مستخرج از پایان نامه

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و پنجم، شماره یازده، بهمن ماه ۱۴۰۲ (۵۱-۳۵)

استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین و سنجش از دور درتحلیل تغییرات و تخریب سرزمین (مطالعه موردی: حوزه آبخیز شیرین دره_استان خراسان شمالی_ ایران)

زهرا پرور[1*]

zahra.parvar@yahoo.com

کامران شایسته[1]

مرتضی بهزادفر[2]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۵/۲۸ **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۶/۲۷**

چکیده

زمینه و هدف: تغییر کاربری/پوشش سرزمین یکی از مهم‌ترین عوامل تاثیرگذار بر منابع طبیعی در سراسر جهان می‌باشد. پایش و تحلیل تغییرات فرایندی بسیار پیچیده است. با توجه به اینکه تحلیل الگوی سیمای سرزمین می‌تواند به محققین در راستای درک و کمی سازی تغییرات کاربری در سطح زمین کمک کند، حائز اهمیت است. قابلیت توصیف کمی ساختار سیمای سرزمین لازمه مطالعه عملکرد و تغییر در سیمای سرزمین می‌باشد. اکولوژی سیمای سرزمین شاخص‌های کمی متنوعی به منظور تحلیل و توصیف ساختارسیمای سرزمین دارد. سنجه‌های سیمای سرزمین می‌توانند همزمان برای کمی کردن خصوصیات مکانی پهروها، طبقات، و یا موزاییک‌های کل سیمای سرزمین استفاده شوند.

روش بررسی: در این مطالعه از طبقه‌بندی نظارت‌شده به روش حداکثر احتمال در محیط نرم افزار IDRISI Selva استفاده شد. تصاویر ماهواره لندست سال‌های ۱۹۹۶، ۲۰۰۵ و ۲۰۱۵ برای این منظور تهیه و در نهایت بر اساس اهداف این مطالعه ۶ طبقه کاربری در حوزه آبخیز تعیین شد. به منظور کمی سازی میزان تغییرات سنجه‌های مختلف سیمای سرزمین در سطح طبقه و در سطح سیمای سرزمین از جمله سنجه تعداد پهرو، متوسط اندازه پهرو، میانگین فاصله نزدیک‌ترین همسایه، شاخص بزرگ‌ترین پهرو و شاخص‌های تنوع سیمای سرزمین با استفاده از نرم‌افزار Fragstats 4.2 استخراج شدند.

یافته‌ها: میزان صحت کلی طبقه‌بندی برای سال‌های ۱۹۹۶، ۲۰۰۵ و ۲۰۱۵ به ترتیب ٪ ۹۲/۹۶، ٪ ۸۷/۲۹ و٪ ۸۷/۴۵ محاسبه شد. این سنجه‌ها اطلاعات بسیاری از ساختار و ترکیب سیمای سرزمین در اختیار محقق قرار می‌دهند و قادرند تحلیل دقیق‌تری از تغییرات و میزان پهروشدگی سیمای سرزمین داشته باشند. نتایج به طور واضح افزایش تعداد پهرو کاهش متوسط اندازه پهرو که دو سنجه مهم در تحلیل پهروشدگی سیمای سرزمین هستند را بین سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۵ نشان می‌دهد. این تغییرات گویای روند تخریب و از هم گسستگی در حوزه آبخیز شیرین دره می‌باشد.

۱- دکتری، گروه علوم محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران. * (مسوول مکاتبات)

۲- دکتری، مهندسی و علوم آبخیزداری، سازمان مدیریت و برنامه ریزی، خراسان شمالی، ایران.

بحث و نتیجه‌گیری: بررسی الگوی سیمای سرزمین در منطقه مورد مطالعه نشان دهنده توسعه زمین های بایر و کشاورزی دیم می‌باشد و به منظور کاهش تخریب در منطقه و مدیریت بهتر لازم است دلایل تغییرات ایجاد شده به دقت بررسی و مطالعه شود. این بدین معناست که با روند تخریب فعلی لازم است تا برنامه مدیریتی منطقی با تاکید بر حفاظت از منابع طبیعی، جنگل‌ها، مراتع و همچنین پهنه‌های آبی، در حوزه آبخیز تهیه و اجرا شود.

واژه‌های کلیدی: تحلیل تغییرات، سنجه‌های سیمای سرزمین، حوزه آبخیز شیرین‌دره، Fragstats 4.2، لندست، پهروشدگی.

J. Env. Sci. Tech., Vol 25, No.11, February, 2024

Using Landscape Metrics and Remote Sensing to Analyze Land Changes and Land Degradation (Case Study: Shirin Dare Watershed Basin-North Khorasan province-Iran)

Zahra Parvar [1*]
Zahra.parvar@yahoo.com
Kamran Shayesteh[1]
Morteza Behzadfar[2]

Admission Date: September 18, 2023 Date Received: August 19, 2023

Abstract

Background and Objective: Land Use and Land Cover change is one of the most important factors affecting natural resources and at a worldwide scale. Analyzing and monitoring the Changes is a complex procedure. The analysis of landscape pattern as an important procedure helps researchers to realize and quantify LULC changes of the earth surface. The ability to quantify to describe landscape structure is prerequisite to the study of landscape function and change. Landscape ecology has various quantitative indices to analyze and describe the landscape structure for this purpose. Landscape metrics represent the spatial pattern of the entire landscape mosaic e.g. the proportion of each landscape type, or the shape of the component landscape elements at a set point in time.

