Journal of Geographical Urban Planning Research

Journal Hopepage: www.jurbangeo.ut.ac.ir

Research Paper

Assessing the Structural Quality of Green Space Network in Urban Environments, Case Study: District 16 of Tehran city

Majid Ramezani Mehrian [a *]

[a]. *Department of Environmental Studies, the Institute for Research and Development in the Humanities (SAMT), Tehran, Iran*

A R T I C L E I N F O

Keywords:
Urban Green Space, Structural Quality Assessment, Connectivity, Shape Index, District 16 of Tehran city.

Received:
27 December 2021
Received in revised form:
1 March 2022
Accepted:
26 April 2022
pp.81-99

A B S T R A C T

Urban green spaces are one of the most important components of dealing with the harmful effects of cities on the environment. This part of land use has an effective role in environmental and ecological functions at the level of cities. One of the issues faced by urban planners is to achieve the maximum performance of green space due to limited land and resources. The performance of urban green spaces is largely influenced by their network structure. Based on this, in this article, according to the theoretical foundations of landscape ecology and the functions of urban green space, the quality index of the structure of the green space network has been introduced for the analysis of the green space network at the city level. Numerical calculations of this index and the metrics used in its formulation were done to evaluate the structural quality of the green space network in District 16 of Tehran. Based on the obtained results, the Ba'ath neighborhood has the highest level of the structural quality of green space. Also, in this article, moving window analysis was used to apply the structural quality index and prepare the map. The structural quality map of the green space network can be optimally used in the process of managing and improving the performance of urban green spaces.

Citation: Ramezani Mehrian, M. (2022). Assessing the Structural Quality of Green Space Network in Urban Environments, Case Study: District 16 of Tehran city. *Journal of Geographical Urban Planning Research, 10* (1), 81-99.

http://doi.org/10.22059/JURBANGEO.2022.325283.1535

*. Corresponding author (Email: majidmehrian@ut.ac.ir)

Copyright © 2022 The Authors. Published by University of Tehran. This is an open access article under the CC BY license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Extended Abstract

Introduction

Urban green spaces are one of the most important components in dealing with the harmful effects of cities on the environment. This part of land use has an effective role in environmental and ecological services in cities. From a climatic point of view, green spaces help to regulate the climate and reduce the concentration of pollutants. Ecologically, urban green spaces are habitats for plants and animals and are a factor in the continuation of ecological processes in the city. Research also shows that urban green spaces significantly impact public health. Considering the limited land and resources in compact cities, achieving maximum performance of urban green space is one of the issues that city planners face. In recent decades, the preservation and restoration of ecological and environmental functions of urban green space have become the basic principles of sustainable urban development. The shift in the attention of urban green space planners from quantity to quality highlights the urgent need to study and recognize the macro-urban green space network as a system. Therefore, the study of green space structure on an urban scale is of theoretical and practical importance for a deep understanding of ecological and environmental functions, the effects of natural urban elements, and their application in urban planning. Cities may vary greatly in architectural form and environmental settings, but one thing they all have in common is that the extent and form of urban development affect the mosaic of habitat spots and their ecological features, and different structures of the urban landscape have different effects on ecological systems. Urban development leads to changes in biodiversity, microclimate, and access to natural resources by affecting the landscape structure and ecological processes. Thus, recognizing and quantifying the structure of the urban landscape is necessary to study ecological processes at different scales. The performance of urban green space is greatly influenced by its network structure, but the tools and methods of quantifying the structural quality of green space networks in cities have not been well developed. Accordingly, this article introduces the structural quality index of urban green space networks based on the theoretical foundations of landscape ecology and urban green space functions. Numerical calculations of this index and other metrics used in its compilation were performed to evaluate the structural quality of the green space network in District 16 of Tehran city. District 16 of Tehran, with an area of 1651 hectares (about 2.5% of the area of Tehran), is located in the south of the city. The high concentration of pollutants in this district and the function of this district as a gathering point for passenger terminals indicate the need for optimizing the performance of the green space network in this area.

Methodology

Steps of the research include preparing the green space map in the study area, identifying the important criteria for structural quality assessment by reviewing the theoretical foundations of landscape ecology, selecting appropriate metrics for selected criteria according to the nature and function of metrics, quantifying the structure of green space network using selected metrics, compiling an integrated index of the structural quality of green space network and measuring the structural quality of green space network in the study area. In the urban landscape, connectivity, morphological cohesion and relative size of green space are key components and determine the level of ecosystem services. Accordingly, these three key components should be considered in composing the overall index to assess the structural quality of the green space network. For this purpose, in this paper, by examining the various metrics available in the field of quantification of landscape structure, three-metrics, including “percentage of landscape," "normalized landscape shape Index," and “connectance index" were respectively chosen for quantifying relative extent, connectivity and morphological

coherence of the green space.

Results and discussion

According to the obtained data, the percentage of green space areas in Naziabad and Besat neighborhoods (31 and 30%) is higher than in other neighborhoods. The lowest percentage of green space is allocated in Khazaneh and Northern Aliabad (11%). In terms of connectivity, Northern Aliabad and Takhti neighborhoods have the highest degree of green space connectivity (60% and 58%) and the lowest belongs to Javadieh and Yakhchiabad neighborhoods (21% and 27%). The nLSI analysis results show that the best degree of green space shape coherence belongs to Besat, Bagh-e Azari, and Southern Aliabad neighborhoods (0.15, 0.19, and 0.2), and the highest level of green space fragmentation has happened in Khazaneh, Northern Aliabad, and Javadiyeh neighborhoods. Based on the green space structural quality index, the overall quality, Besat town neighborhood has the highest level of green space quality (49 out of 100). After that, the highest score belongs to Naziabad and Takhti neighborhoods (44 out of 100).

Conclusion

Results show that the Besat neighborhood has the highest level of structural quality in green space. Also, in this article, moving window analysis was used to map the structural quality index. The structural quality map of the green space network can be used optimally in managing and improving urban green space performance. In comparison with other studies conducted in the field of assessing the quality of urban green space networks, the proposed method in this study has the following advantages: 1) In compiling it, different functions of green space networks have been considered; 2) It provides an overall index for quantifying structural quality; 3) It is based on objective data, and 4) It makes the possibility to compare the situation of different parts of the study area.

Funding
There is no funding support.

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

Conflict of Interest

Authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

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

مجله پژوهش‌های جغرافیای برنامه‌ریزی شهری
Journal Hopepage:www.jurbangeo.ut.ac.ir

مقاله پژوهشی

ارزیابی کیفیت ساختاری شبکه فضای سبز در محیط‌های شهری
مطالعه موردی: منطقه ۱۶ شهر تهران

مجید رمضانی مهریان [۱]– استادیار گروه مطالعات محیطی، پژوهشکده تحقیق و توسعه علوم انسانی (سمت)، تهران، ایران

اطلاعات مقاله

واژگان کلیدی:
فضای سبز، شهری ارزیابی کیفیت ساختاری، پیوستگی، شاخص شکل، منطقه ۱۶ شهر تهران.

تاریخ دریافت:
۱۴۰۰/۱۰/۰۶
تاریخ بازنگری:
۱۴۰۰/۱۲/۱۰
تاریخ پذیرش:
۱۴۰۱/۰۲/۰۶
صص. ۹۹-۸۱

چکیده

فضاهای سبز شهری از مهم‌ترین مؤلفه‌های مقابله با آثار مضر شهرها بر محیطزیست به شمار می‌روند. این بخش از کاربری اراضی نقش مؤثری در عملکردهای محیطزیستی و بوم‌شناختی در سطح شهرها دارد. یکی از مسائل پیش‌روی برنامه‌ریزان شهری، دستیابی به عملکرد حداکثری فضای سبز با توجه به محدودیت زمین و منابع است. عملکرد فضاهای سبز شهری تا حد زیادی از ساختار شبکه آن تأثیر می‌پذیرد. بر این اساس، در این مقاله با توجه به مبانی نظری علم اکولوژی سیمای سرزمین و عملکردهای فضای سبز شهری شاخص کیفیت ساختار شبکه فضای سبز برای تحلیل شبکه فضای سبز در سطح شهرها معرفی‌شده است. محاسبات عددی این شاخص و متریک‌های به‌کاررفته در تدوین آن برای ارزیابی کیفیت ساختاری شبکه فضای سبز منطقه ۱۶ شهر تهران انجام شد. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده محله شهرک بعثت از بالاترین سطح کیفیت ساختاری فضای سبز برخوردار است. همچنین در این مقاله به‌منظور کاربردی سازی شاخص کیفیت ساختاری و تهیه نقشه از تحلیل پنجره متحرک استفاده شد. نقشه کیفیت ساختاری شبکه فضای سبز را می‌توان به نحو مطلوب در فرایند مدیریت و بهبود عملکرد فضاهای سبز شهری به‌کاررفته گرفت

استناد: رمضانی مهریان، مجید. (۱۴۰۱). ارزیابی کیفیت ساختاری شبکه فضای سبز در محیط‌های شهری مطالعه موردی: منطقه ۱۶ شهر تهران. *مجله پژوهش‌های جغرافیای برنامه‌ریزی شهری*، ۱۰ (۱)، ۹۹-۸۱.

http://doi.org/10.22059/JURBANGEO.2022.325283.1535

۱. نویسنده مسئول
Email: majidmehrian@ut.ac.ir

مقدمه

شهرها تنها کمتر از نیم درصد از وسعت خشکی را در سطح کره زمین اشغال می‌کنند (Schneider et al., 2009). باوجوداین، در سال ۲۰۲۰ حدود ۶۰ درصد از درصد از جمعیت جهان در شهرها سکونت دارند و اغلب فعالیت‌های صنعتی در اراضی شهری صورت می‌پذیرد (Semeraro et al., 2018; UN-Habitat, 2020). شهرها نقش مؤثری در افزایش گازهای گلخانه‌ای و تغییر اقلیم دارند. همچنین در سطح شهرها درنتیجه تغییرات ساختاری و تبدیل پوشش سبز و باز به فضای ساختمانی (Rizwan et al., 2008)، دمای هوا در مقایسه با مناطق غیرشهری بالاتر است که با پدیده جزایر حرارتی شناخته می‌شود (Ward et al., 2016). جزایر حرارتی در سطح شهرها منجر به کاهش زیست پذیری، افزایش مصرف انرژی و تضعیف بهداشت عمومی می‌شود (Leal Filho et al., 2018).

