



Arboreal green space pattern modelling operational zones of the city with the approach of landscape ecology

Mohammad Teymoori¹ | Jahangir Fegghi² | Afshin Danehkar³ | Fereydoon Taheri Sarteshnizi⁴

1. Department of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. E-mail: mohammadteymori@ut.ac.ir

2. Corresponding Author, Department of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. E-mail: jfegghi@ut.ac.ir

3. Department of Environmental Science, Faculty of Natural Resources, University College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. E-mail: danehkar@ut.ac.ir

4. Department of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. E-mail: f.taheri@ut.ac.ir

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received 01 June 2024

Received in revised form 21

July 2024

Accepted 15 August 2024

Published online 20 June 2025

Keywords:

Functional zones,

Green space,

Landscape,

Layout model,

Tehran city.

ABSTRACT

Urban forestry mainly refers to the city's green space and the city's forests. The clear and quantified arrangement pattern by land surface metrics for urban forests in each of the functional zones of the city is an important basic component for the analysis of patches of tree green space. In the present study, the main goal is to determine the model of urban tree green spots concerning the functional zones of the 5th district of Tehran. In this research, a map of tree green space was first prepared using Google Earth software images. Then, a small map of green space with trees was made using Arc GIS software. By using the Patch Analyst function and the parameters of the landscape of this function was obtained the model of the arrangements of tree patches in four classes of single-stand, linear, clustered, concentrated and continuous trees. Finally, it was analyzed using Fragstats software. The results of the research showed that the best measure for preparing the layout model is the area and spot shape measure. Also, the results showed that the largest area of the arrangement model of patches of green space is related to the concentrated and continuous arrangement model, clustered, linear and single-stand, respectively. By checking the measurement of the number of spots, the highest number of spots is related to the single-stand arrangement model and the lowest number of spots is related to the concentrated and continuous arrangement which shows the fineness and fragmentation of the single-stand green space inside the region five and the expansion of forestry and the integration of the arrangement is concentrated and continuous in the margin and north of region five. By examining the functional zones of the city, the largest area is related to the service zone and the smallest area is related to the industrial zone. After examining the distribution of single-stand and linear layout models in functional zones, it was concluded that the highest distribution of these two layout models is in the residential zone and the lowest distribution is in the industrial zone. Also, examining the models of clustered, concentrated and continuous arrangements, the most distribution of these two models is in the service zone.

Cite this article: Teymoori, M., Fegghi, J., Danehkar, A., & Taheri Sarteshnizi, F., (2025). Arboreal green space pattern modelling operational zones of the city with the approach of landscape ecology. *Journal of Natural Environment*, 78 (1), 15-30. DOI: <http://doi.org/10.22059/jne.2024.377381.2681>



مدل سازی الگوی چیدمان فضای سبز درختی در رابطه با زون های کارکردی شهر با رویکرد بوم شناسی سیمای سرزمین

محمد تیموری^۱ | جهانگیر فقهی^۲ | افشین دانه کار^۳ | فریدون طاهری سرشنیزی^۴

۱. گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: mohammadteymori@ut.ac.ir
۲. نویسنده مسئول، گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: jfegghi@ut.ac.ir
۳. گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: danehkar@ut.ac.ir
۴. گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: f.taheri@ut.ac.ir

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله پژوهشی تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۳/۱۲ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۴/۳۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۵/۲۵ تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۳/۳۰ کلیدواژه ها: زون های کارکردی، سنجه های سیمای سرزمین، شهر تهران، فضای سبز درختی، مدل چیدمان.	جنگلداری شهری عمدتاً به فضای سبز درختی شهر و جنگل های محدوده شهر اطلاق می شود. الگوی چیدمان واضح و کمی شده توسط سنجه های سیمای سرزمین برای جنگل های شهری در هریک از زون های کارکردی شهر یک جزء اساسی مهم برای تجزیه و تحلیل لکه های فضای سبز درختی است. در مطالعه حاضر هدف اصلی تعیین مدل چیدمان لکه های فضاهای سبز درختی شهری در رابطه با زون های کارکردی شهرداری منطقه پنج شهر تهران است. در این مطالعه ابتدا نقشه فضای سبز درختی با استفاده از تصاویر نرم افزار Google Earth تهیه شد. سپس با استفاده از نرم افزار Arc GIS نقشه فضای سبز درختی کمی و با استفاده از تابع Patch Analyst و سنجه های سیمای سرزمین این تابع، مدل چیدمان لکه های فضای سبز درختی در چهار کلاس فضای سبز درختی تک پایه (منفرد)، خطی، کپه ای و متمرکز و پیوسته تهیه شد، همچنین نقشه زون های کارکردی (منطقه بندی) منطقه پنج تهیه شد. در نهایت با استفاده از نرم افزار Fragstats مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. نتایج مطالعه نشان داد که بهترین سنجه برای تهیه مدل چیدمان، سنجه مساحت و سنجه شکل لکه است. همچنین نتایج نشان داد که بیشترین مساحت مدل چیدمان لکه های فضای سبز درختی به ترتیب مربوط به مدل چیدمان متمرکز و پیوسته، کپه ای، خطی و تک پایه است. با بررسی سنجه تعداد لکه، بیشترین تعداد لکه مربوط به مدل چیدمان تک پایه و کمترین تعداد لکه مربوط به چیدمان متمرکز و پیوسته است که نشان دهنده ریزدانه بودن و از هم گسیختگی فضای سبز درختی تک پایه در داخل منطقه پنج و گسترش جنگلکاری و به هم پیوستگی چیدمان متمرکز و پیوسته در حاشیه و شمال منطقه پنج است. با بررسی زون های کارکردی شهر، بیشترین مساحت مربوط به زون خدماتی و کمترین مساحت مربوط به زون صنعتی است با بررسی پراکنش مدل چیدمان های تک پایه و خطی در زون های کارکردی این نتیجه حاصل شد که بیشترین پراکنش این دو مدل چیدمان در زون مسکونی است و کمترین پراکنش در زون صنعتی است با بررسی مدل چیدمان های کپه ای و متمرکز و پیوسته، بیشترین پراکنش این دو مدل در زون خدماتی است.

استاد: تیموری، محمد؛ فقهی، جهانگیر؛ دانه کار، افشین؛ و طاهری سرشنیزی، فریدون (۱۴۰۴). مدل سازی الگوی چیدمان فضای سبز درختی در رابطه با زون های کارکردی شهر با رویکرد بوم شناسی سیمای سرزمین. محیط زیست طبیعی، ۷۸ (۱)، ۳۰-۱۵.