Material and Methodology: This study applied supervised classification-maximum likelihood in IDRISI Selva to detect land cover/land use changes observed in Shirin dare watershed using satellite data obtained from Landsat for the years 1996, 2005 and 2015 respectively. The watershed was classified into six major land cover/use classes viz based on our purpose. Various class-level and landscape level-landscape pattern metrics were calculated using Fragstats 4.2 in order to analyze landscape structure. Metrics include NP, MPS, LPI, SIDI, SHDI, SHEI and SIEI were used in this study. These metrics can give us a lot of information about the structure and changes of landscape components.

Findings: The overall classification accuracies in land use cartographies in 1996, 2005 and 2015 were 92.96%, 87.29% and 87/45%, respectively. Our results between 2005 and 2015 were clearly showed that increased number of patches and decreased mean patch area two important fragmentation indicators and the trend of landscape degradation and fragmentation was increasing.

Discussion and Conclusion: According to the current patterns of dry farm land and barren land development in the studied landscape and in order to reduce the alarming rates of land degradation and become more efficient land use managers, it is necessary to know the causes of land changes. That means with the ongoing land degradation trend, a reasonable land use plan should be made with emphasis on protecting natural forests, grasslands and the water body.

Keywords: Change analysis, Landscape Metrics, Shirin Dare Watershed Basin, Fragstats 4.2, Landsat, Fragmentation

1- PhD, Department of Environmental Science, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer, Iran. *(*Corresponding Author*)
2- PhD, Watershed Management Engineering and Sciences, Management and Planning Organization, North Khorasan, Iran.

مقدمه

در دهه های اخیر، رشد سریع جمعیت انسانی و صنعتی شدن به دلیل پیامدهای اکولوژیکی آن، مانند تغییر کاربری زمین و پوشش زمین (LULC) و افزایش دمای زمین، در سراسر جهان به نگرانی های مهم زیست محیطی تبدیل شده است (۱). آنها توسعه پایدار را با برهم زدن توازن ظرفیت های زیست محیطی به چالش می‌کشند. تغییراتی مانند جنگل‌زدایی، رشد شهری و سایر فعالیت‌های انسانی، بر پایداری اکوسیستم تأثیر می‌گذارد و پیامدهای بلندمدتی بر هر جامعه دارد (۲). پویایی کاربری زمین شاخص های کلیدی تکامل منابع طبیعی است. درک چگونگی تغییر سیمای سرزمین در نتیجه تعامل محرک‌ها و ارزیابی پیامدهای آن بر خدمات اکوسیستم و جامعه در تمرکز استراتژی‌های برنامه‌ریزی و اجرای مدیریت پایدار زمین بسیار مهم است (۳). تغییرات سیمای سرزمین می‌تواند به سبب عوامل طبیعی و انسانی مختلفی به وجود آید؛ احداث جاده، قطع درختان، تخریب جنگل‌ها، افزایش حجم ساخت‌وساز و توسعه صنعتی ازجمله فعالیت‌های انسانی هستند که ساختار سیمای سرزمین را تغییر داده و عملکرد آن را مختل می‌سازد (۴). همچنین تخریب محیط‌زیست یکی از مشکلات جوامع انسانی ناشی از مدیریت نامناسب در حوضه‌های آبخیز است. یکی از شیوه‌های مناسب برای دستیابی به توسعه پایدار و کاهش هدر رفت منابع بهینه‌سازی کاربری‌های سرزمین است (۵). آگاهی از انواع پوشش سطح زمین و فعالیت‌های انسانی در قسمت‌های مختلف آن و به‌بیان‌دیگر، نحوه استفاده از زمین، به‌عنوان اطلاعات‌پایه می‌توان برای برنامه‌ریزی‌های مختلف مدیریتی گام بزرگی برداشت. نقشه‌های پوشش اراضی حاصل از تصاویر ماهواره‌ای نقش مهمی در ارزیابی‌های منطقه‌ای و ملی دارد (۶). آشکارسازی تغییرات شامل کاربرد مجموعه داده‌های چند زمانه جهت مشخص کردن مناطقی است که کاربری و پوشش زمینی آنها در طول زمان‌های مختلف تصویربرداری، تغییراتی داشته‌اند استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و دانش سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) قابلیت‌های بالایی در جمع‌آوری اطلاعات برای نظارت بر محیط در مقیاس‌های زمانی و مکانی مختلف فراهم نموده است (۸). در حقیقت با استفاده از داده‌های چند زمانه سنجش از دور با کمترین زمان و هزینه می‌توان نسبت به استخراج کاربری‌های اراضی اقدام نمود و سپس با مقایسه آن در دوره‌های زمانی مختلف نسبت تغییرات را ارزیابی کرد (۹). نقش سنجش از دور در مدل‌سازی کاربری و پوشش زمین در ۵۰ سال گذشته شتاب بیشتری یافته است. با استفاده از قابلیت داده‌های چند طیفی سنجش‌ازدور و توسعه فرایند پردازش تصاویر رقومی، امکان تحلیل پوشش و کاربری اراضی فراهم می‌شود (۷). تاکنون مطالعات بسیاری در دنیا به بررسی و تحلیل تغییرات در حوزه‌ی آبخیز با روش‌های مختلف پرداخته‌اند که تمامی این مطالعات استراتژی‌های مؤثر و مناسبی جهت مدیریت حوزه‌های آبخیز سراسر دنیا ارائه می‌کنند (۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۴). یک کارشناس محیط زیست می‌داند کجا و کدام تغییرات در کاربری در سرزمین برای رسیدن به آینده‌ی اقتصادی و پایدار محیط زیست لازم است (۱۴). Gajbhiye و Sharma با بررسی تغییرات کاربری حوزه رودخانه Indra در یک بازه زمانی ۱۴ ساله به ضرورت برنامه ریزی و مدیریت صحیح حوزه‌های آبخیز تأکید داشتند (۱۲). تغییرات کاربری سرزمین نه‌تنها اثرات مهمی بر تنوع زیستی منطقه، تولید، کیفیت خاک، حجم آب رودخانه‌ها و میزان رسوب دارد، بلکه یکی از عوامل اصلی تغییر جهانی اقلیم نیز محسوب می‌شود (۱۳). Bazgeer و همکاران در مطالعه موردی که در حوزه آبخیز Balachaur در هند انجام دادند، اثرات تغییرات کاربری سرزمین بر تغییرات آب و هوا را بررسی و ارزیابی نمودند (۱۰). تغییرات در کاربری سرزمین یک حوزه آبخیز می‌تواند بر کیفیت آب و ذخایر آب تأثیر بگذارد به عنوان‌مثال تغییرات الگوی کاربری سرزمین به دلیل توسعه‌ی آبخیز، باعث افزایش سطح رواناب، کاهش سطح تغذیه آب‌های زیرزمینی و انتقال آلاینده‌ها می‌شود(۱۱). از آنجا که شناسایی و پایش تغییرات پوشش سطح زمین فرایندی بسیار پیچیده است (۱۵)، امروزه تجزیه‌وتحلیل تغییرات الگوی سیمای سرزمین به عنوان یکی از مهم‌ترین روش‌ها برای درک و تعیین تغییر پوشش و کاربری سرزمین مطرح می‌باشد (۱۶). مطالعهٔ تغییرات پوشش سرزمین تنها بر تغییر مساحت طبقات پوشش سرزمین

