پایش تغییرات فیزیکی سیمای سرزمین شهر کرج با استفاده از تحلیل سینوپتیک و تصاویر ماهواره‌ای

عباس مرادی[1*]، حسن تیموری[2]، صادق دژکام[3]

1- استادیار گروه مرتع و آب‌خیزداری، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران
2- دانشجوی کارشناسی ارشد ارزیابی و آمایش سرزمین، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران
3- کارشناس ارشد محیط زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران

دریافت: 93/6/22 پذیرش: 93/8/18

چکیده

تحقیق حاضر با هدف ارزیابی روند تغییرات عناصر ساختاری سیمای سرزمین شهر کرج طی سال‌های 1368 تا 1392 طراحی و با استفاده از تحلیل سینوپتیک سیمای سرزمین انجام شده است. نقشه‌های سیمای سرزمین از سه فریم تصویر ماهواره‌ای سنجنده TM ماهواره لندست سال‌های 1368، 1380 و 1392 با استفاده از روش تفسیر تلفیقی تهیه شده است. سپس تعدادی از سنجه‌های سیمای سرزمین شامل تعداد تکه، تراکم تکه، شکل سیمای سرزمین، بزرگ‌ترین تکه، تنوع شانون، پیوستگی، تراکم حاشیه، درصد پوشش سیمای سرزمین در دو سطح سیمای سرزمین و کلاس کاربری، و پوشش محاسبه و تغییرات آن‌ها بررسی شده است. داده‌های تحقیق نیز با استفاده از منابع کتاب‌خانه‌ای، تصاویر ماهواره‌ای، نقشه‌های توپوگرافی و همچنین بازدید میدانی از منطقه گردآوری شده است. نتایج پژوهش نشان می‌دهد سیمای سرزمین شهر کرج در بازهٔ زمانی اول (1368- 1380) روند تغییراتی متفاوت با بازهٔ زمانی دوم (1380- 1392) داشته است؛ ولی به‌طور کلی در انتهای بازهٔ زمانی، سیمای سرزمین منطقهٔ مورد مطالعه تکه‌تکه‌تر (افزایش تعداد تکه‌ها از 1612 تکه در سال 1368 به 2024 تکه در سال 1392)، ازنظر شکلی پیچیده‌تر و نامنظم‌تر، به‌لحاظ پیوستگی تکه‌ها ناپیوسته‌تر و ازنظر نوع کاربری و پوشش موجود از تنوع آن‌ها کاسته شده است. همچنین، نتایج گویای آن است که گسترش مناطق انسان‌ساخت موجب افزایش

* نویسندهٔ مسئول مقاله: Email: moradi_minab@yahoo.com

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-26]

ازهم‌گسیختگی، بی‌نظمی و پیچیدگی تکه‌ها و کاهش سطح کلاس کشاورزی منطقه شده و درصورت ادامهٔ این روند در آینده ممکن است باعث فروافت شدید کارکردها و خدمات اکوسیستم‌ها به‌ویژه کاربری کشاورزی شود.

واژه‌های کلیدی: پایش تغییرات، سیمای سرزمین، تحلیل سینوپتیک، تصاویر ماهواره‌ای، کرج.

1- مقدمه

گسترش شهری[1] موجب تکه‌تکه شدن[2]، جداافتادگی[3] و تخریب بوم‌سازگان‌های طبیعی می‌شود، ترکیب گونه‌ها را ساده و یک‌نواخت می‌کند، سامانه‌های هیدرولوژیک را آشفته می‌نماید و جریان انرژی و چرخهٔ مواد غذایی را تغییر می‌دهد؛ بنابراین، این فرایند پیامدهای پیچیده و گاه جبران‌ناپذیر بوم‌شناختی به‌همراه خواهد داشت. به‌منظور انتخاب سناریوی رشد شهری پایدار و پیش‌گیری یا کاهش بروز این پیامدها، پایش و پیش‌بینی الگو و روند گسترش شهری و پیامدهای آن بر بوم‌سازگان‌ها از طریق کمّی‌سازی الگوی سیمای سرزمین و تغییرات آن در واکنش به رشد شهر، از اهمیت زیادی برخوردار است (Zhang Et al., 2004).

داده‌های ماهواره‌ای با پوشش دادن سطحی وسیع از سیمای سرزمین، دقت مکانی و تکرارهای زمانی مناسب، امکان تهیهٔ نقشه‌های کاربری و پوشش زمین مناسب به‌منظور پایش و برنامه‌ریزی سیمای سرزمین را در بسیاری از مناطق فراهم آورده‌اند. از سوی دیگر، ابداع و توسعهٔ سنجه‌های مکانی به‌عنوان نمایه‌های کمّی سیمای سرزمین و امکان محاسبهٔ آن‌ها از نقشه‌های کاربری و پوشش حاصل از داده‌های ماهواره‌ای، تحولی شگرف در این زمینه ایجاد کرده است (Herold Et al., 2005). این سنجه‌ها به‌عنوان شاخص‌های توصیف و کمّی‌سازی الگو، ترکیب‌بندی و پیکربندی ساختار سیمای سرزمین، در مقیاس‌های زمانی و مکانی مختلف به‌کار می‌روند و به‌طور کلی به دو گروه مکانی و غیرمکانی تقسیم می‌شوند. سنجه‌های غیرمکانی ترکیب سیمای سرزمین مواردی مانند تعداد تکه‌های هر نوع کاربری یا نسبت آن‌ها به سطح کل سیمای سرزمین را نشان می‌دهد. سنجه‌های مکانی خصوصیات پراکنش و

1. urban sprawl
2. fragmentation
3. isolation

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-26]

پیکربندی انواع تکه‌ها را در سیمای سرزمین و در ارتباط با هم توصیف می‌کنند. سنجه‌ها در سه سطح تکه، کلاس و سیمای سرزمین محاسبه می‌شوند (Mc Garigal & Marks, 1995). سهولت اندازه‌گیری سنجه‌های سیمای سرزمین با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی، و نیز رابطهٔ آن‌ها با کارکرد بوم‌سازگان‌ها از ویژگی‌های باارزش آن‌هاست (سلمان ماهیتی، 1386). همچنین، امکان استفاده از آن‌ها برای مقایسهٔ سیمای سرزمین‌های متفاوتی که با یک روش یکسان نقشه‌سازی شده‌اند، ارزیابی سیمای سرزمین در زمان‌های متفاوت و مقایسهٔ یک سیمای سرزمین تحت سناریوهای مختلف توسعه، آن‌ها را از این جهت ممتاز کرده است (ستوده، 1389).

مرتبط کردن الگوی مکانی گسترش شهری به فرایندهای بوم‌شناسی سیمای سرزمین نیازمند استفاده از روش‌های تجزیه و تحلیل مکانی و کمّی است. در این‌گونه پژوهش‌ها، مطالعهٔ تغییرات مکانی و تغییرات زمانی به‌طور جداگانه به نتیجه‌ای مطلوب نخواهد رسید. ازاین‌رو، به‌منظور مطالعهٔ هم‌زمان هر دو نوع تغییرات زمانی و مکانی، در کمّی‌سازی ساختار سیمای سرزمین و بررسی تغییرات آن از دو روش تحلیل سینوپتیک[1] (هم‌دید) و تحلیل گرادیان استفاده می‌شود. در تحلیل سینوپتیک گسترهٔ یکسانی از سیمای سرزمین در چند مقطع زمانی مختلف، با یک روش واحدِ تهیهٔ نقشه، در یک مقیاس واحد و با یک اندازهٔ دانه‌بندی یکسان تجزیه و تحلیل می‌شود تا ویژگی‌های ترکیب‌بندی و پیکربندی آن‌ها توسط سنجه‌های یکسانی اندازه‌گیری و مقایسه شود و تغییرات الگوی ساختاری آن گستره از سیمای سرزمین در طی زمان و در تمام سطح آن تعیین شود (Lausch & Herzog, 2002).