DOI: <http://doi.org/10.22059/jne.2024.377381.2681>



مقدمه

جنگل‌های شهری طیف وسیعی از خدمات زیست‌بومی را برای ساکنان شهری فراهم می‌کنند و برای توسعه پایدار شهری مهم هستند (Goddard et al., 2010, McGovern and Pasher, 2016). با این حال فضاهای سبز شهری به دلیل تراکم شهری در حال از بین رفتن و تکه‌تکه شدن هستند (Haaland and van den Bosch, 2015). تغییرات در ساختار لکه‌های جنگل‌های شهری نیز به الگوی رشد شهری مربوط می‌شود که لکه‌ها عمدتاً در طول گسترش پراکندگی شهری افزایش می‌یابند. علاوه بر این لکه‌های فضای سبز شهری در طول فاز توسعه فشرده بزرگ‌تر می‌شوند (Herold et al., 2005; Deng et al., 2008). کاهش خدمات زیست‌بومی به دلیل تغییر در الگوهای زمین سیمای جنگل‌های شهری یک چالش بزرگ برای توسعه پایدار شهری است (Zhou et al., 2017). فضای سبز شهری، به عنوان بخش ضروری از سیستم اجتماعی-بوم‌شناختی شهر، نه تنها مجموعه‌ای از خدمات محیط‌زیستی از جمله کاهش انتشار صوت، فیلتر هوا، تخلیه آب باران و تنظیم ریز اقلیم را ارائه می‌دهد (Kothencz et al., 2017) بلکه فرصت‌های فراغتی را برای ساکنان شهر ایجاد می‌کند تا نشاط خود را افزایش دهند (Bertram and Rehman, 2015). فضای سبز بخش مسکونی شهر تأثیر قوی‌تری در بهبود سلامت انسان نسبت به دیگر فضای سبز دارد (Roscoe et al., 2022). حفاظت و توسعه فضای سبز شهری به عنوان یک استراتژی اساسی برای کاهش تضاد بین کیفیت محیط شهری و فرآیند شهرنشینی استفاده می‌شود (Xu et al., 2011; Bahers et al., 2022). یکی از چالش‌هایی که بسیاری از شهرها در نتیجه شهری شدن، افزایش جمعیت و مصرف زمین، با آن روبه‌رو است، از بین رفتن سیستم پشتیبان حیات و یا شبکه اکولوژیک شهر است. حضور اراضی طبیعی در شهرها به اندازه زیرساخت‌های مصنوعی (مانند راه، تأسیسات آب و برق و ...) برای جوامع مدرن ضروری بوده و عدم وجود آنها به معنی زیست‌پذیری (سرزندگی) پایین جوامع و کاهش سلامت اکوسیستم و انسان است و همچنین از دست رفتن سرمایه‌های طبیعی در شهرها هزینه‌هایی پنهان برای جوامع به دنبال دارد (Bahmanpour, 2016). علی‌رغم اهمیت‌های سرمایه‌های طبیعی در شهرها از لحاظ ارائه خدمات، تاکنون نقش آنها در برنامه‌ریزی‌ها نادیده گرفته شده و روند برنامه‌ریزی با تأکید بر شبکه زیر ساخت‌های مصنوعی بوده است. از این‌رو، برنامه‌ریزان شهری با چالش‌های فراوانی برای مدیریت مسائل مربوط به سیستم‌های شهری مواجه شده‌اند که ناشی از درک ناچیز نقش اکولوژی شهری در زیرساخت‌های شهری و عملکرد اکوسیستم‌ها بوده که باعث ناکارآمدی برنامه‌ریزی شهری در طول زمان شده است (Asadi et al., 2019). از دیدگاه اکولوژی سیمای سرزمین، برای برنامه‌ریزی و طراحی شهر، فضاهای سبز شهری باید به عنوان یک بخش جدایی‌ناپذیر از سیمای سرزمین شهری دیده شوند و سطوح مختلف سیستم‌های شهری و روابط اجزای آنها در نظر گرفته شود. در این راستا، توجه به ارتباط لکه‌های سبز با سایر کاربری‌های شهری و در نظر گرفتن زمینه منطقه‌ای که شهر در آن واقع شده است حائز اهمیت است. دیدگاه‌های اکولوژی سیمای سرزمین یک چارچوب فضایی روش و درون رشته‌ای برای درک تأثیرات متقابل الگوهای فضایی و فرآیندهای اکولوژیک در سرتاسر فضای شهر ارائه می‌دهد و ارتباط میان علوم مختلف، سیاستمداران، برنامه‌ریزان و مردم را تسهیل می‌کند (Chang et al., 2013). فضای سبز شهری که بخشی از سیمای شهر را تشکیل می‌دهد، به عنوان یکی از پدیده‌های واقعی از نخستین مسائلی است که انسان همواره با آن در تماس بوده و خواهد بود. این مقوله دارای ابعاد محیط‌زیستی، اجتماعی، فرهنگی، اقتصادی و کالبدی است. اهمیت فضاهای سبز در محیط شهری تا آن حد است که به عنوان یکی از شاخص‌های توسعه یافتگی جوامع مطرح است. مهم‌ترین کارکردهای فضای سبز درون و برون شهرها را می‌توان در این موارد خلاصه نمود: کاهش خطرات ناشی از جاری شدن سیل (Bahmanpour, 2016)، کاهش اثر جزایر حرارتی در شهر (Taheri Sarteshnizi et al., 2013)، ترسیب کربن و جذب گازهای گلخانه‌ای، کاهش اثرهای تغییر اقلیم مانند طوفان و رواناب، تولید اکسیژن، کاهش آلودگی صوتی، ارتقاء سلامت شهری، حفظ تنوع زیستی و نگهداشت آب و جلوگیری از فرسایش خاک است (Senanayake et al., 2017; Sayahnia et al., 2013)؛ بنابراین فضاهای سبز بخش جدایی‌ناپذیر از هر منطقه شهری بوده و اهمیت زیادی در حفظ کیفیت و پایداری محیط‌زیست دارند (Gupta et al., 2012). الگوی چیدمان واضح و کمی شده برای فضای سبز شهری در هر یک از زون‌های کارکردی شهر (مسکونی، خدماتی و صنعتی) یک جزء اساسی مهم برای تجزیه و تحلیل لکه‌های فضای سبز درختی است. در نهایت ارتقاء ادراک از الگوهای مکانی پویای فضاهای سبز درختی شهری می‌تواند توانایی برنامه‌ریزان را برای

ارزیابی و ایجاد سناریوهای آمایشی آینده با ترکیب کردن مدل‌های مکانی مناسب بهبود ببخشد. بهبود توانایی مدیران شهری برای ارتباطی بین ساختار و کارکرد برای درک الگوهای مختلف چیدمان فضای سبز شهری ضروری است.

مطالعات متعددی در داخل و خارج از کشور به بررسی و ارزیابی فضای سبز شهری و کاربری‌های مختلف با استفاده از سنجش‌های سیمای سرزمین پرداخته‌اند. به عنوان مثال Prover و همکاران (۲۰۲۳) با استفاده از سنجش‌های سیمای سرزمین و سنجش از دور به بررسی تغییرات و تخریب سرزمین حوزه آبخیز شیرین‌دره استان خراسان شمالی پرداختند؛ براساس اهداف این مطالعه ۶ طبقه کاربری در حوزه آبخیز تعیین شد. به منظور کمی‌سازی میزان تغییرات سنجش‌های مختلف سیمای سرزمین در سطح طبقه و در سطح سیمای سرزمین از جمله سنجش تعداد لکه، متوسط اندازه لکه، میانگین فاصله نزدیک‌ترین همسایه، شاخص بزرگ‌ترین لکه و شاخص‌های تنوع سیمای سرزمین با استفاده از نرم‌افزار Fragstats 4.2 استخراج شدند که نتایج نشان‌دهنده توسعه زمین‌های بایر و کشاورزی دیم است. Aman Elahpour و همکاران (۲۰۱۸) به بررسی مکان‌یابی بهینه فضای سبز شهری اردبیل با استفاده از GIS و روش ANP پرداختند؛ نتایج تحقیق به گونه‌ای است که در بعضی مناطق شهر اردبیل فضای سبز کمتری به‌ازای تراکم جمعیتی بیشتر و برعکس وجود دارد. Jafari و همکاران (۲۰۱۷) در مطالعه‌ای اثرگذاری چیدمان فضاهای سبز شهری (مطالعه موردی: شهر تهران) بر پراکنش آلاینده‌های هوا، صوت و دما را بررسی نمودند. بدین منظور، ابتدا نقشه فضای سبز تهیه و به‌روزرسانی شد و سنجش‌های سیمای سرزمین محاسبه شدند. سپس نقشه‌های آلودگی هوا و صوت با استفاده از میانگین داده‌های سالیانه درون‌یابی شدند و نقشه دما نیز با روش رگرسیون تهیه شد. در نهایت اطلاعات مورد نیاز از نقشه‌های تهیه‌شده، برای ۵۲ واحد مطالعاتی استخراج شد و با استفاده از رویکرد مدل‌سازی معادلات ساختاری تجزیه و تحلیل شدند. نتایج نشان داد که فضای سبز اثر کاهشی بر میزان آلودگی هوا، صوت و دما دارد. Fotoohi و Barghjelveh (۲۰۱۷) مطالعه‌ای تحت عنوان برنامه‌ریزی شبکه‌های بوم‌شناختی سیمای سرزمین شهری (مطالعه موردی: شهر تهران) انجام دادند. در این مطالعه، سیمای سرزمین تهران در مقیاس مناطق ۲۲ گانه شهری در سه بازه زمانی (۱۹۸۴)، (۲۰۰۰)، (۲۰۱۶) بررسی شد. مشاهدات نشان داد، با رشد برنامه‌های توسعه شهری، از کارایی شبکه‌های بوم‌شناختی سیمای سرزمین شهر کاسته شده، چنانچه تهران به‌سختی پاسخگوی نیاز فرآیندهای بوم‌شناختی-جامعه‌شناختی سرزمین شهری خویش است. Sithole و همکاران (۲۰۲۴)، در مطالعه‌ای تغییرات پوشش زمین و پراکندگی شهری را با استفاده از تکنیک‌های جغرافیایی و معیارهای منظر در بولاوایو، زیمبابوه (۱۹۸۴-۲۰۲۲) بررسی کردند. در این مطالعه از فناوری جغرافیایی و سنجش‌های چشم‌انداز برای ارزیابی جامع، نقشه‌برداری و کمی کردن گستره پراکندگی شهری در بولاوایو از سال ۱۹۸۴ تا ۲۰۲۲ استفاده کردند. نتایج نشان داد که بین سال‌های ۱۹۸۴ تا ۲۰۲۲، ۲۲۸ درصد افزایش در مناطق ساخته‌شده، درحالی‌که مناطق غیر ساخت شده (زمین کشاورزی، پوشش گیاهی، زمین بایر) ۲۹/۲۸ درصد کاهش یافته است. معیارهای چشم‌انداز و تجزیه و تحلیل تغییرات نشان‌دهنده تجاوز به شرایط شهری مانند در مناطق شهری است. Fakour و همکاران (۲۰۱۵) در یک مطالعه وضعیت کمی فضای سبز درختی مناطق شهری مشهد و بررسی امکان توسعه آن با روش WLC و GIS انجام دادند، در این تحقیق در بخش اول، سطح فضای سبز درختی شامل پارک‌های درختکاری شده، بوستان‌ها و مجتمع‌های درختی قابل استفاده برای عموم در مناطق مختلف شهر مشهد با استفاده از تصویر ماهواره‌ای شناسایی و براساس جمعیت، میزان سرانه مناطق محاسبه شد و مناطق ۱۳ گانه از نظر این سرانه اولویت‌بندی شدند. نتایج بررسی اولیه نشان داد منطقه ۳ دارای کمترین سرانه فضای سبز درختی است. در بخش دوم مکان‌یابی پارک‌های جنگلی شهری با در نظر گرفتن معیارهای مکان‌یابی در جنبه‌های تفرجی، اکولوژیک و ساختاری در منطقه ۳ انجام گرفت. نتایج نشان داد کاربری‌های بایر و کشاورزی به‌دلیل سهولت تبدیل به پارک جنگلی شهری و مناطق نزدیک‌تر به هسته شهری، به‌دلیل هم‌جواری با کاربری‌های مختلف مسکونی، آموزشی، گردشگری و تفریحی و همچنین قابلیت ایجاد مرز و حریم و بهبود کیفیت مناطق شهری و نزدیکی به منابع آلودگی هوا و آلودگی صوتی، شایستگی بالایی برای ایجاد پارک جنگلی شهری دارند. در اکثر مطالعات انجام‌شده در زمینه کمی کردن ساختار جنگل‌ها و پوشش‌های فضاهای سبز شهری، تغییرات زمانی-مکانی فضاهای سبز در محور توجه قرارگرفته است از جمله می‌توان به مطالعه‌های Bagheri و همکاران (۲۰۲۱)، Zhang و همکاران (۲۰۱۵) و Privar و همکاران (۲۰۰۸) در این خصوص اشاره نمود. در این مطالعات با استفاده از سنجش‌های سیمای سرزمین، الگوی مکانی فضاهای سبز شهری کمی شده و میزان تغییرات در