فضاهای سبز شهری از مهم‌ترین مؤلفه‌های مقابله با اثرات مضر شهرها بر محیط‌زیست به شمار می‌روند (Kendal et al., 2012). فضای سبز شهری به فضاهای باز عمومی در درون و یا پیرامون نواحی شهری اطلاق می‌شود که از حجم قابل توجه‌ای از پوشش گیاهی برخوردار باشد. این بخش از کاربری اراضی نقش مؤثری در عملکردهای محیط‌زیستی و بوم‌شناختی در سطح شهرها دارد. فضاهای سبز شهری از طریق ارائه طیف وسیعی از عملکردها و خدمات اکوسیستمی نقش کلیدی در توسعه سبز شهر فشرده ایفا می‌کنند. این نوع کاربری زمین در شهر از ابعاد گوناگون حائز اهمیت است. ازنقطه‌نظر آب‌وهوایی، فضاهای سبز به تعدیل آب‌وهوا (Bowler et al., 2010) و کاهش غلظت آلایندها کمک می‌کند (Janhäll, 2015)؛ از نظر بوم‌شناختی، فضاهای سبز شهری زیستگاه گیاهان و جانوران و عامل تداوم فرایندهای بوم‌شناختی در سطح شهر هستند (Nielsen et al., 2014)؛ همچنین تحقیقات نشان می‌دهد فضاهای سبز شهری تأثیر بسزایی بر سلامت عمومی دارد (Richardson & Mitchell, 2010). باوجوداین برای بهره‌مندی حداکثری از عملکردهای فضای سبز شهری لازم است در فرایند طراحی و توسعه آن اصول معینی را در نظر گرفت و به‌کاررفته بست. جهت تحقق این امر راهبردهای ارزیابی و معیارهای کارآمد موردنیاز است (Mörtberg et al., 2017). درواقع این ابزارها و معیارهای ارزیابی باید تا جای ممکن معرف عملکردهای گوناگون فضاهای سبز شهری باشند. این در حالی است که در فرایند مدیریت و توسعه فضاهای سبز شهری بیشتر بر ملاحظات زیبایی‌شناختی و هزینه‌ها تأکید می‌شود و در اغلب موارد توجه چندانی به معیارهای مرتبط با فرایندهای بوم‌شناختی و آب‌وهوایی نمی‌شود (Beer et al., 2003).

میزان توسعه فضای سبز در شهرها تا حد زیادی به وسعت شهر، سرعت رشد شهر، شرایط اقتصادی و فرصت‌های حمایت از رویکرد سبز در مدیریت شهری وابسته است (Semeraro et al., 2021). از نگاه مدیریتی، کیفیت فضای سبز در شهر تا حدود زیادی از میزان اهمیت فضای سبز در برنامه‌ریز شهری تأثیر می‌پذیرد. در بسیاری از شهرها که با سرعت بالایی در حال رشد هستند زیرساخت‌های مرتبط با فضای سبز به‌خوبی توسعه نمی‌یابد. یکی از مهم‌ترین دلایل عدم توجه کافی به فضای سبز در برنامه‌ریزی شهری، فقدان دانش کافی در زمینه ارزیابی هزینه‌ها، منافع، اثرات و کیفیت فضای سبز در سطح شهرها است (Van Oijstaeijen et al., 2020). بر این اساس توسعه روش‌ها و ابزارهای ارزیابی، تحلیل و پایش کیفیت فضای سبز در سطح شهرها از اهمیت بالایی برخوردار است. علاوه بر این، در شهرهای متراکم با توجه به محدودیت زمین و منابع، یکی از مسائل پیشِ روی برنامه‌ریزان شهر دستیابی به عملکرد حداکثری فضای سبز است.

مطابق اصول و مفاهیم موجود در علم بوم‌شناسی سیمای سرزمین عملکردهای بوم‌شناختی و محیط‌زیستی فضاهای سبز شهری از ساختار کلان شبکه فضای سبز تأثیر می‌پذیرد (W. Dramstad et al., 1996). به بیانی دیگر چگونگی

ترکیب و توزیع لکه‌های سبز در مقیاس سیمای سرزمین (ساختار یا الگوی شبکه فضای سبز) بر کیفیت عملکرد یا خدمات اکوسیستمی آن مؤثر است. بنابراین بدون توجه به ساختار کلان شبکه فضای سبز در مقیاس سیمای سرزمین دستیابی به عملکرد حداکثر شبکه فضای سبز امکان‌پذیر نیست. درواقع یکی از دلایل ناکارآمدی برنامه‌ریزی فضای سبز در شهرها عدم توجه به انسجام ساختاری شبکه فضای سبز شهری در سطح شهر است. کاهش وسعت، تخریب و تکه شدگی[1] فضای سبز شهری از مهم‌ترین عوامل کاهش عملکرد آن در مناطق شهری به شمار می‌رود. برای مثال همبستگی میان عدم تجانس ساختاری بوم‌سازگان‌ها و تنوع زیستی (به‌عنوان یکی از عملکردهای شبکه فضای سبز شهری) در بسیاری از مطالعات مورد تأیید قرارگرفته است (Brotons et al., 2005; Kati et al., 2004; Saïd & Servanty, 2005). ساختار فضای سبز در مناطق شهری تأثیر بسزایی در زیست بسیاری از گونه‌ها دارد و با توجه به‌وفور متغیرهای ارزیابی و کمی سازی ساختار سیمای سرزمین تاکنون مطالعات فراوانی در زمینه رابطه میان ساختار فضای سبز با تنوع زیستی انجام‌شده است (Dufour et al., 2006). دیگر عملکردهای فضای سبز شهری مانند تلطیف هوا و کاهش آلودگی نیز تا حد زیادی به ساختار شبکه فضای سبز در مقیاس سیمای سرزمین وابسته است.

تاکنون مطالعاتی در زمینه تحلیل و ارزیابی کیفیت فضای سبز شهری انجام‌شده است برای مثال حسینی‌مند و همکاران (حسینی مند و همکاران، ۲۰۲۱)، با ابزار پرسش‌نامه و ارزیابی ادراک سرزندگی و رضایتمندی استفاده‌کنندگان کیفیت فضای شهری را مورد ارزیابی قرار دادند. حسن‌پور و دیگران در مطالعه‌ای با استفاده از متریک‌های سیمای سرزمین (مساحت طبقه، تعداد لکه، تراکم حاشیه، میانگین وسعت و میانگین شکل لکه) به تحلیل ساختار فضای سبز پرداختند (حسن‌پور و همکاران، ۲۰۲۰). آن‌ها به این نتیجه رسیدند که با استفاده از قابلیت‌های تحلیلی متریک‌های سیمای سرزمین می‌توان به ارزیابی فضای سبز شهری پرداخت و رویکرد اکولوژی سیمای سرزمین را با برنامه‌ریزی و مدیریت فضای سبز شهری تلفیق کرد. در برخی از مطالعات نیز معیار فاصله فضای سبز از مراکز خدماتی مهم و عناصر اکولوژیکی معیار ارزیابی کیفی فضای سبز قرارگرفته است (چهرآذر و همکاران، ۱۳۹۶؛ دهقان‌زاد و قلعه نوعی، ۱۳۹۷). در اغلب مطالعات انجام‌شده در زمینه ارزیابی کیفیت ساختار شبکه فضای سبز شهری به اصول اولیه بوم‌شناسی سیمای سرزمین توجه نشده و در مطالعاتی که با توجه به اصول بوم‌شناسی سیمای سرزمین سعی بر ارزیابی ساختار شبکه فضای سبز شهری بوده نیز بدون توجه به هم‌پوشانی متریک‌ها، و تفسیر عملکرد شبکه فضای سبز، از تعداد زیادی از متریک‌های سیمای سرزمین استفاده‌شده است که تفسیر نتایج و مقایسه نسبی را با مشکل مواجه می‌سازد (داز و همکاران، ۲۰۲۰).

برای ارزیابی کمی ساختار سیمای سرزمین معمولاً به دلیل وجود ابعاد مختلف از کیفیت‌های الگوی فضایی به چندین متریک مختلف نیاز است (Nielsen et al., 2014). اما استفاده از تعداد زیادی از شاخص‌های کمی سازی ساختمان سیمای سرزمین به دلیل همبستگی بالای میان برخی از متریک‌ها منجر به تولید اطلاعات جدید نمی‌شود و تفسیر نتایج را با مشکل مواجه می‌سازد (Harbin Li & Wu, 2004). بنابراین در انتخاب متریک‌ها باید به عدم وجود همبستگی میان متریک‌ها و پوشش معیارهای مدنظر از کیفیت ساختاری سیمای سرزمین توجه کرد (M. G. Turner et al., 2001). هدف این مقاله این است تا با توجه به مبانی نظری علم اکولوژی سیمای سرزمین و عملکردهای فضای سبز شهری شاخصی مناسب برای کمی سازی ساختار شبکه فضای سبز در سطح شهرها توسعه دهد. برای تحقق این هدف

1 .Fragmentation

منطقه ۱۶ شهر تهران به‌عنوان مطالعه موردی انتخاب شد. با توجه به‌شدت بالای آلودگی هوا و هویت پایانه‌ای منطقه ۱۶ تهران، توسعه و بهبود کیفیت شبکه فضای سبز شهری در این منطقه از اهمیت بالایی برخوردار است. از سوی دیگر در این منطقه پارک‌های بعثت، ۱۲ فروردین، اندیشه و بهمن درمجموع ۵۴ درصد از کل مساحت پارک‌های منطقه را تشکیل می‌دهند و ۵۰ پارک دیگر حدود ۴۶ درصد از مساحت پارک‌ها را به خود اختصاص داده‌اند. با توجه اهمیت وسعت و شکل‌بندی لکه‌های سبز در فرایندهای بوم‌شناختی و تعدیل آب‌وهوا در سطح شهرها، این عامل منجر به عدم یکنواختی عملکردهای فضای سبز در سطح این منطقه شده است. همچنین به نظر می‌رسد عدم توجه به پیوستگی شبکه فضای سبز و وسعت کم لکه‌های سبز در برخی از نواحی این منطقه از عوامل تهدیدکننده عملکردهای شبکه فضای سبز باشد. با توجه به شرایط ذکرشده در بالا و هدف این مطالعه (ارائه روشی منسجم برای ارزیابی مکان‌دار کیفیت ساختاری شبکه فضای سبز شهری) منطقه ۱۶ به‌عنوان مطالعه موردی انتخاب‌شده است.

مبانی نظری

شهرها مکان‌هایی هستند که بیشترین تمرکز جمعیت و مخرب‌ترین مسائل محیط‌زیستی را دارند (Hardoy et al., 2013). اگرچه مسائل شهرها ریشه در موضوعات مختلف اقتصادی، سیاسی، اجتماعی و محیط‌زیستی دارد، اما مسلم است که برای رسیدگی به مسائل، شهرهای ما باید به شیوه‌ای سازگارتر با محیط‌زیست طراحی، برنامه‌ریزی و مدیریت شوند. تاکنون شهرنشینی به‌طور فزاینده‌ای انسان را از طبیعت جدا کرده است (W. R. Turner et al., 2004). واضح است که برای بهبود زیست پذیری شهرها، باید وضعیت بوم‌شناختی اجزای طبیعی آن بهبود یابد و هماهنگی میان جوامع انسانی و طبیعت به‌عنوان یک هدف تعریف شود (Rotem-Mindali, 2012). به بیانی دیگر، شهرهای پایدار به‌احتمال‌زیاد شهرهایی بوم محور هستند (Kenworthy, 2006). در شهرهای بوم محور فضای سبز از اهمیت اساسی برخوردار است و باید در طراحی، برنامه‌ریزی و مدیریت سیستم‌های شهری به‌طور صریح و کافی موردتوجه قرار گیرد (Bush & Hes, 2018).

