

ارزیابی تغییرات فضایی- زمانی شکل شهرهای ساحلی استان خوزستان با به کارگیری سنج‌های سیمای

سرزمین

سکینه فجر- گروه جغرافیا، واحد ماهشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، ماهشهر، ایران
مریم ایلانلو^۱ - گروه جغرافیا، واحد ماهشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، ماهشهر، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۲/۱۸ تاریخ تصویب: ۱۳۹۸/۶/۳

چکیده

امروزه گسترش شهرها و روستاها سبب تسلط بیشتر انسان بر محیط‌زیست شده است، این امر سبب وقوع تغییرات محیطی بسیاری شده است. هدف از این پژوهش بررسی تغییر زمانی و فضایی چهار شهر ساحلی استان خوزستان (بندر امام‌خیمینی (ره)، بندر ماهشهر، آبادان و خرمشهر) با به کارگیری سنج‌های آمایش سرزمین طی دوره ۲۰ ساله ۲۰۱۸-۱۹۹۸ برای تعیین دقیق الگوی مکانی-زمانی تغییرات می‌باشد. روش تحقیق حاضر کمی بوده و منطق حاکم بر آن استقرایی است. برای استخراج نقشه پوشش اراضی داده‌ها از طریق تصاویر ماهواره‌ای حاصل از ماهواره لندست متعلق به دو سال ۲۰۱۸ و ۱۹۹۸ که توسط سنج‌های OLI و MSS5 برداشت شده است، تصاویر در چهار طبقه اصلی مسکونی (شهر)، مناطق دارای پوشش گیاهی، زمین‌های مرطوب (رودخانه) و بایر دسته‌بندی شدند. پس از تهیه نقشه‌های پوشش سرزمین از نرم‌افزار Fragstats و TerrSat جهت استخراج سنج‌های سیمای سرزمین در دو سطح کلاس و سیمای استفاده شد. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که شهر آبادان در سیمای سرزمین دارای الگوی Aggregation, Attrition و Dissection در شهر بندر امام‌خیمینی (ره) Aggregation, Attrition خرمشهر دارای Dissection و Creation, Attrition و در بندر ماهشهر سه شاخص Creation, Attrition و Aggregation مشاهده می‌شود. همچنین در هر چهار شهر مورد بر مساحت مناطق مسکونی در بازه زمانی افزوده شده است.

کلیدواژه‌ها: تغییرات فضایی- زمانی، سنج‌های سیمای سرزمین، نرم‌افزار Fragstats، کاربری اراضی.

۱- مقدمه

سیمای سرزمین، چیدمانی است که در آن ترکیبی از اکوسیستم‌های محلی یا کاربری‌های سرزمین در یک منطقه و در فرم مشابهی تکرار شده‌اند (Apan et al, 2002). سیمای سرزمین سیستمی پویا است و انسان به‌طور مداوم بر آن تأثیر می‌گذارد. بسته به شدت اثری که انسان بر سیمای سرزمین دارد، فشار و تغییراتی که بر آن وارد می‌شود افزایش پیدا می‌کند که نتیجه‌ی آن تغییر سیمای سرزمین در طول زمان می‌باشد (Gökcyer, 2013). سیمای سرزمین در سرتاسر دنیا به واسطه رشد شهرنشینی و افزایش جمعیت، به‌سرعت در حال تغییرند (کرمی و فقهی، ۱۳۹۰). مناظر شهری ترکیبی از اجزای طبیعی و انسانی است. در چند دهه گذشته، گسترش شهرها با رشد بی‌سابقه‌ای در شهرهای سراسر جهان رخ داده است. نگرانی عمده این توسعه سریع، تأثیرات عمیق آن بر اکوسیستم‌های شهری و تنوع زیستی به علت تکه تکه شدن است. این امر موجب افزایش علاقه بین محققان اکولوژی، به بررسی ساختار مناظر شهری و پیامدهای زیست‌محیطی توسعه فیزیکی شهرها شده است (Fan & Myint, 2017). تعامل بین الگوهای سیمای سرزمین و فرآیندهای زیست‌محیطی از مباحث مهمی است، که بوم‌شناس‌های سیمای سرزمین به آن می‌پردازند (Wu, 2009) و تعیین ویژگی‌های کمی این الگوی فضایی گام مهمی در این تعامل می‌باشد (Buyantuyev, Wu, 2010) و تحلیل شکل، اندازه و خصوصیات مکانی لکه‌های تشکیل دهنده در درون سیمای سرزمین، از موضوعات مهم روز است (Plexida et al, 2014). این مطالعات با توسعه رشته‌هایی مانند سنجش‌ازدور، سیستم اطلاعات جغرافیایی و اکولوژی سیمای سرزمین بیشتر گسترش یافته است (Meliadis, & Kassioumi, 2010). روش‌های سنتی برای بررسی تغییرات کاربری‌های اراضی و پوشش اراضی مانند نقشه‌برداری زمینی، عموماً وقت‌گیر و پرهزینه بوده است و به مهارت‌های خاص نیاز دارد، ولی تقریباً در دهه‌های گذشته اطلاعات زیادی درباره سطح زمین و پدیده‌های آن توسط سنجنده‌های فضایی و هوایی تهیه شده است که این خود مرهون توسعه علم سنجش‌ازدور، در دهه‌های اخیر می‌باشد. همزمان با این تغییرات نیز روش‌ها و الگوریتم‌های متنوع برای بررسی روند تغییرات کاربری‌ها به وجود آمده است (نظرنژاد و همکاران، ۱۳۹۷: ۲۴). از جمله الگوریتم‌هایی که برای کمی کردن خصوصیات مکانی لکه‌ها، کلاس و یا کل سیمای سرزمین به کار گرفته می‌شود، سنجه‌های سیمای سرزمین‌اند (Miller & Brewer, 2018). سنجه‌ها بهترین راه برای مقایسه وضعیت سیمای سرزمین‌های مختلف است. این سنجه‌ها می‌توانند به‌عنوان اساس مقایسه سناریوهای متفاوت سیمای سرزمین، یا شناخت تغییرات وضعیت سیمای سرزمین در طی زمان باشند. سنجه‌ها ابزار مناسبی برای طراحی و یافتن ارتباط دقیق بین ساختار و عملکرد کاربری‌های مختلف سیمای سرزمین هستند (Fan & Myint, 2017). مرتبط کردن الگوی مکانی گسترش شهری به فرآیندهای بوم‌شناسی سیمای سرزمین نیازمند استفاده از روش‌های تجزیه و تحلیل مکانی و کمی است (مرادی و همکاران، ۱۳۹۴).

