

پایش تغییرات سیمای سرزمین با استفاده از تحلیل سینوپتیک و تصاویر ماهواره‌ای (مطالعه موردی: شهرستان رشت)

سید صادق دژکام^۱، بهمن جباریان امیری^{۲*}، علی اصغر درویش صفت^۳

۱. کارشناس ارشد محیط زیست دانشگاه تهران

۲. استادیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

۳. استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۱/۲۰ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۲/۱۰/۴)

چکیده

پژوهش حاضر با هدف ارزیابی روند تغییرات ترکیب و پیکربندی عناصر ساختاری سیمای سرزمین شهرستان رشت طی سال‌های ۱۳۶۶ تا ۱۳۹۰ طراحی و با استفاده از شیوه تحلیل سینوپتیک سیمای سرزمین انجام شد. از این رو نقشه‌های سیمای سرزمین از سه فریم تصویر ماهواره‌ای سنجنده TM سال‌های ۱۳۶۶، ۱۳۷۸ و ۱۳۹۰ با استفاده از روش تفسیر تلفیقی تهیه شدند. سپس تعدادی از سنج‌های ترکیب و پیکربندی سیمای سرزمین شامل تعداد تکه (NP)، تراکم تکه (PD)، سنج‌های شکل سیمای سرزمین (LSI)، سنج‌های بزرگ‌ترین تکه (LPI)، سنج‌های تنوع شانون (SHDI)، پیوستگی (CONTAG)، تراکم حاشیه (ED)، درصد پوشش سیمای سرزمین (PLAND) در دو سطح سیمای سرزمین و کلاس کاربری و پوشش محاسبه و تغییرات آن‌ها بررسی شد. نتایج نشان داد اگرچه سیمای سرزمین شهرستان رشت در بازه زمانی دوم (۱۳۷۸ تا ۱۳۹۰) روند و شیب تغییراتی متفاوت از بازه زمانی اول (۱۳۶۶ تا ۱۳۷۸) را تجربه کرده است، ولی به‌طور کلی، در انتهای بازه زمانی (۱۳۶۶ تا ۱۳۹۰)، سیمای سرزمین تکه‌تکه‌تر، از نظر شکلی پیچیده‌تر و نامنظم‌تر، از نظر پیوستگی تکه‌ها، ناپیوسته‌تر و از نظر نوع کاربری و پوشش موجود متنوع‌تر شده است. همچنین نتایج نشان داد گسترش مناطق انسان‌ساخت موجب افزایش از هم گسیختگی، بی‌نظمی و پیچیدگی تکه‌ها و کاهش سطح کلاس کشاورزی منطقه شده است و ادامه این روند در آینده ممکن است سبب فروافت شدید کارکردها و خدمات اکوسیستم‌ها، به‌ویژه کشاورزی شود.

کلیدواژه‌گان: پایش تغییرات، تحلیل سینوپتیک، تصاویر ماهواره‌ای، سیمای سرزمین، شهرستان رشت.

۱. مقدمه

ارتباط با هم توصیف می‌کنند. سنجه‌ها را می‌توان در سه سطح تکه، کلاس و سیمای سرزمین محاسبه کرد (Mc Garigal & Marks, 1995). سهولت اندازه‌گیری سنجه‌های سیمای سرزمین با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی و نیز رابطه آن‌ها با کارکرد بوم‌سازگان‌ها از ویژگی‌های بارز آن‌هاست (Salman Mahini, 2007). همچنین امکان استفاده از آن‌ها برای مقایسه سیمای سرزمین‌های متفاوتی که با یک روش یکسان نقشه‌سازی شده‌اند، ارزیابی یک سیمای سرزمین در زمان‌های متفاوت و مقایسه یک سیمای سرزمین تحت سناریوهای مختلف توسعه، آن‌ها را از این نظر ممتاز کرده است (Setoodeh, 2010).

مرتبط کردن الگوی مکانی گسترش شهری به فرایندهای بوم‌شناختی سیمای سرزمین نیازمند استفاده از روش‌های تجزیه و تحلیل مکانی و کمی است. در این‌گونه مطالعات، استفاده از مطالعه تغییرات مکانی و تغییرات زمانی، به‌طور جداگانه به نتیجه‌ای مطلوب نخواهد رسید. از این‌رو به‌منظور مطالعه هم‌زمان هر دو نوع تغییرات زمانی و مکانی، در کمی‌سازی ساختار سیمای سرزمین و بررسی تغییرات آن از دو روش تحلیل سینوپتیک (هم‌دید) و تحلیل گرادیان استفاده می‌شود. در تحلیل سینوپتیک^۱ گستره یکسانی از سیمای سرزمین در چند مقطع زمانی متفاوت، با یک روش واحد تهیه نقشه، در یک مقیاس واحد و با یک اندازه‌دانه‌بندی یکسان تجزیه و تحلیل می‌شوند تا ویژگی‌های ترکیب‌بندی و پیکربندی آن‌ها توسط سنجه‌های یکسانی اندازه‌گیری و با هم مقایسه شود و تغییرات الگوی ساختاری آن گستره از سیمای سرزمین طی زمان و در تمام سطح آن تعیین شود (Herzog & Lausch, 2002).

در زمینه بررسی وضعیت ترکیب و پراکنش مکانی عناصر ساختاری سیمای سرزمین و ارزیابی روند تغییرات زمانی آن‌ها مطالعات مختلفی در

گسترش شهری^۱ موجب تکه‌تکه شدن^۲، جداافتادگی^۳ و تخریب بوم‌سازگان‌های طبیعی می‌شود، ترکیب گونه‌ها را ساده و یکنواخت، سامانه‌های آشناختی را آشفته می‌کند و جریان انرژی و چرخه مواد غذایی را تغییر می‌دهد. بنابراین، این فرایند، پیامدهای پیچیده و بعضاً جبران‌ناپذیر بوم‌شناختی به همراه 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 کمی‌سازی 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 تهیه نقشه‌های کاربری و پوشش زمین مناسب به‌منظور پایش و برنامه‌ریزی سیمای سرزمین را در بسیاری از مناطق فراهم آورده‌اند. از سوی دیگر ابداع و توسعه سنجه‌های مکانی به‌منزله نمایه‌های کمی سیمای سرزمین و امکان محاسبه آن‌ها از نقشه‌های کاربری و پوشش حاصل از داده‌های ماهواره‌ای، تحولی شگرف در این زمینه ایجاد کرده است (Herold et al., 2005). این سنجه‌ها می‌توانند به‌منزله شاخص‌های توصیف و کمی‌سازی ترکیب و پیکربندی ساختار سیمای سرزمین در مقیاس‌های زمانی و مکانی مختلف استفاده شوند و به‌طور کلی، به دو گروه مکانی و غیرمکانی تقسیم می‌شوند. سنجه‌های غیرمکانی ترکیب سیمای سرزمین مانند مواردی چون تعداد تکه‌های هر نوع کاربری یا نسبت آن‌ها به سطح کل سیمای سرزمین را ارائه می‌کنند. سنجه‌های مکانی، خصوصیات پراکنش و پیکربندی انواع تکه‌ها را در سیمای سرزمین و در

