



## ارزیابی و پایش تغییرات کمی فضای سبز شهر خرم آباد با استفاده از داده‌های سنجش از دور و سنج‌های سیمای سرزمین

ام‌کلثوم شکراللهی زاده<sup>۱</sup> حامد نقوی<sup>۲</sup>  
مرتضی قبادی<sup>۳</sup> رحیم ملک‌نیا<sup>۴</sup>

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۱/۱۲/۲۴ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۲/۰۴/۰۴

\*\*\*\*\*

### چکیده

فضاهای سبز شهری به عنوان بخش مهمی از اکوسیستم‌های شهری، اثرات و خدمات اکولوژیکی بسیاری را به شهرها ارائه می‌دهند. هدف از تحقیق حاضر، ارزیابی و تحلیل کمی تغییرات فضای سبز شهری در شهر خرم‌آباد با استفاده از داده‌های سنجش‌از‌دور و سنج‌های سیمای سرزمین است. در این پژوهش، به‌منظور تهیه نقشه‌های شهر از تصاویر سنجنده‌های TM، ETM<sup>+</sup> و OLI ماهواره‌های لندست ۵، ۷ و ۸ به‌ترتیب متعلق به سال‌های ۱۹۸۷، ۲۰۰۳ و ۲۰۱۹ استفاده شد. پس از انجام پیش‌پردازش‌های لازم، طبقه‌بندی تصاویر به روش حداکثر احتمال در محیط نرم‌افزار ENVI انجام گرفت. به کمک سنج‌های منتخب سیمای سرزمین شامل مساحت طبقه (CA)، تعداد لکه (NP)، درصد پوشش (PLAND) و متوسط نزدیک‌ترین فاصله همسایگی (ENN-MN)، تجزیه و تحلیل ترکیب و توزیع فضای سبز در سطح مناطق سه‌گانه شهر خرم‌آباد انجام شد. نتایج نشان داد که فضاهای سبز به میزان قابل توجهی چه از لحاظ تعداد لکه و چه از لحاظ مساحت روند کاهشی را داشته‌اند به‌طوری که از ۷۰۳/۸ هکتار در سال ۱۹۸۷ به میزان ۶۲۹/۸۸ هکتار در سال ۲۰۱۹ رسیده است. همچنین نتایج حاصل از بررسی سنج‌های سیمای سرزمین برای ارزیابی ترکیب و توزیع لکه‌های سبز بیانگر عدم توزیع یکنواخت در سطح شهر بوده، به‌طوری که محدوده‌ی منطقه یک و سه شهر خرم‌آباد به لحاظ ترکیب و توزیع لکه‌های سبز در وضعیت نامناسبی قرار دارند. همچنین یافته‌ها گویای آن است که شهر خرم‌آباد در زمینه پراکنش متعادل فضاهای شهری دچار کمبودهایی بوده و توزیع فضایی آن‌ها دارای شرایط مطلوب نیست. بنابراین باید از طریق ایجاد پیوستگی بین مناطق دارای لکه‌های سبز گسسته و با مساحت کم، در راستای بهبود وضعیت این مناطق، برنامه‌ریزی لازم صورت گیرد. یافته‌های این تحقیق بر لزوم توجه بیشتر به مدیریت پایدار سیمای فضای سبز شهری خرم‌آباد و جلوگیری از تخریب آن در این شهر تأکید دارد.

واژه‌های کلیدی: اکولوژی سیمای سرزمین، تصاویر ماهواره‌ای، شهر پایدار، فضای سبز شهری، شهر خرم‌آباد

\*\*\*\*\*

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه لرستان kshokrolahi1401@gmail.com

۲- استادیار گروه مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه لرستان hnaghavi@lu.ac.ir

۳- استادیار گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه لرستان (نویسنده مسئول) ghadim93@gmail.com

۴- دانشیار گروه مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه لرستان rrmaleknia@lu.ac.ir

۱- مقدمه

گسترش بی‌رویه توسعه ساخت‌وساز بر اکولوژی سیمای سرزمین محیط‌های شهری به صورت مستقیم و غیرمستقیم تأثیرگذار است و باعث تغییرات گسترده در عملکرد و الگوهای طبیعی سیمای شهری می‌شود (Alphan et al., 2022). از طرفی رشد و توسعه شهری بدون در نظر گرفتن ظرفیت و توان محیط زیست باعث ایجاد مشکلات زیست‌محیطی متعددی از قبیل آلودگی هوا، نابودی پوشش‌های طبیعی، کاهش تنوع زیستی، ایجاد جزایر گرمایی و غیره برای شهرها شده است (Şimşek & Sertel, 2018).

یکی از راه‌های پیشگیری و کنترل اثرات مخرب توسعه نامتوازن شهری و افزایش تاب‌آوری محیط زیست شهری، گسترش لکه‌های سبز شهری و اتصال شبکه‌های اکولوژیک سبز شهری است (Mohammadreza et al., 2022). لکه‌های سبز شهری از مهم‌ترین شاخص‌های تنوع زیستی شهر محسوب می‌شود و نقش قابل توجهی در حفاظت از زیست بوم شهری و پایداری آن دارد (Liu et al., 2021). این لکه‌های سبز در محیط شهرهای کم‌برخودار در برابر تغییر کاربری اراضی و ساخت‌وساز متأثر از رشد جمعیت، بسیار آسیب‌پذیرتر است (Madanian et al., 2018; Jaafari et al., 2020). ارزیابی و پایش تغییرات کمی لکه‌های سبز شهری از جمله اقدامات ضروری برای کمک به تصمیم‌گیران و مدیران شهری در راستای تقویت شبکه‌های سبز اکولوژیک شهری است (Grafius et al., 2018; Liu et al., 2021).

در دهه‌های اخیر، رویکرد اکولوژی سیمای سرزمین، تکنیک‌های نوینی را برای درک پویایی لکه‌های سبز شهری و چگونگی تأثیر الگوهای سیمای سرزمین بر فرآیندهای محیط زیستی شهرها پیشنهاد کرده است (Soltanifard & Jafari, 2019; Jaafari et al., 2020). اکولوژی سیمای سرزمین با بهره‌گیری از سنجه‌های سیمای سرزمین، ترکیب و توزیع ساختار و عملکرد کاربری‌های مختلف داخل مناطق شهری را ارزیابی می‌کند (Jaafari et al., 2016). ارزیابی الگوهای ساختاری سیمای سبز شهری با بهره‌گیری از سنجه‌های سیمای سرزمین به بهبود

ارزیابی و برنامه‌ریزی کمی محیط شهری کمک می‌کند و باعث تقویت تصمیم‌گیری در ارتباط با حفاظت از سیمای سرزمین شهری می‌شود (Asadi et al., 2019). سنجه‌های سیمای سرزمین می‌توانند ناهمگونی‌های فضایی را از نظر ترکیب سرزمین شهری و پیکربندی آن، به صورت کمی بررسی کنند (Toutakhane & Mofareh, 2016; Yao et al., 2020). بررسی تغییرات سنجه‌های سیمای سرزمین با استفاده از داده‌های سنجش از دور کمک می‌کند تا وضعیت سیمای سبز شهری به صورت فضایی - زمانی در مقیاس‌های مختلف تشخیص داده شود (Toutakhane et al., 2016). داده‌های سنجش از دور یک ابزار مناسب برای مطالعه روند تغییرات فضای سبز شهری و اثرات آن بر سیمای شهر با دقت قابل قبول و تکرار زمانی مناسب هستند (Kowe et al., 2015; Magidi & Ahmed, 2019).