در سال‌های اخیر در جهان و ایران مطالعات زیادی در زمینه مزایای سنجه‌های سیمای سرزمین و کاربرد آنها در بررسی تغییرات زمانی و توزیع مکانی پوشش اراضی انجام شده است. بحث‌های علمی اکولوژی سیمای سرزمین در دهه ۱۹۸۰ میلادی مطرح شده و در دهه ۱۹۹۰ به سرعت افزایش یافته است (نوحه‌گر، جباریان امیری، و افراخته، ۱۳۹۴). البته ریشه اصلی استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین در پژوهش O'Neill et al (۱۹۸۸) است و بسیاری از شاخص‌ها و سنجه‌ها در طول زمان برای الگوهای متفاوت سیمای سرزمین توسعه پیدا کرده است. Briassoulis (۲۰۰۰) در کتاب الگوهای تحلیلی تغییر کاربری زمین، بر اساس معیار سنت نظریه‌پردازی، گونه‌شناسی سه‌گانه‌ای را برای دسته‌بندی تئوری‌های موجود تغییر کاربری/ پوشش زمین در سه قلمرو اصلی به‌کار گرفته است: ۱. سنت نظریه‌پردازی اقتصاد شهری و منطقه‌ای؛ ۲. سنت نظریه‌پردازی جامعه‌شناختی (و اقتصاد سیاسی)؛ ۳. سنت نظریه‌پردازی طبیعت - جامعه (یا انسان - طبیعت). De Barros Ferraz et al (۲۰۰۵) با استفاده از سنجه‌های اندازه، شکل، تراکم، توزیع و همسایگی تخریب سریع جنگل‌های آمزون را در روندونیا برزیل بررسی کردند و اظهار داشتند در صورت ادامه این روند وسعت چشمگیری از این جنگل‌ها رو به نابودی خواهد رفت. Deng et al (۲۰۰۹) با استفاده از تکنیک‌های سنجش‌ازدور، آشکار سازی تغییرات و سنجه‌های سیمای سرزمین از قبیل تعداد لکه، تراکم لکه، تراکم حاشیه، شاخص سزرگترین لکه، میانگین مساحت لکه، شاخص شکل سیمای سرزمین و شاخص تنوع شانون، به ارزیابی تغییرات سرزمین در یک دوره ده ساله واقع در ۱۹۹۶ الی ۲۰۰۶ در شهر هانگزو سواحل شرقی چین پرداختند. نتایج آنها رشد سریع شهری را ناشی از تغییر لکه‌هایی از سایر کاربری‌ها (مرتع، کشاورزی و آب) به کاربری شهری نمایش داد و بیان داشتند در طول این ده سال، پس زمینه سیمای سرزمین از کشاورزی به شهری تغییر کرده است. Plexida et al (۲۰۱۴) با استفاده از ۱۷ سنجه سیمای سرزمین به انتخاب کارآمدترین و بهترین این سنجه‌ها به‌عنوان شاخص‌های ناهمگونی فضایی در مناطق یونان پرداختند. نتایج تجزیه و تحلیل آنها نشان داد که شاخص تراکم حاشیه، ابعاد فراکتال، غنای نسبی و همبستگی برای توصیف مناطق مورد مطالعه صرف نظر از مقیاس مناسب‌تر می‌باشند. Fan & Myint (۲۰۱۷) با استفاده از سنجه‌های تراکم حاشیه، تعداد لکه‌ها، مساحت لکه‌ها، همبستگی لکه‌ها به بررسی تغییر کاربری اراضی در شهر فونیکس در جنوب غرب آمریکا پرداختند. نتایج آنها نشان می‌دهد که تعداد لکه‌های کاربری شهری در طی بازه زمانی مورد مطالعه افزایش قابل توجهی داشته است. Millera & Brewer (۲۰۱۸) با استفاده از سنجه‌ها به ارزیابی پایش سیلاب در مناطق شهری جنوب انگلستان پرداختند. نتایج آنها نشان می‌دهد برآورد شاخص سیلاب با استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین که نشان‌دهنده فاصله هیدرولوژیکی نسبت لکه‌ها و همبستگی آنها به مناطق شهری است، می‌تواند بهبود یابد.

در ایران نیز تحقیقات مشابهی در طی این سال‌ها صورت گرفته است که در ذیل به برخی از آنها اشاره خواهد شد. فقهی و کرمی (۱۳۹۰) به بررسی کردن کمی کردن سنجه‌های سیمای سرزمین در حفاظت از الگوی کاربری

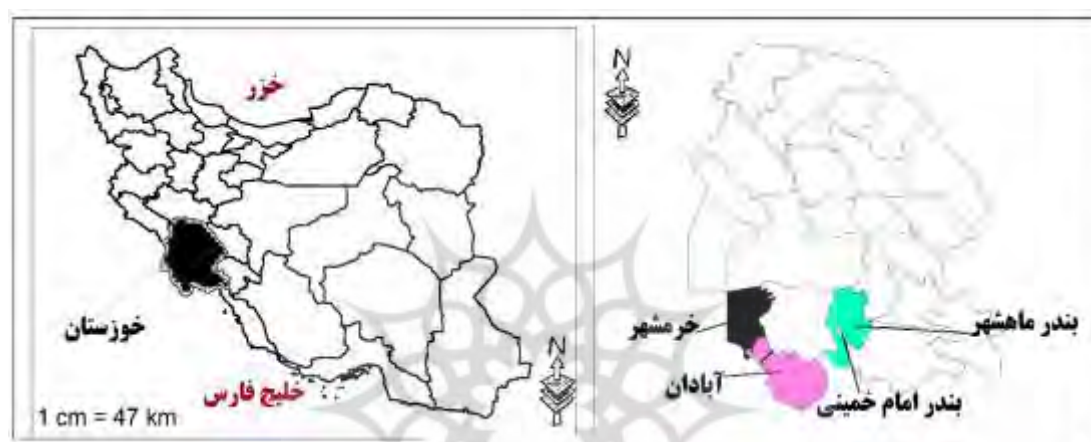
اراضی پایدار در استان کهگیلویه و بویراحمد پرداختند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که هرچه درصد و تراکم مناطق مسکونی در منطقه بیشتر باشد، تراکم لکه و شکل لکه‌ها افزایش می‌یابد، و اندازه لکه اتصال و پیوستگی سیمای سرزمین هم کاهش می‌یابد. سلیمان‌نژاد و همکاران (۱۳۹۳) با استفاده از سنج‌های منتخب سیمای سرزمین شامل (سطح طبقه، تراکم لکه، درصد مساحت از سیمای سرزمین، میانگین سطح لکه، شاخص بزرگترین لکه، شاخص شکل سیمای سرزمین، میانگین فاصله اقلیدوسی نزدیک‌ترین همسایه، میانگین شاخص شکل لکه) به بررسی الگوی مکانی پارک‌های تهران پرداختند. نتایج آن‌ها نشان می‌دهد پارک‌های محله‌ای از الگوی مکانی بهتری نسبت به سایر طبقه‌ها برخوردار بوده و سنج‌ها نتایج به نسبت مطلوب‌تری را برای این طبقه ارائه دادند. در مقابل نتایج کمی به دست آمده از محاسبه سنج‌ها برای پارک‌های منطقه‌ای، بیانگر نامناسب‌ترین وضعیت مکانی این پارک‌ها در میان سه طبقه مورد بررسی در سطح شهر تهران بود. رضایی و همکاران (۱۳۹۶) با استفاده از ۱۲ سنج سیمای سرزمین به بررسی میزان تغییرات فضایی - زمانی شکل شهرهای ساحلی و غیرساحلی استان مازندران پرداختند. نتایج نشان داد مقدار سنج NP برای طبقه کشاورزی چهار شهر مورد بررسی افزایش یافته، که نشان‌دهنده پدیده خردشدگی، کاهش پیوستگی و وجود اختلال در کاربری کشاورزی است. علاوه بر این، یافته‌ها روند افزایشی تعداد لکه‌ها را در دو شهر قائمشهر و بابلسر نشان داد که گویای وجود ساختار ریزدانه‌ای در این دو شهر است. همچنین، کاهش سنج ENN-MN برای قائمشهر نشان‌دهنده مرکزیت بالا است. به‌طور کلی، تفاوت بارزی بین شهرهای ساحلی و غیرساحلی از جنبه‌های فشردگی و پیچیدگی مشاهده نشد.

در این پژوهش، با توجه به مسائل یاد شده هدف این تحقیق، بررسی روند تغییرات فضایی - زمانی در ۲۰ سال اخیر (از ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۸ م) در شهرهای ساحلی آبادان، ماهشهر، بندر امام خمینی (ره) و خرمشهر است که برای اولین بار با استفاده از سنج‌های آمایش سرزمین به تجزیه و تحلیل و ارائه راهبردها و راهکارهای در جهت بهبود برنامه‌ریزی کیفی صورت می‌پذیرد. این شهرها به علت قرار گرفتن در ساحل استراتژی خلیج فارس، صادرات و واردات دریایی، وجود شرکت پالایشگاه نفت، وجود زمین‌های کشاورزی و نخلستان‌ها، کارخانه‌های پتروشیمی، همجواری با کشورهای عراق و کویت، شرایط مناسب صید و صیادی و جاذبه‌های گردشگری از لحاظ سیاسی - اقتصادی، اجتماعی از اهمیت راهبردی و اقتصادی بالایی برخوردار است؛ بنابراین مدیریت کاربری اراضی در چنین منطقه‌ای به مطالعه و ارزیابی دقیقی نیاز دارد. در همین راستا تکنیک سنجش‌ازدور می‌تواند با صرف وقت و هزینه کمی اطلاعات مناسب از روند مدیریت گذشته و کنونی ارائه و راهکارهای مدیریتی مناسب را جهت بهبود مدیریت آینده منطقه ارائه دهد.