فضاهای سبز شهری مهم‌ترین سیستم پشتیبان عناصر طبیعی و سازوکارهای زیستی در سطح شهرها است که با خدمات اکوسیستمی خود نقش مهمی در کاهش اثرات محیط مصنوع شهر بر عهده دارد. در چند دهه اخیر حفظ و احیای عملکردهای بوم‌شناختی و محیط‌زیستی فضای سبز شهری به اصول اساسی توسعه پایدار شهری تبدیل‌شده است (Zou & Wang, 2021). تغییر توجه برنامه‌ریزان فضای سبز شهری از کمیت به کیفیت، نیاز مبرم به مطالعه و شناخت شبکه کلان فضای سبز شهری به‌عنوان یک سیستم را بیش‌ازپیش نمایان می‌سازد. بنابراین مطالعه ساختار فضای سبز در مقیاس شهری دارای اهمیت نظری و عملی برای درک عمیق عملکردهای بوم‌شناختی و محیط‌زیستی و اثرات عناصر طبیعی شهری و همچنین کاربرد آن در برنامه‌ریزی شهری است (Zhou & Wang, 2011). شهرها ممکن است از نظر شکل معماری و تنظیمات محیط‌زیستی به‌شدت متفاوت باشند، اما یک وجه مشترک همه آن‌ها این است که تنوع و آرایش فضایی عناصر تشکیل‌دهنده منظر آن‌ها (ساختار سیمای سرزمین) بدون شک بر فرایندهای فیزیکی، بوم‌شناختی و اقتصادی–اقتصادی و عملکردهای بوم‌شناختی در داخل و خارج از مرزهایشان تأثیر می‌گذارد (Carreiro et al., 2007). به بیانی دیگر میزان و شکل توسعه شهری بر موزاییک لکه‌های زیستگاهی و ویژگی‌های بوم‌شناختی آن‌ها تأثیر می‌گذارد و ساختارهای متفاوت سیمای سرزمین شهری اثرات متفاوتی بر سیستم‌های بوم‌شناختی دارد (Alberti, 2008). توسعه شهری با تأثیر بر ساختار سیمای سرزمین و فرایندهای بوم‌شناختی منجر به تغییر تنوع زیستی، میکروکلیما و دسترسی به منابع طبیعی می‌شود (Pickett et al., 2001; Shochat et al., 2006). بنابراین شناخت و

کمی سازی ساختار سیمای سرزمین شهری برای مطالعه فرایندها بوم‌شناختی در مقیاس‌های مختلف لازم و ضروری است. بوم‌شناسان مدت‌هاست که با کمی سازی ساختار سیمای سرزمین به بررسی تأثیرات الگوی فضایی شهرها بر فرآیندهای بوم‌شناختی پرداخته‌اند (Breuste et al., 2013; Loucks, 1994; Stearns & Montag, 1975; Sukopp, 1990, 1998; Zipperer et al., 2000). در حقیقت، مطالعات بوم‌شناختی شهرها به چندین دهه قبل برمی‌گردد که گیاه‌شناسان، به‌ویژه از مکتب برلین بوم‌شناسی شهری (Sukopp, 1990, 1998)، به مستندسازی توزیع فضایی گیاهان در درون و پیرامون شهر پرداختند.

به‌طورکلی در بوم‌شناسی سیمای سرزمین مطالعه الگوی فضای سبز شهری بر پایه مدل «لکه-کریدر-ماتریس» استوار است و بیانگر توزیع فضایی لکه‌ها و کریدرهای سبز شهری است (S. Li et al., 2010). باوجوداین، تفاوت در شناخت فضای سبز شهری ممکن است به روش‌های تحلیلی مختلف منتهی شود، که به‌طورکلی در سه دسته قرار می‌گیرند. در دسته اول فضای سبز شهری به‌عنوان یکی از انواع کاربری‌های شهری مدنظر است. در این نوع از روش‌ها، بر اساس متریک‌های سیمای سرزمین در سطوح مختلف (لکه، طبقه، سیماس سرزمین) و با استفاده از روش‌های نمونه‌برداری مختلف (مثل پنجره متحرک یا ترانسکت)، ویژگی‌ها و پویایی فضایی-زمانی کاربری فضای سبز در کنار انواع دیگر کاربری‌های شهری مورد ارزیابی و تحلیل قرار می‌گیرد (Kong et al., 2005; Kong & Nakagoshi, 2006; Zhou & Wang, 2011). دسته دوم از روش‌های تحلیل الگوی فضای سبز غالباً بر پایه تئوری گراف استوار است. در این نوع از روش‌ها با محاسبه متریک‌های سیمای سرزمین در کنار تحلیل‌های شبکه تصمیمات مناسب برای توسعه و برنامه‌ریزی شبکه بوم‌شناختی شهر اتخاذ می‌شود (Haifeng Li et al., 2006). دسته سوم شامل روش‌های تجزیه‌وتحلیل الگوی فضایی-شکلی برای توصیف الگوی زیرساخت‌های سبز شهری با بهره‌گیری از اصول بوم‌شناسی سیمای سرزمین می‌شود (Ramos-González, 2014).

متریک‌های سیمای سرزمین یکی از مهم‌ترین روش‌های تحلیلی در مطالعه الگوی فضای سبز شهری و همچنین الگوی سیمای سرزمین شهری است (F. Kong et al., 2007). تاکنون تعداد زیادی از متریک‌های سیمای سرزمین توسعه‌یافته و در مطالعات مورداستفاده قرارگرفته است (Gusafson, 1998; Kevin McGarigal, 1995; K McGarigal et al., 2002). نکته حائز اهمیت در این زمینه این است که با توجه به همبستگی میان برخی از متریک‌های سیمای سرزمین (Giles & Trani, 1999) در استفاده از آن‌ها باید به این موضوع توجه جدی شود. بر این اساس، لو (۲۰۱۰) پس از بررسی مباحث پایداری، مطالعات انجام‌شده و متریک‌های سیمای سرزمین در ادبیات موضوع، به این نتیجه رسید که در انتخاب متریک‌ها باید تفسیر الگوی فضایی را از منظر عملکردهای محیطی فضای سبز در نظر گرفت تا از این طریق سنجش پایداری در فرایند توسعه فضای سبز شهری تقویت شود (Luo, 2010).

برای توسعه شهری پایدار و بوم‌محور، شاخص‌ها و نشانگرهایی برای ارزیابی کیفیت فضای سبز شهری به‌عنوان ابزار برنامه‌ریزی لازم و ضروری است. بر اساس مبانی ذکرشده، ترکیب و توزیع لکه‌های سبز در سطح شهر (ساختار کلان فضای سبز شهری) بر فرایندهای فیزیکی، بوم‌شناختی و درنتیجه کیفیت خدمات اکوسیستمی این نوع کاربری تأثیر دارد. با این استدلال توجه به ساختار کلان شبکه فضای سبز شهری برای حصول عملکرد بهینه این بخش از کاربری زمین در شهرها لازم و ضروری است. بنابراین برنامه ریزان شهر در فرایند برنامه‌ریزی و توسعه فضاهای سبز، به ابزارها و معیارهای کارآمد برای ارزیابی کیفیت ساختاری شبکه فضای سبز نیاز دارند.

روش پژوهش

به‌منظور تحلیل و ارزیابی ساختار شبکه فضای سبز شهری نقشه پایه پوشش گیاهی لازم است. برای تهیه این نقشه از تصاویر گوگل ارث باقدرت تفکیک یک متر (۱۳۹۵) استفاده شد. با توجه به محدودیت دسترسی به تصاویر ماهواره‌ای باقدرت تفکیک بالا مانند تصاویر ماهواره کوییک برد و آیکونوس، ارائه روشی برای استخراج اطلاعات کاربردی از تصاویر موجود در گوگل ارث می‌توان راهگشا باشد. در این مطالعه اخذ تصاویر گوگل ارث از محدوده موردمطالعه با استفاده از نرم‌افزار ویرچوال ارث ستلایت دانلودر[1] ورژن ۷ استفاده شد. تصویر دانلود شده در محیط نرم‌افزار جی‌آی‌اس بارگذاری و با استفاده از ۸ نقطه کنترلی زمین مرجع شد. پردازش تصویر برای استخراج فضای سبز با به‌کارگیری روش شیءگرا در محیط نرم‌افزار اکوگنیشن دولوپر ۸/۷ صورت پذیرفت. مراحل تهیه نقشه فضای سبز به شرح زیر است (شکل ۱). ۱) تعیین پارامترهای بهینه برای قطعه‌بندی تصویر؛ ۲) قطعه‌بندی تصویر؛ ۳) طبقه‌بندی تصاویر (اختصاص قطعات به طبقه فضای سبز)؛ ۴) ویرایش دستی نتیجه طبقه‌بندی؛ ۵) ادغام قطعه‌ها؛ ۶) ارزیابی دقت نتایج.

شکل شماره ۱. فرایند تهیه نقشه فضای سبز منطقه ۱۶ شهر تهران

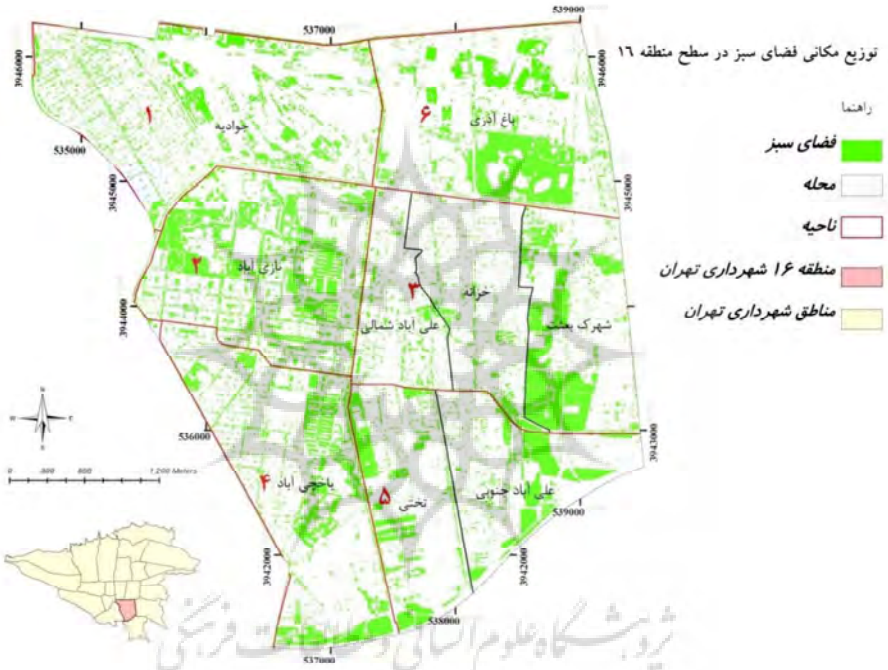
در این مطالعه، قطعه‌بندی از نوع تفکیک‌پذیری چندگانه[2] به‌کاررفته گرفته شد. جهت حصول قطعات معنی‌دار در این فرآیند، پارامتر مقیاس، نسبت شکل به ارزش طیفی، و رابطه صافی و فشردگی با به‌کارگیری رویکرد آزمون‌وخطا و ارزیابی بصری تعیین شدند. در فرایند قطعه‌بندی تصویر، ضریب ارزش طیفی معادل ۰/۹ ویژگی‌های شکل معادل ۰/۱، ضریب فشردگی شکل معادل ۰/۵ و پارامتر مقیاس معادل ۱۲ تعیین شد. برای مثال، تعیین پارامتر مقیاس به این صورت انجام شد که ابتدا برای شروع عدد ۳۰ اختصاص یافت و قطعه‌بندی انجام شد نتیجه مورد ارزیابی قرار گرفت و مشاهده شد که ابعاد قطعات بزرگ‌تر از حد معقول است، بنابراین در مرحله عدد پایین‌تری به پارامتر مقیاس اختصاص یافت. این فرایند تا جایی تکرار شد تا قطعات معنی‌دار حاصل شود.