در سال‌های اخیر، داده‌های سنجش از دور و سنجه‌های سیمای سرزمین برای ارزیابی و تحلیل ساختار و الگوی فضای سبز شهری در مطالعات متعددی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. ناصحی و ایمان‌پور (۲۰۲۰) توزیع فضای سبز شهری را با استفاده از ۱۰ سنجه سیمای سرزمین و تصاویر ماهواره‌ای TM و ETM+ در منطقه دو شهر تهران ارزیابی کردند و نشان دادند که سنجه‌های سیمای سرزمین به کمک داده‌های سنجش از دور می‌توانند پویایی سیمای سبز شهری را به خوبی تحلیل کنند (Nasehi & Imanpour namin, 2020).

داز و همکاران (۲۰۲۰) تغییرات فضای سبز شهری گرگان را با استفاده از پنج سنجه سیمای سرزمین و طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای لندست در سه طبقه مناطق ساخته شده، لکه‌های سبز و سایر کاربری‌ها برای سال‌های ۱۳۶۶، ۱۳۸۰ و ۱۳۹۳ به روش نظارت شده الگوریتم حداکثر احتمال، ارزیابی و تحلیل کردند و نتیجه گرفتند مطالعه تغییرات فضاهای سبز شهری با استفاده از رویکردها و روش‌های فضایی مبتنی بر اصول اکولوژی سیمای سرزمین در برنامه‌ریزی و مدیریت شهری ضروری است (Daz et al., 2020).

داناراج و انگادی (۲۰۲۲) الگوهای ترکیب و توزیع فضای سبز شهری را از طریق ۱۲ سنجه منتخب سیمای سرزمین

## فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (۳۳)

ارزیابی و پایش تغییرات کمی فضای سبز شهر خرم‌آباد با استفاده از داده‌های ... / ۱۰۹

تحلیل کمی تغییرات فضای سبز شهری در شهر خرم‌آباد با استفاده از داده‌های سنجش‌ازدور و سنجش‌های سیمای سرزمین است. نتایج این تحقیق می‌تواند به درک تصمیم‌گیران و مدیران شهری از تکه‌تکه شدن سیمای سبز شهری خرم‌آباد کمک کند، و در برنامه‌ریزی آتی توسعه شهری برای افزایش پیوستگی، شکل‌گیری شبکه‌های سبز و تحقق پایداری در شهر استفاده شود.

### ۲- منطقه مطالعه

شهر خرم‌آباد مرکز استان لرستان و به لحاظ جمعیت و مساحت بزرگ‌ترین شهر استان به شمار می‌رود. شهر خرم‌آباد بین مدارهای ۴۷ درجه و ۴۸ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۵۷ دقیقه طول شرقی و ۳۲ درجه و ۵۶ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۵۱ دقیقه عرض شمالی واقع شده است. این شهر با ارتفاع ۱۱۴۷/۸ متری از سطح دریا قرار دارد. شهر خرم‌آباد حدود ۶۲۳۳ متر مربع مساحت دارد. میانگین دمای سالانه ۱۷/۲ درجه سانتی‌گراد و میزان بارندگی سالانه تقریباً ۵۲۵ میلی‌متر است (Hataminejad et al., 2021). به‌طور کلی آب و هوای این شهر مدیترانه‌ای معتدل و نیمه‌مرطوب است (Abdali et al., 2022).

نگاره ۱ موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. با توجه به منطقه‌بندی توسط شهرداری، این شهر به سه منطقه تقسیم شده که در جدول ۱ اطلاعات این سه منطقه ارائه شده است.

جدول ۱: جمعیت و مساحت شهر خرم‌آباد به تفکیک مناطق سه‌گانه

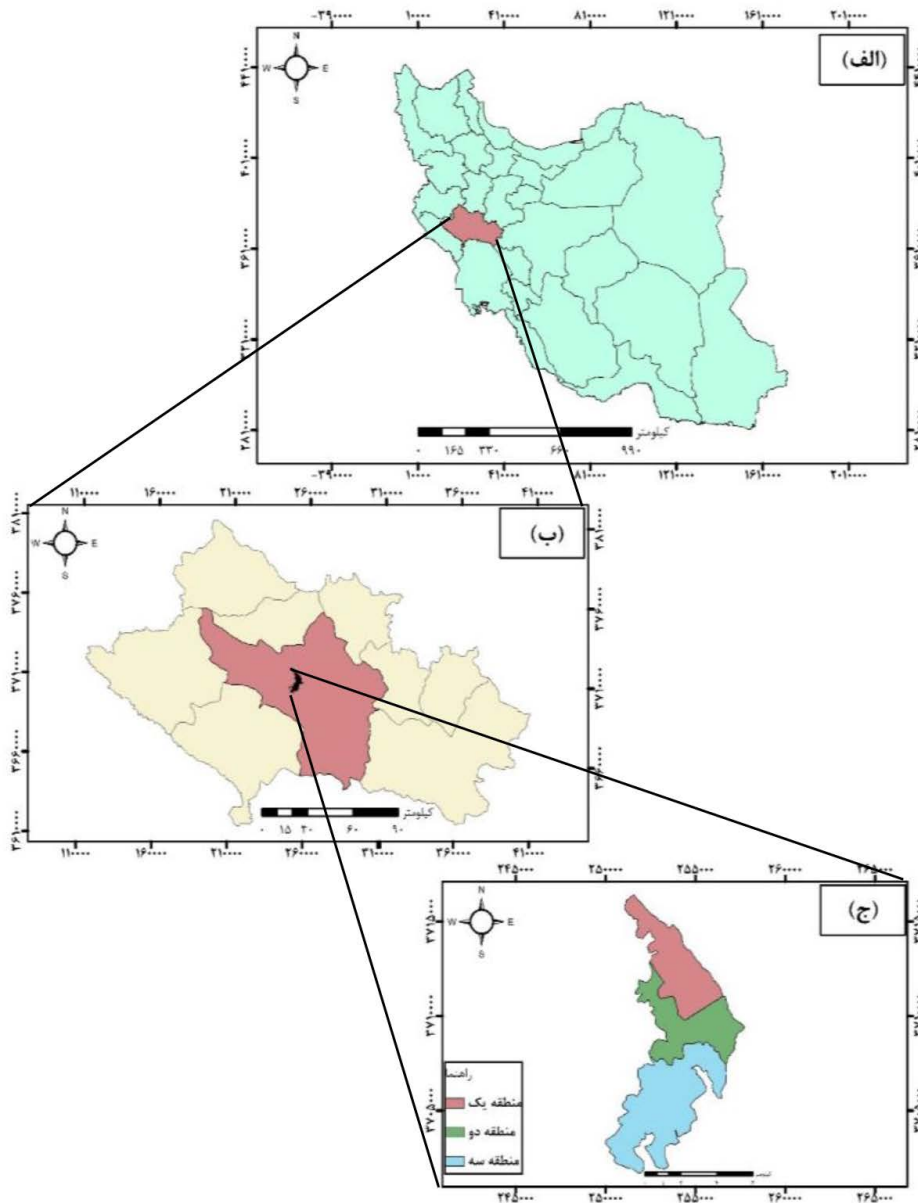
ردیف	جمعیت	مساحت به هکتار	تراکم ناخالص جمعیت هر منطقه
منطقه ۱	۱۳۰۱۰۰	۱۰۴۶/۴۵	۸۸۰/۴
منطقه ۲	۱۰۶۱۸۰	۹۱۷/۰۶	۷۴۰/۴
منطقه ۳	۱۶۰۲۲۰	۱۶۰۱/۵۶	۱۱۳۵/۵
جمع	۳۹۶۵۰۰	۳۵۶۵/۰۸۷۵	۲۷۵۶/۳

در کلان‌شهر مانگالورو در هند و تصاویر سنجنده‌های TM، ETM+، OLI ماهواره لندست با الگوریتم طبقه‌بندی حداکثر احتمال در طول ۱۹۷۲ تا ۲۰۱۸ تجزیه و تحلیل کردند و نتیجه گرفتند که سنجش‌های سیمای سرزمین در ترکیب با تکنیک‌های سنجش از دور می‌تواند پویایی فضایی شبکه‌های سبز شهری را به‌خوبی تشخیص دهند (Dhanaraj & Angadi, 2022).

