

استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین در ارزیابی تغییرات ساختار چشم‌انداز حوزه آبخیز قره‌سو کرمانشاه

حبیب نظر نژاد^۱ - استادیار آبخیزداری، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

مرتضی حسینی - دانش‌آموخته کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

طیبه ایرانی - دانش‌آموخته کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

تاریخ تصویب: ۱۳۹۶/۱۲/۱۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۵/۲۹

چکیده

امروزه تغییرات بدون برنامه کاربری اراضی به مشکلات حاد زیست‌محیطی تبدیل شده است. هدف از این پژوهش، ارزیابی تغییرات ساختار چشم‌انداز حوزه آبخیز قره‌سو به کمک سنجش از دور و با استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین در یک بازه زمانی ۲۴ ساله، برای برنامه‌ریزی‌های فعلی و آتی استفاده از سرزمین در جهت توسعه پایدار حائز اهمیت است. برای تهیه نقشه کاربری اراضی از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۵ سال ۱۹۹۱ و لندست ۸ سال ۲۰۱۵ استفاده شد. به منظور بررسی تغییرات کاربری اراضی در این بازه زمانی از سنجه‌های تعداد لکه، تراکم لکه، درصد پوشش سیمای سرزمین، بزرگ‌ترین لکه در سطح کلاس و از سنجه‌های تعداد لکه‌ها، تراکم لکه، تنوع شانون و پیوستگی در سطح سیمای سرزمین در نرم‌افزار Fragstats استفاده شد. نتایج پژوهش نشان داد در سطح کلاس با استفاده از سنجه‌های درصد پوشش، تعداد لکه‌ها، تراکم لکه و مساحت بزرگ‌ترین اندازه لکه کاربری انسان‌ساخت افزایش یافته که این موضوع موجب کاهش شدید اندازه بزرگ‌ترین لکه مرتعی (از ۱۵/۲ درصد به ۰/۸۲) شده است که زمانی به هم پیوسته و دارای یکپارچگی زیادی بوده‌اند. این فرایند تغییرات در سیمای سرزمین منجر به کاهش بازدهی و کوچک شدن قطعات کلاس اراضی مرتعی (نزول ۳۶ درصدی) گردیده است. نتایج در سطح سیمای سرزمین نیز به‌طور کلی نشان داد سیمای سرزمین تکه‌تکه‌تر و از نظر میزان یکپارچگی عناصر ساختاری، ناپیوسته‌تر (از ۴۸/۲۷ درصد به ۴۱/۴۵) و از نظر نوع کاربری پوشش موجود در واحد سطح متنوع‌تر (از ۱/۱۱ به ۱/۲۰) شده است.

کلیدواژه‌ها: سنجه‌های سیمای سرزمین، قره‌سو، کاربری اراضی، نرم‌افزار Fragstats

۱- مقدمه

پوشش اراضی و تغییرات آن، متغیرهای مهمی هستند که اثرات قابل توجهی بر محیط زیست و فرآیندهای آن می‌گذارند. افزایش جمعیت و توسعه فعالیت‌های انسانی در چند دهه اخیر، سطح زمین را به‌طور قابل توجهی تحت تأثیر قرار داده است. تغییر در نوع کاربری اراضی و عدم استفاده از اراضی متناسب با قابلیت آن روند تخریب را افزایش داده است؛ از این رو بررسی ارتباط بین تغییرات ایجاد شده در کاربری‌های مختلف و هر یک از پیامدهای آن در راستای مدیریت صحیح و بهینه آنها ضروری است (شایسته و همکاران، ۱۳۸۷). 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 سنجش از دور، در دهه‌های اخیر می‌باشد، از جمله کاربرد تصاویر و داده‌های ماهواره‌ای در تهیه نقشه کاربری اراضی است (زاهدی‌فرد و همکاران، ۱۳۸۳؛ نوحه‌گر و زارع، ۱۳۹۱). همزمان با این تغییرات نیز روش‌ها و الگوریتم‌های متنوع برای بررسی روند تغییرات کاربری‌ها به‌وجود آمده است. یکی از این روش‌ها که زمینه کمی‌سازی ساختار فضایی سیمای سرزمین (سطحی از زمین که لکه‌های مختلفی را در بر دارد، چیدمان ویژه‌ای از توپوگرافی، پوشش گیاهی و کاربری زمین) را فراهم می‌کند، سنجه‌های سیمای سرزمین می‌باشد (Apan et al., 2002). سیمای سرزمین با تمرکز بر روی نقشی که انسان‌ها در ایجاد و تأثیرگذاری بر الگوها و فرایندهای اکولوژیک ایفا می‌کنند، نیز می‌تواند تعریف شود. از این رو باید اشاره شود که در محیط‌هایی که انسان غالب باشد، همواره به دنبال تغییر در سیمای آن محیط‌ها بوده، که در واقع فضاهای غیرطبیعی را جایگزین فضاهای طبیعی می‌کند. این ویژگی جایگزینی فضاها سبب ناپایداری محیط زیست شده است (فیروزیخت و همکاران، ۱۳۹۱). سنجه‌های سیمای سرزمین ابزارهای کمی‌ساز وضعیت سیمای سرزمین هستند که تنوع و گوناگونی آنها موجب کاربرد وسیع آنها در برنامه‌ریزی‌های مرتبط با مطالعات زمین شده است. این سنجه‌ها قادرند در مدت زمان کوتاهی اطلاعات زیادی در مورد ساختار و تغییرات اجزای تشکیل‌دهنده سیمای سرزمین ارائه نمایند، آنچه که شاخص‌های سنجه سیمای سرزمین را از بقیه روش‌ها جدا می‌کند مشخص شدن نحوه تغییرات است. از سویی دیگر سنجه‌های سیمای سرزمین در سه سطح، شامل کل گستره سیمای سرزمین^۱ (انواع کلاس‌ها و لکه‌های موجود در سیمای سرزمین را به‌صورت یکپارچه نشان می‌دهد)، سطح طبقات کاربری و پوشش سرزمین^۲ (همه لکه‌هایی است که یک نوع کاربری یا یک نوع پوشش را نشان می‌دهند) و سطح لکه^۳ (برای لکه‌های منفرد تعریف شده و ویژگی‌های مکانی، نوع محتوا و بافت لکه‌ها را مشخص می‌کند) قابل اندازه‌گیری هستند (McGarigal,

