تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۴/۱۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۹/۱۹

پایش مکانی – زمانی شبکه سبز اکولوژیک شهر کرج از منظر اکولوژی سیمای سرزمین

یحیی چهرآذر
دانشجوی کارشناسی ارشد آموزش محیط زیست دانشگاه تهران
حمیدرضا جعفری
استاد گروه برنامه ریزی، مدیریت و آموزش محیط زیست دانشگاه تهران
فائزه چهرآذر
کارشناس ارشد برنامه ریزی، مدیریت و آموزش محیط زیست دانشگاه تهران

چکیده
افزایش بی رویه جمعیت در شهر کرج به خصوص در سه دهه اخیر موجب گسترش سریع مناطق انسان ساخت و تخریب سیمای سرزمین و الگوی ساختاری اکوسیستم‌های طبیعی و غیرطبیعی گردیده است. کرج که در سال‌های دور به عنوان باغشهر مطرح بوده، اکنون کلان شهری است که بقایای اندکی از فضای سبز شهری آن باقی مانده است. بنابراین داشتن اطلاعات لازم در مورد این تغییرات برای مدیریت و برقراری نظم طبیعی پایدار اکوسیستم‌ها ضروری است، سنجه‌های سیمای سرزمین ابزارهای کمی ساز وضعیت سیمای سرزمین هستند،که تنوع و گوناگونی آنها موجب کاربرد وسیع آنها در برنامه ریزی‌های مرتبط با مطالعات زمین شده است. این سنجه‌ها قادرند در مدت زمان کوتاهی اطلاعات زیادی در مورد ساختار و تغییرات اجزای تشکیل دهندهٔ سیمای سرزمین به ما بدهند. این تحقیق با هدف اصلی مطالعه روند الگوی تغییرات زمانی - مکانی فضای سبز شهری با رویکرد منظر اکولوژی سیمای سرزمین انجام شد. بر این اساس پایش تغییرات سیمای سرزمین با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست در سال‌های ۱۳۷۸ و ۱۳۹۳ میلادی با شیوه مقایسه پس از طبقه بندی با استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین و با روش همدید انجام شد. نتایج حاکی از آن است که به طور کلی سیمای سرزمین کل شهر کرج تکه تکه‌تر شده است. تغییرات سیمای سرزمین در مقیاس کلان طبقه فضای سبز با کاهش مساحت و میانگین اندازه لکه‌ها وافزایش تراکم حاشیه لکه‌ها و بی نظمی بیشتر در شکل و خرد شدن و از بین رفتن لکه‌های فضای سبز را نشان می‌دهد.

کلمات کلیدی: فضای سبز، اکولوژی سیمای سرزمین، سنجه، شبکه سبز اکولوژیک، شهر.

نویسنده مسئول: فائزه چهر آذر، کارشناس ارشد برنامه ریزی، مدیریت و آموزش محیط زیست دانشگاه تهران، faeze_chehrazar@ut.ac.ir

۱- مقدمه

۱-۱- طرح مساله

شرایط نامساعد، کمبودها و نقایص (فضاهای باز و سبز شهری در کلانشهرهای کشور لزوم توجه به این فضاها را به لحاظ عملکردهای اکولوژیک و اجتماعی بیش از گذشته مطرح نموده است. دور شدن شهرنشینان از طبیعت و زندگی در جنگل، آهن و آسفالت و سیمان نیز مشکلات روحی، افسردگی‌ها و کاهش کارایی روحی و جسمی انسان را به دنبال داشته است. بدین واسطه تحلیل ساختاری شهر در رویکرد برنامه‌ریزی شهری در دهه‌های پایانی قرن بیستم انعکاس گسترده‌ای یافت. در دهه‌های اخیر استفاده از رهیافت اکولوژی سیمای سرزمین به‌منزلهٔ دانش مسئله‌محور نقش مهمی در کیفیت محیط‌زیست شهری داشته است (2008,Makhdoum). یکی از مهم‌ترین روی هم افتادگی‌ها و امکان تشریک مساعی میان برنامه‌ریزی کاربری سرزمین و اکولوژی سیمای سرزمین در مدیریت و حفاظت از ذخایر طبیعی می‌باشد. سیمای سرزمین، چیدمانی است که در آن ترکیبی از کاربری‌های سرزمین در یک منطقه و درشکل مشابهی تکرار شده‌اند (Apan 2002 et al,). و با توجه به اینکه سطح زمین تحت تأثیر تغییرات مداوم سیمای سرزمین است (Paudel & Yuan ,2012). لذا برنامه‌ریزی کاربری زمین بدون بهره‌گیری از اصول اکولوژی سیمای سرزمین امری ناممکن است (نوحه‌گر و همکاران،۱۳۹۲). به علت بلند مدت بودن برنامه‌های مربوط به بازسازی و احیاء این ذخایر و تاثیرپذیری آنها از سایر طرح‌های توسعه موجود در منطقه لازم است. در استراتژی مدیریتی مربوط به این طرح‌ها توجه به اصول اکولوژی سیمای سرزمین را در اولویت خود قرار داد. لذا الگوبرداری از مدل‌هایی که اصول اکولوژی سیمای سرزمین را در برنامه‌ریزی و مدیریت فضاهای سبز شهری بیان می‌کند گام بسیار بلندی در جهت بهبود ارتقاء کیفیت محیط زیست شهری است.

