Journal of Urban Management & Environmental Engineering

Journal homepage: https://jumee.kgut.ac.ir
Vol.2, No.3; 2024.pp: 43-56

Research paper

(Received July. 20, 2024 Accepted Sep. 10, 2024)

An exploration of the effect of structural changes of urban forest lands on urban livability (Case study: Chitgar Forest Park)

Homa Assarzadeh*

Environmental Design Department, Faculty of Environment, University of Tehran, Tehran, Iran

Abstract

Throughout the last decades, the quality of urban life has been discussed from different aspects. In this study, an attempt has been made to study the effect of structural changes of Chitgar Forest lands as a natural infrastructure effects have been less considered in the future of the city. The approach used is a mixed research method, which was partly done through documentary and another part with the help of quantification tools related of structural changes in the landscape. In this regard, continuous changes in the vegetation structure of Chitgar lands were done with a comparative analysis of land surface metrics in two years. The results presented an obvious difference in the characteristics of the composition and configuration of the components of land use network during a period of 8 years, show that the continuation of the decreasing trend of dense vegetation can have significant effects on the quality of air, water and soil. And bring adverse weather consequences in the surrounding areas. In short, by studying documents about the quality of urban livability, this research reached that urban forest lands with high density and integrated vegetation, can increase the consistency of urban livability in various ways. As a result, cities can play an effective role in the continuation of urban life both by intensifying the structural changes of valuable urban green lands and by appropriate planning of uses and conservative measures in unconventional constructions on the one hand and the protective classification of green lands on the other hand.

Keywords: Forest lands, Livable city, Environmental quality, Landscape metrics, Chitgar Forest Park, Structural changes.

* Corresponding Author: Homa Assarzadeh
Email: *homa.assarzadeh@ut.ac.ir*
Phone: 02122736627

DOI: 10.48306/jumee.2024.468834.1052

نشریه علمی مدیریت شهری و مهندسی محیط زیست

آدرس نشریه:https://jumee.kgut.ac.ir

سال دوم/شماره سوم/پاییز ۱۴۰۳/صفحه ۴۳-۵۶

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت:۱۴۰۳/۴/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۶/۲۰ تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۷/۱

کاوشی در تأثیر روند تغییرات ساختاری اراضی جنگلی درون شهری بر زیست‌پذیری شهری (نمونه موردی: پارک جنگلی چیتگر)

هما عصارزاده*

دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی طراحی محیط‌زیست، دانشکده محیط‌زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

چکیده

در چند دهه اخیر، کیفیت زیست شهری از جنبه‌های متفاوتی مورد بحث بوده‌است. در این مطالعه سعی شده تا تأثیر تغییرات ساختاری اراضی جنگلی درون شهری به‌عنوان یک زیرساخت طبیعی که اثرات آن کمتر مورد توجه آینده شهری بوده، پرداخته‌شود. قلمرو مکانی برگزیده، اراضی پارک جنگلی چیتگر واقع در منطقه ۲۲ تهران بود. رویکرد بکارگرفته‌شده، از نوع روش تحقیق ترکیبی بوده که بخشی به طریق مطالعه اسنادی و بخشی دیگر به کمک ابزار کمّی‌سازی مرتبط با نمایه تغییرات ساختاری منظر صورت گرفت. در این راستا، تغییرات بوقوع پیوسته در ساختار پوشش گیاهی اراضی چیتگر با تجزیه و تحلیل مقایسه‌ای میان متریک‌های سیمای سرزمین در دو سال مختلف انجام گرفت. نتایج، تفاوت آشکاری در خصوصیات ترکیب‌بندی و پیکره‌بندی ماهیت اجزاء شبکه کاربری اراضی طی مدت زمان ۸ سال (۲۰۲۳-۲۰۱۵) ارائه کردند، که پیش بینی‌ها نشان می‌دهد تداوم روند کاهشی پوشش‌های گیاهی پرتراکم، می‌تواند تأثیرات محسوسی بر روی کیفیت هوا، آب و خاک بگذارد و پیامدهای نامطلوب آب‌وهوایی در نواحی پیرامون خود به‌همراه بیاورد. به‌طور خلاصه، این پژوهش با مطالعه اسناد در باب کیفیت زیست‌پذیری شهری، به این نکته دست یافت که اراضی جنگلی درون شهری، با پوشش‌های گیاهی با تراکم بالا و یکپارچه، می‌توانند از جهات مختلفی بر قوام زیست‌پذیری شهری بیافزایند. نتیجتاً، شهرها می‌توانند هم از جهت تشدید تغییرات ساختاری اراضی ارزشمند سبز شهری و هم با برنامه‌ریزی مناسب کاربری‌ها و اقدامات محافظه‌کارانه در ساخت و سازهای نامتعارف از یک سو و از سوی دیگر، دسته‌بندی حفاظتی از اراضی سبز، نقشی مؤثر بر تداوم حیات زیست شهری داشته باشند.

کلمات کلیدی: شهر زیست‌پذیر، اراضی جنگلی، کیفیت محیط‌زیست، متریک‌های سیمای سرزمین، پارک جنگلی چیتگر.

* نویسنده مسئول: هما عصارزاده

ایمیل: *homa.assarzadeh@ut.ac.ir*

شماره تماس: ۰۲۱۲۲۷۳۶۶۲۷

DOI: 10.48306/jumee.2024.468834.1052

۱-مقدمه

امروزه، شرایط زیست شهری در تلاطم فزاینده تغییرات آب‌وهوایی [۳۱ و ۲۸]، گستره ساخت‌وسازها [۱۲ و ۷] و برآوردن نیازهای در حال گسترش شهروندان، مواجه بوده‌است. بدنبال کاهش منابع طبیعی موجود، تغییرات محسوسی در چرخه نظام طبیعت درون شهری پدیدار شده. به‌گونه‌ای که مطالعات بر روی چالش شهرهای با بافت پر تراکم از تأثیر قابل توجه آن بر افت کیفیت سلامت و رفاه عمومی [۲۳] و نابودی سرمایه و ارزش‌های اجتماعی [۴۱] حکایت دارند. در این میان، اراضی جنگلی درون شهری به‌عنوان میراثی بازمانده از فرایند شکل‌گیری شهرها، بیش از سایر مناطق شهری، مورد کم‌توجهی روند تغییر ساختار و تأثیرات آن بر سیستم شهرنشینی پایدار قرار گرفته‌اند که تداوم و تشدید چالش‌های شهری معاصر، نتیجه مستقیم آن بوده‌است. در چند دهه اخیر، تلاش‌ها در جهت آموزش و حفظ ساختارهای طبیعی درون شهری، به دغدغه‌ای در سطح ملی در بین کشورها تبدیل شده‌است. با این حال، نبود درکی روشن از نابودی تدریجی پدیده‌های طبیعی در طول دوره‌های زمانی و پیامدهای پیش‌روی بشر، همواره به‌عنوان چالش دیگری مطرح بوده‌است.

این پژوهش بدنبال پاسخ به این سؤال است که تغییرات ساختاری در اراضی جنگلی درون شهری چه تأثیراتی بر آینده زیست‌پذیری شهرها خواهند گذاشت؟ و بر آن است تا به طریق روشی ترکیبی و با مطالعه بر روی یک نمونه اراضی با بافت جنگلی در درون شهر تهران، به توضیح رابطه میان این دو بپردازد. نمونه انتخابی، اراضی پارک جنگلی چیتگر است که با تحلیل و ارزیابی از طریق روش کمّی‌سازی متریک‌های سیمای سرزمین، تغییرات ساختاری در طی دو برهه زمانی مختلف، روشن گردد و با مقایسه و تبیین این تغییرات، کیفیت زیست‌پذیری مورد بحث و بررسی قرار گیرد. سمت‌وسوی تحقیقات این چنینی، کمک به درک ایجاد شهرهایی با آینده سالم و تضمین پایداری در بهبود خدمات شهری خواهد نمود.