امروزه، شهر کرج به‌عنوان دومین مرکز بزرگ جمعیتی بعد از تهران در جنوب رشته‌کوه البرز به‌دلیل مهاجرت و افزایش درصد رشد جمعیت، با مسئلهٔ افزایش جمعیت روبه‌روست که این امر موجب افزایش فشار ناشی از شهرنشینی به مناطق و اراضی اطراف این شهر شده است. با تأسیس استان البرز نیز مهاجرت به این شهر بیش از گذشته خواهد بود. این جمعیت برای ساخت مسکن و تهیهٔ غذای خود نیازمند استفاده از اراضی اطراف کرج هستند. بنابراین، در آینده احتمال تغییرات کاربری اراضی اطراف این شهر وجود دارد. با توجه به معضلات محیط زیستی که توسعهٔ شهر در آینده می‌تواند پدید آورد، برنامه‌ریزی توسعهٔ آیندهٔ شهر برمبنای ملاحظات محیط‌زیستی برای

1. synoptic analysis

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-26]

کاهش و پیش‌گیری از این مشکلات و رسیدن به توسعهٔ پایدار شهری ضروری است.

هدف اصلی این پژوهش، پایش تغییرات کاربری/ پوشش زمین و تعیین الگوی مکانی- زمانی تغییرات در محدودهٔ شهری کرج در بازهٔ زمانی 1368 تا 1392 با استفاده از فن‌های سنجش‌ازدوری به‌منظور برنامه‌ریزی توسعهٔ پایدار شهری و کاهش آثار زیست‌محیطی ناشی از این تغییرات است. علاوه‌بر این، پایش تغییرات سیمای سرزمین شهر کرج با استفاده از تحلیل سینوپتیک در سال‌های 1368، 1380 و 1392 از دیگر اهداف اصلی این تحقیق است.

به‌منظور نیل به اهداف اصلی، اهداف جزئی و فرعی نیز پی‌گیری شده است که عبارت‌اند از:

1. تهیهٔ نقشه‌های کاربری و پوشش زمین شهر کرج و تغییرات آن‌ها در طی سه دوره؛
2. مقایسهٔ سنجه‌های سیمای سرزمین تولیدشده از نقشه‌های کاربری و پوشش زمین برای تعیین دقیق الگوی مکانی- زمانی تغییرات.

2- مبانی نظری

در زمینهٔ بررسی وضعیت ترکیب و پراکنش مکانی عناصر ساختاری سیمای سرزمین و ارزیابی روند تغییرات زمانی آن‌ها مطالعات مختلفی در ایران و جهان انجام شده است که همگی از ترکیب تصاویر ماهواره‌ای و محاسبهٔ سنجه‌های سیمای سرزمین بهره برده‌اند. هرزوگ و لوچ[1] (2002) در آلمان از سنجه‌های سیمای سرزمین در پایش تغییرات سرزمین و واکنش آن دربرابر توسعهٔ انسان‌ساخت استفاده کردند و نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد کارایی هریک از سنجه‌ها به مدل‌های مورد استفاده و اطلاعات موجود وابسته است. هرولد[2] و همکاران (2005) به بررسی نقش سنجه‌های مکانی سیمای سرزمین در تجزیه و تحلیل و مدل‌سازی تغییر کاربری شهر سانتاباربارا پرداختند و به این نتیجه رسیدند که ترکیب سنجش‌ازدور و سنجه‌های مکانی رویکردی نو و مناسب در پیش‌بینی و تحلیل توسعهٔ شهری است. ماتسوشیتا[3] و همکاران (2006) (2006) در کاسمیگاورا ژاپن با استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین تغییرات سیمای سرزمین ناشی از گسترش شهری را بررسی و اظهار کردند که تجزیه و تکه‌تکه‌شدگی سیمای سرزمین

1. Herzog & Lausch
2. Herold
1. Matsushita

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-26]

مهم‌ترین مشخصهٔ تغییر بر اثر توسعهٔ شهری در منطقه بوده است. ونگ[1] (2007) در ایالات متحدهٔ آمریکا تغییرات الگوی سیمای سرزمین در واکنش به توسعهٔ شهری را بررسی کرد و نشان داد سیمای سرزمین به‌مرور زمان تکه‌تکه و پیچیده شده و در مناطق حاشیهٔ شهری و تازه‌توسعه‌یافته تغییرات زیادی داشته است. یه و هانگ[2] (2009) به بررسی الگوهای مکانی-زمانی تنوع سیمای سرزمین در پاسخ به رشد شهری در چین تایپه پرداختند و مکان‌هایی را که تنوع سیمای سرزمین تحت تأثیر فعالیت انسانی تغییر داده بود، تعیین کردند. شرستا[3] و همکاران (2011) با استفاده از تحلیل سینوپتیک و گرادیان به مطالعهٔ تکه‌تکه‌شدگی سیمای سرزمین کلان‌شهر فونیکس ایالات‌متحده آمریکا پرداختند.

در ایران، پریور (1385) ره‌یافت مدیریت کیفیت محیط زیست شهری تهران را از طریق اصلاح ساختار سیمای سرزمین شهری بررسی کرد و به این نتیجه دست یافت که عناصر ساختاری اکولوژی در این شهر از بین رفته‌اند یا درحال نابودی‌اند. خزاعی (1386) رویکردهای سیمای سرزمین در بازگردانی جنگل‌های تخریب‌شدهٔ استان گیلان را مطالعه کرده، براساس آن سامانهٔ پشتوانهٔ تصمیم‌گیری برای احیای جنگل را طراحی کرد. طالبی امیری (1388) با استفاده از سنجه‌های بوم‌شناسی سیمای سرزمین به تحلیل تخریب سیمای سرزمین حوزهٔ آب‌خیز نکا پرداخت. نتایج تحقیق او بیانگر جای‌گزینی گستردهٔ زمین‌های جنگلی و کشاورزی در منطقهٔ با پوشش مرتعی بوده است. مختاری (1388) با استفاده از کمّی کردن الگوی سیمای سرزمین شهر اصفهان، تغییرات سیمای سرزمین را بررسی و اعلام کرد درصد مناطق انسان‌ساخت به‌شدت افزایش و مناطق کشاورزی و طبیعی کاهش یافته‌اند. ستوده (1389) به‌منظور تحلیل سلامت اکولوژیکی سیمای سرزمین شهر شیراز از سنجه‌های سیمای سرزمین استفاده کرد. برپایهٔ نتایج مطالعهٔ وی، در سه دههٔ گذشته سطوح نفوذناپذیر رشد چشم‌گیری داشته‌اند و باعث از بین رفتن تالاب‌ها، زمین‌های کشاورزی و ازهم‌گسیختگی زیستگاه‌ها شده‌اند. کیانی (1390) تغییرات پوشش و کاربری شهرستان طالقان را با سنجه‌های سیمای سرزمین بررسی کرد. نتایج پژوهش او نشان داد بیشترین تغییرات مربوط به کلاس کشاورزی بوده است.