۱- اهمیت و ضرورت تحقیق

شهر، با شکل و شمایل کنونی‌اش، با توجه به تاریخ سکونت-گاهی انسان (حداقل ده‌هزار سال)، موجودیتی نو- زاده- شده است. این موجود نوظهور، اگر چه وسعت اندکی از کل سرزمین را اشغال کرده است (قریب به ۵ درصد)، اما اکثریت جمعیت انسانی را درون خویش بلعیده و درصدد است تا به تمام سیستم‌های فرهنگی و اکولوژیکی دست‌اندازی کرده و آن‌ها را در راستای خویش جهت‌دهی کند (Forman, 2008). شرایط نامساعد، کمبودها و نقایص فضاهای باز و سبز شهری در کلانشهرهای کشور لزوم توجه به این فضاها را به لحاظ عملکردهای اکولوژیک و اجتماعی بیش از گذشته مطرح نموده است. دور شدن شهرنشینان از طبیعت و زندگی در جنگل آهن و آسفالت و سیمان نیز مشکلات روحی، افسردگی‌ها و کاهش کارایی روحی و جسمی انسان را به دنبال داشته است. بدین واسطه تحلیل ساختاری شهر در رویکرد برنامه‌ریزی شهری در دهه‌های پایانی قرن بیستم انعکاس گسترده‌ای یافت. امروزه مفهوم شهرها بدون فضای سبز موثر در اشکال گوناگون آن دیگر قابل تصور نیست. پیامدهای توسعه شهری و پیچیدگی‌های معضلات زیست محیطی آنها موجودیت فضای سبز و گسترش آن برای همیشه اجتناب ناپذیر کرده‌اند. در این پژوهش سعی شده است با توجه به بررسی سنجه‌های سیمای سرزمین در دو مقطع زمانی ۲۰۰۰ و ۲۰۱۵ میلادی و تغییرات آن‌ها و نتایج حاصل از محاسبه سنجه‌های با استفاده از استراتژی‌هایی که ذکر گردید و ارتباط آن با سیمای سرزمین شهر کرج، به راهبردی جهت کاربردی کردن این استراتژی‌ها در قالب یک ارزیابی کمی از تاثیر تغییر و ساختار و عملکرد سیمای سرزمین در فضای سبز شهر کرج دست یابیم.

۲- پیشینه تحقیق

یکی از مسایل مهم برای تبیین مبانی نظری، بررسی تجارب نظری و عملی در خصوص موضوع محوری تحقیق در مقیاس جهانی و ایران است. در این جهت مطالعاتی بسیاری صورت گرفته است. شامل موارد زیر است: Liu و همکاران (۲۰۱۵) به بررسی فضای سبز و شبکه جاده‌ها با از استفاده سنجه‌های سیمای سرزمین پرداخته است. فضای سبز برای دو دوره (۲۰۰۵) و (۲۰۲۰) برنامه ریزی شده که متریک‌های مورد