1. Urban Sprawl
2. Fragmentation
3. Isolation

ساختاری اکولوژیک در این شهر، از بین رفته‌اند و یا در حال نابودی هستند. (2009) Khazaei رویکردهای سیمای سرزمین در بازگردانی جنگل‌های تخریب‌شده استان گیلان را مطالعه و براساس آن سامانه پشتوانه تصمیم‌گیری برای احیای جنگل ارائه کرد. (2009) Talebi Amiri به تحلیل تخریب سیمای سرزمین حوضه آبخیز نکا با استفاده از سنجش‌های بوم‌شناسی سیمای سرزمین پرداخت. نتایج پژوهش بیان‌کننده جایگزینی گسترده زمین‌های جنگلی و کشاورزی در منطقه با پوشش مرتعی بوده است. (2009) Mokhtari با استفاده از کمی‌کردن الگوی سیمای سرزمین شهر اصفهان، به بررسی تغییرات سیمای سرزمین پرداخت. نتایج نشان داد درصد مناطق انسان‌ساخت به شدت افزایش یافته است و مناطق کشاورزی و طبیعی کاهش یافته‌اند. (2010) Setoodeh از سنجش‌های سیمای سرزمین به منظور تحلیل سلامت اکولوژیک سیمای سرزمین شهر شیراز استفاده کرد. نتایج این مطالعه نشان داد در سه دهه گذشته سطوح نفوذناپذیر رشد چشم‌گیری داشته‌اند و سبب از بین رفتن تالاب‌ها، زمین‌های کشاورزی و ازهم گسیختگی زیستگاه‌ها شده‌اند. (2011) Keyani تغییرات پوشش و کاربری شهرستان طالقان را با سنجش‌های سیمای سرزمین بررسی کرد. نتایج نشان دادند که بیشترین تغییرات مربوط به کلاس کشاورزی بوده است. هدف از پژوهش حاضر بررسی تغییرات ترکیب و پیکربندی مکانی عناصر ساختاری سیمای سرزمین شهرستان رشت طی سال‌های ۱۳۶۶ تا ۱۳۹۰ و تفسیر جنبه‌های مهم این تغییرات با استفاده از شیوه تحلیل سینوپتیک (هم‌دید) سنجش‌های سیمای سرزمین و تصاویر ماهواره‌ای است. هدف از این پژوهش پایش الگو و روند تغییرات کاربری و پوشش زمین به‌ویژه کاربری انسان‌ساخت طی ۲۴ سال گذشته و اثر آن بر الگوی ساختاری سیمای سرزمین، به‌منظور کمک به برنامه‌ریزی اصولی کاربری و پوشش زمین در این منطقه است.

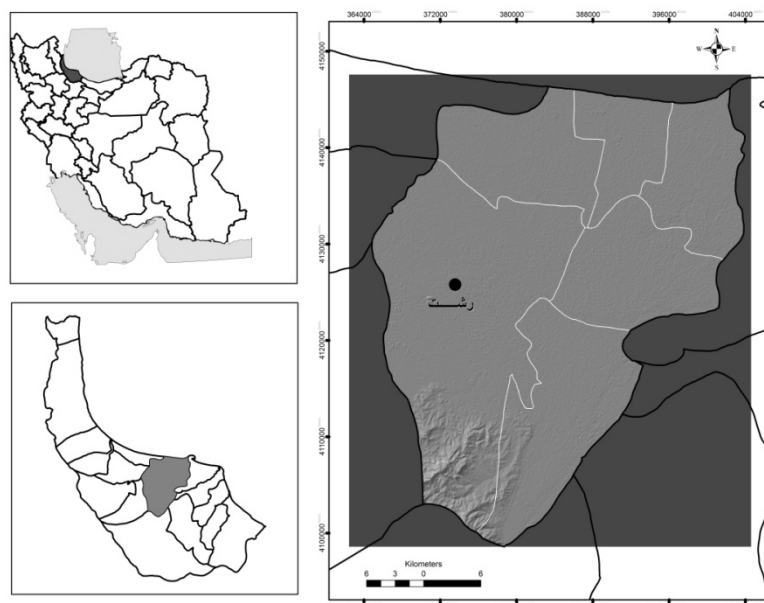
ایران و جهان انجام شده است که همگی از ترکیب تصاویر ماهواره‌ای و محاسبه سنجش‌های سیمای سرزمین در راستای هدف خود بهره برده‌اند. Herzog و Lausch (2002) در آلمان از سنجش‌های سیمای سرزمین در پایش تغییرات سرزمین و واکنش آن در برابر توسعه انسان‌ساخت استفاده کردند و نتایج نشان داد که کارایی هر یک از سنجش‌ها به مدل‌های استفاده‌شده و اطلاعات موجود وابسته است. Herold و همکاران (2005) به بررسی نقش سنجش‌های مکانی سیمای سرزمین در تجزیه و تحلیل و مدل‌سازی تغییر کاربری شهری سانتابارابرای آمریکا پرداختند. نتایج نشان داد ترکیب سنجش از دور و سنجش‌های مکانی به‌منزله رویکردی نوین و مناسب در پیش‌بینی و تحلیل توسعه شهری قابل استفاده است. Matsushita و همکاران (2006) در کاسمیگورای ژاپن با استفاده از سنجش‌های سیمای سرزمین به بررسی تغییرات سیمای سرزمین ناشی از گسترش شهری پرداختند. تجزیه و تکه‌تکه شدن سیمای سرزمین مهم‌ترین مشخصه تغییر بر اثر توسعه شهری در منطقه بوده است. Weng (2007) در ایالات متحده آمریکا تغییرات الگوی سیمای سرزمین در واکنش به توسعه شهری را بررسی کرد. نتایج نشان داد سیمای سرزمین به مرور زمان تکه‌تکه و پیچیده شده است و از تغییرات شدیدی در مناطق حاشیه شهری و تازه توسعه‌یافته برخوردار است. Yeh و Huang (2009) به بررسی الگوهای مکانی-زمانی تنوع سیمای سرزمین در پاسخ به رشد شهری در چین تاپه پرداختند و مکان‌هایی را که تنوع سیمای سرزمین تحت‌تأثیر فعالیت انسانی تغییر کرده بود تعیین کردند. Shrestha و همکاران (2011) به مطالعه تکه‌تکه شدن سیمای سرزمین کلان‌شهر فونیکس ایالات متحده آمریکا پرداختند. در این مطالعه از تحلیل سینوپتیک و گرادیان استفاده شد. در ایران، Parivar (2006) رهیافت مدیریت کیفیت محیط زیست شهری تهران از طریق اصلاح ساختار سیمای سرزمین شهری را بررسی کرد. نتایج مطالعه نشان دادند که عناصر

۲. مواد و روش‌ها

۱.۲. منطقه مطالعه شده

منطقه مطالعه شده محدوده سیاسی اداری شهرستان رشت در استان گیلان با مساحت ۱۲۱۵ کیلومترمربع است (شکل ۱). جمعیت این شهرستان در سال ۱۳۹۰، ۹۱۸۴۴۵ نفر بود و در چند دهه اخیر نسبت جمعیت شهری این شهرستان از ۵۳/۰۲ درصد در سال ۱۳۶۵ به ۷۶ درصد در سال ۱۳۹۰ رسیده است. متوسط بارندگی سالانه حدود ۱۵۰۰

میلی‌متر، متوسط دمای ماهانه ۱۵/۸ درجه سانتی‌گراد و میانگین سالانه رطوبت نسبی هوا ۸۱ درصد است. این منطقه به دلیل واقع شدن در جلگه مرکزی، وسعت زیاد و حاصلخیزی خاک، یکی از مناطق مهم کشت برنج کشور است. همچنین به علت مرکز استان بودن، قرار گرفتن بر مسیر تهران، قزوین، انزلی، آستارا از یک سو و مسیر اصلی گیلان به مازندران و شرق گیلان از سوی دیگر، از رونق بالای اقتصادی و گسترش فعالیت‌های صنعتی برخوردار است (Statistical Center of Iran, 2012).



