

ارزیابی روند تغییرات سیمای شهر لاهیجان با استفاده از مفاهیم و متریک‌های سیمای

سرزمین

مینو محمدی جو* - کارشناس ارشد محیط‌زیست، دانشگاه گیلان

مهرداد خانمحمدی - استادیار گروه محیط‌زیست، دانشگاه گیلان

سید محمود هاشمی - استادیار گروه محیط‌زیست، دانشگاه گیلان

پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۱۲/۱۲ تأیید مقاله: ۱۳۹۷/۰۲/۱۶

چکیده

سیمای سرزمین بر اثر عوامل طبیعی و غیرطبیعی در حال تغییر است و این پویایی به دلیل دخالت‌های انسانی شدت بیشتری دارد. گسترش شهرنشینی و شهرگرایی زمینه‌ساز تغییرات محیطی سریع‌تر است. هدف اصلی این مطالعه، پیش و مدل‌سازی تغییرات مکانی-زمانی شهر لاهیجان است. به منظور پیش تغییرات با رهیافت اکولوژی سیمای سرزمین، این پژوهش به تجزیه و تحلیل تصاویر ماهواره‌ای به کمک فنون سنجش‌ازدور می‌پردازد. محاسبات و اندازه‌گیری‌ها با کمک شاخص‌ها و متریک‌هایی از جمله مساحت لکه‌ها، تعداد لکه‌ها، کل حاشیه و... در دو سطح کلاس و سیمای سرزمین صورت گرفت. براساس نتایج، اگرچه بستر و زمینه منطقه کشاورزی بوده است، مساحت عرصه‌های ساخت‌وساز با نرخ سریعی افزایش یافته و لکه غالب در مقیاس منطقه‌ای، پهنه‌های ساخته‌شده است. همچنین مساحت، تعداد لکه‌ها و کل حاشیه پهنه ساخت‌وساز در حال افزایش است. پیچیدگی و نسبت فراکتال در لکه‌های پوشش سبز در حال کاهش، اما پیچیدگی در لکه‌های ساخت‌وساز و کشاورزی رو به افزایش است. متریک‌ها در سطح سیمای سرزمین نشان می‌دهد سیمای منطقه در مجموع منظم‌تر، هندسی‌تر و ساده‌تر شده است. همچنین تنوع پوشش‌های اراضی و لکه‌ها در حال کاهش، و غلبه لکه‌های ساخت‌وساز در حال افزایش است. مطابق نتایج، حرکت سرزمین بیشتر به سوی شهرگرایی است که نشان می‌دهد با توجه به کاربری‌ها و پوشش متناسب با آن، برنامه‌ریزی راهبردی برای بهره‌برداری پایدار از سرزمین ضرورت دارد.

کلیدواژه‌ها: پوشش زمین، ساخت‌وساز، سنجش‌ازدور، سیمای سرزمین، متریک.

مقدمه

شهرنشینی با رشد شتابان خود، به یکی از نیروهای محرکه اصلی تغییرات محیطی در جهان تبدیل شده است؛ زیرا بیش از نیمی از جمعیت بشری در شهرها ساکن‌اند؛ بنابراین، شناسایی و تشخیص الگوهای در حال تغییر رشد شهری و برنامه‌ریزی برای پویایی و مسیر تحولات آن، پیش‌نیاز حرکت به سوی توسعه پایدار شهری است. رشد شهری و ابعاد اجتماعی-اقتصادی آن، از فرم و الگوهای فضایی-مکانی خاصی تبعیت می‌کند و به نوعی ساختارمند است (Aguilera et al., 2011: 226; Seto and Fragkias, 2005: 872).

شهرها با هر دلیل و پس‌زمینه‌ای که در سیمای سرزمین رشد کرده‌اند، ساختار و الگوی مکانی خاصی دارند که بر فرایندهای فیزیکی، اکولوژیکی، اقتصادی و اجتماعی درونی و پیرامونی آن‌ها تأثیر می‌گذارد (Sun et al., 2013: 409; Luck and Wu, 2002: 328). می‌توان شهر را سامانه یا ارگانیک تعریف کرد که فرایندها و فعالیت‌های اقتصادی-اجتماعی متنوعی دارد و بنابراین، دارای کاربری‌های اراضی متغیر است. الگوی این کاربری/ پوشش اراضی، ثابت باقی نمی‌ماند و همواره در حال تحول است. برای تجزیه و تحلیل و ادراک این الگو می‌توان آن را با موجودی زنده قیاس کرد (Forman and Godron, 1986: 257) یا آن را سیستمی اکولوژیک دانست که فعالیت‌های انسانی در آن به شدیدترین شکل در سرزمین دیده می‌شود و کاربری‌ها متمرکزترین حالت را دارد. از این رو می‌توان این محیط‌زیست شهری شده را تکنواکوسیستم نام نهاد؛ زیرا تغییرات در این سامانه به‌طور مداوم به‌روز می‌شود (Naveh and Liberman, 1984: 412). برای نمونه، از بین بردن لکه‌های بزرگ کشاورزی موجب تکه‌تکه‌شدگی بالای زیستگاه و افزایش تراکم لکه‌های انسان‌ساخت می‌شود. این تحولات یا پویایی‌های سیستم، بر کارکردها و فرایندهای اقتصادی و اکولوژیک در مقیاس‌ها و سطوح مختلف (از کلان تا خرد) تأثیرگذار است (سفیانیان و مختاری، ۱۳۹۲: ۸۸-۸۹). انواع متفاوتی از سیمای سرزمین‌ها که مجموعه متنوعی از کاربری‌های مختلف با الگویی مشخص‌اند، در مناطق مختلف به‌سرعت در حال تغییرند که دلیل آن رشد شهرنشینی و افزایش جمعیت است. این پدیده پیامدهای اقتصادی-اجتماعی و زیست‌محیطی متعددی دارد که ممکن است به دلیل تأثیرات تجمعی، سال‌های طولانی پس از آن بروز یابند و با تأخیر همراه باشند. گسترش شهرنشینی و افزایش وسعت و شدت کاربری‌های انسان‌ساخت در طبیعت، زمینه‌ساز تغییرات زیربنایی در ساختار و کارکرد اکولوژیکی سیمای سرزمین و تغییر تدریجی ساختار مکانی و الگوی سیمای سرزمین است. پایش خصوصیات مکانی و ساختاری عناصر سرزمین یا لکه‌های تشکیل‌دهنده سیمای سرزمین در تفسیر و مدل‌سازی تغییرات مکانی-زمانی، پیش‌نیاز برنامه‌ریزی پایدار سیمای سرزمین و آمایش محیط‌زیست است (Weng, 2007: 341-342; کرمی و فقهی، ۱۳۹۰: ۷۹).

با توجه به آنچه گفته شد، برای فهم اکوسیستم‌های شهری باید الگوی ساختاری مکانی و روند تغییرات آن طی زمان، کمی شوند. در این میان، برنامه‌ریزی کاربری زمین در کلان‌شهرها و مناطق شهری بدون بهره‌گیری از اصول اکولوژی سیمای سرزمین، امری ناممکن است (درامستاد و همکاران، ۱۳۸۶: ۹). با روند توسعه و تغییرات کاربری شهر لاهیجان، لکه‌های طبیعی و سبز کم شده و لکه‌های مصنوعی و انسان‌ساخت افزایش یافته است که دلیل آن افزایش مهاجرت روستاییان و بیشترشدن جمعیت است. بررسی تغییرات کاربری و تحلیل الگوی مکانی-زمانی پوشش زمین به‌منظور پیش‌بینی روند توسعه آتی شهر و جلوگیری از توسعه بی‌رویه، از اهداف این پژوهش است.

مبانی نظری

سیمای سرزمین عبارت است از موزاییکی با کیلومترها وسعت که در آن اکوسیستم‌های محلی و کاربری‌های زمین تکرار شده باشند. در واقع، سیمای سرزمین، سرشت و ویژگی کلی یک منطقه محسوب می‌شود. همچنین مساحتی از سرزمین ناهمگن است و اکوسیستم‌هایی دارد که با یکدیگر برهم کنش دارند و در طول سرزمین به شکل مشابهی تکرار می‌شوند (Forman and Gordon, 1986: 733).

عناصر ساختاری یعنی سه عنصر اصلی بستر یا ماتریس، لکه و کریدور ماهیت سیمای سرزمین را می‌سازند. مجموعه لکه‌ها یک موزاییک و مجموعه کریدورها یک شبکه را تشکیل می‌دهند. آرایش فضایی موزاییک‌ها و شبکه‌ها، الگوی سیمای سرزمین را تشکیل می‌دهد و ساختار سیمای سرزمین با این الگوها متمایز می‌شود (Burel and Baudry, 2003: 9). می‌توان الگوی سیمای سرزمین را با مطالعه اجزا و توزیع فضایی آن‌ها در سیمای سرزمین از طریق شاخص‌ها و متریک‌ها تحلیل کرد. هدف این تحلیل‌ها رسیدن به نظم معنادار بین بی‌نظمی ظاهری موزاییک‌های سرزمین و درک سازوکارهای کنترل‌کننده و مؤثر بر الگوهای سیمای سرزمین است (Liding et al., 2008: 5521).