سطح، تراکم و فاصله بین لکه‌های فضای سبز در زمان‌های مختلف برآورد شد و نرخ رشد تا تخریب در انواع لکه‌های فضای سبز مورد تحلیل قرار گرفته است. استفاده ترکیبی و تلفیقی از سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنج‌های سیمای سرزمین یک روش ابتکاری برای مطالعه الگوی چیدمان فعلی و شناسایی الگوی چیدمان مطلوب برای فضاهای سبز شهری است؛ بنابراین در این مطالعه سنج‌های سیمای سرزمین به‌عنوان ابزاری برای کمی‌سازی الگوی توزیع و چیدمان درختان و جنگل‌های شهری و مدل‌سازی آنها مورد استفاده قرار گرفته است.

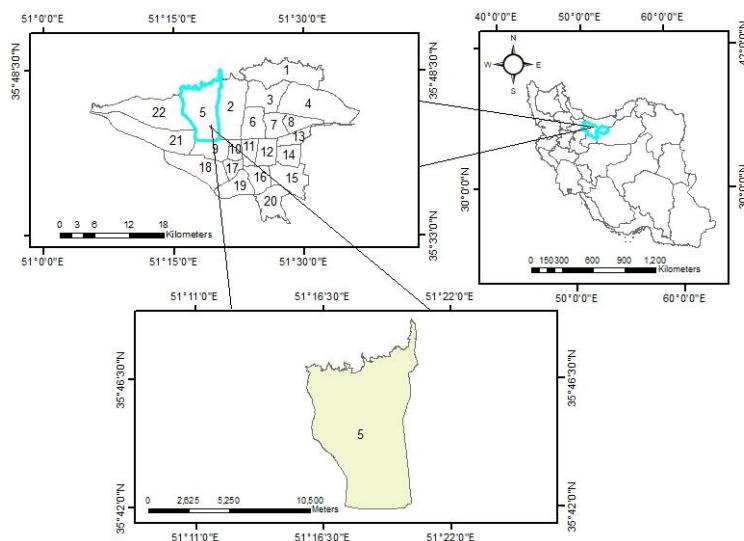
بنابراین نوآوری مطالعه حاضر از این منظر مهم است که در اکثر مطالعات انجام‌شده در رابطه با فضای سبز در مناطق شهری، فضای سبز شهری به‌صورت کلی یا فقط پارک‌ها و جنگلکاری‌های شهری و فضاهای سبز به‌صورت یکجا مورد بررسی قرار گرفته‌اند و در هیچ مطالعه‌ای فضای سبز درختی به‌صورت مدل‌سازی چیدمان‌های مختلف شامل چیدمان تک‌پایه، خطی، کپه‌ای و متمرکز و پیوسته، به‌صورت جدا بررسی نشده‌اند. از آنجا که تهیه نقشه فضای سبز درختی از همه درختان سطح منطقه مورد مطالعه به صورت پلی‌گون‌های جدا در مقیاس ۱:۵۰۰ با قدرت تفکیک و دقت بالا است، نقطه قوت مطالعه حاضر نسبت به سایر مطالعات، مدل‌سازی فضای سبزی درختی و بررسی آن در زون‌های کارکردی شهر شامل زون مسکونی، خدماتی و صنعتی است. سؤالات مطالعه حاضر به این شرح است: ۱- آیا می‌توان فضای سبز درختی را به‌صورت چیدمان‌های مختلف مدل‌سازی کرد؟ ۲- وضعیت مکانی چیدمان فضای سبز درختی منطقه مورد مطالعه چگونه بوده است؟ و ۳- وضعیت چیدمان فضای سبز درختی در زون‌های کارکردی (مسکونی، خدماتی و صنعتی) منطقه مورد مطالعه چگونه بوده است؟

هدف از مطالعه حاضر شناسایی ارائه مدلی به‌منظور به حداکثر رساندن خدمات فضای سبز شهری از طریق شناسایی مطلوب‌ترین الگوی چیدمان و توزیع درختان فضاهای سبز شهری است. در این راستا، اهداف فرعی دیگری همچون کمی‌سازی چیدمان و توزیع درختان و تهیه بانک جامع اطلاعات مکانی از فضاهای سبز، درختان و جنگل‌های شهری مورد توجه قرار گرفته است. هدف کاربردی در این مطالعه تدوین خط‌مشی مدیریتی برای مدیران فضاهای سبز و جنگلداری شهری در سازمان‌های مرتبط با مدیریت و برنامه‌ریزی فضای سبز شهر است.

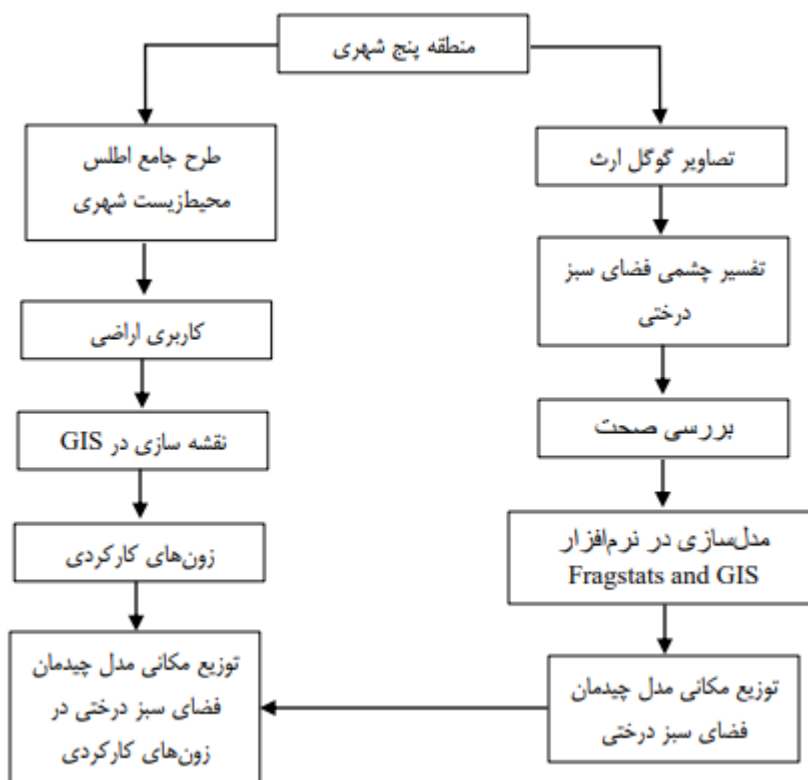
روش‌شناسی پژوهش

منطقه مورد مطالعه: این مطالعه در منطقه پنج شهرداری شهر تهران انجام شد (شکل ۱). این منطقه شهری در غرب شهر تهران در موقعیت ۵۱ درجه و ۱۸ دقیقه و ۴۰ ثانیه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۴۵ دقیقه و ۴۰ ثانیه عرض شمالی قرار گرفته است. از جنوب به جاده مخصوص کرج، از غرب به رودخانه کن، از شمال به دامنه جنوبی کوه‌های البرز و از شرق به بزرگراه محمدعلی جناح و اشرفی اصفهانی محدود است. شمال منطقه پنج به دامنه رشته‌کوه‌های البرز منتهی می‌شود، همین موضوع باعث شده تا آب‌وهوای منطقه خیلی مناسب باشد. منطقه پنج ۷ ناحیه و ۲۹ محله دارد و همسایه مناطق ۲، ۹، ۲۱ و ۲۲ است. این منطقه ۲۱۳ بوستان و فضای سبز عمومی را در خود جای داده است، مساحت این منطقه ۵۳ کیلومتر مربع است. براساس برآورد سال ۱۴۰۱، منطقه پنج شهر تهران حدود ۹۱۳۹۱۴ هزار نفر جمعیت دارد (Tehran Municipality, 2023).

روش مطالعه: مطالعه حاضر از لحاظ هدف‌گذاری، کاربردی و از لحاظ روش‌شناسی، توصیفی-تحلیلی-استنباطی است. گردآوری اطلاعات در بخش توصیفی از طریق مطالعه اسناد کتابخانه‌ای، منابع علمی و نظرات کارشناسان است. در بخش تحلیلی مطالعه از طریق تهیه پلی‌گون از تصاویر گوگل ارث و برداشت نقاط کنترل زمینی است. شکل ۲ خلاصه مراحل مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه



شکل ۲- مدل مفهومی مطالعه

این مطالعه در چهار گام اصلی انجام شد که به اختصار معرفی می شود.