۲- پیشینه پژوهش

تحقیق حاضر، از دو مفهوم زیست‌پذیری[۱] و رابطه آن با اراضی جنگلی تشکیل شده‌است. واژه زیست‌پذیر مشخصاً در طول دهه ۱۹۸۰ با مطالعه برنامه‌ریزان و نظریه‌پردازان شهری تداوم یافت تا چگونگی ارتباط عوامل اجتماعی، اقتصادی و محیطی با کیفیت زندگی شهروندان در سکونتگاه‌های شهری را توصیف و کمیت کنند و به ارائه ایده‌هایی روشن با این مضمون پرداختند [۴۶ و ۴۰ و ۲۵]. بنزوال[۲][۶] و پشین[۳][۳۵]، زیست‌پذیری شهری را تلاشی برای ایجاد یک رابطه ایده‌آل بین قابلیت‌های کالبدی محیط و تأثیراتش بر اجتماع و اقتصاد بیان نمودند که مستقیماً بر ایمنی، امنیت، سلامت جسمانی، برانگیختن شخصیت جامعه و در نهایت، حس تعلق به مکان تأثیر می‌گذارد [۴۴]. استین[۴] ابعاد زیست‌پذیری شهری را به سه قسم اقتصادی، اجتماعی و محیطی خلاصه نمود و اینطور بیان نمود که محیط‌های طبیعی، از جهت ایجاد مطلوبیت برای زندگی، کار و تفریح اهمیت می‌یابند که در واقع، به میزان بهره‌مندی شهر از کیفیتی که فضاهای طبیعی در اختیار می‌گذارند، توانمندی شهر برای فرصت زیستن در محیطی سالم و به تبعیت از آن، ساختارهای پایدار اجتماعی و اقتصادی تقویت می‌یابد [۴۲]. بندرآبادی تأکید داشته شهر زیست‌پذیر در وهله اول، پایدار بوده که در آن، تلاش برای حفاظت از منابع طبیعی و اتلاف حداقل انرژی دیده می‌شود. بنابراین، مؤلفه محیط‌زیست را مقدم بر دیگر ابعاد این کیفیت دانست [۴۸]. بارتون و گرانت[۵][۵]، مشخصه‌های محیطی که شرایط زیست سالم را برای شهروندان مهیا می‌سازند را به دو کیفیت محیط‌های انسان‌ساخت شامل استخوان بندی و مورفولوژی شهری [۳۸ و ۳۰] در ابعاد بزرگ و کالبد ساختمان‌ها در بُعد کوچکتر و محیط‌های طبیعی شامل بافت‌های ارگانیک اراضی بکر، هیدرولوژی، خاک و توپوگرافی که باعث شکل‌گیری تنوع زیستی می‌گردد [۲۱]، تقسیم نمودند. با این حال، کیفیت زیست‌پذیری همواره در تقابل و کشاکش دو محیط طبیعی و انسان‌ساخت قرار داشته‌است. در پژوهشی، این موضوع ثابت شد که جوامع با تراکم توده‌های ساختمانی، به‌طور معمول از کمبود فضاهای سبز رنج می‌برند که می‌تواند آینده زیست‌پذیری منطقه را به خطر بیاندازد [۲۰]. تراکم بافت شهری تنها عامل تعیین‌کننده زیست‌پذیری نبوده بلکه،

---

[۱] Livability

[۲] Benzeval

[۳] Pacione

[۴] Stein

[۵] Barton & Grant

سایر جنبه‌های محیط ساخته‌شده، مانند فرم و ساختار شبکه شهری می‌تواند با غلبه بر ساختار طبیعی موجود و تخریب و کوچکترشدن اکوسیستم‌های طبیعی، بر گرمایش زمین اثر گذاشته و در نتیجه، آسایش شهروندان را با اختلال همراه سازد [۱]. داهیا و گاد بیگیو[۱] [۱۱]، بهبود کیفیت هوا، آب، خاک را مؤثر در زیست‌پذیری شهری تلقی نمودند. تایمر و سیمور[۲][۴۵]، زیست‌پذیری شهرها را به حضور زیرساخت‌های سبز شهری شامل پارک‌ها و فضاهای سبز گسترده تعمیم دادند که منجر به تقویت زیستگاه‌های طبیعی، تولید غذای سالم و هوای پاک می‌گردد. نائومان و همکاران[۳][۳۴]، زیرساخت‌های سبز را به‌عنوان یک مفهوم با دامنه وسیع و ماهیتی انعطاف‌پذیر معرفی کردند که شامل شبکه‌ی فضای سبز عمومی، سایه درختان شهری، تالاب‌های طبیعی و انسان‌ساخت، سیستم‌های تصفیه زیستی، دیوارها و بام‌های سبز هستند که در دستیابی به اهدافی چون کاهش فشارهای محیطی مانند سیل و نوسانات دمایی، نقشی مستقیم دارند. آن‌ها همچنین اذعان داشتند، آنچه زیرساخت‌های سبز شهری را از دیگر انواع زیرساخت‌ها آبی و خاکستری متمایز می‌سازد، ارائه همزمان و هماهنگ خدمات اجتماعی-فرهنگی و خدمات محیط‌زیستی در درون شهر است [۳۴]. پارکر و زینگونی دِ بارو[۴][۳۶]، زیرساخت‌های سبز شهری با کیفیت بالا را عاملی مؤثر بر بُعد روانی و ادراکی کاربران شهری خواندند. تحقیقات گسترده‌ای از جمله [۱۸ و ۳]، زیرساخت‌های سبز شهری را جدای از فواید روانی و بیولوژیکی، به‌دلیل تأثیراتی چون مزایای خرد اقلیمی، ایجاد زیستگاه برای حیات وحش بومی و یا بهبود زیستگاه، از طریق ایجاد پایداری در ابعاد اجتماعی و محیط‌زیستی گسترده، مورد مطالعه قرار داده‌اند. اجزای اصلی زیرساخت‌های سبز شهری، جوامع طبیعی[۵]شامل گیاهان، حیوانات، آب، خاک و میکروارگانیسم‌ها هستند که به اشکال مختلف در درون شهرها به‌عنوان مثال میادین شهری، درختان خیابان‌ها، پارک‌ها و باغ‌ها ساختار یافته‌اند [۱۸].