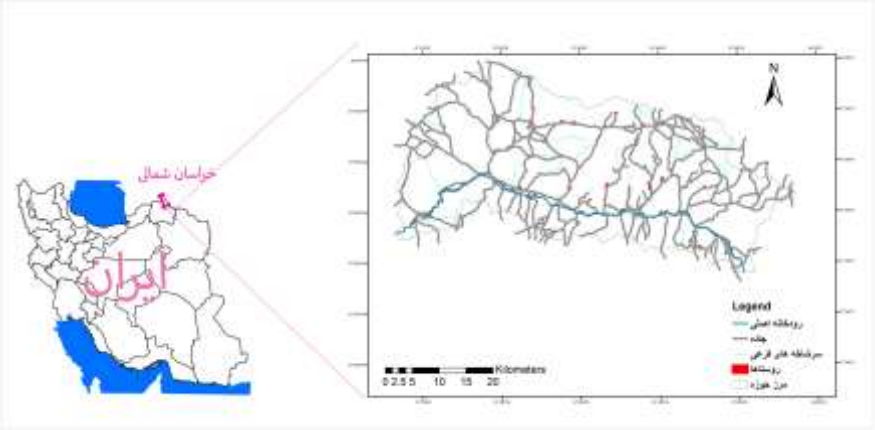
و تبدیل از یک طبقهٔ پوشش به طبقهٔ دیگر تأکید دارد و توجه محدودی به تغییرات شکل و توزیع مکانی عناصر سیمای سرزمین دارد؛ در حالی‌که اکولوژی سیمای سرزمین بر مطالعه ویژگی‌های اصلی سیمای سرزمین همچون الگو، فرآیندهای اکولوژیکی و مقیاس‌های زمانی- مکانی تمرکز دارد که ابزار جدیدی را برای مطالعهٔ تغییرات پوشش سرزمین ارائه می‌دهد (۱۷).

الگوی منظر معمولاً به ویژگی‌های ساختار فضایی منظر اشاره دارد، به‌ویژه به چیدمان مجموعه‌ای از موزاییک‌های منظر با اندازه‌ها، شکل‌ها و چیدمان‌های مختلف که توسط طبیعت یا انسان‌ساخت شکل گرفته‌اند، که نه تنها تجلی ملموس ناهمگونی منظر است، اطلاق می‌شود. همچنین نتیجه فرآیندهای اکولوژیکی مختلف از جمله تداخل در مقیاس های مختلف است.

لکه‌های فضایی رایج‌ترین شکل الگوی سیمای سرزمین هستند که در مقیاس‌های مختلف نمایان می‌شود (۱۸). تکه‌تکه شدن یا پهروشدگی یک موضوع تحقیقاتی مهم در تکامل الگوهای سیمای سرزمین است. این مفهوم برای توصیف فرآیند پیچیده‌تر موزاییک لکه تحت تداخل عوامل طبیعی یا انسانی استفاده می‌شود (۱۹). مشخص شده است که پهروشدگی سیمای سرزمین مهمترین فرآیند تغییر الگوی سیمای سرزمین است که بر تنوع زیستی و عملکرد اکوسیستم تأثیر می گذارد. همچنین فوری ترین پیامد گسترش سکونت انسانی در اکوسیستم است.

پهروشدگی سیمای سرزمین اغلب به عنوان فرآیندی تعریف می شود که طی آن "گستره وسیعی از زیستگاه به تعدادی تکه‌های کوچک‌تر با مساحت کل کوچک‌تر تبدیل می‌شود که توسط ماتریسی از زیستگاه‌ها بر خلاف زیستگاه اصلی از یکدیگر جدا می شوند" (۲۰). سنجه‌ها شاخص‌هایی هستند که خصوصیات شکلی، هندسی و ماهیت پراکنش و توزیع اجزای ساختاری سیمای سرزمین (پهرو، کریدور در بستر سرزمین) را قابل‌تعریف و مقایسه کمی با اعداد و رقم می‌کنند. برای تجزیه تحلیل الگوی سیمای سرزمین در منطقه موردمطالعه از سنجه‌ها استفاده می‌شود. تحلیل سنجه سیمای سرزمین می‌تواند در سطوح سیما، پهرو طبقه به کار رود تا ترکیب، الگو آرایش فضایی عناصر سیمای سرزمین و همچنین فرایندهای اکولوژیکی درگیر را توضیح دهد. سنجه‌های سیمای سرزمین، ساختار فضایی سیمای سرزمین را به‌عنوان مجموعه‌ای واحد و دارای هویت معین در هر زمان تشریح می‌کنند و برای به دست آوردن یک طبقه‌بندی اولیه از وضعیت سیمای سرزمین مفید هستند (۲۱).

