Journal of Environmental Research
Vol. 14, No. 27, Spring & Summer 2023

Journal Homepage: www.iraneiap.ir
Print ISSN: 2008-9597 Online ISSN 2008-9590

Environmental Revitalization of Distressed Urban Fabric Through Landscape Metrics Approach, the Case of District 9th Tehran City

Document Type
Research Paper

Received
2023/02/15

Accepted
2023/06/12

Mohammad Reza Masnavi[1], Masoomeh Mohseni Fard Naghani[2*]

1. Professor of Architecture, Graduate Faculty of Environment, University of Tehran, Iran
2. MSc. of Environmental Design, Graduate Faculty of Environment University of Tehran, Iran

DOI: 10.22034/eiap.2023.179863

Abstract
Currently, many decayed urban fabric inside the cities suffer from physical problems, lack of sufficient green space and proper accessibility, and weak infrastructure. In order to overcome these problems, some researchers have proposed the creation and strengthening of urban infrastructures through the connection of open and green spaces in urban environments. The aim of this research is to improve the ecological network structure of the green space network of the 9th district of Tehran through landscape metrics, to achieve a better quality of life and improve the environmental conditions in these areas. Based on this, at first, using satellite images and land use map of Tehran city, the required geographical data of the network map within the decayed fabric of the 9th district of Tehran was prepared. And then two levels were chosen to restore the green patches: the macro level (Teheran District 9) where the most important green spaces and their changes during the years 2002, 2017 with the help of landscape metrics (CAP, NP, MNN, MPS, LPI, AWMSI, MSI, PD) was calculated in FRAGSTATS 4.2.1 software; and the micro level was considered: distressed urban fabric of neighborhoods such as Dastgheyb, Imamzade Abdullah, Shamshiri, Sar Asiyab Mehrabad. By determining the most important green patches and identifying the optimal corridors based on the resistance of the landscape at the macro level and with the help of graph theory and the minimum cost model, these spaces were connected at the macro level and then at the micro level, creating an ecological network within the urban fabric. The findings of the research show that the green patches in terms of size, number, continuity, composition and spatial distribution in Region 9 have suffered severe destruction. And the fragmentation of green spaces and the distance between them has increased in 2017. It is recommended to protect the privacy of the Kan River, transfer the industries from the area and release their spaces to increase the open spaces and vegetation and the network of green spaces in the open spaces of district 9.

Keywords: Distressed fabric green space network, Landscape metrics, Graph theory, Landscape ecology, District 9 of Tehran.

*Corresponding author: Email: m.mohseni9190@gmail.com

Extended Abstract

Introduction

The fast increase of urbanization will reason severe monetary, social and environmental consequences. When the lifestyles in a part of the city is disturbed for any reason, the urban material of that part is within the system of distressed.(Bromley et al., 2005).This phenomenon on the dimensions of Iran and the city of Tehran isn't handiest the possibility of reuse, but additionally a strong comparison inside the practical position of these tissues cities. Sub-structural adjustments inside the distressed fabric of Tehran metropolis, that have emerged from the disconnection of green spaces and patches, are considered one of the maximum crucial processes of city transformation, which include the transformation of green spaces into smaller pieces with much less ecological connection. As a result of lowering their balance and viability (Mohseni Fard Naghani et al., 2019, Masnavi et al., 2015). Studies show that through spatial distribution of green spaces and their composition changes inside the 9th district of Tehran, it is viable to revive the distressed of this area with the idea of an ecological city. In latest years, landscape metrics are particularly used to research the temporal and spatial adjustments of the city inexperienced area mosaic sample (Wu et al., 2000; Jenerette & Wu, 2001). Those metrics describe how the spatial distribution, continuity and connection of the structural additives of the ecological community. (Turner, 1989).

Methodology

In the first step, the usage of satellite images and land use map of Tehran city, the required geographical information of the network map within the decayed fabric of the 9th district of Tehran become prepared. and then two stages had been chosen to restore the green patches: the macro stage (Teheran District 9) in which the most critical green spaces and their modifications for the duration of the years 2002, 2017 with the help of panorama metrics (CAP, NP, MNN, MPS, LPI, AWMSI, MSI, PD) was calculated in FRAGSTATS 4.2.1 software; and the micro level was taken into consideration: distressed urban of neighborhoods inclusive of Dastgheyb, Imamzade Abdullah, Shamshiri, Sar Asiyab Mehrabad. via determining the most critical green patches and figuring out the premier corridors based at the resistance of the panorama at the macro stage and with the assist of graph principle and the minimal fee version, these spaces have been connected on the macro stage and then on the micro level, growing an ecological network in the city material.

Results and Discussion

The findings of the research show that the green spaces in terms of size, number, continuity, composition and spatial distribution in Region 9 have suffered severe destruction. And the fragmentation of green spaces and the distance between them has increased in 2017. Of the four connection models between patches using graph theory, Beckman's circular model is the most efficient model that can be applied to area 9 fabric. It is recommended to protect the privacy of the Kan River, transfer the industries from the area and release their spaces to increase the open spaces and the network of green spaces in the open spaces of district 9.

Conclusion

After the spatial analysis of the green spaces with the help of landscape metrics, the green spaces are connected with the help of graph theory and finally they show the sustainable social and ecological system among the fabric of the distressed 9th region. In area 9, four communication models among stains have been created with the help of graph theory in area 9, and based on the comparisons, the Beckman model is the most efficient model among area 9 and its distressed.

References

Bromley, R.D.; Tallon, A.R. & Thomas, C. J. 2005. City center regeneration through residential development: Contributing to sustainability.Urban studies. 42(13): 2407-2429.

Jenerette, G.D. &Wu, J. 2001. Analysis and simulation of land use change in the central Arizona (Case Study: Phoenix region). Landscape Ecology.(16):611-626.

Mohseni Fard Naghani, M.; Masnavi, M.R.& Zebardast, L. 2019. Ecological reclamation of distressed urban fabric through open and green space networks to enhance the urban vitality based on graph theory and gravity models, (The Case of : district 9, Tehran). Journal of Environmental Studies. (45):525-544.

Turner, M.G. 1989. Landscape ecology: the effect of pattern on process. Annual Review of Ecology and Systematic. (20):171-197.

Wu, J.; Jelinski, D.E.; Luck, M. & Tueller, P.T. 2000. Multi scale analysis of landscape heterogeneity: Scale variance and pattern metrics. Geographic Information Sciences. (6): 6-19.

پژوهش‌های محیط‌زیست، سال ۱٤، شماره ۲۷، بهار و تابستان ۱٤۰۲، از صفحه ۲۵۳ تا ۲۶۶

بهسازی محیطی شبکه اکولوژیک در بافت فرسوده شهری با استفاده از متریک‌های سیمای سرزمین(منظر)، مورد پژوهی منطقه ۹ شهرداری تهران

محمد رضا مثنوی[۱]، معصومه محسنی فرد ناغانی*[۲]

۱. استاد گروه مهندسی طراحی محیط‌زیست، دانشکده محیط‌زیست، پردیس فنی دانشگاه تهران، تهران، ایران
۲. کارشناس ارشد مهندسی طراحی محیط‌زیست، دانشکده محیط‌زیست، پردیس فنی دانشگاه تهران، تهران، ایران