شکل ۱. موقعیت شهرستان رشت در ایران و استان گیلان

۲.۲. داده‌ها

به منظور دستیابی به اهداف پژوهش نیاز به استفاده از سه دوره نقشه کاربری و پوشش زمین وجود داشت که به دلیل نبود این نقشه‌ها، از سه فریم تصویر ماهواره‌ای بدون ابرگذر ۱۶۶ و ردیف ۳۴ سنجنده TM ماهواره لندست مربوط به ماه‌های تیر و مرداد سال‌های ۱۳۶۶، ۱۳۷۸ و ۱۳۹۰ استفاده شد. نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ تهیه شده از عکس‌های هوایی سراسری سال ۱۳۷۳، نقشه تقسیمات کشوری مربوط به سال ۱۳۹۰ استان گیلان نیز استفاده شدند. علاوه

بر داده‌های یادشده، از اطلاعات حاصل از بازدید میدانی و نقاط برداشت شده به وسیله سامانه موقعیت‌یاب جهانی نیز به منظور کمک به فرایند تهیه نقشه‌های کاربری/پوشش سرزمین استفاده شد. در این پژوهش از نرم‌افزارهای Arc view 3.4، Arc GIS 9.3، Idrisi Taiga، و Fragstats 3.3 و Microsoft Excel استفاده شد.

۳.۲. روش پژوهش

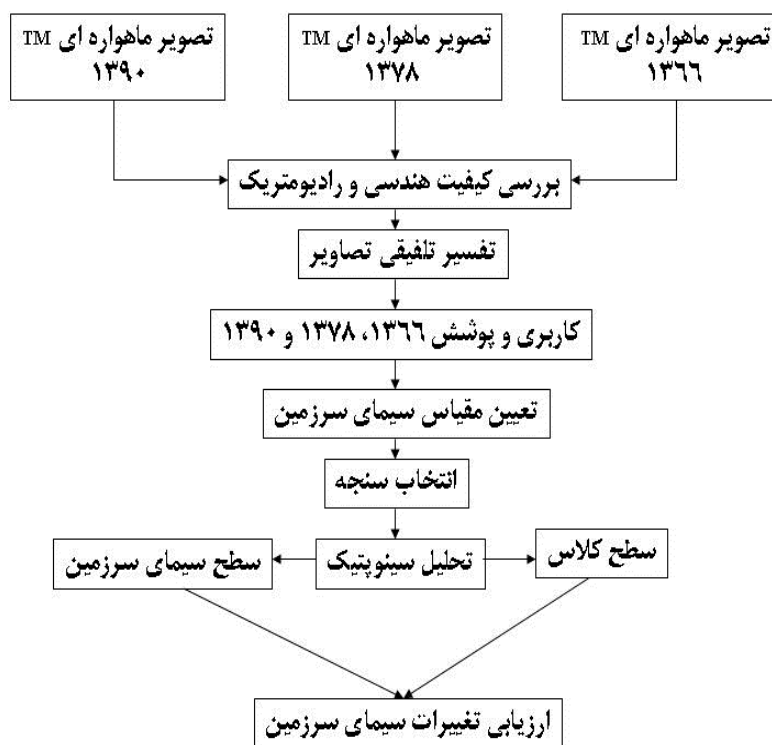
برای پایش تغییرات سیمای سرزمین شهرستان رشت در بازه زمانی ۱۳۶۶ تا ۱۳۹۰ از تحلیل سینوپتیک سیمای سرزمین استفاده شد. بر این

تکه^۱، کریدور^۲، زمینه^۳) در این مطالعه و ویژگی کاربری و پوشش منطقه، در پژوهش حاضر از روش تفسیر تلفیقی (تفسیر بصری با استفاده از رایانه) تصاویر ماهواره‌ای که به‌رغم زمان‌بر بودن، در قیاس با روش‌های خودکار طبقه‌بندی تصویر، ساختار سیمای سرزمین را با دقت بالاتری ترسیم می‌کند، استفاده شد. برای بارزسازی تصاویر استفاده‌شده، ترکیب رنگی‌های 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 در دسترس و استفاده از عوامل تفسیر (رنگ، تن، بافت، همراهی، شکل) تصاویر ماهواره‌ای TM سه مقطع زمانی تفسیر و نقشه‌های کاربری و پوشش سال‌های ۱۳۶۶، ۱۳۷۸ و ۱۳۹۰ با ساختار برداری تهیه شدند.

اساس نقشه‌های سیمای سرزمین سه مقطع زمانی ۱۳۶۶، ۱۳۷۸ و ۱۳۹۰ از تصاویر ماهواره‌ای سنجنده TM ماهواره لندست تهیه و تحلیل شدند. مراحل مختلف پژوهش به تفصیل در پی آمده است (شکل ۲).

۴.۲. تهیه نقشه‌های کاربری و پوشش زمین

پس از بررسی و اطمینان از کیفیت رادیومتری تصاویر و کنترل صحت هندسی آن‌ها با نقشه‌های توپوگرافی منطقه با توجه به بازدید میدانی و شناخت منطقه، نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰، نظر کارشناسان و سطح اول طبقه‌بندی (Anderson, 1976)، شش طبقه کاربری و پوشش زمین شامل مناطق انسان‌ساخت، کشاورزی، جنگل، پهنه آبی (بدون پوشش گیاهی)، زمین‌های بایر و تالاب در این مطالعه در نظر گرفته شد. به‌دلیل اهمیت شکل و مرز واقعی عناصر سیمای سرزمین



شکل ۲. نمودار مفهومی مراحل انجام پژوهش

1. Patch
2. Corridor
3. Matrix

سیمای سرزمین برای انجام مطالعه حاضر انتخاب شد. ویژگی سنجها، مفهوم ارائه کننده و سطح محاسبه آنها در این پژوهش در جدول ۱ ذکر شده اند.

تحلیل سینوپتیک: به منظور تحلیل تغییرات سیمای سرزمین با روش سینوپتیک (همدید) در بازه زمانی ۱۳۶۶ تا ۱۳۹۰، نیاز است که نقشه های سیمای سرزمین شهرستان رشت، که در سه مقطع زمانی ۱۳۶۶، ۱۳۷۸ و ۱۳۹۰، با روشی یکسان (تفسیر تلفیقی)، در مقیاسی یکسان (۱:۲۵۰۰۰) و گستره ای یکسان از منطقه (محدوده اداری سیاسی شهرستان رشت) تهیه شدند تجزیه و تحلیل شوند تا ویژگی های ترکیب بندی و پیکربندی سیمای سرزمین با سنجهای یکسان مقایسه و تغییرات سیمای سرزمین پایش شود. از این رو براساس مقیاس مطالعه و اندازه دانه بندی انتخابی، نقشه های سیمای سرزمین با اندازه دانه بندی ۳۰ متر به ساختار سلولی تبدیل شدند. پس از آماده سازی و پیش پردازش نقشه ها در نرم افزار IDRISI Taiga، برای محاسبه سنجهای سیمای سرزمین به محیط نرم افزار Fragstats وارد شدند. پس از تنظیم پارامترهای نرم افزار برای هر یک از نقشه ها به طور جداگانه، سنجهای NP، PD، LSI، LPI، SHDI و CONTAG در سطح سیمای سرزمین و سنجهای NP، PD، ED، LSI، LPI، PLAND در سطح کلاس محاسبه و نتایج آنها به نرم افزار Excel انتقال داده شد. در نهایت نمودار تغییرات زمانی سنجها ترسیم و روند تغییرات سیمای سرزمین ارزیابی شد.

