

بررسی روند تغییرات کمی فضای سبز کلان‌شهر کرج با استفاده از داده‌های سنجش از دور و سنجه‌های سیمای سرزمین

زینت گومه^{۱*}، کاظم رنگزن^۲، علی‌اکبر نظری سامانی^۳، جمال قدوسی^۴

۱. کارشناس ارشد سنجش از دور و GIS، دانشگاه شهید چمران اهواز

۲. استادیار گروه سنجش از دور و GIS، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید چمران اهواز

۳. استادیار گروه احیای مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

۴. مدرس دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۳/۲۰ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۲/۱/۲۸)

چکیده

با گسترش شهرها و رشد جمعیت همراه با افزایش آلودگی محیط زیست بر اثر فعالیت‌های انسانی، تغییرات غیراصولی در پوشش گیاهی و فضای سبز ایجاد شده است. در توسعه پایدار اراضی، مدیریت تغییر کاربری اراضی عامل مهمی به شمار می‌آید. سنجش از دور می‌تواند منبع مناسبی برای تهیه داده‌ها به منظور تهیه نقشه انواع پوشش اراضی همچنین پایش محیط زیست باشد. در این پژوهش که هدف بررسی روند تغییرات فضای سبز کلان‌شهر کرج است با استفاده از داده‌های سنجش از دور شامل عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای IRS-P6 و IRS-P5 نقشه‌های کاربری اراضی مربوط به سال‌های ۱۳۳۵-۱۳۶۸ و ۱۳۹۰ تهیه شده‌اند. برای استفاده از تصاویر ماهواره‌ای ابتدا در مرحله آماده‌سازی تصویر تصحیحات هندسی اعمال شده و طبقه‌بندی تصویر به روش حداقل فاصله (Minimum Distance) انجام شده است. در نهایت با استفاده از شاخص‌های CA، PLAND، PD، LSI و SHAPE-MN وضعیت فضای سبز بررسی شده است. براساس نتایج به دست آمده سرانه فضای سبز از ۵۵۸ مترمربع در سال ۱۳۳۵ به ۲۵ مترمربع کاهش پیدا کرده است. بررسی فضای سبز به تفکیک در مناطق ۱۱ گانه شهر کرج بیانگر توزیع نشدن یکنواخت فضای سبز در سطح شهر است. به طوری که مناطق ۵، ۸ و ۹ کمترین فضای سبز را بین مناطق ۱۱ گانه شهر کرج دارند.

کلیدواژه‌گان: سرانه فضای سبز، سنجه‌های سیمای سرزمین، سنجش از دور، شهر کرج.

۱. مقدمه

تغییرات مشخص را که پیامدهای خاصی برای ساختار و کارکرد اکوسیستم دارند در الگوی سیمای سرزمین تحت تأثیر قرار می‌دهند (Sotode, 2010).

۱.۱. مروری بر پژوهش‌های گذشته

Haack و Rafter (2006) با تهیه و بررسی نقشه‌های کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و تکنیک آشکارسازی بین سال‌های ۱۹۷۸ و ۲۰۰۰ در دره کاتماندوی نپال به بررسی تغییرات ایجادشده در رشد و توسعه مناطق شهری پرداختند. Shataee و Abdi (2007) به منظور تهیه نقشه کاربری اراضی در حوزه سرخاب خرم‌آباد در استان لرستان، از داده‌های سنجنده ETM⁺ استفاده کردند. Faizizade (2008)، با پژوهش در زمینه کاربرد داده‌های سنجنش از دور در آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی در مناطق شهری به مطالعه تغییرات فضای سبز شهر تبریز طی یک دوره زمانی ۱۶ ساله (از سال ۱۳۶۸ تا ۱۳۸۴) پرداخت و از این طریق اقدام به تهیه نقشه تغییرات کاربری اراضی در شهر تبریز کرد. Grami (2011) در پژوهشی با عنوان «تغییرات کاربری اراضی منطقه گتوند عقیلی طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰ با استفاده از تصاویر ETM و ALI به کمک سنجنش از دور و GIS» به مطالعه تغییرات این منطقه پرداخت. Latrop و همکاران (2006)، در مطالعه‌ای در مناطق کوهستانی نیویورک - نیوجرسی با به‌کارگیری نمایه‌های منظر (چشم‌انداز) برای ارزیابی اثرات پتانسیل آینده تغییرات کاربری اراضی کارایی آن‌ها را تأیید کرده‌اند. Khazaii و Azari (2008) با بررسی تخریب سیمای سرزمین در حوزه آبخیز سفیدرود با استفاده از سنجه‌های بوم‌شناختی سیمای سرزمین به این نتیجه رسیدند که از سنجه‌های سیمای سرزمین، می‌توان در برنامه‌ریزی برای حفاظت، احیای منابع طبیعی و کاربری پایدار زمین، استفاده کرد. Lee و همکاران (2008) به‌منظور تحلیل ساختار سیمای مناطق شهری با استفاده از سنجه‌های بزرگی لکه، حاشیه، تنوع و میانگین وزن دار لکه، کاربرد اصول بوم‌شناسی سیمای سرزمین را در برنامه‌ریزی شهری و طراحی و معماری محیط زیست تأیید کردند. Wang و همکاران (2008) به‌منظور تعیین نیروهای تغییردهنده پلایای تبت در چین با