تاریخ وصول مقاله: ۱٤۰/۱۱/۲۶ تاریخ پذیرش مقاله: ۱٤۰۲/۰۳/۲۲

چکیده

امروزه بافت‌های فرسوده درون شهرها از مشکلات کالبدی، فقدان فضای سبزکافی و دسترسی مناسب و ضعف زیر ساخت‌ها رنج می‌برند. برای غلبه بر این مشکلات برخی از محققان، تقویت زیر ساخت‌های شهری از طریق پیوستگی فضاهای باز و سبز شهری درون محیطهای شهری را به عنوان راه حل مناسب پیشنهاد کرده‌اند. هدف این پژوهش، بهبود ساختار شبکه اکولوژیک فضای سبز منطقه ۹ تهران به کمک متریک‌های سیمای سرزمین برای دستیابی به کیفیت بهتر زندگی و محیطزیست می‌باشد. نخست با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و نقشه کاربری اراضی شهر تهران داده‌های جغرافیایی مورد نیاز نقشه شبکه درون بافت فرسوده منطقه ۹ تهران تهیه گردید. سپس دوسطح کلان (منطقه) و سطح خرد (محلات دستغیب، امامزاده عبدالله، شمشیری، سرآسیاب مهرآباد) برای احیا لکه‌های فضای سبز انتخاب گردید: مهمترین لکه‌های فضای سبز و تغییرات آن‌ها در طی سال‌های ۲۰۰۲ ، ۲۰۱۷ با کمک متریک‌های سیمای سرزمین (CAP, NP, MNN, MPS, LPI, AWMSI, MSI, PD) در نرم افزار FRAGSTATS4.2.1محاسبه گردید. با تعیین مهمترین لکه‌های سبز و شناسایی کریدورهای بهینه به کمک تئوری گراف، و مدل حداقل هزینه، لکه‌ها درسطح کلان و خرد شناسایی و اتصال شبکه اکولوژیک در درون بافت فرسوده ایجاد گردید. یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد که لکه‌های سبز از لحاظ وسعت، تعداد، پیوستگی، ترکیب و توزیع فضایی در منطقه ۹ دچار تخریب و خرد دانگی شده و فاصله بین آن‌ها در سال ۲۰۱۷ افزایش یافته است که حفاظت از حریم رود دره کن، انتقال صنایع مزاحم و آزادسازی برای افزایش پوشش گیاهی و شبکه فضاهای سبز توصیه می‌شود.

کلید واژه‌ها: شبکه فضای سبز بافت فرسوده، متریک‌های سیمای سرزمین (منظر)، تئوری گراف، اکولوژی سیمای سرزمین، منطقه ۹ تهران

*نویسنده مسئول: Email:m.mohseni9190@gmail.com
DOI: 10.22034/eiap.2023.179863
DOR: 20.1001.1.20089597.1402.14.27.13.5

سرآغاز

شهرنشینی و شهرگرایی در قرن‌گذشته همواره رشد سریعی داشته و بیش از ده برابر شده است. پیش‌بینی افزایش جمعیت دنیا در نواحی شهری بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۳۰ (حدود ۲ میلیارد نفر) اتفاق خواهد افتاد و تا سال ۲۰۳۰ بیش از ۶۰ درصد جمعیت دنیا در شهرها زندگی خواهند کرد، که تقریبا ۹۳ درصد از این افزایش جمعیت در کشورهای در حال توسعه اتفاق خواهد افتاد (UNEP, 2007). بی‌شک چنین رشد سریع شهرنشینی، پیامدهای اقتصادی، اجتماعی و محیطزیستی جدی را به وجود خواهد آورد. هنگامی که در محدوده‌ای از شهر، حیات آن به هر علتی رو به اختلال می‌رود بافت شهری آن محدوده در روند فرسودگی قرار می گیرد (Bromley et al., 2005).

امروزه بافت‌های فرسوده در درون شهرها از مشکلات کالبدی (فرسودگی) و فقدان فضای‌سبز کافی، خردشدن لکه‌های سبز شهری، درهم پیچیدگی بافت و ضعف زیر ساخت‌ها رنج می‌برند که متاسفانه اتخاذ سیاست‌های ناکارآمد در زمینه احیا و بهسازی بافت‌های فرسوده شهری، قیمت بالای زمین و تراکم ساخت در بافت‌های فرسوده تناسب بین فضاهای ساخته شده با فضاهای باز و سبز را با مشکل مواجه می کند. این پدیده در مقیاس ایران و شهر تهران نه تنها امکان استفاده مجدد بلکه موجب تضاد شدید در نقش عملکردی این بافت‌ها با بافت‌های جدید در درون شهرها گردیده است. تغییرات زیر بنایی در بافت فرسوده شهر تهران که به صورت از هم‌گسیختگی پهنه‌ها و لکه‌های سبز بروز یافته، یکی از مهم‌ترین فرآیندهای دگرگونی شهری به شمار می‌آید که شامل تبدیل فضاهای سبز و بایر با زیستگاهی خاص به قطعات کوچک‌تر و دارای ارتباط و اتصال اکولوژیکی کمتر و در نتیجه کاهش پایداری و زیست‌پذیری آن‌ها می‌باشد (Mohseni Fard Naghani et al,. 2019; Masnavi et al., 2015). خرد شدن فضاهای سبز و اکولوژیک نه تنها سلامت اکوسیستم‌ها را به خطر می اندازد بلکه کیفیت زندگی شهروندان این مناطق را تحت تاثیر قرار داده است (Jaeger et al,. 2008). بنابراین بافت‌های فرسوده شهر تهران از جنبه احیای طبیعت شهری نیاز به توجه ویژه‌ای دارند. زیرا، حضور طبیعت در شهر از نظر وسعت، ترکیب و توزیع، از الزامات توسعه پایدار و شهر سالم است و برای پیشبرد کیفیت زندگی در نواحی بافت فرسوده شهری اهمیت بسیاری دارد و این نواحی را از نظر اکولوژیکی پایدار می‌سازد. از این رو بسیاری از محققان شبکه اکولوژیکی سبز را برای کاهش از هم‌گسیختگی لکه‌های سیمای سرزمین و افزایش پیوستگی آن پیشنهاد می‌دهند (Zhang & Wang, 2006). تجربه‌های صورت گرفته نشان می‌دهد با تعیین و نحوه توزیع فضایی و مکانی فضای سبز و ترکیب و تغییرات زمانی آن‌ها در منطقه ۹ تهران می‌توان بافت فرسوده این منطقه را با مفهوم شهر اکولوژیک احیاء کرد که خود نیازمند شبکه‌های اکولوژیک با سامانه‌های متعادل و خود سازمانده است. در سال‌های اخیر متریک‌های سیمای‌سرزمین به طور مشخص برای تحلیل تغییرات زمانی و مکانی الگوی موزاییک فضای سبز شهری استفاده می‌شود (Wu et al., 2000; Jenerette & Wu, 2001). این متریک‌ها چگونگی توزیع فضایی، پیوستگی و اتصال اجزای ساختاری شبکه اکولوژیک را توصیف می‌کند (Turner, 1989).اجزای ساختاری شبکه اکولوژیکی در محیط شهری می‌توان شامل سیستم پیوسته از لایه‌های طبیعی و مصنوع دانست (Aminzadeh & Khansefid, 2010).

پیشینه پژوهش

امروزه ایده شبکه‌های اکولوژیک در بسیاری از بافت‌های شهری، بسته به تفاوت‌های ژئوفیزیکی و سطوح مدیریتی، طرح‌هایی را ایجاد کرده است (Council of Europe, 1996) که می‌توان در میان آن‌ها به شبکه اکولوژیک اتصال‌دهنده با بافت فرسوده جنوب غربی شهر درسدن[1] آلمان اشاره کرد. اهداف این پروژه، شامل بهسازی شرایط اقتصادی توسط زیرساخت‌های اکولوژیک و غلبه بر جدایی وجه تاریخی منطقه و درگیر ساختن بافت فرسوده با توسعه شهر می‌باشد. در این پروژه از کریدور رودخانه به عنوان ساختار اصلی طرح استفاده که موجب حفظ بیوتوپ‌های کمیاب و بهبود فضاهای عمومی می‌شود.