در سال‌های اخیر، مطالعات زیادی در زمینه متریک‌های سیمای سرزمین صورت گرفته است. در مطالعه «قابلیت متریک‌های سیمای سرزمین در سال ۲۰۰۲» در شرق آلمان، لائوسچ و هرزوغ از متریک‌های سیمای سرزمین برای بررسی تغییرات کاربری استفاده کردند و این متریک‌ها را شاخص مناسبی برای بررسی سرزمین در طول دوره‌های زمانی معرفی کردند (Lausch and Herzog, 2002).

نتیجه مطالعه ماتسوشیتا و همکاران (۲۰۰۶) با عنوان «مشخص کردن تغییرات ساختار سیمای سرزمین در دریاچه کاسومیگاوری ژاپن» نشان داد که ۴۴ درصد زمین‌های جنگلی به زمین‌های مصنوعی تبدیل شده‌اند. همچنین مناطق مسکونی و شهری با افزایش تعداد لکه‌ها و کاهش میانگین لکه مواجه شده‌اند و تنوع شانون در طول دوره مورد مطالعه افزایش چشمگیری داشته است. افزون بر این، سیمای سرزمین تکه‌تکه و ناهمگون تر شده است که به احتمال زیاد این تنوع با افزایش جمعیت بیشتر خواهد شد (Matsushita et al., 2006).

وانگ و همکاران دریافتند که با کاهش تعداد لکه‌ها در چین، کاهش میانگین وزنی و افزایش میانگین اندازه لکه، همگنی سیمای سرزمین بیشتر شده است (Wang et al., 2008). دنگ و همکاران (۲۰۰۹) با مطالعه رشد شهرنشینی و الگوی تغییرات کاربری دریافتند که شهرنشینی سریع به تغییرات بزرگ در سیمای سرزمین منجر شده و زمین‌های شهری را افزایش داده است (Deng et al., 2009).

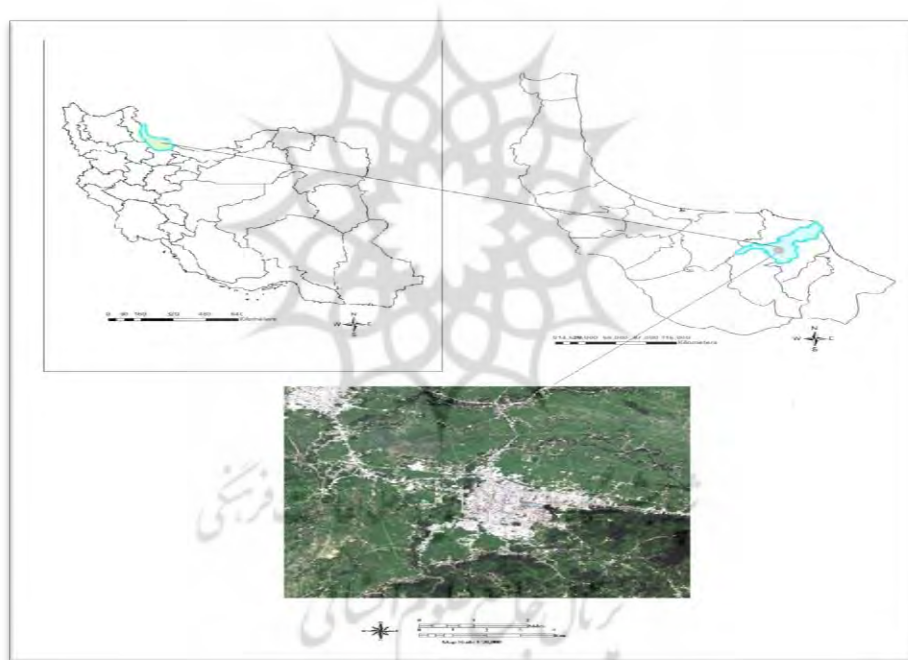
میرزایی و همکاران (۱۳۹۲) در «بررسی تغییرات پوشش اراضی استان مازندران با استفاده از متریک‌های سیمای سرزمین بین سال‌های ۱۳۶۳-۱۳۸۹» نتیجه گرفتند که سیمای اراضی این استان به‌سوی ساختار ریزدانه‌تر گرایش دارد و رشد تعداد لکه‌های انسان ساخت در دوره مطالعه شده مؤید این امر است. براساس نتایج این پژوهش، استان مازندران نیازمند توجه ویژه در مدیریت پوشش‌های جنگلی است؛ به‌ویژه در شهرستان‌های آمل، ساری، چالوس، عباس‌آباد و نوشهر که با بیشترین مقادیر تخریب و توسعه مواجهند (میرزایی و همکاران، ۱۳۹۲).

سلاجقه و همکاران (۱۳۹۳) نشان دادند در جزیره کیش، ترکیب و سیمای سرزمین به‌شدت دستخوش تغییر شده

است. همچنین در دو دهه گذشته، تخریب و تبدیل پوشش اراضی به انواع کاربری‌ها روند افزایشی داشته و توسعه ساخت‌وسازها در محدوده ساحلی، اکوسیستم‌های دریایی را نابود کرده است. همچنین فعالیت‌های روبه‌رشد انسانی در محدوده خشکی در جزیره کیش علاوه بر ناحیه ساحلی، بر اکوسیستم‌های حساس این ناحیه مانند جوامع مرجانی تأثیر گذاشته است (سلاجقه و همکاران، ۱۳۹۳).

موقعیت منطقه مورد مطالعه

شهر لاهیجان در شرق استان گیلان، در بخش مرکزی شهرستان لاهیجان واقع شده (مهندسان مشاور پویا نقش شهر و بنا، ۱۳۸۸) و به‌صورتی غیرهندسی رشد یافته است (اصلاح‌عربانی، ۱۳۸۷: ۱۷۳۵). جمعیت این شهر از شهرهای ناحیه شرق گیلان بیشتر است و با داشتن جاذبه‌های طبیعی و مصنوعی، نقش ویژه‌ای در صنعت گردشگری دارد (مهندسان مشاور پویا نقش شهر و بنا، ۱۳۸۸).



شکل ۱. موقعیت منطقه مطالعاتی

مواد و روش

در پژوهش حاضر، برای تهیه نقشه کاربری اراضی، از داده‌های سنجش‌ازدور استفاده شد که شامل تصاویر ماهواره‌ای سنجنده OLI ماهواره لندست ۸ مربوط به سال ۱۳۹۵ و تصویر ماهواره لندست ۷ سنجنده ETM⁺ مربوط به سال ۱۳۷۹ است. پس از تصحیحات لازم، محدوده مورد مطالعه با استفاده از لایه وکتوری منطقه جدا شد. نقشه پوشش زمین هم با استفاده از روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال با معرفی نمونه‌های تعلیمی در چهار طبقه زیر و در محیط نرم‌افزار ۵/۱ ENVI استخراج شد:

۱. پوشش سبز (عرصه‌های جنگلی طبیعی و دست کاشت و فضاهای سبز شهری، باغ‌ها و درختان میوه)؛
۲. عرصه‌های ساخت‌وساز؛
۳. کشاورزی (زمین‌های زیر کشت که عموماً زیر کشت برنج و چای هستند)؛
۴. پهنه‌های آبی.