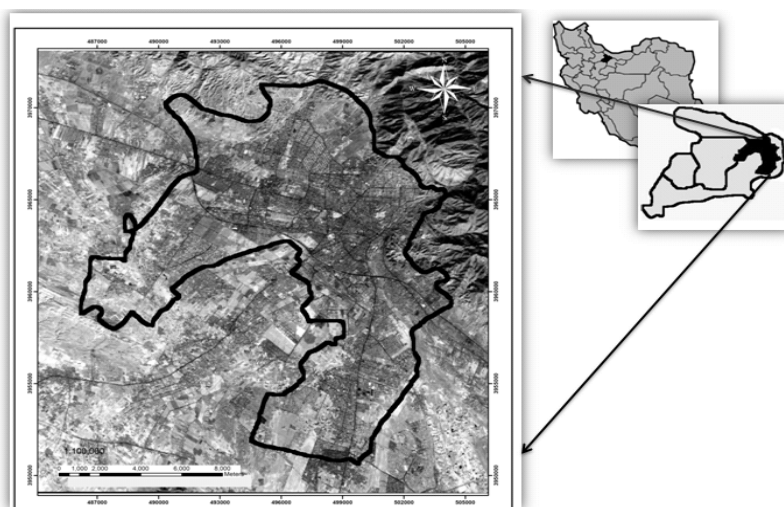
افزایش جمعیت و رشد روزافزون مناطق شهری موجب افزایش نیاز به خدمات شهری برای جمعیت ساکن در این مناطق می‌شود. از جمله خدمات شهری که باید در برنامه‌ریزی توسعه شهری مورد توجه قرار گیرد افزایش فضای سبز شهری است. پوشش گیاهی در مناطق شهری از این رو حائز اهمیت است که می‌تواند شرایط محیطی و تبادلات انرژی را به وسیله انعکاس انتخابی و جذب تشعشات خورشیدی کنترل کند و عاملی مؤثر در کنترل آلودگی هوا و سلامت باشد (Goward et al., 1985). به این دلیل بررسی و مشخص کردن فضای سبز و تعیین سرانه فضای سبز یکی از اقدامات مهم در برنامه‌ریزی شهری به حساب می‌آید. شهر کرج به دلیل عوامل متعددی مثل همجواری با کلان‌شهر تهران و مسائل آن مانند قیمت زمین و مسکن و وجود راه‌های ارتباطی مهم و جذب مهاجران از دیگر نقاط کشور، دچار تغییرات زیادی در بهره‌برداری از اراضی شده است. مشخص کردن تغییرات ایجادشده به‌خصوص تغییر فضای سبز در این شهر یکی از نیازهای اساسی در محیط زیست شهری است. امروزه بررسی تغییرات روی زمین از جمله کاربری اراضی که در شهرها مربوط به تبدیل اراضی جنگلی، مرتعی، زراعی و باغ‌ها به مناطق مسکونی و تأسیسات شهری می‌شود از طریق فرایند آشکارسازی تغییرات با استفاده از تصاویر چندزمانه سنجنش از دور که موجب افزایش سرعت انجام بررسی و دقت نتایج می‌شود جایگزین روش‌های پرهزینه، زمان‌بر و اغلب با دقت کم شده است. یکی از رویکردهای تلفیقی با فن سنجنش از دور که در سال‌های اخیر در ایران متداول شده است بوم‌شناسی سیمای سرزمین است. سنجه‌های سیمای سرزمین وضعیتی کلی از محیط را نشان می‌دهند و برای بالابردن دقت نتایج و بهره‌گیری از تصاویر به‌روز ضروری‌اند (Basiri Dehkordi, 2006). با توجه به اینکه در بوم‌شناسی سیمای سرزمین پوشش گیاهی کلیدی‌ترین فاکتور در تجزیه و تحلیل است در این مطالعه پوشش گیاهی و به عبارتی فضای سبز مورد بحث قرار گرفته است. برنامه‌ریزی‌های کاربری اراضی