Kong et al., (2010) با استفاده از شش متریک سیمای سرزمین (CA, PD, MPS, LIP, MNN, CHOHESION) به شناسایی شبکه‌ها و لکه‌های سبز و کریدورهای دارای پتانسیل پرداختند و سپس با استفاده از مدل جاذبه و تئوری گراف یک شبکه پیوسته فضای سبز برای شهر جینان[2] ارایه کردند (Kong et al., 2010).

Kupfer, (2012) درمقاله خود مروری بر استفاده از متریک‌های سیمای سرزمین و آنالیزهای آن در نرم‌افزار Fragstats داشته و بیان کرد که این محاسبات می تواند مشخصه‌ای برای انتخاب لکه‌ها و کریدورها به‌عنوان اجزای مهم و اتصالات دهنده در

شبکه اکولوژیک باشد (Kupfer, 2012).

Xio, (2017) لکه‌های فضای سبز را بر اساس نقشه‌های بیوتوپ و نیاز اجتماعی شهر استکهلم را تعیین کرد. سپس با کمک آنالیزهای مدل حداقل هزینه، بهینه‌ترین راه ارتباطی بین لکه‌های فضای سبز شبکه اکولوژیک شهر استکهلم تعیین شد (Xio, 2017).

Zhang et al., (2019) در مطالعه خود با کمک نرم‌افزارهای Fragstats, Confor ارتباط بین لکه‌های سبز در شهر دیترویت را بررسی و در گام دوم به کمک مدل حداقل هزینه کریدورهای دارای پتانسیل شناسایی می‌شوند و سپس با تئوری‌گراف شبکه اکولوژیک بین لکه‌ها ایجاد گردید و در آخر هم به کمک مدل کشش شبکه اکولوژیک بهینه برای شهر دیترویت انتخاب گردید (Zhang et al., 2019).

Nasehi &Imanpour namin. (2020) در مقاله خود به آنالیز تعداد لکه‌ها و مساحت آن‌ها با کمک متریک‌های سیمای سرزمین در منطقه دو شهر تهران پرداختند و نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که لکه‌های فضای‌سبز در این منطقه کاهش و با لکه‌های ساختمانی جایگزین شده است. بنابراین باید به بحث‌های توسعه پایدار در منطقه دو تهران توجه بیشتری کرد (Nasehi & Imanpour Namin, 2020).

Chu et al., (2022) تاثیرات توسعه شهری بر روی لکه‌های فضای‌سبز از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ در شهر بیجینگ چین را بررسی کردند و آن‌ها الگوی سرزمین را به کمک مدل FLUS برای سال ۲۰۳۰ پیشبینی کردند(Chu et al., 2022).

Mansour et al., (2022) به تحلیل فضاهای سبز منطقه صحار ولایت به کمک متریک‌هایLSI و AWMSI پرداختند. نتایج نشان داد که بیشترین خرد شدن لکه‌های فضای سبز در مناطق حاشیه‌ای این منطقه اتفاق افتاده است و بیشتر فضاهای بایر و خالی این منطقه به مناطق مسکونی تبدیل شدند (Mansour et al, 2022).

در کشور ایران، صادقی بنیس مطالعه‌ای بر روی بهسازی شبکه اکولوژیک شهر تبریز با استفاده از متریک‌های منظر داشته که در نهایت به پهنه‌بندی ساختار شبکه به صورت سه پهنه همگن و ارایه راهکارهایی برای ارتقاء آن انجامید (Sadeghi Benis, 2015).

رمضانی مهریان و همکارش در پژوهش خود شبکه پیوسته فضای سبز شهری را با استفاده از تئوری گراف در منطقه یک تهران طراحی کردند (Ramezani Mehraban & Faryadi, 2014).

قربانی و همکاران در پژوهش خود به تحلیل و بررسی تداوم و پیوستگی شبکه اکولوژیک با کمک تئوری گراف پرداختند (Gorbani et al., 2021).

بررسی پیشینه تحقیق نشان از تحلیل تغییرات و ارزیابی پیوستگی اکولوژیکی یک شهر یا منطقه‌ای خاص به کمک متریک‌های سیمای سرزمین، تئوری گراف و آنالیزهای مدل حداقل هزینه دارد و در ارتباط با موضوع پژوهش مطالعات کمی صورت گرفته است که عموما این مطالعات به بررسی و ارایه راهکارهایی در جهت اتصال لکه‌های سبز در بستر بافت فرسوده شهری می پردازند. از این مطالعات می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

در کشور ایران مثنوی و همکاران در پژوهش خود مساله بهسازی محیطی و ارتقاء کیفیت فضایی مناطق فرسوده شهری در چارچوب توسعه پایدار از طریق اراضی قهوه‌ای و با کاربست مدل کشش و روش رویهم‌گذاری لایه‌های اطلاعاتی موجود در منطقه ۱۲ تهران را مورد بررسی قرار دادند (Masnavi et al., 2015).

در پژوهشی دیگر محسنی فرد و همکاران به احیای اکولوژیکی بافت‌های فرسوده شهری در منطقه ۹ تهران از طریق شبکه‌های فضای سبز و باز به کمک تئوری گراف و مدل کشش در منطقه ۹ تهران پرداختند (Mohseni Fard Naghani et al., 2019).

بنابراین با توجه به اهمیت این مساله، پژوهش حاضر با بررسی پیشینه تحقیق و به کارگیری روش‌های مناسب با موضوع مورد مطالعه کمی فراتر از پژوهش‌های انجام شده رفته و سعی در نشان دادن نقش تغییرات لکه‌های سبز در سیمای سرزمین و سپس در پایان با اتصال این لکه‌ها به صورت شبکه اکولوژیک به کمک تئوری گراف در میان بافت فرسوده منطقه ۹ تهران به ارایه راهکارهای مناسب در جهت اهداف تحقیق دارد.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مورد مطالعه

منطقه ۹ تهران با ۲۰ کیلومتر مربع وسعت، منطقه‌ای حاشیه‌ای که بیش از نیمی از مساحت منطقه به کاربری فرا منطقه‌ای (فرودگاه مهرآباد) اختصاص دارد. این منطقه در منتهی‌الیه غرب تهران قرار دارد که از شمال با مناطق ۲ و ۵، از جنوب با مناطق

۱۷ و۱۸، از غرب با منطقه ۲۱ و کرج، از شرق با منطقه ۱۰ همجوار می‌باشد. فرودگاه مهرآباد مساحت ۱۳۴۶هکتار از این منطقه را به خود اختصاص می‌دهد. علاوه بر باند پرواز و صنایع هواپیماسازی لکه‌های سبز و باز در فرودگاه مهرآباد موجود می‌باشد که از آن جمله رود دره کن در قسمتی از مسیر خود از غرب منطقه، از داخل فرودگاه مهرآباد و از کنار باند پرواز می‌گذرد. اتصال لکه‌های سبز درون فرودگاه به لکه‌های درون منطقه ۹ به کنترل الودگی کمک می‌کند. شکل (۱) موقعیت جغرافیایی منطقه ۹ تهران را نشان می‌دهد.