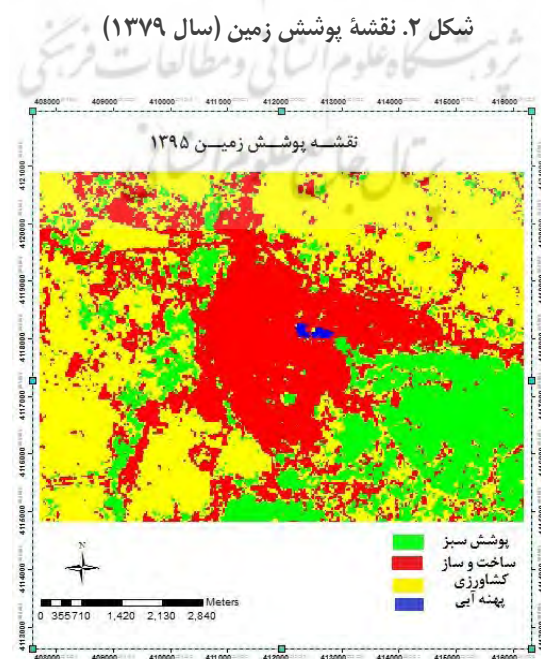
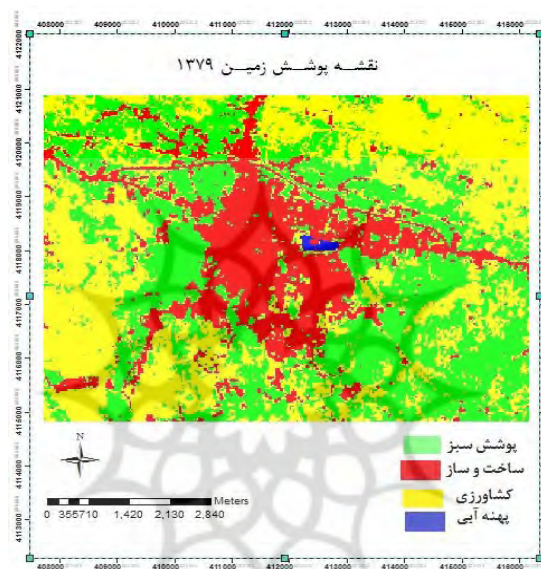
برای آشکار کردن تغییرات، طبقه‌بندی‌ها در محیط نرم‌افزار ۱۷ IDRISI SELVA مقایسه شدند و نقشه تغییرات پوشش زمین تهیه شد. سپس با استفاده از نرم‌افزار ۴/۴ Fragstats ساختار مکانی-فضایی شناسایی و تجزیه و تحلیل شدند تا متریک‌ها در دو سطح کلاس و سیمای سرزمین کمی‌سازی شوند. استفاده از متریک‌های سیمای سرزمین بهترین راه‌حل برای یافتن ارتباط دقیق بین ساختار و عملکرد کاربری‌های مختلف این سیما و مقایسه وضعیت آن طی زمان است (کرمی و فقهی، ۱۳۹۰: ۸۰). از این‌رو، ۸ متریک مکانی شامل مساحت لکه، تعداد لکه‌ها، بزرگ‌ترین اندازه لکه، شکل سیمای سرزمین، کل حاشیه، میانگین فاصله اقلیدسی نزدیک‌ترین همسایه، میانگین سطح لکه و نسبت چولیدگی لبه در سطح کلاس محاسبه شد و ۶ متریک در سطح سیمای سرزمین شامل تعداد لکه، شاخص کل حاشیه، بزرگ‌ترین لکه سیمای سرزمین، شاخص شکل سیمای سرزمین، شاخص پیوستگی سیمای سرزمین و شاخص تنوع شانون شمارش شدند. این متریک‌ها تاکنون در مطالعات زیادی استفاده شده‌اند و در جدول ۱ آمده‌اند.

جدول ۱. متریک‌های مورد استفاده در مطالعه

نام فارسی	نام انگلیسی	علامت اختصاری	واحد	محدوده تغییرات	مقیاس مطالعه
مساحت لکه	Class area	CA	هکتار	CA>0	کلاس
تعداد لکه‌ها	Number of Patches	NP	ندارد	NP>0	کلاس-سیمای سرزمین
بزرگ‌ترین اندازه لکه	Largest Patch Index	LPI	درصد	0<LPI≤100	کلاس-سیمای سرزمین
شکل سیمای سرزمین	Landscape Shape Index	LSI	ندارد	LSI≥1	کلاس-سیمای سرزمین
کل حاشیه	Total Edge	TE	متر	TE≥0	کلاس-سیمای سرزمین
میانگین فاصله اقلیدسی نزدیک‌ترین همسایه	Eudidean Nearest Neighbor Distance	ENN-MN	متر	ENN-MN >0	کلاس
میانگین سطح لکه	Patch Area Mean	AREA MN	هکتار	Area MN>0	کلاس
نسبت چولیدگی لبه	Perimeter-Area Fractal Dimension	PAFRAC	ندارد	1≤PAFRAC≤2	کلاس
پیوستگی	Contagion	CONTAG	ندارد	0<CONTAG<100	سیمای سرزمین
شاخص تنوع شانون	Shannon s Diversity Index	SHDI	ندارد	SHDI≥0	سیمای سرزمین

یافته‌های پژوهش

نقشه‌های تهیه‌شده پوشش زمین که به سال‌های ۱۳۷۹ و ۱۳۹۵ مربوط است، در شکل‌های ۲ و ۳ نمایش داده شده است. به منظور بررسی دقت نقشه‌های تولیدی، از ضریب کاپا و صحت کلی استفاده شد که با انطباق نقشه‌های تولیدی با نقشه‌های واقعیت زمینی محاسبه می‌شود. همچنین صحت کلی از نسبت پیکسل‌های درست طبقه‌بندی شده به تعداد کل پیکسل‌های مورد مقایسه به دست آمد. در محاسبه ضریب کاپا، علاوه بر پیکسل‌هایی که درست طبقه‌بندی شده‌اند، پیکسل‌هایی که طبقه‌بندی درستی ندارند دخالت داده شدند (مخدوم و همکاران، ۱۳۹۲). ضریب کاپا و صحت کلی برای نقشه پوشش زمین در سال ۱۳۷۹ به ترتیب ۹۰/۵۸ و ۹۳/۵۸، و برای سال ۱۳۹۵ برابر با ۹۸/۱۷ و ۹۸/۸۰ بود.



شکل ۳. نقشه پوشش زمین (سال ۱۳۹۵)

جدول ۲. مقادیر صحت پردازش تصاویر ماهواره‌ای

۱۳۹۵	۱۳۷۹	
۹۸/۱۷	۹۰/۵۸	ضریب کاپا
۹۸/۸۰	۹۳/۵۸	صحت کلی

نتایج پایش تغییرات کاربری

با توجه به جدول‌های ۳ و ۴، قطر ماتریس، میزان ثبات کاربری را نشان می‌دهد. بیشترین تغییرات کاربری هم از کاربری پوشش سبز به کاربری کشاورزی است. در مراحل بعدی، تمامی کاربری‌ها تمایل دارند به کاربری ساخت‌وساز تبدیل شوند. این مسئله نشان می‌دهد تغییرات پوشش زمین در محدوده لاهیجان در حال هدایت به کاربری انسان‌ساخت مصنوع و نیمه‌طبیعی است؛ شاید به دلیل تحولات جمعیتی که پیچیدگی اکوسیستم و تنوع سرزمین را کاهش می‌دهد و اکوسیستم را از حالت خودسامان خارج می‌کند.

جدول ۳. میزان تبدیل کاربری‌ها بین سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۵ (به درصد)

		۱۳۷۹				
آب	کشاورزی	پوشش سبز	ساخت‌وساز	کاربری		
۲۲/۹۶	۱۷/۵۴	۱۹/۱	۹۴/۲۳	ساخت‌وساز		
۰	۱۱/۹۶	۴۰/۷	۰/۶۴	پوشش سبز		
۱/۴۸	۷۰/۵	۴۰/۲	۵/۱۳	کشاورزی		
۷۵/۵۶	۰	۰	۰	آب	۱۳۹۵	
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	کل		

جدول ۴. مساحت تبدیل کاربری‌ها بین سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۵ (به هکتار)

		۱۳۷۹				
کل	آب	کشاورزی	پوشش سبز	ساخت‌وساز	کاربری	
۱۷۳۳/۲۲	۲/۷۹	۳۷۳/۴۱	۳۷۰/۱۷	۹۸۶/۸۵	ساخت‌وساز	
۱۰۵۰/۲۱	۰	۲۵۴/۶۱	۷۸۸/۸۵	۶/۷۵	پوشش سبز	
۲۳۳۴/۰۶	۰/۱۸	۱۵۰۱/۱۱	۷۷۹/۰۴	۵۳/۷۳	کشاورزی	۱۳۹۵
۹/۲۷	۹/۱۸	۰/۰۹	۰	۰	آب	
	۱۲/۱۵	۲۱۲۹/۲۲	۱۹۳۸/۰۶	۱۰۴۷/۳۳	کل	

با توجه به جدول ۵، روند تغییرات مساحت کاربری اراضی به این صورت است که مساحت پهنا ساخت‌وساز از ۱۰۴۷/۳۳ هکتار به ۱۷۳۳/۲۲ هکتار رسیده و مساحت پوشش سبز از ۱۹۳۸/۰۶ هکتار به ۱۰۵۰/۲۱ هکتار کاهش یافته است. همچنین مساحت کشاورزی از ۲۱۲۹/۲۲ هکتار به ۲۳۳۴/۰۶ هکتار افزایش داشته و مساحت پهنا آبی از ۱۲/۱۵ هکتار به ۹/۲۷ هکتار کاهش یافته است. بررسی‌ها نشان می‌دهد در این دوره شانزده‌ساله، پهنا ساخت‌وساز ۶۵/۴۸ درصد افزایش و کاربری پوشش سبز ۴۵/۸۱ درصد کاهش داشته است. همچنین کاربری کشاورزی ۹/۶۲ درصد بیشتر شده و پهنا آبی ۲۳/۷ درصد کاهش یافته است.