بررسی نشان می‌دهد فضای سبز حال و ضعیت بهتری نسبت فضای سبز ۲۰۲۰ دارد. فضای سبز ۲۰۲۰ تکه تکه شده و اتصال بین آنها کم شده است در حالیکه شبکه راه‌ها اتصالات و ارتباطات را افزایش می‌دهد این امر موجب بهبود وضعیت اکولوژیکی شهر در سال ۲۰۲۰ می شود. Yuhong و همکاران (۲۰۱۱) به ارزیابی فضای سبز هنگ کنگ با استفاده از شاخص تکه تکه شدن و روش هشت سنجه و PCA به تجزیه و تحلیل تکه تکه شدن فضای سبز پرداختند که پنج سطح قطعه قطعه شده‌اند نتایج حاصل از مطالعه می‌تواند به درک افراد در دیدگاه زیست محیطی سیمای سرزمین کمک کند و همچنین در برنامه ریزی آینده فضای سبز شهر با افزایش شبکه‌های سبز، شکل شبکه‌های سبز، پایداری را در شهرهای کوچک افزایش دهد. Ghaffari و Monavari (۲۰۱۳) به بررسی تغییرات فضای سبز تبریز دومین شهر بزرگ صنعتی ایران بر اساس اصول سیمای سرزمین پرداخته است نتایج نشان می‌دهد بخش بزرگی از منطقه رشد سریعی در ساخت و ساز داشته است و کمترین میزان منطقه به فضای سبز وبیشترین به زمین های بایر تعلق داشته است. بین ساخت و ساز و فضای سبز تعادل برقرار نشده و میزان فضای سبز کم است. Kong و همکاران (۲۰۱۴) به بررسی اثر خنک‌کننده الگوی فضای سبز شهری در منطقه‌ای در شرق چین پرداختند در این مطالعه به این نتیجه رسیدند مناطق با درصد بالاتری دارای پوشش جنگلی هستند اثر خنک‌کندگی بیشتری دارند و با افزایش پوشش ۱۰ درصدی گیاهی در منطقه جنگلی حدود ۰/۸۳ درجه سانتی گراد کاهش می‌دهد. لذا مطالعه حاضر با استفاده از اکولوژی سیمای سرزمین که ویژگی‌های اصلی سیمای سرزمین همچون الگو، فرآیندهای اکولوژیکی و مقیاس‌های زمانی- مکانی را بیان می‌کند، تغییرات پوشش سرزمین را ارائه می‌دهد. بدین منظور تحلیل تغییرات شبکه سبز اکولوژیک سیمای سرزمین در یک دوره ۱۵ ساله (۱۳۷۸؛ ۱۳۹۳) انجام شد. جهت دستیابی به این هدف از مزیت‌های سنجه‌های سیمای سرزمین در بررسی تغییرات منطقه در سطح کلاس و سیما استفاده شده است.

۳-مفاهیم

سیمای سرزمین شهری موزاییک ناهمگنی از لکه‌های فیزیکی و زیستی می‌باشد (Machils et al,1997) سیماهای شهری به شدت در حال تکه تکه شدن در طول زمان هستند Alberti). (2004, الگوی سیمای سرزمین شهرها به شدت بوسیله‌ی آمایش سرزمین و تغییرات کاربری اراضی تغییر می‌کند. تغییرات الگوی سیمای سرزمین مرتبط با شهرسازی از عوامل مهم تغییرات آب وهوایی و اکولوژیک در سطوح محلی، منطقه‌ای و جهانی است (Wegen,2007). مفاهیمی چون لکه، کریدور و ماتریس که بوسیله‌ی فرمن و گودرون(۱۹۸۶) وارد علم سیمای سرزمین شدند به‌عنوان عناصر پایه برای توصیف الگوهای مکانی در سیمای سرزمین شهری نیز به‌کار گرفته شده است (Wollf 2004, et al). شهرها به‌عنوان سیمای سرزمین موزاییک از سه عنصر مختلف تشکیل شده‌اند: ۱) کاربری‌های مصنوعی و انسان‌ساخت مانند جاده‌ها، کارخانجات، صنایع، مناطق مسکونی، بازار و سایر ساختمان‌ها ۲) عناصر نیمه‌طبیعی و نیمه‌مصنوعی مانند پارک‌ها، فضای سبز و زمین‌های کشاورزی ۳) سیمای سرزمین‌های طبیعی مانند رودخانه، ذخیره‌گاه‌های طبیعی موزاییک سیمای سرزمین شهری از سایر موزاییک‌های سیمای سرزمین از لحاظ ساختار و عملکرد متفاوت است. کارکرد اصلی موزاییک شهری فراهم ساختن مکانی برای زندگی و خدمات انسانی است (Yu,2006) . در فضای سبز شهری ارزش‌های اجتماعی، زیست محیطی و فرهنگی قابل توجه است. مطالعات متعددی نشان می‌دهد مزایای بسیاری در رابطه با سلامتی و تندرستی افراد از جمله آرامش دارد و از نظر اکولوژیکی خدماتی از کاهش آلودگی هوا، سر وصدا و دمای هوا، ایجاد زیستگاه حیات وحش و پیشگیری از سیل و فرسایش خاک می‌گردد (li & et al, 2017). شناخت اهمیت فضای سبز در اکوسیستم‌های شهری منجر به کار قابل توجهی روی برنامه‌ریزی فضای سبز شهری، در جهت ارتقای محیط زیست شهری و کیفیت زندگی می‌شود(wang & Zhou,2011).

۱-۳-شبکه سبز اکولوژیک

مدل شبکهٔ سبز از معدود الگوهایی است که توزیع بهینهٔ مکانی و چیدمان لکه‌های سبز در سرزمین را به تصویر می‌کشد (Forman 2008). شبکه‌های سبز به عنوان مجموعه‌ای از شبکه‌ها با عملکرد اجتماعی و زیست محیطی که به یک نهاد فضایی منسجم از طریق جریان موجودات مرتبط تعریف شده است و با ماتریس سیمای سرزمین در ارتباط است (Xiu,2017).

