



شکل ۱۰: امتیاز نهایی ابعاد سه گانه در مناطق

شکل شماره ۱۱ رابطه بین سه بعد را دوبه‌دو بررسی کرده است. بیشترین وابستگی ابعاد کمی و کیفی مشاهده شده است. به طوری‌که با افزایش شاخص‌های کمی، وضعیت کیفی فضای سبز نیز افزایش پیدا کرده است و بیانگر این نکته است که برای اینکه وضعیت کیفی فضاهای سبز در مناطق بهبود پیدا کند باید وضعیت کمی آن‌ها نیز افزایش یابد. درحالی که بین ابعاد کمی و دسترسی و همچنین دو بعد کیفی و دسترسی این رابطه مشاهده نشده است.



شکل ۱۱: نمودار ارتباط دوبه‌دوی ابعاد توزیع فضای سبز

بحث و نتیجه گیری

ارزیابی مؤثر فضای سبز شهری در ارتباط با اکوسیستم شهری بستگی به بررسی کمیت، کیفیت و دسترسی به فضای سبز دارد و اغلب مطالعات این مساله را بصورت یکپارچه بررسی نکرده‌اند. بسیاری از مطالعات تنها به معیارهای کمی مانند درصد و سرانه فضای سبز در بین مناطق مختلف شهر اکتفا کرده‌اند. یکی از روش‌های تحلیل فضای سبز شهری در مطالعات اخیر استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین بوده است. استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین در اکثر پژوهش‌های داخلی مرتبط با موضوع پیوستگی و تخریب کاربری‌های اراضی در سطح استانی بوده و در رابطه با موضوع تحلیل فضای سبز شهری کمتر مورد استفاده قرار گرفته است.

شهر مشهد دومین کلان‌شهر ایران است که علی‌رغم واقع شدن در مناطق اقلیمی خشک از سرانه‌های فضای سبز مناسبی بلحاظ کمی برخوردار است. وجود باغات خصوصی و به ویژه اراضی زراعی و باغی آستان قدس رضوی باعث کاهش آلودگی‌های منتج از تردد بسیار زیاد خودروها به ویژه در محورهای اصلی شهر شده است. بنابراین این سطوح سبز با وجود اثرگذاری بر وضعیت کیفی هوای شهر، به دلیل محدودیت‌های دسترسی عموم مردم در این فضاها از این مطالعه حذف شده است و جامعه آماری این تحقیق شامل پارک‌ها و فضاهای سبزی هستند که در دسترس عموم قرار دارند. در این مطالعه به ارزیابی جامع توزیع پارک‌ها و فضای سبز شهری مناطق ۱۷گانه شهر مشهد در یک چارچوب کمی، کیفی و دسترسی با استفاده از توابع تحلیلی در Arc GISو سنجه‌های سیمای سرزمین پرداخته شد. امتیاز نهایی توزیع فضایی پارک و فضای سبز در هر منطقه با محاسبه سه بعد توزیع کمی، کیفی و دسترسی فضای سبز به دست آمد.

به طور کلی نتایج نشان می‌دهد منطقه ۱۷ بهترین وضعیت توزیع فضایی را در میان مناطق داشته است. این منطقه با وجود اینکه در بعد دسترسی امتیاز متوسطی دارد در دو بعد کمی و کیفی امتیاز بالایی به دست آورده است. مناطق ۶ و ۷ که در هر سه بعد وضعیت قابل‌قبولی داشته‌اند به ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار دارند. مناطق ۱۵، ۱۶ و ۱۲ به ترتیب پایین‌ترین شاخص وضعیت توزیع فضایی پارک‌ها و فضای سبز را در میان مناطق دارند. مناطق ۱۵ و ۱۶ که جز مناطق کم‌برخوردار شهر مشهد محسوب می‌شوند در هر سه بعد وضعیت نامناسبی داشته‌اند. منطقه ۱۲ به دلیل اینکه به طور کامل توسعه پیدا نکرده و جز مناطق جدید شهر محسوب می‌شود امتیاز پایینی به دست آورده است. در مجموع وضعیت نامناسب توزیع فضایی پارک‌ها در

ارتباط با شاخص‌های کمی، کیفی و دسترسی منطبق بر مناطق کم‌برخوردار شهر مشهد هستند که اغلب این مناطق در شمال شرقی شهر مشهد واقع شده‌اند.

در ادامه به منظور بهبود کمی و کیفی و همچنین شاخص دسترسی راهبردهایی بر اساس قوت‌ها و ضعف‌های توزیع فضایی پارک‌ها در مناطق پیشنهاداتی ارائه شده است:

- احداث پارک‌های با مساحت کمتر از ۰.۵ هکتار با توزیع فضایی مناسب در سطح منطقه (مناطق ۳، ۴، ۷)
- احداث پارک‌های بزرگ با مساحت بیشتر از ۰.۵ هکتار با اشکال خطی و غیرمربعی(مناطق ۱، ۱۰)
- احداث پارک‌های بزرگ با مساحت بیشتر از ۰.۵ هکتار (مناطق ۲، ۵، ۹)
- احداث پارک‌های بزرگ با مساحت بیشتر از ۰.۵ هکتار و پارک‌های کوچک با توزیع فضایی مناسب (مناطق ۸،۱۲،۱۵،۱۶)
- احداث پارک‌های خطی (مناطق ۱۱،۱۳،۱۴)

منابع

استادی، م.، و سلطانی فرد، ه.، و ادب، ح.، و قلیچی پور، ز.، و پهلوانی، ع. (۱۳۹۶). ارزیابی و رتبه بندی مناطق شهری با تاکید بر کیفیت اکولوژیکی پارکها و فضای سبز به روش تاپسیس (مطالعه موردی: مناطق شهری مشهد). محیط شناسی, ۴۳(۲), ۳۲۹-۳۴۷. https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=476889