1 Landscape

2 Class

3 Patch

2015). در این تحقیق از سنجه‌های الگوی مکانی، ترکیب^۱ (مشخصاتی از سیمای سرزمین مانند نسبت مساحت لکه‌ها، تنوع لکه‌ها، تراکم و ... را می‌سنجد و از این طریق تعیین بستر و ناهمگنی را امکان‌پذیر می‌سازد) و توزیع^۲ (مشخصات مکانی انواع پوشش اراضی در یک سیمای سرزمین خاص را بازگو می‌کند و به توزیع مکانی و هندسی لکه‌ها مثل شکل و اندازه مربوط است) در سطح کلاس و سیمای سرزمین استفاده خواهد شد (Forman, 1986) با این هدف که شناخت و تحلیل منطقی و روشنی از تغییرات کاربری اراضی ارائه شود. در سال‌های گذشته در جهان و ایران پژوهش‌های متعددی بر روی اندازه‌گیری تغییرات چشم‌انداز با استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین انجام شده است که از این جمله می‌توان در سطح جهان به پژوهش Zhang و همکاران (۲۰۰۴) از آنالیز گرادیان بر پایه سامانه اطلاعات جغرافیایی برای کمی کردن الگوی سیمای سرزمین استان شانگهای چین استفاده کردند. آن‌ها با استفاده از مجموعه داده‌های کاربری اراضی و ترکیب آن با سنجه‌های سیمای سرزمین، الگوی مکانی روند گسترش کلان‌شهر شانگهای را کمی کرده و به این نتیجه رسیدند که الگوی سیمای سرزمین شهری، از نظر ترکیب متنوع‌تر، از نظر هندسی نامنظم‌تر و از نظر اکولوژیک تکه‌تکه‌تر شده‌اند. Matsushita و همکاران (۲۰۰۶) در کاسمیگورا ژاپن با استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین به بررسی تغییرات سیمای سرزمین ناشی از گسترش شهری پرداختند. نتایج آنها نشان داد که تجزیه و تکه‌تکه شدن سیمای سرزمین مهم‌ترین مشخصه تغییر در اثر توسعه شهری در منطقه بوده است. Zhou و همکاران (۲۰۱۲) اثرات الگوی تغییرات چشم‌انداز بر ویژگی‌های کیفی آب در حوزه آبخیز دونگجیان چین را مورد ارزیابی قرار دادند. براساس نتایج الگوی کاربری اراضی تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر کیفیت آب در مقیاس‌های مکانی مختلف داشته است. Castillo و همکاران (۲۰۱۵) تغییرات پوشش جنگلی در پارک طبیعی مونکایو اسپانیا را با استفاده از فناوری سنجش از دور، سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجه‌های سیمای سرزمین بررسی کردند. اطلاعات به‌دست آمده از تحلیل سنجه‌های سیمای سرزمین نشان‌دهنده افزایش تکه‌تکه شدن در نتیجه افزایش تنوع فضایی در سطح سیمای سرزمین می‌باشد. در مطالعات داخل کشور نیز کرمی و فقهی (۱۳۹۰) در بررسی الگوی کاربری اراضی در استان کهگیلویه و بویراحمد با کمک سنجه‌های سیمای سرزمین به این نتیجه رسیدند که بین درصد و تراکم مناطق مسکونی با اتصال و پیوستگی سیمای سرزمین رابطه‌ای معکوس وجود دارد یعنی هرچه درصد و تراکم مناطق مسکونی بیش‌تر باشد اتصال و پیوستگی سیمای سرزمین کاهش می‌یابد. نوحه‌گر و همکاران (۱۳۹۴) با استفاده از نقشه کاربری و سنجه‌های مکانی، ساختار سیمای سرزمین بخش مرکزی استان گیلان را بررسی کردند. نتایج آنها نشان داد که ساختار کاربری‌ها تکه‌تکه شده و تعداد لکه‌های انسان ساخت افزایش و سطح جنگل‌ها گسسته شده و کاهش یافته است. رضایی و همکاران (۱۳۹۶) به مطالعه تغییرات فضایی زمانی شکل شهرهای ساحلی و غیرساحلی استان مازندران با به‌کارگیری سنجه‌های سیمای سرزمین پرداختند، برای تحلیل