۳. نتایج

شکل ۴ نقشه های کاربری و پوشش زمین تهیه شده با روش تفسیر تلفیقی تصاویر ماهواره ای سنجنده TM را نمایش می دهد. در این پژوهش مناطق انسان ساخت شامل مناطق شهری با تراکم های مختلف، مناطق روستایی، شبکه

۵.۲. تحلیل الگوی ساختاری سیمای سرزمین

تعیین مقیاس مطالعه در سیمای سرزمین: تعیین مقیاس مطالعه در سیمای سرزمین اهمیت زیادی دارد و نتایج تحلیل ها را تحت تأثیر قرار می دهد. مقیاس در این مطالعات دو مفهوم مکانی^۱ و زمانی^۲ دارد. مقیاس مکانی توسط دو فاکتور اندازه دانه بندی^۳ و گستره^۴ تعیین می شود. اندازه دانه بندی کوچک ترین واحد اندازه گیری و مطالعه در یک سیمای سرزمین است که حداقل فاصله بین نمونه ها یا حداقل سطح تفکیک آنها را بیان می کند. گستره، محدوده همه اندازه گیری ها یا کل پوشش مشاهدات است. مقیاس زمانی نیز بازه زمانی انتخاب شده در مطالعه است. در مطالعه حاضر براساس هدف مطالعه، قابلیت داده های ماهواره ای و نقشه های استفاده شده و ویژگی های سیمای سرزمین مطالعه شده، اندازه دانه بندی معادل قدرت تفکیک مکانی تصاویر ماهواره ای سنجنده TM استفاده شده در مطالعه (۳۰ متر) و گستره سیمای سرزمین معادل محدوده سیاسی اداری شهرستان رشت در نظر گرفته شد. مقیاس زمانی مطالعه نیز بازه زمانی بین سال های ۱۳۶۶ تا ۱۳۹۰ را (به صورت سه مقطع زمانی ۱۳۶۶، ۱۳۷۸ و ۱۳۹۰) در بر می گیرد. سایر مراحل مطالعه که در پی خواهد آمد، در چارچوب این مقیاس انجام شده است.

انتخاب سنجها: به دلیل تعداد زیاد سنجها، وجود همبستگی بین برخی از آنها و به منظور پرهیز از تولید اطلاعات زائد، براساس مرور وسیع منابع علمی (Zhang et al, 2004; Herzog, 2002; Rafiee et al, Weng, 2007; Herold et al, 2005; Wu, 2011; Lausch & 2009b) و دانش کارشناسی، با توجه به تناسب سنجها با هدف مطالعه و توجه به همبستگی بین مفهوم آنها، مجموعه ای از سنجهای ترکیب و پیکربندی

1. Spatial
2. Temporal
3. Grain Size
4. Extent

جدول ۱. مشخصات سنجه‌های استفاده شده (Mc Garigal & Marks, 1995)

نام فارسی	نام سنجه	علامت اختصاری	واحد	محدوده تغییرات
تعداد تکه‌ها	Number of Patches	NP	ندارد	بزرگ‌تر از صفر
سنجۀ بزرگ‌ترین تکه	Largest Patch Index	LPI	درصد	صفر تا ۱۰۰
تراکم تکه	Patch Density	PD	تعداد در ۱۰۰ هکتار	بزرگ‌تر از صفر
سنجۀ تنوع شانون	Shannon's Diversity Index	SHDI	ندارد	بزرگ‌تر و مساوی صفر
سنجۀ شکل سیمای سرزمین	Landscape Shape Index	LSI	ندارد	بزرگ‌تر و مساوی یک
پیوستگی	Contagion	CONTAG	ندارد	صفر تا ۱۰۰
درصد پوششی سیمای سرزمین	Percentage of Landscape	PLAND	درصد	صفر تا ۱۰۰
تراکم حاشیه	Edge Density	ED	متر در هکتار	بزرگ‌تر از صفر

روش تحلیل سینوپتیک با استفاده از سنجه‌های تعداد تکه (NP)، تراکم تکه (PD)، سنجۀ شکل سیمای سرزمین (LSI)، سنجۀ بزرگ‌ترین تکه (LPI)، سنجۀ تنوع شانون (SHDI) و پیوستگی (CONTAG) در سطح سیمای سرزمین را طی سال‌های ۱۳۶۷، ۱۳۸۷ و ۱۳۹۰ نمایش می‌دهد. سنجۀ (NP) تعداد کل انواع تکه‌های کاربری و پوشش موجود در سیمای سرزمین طی این سال‌ها به ترتیب ۱۰۱۹، ۱۱۸۸ و ۱۶۲۶ بوده است که نشان از روند افزایشی آن در این بازه و به‌ویژه بیشتر شدن نرخ افزایش تعداد تکه‌های سیمای سرزمین در مقطع زمانی اول (۱۳۳۶ تا ۱۳۷۸) نسبت به مقطع زمانی دوم (۱۳۶۶ تا ۱۳۷۸) دارد. سنجۀ تراکم تکه (PD) نیز در سال‌های مطالعه به ترتیب ۰/۴۹، ۰/۵۷ و ۰/۷۸ بوده است و بیان‌کننده افزایش تعداد تکه‌های سیمای سرزمین در واحد سطح طی زمان مطالعه است. این روند به همراه افزایش تعداد کل تکه‌های سیمای سرزمین، بیانگر افزایش تکه‌تکه شدگی سیمای سرزمین طی زمان بوده است.

نتایج سنجۀ بزرگ‌ترین تکه سیمای سرزمین (LPI) که درصد مساحت تکه غالب یا بزرگ‌ترین تکه در سیمای سرزمین نسبت به کل مساحت سیمای سرزمین را نشان می‌دهد؛ بیانگر افزایش این سنجه در مقطع زمانی اول، کاهش آن در مقطع زمانی دوم و افزایش کلی آن در بازه زمانی ۱۳۶۶ تا ۱۳۹۰ است. روند کاهش اندازه بزرگ‌ترین تکه در سیمای سرزمین طی زمان و همسویی آن با

جاده‌ای و حمل‌ونقل، توسعه خطی اطراف جاده‌ها و بزرگراه‌ها، تأسیسات زیربنایی، مراکز خدماتی، صنعتی و تجاری خارج شهرها هستند. طبقه کشاورزی شامل زراعت آبی، دیم‌کاری، باغداری، زراعت چوب و نهالستان، کشت علوفه، گیاهان زینتی است. طبقه جنگل به پوشش‌های جنگلی طبیعی، بیشه‌زارها، مناطق جنگل‌کاری شده و درختزارهای شهری و غیرشهری انبوه، نیمه‌انبوه و تنک اطلاق می‌شود. طبقه پهنه‌آبی به مناطقی گفته می‌شود که به‌طور دائم یا در بیشتر فصول سال از آب پوشیده باشند و ممکن است به‌صورت طبیعی (دریا، دریاچه و رودخانه‌ها) و یا به‌صورت انسان‌ساخت (دریاچه سد، آب‌بندان‌ها، کانال‌های آبرسانی و استخرهای آبی‌پروری) باشد. طبقه پوشش تالابی شامل زمین‌هایی است که به‌علت بالا بودن سطح آب، بارندگی زیاد و یا مد دریا بیشتر مدت سال اشباع از آب و خاک آن هیدرومورف است و ممکن است پوشش گیاهی و یا فاقد پوشش گیاهی داشته باشد. طبقه بایر به زمین‌های لخت، سواحل شنی و فاقد پوشش دریاها، بیرون‌زدگی‌های سنگی و صخره‌ای، مناطق انتقالی بین کاربری و پوشش‌ها، بستر شنی و خشک رودخانه‌ها هستند. همچنین زمین‌های کشاورزی که قبلاً استفاده می‌شده است ولی در حال حاضر کاربری خود را از دست داده است و کاربری دیگری ندارد، نیز بایر محسوب شده‌اند.