در طول چند دهه اخیر، پرداختن به زیرساخت‌های سبز آنقدر اهمیت یافت که در شهرهای بزرگ و پرتراکم دنیا، به‌عنوان یک عامل اصلی در طراحی شهری لحاظ گردید. به‌عنوان نمونه، پکن ساخت شهر زیست‌پذیر با ماهیت اکولوژیکی را در دستور کار خود قرار داد و برای این منظور، توسعه در مسیرهای با حفظ و ایجاد فضای سبز کافی، آب آشامیدنی سالم و هوای پاک را مهم‌تر از هر عامل دیگری توصیه نمود [۱۷]. مطالعات، از فواید اراضی جنگلی شهری، نه‌تنها در عملکرد زیبایی‌شناختی منظر، بلکه در بازیابی قوای جسمانی و آرامش ذهنی افراد ثابت شده‌است. پژوهش سازمان غذا و کشاورزی ملل متحد نشان داده که اراضی جنگلی با جذب یون‌های منفی هوا، افزایش اکسیژن آزاد شده به اطراف و همچنین کاهش ذرات آلاینده مضر و صداها، به سلامت جسمانی افراد حاضر در محیط و نواحی پیرامون کمک می‌کند. این پژوهش همچنین، اراضی جنگلی را متضمن امنیت غذایی بشر می‌داند [۴۳]. مطالعه دیگری، حضور افراد در اراضی جنگلی را موجب افزایش فعالیت‌های بدنی، کاهش قابل توجهی از بروز بیماری‌های مزمن پزشکی و اختلالات سلامت روان شامل اضطراب و افسردگی به‌خصوص در دوران بیماری‌های همه‌گیری چون کرونا [۴۷] نشان داده‌است. علاوه‌بر این، اراضی جنگلی بدلیل داشتن تنوع زیستی، قابلیت فراگیری و انسجام اجتماعی با گردهم‌آوردن اجتماع در مکانی مشترک و برای اهدافی مشترک دارند که نیاز اوقات فراغت ساکنان شهری را برآورده می کنند و مکان هایی را برای استراحت، گشت و گذار، ورزش، معاشرت و فعالیت‌های فرهنگی فراهم می کنند [۳۷]. از اصلی‌ترین خدمات اراضی جنگلی در ارتقاء کیفیت اکوسیستم‌های شهری، عملکرد آن‌ها به‌عنوان ریه شهر و نوار اکسیژن شهر است که شامل کاهش گازهای گلخانه‌ای [۳۲]، بهبود کیفیت هوا و آب [۲۹]، کاهش اثرات جزایر گرمایی شهری [۲۴]، کاهش اثرات منفی رواناب‌های سطحی در سطح شهرها [۱۴]، تولید غذا [۱۵]، و حفاظت از تنوع زیستی گونه‌های گیاهی و جانوری [۴]، پایداری خاک [۱۳] و حاصلخیزی آن [۲] است. نمودار ۱، حاصل مطالعات تأثیر اراضی جنگلی بر سلامت محیط‌زیست و در نهایت سلامت اجتماعی است.

---

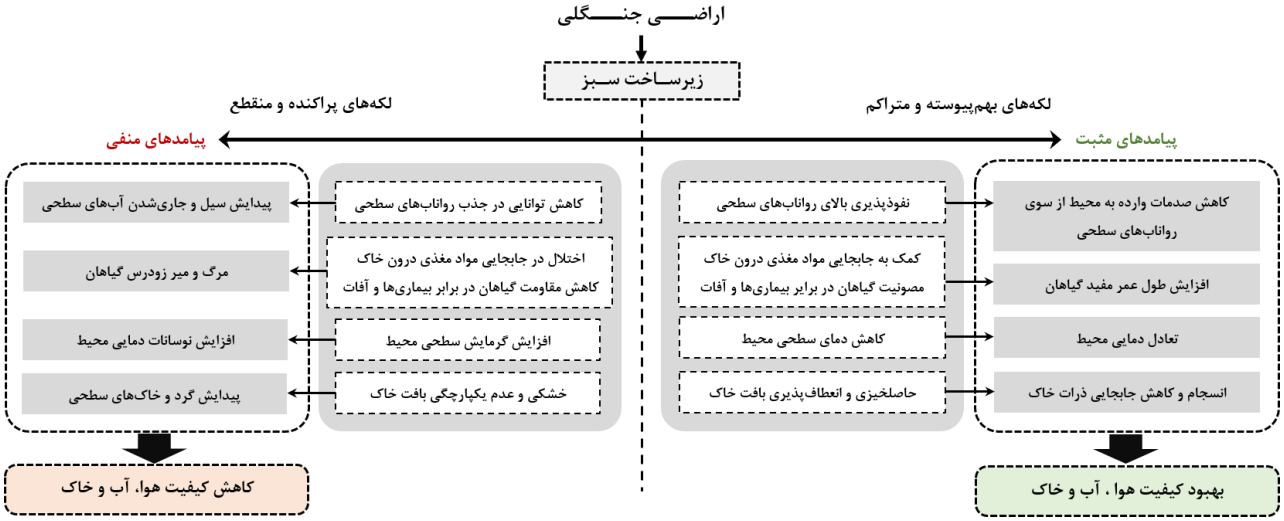
[۱] Dahiya & Gad Bigio

[۲] Timmer & Seymour

[۳] Naumann et al.

[۴] Parker & Zingoni de Baro

[۵] Natural communities



نمودار ۱- دامنه تأثیرات پوشش‌های گیاهی اراضی جنگلی بر کیفیت محیط‌زیست

۳- مواد و روش‌ها

این پژوهش از نظر هدف، کاربردی بوده و بر آن است تا با استفاده از ارزیابی مقایسه‌ای میان متریک‌های سیمای سرزمین در دو سال مختلف ۲۰۱۵ و ۲۰۲۳، سنجش کیفیت زیست‌پذیری شهری را در یک نمونه موردی، اراضی جنگلی چیتگر، مورد تبیین قرار دهد. در این روش که با استفاده از ابزار دورسنجی ماهواره‌ای صورت می‌گیرد، تغییرات رخداده در زمان‌های مختلف مورد پایش قرار می‌گیرد. جنبه‌های تحلیلی با استفاده از سنجه‌های منظر، پیش‌بینی دقیق‌تری از توزیع روابط ساختاری، خصوصیات هندسی و نوع پراکنش اجزای ساختاری سیمای سرزمین (لکه و کریدور) در طی مدت زمانی معین ارائه خواهند داد. تحلیل سنجه‌ها، کمک به شناسایی و درک تغییرات بوقوع پیوسته در ساختار منظر می‌کند که حاصل ترکیب‌بندی ویژگی‌های منظر است [۲۲]. کمّی‌سازی ناهمگونی‌های ساختاری، تفسیری جامع و معتبر از معیارهای منظر و فرآیندهای محیط‌زیستی، ارائه می‌دهد. از این تحلیل الگوها، برای کشف پدیده‌ها و روابط پیچیده شکل‌دهنده مناظر استفاده می‌شود. به دنبال آن، با مطالعاتی که از مبانی نظری حاصل می‌شود، به تبیین کیفیت زیست‌پذیری شهری می‌پردازد.

پژوهش‌های گسترده‌ای به کمک این روش، تغییرات ساختاری در کاربری اراضی شهری را مطالعه نمودند. در پژوهشی، بونیلا و همکاران[۱][۹]، با استفاده از سنجه‌های منظر، نقش گسترش شهرنشینی بر فرایندهای اکوسیستم‌های جنگلی شهری و نیمه شهری، مورد بررسی و تبیین قرار دادند. بوش و همکاران[۲][۱۰] به بررسی الگوهای مکانی- زمانی در رشد و توسعه کاربری اراضی شهری سوئیس با استفاده از متریک‌های سیمای سرزمین در دوره‌های زمانی مختلف اقدام نمودند. پژوهش دیگری به روند کوچکترشدن پوشش تاج درختان در اراضی جنگلی شهر توکیو مابین سال‌های ۲۰۲۲-۲۰۱۳ پرداخته و نقش این تغییرات را در زیست‌پذیری شهر توکیو از منظر تعادل دمایی و سلامت عمومی مورد تبیین قرار داده‌است [۳۹]. هیو و همکاران[۳][۱۹]، با استفاده از متریک‌های سیمای سرزمین، تأثیر کیفیت پوشش اراضی جنگلی درون شهری در شاخص‌های اقلیمی تبیین نمودند. در مطالعه‌ی لین و چن[۴][۲۷]، اثرات کاربری اراضی به‌طور مشخص دو ساختار پوششی اراضی جنگلی و اراضی ساخت‌وساز شده، بر تغییرات سالانه و فصلی شاخص کیفیت هوا مورد بررسی قرار گرفتند. در این پژوهش، شش متریک تراکم لبه (ED)، تعداد لکه‌ها (NP)، تراکم لکه‌ها (PD)، نسبت مساحت (PLAND)، شاخص بزرگترین لکه (LPI) و میانگین مساحت لکه (AREA_MN) برای مناطق با ۵ شعاع مختلف بافر در نظر گرفته شد. نتایج، همبستگی معناداری را میان تأثیر تعداد و تراکم لکه‌های پوششی و غلظت اتمسفر هوای استان فوجیان در چین

[۱] Bonilla-Bedoya et al.