1 Composition

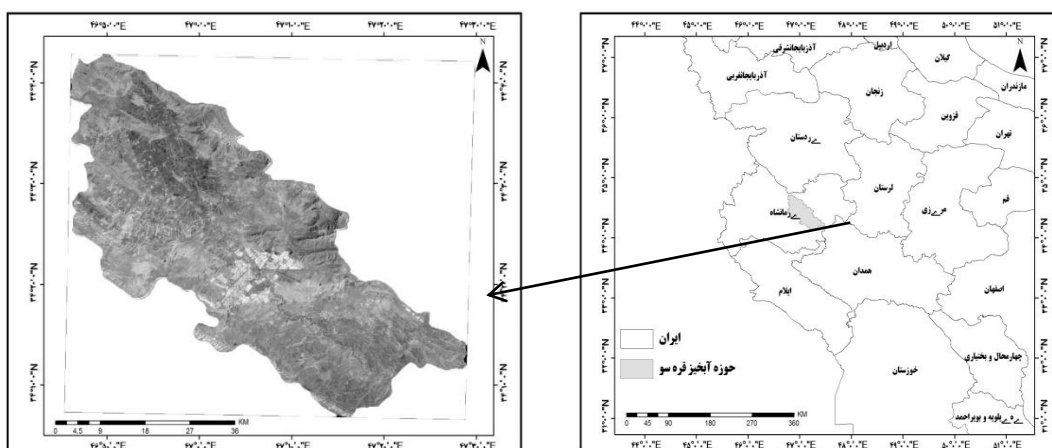
2 Configuration

تغییرات سیمای سرزمین از دوازده سنجه در دو سطح کلاس و سیمای سرزمین استفاده شد. نتایج نشان داد که کاربری کشاورزی دچار پدیده خردشدگی، کاهش پیوستگی و وجود اختلال شده است. براتی و همکاران (۱۳۹۶) نیز به ارزیابی یکپارچگی مناطق حفاظت شده پارک ملی و پناهگاه حیات وحش کلاهقازی با به کارگیری سنجه‌های سیمای سرزمین در سطح کلاس پرداختند، نتایج نشان داد در کل منطقه، لکه‌های مرتعی در اثر تعارضات موجود در منطقه مانند کاربری‌های معدن، کشاورزی و شهری، باعث دورتر شدن این لکه‌ها از یکدیگر شده است. در مجموع براساس سوابق تحقیقات، تغییر در ساختار سیمای سرزمین در مناطق مختلف با درجات متفاوت صورت گرفته است و کمی نمودن این تغییرات با استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین می‌تواند راهکاری در جهت تعیین عوامل اصلی تأثیرات و ارائه اقدامات مدیریتی در بهبود برنامه‌ریزی مدیریت کاربری اراضی باشد. هدف تحقیق حاضر کمی نمودن تغییرات ساختار چشم انداز حوزه آبخیز قره‌سو کرمانشاه در یک دوره ۲۴ ساله می‌باشد.

۲- مواد و روش

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز قره‌سو با مختصات جغرافیایی $34^{\circ}30'$ الی $34^{\circ}54'$ درجه عرض شمالی و $46^{\circ}22'$ الی $47^{\circ}22'$ طول شرقی در استان کرمانشاه و در غرب ایران واقع شده است. این حوزه با ایستگاه هیدرومتری قورباغستان در خروجی آن، از زیرحوضه‌های مهم حوزه آبخیز کرخه است و در شمال غرب آن قرار دارد. مساحت آن ۵۲۷۸ کیلومتر مربع و حداکثر و حداقل ارتفاع آن به ترتیب ۳۳۶۰ و ۱۲۷۰ متر است. سه رودخانه اصلی مرک، رازآور و قره‌سو در این حوزه آبخیز جریان دارند. قره‌سو از سراب روانسر در شمال غرب کرمانشاه سرچشمه گرفته و پس از عبور از این شهر در منطقه فرامان به رود گاماسیاب می‌ریزد.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی حوزه آبخیز قره‌سو

۲-۲- روش پژوهش

در این پژوهش از نرم‌افزارهای ArcGIS 10.4, Fragstats 4.2, ENVI 5.3 استفاده شد. تصاویر ماهواره‌ای تهیه شده در جدول ۱ بر اساس کیفیت مطلوب تصاویر در دسترس ماهواره لندست از جهت تصحیحات هندسی و رادیومتریکی و منطبق بر منطقه مورد مطالعاتی انتخاب شدند.

جدول ۱- مشخصات تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده برای حوزه آبخیز قره‌سو

ماهواره	سنجنده	ردیف و گذر	منبع	تقویم شمسی	تقویم میلادی
Landsat5	TM	167/36	USGS	۱۴ تیر ۱۳۷۰	5 Jun 1991
Landsat8	OLI	167/36	USGS	۱۶ تیر ۱۳۹۴	7 Jun 2015

پس از بارگذاری تصاویر ماهواره‌ای قابل قبول، تصویر باندها توسط نرم افزار ENVI 5.3 (نرم افزار پردازش تصاویر که دارای توابعی نظیر انواع تبدیل‌ها، فیلترها، طبقه‌بندی، تصحیح هندسی، آنالیزهای طیفی متعدد، پردازش داده‌های راداری، کار با داده‌های فرایطیفی و پشتیبانی از انواع فرمت‌ها) برای ظاهرسازی بهتر تشخیص کاربری اراضی، بهترین ترکیب باندها (سبز، قرمز و مادون قرمز نزدیک) برای سال ۱۳۷۰، ترکیب رنگی کاذب ۴۳۲ و برای سال ۱۳۹۴، ترکیب رنگی کاذب ۵۴۳ انتخاب شد. نقشه کاربری اراضی حوزه آبخیز قره‌سو با توجه به اطمینان از کیفیت رادیومتریکی تصاویر و کنترل صحت هندسی و بازدید میدانی برای شناسایی کاربری‌های منطقه و نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ و تطابق نقاط برداشت شده توسط دستگاه موقعیت‌یاب جهانی^۱ با استفاده از گوگل ارث و اکستنشن Arcbrutle در ArcGIS، در چهار کلاس کاربری اراضی در جدول ۲ طبقه‌بندی گردید:

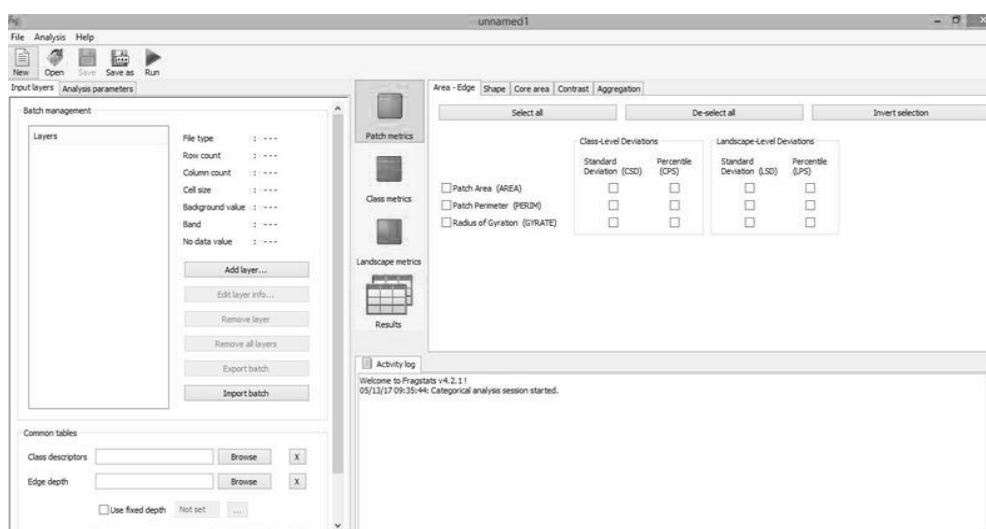
جدول ۲- روش طبقه بندی پوشش / کاربری سرزمین (دژکام و همکاران، ۱۳۹۴)