منطقه‌ی موردمطالعه در این پژوهش حوزه‌ی آبخیز شیرین دره می‌باشد که که به دلیل وسعت بالا و پیچیدگی ترکیب و ساختار آن مطالعاتی این چنینی جهت کمی سازی و تعیین الگوی سیمای سرزمین آن ضروری می‌باشد. به دلیل قابلیت بالای سنجه‌های سیمای سرزمین در کمی سازی تغییرات کاربری سرزمین، این امکان فراهم شد تا با بررسی و مقایسه‌ی کمی تغییرات کاربری و پوشش سرزمین در سال‌های مختلف، تحلیل مناسبی از روند تخریب در سرزمین داشت. با تحلیل سنجه‌های سیمای سرزمین می‌توان میزان تخریب و تغییرات در حوزه‌ی آبخیز را بررسی نمود و در برنامه‌ریزی و مدیریت سرزمین جهت جلوگیری از تخریب بیشتر در آینده از آن استفاده نمود. حوزه آبخیز شیرین دره در استان خراسان‌شمالی واقع گردیده است. محدوده مطالعاتی شیرین دره در موقعیت جغرافیایی "۲۲ '۵۷°۶ تا "۱۴ '۵۷°۵۷ طول شرقی و "۵۳ '۳۷°۳۸ تا "۰ '۰°۳۸ عرض شمالی واقع‌شده است. منطقه موردمطالعه با وسعت ۱۶۱۷۱۳ هکتار به شکل مستطیلی با طول ۷۵ کیلومتر و عرض ۳۷ کیلومتر در فاصله حدود ۶۰ کیلومتری شمال شهرستان بجنورد در استان خراسان‌شمالی و در مجاورت مرز ایران با ترکمنستان قرارگرفته است. شکل ۱ موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی حوزه آبخیز شیرین دره

Figure 1. Location of the study area

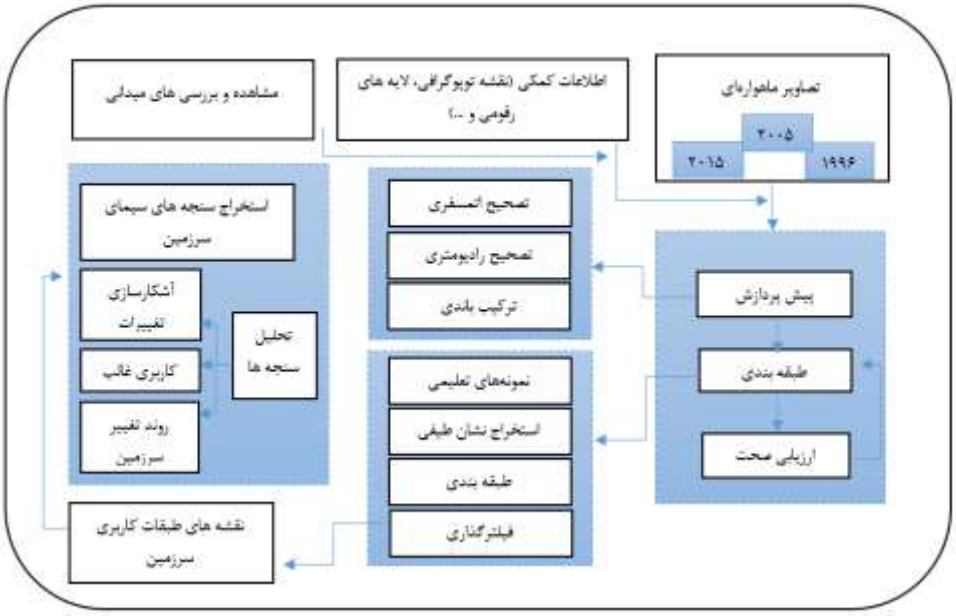
در این مطالعه از سنجه‌هایی استفاده شد که بتوانند هم ترکیب و هم ساختار فضایی منطقه مورد مطالعه در یک بازه زمانی به نسبت طولانی را اندازه‌گیری کند. تاکنون مطالعات بسیاری در داخل و خارج از کشور به منظور بررسی روند تغییرات سیمای سرزمین و کمی کردن آن از قابلیت بالای سنجه‌های سیمای سرزمین استفاده نموده‌اند. از جمله این مطالعات می‌توان به مطالعه Wan و همکاران (۲۰۱۵)، اشاره نمود که برای تحلیل الگوی سیمای سرزمین در منطقه‌ی تحت حفاظتی در چین، از سنجه‌های مختلفی را برای هر کاربری در سال‌های ۱۹۸۹، ۲۰۰۱ و ۲۰۱۰ استفاده کردند. در این مطالعه ۶ کاربری در منطقه تعریف شد و نتایج نشان داد در طول دوره مطالعه زمین‌های باتلاقی و تالاب در اثر افزایش زمین‌های بایر کم شدند. بررسی سنجه‌های سیمای سرزمین نشان می‌داد پهروهای سیمای سرزمین کوچک‌تر، پراکنده و تکه‌تکه شده‌اند و فعالیت‌های انسانی از جمله کشاورزی تنوع را در منطقه کاهش داده است (۲۲). Liu و Yang نیز سال ۲۰۱۵ برای پایش تغییرات سرزمین در یک منطقه شهری از تصاویر ماهواره‌ای، GIS و سنجه‌های سیمای سرزمین شامل تعداد پهروها، متوسط اندازه پهرو، حاشیه، متوسط نزدیک‌ترین همسایه و نسبت محیط استفاده نمودند که به‌خوبی تغییرات سه کاربری شهری، مسکونی، تجاری و صنعتی را نشان می‌داد (۲۳). در مطالعه‌ای مشابه Hermosilla و همکاران (۲۰۱۵)، با استفاده از اطلاعات مکانی و زمانی داده‌های ماهواره‌ی لندست سنجنده‌های (TM) و (ETM+) مربوط به یک دوره زمانی از ۱۹۸۴ تا ۲۰۱۲، و استفاده از سنجه‌ها، تغییرات سالانه‌ی جنگل‌های استان Saskatchewan در کانادا را تحلیل نمودند. نتایج ارزیابی تغییرات نشان داد تحلیل طیفی ماهواره لندست قابلیت نمایش دقیق تغییرات را در یک محدوده‌ی وسیع دارد و استفاده از سنجه‌ها تحلیل این تغییرات را تسهیل کرد (۲۴). کمی کردن تغییرات محیط‌زیست نقش مهمی درک بهتر روابط و فعالیت‌های موجود در محیط دارد به‌طوری‌که تمامی این مطالعات کارایی سنجه‌های سرزمین را در آشکارسازی تغییرات و تحلیل تخریب سرزمین به‌خوبی نشان می‌دهند. تجزیه تحلیل سنجه‌ها نشان می‌داد که افزایش پهروشدگی و درنتیجه، افزایش تنوع فضایی سیمای سرزمین ارتباط مستقیم با نوع استفاده از سرزمین دارد. مطالعاتی که در داخل ایران صورت گرفته نیز گویای صحت این مطلب می‌باشد به طوری که Zebardast و همکاران (۲۰۱۲)، در در مطالعه‌ای که با عنوان بررسی تغییرات ناشی از جاده در پارک ملی گلستان در فاصلهٔ سال‌های ۱۳۶۶ تا ۱۳۸۹ با استفاده از متریک‌های اکولوژی سیمای سرزمین داشتند فرآیندهای تغییر سرزمین شامل سوراخ‌شدگی، حذف، کاهش اندازه، جدا افتادگی و دوتکه سازی را با استفاده از شاخص‌های مختلفی بررسی کردند که نتایج نشان‌دهندهٔ افزایش ازهم گسیختگی در پارک ملی گلستان در سطح سیمای سرزمین و طبقهٔ جنگل متراکم می‌باشد(۲۵). Mirzayi و همکاران (۲۰۱۳)، نیز در به بررسی تغییرات پوشش اراضی