[۲] Bosch et al.

[۳] Hu et al.

[۴] Lin & Chen

نشان دادند. در پژوهشی این موضوع ثابت شد که تکه‌تکه‌شدن ساختار پوشش اراضی سبز شامل افزایش تعداد لکه‌ها و افزایش تعداد لبه‌ها، سبب کاهش اندازه زیستگاه‌های گیاهی و جانوری گشته که پیامدهای آن، به شکلی قابل توجه، شامل برهم‌زدن جریان انرژی، آب و خاک، فرسایش خاک و از بین‌رفتن مسیر تغذیه آب‌های زیرزمینی است که مانع مهاجرت و فراوانی گونه‌های گیاهی و جانوری می‌شود و خطر گسترش گونه‌های مهاجم و ناسازگار را تشدید می‌کند [۸]. در پژوهشی، به کمک تحلیل متریک‌های منظر، خدمات اکولوژیکی فضای سبز را با وقوع گسستگی لکه‌های سبز شهری مرتبط دانسته، به‌گونه‌ای که لکه‌های پراکنده، توانایی کمتری در ذخیره CO2 دارند [۱۷]. لی و همکاران[۱][۲۶]، با ارزیابی معیارهای منظر ثابت کرد که مناظر سبز با تکه‌ای یکپارچه، در خنک‌سازی هوای محدوده مورد مطالعه نقش مؤثری دارند و نتیجه گرفت این لکه‌های بزرگ، کمک به رفع ناهمگونی‌های الگوهای حرارتی در نواحی مختلف شهری می‌کنند.

جدول ۱- خلاصه مطالعات پیامدهای افت کیفیت اراضی سبز شهری

پژوهش‌های صورت‌گرفته	نتایج	پیامدهای نامطلوب
Grafius et al. (2018)	پراکندگی لکه‌های سبز	کاهش توانایی در جذب آلاینده‌ها – افزایش آلودگی CO2 در سطح محیط
Bosch et al. (2020)	افزایش تراکم لکه‌های انسان‌ساخت و تخریب لکه‌های سبز	کاهش تنوع زیستی و کاهش تنوع در ارائه خدمات اکوسیستمی در شهرها
Hu et al. (2022)	کاهش مساحت و تراکم پوشش گیاهی	افزایش برون‌رفت حرارت از سطح زمین و به هم‌خوردن تعادل دمایی
Biswas et al. (2023)	کاهش اندازه لکه‌های سبز	بهم خوردن تعادل در جریان آب، انرژی و خاک - گسترش گونه‌های مهاجم و ناسازگار – فرسایش خاک – ناتوانی مهاجرت و فراوانی گونه‌های گیاهی و جانوری
Li et al. (2023)	گسستگی لکه‌های سبز	ایجاد جزایر گرمایی – پیدایش الگوهای نامنظم حرارتی در سطح زمین‌های شهری
Lin & Chen (2023)	افزایش تعداد و کاهش تراکم پوشش گیاهی	افزایش غلظت آلاینده‌های هوا - کاهش کیفیت هوا
Shiraishi & Terada (2024)	کاهش اندازه پوشش تاج درختان اراضی جنگلی شهری	کاهش سایبان‌های شهری - افزایش گرمای هوا و بازتاب حرارت از سطح زمین

در این پژوهش، به کمک نرم‌افزار Fragstats v4.2.1، محاسبه‌ی متریک‌ها از طریق لایه رستری نقشه‌های کاربری اراضی حاصل می‌شود. بر این اساس، تصاویر ماهواره‌ای در دو سال ۲۰۱۵ و ۲۰۲۳ از پایگاه داده زمین‌شناسی استخراج شده و نقشه‌های کاربری اراضی در محیط نرم‌افزار ARCMAP تهیه می‌شوند. سپس، این نقشه‌ها در نرم‌افزار Fragstats v4.2.1 وارد و بر طبق متریک‌های مورد نیاز، برداشت‌های عددی بدست می‌آید، سپس با مقایسه اطلاعات عددی، تفاوت‌های دو نقشه از نظر کلاس‌های طبقه‌بندی‌شده، ارزیابی می‌گردد. برای این پژوهش، سه کلاس اراضی سبز، اراضی ساخت‌وساز شده و اراضی بایر در نظر گرفته شد. انتخاب نوع متریک که نرم‌افزار Fragstats در اختیار می‌گذارد نیز، براساس نوع هدف پژوهش، اهمیت می‌یابد. شاخص‌های کاربردی در این مطالعه با توجه به مطالعات پیشین در دو سطح کلاس و منظر انتخاب شدند که به شرح جدول ۲ است:

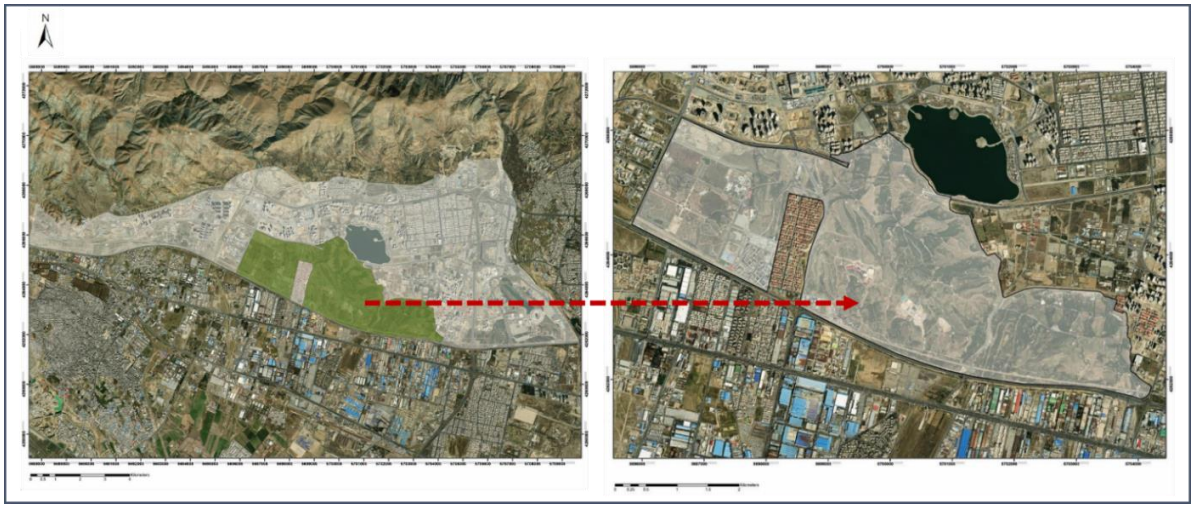
[۱] Li et al.