کلاس	توضیحات
اراضی انسان‌ساخت	مناطق شهری با تراکم‌های مختلف، مناطق روستایی، شبکه جاده‌ای و حمل‌ونقل، توسعه خطی اطراف جاده‌ها و بزرگراه‌ها، مراکز خدماتی، صنعتی و تجاری
اراضی کشاورزی	زراعت آبی، دیم کاری، باغداری، زراعت چوب و نهالستان، کشت علوفه
اراضی مرتعی	مراعت غنی، متوسط، ضعیف، بوته‌ای، درختچه‌ای و علفی و مخلوط
اراضی بایر	زمین‌های لخت، بیرون‌زدگی‌های سنگی، بستر شنی و خشک رودخانه‌ها، اراضی شور

1 Global Positioning System

۲-۱-۲- معرفی نرم افزار Fragstats 4.2

برنامه تجزیه و تحلیل الگوی فضایی برای کمی کردن ساختار سیمای سرزمین و دارای مجموعه کاملی از سنجه‌های سیمای سرزمین است و محدودیتی در مقیاس ایجاد نمی‌کند و برای ارزیابی الگوی مکانی در محیط‌های ناهمگن و شرایط متفاوت مناسب است. به ازای هر ورودی در نرم افزار شکل ۲ (نقشه کاربری اراضی با فرمت رستری)، سه فایل خروجی ایجاد می‌شود. نتایج هر سه فایل لگه، کلاس، سیمای سرزمین (در برخی متون نیز به معانی چشم‌انداز، منظره و منظر ترجمه شده است) در بخش Results قابل مشاهده و تجزیه و تحلیل است (McGarigal, 2015).



شکل ۲- محیط نرم افزار Fragstats 4.2

با مطالعه و مرور منابع علمی و کسب دانش کارشناسی، در این پژوهش با توجه به تناسب سنجه‌ها با هدف تحقیق و توجه به همبستگی بین مفهوم آن‌ها، مجموعه‌ای از سنجه‌های ترکیب و توزیع شکل سیمای سرزمین برای انجام پژوهش حاضر انتخاب و در جدول ۳ گردآوری شدند:

جدول ۳- مشخصات سنجه‌های استفاده شده در ارزیابی تغییرات چشم‌انداز قره‌سو (McGarigal, 2015)

نام فارسی	علامت اختصاری	واحد	محدوده تغییرات	فرمول محاسباتی
تعداد لگه	NP ¹	-	$1 \leq NP$	n_i

1 Number of Patches

ادامه جدول ۳

نام فارسی	علامت اختصاری	واحد	محدوده تغییرات	فرمول محاسباتی
تراکم لکه	PD ^۱	تعداد در ۱۰۰هکتار	0 < PD	$\frac{n_i}{A}(10000)(100)$
بزرگ‌ترین لکه	LPI ^۲	%	0 - 100	$\frac{j=1 \max(a_{ij})}{A}(100)$
پوشش سیمای سرزمین	PLAND ^۳	%	0 - 100	$\frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{A}(100)$
پیوستگی	CONTAG ^۴	%	0 - 100	$1 + \frac{\sum_{k=1}^m g_{ik}}{2Ln}(100)$
تنوع شانون	SHDI ^۵	-	0 ≤ SHDI	$-\sum_{i=1}^m (p_i \ln p_i)$

۲-۲-۲- متغیرهای فرمول‌های ارائه شده در جدول ۳ نشان دهنده موارد زیر است:

n_i : تعداد لکه‌های نوع کلاس i . A : مساحت کل سیمای سرزمین. a_{ij} : مساحت لکه ij . m : تعداد انواع لکه‌ها. P_i : نسبتی از سیمای سرزمین که به وسیله لکه نوع i اشغال شده است. e_i : محیط کلاس لکه. $\min e_i$: حداقل محیط کلاس لکه. g_{ik} : طول کل حاشیه‌های لکه‌های کلاس نوع i در سیمای سرزمین.

تعداد لکه: تعداد لکه‌ها را در سطح کلاس یا سیمای سرزمین کمی می‌نماید و نشان می‌دهد اگر تعداد لکه زیاد باشد آن کلاس یا نوع لکه دچار افتراق و جدائی شده است. تراکم لکه: این سنجه تعداد لکه‌ها را در واحد سطح نشان می‌دهد و امکان مقایسه بین مساحت‌های مختلف را فراهم می‌کند و به‌عنوان شاخص تکه‌تکه شدگی استفاده می‌شود.

بزرگ‌ترین لکه: برابر مساحت بزرگ‌ترین لکه در سیمای سرزمین است. شکل سیمای سرزمین: برای اندازه‌گیری پیچیدگی شکل لکه می‌باشد. پوشش سیمای سرزمین: درصدی از سیمای سرزمین که به یک کلاس مشخص اختصاص دارد. تراکم حاشیه: با مساحت سیمای سرزمین در ارتباط است و معادل طول تمامی حاشیه‌ها تقسیم بر مساحت می‌باشد. سنجه تنوع شانون: تنوع لکه‌های سیمای سرزمین را اندازه‌گیری می‌کند و از نظر مفهومی مقابل پیوستگی سیمای سرزمین قرار دارد. سنجه پیوستگی: یکی از سنجه‌های اندازه‌گیری درجه یکپارچگی لکه‌های سیمای سرزمین است.