جهت استخراج قطعات پوشش گیاهی به دلیل عدم وجود باند مادون‌قرمز در تصویر امکان استفاده از شاخص اختلاف پوشش گیاهی نرمال شده[3] وجود نداشت. بر این اساس پس از بررسی نسبت‌ها و رابطه‌های مختلف از نسبت باندهای قرمز، سبز و آبی موجود در تصویر مناسب‌ترین رابطه برای تفکیک پوشش در محدوده موردمطالعه از ترکیب باندهای سبز و آبی (نسبت تجمیع باندهای سبز و آبی به تفاضل باندهای سبز و آبی) به دست آمد. محدوده ۰ تا ۳۰ از این نسبت به‌خوبی قطعات پوشش گیاهی را از سایر قطعات تفکیک می‌کند. نتیجه حاصل در کل سطح منطقه ۱۶ به‌صورت دستی

1 . Microsoft VirtualErth SateliteDownloader
2 . Multiresolution Segmentation
3 . Normalized Difference Vegetation Index

مورد ویرایش قرار گرفت. تنها در برخی نقاط پوشش آسفالت به فضای سبز اختصاص‌یافته بود که مورد ویرایش قرار گرفت.

به‌منظور ارزیابی صحت نتایج حاصل از پردازش تصویر در نرم‌افزار اکوگنیشن، به‌صورت تصادفی ۵۰ نقطه از سطح منطقه ۱۶ انتخاب شد. نوع پوشش/کاربری این نقاط بر اساس تصاویر موجود در گوگل ارث و بازدید میدانی تعیین و بعد از ارزیابی، صحت طبقه‌بندی تصویر ۸۸ درصد معین شد، که ازلحاظ تکنیکی این میزان از صحت طبقه‌بندی مورد تأیید است. نتیجه این فرایند (نقشه فضای سبز منطقه ۱۶) در شکل ۲ ارائه‌شده است. سایر داده‌های مورداستفاده نیز شامل مرز مناطق شهر تهران، مرز محله‌ها و نواحی شهری و کاربری زمین منطقه ۱۶ می‌شود که از سازمان فناوری اطلاعات و ارتباطات شهر تهران اخذ شد.



شکل شماره ۲. نقشه فضای سبز منطقه ۱۶ شهر تهران (۱۳۹۵)

بعد از تهیه نقشه کاربری فضای سبز در محدوده موردمطالعه سایر مراحل انجام تحقیق شامل: شناسایی معیارهای مهم ساختار سیمای سرزمین با مرور مبانی نظری علم بوم‌شناسی سیمای سرزمین، انتخاب متریک‌های متناظر برای معیارهای منتخب با توجه به ماهیت و عملکرد متریک‌ها، کمی سازی ساختار کلان شبکه فضای سبز با استفاده از متریک‌های منتخب، تدوین شاخص یکپارچه کیفیت ساختاری شبکه فضای سبز و سنجش کیفیت ساختاری شبکه فضای سبز در محدوده موردمطالعه (به‌صورت جدول و نقشه) می‌شود (شکل ۳).

شکل شماره ۳. فرایند تحقیق

در مقیاس سیمای سرزمین شهری پیوستگی، انسجام شکلی و وسعت نسبی فضای سبز از مؤلفه‌های کلیدی و تعیین‌کننده سطح خدمات اکوسیستمی پوشش گیاهی است (W. E. Dramstad et al., 2014). بر این اساس در تدوین شاخص کلان ارزیابی کیفیت ساختاری شبکه فضای سبز باید این سه مؤلفه کلیدی موردتوجه قرار گیرد. به این منظور در این مقاله با بررسی متریک‌های مختلف موجود در زمینه کمی سازی ساختار سیمای سرزمین سه متریک، درصد مساحت (PLAND)، شاخص پیوستگی (CONNECTANCE) و شاخص نرمال شده شکل سیمای سرزمین (nLSI) به ترتیب برای کمی سازی معیارهای وسعت نسبی، پیوستگی و انسجام شکلی شبکه فضای سبز در ساخت شاخص کلان کیفیت ساختاری شبکه فضای سبز شهری به‌کاررفته گرفته شد.

متریک درصد مساحت فضای سبز بیانگر فراوانی نسبی فضای سبز در سیمای سرزمین و یکی از مهم‌ترین نشانگرهای شرایط اکولوژیکی در محیطهای شهری است (Gardner, 1998). علاوه بر این ازآنجاکه حاصل این متریک در گستره استاندارد صفر تا ۱۰۰ جای دارد امکان انجام عملیات جبری و استفاده از آن برای تدوین شاخص کلان کیفیت ساختاری فضای سبز فراهم است. رابطه ۱ فرمول ریاضی این متریک را نشان می‌دهد که در آن: Pi= درصد مساحت پوشش مورد بررسی از کل محدوده مدنظر، Aij= مساحت (m2) لکه ij و A = مساحت کل محدوده موردمطالعه (m2) است.

$$PLAND = P_i = \frac{\sum_{j=1}^{n} a_{ij}}{A}(100)$$

رابطه ۱

پیوستگی یکی از ویژگی‌های کلیدی سیمای سرزمین است. پیوستگی شبکه فضای سبز عامل تسهیل یا تحدید جابجایی منابع و موجودات زنده میان لکه‌های زیستگاهی است (Alberti, 2008). شاخص پیوستگی (K McGarigal et al., 2002) به نسبت تعداد اتصال‌های برقرار به تعداد حداکثر اتصال ممکن میان لکه‌ها اشاره دارد. معادل ریاضی این شاخص در رابطه ۲ ارائه‌شده است (Cijk= وضعیت پیوستگی میان لکه j و k (۱= متصل، ۰= منقطع) از نوع لکه مدنظر (i) و ni= تعداد لکه‌های موجود در نوع پوشش موردمحاسبه). وضعیت پیوستگی میان دو لکه بر اساس فاصله میان آن‌ها و تعریف فاصله آستانه‌ای مشخص می‌شود. برای سنجش پیوستگی ساختاری متریک‌های متعددی توسعه‌یافته و در دسترس است. از این میان، شاخص پیوستگی با توجه به گستره استاندارد این شاخص (محدوده ۰ تا ۱) و امکان انجام

عملیات جبری با دیگر متریک‌ها (برای ساخت شاخص ترکیبی کیفیت ساختاری شبکه فضای سبز) از مطلوبیت لازم برخوردار است.

$$CONNECT = \left[\frac{\sum_{j=k}^{n} c_{ijk}}{\frac{n_i(n_i-1)}{2}}\right](100)$$

رابطه ۲

دیگر معیار کلیدی مؤثر بر عملکرد بوم‌شناختی شبکه فضای سبز شهری انسجام شکلی است (Forman, 2014). این ویژگی از ساختار شبکه فضای سبز به وسعت نسبی فضای داخلی (فضای هسته[1]) و اثر لبه مربوط می‌شود. برای مثال، انسجام شکلی یک پارک مربعی با وسعت یک هکتار از دو پارک مربعی با همان وسعت بیشتر است؛ و انسجام شکلی یک پارک مربعی با وسعت نیم هکتار از یک پارک مستطیلی با همان وسعت نیز بیشتر است. در هر دوی مثال‌های ذکرشده موارد اول (که انس‌جام شکلی بیشتر دارند) از عملکردهای بوم‌شناختی بالاتری برخوردارند (Alberti, 2008). شاخص نرمال شده شکل سیمای سرزمین برابر است با نسبت (تفاضل مجموع محیط و حداقل محیط ممکن در پوشش موردبررسی) به (تفاضل حداکثر و حداقل محیط ممکن در لکه‌ها). گستره این شاخص صفر تا یک است و همانند دو متریک دیگر مورداستفاده در این مطالعه، انجام عملیات جبری بر روی این شاخص نیز محدودیتی ندارد. هرچه این شاخص به صفر نزدیک‌تر باشد نشان از انسجام شکلی بیشتر نوع پوشش در عرصه موردمطالعه دارد. زمانی که نوع پوشش موردبررسی در عرصه موردمطالعه در حداکثر میزان پراکندگی و تکه شدگی باشد شاخص نرمال شده شکل سیمای سرزمین یک است.

$$nLSI = \frac{e_i - min_{e_i}}{max_{e_i} - min_{e_i}}$$

رابطه ۳

که در آن Ei= مجموعه محیط لکه‌ها در نوع پوشش موردبررسی، Min ei= حداقل محیط کل در نوع پوشش موردبررسی و Max ei= حداکثر محیط کل در نوع پوشش موردبررسی است.

شاخص پیشنهادی کیفیت ساختاری شبکه فضای سبز شهری: به‌منظور ارزیابی یکپارچه کیفیت ساختاری فضای سبز باید شاخصی را توسعه داد که هر سه مؤلفه، وسعت نسبی، انسجام شکلی و پیوستگی شبکه فضای سبز را به‌صورت هم‌زمان مورد ارزیابی قرار دهد. بر این اساس رابطه ۴ (شاخص کیفیت ساختاری شبکه فضای سبز) برای ترکیب متریک‌های درصد مساحت، شاخص پیوستگی و شاخص نرمال‌شده شکل سیمای سرزمین و ارزیابی یکپارچه کیفیت ساختاری شبکه فضای سبز پیشنهاد می‌شود. آن‌گونه که ذکر شد با توجه به گستره استاندارد هر سه شاخص مورداستفاده، انجام عملیات جبری و ساخت شاخص کلان کیفیت ساختاری ازلحاظ قوانین ریاضی بلامانع است. با توجه به اهمیت بالای متریک درصد وسعت نسبی فضای سبز (W. E. Dramstad et al., 1996) نسبت به دیگر متریک‌های مدنظر، وزن نسبی این متریک دو برابر وزن دو متریک دیگر در نظر گرفته شد. گستره شاخص کیفیت ساختاری شبکه فضای سبز ۱ تا ۱۰۰ است. هر چه این شاخص به ۱۰۰ نزدیک‌تر باشد نشان‌دهنده کیفیت بهتر ساختار شبکه فضای سبز و درنتیجه عملکرد بهتر آن است.