گام اول: تهیه نقشه فضای سبز درختی: با استفاده از تصاویر نرم افزار Google Earth که کیفیت بالایی برای تفکیک فضای سبز درختی دارد چهار چیدمان مختلف شامل چیدمان تک پایه (منفرد)، (درختان در بافت های مسکونی و خصوصی شهر)، چیدمان خطی (درختان حاشیه معابر، نهرها، مسیل ها)، چیدمان کپه ای (درختان در پارک ها و فضاهای سبز نیمه خصوصی و ادارات دولتی)، چیدمان متمرکز و پیوسته (درختان در جنگل کاری های شهری) تفکیک شد. سپس نقشه فضای سبز درختی منطقه پنج شهر تهران در سال ۱۴۰۲ تهیه گردید. چون تصاویر گوگل ارث به صورتی است که پدیده ها به رنگ طبیعی دیده می شوند و از قدرت تفکیک مکانی

بالایی برای تشخیص فضای سبز درختی تک‌پایه نسبت به سایر تصاویر ماهواره‌ای رایگان که امکان تشخیص درختان تک‌پایه را به‌دلیل قدرت تفکیک پایین ندارند، استفاده شد پس برای تهیه نقشه فضای سبز درختی از تفسیر چشمی و برداشت هر یک از پلی‌گون‌ها با زوم کردن روی فضای سبز درختی با مقیاس ۱:۵۰۰ و در تاریخ ۶ تیرماه ۱۴۰۲ که زمان بیشتری برای برداشت پلی‌گون‌ها نیاز است، استفاده شد. پس از تهیه این نقشه در گوگل ارث در محیط GIS زمین مرجع شد سپس به‌منظور ارزیابی صحت نقشه تهیه شده فضای سبز درختی تعداد ۲۵ نقطه واقعیت زمینی برای فضای سبز درختی و تعداد ۱۵ نقطه برای سایر مکان‌ها با GPS و کنترل میدانی برداشت شد و در نهایت ماتریس خطا تشکیل و میزان صحت با استفاده از صحت کلی و شاخص کاپا بررسی گردید که صحت کلی برابر ۹۸/۳۳ درصد و برای ضریب کاپا ۹۵/۸۶ درصد است. به‌دلیل اینکه تصاویر گوگل ارث از وضوح بالایی برخوردار است نیاز به تصحیح هندسی ندارد (Clark et al., 2010; Yang et al., 2012; Malarvizhi et al., 2016).

گام دوم: تهیه نقشه زون‌های کاربردی: زون کاربردی (منطقه‌بندی) با توجه به طرح جامع یکپارچه اطلس محیط‌زیست شهر تهران سال ۱۳۹۸ و براساس فعالیت اصلی و غالب، با توجه به نحوه استفاده از زمین و ساختار کالبدی منطقه با توجه به وضعیت کنونی شهر، نحوه استقرار واحدهای اداری-تجاری و نحوه تخصیص زمین، تراکم بلوک‌های سکونت و خدمات شهری تعیین شد. زون‌های کاربردی عمده در شهرهای کشور شامل: زون مسکونی، زون خدماتی (اراضی اختصاص‌یافته برای فعالیت‌های خدماتی شامل اداری، تجاری، آموزشی، درمانی، فراغتی، امدادی، انتظامی)، زون صنعتی (اراضی اختصاص‌یافته جهت انجام فعالیت‌های صنعتی، کارگاهی، نیروگاه‌ها و انواع کارخانه‌ها و سوله‌های تولیدی و عمرانی) است. هدف از زون‌بندی، رسیدن به یک الگوی مناسب از کاربری زمین و ترکیب کاربری‌ها برای مدیریت بهتر منطقه مورد مطالعه است. بدین‌منظور هر کدام از کاربری‌های مختلف شهری را که در زیر مجموعه زون‌های کاربردی (مسکونی، خدماتی، صنعتی) قرار داشت را در محیط GIS یکی کرده و نقشه زون‌های کاربردی تهیه شد.

گام سوم: انتخاب سنجه‌های مناسب: به‌منظور مدل‌سازی الگوی چیدمان و توزیع مکانی درختان و فضاهای سبز درختی از نرم‌افزار Arc GIS 10.8 و Fragstats 3.3 استفاده شده است. نرم‌افزار Fragstats یک برنامه تجزیه و تحلیل الگوی مکانی برای کمی‌سازی ساختار (به‌عنوان مثال توزیع و ترکیب) سیمای سرزمین است. سنجه‌های سیمای سرزمین، شاخص‌هایی هستند که خصوصیت شکلی، هندسی و ماهیت پراکنش و توزیع اجزای ساختاری سیمای سرزمین (لکه و کریدور در بستر سرزمین) را قابل تعریف کرده و مقایسه کمی را با اعداد و ارقام انجام می‌دهد (Lausch and Herzog, 2002; Taheri Sarteshnizi, 2013). بنابراین، سنجه‌های سیمای سرزمین مانند متوسط اندازه لکه‌های سبز، شاخص قطعه‌بندی، و مساحت کریدورهای پوشیده از درخت، از مهم‌ترین شاخص‌ها برای کمی‌سازی الگوی ساختاری پوشش‌های درختی و فضای سبز شهری به‌شمار می‌روند. این شاخص‌ها نقش کلیدی در برنامه‌ریزی، طراحی و ارزیابی کمبود پوشش درختی در مناطق شهری دارند (Zhou et al., 2004; Taheri Sarteshnizi, 2013). به‌دلیل وجود سنجه‌های زیاد و همبستگی بین برخی از آنها و جلوگیری از اطلاعات اضافی، براساس مرور منابع علمی و استفاده از نظر کارشناسان و دانش کارشناسی در مجموع ۸ سنجه برای اندازه‌گیری، تجزیه و تحلیل و مدل‌سازی مورد استفاده قرار گرفت که خصوصیات آنها در جدول ۱ مشاهده می‌شود (Zhang et al., 2020; Woldesemayat and Genovese, 2021; Chu et al., 2022).

سنجه‌های CA و PLAND به‌ترتیب بیان‌کننده مساحت و درصد لکه‌های مدل چیدمان‌های فضای سبز درختی هستند. این سنجه‌ها ترکیب ساختار مدل چیدمان فضای سبز درختی را اندازه‌گیری می‌کنند و نشان می‌دهند که چه مقدار از مدل چیدمان از یک نوع کاربری خاص تشکیل شده است، سنجه NP تعداد لکه‌های مدل چیدمان فضای سبز درختی را در سطح منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد، LPI درصد سیمای سرزمین که توسط بزرگ‌ترین لکه مدل چیدمان لکه‌های فضای سبز درختی اشغال شده است را نشان می‌دهد؛ سنجه LSI شکل مدل چیدمان فضای سبز درختی را نشان می‌دهد که براساس نسبت طول حاشیه‌های موجود در کل مدل چیدمان فضای سبز درختی به حداقل حاشیه ممکن آن به‌دست آمده و بدون واحد است و هر چه از عدد یک بیشتر و فاصله می‌گیرد نشان از افزایش بی‌نظمی مرز و حاشیه‌های سیمای سرزمین و پیچیده‌تر شدن شکل آن دارد، سنجه ENN_MN میانگین فاصله اقلیدسی نزدیک‌ترین همسایه، نشان‌دهنده میانگین فاصله برحسب متر از نزدیک‌ترین لکه‌های مدل

چیدمان هم نوع خود است که براساس کمترین فاصله از لکه‌های مشابه محاسبه می‌شود (Mirsanjeri et al., 2022). سنجه TE یا حاشیه کل یکی از سنجه‌های پیکره‌بندی است که نشان‌دهنده طول کل لبه‌ها و مرزهای موجود در درون سیمای سرزمین است. این سنجه متداول‌ترین سنجه برای محاسبه محیط لکه‌ها در سطح کلاس است، سنجه ED یا تراکم حاشیه با مساحت سیمای سرزمین ارتباط دارد و معادل طول تمامی حاشیه تقسیم بر مساحت است که بیانگر مقدار لبه نسبت به کل مساحت سیمای سرزمین است و می‌توان برای اندازه‌گیری میزان اتصال و پیوستگی از آن استفاده کرد. این سنجه تجزیه فضاها را نشان می‌دهد. هرچه افزایش پیدا کند، میزان اتصال و پیوستگی سیمای سرزمین کاهش می‌یابد. در نتیجه لکه‌ها کوچک‌تر می‌شوند (Nohegar et al., 2015).

جدول ۱- ویژگی‌های سنجه‌های مورد استفاده

سنجه	علامت اختصاری	توضیح	واحد	دامنه تغییرات
مساحت طبقه	CA	مجموع مساحت لکه‌های از یک نوع	هکتار	$CA > 0$
درصد مساحت	PLAND	نسبت مساحت بزرگ‌ترین لکه نسبت به کل سیمای سرزمین	درصد	$0 \leq PLAND \leq 100$
تعداد لکه‌ها	NP	تعداد لکه‌های کاربری‌های مختلف سرزمین	بدون واحد	$NP > 1$
بزرگ‌ترین لکه	LPI	درصدی از سرزمین که از بزرگ‌ترین لکه تشکیل شده	درصد	$0 < LPI \leq 100$
کل حاشیه	TE	نشان‌دهنده طول کل لبه‌ها و مرزهای موجود در درون سیمای سرزمین	متر	$TE \geq 0$
تراکم حاشیه	ED	محیط هر کلاس تقسیم بر سطح آن	متر بر هکتار	$ED > 0$
نمایه شکل سیمای سرزمین	LSI	نسبت طول کل حاشیه بر مساحت کل	بدون واحد	$LSI \geq 1$
میانگین نزدیک‌ترین همسایه	MNN	میانگین فاصله دو لکه مشابه را محاسبه می‌کند	متر	$MNN > 0$

برای محاسبه سنجه‌های سیمای سرزمین، نقشه‌های مدل چیدمان لکه‌های فضای سبز درختی را در نرم‌افزار IDRISI طبقه‌بندی و وارد نرم‌افزار Fragstats کرده و اندازه‌گیری سنجه‌های مرتبط به توزیع و پراکنش مدل‌های چیدمان لکه‌های فضای سبز درختی در سطح منطقه ارائه گردید.