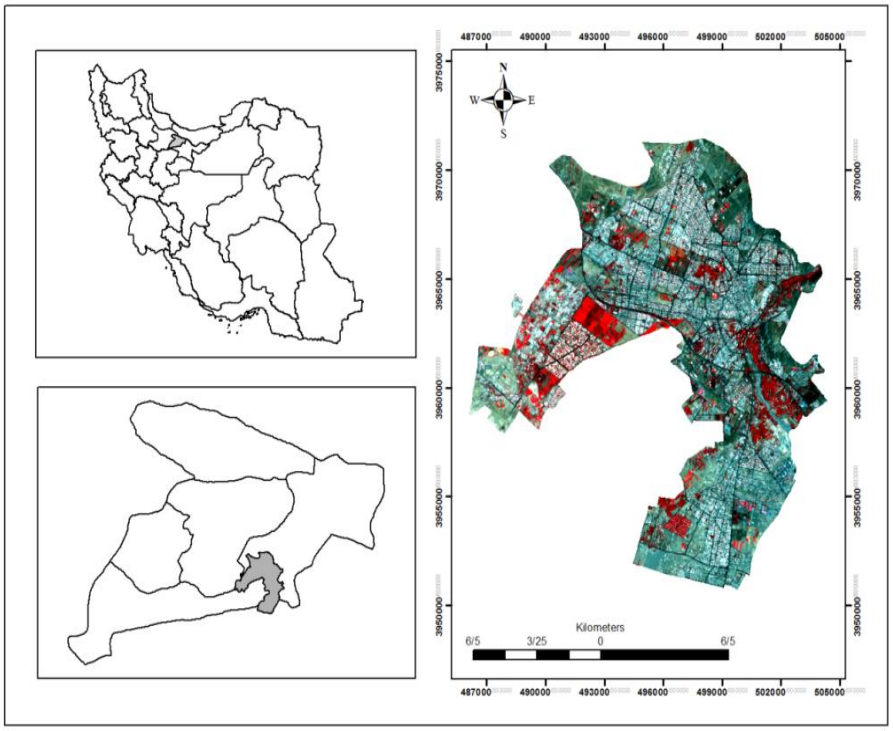
1. Weng
3. Yeh & Huang
4. Shrestha

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-26]

3- مواد و روش‌ها

3-1- منطقهٔ مطالعه

منطقهٔ مطالعه محدودهٔ سیاسی- اداری شهر کـرج از شـهرهای اسـتان البـرز و بخـش مرکـزی شهرستان کرج است که با وسعت 180 کیلومترمربع در 35 کیلومتری محور غربی شهر تهـران واقع شده است (شکل 1). این شهر در حد فاصل عرض‌های شمالی 35 درجه و 42 دقیقه و 35 درجه و 53 دقیقه و بین دو طول 50 درجه و 50 دقیقه و تا 51 درجه و 3 دقیقه شرقی در دامنـهٔ جنوبی رشته‌کوه‌های البرز گسترده شده است.



شکل 1 موقعیت شهر کرج در ایران و استان البرز

3-2- داده‌ها

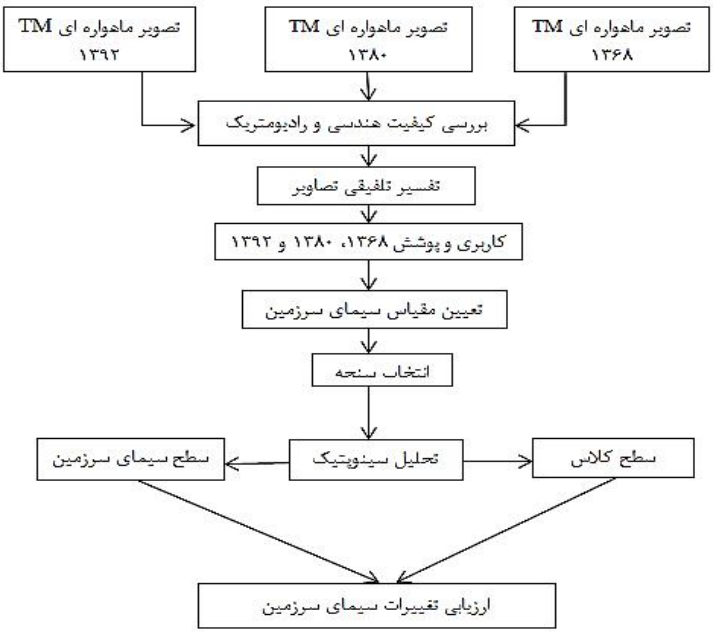
به‌منظور دست‌یابی به اهداف تحقیق، استفاده از سه دوره نقشهٔ کـاربری و پوشـش زمـین نیـاز بـوده

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-26]

است که به‌دلیل نبود این نقشه‌ها، از سه فریم تصویر ماهواره‌ای بدون ابر گذر 165 و ردیف 35 سنجنده TM ماهواره لندست مربوط به تیرماه سال‌های 1368، 1380 و 1392 استفاده شد. نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس 1:25000 تهیه‌شده از عکس‌های هوایی سراسری سال 1373 و نقشهٔ تقسیمات کشوری مربوط به سال 1390 استان البرز نیز استفاده شدند. علاوه‌بر داده‌های یادشده، از اطلاعات حاصل از بازدید میدانی و نقاط برداشت‌شده به‌وسیلهٔ سامانهٔ موقعیت‌یاب جهانی نیز به‌منظور کمک به فرایند تهیهٔ نقشه‌های کاربری/ پوشش سرزمین استفاده شد.

3-3- روش پژوهش

برای پایش تغییرات سیمای سرزمین شهر کرج در بازهٔ زمانی 1368 تا 1392 از تحلیل سینوپتیک سیمای سرزمین استفاده شد. بر این اساس، نقشه‌های سیمای سرزمین سه دورهٔ زمانی 1368، 1380 و 1392 از تصاویر ماهواره‌ای سنجنده TM ماهواره لندست تهیه و تحلیل شدند. مراحل مختلف پژوهش به‌تفصیل در ادامه آمده است (شکل 2).



شکل 2 مراحل انجام تحقیق

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-26]

3-4- تهیهٔ نقشه‌های سیمای سرزمین (کاربری و پوشش زمین)

پس از بررسی و اطمینان از کیفیت رادیومتری تصاویر و کنترل صحت هندسی آن‌ها با نقشه‌های توپوگرافی منطقه و با توجه به بازدید میدانی و شناخت منطقه، نقشه‌های توپوگرافی 1:25000، نظر کارشناسان و سطح اول طبقه‌بندی (Anderson, 1976)، پنج طبقه کاربری و پوشش زمین (شامل مناطق انسان‌ساخت، بایر، مرتع، پوشش سبز و کشاورزی) در این مطالعه درنظر گرفته شد. به‌دلیل اهمیت شکل و مرز واقعی عناصر سیمای سرزمین (تکه[1]، کریدور[2] و چیدمان[3]) در این مطالعه و ویژگی کاربری و پوشش منطقه، از روش تفسیر تلفیقی (تفسیر بصری با استفاده از رایانه) تصاویر ماهواره‌ای استفاده شد که باوجود زمان‌بر بودن، در قیاس با روش‌های خودکار طبقه‌بندی تصویر، ساختار سیمای سرزمین را با دقت بیشتری ترسیم می‌کند. برای بارزسازی تصاویر مورد استفاده، ترکیب رنگ‌های مناسب ساخته، و بهبود کنتراست شدند. همچنین، به‌علت قابل تشخیص نبودن برخی پدیده‌ها روی تصویر، عملیات بازدید میدانی از منطقه طراحی و اجرا شد. سپس براساس شناخت از منطقه، اطلاعات دردست‌رس و استفاده از عوامل تفسیر (رنگ، تن، بافت، همراهی و شکل)، تصاویر ماهواره‌ای TM سه مقطع زمانی و تفسیر و نقشه‌های کاربری و پوشش سال‌های 1368، 1380 و 1392 با ساختار برداری تولید شدند.