۲- منطقه مورد مطالعه

شهرهای آبادان و خرمشهر، ماهشهر، بندر امام خمینی (ره) با مساحتی ۵۸۲۷ هکتار در جنوب غرب ایران در استان خوزستان واقع شده‌اند (شکل ۱). این مناطق در همجواری با کشورهای عراق و کویت می‌باشد که با داشتن ظرفیتی

از قبیل حمل و نقل جاده‌ای، ریلی و دریایی و هوایی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. منطقه آزاد صنعتی و تجاری اروند در شهرهای آبادان و خرمشهر در سال‌های اخیر اهمیت و موقعیت تاثیرگذار این دو شهر را دو چندان کرده است. خرمشهر به جهت واقع شدن در مجاورت خلیج فارس و کشور عراق، از اهمیت استراتژیک اقتصادی و تجاری و سیاسی ویژه برخوردار است. شهرهای بندر امام خمینی (ره) و ماهشهر در قسمت شرقی شهرهای آبادان و خرمشهر واقع شده‌اند و به لحاظ داشتن موقعیت بندری و وجود مناطق ویژه پتروشیمی از اهمیت استراتژی بسیار بالایی برخوردارند.



شکل ۱- موقعیت مناطق مورد مطالعه

۳- مواد و روش‌ها

روش تحقیق از نوع کمی بوده و منطبق حاکم بر آن استقرایی است. رویکرد تحقیق توصیفی است و از آن برای فهم ماهیت موضوع استفاده می‌شود. داده‌ها از طریق تصاویر ماهواره‌ای حاصل از ماهواره لندست متعلق به دو سال ۲۰۱۸ و ۱۹۹۸ میلادی که توسط سنجنده‌های OLI و MSS5 برداشت شده است، با توان تفکیک ۳۰ متر جمع‌آوری شد که تصویر ماهواره‌ای لندست ۸ به توان ۱۵ متر در نرم‌افزار ENVI 5.3 تبدیل شد. این تصاویر در نرم‌افزار ENVI 5.3 براساس الگوریتم حداکثر احتمال طبقه‌بندی شدند. برای استخراج نقشه پوشش اراضی و آشکارسازی تغییرات تصاویر حاصل از طبقه‌بندی، تصاویر در چهار طبقه اصلی مسکونی (شهر)، مناطق دارای پوشش گیاهی، زمین‌های مرطوب (رودخانه) و بایر با توجه به پوشش سرزمین دسته‌بندی شدند. سپس دقت نقشه‌های به دست آمده از الگوریتم حداکثر احتمال برآورد گردید. پس از تهیه نقشه‌های پوشش سرزمین از نرم‌افزار Fragstats^۱ جهت استخراج

۱ FRAGSTATS نرم افزاری است که در این زمینه به‌طور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرد. FRAGSTATS یک برنامه تجزیه تحلیل الگوی فضایی برای کمی کردن ساختار (برای مثال ترکیب و توزیع) سیمای سرزمین است. یک برنامه نرم‌افزاری کامپیوتری طراحی شده برای

سنجه‌های سیمای سرزمین در دو سطح کلاس و سیمای استفاده شد. در مجموع ۸ سنجه جهت کمی‌سازی سیمای سرزمین اندازه‌گیری شدند که خصوصیات آنها در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- فرمول‌های محاسباتی سنجه‌های مورد استفاده در این مطالعه

سنجه	مخفف	فرمول محاسباتی	واحد	محدوده تغییرات
مساحت	TA	$TA = A \frac{1}{10000}$	هکتار	$TA > 0$
تعداد لکه‌ها	NP	$NP = N$	واحد ندارد	$NP \geq 1$
پوشش سیمای سرزمین	PLAND	$PLAND = \frac{\sum_{k=1}^m e_{ij}}{A} 100$	درصد	$0 < PLAND < 100$
بزرگ‌ترین لکه	LPI	$LPI = \frac{\max_{j=1}^n (a_{ij})}{A} (100)$	درصد	$0 < LPI < 100$
تراکم حاشیه	ED	$ED = \frac{\sum_{k=1}^m e_{ik}}{A}$	متر در هکتار	$ED > 0$
کل حاشیه	TE	$TE = \sum_{k=1}^m e_{ik}$	متر	$TE \geq 0$
آنتروپی نرمال‌سازی	NE	$E = - \sum (P * \ln(P)) / \ln(n)$	ندارد	$0 \leq NE \leq 1$
غنای نسبی	RR	$R = n / n_{max} * 100$	درصد	$0 \leq RR \leq 100$

(مختاری و سیاح‌نیا، ۱۳۹۶)

۴- نتایج و بحث

طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای

طبقه‌بندی تصاویر توانست چهار کلاس کاربری شامل، مناطق مسکونی، مناطق دارای پوشش گیاهی، رودخانه و زمین‌های بایر برای مناطق مورد مطالعه تفکیک نماید. ضریب کاپا^۱ برای نقشه پوشش اراضی سال‌های ۱۹۹۸ و ۲۰۱۸ (جدول ۲) نمایانگر صحت بالای نقشه‌های تولید شده است.

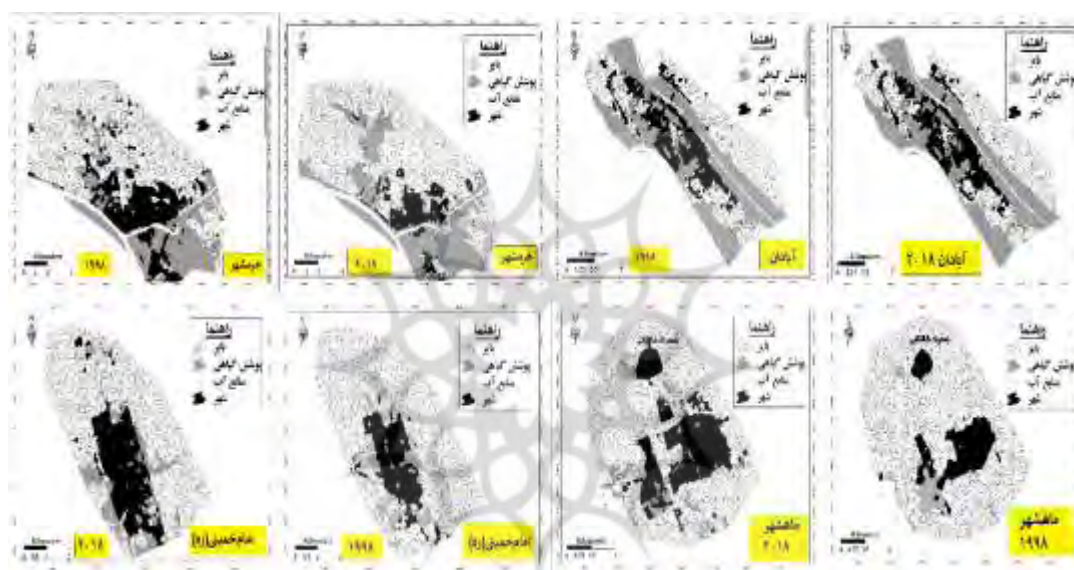
طیف گسترده‌ای از متریک‌های سیمای سرزمین برای الگوهای نقشه طبقه بندی است. نسخه اصلی برای عموم در سال ۱۹۹۵ منتشر شد. از آن زمان صدها نفر از متخصصان از این نرم افزار استفاده می‌کنند. این نرم‌افزار هردو فرمت وکتور و رستری را پشتیبانی می‌کند.