جدول ۲- متریک‌های منتخب برای دو سطح کلاس و سیمای سرزمین

هدف	متریک‌های سیمای سرزمین	دامنه تأثیر	علامت اختصاری	واحد	محدوده تغییرات
نحوه چیدمان، تراکم و پراکنش لکه‌ها	تعداد لکه	پیکره‌بندی[1]	NP	*ندارد*	NP>0
	نمایه تراکم لکه	ترکیب‌بندی[2]	PD	متر در هکتار	PD>0
سنجش فرم لکه بر فرم ساختار کلی	نمایه بزرگترین لکه	ترکیب‌بندی	LPI	درصد	0<LPI<100
	متوسط اندازه لکه	ترکیب‌بندی	AREA-MN	هکتار	MPS>0
	نمایه میانگین شکل	پیکره‌بندی	SHAPE-MN	ندارد	SHAPE-MN>0
ارزیابی کلی لکه‌ها	درصد مساحت	ترکیب‌بندی	PLAND	درصد	0<PLAND<100
سنجش کلی کیفیت ساختاری	نمایه پیوستگی	پیکره‌بندی	CONTAG	درصد	0<CONTAG<100
	نمایه پراکندگی و مجاورت	پیکره‌بندی	IJI	درصد	0<IJI<100

۱-۳- محدوده مورد مطالعه

پارک جنگلی چیتگر (شکل ۱) با وسعتی در حدود ۹۵۰ هکتار زمین، یکی از بزرگترین اراضی جنگلی در استان تهران، واقع در منطقه ۲۲ است. اقدامات جنگل‌کاری آن، در نیمه دوم سال ۱۳۴۵ با استفاده از نهال‌های تولیدشده در شمال ایران، کرج و همچنین غرب ایران و با تلاش سازمان جنگل‌ها و مراتع، آغاز و طی دو سال، به پایان رسید [۴۹].



شکل ۱- موقعیت پارک جنگلی چیتگر در منطقه ۲۲ تهران

از خصوصیات طبیعی این ناحیه که در موقعیت‌های مختلف توسعه، سعی‌شده به‌صورت بکر و دست‌نخورده باقی بماند، وجود پستی و بلندی‌ها با تپه‌های ماهوری‌شکل است که مراتعی از نوع پوشش‌های گیاهی مناطق استپی، مانند درمنه، گون، گز، گل گندم، کاهوی

[1] Configuration

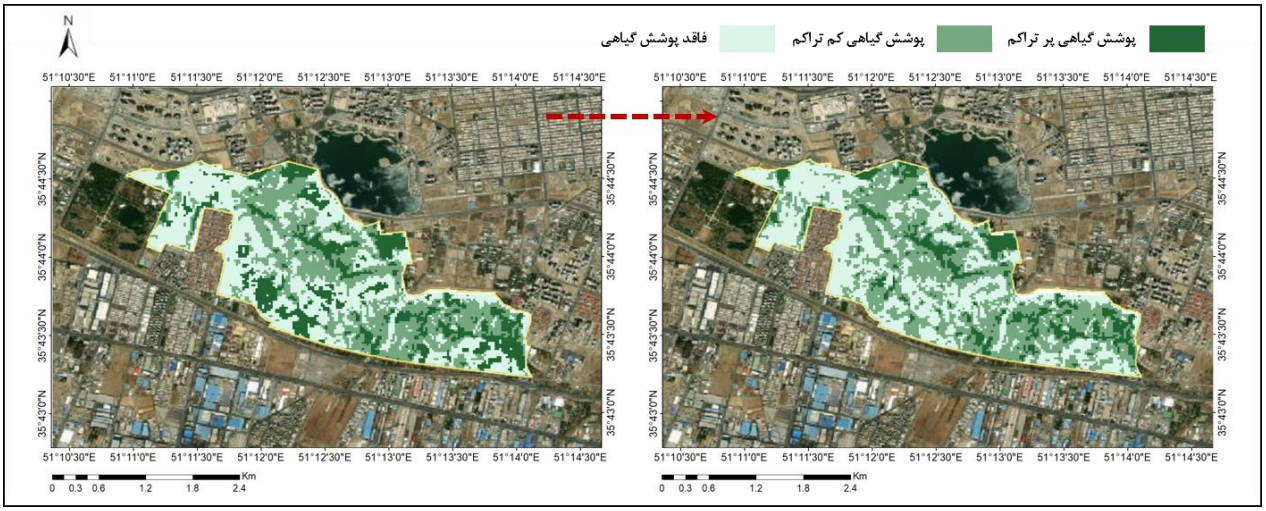
[2] Composition

وحشی و گوش بره، تشکیل داده‌است. در این ناحیه، نوسانات شیب اراضی، متأثر از ناهمواری‌هایی از ۲ تا ۳۰ درصد و در بعضی قسمت‌ها، تا ۸۰ درصد بوده‌است[۴۹].

در این مطالعه، با توجه به هدف و دستیابی به آن، از متریک‌های جدول ۱، به‌علت توانمندی در تفسیر ترکیب‌بندی و ویژگی‌های ساختاری اراضی جنگلی پارک چیتگر استفاده شد. سنجه (NP)، میزان کاهش و یا افزایش تعداد لکه‌ها را بررسی می‌کند که به تبع آن برخورداری از یکپارچگی و یا وقوع گسستگی مشخص می‌شود. این سنجه به همراه سنجه (PD)، توزیع دانه‌بندی لکه‌ها را با دقت بالاتری بیان می‌کند [۱۰]. سنجه (LPI)، مساحت لکه غالب را نسبت به کل محدوده نشان می‌دهد. سنجه (AREA-MN)، مساحت تمام لکه‌ها را به نسبت تعداد لکه‌ها در نظر می‌گیرد. سنجه (SHAPE-MN)، اشکال لکه‌ها را در قیاس با شکل استاندارد مربع بررسی می‌کند. به میزان نزدیک‌بودن عدد بدست‌آمده به عدد یک، نشان می‌دهد سازگاری بیشتری میان شکل لکه‌ها با شکل مربع وجود دارد [۵۱]. سنجه پیوستگی (CONTAG)، اندازه‌گیری پیکره‌بندی درجه تراکم فضایی نوع پوشش زمین را به‌صورت کلی بیان می‌کند. به میزان پیوستگی بیشتر لکه‌ها، این سنجه رقم کمتری را نشان می‌دهد [۵۲].

۴- نتایج و بحث

در این بررسی‌ها، ابتدا کل پهنه، به‌عنوان یک سیمای یکدست شامل اراضی پوشش گیاهی پرتراکم، نواحی با پوشش گیاهی تراکم پایین و پهنه‌های فاقد پوشش گیاهی در محیط ARCMAP در نظر گرفته‌شد (شکل ۲). همانطور که از شکل مشخص است، تغییرات پوشش گیاهی از تراکم بالا به تراکم پایین، بیشتر در نواحی جنوب و جنوب شرقی دیده می‌شود و پوشش‌های گیاهی نواحی شمالی و مرکزی آسیب کمتری دیده‌اند.

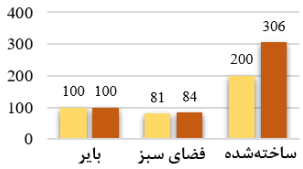
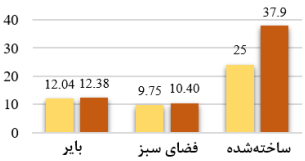
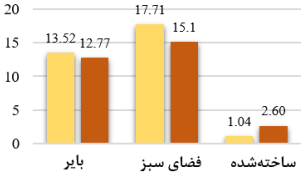
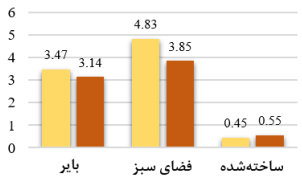


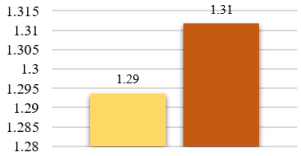
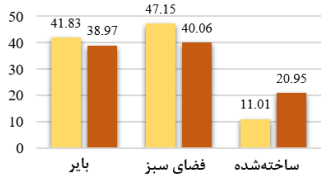
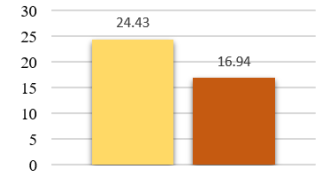
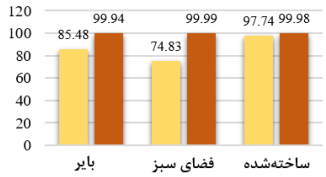
شکل ۲- ارزیابی پوشش گیاهی پارک چیتگر. سمت راست)سال ۲۰۲۳. سمت چپ) سال ۲۰۱۵.