3-5- تحلیل ساختار سیمای سرزمین

3-5-1- تعیین مقیاس مطالعه در سیمای سرزمین

تعیین مقیاس مطالعه در سیمای سرزمین از اهمیت زیادی برخوردار است و نتایج تحلیل‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد. مقیاس در این مطالعات دارای دو مفهوم مکانی[4] و زمانی[5] است. مقیاس مکانی توسط دو عامل اندازهٔ دانه‌بندی[6] و گستره[7] تعیین می‌شود. اندازهٔ دانه‌بندی کوچک‌ترین واحد اندازه‌گیری و مطالعه در سیمای سرزمین است که حداقل فاصله بین

1. patch
2. corridor
3. matrix
4. spatial
5. temporal
6. grain size
7. extent

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-26]

نمونه‌ها یا حداقل سطح تفکیک آن‌ها را بیان می‌کند. گسترهٔ محدودهٔ همهٔ اندازه‌گیری‌ها یا کل پوشش مشاهدات است. مقیاس زمانی نیز بازهٔ زمانی انتخاب‌شده در مطالعه است. در مطالعهٔ حاضر، براساس هدف مطالعه، قابلیت داده‌های ماهواره‌ای سنجنده TM مورد استفاده و ویژگی‌های سیمای سرزمین مطالعه‌شده، اندازهٔ دانه‌بندی معادل قدرت تفکیک مکانی تصاویر ماهواره‌ای سنجنده TM مورد استفاده در مطالعه (30 متر) و گسترهٔ سیمای سرزمین معادل محدودهٔ سیاسی اداری شهر کرج درنظر گرفته شد. مقیاس زمانی مطالعه نیز بازهٔ زمانی بین سال‌های 1368 تا 1392 را (به‌صورت سه دورهٔ زمانی 1368، 1380 و 1392) دربرمی‌گیرد. مراحل دیگر مطالعه که در ادامه خواهد آمد، در چارچوب این مقیاس انجام شده است.

3-5-2- انتخاب سنجه‌ها

به‌دلیل تعداد زیاد سنجه‌ها و وجود هم‌بستگی بین برخی از آن‌ها و به‌منظور پرهیز از تولید اطلاعات اضافی، براساس مرور وسیع منابع علمی (Zhang Et al., 2004; Herzog & Lausch, 2002; Herold Et al., 2005; Weng, 2007; Wu, 2011;) و دانش کارشناسی، و با توجه به تناسب سنجه‌ها با هدف مطالعه و توجه به هم‌بستگی بین مفهوم آن‌ها، مجموعه‌ای از سنجه‌های ترکیب و پیکربندی سیمای سرزمین برای شمارهٔ مطالعهٔ حاضر انتخاب شد. ویژگی سنجه‌ها، مفهوم و سطح محاسبهٔ آن‌ها در جدول شمارهٔ دو ذکر شده است.

3-5-3- تحلیل سینوپتیک

به‌منظور تحلیل تغییرات سیمای سرزمین با روش تحلیل سینوپتیک (هم‌دید) در بازهٔ زمانی 1368 تا 1392 لازم است نقشه‌های سیمای سرزمین شهر کرج که در سه دورهٔ زمانی 1368، 1380 و 1392 با روشی یکسان (تفسیر تلفیقی)، در مقیاسی یکسان (1:25000) و گستره‌ای یکسان از منطقه (محدودهٔ اداری سیاسی شهر کرج) تهیه شدند، تجزیه و تحلیل شوند تا ویژگی‌های ترکیب‌بندی و پیکربندی سیمای سرزمین با سنجه‌های یکسان مقایسه، و تغییرات سیمای سرزمین پایش شود. ازاین‌رو، براساس مقیاس مطالعه و اندازهٔ دانه‌بندی انتخابی، نقشه‌های سیمای سرزمین با اندازهٔ دانه‌بندی 30 متر به ساختار سلولی تبدیل شدند. پس از آماده‌سازی و پیش‌پردازش نقشه‌ها در نرم‌افزار IDRISI Taiga، برای محاسبهٔ سنجه‌های سیمای

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-26]

سرزمین به محیط نرم‌افزار Fragstats وارد شدند. پس از تنظیم پارامترهای نرم‌افزار برای هر یک از نقشه‌ها به‌طور جداگانه، سنجه‌هایNP، PD، LSI، LPI، SHDI و CONTAG در سطح سیمای سرزمین و سنجه‌های NP، PD، ED، LSI، LPI و PLAND در سطح کلاس محاسبه و نتایج آن‌ها به نرم‌افزار Excel منتقل شدند. درنهایت، نمودار تغییرات زمانی سنجه‌ها ترسیم و روند تغییرات سیمای سرزمین ارزیابی شد.

جدول 1 مشخصات سنجه‌های مورد استفاده

نام فارسی	نام سنجه	علامت اختصاری	واحد	محدوده تغییرات	مفهوم
تعداد تکه ها	Number of Patches	NP	ندارد	بزرگتر از صفر	تکه‌تکه شدگی
سنجه بزرگترین تکه	Largest Patch Index	LPI	درصد	صفرتا ۱۰۰	پوشش یا کاربری غالب، تکه‌تکه شدگی
تراکم تکه	Patch Density	PD	تعداد در ۱۰۰ هکتار	بزرگتر از صفر	تکه‌تکه شدگی سیمای‌سرزمین
سنجه تنوع شانون	Shannon's Diversity Index	SHDI	ندارد	بزرگتر و مساوی صفر	تنوع سیمای‌سرزمین
سنجه شکل سیمای سرزمین	Landscape Sshape Index	LSI	ندارد	بزرگتر و مساوی یک	تکه‌تکه شدگی، شکل سیمای‌سرزمین
پیوستگی	Contagion	CONTAG	ندارد	صفرتا ۱۰۰	تکه‌تکه شدگی، پیوستگی‌سیمای سرزمین
درصد پوششی ظلیمای‌سرزمین	Percentage of Landscape	PLAND	درصد	۰ تا ۱۰۰	ترکیب پوششی‌سیمای سرزمین
تراکم حاشیه	Edge Density	ED	متر درهکتار	بزرگتر از صفر	شکل سیمای‌سرزمین