1 Kappa Coefficient

جدول ۲- ارزیابی صحت طبقه‌بندی

شهر	۱۳۷۷		۱۳۹۷	
	صحت کلی	ضریب کاپا	صحت کلی	ضریب کاپا
بندر ماهشهر	۰/۹۴	۰/۹۲	۰/۹۸	۰/۹۷
بندر امام خمینی (ره)	۰/۹۴	۰/۹۱	۰/۹۷	۰/۹۶
خرمشهر	۰/۹۷	۰/۹۴	۰/۹۷	۰/۹۵
آبادان	۰/۹۶	۰/۹۳	۰/۹۶	۰/۹۴

(یافته‌های تحقیق - نگارندگان، ۱۳۹۷)



شکل ۲- نقشه کاربری اراضی مناطق مورد مطالعه (ترسیم- نگارندگان، ۱۳۹۷)

تجزیه و تحلیل سنجه‌ها در سطح کلاس

جدول ۳ نتایج محاسبه سنجه‌ها در سطح کلاس در دو سال ۱۹۹۸ و ۲۰۱۸ م در چهار مناطق بندر امام خمینی (ره)، آبادان، خرمشهر و بندر ماهشهر را نشان می‌دهد. مطابق با پارامترهای به دست آمده از نرم‌افزار Fragstats، می‌توان استنباط کرد میزان ارزش CA^1 همانطور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، در کلاس‌ها بدین گونه است که میزان مساحت مناطق مسکونی در هر چهار شهر در طی این چهار سال افزایش داشته است و بر مساحت مناطق

۱ مساحت سطح کلاس. Total (Class) Area یکی از گویاترین سنجه‌ها برای نشان دادن ترکیب سیمای سرزمین است، بیان می‌کند چه مقدار از سیمای سرزمین توسط یک طبقه اشغال شده است که هر چه به سمت صفر میل کند، به این معنا است که طبقه مربوطه به طور فزاینده در سطح سیمای سرزمین نایاب است.

مسکونی افزوده شده است. میزان مساحت کاربری پوشش گیاهی در دو شهر خرمشهر و آبادان رو به کاهش بوده است و

جدول ۳- نتایج محاسبه سنجها در سطح کلاس در طی سالهای ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۸م (۱۳۹۷-۱۳۷۷ ش)

شهر	سال	کاربری	CA	NP	PLAND	LPI	TE	ED
آبادان	(۱۳۷۷)۱۹۹۸	بایر	۵۳۲۶	۵۳	۵۸/۹	۳۰/۵	۳۰۴۳۸۰	۱۰/۱
		گیاه	۴۷۶۰/۹	۴۳	۲۹/۲	۷/۹	۳۳۳۰۹۰	۱۱/۱
		مسکونی	۲۲۵۵	۵۱	۸/۲	۵/۴	۳۰۴۳۸۰	۷/۶
		منابع آب	۵۳۱/۳	۱۲	۳/۵	۲/۴	۱۱۴۲۷۰	۳/۵
	(۱۳۹۷)۲۰۱۸	بایر	۵۵۵۴/۷	۴۵۳	۶۲/۱	۲۸/۶	۱۰۶۷۵۵۵	۳۶
		گیاه	۳۱۶۵/۵	۲۶۶	۱۷/۹	۳	۷۷۶۶۸۵	۲۶/۲
		مسکونی	۳۴۹۲/۵	۳۷۰	۱۴/۳	۸/۶	۷۶۰۸۶۰	۵/۶
		منابع آب	۶۶۰/۶	۶۴	۵/۵	۲/۸	۲۵۸۴۹۵	۸/۷
خرمشهر	(۱۳۷۷)۱۹۹۸	بایر	۸۲۴۷	۲۸	۶۰/۹	۳۵/۱	۲۹۲۲۱۵	۱۰/۵
		گیاه	۳۵۹۲	۳۳	۲۱/۶	۶/۴	۳۴۱۵۶۵	۵/۳
		مسکونی	۱۱۶۴/۶	۳۳	۱۲/۵	۵/۲	۲۶۴۹۵۴	۹/۵
		منابع آب	۵۶۴/۹	۳	۴/۸	۳/۷	۱۲۴۴۲۵	۹/۳
	(۱۳۹۷)۲۰۱۸	بایر	۷۵۴۴/۸	۲۰	۶۵/۵	۳۷/۲	۲۵۷۴۰۰	۹/۳
		گیاه	۲۹۰۲/۶	۸۰	۲۴/۴	۵/۶	۳۳۰۲۷۰	۱۱/۹
		مسکونی	۲۴۴۳/۲	۸۴	۵/۹	۸/۴	۱۶۲۴۵۰	۵/۸
		منابع آب	۶۷۷/۲	۱۳	۴	۳/۷	۱۱۳۳۴۰	۴
بندر امام خمینی (ره)	(۱۳۷۷)۱۹۹۸	بایر	۲۴۹۷/۸	۱۴	۸۰/۳	۷/۸/۴	۹۹۹۰۰	۱۷/۴
		گیاه	۳۰۲/۵	۴۰	۸/۱	۱/۳	۸۲۸۹۰	۱۴/۴
		مسکونی	۴۷۲	۲۹	۸/۹	۷/۵	۵۲۹۸۰	۹/۲
		منابع آب	۲۶/۹	۸	۲/۶	۳/۹	۱۵۶۹۰	۲/۷
	(۱۳۹۷)۲۰۱۸	بایر	۲۲۵۰/۶	۲۱	۷۵/۲	۶۲/۵	۹۸۵۲۰	۱۷/۲
		گیاه	۳۳۵/۹	۴۵	۱۰/۹	۱/۶	۹۰۶۷۵	۱۵/۸
		مسکونی	۷۰۲/۳	۳۱	۱۲/۷	۱۱/۸	۵۶۷۳۰	۹/۹
		منابع آب	۱۰/۴	۸	۰/۹	۰/۷	۶۹۱۵	۱/۲
(۱۳۷۷)۱۹۹۸	بایر	۶۳۴۶	۲	۸۱/۷	۸۱/۳	۷۱۷۰۰	۶/۲	
	گیاه	۳۶۳/۳	۲۲	۳/۸	۱/۹	۴۶۵۳۰	۴	
	مسکونی	۹۲۵/۱	۱۲	۸/۱	۵/۳	۴۵۸۷۰	۴	
	منابع آب	۳۱۸/۳	۱	۶/۲	۶/۲	۱۱۲۲۰	۰/۹	
	بایر	۵۵۱۸/۱	۴	۷۴/۵	۷۴/۱	۱۴۶۴۰۰	۱۲/۷	
بندر ماهشهر	(۱۳۹۷)۲۰۱۸							

ادامه جدول ۳

شهر	سال	کاربری	CA	NP	PLAND	LPI	TE	ED
		گیاه	۵۱۹/۲	۶۸	۵/۶	۱/۱	۱۲۱۰۶۵	۱۰/۵
		مسکونی	۱۶۲۳/۱	۴۱	۱۴/۱	۷/۹	۱۰۴۲۸۰	۹/۱
		منابع آب	۲۹۲/۲	۶	۵/۶	۵/۳	۲۲۳۶۵	۱/۹

(یافته‌های تحقیق، نگارندگان، ۱۳۹۷)

روند نزولی داشته است و از میزان پوشش گیاهی منطقه کاسته شده است. در حالی که در دو شهر بندر امام خمینی (ره) و بندر ماهشهر کاربری پوشش گیاهی روند رو به افزایش داشته است و بر میزان پوشش گیاهی منطقه افزوده شده است.