استان در یک دوره ۲۶ ساله (۱۳۶۳ و ۱۳۸۹) از سنجه‌های متعددی استفاده کردند که نتایج حاکی از افزایش مساحت در پوشش‌های مسکونی، کشاورزی، مرتع، جاده و افت شدید در جنگل‌های استان بود (۴). مطالعات مختلفی که به بررسی تغییرات و تخریب در حوزه‌ی آبخیز پرداخته‌اند نیز نشان می‌دهد افزایش تعداد پهروها و کاهش میانگین مساحت آن دو شاخص مهم تجزیه‌اند که روند تخریب و تجزیه سیمای سرزمین حوزه‌ی آبخیز را به خوبی نشان می‌دهند. سنجه‌هایی که در تحلیل تغییرات حوزه‌ی آبخیز بیشتر مورد استفاده قرار گرفته‌اند شامل تعداد پهرو، متوسط اندازه پهرو، بزرگ‌ترین پهرو و مساحت طبقه می‌باشد که در این مطالعه به آن‌ها توجه شد.

روش کار

جمع آوری داده‌ها و مطالعات اولیه

پس از انجام مطالعات میدانی و کتابخانه‌ای در منطقه‌ی مورد مطالعه، اطلاعات، داده‌ها، لایه‌های رقمی‌شده و نقشه توپوگرافی مربوط به حوزه‌ی آبخیز تهیه و جمع‌آوری شد. در این مطالعه از نقشه‌ی توپوگرافی و لایه‌های رقومی تهیه‌شده از منطقه با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ استفاده شد. از نقشه‌ی کاربری سرزمین مربوط به سال ۸۵ تهیه‌شده توسط شرکت مهندسین مشاور وزنا نیز در انتخاب طبقات کاربری سرزمین استفاده شد. در این مطالعه از نرم‌افزارهای Google Earth، ENVI5.0، Fragstats 4.2، ArcGIS10، IDRISI Selva17 و Excel استفاده شده است. شکل ۲ مراحل کار را به طور خلاصه نشان می‌دهد.



شکل ۲- مراحل کار

Figure 2. Methodological scheme.

تصاویر ماهواره‌ای لندست ۵، ۷ و ۸ سنجنده‌های (۱۹۹۶) TM، (۲۰۰۵) ETM+ و (۲۰۱۵)OLI ، منطقه موردمطالعه از پایگاه داده‌ی زمین‌شناسی آمریکا (USGS) تهیه شدند. حوزه آبخیز شیرین دره در مسیر[1] ۱۶۱ و ردیف[2] ۳۴ تصاویر ماهواره‌ای لندست قرار گرفته است.