-۳-اکولوژی سیمای سرزمین

از آنجا که اکولوژی سیمای سرزمین نظام‌های وسیع و متغیری را در برمی‌گیرد، تعاریف مختلفی نیز در این زمینه وجود دارد. به طور کلی اکولوژیست‌ها و طراحان، مفاهیم اکولوژی منظر را برای توسعه فضایی در محیط‌های شهری به کار برده و در جهت تحلیل شرایط و نیز شبکه اکولوژی شهری، سنجه‌های منظر به طور وسیعی توسط اکولوژیست‌ها استفاده شده‌اند (Zhang Ozdemira, et al 2012. Bode et al, . and Wang, 2006 2008). اکولوژی سیمای سرزمین، الگوهای سیمای سرزمین (اعم از طبیعی و انسانی)، فرآیندهای مرتبط با آنان، چگونگی تغییرات این الگوها و ارتباطات متقابل آنها را طی زمان، مطالعه و بررسی می‌کند. اکولوژی سیمای سرزمین بر مبنای این تفکر شکل گرفته است که تغییر در الگوهای سیمای سرزمین به شدت ویژگی‌های اکولوژیکی را تحت‌تاثیر قرار می‌دهد.

۳-۳-روند تغییرات سیمای سرزمین

۳-۳-۱-سوراخ شدگی[1]: شامل ایجاد لکه‌های جدید و اختلالی در پوشش اولیه است.

۳-۳-۲-جداافتادگی[2]: در این حالت لکه‌های زیستگاهی از یکدیگر جدا شده و ارتباط مؤثر خود را از دست می‌دهند.

۳-۳-۳-دوتکه شدن[3]: شامل عبور عنصر خطی (مانند جاده) از پوشش اولیه و تبدیل آن به دو قسمت است.

۳-۳-٤-حذف[4]: در این حالت لکه زیستگاهی مورد نظر به طور کامل ناپدید شده و به این ترتیب از تعداد کلی لکه‌ها کاسته می‌شود.

۳-۳-۵-کاهش اندازه[5]: در این حالت اندازه لکه‌های زیستگاهی کوچکتر می‌شود.

جاده‌ها به صورت مستقیم، یا غیرمستقیم در ایجاد همه تأثیرات فضایی مرتبط با از هم‌گسیختگی نقش دارند (Forman,1995). سیمای سرزمین به عنوان یک واحد مشخص و قابل سنجش، که بوسیله گروه‌هایی از اکوسیستم‌های تاثیر گذار بر یکدیگر، که از لحاظ فضایی قابل تکرار و قابل تمایزاند، تعریف می‌شود. بر این اساس اکولوژی سیمای سرزمین دارای سه اصل ساختار، عملکرد و تغییر است.

۳-۳-٦-ساختار

ماهیت سیمای سرزمین را عناصر ساختاری آن یعنی سه عنصر اصلی بستر، لکه و کریدور تعریف می‌کنند:

۳-۳-۷-بستر

بستر عنصر غالب در سیمای سرزمین است و نقش اساسی در سیمای سرزمین در عملکرد سیمای سرزمین نقش اساسی دارد. به طور کلی مساحت بستر خیلی زیاد است و عناصر سیمای سرزمین را احاطه می‌کند(Forman,1998).

۳-۳-۸-لکه

لکه یکی از عناصر ساختاری سیمای سرزمین است. لکه‌ها، قطعات غیرخطی هستند که از نظر پوشش اراضی با محیط پیرامونشان متفاوتند و براساس خاستگاه یا نحوه شکل گیریشان در چهار دسته طبقه‌بندی می‌شوند: لکه‌های اختلالی، لکه‌های بازمانده، لکه‌های با منشأ طبیعی و لکه‌های معرفی شده (Forman, 1998).

۳-۳-۹-کریدور

کریدورها نوارهای باریکی هستند که با بستر پیرامون خود متفاوتند. کریدورها معمولا لکه های مشابه را به هم وصل می‌کنند و باعث انقطاع و کاهش پیوستگی در بستر می‌شوند. کریدورها به عنوان نوعی لکه از جنبه های مختلف نظیر زیبایی،

[1] Perforation
[2] Fragmentation
[3] Dissection
[4] Attrition
[5] Shirinkage

حفاظت از یک محدوده و همچنین به عنوان محل انتقال مواد، گونه و ...با انواع مختلف در سیمای سرزمین مطرح شده‌اند. کریدورها نیز همانند لکه‌ها، با توجه به منشأ تشکیل‌دهنده‌شان، در انواع مختلف قابل بررسی هستند (Forman,1998).