۲. مواد و روش‌ها

۱.۲. منطقه مطالعه شده

محدوده قانونی شهر کرج با وسعت ۱۷۵۴۰ هکتار در ۳۵ کیلومتری غرب تهران و در کوهپایه ضلع جنوبی سلسله‌جبال البرز مرکزی با جهت شیب عمومی شمال به جنوب با مختصات جغرافیایی، $35^{\circ} 41'$ و $35^{\circ} 53'$ عرض شمالی و $50^{\circ} 50'$ و $51^{\circ} 02'$ طول شرقی واقع شده است (شکل ۱). متوسط ارتفاع این شهر از سطح دریا ۱۳۲۱ متر است. شهر کرج که مرکز استان البرز است از شمال و شمال شرقی به ارتفاعات البرز، از جنوب به شهر اندیشه و ملارد، از غرب به کمال‌شهر و مشکین‌دشت و محمدشهر و از شرق به استان تهران محدود شده است. این قسمت‌ها دارای باغ‌هایی با اراضی مشجر بوده‌اند که تأمین آب آن‌ها به‌عهده کانال‌های آبی بوده است که به این مناطق منتهی می‌شده‌اند. گسترش و توسعه‌ای که حداکثر چهار یا پنج دهه از آن می‌گذرد شهر کوچک بیلاقی دیروز کرج را به کلان‌شهر تبدیل کرده و در این راستا موضوع عمده‌ای که تهدید شده همان پیشینه شهر است که باغ‌شهر تلقی می‌شد. در گذشته باغ‌ها قسمت‌های مختلف شهر را تشکیل می‌دادند، اما توسعه شهر سبب از بین رفتن این باغ‌ها شده و از پنج هزار هکتار باغی که در محدوده و حریم شهر کرج وجود داشت، تنها حدود ۱۲۰۰ هکتار باغ باقی مانده است.

استفاده از سنج‌های درصد سیمای سرزمین، تعداد لکه، میانگین اندازه لکه، میانگین وزن‌دار تکه‌تکه شدگی و شاخص تنوع شانون به این نتیجه رسیدند که با افزایش میانگین اندازه لکه و کاهش تعداد لکه و کاهش میانگین وزن‌دار تکه‌تکه شدگی، همگنی سیمای سرزمین بیشتر شد. Safiyanian و همکاران (2010) اولین گام برای ارزیابی آثار اقتصادی-اجتماعی و اکولوژیک ناشی از تغییر الگوی سیمای شهر را کمی کردن الگوی سیمای سرزمین دانستند و شهر را کمی کردن الگوی سیمای سرزمین در سال‌های ۱۳۳۴ و ۱۳۸۶ با استفاده از GIS و سنج‌های سیمای سرزمین پرداختند. Theobald (2010) به‌منظور تخمین سیمای طبیعی در آمریکا از سال ۱۹۹۲ تا ۲۰۳۰ با استفاده از سنج‌های سیمای سرزمین طبیعت در سطح کلان، به این نتیجه رسید که این سنج‌ها به‌منظور پویایی سیمای سرزمین استفاده می‌شود، به‌طوری‌که به وسیله آن می‌توان زیستگاه طبیعی مؤثر، وجود شرایط متغیر سیمای سرزمین و اندازه‌گیری فضایی (سنجنش کمی) مناطق طبیعی را تخمین زد. در پژوهش حاضر نیز با استفاده از نتایج پژوهش‌های اشاره‌شده و با تأکید بر بررسی کارایی و دقت نتایج حاصل از به‌کارگیری داده‌های سنجنش از دور (RS) و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، تغییرات کاربری اراضی و روند تغییرات فضای سبز در کلان‌شهر کرج با هدف بررسی وضعیت سرانه فعلی فضای سبز در کلان‌شهر کرج مطالعه شده است.



شکل ۱. محدوده مطالعه شده بر روی تصویر ماهواره‌ای IRS-P6

۲.۲. روش‌ها

در این پژوهش تغییرات کاربری اراضی شهر کرج طی دوره‌های زمانی ۱۳۳۵ تا سال ۱۳۶۸ و ۱۳۶۸ تا سال ۱۳۹۰ با استفاده از داده‌های سنجش از دور در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی مطالعه شده قرار گرفته و روند تغییرات فضای سبز شهری در دوره‌های مذکور بررسی شده است. به این منظور برای تهیه نقشه فضاهای سبز با استفاده از داده‌های سنجش از دور، نقشه‌های موقعیت مکانی و گستره فضاهای سبز ادواری در محیط GIS تهیه شد سپس نقشه‌های کاربری اراضی در سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) و الحاقیه Patch Analysis و با رویه برگرفته از نرم‌افزار Fragstats با تأکید بر تغییرات فضای سبز شهر کرج به وسیله مشخصات مربوط به آن‌ها شامل مساحت، توزیع فضایی و پیوستگی آن‌ها ارزیابی شد.