سنجه NP^۱ که در مطالعه حاضر در هر چهار شهر مورد مطالعه بیشترین تغییر در طول این بازه زمانی در تعداد لکه‌ها مربوط به کلاس مناطق مسکونی بوده است که این افزایش بیانگر خردشدگی، کاهش پیوستگی و وجود اختلال در سرزمین است که در نتیجه گسترش اراضی مناطق مسکونی ایجاد شده است. مقایسه تراکم لکه در سطح کلاس نشان داد گسترش مناطق مسکونی، توسعه فعالیت‌ها و تغییرات کاربری موجب شده تراکم لکه‌های پوشش گیاهی افزایش یابد و حالت تکه‌تکه بیش‌تری را نسبت به سایر کلاس‌ها داشته باشد. افزایش NP در کلاس پوشش گیاهی بیان می‌کند چگونه گسترش شهری به تکه‌تکه شدن لکه‌های بزرگ پوشش گیاهی به لکه‌های کوچکتر در هر چهار شهر منجر شده که این مسئله به ساختار ریزدانه‌ای در منطقه منجر می‌شود. افزایش لکه‌ها در کلاس پوشش گیاهی و کاهش مساحت آن در دو شهر خرمشهر و آبادان دو شاخص مهم تجزیه بوده و نشان‌دهنده روند تخریب و تجزیه سیمای سرزمین به صورت افزایشی بوده است. در شهر ماهشهر کلاس بایر از یکپارچگی برخوردار است. همین‌طور کم‌ترین تکه‌تکه شدن لکه‌ها در بندر امام خمینی (ره) به چشم می‌خورد که این امر بیانگر ساختار درشت دانه است. بررسی درصد پوششی سیمای سرزمین^۲ (PLAND) در چهار منطقه بیانگر این مطلب می‌باشد که در شهرهای آبادان و خرمشهر درصد اراضی بایر و مناطق مسکونی افزایش داشته است در حالی که پوشش گیاهی در منطقه کاهش محسوس داشته است. در حالی که در دو شهر ماهشهر و بندر امام خمینی (ره) اراضی بایر روند کاهشی داشته‌اند و مناطق مسکونی و پوشش گیاهی افزایش داشته‌اند. البته افزایش پوشش گیاهی چندان محسوس نبوده است.

۱ تعداد لکه‌ها. Number of Patches از عوامل بسیار مهم در برنامه‌ریزی سیمای سرزمین به شمار می‌رود. برای اندازه‌گیری میزان گسستگی کلاس‌ها به کار می‌رود. مقادیر آن بزرگ‌تر یا مساوی ۱ است. وقتی این مقدار برابر ۱ است که سیمای سرزمین فقط از یک کلاس یک لکه تشکیل شده باشد (کیانی و فقهی، ۱۳۹۴-۱۳۶).

۲ Percentage of Lands درصدی از سیمای سرزمین که توسط یک کلاس اشغال شده‌ات. مقادیر این سنجه بین ۰ تا ۱۰۰ متغیر است که صفر به این معنا است که کلاس مربوطه به طور فزاینده‌ای در سطح سیمای سرزمین کمیاب است و صد به معنای این است که سیمای سرزمین تنها از یک کلاس تشکیل شده است (کیانی و فقهی، ۱۳۹۴-۱۳۶).

LPI^۱ بیان کننده میزان غلبه طبقه و نشان دهنده تخریب یکپارچگی پوشش اراضی است که در اینجا کاهش این سنجه نشان دهنده تخریب در کلاس پوشش گیاهی و بایر به دلیل افزایش شهرنشینی است که شدت این امر در شهر آبادان و خرمشهر بیشتر از شهرهای بندرامام خمینی (ره) و ماهشهر می باشد (شکل ۶). در ماهشهر و بندرامام خمینی (ره) اراضی بایر به دلیل گسترش شهرنشینی کاهش یافته است در حالی که در آبادان و خرمشهر پوشش گیاهی به این دلیل کاهش چشمگیری داشته است. در نهایت، می توان نتیجه گرفت علت این گونه تغییرات می تواند افزایش قیمت اراضی، تمایل به فروش زمین های پوشش گیاهی به افراد، افزایش شدت ساخت ویلا و شهرک های مسکونی (به خصوص در شهر آبادان و خرمشهر)، مهاجرت به این شهرها (این امر در شهر ماهشهر و بندرامام خمینی (ره) به دلیل وجود صنایع پتروشیمی به بیشتر مشاهده می شود)، رها شدن زمین های کشاورزی و رشد صنعتی باشد. یکی از عوامل کاهش شدید پوشش گیاهی در شهر آبادان شکل شهر می باشد که حالت جزیره ای دارد و از هر چهار جهت توسط آب احاطه شده است. همین امر سبب نابودی پوشش گیاهی در منطقه به دلیل گسترش شهرنشینی می باشد.

سنجه کل لبه یا حاشیه^۲ (TE) از سنجه های پیکره بندی است که نشان دهنده طول لبه ها و مرزهای موجود در درون سیمای سرزمین است. مقدار این سنجه محیط تکه ها را در سطح کلاس یا سیمای سرزمین بیان می کند. در شهر خرمشهر تکه های پوشش گیاهی بدون محدودیت بیشترین مقدار عددی سنجه را به خود اختصاص داده است. در حالی که در شهر ماهشهر و بندرامام خمینی (ره) و آبادان اراضی بایر بیشترین مقدار را به خود اختصاص داده است. اثر تکه تکه شدگی سیمای سرزمین در شهر آبادان با افزایش تراکم لکه و تراکم حاشیه قابل مشاهده است. در تمامی چهار شهر مقدار این سنجه در کاربری پوشش گیاهی بیشتر از مناطق مسکونی می باشد که این بدین معنا است که حاشیه های پوشش گیاهی بیشتر مورد تیمار واقع شده اند. از دیگر نکات قابل توجه این می باشد که مقدار TE در شهر خرمشهر در بازه زمانی مورد مطالعه افزایش نداشته است بلکه روند کاهشی را در هر چهار کلاس داشته است، در حالی که در سه شهر دیگر روند افزایشی را در پیش داشته است.

۱ Largest Patch Index درصد از سیمای سرزمین که توسط بزرگترین لکه اشغال شده است و در واقع یک اندازه گیری ساده از چیرگی است. مقادیر این سنجه نیز بین ۰ تا ۱۰۰ متغیر است که صفر به معنای این است که بزرگترین لکه موجود در کلاس به طور فزایندهای کوچک باشد و صد به معنای این است که کل سیمای سرزمین یک لکه در کل منطقه است و در واقع بزرگترین لکه تمام سیمای سرزمین را پوشانده باشد (کیانی و فقهی، ۱۳۹۴-۱۳۷).

۲ Total Edge اندازه مطلق طول حاشیه کل یک کلاس معین است. مقادیر آن بزرگتر مساوی یک است و واحد آن به متر است. حاشیه کل هنگامی برابر صفر است که سیمای سرزمین فاقد حاشیه کلاس است و کاربر در کل سیمای سرزمین هیچ مرزی از سیمای سرزمین را به عنوان حاشیه ای که مورد تیمار قرار گیرد در نظر نمی گیرد.

سنجه تراکم لکه^۱ (PD) در هر چهار شهر متفاوت بوده است. به نحوی که در آبادان و خرمشهر تمام کلاس‌ها جزء کلاس مسکونی در بازه مورد مطالعه روند افزایشی به دنبال داشته است که بیانگر افزایش تکه‌تکه شدگی سیمای سرزمین در این شهر می‌باشد. در شهر ماهشهر و بندرامام خمینی (ره) هر چهار کلاس روند افزایشی را داشته‌اند. البته لازم به ذکر است که یکپارچگی در شهر بندرامام خمینی (ره) بیشتر و در آبادان کمتر از سایر شهرها می‌باشد.

تجزیه و تحلیل سنجه‌ها در سطح سیمای سرزمین

محاسبه سنجه‌ها در سطح سیمای سرزمین بدین معناست که کل منطقه مورد مطالعه به صورت یکپارچه بوده و به طبقات مختلف تقسیم‌بندی نشده است (نوحه‌گر و همکاران، ۱۳۹۴-۲۰۱۶). جدول ۴ مقادیر کمی سنجه‌ها در مقیاس سیمای سرزمین را نشان می‌دهد. برای تهیه برخی از سنجه‌ها به صورت کیفی از نرم‌افزار TerrSat استفاده شد که از سه سنجه تراکم حاشیه^۲، آنتروپی نرمال سازی شده^۳ و غنای نسبی^۴ استفاده شده است. شکل ۴ سنجه آنتروپی نرمال سازی شده در چهار شهر آبادان، خرمشهر، بندر امام خمینی (ره) و بندر ماهشهر نشان می‌دهد. مقدار این سنجه بین ۰ تا ۱ میل می‌کند. همانطور که در شکل مشاهده می‌شود بیشترین تغییر کیفی بازه مورد مطالعه متعلق به دو شهر آبادان و ماهشهر می‌باشد که روند افزایشی داشته است.