گام چهارم: مدل‌سازی چیدمان فضای سبز درختی: پس از تهیه نقشه لکه‌های فضای سبز درختی و انجام محاسبات اولیه در GIS با استفاده از تابع Patch Analyst که با داده‌های دارای فرمت برداری و سلولی قابل استفاده است و شامل تعدادی از سنجه‌های سیمای سرزمین است، نقشه لکه‌های فضای سبز درختی کمی‌سازی شد. سپس داده‌های کمی‌سازی شده را در اطلاعات توصیفی لایه نقشه لکه‌های فضای سبز درختی وارد کرده و با استفاده از تابع Select by attributes فرمول‌نویسی و مدل چیدمان لکه‌های فضای سبز درختی در سطح منطقه تهیه گردید (رابطه‌های ۱-۴).

رابطه ۱- مدل چیدمان تک‌پایه لکه‌های فضای سبز درختی

$$"area" \leq 160 \text{ AND } "MSI" \leq 1/6$$

رابطه ۲- مدل چیدمان خطی لکه‌های فضای سبز درختی

$$NOT "model" \geq 1 \text{ AND } "area" \leq 3000$$

رابطه ۳- مدل چیدمان کپه‌ای لکه‌های فضای سبز درختی

$$NOT "model" = 1 \text{ AND } NOT "model" = 2 \text{ AND } "area" \leq 42000$$

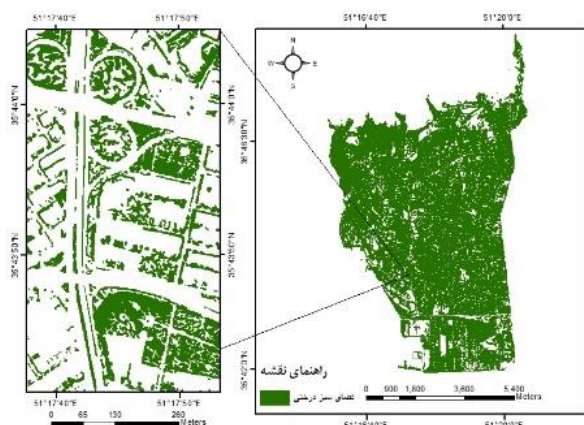
رابطه ۴- مدل چیدمان متمرکز و پیوسته لکه‌های فضای سبز درختی

$$NOT "model" = 1 \text{ AND } NOT "model" = 2 \text{ AND } NOT "model" = 3$$

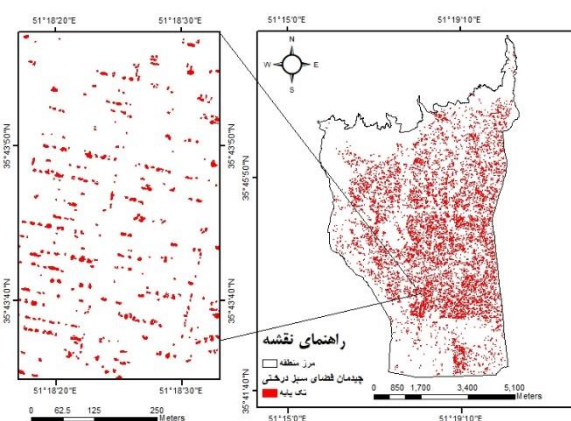
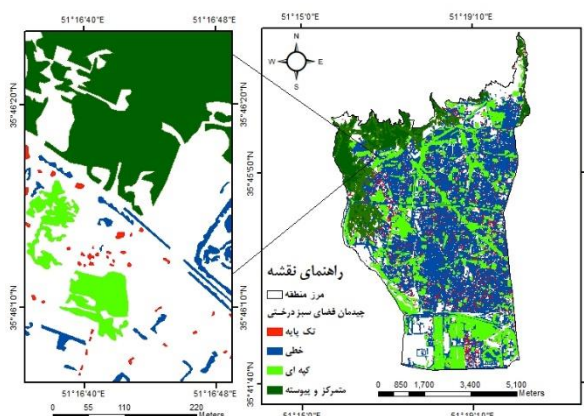
سنجه area مساحت فضای سبز درختی (مترمربع) و سنجه LSI شکل لکه (بدون واحد) است.

یافته های پژوهش

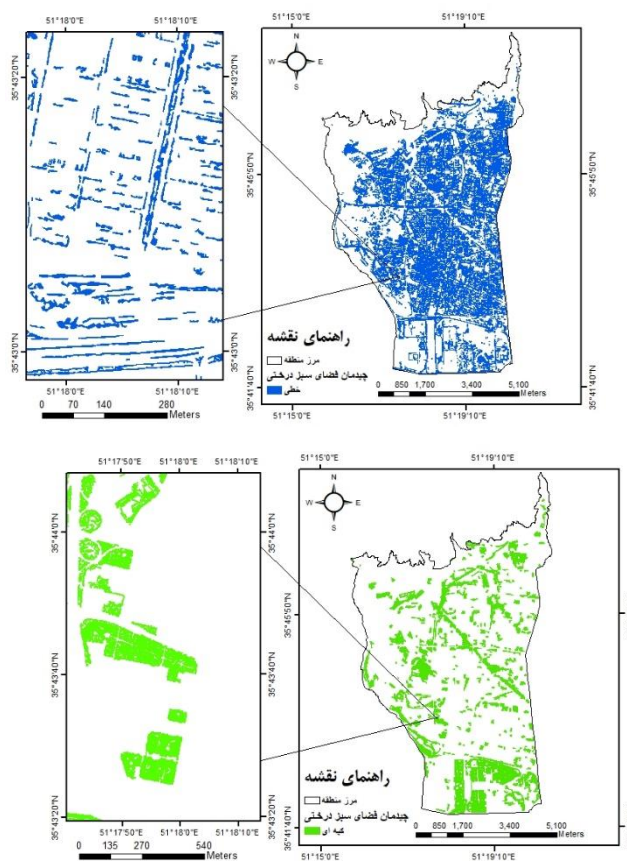
ارائه مدل چیدمان فضای سبز درختی: ارائه نقشه فضای سبز درختی در محیط GIS (شکل ۳)، برای تهیه مدل چیدمان فضای سبز درختی این نقشه مورد استفاده قرار گرفت. پس از فرمول نویسی و به دست آوردن روابط مدل چیدمان که شامل مدل چیدمان تک پایه، خطی، کپه ای و مدل چیدمان متمرکز و پیوسته است، نقشه هر یک از مدل های چیدمان تهیه گردید (شکل های ۴-۶).



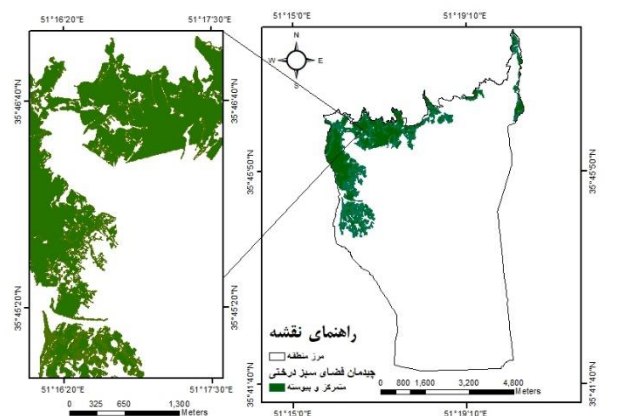
شکل ۳- نقشه لکه های فضای سبز درختی



شکل ۴- نقشه های مدل چیدمان لکه های فضای سبز درختی



شکل ۵- نقشه‌های مدل چیدمان لکه‌های فضای سبز درختی



شکل ۶- نقشه‌های مدل چیدمان لکه‌های فضای سبز درختی

تجزیه و تحلیل شاخص‌های سیمای سرزمین: نتایج حاصل از بررسی و مقایسه سنجه‌های سیمای سرزمین منطقه پنج ارائه شده است (جدول ۲).