برای به دست آوردن نقشه‌های ادواری فضاهای سبز شهری از عکس‌های هوایی سال‌های ۱۳۳۵ و ۱۳۶۸ و داده‌های ماهواره‌ای IRS-P5 مربوط به سال ۱۳۹۰ و برای استخراج نمونه‌های آموزشی در طبقه‌بندی تصویر IRS-P5 از تصویر ماهواره‌ای IRS-P6 مربوط به سال ۱۳۸۶ استفاده شد. همچنین از نرم‌افزارهای ArcGIS 10، Fragstats، EDRISI Andes و ENVI 4.7 و نقشه ۱:۵۰۰۰۰ شهر کرج به شماره ۶۱۶۱۱ سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح استفاده شد. جمعیت ساکن در منطقه از آمار سرشماری سال ۱۳۳۵ و محاسبه نرخ رشد جمعیت مبتنی بر آمار سرشماری سال ۱۳۷۵ جمعیت سال ۱۳۶۸ برآورد شد و سپس براساس آمار سرشماری سال ۱۳۸۵ و نرخ رشد جمعیت شهری طی این سال‌ها، جمعیت سال ۱۳۹۰ برای بررسی سرانه فضای سبز برآورد شد.

برای بررسی روند تغییرات فضای سبز شهر کرج طی سه دوره زمانی ۱۳۳۵، ۱۳۶۸ و ۱۳۹۰ با توجه به عدم وجود داده‌های ماهواره‌ای در سال‌های ۱۳۳۵ و ۱۳۶۸ به ترتیب از عکس‌های هوایی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ و ۱:۴۰۰۰۰ این سال‌ها، که پس از اسکن متریک در سامانه اطلاعات جغرافیایی اقدام به زمین مرجع کردن عکس‌ها شد استفاده شد. دقت به دست آمده در اولین عکس ۱۰/۴ متر و در دومین

۲/۷۳ متر بود همچنین برای تصحیح دقیق تر اقدام به اورتوریف کردن عکس‌های هوایی توسط مدل رقومی ارتفاع شد و در نهایت نقشه‌های کاربری اراضی و فضای سبز تهیه شدند و مساحت ادواری فضاهای سبز مشخص شد. برای تهیه نقشه فضای سبز سال ۱۳۹۰ از داده‌های ماهواره‌ای IRS-P5 سنجنده PAN مربوط به دوم مردادماه ۱۳۹۰ استفاده شد (شکل ۲) و از داده‌های ماهواره‌ای IRS-P6 سنجنده LISS-III مربوط به سوم آذرماه ۱۳۸۶ که تصویری چندباندی است، برای انتخاب مناطق نمونه برای طبقه‌بندی تصویر IRS-P5 بهره گرفته شد. شایان ذکر است که انتخاب باندهای مناسب برای طبقه‌بندی تصویر و تهیه نقشه کاربری اراضی براساس ارزیابی منحنی‌های انعکاس طیفی و ارزیابی هیستوگرام‌های همبستگی باندها صورت گرفت.



شکل ۲. تصویر ماهواره‌ای IRS-P5 شهر کرج

در نهایت با توجه به اینکه شاخص‌های سیمای سرزمین با تمام اجزای فیزیکی، اکولوژیکی و جغرافیایی سروکار دارد و در بر گیرنده کل فرایندها و الگوهای طبیعی و انسانی است (Naveh & Slimeberman, 1993) از شاخص‌های سطح کلاس^۱،

1. Total Area

تراکم لکه^۱، درصد مساحت از سیمای سرزمین^۲، شاخص شکل سیمای سرزمین^۳، شاخص بزرگ‌ترین لکه^۴ و میانگین شاخص شکل لکه^۵ وضعیت فضای سبز کلان‌شهر کرج بررسی شد که در جدول ۱ به توضیح این شاخص‌ها پرداخته شده است.

جدول ۱. سنجه‌ها یا نمایه‌های سیمای سرزمین

متریک‌های سیمای سرزمین	مخفف	شرح سنجه	واحد	دامنه تغییرات
سطح کلاس	TA	مساحتی از سیمای سرزمین که توسط یک کلاس معین اشغال شده است. سنجه‌ای برای نشان دادن ترکیب سیمای سرزمین است.	هکتار	$TA > 0$
تراکم لکه	PD	الگوی سیمای سرزمین را نشان داده و بیانگر تعداد لکه در واحد سطح (در هر صد هکتار) است و مقایسه سیمای سرزمین را با سطوح مختلف ساده‌تر می‌کند.	تعداد لکه در هر صد هکتار	$PD > 0$
درصد مساحت از سیمای سرزمین	PLAND	درصد مساحت اشغال شده از سیمای سرزمین که توسط یک کلاس اشغال شده است.	درصد	$0 < PLAND < 100$
شاخص شکل سیمای سرزمین	LSI	نسبت محیط کلاس به حداقل محیط ممکن برای یک کلاس با حداکثر تجمع (انباشتگی) است که زمانی اتفاق می‌افتد که کلاس تا حد ممکن در یک لکه فشرده و کپه‌شده باشد. هرچه کلاس پراکنده‌تر می‌شود این سنجه بدون محدودیت افزایش می‌یابد.	بدون واحد	$LSI \geq 1$
شاخص بزرگ‌ترین لکه	LPI	درصدی از سیمای سرزمین که توسط بزرگ‌ترین لکه اشغال شده است این سنجه یک اندازه‌گیری ساده از چیرگی است.	درصد	$0 < LPI < 100$
میانگین شاخص شکل لکه	SHAPE-MN	متوسط پیچیدگی شکل لکه است با افزایش مقدار این سنجه به صورت نامحدود شکل لکه نامنظم‌تر می‌شود.	بدون واحد	$SHAPE - MN \geq 1$