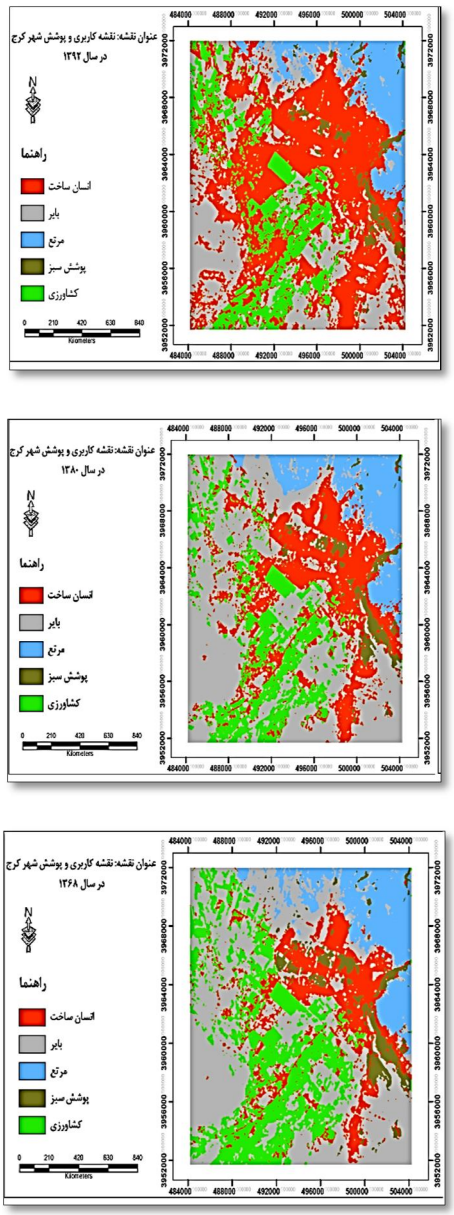
(Source: Mc Garigal and Marks, 1995)

4- نتایج

4-1- نقشه‌های کاربری و پوشش

نقشه‌های کاربری و پوشش زمین با روش تفسیر تلفیقی از تصاویر ماهواره‌ای سنجنده TM در شکل شمارهٔ سه نمایش داده شده‌اند.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-26]



شکل 3 نقشه‌های کاربری و پوشش زمین تهیه‌شده از تصاویر ماهواره‌ای سنجنده TM به روش تفسیر تلفیقی

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-26]

4-2- تحلیل سینوپتیک

4-2-1- سطح سیمای سرزمین

در شکل شمارهٔ چهار نتایج تغییرات سیمای سرزمین با روش تحلیل سینوپتیک با استفاده از سنجه‌های تعداد تکه (NP)، تراکم تکه (PD)، سنجهٔ شکل سیمای سرزمین (LSI)، سنجهٔ بزرگ‌ترین تکه (LPI)، سنجهٔ تنوع شانون (SHDI) و پیوستگی (CONTAG) در سطح سیمای سرزمین طی سال‌های 1368، 1380 و 1392 نمایش داده شده است. سنجهٔ (NP) تعداد کل انواع تکه‌های کاربری و پوشش موجود در سیمای سرزمین در این سال‌ها به‌ترتیب 1612، 1957 و 2024 بوده است و نشان از روند افزایشی آن در این بازه و به‌ویژه بیشتر شدن میزان افزایش تکه‌های سیمای سرزمین در مقطع زمانی اول (1368 تا 1380) در مقایسه با مقطع زمانی دوم (1380 تا 1392) دارد.

سنجهٔ تراکم تکه (PD) نیز در سال‌های مطالعه به‌ترتیب 3/95، 4/8 و 4/96 بوده و بیانگر افزایش تعداد تکه‌های سیمای سرزمین در واحد سطح در طی زمان مطالعه است. این روند به‌همراه افزایش تعداد کل تکه‌های سیمای سرزمین، افزایش تکه‌تکه‌شدگی سیمای سرزمین در طی زمان را نشان می‌دهد.

نتایج سنجهٔ بزرگ‌ترین تکهٔ سیمای سرزمین (LPI) که درصد مساحت تکهٔ غالب یا بزرگ‌ترین تکه در سیمای سرزمین نسبت به کل مساحت سیمای سرزمین را می‌نمایاند، بیانگر افزایش این سنجه در هر دو مقطع زمانی و به‌ویژه در مقطع زمانی دوم است و نشان می‌دهد که بزرگ‌ترین تکهٔ سیمای سرزمین منطقهٔ مطالعه یعنی شهر کرج، در طی این دورهٔ زمانی به‌دلیل افزایش وسعت مناطق انسان‌ساخت بزرگ‌تر شده و درنتیجه، در انتهای بازهٔ زمانی، بزرگ‌ترین لکهٔ سیمای سرزمین را به خود اختصاص داده است.

سنجهٔ شکل سیمای سرزمین (LSI) براساس نسبت طول حاشیه‌های موجود در کل سیمای سرزمین به حداقل حاشیهٔ ممکن آن به‌دست آمده و بدون واحد است و هرچقدر از عدد یک بیشتر شود، نشان از افزایش بی‌نظمی مرز و حاشیه‌های سیمای سرزمین و پیچیده‌تر شدن شکل آن دارد. کمیت این سنجه با گذشت زمان به‌ترتیب 22/63، 23/34 و 25/93 بوده و روند کاملاً افزایشی را طی کرده است. این روند نشان می‌دهد با گذشت زمان، شکل سیمای سرزمین شهر کرج پیچیده‌تر و از نظر هندسی نامنظم‌تر شده است. این روند در مقطع زمانی دوم در مقایسه با مقطع زمانی اول شدت بیشتری داشته است.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-26]

سنجهٔ پیوستگی سیمای سرزمین (CONTAG) به‌صورت درصد بیان می‌شود و یکی از سنجه‌های اندازه‌گیری درجهٔ یک‌پارچگی تکه‌های سیمای سرزمین و همچنین درجهٔ تکه‌تکه‌شدگی سیمای سرزمین است. هنگامی‌که انواع تکه‌های کاربری و پوشش کاملاً پراکنده در سیمای سرزمین و ناپیوسته باشند، این سنجه صفر خواهد بود و هنگامی‌که سیمای سرزمین فقط از یک نوع تکه تشکیل شده باشد، پیوستگی در بیشترین مقدار خود است. نتایج این تحقیق بیانگر افزایش این سنجه از 48/05 به 48/86 درصد در مقطع زمانی اول و سپس کاهش آن به 48/07 درصد است و درمجموع، کاهش میزان پیوستگی سیمای سرزمین و افزایش تکه‌تکه‌شدگی آن در بازهٔ زمانی 1380 تا 1392 را نشان می‌دهد.

سنجهٔ تنوع شانون (SHDI) یکی از سنجه‌های اندازه‌گیری تنوع تکه‌های سیمای سرزمین است و ازنظر مفهومی، مقابل پیوستگی سیمای سرزمین قرار دارد. زمانی‌که سیمای سرزمین فقط از یک تکه تشکیل شده باشد، تنوع آن صفر است و هرچه انواع تکه‌ها و سهم نسبی مساحت آن‌ها در سیمای سرزمین افزایش یابد، تنوع سیمای سرزمین نیز زیاد می‌شود. نتایج این سنجه بیانگر آن است که در مقطع زمانی اول تنوع سیمای سرزمین از 1/38 به 1/34 کاهش یافته و این مقدار تا مقطع زمانی دوم ثابت باقی مانده است و درمجموع، نمودارِ کاهش تنوع سیمای سرزمین در بازهٔ زمانی 1368 تا 1392 است و روندی کاملاً عکسِ سنجهٔ پیوستگی را طی کرده است.

4-2-2- سطح کلاس

شکل شمارهٔ پنج تغییرات سنجه‌های تراکم تکه (PD)، تراکم حاشیه (ED)، سنجهٔ شکل سیمای سرزمین (LSI)، سنجه بزرگ‌ترین تکه (LPI) و درصد پوشش سیمای سرزمین (PLAND) در سطح کلاس را در سال‌های 1368، 1380 و 1392 نمایش می‌دهد.