سطح سیمای سرزمین

شکل ۵ نتایج روند تغییرات سیمای سرزمین با

افزایش تعداد و تراکم تکه‌های سیمای سرزمین، بیان‌کننده افزایش تکه‌تکه شدگی کل سیمای سرزمین در بازه زمانی مطالعه شده است.

سنجه شکل سیمای سرزمین (LSI) براساس نسبت طول حاشیه‌های موجود در کل سیمای سرزمین به حداقل حاشیه ممکن آن به دست آمده و بدون واحد است و هرچه قدر 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 به ترتیب ۱۶/۵۲، ۱۸/۹۶ و ۲۶/۰۸ بوده است و روندی کاملاً افزایشی را طی کرده است. این روند نشان می‌دهد با گذشت زمان، شکل سیمای سرزمین شهرستان رشت پیچیده‌تر و از نظر هندسی نامنظم‌تر شده است. این روند در مقطع زمانی دوم شدت بسیار بیشتری نسبت به مقطع زمانی اول داشته است.

سنجه پیوستگی سیمای سرزمین (CONTAG) به صورت درصد بیان می‌شود و یکی از سنجه‌های اندازه‌گیری درجه یکپارچگی تکه‌های سیمای سرزمین و همچنین درجه تکه‌تکه شدگی سیمای سرزمین است. هنگامی که انواع تکه‌های کاربری و پوشش کاملاً پراکنده در سیمای سرزمین و ناپیوسته باشند این سنجه صفر خواهد بود و هنگامی که سیمای سرزمین تنها از یک نوع تکه تشکیل شده باشد پیوستگی در بیشترین مقدار خود است. نتایج این پژوهش بیان‌کننده افزایش این سنجه از ۶۴/۷۶ به ۶۷/۴۵ درصد در مقطع زمانی اول و سپس کاهش آن به ۶۲/۳ بوده است و در مجموع بیان‌کننده کاهش میزان پیوستگی سیمای سرزمین و افزایش تکه‌تکه شدگی آن در بازه زمانی ۱۳۶۶ تا ۱۳۹۰ است.

سنجه تنوع شانون (SHDI) یکی از سنجه‌های اندازه‌گیری تنوع تکه‌های سیمای سرزمین است و از نظر مفهومی مقابل پیوستگی سیمای سرزمین قرار دارد. زمانی که سیمای سرزمین فقط از یک تکه تشکیل شده باشد تنوع آن صفر است و هرچه قدر انواع تکه‌ها و سهم نسبی مساحت آن‌ها در سیمای سرزمین افزایش یابد، تنوع سیمای

سرزمین نیز افزایش می‌یابد. نتایج این سنجه نشان داد در مقطع زمانی اول تنوع سیمای سرزمین از ۱/۰۵ به ۰/۹۷ کاهش یافته، ولی در مقطع زمانی دوم به ۱/۱ افزایش یافته است که در مجموع بیان‌کننده افزایش تنوع سیمای سرزمین در بازه زمانی ۱۳۶۶ تا ۱۳۹۰ است و روندی کاملاً عکس سنجه پیوستگی را طی کرده است.

سطح کلاس

شکل ۶ تغییرات سنجه‌های تراکم تکه (PD)، تراکم حاشیه (ED)، شکل سیمای سرزمین (LSI)، سنجه بزرگ‌ترین تکه (LPI) و درصد پوشش سیمای سرزمین (PLAND) در سطح کلاس طی سال‌های ۱۳۶۶، ۱۳۷۸ و ۱۳۹۰ را نمایش می‌دهد.

نتایج نشان داد تعداد تکه‌های (NP) کاربری انسان ساخت در بازه زمانی اول از ۴۲۶ به ۵۶۸ افزایش یافته و سپس به ۶۰۶ تکه در انتهای بازه زمانی دوم رسیده است. تراکم تکه (PD) نیز طی این بازه‌های زمانی از ۰/۲ به ۰/۲۷ و در نهایت به ۰/۳۱ افزایش یافته است. افزایش تعداد و تراکم تکه‌های انسان ساخت بیان‌کننده تکه‌تکه شدگی کلاس انسان ساخت و به وجود آمدن مناطق انسان ساخت جدید طی زمان بوده است. سنجه شکل سیمای سرزمین (LSI) در مناطق انسان ساخت افزایش یافته است و از ۴۲/۵۴ به ۴۹/۷۳ و سپس ۵۷/۲۳ افزایش یافته است. سنجه تراکم حاشیه (ED) نیز برای تکه‌های انسان ساخت روندی مشابه داشته است و از ۷/۷۸ متر در هکتار به ۱۰/۹ و سپس ۱۵/۹۸ افزایش یافته است. افزایش این دو سنجه نشان از افزایش پراکندگی و بی‌نظمی تکه‌های انسان ساخت و همچنین پیچیده‌تر شدن شکل آن‌ها در سیمای سرزمین طی زمان دارد. درصد سیمای سرزمین (PLAND) پوشش داده شده توسط مناطق انسان ساخت به ترتیب زمانی از ۴/۳۶ به ۶/۲۴ و سپس ۱۰/۱۴ افزایش یافته است که نشان‌دهنده افزایش بیشتر مناطق انسان ساخت در مقطع زمانی دوم نسبت به مقطع زمانی اول است. همسو با این روند سنجه بزرگ‌ترین تکه (LPI) نیز برای مناطق

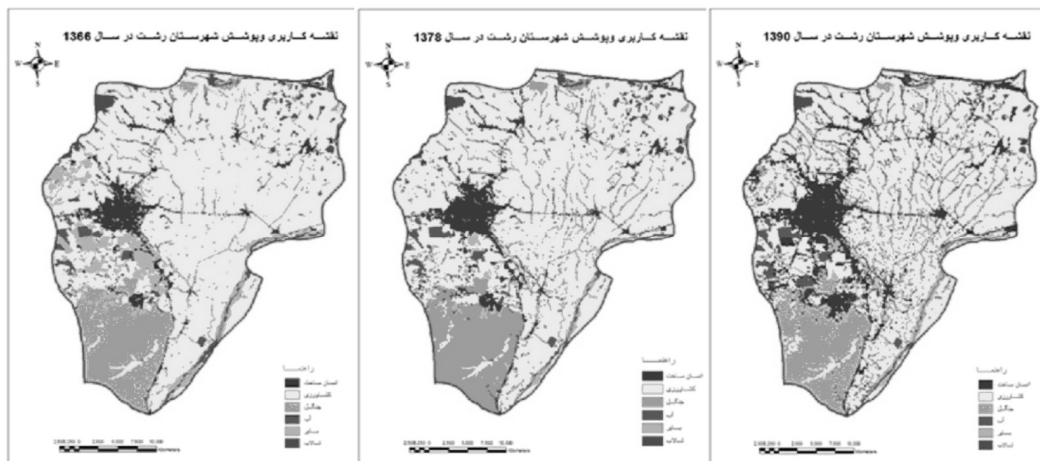
زمان به‌خوبی بیان‌کننده تکه‌تکه شدگی، کاهش پیوستگی، پیچیده‌تر شدن و بی‌نظم‌تر شدن شکل تکه‌های کشاورزی طی زمان به‌علت رقابت کاربری انسان ساخت و استخرهای آبی‌پروری با این کاربری شده است.