با انتقال نقشه‌ها به نرم‌افزار Fragstats، تحلیل‌های مرتبط با متریک‌های منتخب صورت گرفت. همانطور که در جدول ۳ آمده، مقدار شاخص بزرگترین لکه (LPI)، اراضی فضای سبز است. با این حال، بیشترین میزان تغییرات نیز در همین پوشش دیده می‌شود. تجزیه و تحلیل آنالیز متریک تعداد لکه (NP) برای دو سال ۲۰۱۵ و ۲۰۲۳، نشان دادند که در منطقه انسان‌ساخت، ظرف مدت ۸ سال، ۱/۵ برابر افزایش یافته است. در حالیکه، برای مناطق سبز و بایر، افزایشی در طی این مدت صورت نگرفته‌است. آنالیز متریک تراکم لکه (PD)، تعداد لکه بر واحد سطح برای اراضی انسان‌ساخت، حدود ۵۲ درصد افزایش داشته‌است. و دو سطح مناطق دیگر، روند ثابتی را طی نموده‌است. آنالیز (PLAND) به جهت ایجاد درک روشن از تغییرات بوقوع پیوسته در سطح هر کاربری در محدوده مورد مطالعه را نمایش می‌دهد. در این بررسی، مساحت کاربری اراضی انسان‌ساخت در طی این مدت، ۲ برابر شده‌است. این در حالیست که، برای فضای سبز، کاهش حدود ۲۰ درصدی مساحت را تجربه کرده‌است. شاخص پراکندگی و مجاورت (IJI)، میزان پراکندگی هر نوع کاربری را نشان می‌دهد که در این بررسی، مجموعه مناطق سبز، بیش از دو منطقه دیگر، دستخوش تحولات با بیشینه افزایش در سال ۲۰۲۳ بوده‌است. این مقدار ۲۵ درصد است، درحالی که دو پوشش اراضی دیگر، با افزایش ۲ الی ۱۵ درصدی مواجه بودند. شاخص

میانگین اندازه لکه (AREA-MN) نشان می‌دهد که چیزی در حدود ۱ هکتار کاهش در مجموعه لکه‌های اراضی سبز در طی این مدت ۸ ساله، بوقوع پیوسته‌است. متریک (SHAPE-MN) نیز وقوع اشکال پیچیده در ساختار لکه‌ها را ابراز داشته که این میزان در سال ۲۰۲۳، حدود دو واحد افزایش یافته. متریک (CONTAG)، افزایش ۳۰ درصدی گسستگی در پیکره لکه‌ها را نشان داد. به‌طور مشخص، با اینکه در اراضی طبیعی، افزایش یا کاهش تعداد و تراکم لکه مشاهده نشد، با این حال، در ۴ نمایه (LPI)، (AREA-MN)، (IJI) و (PLAND)، تغییرات محسوسی در این اراضی نسبت به دو کاربری دیگر دیده شد که همگی از جهت ساختار و ترکیب‌بندی رشد منفی را نشان دادند. با توجه به مطالب بالا، کارایی متریک‌های سیمای سرزمین، بررسی تغییرات در سه پوشش اراضی سبز، انسان‌ساخت و بایر بود که به‌صورت نمایه‌ای گویا از اعداد با واحدهای متناسب با هر یک نمایش داده‌شد. هرکدام از تحلیل‌ها، صورت واضحی از روند تغییرات ارائه کردند. به‌طور مشخص، سنجه‌های NP و PD، بر نحوه ترکیب و چینش سه کاربری را تمرکز داشت. سنجه‌های LIP، SHAPE-MN و AREA-MN اطلاعات مفیدی از جهت تغییرات فرمی بیان کردند. سنجه‌های IJI، CONTAG، اطلاعاتی از باب کیفیت پیکره‌بندی و سنجه PLAND، ارزیابی از مساحت لکه‌ها در اختیار گذاشتند. به‌طور خلاصه، مستندسازی تغییرات صورت‌گرفته در اراضی جنگلی چیتگر، روند صعودی را در تخریب نشان دادند. پوشش گیاهی این پارک در بازه زمانی ۸ ساله (۲۰۲۳-۲۰۱۵)، تغییرات محسوسی را تجربه کرده که ازین نظر، بر تعداد و تراکم لکه‌های اراضی انسان‌ساخت، ۱/۵ برابر افزوده شده‌است. کاهش متریک میانگین اندازه لکه نشان داد روند خردشدگی و تخریب الگوهای اراضی سبز با تسریع حدود 25 درصدی مواجه بوده و عمده‌ی این کاهش در اراضی انسان‌ساخت جایگزین شده‌است. همچنین، نمایه CONTAG، حاکی از حدود ۳۰ درصد گسستگی در کلیت پیکره پارک بود. در این بررسی‌ها، کارایی متریک LPI با متریک AREA-MN و PLAND همپوشانی داشته و در هر سه مورد، اراضی سبز با بیشترین کاهش همراه بوده. شاخص SHAPE-MN، الگوی نامنظم در شکل‌گیری اشکال لکه‌ها را بیان کرد.

جدول ۳-ارزیابی نتایج متریک‌های منتخب بر اراضی جنگلی چیتگر

متریک	دامنه تأثیر بر منظر	نتایج مقایسه (2015 / 2023)	تفسیر نتایج
NP نمایه تعداد لکه	نحوه چیدمان، تراکم و پراکنش لکه‌ها		۱/۵ برابر اراضی انسان‌ساخت
PD نمایه تراکم لکه			۱/۵ برابر اراضی انسان‌ساخت
LPI نمایه بزرگترین لکه	سنجش فرم لکه بر فرم ساختار کلی		۲/۵ برابر اراضی انسان‌ساخت ۲۰ % پهنه‌های سبز
AREA-MN متوسط اندازه لکه			۱ هکتار پهنه‌های سبز

SHAPE-MN **نمایه میانگین شکل**			**نسبت به شکل پایدار مربع**
PLAND **درصد مساحت**	**ارزیابی کلی لکه‌ها**		**۱۰ %** **پهنه‌های سبز**
CONTAG **نمایه پیوستگی**	**سنجش کلی کیفیت ساختاری**		**۳۰ %**
IJI **نمایه پراکندگی و مجاورت**			**۲۵ %** **پهنه‌های سبز**

مطالعات، پیوستگی و تراکم بالا در پوشش اراضی جنگلی را، در بهبود کیفیت‌های چندگانه‌ای از سلامت آب، هوا و حفظ انسجام بسترهای خاکی، تضمین حیات زیستی گونه‌های گیاهی و جانوری، مصونیت مناطق پیرامون در برابر آلاینده‌های با منشأ طبیعی از قبیل پخش گرد و خاک، و جذب آلاینده‌های مصنوع، مؤثر دانستند. با این حال، در اراضی جنگلی چیتگر، روند تدریجی کاهش لکه‌های سبز متراکم به لکه‌هایی با تراکم پایین و سپس نابودی آن‌ها در بخش‌های مختلف جغرافیایی پارک دیده شد. بنابراین، آنچه از کیفیت زیست‌پذیری در آینده‌ای نزدیک از دید محیط‌زیستی برمی‌آید، کاهش کیفیت آب و هوا، تحلیل بافت خاک و پیدایش روزافزون ریزگردها، ناهمترازی در جذب آب‌های سطحی، افزایش پدیده گرمایش و عدم تعادل دمایی، قطع ارتباط جابجایی مواد مغذی درون خاک و سپس نابودی تدریجی تنوع زیستی گونه‌های گیاهی و زیستگاه جانوران، پدیدار خواهد شد که نتیجتاً، به نظر می‌رسد حفظ تداوم حیات پوشش‌های گیاهی پرتراکم اراضی جنگلی درون‌شهری در درجه اول، به‌دلیل تأثیرات فراوانش بر کیفیت محیط‌زیست و ارتقاء کیفیت زیست‌پذیری شهری و پیش‌بینی اقدامات مناسب حفاظتی از گونه‌های پوششی در معرض خطر نابودی در درجات بعدی، از اهمیت بالایی در طرح‌های توسعه شهری برخوردار باشد.