تعداد تکه‌های (NP) کاربری انسان‌ساخت در بازهٔ زمانی اول از 632 به 792 افزایش یافته و سپس به 798 تکه در انتهای بازهٔ زمانی دوم رسیده است. تراکم تکه (PD) نیز در طی این بازه‌های زمانی از 1/55 به 1/94 و درنهایت به 1/96 افزایش یافته است. افزایش تعداد و تراکم تکه‌های انسان‌ساخت بیانگر تکه‌تکه‌شدگی کلاس انسان‌ساخت و به‌وجود آمدن مناطق انسان‌ساخت جدید (به‌ویژه در بازهٔ زمانی اول) در طول زمان بوده است. سنجهٔ شکل سیمای سرزمین (LSI) در مناطق انسان‌ساخت افزایش یافته و از 27/06 به 29/1 و سپس به 30/55 رسیده است. سنجهٔ تراکم حاشیه (ED) نیز برای تکه‌های انسان‌ساخت دارای روندی مشابه بوده و از 21/06 متر در هکتار به 27/95

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-26]

و سپس به 39/12 افزایش یافته است. افزایش این دو سنجه نشان از افزایش پراکندگی و بی‌نظمی تکه‌های انسان‌ساخت و همچنین پیچیده‌تر شدن شکل آن‌ها در سیمای سرزمین در طی زمان دارد. درصد سیمای سرزمین (PLAND) پوشش‌داده‌شده توسط مناطق انسان‌ساخت به‌ترتیب زمانی از 15/46 به 23/61 و سپس به 42/84 افزایش یافته که نشان‌دهندهٔ افزایش بیشتر مناطق انسان‌ساخت در مقطع زمانی دوم در مقایسه با مقطع زمانی اول است. همسو با این روند، سنجهٔ بزرگ‌ترین تکه (LPI) نیز برای مناطق انسان‌ساخت افزایش یافته و از 8/86 به 14/75 درصد در مقطع زمانی اول و سپس به 31/07 درصد در انتهای مقطع زمانی دوم رسیده است. این روند نیز بیانگر افزایش شدیدتر اندازهٔ بزرگ‌ترین تکهٔ انسان‌ساخت، یعنی شهر کرج در مقطع زمانی دوم در مقایسه با مقطع زمانی اول است.

همان‌طور که شکل شمارهٔ پنج نمایش می‌دهد، در کلاس کشاورزی تعداد تکه (NP) و تراکم تکه (PD) در بازهٔ زمانی اول افزایش یافته و در بازهٔ زمانی دوم، برخلاف بازهٔ اول، روند کاهشی داشته است. این موضوع به‌دلیل تبدیل تکه‌های بایر و بدون پوشش منطقه به زمین‌های کشاورزی و یک‌پارچه شدن تکه‌های کشاورزی در بازهٔ زمانی دوم بوده که افزایش اندازهٔ بزرگ‌ترین تکهٔ (LPI) کشاورزی در بازهٔ زمانی دوم از 4/19 به 4/93 درصد مؤید این مطلب است. در بازهٔ زمانی اول تبدیل زمین‌های کشاورزی به مناطق انسان‌ساخت جدید موجب کاهش سطح کل تکه‌های کشاورزی به 14/61 درصد و همچنین کوچک‌تر شدن اندازهٔ بزرگ‌ترین تکهٔ این کاربری از 12/65 به 4/19 درصد در انتهای بازهٔ زمانی اول شده است. روند افزایشی سنجهٔ شکل سیمای سرزمین (LSI) تکه‌های کشاورزی در طی زمان و به‌ویژه در بازهٔ زمانی اول به‌خوبی بیانگر پیچیده‌تر و بی‌نظم‌تر شدن شکل تکه‌های کشاورزی در طی زمان به‌علت رقابت کاربری انسان‌ساخت با این کاربری شده است.

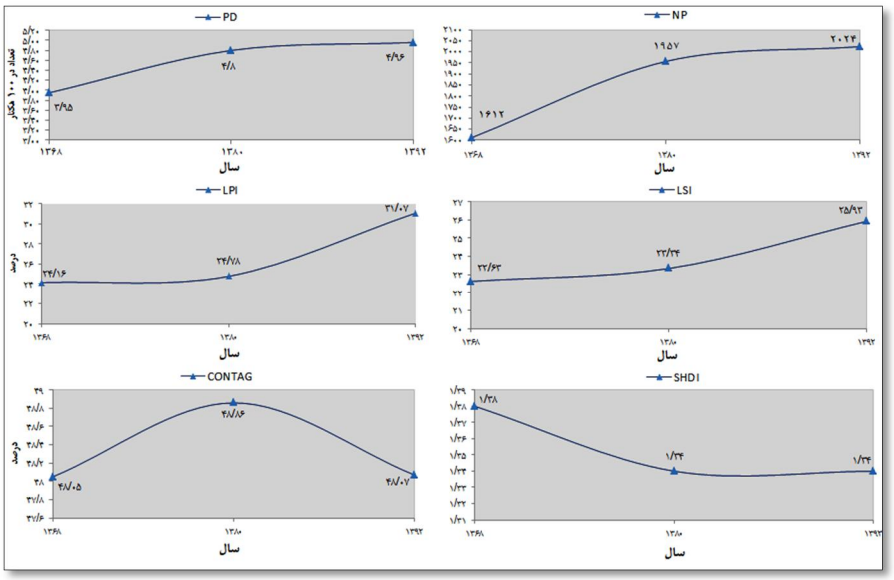
براساس نتایج تحلیل سنجه‌ها برای کلاس پوشش سبز (شکل 5)، مساحت کل تکه‌های پوشش سبز و نیز اندازهٔ بزرگ‌ترین تکهٔ این پوشش در طی زمان با شیب نسبتاً ملایمی کاهش یافته است. تعداد و تراکم تکه‌های این پوشش در بازهٔ زمانی اول نیز روند کاهشی داشته؛ ولی در بازهٔ زمانی دوم روند افزایشی را پیموده که گویای تخریب و تکه‌تکه‌شدگی بیشتر این پوشش در بازهٔ زمانی دوم است. سنجهٔ تراکم حاشیهٔ تکه‌های پوشش سبز در بازهٔ زمانی اول کاهش یافته و همسو با آن سنجه شکل تکه‌های پوشش سبز نیز در طی بازهٔ زمانی اول رو به کاهش نهاده است؛ درحالی که این دو سنجه همچنان همسو با هم در بازهٔ زمانی دوم روندی افزایشی را پیموده‌اند. افزایش این دو

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-26]

سنجه در بازهٔ زمانی دوم نشان از پیچیده‌تر شدن شکل تکه‌های این پوشش در بازهٔ زمانی دوم دارد.