٤-۳- عملکرد سیمای سرزمین

مجموعه ارتباطات متقابل در درون هر یک از عناصر سیمای سرزمین و میان این عناصر با یکدیگر از طریق جریان ماده، انرژی و گونه، عملکرد سیمای سرزمین را مشخص می‌سازد. عملکرد و ساختار با یکدیگر در تعامل بوده و هر یک دیگری را متاثر می‌نماید. به طور مثال عملکرد لکه‌های فضای سبز در سیمای سرزمین شهری، از لحاظ اکولوژیکی ایجاد شرایط اقلیمی خرد مطلوب و از لحاظ اجتماعی تامین فضاهای تفرجگاهی است.

٥-۳-تغییر سیمای سرزمین

تغییر، تکامل و جایگزینی در ساختار و عملکرد بوم‌شناختی سیمای سرزمین طی زمان است. (Forman,1998). تغییرات در ساختار سیمای سرزمین باعث تغییر در عملکرد می‌شود و برعکس تغییر می‌تواند ناشی از دخالت دو عامل طبیعی و انسانی باشد. احداث جاده، نابودی جنگل‌ها و ساخت و ساز از جمله تغییرات انسانی است که ساختار سیمای سرزمین را متحول ساخته و عملکرد آن را مختل می‌کند. به‌عنوان مثال ساخت و ساز در بدنه رود دره‌ها و تغییر شکل طبیعی رودخانه‌ها بعنوان یک کریدور طبیعی جریان آب و هوا، جریانات از بالادست کوهستان (به پایین دست) دشت را تحت تاثیر قرار می‌دهد (یاوری، ۱۳۸۳). با شناسایی عناصر سیمای سرزمین، ارتباطات میان آن‌ها، عملکرد و تغییر این ارتباطات طی زمان می‌توان، در خصوص مدیریت و هدایت روند تغییرات سیمای سرزمین بهتر تصمیم گرفت.

٦-۳-کاربرد اصول اکولوژی سیمای سرزمین در برنامه‌ریزی فضای سبز شهری

تحلیل تغییرات زمانی و توزیع مکانی فضاهای سبز شهری حایز اهمیت خاصی است زیرا در شناسایی مکان‌هایی که در گذشته فضاهای سبز و باز بوده‌اند به منزله مکان‌هایی که دارای استعداد طبیعی برای توسعه فضاهای سبز هستند کمک می‌کند و امکان درک آثار شهرنشینی بر تخریب گیاه و استعدادهای اکوسیستم را فراهم می‌آورد، همچنین زمینه مطالعه الگوهای سیمای سرزمین شهری و پیامدهای اکولوژیکی ناشی از فرایند شهرنشینی و رشد شهری را به وجود می‌آورد. با چنین تحلیلی می‌توان به طور مؤثری الگوها و فرایندهای اکولوژیک را به هم مربوط ساخت که خود پیش شرط مهمی برای تحلیل عملکردهای اکولوژیکی فضاهای سبز شهری است. به طور مثال با تعیین نحوه توزیع فضایی و ترکیب و تغییرات زمانی فضاهای سبز شهری و در نهایت پهنه‌بندی الگوهای به دست آمده می‌توان فرایندهای اکولوژیک پهنه‌های مذکور را تعیین و ارتباط بین آنها را پیداکرد. بنابراین علاوه بر آنکه فضاهای سبز گویای شرایط فضایی توزیع منابع آب و خاک و پتانسیل‌های توسعه هستند، بررسی تغییرات آنها برای ارزیابی روند رشد شهر اهمیت دارد (پریور، ۱۳۹۰).

٤- معرفی سنجه‌های سیمای سرزمین

(CA): شامل مجموعه مساحت تمامی مساحت هر طبقه لکه‌های طبقه است. که معمولا برحسب هکتار محاسبه می‌شود.

(MNND): عبارت است از متوسط فاصله نزدیکترین همسایه از متوسط فاصله بر حسب متر از نزدیک‌ترین لکه از همان نوع که برحسب کوتاه‌ترین فاصله لبه به لبه لکه‌ها محاسبه می‌شود.

(NUMP): در صورت استفاده در سطح سیمای سرزمین تعداد لکه‌ها سرزمین نشان‌دهنده تعداد کل لکه‌های موجود در سیمای سرزمین و در سطح طبقات، نشان‌دهنده کل لکه‌های موجود در هر طبقه است.

(MPS): متوسط اندازه لکه مبین میانگین متوسط اندازه لکه‌ها در هر طبقه بوده و از تقسیم مساحت هر طبقه به تعداد لکه‌ها در هکتار محاسبه می‌شود.