نتایج تحلیل سنجه‌ها برای کلاس جنگل شکل ۵ نشان می‌دهد که تعداد، تراکم و مساحت کل تکه‌های پوشش جنگلی و نیز اندازه بزرگ‌ترین تکه این پوشش طی زمان با شیب نسبتاً ملایمی کاهش یافته است. سنجه تراکم حاشیه تکه‌های جنگلی طی زمان کاهش یافته است و همسو با آن سنجه شکل تکه‌های جنگل طی زمان رو به کاهش نهاده است. کاهش این دو سنجه نشان از ساده‌تر شدن شکل تکه‌های طی زمان دارد. روند تغییرات تمامی سنجه‌ها بیان‌کننده شیب ملایم تغییرات این نوع پوشش و همچنین شدیدتر بودن این تغییرات در مقطع زمانی دوم نسبت به مقطع زمانی اول است.

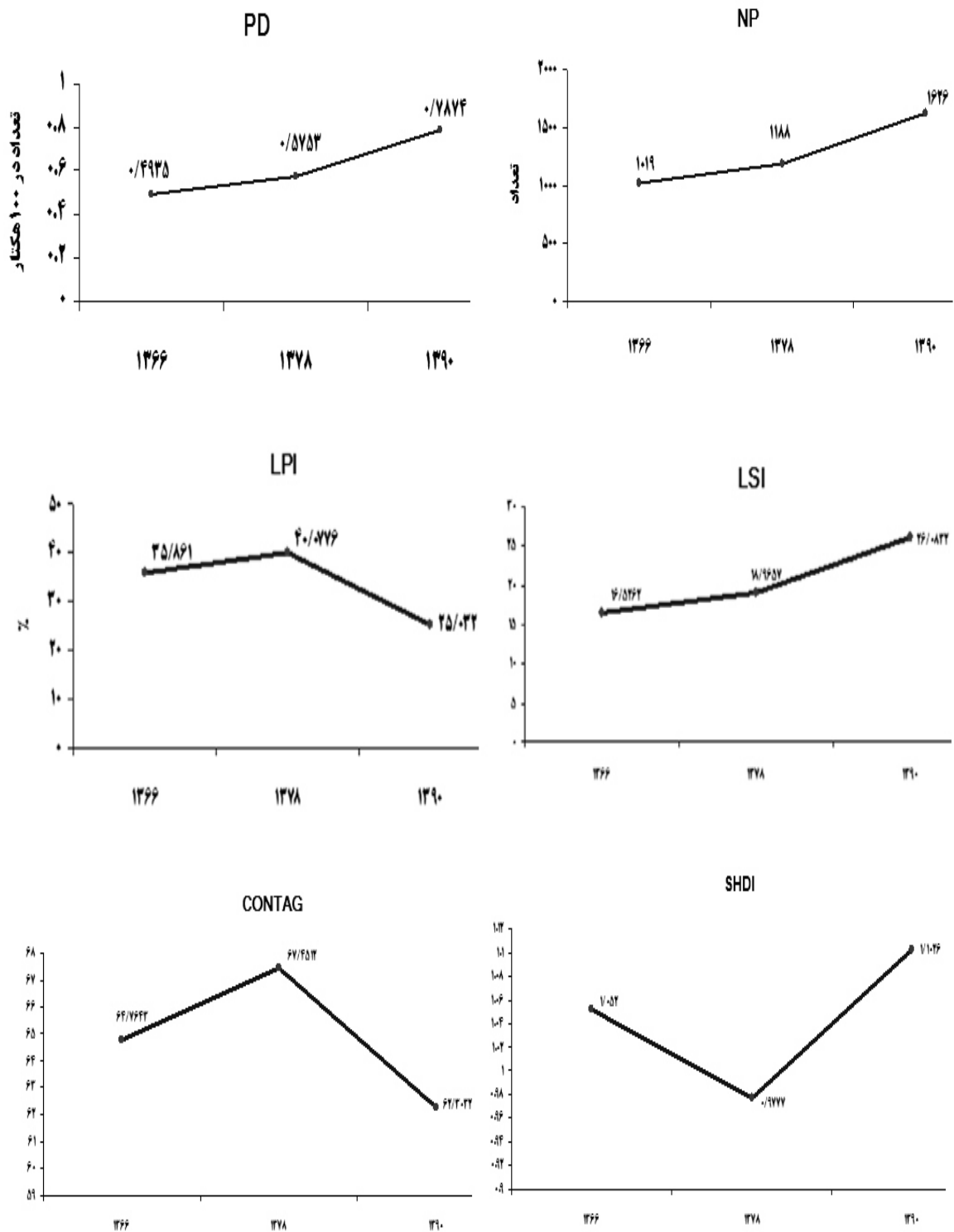
روند تغییرات سنجه‌ها برای پوشش تالابی منطقه نشان می‌دهد مساحت، تعداد و تراکم تکه‌های این پوشش طبیعی طی زمان با شیب بسیار ملایمی کاهش یافته است و از نظر سنجه شکل سیمای سرزمین ساده‌تر شده است. روند تغییرات این پوشش طبیعی، برخلاف تغییرات مناطق انسان ساخت و کشاورزی بوده است. نکته قابل توجه در تغییرات مناطق تالابی، تغییر شدید سنجه شکل تکه‌های آن در بازه زمانی ۱۳۶۶ تا ۱۳۷۸ است.

انسان ساخت افزایش یافته است و از ۲/۱۲ به ۲/۷۲ درصد در مقطع زمانی اول و سپس ۸/۰۷ درصد در انتهای مقطع دوم رسیده است. این روند نیز بیان‌کننده افزایش شدیدتر اندازه بزرگ‌ترین تکه انسان ساخت یعنی شهر رشت، در مقطع زمانی دوم نسبت به مقطع زمانی اول است.