تهیه نقشه‌های کاربری سرزمین

عملیات پیش‌پردازش تصاویر ماهواره‌ای اخذشده با نرم‌افزار ENVI 5.1 صورت گرفت. در این تحقیق برای بارزسازی تصاویر از روش تعدیل خطی هیستوگرام استفاده شد. به شکل کلی تعدیل خطی هیستوگرام، تعدیل خطی درجات خاکستری

1- patch

2- row

از دامنه مشاهداتی (که به طور معمول تمام دامنه دینامیکی را نمی‌پوشاند) به دامنه داینامیکی ممکن (۰-۲۵۵) است. این تعدیل باعث تفاوت بیشتر درجات خاکستری و در نتیجه افزایش کنتراست می‌گردد که در نهایت به بهبود کیفیت نمایش تصویر کمک می‌کند. پردازش تصاویر ماهواره‌ای شامل فرایندی است که به منظور طبقه‌بندی تصاویر و تهیه نقشه‌های کاربری سرزمین بر روی تصاویر انجام می‌شود. در این مطالعه از نرم‌افزار IDRISI Selva نسخه ۱۷ و روش طبقه‌بندی نظارت‌شده[1] برای تهیه نقشه‌های کاربری سرزمین استفاده شد. در طبقه‌بندی نظارت‌شده ما می‌دانیم که در سطح منطقه چه تیپ‌های پوششی و چه کاربری‌هایی وجود دارد؛ و در ضمن، باید بتوانیم این کاربری‌ها و تیپ‌های پوششی را بر روی تصویر شناسایی کرده و محدوده‌هایی از آن‌ها را انتخاب کنیم (۲۶).

استخراج سنجه‌های سیمای سرزمین

برای استخراج سنجه‌ها از نرم‌افزار Fragstats 4.2 استفاده شد. تحلیل سنجه‌ها با بررسی قابلیت و کارایی هر یک در نشان دادن روند تغییرات و یا تخریب منطقه موردبررسی قرار می‌گیرد تا مشخص شود با استفاده از کدام سنجه‌ها بهتر می‌توان تغییرات حوزه‌ی آبخیز را نشان داد. کارایی سنجه‌های مساحت طبقه جهت آشکارسازی تغییرات کاربری و پوشش اراضی، شاخص بزرگ‌ترین پهرو جهت ارزیابی پهروشدگی زیستگاه‌ها و اکوسیستم‌ها و شاخص تعداد پهروها در تجزیه اراضی با پوشش طبیعی در مطالعات مختلف اثبات شده است. مشخصات سنجه‌های استفاده شده در این مطالعه در دو سطح طبقه و سیمای سرزمین در جدول ۱ به اختصار آمده است:

1 - supervised Classification

جدول ۱- مشخصات سنجه‌های استخراج شده

Table 1. Description of Landscape metrics used in the study.

سنجه‌های سیمای سرزمین	علامت اختصاری	نام سنجه	واحد	توضیحات	دامنه تغییرات
مساحت طبقه	CA	Total (Class) Area	هکتار	مساحت هر طبقه کاربری	بدون محدودیت CA > 0
درصد سیمای سرزمین	PLAND	Percentage of Landscape	درصد	فراوانی هر نوع پهرو (طبقه) در سیمای سرزمین	0 < PLAND ≤ 100
تعداد پهرو	NP	Number of Patches	ندارد	مجموع تعداد پهروها در هر کاربری	بدون محدودیت NP≥ ۱
متوسط اندازه پهرو	MPS	Mean patch size	هکتار	میانگین اندازه پهروها در هر طبقه	بدون محدودیت MPS>0
شاخص بزرگ‌ترین پهرو	LPI	Largest Patch Index	درصد	درصدی از سیمای سرزمین	0 < PLAND ≤100
میانگین فاصله نزدیک‌ترین همسایه	ENN-MN	Euclidean Nearest-Neighbor Distance	متر	متوسط فاصله از نزدیک‌ترین پهرو از همان نوع	ENN-MN >0
شاخص تنوع شانون	SHDI	Shannon's Diversity Index	ندارد	ناهمگونی در پهروهای کاربری	بدون محدودیت SHDI ≥0
شاخص تنوع سیمپسون	SIDI	Simpson’s Diversity Index	ندارد	ناهمگونی در پهروهای کاربری	0≤ SIDI <1
شاخص یکنواختی شانون	SHEI	Simpson’s Evenness Index	ندارد	فراوانی نسبی انواع پهرو	0≤ SHEI ≤ 1
شاخص یکنواختی سیمپسون	SIEI	Shannon’s Evenness Index	ندارد	فراوانی نسبی انواع پهرو	0≤ SIEI ≤1