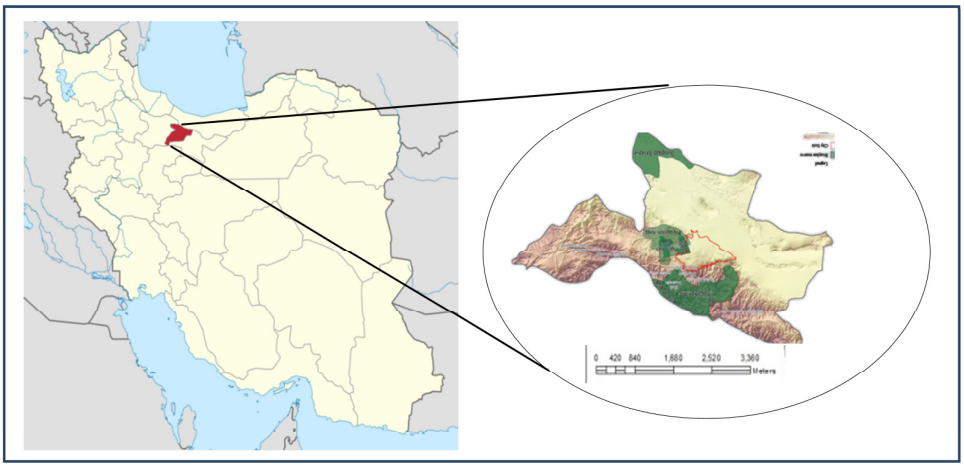
(ED): تراکم لبه، مقدار لبه نسبت به کل مساحت تراکم لبه سیمای سرزمین است که برحسب متر بر هکتار بیان شده است.

٥- مواد و روش

٥-۱- بررسی موقعیت منطقه

شهر کرج واقع در استان البرز در شیب جنوبی سلسله جبال البرز واقع از سمت شمال با سلسله جبال البرز و استان مازندران

از جنوب به ناحیه بیابان مرکزی ایران، از شرق با ارتفاعات البرز محدود می‌گردد. این شهر با ۱۶۲ کیلومتر مربع وسعت در ۳۵ کیلومتری غرب تهران و در دامنه جنوبی رشته کوههای البرز قرار گرفته است.



تصویر (۱): محدوده مورد مطالعه (ترسیم نگارندگان: ۱۳۹۵)

۵-۳-استخراج و انتخاب سنجه‌های سیمای سرزمین

در این تحقیق تعداد ۵ سنجه سیمای سرزمین مورد محاسبه و بررسی قرار گرفته است. نحوه انتخاب سنجه‌ها بر اساس اهداف و مقیاس مطالعه، خروجی آن و بررسی منابع داخلی و خارجی بوده است. در جدول (۱) توضیحات مربوط به هر سنجه به همراه نوع آن و همچنین دامنه تغییرات عددی آن ارائه شده است. در مجموع ۵ سنجه جهت کمی سازی سیمای سرزمین در سالهای ۲۰۰۰و ۲۰۱۵ اندازه‌گیری شدند که خصوصیات آنها در جدول (۱) آورده شده است.

جدول (۱): سنجه‌های مورد استفاده در مطالعه

نوع سنجه	دامنه تغییرات	فرمول
مساحت طبقه (CA)	CA > 0بدون محدودیت	$CA = \sum_{J=1}^{n} A_{ij}$
تعداد لکه‌ها (NP)	NP≥ ۱ بدون محدودیت	$NP = n_i$
متوسط اندازه لکه‌ها (MPS)	MPS >0	$MPS = \frac{\sum_{j=1}^{n} aij}{ni}\left[\frac{1}{10{,}000}\right]$
تراکم حاشیه (ED)	ED >0	$ED = \frac{\sum_{k=1}^{m} e_{ik}}{A}(۱۰۰۰)$
میانگین نزدیکترین همسایه (MENN)	ENN-MN >0	$MNN = \frac{\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n'} h_{ij}}{N'}$

۶- تحلیل یافته‌ها

۶-۱-تجزیه تحلیل سینوپتیک(هم‌دید)سیمای سرزمین

به منظور تحلیل تغییرات سیمای سرزمین به روش سنیوپتیک یا (هم دید) نیاز است که نقشه‌های سیمای سرزمین شهر کرج در دو مقطع زمانی ۱۳۷۸ و ۱۳۹۳ با روش نقشه سازی یکسان (تفسیر تلفیقی) گستره یکسان از محدوده مورد مطالعه و اندازه دانه یکسان (سی متر) تهیه شوند تا ویژگی‌های ترکیب و پیکره‌بندی سیمای سرزمین با سنجه‌های یکسان مقایسه شود و در تغییرات سیمای سرزمین پایش شود.

تصاویر پوشش گیاهی سالهای (۱۳۸۷و ۱۳۹۳) را در تصویر (۲ و ۳) مشاهده می‌شود

٦-۲-تحلیل سینوپتیک(هم دید) سیمای سرزمین کرج در مقیاس کلان

بررسی سنجه‌های سیمای سرزمین کل شهر کرج (مقاطع زمانی سال‌های ۱۳۷۸ و ۱۳۹۳ میلادی)

در جدول‌های(۲)، نتایج حاصل از بررسی و مقایسه سنجه‌های سرزمین در شهر کرج طی یک دوره پانزده ساله ارائه شده است.