۳.۲. آماده‌سازی تصاویر

داده‌های ماهواره‌ای IRS از لحاظ هندسی زمین مرجع هستند ولیکن عوارض به‌درستی در موقعیت زمینی خود قرار نگرفته و نیاز است در مرحله آماده‌سازی، تصحیحات هندسی بر روی تصاویر انجام گیرد. بنابراین، در مطالعه حاضر از لایه‌های مسطحاتی نقشه ۱:۵۰۰۰۰ سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح (با استفاده از شبکه راه‌ها) به‌منزله نقشه مبنای انجام تصحیحات هندسی، استفاده شد. به‌منظور افزایش دقت تصحیح هندسی (خطا کمتر از یک پیکسل)،

ابتدا از فریم‌های مورد نظر، محدوده شهر کرج جدا شد و سپس تصحیح هندسی به روش چندجمله‌ای درجه یک انجام گرفت. از آنجا که به علت تک‌باندی بودن تصویر IRS-P5 امکان طبقه‌بندی فقط از دو روش حداقل فاصله^۶ و خطوط موازی^۷ وجود دارد از این‌رو با مقایسه این دو روش و بررسی مزایای هر روش، مناسب‌ترین طبقه‌بندی، روش حداقل فاصله تشخیص داده شد و طبقه‌بندی با این روش صورت گرفت و با توجه به اینکه بررسی تغییرات فضای سبز منطقه، هدف اصلی در این مطالعه بود، از این‌رو نقاط آموزشی براساس نوع پوشش زمین و از طریق بازدید میدانی و بررسی تصاویر Google Earth و با استفاده

1. Patch Density
2. Percentage of Landscape
3. Landscape Shape Index
4. Largest Patch Index
5. Shape Index-Mean

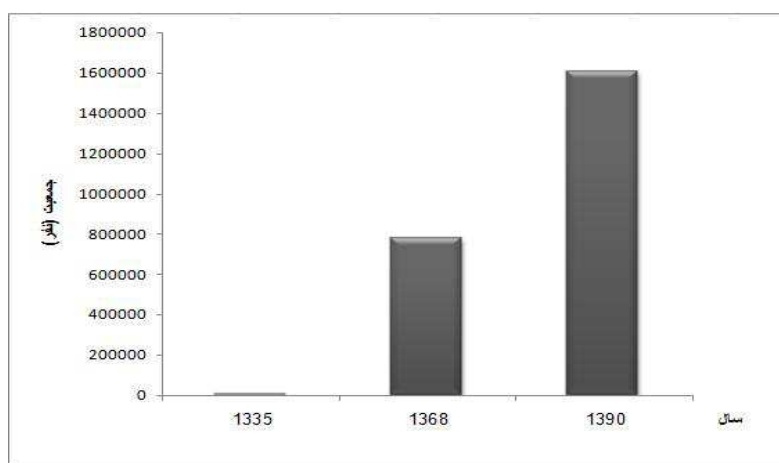
6. Minimum Distance
7. Parallelpiped

براساس آمار سرشماری سال ۱۳۳۵ و محاسبه نرخ رشد جمعیت به ترتیب ۱۴۵۲۶، ۷۷۸۸۴۰ و ۱۶۰۸۵۶۱ نفر بوده است (شکل ۳).

از تصاویر رنگی کاذب با ترکیب باندهای (R:5, G:4, B:3) تصویر IRS-P6 انتخاب شدند.