1 Patch Density

2 Largest Patch Index

3 Percentage of Lands

4 Contagion

5 Shannon's Diversity Index

۳- نتایج و بحث

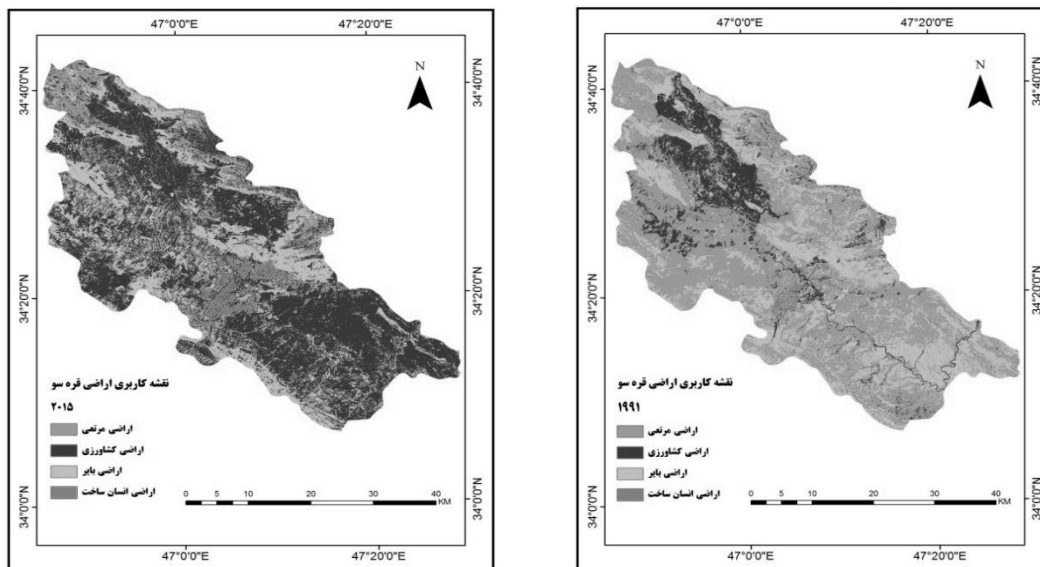
در مرحله پردازش، نمونه‌های تعلیمی جهت طبقه‌بندی دقیق‌تر با روش حداکثر شدت احتمال^۱ که از پرکاربردترین روش‌های آماری طبقه‌بندی است و در آن کلاسی به پیکسل مورد نظر نسبت داده می‌شود که بیش‌ترین احتمال تعلق پیکسل به آن کلاس وجود داشته باشد (Richards, 2013)، اقدام به طبقه‌بندی گردید. در پایان مرحله طبقه‌بندی پس پردازش‌هایی به منظور آماده‌سازی این داده‌ها برای اهداف بعدی صورت می‌گیرد، که اغلب به منظور افزایش کیفیت و دقت طبقه‌بندی یا آماده‌سازی نتایج به منظور نزدیک شدن به شکل نهایی مورد نظر می‌باشند (اکبری و شکاری بادی، ۱۳۹۳). در عملیات پس پردازش برای تعیین میزان دقت طبقه‌بندی از معیار ضریب کاپا و صحت کلی که با استفاده از المان‌های ماتریس خطا به دست می‌آید (Lillesand, 2004) انجام شدند که در جدول ۴ محاسبات نشان داده شدند.

جدول ۴- درصد صحت کلی و ضریب کاپا حاصل از طبقه‌بندی

نوع طبقه بندی	تاریخ	صحت کلی	ضریب کاپا
حداکثر احتمال	۱۹۹۱	۹۳/۴	۰/۸۶
	۲۰۱۵	۹۴/۵	۰/۸۸

در پایان با بهره‌گیری از نرم‌افزارهای ENVI 5.3 و ArcGIS 10.4، نقشه کاربری اراضی شکل ۳ استخراج گردید. پس از تهیه نقشه کاربری اراضی سال‌های ۱۹۹۱ و ۲۰۱۵ و تعیین انواع کاربری‌های مختلف بر روی آن‌ها مشخص شد که سطوح کاربری اراضی در هر دوره تغییر داشته و همچنین با استفاده از نرم افزار ArcGIS 10.4 مساحت هر کاربری به دست آمد. با توجه به نتایج حاصله در جدول ۵، مساحت کاربری‌های مرتعی، بایر، انسان‌ساخت و کشاورزی مربوط به سال ۱۹۹۱ و ۲۰۱۵ برآورد شده که در سال ۱۹۹۱ بیش‌ترین مساحت مربوط به اراضی مرتعی و کم‌ترین مساحت مربوط به اراضی انسان‌ساخت، و در سال ۲۰۱۵، بیش‌ترین تغییرات مساحت مربوط به اراضی مرتعی با روندی کاهشی و بیش‌ترین تغییرات مساحت با روندی افزایشی مربوط به اراضی کشاورزی و انسان‌ساخت می‌باشد.

1 Maximum Likelihood



شکل ۳- نقشه کاربری اراضی حوزه آبخیز قره‌سو برای سال‌های ۱۹۹۱ و ۲۰۱۵

جدول ۵- مساحت اختصاص یافته به هر نوع کلاس در سال‌های ۱۹۹۱ و ۲۰۱۵

سال/کاربری	مرتعی	بایر	کشاورزی	انسان‌ساخت
۱۹۹۱ درصد	۴۷/۸۰	۴۱/۳۱	۹/۰۲	۱/۸۸
کیلومتر مربع	۸۹۷/۹۳	۸۵۱	۱۷۷/۰۵	۳۶/۸۵
۲۰۱۵ درصد	۱۰/۰۲	۳۳/۸	۴۸/۶۲	۷/۵۶
کیلومتر مربع	۱۹۶/۶	۶۶۳/۳۹	۹۵۴/۳۵	۱۴۸/۴۹

نتایج ارزیابی تغییرات توسط سنجه‌های سیمای سرزمین در سطح کلاس برای کاربری‌های اراضی با استفاده از نرم افزار Fragstats 4.2 محاسبه و در جدول ۶ به شرح زیر می‌باشد:

جدول ۶- نتایج محاسبه سنجه‌ها در سطح کلاس در حوزه آبخیز قره‌سو در سال‌های ۱۹۹۱ و ۲۰۱۵