شکل (۱): نقشه موقعیت جغرافیایی منطقه ۹ تهران

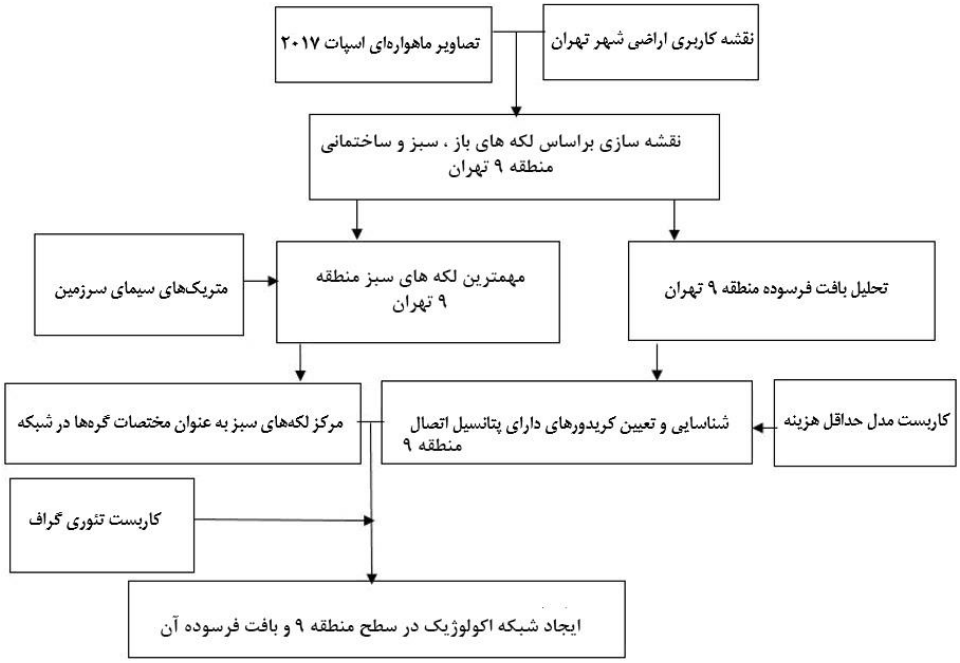
روش پژوهش

در این پژوهش با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و نقشه کاربری اراضی داده‌های جغرافیایی مورد نیاز تهیه گردید که شامل لکه‌های سبز، لکه‌های باز و فضاهای ساختمانی می‌باشند. فضاهای ساختمانی در درون منطقه ۹ تهران شامل بافت نوساز و فرسوده می باشد. برای ایجاد شبکه اکولوژیک طبق هدف پژوهش سطح بافت‌های فرسوده منطقه ۹ تهران به کمک نقشه‌های به دست آمده از شهرداری منطقه ۹ تهران انتخاب گردید. با توجه به رویکردهای اکولوژی بهبود ویژگی هر لکه اکولولوژیکی در سطح منطقه‌ای موجب احیاء آن در سطح محلی می‌گردد (Masnavi et al., 2015). دو سطح برای این کار انتخاب گردید: سطح کلان (منطقه ۹ تهران) که آنالیز و تحلیل لکه‌های سبز به کمک نرم‌افزار Fragstats4.2.1 دراین سطح انجام گردید که نشان از معضلات کنونی فضای‌سبز منطقه ۹ تهران که شامل عدم پیوستگی و اتصال لکه‌ها، توزیع نامتعادل آن‌ها، جدا افتادگی و خردشدن لکه‌ها می‌باشد و سطح خرد (بافت فرسوده محلات دستغیب، امامزاده عبدالله، شمشیری، سرآسیاب مهر آباد منطقه ۹) است. از سوی دیگر در سطح کلان به کمک مسیر حداقل‌هزینه کم هزینه‌ترین مسیر ارتباطی بین لکه‌ها در نظر گرفته می‌شود. مدل حداقل‌هزینه یکی از مدل‌های جدید می‌باشد که در مطالعات اکولوژی منظر و پیوستگی سیمای سرزمین هم‌اکنون به کار گرفته می‌شود (Xio, 2017). این مدل یک الگوریتم رستر محور است که برای شناسایی و آنالیز ارتباط اصلی و یا بازیابی ارتباطات به کار می‌رود (Adriaensen et al., 2003). بدین‌ترتیب در این پژوهش به منظور ایجاد و گسترش شبکه اکولوژیک در درون بافت فرسوده ابتدا مهمترین لکه‌های سبز وکریدورهای دارای پتانسیل و کم هزینه در سطح کلان شناسایی و سپس به کمک تئوری‌گراف شبکه اکولوژیک مناسب در سطح کلان (منطقه ۹) و سپس در سطح خرد (بافت فرسوده محله دستغیب، امامزاده عبدالله، شمشیری، سرآسیاب مهرآباد) ایجاد گردید.

بنابراین در سطح خرد در میان بافت‌های فرسوده منطقه ۹ محله‌های دستغیب، امامزاده عبدالله، محله شمشیری و محله سرآسیاب مهرآباد به عنوان جزیی از بافت‌های فرسوده منطقه ۹ تهران، انتخاب گردید که بهترین ساختار اکولوژیکی انتخاب شده در سطح کلان براین بافت‌های فرسوده منطبق خواهد شد.

شایان ذکر است لکه‌های سبز و باز درون محوطه فرودگاه مهرآباد و پادگان جی خصوصی بوده و مورد دسترس عموم قرار ندارند و این لکه‌های سبز و باز از نظر تعاملات اجتماعی دارای کاستی می‌باشند. همچنین عدم دسترسی به این داده‌های فضای سبز، از جمله محدودیت‌های این پژوهش نیز بوده است. شکل (۲)، فرآیند مورد استفاده در این مقاله جهت بهسازی شبکه

اکولوژیک در بافت فرسوده منطقه ۹ تهران را ارایه می‌دهد.



شکل (۲): فرآیند مورد استفاده در پژوهش

ادبیات پژوهش

متریک‌های سیمای سرزمین

تشریح ساختار سیمای سرزمین پیش شرط مطالعه کارکرد و تغییر سیمای سرزمین است و برای رسیدن به این هدف از اکولوژی سیمای سرزمین متریک‌های مختلفی استخراج گردیده است (McGarigal,1995). تحلیل پیوستگی لکه‌های سبز در نرم‌افزار Fragstats4.2.1 قابل اندازگیری می‌باشد. متریک‌ها می‌توانند به تشخیص این که مهمترین لکه‌های موجود در کاربری اراضی برای حفاظت کدامند موثر باشند یا متریک‌های پیوستگی به منظور حفظ پیوستگی در سیمای سرزمین، برای انتخاب صحیح مکان فضاهای سبز در فرآیند طراحی مفیدند. در این پژوهش به منظور شناسایی لکه‌های دارای پتانسیل از هشت متریک (CAP,NP, MNN, MPS, LPI, AWMSI, MSI, PD) به علت توانایی آن‌ها در تفسیر و توزیع فضایی عناصر ساختاری در سیمای سرزمین استفاده می‌شود که نشانه‌ای از میزان جدا افتادگی لکه‌های فضای سبز شهری می‌باشد و می‌توان به کمک آن‌ها بهینه‌ترین الگوی اتصال لکه‌ها را پیش‌بینی کرد (Schumaker, 1996; Tischendorf, 2001; Zhang & Wang, 2006; Pham & Nakagoshi, 2007). جدول (۱)، تعاریفی از متریک‌های مورد استفاده در پژوهش را ارایه می‌دهد.