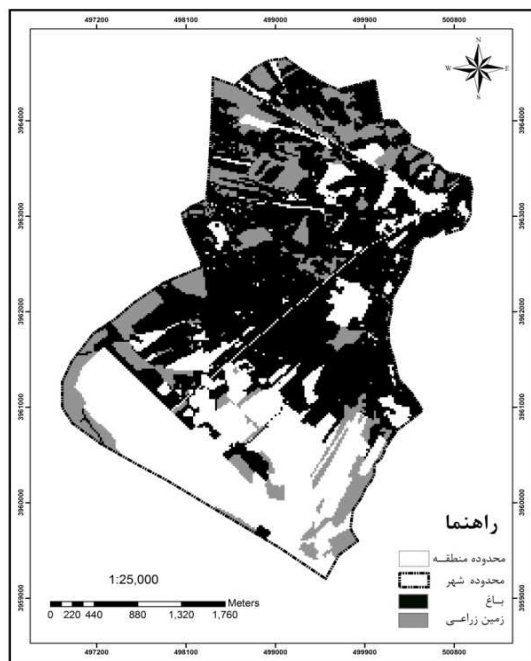
۳. نتایج

جمعیت شهر کرج در سال‌های ۱۳۳۵، ۱۳۶۸ و ۱۳۹۰



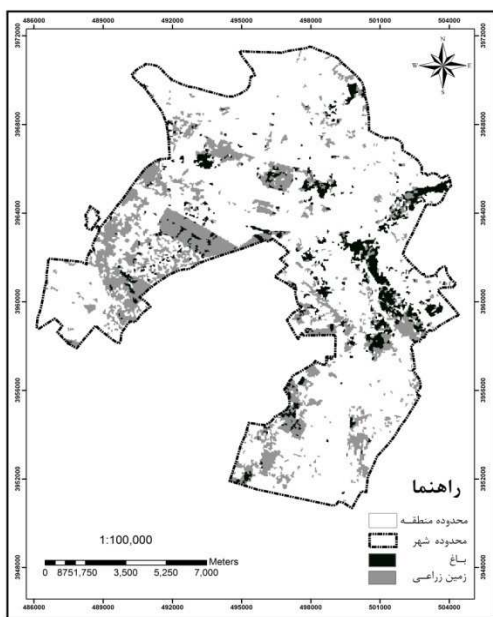
شکل ۳. نمودار تغییرات جمعیت شهر کرج طی سال‌های ۱۳۳۵، ۱۳۶۸ و ۱۳۹۰

پارک‌ها، فضاهای سبز پیرامون شهری، مراکز دولتی، خدماتی و آموزشی، باغ‌ها و زمین‌های زراعی در محدوده شهر کرج است (شکل‌های ۴ تا ۶).

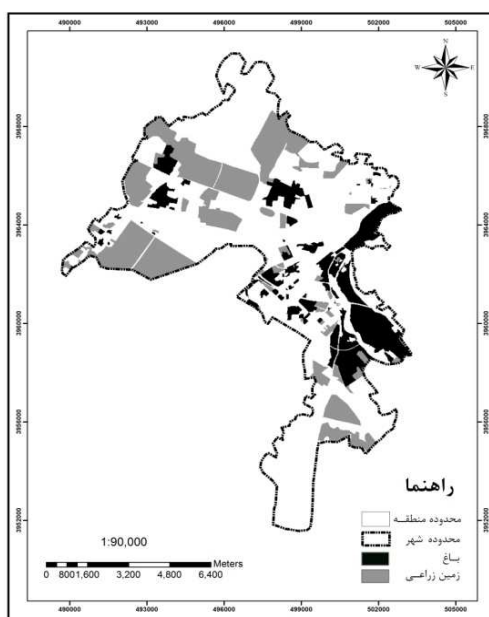


شکل ۴. نقشه محدوده گستره شهر کرج و فضاهای سبز در سال ۱۳۳۵

براساس نتایج به دست آمده از بررسی نقشه‌های ادواری فضاهای سبز تهیه شده، مساحت فضاهای سبز در سال ۱۳۳۵ برابر با ۸۱۰۱۸۷۳ مترمربع و حدود ۶۷ درصد مساحت شهر بود در این سال با توجه به جمعیت ساکن در شهر کرج سرانه فضای سبز برابر با ۵۵۸ مترمربع به دست آمد که این مقدار حدود ۲۲ برابر استاندارد جهانی اعلام شده از سازمان ملل متحد (معادل ۲۰ تا ۲۵ متر مربع) است. به همین دلیل شهر کرج در سال ۱۳۳۵ باغ شهر معرفی شده است. نتایج به دست آمده در سال ۱۳۶۸ نشان دهنده این است که با وجود افزایش فضای سبز شهری که برابر ۳۳۵۳۱۶۹۲ مترمربع در سال مذکور بود، فضای سبز تنها ۳۵ درصد مساحت شهر را شامل شده و سرانه فضای سبز نیز معادل ۴۳ مترمربع بوده که کاهش یافته است. در سال ۱۳۹۰ هم به رغم افزایش فضاهای سبز به وسعت حدود ۴۰۷۴۹۶۲۹ مترمربع، فضاهای سبز تنها ۲۳ درصد مساحت شهر را تشکیل داده است. بر این اساس سرانه فضای سبز در سال ۱۳۹۰ در کلان شهر کرج به ۲۵ مترمربع کاهش یافته که شامل