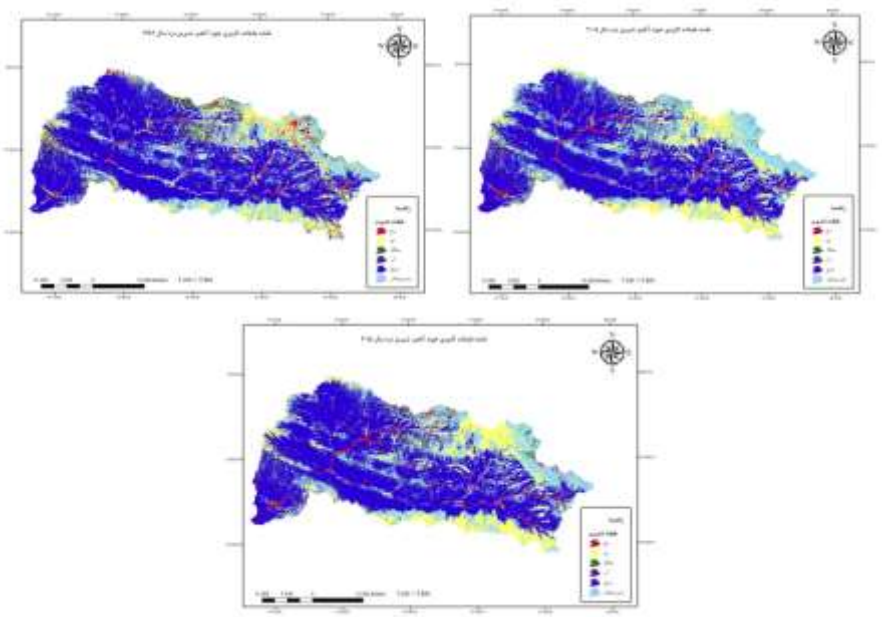
نتایج و بحث

نقشه‌های کاربری سرزمین

به منظور تعیین طبقات و کاربری‌ها پس از بررسی‌های میدانی، مشاهده چشمی و بررسی ترکیب باندی‌های مختلف تصاویر ماهواره‌ای و با توجه به هدف مطالعه ۶ کاربری تعریف شد که این کاربری‌ها به شرح زیر می‌باشند:

۱)طبقه باغ و کشاورزی: کلیه باغات و اراضی کشت آبی،۲)طبقه کشاورزی دیم، ۳)طبقه‌ی جنگل: شامل زمین‌های با پوشش درختی، ۴) انبوه یا پراکنده، ۵)طبقه زمین‌های بدون پوشش: شامل زمین‌های بدون پوشش و سنگلاخی و زمین‌های کشاورزی رهاشده و بایر، ۶)طبقه آب: آب‌های عمیق و کم‌عمق، ۷)طبقه مراتع: شامل پوشش گیاهی متوسط تا فقیر می‌باشد.

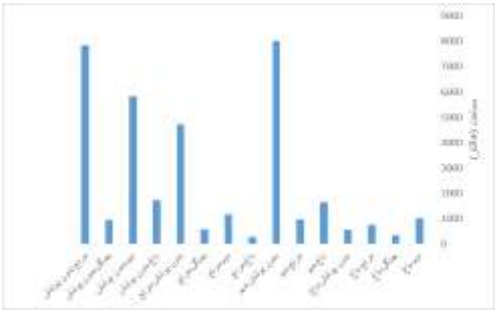
نقشه‌های طبقات کاربری سرزمین سال‌های ۱۹۹۶، ۲۰۰۵ و ۲۰۱۵ در ۳ آمده است:



شکل ۳- نقشه‌های طبقه‌بندی شده کاربری سرزمین سال‌های ۱۹۹۶-۲۰۰۵ -۲۰۱۵

Figure 3. The land use/land cover classification maps for the years 1996-2005-2015

به منظور بررسی درستی طبقه‌بندی، مقایسه‌ای با نقشه‌های کاربری موجود و همچنین بازدیدهای میدانی انجام شد.ضریب کاپا برای سال‌های ۱۹۹۶، ۲۰۰۵ و ۲۰۱۵ به ترتیب ۹۲/۹۶، ۸۷/۲۹ و ۸۸/۴۵ به دست آمد که نشان می‌دهد نقشه‌های طبقه‌بندی‌شده از درستی مناسبی برخوردارند. در این مطالعه میزان تغییر و تبدیل کاربری‌ها به هم به صورت نمودار افقی با کمک ماژول Cross Tab در محیط نرم‌افزار ایدریسی شد نیز تهیه شد تا ماهیت تغییرات در طول ۲۰ سال برای تحلیل بهتر سنجه‌ها مشخص شود. بیشترین میزان تبدیل در سرزمین مرتع به بدون پوشش است. به طور کل حدود ۳۷۶۸۵ هکتار از زمین‌ها به کاربری‌های دیگر تغییر پیدا کرده و حدود ۱۲۳۵۳۰ هکتار از زمین‌ها بدون تغییر مانده‌اند(شکل۴).



شکل ۴- نمودار افقی تغییرات کاربری‌ها ۲۰۰۵-۲۰۱۵

Figure 4. crosstab chart for land changes between2005-2015

انتخاب سنجه‌های سیمای سرزمین

روش‌های کمی‌سازی اکولوژی سیمای سرزمین بر اساس کاربرد سنجه‌های سیمای سرزمین است. این سنجه‌ها امکان مقایسه زمان‌های مختلف را می‌دهند و حتی به ایجاد سناریوهای آینده کمک می‌کنند. در نتیجه، سنجه‌های سیمای سرزمین به طور گسترده در مطالعات مربوط به ارزیابی مناطق طبیعی، جنگل‌ها، پارک‌های ملی و گسترش شهرها به کار می‌رود. سنجه‌های