جدول (۱): تعاریف از متریک‌های سیمای سرزمین براساس (McGarigal, 2015)

CAP[3]	نسبت مساحت طبقه: واحد آن درصد است و برای تشخیص ماتریس سیمای سرزمین و جهت تشخیص بزرگترین لکه‌ها در سیمای سرزمین استفاده می شود.
PD[4]	شاخص بزرگترین لکه: نشان دهنده درصدی از کل مساحت منطقه است که میزان جدایی و گسیختگی لکه‌ها را محاسبه می‌کند.
MNN[5]	متوسط نزدیک‌ترین فاصله همسایگی: این متریک متوسط فاصله دو لکه مشابه را محاسبه می‌کند و واحد آن متر است.
LPI[6]	بزرگترین لکه: واحد این متریک برحسب متر مربع می‌باشد و بزرگترین لکه حاصل تقسیماتی است که در مناطق منظر اتفاق می‌افتد. این پارامتر با مساحت اندازگیری می‌شود.
MPS[7]	میانگین اندازه لکه: حاصل تقسیم مجموع مساحت لکه‌ها با کاربری مشابه برتعداد کل آن‌ها است.
NP[8]	تعداد لکه‌ها: نشان دهنده تعداد یا ظرفیت لکه‌ها می‌باشد.
MSI[9]	میانگین شکل لکه‌ها: میانگین نسبت محیط لکه به مساحت لکه می‌باشد.
AWMSI[10]	متوسط شاخص شکلی نرمال شده به مساحت است. لکه‌های بزرگتر وزن بیشتری از لکه‌های کوچکتر دارند.

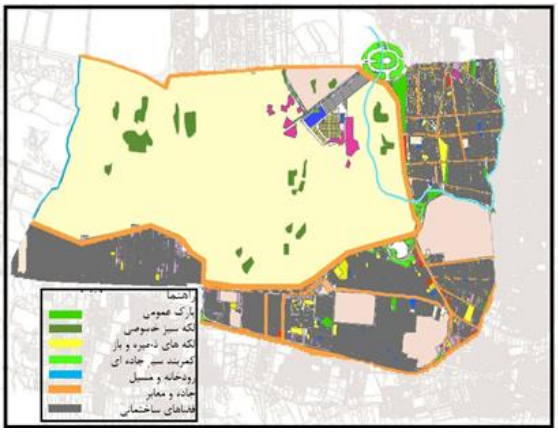
کاربست مدل حداقل هزینه

برای آنالیز مسیرهای موجود براساس طبقات اراضی ارزشی برای هر کدام از لکه‌ها در نظر گرفته شده است که ارزش موردنظر نشان از مقاومت لکه موردنظر نسبت به تغییر و جابه جایی در سیمای سرزمین دارد. این ارزش‌گذاری به کمک نرم‌افزار GIS انجام گرفته و بدین‌ترتیب برای هرکدام از لکه‌ها کوتاه‌ترین مسیر ممکن را نشان می‌دهد (Kong et al., 2010). جدول (۲)، نشان‌دهنده دسته‌بندی و ارزش‌گذاری وزنی لکه‌های موجود در میان منطقه ۹ تهران است.

شکل (۳)، نقشه لایه هزینه عوارض موجود در منطقه ۹ تهران در برابر جابه‌جایی در سیمای سرزمین را نشان می‌دهد.

جدول (۲): ارزش‌گذاری وزنی برای لکه‌های موجود (Kong etal,. 2010)

میزان ارزش و مقاومت ظاهری لکه	لکه	دسته بندی
۱ -۳	پارک عمومی	لکه‌های سبز شهری در میان منطقه ۹
۵ -۶	لکه سبز خصوصی	
۸ -۹	لکه باز	
۱۲ -۱۵	کمربند سبز جاده ای	
۱۰۰ -۵۰۰۰	رودخانه‌ها و مسیل	دیگر لکه‌های موجود در میان منطقه ۹
۱۰۰۰۰	جاده‌ها و معابر	
۵۰۰۰۰	ساختمانی	



شکل (۳): نقشه لایه هزینه کاربری اراضی منطقه ۹ تهران

پیوستگی شبکه براساس تئوری گراف

در تئوری گراف درجه ارتباط تمامی گره‌های موجود در شبکه پیوستگی شبکه نامیده می شود. چندین شاخص برای این هدف گسترش یافته‌اند (Taylor et al., 1993; Goodwin & Fahrig, 2002) که شامل: شاخص α، شاخص β، شاخص γ و cost ratio می‌باشد (Forman, 1999).

شاخص α (نسبت تعداد حلقه‌های موجود در شبکه به حداکثر حلقه‌های ممکن) است.

$$\alpha = \frac{L - V + 1}{2V - 5} \qquad (۱)$$

در این معادله L تعداد کریدورها و V تعداد گره‌ها است. گستره شاخص α از صفر(برای شبکه‌های بدون حلقه) تا یک (برای شبکه‌های دارای حداکثر حلقه ممکن) است. شاخص β نسبت تعداد لینک‌ها به گره‌ها می باشد. هرچه بیشتر باشد نشان دهنده پیوستگی بیشتراست.

$$\beta = \frac{L}{V} \qquad (۲)$$

دیگر شاخص پیوستگی شبکه γ از تقسیم تعداد لینک‌های شبکه بر حداکثر تعداد ممکن لینک‌ها به دست می‌آید. عدد حاصل بین صفر تا یک است که هرچه به عدد یک نزدیک‌تر باشد اتصال بیشتری در شبکه وجود دارد (Zang& Wang, 2006).

$$\gamma = \frac{L}{L\max} = \frac{L}{3(V-2)} \qquad (۳)$$

تحلیل هزینه

شاخص‌های α، β و γ تنها ویژگی‌های فضایی لکه‌ها و کریدورها را بدون در نظر گرفتن شاخص هزینه نشان می‌دهند. شاخص نسبت هزینه برای در نظر گرفتن هزینه‌های ساخت شبکه به کار می‌رود (Kong, et al., 2010).

معادله زیر برای درنظر گرفتن هزینه‌های ساخت شبکه به کار می رود:

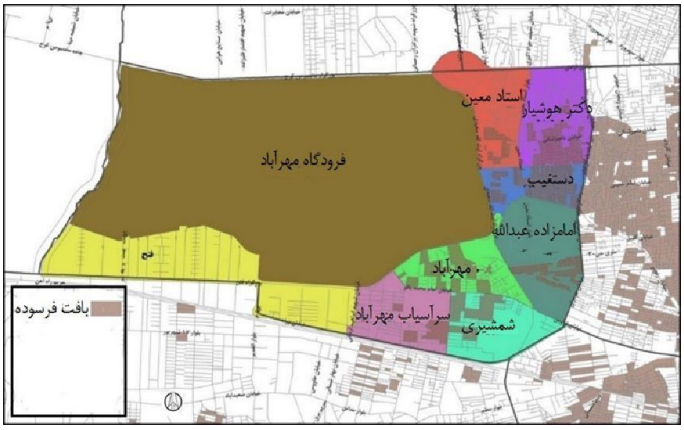
$$\cos tratio = 1 - \frac{n}{\sum_{i=1}^{n} Li} \quad (۴)$$

در معادله بالا، n تعداد لینک‌ها و L_i مقاومت تجمعی کریدور i ام است.

یافته‌ها و بحث

تحلیل نقشه‌های کاربری زمین در منطقه ۹ تهران

مطابق با نقشه‌های کاربری اراضی و تصاویر ماهواره‌ای سال ۲۰۱۷ مساحت کل قطعات تفکیکی دارای فرسودگی بافت در منطقه ۹ تهران محاسبه گردید که برابر با ۹۲/۳ می‌باشد. تجمع این قطعات در دولبه شمالی و جنوبی پادگان جی و در حد فاصل خیابان هاشمی تا خیابان نهر فیروزآبادی در شمال پادگان و خیابان سی متری جی تا خیابان برادران فلاح و محدوده امامزاده عبدالله در گوشه جنوب شرقی قرار دارد. پهنه‌بندی منطقه ۹ تهران و بافت فرسوده در درون آن در شکل (۴) نشان داده شده است. در این شکل فرودگاه مهرآباد تهران جز بافت فرسوده منطقه نمی‌باشد اما لکه‌های سبز درون آن به عنوان جزیی از فضای سبز منطقه ۹ بر روی این منطقه و بافت فرسوده درون آن اثر گذار است. محله‌های دستغیب، امامزاده عبدالله، شمشیری و سر آسیاب مهرآباد در برخورد با شبکه اکولوژیک در بافت فرسوده منطقه ۹ تهران در سطح خرد انتخاب گردیده است. از لحاظ کالبدی بیشتر بافت مسکونی این محله‌ها دارای فرسودگی می‌باشد.