جدول ۵. مقایسه مساحت کاربری‌ها در سال ۱۳۷۹ و ۱۳۹۵ (مساحت به هکتار)

کاربری	۱۳۷۹	۱۳۹۵	۱۳۷۹-۱۳۹۵	درصد تغییرات	روند تغییرات
پهنا ساخت‌وساز	۱۰۴۷/۳۳	۱۷۳۳/۲۲	۶۸۵/۸۹	۶۵/۴۸	+ ↑
پوشش سبز	۱۹۳۸/۰۶	۱۰۵۰/۲۱	-۸۸۷/۸۵	۴۵/۸۱	- ↓
کشاورزی	۲۱۲۹/۲۲	۲۳۳۴/۰۶	۲۰۴/۸۴	۹/۶۲	+ ↑
آب	۱۲/۱۵	۹/۲۷	-۲/۸۸	۲۳/۷	- ↓

تجزیه و تحلیل متریک‌ها در سطح سیما

جدول ۶. بررسی متریک‌ها در سطح سیمای سرزمین

سال	SHDI	TE	CONTAG	LSI	LPI	NP
۱۳۷۹	۱/۰۷	۶۸۰۶۴۰	۳۹/۲۴	۲۴/۷۴	۱۶/۵۶	۱۶۷۹
۱۳۹۵	۱/۰۶	۵۸۴۷۶۰	۴۱/۵۷	۲۱/۴	۲۵/۴۱	۱۴۱۷
تغییرات ۱۳۷۹-۱۳۹۵	-۰/۰۱	-۹۵۸۸۰	۲/۳۳	-۳/۳۴	۸/۸۵	-۲۶۲

متریک تعداد کل لکه‌ها (NP)

متریک تعداد لکه‌ها، تعداد کل لکه‌ها و تکه‌های کاربری موجود در سیمای سرزمین را شامل می‌شود. در سال ۱۳۷۹، تعداد لکه‌ها ۱۶۷۹ عدد بود که در سال ۱۳۹۵ به ۱۴۱۷ لکه رسید. این امر نشان‌دهنده کاهش ۲۶۲ لکه است که می‌تواند بیانگر ترکیب شدن لکه‌ها با هم، از بین رفتن لکه‌های کوچک و کریدورها و راه‌های ارتباطی و ساده‌تر شدن اکوسیستم باشد.

کل حاشیه (TE)

متریک کل حاشیه بیانگر کل مرزها و طول حاشیه است که ۹۵۸۸۰ متر کاهش داشته و نشانگر منظم شدن و ساده‌تر شدن سیمای منطقه است.

متریک بزرگ‌ترین لکه سیمای سرزمین (LPI)

این متریک، درصد مساحت بزرگ‌ترین لکه را در سطح سیمای سرزمین نشان می‌دهد. بزرگ‌ترین لکه در سال‌های ۱۳۷۹ و ۱۳۹۵ به ترتیب ۱۶/۵۶ و ۲۵/۴۱ است. این رقم روندی افزایشی به میزان ۸/۸۵ را نشان می‌دهد که به دلیل دخالت‌های انسانی و افزایش کاربری‌های انسان‌ساخت و غالب‌شدن نوعی کاربری و یکپارچه‌ترشدن کاربری‌ها به نفع کاربری ساخت‌وساز است.

متریک شکل سیمای سرزمین (LSI)

این متریک، از نسبت طول حاشیه موجود در کل سیمای سرزمین به حداقل حاشیه ممکن آن به دست می‌آید و بدون واحد است (مرادی و همکاران، ۱۳۹۴: ۱۳۸) که هرچه از ۱ بیشتر شود، بی‌نظمی مرز افزایش می‌یابد و سیمای سرزمین پیچیده‌تر می‌شود. مقدار این متریک به ترتیب ۲۴/۷۴ و ۲۱/۴ است که روند کاهشی ۳/۳۴ را نشان می‌دهد و بیانگر این است که با گذر زمان، شکل سیمای سرزمین در لاهیجان از نظر هندسی ساده‌تر و منظم‌تر شده است.

متریک پیوستگی سیمای سرزمین (CONTAG)

یکی از متریک‌های اندازه‌گیری، درجه یکپارچگی لکه‌های سیمای سرزمین و تکه‌تکه‌شدگی آن است که به صورت درصدی بیان می‌شود. هنگامی که سیمای سرزمین فقط از یک نوع لکه تشکیل شود، پیوستگی در بیشترین مقدار خود است و هنگامی که انواع لکه‌های کاربری کاملاً در سیمای سرزمین پراکنده باشند، این متریک صفر خواهد بود (مرادی و همکاران، ۱۳۹۴: ۱۳۹). در پژوهش حاضر، این متریک از ۳۹/۲۴ درصد به ۴۱/۵۷ درصد، یعنی ۲/۳۳ درصد افزایش داشته که نشان‌دهنده افزایش میزان پیوستگی و کاهش تکه‌تکه‌شدگی آن در کل سیمای سرزمین است.

متریک تنوع شانون (SHDI)

هرچه میزان متریک‌های تنوع به ۱ نزدیک شود، تنوع افزایش می‌یابد و هرچه این مقدار به صفر نزدیک شود، تنوع کم می‌شود (کریمی فقهی، ۱۳۹۰: ۸۶). متریک تنوع شانون، نشان‌دهنده تنوع نسبی لکه‌ها و فراوانی آن‌ها در سیمای سرزمین است. هرچه انواع لکه و سهم نسبی مساحت زیاد شود، تنوع سیمای سرزمین نیز بیشتر می‌شود. در مقابل، پیوستگی سیمای سرزمین قرار دارد (مرادی و همکاران، ۱۳۹۴: ۱۳۹). در پژوهش حاضر، تنوع سیمای سرزمین از ۱/۰۷ به ۱/۰۶ رسید که روند کاهشی به میزان ۰/۰۱ را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده شد، تعداد لکه‌ها روند کاهشی دارد که می‌تواند یکی از دلایل کاهش تنوع شانون باشد.

تجزیه و تحلیل متریک‌ها در سطح کلاس

جدول ۷. متریک‌های سیمای سرزمین در سطح کلاس

متریک	مساحت کاربری CA	تعداد لکه‌ها NP	بزرگ‌ترین اندازه لکه LPI	شکل سیمای سرزمین LSI	کل حاشیه TE	میانگین فاصله اقلیدوسی نزدیک‌ترین همسایه ENN-MN	میانگین سطح لکه AREA MN	نسبت چولگی لکه PAFRAC	نوع کاربری
۵۸۸۱	۱۰۴۷/۳۳	۲۹۹	۱۶/۵۶	۱۹/۲۱	۲۴۶۵۱۰	۱۱۵/۹۰	۳/۵۰	۱/۴۱	ساخت‌وساز
	۱۹۳۸/۰۶	۵۴۸	۱۳/۳۰	۳۰/۸۴	۵۳۴۸۱۰	۸۴/۳۳	۳/۵۴	۱/۴۷	پوشش سبز
	۲۱۲۹/۲۲	۸۳۰	۱۳/۳۷	۳۲/۱۷	۵۷۷۲۰۰	۷۱/۸۲	۲/۵۶	۱/۵۴	کشاورزی
	۱۲/۱۵	۲	۰/۲۳	۱/۹۲	۲۷۶۰	۲۸۶۰/۰۹	۶/۰۷	-	آب
۵۶۸۱	۱۷۳۳/۲۲	۴۹۸	۲۵/۴۱	۲۳/۷۰	۳۸۹۲۸۰	۸۳/۳۱	۳/۴۸	۱/۴۵	ساخت‌وساز
	۱۰۵۰/۲۱	۴۳۲	۹/۵۵	۲۱/۵۲	۲۶۰۹۱۰	۱۰۳/۴۶	۲/۴۳	۱/۴۱	پوشش سبز
	۲۳۳۴/۰۶	۴۸۶	۱۶/۴۶	۲۷/۵۳	۵۱۶۸۱۰	۷۷/۸۳	۴/۸	۱/۵۴	کشاورزی
	۹/۲۷	۱	۰/۱۸	۲	۲۵۲۰	-	۹/۲۷	-	آب
۵۶۸۱	۶۸۵/۸۹	۱۹۹	۸/۸۵	۴/۴۹	۱۴۲۷۷۰	-۳۲/۵۹	-۰/۰۲	-۰/۰۴	ساخت‌وساز
	-۸۸۷/۸۵	-۱۱۶	-۳/۷۵	-۹/۳۲	-۲۷۳۹۰۰	۱۹/۱۳	-۱/۱۱	-۰/۰۶	پوشش سبز
	۲۰۴/۸۴	-۳۴۴	۳/۰۹	-۴/۶۴	-۶۰۳۹۰	۶/۰۱	۲/۲۴	۰/۰۰	کشاورزی
	-۲/۸۸	-۱	-۰/۰۵	-۰/۰۸	-۲۴۰	-	۳/۲	-	آب

متریک مساحت کاربری (CA)

متریک مساحت هر کاربری یکی از پرکاربردترین متریک‌ها در بررسی تغییرات سیمای سرزمین است. با توجه به جدول ۷، بیشترین مساحت در کاربری اراضی در سال ۱۳۷۹ به پوشش/کاربری کشاورزی مربوط است. پوشش‌های سبز با مساحت ۱۹۳۸/۰۶ در رتبه دوم قرار دارند. در سال ۱۳۹۵ بیشترین مساحت به کاربری کشاورزی به مساحت ۲۳۳۴/۰۶ هکتار و کاربری ساخت‌وساز به مساحت ۱۷۳۳/۲۲ اختصاص دارد.