چن و همکاران (۲۰۲۲) از چهار سنجش سیمای سرزمین شامل تعداد لکه (NP)، متوسط اندازه لکه (MPS)، تراکم حاشیه لکه (ED) و متوسط نزدیک‌ترین همسایگی لکه‌ها (ENN-MN) برای ارزیابی پویایی فضای سبز شهری و تأثیر آن‌ها بر کیفیت محیط زیستی در یکی از شهرهای شمالی چین در سه بازه زمانی ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۸ استفاده کردند و نتایج این مطالعه ضمن ارزیابی کمی روند تغییرات و الگوهای سیمای سرزمین در طی ۱۸ سال، به درک مکانیسم اصول اکولوژی سیمای سرزمین بر کیفیت محیط شهری برای مدیریت بهتر شهری کمک کرد (Chen et al., 2022).

سنگیز و همکاران (۲۰۲۲) الگوی گسترش شبکه‌های سبز شهری را از طریق سنجش‌های سیمای سرزمین در سطح کلاس و سیمای سرزمین شهر آنکارا در بازه زمانی ۱۹۸۴ تا ۲۰۱۸ را تحلیل کردند و نتیجه گرفتند که تجزیه و تحلیل سنجش‌های فضایی سیمای سرزمین، اطلاعات واضحی را در شناسایی و تفسیر پویایی کاربری سبز شهری و پراکندگی آن ارائه می‌کند (Cengiz et al., 2022).

با وجود انجام مطالعات متعدد در ارزیابی و تحلیل فضای سبز شهری، در شهر خرم‌آباد تاکنون مطالعه جامع و مانعی با رویکرد بهره‌گیری از سنجش‌های سیمای سرزمین انجام نشده است. از این‌رو با توجه به تغییرات گسترده فضای سبز شهر خرم‌آباد متأثر از توسعه ساخت‌وسازهای شهری در سال‌های گذشته و تأثیرات گوناگونی که توزیع نامناسب فضای سبز بر عملکرد طبیعی اکوسیستم شهری داشته است (Afzali et al., 2021)، فضای سبز شهری تجزیه و تحلیل کمی خواهد شد. هدف از تحقیق حاضر، ارزیابی و



نگاره ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه

### ۳- روش تحقیق

نقشه‌های پوشش سبز در سطح شهر خرم‌آباد استخراج شده‌اند. خصوصیات تصاویر ماهواره‌ای استفاده شده در جدول ۲ ارائه شده است. برای تولید نقشه‌های پوشش سبز شهر خرم‌آباد از روش طبقه‌بندی الگوریتم حداکثر احتمال در محیط نرم‌افزار ENVI 5.3 استفاده شده است. در طبقه‌بندی تصاویر استفاده شده، پس از پیش‌پردازش تصاویر، طبقه‌بندی تصاویر با روش نظارت شده و ارزیابی صحت نتایج انجام شد.

به‌منظور دستیابی به هدف پژوهش، تحقیق حاضر در دو مرحله شامل تولید نقشه‌های کاربری/پوشش پیکره‌بندی سبز شهر خرم‌آباد با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و تحلیل این نقشه‌ها با استفاده از سنج‌های سیمای سرزمین انجام شد. برای بررسی کمی تغییرات مکانی-زمانی فضای سبز شهری خرم‌آباد، ابتدا با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای TM+، ETM و OLI در سه مقطع زمانی ۱۹۸۷، ۲۰۰۳ و ۲۰۱۹

جدول ۲: خصوصیات تصاویر ماهواره‌ای استفاده شده

تصاویر	سنجنده	پلاتفرم	تاریخ	تعداد باند	قدرت تفکیک مکانی
۱۹۸۷	TM	Landsat-5	۱۹۸۷/۰۵/۰۷	۶	۳۰
۲۰۰۳	ETM+	Landsat-7	۲۰۰۳/۰۵/۰۶	۸	۳۰
۲۰۱۹	OLI	Landsat-8	۲۰۱۹/۰۵/۲۷	۱۱	۳۰

پس از طبقه‌بندی، میزان خطا یا دقت نقشه‌ها ارزیابی شد. صحت طبقه‌بندی بر اساس ۲۰۰ نقطه که به‌طور تصادفی از هر کدام از کاربری‌ها (فضای سبز و طبقه غیرفضای سبز) انتخاب شده بودند با استفاده از داده‌های کنترل زمینی تهیه شده از تصاویر گوگل ارث با وضوح بالا براساس تفسیر داده‌ها توسط تحلیل بصری، بررسی شد. همچنین به‌منظور افزایش صحت طبقه‌بندی با استفاده از سامانه موقعیت‌یاب جهانی (GPS)، در برخی از مناطق که در تشخیص آن‌ها تردید وجود داشت، نقاطی از آن‌ها برداشت شد. به‌منظور صحت‌سنجی سال‌های ۱۹۸۷ و ۲۰۰۳ از نمونه‌های مرجع عکس‌های هوایی و نقشه‌های کاغذی ژئورفرنس شده استفاده شد.

برای مدل‌سازی فرایند و الگوی تغییرات کمی فضای سبز شهری خرم‌آباد از سنجه‌های سیمای سرزمین استفاده شد. سنجه‌های فضایی سیمای سرزمین یکی از کارآمدترین ابزارها برای مطالعه ساختار، عملکرد و پایش سیمای سرزمین هستند و نقش محوری در ارزیابی و پیش‌بینی تغییرات ساختارهای سیمای سرزمین دارند (Akin & Erdoğan, 2020). سنجه‌های سیمای سرزمین الگوریتم‌هایی هستند که برای کمی کردن ویژگی‌های مکانی لکه‌ها، کلاس‌ها و کل سیمای سرزمین به‌کار می‌روند. در این پژوهش، تغییرات پوشش‌های سبز در شهر خرم‌آباد با استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین و در نرم‌افزار FRAGSTAT ارزیابی و تحلیل شد. تحقیقات مختلف برای ارزیابی و کمی‌سازی تغییرات مکانی-زمانی سیمای سرزمین از سنجه‌های مختلفی استفاده کرده‌اند، با این وجود تاکنون اتفاق نظری در شیوه انتخاب سنجه‌ها وجود ندارد (Motlagh et al., 2020). بر این اساس، در تحقیق حاضر، با توجه به هدف پژوهش، نوع