جدول ۲- مساحت و درصد مدل های چیدمان لکه های فضای سبز درختی در سطح کلاس

سنجه ها	مدل چیدمان تک پایه	مدل چیدمان خطی	مدل چیدمان کپه ای	مدل چیدمان متمرکز و گسترده
CA	۵۲/۶۷۰	۳۱۱/۹۷۹	۳۹۴/۰۴۷	۴۶۱/۸۰۲
PLAND	۴/۳۱۹	۲۵/۵۷۰	۳۲/۲۷۹	۳۷/۸۳۲
NP	۲۶۷۳۳	۱۵۹۵۸	۵۸۶	۱۲
LPI	۰/۰۰۲	۰/۰۸۱	۱/۵۳۷	۱۳/۵۱۰
TE	۴۵۵۲۱۹/۷۷۰	۱۹۵۲۱۸۹/۰۱۵	۱۰۳۲۷۵۸/۸۴۶	۲۳۴۶۶۳/۳۶۰
ED	۳۷۲/۹۷۹	۱۵۹۹/۵۰۱	۸۴۶/۱۷۸	۱۹۲/۲۶۸
LSI	۱۷۹/۸۴۵	۳۲۳/۳۷۴	۱۵۶/۲۵۷	۳۳/۹۶۳
ENN_MN	۱۲/۰۴۰	۷/۲۱۴	۹/۷۹۸	۱۶/۹۵۱

با توجه به مقادیر سنجه های CA و PLAND، لکه های مدل چیدمان تک پایه فضای سبز درختی با ۵۲/۶۷۰ هکتار کمترین مساحت را دارند و لکه های مدل چیدمان متمرکز و گسترده با ۴۶۱/۸۰۲ هکتار بیشترین مساحت را به خود اختصاص می دهند. بقیه مدل چیدمان های لکه های فضای سبز درختی با توجه به سنجه ها، مساحت های نزدیک به هم دارند. در این میان، مدل چیدمان متمرکز و پیوسته با مقدار ۳۷/۸۳۲ درصد بیشترین درصد سیمای سرزمین را در برمی گیرد؛ بنابراین این دو سنجه گویاترین سنجه ها در بررسی تغییرات سیمای سرزمین هستند که به آسانی قابل اندازه گیری توسط نرم افزار Fragstats هستند.

مقدار سنجه NP برای مدل چیدمان تک پایه ۲۳۷۶۶ لکه بیشترین تعداد لکه را دارد و به این دلیل است که در بافت شهری و مسکونی کاشت درختان به صورت تک پایه بیشتر بوده است؛ و بعد از آن مدل چیدمان خطی با ۱۵۹۵۸ لکه در جایگاه دوم بیشترین لکه و مدل چیدمان کپه ای در جایگاه سوم و کمترین تعداد لکه مربوط به مدل چیدمان متمرکز و گسترده با ۱۲ لکه است به این دلیل که در یک سطح گسترده و به هم پیوسته کاشته شده اند و در حاشیه شهر گسترش یافته اند. سنجه NP به این دلیل مهم است که شاخصی است برای از هم گسیختگی سیمای سرزمین، از این رو افزایش این شاخص نشان دهنده خرد شدن سیمای سرزمین به لکه های کوچک تر است.

بیشترین سنجه TE یا حاشیه کل مربوط به مدل چیدمان خطی با مقدار ۱۹۵۲۱۸۹/۰۱۵ متر است. این سنجه برای مقایسه فضای سبز درختی حاشیه معابر با توزیع خطی مناسب است، هر چه بیشتر باشد بهتر است؛ و کمترین آن مربوط به مدل چیدمان متمرکز و پیوسته با مقدار ۲۳۴۶۶۳/۳۶۰ متر است؛ که به دلیل کم بودن تعداد لکه ها و نبود پیچیدگی در طول لب ها است.

مقدار سنجه ED یا تراکم حاشیه، برای مدل چیدمان خطی بیشتر بوده و به سمت مدل چیدمان کپه ای و تک پایه کمتر شده و در مدل چیدمان متمرکز و پیوسته به کمترین مقدار خود رسیده است. بیشتر بودن این سنجه در مدل چیدمان خطی نشان دهنده این است که میزان اتصال و پیوستگی این مدل چیدمان کاهش یافته است چون درختان در حاشیه معابر، نهرها، مسیل ها و داخل خیابان ها کاشته شده و به همین دلیل میزان اتصال و پیوستگی آن ها کاهش می یابد.

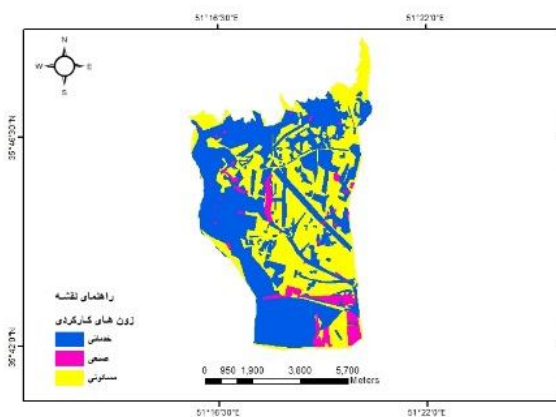
در سنجه LPI یا بزرگ ترین لکه، بیشترین مقدار مربوط به مدل چیدمان متمرکز و گسترده است که بزرگ ترین لکه آن ۱۳/۵۱۰ درصد از کل مساحت این مدل چیدمان فضای سبز درختی را به خود اختصاص داده است و رتبه بعدی مدل چیدمان کپه ای است که بزرگ ترین لکه آن ۱/۵۳۷ درصد از کل مساحت این مدل چیدمان را در برمی گیرد.

مقدار سنجه LSI شکل سیمای سرزمین برای مدل چیدمان خطی بیشترین مقدار را با ۳۲۳/۳۷۴ عدد است که بیشترین بی نظمی و پیچیدگی را دارد و کمترین بی نظمی مربوط به مدل چیدمان متمرکز و پیوسته با مقدار ۳۳/۹۶۳ عدد است. مقدار این سنجه هر چه به یک نزدیک تر باشد لکه ها به دایره ای شکل نزدیک تر می شوند. این سنجه بهترین شاخص در کنار سنجه مساحت لکه ها برای تهیه نقشه مدل های چیدمان لکه های فضای سبز درختی است.

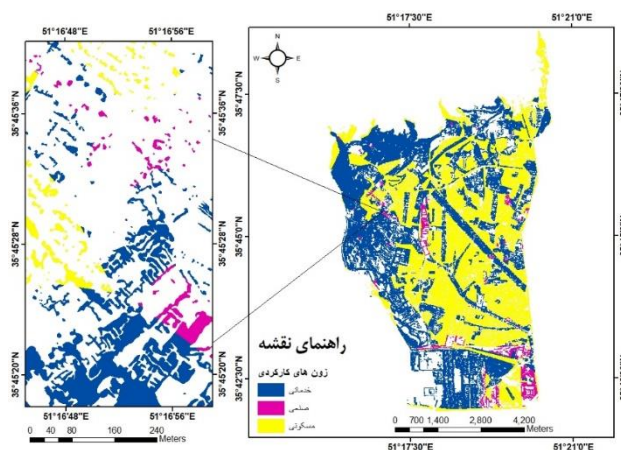
هر چه مقدار سنجه ENN_MN میانگین فاصله اقلیدسی نزدیک ترین همسایه افزایش یابد نشان می دهد که فاصله لکه های مدل چیدمان فضای سبز درختی هم نوع خود افزایش پیدا کرده است. بیشترین فاصله مربوط به مدل چیدمان متمرکز و پیوسته

است، این فاصله زیاد لکه‌ها هم نوع، به دلیل وجود بافت مسکونی و خیابان‌های موجود در منطقه است که می‌تواند از عوامل از هم گسیختگی سیمای سرزمین باشد؛ و کمترین فاصله مربوط به مدل چیدمان خطی است.

تجزیه و تحلیل چیدمان لکه‌های فضای سبز درختی در زون‌های کارکردی: پس از تهیه نقشه مدل چیدمان لکه‌های فضای سبز درختی و نقشه زون‌های کارکردی منطقه مورد مطالعه (شکل ۷)، نقشه پراکنش مدل چیدمان لکه‌های فضای سبز درختی را در هر یک از زون‌های کارکردی تهیه و مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفت (شکل ۸).



شکل ۷- نقشه زون‌های کارکردی



شکل ۸- نقشه پراکنش مدل چیدمان لکه‌های فضای سبز درختی در زون‌های کارکردی

جدول ۳- مساحت مدل چیدمان لکه‌های فضای سبز درختی در زون‌های کارکردی

زون‌های کارکردی	مساحت هر یک از زون‌های کارکردی	فضای سبز درختی	چیدمان تک‌پایه	چیدمان خطی	چیدمان کپه‌ای	چیدمان متمرکز و پیوسته
زون مسکونی	۳۴۴۳/۸۷	۴۰۱/۱۲۴	۳۴/۸۶۵	۲۰۵/۲۱۲	۹۳/۸۱۷	۶۷/۲۳۰
زون خدماتی	۲۶۳۹/۲۵	۷۹۴/۵۸۸	۱۶/۰۲۷	۹۵/۸۷۰	۲۸۹/۱۲۱	۳۹۳/۵۷۱
زون صنعتی	۲۳۳/۰۵۷	۲۴/۷۸۷	۱/۷۷۸	۱۰/۸۹۸	۱۱/۱۰۹	۱/۰۰۲

همان‌طوری که در جدول ۳ مشاهده می‌شود بیشترین مساحت لکه‌های فضای سبز درختی در زون خدماتی با مقدار ۷۹۴/۵۸۸ هکتار و کمترین مساحت در زون صنعتی با مقدار ۲۴/۷۸۷ هکتار است به این دلیل که مساحت زون خدماتی بیشتر از بقیه زون‌ها با ۲۶۳۹/۲۵ هکتار است؛ و زون صنعتی با ۲۳۳/۰۵۷ هکتار کمترین مساحت را دارد. همچنین بیشترین مساحت مدل چیدمان تک‌پایه لکه‌های فضای سبز درختی در زون مسکونی با مقدار ۳۴/۸۶۵ هکتار و کمترین آن در زون صنعتی با مقدار ۱/۷۷۸ هکتار است. در مدل چیدمان خطی بیشترین مساحت در زون مسکونی با مقدار ۲۰۵/۲۱۲ هکتار و کمترین مساحت در زون صنعتی با مقدار ۱۰/۸۹۸

هکتار است. در مدل چیدمان کپه ای هم بیشترین مساحت در زون خدماتی با مقدار ۲۸۹/۱۲۱ هکتار است چون لکه های مدل چیدمان کپه ای بیشتر پارک ها را شامل می شود و پارک ها هم جزء زون خدماتی محسوب می شود و کمترین پراکنش در زون صنعتی با مقدار ۱۱/۱۰۹ هکتار است. در مدل چیدمان متمرکز و پیوسته بیشترین پراکنش با مقدار ۳۹۳/۵۷۱ هکتار را در زون خدماتی و کمترین آن در زون صنعتی با مقدار ۱/۰۰۲ هکتار است.