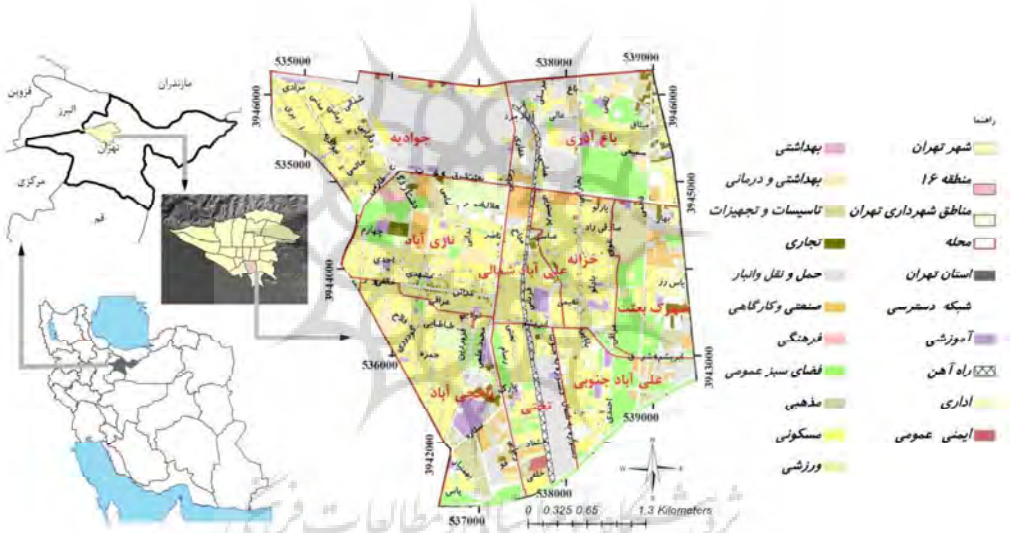
$$UGSSQ = \left(50 \times \frac{\sum_{j=1}^{n} a_{ij}}{A}\right) + \left(25 \times \left[\frac{\sum_{j=k}^{n} c_{ijk}}{\frac{n_i(n_i-1)}{2}}\right]\right) + \left(25 \times \left(1 - \left(\frac{e_i - min_{e_i}}{max_{e_i} - min_{e_i}}\right)\right)\right)$$

رابطه ۴:

[1] Core area

محدوده مورد مطالعه

منطقه ۱۶ تهران به‌عنوان یکی از مناطق ۲۲ گانه پایتخت با مساحت ۱۶۵۱ هکتار (حدود ۲/۵ درصد از مساحت شهر تهران)، در جنوب شهر واقع‌شده و از شمال به مناطق ۱۱ و ۱۲ و خیابان شوش، از شرق به منطقه ۱۵ و خیابان فدائیان اسلام، از جنوب به منطقه ۲۰ و بزرگراه آزادگان و از غرب به منطقه ۱۷ و ۱۹ و خیابان بهمنیار و بزرگراه شهیدتندگویان محدود است (شکل ۴). مرتفع‌ترین نقطه آن در نواحی شمالی (با ارتفاع ۱۱۱۸ متر) و پست‌ترین نقطه آن در نواحی جنوبی منطقه (با ارتفاع ۱۰۸۶ متر) واقع‌شده است. کاربری مسکونی و شبکه معابر حدود ۴۶ درصد از وسعت اراضی این منطقه را پوشش می‌دهد. سهم بالای کاربری حمل‌ونقل و انبارداری (۲۱ درصد) در قالب استقرار تأسیسات راه‌آهن و همچنین پایانه مسافربری جنوب، هویت پایانه‌ای منطقه را رقم می‌زند. بر اساس داده‌های ایستگاه سنجش کیفیت هوای منطقه ۱۶ متوسط سالانه غلظت ذرات زیر کوچک‌تر از ۱۰ میکرون، ۹۱ میکروگرم (حدود ۴/۵ برابر حد استاندارد)، دی‌اکسید نیتروژن ppb ۴۸ (حدود ۲,۵ برابر حد استاندارد)، و دی‌اکسید گوگرد ppb ۲۷ در مترمکعب (حدود ۴ برابر حد مجاز) است (پژوهشکده توسعه تکنولوژی، ۱۳۹۲). هویت پایانه‌ای و غلظت بالای آلاینده‌ها در سطح منطقه ۱۶ لزوم توجه به بهینه‌سازی عملکردهای شبکه فضای سبز در این منطقه را نمایان می‌سازد.



شکل شماره ۴. محدوده موردمطالعه- منطقه ۱۶ شهر تهران

بحث و یافته‌ها

نتایج محاسبات متریک‌های موردبررسی در مقیاس محله‌های منطقه ۱۶ در جدول ۱ ارائه‌شده است. بر اساس داده‌های به‌دست‌آمده، درصد مساحت فضای سبز در محله‌های نازی‌آباد و شهرک بعثت (۳۱ و ۳۰ درصد) بالاتر از دیگر محلات است. کمترین درصد مساحت فضای سبز نیز به محله‌های خزانه و علی‌آباد شمالی (۱۱ درصد) اختصاص دارد. ازلحاظ شاخص پیوستگی بالاترین درجه پیوستگی فضای سبز با آستانه فاصله ۲۰ متر در سطح محله‌های علی‌آباد شمالی و تختی (۶۰ و ۵۸ درصد) و پایین‌ترین آن به محله‌های جوادیه و یاخچی‌آباد (۲۱ و ۲۷ درصدد) تعلق دارد. نتایج تحلیل شاخص نرمال‌شده شکل سیمای سرزمین نشان می‌دهد که بالاترین میزان انسجام شکل فضای سبز به محله‌های شهرک بعثت، باغ آذری و علی‌آباد جنوبی (۰/۱۵، ۰/۱۹ و ۰/۲) و شبکه فضای سبز در محلات خزانه، علی‌آباد شمالی و جوادیه به بالاترین سطح تکه شدگی (Fragmentation) دچار است. مطابق نتایج حاصل از محاسبه شاخص کیفیت

ساختاری، محله شهرک بعثت از بالاترین سطح کیفیت فضای سبز (۴۹ از ۱۰۰) برخوردار است. بعدازآن، بالاترین امتیاز به محله‌های نازی‌آباد و تختی (۴۴ از ۱۰۰) اختصاص دارد. همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، محله نازی‌آباد که بالاترین درصد وسعت فضای سبز را دارد به دلیل این‌که میزان پیوستگی و انسجام شکلی فضای سبز این محله کمتر از محله شهرک بعثت است، امتیاز نهایی کیفیت ساختاری فضای سبز آن از محله شهرک بعثت کمتر شده است.

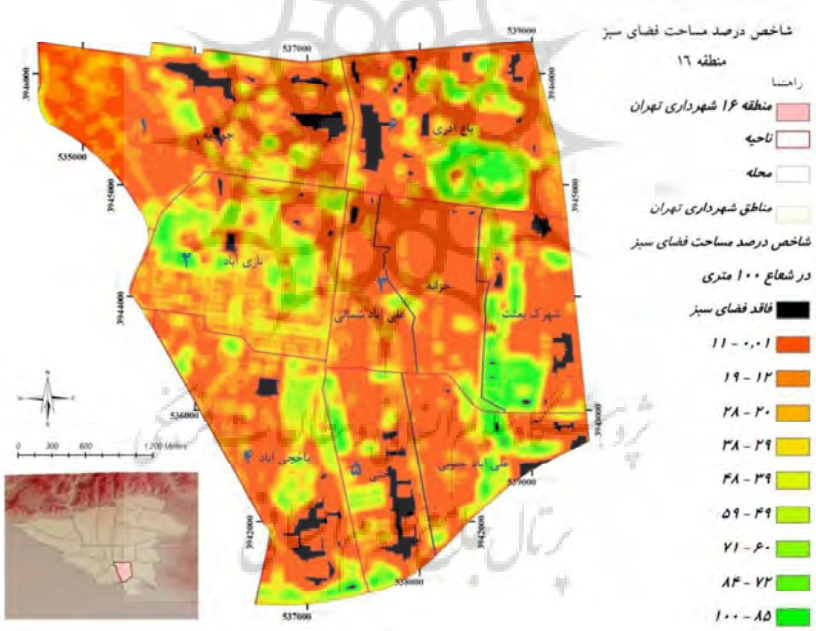
جدول شماره ۱. نتایج تحلیل متریک‌های تحلیل ساختار شبکه فضای سبز به تفکیک محله‌ها

محله	ناحیه	PLAND	CONNECT	NLSI	شاخص کیفیت ساختاری فضای سبز (۱-۱۰۰)
جوادیه	۱	۱۵	۲۱	۰٫۳۸	۲۸
نازی‌آباد	۲	۳۱	۴۰	۰٫۲۴	۴۴
شهرک بعثت	۳	۳۰	۵۳	۰٫۱۵	۴۹
علی‌آباد شمالی	۳	۱۱	۶۰	۰٫۴۲	۳۵
خزانه	۳	۱۱	۳۳	۰٫۴۳	۲۸
یاخچی آباد	۴	۲۱	۲۷	۰٫۲۸	۳۵
علی‌آباد جنوبی	۵	۲۰	۴۹	۰٫۲۰	۴۲
تختی	۵	۲۰	۵۸	۰٫۲۳	۴۴
باغ آذری	۶	۲۵	۳۵	۰٫۱۹	۴۱

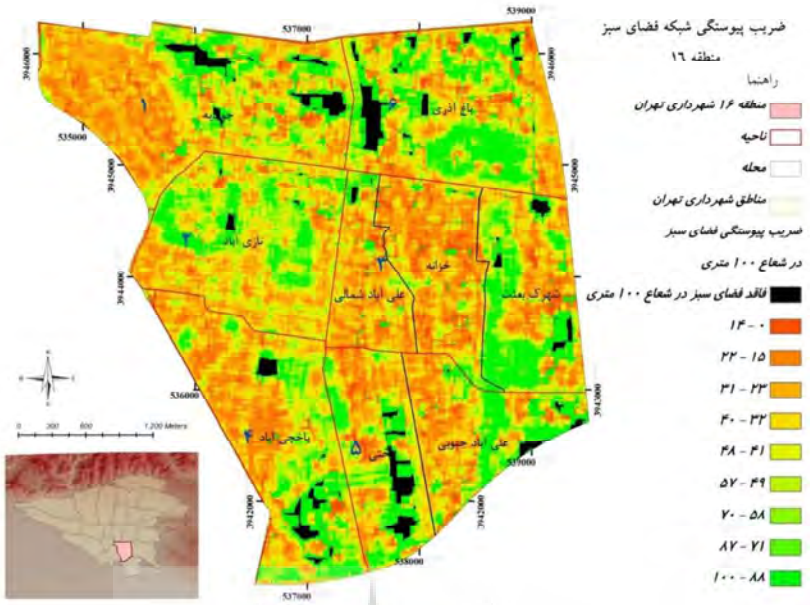
نتایج ارائه‌شده در جدول ۱ درواقع میانگین کیفیت ساختاری را در سطح محله نشان می‌دهد و بر اساس این داده‌ها تنها امکان مقایسه کیفیت ساختاری شبکه فضای سبز محله‌های مختلف نسبت به یکدیگر فراهم می‌شود. درحالی‌که کیفیت ساختاری فضای سبز در تمام سطح یک محله همگن نیست. برای مثال در محله شهرک بعثت که از بالاترین سطح کیفیت ساختاری شبکه فضای سبز در منطقه ۱۶ برخوردار است، برخی از بلوک‌های شهری از پایین‌ترین سطح کیفیت ساختاری شبکه فضای سبز برخوردارند. این موضوع می‌تواند برای توسعه‌دهندگان شبکه فضای سبز حائز اهمیت باشد چراکه در سطح عملیاتی، شناخت وضعیت موجود فضای سبز در مقیاس بلوک‌های شهری می‌تواند منجر به بهبود تصمیم‌گیری و اختصاص بهینه منابع باشد. برای رفع این مسئله باید محاسبات مربوط به متریک‌های سیمای سرزمین و شاخص کیفیت ساختاری فضای سبز در واحدهای مطالعاتی کوچک‌تر انجام و نتایج در قالب نقشه ارائه شود تا امکان مقایسه سریع وضعیت موجود در نواحی مختلف یک محله و محله‌ها نسبت به یکدیگر فراهم شود. برای تحقق این موضوع دو روش وجود دارد یکی این‌که سطح محله‌ها را به واحدهای کوچک‌تر مربعی و یا شش‌ضلعی تقسیم کنیم و محاسبات برای هرکدام از واحدها به‌صورت مجزا انجام دهیم. روش دیگر و البته دقیق‌تر استفاده از آمار فضایی از نوع کانونی است. در این روش که در مطالعات مربوط به کمی سازی ساختار سیمای سرزمین با عنوان پنجره متحرک شناخته می‌شود، محاسبات در یک محدوده مربعی و یا دایره‌ای شکل با بعد و یا شعاع مشخص انجام می‌شود و نتیجه به پیکسل مرکزی آن محدوده اختصاص می‌یابد. این فرایند برای تمامی پیکسل‌های تشکیل‌دهنده محدوده موردمطالعه انجام می‌شود و نتیجه آن در قالب نقشه قابل‌ارائه است. در این مطالعه پنجره مربعی با عرض ۱۰۰ متر برای انجام تحلیل پنجره متحرک انتخاب شد. نقشه فضای سبز منطقه ۱۶ باقدرت تفکیک مکانی ۵ متر نیز به‌عنوان داده ورودی تحلیل، مدنظر قرار گرفت.