در مطالعه حاضر، با توجه به این که تصاویر مورد استفاده، از سایت زمین‌شناسی آمریکا (USGS) اخذ شده‌اند؛ فرآیند تصحیح هندسی و زمین مرجع کردن از قبل روی تصاویر انجام شده بود. با این حال با انطباق لایه‌ی وکتوری راه‌ها با تصاویر ماهواره لندست برای هر سه سنجنده TM، ETM+ و OLI از تصحیح هندسی صورت گرفته توسط سازمان فضایی آمریکا اطمینان حاصل شد و از انجام این عمل صرف‌نظر شد، ولی تصحیحات رادیومتریک و اتمسفریک انجام گرفت. تصحیح رادیومتریک با استفاده از نرم‌افزار ENVI 5.3 با روش Radiometric Calibration و با استفاده از اطلاعات موجود در فایل MTL تصاویر دانلود شده، صورت گرفت. همچنین در نرم‌افزار ENVI 5.3 با روش FLAASH تصحیح اتمسفری انجام شد. با استفاده از باند پانکروماتیک که دارای وضوح مکانی ۱۵ متر است با عمل فیوژن کردن وضوح تصاویر مورد مطالعه از ۳۰ متر به ۱۵ متر ارتقا داده شده است. با عملیات فیوژن کردن شناسایی عوارض تا ۱۵ متر بهبود یافت. به‌منظور تشخیص دو نوع کاربری فضای سبز و غیرفضای سبز روی تصاویر از ترکیبات رنگی کاذب استفاده شد. سپس با استفاده از پایگاه اطلاعاتی Google Earth و نقشه‌های موجود کاربری‌های مختلف بر روی تصویر شناسایی شد. پس از اعمال پیش‌پردازش‌های لازم بر روی تصاویر، طبقه‌بندی تصاویر انجام شد. پردازش تصاویر نیز با استفاده از ENVI 5.3 انجام شد که می‌تواند اطلاعات معنی‌دار را از تصاویر سنجنش‌زدور استخراج کند. در نرم‌افزار ENVI دو نوع روش طبقه‌بندی وجود دارد (Magidi & Ahmed, 2019): ۱- طبقه‌بندی نظارت شده ۲- طبقه‌بندی نظارت نشده. که در این پژوهش روش طبقه‌بندی نظارت شده الگوریتم حداکثر احتمال مورد استفاده قرار گرفت.



## فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (۳۳)

ارزیابی و پایش تغییرات کمی فضای سبز شهر خرم‌آباد با استفاده از داده‌های ... / ۱۱۳

با مساحت ۶۸۱/۵ هکتار معادل ۱۴/۴۷ درصد از مساحت شهر خرم‌آباد را در بر می‌گیرند. دقت نتایج طبقه‌بندی در سال ۲۰۱۹ با تصاویر ماهواره‌ای OLI، ۹۲ درصد را نشان داد. نتایج حاصل از طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای در سال ۲۰۱۹ نیز نشان داد که ۶۲۹/۸ هکتار معادل ۱۳/۳۸ درصد از مساحت شهر خرم‌آباد را فضاهای سبز شامل می‌شود.

جدول ۴: صحت کلی و ضریب کاپا برای نقشه‌های طبقه‌بندی شده

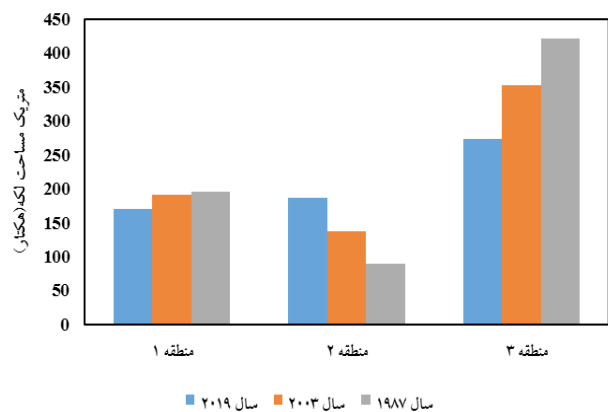
نتایج بررسی تغییرات فضایی-زمانی فضای سبز در شهر خرم‌آباد در سال‌های مختلف نشان می‌دهد که الگوی کلی تغییرات پوشش سبز در شهر خرم‌آباد همواره روندی کاهشی دارد. در سال‌های ۱۹۸۷ تا ۲۰۰۳ وسعت فضای سبز به میزان ۲۲/۲۹ هکتار کاهش یافته است، این روند کاهشی در سال‌های بعدی نیز ادامه یافته است، به طوری که در بازه زمانی ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۹ وسعت فضای سبز به میزان ۵۱/۶۱ هکتار کاهش داشته که نشان‌دهنده روند کاهشی پوشش سبز در عرصه مورد مطالعه است.

جدول ۴: صحت کلی و ضریب کاپا برای نقشه‌های طبقه‌بندی شده

شاخص / سال	۲۰۱۹ (OLI)	۲۰۰۳ (ETM <sup>+</sup> )	۱۹۸۷ (TM)
صحت کلی %	۹۲	۹۲/۵۶	۹۳/۳۱
ضریب کاپا	۰/۸۳۱۹	۰/۸۵۱۴	۰/۸۵۳۳

۲-۴- تحلیل الگوی فضایی-زمانی فضای سبز شهری به تفکیک مناطق شهری

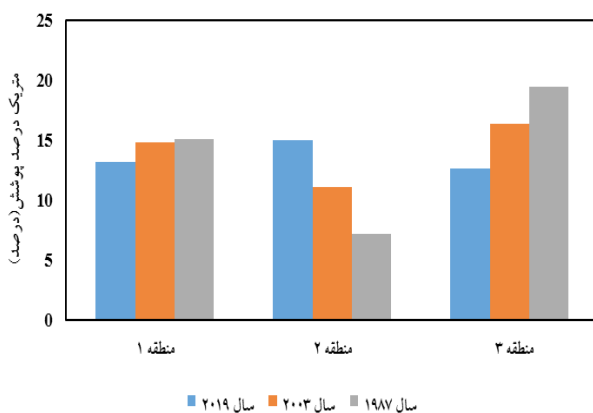
سنجه مساحت لکه‌های سبز (CA) در مقیاس مناطق شهری: سنجه مساحت لکه در منطقه یک از ۱۹۵/۶۶ هکتار در سال ۱۹۸۷ به مقدار ۱۹۱/۶۳ هکتار در سال ۲۰۰۳ و سپس به ۱۷۰/۱۴۵ هکتار در سال ۲۰۱۹ رسیده است که بیانگر کاهش وسعت لکه‌ها است (نگاره ۳). در صورتی که وسعت لکه‌ها در منطقه دو از ۸۹/۱۹ هکتار در سال ۱۹۸۷ به ۱۳۷/۲۹۵ هکتار در سال ۲۰۰۳ و در نهایت به ۱۸۶/۳۲ هکتار در سال ۲۰۱۹ رسیده و این نشانگر افزایش وسعت لکه‌های سبز در این منطقه است. در منطقه سه نیز از



نگاره ۳: نمودار روند تغییرات کمی مساحت لکه‌های سبز به تفکیک مناطق شهری خرم‌آباد

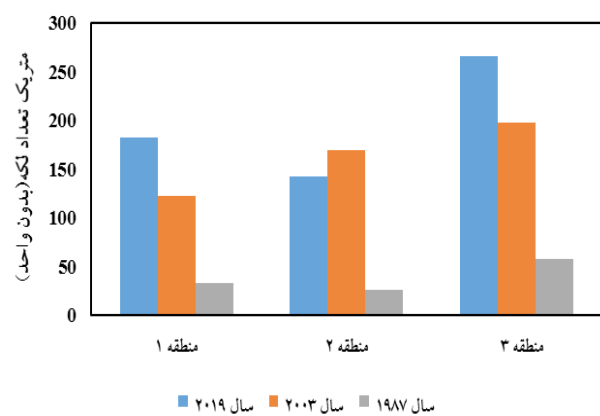
سنجه تعداد لکه‌های سبز (NP) در مقیاس مناطق شهری: همزمان با رشد و توسعه ساخت‌وساز در مناطق مختلف شهر خرم‌آباد، سنجه تعداد لکه‌های سبز تغییرات شایان توجهی داشته است. تعداد لکه‌های سبز در منطقه یک در سال ۱۹۸۷ در کمترین میزان خود ۳۳ لکه بوده که در سال ۲۰۰۳ به ۱۲۲ لکه و در سال ۲۰۱۹ تعداد لکه‌ها با افزایش قابل توجهی به ۱۸۳ لکه سبز رسیده است (نگاره ۴).