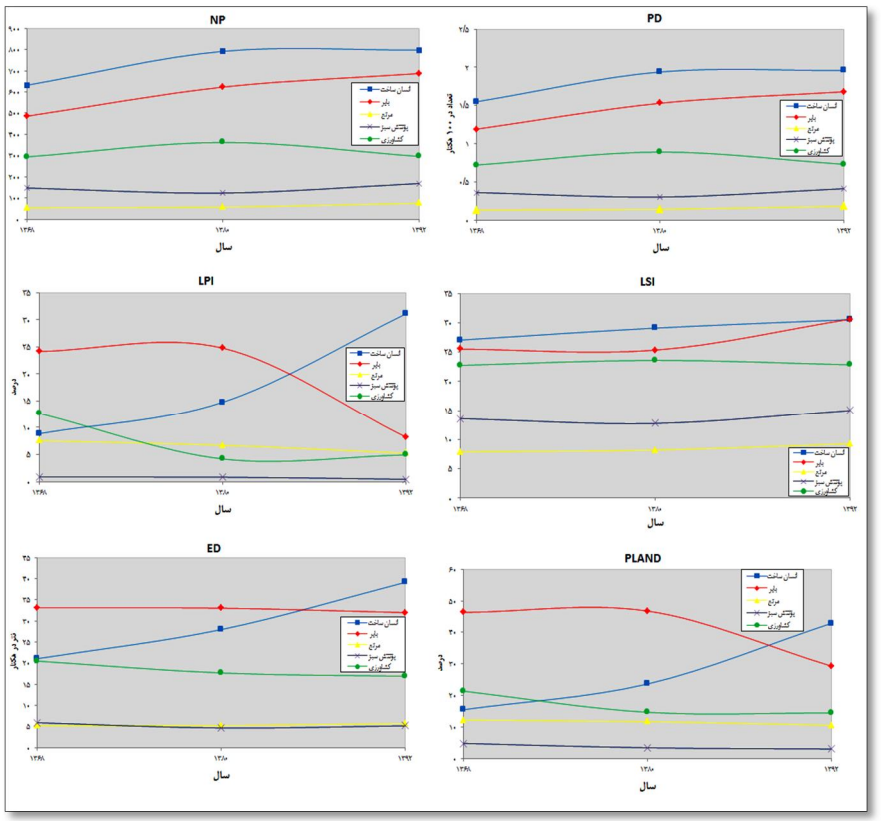
روند تغییرات سنجه‌ها برای پوشش مرتع منطقه نشان می‌دهد مساحت و سنجهٔ بزرگ‌ترین تکهٔ این پوشش در طی زمان کاهش یافته؛ ولی سنجه‌های تعداد، شکل، تراکم حاشیه و تراکم تکه‌های این پوشش افزایش پیدا کرده است. نکتهٔ درخور توجه در تغییرات مناطق مرتعی، تغییر زیاد سنجهٔ میانگین مساحت تکه‌های آن در بازهٔ زمانی 1380 تا 1392 است.

نتایج تحلیل سنجه‌ها برای کلاس بایر نشان می‌دهد تعداد و تراکم تکه‌های این پوشش در طی کل بازهٔ زمانی و سنجهٔ بزرگ‌ترین تکه، تراکم حاشیه و درصد مساحت این نوع پوشش در بازهٔ زمانی اول روندی افزایشی داشته است. در بازهٔ زمانی دوم، سنجهٔ بزرگ‌ترین تکه، تراکم حاشیه، درصد مساحت این پوشش و میانگین مساحت تکه‌های این پوشش با شیب نسبتاً تندی کاهش یافته و به‌همراه افزایش تعداد و تراکم تکه‌ها و سنجهٔ شکل سیمای سرزمین بیانگر افزایش تکه‌تکه‌شدگی و پیچیده‌تر شدن شکل این پوشش در بازهٔ زمانی دوم است. روند تغییرات این پوشش برخلاف تغییرات مناطق انسان‌ساخت و کشاورزی بوده است.



شکل 4 روند تغییرات سنجه‌های NP، PD، LSI، LPI، SHDI و CONTAG طی سال‌های 368، 1380 و 1392 در سطح سیمای سرزمین

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-26]



شکل 5 روند تغییرات سنجه‌های PD، ED، LSI، LPI و PLAND در سطح کلاس کاربری و پوشش

5- نتیجه

تحلیل سینوپتیک به‌دلیل داشتن ویژگی‌هایی همچون مقایسهٔ کمّی، یکسان و هم‌نظیر از ویژگی‌های سیمای سرزمین در گستره‌ای یکسان با اندازهٔ دانه‌بندی، روش و مقیاس یکسان تهیهٔ نقشهٔ سیمای سرزمین در مقاطع زمانی مختلف، به‌خوبی می‌تواند تغییرات زمانی ویژگی‌های ترکیب‌بندی و پیکربندی سیمای سرزمین را پایش و ارزیابی کند.

تحلیل هم‌دید (سینوپتیک) سیمای سرزمین شهر کرج با استفاده از سنجه‌های سطح سیمای سرزمین و کلاس حاکی از آن است که به‌طور کلی سیمای سرزمین تکه‌تکه‌تر، ازنظر شکلی نامنظم‌تر و ازنظر میزان یک‌پارچگی عناصر ساختاری ناپیوسته‌تر و ازنظر نوع کاربری و پوشش

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-26]

موجود در واحد سطح از تنوع آن کاسته شده است؛ اگرچه سیمای سرزمین شهر کرج در بازهٔ زمانی دوم (1380 تا 1392) روندی متفاوت و با شیب تغییرات تندتری از بازهٔ زمانی اول (1368 تا 1380) داشته است. تفسیر نتایج نشان می‌دهد که عامل اصلی این تغییرات پویایی شدید کاربری انسان‌ساخت در منطقه بوده که در مقطع زمانی دوم شدت بیشتر و درنتیجه اثرگذاری زیادتری داشته است. تغییرات در مناطق انسان‌ساخت به‌صورت افزایش مساحت، تکه‌تکه‌شدگی، پراکندگی، بی‌نظمی و پیچیدگی شکل تکه‌ها آشکار شده است. درواقع، افزایش مساحت کاربری انسان‌ساخت در سیمای سرزمین با سایر کاربری‌ها و به‌ویژه کاربری‌های کشاورزی و بایر در هر دو بازهٔ زمانی اول و دوم و همچنین در سراسر بازهٔ زمانی مورد مطالعه روندی کاملاً غیرهمسو داشته و از میزان مساحت آن‌ها به‌شدت کاسته است که عامل اصلی این تغییرات، فراهم بودن شرایط کاربری کشاورزی و پوشش بایر برای تغییر کاربری به انسان‌ساخت است. ازجملهٔ این شرایط می‌توان به شیب مناسب و در دسترس بودن این مناطق به‌منظور تغییر کاربری به انسان‌ساخت اشاره کرد.

کاربری کشاورزی و بایر در طی زمان پویایی بسیار زیادی داشته که افزایش ازهم‌گسیختگی، بی‌نظمی و پیچیدگی تکه‌ها و کاهش سطح آن از ویژگی‌های بارز این پویایی بوده است. مهم‌ترین عامل این روند تغییرات رقابت نزدیک مناطق انسان‌ساخت با این کاربری بوده است. به‌نظر می‌رسد ادامهٔ این روند می‌تواند به تخریب مناطق کشاورزی منطقه در آینده بر اثر رشد کنترل‌نشدهٔ مناطق انسان‌ساخت منجر شود. در قیاس با کلاس کشاورزی و بایر، پوشش‌های طبیعی منطقه (مرتع و پوشش سبز) شدت تغییر نسبتاً کمتری داشته است. پوشش مرتعی شهر کرج اگرچه دچار کاهش سطح و تخریب شده است، روند تغییرات آن وضعیت بحرانی همچون کشاورزی و بایر را نشان نمی‌دهد و این می‌تواند به علت قرار گرفتن عمده این مراتع در مناطق با شیب و ارتفاع بالا و دور از دست‌رس انسان باشد.