۵- نتیجه‌گیری

هدف از این پژوهش، مطالعه ساختار اراضی جنگلی درون شهری بر کیفیت زیست‌پذیری شهری بود که با انجام مطالعاتی عمیق و ارزیابی بر روی یک نمونه از اراضی جنگلی در طی دو سال مختلف صورت گرفت. نتایج تحلیل و مقایسه با استفاده از متریک‌های منظر بر روی اراضی پارک جنگلی چیتگر در طول ۸ سال نشان دادند که تغییرات چشمگیری حاصله از فعالیت‌های ساخت و ساز، بر ترکیب‌بندی و پیکره پوشش گیاهی این پارک، بوقوع پیوسته که در صورت عدم توجه و جلوگیری از روند کوچکترشدن و تخریب این پهنه‌های سبز شهری، کیفیت زیست شهری در طول سال‌های بعد، با رشد چند برابری افت خواهد کرد و نواحی پیرامون خود را با چالش‌های گوناگون کیفیت هوا، آب و خاک مواجه خواهد ساخت.

به‌عنوان یک نتیجه کلی، اراضی جنگلی درون شهری در نقش دارایی‌های ارزشمند شهری تلقی شده که نقش مستقیمی در بهبود عملکرد خدمات اجتماعی- درمانی و خدمات محیط‌زیستی دارند. مجموعه متریک‌های بررسی‌شده در اراضی جنگلی چیتگر، چارچوب مشخصی از فرایند تغییرات در دهه‌های بعدی را نشان می‌دهد که می‌تواند به‌عنوان یک راهنمای کلی برای برنامه‌ریزان، طراحان و

مدیران شهری برای اعمال اقدامات متناسب در پیشگیری از نابودی این عرصه‌های سبز شهری و دست‌یابی به شهری زیست‌پذیر، سازگار با محیط‌زیست و تداوم حیات زیستگاه‌ها برای ارتقاء سلامت و رفاه انسان و تضمین پایداری در آینده شهرها عمل کند.

۶- منابع و مراجع

1. Alijani, S., Pourahmad, A., & Hatami Nejad, H. e. (2020). A new approach of urban livability in Tehran: Thermal comfort as a primitive indicator. Case study, district 22. *Urban Climate, 33*. doi:10.1016/j.uclim.2020.100656
2. Antwia, R. A., Chappella, C., & Twumasia, Y. A. (2024). Fertility and management strategies of soils in rural and urban forest ecosystems: a review of selected rural and urban forests in Ghana and USA. *Geology, Ecology, and Landscapes*. doi:10.1080/24749508.2024.2334512
3. Ashinze, U. K., Edeigba, B., & Umoh, A. A. (2024). Urban green infrastructure and its role in sustainable cities: A comprehensive review. *World Journal of Advanced Research and Reviews, 21*(2), 928-936. doi: 10.30574/wjarr.2024.21.2.0519
4. Ávalos-Hernández, O., Trujano-Ortega, M., & Ortega-Álvarez, R. e. (2024). How does urbanization affect the fauna of the largest urban forest in Mexico? *Urban Forestry & Urban Greening, 92*. doi:10.1016/j.ufug.2023.128191
5. Barton , H., & Grant, M. (2006). A health map for the local human habitat. *Journal of the Royal Society for the Promotion of Health, 126*(6), 252-253. doi:10.1177/1466424006070466
6. Benzeval , M. (1995). *Tackling Inequalities in Health Hardcover*. King's Fund.
7. Bera, B., Chinta, S., & Mahajan, D. A. (2023). Urbanization and Its Impact on Environmental Sustainability: A Comprehensive Review. *Journal of Harbin Engineering University, 44*(8), 1310-1318.
8. Biswas, G., Sengupta, A., & Alfaisal, F. M. (2023). Evaluating the effects of landscape fragmentation on ecosystem services: A three-decade perspective. *Ecological Informatics, 77*. doi:10.1016/j.ecoinf.2023.102283
9. Bonilla-Bedoya, S., & Antonio Mora, A. e. (2020). Modelling the relationship between urban expansion processes and urban forest characteristics: An application to the Metropolitan District of Quito. *Computers Environment and Urban Systems, 79* (16). doi:10.1016/j.compenvurbsys.2019.101420
10. Bosch, M., Chenal, J., & Jaligot, R. (2020). Spatiotemporal patterns of urbanization in three Swiss urban agglomerations: insights from landscape metrics, growth modes and fractal analysis. Landscape Ecology, 35(2), 1-13. doi: 10.1007/s10980-020-00985-y
11. Dahiya, B., & Gad Bigio, A. (2004). *Urban Environment and Infrastructure: Toward Livable Cities.* Washington: The World Bank. doi:10.1596/0-8213-5796-4
12. Dai, W., & Dai, W. (2019). Effects of urban expansion on environment by morphological study. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 227*(5). doi:10.1088/1755-1315/227/5/052004

13. De la Luz Espinosa Fuentes, M., Peralta, O., & García, R. e. (2023). Soil Dynamics in an Urban Forest and Its Contribution as an Ecosystem Service. *Land*, *12*(2). doi:10.3390/land12122098
14. Dowtin, A. L., Cregg, B. C., & Nowak, D. J. (2023). Towards optimized runoff reduction by urban tree cover: A review of key physical tree traits, site conditions, and management strategies. *Landscape and Urban Planning*, *239*. doi:10.1016/j.landurbplan.2023.104849
15. Fu, C., & Song, X. e. (2024). Combining the FAO-56 method and the complementary principle to partition the evapotranspiration of typical plantations and grasslands in the Chinese Loess Plateau. *Agricultural Water Management*, *295*. doi:10.1016/j.agwat.2024.108734
16. Fu, C., & Zhang, H. (2023). Evaluation of Urban Ecological Livability from a Synergistic Perspective: A Case Study of Beijing City, China. *Sustainability*, *15*(13). doi:10.3390/su151310476
17. Grafius, D. R., Corstanje, R., & Harris, J. A. (2018). Linking ecosystem services, urban form and green space configuration using multivariate landscape metric analysis. Landscape Ecology, 33, 557-573. doi:10.1007/s10980-018-0618-z
18. Hanna, E., & Comín, F. A. (2021). Urban Green Infrastructure and Sustainable Development: A Review. *Sustainability*, *13*(20). doi:10.3390/su132011498
19. Hu, X., Xu, C., & Chen, J. e. (2022). A Synthetic Landscape Metric to Evaluate Urban Vegetation Quality: A Case of Fuzhou City in China. *Forests*, *13*(7). doi:10.3390/f13071002
20. Huang, X., & Liu, Y. (2022). Livability assessment of 101,630 communities in China's major cities: A remote sensing perspective. *Science China Earth Sciences*, *65*(6), 1073-1087. doi:10.1007/s11430-021-9896-4
21. Hunter, M. L. (1990). *Wildlife, Forests, and Forestry: Principles of Managing Forests for Biological Diversity.* University of Minnesota: Prentice-Hall.
22. Kedron, P., & Frazier, A. E. (2018). Surface metrics for landscape ecology: a comparison of landscape models across ecoregions and scales. *Landscape Ecology*, *33*(5). doi:10.1007/s10980-018-0685-1
23. Keniger, L. E., Gaston, K. J., & Irvine, K. N. (2013). What are the Benefits of Interacting with Nature? *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *10*(3), 913-935. doi:10.3390/ijerph10030913
24. Knight, T., Price, S., & Bowler, D. e. (2021). How effective is ‘greening’ of urban areas in reducing human exposure to ground-level ozone concentrations, UV exposure and the ‘urban heat island effect’? An updated systematic review. *Environmental Evidence*.
25. Larice, M. (2005). Great Neighborhoods: The Livability and morphology of High density neighborhoods in Urban North America, Doctor of Philosophy in City and Regional Planning. *Liveability dimensions and attributes: their relative importan the eyes of neighbourhood resid dents, journal of construchion in developing countries.* UNIVERSITY OF CALIFORNIA, BERKELEY, Professor Michael Southworth Lau levy jasmine & Hashim, Ahmad Hariza (2010).