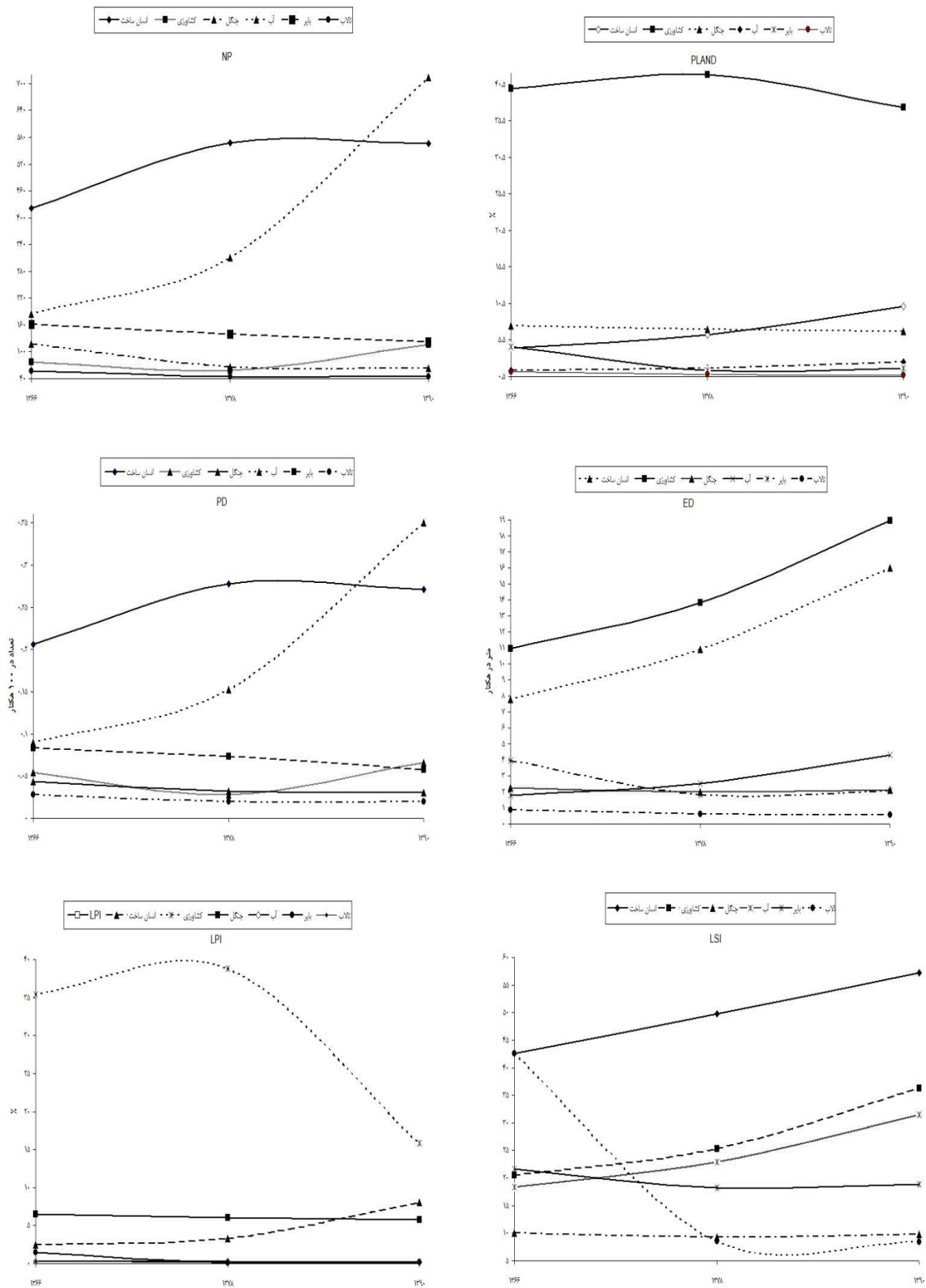
همان‌طور که شکل ۵ نمایش می‌دهد در کلاس کشاورزی تعداد تکه (NP) و تراکم تکه (PD) در بازه زمانی اول کاهش یافته است و در بازه زمانی دوم، برخلاف بازه اول، روندی افزایشی داشته است. این موضوع به دلیل تبدیل تکه‌های بایر و بدون پوشش منطقه به زمین‌های کشاورزی و یکپارچه شدن تکه‌های کشاورزی در بازه زمانی اول بوده است که افزایش اندازه بزرگ‌ترین تکه (LPI) کشاورزی و همچنین افزایش درصد سیمای سرزمین (PLAND) کشاورزی در بازه زمانی اول از ۳۹/۹ به ۴۱/۸۴ درصد مؤید این مطلب است. در بازه زمانی دوم تبدیل زمین‌های کشاورزی به مناطق انسان ساخت و پوشش‌های آبی جدید منجر به کاهش سطح کل تکه‌های کشاورزی به ۳۷/۳ درصد منطقه و همچنین کوچک‌تر شدن اندازه بزرگ‌ترین تکه این کاربری برخلاف بازه اول شده است به طوری که این سنجه از ۱۵/۸۱ به ۳۵/۴۳ درصد افزایش و سپس به ۳۹/۹۸ درصد در انتهای مقطع زمانی دوم کاهش یافته است. روند افزایشی سنجه تراکم حاشیه (ED) و نیز سنجه شکل سیمای سرزمین (LSI) تکه‌های کشاورزی طی



شکل ۴. نقشه‌های کاربری و پوشش زمین تهیه‌شده از تصاویر ماهواره‌ای سنجنده TM به روش تفسیر تلفیقی



شکل ۵. روند تغییرات سنجه‌های NP، PD، LSI، LPI، SHDI و CONTAG طی سال‌های ۱۳۶۷، ۱۳۸۷ و ۱۳۹۰ در سطح سیمای سرزمین



شکل ۶. تغییرات سنجه‌های NP, PD, ED, LSI, LPI و PLAND در سطح کلاس کاربری و پوشش

۴. بحث و نتیجه گیری

نتایج پژوهش نشان داد که تحلیل سینوپتیک به دلیل داشتن ویژگی‌هایی از جمله مقایسه کمی، یکسان و هم‌دید از ویژگی‌های سیمای سرزمین در گستره‌ای یکسان با اندازه دانه‌بندی، روش و مقیاس یکسان تهیه نقشه سیمای سرزمین در مقاطع زمانی مختلف، به خوبی می‌تواند تغییرات زمانی ویژگی‌های ترکیب و پیکربندی سیمای سرزمین را پایش و ارزیابی کند.

تحلیل هم‌دید (سینوپتیک) سیمای سرزمین شهرستان رشت با استفاده از سنج‌های سطح سیمای سرزمین و کلاس بیانگر آن است که به‌طور کلی، سیمای سرزمین تکه‌تکه‌تر، از نظر شکلی پیچیده‌تر، نامنظم‌تر و از نظر میزان یکپارچگی عناصر ساختاری، ناپیوسته‌تر و از نظر نوع کاربری و پوشش موجود در واحد سطح متنوع‌تر شده است؛ اگرچه، سیمای سرزمین شهرستان رشت در بازه زمانی دوم (۱۳۷۸ تا ۱۳۹۰) روندی متفاوت و با شیب تغییرات تندتری از بازه زمانی اول (۱۳۶۶ تا ۱۳۷۸) را تجربه کرده است. تفسیر نتایج نشان می‌دهد که عامل اصلی این تغییرات، پویایی شدید کاربری انسان ساخت در منطقه بوده است که در مقطع زمانی دوم شدت بیشتر و در نتیجه اثرگذاری بیشتری داشته است.

درواقع فاصله کم نقاط شهری و روستایی از همدیگر، پیوستن سکونتگاه‌های سابقاً مجزا به همدیگر بر اثر فرایند خزش شهری، توسعه کم تراکم و ناپیوسته حومه شهری، ساخت‌وسازهای کم‌تراکم و پراکنده در زمین‌های کشاورزی، توسعه شبکه حمل‌ونقل و رشد خطی یا نواری مناطق انسان ساخت اطراف این شبکه که هیچ‌گونه محدودیت فیزیکی و جغرافیایی را پیش روی خود نداشته‌اند سبب شده است مساحت کل کلاس و تعداد تکه‌ها، میانگین مساحت تکه‌ها، تراکم تکه، میزان حاشیه و پیچیدگی شکل تکه‌ها و مساحت بزرگ‌ترین تکه انسان ساخت منطقه (شهر رشت)

افزایش یافته است که خود این موضوع موجب کاهش مساحت کاربری کشاورزی (که زمینه سیمای سرزمین مطالعه شده بوده است) افزایش تعداد و تراکم تکه‌های آن، افزایش مقدار حاشیه تکه‌های کشاورزی، پیچیدگی شکل آن‌ها و کاهش شدید اندازه بزرگ‌ترین تکه کشاورزی منطقه شده است و زمین‌های مرغوب کشاورزی منطقه که زمانی به هم پیوسته و دارای یکپارچگی زیادی بوده‌اند به شدت دچار فرایند تکه‌تکه شدن و از هم گسیختگی شده‌اند. این فرایند که تغییرات ساختاری شدیدی در سیمای سرزمین ایجاد کرده است منجر به فروافت کارکرد آن خواهد شد و موجب خواهد شد که علاوه بر کاهش بازدهی کشاورزی به دلیل کوچک شدن قطعات زمین، موجبات افزایش دسترسی انسانی در سیمای سرزمین و نفوذ بیشتر انواع آلاینده‌ها به آن را فراهم آورد (Setoodeh, 2010). تکه‌های زمین مرغوب باقی‌مانده در معرض تهدید ساخت‌وسازهای کنترل نشده خواهد بود و این پتانسیل وجود دارد که در صورت کنترل نشدن این روند، کشاورزی منطقه را که تا کنون به منزله یکی از نقاط قوت اقتصادی شهرستان مطرح بوده است به نابودی بکشاند.