شکل ۵ نتیجه تحلیل پنجره متحرک را برای متریک درصد مساحت به‌صورت نقشه نشان می‌دهد. نـواحی قرمزرنـگ در این تصویر نشان از درصد پایین و نواحی سبزرنگ نشان از درصد بالای پوشش سبز نسبت به دیگر نـوع کاربری‌هـا دارد. این نقشه ازآن‌جهت برای برنامه‌ریزان شهری مفید است که به‌صورت تصویری امکان مقایسه مکانی نسبت وسعت فضای سبز را در سطح منطقه ۱۶ فراهم می‌کند. برای مثال بر اساس این نقشه می‌توان گفت نیمه شرقی محله شـهرک بعثـت، شمال شرقی محله نازی‌آباد و نواحی غربی محله جوادیه از پایین‌ترین سطح درصد مساحت فضای سبز برخوردارند.

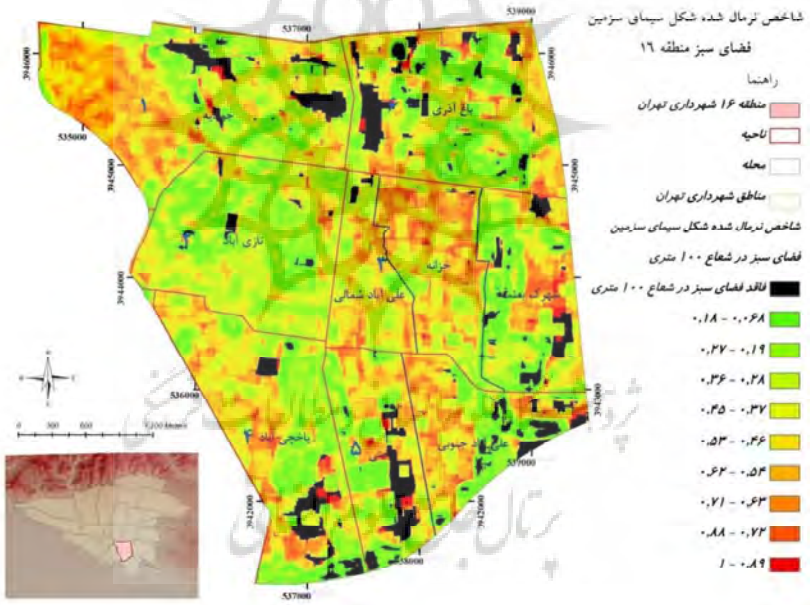
نتیجه این تحلیل برای ضریب پیوستگی و شاخص نرمال‌شده شکل سـیمای سـرزمین نیـز در شـکل‌های ۶ و ۷ نشـان داده‌شده است. با استفاده از نقشه ضریب پیوستگی فضای سبز شهری و نقشه شاخص نرمال‌شده شکل سیمای سـرزمین، درصد پیوستگی و شکل شبکه فضای سبز در تمامی نقاط محـدوده موردمطالعـه مشـخص می‌شـود و به‌صـورت مکـانی قابل‌مقایسه است. آن‌گونه که در شکل ۶ مشخص اسـت نـواحی مرکـزی و بخش‌هـایی از نـواحی غربـی منطـق ۱۶ از گسستگی شبکه فضای سبز رنج می‌برد. همچنین بر اساس شکل ۷ در همین نواحی میزان انسجام شکلی شـبکه فضـای سبز بسیار پایین است. در نواحی قرمزرنگ در شکل ۷ نواحی هستند که شاخص نرمال شده شـکل سـیمای سـرزمین در آن‌ها به یک نزدیک است. به این معنی که در این نواحی نسبت محیط لکه‌های تشـکیل‌دهنده شـبکه فضـای سـبز بـه مساحت آن‌ها بالاست و شکل لکه‌ها به نحوی است که نواحی هسته در این اراضی کمتر شکل‌گرفته است.



شکل شماره ۵. نتیجه تحلیل پنجره متحرک برای متریک درصد مساحت فضای سبز در سطح منطقه ۱۶



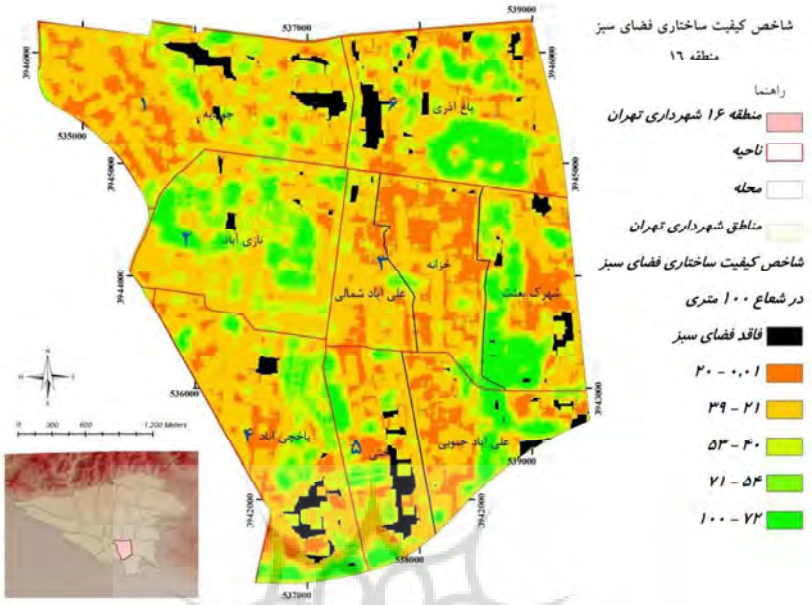
شکل شماره ۶. نتیجه تحلیل پنجره متحرک برای ضریب پیوستگی فضای سبز در سطح منطقه ۱۶



شکل شماره ۷. نتیجه تحلیل پنجره متحرک برای شاخص نرمال شده شکل سیمای سرزمین-فضای سبز در سطح منطقه ۱۶

شکل ۸ نقشه کیفیت ساختاری شبکه فضای سبز را در سطح منطقه ۱۶ نشان می‌دهد. این نقشه بر اساس شاخص پیشنهادی نویسنده به‌دست‌آمده و ترکیبی از متریک‌های درصد مساحت، پیوستگی و شاخص نرمال شده شکل سیمای سرزمین است. نواحی قرمزرنگ در اولویت اول و نواحی نارنجی‌رنگ در اولویت دوم برای اقدام در راستای بهبود کیفیت ساختاری شبکه فضای سبز هستند. مهم‌ترین اقدامات در راستای بهبود کیفیت فضای سبز این نواحی شامل افزایش وسعت، بهبود پیوستگی شبکه و انسجام شکل لکه‌های سبز است. برنامه‌ریزان توسعه فضای سبز به کمک این چهار

نقشه به‌خوبی قادر به شناخت ضعف‌ها و قوت‌های ساختاری شبکه فضای سبز به‌صورت مکانی هستند و در نقشه‌ها نواحی اولویت‌دار جهت رسیدگی مشخص است.



شکل شماره ۸. نقشه کیفیت ساختاری شبکه فضای سبز در سطح منطقه ۱۶

نتیجه‌گیری

تاکنون طیف وسیعی از برنامه‌ریزی‌ها و سیاست‌ها برای حفاظت از فضاهای سبز شهری و بهینه‌سازی الگوی فضایی آن‌ها به‌کاررفته گرفته‌شده است. طراحی یا برنامه‌ریزی بهتر فضای سبز شهری می‌تواند تأثیر بسزایی در بهبود کیفیت محیطزیست و زندگی شهری و همچنین دستیابی به توسعه پایدار داشته باشد. در این راستا، اطلاعات مربوط به وضعیت موجود فضاهای سبز شهری می‌تواند به برنامه‌ریزان در طراحی مؤثرتر کمک کند. باوجوداین، نحوه کمی سازی و شناخت وضع موجود یک سؤال اساسی است که با آن روبرو هستیم. در سال‌های اخیر محققان در حوزه برنامه‌ریزی شهری به این نتیجه رسیده‌اند که فرایندها و عملکردهای فضای سبز شهری از ساختار یا الگوی کلان فضای سبز در مقیاس شهر تأثیر می‌پذیرد و متریک‌های کمی ساز ساختار هرکدام نشانگر یکی از ابعاد ساختاری هستند و تنها با یک متریک نمی‌تواند به ارزیابی جامع ساختار شبکه فضای سبز پرداخت (Huang et al., 2021). بر این اساس تاکنون مطالعاتی در زمینه ارزیابی ساختار شبکه فضای سبز شهری با بهره‌گیری از اصول و مفاهیم موجود در علم بوم‌شناسی سیمای سرزمین در داخل کشور صورت پذیرفته است (برای مثال پریور و همکاران، ۱۳۸۷؛ پریور و همکاران، ۱۳۸۸؛ حسن‌پور و همکاران، ۱۴۰۰؛ لاریجانی و همکاران، ۱۳۹۳؛ یوسفی و همکاران، ۱۳۹۳). وجه تمایز این مطالعه با مطالعات پیشین علاوه بر انتخاب و ترکیب متریک‌ها و معرفی شاخص کلان ارزیابی کیفیت ساختاری شبکه فضای سبز با توجه به کارآیی متریک‌ها و هم‌پوشانی آن‌ها، در توجه ویژه به مقیاس داده‌ها ورودی (نقشه فضای سبز) و به‌کارگیری تحلیل پنجره متحرک در نقشه‌سازی کیفیت ساختاری است. در برخی از مطالعات (برای مثال پریور و همکاران ۱۳۸۷؛ پریور و همکاران ۱۳۸۸؛ حسن‌پور و همکاران ۱۴۰۰) برای تهیه نقشه فضای سبز از تصاویر ماهواره لندست باقدرت تفکیک ۳۰ متر استفاده‌شده که اساساً با این قدرت تفکیک از بسیاری از کریدورهای سبز کنار خیابانی چشم‌پوشی می‌شود. در برخی

دیگر از مطالعات (برای مثال لاریجانی، و همکاران، ۱۳۹۳؛ یوسفی، و همکاران ۱۳۹۳) نیز تنها نقشه پارک‌ها و بوستان‌های شهر به‌عنوان فضای سبز شهری مورد تحلیل قرارگرفته است. در اغلب مطالعات پیشین (برای مثال پریور و همکاران، ۱۳۸۷؛ پریور و همکاران، ۱۳۸۸؛ لاریجانی و همکاران، ۱۳۹۳؛ یوسفی و همکاران، ۱۳۹۳) برای پهنه‌بندی کیفیت ساختاری در سطح شهر اغلب از شبکه شش‌ضلعی و یا مربعی چند هکتاری استفاده‌شده است. به این صورت که برای هرکدام از واحدها در شبکه تعریف‌شده متریک‌ها محاسبه می‌شود. با توجه به اصول بوم‌شناسی سیمای سرزمین و دقت در مبحث روابط افقی موجود در سیمای سرزمین، تحلیل پنجره متحرک نسبت به این روش از کارآمدی بالاتری برخوردار است و عدم قطعیت ناشی از مرزبندی و تغییر ناگهانی مقادیر در دو طرف مرزهای تعریف‌شده را برطرف می‌سازد.