سال	کلاس / سنجه	PLAND	NP	PD	LPI
۱۹۹۱	اراضی انسان‌ساخت	۱/۳۲	۲۲۲۰	۱/۱۳	۰/۲۲
	اراضی بایر	۴۱/۲۳	۱۹۵۸۴	۹/۹۷	۱۰/۶۳
	اراضی مرتعی	۴۵/۱۷	۲۳۷۱۸	۱۲/۰۸	۱۵/۲۰
	اراضی کشاورزی	۱۲/۲۷	۲۱۷۶۹	۱۱/۰۹	۱/۸۸
۲۰۱۵	اراضی انسان‌ساخت	۸/۶۱	۱۷۷۶۲	۹/۰۵	۱/۱۰
	اراضی بایر	۳۳/۷۸	۳۱۱۲۰	۱۵/۸۵	۵/۹۱
	اراضی مرتعی	۹/۰۹	۲۵۹۴۹	۱۳/۲۲	۰/۸۲
	اراضی کشاورزی	۴۸/۵۰	۳۷۵۵۱	۱۹/۱۳	۱۴/۳۷

ارزیابی تعداد لکه در سطح کلاس نشان داد بیشترین تغییر در طول این بازه زمانی در تعداد لکه‌ها مربوط به کلاس کشاورزی و انسان ساخت بوده است که این افزایش بیانگر خردشدگی و وجود اختلال در سرزمین است که در نتیجه گسترش اراضی کشاورزی و انسان‌ساخت ایجاد شده است. مقایسه تراکم لکه در سطح کلاس نشان داد گسترش اراضی انسان‌ساخت و افزایش کاربری کشاورزی، توسعه فعالیت‌ها و تغییرات کاربری موجب شده تراکم لکه‌های مرتعی کاهش یابد و حالت تکه‌تکه بیش‌تری را نسبت به سایر کلاس‌ها داشته باشد. کاهش سنجه بزرگ‌ترین لکه برای کلاس مرتعی از ۱۵/۲۰ به ۰/۸۲ درصد بیانگر استفاده بیش از حد از اراضی مرتعی در گسترش کاربری کشاورزی و تغییر کاربری قسمت‌هایی از کلاس مرتعی به اراضی انسان‌ساخت می‌باشد. درصد پوشش سیمای سرزمین اراضی انسان‌ساخت از ۱/۳۲ به ۸/۶۱ و اراضی کشاورزی از ۱۲/۲۷ به ۴۸/۵۰ در بازه زمانی مورد نظر افزایش یافته و درصد اراضی مرتعی از ۴۵/۱۷ به ۹/۰۹ و بایر از ۴۱/۲۳ به ۳۳/۷۸ در این مقطع زمانی کاهش یافته که بیانگر این موضوع است که گسترش اراضی انسان‌ساخت و کشاورزی منجر به کاهش اراضی مرتعی و بایر شده است.

نتایج مقادیر تغییرات در سطح سیمای سرزمین در جدول ۷ با استفاده از سنجه‌های تعداد لکه، تراکم لکه، تنوع شانون و پیوستگی به شرح زیر به دست آمد:

جدول ۷- نتایج محاسبه سنجه‌ها در سطح سیمای سرزمین در حوزه آبخیز قره‌سو

سال/سنجه	NP	PD	CONTAG	SHDI
۱۹۹۱	۶۷۲۹۱	۳۴/۲۸	۴۸/۲۷	۱/۱۱
۲۰۱۵	۱۱۲۳۸۲	۵۷/۲۵	۴۱/۴۵	۱/۲۰

نتایج افزایش سنجه تعداد لکه از ۶۷۲۹۱ به ۱۱۲۳۸۲ در سطح سیمای سرزمین نشان‌دهنده تجزیه و کاهش پیوستگی است که با کمک آن می‌توان فرآیندهای دخیل در تجزیه و تکه‌تکه شدن سیمای سرزمین را آشکارسازی کرد، همچنین نتایج افزایش تراکم لکه در سطح سیمای سرزمین نیز از ۳۴/۲۸ به ۵۷/۲۵ تعداد در صد هکتار بیانگر تکه‌تکه شدن سیمای سرزمین در طی زمان مورد مطالعه بوده است. در سطح سیمای سرزمین برای سنجه پیوستگی نشان‌دهنده کاهش یکپارچگی و افزایش تکه‌تکه‌شدگی از ۴۸ به ۴۱ درصد و برای سنجه تنوع شانون نشان‌دهنده افزایش تنوع در تغییرات کاربری اراضی از ۱/۱۱ به ۱/۲۰ شده است.