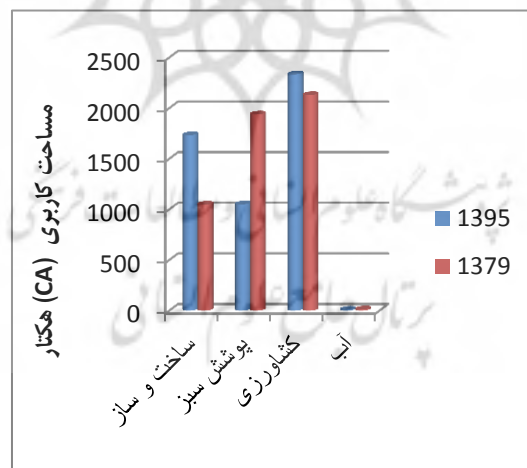
براساس نتایج بررسی تغییرات این متریک، مساحت کاربری ساخت‌وساز ۶۸۵/۸۹ هکتار و کشاورزی ۲۰۴/۸۴ هکتار افزایش یافته است؛ در حالی که مساحت کاربری پوشش سبز، ۸۸۷/۸۵ هکتار و آب ۲/۸۸ هکتار کمتر شده است. با بررسی این متریک می‌توان گفت کاربری‌های انسان‌ساخت افزایش، و کاربری‌های طبیعی کاهش یافته است. همان‌طور که در

نمودار ۱ مشاهده می‌شود، کاربری ساخت‌وساز افزایش و کاربری پوشش سبز افت شدید داشته است. دلایل افزایش کاربری ساخت‌وساز را می‌توان افزایش جمعیت شهری، فشار انسانی و صرفه اقتصادی بیشتر فعالیت‌های عمرانی در مقایسه با نگهداری و حفاظت از پوشش‌های سبز دانست.

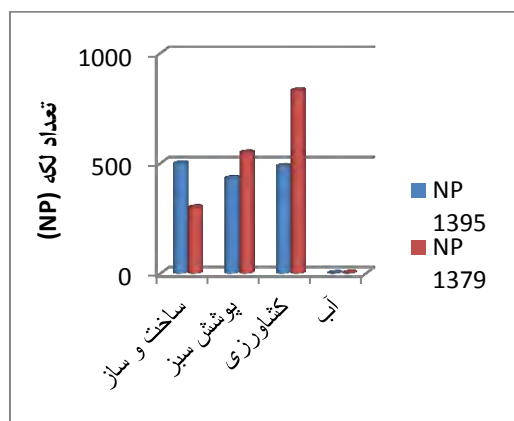
متریک تعداد لکه‌ها (NP)

نشان‌دهنده تعداد لکه‌ها در سیمای سرزمین، یا کل تعداد لکه‌ها برای طبقه‌ای خاص است (آرخی، ۱۳۹۴: ۶۳). بیشترین تعداد لکه‌ها در سال ۱۳۷۹ مربوط به کاربری کشاورزی با ۸۳۰ لکه است. پس از آن، کاربری پوشش‌های سبز با ۵۴۸ لکه قرار دارد که نشان‌دهنده بیشترین گسستگی و تخریب در کلاس کشاورزی است. همچنین در سال ۱۳۹۵، بیشترین لکه به کاربری ساخت‌وساز با ۴۹۸ لکه و بعد از آن کاربری کشاورزی با ۴۸۶ لکه مربوط است. به عبارت دیگر، بیشترین گسستگی و تخریب از کاربری کشاورزی در سال ۱۳۷۹ به کاربری ساخت‌وساز در سال ۱۳۹۵ تغییر یافته است.

براساس بررسی وضعیت تعداد لکه و نمودار ۲، تعداد لکه‌های کاربری کشاورزی، پوشش سبز و آب کاهش یافته، درحالی که تعداد لکه‌های کاربری ساخت‌وساز به شدت افزایش یافته است. به عبارت بهتر، لکه‌های طبیعی و نیمه‌طبیعی کم شده و لکه‌های مصنوعی بیشتر شده است. با توجه به مفهوم تعداد لکه، هرچه تعداد لکه‌ها بیشتر باشد، پیوستگی طبقه مورد نظر کمتر خواهد بود. بررسی‌ها نشان می‌دهد لکه ساخت‌وساز افزایش یافته و پیوستگی آن کم شده است. افزایش تعداد لکه‌های ساخت‌وساز، بیانگر تکه‌تکه‌شدگی کلاس ساخت‌وساز و ایجاد مناطق انسان‌ساخت جدید است.



نمودار ۱. مساحت کاربری‌ها



نمودار ۲. تعداد لکه‌ها

متریک کل حاشیه (TE)

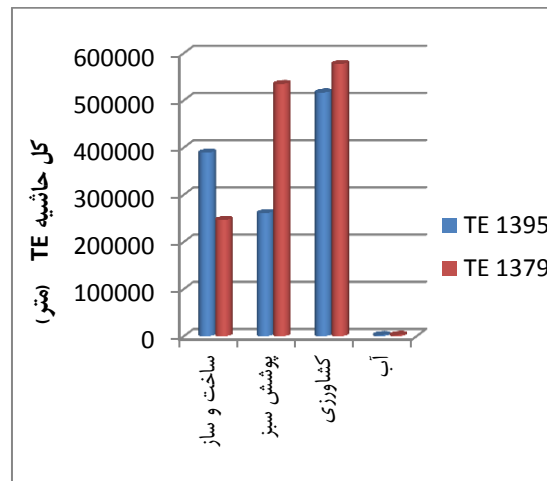
متریک کل لبه یکی از متریک‌های پیکره‌بندی است که نشان‌دهنده طول لبه‌ها و مرزها در سیمای سرزمین است. مقدار این متریک، محیط لکه‌ها را در سطح کلاس یا سیمای سرزمین مشخص می‌کند (نوحه‌گر و همکاران، ۱۳۹۴: ۲۰۸). در سال ۱۳۷۹، بیشترین کل حاشیه، مربوط به کاربری کشاورزی به میزان ۵۷۷۲۰۰ متر بود و پس از آن به ترتیب کاربری پوشش‌های سبز با ۵۳۴۸۱۰ متر، ساخت‌وساز با ۲۴۶۵۱۰ متر و آب با ۲۷۶۰ متر قرار داشت. در سال ۱۳۹۵، بیشترین کل حاشیه مربوط به کاربری کشاورزی با ۵۱۶۸۱۰ متر و پس از آن به ترتیب مربوط به کاربری ساخت‌وساز با ۳۸۹۲۸۰ متر، پوشش سبز ۲۶۰۹۱۰ متر و آب ۲۵۲۰ متر بود.

بررسی روند تغییرات در این منطقه نشان می‌دهد که کل حاشیه لکه ساخت‌وساز ۱۴۲۷۷۰ متر افزایش داشته که بیانگر افزایش انقطاع و ازهم‌گسیختگی در کلاس ساخت‌وساز است، اما کل حاشیه سایر کاربری‌ها کاهش یافته است. همان‌طور که نمودار ۳ نشان می‌دهد، بیشترین کاهش کل حاشیه لکه مربوط به پوشش‌های سبز است.

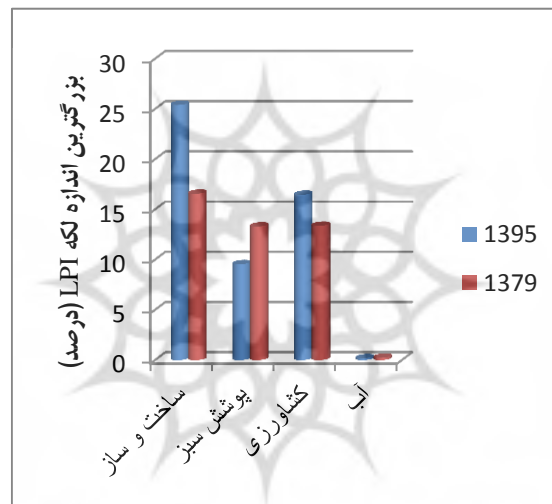
متریک بزرگی لکه (LPI)

این شاخص نشان‌دهنده درصدی از کل مساحت منطقه است که بزرگ‌ترین لکه، آن را اشغال کرده است. به عبارت دیگر، این شاخص غلبه لکه‌ها را در سطح سیما نشان می‌دهد. مقادیر این متریک بین صفر تا صد متغیر است. عدد صفر نشان می‌دهد که بزرگ‌ترین لکه در کلاس، کوچک است و عدد صد بیانگر این است که کل سیمای سرزمین، یک لکه در کل منطقه است (کیانی، ۱۳۹۳: ۷۳).