بحث و نتیجه گیری

در طول سال های اخیر انسان شهرنشین به دلیل رشد جمعیت و افزایش شهرنشینی با بسیاری از مشکلات و مسائل محیط زیستی مواجه شده است. وجود سیاست ها و قوانین نامناسب در رابطه با شهر و فضای سبز شهری، سبب آشفتگی و رشد غیراصولی شهرهای ایران و تخریب اراضی طبیعی و سبز گردیده است. شهرنشینی محیط زیست شهری مجموعه ای متشکل از زیرمجموعه های گوناگون طبیعی انسان ساخت و جوامع انسانی است که روابط متقابل با یکدیگر و محیط پیرامون دارند؛ بنابراین، به کارگیری روش های علمی برای شناخت این روابط پیچیده و مشکل امکان پذیر است (Robati, 2015). تشریح مسئله فضای سبز از الزامات زندگی شهرنشینی محسوب می گردد، زیرا مضاف بر ارزش های غیرقابل جایگزینی محیط زیستی مثل پاک سازی هوا و متعادل نمودن دما، تأثیری شگرف و غیر قابل انکار در امر زیباسازی شهر و حفظ آرامش و شادابی شهروندان دارد. با پهنای شدن شهر تهران و تمرکز شکل گرفته در فضای داخلی آن خلاء ضرورت دسترسی به محیط های طبیعی و سبز بیش از پیش نمایان می شود. بر این اساس، گسترش کمی و کیفی و توزیع مناسب فضای سبز در تمامی مناطق در ۴۰ سال گذشته یکی از اصلی ترین دغدغه های برنامه ریزان و طراحان طرح های جامع شهر تهران بوده است (Mirzadeh Tabatabai et al., 2016). منطقه ۵ به این دلایل انتخاب شد که علاوه بر ویژگی های تغییرات جمعیتی دارای طیف وسیعی از ویژگی ها از جمله، محیط طبیعی (وجود ارتفاعات و مسیل های مهم کن و فرحزاد)، محیط زیستی (وزش بادها و وجود کانون های اصلی آلاینده محیط از جمله شهر سنگ)، اجتماعی (جمعیت زیاد، مهاجرپذیری و ساختار سنی مردان)، اقتصادی، (پایین بودن نرخ بیکاری نسبت به کل شهر)، کالبدی (مسیرهای بزرگراهی طولانی، وجود میدان بی هویت و پرمسئله مانند میدان صادقیه)، کیفیت محیط شهری (وجود اغتشاشات بصری به علت پراکنده بودن ساخت سازه های بلندمرتبه و ناهمگون بودن آنها) و ویژگی ها مدیریت شهر (عدم کارایی مدیریت شهری به دلیل تداخل وظایف دستگاه های مختلف) فضای سبز شهری (پارک جنگلی کوهسار، پارک ارم، بوستان جوانمرد، پارک دره کن و ...) فراوانی را دارا است (Alavi et al., 2014). در مطالعه حاضر هدف اصلی تهیه نقشه لکه های فضای سبز درختی و کمی سازی آن با استفاده از سنجه های سیمای سرزمین و انتخاب بهترین مدل الگوی چیدمان و توزیع مطلوب پوشش های فضای سبز درختی و تهیه نقشه زون های کارکردی و پراکنش مدل های چیدمان فضای سبز درختی در زون های کارکردی منطقه پنج شهرداری تهران است تا شناخت مطلوب تری از وضعیت سیمای سرزمین منطقه پنج به دست آید. نتایج مطالعه نشان داد که سنجه های شکل لکه و مساحت لکه به خوبی در تعیین و جداسازی مدل چیدمان لکه های فضای سبز درختی عمل می کنند. همچنین نتایج نشان داد که مدل چیدمان متمرکز و پیوسته بیشترین مساحت را با مقدار ۴۶۱/۸۰۲ هکتار معادل ۳۷/۸۳۲ درصد است؛ که حاکی از آن است که در شمال منطقه پنج شهرداری تهران که ناحیه ای کوهپایه ای است و پارک جنگلی کوهسار را در خود جای داده و به صورت گسترده و پیوسته جنگلکاری انجام شده و همچنین رودخانه کن هم از منطقه سرچشمه می گیرد و دارای فضای سبز درختی گسترده ای است. همچنین مساحت چیدمان کپه ای در رتبه دوم با ۳۲/۲۷۹ درصد است که حاکی از آن است، در این منطقه پارک های زیادی وجود دارد. چیدمان خطی و تک پایه در جایگاه سوم و چهارم از نظر مساحت با ۲۵/۵۷۰ درصد و ۴/۳۱۹ درصد قرار دارند به این دلیل که این لکه ها ریزدانه تر و در بافت مسکونی شهر قرار دارند. تحلیل سنجه های سیمای سرزمین به وضوح مدل چیدمان فضای سبز درختی را در سطح منطقه آشکار می کند؛ که حاکی از این است که در کجاها لکه های فضای سبز درختی ریزدانه تر و از هم گسیختگی دارند و در کجاها به هم پیوسته هستند؛ که با نتایج مطالعات قبلی (Mirzayi et al., 2013, Dezhkam et al., 2015)، مطابقت دارد. این مطالعه کارایی مدل سازی برای جداسازی چیدمان لکه های فضای سبز درختی را با استفاده از سنجه های سیمای سرزمین به خوبی نشان داد. این جداسازی باعث می شود که مدیران شهری در برنامه ریزی و تصمیم گیری برای آینده فضای سبز درختی در سطح منطقه و سایر مناطق شهری مدیریت بهتری داشته باشند که کدام مناطق چیدمان به چه صورتی است تا در

جهت رفع کمبودها یا بهبود وضع موجود اقدام کنند. همچنین از این مدل سازی چیدمان فضای سبز درختی برای سایر مناطق شهری نیز می توان استفاده کرد.

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل زون های کارکردی منطقه پنج شهرداری تهران نشان می دهد که با توجه به مساحت زیاد زون خدماتی بیشترین پراکنش فضای سبز درختی در این زون ۷۹۴/۵۸۸ هکتار و کمترین پراکنش هم مربوط به زون صنعتی با مقدار ۲۴/۷۸۷ هکتار است که به دلیل مساحت کم زون صنعتی است. با بررسی مدل چیدمان تک پایه و خطی به این نتیجه خواهیم رسید که بیشترین پراکنش این دو مدل چیدمان در زون مسکونی است به این دلیل که مدل چیدمان تک پایه بیشتر در حیات خانه ها یا در کنار خیابان ها و مدل چیدمان خطی هم بیشتر در معابر و وسط خیابان ها کاشته شده است؛ و کمترین میزان پراکنش هم در زون صنعتی است. با بررسی مدل چیدمان کپه ای و متمرکز و پیوسته، بیشترین پراکنش این دو مدل در زون خدماتی است زیرا پارک ها و جنگلکاری های شهری جزء خدمات درون شهری محسوب می شوند؛ و کمترین پراکنش هم در زون صنعتی است. این مطالعه نشان داد که می توان کاربری های مختلف شهری را در سه زون مسکونی، خدماتی و صنعتی برای تجزیه و تحلیل و مدیریت بهتر کاربری های شهری یکی کرده تا بتوان به آسانی پراکنش مدل چیدمان لکه های فضای سبز درختی در این زون ها بررسی کرد و به مدیران شهری و سایر دستگاه های اجرایی در بحث مدیریت شهری دید بهتری برای برنامه ریزی در سطح منطقه مورد مطالعه خواهد داد. با توجه به مساحت زیاد زون خدماتی و مسکونی در منطقه مورد مطالعه، هر چه چیدمان تک پایه، خطی و کپه ای فضای سبز درختی در این زون ها بیشتر باشد باعث افزایش کیفیت زندگی و ایجاد محیطی سالم تر و راحت تر، زیباسازی محیط، افزایش کیفیت هوا، کاهش دما، حفاظت از حریم خصوصی، جذب صدا، افزایش ارزش املاک، افزایش امنیت و رفاه، حفاظت از پیاده روها، ایجاد مسیرهای سبز و ایجاد فضای سبز و تفریحی می شود. در اکثر مطالعات فقط به بررسی فضای سبز شهری شامل پارک ها و جنگلکاری ها در زمان های مختلف و مکان یابی و بررسی تغییرات این فضاها پرداخته شده است که در این راستا می توان به مطالعات Bagheri و همکاران (۲۰۱۱) و Khazaei و همکاران (۲۰۲۳) اشاره کرد.