برخوردار بوده و منطقه دو با ۷/۱۸ درصد دارای کمترین نسبت فضای سبز بوده است. در سال ۲۰۰۳ منطقه سه با ۱۶/۳۱ درصد، بالاترین نسبت مساحت پوشش سبز و منطقه دو با ۱۱/۰۶ درصد، کمترین نسبت پوشش سبز را دارند (نگاره ۵). در سال ۲۰۱۹ منطقه دو با ۱۵/۰۱ درصد از بالاترین نسبت مساحت فضای سبز برخوردار بوده و منطقه سه با ۱۲/۶۵ درصد دارای کمترین نسبت پوشش سبز بوده است. این امر نشان‌دهنده بهبود وضعیت فضای سبز در منطقه دو و تخریب بیشتر فضای سبز در منطقه سه است. سنجه درصد پوشش در منطقه یک از ۱۵/۰۴٪ در سال ۱۹۸۷ به مقدار ۱۴/۷۷٪ در سال ۲۰۰۳ و سپس به ۱۳/۱۲٪ در سال ۲۰۱۹ رسیده و روند کاهشی داشته است. در صورتی که درصد پوشش در منطقه دو از ۷/۱۸٪ در سال ۱۹۸۷ به ۱۱/۰۶٪ در سال ۲۰۰۳ و در نهایت به ۱۵/۰۱٪ در سال ۲۰۱۹ رسیده و این امر نشانگر افزایش درصد پوشش لکه‌های سبز در این بازه زمانی است و وضعیت مطلوب‌تری نسبت به دو منطقه دیگر پیدا کرده که دلیل این امر توجه بیشتر به پوشش سبز و مدیریت بهتر لکه‌های سبز در این منطقه است. در منطقه سه نیز از ۱۹/۴۵٪ در سال ۱۹۸۷ به ۱۶/۳۱٪ در سال ۲۰۰۳ و سپس به ۱۲/۶۵٪ در سال ۲۰۱۹ رسیده و این امر بیانگر کاهش درصد لکه‌های سبز در این منطقه است.



نگاره ۵: نمودار روند تغییرات کمی درصد پوشش لکه‌های سبز به تفکیک مناطق شهری خرم‌آباد

این امر نشان‌دهنده‌ی افزایش ۱۵۰ لکه سبز در این محدوده است. تعداد لکه‌های سبز در منطقه دو از ۲۶ لکه سبز در سال ۱۹۸۷ به ۱۷۰ لکه در سال ۲۰۰۳ و در نهایت به ۱۴۲ لکه سبز در سال ۲۰۱۹ رسیده است. این امر نشان می‌دهد که در بازه زمانی ۱۹۸۷ تا ۲۰۰۳ بر تعداد لکه‌ها افزوده شده، ولی در بازه زمانی ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۹ تعداد لکه‌ها به مقدار ۲۸ عدد کاهش یافته است که دلیل آن افزایش پیوستگی لکه‌ها در این بازه زمانی در منطقه است. در منطقه سه نیز از ۵۸ لکه سبز در سال ۱۹۸۷ به ۱۹۸ لکه در سال ۲۰۰۳ و سپس به ۲۶۶ لکه در سال ۲۰۱۹ رسیده است. بررسی کلی روند تغییرات تعداد لکه‌های سبز شهری در سطح مناطق نشان می‌دهد که در دهه ۱۹۸۷ تعداد لکه‌ها در کمترین تعداد ممکن بوده، اما با آغاز رشد و توسعه ساخت‌وساز از دهه ۲۰۰۳، به سرعت بر تعداد لکه‌های سبز افزوده شده است. افزایش تعداد لکه‌های سبز در سطح مناطق بیانگر تکه‌تکه شدن و افزایش لکه‌های کوچک و کریدورها و همچنین پیچیده‌تر شدن ساختار و عملکرد اکوسیستم سبز شهری در سطح این مناطق است.

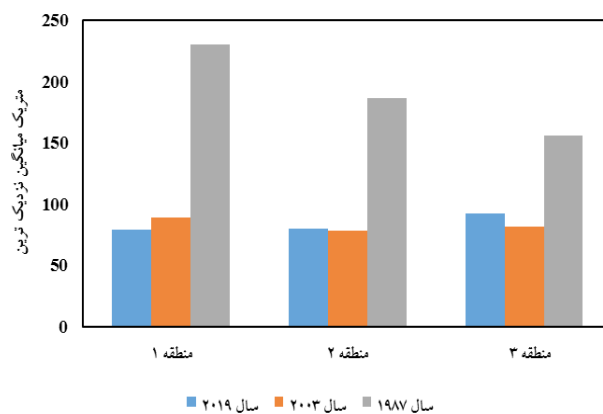


نگاره ۴: نمودار روند تغییرات کمی تعداد لکه‌های سبز به تفکیک مناطق شهری خرم‌آباد

سنجه درصد پوشش لکه‌های سبز (PLAND) در مقیاس مناطق شهری: نتایج تجزیه و تحلیل این سنجه برای پوشش سبز شهر خرم‌آباد نشان داد که در سال ۱۹۸۷ منطقه سه با ۱۹/۴۵ درصد از بالاترین نسبت مساحت پوشش سبز