در این مطالعه به‌منظور توسعه روشی جامع و کارآمد برای ارزیابی کمی ساختار شبکه فضای سبز شهری، با توجه به مبانی نظری موجود در علم بوم‌شناسی سیمای سرزمین و عملکردهای شبکه فضای سبز شهری شاخص کیفیت ساختاری شبکه فضای سبز شهری معرفی‌شده است. با استفاده از این شاخص به‌صورت هم‌زمان سه ویژگی اساسی شبکه فضای سبز، یعنی وسعت نسبی پوشش گیاهی نسبت به وسعت دیگر کاربری‌ها، شاخص پیوستگی شبکه و شکل لکه‌های فضای سبز مورد ارزیابی و کمی سازی قرار می‌گیرد. متریک درصد وسعت فضای سبز نسبت به دیگر متریک‌های وسعت فضای سبز از این لحاظ برتری دارد که در محاسبه آن، وسعت دیگر کاربری‌ها نیز مدنظر قرار می‌گیرد و ارزش عددی آن در گستره معین (۰ تا ۱۰۰) قابل‌تعریف است. میزان پیوستگی لکه‌های فضای سبز در بهبود عملکرد شبکه فضای سبز شهری به‌خصوص حفظ تنوع زیستی شهری مؤثر است. از میان متریک‌های مرتبط با میزان پیوستگی شبکه فضای سبز، شاخص پیوستگی به دلیل فراهم‌سازی تعریف آستانه بر اساس نظر کارشناسی و همچنین گستره استاندارد (۰ تا ۱۰۰) برای استفاده در ارزیابی و کمی سازی کیفیت ساختاری شبکه‌های فضای سبز شهری از قابلیت بالایی برخوردار است.

علاوه بر وسعت نسبی پوشش گیاهی و میزان پیوستگی لکه‌ها دیگر فاکتور مهم و مؤثر بر عملکرد شبکه فضای سبز و بهبود خدمات اکوسیستمی به‌خصوص در محیط‌های شهری، شکل لکه‌ها است. شکل لکه‌های سبز بر خدماتی از قبیل تلطیف هوا، تصفیه آلودگی و بهبود تنوع زیستی تأثیر دارد. در این مطالعه از شاخص نرمال‌شده شکل سیمای سرزمین با گستره استاندارد ۰ تا ۱ برای کمی سازی این مؤلفه از ساختار شبکه فضای سبز و توسعه شاخص نهایی کیفیت ساختار فضای سبز شهری استفاده شد.

ازآنجاکه روش ارائه‌شده در این مقاله ویژگی‌های اساسی ساختار شبکه فضای سبز شهری را به‌صورت مکان‌دار مورد ارزیابی قرار می‌دهد، امکان مقایسه نسبی کیفیت ساختاری شبکه فضای سبز را برای برنامه‌ریزان زمین و طراحان شهر فراهم می‌سازد. با بهره‌گیری از این امکان فراهم‌شده در هر ناحیه از شهر می‌توان به درک کافی از نقاط ضعف و قوت شبکه فضای سبز رسید و اولویت‌های توسعه را معین کرد. برای مثال بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از مطالعه کیفیت ساختاری شبکه فضای سبز منطقه ۱۶، پیشنهاد می‌شود برای تقویت کیفیت ساختاری و درنتیجه بهبود عملکردهای بوم‌شناختی، مدیران توسعه فضای سبز در نواحی قرمزرنگ در نقشه مربوط به پیوستگی شبکه فضای سبز (شکل ۶) توجه بیشتر داشته باشند و در این نواحی با ایجاد کریدورهای سبز تلاش کنند میزان پیوستگی لکه‌های در این نواحی تقویت شود.

متریک‌های به‌کاررفته در شاخص نهایی کیفیت ساختار فضای سبز شهری که در این مقاله تدوین و معرفی شد در کنار

یکدیگر اقسام مختلف ویژگی‌های ساختاری را مورد کمی سازی قرار می‌دهند. از سوی دیگر هیچ‌گونه هم‌پوشانی میان این متریک‌ها وجود ندارد. آن‌گونه که در نتایج به‌دست‌آمده از کمی سازی ساختاری فضای سبز شهری در سطح منطقه ۱۶ تهران مشخص است شاخص کیفیت ساختاری فضای سبز شهری را می‌توان به نحو مطلوب در فرایند مدیریت و بهبود عملکرد فضاهای سبز شهری مورداستفاده قرار داد.

به‌طور خلاصه در مقایسه با دیگر مطالعات انجام‌شده در زمینه ارزیابی کیفیت شبکه فضای سبز شهری روش پیشنهادی در این مقاله از مزایای زیر برخوردار است: ۱) در تدوین آن به عملکردهای مختلف شبکه فضای سبز توجه شده است. ۲) شاخصی واحد و یکپارچه را برای کمی سازی کیفیت ساختاری ارائه می‌دهد. ۳) مبتنی بر داده‌های عینی است. ۴) امکان مقایسه وضعیت موجود شبکه فضای سبز را در مقیاس محلی و باقدرت تفکیک بالا فراهم می‌سازد.

تقدیر و تشکر

بنا به اظهار نویسنده مسئول، این مقاله حامی مالی نداشته است.

منابع

۱) پریور، پرستو؛ یاوری، احمدرضا؛ فریادی، شهرزاد و ستوده، احد. (۱۳۸۸). تحلیل ساختار اکولوژیک سیمای سرزمین شهر تهران برای تدوین راهکارهای ارتقای کیفیت محیطزیست. *محیط‌شناسی*، ۳۵(۵۱)، ۵۶-۴۵.

۲) پریور، پرستو؛ یاوری، احمدرضا و ستوده، احد. (۱۳۸۷). تحلیل تغییرات زمانی و توزیع مکانی فضاهای سبز شهری تهران در مقیاس سیمای سرزمین. *محیط‌شناسی*، ۳۴(۴۵)، ۸۴-۷۳.

۳) پژوهشکده توسعه تکنولوژی. (۱۳۹۲). *تهیه شناسنامه اکولوژیک*. منطقه ۱۶ شهر تهران، تهران.

۴) چهرآذر، یحیی؛ چهرآذر، فائزه و کریمی، سعید. (۱۳۹۶). مکان‌یابی پارک و فضای سبز شهری با استفاده از اطلاعات جغرافیایی به روش سیستم AHP ارزیابی چند معیاره (نمونه موردی: منطقه ۶ شهر تهران). *مطالعات علوم محیط‌زیست*، ۱ (۲)، ۴۶-۳۹.

۵) حسن‌پور، پرستو؛ سیاح نیا، رومینا و اسماعیل‌زاده، حسن. (۱۴۰۰). ارزیابی ساختار اکولوژیکی فضای سبز شهری با رویکرد سیمای سرزمین مطالعه موردی: منطقه ۲۲ تهران. *فصلنامه علوم محیطی*، ۱۸ (۱)، ۲۰۲-۱۸۷.

۶) حسینی مند، نگین؛ یعقوبی، معصومه؛ شاه‌حسینی، حبیب و جوان‌فروزنده، علی. (۱۴۰۰). ارزیابی مؤلفه‌های کیفی-ادراکی فضاهای سبز در ارتقاء حس رضایتمندی و سرزندگی ساکنان محلات اطراف آن (نمونه‌های موردمطالعه پارک ائل‌گلی و پارک ولیعصر تبریز). *نشریه جغرافیا و برنامه‌ریزی*، ۲۵ (۷۷)، ۷۹-۶۱.

۷) داز، بی‌بی سارا؛ غفاری گیلانده، عطا و عزیزی، علی. (۱۴۰۰). تحلیل تغییرات فضای سبز شهر گرگان با استفاده از متریک‌های سیمای سرزمین. *فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط‌زیست*، ۲۲(۵)، ۱۸۱-۱۶۷.

۸) دهقان زاد، شیما و قلعه نوعی، محمود. (۱۳۹۷). ارزشیابی شهرها بر اساس معیارهای کلان ساختار سبز شهری. مورد پژوهی: شهرضا (اصفهان). *آمایش جغرافیایی فضا*، ۸ (۲۷)، ۱۸۴-۱۶۹.

۹) لاریجانی، مریم؛ قسامی، فاطمه و یوسفی، الهام. (۱۳۹۳). تحلیل اکولوژیک ساختار فضای سبز شهر جیرفت با استفاده از متریک‌های سیمای سرزمین. *آمایش محیط*، ۷(۲۵)، ۶۴-۴۹.

۱۰) یوسفی، الهام؛ صالحی، اسماعیل؛ قسامی، فاطمه و جهانی‌شکیب، فاطمه. (۱۳۹۳). تحلیل وضعیت اکولوژیکی فضای سبز شهر بیرجند بر اساس متریک‌های سیمای سرزمین (با تاکید بر وضعیت پارک‌های محله‌ای و منطقه‌ای). فضای جغرافیایی، ۱۴(۴۶)، ۱۱۱- ۹۵.

References

1) Alberti, M. (2008). *Advances in urban ecology: integrating humans and ecological processes in urban ecosystems*. Springer.

2) Beer, A. R., Delshammar, T., & Schildwacht, P. (2003). A changing understanding of the role of

greenspace in high-density housing: A European perspective. *Built Environment*, (1978), 132-143.

3) Bowler, D. E., Buyung-Ali, L., Knight, T. M., & Pullin, A. S. (2010). Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence. *Landscape and urban Planning*, *97*(3), 147-155.

4) Breuste, J., Feldmann, H., & Uhlmann, O. (2013). *Urban ecology*. Springer Science & Business Media.

5) Brotons, L., Herrando, S., & Martin, J.-L. (2005). Bird assemblages in forest fragments within Mediterranean mosaics created by wild fires. *Landscape ecology*, *19*(6), 663-675.

6) Bush, J., & Hes, D. (2018). *Urban Green Space in the Transition to the Eco-City: Policies, Multifunctionality and Narrative*. In Enabling Eco-Cities (pp. 43-63): Springer.

7) Carreiro, M. M., Song, Y.-C., & Wu, J. (2007). *Ecology, planning, and management of urban forests: International perspective*. Springer Science & Business Media.

8) Chehrazar, Y., Chehrazar, F., & Karimi, S. (2018). Locating of urban parks and green spaces using geographical information system by AHP method (Case study: District 6 of Tehran). *Environmental Science Studies, 1* (2), 39-46. [In Persian].