سنجه CA

کاهش اندازه مساحت پوشش گیاهی از ۵۴۰۳ به ۲۸۶۷ هکتار از بین رفته و کاهش یافته‌اند

سنجه ED

تراکم لبه پوشش گیاهی در این دوره زمانی از ۳/۵ به ۲۸/۱۷ متر در هکتار کاهش داشته که در مجموع روند سیمای سرزمین شکل لکه‌های این طبقه ساده‌تر شده است.با توجه به تغییر کاربری اراضی شهری و ساخت و سازها، مساحت فضای سبز شهری به مقدار قابل توجهی باغ‌ها و همچنین احداث جاده در میان فضای سبز و خرد کردن و خورده شدن باغات و زمین‌های کشاورزی در جهت ساخت شهرک‌ها می‌باشد. توسعه انسان ساخت موجب کاهش میزان لبه لکه‌های فضای سبز (ED) گردیده و خورده شدن و نامنظم شدن آنها گردیده است.

جدول (۲): سنجه‌های طبقه فضای سبز محاسبه شده در سطح کلاس(۱۳۹۳-۱۳۷۸)

سال	طبقه	متریک‌های در سطح کلاس				
		CA (هکتار)	MPS (تعداد لکه در هکتار)	NP (بدون واحد)	ED (متر در هکتار)	ENND (متر)
۱۳۷۸	فضای سبز	۵۴۰۳	۳/۴۷	۱۵۵۷	۳۵/۵	۸۱/۶۷
۱۳۹۳	فضای سبز	۲۸۶۷	۱/۵۸	۱۵۴۸	۲۸/۸	**۸٦/٦۱**

تصویر (۲): نقشه پوشش گیاهی ۱۳۷۸ (منبع: نگارندگان)

تصویر (۳): نقشه پوشش گیاهی ۱۳۹۳ (منبع: نگارندگان)

نتیجه گیری

به کارگیری یک رهیافت ترکیبی که بتواند نسبتا سریع، با دقت مناسب و با استفاده از اطلاعات گذشته سرزمین به مطالعه روند و الگوی گسترش شهر و اثرات آن بر سیمای سرزمین بپردازد برای برنامه ریزان شهری و سیمای سرزمین از اهمیت زیادی برخوردار است. پایش و پیش بینی تغییرات ساختاری سیمای سرزمین در اثر گسترش شهری در طی زمان با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، مدل سازی مکانی در محیط سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی و متریک‌های سیمای سرزمین رهیافتی مناسب به منظور بررسی اثرات محیط زیستی توسعه شهری

می‌باشد. نتایج حاکی از آن است که به طور کلی سیمای سرزمین کل شهر کرج تکه تکه تر شده است. تغییرات سیمای سرزمین در مقیاس کلان طبقه فضای سبز با کاهش مساحت و میانگین اندازه لکه‌ها و افزایش تراکم حاشیه لکه‌ها و بی‌نظمی بیشتر در شکل و خرد شدن لکه‌ها را نشان می‌دهد. قطعا کاهش مساحت فضای سبز از طریق متریک مساحت لکه فضای سبز قابل مشاهده است و همانطور که میانگین اندازه لکه‌های فضای سبز شهری کوچکتر شده است اندازه فواصل لکه‌ها بیشتر گردیده که بیانگر دورتر شدن لکه‌ها از یکدیگر در اثر فرایندهای توسعه شهری می‌باشد، این گسستگی ارتباطات منجر به کاهش کیفیت ساختاری و اکولوژیکی منظر شهر از طریق کاهش ارتباطات لکه‌ای، تخریب و از بین رفتن زیستگاه‌های بسیاری از موجودات و به خصوص پرندگان و گونه‌های اکولوژیک و در نهایت منجر به کاهش تنوع زیستی می‌گردد، در عین حال تخریب باغات و پوشش سبزی که در متناسب‌ترین شرایط اکولوژیکی، ژئومورفولوژیکی، اقلیم و خاک طی سالیان متمادی از نسل‌های گذشته به ما رسیده و نوعی میراث طبیعی محسوب می‌گردد، عملی غیر علمی و غیر اقتصادی (به دلیل احداث پارک‌ها با پوشش نفوذ ناپذیر زیاد با مکانیابی و طراحی نادرست) و مغایر با اصول اکولوژیکی و حفاظت از محیط زیست است، لذا ادامه گسترش روند ساخت وساز در این کاربری‌ها بدین صورت بسیاری از مشکلات آینده محیط‌زیست کلانشهر کرج را رقم خواهد زد. مدیران منابع از شاخص‌های سیمای سرزمین برای تجزیه و تحلیل تغییر و پویایی الگوی لکه‌های فضای سبز موجود در اکوسیستم‌های شهری در طول زمان با توجه به تأثیر عوامل مختلف و چگونگی فعالیت‌های انسان و تأثیرش بر منطقه استفاده شود.