جدول ۵- توصیف شاخص‌های فرآیندهای مکانی تغییر

شکل	توضیح	نام انگلیسی
	تعداد لکه‌ها در حال کاهش بوده ولی مساحت آنها ثابت باقی مانده یا افزایش می‌یابد.	Aggregation
	تعداد و مساحت لکه‌ها در حال کاهش است.	Attrition
	تعداد و مساحت لکه‌ها در حال افزایش است.	Creation
	شکل و فرم در حال تغییر است.	Deformation
	تعداد لکه‌ها افزایش یافته در حالی که مساحت آنها کاهش می‌یابد.	Dissection
	تعداد لکه‌ها ثابت بوده ولی مساحت آنها در حال افزایش است.	Enlargement
	تعداد لکه‌ها افزایش و مساحت شدیداً کاهش یافته	Fragmentation
	تعداد لکه‌ها ثابت بوده ولی مساحت آنها در حال کاهش است.	Perforation

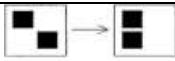
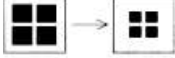
۱ Patch Density مقایسه سیمای سرزمین با سطوح مختلف را ساده‌تر می‌کند (سلیمان‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۳-۲۷).

2 Edge Density

3 Entropy of Normalization

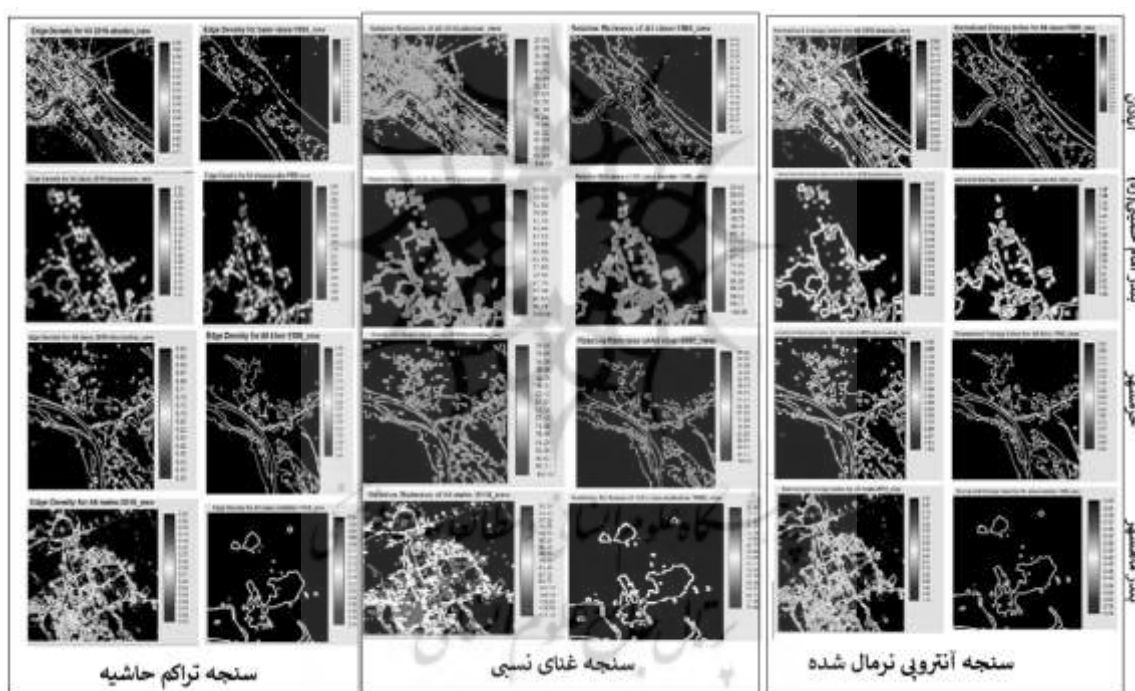
4 Relative richness

ادامه جدول ۵

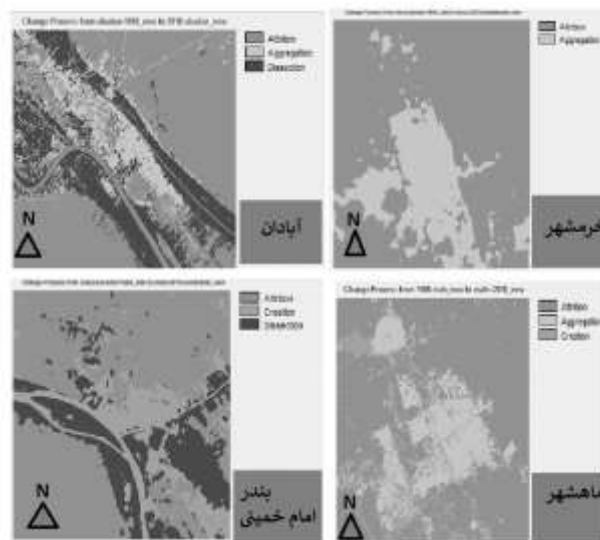
شکل	توضیح	نام انگلیسی
	موقعیت مکانی در حال تغییر است.	Shift
	مساحت و محیط در حال کاهش بوده ولی تعداد لکه‌ها ثابت است.	Shrinkage

(منبع- مختاری و سیاح نیا، ۱۳۹۶)

شکل ۳ سنجه غنای نسبی در سیمای سرزمین در مناطق مورد مطالعه نشان می‌دهد. بر این اساس بیشترین تغییر و روند افزایشی متعلق شهر آبادان می‌باشد. در نهایت برای تهیه نقشه فرآیندهای مکانی تغییر از نرم‌افزار TerrSat استفاده شد که نتایج آن را در جدول ۶ شکل ۴ مشاهده می‌کنید.



شکل ۳- سنجه غنای نسبی در سیمای سرزمین در مناطق مورد مطالعه بر حسب درصد



شکل ۴- شاخص‌های فرآیندهای مکانی تغییر در مناطق مورد مطالعه

جدول ۶ مساحت شاخص‌های فرآیندهای مکانی تغییر در مناطق مورد مطالعه در طی بازه زمانی ۱۹۹۸ - ۲۰۱۸ را نشان می‌دهد. بر این اساس شهر آبادان در سیمای سرزمین دارای Attrition, Aggregation, و Dissection می‌باشد که بیشترین مساحت با شاخص Attrition (تعداد و مساحت لکه‌ها در حال کاهش است) است، البته این منطقه با کلاس‌های اراضی بایر و منابع آب مطابقت دارد. شاخص Aggregation (تعداد لکه‌ها در حال کاهش بوده ولی مساحت آنها ثابت باقی مانده یا افزایش می‌یابد) با مناطق شهری مطابقت دارد و شاخص Dissection (تعداد لکه‌ها افزایش یافته در حالی که مساحت آنها کاهش می‌یابد) با اراضی پوشش گیاهی در منطقه مطابقت دارد. در شهر بندر امام خمینی (ره) دو شاخص Aggregation, Attrition به چشم می‌خورند. شاخص Attrition با اراضی بایر منطقه و شاخص Aggregation با کاربری پوشش گیاهی و مناطق مسکونی مطابقت دارند.

شهر خرمشهر در سیمای سرزمین دارای Creation, Attrition, و Dissection می‌باشد. شاخص Attrition با اراضی بایر، شاخص Creation (تعداد و مساحت لکه‌ها در حال افزایش است) با مناطق مسکونی و منابع آب، شاخص Dissection با اراضی پوشش گیاهی در منطقه مطابقت دارد. در بندر ماهشهر سه شاخص Creation, Attrition و Aggregation مشاهده می‌شود. شاخص Attrition با اراضی بایر و منابع آب، شاخص Creation با اراضی پوشش گیاهی، شاخص Aggregation با مناطق مسکونی در منطقه مطابقت دارد.