با توجه به نمودار ۴، غلبه لکه در سال‌های ۱۳۷۹ و ۱۳۹۵ با لکه ساخت‌وساز بوده است؛ یعنی بزرگ‌ترین لکه به کاربری ساخت‌وساز مربوط است و در رتبه بعدی کشاورزی، پوشش سبز و آب قرار دارد؛ درحالی‌که مساحت کاربری کشاورزی در هر دو سال بیشتر است. روند تغییرات این متریک در دوره زمانی مورد نظر به این صورت است که غلبه لکه‌های ساخت‌وساز و کشاورزی افزایش یافته و بزرگی لکه‌های پوشش سبز و آب کمتر شده است. کاهش شاخص بزرگ‌ترین اندازه لکه، نشان‌دهنده تخریب در یکپارچگی پوشش اراضی است که برای پوشش‌های سبز و آب مشاهده می‌شود.



نمودار ۳. کل حاشیه



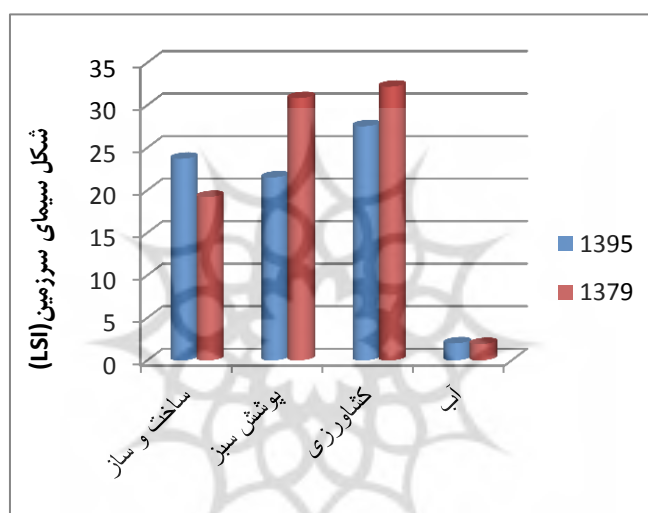
نمودار ۴. بزرگ‌ترین اندازه لکه

متریک شکل سیمای سرزمین (LSI)

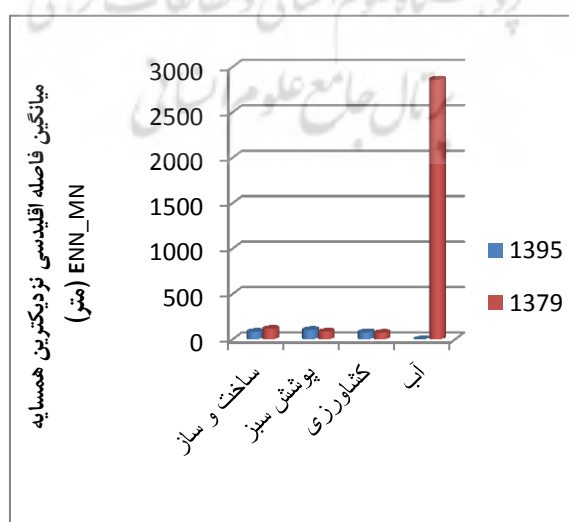
شکل سیمای سرزمین از نسبت طول کل حاشیه لکه‌ها به مساحت کل به دست می‌آید (سفیانیان و همکاران، ۱۳۹۲: ۹۴). بررسی این متریک وقتی که مقدار آن ۱ است، نشان می‌دهد سیمای سرزمین شامل یک لکه با حداکثر فشردگی است و لکه‌ها مربع‌شکل هستند؛ درحالی‌که با افزایش پیچیدگی شکل لکه‌ها، مقدار آن بیشتر و کلاس مربوط پراکنده‌تر می‌شود (کیانی، ۱۳۹۳: ۷۴). مقدار این متریک، تنها برای کاربری آب نزدیک به ۱ بوده و برای بقیه کاربری‌ها این مقدار از ۱ فاصله داشته است. در سال ۱۳۷۹، بیشترین مقدار مربوط به کاربری کشاورزی و سپس پوشش سبز بود؛ یعنی کاربری‌های کشاورزی و پوشش سبز پراکنده‌تر بودند. در سال ۱۳۹۵، بالاترین مقدار مربوط به کاربری کشاورزی و سپس ساخت‌وساز بود. میزان تغییرات این متریک نشان می‌دهد شکل سیمای سرزمین برای کاربری‌های پوشش سبز و کشاورزی کاهش یافته و لکه‌های آن‌ها فشرده‌تر و منظم‌تر شده است. این روند به‌ویژه برای کاربری پوشش سبز بیشتر مشاهده می‌شود، اما کاربری ساخت‌وساز پراکنده‌تر است.

متریک میانگین فاصله اقلیدسی نزدیک‌ترین همسایه (ENN-MN)

این متریک متوسط فاصله از نزدیک‌ترین لکه مشابه از یک کلاس را نشان می‌دهد. افزایش مقدار این متریک نشان‌دهنده افزایش فاصله میان لکه‌های مشابه و افزایش فاصله تکه‌تکه‌شدگی و ازهم‌گسیختگی در سیمای سرزمین و دشواری ارتباط میان آن‌هاست (نوحه‌گر و همکاران، ۱۳۹۴: ۲۰۷). با توجه به جدول ۷، مقادیر این متریک در پوشش‌های سبز افزایش داشته که نشان‌دهنده افزایش فاصله، پراکنده‌شدن لکه‌های این کاربری، کاهش ارتباط اکولوژی آن‌ها و تکه‌تکه‌شدن و کاهش یکپارچگی در پوشش سبز است. تکه‌تکه‌شدن و کاهش یکپارچگی در کاربری کشاورزی با شدت کمتر مشاهده می‌شود؛ حال آنکه مقدار این متریک در کاربری ساخت‌وساز کاهش یافته که نشان‌دهنده افزایش یکپارچگی آن است.



نمودار ۵. شکل سیمای سرزمین



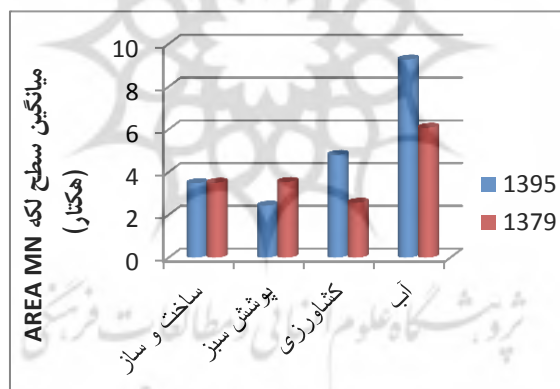
نمودار ۶. میانگین فاصله اقلیدسی نزدیک‌ترین همسایه

متریک میانگین سطح لکه (AREA MN)

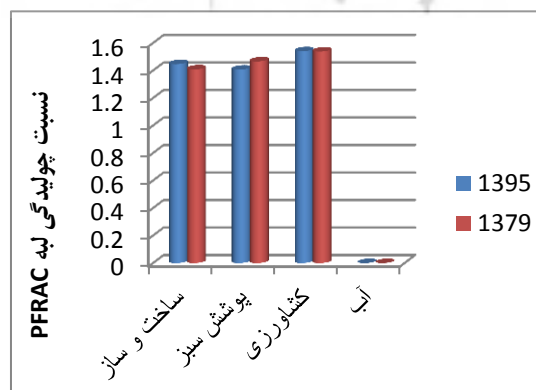
این متریک متوسط اندازه لکه برحسب هکتار است (کیانی و فقهی، ۱۳۹۴: ۱۳۵) که از نسبت مساحت لکه به تعداد لکه‌ها به دست می‌آید (هاشمی و همکاران، ۱۳۹۴: ۲۱۲). بالاترین میانگین سطح لکه در سال ۱۳۷۹ به کاربری پوشش سبز، سپس به کاربری ساخت‌وساز، کشاورزی و آب مربوط است. همچنین بالاترین میانگین سطح لکه در سال ۱۳۹۵ مربوط به کاربری کشاورزی، سپس ساخت‌وساز و بعد از آن پوشش سبز و آب است. تغییرات میانگین سطح لکه بین سال‌های ۱۳۷۹ و ۱۳۹۵ نشان می‌دهد میانگین سطح لکه در کاربری پوشش سبز بیشترین کاهش را داشته است و سیمای سرزمین با میانگین اندازه لکه کوچک‌تر، تخریب شده‌تر تلقی می‌شود.

متریک نسبت چولیدگی لبه (PAFRAC)

این متریک بیانگر پیچیدگی شکل لکه است. در صورتی که لکه منظم باشد، ۱ و با افزایش پیچیدگی شکل تا ۲ افزایش می‌یابد (میرزایی و همکاران، ۱۳۹۲: ۴۳). بررسی متریک نسبت چولیدگی لبه در سال‌های ۱۳۷۹ و ۱۳۹۵، نشان‌دهنده کاهش ۰/۰۶ این متریک در کاربری پوشش سبز و افزایش ۰/۰۴ کاربری ساخت‌وساز است؛ یعنی از پیچیدگی کاربری پوشش سبز کاسته شده، درحالی‌که پیچیدگی کاربری ساخت‌وساز بیشتر شده است.