نتایج مطالعهٔ حاضر با نتایج مطالعات طالبی امیری (1388)، مختاری (1388)، ستوده (1389)، کیانی (1390)، و هرزوگ و لوچ (2002)، هرولد و همکاران (2005)، ماتسوشیتا و همکاران (2006) همسو بوده است و تحقیقات مذکور به تکه‌تکه‌شدگی سیمای سرزمین به‌ویژه کاربری کشاورزی بر اثر توسعهٔ شهری اذعان کرده‌اند.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-26]

6- پیش‌نهادها

– پیش‌نهاد می‌شود براساس الگوی رشد مناطق انسان‌ساخت، تغییر کاربری ناشی از آن، نیاز جمعیت ساکن در پهنه به مناطق انسان‌ساخت و توان اکولوژیک منطقه، برنامه‌ریزی کاربری‌ها برمبنای آمایش سرزمین صورت گیرد تا با تخصیص بهینهٔ کاربری‌ها، تعارضات موجود بین کاربری و پوشش‌ها به حداقل برسد.

– اصول اکولوژی سیمای سرزمین در برنامه‌ریزی و طراحی‌های آیندهٔ شهر کرج جهت رسیدن به هدف غایی توسعهٔ پایدار استفاده شود.

– با توجه به رشد کنترل‌نشدهٔ مناطق انسان‌ساخت شهر کرج در 24 سال گذشته، برای جلوگیری از تخریب بیشتر و همچنین حفظ یک‌پارچگی پوشش‌های طبیعی (پوشش سبز و مرتع) و کاربری کشاورزی که می‌تواند باعث فروافت یا نابودی ساختار و به‌تبع آن فروافت کارکرد و خدمات آن‌ها شود، آمایش کاربری‌ها برمبنای عناصر ساختاری سیمای سرزمین (تکه، کریدور و چیدمان) و مفاهیم سیمای سرزمین ضروری است.

– پیش‌نهاد می‌شود به‌منظور بررسی دقیق‌تر الگوی مکانی و زمانی تغییرات از روش تحلیل گرادیان سیمای سرزمین (Luck & Wu, 2002) استفاده شود تا اثر توسعهٔ مناطق انسان‌ساخت بر ساختار سیمای سرزمین و واکنش سایر کاربری و پوشش‌ها درمقابل رشد شهری بررسی شود.

7- منابع

- پریور، پرستو، *تدوین ره‌یافتی برای مدیریت کیفیت محیط‌زیست شهری از طریق اصلاح ساختار سیمای سرزمین شهری*، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد مدیریت و برنامه‌ریزی محیط زیست، دانشکدهٔ محیط زیست، دانشگاه تهران، 1385.
- خزاعی، نوشین، *رویکردهای اکولوژیکی سیمای سرزمین در بازگردانی جنگل‌های تخریب‌شدهٔ استان گیلان*، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد مدیریت و برنامه‌ریزی محیط زیست، دانشکدهٔ محیط زیست، دانشگاه تهران، 1386.
- ستوده، احد، *کاربرد شاخص‌های سلامت اکولوژیک برای تعیین الگوی بهینهٔ توسعهٔ شهری در بیوم ایرانی تورانی*، رسالهٔ دکتری برنامه‌ریزی محیط زیست، دانشکدهٔ محیط زیست،

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-26]

دانشگاه تهران، 1389.

- سلمان ماهینی، عبدالرسول، «معیارهای سیمای سرزمین و فرسایش‌پذیری به‌عنوان دو دسته نمایهٔ کمّی برای ارزیابی سریع اثرات طرح‌های توسعه»، *مجلهٔ علوم کشاورزی و منابع طبیعی*، ج14، ش1، 1386.
- طالبی امیری، شیما، *تحلیل تخریب سیمای سرزمین حوزهٔ آبخیز نکا با استفاده از سنجه‌های بوم‌شناسی سیمای سرزمین*، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، 1388.
- کیانی، واحد، *ارزیابی تغییرات پوشش و کاربری شهرستان طالقان با رویکرد بوم‌شناسی سیمای سرزمین*، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد محیط زیست، دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه تهران، تهران، 1390.
- مختاری، زهرا، *کمّی کردن الگوی سیمای سرزمین شهر اصفهان*، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد محیط زیست، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، 1388.
- Herold, M., H. Couclelis & K.C. Clarke, "The Role of Spatial Metrics in the Analysis and Modeling of Urban Land Use Change", *Journal of Computers, Environment and Urban Systems, 29*, Pp. 369-399, 2005.
- Kiyani, V., *Evaluation of Land Use/ Cover Changes in Taleghan Township from a Landscape Ecology Perspective*, M.Sc Thesis, University of Tehran, 2011. [in Persian]
- Khazaei, N., *Forest Landscape and Ecological Degradation Assessment of Sefidrod Watershed; Using Landscape Ecological Metrics, in Gilan Province of Iran*, Environmental Science, 2009. [in Persian]
- Lausch, A. & F. Herzog, "Applicability of Landscape Metrics for the Monitoring of Landscape Change: Issues of Scale, Resolution and Interpretability", *Journal of Ecological Indicators, 2(1-2)*, Pp. 3-15, 2002.
- Luck, M. & J. Wu, "A Gradient Analysis of Urban Landscape Pattern: a Case Study from the Phoenix Metropolitan Region, Arizona, USA," *Landscape Ecology, 17(4)*, Pp. 327-339, 2002.
- Matsushita, B., M. Xu & T. Fukushima, "Characterizing Changes in Landscape

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-26]

Structure in the Lake Planning", 78(3), Pp. 241-250, 2006.

- Mc Garigal, K. & B.J. Marks, *RAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Quantifying Landscape Structure, USDA Forest Service*, 1995.
- Mokhtari, Z., *Quantifying Landscape Pattern of Esfahan City*, M.Sc Thesis, Esfahan University of Technology, 2009. [in Persian]
- Parivar, P., *Landscape Structural Restoration for Urban Environmental Management*, M.Sc Thesis, University of Tehran, 2006. [in Persian]
- Salman Mahini, A., "Landscape Metrics and Erosion Risk as two Classes of Quantitative Indicators for Rapid Environmental Impact Assessment", *Journal of Agriculture and Natural Trsourses Science, Vol. 14(1)*, 2007. [in Persian]
- Setoudeh, A., *Identification of Ecological Health Indicator to Select the Suitable Alternative for Urban Development in Iranoturanian Biom*, Ph.D Thesis, University of Tehran, 2010. [in Persian]
- Shrestha, M. Et al., "Land Fragmentation due to Rapid Urbanization in the Phoenix Metropolitan Area: Analyzing the Spatiotemporal Patterns and Drivers", *Applied Geography, 32*, Pp. 522-531, 2012.
- Talebi Amiri, S., *Study on Landscape Degradation in Neka Watershed Using Landscape Metrics. Environmental Science*, University of Modarres, 2009. [in Persian]
- Weng, Y.C., "Spatiotemporal Changes of Landscape Pattern in Response to Urbanization", *Landscape and Urban Planning, 81*, Pp. 341-353, 2007.
- Yeh, C.T & S.L. Huang, "Investigating Spatiotemporal Patterns of Landscape Diversity in Response to Urbanization", *Journal of Landscape and Urban Planning, 93*, Pp. 151-162, 2009.
- Zhang, L. Et al., "A GIS-based Gradient Analysis of Urban Landscape Pattern of Shanghai Metropolitan Area, China", *Journal of Landscape and Urban Planning, 69*, Pp. 1-16, 2004.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-26]