نشان می‌دهند، مقادیر این متریک‌ها برای هر یک از کلاس‌ها در این بازه‌ی زمانی تغییر کرده است. یعنی آثار تخریب و تبدیل کاربری‌ها/پوشش گیاهی بر روی شکل و اندازه کاربری‌ها/پوشش گیاهی هم تأثیرگذار بوده است. یافته‌های پژوهش نشان می‌دهند مشکلات اصلی شبکه زیرساخت‌های سبز در خرم‌آباد توزیع نامناسب آن‌ها، پیوستگی پایین آن‌ها در مناطق شهری و پایداری پایین و رو به افول آن‌ها در بافت شهری است. با توجه به یافته‌های پژوهش حاضر باید توجه داشت که گذشته از مسئله مساحت فضاهای سبز، آنچه حائز اهمیت است بهترین وضعیت ترکیب و توزیع فضاهای سبز و باز شهری برای ارائه خدمات زیست‌محیطی به شهر است. با توجه به افزایش زیاد تعداد لکه‌های سبز و باز، همراه کاهش اندازه لکه‌ها و در برخی مناطق کاهش مساحت لکه‌ها و کاهش درصد پوشش، به نظر می‌رسد روند تغییرات در اکثر مناطق با خرد شدن پهنه‌های طبیعی، کاهش ارتباط نسبی و پیوستگی بین لکه‌ها همراه بوده است. باید با استفاده از اصلاح ساختار سیمای سرزمین و نگاهی راهبردی مبتنی بر ارتباطات ساختار و عملکرد سرزمین شهری اختلالات شهر را حل کرد. نتایج نشان داد که سیمای سرزمین شهر خرم‌آباد در سال ۱۹۸۷ شامل لکه‌های بزرگ‌تر و از لحاظ شکل ساده‌تر و منظم‌تر بوده ولی روند توسعه شهری در سال‌های ۲۰۰۳ و در نهایت ۲۰۱۹ باعث کوچک شدن لکه‌ها و شکل نامنظم آن‌ها شده است. مطالعه‌ای که در سطح مناطق صورت گرفت نشان داد که در قسمت مرکزی (منطقه دو)، مساحت فضای سبز در بازه‌ی زمانی مورد مطالعه روندی افزایشی داشته و وضعیت بهبود یافته است. در صورتی که مساحت فضای سبز در قسمت شمالی (منطقه یک) و قسمت جنوبی (منطقه سه)، در بازه زمانی مورد مطالعه کاهش یافته که نشان‌دهنده تخریب بیشتر فضای سبز برای ساخت‌وساز، و مقرون به‌صرفه نبودن کاربری پوشش سبز است. به عبارت دیگر توازن لازم بین افزایش تعداد لکه‌های فضای سبز شهر با جمعیت ساکن در آن وجود نداشته است. همچنین با توجه

سنجه میانگین فاصله نزدیک‌ترین همسایگی لکه‌های سبز (ENN-MN) در مقیاس مناطق شهری: سنجه میانگین فاصله نزدیک‌ترین همسایگی لکه‌های سبز در منطقه یک از ۲۲۹/۸۱ متر در سال ۱۹۸۷ به مقدار ۸۸/۴۷ متر در سال ۲۰۰۳ و سپس به ۷۸/۶۵ متر در سال ۲۰۱۹ رسیده و روند کاهشی داشته است (نگاره ۶). در صورتی که در منطقه دو از ۱۸۶/۰۷ متر در سال ۱۹۸۷ به ۷۷/۸۴ متر در سال ۲۰۰۳ و در نهایت به ۷۹/۷۹ متر در سال ۲۰۱۹ رسیده است. در منطقه سه نیز از ۱۵۵/۸۹ متر در سال ۱۹۸۷ به ۸۱/۴۴ متر در سال ۲۰۰۳ و سپس به ۹۱/۸۶ متر در سال ۲۰۱۹ رسیده است.



نگاره ۶: نمودار روند تغییرات کمی میانگین فاصله نزدیک‌ترین همسایگی لکه‌های سبز به تفکیک مناطق شهری خرم‌آباد

## ۵- بحث

این مطالعه نشان داد که علاوه بر تغییر پوشش گیاهی در بازه‌ی زمانی ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۹، خصوصیات مکانی آن‌ها نیز تغییر کرده است. تغییرات اندازه و شکل به سمت کوچک شدن اندازه لکه‌ها و بی‌نظمی شکل لکه‌ها است. سنجه‌های سیمای سرزمین روش آنالیز مناسبی برای مطالعه فضای سبز شهرها محسوب می‌شود که پژوهش حاضر توانست این تغییرات را به صورت کمی نشان دهد. در این تحقیق با توجه به هدف مطالعه و ماهیت منطقه از چهار سنجه استفاده شد. همان‌طور که نتایج تحلیل سنجه‌های فضایی در شهر خرم‌آباد

آینده، موجب تخریب مناطق پوشش سبز شود. با در نظر گرفتن نتایج به دست آمده و مقایسه آن‌ها با نتایج پژوهشی پیشین ملاحظه می‌شود که نتایج این پژوهش از یک طرف با نتایج پژوهش بی‌همتایی و همکاران (۱۳۹۳) که به این نتیجه رسیدند که فضای سبز در سطح خمینی شهر اصفهان از توزیع مناسبی برخوردار نیست و اغلب مناطق شهر دارای میزان فضای سبز پایینی هستند و همچنین نتایج تحقیق شن و همکاران (۲۰۱۹) که دریافتند توزیع فضاهای سبز شهری نانچینگ بسیار نامناسب است و بیشتر در مناطق حومه شهر و تعداد کمی در مرکز شهر واقع شده است؛ مطابقت دارد به طوری که در مناطق یک و سه شهر خرم‌آباد نیز میزان فضای سبز کاهش داشته و فضای سبز در سطح خرم‌آباد نیز دارای توزیع نامناسب است. هم چنین با نتایج پژوهش دژکام و همکاران (۱۳۹۴)، که به این نتیجه رسیدند که سیمای سرزمین تکه‌تکه‌تر شده و از نظر شکل نیز پیچیده‌تر و نامنظم‌تر شده و از نظر پیوستگی نیز ناپیوسته‌تر شده است، تطابق دارد. به طوری که فضای سبز شهر خرم‌آباد ناپیوسته‌تر و تکه‌تکه‌تر شده است. این نتایج مطابق با نتایج آرخی (۱۳۹۴) و چهره‌آذر و همکاران (۱۳۹۶) است که در تحقیق خود دریافتند افزایش تعداد لکه‌ها و کاهش مساحت لکه‌ها دو شاخص مهم تجزیه هستند و روند تخریب و تجزیه روند افزایشی داشته است. در پژوهش فوق نیز این نتیجه حاصل شد که تعداد لکه‌های فضای سبز از ۱۰۸ لکه در سال ۱۳۶۶ به ۵۵۵ لکه در سال ۱۳۹۸ رسیده است، همچنین مساحت لکه‌ها نیز از ۷۰۳ هکتار در سال ۱۳۶۶ به ۶۲۹ هکتار در سال ۱۳۹۸ رسیده و روند تخریب و تجزیه افزایش یافته است. فشلاق پور و همکاران (۱۴۰۰)، نیز دو ابزار تصاویر ماهواره‌ای و سنج‌های سیمای سرزمین را برای ارزیابی زیست‌محیطی مفید دانستند در این پژوهش نیز کاربرد این دو روش در ارزیابی تغییرات فضای سبز ارزیابی شد. استادی و ناصری (۱۳۹۸)، نیز در پژوهشی که در شهر مشهد انجام دادند دریافتند که طی دوره‌ی زمانی مورد مطالعه، تخریب شدیدی از نظر وسعت و ترکیب و