26. Li, Y., Ren, C., & Ying-en Ho, J. e. (2023). Landscape metrics in assessing how the configuration of urban green spaces affects their cooling effect: A systematic review of empirical studies. Landscape and Urban Planning, 239. doi:10.1016/j.landurbplan.2023.104842
27. Lin, F., & Chen, X. (2023). Effects of Landscape Patterns on Atmospheric Particulate Matter Concentrations in Fujian Province, China. *Atmosphere, 14*(5). doi:10.3390/atmos14050787
28. Liu, M., Li, W., & Zhang, B. e. (2020). Research on the influence of weather conditions on urban night light environment. *Sustainable Cities and Society, 54*. doi:10.1016/j.scs.2019.101980
29. Livesley, S. J., McPherson, E. G., & Calfapietra, C. (2016). The Urban Forest and Ecosystem Services: Impacts on Urban Water, Heat, and Pollution Cycles at the Tree, Street, and City Scale. *Journal of Environmental Quality , 45*(1), 119-124. doi:10.2134/jeq2015.11.0567
30. Mahmoudi, M., Ahmad, F., & Abbasi, B. (2015). Livable streets: The effects of physical problems on the quality andlivability of Kuala Lumpur streets. *cities, 43*, 104-114.
31. Masson, V., Lemonsu, A., & Hidalgo, J. e. (2020). Urban Climates and Climate Change. *Annual Review of Environment and Resources, 45*, 411-444. doi:10.1146/annurev-environ-012320-083623
32. Moreno, R., Nery, A., & Zamora, R. (2024). Contribution of urban trees to carbon sequestration and reduction of air pollutants in Lima, Peru. *Ecosystem Services*, 67. doi:10.1016/j.ecoser.2024.101618
33. Naumann, S., McKenna, D., & Kaphengs, T. e. (2011). *Design, Implementation and Cost Elements of Green Infrastructure Projects.* Final Report to the European Commission; Ecologic Institute and GHK Consulting: Overland Park, KS, USA. Retrieved from Available online: http://ec.europa.eu/environment/enveco/biodiversity/pdf/GI_DICE_FinalReport.pdf
34. Norton, B. A., Coutts, A. M., & Livesley, S. J. (2015). Planning for cooler cities: A framework to prioritise green infrastructure to mitigate high temperatures in urban landscapes. *Landscape and Urban Planning, 134*, 127-138.
35. Pacione, M. e. (1982). The Use of Objective and Subjective Measures of Life Quality in Human Geography. *Progress in Human Geography, 6*(4). doi:10.1177/030913258200600402
36. Parker, J., & Zingoni de Baro, M. E. (2019). Green Infrastructure in the Urban Environment: A Systematic Quantitative Review. *Sustainability, 11*(11). doi:10.3390/su11113182
37. Powers, S. L., Graefe, A. R., & Benfield, J. A. (2022). Exploring the conditions that promote intergroup contact at urban parks. *Journal of Leisure Research, 53*(3), 426-449. doi:10.1080/00222216.2021.1910089
38. Shahbazi, S., Nematollahi, M., & Nabian, N. (2023). Morphology of the Urban Phenomenon and Its Relation with Urban Livability. *International Journal of Architectural Engineering Technology, 10*, 99-115. doi:10.15377/2409-9821.2023.10.8
39. Shiraishi, K., & Terada, T. (2024). Tokyo's urban tree challenge: Decline in tree canopy cover in Tokyo from 2013 to 2022. *Urban Forestry & Urban Greening, 97*. doi:10.1016/j.ufug.2024.128331

40. Simpson, G. D., & Parker, J. (2018). Data on Peer-Reviewed Papers about Green Infrastructure, Urban Nature, and City Liveability. *Data , 51*(3-4). doi:10.3390/data3040051
41. Simpson, G., & Newsome, D. (2017). Environmental history of an urban wetland: from degraded colonial resource to nature conservation area. *Geography and Environment, 4*(1). doi:10.1002/geo2.30
42. Stein, E. K. (2002). *Community and Quality of Life: Data Needs for Informed Decision Making.* Washington, D.C: National Academies Press.
43. Strengthening the forest–health–nutrition nexus. (2020). Retrieved from Forests for human health and well-being: https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/43979177-f2c7-465e-b746-f5295452f021/content
44. Technical and Regulatory Guidance: Planning and Promoting Ecological Land Reuse of Remediated Sites.(2006). The Interstate Technology & Regulatory Council Ecological Land Reuse Team.
45. Timmer, V., & Seymour, N. K. (2005). the world urban forum 2006 Vancouver. *The International Centre for Sustainable Cities*.
46. Villanueva, K., Badland, H., & Hooper, P. e. (2015). Developing indicators of public open space to promote health and wellbeing in communities. *Applied Geography, 57*, 112-119. doi:10.1016/j.apgeog.2014.12.003
47. Zabini, F., Albanese, L., & Becheri, F. R. (2020). Comparative study of the restorative effects of forest and urban videos during COVID-19 lockdown: Intrinsic and benchmark values. International Journal of Environmental Research and Public Health, 17(20). doi:10.3390/ijerph17218011

۴۸- بندرآبادی، ع. (۱۳۹۰). *شهر زیست‌پذیر*. تهران: انتشارات آذرخش.

۴۹-حسنی، ی. (۱۴۰۲). *"باز طراحی اکولوژیک بوستان‌ها و فضاهای سبز شهری برای سازگاری با بحران کم‌آبی، با تأکید بر رویکرد توسعه کم اثر (LID)، نمونه موردی: بوستان جنگلی چیتگر تهران"*. تهران: دانشگاه تهران.

۵۰- ظاهری ح. و رضوانی، م. (۱۴۰۱). ارزیابی توان محیط زیست پارک چیتگر برای تفرج متمرکز با روش AHP. *فصلنامه انسان و محیط زیست*، ۲۰(۲)، ۱۴۵-۱۵۵.

۵۱- کیانی، و. و فقهی، ج. (۱۳۹۴). بررسی ساختار پوشش/کاربری حوزه آبخیز سفیدرود با استفاده از سنجه های بوم شناسی سیمای سرزمین. *علوم و تکنولوژی محیط زیست*، ۱۷(۲)، ۱۳۱-۱۴۱.

۵۲- مختاری، ز. و سیاح‌نیا، ر. (۱۳۹۶). *مبانی مطالعه و کمی سازی ساختار سیمای سرزمین (به همراه راهنمای نرم افزار FRAGSTATS 4.2)*. تهران: انتشارات آوای قلم.