9) Daz, B., Ghaffari Gilandeh, A., & Azizi, A. (2020). Analyzing of Urban Green Space Changes in Gorgan City Using Landscape Metrics. *Journal of Environmental Science and Technology*, *22*(5), 167-181. [In Persian].

10) Dehghanzad, Sh., & Ghalehnoei, M. (2019). Evaluation of cities based on macro criteria of urban green structure. Case study: Shahreza (Isfahan). *Geographical Planning of Space*, *8* (27), 167-181. [In Persian].

11) Dramstad, W., Olson, J. D., & Forman, R. T. T. (1996). *Landscape Ecology Principles in Landscape Architecture and Land-Use Planning*, Island Press.

12) Dufour, A., Gadallah, F., Wagner, H. H., Guisan, A., & Buttler, A. (2006). Plant species richness and environmental heterogeneity in a mountain landscape: effects of variability and spatial configuration. *Ecography*, *29*(4), 573-584.

13) Forman, R. (2014). *Land Mosaics: The ecology of landscapes and regions.* Publisher: Cambridge University Press.

14) Gardner, R. (1998). *Pattern, process, and the analysis of spatial scales*. Chapter 2 in: DL Peterson, and VT Parker, editors. Ecological Scale: Theory and Practice. In: Columbia University Press, New York, NY, USA.

15) Giles, R. H., & Trani, M. K. (1999). Key elements of landscape pattern measures. *Environmental Management*, *3*(4), 477-481.

16) Gusafson, E. (1998). Quantifying landscape spatial patterns: what is the state of the art. *Ecosystems*, *1*, 143-156.

17) Hardoy, J. E., Mitlin, D., & Satterthwaite, D. (2013). *Environmental problems in an urbanizing world: finding solutions in cities in Africa*. Asia and Latin America: Routledge.

18) Hassanpour, P., Sayyahnia, R., & Esmaeilzadeh, H. (2020). Ecological structure assessment of urban green space using the landscape approach (case study: Tehran's 22nd district). *Environmental Sciences*, *18*(1), 187-202. [In Persian].

19) Hosseinimand, N., yaghoobi, M., Shahhosseini, H., & Javan Forouzandeh, A. (2021). Evaluation of qualitative-perceptual components of green spaces in promoting the sense of satisfaction and vitality of the residents of the surrounding areas (Examples of Elgoli Park and Valiasr Park in Tabriz*). Geography and Planning, 25*(77), 61-79. [In Persian].

20) Huang, B.-X., Chiou, S.-C., & Li, W.-Y. (2021). Landscape Pattern and Ecological Network Structure in Urban Green Space Planning: A Case Study of Fuzhou City. *Land*, *10*(8), 769.

21) Janhäll, S. (2015). Review on urban vegetation and particle air pollution–Deposition and dispersion. Atmospheric environment, *105*, 130-137.

22) Kati, V., Devillers, P., Dufrêne, M., Legakis, A., Vokou, D., & Lebrun, P. (2004). Testing the value of six taxonomic groups as biodiversity indicators at a local scale. Conservation biology, *18*(3), 667-675.

23) Kendal, D., Williams, N. S., & Williams, K. J. (2012). Drivers of diversity and tree cover in gardens, parks and streetscapes in an Australian city. Urban forestry & urban greening,*11*(3), 257-265.

24) Kenworthy, J. R. (2006). The eco-city: ten key transport and planning dimensions for sustainable city development. *Environment and urbanization*, *18*(1), 67-85.

25) Kong, F., & Nakagoshi, N. (2006). Spatial-temporal gradient analysis of urban green spaces in Jinan, China. *Landscape and urban Planning*, *78*(3), 147-164.

26) Kong, F., Yin, H., & Nakagoshi, N. (2007). Using GIS and landscape metrics in the hedonic price modeling of the amenity value of urban green space: A case study in Jinan City, China. *Landscape and urban Planning*, *79*(3-4), 240-252.

27) Kong, F.-h., Nobukazu, N., Yin, H.-w., & Akira, K. (2005). Spatial gradient analysis of urban green spaces combined with landscape metrics in Jinan city of China. *Chinese Geographical Science*, *15*(3), 254-261.

28) Larijani, M., Qasami, F., & Yousefi Rubiat, A. (2015). Ecological analysis of the green space structure of Jiroft city using landscape metrics. *Environmental planning*, *7* (25), 49-64. [In Persian].

29) Leal Filho, W., Icaza, L. E., Neht, A., Klavins, M., & Morgan, E. A. (2018). Coping with the impacts of urban heat islands. A literature based study on understanding urban heat vulnerability and the need for resilience in cities in a global climate change context. *Journal of Cleaner Production*, *171*, 1140-1149.

30) Li, H., & Wu, J. (2004). Use and misuse of landscape indices. *Landscape ecology*, *19*(4), 389-399.

31) Li, H., Chen, W., & He, W. (2015). Planning of green space ecological network in urban areas: an example of Nanchang, China. *International journal of environmental research and public health*, *12*(10),12889-12904.

32) Li, S., WANG, J., & REN, H. (2010). The structure and function of urban green space system: a review. *Progress in geography*, *3*, 377-384

33) Loucks, O. L. (1994). *Sustainability in urban ecosystems: beyond an object of study. The ecological city: preserving and restoring urban biodiversity*. University of Massachusetts Press, Amherst, 48-65.

34) Luo, T. (2010). A review study of landscape metrics support to sustainable development of urban green spaces. *Paper presented at the Proceedings of the 47th International Federation of Landscape Architects (IFLA) World Congress*, Suzhou, China.

35) McGarigal, K. (1995). *FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure (Vol. 351): US Department of Agriculture*, Forest Service, Pacific Northwest Research Station.

36) McGarigal, K., Cushman, S., Neel, M., & Ene, E. (2002). *Spatial pattern analysis program for categorical maps*. URL: www. umass .edu/landeco/research/fragstats/fragstats. html.

37) Mörtberg, U., Goldenberg, R., Kalantari, Z., Kordas, O., Deal, B., Balfors, B., & Cvetkovic, V. (2017). Integrating ecosystem services in the assessment of urban energy trajectories–A study of the Stockholm Region. *Energy Policy*, *100*, 338-349.

38) Nielsen, A. B., Van Den Bosch, M., Maruthaveeran, S., & van den Bosch, C. K. (2014). Species richness in urban parks and its drivers: a review of empirical evidence. *Urban ecosystems*, *17*(1), 305-327.

39) Parivar, P., Yavari, A., & Sotodeh, A. (2008). A Landscape – Based Analysis of Spatial Distribution and Dynamics of Tehran Urban Green Spaces. *Journal of Environmental Studies*, *34*(45), 73-85. [In Persian].

40) Parivar, P., Yavari, A., Faryadi, S., & Sotoudeh, A. (2009). Landscape Ecological Structure Analysis of Tehran to Develop Strategies for Improving Environmental Quality. *Journal of Environmental Studies*, *35*(50), 45-53. [In Persian].

41) Pickett, S. T ,.Cadenasso, M. L., Grove, J. M., Nilon, C. H., Pouyat, R. V., Zipperer, W. C., & Costanza, R. (2001). Urban ecological systems: linking terrestrial ecological, physical, and socioeconomic components of metropolitan areas. *Annual review of ecology and systematics*, *32*(1), 127-157.

42) Ramos-González, O. M. (2014). The green areas of San Juan, Puerto Rico. *Ecology and Society*,

19(3), 20-27.

43) Research Institute of Technology Development (2013). *Preparation of ecological identity*. District 16 of Tehran Municipality. Tehran, (In Persian).

44) Richardson, E. A., & Mitchell, R. (2010). Gender differences in relationships between urban green space and health in the United Kingdom. *Social science & medicine*, *71*(3), 568-575.

45) Rizwan, A. M., Dennis, L. Y., & Chunho, L. (2008). A review on the generation, determination and mitigation of Urban Heat Island. *Journal of environmental sciences*, *20*(1), 120-128.

46) Rotem-Mindali, O. (2012). Retail fragmentation vs. urban livability: Applying ecological methods in urban geography research. *Applied Geography*, *35*(1-2), 292-299.

47) Saïd, S., & Servanty, S. (2005). The influence of landscape structure on female roe deer home-range size. *Landscape ecology*, *20*(8), 1003-1012.

48) Schneider, A., Friedl, M. A., & Potere, D. (2009). A new map of global urban extent from MODIS satellite data. *Environmental research letters*, *4*(4), 044003.

49) Semeraro, T., Pomes, A., Del Giudice, C., Negro, D., & Aretano, R. (2018). Planning ground based utility scale solar energy as green infrastructure to enhance ecosystem services. *Energy Policy*, *117*, 218-227.

50) Semeraro, T., Scarano, A., Buccolieri, R., Santino, A., & Aarrevaara, E. (2021). Planning of Urban Green Spaces: An Ecological Perspective on Human Benefits. *Land*, *10*(2), 105.

51) Shochat, E., Warren, P. S., Faeth, S. H., McIntyre, N. E., & Hope, D. (2006). From patterns to emerging processes in mechanistic urban ecology. *Trends in ecology & evolution*, *21*(4), 186-191.

52) Stearns, F., & Montag, T. (1975). *The urban ecosystem: a holistic approach* (Vol. 14): Dowden, Hutchinson & Ross.

53) Sukopp, H. (1990). Urban ecology and its application in Europe. *Urban ecology: Plants and plant communities in urban environments*, *1*(2), 79-97.

54) Sukopp, H. (1998). Urban ecology—scientific and practical aspects. In Urban ecology (pp. 3-16): Springer.

55) Turner, M. G., Gardner, R. H., O'neill, R. V., & O'Neill, R. V. (2001). *Landscape ecology in theory and practice* (Vol. 401): Springer.

56) Turner, W .R., Nakamura, T., & Dinetti, M. (2004). Global urbanization and the separation of humans from nature. *Bioscience*, *54*(6), 585-590.

57) UN-Habitat. (2020). *Global State of Metropolis 2020–Population Data Booklet*. In: United Nations Human Settlements Programme) UN-Habitat) Nairobi.

58) Van Oijstaeijen, W., Van Passel, S., & Cools, J. (2020). Urban green infrastructure: A review on valuation toolkits from an urban planning perspective. *Journal of environmental management*, *267*, 110603.

59) Ward, K., Lauf, S., Kleinschmit, B., & Endlicher, W. (2016). Heat waves and urban heat islands in Europe: A review of relevant drivers. *Science of the Total Environment*, *569*, 527-539.

60) Yousefi, A., Salehi, A., Qasami, F., & Jahani Shakib, F. (2015). Analysis of ecological status of green space in Birjand based on landscape metrics (with emphasis on the status of neighborhood and regional parks). *Geographical Space*, *14* (46), 95-111. [In Persian].

61) Zhang, L., & Wang, H. (2006). Planning an ecological network of Xiamen Island (China) using landscape metrics and network analysis. *Landscape and urban Planning*, *78*(4), 449-456.

62) 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.

63) Zipperer, W. C., Wu, J., Pouyat, R. V., & Pickett, S. T. (2000). The application of ecological principles to urban and urbanizing landscapes. *Ecological applications*, *10*(3), 685-688.

64) Zou, H., & Wang, X. (2021). Progress and Gaps in Research on Urban Green Space Morphology: A Review. *Sustainability*, *13*(3), 1202.