شکل (۴): پهنه بندی منطقه ۹ تهران و بافت فرسوده درون منطقه در مجاورت فرودگاه تهران

تحلیل زمانی و مکانی ترکیب و توزیع لکه‌های سبز سیمای سرزمین در منطقه ۹ تهران

محاسبات متریک‌های سیمای سرزمین در نرم‌افزارFragstats نشان می‌دهد تعداد لکه‌ها در ۲۰۱۷ افزایش یافته ولی متوسط اندازه، تراکم آن‌ها در منطقه ۹ کاهش یافته است و این لکه‌ها بسیار دور از هم هستند. بنابراین می‌توان این گونه نتیجه گرفت که بعد از سال ۲۰۰۲ بسیاری از لکه‌های فضای سبز که قبلاً وجود داشته به دلیل ساخت وساز، خرد و ریز دانه شده‌اند و پدیده خرددانگی در آن‌ها رخ داده است با قرار گرفتن متریک‌های LPI و MPS در کنار هم می‌توان گفت LPI شاخص بزرگترین لکه فضای سبز منطقه ۹ کاهش یافته و این نشان از خرد شدن لکه‌های بزرگ در منطقه و از هم گسیختگی آن‌ها می‌باشد. نتایج حاصل از محاسبات در شکل (۵) نشان داده شده است.

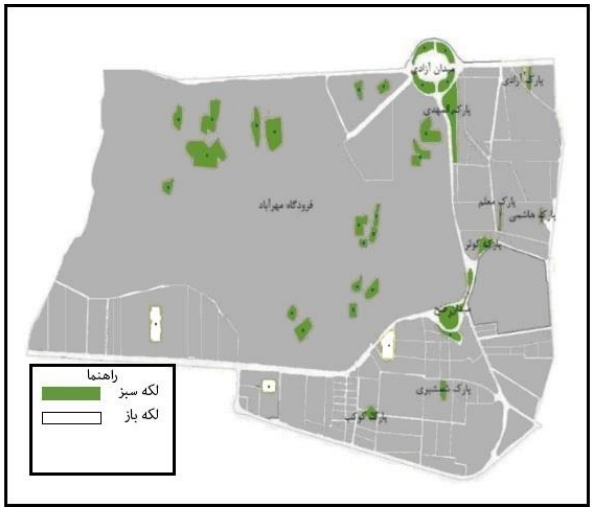
جدول (۳)، نشان‌دهنده تغییرات متریک‌های مورد بررسی در سال‌های ۲۰۰۲ و ۲۰۱۷ است. در این جدول وضعیت متریک CA لکه فضای سبز در منطقه ۹ در ۲۰۰۲ نشان می‌دهد که بالاترین درصد مساحت در سال ۲۰۱۷، ۹۱/۹۰ درصد کاهش یافته است.

متریک MNN درسال ۲۰۰۲ متوسط فاصله بین لکه‌های فضای سبز ۴۸ متر است در حالی‌که این فاصله بین لکه‌های فضای سبز در ۲۰۱۷ به ۵۹/۱۵ متر رسیده است. متریک NP تعداد لکه‌های فضای سبز در سال ۲۰۰۲ برابر با ۵۲ لکه فضای سبز می‌باشد که در سال ۲۰۱۷ به ۱۰۹ لکه فضای سبز رسیده است که این نشان از افزایش تعداد لکه‌ها در سال۲۰۱۷ دارد. تغییرات متریک AWMSI نشان می‌دهد که متوسط شاخص شکل نرمال شده به مساحت در سال ۲۰۰۲ برابر با ۱/۳۰ می‌باشد و در سال ۲۰۱۷

شکل (۵): تغییرات متریک (CA, AWMSI, PD, MPS, MSI, MNN , NUMP LPI)

برابر با ۱/۴۰ است که ۷/۵۱ درصد رشد دارد. تغییرات PD در سال ۲۰۰۲، تراکم لکه‌های فضای سبز برابر با ۴۳/۰۲ هکتار بوده است در حالی که در سال ۲۰۱۷ این تراکم ۱۲۰/۸۹ هکتار رسیده است. بنابراین با توجه به تحلیل‌های انجام شده دو نوع تغییر در لکه‌های سیمای سرزمین اتفاق افتاده است که شامل ایجاد لکه‌های جدید و کاهش مساحت لکه‌ها است که به علت خرد شدن و گسیختگی لکه‌ها اتفاق افتاده است. در ادامه با توجه به تحلیل‌های زمانی و مکانی انجام گرفته بر روی لکه‌های سبز و شناسایی لکه‌های سبز خرد شده به منظور بهبود اکولوژیکی بافت فرسوده این منطقه، حفاظت و توسعه، لکه‌های سبز دارای ارزش بیشتر در منطقه ۹ تهران انتخاب گردید.

شکل (۶)، در برگیرنده مهمترین لکه‌های سبز و باز در محدوده مورد مطالعه منطقه ۹ می‌باشد که با توجه به کیفیت و اندازه لکه (حداقل نیم هکتار) از میان لکه‌های سبز و باز موجود تعیین شد (قابل توجه است که اراضی بالای نیم هکتارحذف گردیده است). مرکز این لکه‌ها به عنوان موقعیت جغرافیایی آن‌ها و محل قرار گیری لکه‌ها در شبکه فضای سبز تعیین شد.



شکل(۶): مهمترین لکه‌های سبز در منطقه ۹ تهران در سال ۲۰۱۷

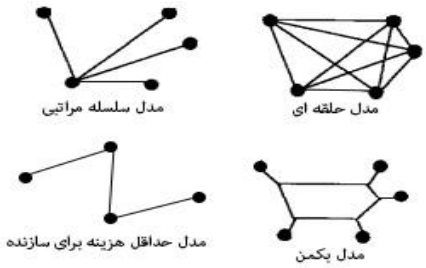
تحلیل پیوستگی لکه‌های سبز به کمک تئوری گراف

پس از تعیین مهمترین لکه‌ها و آنالیز مسیرهای موجود در منطقه ۹ تهران براساس ویژگی‌های گره‌ها و موقعیتشان نسبت به یکدیگر طرح تیپولوژی شبکه مطرح می‌شود که طرح پیشنهادی در خصوص نحوه اتصال گره‌ها در منطقه ۹ به یکدیگر در شبکه سبز می‌باشد که در شکل (۷) نشان داده شده است.