شکل ۶. نقشه محدوده گستره شهر کرج و فضاهای سبز در سال ۱۳۹۰



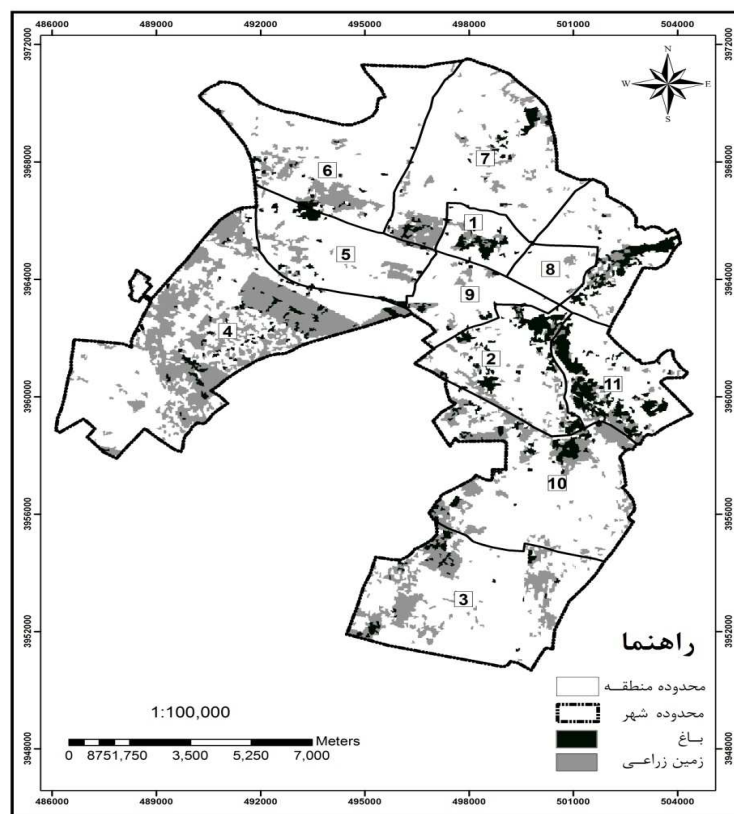
شکل ۵. نقشه محدوده گستره شهر کرج و فضاهای سبز در سال ۱۳۶۸

گانه از توزیع یکسانی برخوردار نیست (جدول ۲)، به طوری که منطقه ۴ با سرانه فضای سبز ۶۶ مترمربع و منطقه ۸ با سرانه فضای سبز ۲ مترمربع به ترتیب بیشترین و کمترین فضای سبز را دارند.

نتیجه به دست آمده از بررسی وضعیت فضاهای سبز به تفکیک برای ۱۱ منطقه شهری در منطقه پژوهش در سال ۱۳۹۰ از تصاویر IRS-P5 نشانه این است که سرانه فضای سبز با در نظر گرفتن جمعیت مناطق ۱۱

جدول ۲. سرانه فضای سبز مناطق ۱۱ گانه کلان‌شهر کرج

سرانه فضای سبز (مترمربع)	جمعیت (نفر)	مساحت (مترمربع)	منطقه شهری
۲۲/۶	۱۲۳۵۱۲	۲۷۸۸۹۰۹	۱
۲۴/۹	۱۲۱۷۳۸	۳۰۳۴۰۳۴	۲
۳۱/۸	۱۵۳۲۵۰	۴۸۷۵۵۲۸	۳
۶۶	۲۰۵۵۰۱	۱۳۵۶۷۹۱۱	۴
۹/۶	۱۸۹۱۷۷	۱۸۰۹۸۶۰	۵
۱۱/۵	۲۱۰۶۸۹	۲۴۳۲۰۲۴	۶
۲۶/۶	۲۰۱۲۸۰	۵۳۵۱۲۱۶	۷
۲	۸۹۲۵۴	۱۸۱۳۰۷	۸
۷/۴	۹۸۵۶۸	۷۲۸۹۷۰	۹
۳۶/۵	۱۴۰۳۰۶	۵۱۱۶۲۰۳	۱۰
۵۱/۴	۶۱۵۹۸	۳۱۶۴۹۴۱	۱۱



شکل ۷. موقعیت مناطق شهری کرج و فضای سبز آن‌ها در سال ۱۳۹۰

۴. بحث و نتیجه‌گیری

فضای سبز در سال ۱۳۹۰ نسبت به دوره‌های قبل در گستره شهر مناسب‌تر شده که بیانگر بهبود روند توسعه شهر از نظر پراکندگی است. اما سرانه فضای سبز روند کاهشی داشته است. براساس مقادیر محاسبه‌شده سنجه‌های LPI و LSI که مساحت مکانی فضاهای سبز در سطح و شکل سیمای سرزمین را نشان می‌دهند، بیشترین مقدار کمی فضای سبز مربوط به سال ۱۳۳۵ (با وسعتی حدود ۶۵ درصد مساحت کل شهر) بوده است که در سال ۱۳۹۰ به ۲ درصد کاهش یافته است. این در حالی است که پراکندگی فضاهای سبز روند افزایشی داشته است و مبین کاهش بی‌نظمی در پراکندگی فضای سبز در سال ۱۳۹۰ براساس سنجه SHAPE-MN است (جدول ۳).