پیشنهادهای

- ✓ حفاظت از فضاهای سبز موجود با وسعت زیاد و اتصال این قطعات بزرگ توسط قطعات کوچک تر یا کریدورهای طبیعی رودخانه ها جهت ایجاد پیوستگی در ماتریس طبیعی شهر. به عنوان مثال حفاظت از لکه های فضای سبز درختی بزرگ مثل پارک های شهر یا پارک های جنگلی و باغات و محوطه های بزرگ اداری که دارای فضاهای باز و سبز درختی وسیع هستند.
- ✓ ایجاد کمربند سبز جهت اتصال فضاهای باز و سبز درون شهری به ماتریس طبیعی بیرون شهر.
- ✓ تغییر یا انتقال کاربری های صنعتی و نظامی مستقر در داخل منطقه مورد مطالعه که عمدتاً به صورت کارگاه های صنعتی و مراکز نظامی است و با کاربری مسکونی هم جوار بوده و فرصت استقرار و توسعه کاربری های سازگار از جمله فضاهای سبز درختی شهری در منطقه را کاهش داده است.
- ✓ پیشنهاد می شود جهت ارزیابی کامل تر اثرات ضمن بررسی اثرات گذشته و کنونی با استفاده از روش های مدل سازی تغییرات به پیش بینی روند تغییرات در آینده نیز پرداخته شود.

References

- Alavi, S.A., Bagheri Kashkouli, A., Chiraghi, R., Lorestani, A., 2014. Evaluating the spatial-spatial fit of urban parks using GIS, a case study: neighborhood parks in District 5 of Tehran Municipality. Geography and Development 13(40), 91-108. (In Persian)
- Asadi, Y., Hamza, S., Kiavers Moghadam, M., 2019. Investigation of changes in land use and vegetation urban heat islands using land surface metrics. Human Geography Research 52(2), 759-773. (In Persian)
- Bagheri, M., Ansari, A., Kazemi, A., Bayat, M., Heydari Mostali, S., 2021. Examining the spatial distribution pattern of parks and green spaces in the city of Khomein using the approach of the land image and Sentinel 2 satellite images. (In Persian)

- Bahers, J.B., Athanassiadis, A., Perrotti, D., Kampelmann, S., 2022. The place of space in urban metabolism research: Towards a spatial turn? A review and future agenda. *Landscape and Urban Planning* 221, 104376.
- Bahmanpour, H., 2016. Urban environment management. Islamic Azad University Textbook, Shahrood Branch, 213 p. (In Persian)
- Chang, Q., Li, S., Wang, Y., Wu, J., Xie, M., 2013. Spatial process of green infrastructure changes associated with rapid urbanization in Shenzhen, China. *Chinese Geographical Science* 23, 113-128.
- 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.
- Clark, M.L., Aide, T.M., Grau, H.R., Riner, G., 2010. A scalable approach to mapping annual land cover at 250 m using MODIS time series data: A case study in the Dry Chaco ecoregion of South America. *Remote Sensing of Environment* 114(11), 2816-2832.
- Deng, X., Huang, J., Rozelle, S., Uchida, E., 2008. Growth, population and industrialization, and urban land expansion of China. *Journal of Urban Economics* 63(1), 96-115.
- Dezhkam, S.S., Amiri, B.J., 2015. Monitoring the landscape changes using synoptic analysis and satellite images (Case study: Rasht township). *Journal of Natural Environment* 68(2). (In Persian)
- Elahpour, A., Anwar, N., Far, H.N., Shahmarbiglou, R.L., 2018. Optimum location of urban green space using GIS and ANP method (Case study: Ardabil city). *Geography and Development of Urban Space* 6(1), 127-146. (In Persian)
- Fakour, A., Shetaei Joibari, S., Mikaeli Tabrizi, A., Saleh Nasab, A., 2015. The quantitative status of the tree green space in the urban areas of Mashhad and investigating the possibility of its development with WLC and GIS methods. (In Persian)
- Fotoohi, O., Dekht Barq Jaloh, S., 2017. Planning of ecological networks of urban landscape (Case study: Tehran city). *Environmental Quarterly* 44(2), (86 series). (In Persian)
- Goddard, M.A., Dougill, A.J., Benton, T.G., 2010. Scaling up from gardens: biodiversity conservation in urban environments. *Trends in Ecology & Evolution* 25(2), 90-98.
- Gupta, K., Kumar, P., Pathan, S.K., Sharma, K.P., 2012. Urban Neighborhood Green Index – A measure of green spaces in urban areas. *Landscape and Urban Planning* 105(3), 325-335.
- Haaland, C., van Den Bosch, C.K., 2015. Challenges and strategies for urban green-space planning in cities undergoing densification: A review. *Urban Forestry & Urban Greening* 14(4), 760-771.
- Khazaei, A., Abbaspour, M., Babaei Kafaki, S., Tagvi, L., Rashidi, Y., 2023. Investigation and prediction of land use changes in Tehran metropolis using remote sensing technology. (In Persian)
- Kiyani, V., Feghhi, J., 2015. Investigation of cover/land use structure of Sefidrod watershed by landscape ecology metrics. *Journal of Environmental Science and Technology* 17(2), 131-141. (In Persian)
- Kong, F.H., 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, 240-252.
- Malarvizhi, K., Kumar, S.V., Porchelvan, P., 2016. Use of high resolution Google Earth satellite imagery in land use map preparation for urban related applications. *Procedia Technology* 24, 1835-1842.
- McGovern, M., Pasher, J., 2016. Canadian urban tree canopy cover and carbon sequestration status and change 1990–2012. *Urban Forestry & Urban Greening* 20, 227-232.
- Mirsanjeri, M., Mohammadyari, F., 2022. Land use analysis in Behbahan city with the approach of landscape ecology. <https://civilica.com/doc/1719895>. (In Persian)
- Mirzadeh Tabatabai, M., Rabati, M., Azizi, Z., 2022. Determining the spatial distribution pattern of urban green space (Case study: Zone 5 of Tehran Municipality). <https://civilica.com/doc/1426365>. (In Persian)
- Mirzayi, M., Riyahi Bakhtiyari, A., Salman Mahini, A., Gholamalifard, M., 2013. Investigating the land cover changes in Mazandaran Province using landscape ecology's metrics between 1984-2010. *Iranian Journal of Applied Ecology* 2(4), 37-55. (In Persian)
- Nohegar, D. A., Amiri, J., Afrakhte, R., 2015. Land use analysis on Guilan central district using landscape ecology approach. *Geography and Territorial Spatial Arrangement* 5(15), 197-214. (In Persian)

- Paror, S., Kamran, M., Behzadfar, M., 2023. The use of land surface measurements and remote sensing in the analysis of land changes and destruction (Case study: Shirin Dareh watershed – North Khorasan province – Iran). *Environmental Science and Technology*. (In Persian)
- Privar, P., Yavari, A.R., Sotoudeh, A., 2008. Analysis of temporal changes and spatial distribution of urban green spaces in Tehran at the scale of the landscape. *Ecology* 34(45). (In Persian)
- Robati, M., Monavari, S.M., Majedi, H., 2015. Urban environment quality assessment by using composite index model. *Environmental Progress & Sustainable Energy* 34(5), 1473-1480.
- Roscoe, C., Mackay, C., Gulliver, J., Hodgson, S., Cai, Y., Vineis, P., Fecht, D., 2022. Associations of private residential gardens versus other greenspace types with cardiovascular and respiratory disease mortality: observational evidence from UK Biobank. *Environment International* 167, 107427.
- Shirko Jafari, A., Alizadeh Shabani, A., Moinedini, M., Danehkar, A., Alam Beigi, A., 2017. Modeling the relationship between urban green space and air, sound and temperature pollution using land surface measurements. *Quarterly Journal of Remote Sensing and GIS in Natural Resources* 9th year. (In Persian)
- Sithole, S.M., Musakwa, W., Magidi, J., Kibangou, A.Y., 2024. Characterising landcover changes and urban sprawl using geospatial techniques and landscape metrics in Bulawayo, Zimbabwe (1984-2022). *Heliyon*.
- Taheri Sarteshnizi, F., Faqihi, J., Danehkar, A., 2013. Investigating the effect of landscape structure on urban thermal islands (Case study: Karaj city). *National Geomatics Conference, SID*. (In Persian)
- Tehran Municipality, 2023. Population and manpower. Agriculture, Forestry and Fisheries. (In Persian)
- Woldesemayat, E.M., Genovese, P.V., 2021. Urban green space composition and configuration in functional land use areas in Addis Ababa, Ethiopia, and their relationship with urban form. *Land* 10(1), 85.
- Xu, X., Duan, X., Sun, H., Sun, Q., 2011. Green space changes and planning in the capital region of China. *Environmental Management* 47, 456–467.
- Yang, X., Jiang, G.M., Luo, X., Zheng, Z., 2012. Preliminary mapping of high-resolution rural population distribution based on imagery from Google Earth: A case study in the Lake Tai basin, eastern China. *Applied Geography* 32(2), 221-227.
- Zhang, Q., Chen, C., Wang, J., Yang, D., Zhang, Y., Wang, Z., Gao, M., 2020. The spatial granularity effect, changing landscape patterns, and suitable landscape metrics in the Three Gorges Reservoir Area, 1995–2015. *Ecological Indicators* 114, 106259.
- Zhang, Y., Van Dijk, T., Tang, J., Van den Berg, A.E., 2015. Green space attachment and health: A comparative study in two urban neighborhoods. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 12, 14342–14363.
- Zhou, W., Pu, Y., Dai, H., Jin, Q., 2017. Cooperative interconnection settlement among ISPs through NAP. *European Journal of Operational Research* 256(3), 991-1003.