نمودار ۷. میانگین سطح لکه



نمودار ۸. نسبت چولیدگی لبه

نتیجه‌گیری

مطابق نتایج، بیشترین مساحت کاربری‌ها در هر دو دوره متعلق به لکه کشاورزی است. کاربری کشاورزی نوعی کاربری نیمه‌طبیعی محسوب می‌شود و مساحت زیاد آن نشان‌دهنده دخالت بسیار انسان در منطقه است. از طرفی مساحت کاربری ساخت‌وساز در دوره مورد مطالعه بیشترین افزایش را داشته است. کاربری ساخت‌وساز نیروی محرکه اصلی تغییر است. علاوه بر آن، بزرگ‌ترین اندازه لکه یا پوشش غالب منطقه است که در دوره مورد مطالعه افزایش داشته است که می‌توان آن را ناشی از هضم سایر لکه‌های کوچک اطراف در لکه ساخت‌وساز دانست. همچنین شاخص بزرگ‌ترین اندازه لکه در پوشش سبز کاهش یافته که نشان‌دهنده تخریب بیشتر مناطق طبیعی برای ساخت‌وساز، و مقرون به‌صرفه‌نبودن کاربری پوشش سبز است. همچنین این میزان کاربری ساخت‌وساز نشان می‌دهد اقتصاد، مهم‌ترین عامل تغییرات کاربری زمین است. از سوی دیگر، بزرگ‌ترین اندازه لکه در پوشش کشاورزی بیشتر شده است که از لکه ساخت‌وساز کمتر است. این نتایج مشابه نتایج پژوهش میرزایی و همکاران است که نشان دادند لکه‌های انسان‌ساخت در استان مازندران افزایش، و لکه‌های طبیعی و جنگلی در آن کاهش یافته است.

به‌طور کلی، لکه‌ها به دو دسته با منشأ طبیعی و انسان‌ساخت تقسیم می‌شوند. افزایش تعداد لکه‌ها نشان‌دهنده تجزیه سرزمین است (میرزایی و همکاران، ۱۳۹۲). همان‌گونه که از متریک تعداد لکه‌ها برمی‌آید، لکه‌های ساخت‌وساز در طول دوره شانزده‌ساله افزایش داشته است. افزایش لکه‌های انسان‌ساخت سبب تخریب سیمای سرزمین می‌شود که به نفوذ بیشتر لکه ساخت‌وساز در سایر لکه‌ها و تخریب بیشتر لکه‌های اطراف می‌انجامد. براساس نتایج پژوهش، لکه‌های پوشش سبز، کشاورزی و آب کاهش یافته است که شاید ناشی از هضم سایر لکه‌ها در لکه ساخت‌وساز باشد. در پژوهش سلاجقه و همکاران مشخص شد سیمای سرزمین در جزیره کیش به شدت دستخوش تغییر شده است. همچنین تعداد لکه‌های مسکونی و تفریحی در کل دوره مورد مطالعه افزایش داشته و روند توسعه کاربری مسکونی همچنان افزایشی بوده است. نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد مناطق شهری روبه‌رشد است و پوشش‌های سبز کاهش یافته است؛ همچنان که هاشمی و همکاران (۱۳۹۴) نشان دادند که روند تغییرات در اکوتون کوهپایه‌ای فلات مرکزی با کاهش فضاهای باز و سبز، و افزایش عرصه‌های ساخت‌وساز همراه بوده است.

افزایش تعداد لکه‌های ساخت‌وساز و کاهش آن در لکه کشاورزی و پوشش سبز نشان می‌دهد سایر لکه‌ها به دلیل افزایش کاربری ساخت‌وساز در حال از بین رفتن هستند. کاهش تعداد لکه‌های کشاورزی و افزایش مساحت آن، نشان‌دهنده روند میانی توالی است که ابتدا کاربری پوشش سبز به کشاورزی، سپس به شهر تبدیل می‌شود؛ همچنان که براساس نتایج پایش تغییرات، بیشترین تبدیل کاربری از پوشش‌های سبز به کاربری کشاورزی است. چنانچه این روند ادامه یابد، ممکن است در مراحل بعدی پهنه کشاورزی کاهش یابد و به کاربری ساخت‌وساز افزوده شود. افزایش تعداد لکه‌ها و کاهش میانگین سطح لکه دو شاخص مهم تجزیه و نشان‌دهنده ساختار ریزدانه است. میانگین سطح لکه پوشش سبز کاهش یافته است. و میانگین سطح لکه ساخت‌وساز کاهش جزئی یافته که می‌توان گفت تقریباً ثابت باقی مانده است؛ درحالی‌که میانگین سطح لکه کشاورزی و آب افزایش یافته است.

با افزایش تعداد لکه‌های انسان‌ساخت، حاشیه این لکه‌ها نیز افزوده شده است که مرز مشترک بیشتری با سایر لکه‌ها،

به‌ویژه لکه‌های طبیعی خواهد داشت. این امر موجب نفوذ بیشتر لکه‌های ساخت‌وساز در مناطق طبیعی و در نتیجه افزایش تخریب پوشش طبیعی می‌شود. همان‌گونه که از متریک کل حاشیه برمی‌آید، به کل حاشیه لکه ساخت‌وساز افزوده شده است. همچنین با افزایش میزان مرزها در یک پهنه، دانه‌بندی ریزتر می‌شود. به عبارت دیگر، این شاخص نشان‌دهنده میزان ازهم‌گسیختگی سرزمین است (هاشمی و همکاران، ۱۳۹۴). شاخص شکل سیمای سرزمین لکه ساخت‌وساز نیز افزایش یافته، یعنی بی‌نظمی لکه ساخت‌وساز بیشتر و پراکنده‌تر شده است. در این میان، افزایش متریک چولیدگی در دو کلاس ساخت‌وساز و کشاورزی، گویای افزایش پیچیدگی در این دو کلاس است. همچنین افزایش لبه و گوشه‌دارشدن لکه‌ها و افزایش نفوذ این دو کاربری را در سایر کاربری‌ها نشان می‌دهد.

در کاربری پوشش سبز، متریک چولیدگی کاهش یافته است که نشانگر منظم‌ترشدن لکه پوشش سبز است. از سوی دیگر، فاصله اقلیدسی لکه ساخت‌وساز کم شده است؛ یعنی این لکه‌ها به یکدیگر نزدیک‌تر و یکپارچه‌تر شده است که نشان‌دهنده مرکزیت بالای لکه ساخت‌وساز است. براساس نتایج بررسی متریک‌ها در سطح سیمای سرزمین، تعداد لکه‌ها در سطح محدوده مطالعاتی کاهش داشته و شاخص بزرگ‌ترین اندازه لکه نیز افزایش یافته است. این امر نشان می‌دهد میزان مساحت کاربری غالب در سطح شهر بیشتر شده است. همچنین از نظر هندسی، شهر ساده‌تر و منظم‌تر، و سیمای منطقه پیوسته‌تر شده است که این مسئله تعداد لکه‌ها و همین‌طور تنوع را کاهش داده است.

به نظر می‌رسد ادامه این روند در سال‌های آینده، موجب تخریب مناطق پوشش سبز و افزایش گسترده شهر شود. چنانچه سیاست‌های کلی مناسبی در نظر گرفته نشود، همه لکه‌ها به شهر تبدیل می‌شوند و حتی ممکن است شهرها به هم متصل شوند. پیشنهاد می‌شود با استفاده از مدل‌های پیش‌بینی، روند توسعه‌های آتی پیش‌بینی، و برنامه‌های اصولی بر پایه آمایش سرزمین برای تخصیص کاربری‌ها و جلوگیری از توسعه‌های بدون ضابطه تهیه شود.