نحوه توزیع فضایی، وسعت و پیوستگی فضای سبز که با استفاده از سنجه‌ها یا نمایه‌های سیمای سرزمین در سه دوره زمانی ۱۳۳۵، ۱۳۶۸ و ۱۳۹۰ صورت گرفته مبین این است که هر چند براساس سنجه CA مساحت فضای سبز در سه دوره زمانی بررسی شده در کلان‌شهر کرج افزایش داشته است، ولی درصد فضای سبز در این سال‌ها (PLAND) روند کاهشی را نشان می‌دهد. به عبارت دیگر توازن لازم بین افزایش مساحت فضای سبز شهر با جمعیت ساکن در آن وجود نداشته است. از سوی دیگر نتایج حاصل از سنجه PD نشان‌دهنده این است که توزیع

جدول ۳. وضعیت فضای سبز و تغییرات آن براساس سنجه‌های سیمای سرزمین طی سال‌های ۱۳۳۵ تا ۱۳۹۰ در کلان‌شهر کرج

SHAPE-MN (بدون واحد)	LSI (بدون واحد)	LPI (درصد)	PD (تعداد لکه در هر صد هکتار)	PLAND (درصد)	CA (هکتار)	دوره
۱/۸۵	۸/۸۹	۶۵	۱/۲۵	۶۷/۵۵	۸۰۹/۴۸	سال ۱۳۳۵
۱/۵۵	۱۱/۸۳	۶/۱۴	۱/۰۸	۳۷/۴۷	۳۳۵۳	سال ۱۳۶۸
۱/۵۴	۲۸/۷۱	۲/۹۶	۲/۲۸	۲۳/۲۷	۴۰۶۹/۹۲	سال ۱۳۹۰

و بررسی تغییرات در سیمای سرزمین همخوانی دارد. و از طرف دیگر با نتایج پژوهشی تحقیق Khazaie و Azari (2008)، در رابطه با تأیید امکان‌پذیری، کارایی و دقت استفاده از نمایه‌های سیمای سرزمین مبتنی بر سنجه‌های اکولوژی سیمای سرزمین نیز سازگار است.

با در نظر گرفتن نتایج به‌دست‌آمده و مقایسه آن‌ها با نتایج پژوهشی پیشین در جهان و ایران ملاحظه می‌شود که نتایج این پژوهش از یک طرف با نتایج پژوهش‌های Latrop و همکاران و Fazizade (2008) در رابطه با کاربرد داده‌های سنجش از دور و کارایی سیستم اطلاعات جغرافیایی در تجزیه و تحلیل داده‌ها

REFERENCES

- Basiri Dehkordi, F., 2006, System of environmental management in the West-Esfahan freeway by landscape index. The Environment School, Tehran University. (in Persian)
- Faizi zade, B., 2007. Comparing the methods of basic pixel in the provision of land use maps. Master research. School of Literature and Human Science, Tabriz University. (in Persian)
- Goward, S. N., Cruickshanks, G. D., Hope, A. S., 1985. Observed relation between thermal emission and reflected spectral radiance of a complex vegetated landscape. Remote sensing of Environment 18, 137-146.
- 4-Grami, V., 2011, Landuse changes in area of Gutvand Ahili during 2000-2010 with using ETM & ALI image by remote sensing and GIS. The GIS and Remote Sensing group, Shaid Chamran Ahvaz University. (in Persian)
- Haack, B. N., Rafter. A., 2006, Urban growth analysis and modeling in the Kathmandu valley, Nepal, Habitat International, Article in press
- Khazaii, N., Azari Dehkordi, F., 2008. Evaluation of landscape damaging in the banks of Sefidrood river by ecological indications of landscape, The programizing and managing group of the Environmen, The Environment School, Tehran University. (in Persian)
- Latrop, R. G., Tolloch, D. L., Hat field. C, 2006. Consequences of land use change in the New York- New Jersey High lands, USA: Landscape indicators of forest and watershed integrity. Landscape and urban planning, Article in press.
- Lee, S. W., Ellis, C. D., Kweon, B. S., Hong, S. K., 2008. Relationship between landscape structure and neighborhood satisfaction in urbanized areas. Journal of landscape and urban planning, 85: 60-70.
- Naveh, Z., Slieberman, A., 1993. Landscape Ecology, Theory and Application, 38 PP.
- Safianian, A., Mokhtary, Z., Khajehdin, S., Ziyaie, H., 2010. Evaluation landuse shape and size changes in city of Esfahan by GIS and landscape index. Geomatic 89. (in Persian)
- Shataee, Sh., Abdi, O., 2007, Land Cover Mapping in Mountainous Lands of Zagros Using ETM⁺ Data (Case Study: Sorkhab Watershed, Lorestan Province), J., Agri. Sci. Natural Resources, Vol. 14, No. 1. Pp. 129-139. (in Persian)
- Sotode, Ahad., 2010, The application of ecological health in the indexes for the determination of urban development in the biome of Turanian-Iran. The programizing and managing group of the Environmen, The Environment School, Tehran University. (in Persian)
- Theobald, D. M., 2010. Estimating natural landscape changes from 1992 to 2030 in the conterminous US. Journal of landscape Ecology 25: 999-1011.
- Wang, X., Zheng, D., and Shen, Y., 2008. Land use change and its driving forces on the Tibetan plateau during 1990-2000. Journal of catena 72: 56-66.