۴- جمع بندی

امروزه تغییرات بدون برنامه کاربری اراضی به مشکلات حاد زیست‌محیطی تبدیل شده است. در چندین دهه گذشته تغییرات کاربری اراضی در ایران با سرعت فزاینده و در برخی موارد نامطلوب به وقوع پیوسته و باعث تشدید روند تخریب اراضی شده است (پورخباز و همکاران، ۱۳۹۴). بنابراین با پیش‌بینی تغییرات کاربری، می‌توان میزان گسترش و تخریب منابع طبیعی را مشخص، و این تغییرات را در مسیرهای مناسب هدایت کرد (فیضی‌زاده و سلمانی، ۱۳۹۵). به‌طور کلی به منظور درک روند تغییرات در ساختار چشم‌انداز مناطق، تغییرات در محیط‌های طبیعی همگی می‌بایست بر مبنای یک مقطع زمانی مورد ارزیابی قرار بگیرد. لذا لازم شد در این پژوهش نیز در بازه زمانی مورد نظر تحلیل سیمای سرزمین صورت بگیرد تا تغییرات در کاربری‌ها ارزیابی گردد. تعیین کاربری‌ها نشان داد که آبخیز‌نشینان در طول سال‌های اخیر لکه‌ها یا همان کاربری‌های گوناگونی (کشاورزی و انسان‌ساخت) در منطقه ایجاد کرده‌اند، این کاربری‌ها به‌صورت نامناسب در بستر مرتعی (در سال ۱۹۹۱ با برآورد سنج‌پوشش سیمای سرزمین ۴۵/۱۷ درصد، دارای بیش‌ترین درصد نسبت به سایر کاربری‌ها) منطقه توسعه پیدا کرده و در جهت تخریب تنوع زیستی بوده‌اند. تفسیر نتایج نشان می‌دهد که عامل‌های اصلی این تغییرات، پویایی شدید کاربری انسان‌ساخت و کشاورزی در غالب تکه‌تکه شدن سرزمین در حوزه آبخیز قره‌سو در این بازه زمانی بوده است که در نهایت، اثرگذاری بیش‌تری را داشته‌اند. این نتیجه با نتایج تحقیق (میرزایی و همکاران، ۱۳۹۲) که در بررسی تغییرات پوشش اراضی استان مازندران با استفاده از سنج‌های سیمای سرزمین بیان کردند که بیش‌تر تغییرات ناشی از هضم لکه‌های جنگل در میان پوشش‌های انسان‌ساخت و اراضی کشاورزی بوده است، مطابقت دارد. در واقع فاصله کم نقاط شهری و روستایی از همدیگر، ساخت و سازهای کم‌تراکم، توسعه شبکه حمل و نقل و رشد خطی یا نواری مناطق انسان‌ساخت سبب شده است درصد پوشش، تعداد لکه‌ها، تراکم لکه و مساحت بزرگ‌ترین اندازه لکه کاربری انسان‌ساخت افزایش و هم‌چنین تأمین ساختن نیازهای معیشتی آبخیز‌نشینان در جهت افزایش اراضی کشاورزی با تغییر کاربری از اراضی مرتعی در سراسر منطقه به‌خصوص در ناحیه جنوبی این حوزه آبخیز بوده است، که خود این موضوع موجب کاهش شدید اندازه بزرگ‌ترین لکه مرتعی (از ۱۵/۲ درصد به ۰/۸۲) که زمانی به هم پیوسته و دارای یکپارچگی زیادی بوده‌اند دچار فرایند تکه‌تکه شدن شدگی و از هم گسیختگی شده‌اند. این فرایند تغییرات در سیمای سرزمین منجر به کاهش بازدهی و کوچک شدن قطعات کلاس اراضی مرتعی (نزول ۳۶ درصدی) گردیده است و افزایش دسترسی انسانی در سیمای سرزمین به آن و زمین‌های مرغوب باقی مانده در معرض تهدید ساخت و سازهای کنترل نشده و تغییر کاربری‌ها خواهند شد. کلاس اراضی بایر حوزه آبخیز قره‌سو اگرچه دچار کاهش اندازه (از ۱۰/۶۳ درصد به ۵/۹۱) و درصد پوشش (از ۴۱/۲۳ به ۳۳/۷۸) شده است ولی روند تغییرات آن وضعیتی بحرانی هم‌چون کلاس اراضی مرتعی را نشان نمی‌دهد و این می‌تواند به علت قرار گرفتن عمده پوشش بایر منطقه قره‌سو در

مناطق با شیب و ارتفاع بالا و دور از دسترس انسان باشد. نتایج پژوهش با استفاده از سنج‌های سطح سیمای سرزمین و کلاس بیانگر آن است که به‌طور کلی، سیمای سرزمین تکه‌تکه‌تر و از نظر میزان یکپارچگی عناصر ساختاری، ناپیوسته‌تر و از نظر نوع کاربری پوشش موجود در واحد سطح متنوع‌تر شده است. نتایج این پژوهش با نتایج مطالعات (آرخی و فتحی‌زاد، ۱۳۹۳) در تحلیل تخریب در حوزه آبخیز دویرج استان ایلام، (اسکندری و همکاران، ۱۳۹۰) در تحلیل سیمای سرزمین در روستای گل سفید استان چهارمحال بختیاری، (Herold et al., 2005) در ارزیابی تغییر کاربری شهر ساحلی سانتاباربارا در آمریکا که به عدم پیوستگی و تخریب سیمای سرزمین اشاره نموده‌اند، هم راستا می‌باشد. با توجه به رشد کنترل نشده کلاس اراضی انسان‌ساخت و کشاورزی طی ۲۴ سال گذشته، اجرای برنامه‌های توانمندی جوامع محلی با ارتقای دانش زیست محیطی، بهره‌گیری از دانش بومی به‌منظور مدیریت اکوسیستم‌ها، افزایش پیوستگی سیمای سرزمین، آمایش سرزمین بر مبنای عناصر ساختاری سیمای سرزمین و مفاهیم سیمای سرزمین ضروری است که در آینده باعث تمرکز و تعیین حریم برای کاربری‌های انسان‌ساخت و کشاورزی در قسمت خاصی از منطقه برای جلوگیری از تخریب بیش‌تر زیست محیطی و تنزل کیفیت آن تبعاتی مثبت خواهد گردید و سبب بهره‌گیری از الگوهای بهینه پراکنش کاربری اراضی به منظور تخصیص مناسب کاربری‌های اراضی در برنامه‌های توسعه‌ای در منطقه مورد مطالعه خواهد شد.

کتابنامه

- اسکندری، سعیده؛ مرادی، ایوب؛ اولادی، جعفر؛ ۱۳۹۰. کاربری اراضی و تحلیل سیمای سرزمینی روستای گل سفید از نظر زیست محیطی با استفاده از RS و GIS. آمایش سرزمین، دوره ۳، شماره ۴، ۱۳۷-۱۶۲.
- اکبری، الهه؛ شکاری بادی، علی؛ ۱۳۹۳. پردازش و استخراج اطلاعات از داده‌های ماهواره‌ای با استفاده از نرم‌افزار ENVI. نشر دانشگاهی فرهنگ، ۲۲۴ صفحه.
- آرخی، صالح؛ فتحی‌زاد، حسن؛ ۱۳۹۳. مطالعه و تحلیل تخریب در حوزه آبخیز دویرج استان ایلام با استفاده از متریک‌های اکولوژیکی سیمای سرزمین (سنجش از دور و GIS). تحقیقات مرتع و بیابان ایران، دوره ۲۱، شماره ۳، ۴۶۶-۴۸۱.
- براتی، بهزاد؛ جهانی، علی؛ زبردست، لعبت؛ رایگانی، بهزاد؛ ۱۳۹۶. ارزیابی یکپارچگی مناطق حفاظت شده با به کارگیری رهیافت اکولوژیکی سیمای سرزمین (منطقه مورد مطالعه: پارک ملی و پناهگاه حیات وحش کلاه قاضی). آمایش سرزمین، دوره ۹، شماره ۱، ۱۵۳-۱۶۸.
- پورخباز، حمیدرضا؛ محمدیاری، فاطمه؛ اقدر، حسین؛ توکلی، مرتضی؛ ۱۳۹۴. رویکرد آمایشی در مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی شهرستان بهبهان با به‌کارگیری تصاویر ماهواره‌ای چند زمانه. آمایش سرزمین، دوره ۷، شماره ۲، ۱۸۷-۲۰۷.