جدول ۶- مساحت شاخص‌های فرآیندهای مکانی تغییر در مناطق مورد مطالعه در طی بازه زمانی ۱۹۹۸ - ۲۰۱۸

شهر	نوع شاخص	مساحت (هکتار)
آبادان	Attrition	۱۷۲۳۲
	Aggregation	۴۵۵۴
	Dissection	۷۸۲۷/۲
بندر امام خمینی (ره)	Attrition	۴۳۷۲/۷
	Aggregation	۱۳۶۲/۵
خرمشهر	Attrition	۱۶۸۶۳/۳
	Creation	۴۸۰۶۲
	Dissection	۶۰۰۲/۶
بندر ماهشهر	Attrition	۵۵۶۲
	Aggregation	۱۶۸۴/۹
	Creation	۹۵۵/۵

جدول ۷ مقادیر سنجه‌ها در سیمای سرزمین در مناطق مورد مطالعه در بازه زمانی ۱۹۹۸ - ۲۰۱۸ را نشان می‌دهد. بر همین اساس سنجه NP در تمامی شهرها روند افزایش داشته است و بیشترین افزایش در شهر آبادان و کمترین میزان در شهر بندر امام خمینی (ره) مشاهده می‌شود. سنجه LPI در تمامی شهرها جزء خرمشهر روند کاهشی را داشته است. سنجه‌های ED و TE در تمامی شهرها جزء خرمشهر روند افزایشی داشته‌اند و بیشترین مقدار برای شهر آبادان می‌باشد.

جدول ۷- مقادیر سنجه‌ها در سیمای سرزمین در مناطق مورد مطالعه در بازه زمانی ۱۹۹۸ - ۲۰۱۸

سنجه	شهر	۱۹۹۸	۲۰۱۸	درصد تغییرات
NP	آبادان	۵۶۱	۱۱۵۳	۸/۴
	خرمشهر	۹۹	۱۹۸	۳/۴
	بندر امام خمینی	۹۰	۱۰۶	۱/۸
	ماهشهر	۳۵	۱۱۶	۳/۵
LPI	آبادان	۴۶/۲	۴۳	-۰/۴
	خرمشهر	۵۰/۴	۵۳/۹	۰/۵
	بندر امام خمینی	۸۸/۵	۷۸/۹	-۰/۸
TE	ماهشهر	۱۰۴/۷	۸۸/۴	-۱/۲
	آبادان	۹۴۱۸۵۰	۱۹۰۲۸۲۵	۴/۴

ادامه جدول ۷

سنجه	شهر	۱۹۹۸	۲۰۱۸	درصد تغییرات
	خرمشهر	۱۰۲۳۱۵۹	۸۶۳۴۶۰	-۱/۸
	بندر امام خمینی	۲۵۱۴۶۰	۲۵۲۸۴۰	۰/۲
	ماهشهر	۱۷۵۳۲۰	۳۹۴۱۱۰	۱/۹
ED	آبادان	۳۲/۵	۷۶/۵	۳/۳
	خرمشهر	۳۴/۶	۳۱	-۰/۲
	بندر امام خمینی	۴۳/۷	۴۴	۰/۱
	ماهشهر	۱۵/۱	۳۴/۲	۲/۴

۴- نتیجه گیری

از آنجا که رشد بی‌رویه شهرنشینی و افزایش جمعیت شهرنشین لزوم توجه به مسائل شهری را برای برنامه‌ریزان و دست‌اندرکاران امور شهری ناگزیر کرده است (Millera & Brewer, 1992). مدیریت خوب سیستم‌های شهری نیاز به درک درستی از ماهیت اجزای سیمای سرزمین دارد (رضایی و همکاران، ۱۳۹۶). پژوهش حاضر با هدف بررسی تغییرات کاربری اراضی شهرهای آبادان، خرمشهر، بندر امام خمینی (ره) و بندر ماهشهر چهار شهر ساحلی و صنعتی استان خوزستان با به‌کارگیری سنجه‌های آمایش سرزمین انجام گرفت. نتایج حاضر می‌تواند به‌عنوان راهکاری مناسب برای بررسی روند تغییرات پوشش سرزمین در چهار شهر مورد مطالعه و نقشه‌راهی برای تدوین برنامه‌های بلندمدت به کار گرفته شود. بدین منظور در ابتدا طبقه‌بندی تصاویر توانست چهار کلاس کاربری شامل، مناطق مسکونی، مناطق دارای پوشش گیاهی، رودخانه (منابع آب) و زمین‌های بایر برای مناطق مورد مطالعه (آبادان، خرمشهر، بندر ماهشهر و امام خمینی (ره)) تفکیک نماید. در تمامی شهرهای بیشترین مساحت متعلق به کلاس بایر بوده است. مطابق با پارامترهای به دست آمده از نرم‌افزار Fragstats، می‌توان استنباط کرد.

مقایسه نتایج این پژوهش با سایر مطالعات، (رضایی و همکاران (۱۳۹۶)، کاویانی و همکاران، (۱۳۹۴)، De Barros Ferraz et al (۲۰۰۵)، Deng et al (۲۰۰۹)، Fan & Myint (۲۰۱۷)) نشان می‌دهد، میزان مساحت مناطق مسکونی در هر چهار شهر در طی این چهار سال افزایش داشته است و بر مساحت مناطق مسکونی افزوده شده است.

- میزان مساحت کاربری پوشش گیاهی در دو شهر خرمشهر و آبادان رو به کاهش بوده است و روند نزولی داشته است و از میزان پوشش گیاهی منطقه کاسته شده است که با نتایج تحقیق (طالبی امیری و همکاران، ۱۳۸۸)، رضایی و همکاران (۱۳۹۶)، کرمی و فقهی (۱۳۹۰)) تطابق دارد. در حالی که در دو شهر بندر امام خمینی (ره) و بندر ماهشهر کاربری پوشش گیاهی روند رو به افزایش داشته است و بر میزان پوشش گیاهی

- منطقه افزوده شده است که این امر بیانگر خردشدگی، کاهش پیوستگی و وجود اختلال در سرزمین است که در نتیجه گسترش اراضی مناطق مسکونی ایجاد شده است.
- بندر امام خمینی (ره) از یکپارچگی بیشتری نسبت به سایر شهرها برخوردار می‌باشد که این امر بیانگر ساختار درشت دانه است در حالی که در آبادان به دلیل جزیره‌ای بودن کمتر از سایر شهرها می‌باشد.
 - نتایج بدست‌آمده از کاربرد متریک‌های مورد استفاده از تحقیق نیز بیانگر کارایی متریک‌های مساحت کلاس، شاخص بزرگترین لکه، تعداد لکه در بررسی و تحلیل تغییرات است که با یافته‌های بدست‌آمده از تحقیقات Millera & Brewer (۲۰۱۸)، Fan & Myint (۲۰۱۷)، رضایی و همکاران (۱۳۹۶)، کیانی و فقهی (۱۳۹۴)، مطابقت دارد.
 - نتایج به دست‌آمده از سنجش‌های آنتروپی نرمال‌سازی شده و غنای نسبی با نتایج تحقیق Plexida et al (۲۰۱۴) مطابقت دارد.
 - با توجه به رشد کنترل‌نشده اراضی مسکونی و زراعی طی دوره بیست ساله گذشته، برای جلوگیری از تخریب بیشتر و همچنین حفظ پوشش‌های گیاهی، که می‌تواند سبب فروافت یا نابودی ساختار و به تبع فروافت کارکرد و خدمات آنها شود، پیشنهاد می‌شود. آمایش سرزمین بر مبنای عناصر ساختاری سیمای سرزمین و مفاهیم سیمای سرزمین انجام شود. بررسی مجموعه‌ای شاخص‌های سیمای سرزمین در طول زمان مفید است. برای کمی‌کردن، توصیف، سنجش و تغییر و تحولات استفاده از برنامه‌های FRAGSTATS و Arc GIS و TerrSat بسیار کاربردی است. بنابراین برای به‌دست آوردن اطلاعات مربوط به درک و مدیریت اکوسیستم‌ها، توصیه می‌شود. مدیران منابع از شاخص‌های سیمای سرزمین برای تجزیه و تحلیل تغییر و پویایی الگوی لکه‌های زادآوری موجود در اکوسیستم‌های جنگلی در طول زمان با توجه به تأثیر عوامل مختلف و چگونگی فعالیت‌های انسان و تأثیرش بر منطقه استفاده شود.
 - همین‌طور پیشنهاد می‌شود مدل‌سازی توسعه شهرهای استان‌های جنوبی کشور بر مبنای سناریوهای مختلف توسعه انجام گیرد و نتایج آن برای تصمیم‌گیری مناسب‌تر در زمینه مدیریت و برنامه‌ریزی توسعه شهر به کار گرفته شود.