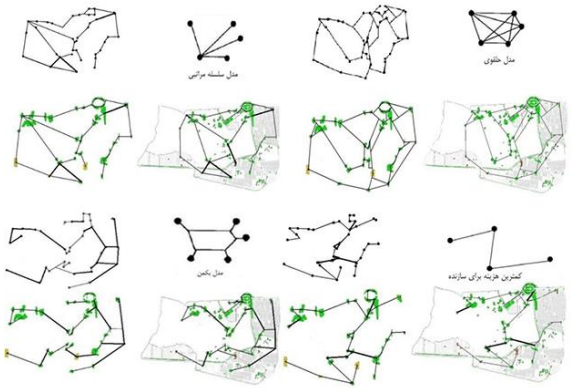
جدول (۳): تغییرات متریک‌های سیمای سرزمین در منطقه ۹ تهران

فضای سبز	MPS	LPI	NP	MNN	MSI	AWMSI	CA	PD
دامنه پذیرش	۰<MPS	۰<LPI<۱۰۰	۱<NP	۱<MNN	۱<MSI	۱<AWMSI	۰<CA	۱<PD
۲۰۱۷	۱/۲	۵/۱	۱۰۹	۵۹/۱	۱/۴	۱/۴	۱۲۰/۸	۱۲۰/۸
۲۰۰۲	۲/۳	۵/۶	۵۲	۴۸	۱/۳	۱/۳	۱۳۲	۴۳
درصد تغییرات	-۹۱/۹	-۹/۳	۵۲/۲	۱۸/۸	۵/۸	۷/۵	-۸/۴	۶۴/۴

شکل (۸)، نحوه اتصال لکه‌ها براساس طرح تیپولوژی در منطقه ۹ تهران می‌باشد. در اتصال لکه‌ها در مدل حلقوی براساس شکل مهمترین لکه‌های منطقه ۹ از طریق ارتباط‌های مستقیم به یکدیگر متصل می‌شوند که بیشترین کریدورهای سبز برای اتصال لکه‌ها به کار می رود. در روش اتصال مدل سلسله مراتبی مهمترین لکه‌های سبز و باز به منزله رآس انتخاب می‌شوند و سایر لکه‌ها به صورت سلسله مراتبی به آن اتصال می‌یابند. در طرح بکمن لکه‌های سبز و باز از طریق یک حلقه مرکزی ارتباط دهنده به یکدیگر متصل می‌شوند. شاخص ترین مسیرها برای اتصال لکه‌های سبز به این لکه اصلی انتخاب می‌شوند. در طرح شبکه حداقل هزینه، لکه‌ها در شبکه با کمترین هزینه برای سازنده به هم متصل می‌شوند.



شکل (۷):طرح تیپولوژی شبکه (Hellmund, 1989)



شکل (۸): اتصال لکه‌ها براساس طرح تیپولوژی

در جدول (۴)، پیوستگی و هزینه گزینه‌های توسعه شبکه فضای سبز منطقه ۹ تهران مورد بررسی قرار گرفته است.

در بررسی پیوستگی و هزینه‌های اتصال لکه‌های سبز در شبکه اکولوژیک در منطقه ۹ تهران مدل بکمن(گزینه ۳) با ۳۶ لکه و ۳۷ لینک (شکل ۸) بهترین گزینه به شمار می‌رود. این مدل با تأکید بر روی لکه‌های سبز باقی مانده حاصل خرد شدن لکه‌های بزرگتر و زمین‌های بایر و خالی تصمیم بهتری برای بهبود شبکه اکولوژیک در میان منطقه ۹ و بافت فرسوده آن است و می‌تواند خدمات اکوسیستمی و اجتماعی را برای ساکنین این منطقه و ساکنین بافت‌های فرسوده آن فراهم کند.

شکل (۹)، برخورد شبکه اکولوژیک مدل (بکمن) با بافت فرسوده به کمک اصول توسعه پایدار در بهسازی محیطی در سطح خرد مطالعه(محله دستغیب، محله امامزاده عبدالله، محله شمشیری و محله سرآسیاب مهرآباد) را نشان می دهد.

شکل (۹): شبکه اکولوژیک در میان بافت فرسوده(محله‌های دستغیب، امامزاده عبدالله، شمشیری، سرآسیاب مهرآباد

جدول (۴): آنالیز پیوستگی گزینه‌های شبکه فضای سبز منطقه ۹

نام شبکه	تیپ شبکه	گره‌ها	لینک‌ها	ضریب α	ضریب β	ضریب γ	نسبت هزینه
گزینه ۱	حلقوی	۳۶	۴۵	۰/۱۱	۱/۲۵	۰/۴۴	۰/۲۸
گزینه ۲	سلسله مراتبی	۳۶	۳۹	۰/۰۵	۱/۰۸	۰/۳۸	۰/۲۲
گزینه ۳	بکمن	۳۶	۳۷	۰/۰۲	۱/۰۲	۰/۳۵	۰/۱۸
گزینه ۴	حداقل هزینه برای سازنده	۳۶	۳۸	۰/۰۴	۱/۰۵	۰/۳۷	۰/۲۱

اصول توسعه پایدار در نظر گرفته شده در بهسازی محیطی بافت فرسوده منطقه ۹ تهران در این پژوهش شامل موارد زیر می‌باشد:

۱. حفظ انسجام و یکپارچگی منظر اکولوژیک
۲. ارتقاء کیفیت بصری زیرساخت‌های سبز در بافت فرسوده
۳. تقویت زیرساخت‌های سبز و کریدورهای اکولوژیک

در شبکه اکولوژیک در میان بافت فرسوده منطقه ۹ ارتباط بین گذرها با لکه‌های توقف گاهی در میان بافت فرسوده، ساماندهی و احیا محورهای ویژه به منظور تقویت کریدورها با ویژگی‌های دید و منظر برای تشویق حرکت بیننده، ساخت مسیرهای اکولوژیک جدید در مکان‌های مورد نیاز، ارتقای نقش تنفسی لکه‌ها از طریق گشودگی اکولوژیک در امتداد باد غالب صورت گرفته است.

نتیجه‌گیری

شهرها در طول زمان بافت‌های شهری را به طور معمول در معرض فرسودگی قرار می‌دهد. این بافت‌های فرسوده به دلیل ریزدانگی و تراکم ساخت و ساز فاقد فضاهای سبز، با کارکردهای اکولوژیکی مورد نیازاند و یکی از روش‌های ارتقای کیفیت زندگی و تحقق عدالت اجتماعی در بافت‌های فرسوده می‌تواند بهبود کیفیت محیطزیست انسانی از طریق تعیین نقش سازنده و اکولوژیک، شناسایی، ترکیب و توزیع فضای سبز، یافتن بهترین شبکه اتصالی فضاهای سبز موجود، بررسی و تقویت ویژگی‌های فرهنگی و گردشگری آن در قالب شبکه‌های اکولوژیکی و تقویت شبکه توسط اصول طراحی اکولوژیک منظر شهری در سطوح شهری تا محلی باشد. در پژوهش حاضر جهت تحلیل زمانی و مکانی می‌توان یافته‌های تحقیق را با دسته‌بندی به کمک ۸ متریک سیمای سرزمین (MPS, CAP, NP, MNN, LPI, AWMSI, MSI, PD) در تاریخ‌های ۲۰۰۲ و ۲۰۱۷ جمع‌بندی نموده و براساس آن نتایج زیر را ارایه نمود: لکه‌های سبز از لحاظ وسعت، تعداد، پیوستگی، ترکیب و توزیع فضایی دچار تخریب شدیدی شده‌اند. تعداد لکه و فاصله همسایگی بین لکه‌های سبز در سال ۲۰۱۷ افزایش داشته است. بافت دانه‌ریز و فرسوده، تراکم بالای جمعیت و رفت و آمد زیاد افراد در این منطقه به عنوان یکی از شریان‌ها ی اصلی شهر تهران، آلودگی هوا به علت نزدیکی به ترمینال غرب با توجه به نقشه‌های آلودگی هوا می‌تواند از دلایل ایجاد شرایط برای لکه‌های سبز باشد که از وسعت و پیوستگی لازم جهت بهبود کیفیت محیطزیست بافت فرسوده منطقه ۹ برخوردار نمی‌باشند. در این پژوهش پس از تحلیل زمانی و مکانی لکه‌های سبز به کمک متریک‌های سیمای سرزمین لکه‌های سبز و بایر شهری به کمک تئوری گراف به هم متصل می‌شوند و در نهایت سیستم اجتماعی و اکولوژیک پایدار را در میان بافت فرسوده منطقه ۹ به نمایش می‌گذارند. در منطقه ۹ چهار مدل ارتباطی بین لکه‌ها به کمک تئوری گراف در منطقه ۹ ایجاد گردید که براساس مقایسه‌های صورت گرفته مدل حلقوی (بکمن) به منزله کارآمدترین مدل در میان منطقه ۹ و بافت فرسوده آن قابل اعمال است.