دژکام، سید صادق؛ جباریان امیری، بهمن؛ درویش‌صفت، علی اصغر؛ ۱۳۹۴. پایش تغییرات سیمای سرزمین با استفاده از تحلیل سینوپتیک و تصاویر ماهواره‌ای (مطالعه موردی: شهرستان رشت). محیط زیست طبیعی، دوره ۶۸، شماره ۲، ۲۲۵-۲۳۸.

رضایی، فاطمه؛ فلاحتکار، سامره؛ داداش‌پور، هاشم؛ ۱۳۹۶. تغییرات فضایی-زمانی شکل شهرهای ساحلی و غیرساحلی استان مازندران با به‌کارگیری سنجه‌های سیمای سرزمین. آمایش سرزمین، دوره ۹، شماره ۱، ۵۷-۷۹.

زاهدی‌فرد، ندا؛ خواجه‌الدین، سید جمال‌الدین؛ جلالیان، احمد؛ ۱۳۸۳. کاربرد داده‌های رقومی سنجنده TM در تهیه نقشه کاربری اراضی حوزه آبخیز رودخانه بازفت شهرکرد. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، دوره ۸، شماره ۲، ۹۱-۱۰۵.

شایسته، امین؛ کریم‌زاده، حمیدرضا؛ سلطانی، سعید؛ سرحدی، علی؛ ۱۳۸۷. بررسی رابطه تغییر کاربری اراضی و تولید رسوب در حوزه آبخیز مندرجان اصفهان. همایش ژئوماتیک ۸۷، سازمان نقشه‌برداری کشور.

فیروزبخت، علی؛ پرهیزکار، اکبر؛ ربیعی‌فر، ولی‌اله؛ ۱۳۹۱. راهبردهای ساختار زیست محیطی شهر با رویکرد توسعه پایدار شهری (مطالعه موردی: شهرکرج). پژوهش‌های جغرافیای انسانی، دوره ۴۴، شماره ۸۰، ۲۱۳-۲۳۹.

فیضی‌زاده، بختیار؛ سلمانی، سعید؛ ۱۳۹۵. مدل‌سازی تخریب اراضی کشاورزی بر اثر رشد و توسعه شهری با به‌کارگیری روش‌های شی‌پایه پردازش تصاویر ماهواره‌ای در محدوده شهری ارومیه. آمایش سرزمین، دوره ۸، شماره ۲، ۱۷۷-۲۰۲.

کریمی، آرش؛ فقهی، جهانگیر؛ ۱۳۹۰. بررسی کمی کردن سنجه‌های سیمای سرزمین در حفاظت از الگوی کاربری اراضی پایدار مطالعه موردی: کهگیلویه و بویراحمد. محیط‌شناسی، دوره ۳۷، شماره ۶۰، ۷۹-۸۸.

میرزایی، محسن؛ ریاحی بختیاری، علیرضا؛ سلمان ماهینی، عبدالرسول؛ غلامعلی‌فرد، مهدی؛ ۱۳۹۲. بررسی تغییرات پوشش اراضی استان مازندران با استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین بین سال‌های ۱۳۸۹-۱۳۶۳. اکولوژی کاربردی، دوره ۲، شماره ۴، ۳۷-۵۴.

نوحه‌گر، احمد؛ جباریان امیری، بهمن؛ افراخته، روشنک؛ ۱۳۹۴. تحلیل کاربری سرزمین در بخش مرکزی گیلان با رویکرد اکولوژی سیمای سرزمین. جغرافیا و آمایش شهری، دوره ۵، شماره ۱۵، ۱۹۷-۲۱۴.

نوحه‌گر، احمد؛ زارع، غلامرضا؛ ۱۳۹۱. استخراج پهنه‌های شوری خاک در مناطق خشک و نیمه خشک با استفاده از داده‌های سنجنش از دور (مطالعه موردی: شهرستان داراب). جغرافیا و مخاطرات طبیعی، دوره ۱، شماره ۱، ۴۹-۶۴.

Apan, A., Raine, S., & Paterson, M., 2002. Mapping and Analysis of changes in the riparian landscape structure of the Lockyer valley catchment, Queensland, Australia. *Landscape and Urban Planning*, 59(1): 43-57.

Castillo, E. M., García-Martin, A., Aladrén, L.A.L. & de Luis, M., 2015. Evaluation of forest cover change using remote sensing techniques and landscape metrics in Moncayo Natural Park (Spain), *Applied Geography*, 62(1): 247-255.

Forman, R.T.T., & Godron, M., 1986. *Landscape Ecology*. Springer, 640p.

- Herold, M., Couclelis, H., & Clarke, K., 2005. The role of spatial metrics in the analysis and modeling of urban landuse change. *Journal of Computers, Environment and Urban Systems*, 29(4): 369-399.
- Lillesand, T.M., Kiefer, R.W., & Chipman, J.W., 2004. *Remote Sensing and Image Interpretation*. Fifth edition, Wiley and Sons. New York, 812p.
- Matsushita, B., Xu, M., & Fukushima, T., 2006. Characterizing the changes in Landscape structure in the lake Kasumigaura basin, Japan using a high-quality GIS dataset. *Landscape and Urban Planning*, 78(3): 241-250.
- McGarigal, K., 2015. *Fragstats User Manual, Version 4.2*. University of Massachusetts Amherst, 182p.
- Richards, J.A., 2013. *Remote Sensing Digital Image Analysis: An Introduction*, 5nd Edition, Springer, 494p.
- Zhang, L., Wu, J., Zhen, Y., & Shu, J., 2004. A GIS-based gradient analysis of urban landscape pattern of Shanghai metropolitan area, China. *Landscape Urban Planning*, 69(1):1-16.
- Zhou, T., Wu, J., & Peng, Sh., 2012. Assessing the effects of landscape pattern on river water quality at multiple scales: A case study of the Dongjiang River watershed, China. *Ecological Indicators*, 23(1): 166-175.