کتابنامه

- رضایی، فاطمه، فلاحتکار، سامره، داداش‌پور، هاشم؛ ۱۳۹۶. تغییرات فضایی- زمانی شکل شهرهای ساحلی و غیرساحلی استان مازندران با به کارگیری سنجش‌های سیمای سرزمین. *مجله آمایش سرزمین*. دوره نهم. شماره اول. ۵۷-۷۹.

سلیمان نژاد، لیلا، فقهی، جهانگیر، مخدوم، مجید، نمیرانیان، منوچهر؛ ۱۳۹۳. بررسی الگوی مکانی پارک‌های تهران توسط سنج‌های سیمای سرزمین. *مجله پژوهش‌های محیط‌زیست*. سال ۵. شماره ۹. ۳۴ - ۲۵

طالبی‌امیری، شیما، آذری دهکردی، فرود، صادقی، سیدحمیدرضا، صوف‌باف، سیدرضا؛ ۱۳۸۸. تحلیل تخریب سیمای سرزمین حوزه آبخیز نکا با استفاده از متریک‌های اکولوژی سیمای سرزمین. *مجله علوم محیطی*. سال ششم. شماره سوم. ۱۴۴-۱۳۳.

عزیزخانی، نجمه؛ ۱۳۹۶. *ارزش‌گذاری اقتصادی سیمای سرزمین با تلفیق بوم‌شناسی سیمای سرزمین با اقتصاد سیمای سرزمین (مطالعه موردی، شهر همدان)*. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکده منابع طبیعی - محیط‌زیست دانشگاه ملایر. استاد راهنما کامران شایسته

کاوینی، آزاده، فرهودی، رحمت‌الله، رجبی، آذیتا؛ ۱۳۹۴. تحلیل الگوی رشد تهران با رویکرد بوم‌شناسی سیمای سرزمین. *پژوهش‌های جغرافیای برنامه‌ریزی شهری*. دوره ۳. شماره ۴. ۴۰۷-۴۲۹.

کریمی، آرش، فقهی، جهانگیر؛ ۱۳۹۰. بررسی کمی‌کردن سنج‌های سیمای سرزمین در حفاظت از الگوی کاربری اراضی پایدار (مطالعه موردی- استان کهگیلویه و بویراحمد). *مجله محیط‌شناسی*. سال سی و هفتم. شماره ۶۰. ۷۶-۸۸

کیانی، واحد، فقهی، جهانگیر؛ ۱۳۹۴. بررسی ساختار پوشش / کاربری حوزه آبخیز سفیدرود با استفاده از سنج‌های بوم‌شناسی سیمای سرزمین. *مجله علوم و تکنولوژی محیط‌زیست*. دوره ۱۷. ۱۴۲-۱۳۱

مختاری، زهرا، سیاح‌نیا، رومینا؛ ۱۳۹۶. *مبانی مطالعه و کمی‌سازی ساختاری سیمای سرزمین به همراه راهنمای نرم‌افزار Fragstats 4.2*. تهران: انتشارات آوای قلم.

مرادی، عباس، تیموری، حسن، دژکام، صادق؛ ۱۳۹۴. پایش تغییرات فیزیکی سیمای سرزمین شهر کرج با استفاده از تحلیل سینوپتیک و تصاویر ماهواره‌ای. *مجله برنامه‌ریزی و آمایش فضا*. دوره نوزدهم. شماره ۱. ۱۴۷-۱۲۷.

نظرنژاد، حبیب، حسینی، مرتضی، حمزه، سالار؛ ۱۳۹۷. تحلیل تغییرات زمانی- مکانی اراضی پردانان پیرانشهر با استفاده از سنج‌های سیمای سرزمین. *فصلنامه علمی - پژوهشی پژوهش و توسعه جنگل*. جلد ۴. شماره ۲. ۲۵۵-۲۴۱.

نوحه‌گر، احمد، جباریان امیری، افراخته، روش‌نک؛ ۱۳۹۴. تحلیل کاربری سرزمین در بخش مرکزی گیلان با رویکرد اکولوژی سیمای سرزمین. *مجله جغرافیا و آمایش شهری- منطقه‌ای*. شماره ۱۵. ۲۱۴-۱۹۷

Apan, A.A., S.R. Raine and M.S. Paterson., 2002. *Mapping and Analysis of Changes in the Riparian Landscape Structure of the Lockyer Valley Landscape Change- Issues of Scale, Resolution and Interpretability*. Journal of Ecological Indicators, 2(1-2)-3-15

Buyantuyev, A., & Wu, J., 2010. *Urban heat islands and landscape heterogeneity- Linking spatiotemporal variations in surface temperatures to land-cover and socioeconomic patterns*. Landscape Ecology, 25, 17-33. <http://dx.doi.org/10.1007/s10980-009-402-4>

de Barros Ferraz, S. F., C. A. Vettorazzi, D. M. Theobald & M. V. R. Ballester., 2005. *Landscape Dynamics of Amazonia Deforestation Between 1984 and 2002 in central Rondonia Brazil, Assessment and Future Scenarios*, Forest Ecology and Management, 204(1)- 69-85

- Deng, J.S., Wang, K., Hong, Y. and Qi, J.G., 2009. *Spatio-temporal dynamics and evolution of land use change and landscape pattern in response to rapid urbanization*. Landscape and urban planning, 92(3), pp.187-198
- Fan, Chao, Myint, Soe., 2017. *A comparison of spatial autocorrelation indices and landscape metrics in measuring urban landscape fragmentation*, Journal, Landscape and Urban Planning, vol 121, 117-128
- Gulink, H., 2001. *A framework for comparative landscape analysis and evaluation based on land cover data with an application in the Madrid region (Spain)*, Landscape and urban planning, Vol. 55, No. 4 pp. 257-27
- Meliadis, I., Kassioumis, K., 2010. *The combined use of remote sensing and GIS for the study of a Special Protected Area in Greece*. In- Proceedings of the third International Conference Ecosystems and Sustainable Development, Alicante, Spain, pp. 409-417
- Millera, James, Brewer, Tim., 2018. *Refining flood estimation in urbanized catchments using landscape metrics*, Journal Landscape and Urban Planning, vol 175. 34-49.
- Newman, P.W.G. and Kenworthy, J.R., 1992. *Is there a role for physical planners*. Journal of the American Planning Association, 58, pp. 353-362
- O'Neill, R., Krummel, J., Gardner, R., Sugihara, G., Jackson, B., DeAngelis, D., Milne, B., Turner, M., Zygmunt, B., Christensen, S., Dale, V., & Graham, R., 1988. *Indices of landscape pattern*. Landscape Ecology, 1, 153-162
- Patil, G. P., E.C., Pielou, and W.E., Waters., 1971. *Spatial patterns and statistical distributions*. University Park (PA)- Pennsylvania State University
- Plexida Sofia, Athanassios. Sfougaris, Ioannis. Ispikoudis, Vasilios. Papanastasis., 2014. *Selecting landscape metrics as indicators of spatial heterogeneity—A comparison among Greek landscapes*, Journal International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, vol 25, 26-35.
- Wu, J., 2008. *Making the case for landscape ecology- An effective approach for urban sustainability*. Landscape Journal, 27(1), 41-50. <http://dx.doi.org/10.3368/lj.27.1.41>