به افزایش ساخت‌وسازها در این بازه، می‌توان علت این کاهش فضای سبز را تبدیل آن به مناطق مسکونی دانست. در قسمت جنوبی (منطقه سه) مانند قسمت شمالی (منطقه یک)، کاهش مساحت فضای سبز صورت گرفته است. تبدیل فضای سبز به سکونتگاه‌های انسانی از علل کاهش مساحت فضای سبز در این بخش بوده است. باید به این نکته توجه داشت که در رویکرد بوم‌شناسی سیمای سرزمین تنها موجودیت مساحت لکه‌ها شرط کافی نیست و علاوه بر این نظم فضایی و چیدمان بهینه لکه‌ها نسبت به هم نیز مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. بنابراین حذف این قطعات علاوه بر اینکه منجر به کاهش مساحت لکه‌های پوشش سبز می‌شود، امکان برقراری اتصال میان سایر لکه‌های بزرگ را نیز کاهش می‌دهد و منجر به دورافتادگی لکه‌های طبیعی از هم خواهد شد. همچنین از جنبه‌های اکولوژیک حفظ لکه‌های بزرگ سبز و ایجاد ارتباط بین آن‌ها، موجب پایداری بیشتر سیمای سرزمین شهری می‌شود. هر چه میزان اتصال و ارتباط شبکه‌های فضای سبز شهری در یک پهنه بیشتر باشد، موجب افزایش پایداری اکولوژیکی می‌شود. در شهر خرم‌آباد در بازه زمانی مورد مطالعه تعداد لکه‌های بزرگ فضاهای سبز که از لحاظ اکولوژیکی دارای ارزش فراوان هستند جای خود را به لکه‌های کوچک‌تر و با ارزش اکولوژیکی پایین داده و ارتباط بین لکه‌های فضاهای سبز نیز کم شده است. همچنین فضاهای سبزی که از لحاظ اکولوژیکی دارای ارزش فراوان هستند در اثر ساخت‌وسازهای ناهماهنگ، جای خود را به لکه‌های کوچک‌تر و با ارزش اکولوژیک پایین داده در نتیجه باعث اختلال در عملکردهای فضای سبز شده‌اند که نتایج تحقیق حاضر حاکی از افزایش سنجه تعداد لکه، در بازه زمانی ۳۲ ساله در سطح شهر و مناطق سه‌گانه بوده است. این در حالی است که کاهش در وسعت و درصد پوشش لکه‌ها به جز در منطقه دو، مشاهده شده است. افزایش تعداد لکه‌ها و کاهش سطح لکه دو شاخص مهم تجزیه و نشان‌دهنده ساختار ریزدانه است. به نظر می‌رسد ادامه این روند در سال‌های

حاشیه شهر بوده و تراکم بافت مسکونی و سایر خدمات در آن کم است و از لحاظ سطح زندگی نیز جزء طبقات پایین و کم درآمد شهر محسوب می‌شود، در نتیجه یا فاقد فضای سبز مناسب است یا سطح فضای سبز آن بسیار پایین است. علت اصلی کمبود پوشش سبز در قسمت شمال شهر را نیز می‌توان تمرکز و تراکم بالای سایر کاربری‌ها به جزء فضای سبز ذکر کرد. نتایج بررسی فضای سبز شهری خرم‌آباد با استفاده از سنج‌های سیمای سرزمین در سطح مناطق شهری نیز نشان داد که در شهر خرم‌آباد، پراکنش لکه‌های فضای سبز در محدوده شهر، نسبتاً نامناسب بوده و در کل شهر توزیع مطلوبی از لکه‌های سبز وجود ندارد. نتایج نشان می‌دهد که توزیع فضای سبز در منطقه دو نسبت به دوره‌های قبل در گستره شهر مناسب‌تر شده، که بیانگر بهبود روند توسعه این منطقه از نظر پراکنندگی است، اما در منطقه یک و سه شهر خرم‌آباد، شرایط روند نزولی داشته است. بنابراین باید به برنامه‌ریزی محیط زیستی شهری در طول توسعه شهری توجه ویژه‌ای شود تا یک توزیع منطقی و متناسب فضای سبز شهری با محیط زندگی شهروندان مناطق مختلف شهری فراهم و روند کاهش فضای سبز در منطقه کنترل شود. یافته‌های این مطالعه در شهر خرم‌آباد نه تنها در شناسایی نقاط قوت و ضعف توزیع فضای سبز شهری کمک به سزایی می‌کند، بلکه یک ارزیابی کلی از فضای سبز شهری در این پژوهش صورت گرفته است که می‌تواند برای برنامه‌ریزی و مدیریت فضای سبز مد نظر قرار گیرد. محدودیت این مطالعه فقط با استفاده از داده‌های تصویری لندست با وضوح متوسط است. استفاده از داده‌های با وضوح بالا می‌تواند این مشکل را حل کند، خصوصاً برای فضای سبز در مناطق شهری که تکه‌تکه‌شدگی بیشتری دارند.

توزیع مکانی فضاهای سبز رخ داده و پیوستگی لکه‌ها کاهش یافته است؛ در نتیجه موزاییک فضاهای سبز شهری مشهد برای ارائه خدمات اکولوژیک کمبودهایی دارد که نتایج این تحقیق هم‌سو با نتایج کار آن‌ها است. در تحقیق فنگ و همکاران (۲۰۱۸) این نتیجه حاصل شد که شهرنشینی تنوع، تکه‌تکه شدن و پیچیدگی فضای سبز شهری شانگهای را تغییر داده است. همچنین با نتایج کار زنگ و همکاران (۲۰۲۰)، محمدرضایی و همکاران (۲۰۲۱) و کوو و همکاران (۲۰۲۱) در رابطه با کاربرد داده‌های سنجش‌ازدور در تجزیه و تحلیل داده‌ها و بررسی تغییرات در سیمای سرزمین و همچنین کارایی و دقت استفاده از نمایه‌های سیمای سرزمین مبتنی بر سنج‌های اکولوژی سیمای سرزمین نیز همخوانی وجود دارد. کارایی سنج‌های سیمای سرزمین در تحقیق انجام شده توسط سوئی و همکاران (۲۰۲۰) نیز تأیید شده ولی نتایج پژوهش ایشان که دریافتند فضای سبز شهری در منطقه مورد مطالعه در طی دوره زمان افزایش یافته است، با نتایج تحقیق حاضر همخوانی ندارد.

## ۶- نتیجه‌گیری

این تحقیق با استفاده از داده‌های سنجش از دور و سنج‌های سیمای سرزمین به ارزیابی فضای سبز شهری و تجزیه و تحلیل و توزیع آن در سطح مناطق شهری خرم‌آباد پرداخته است. نتایج بررسی تغییرات فضای سبز شهری در سه بازه زمانی مورد مطالعه نشان داد که در سال‌های مختلف الگوی کلی تغییرات پوشش سبز در شهر خرم‌آباد همواره روندی کاهشی دارد. در سال‌های ۱۹۸۷ تا ۲۰۰۳ وسعت فضای سبز به میزان ۲۲/۲۹ هکتار کاهش یافته است. این روند کاهشی در سال‌های بعدی نیز ادامه یافته، به‌طوری که در بازه زمانی ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۹ وسعت فضای سبز به میزان ۵۱/۶۱ هکتار کاهش داشته که نشان‌دهنده روند کاهشی پوشش سبز در عرصه مورد مطالعه است. این روند کاهش میزان پوشش سبز، بیشتر مربوط به قسمت شمال و جنوب شهر خرم‌آباد می‌شود. جنوب شهر به این دلیل که