منابع

- آرخی، صالح (۱۳۹۴)، «کاربرد متریک‌های سیمای سرزمین در ارزیابی روند تغییرات کاربری اراضی با استفاده از سنجش‌ازدور و GIS»، جغرافیا و توسعه، سال سیزدهم، شماره ۴۰، صص ۵۹-۶۸.
- اصلاح عربانی، ابراهیم (۱۳۸۷)، کتاب گیلان، انتشارات گروه پژوهشگران ایران، تهران.
- درامستاد، ونج ای، السون، جیمزد و ریچاردت فورمن (۱۳۸۶)، اصول اکولوژی سیمای سرزمین در معماری سیمای سرزمین و برنامه‌ریزی کاربری زمین، ترجمه فرود آذری دهکردی، انتشارات اتحاد، ادبستان، تهران.
- سفیانیان، علیرضا و همکاران (۱۳۹۲)، «تحلیل گرادیان الگوی سیمای سرزمین شهری (مطالعه موردی: شهر اصفهان)»، پژوهش‌های جغرافیایی انسانی، سال چهل و پنجم، شماره ۱، صص ۸۷-۱۰۴.
- سلاجقه، بهرنگ و همکاران (۱۳۹۳)، «تحلیل تخریب سرزمین با استفاده از آشکارسازی تغییرات و سنجش‌های سیمای سرزمین (مطالعه موردی: جزیره کیش)»، ویژه‌نامه پژوهش‌های محیط‌زیست، سال پنجم، شماره ۱۰، صص ۹۹-۱۱۰.
- کریمی، آرش و جهانگیر فقهی (۱۳۹۰)، «بررسی کمی کردن متریک‌های سیمای سرزمین در حفاظت از الگوی کاربری اراضی پایدار (مطالعه موردی: استان کهگیلویه و بویراحمد)»، مجله محیط‌شناسی، سال سی و هفتم، شماره ۶۰، صص ۷۹-۸۸.
- کیانی، واحد (۱۳۹۳)، درآمدی بر بوم‌شناسی سیمای سرزمین، انتشارات دی‌نگار، تهران.
- کیانی، واحد و جهانگیر فقهی (۱۳۹۴)، «بررسی ساختار پوشش/کاربری حوزه آبخیز سفیدرود با استفاده از متریک‌های بوم‌شناسی سیمای سرزمین»، علوم و تکنولوژی محیط‌زیست، سال هفدهم، شماره ۶۵، صص ۱۳۱-۱۴۱.
- مخدوم، مجید و همکاران (۱۳۹۲)، ارزیابی و برنامه‌ریزی محیط‌زیست با سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS)، انتشارات دانشگاه تهران، تهران.
- مرادی، عباس، تیموری، حسن و صادق دژکام (۱۳۹۴)، «پایش تغییرات فیزیکی سیمای سرزمین شهر کرج با استفاده از تحلیل سینوپتیک و تصاویر ماهواره‌ای»، برنامه‌ریزی و آمایش فضا، سال نوزدهم، شماره ۱، صص ۱۲۷-۱۴۶.
- مهندسان مشاور پویا نقش شهر و بنا (۱۳۸۸)، طرح جامع شهرستان لاهیجان، بنیاد مسکن انقلاب اسلامی.
- میرزایی، محسن و همکاران (۱۳۹۲)، «بررسی تغییرات پوشش اراضی استان مازندران با استفاده از متریک‌های سیمای سرزمین بین سال‌های ۱۳۶۳-۱۳۸۹»، اکولوژی کاربردی، سال دوم، شماره ۴، صص ۳۷-۵۴.
- نوحه‌گر، احمد، جباریان امیری، بهمن و روشنگر افراخته (۱۳۹۴)، «تحلیل کاربری سرزمین در بخش مرکزی گیلان، با رویکرد اکولوژی سیمای سرزمین»، جغرافیا و آمایش شهری-منطقه‌ای، سال پنجم، شماره ۱۵، صص ۱۹۷-۲۱۴.
- هاشمی، سید محمود، یآوری، احمدرضا و حمیدرضا جعفری (۱۳۹۴)، «بررسی مکانی-زمانی کیفیت محیط زیستی در اکوتون‌های کوهپایه‌ای فلات مرکزی ایران با کاربرد متریک‌های اکولوژیکی سرزمین»، محیط‌شناسی، سال چهارم، شماره ۱، صص ۲۰۱-۲۱۸.

Aguilera, F., Valenzuela, L. M., and Botequilha-Leitão, A. (2011), *Landscape Metrics in the Analysis of Urban Land Use Patterns: A Case Study in a Spanish Metropolitan Area*, *Landscape and Urban Planning*, Vol. 99, Issues 3-4: 226-238

Burel, F., and Baudry, J. (2003), *Landscape Ecology Concepts, Methods and Application*, Science Publishers, INS, USA.

Deng, J. S. K., Wang, Hong, Y., and Qi, J (2009), *Spatio-Temporal Dynamics and Evolution of*

- Land Use Change and Landscape Pattern in Response to Rapid Urbanization*, Landscape and Urban Planning, Vol. 92, Issues 3–4, : 187-198
- Forman, R., and Godron, M. (1986), *Landscape Ecology*, John Willy and Sons, New York.
- Lausch, A., and Herzog, F. (2002), *Applicability of Landscape Metrics for the Monitoring of Landscape Change Issues of Scale, Resolution and Interpretability*, Ecological Indicators, Vol. 2, No. 1: 3–15.
- Liding, C. et al. (2008), *Pattern Analysis in Landscape Ecology: Progress, Challenges and Outlook*, Acta Ecologica Sinica: 5521–5531.
- Luck, M., and Wu, J. (2002), *A Gradient Analysis of Urban Landscape Pattern: A Case Study from the Phoenix Metropolitan Region of USA*, Landsc, Ecol. Vol. 17, Issue 4: 327–339
- Mcgarigal, K. et al. (2002), *FRAGSTAT: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical maps*, Accessible.
- Matsushita, B., Xu, M., and Fukushima, T. (2006), *Characterizing the Changes in Landscape Structure in the Lake Kasumigaura Basin, Japan Using a High Quality GIS Dataset*, Journal of Landscape and Urban Planning, Vol. 78, No. 3: 241–250.
- Naveh, Z., and Lieberman, A. S. (1984), *Landscape Ecology, Theory and Application*, Springer Science and Business Media.
- Seto, K. C., and Fragkias, M. (2005), *Quantifying Spatiotemporal Patterns of Urban Land-Use Change in four Cities of China with Timer Series Landscape Metrics*, Landscape Ecology, Vol. 20, Issue 7: 871–888
- Sun, Ch. et al. (2013), *Quantifying Different Types of Urban Growth and the Change Dynamic in Guangzhou Using Multi-Temporal Remote Sensing Data*, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, Vol. 21: 409-417
- Wang, X., Zheng, D., and Shenand, Y. (2008), *Land Use Change and its Driving Forces on the Tibetan Plateau During 1990–2000*, Journal of CATENA, Vol. 72, Issue 1: 56-66
- Weng, Y. (2007), *Spatiotemporal Changes of Landscape Pattern in Response to Urbanization*, Landscape and Urban Planning, Vol. 81, Issue 4: 341-353
- Arekhi, S. (2015), *Application of Landscape Metrics in Assessing the Process of Land Use Change Using Remote Sensing and GIS*, Journal of Geography and Development, Vol.13, No. 40: 59–68. (In Persian)
- Dramstad, W. E., Olson, J. D., and Forman, R. T. T. (2007), *Landscape Ecology Principles in Land- Use Planning, Translated by Azeri Dehkordi*, Ettehad Publishing, Tehran.
- Eslah Arabani, E. (2008), *Guilan Book*, Publishing of Pezhoheshgran Group of Iran, Tehran (In Persian)
- Hashemi, S. M., Yavari, A., and Jafari, H. (2015), *Survey of Spatial–Temporal of Environmental Quality in the Foothill Ecotones of Central Plateau of Iran with the Application of Ecological Land Use Metrics*, Journal of Environmental Studies, Vol. 4, No. 1: 201–218. (In Persian)
- Karami, A., and Fegghi, J. (2012), *Survey of Quantization of Landscape Metrics in the Conservation of Sustainable Land Use Patterns (Case Study: Kohgiluyeh and Boyerahmad Provinces)*, Journal of Environmental Studies, Vol. 37, No. 60: 79–88. (In Persian)

- Kiyani, V., and Feghhi, J. (2015), *Survey of Landform Structure /Land Use of Sefidrood River Area Using by Landscape Ecology Metrics*, Journal of Environmental Sciences and Technology, Vol. 17, No. 65: 131–141. (In Persian)
- Kiyani, V. (2014), *An Introduction to the Landscape Ecology*, Publishing of Deynegar, Tehran. (In Persian)
- Makhdoum, M. et al. (2013), *Environmental Evaluation and Planning by Geographic Information System*, University of Tehran Publishing, Tehran. (In Persian)
- Mirzayi, M. et al. (2013), *Survey of Land Cover Changes in Mazandaran Province by Using Landscape Ecology Metrics Between 1894–2010*, Journal of Applied Ecology, Vol. 2, No. 4: 37–54. (In Persian)
- Moradi, A., Teimouri, H., and Dejkam, S. (2015), *Monitoring Physical Changes in the Landscape of Karaj City Using by Synoptic Analysis and Satellite Images*, Journal of Spatial Planning and Design, Vol. 19, No. 1: 127–146. (In Persian)
- Noahgar, A., Jabbarian Amiri, B., and Afrakhteh, R. (2015), *Analysis of Land Use in the Central Part of Guilan by Landscape Ecology Approach*, Journal of Geography and Urban-Regional Land Use Planning, Vol. 5, No. 15: 197–214. (In Persian)
- Consulting Engineers of Pooya Naghsh Shahro Bana (2009), *Lahijan Comprehensive Plan*, Housing Foundation of Islamic Revolution. (In Persian)
- Salajegh, B. et al. (2014), *Analysis of Land Destruction Using by Change Detection and Landscape Metrics (Case Study: Kish Island)*, Environmental Researches, Vol:5, No:10: 99-110. (In Persian)
- Soffianian, A. et al. (2013), *Analysis Gradient of The Pattern of Urban Landscape Ecology (Case Study: Isfahan City)*, Journal of Human Geographic Research, Vol. 45, No. 1: 87–104.