منابع

۱. پریور، پرستو. ۱۳۹۰. تحلیل تغییرات زمانی و توزیع مکانی فضاهای سبز شهری تهران در مقیاس سیمای سرزمین محیط شناسی، سال سی و چهارم شماره ۴۵ بهار ۹۰، صفحه ۸۴- ۷۳

۲. یاوری، احمد رضا، ۱۳۸۳. اصلاح ساختار اکولوژیک و عملکرد زیست محیطی شهری، مورد مطالعاتی کریدورهای طبیعی رود دره-های تهران. مجموعه مقالات اولین سمینار ساخت و ساز در پایتخت. دانشکده فنی دانشگاه تهران.

۳. نوحه گر احمد، جباریان امیری بهمن و افراخته روشنک (۱۳۹۴). تحلیل کاربری سرزمین در بخش مرکزی گیلان با رویکرد اکولوژی سیمای سرزمین۱۵

4. Apan A, Raine Steven R, Paterson M, 2002, Mapping and Analysis of Changes in the Riparian Landscape Structure of the Lockyer Valley catchment, Queensland, Australia, Journal of Landscape &Urban Planning, 59(1):43-57.

5. Alberti, M. and Marzluff, J. 2004, "Ecological resilience in urban ecosystems: linking urban patterns

6. Bode, Michael, Kevin Burrage, and Hugh P. Possingham. "Using complex network metrics to predict the persistence of metapopulations with asymmetric connectivity patterns." ecological modelling 214.2 (2008): 201-209.

7. Forman, R.T.T. 1995. Some general principle of landscape and regional ecology. Landscape Ecology, 10: 133-142.

8. Forman, R.T.T. 2008. Urban region: ecology and planning beyond the city. Cambridge University Press, New York, USA. 408 Pp.

9. Forman, Richard.T.T & Gordon, Michel .1986. Landscape Ecology. John Willy & Sons New York, N.Y, USA

10. Kong, Fanhua, et al. (2014): "Effects of spatial pattern of greenspace on urban cooling in a large metropolitan area of eastern China." Landscape and Urban Planning 128

11. Liu T, Yang X, 2015, Monitoring land changes in an urban area using satellite imagery, GIS and landscape metrics. Applied Geography, 56: 42-54.

12. Li, Fangzheng Fen Zhang, Li, Xiong Peng, Wang, Junhui Liang, Mei, Yuting, Cheng, Wenwen and Yun Qian, (2017),Spatiotemporal Patterns of the Use of Urban Green Spaces and External Factors Contributing to Their Use in Central Beijing, International Journal of Environmental Research and Public Health.

13. Machlis, G. E., Force, J. E., & Burch Jr, W. R. (1997). The human ecosystem part I: the human ecosystem as an organizing concept in

ecosystem management. Society & Natural Resources, 10(4), 347-367.Makhdoum, M. F. (2008). Landscape ecology or environmental studies (Land EcologyEuropean) Versus Anglo-Saxon schools of thought). J. Int. Environ. Appl. Sci, 3(3), 147-160.

14. Ozdemir, I., Mert, A., & Senturk, O. (2012). Predicting landscape structural metrics using aster satellite data. Journal of Environmental Engineering and Landscape Management, 20(2), 168-176.

15. Olad Ghaffari, P. & Monavari, (2013),Physical development trend and green space destruction in developing cities: a GIS approach, S.M. Environ Dev Sustain 15: 167. doi:10.1007/s10668-012-9381-5

16. Weng, Y., "Spatial changes of landscape pattern in response to urbanization", Landscape and urban planning, Vol. 81, No. 4,2007, pp. 341–353.

17. Wolff, S., Wu, J., "Modelling urban landscape dynamics: A case study in Phoenix, USA", Urban Ecosystems, Vol. 7,2004, pp. 215–24.

18. Xiu, N., Ignatieva, M., van den Bosch, C.K. et al. (2017).,A socio-ecological perspective of urban green networks: the Stockholm case. Urban Ecosyst, doi:10.1007/s11252-017-0648-3

19. Yuhong Tiana, C.Y. Jimb, Yan Taoc, Tao Shid. (2011). Landscape ecological assessment of green space fragmentation in Hong Kong ,Urban Forestry & Urban Greening, Volume 10, Issue 2, Pages 79–86

20. Yu.X. and NG, C., "An integrated evaluation of landscape change using remote sensing and landscape metrics: A case study of Panyu, Guangzhou", Remote sensing, Vol. 27, No. 6, 2006, pp. 175–192.

21. Zhang, L., & Wang, H. (2006). Planning an ecological network of Xiamen Island (China) using landscape metrics and network analysis. Landscape and Urban Planning, 78(4), 449-456.