برای بهبود وضعیت شبکه اکولوژیک در میان بافت فرسوده منطقه ۹ تهران راهکارهای زیر را پیشنهاد می شود:

- حفاظت از حریم رود دره کن و ایجاد حریم با استفاده از پوشش گیاهی که الگوی خوانایی در میان بافت فرسوده منطقه ۹ ایجاد می‌کند.
- اتصال لکه‌های سبز و باز به باغ‌های موجود در منطقه ۲ به کمک سبزه راه‌ها.
- انتقال صنایع مزاحم و آزاد سازی فضا برای ایجاد فضای سبز در این منطقه.
- ایجاد بام سبز بر روی ساختمان‌ها در نقاطی از بافت فرسوده که امکان ایجاد فضای سبز وجود ندارد جهت ایجاد پیوستگی در شبکه اکولوژیک منطقه۹.

یادداشت‌ها

1. Dresden
2. Jinan
3. Class area
4. Patch density
5. Euclidian mean nearest neighbor distance
6. Largest patch index
7. Mean patch size
8. Patch number
9. Mean shape index
10. Area weighted mean shape index

فهرست منابع

Adriaensen, F.; Chardon, J.P.; Blust, G.De.; Swinnen, E.; Villalba, S.; Gulinck,H. & Matthysent, E. 2003. The application of 'Least-Cost'modelling as a functional landscape model. Landscape and Urban Planning. (64): 233-247.

Aminzadeh, B. & Khansefid, M. 2010. A case study of urban ecological networks and a sustainable city: Tehran's Metropolitan area, Urban Ecosystems. Urban Ecosyst. (13): 23–36.

Bromley, R.D.; Tallon, A.R. & Thomas, C. J. 2005. City center regeneration through residential development: Contributing to sustainability.Urban studies. 42(13): 2407-2429.

Chu, M.; Lu, J. & Sun, D. 2022. Influence of urban agglomeration expansion on fragmentation of green space: (A Case study of Beijing-Tianjin-Hebei Urban Agglomeration). Land. 11(2):275.

Council of Europe, 1996. UNEP, European Center for Natural Conservation. The Pan European Biological and landscape Diversity strategy a vision for Europe's natural heritage.

Forman, R.T.T. 1999. Spatial models as an emerging foundation of road system ecology and a handle for transportation planning and policy. In Third International Conference on Wildlife Ecology and Transportation Florida Department of Transportation US Department of Transportation US Forest Service Defenders of Wildlife.

Goodwin, B.J. & Fahrig, L.2002. How does landscape structure influence landscape connectivity?. Oikos,99 (3):552–570.

Gorbani, R.; Rostaie, S.H. & Karbasi, P. 2021. An analysis of the continuity and cohesion of urban ecologic network through a graph theory model. Journal of Town and Country Planning. (13): 281-309.

Hellmund, P. 1989. Quabbin to Wachusett Wildlife Corridor Study. Harvard Graduate School of Design, Cambridge, MA.

Jaeger, J.A.; Bertiller, R.; Schwick, C.; Müller, K.; Steinmeier, C.; Ewald, K.C. & Ghazoul, J. 2008. Implementing landscape fragmentation as an indicator in the Swiss Monitoring System of Sustainable Development (MONET). Journal of Environmental Management. (88): 737-751.

Jenerette, G.D. &Wu, J. 2001. Analysis and simulation of land use change in the central Arizona (Case Study: Phoenix region). Landscape Ecology.(16):611-626.

Kong, F.; Yin, H.; Nakagoshi, N. & Zong, Y. 2010. Urban green space network development for biodiversity conservation Identification based on graph theory and gravity modeling. Landscape and urban planning. (95):16-27.

Kupfer, J.A. 2012. Landscape ecology and biogeography: rethinking landscape metrics in a post-FRAGSTATS landscape. Prog. Phys. Geogr. (36): 400–420.

Mansour, S.; Al Nasiri, N.; Abulibdeh, A. & Ramadan, E. 2022. Spatial disparity patterns of green spaces and buildings in arid urban areas. Building and Environment. (208):108588.

Masnavi, M. R.; Salehi, E. & Baghbani, M. 2015. Environmental rehabilitation of urban distressed areas for improving the quality of open and green spaces through integrating brownfields into the green

infrastructure systems in the framework of sustainable. (Case Study: district 12, Tehran city). Journal of Environmental Studies. (41): 483-498.

McGarigal, K. 1995.FRAGSTATS spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure.US department of agriculture, Forest service, Pacific Northwest research station.

McGarigal, K. 2015.FRAGSTATS Help. University of Massachusetts*:* Amherst, MA, USA, 182.

Mohseni Fard Naghani, M.; Masnavi, M.R. & Zebardast, L. 2019. Ecological reclamation of distressed urban fabric through open and green space networks to enhance the urban vitality based on graph theory and gravity models, (The Case of: district 9, Tehran). Journal of Environmental Studies. (45):525-544.

Nasehi, S. & Imanpour Namin, A. 2020. Assessment of urban green space fragmentation using landscape metrics. (Case study: district 2, Tehran city). Modeling Earth System and Environment. (6): 2405-2414.

Pham, D.U. & Nakagoshi, N. 2007. Analyzing urban green space pattern and Eco network in Hanoi (Case Study: Vietnam). Landscape Ecol. Eng. (3):143–157.

Ramezani Mehraban, M. & Faryadi, S.H. 2014. Urban green space network development using landscape ecology principles and graph theory (Case Study: region 1 Tehran). Journal of Environmental Sciences. (12):99-110.

Sadeghi Benis, M. 2015. Using landscape metrics in rehabilitation of urban ecological network. Journal of Baghe- Nazar. (12): 53-62.

Schumaker, N.H. 1996. Using landscape indices to predict habitat connectivity. Ecology.(7):1210–1225.

Tischendorf, L. 2001. Can landscape indices predict ecological processes consistently? Landscape Ecology. (16): 235–254.

Taylor, P.D.; Fahrig, L.; Henein, K. & Merriam, G.1993. Connectivity is a vital element of landscape structure.Oikos. (68):571–573.

Turner, M.G. 1989. Landscape ecology: the effect of pattern on process. Annual Review of Ecology and Systematic. (20):171-197.

UNEP, 2007. Global environmental outlook GEO4 environment for development. Environment program. USA.

Wu, J.; Jelinski, D.E.; Luck, M. & Tueller, P.T. 2000. Multi scale analysis of landscape heterogeneity: Scale variance and pattern metrics. Geographic Information Sciences. (6): 6-19.

Xio, Na. 2017. Urban green networks: A socio-ecological framework for planning and design of green and blue spaces in sweden and china, Doctoral Thesis, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala.

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

Zhang, Z.; Meerow, S.; Newell, J. P. & Lindquist, M. 2019. Enhancing landscape connectivity through multifunctional green infrastructure corridor modeling and design. Urban forestry & urban greening. (38):305-317.