همچنین تفسیر نتایج گویای این واقعیت است که تکه‌های کاربری انسان ساخت و پهنه‌های آبی (آبی‌پروری، آب‌بندان‌ها) در سیمای سرزمین در هر دو بازه زمانی اول و دوم و نیز در سراسر بازه زمانی مطالعه شده روند تغییراتی کاملاً همسو را طی کرده‌اند که می‌تواند ناشی از اثر مستقیم و شدت حضور بیشتر انسان در تعیین الگوی چینش آن‌ها در مقایسه با سایر کاربری و پوشش‌های نیمه‌طبیعی (کشاورزی) و طبیعی (جنگل و تالاب) باشد. در قیاس با کلاس کشاورزی، پوشش‌های طبیعی منطقه (جنگلی و تالابی) از شدت تغییر نسبتاً کمتری برخوردار بوده‌اند. پوشش جنگلی شهرستان رشت اگرچه دچار کاهش سطح و تخریب شده است ولی روند تغییرات آن وضعیت بحرانی‌ای همچون کشاورزی را نشان نمی‌دهد و

رشد شهری دو کلان‌شهر فونیکس و لاس‌وگاس آمریکا همسو بوده است و پژوهش‌های مذکور نیز به تکه‌تکه شدن سیمای سرزمین به‌ویژه کاربری کشاورزی بر اثر توسعه شهری اذعان کرده‌اند. با توجه به رشد کنترل‌نشده مناطق انسان‌ساخت شهرستان رشت طی ۲۴ سال گذشته، برای جلوگیری از تخریب بیشتر و همچنین حفظ یکپارچگی پوشش‌های طبیعی (جنگل و تالاب) و کاربری کشاورزی، که می‌تواند سبب فروافت یا نابودی ساختار و به‌تبع آن فروافت کارکرد و خدمات آن‌ها شود، آمایش کاربری‌ها بر مبنای عناصر ساختاری سیمای سرزمین (تکه، کریدور و چیدمان) و مفاهیم سیمای سرزمین ضروری است. همچنین پیشنهاد می‌شود به‌منظور بررسی دقیق‌تر الگوی مکانی و زمانی تغییرات از روش تحلیل گرادبان سیمای سرزمین (Luck & Wu, 2002) استفاده شود تا اثر توسعه مناطق انسان‌ساخت بر ساختار سیمای سرزمین و واکنش سایر کاربری و پوشش‌ها در مقابل رشد شهری بررسی شود.

این می‌تواند به‌علت قرار گرفتن عمده پوشش جنگلی منطقه در مناطق با شیب و ارتفاع بالا و دور از دسترس انسان باشد. علاوه بر احتمال تأثیر عوامل طبیعی در کاهش سطح مناطق مرطوب و تالابی، رقابت کشاورزی با این پوشش می‌تواند منجر به کاهش سطح آن شده باشد.

نتایج مطالعه حاضر با نتایج مطالعات Mokhtari (2009) در کمی‌کردن الگوی سیمای سرزمین شهر اصفهان، Setoodeh (۲۰۱۰) پیرامون کاربرد شاخص‌های سلامت اکولوژیک برای تعیین الگوی بهینه توسعه شهری در بیوم ایرانی توراتی، Herzog و Lausch (2002) در پایش تغییرات سرزمین و واکنش آن در برابر توسعه انسان‌ساخت در آلمان، Herold و همکاران (2005) در بررسی نقش سنجه‌های فضایی سیمای سرزمین در تجزیه و تحلیل و مدل‌سازی تغییر کاربری شهری سانتا باربارا، Matsushita و همکاران (2006) در بررسی تغییرات در منطقه کاسمیگورای ژاپن، Wu و همکاران (2011) در مورد کمی‌سازی الگوی

REFERENCES

- Anderson, J. R., Hardy, E. E., Roach, J. T. and Wi, R. E., 1976. A land Use and Land Cover Classification Scheme for Use with Remote Sensor Data, U.S. Geological Survey Professional Paper 964.
- Herold, M., H, Couclelis., K. C. Clarke., 2005. The role of spatial metrics in the analysis and modeling of urban land use change. *Journal of Computers, Environment and Urban Systems* 29: 369–399.
- Khazaei, N., 2009. Forest landscape-and-ecological degradation assessment of Sefidrod watershed; Using landscape ecological metrics, in Guilan province of Iran. *Environmental Science*, Vol.6 (2): 55-64. in Persian.
- Keyani, V, 2011. Evaluation of Land use/Cover Changes in Taleghan township from a landscape ecology Perspective. M.Sc thesis, University of Tehran.
- Lausch, A. F. Herzog., 2002. Applicability of Landscape Metrics for the Monitoring of Landscape Change: Issues of Scale, Resolution and Interpretability. *Journal of Ecological Indicators*, 2(1-2):3-15.
- Luck, M., Wu, J., 2002. A gradient analysis of urban landscape pattern: a case study from the Phoenix metropolitan region, Arizona, USA, *Landscape Ecology*, 17(4): 327–339.
- Matsushita, B., Xu, M., Fukushima, T., 2006. Characterizing Changes in Landscape Structure in the Lake Planning. 78(3): 241-250.
- Mc Garigal, K., and Marks, B. J., 1995. RAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure, USDA Forest Service.
- Mokhtari, Z., 2009. Quantifying landscape pattern of Esfahan city. M.Sc thesis, Esfahan University of technology. D.

10. Parivar, P., 2006. Landscape structural restoration for urban environmental management. M.Sc thesis, University of Tehran. in Persian.
11. Rafiee, R., Mahiny, A. S., Khorasani, N., Darvishsefat, A., & Danekar, A., 2009b. Simulating urban growth in Mashad City, Iran through the SLEUTH model (UGM). *Cities*, 26(1), 19–26.
12. Salman Mahini, A., 2007. Landscape metrics and erosion risk as two classes of quantitative indicators for rapid environmental impact assessment. *Journal of Agriculture and Natural Resources Science*, vol 14(1): 1-11. in Persian.
13. Setoodeh, A, 2010, Identification of ecological health indicator to select the suitable alternative for urban development in Iranoturanian Biom. PhD thesis, University of Tehran. in Persian.
14. Shrestha, M., A. York, C. Boone and S. Zhang., 2012. Land fragmentation due to rapid urbanization in the Phoenix Metropolitan Area: Analyzing the spatiotemporal patterns and drivers. *Applied Geography* 32:522-531.
15. Statistical Center of Iran., 2012. Available from <http://www.amar.org.ir/>.
16. Talebi Amiri, S., 2009. Study on landscape degradation in Neka watershed using landscape metrics. *Environmental science*, Vol.6(3): 133- 144. in Persian.
17. Weng, Y.c., 2007. Spatiotemporal changes of landscape pattern in response to urbanization, *Landscape and Urban Planning* (81) 341–353.
18. Wu , J., Jenerette, J,D., Buyantuyev, A., Redman, C,L., 2011. Quantifying spatiotemporal patterns of urbanization: The case of the two fastest growing metropolitan regions in the United States. *Ecological Complexity* 8 : 1–8.
19. Yeh C.T and Huang S.L., 2009. Investigating spatiotemporal patterns of landscape diversity in response to urbanization, *Journal of Landscape and Urban Planning* 93 :151–162.
20. Zhang, L., Wu, J., Zhen, Y. and Shu., J., 2004. A GIS-based gradient analysis of urban landscape pattern of Shanghai metropolitan area, China. *Journal of Landscape and Urban Planning* ,69: 1–16.
21. f changes, Landscape, Synoptic analysis, Satellite images, Rasht township.