حاتمی، مریم و ستوده، احد و مختاری، محمدحسین و کیانی، بهمن،۱۳۹۳،ارزیابی ترکیب و توزیع فضایی لکه های سبز شهر مشهد با استفاده از سنجه های سیمای سرزمین،ششمین کنفرانس ملی برنامه ریزی و مدیریت شهری با تاکید بر مولفه های شهر اسلامی،مشهد،https://civilica.com/doc/349448

حسینی مند, نگین, یعقوبی, معصومه, شاه حسینی, حبیب, جوان فروزنده, علی. (۱۴۰۰). ارزیابی مؤلفه‌های کیفی-ادراکی فضاهای سبز در ارتقاء حس رضایتمندی و سرزندگی ساکنان محلات اطراف آن (نمونه‌های مورد مطالعه پارک ائل‌گلی و پارک ولیعصر تبریز). نشریه علمی جغرافیا و برنامه ریزی, ۲۵(۷۷), ۶۱-۷۹ . doi: 10.22034/gp.2021.41603.2693

زاهدی کلاکی, ابراهیم, متولی, صدرالدین, محمودزاده, حسن, غلامرضا, جانباز قبادی. (۱۴۰۰). تبیین ساختار اکولوژی شهری در راستای ارتقای ضریب تاب آوری زیست محیطی با استفاده از تحلیل متریکهای سیمای سرزمین (مطالعه موردی شهر بهشهر). نشریه علمی جغرافیا و برنامه ریزی, ۲۵(۷۸), ۱۹۷-۲۱۸. doi: 10.22034/gp.2021.42841.2741

شماعی, علی, جان بابانژاد, محمدحسین, زمانی, زهرا. (۱۳۹۴). ارزیابی شاخص های کاربری اراضی شهری با تأکید بر سرانه مطلوب شهر سالم مطالعه موردی: شهر بابل. نشریه علمی جغرافیا و برنامه ریزی, ۱۹(۵۴), ۱۴۳-۱۷۰.

لاریجانی، م.، و قسامی، ف.، و یوسفی روبیات، ا. (۱۳۹۳). تحلیل اکولوژیک ساختار فضای سبز شهر جیرفت با استفاده از متریک های سیمای سرزمین. آمایش محیط, ۷(۲۵), ۴۹-۶۴. https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=۲۲۶۶۳۸

محمودزاده، ح.، و مسعودی، ح. (۱۳۹۹). کاربرد مفاهیم گراف و حداقل هزینه در توسعه شبکه فضای سبز شهری و بهبود پیوستگی اکولوژیکی سیمای سرزمین (مطالعه موردی: کلان شهر تبریز). محیط شناسی, ۴۶(۱), ۹۷-۱۱۴. https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=565142

Anguluri, R., & Narayanan, P. (2017). Role of green space in urban planning: Outlook towards smart cities. *Urban Forestry & Urban Greening*, *25*, 58-65. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.04.007

Arthur, N., & Hack, J. (2022). A multiple scale, function, and type approach to determine and improve Green Infrastructure of urban watersheds. *Urban Forestry & Urban Greening*, *68*. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2022.127459

Coolen, H., & Meesters, J. (2011). Private and public green spaces: meaningful but different settings. *Journal of Housing and the Built Environment*, *27*(1), 49-67. https://doi.org/10.1007/s10901-011-9246-5

de la Barrera, F., Reyes-Paecke, S., & Banzhaf, E. (2016). Indicators for green spaces in contrasting urban settings. *Ecological Indicators* ,۶۲ ,https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.10.027 .۲۱۲-۲۱۹

Li, H., & Liu, Y. (2016). Neighborhood socioeconomic disadvantage and urban public green spaces availability: A localized modeling approach to inform land use policy. *Land Use Policy*, *57*, 470-4 .۷۸https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.06.015

McGarigal. (2015). <*fragstats.help.4.2.pdf*> (FRAGSTATS HELP, Issue .

Rigolon, A., Browning, M., & Jennings, V. (2018). Inequities in the quality of urban park systems: An environmental justice investigation of cities in the United States. *Landscape and Urban Planning*, *178*, 156-169. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2018.05.026

Sathyakumar, V., Ramsankaran, R., & Bardhan, R. (2020). Geospatial approach for assessing spatiotemporal dynamics of urban green space distribution among neighbourhoods: A demonstration in Mumbai. *Urban Forestry & Urban Greening*, *48*. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126585

Senanayake, I. P., Welivitiya, W. D. D. P., & Nadeeka, P. M. (2013). Urban green spaces analysis for development planning in Colombo, Sri Lanka, utilizing THEOS satellite imagery – A remote sensing and GIS approach. *Urban Forestry & Urban Greening*, *12*(3), 307-314. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2013.03.011

Tian, Y., Jim, C. Y., & Wang, H. (2014). Assessing the landscape and ecological quality of urban green spaces in a compact city. *Landscape and Urban Planning*, *121*, 97-108. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2013.10.001

Wright Wendel, H. E., Zarger, R. K., & Mihelcic, J. R. (2012). Accessibility and usability: Green space preferences, perceptions, and barriers in a rapidly urbanizing city in Latin America. *Landscape and Urban Planning*, *107*(3), 272-282. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2012.06.003

Yao, L., Liu, J., Wang, R., Yin, K., & Han ,B. (2014). Effective green equivalent—A measure of public green spaces for cities. *Ecological Indicators*, *47*, 123-127. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.07.009

Zhou, X., & Wang, Y.-C. (2011). Spatial–temporal dynamics of urban green space in response to rapid urbanization and greening policies. *Landscape and Urban Planning*, *100*(3), 268-277. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2010.12.013