منابع و مأخذ

- 10- Chen, A., Yang, X., Guo, J., Zhang, M., Xing, X., Yang, D. & Jiang, L. (2022). Dynamic of land use, landscape, and their impact on ecological quality in the northern sand-prevention belt of China. *Journal of Environmental Management*, 317, 115351.
- 11- Cui, L., Wang, J., Sun, L., & Lv, C. (2020). Construction and optimization of green space ecological networks in urban fringe areas: A case study with the urban fringe area of Tongzhou district in Beijing. *Journal of Cleaner Production*, 276, 124266.
- 12- Daz, B. S., Ghaffari Gilandeh, A., & Azizi, A. (2020). Analyzing of Urban Green Space Changes in Gorgan City Using Landscape Metrics. *Journal of Environmental Science and Technology*, 22(5), 167-181.
- 13- Dejkam, S., Jabarian, A & Darvish Sefat A. (2014). Monitoring changes in landscape using synoptic analysis and satellite images (case study: Rasht city). *Natural Environment*, 68(2): 225-238.
- 14- Dhanaraj, K., & Angadi, D. P. (2022). Analysis of urban expansion patterns through landscape metrics in an emerging metropolis of Mangaluru Community Development Block, India, During 1972–2018. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 50(10), 1855-1870.
- 15- Feng, Y., Liu, Y., & Tong, X. (2018). Spatiotemporal variation of landscape patterns and their spatial determinants in Shanghai, China. *Ecological Indicators*, 87, 22-32.
- 16- 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.
- 17- Hataminejad, H., Hatami, A., & Moradi, A. (2021). Analysis Of Spatial Growth Patterns Of Khorramabad City With The Ecological Approach Of The Landscape.
- 18- Jaafari, S., Sakieh, Y., Shabani, A. A., Danehkar, A., & Nazarisamani, A. A. (2016). Landscape change assessment of reservation areas using remote sensing
- 1- Abdali, Y., Hataminejad, H., Zanganeh Shahraki, S., Pourahmad, A., & Salmani, M. (2022). Analysis of Urban Resilience Indicators against Flood Risk with a Futuristic Approach (A Case Study of Khorramabad). *Journal of Iran Futures Studies*, 7(1), 1-26.
- 2- Afzali, M., Abdali, Y., & Heydari, A. (2021). Physical-Spatial Analysis of Khorramabad City Using Urban Intelligence Growth Indices.
- 3- Akın, A., & Erdoğan, M. A. (2020). Analysing temporal and spatial urban sprawl change of Bursa city using landscape metrics and remote sensing. *Modeling Earth Systems and Environment*, 6, 1331-1343.
- 4- Alphan, H., Karamanli, E., Derse, M. A., & Uslu, C. (2022). Analyzing pattern features of urban/rural residential land use change: The case of the southern coast of Turkey. *Land Use Policy*, 122, 106348.
- 5- Arkhi, S. (2014). The use of landscape metrics in evaluating the trend of land use changes using remote sensing and GIS. *Geography and Development*. 13(40): 59-68.
- 6- Asadi, Y., K. Ezimand, H. Keshtkar, and S. K. Alavipanah. A survey of landscape metrics and land-use/land-cover structures on urban heat islands surface: a case study on Urmia City, Iran. *Desert* 24, no. 2 (2019): 293-306.
- 7- Bihamtati, T , Sufianian, N & Fakharan, S. (2013). Quantifying the pattern of landscape of Khomeini city of Isfahan using landscape metrics. The second environmental planning and management conference, Tehran.
- 8- Cengiz, S., Görmüş, S., & Oğuz, D. (2022). Analysis of the urban growth pattern through spatial metrics; Ankara City. *Land Use Policy*, 112, 105812.
- 9- ChehrAzer, Y., Jaghari, H., & ChehrAzer, F. (2016). Spatio-temporal monitoring of the ecological green network of Karaj city from the perspective of landscape ecology. *Journal of Geography and Environmental Studies*. 6(24): 21-35.

- 26- Mohammadreza, E. L. M. Í., Rouhani, A., & Keshavarz, E. (2022). Landscape metrics for urbanization and urban land-use change monitoring from remote sensing images: a case of Shiraz Metropolis, Iran. *International Journal of Earth Sciences Knowledge and Applications*, 4(1), 43-50.
- 27- Motlagh, Z. K., Lotfi, A., Pourmanafi, S., Ahmadzadeh, S., & Soffianian, A. (2020). Spatial modeling of land-use change in a rapidly urbanizing landscape in central Iran: Integration of remote sensing, CA-Markov, and landscape metrics. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192, 1-19.
- 28- Nasehi, S., & Imanpour namin, A. (2020). Assessment of urban green space fragmentation using landscape metrics (case study: District 2, Tehran city). *Modeling Earth Systems and Environment*, 6, 2405-2414.
- 29- Ostadi, M., Naseri, M. (2018). Evaluation of the ecological quality of urban green spaces based on the knowledge of the landscape (Case study: Mashhad). *The first international conference on civil engineering, architecture and urban regeneration*.
- 30- Qashlaqpour, S, Moqbal, M. (2021). Evaluation of the changes in urban green space using landscape metrics (case: Qazvin city). *Range and watershed*, 3(8), 663-676.
- 31- Shen, S., Chen, L., Fan, C., & Gao, Y. (2019). Dynamic simulation of urban green space evolution based on CA-Markov model—A case study of hexi new town of Nanjing city, China. *Appl. Ecol. Environ. Res*, 17, 8569-8581.
- 32- Şimşek, D., & Sertel, E. (2018). Spatial analysis of two different urban landscapes using satellite images and landscape metrics. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 84(11), 711-721.
- 33- Soltanifard, H., & Jafari, E. (2019). A conceptual framework to assess ecological quality of urban green space: a case study in Mashhad city, Iran. *Environment, Development and Sustainability*, 21, 1781-1808.
- and landscape metrics (case study: Jajroud reservation, Iran). *Environment, development and sustainability*, 18, 1701-1717.
- 19- Jaafari, S., Shabani, A. A., Moeinaddini, M., Danehkar, A., & Sakieh, Y. (2020). Applying landscape metrics and structural equation modeling to predict the effect of urban green space on air pollution and respiratory mortality in Tehran. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192, 1-15.
- 20- Kowe, P., Mutanga, O., & Dube, T. (2021). Advancements in the remote sensing of landscape pattern of urban green spaces and vegetation fragmentation. *International Journal of Remote Sensing*, 42(10), 3797-3832.
- 21- Kowe, P., Pedzisai, E., Gumindoga, W., & Rwasoka, D. T. (2015). An analysis of changes in the urban landscape composition and configuration in the Sancaktepe District of Istanbul Metropolitan City, Turkey using landscape metrics and satellite data. *Geocarto International*, 30(5), 506-519.
- 22- Liu, M., Li, X., Song, D., & Zhai, H. (2021). Evaluation and Monitoring of Urban Public Greenspace Planning Using Landscape Metrics in Kunming. *Sustainability*, 13(7), 3704.
- 23- Liu, P., Liu, M., Xia, T., Wang, Y., & Guo, P. (2021). The relationship between landscape metrics and facial expressions in 18 urban forest parks of Northern China. *Forests*, 12(12), 1619.
- 24- Madanian, M., Soffianian, A. R., Koupai, S. S., Pourmanafi, S., & Momeni, M. (2018). Analyzing the effects of urban expansion on land surface temperature patterns by landscape metrics: a case study of Isfahan city, Iran. *Environmental monitoring and assessment*, 190, 1-11.
- 25- Magidi, J., & Ahmed, F. (2019). Assessing urban sprawl using remote sensing and landscape metrics: A case study of City of Tshwane, South Africa (1984–2015). *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 22(3), 335-346.

- 34- Toutakhane, A. M., & Mofareh, M. (2016). Investigation and evaluation of spatial patterns in Tabriz parks using landscape metrics. *Journal of Urban and Environmental Engineering*, 10(2), 263-269.
- 35- Yao, L., Li, T., Xu, M., & Xu, Y. (2020). How the landscape features of urban green space affect seasonal land surface temperatures at a city-block-scale: An urban heat island study in Beijing, China. *Urban Forestry & Urban Greening*, 52, 126704.
- 36- 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.

---

## COPYRIGHTS

©2024 by the authors. Published by National Geographical Organization. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons [Attribution-NoDerivs 3.0 Unported \(CC BY-ND 3.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nd/3.0/)

---