سیمای سرزمین می‌توانند در سه مقیاس مختلف به کار روند: سطح پهرو، طبقه و سیمای سرزمین (۲۷). در این مطالعه تنها سنجه‌های سطح طبقه و سیمای سرزمین به کار رفت زیرا سنجه‌های سطح پهرو برای هدف و کار ما مناسب نبود. سنجه‌های سیمای سرزمین برای هر سه سال با استفاده از نرم‌افزار Fragstats محاسبه شد. یکی از مسائل در امر استفاده از این سنجه‌ها، انتخاب سنجه مناسب از میان تعدد زیادی از سنجه‌ها است (۴). نرم‌افزار Fragstats محاسبه‌های آماری متعددی برای هر پهرو طبقه در سیمای سرزمین و برای کل سیمای سرزمین دارد. در سطح طبقه و سیمای سرزمین، برخی سنجه‌ها ترکیب سیمای سرزمین و برخی هم پیکره‌بندی سیمای سرزمین را اندازه‌گیری می‌کنند. ترکیب و پیکره‌بندی سیمای سرزمین می‌توانند به طور مستقل بر فرایندهای اکولوژیکی اثر بگذارند. پس مهم است که بدانیم هر سنجه چه جنبه‌ای از الگوی سیمای سرزمین را اندازه‌گیری می‌کند. به‌علاوه بسیاری از سنجه‌های سیمای سرزمین تا حدی اضافه هستند؛ به‌طوری‌که آن‌ها جنبه‌هایی مشابهی از الگوی سیمای سرزمین را ارائه می‌کنند. به‌عنوان‌مثال، در سطح سیمای سرزمین تراکم پهرو و متوسط اندازه پهرو اطلاعات یکسانی می‌دهند(۲۸). اطلاعات ارائه‌شده از سنجه‌های کل حاشیه و تراکم حاشیه نیز روند تغییراتی مشابه دارد و این امر مفسر را از دستیابی سریع به جنبه‌های مختلف تغییرات سیمای سرزمین باز می‌دارد (۴). این سنجه‌های اضافه راه‌هایی جایگزین برای بیان اطلاعات یکسان می‌باشند؛ آن‌ها در نرم‌افزار Fragstats قرار گرفته‌اند تا بر اساس ترجیح و نیازهای مختلف کاربر برای یک جنبه‌ی خاص از الگوی سیمای سرزمین استفاده شوند (۲۸). از این رو در این مطالعه با توجه به نقشه‌های به دست آمده و بررسی وضعیت تخریب در منطقه از سنجه‌های مختلفی به منظور اندازه‌گیری تغییرات و نشان دادن فرایند ازهم‌گسیختگی منطقه استفاده شد. در جدول ۲ و ۳ سنجه‌های به دست آمده در سطح طبقه و سیمای سرزمین مشاهده می‌شود:

جدول ۲- سنجه‌های محاسبه شده در سطح طبقات سیمای سرزمین

Table 2. Landscape metrics at the class level

سال	کاربری سرزمین	سنجه‌ها					
		مساحت طبقه	تعداد پهرو	متوسط اندازه پهرو	درصد سیمای سرزمین	شاخص بزرگ‌ترین پهرو	متوسط فاصله از نزدیک‌ترین همسایه
۱۹۹۶	باغ و کشاورزی	۵۹۵۷/۰۱	۲۶۳۲	۲/۲۶۳	۳/۶۹۵۱	۰/۰۹۴۵	۱۸۰/۴۹۷۷
	کشاورزی دیم	۱۸۹۴۰/۲۳	۵۷۰۱	۳/۳۲۲۳	۱۱/۷۴۸۵	۱/۸۶۰۸	۱۲۹/۸۱۷۳
	جنگل	۳۰۰۱/۰۵	۲۰۱۲	۱/۴۹۱۶	۱/۸۶۱۵	۰/۰۴۷۶	۲۰۵/۵۷۱۷
	سطوح آبی	۲۳/۹۴	۱۳	۱/۸۴۱۵	۰/۰۱۴۸	۰/۰۰۸۹	۹۹۰/۷۴۱۹
	مرتع	۹۴۶۵۶/۹۶	۱۸۲۴	۵۱/۸۹۵۱	۵۸/۷۱۴۸	۵۵/۳۸۵۲	۱۱۶/۸۲۱۲
	بدون پوشش	۳۸۶۳۵/۴۷	۵۹۸۴	۶/۴۵۶۵	۲۳/۹۶۵۳	۲/۹۸۳	۱۱۶/۲۶۸۸
۲۰۰۵	باغ و کشاورزی	۴۸۸۲/۵۹	۱۳۹۶	۳/۴۹۷۶	۳/۰۲۸۶	۰/۱۶۵۷	۲۴۷/۴۵۲۷
	کشاورزی دیم	۲۰۸۹۷/۵۵	۲۹۵۶	۷/۰۶۹۵	۱۲/۹۶۲۶	۳/۲۰۷۷	۱۷۶/۳۱۴
	جنگل	۱۹۸۶/۳۹	۱۳۹۷	۱/۴۲۱۹	۱/۲۳۲۱	۰/۰۱۸۸	۲۴۰/۳۸۸۷
	سطوح آبی	۱۹۶/۸۳	۷	۲۸/۱۱۸۶	۰/۱۲۲۱	۰/۱۱۱۷	۱۳۵۹/۲۲۵۳

	مرتع	۸۷۵۱۳/۹۳	۱۹۶۳	۴۴/۵۸۱۷	۵۲/۲۸۴۲	۵۰/۰۱۰۵	۱۱۸/۶۴۶۱
	بدون پوشش	۴۵۷۳۷/۱	۶۳۴۲	۷/۲۱۱۸	۲۸/۳۷۰۴	۵/۱۵۱۲	۱۱۲/۸۲۰۷
۲۰۱۵	باغ و کشاورزی	۴۸۹۶/۵۴	۱۷۰۳	۲/۸۷۵۲	۳/۰۳۷۳	۰/۲۴۹۷	۲۱۰/۳۱۹
	کشاورزی دیم	۲۱۵۷۵/۲	۳۲۰۷	۶/۷۲۷۶	۱۳/۳۸۳۱	۳/۰۷۱۲	۱۶۹/۳۸۵۵
	جنگل	۲۰۶۸/۶۵	۱۵۶۸	۱/۳۱۹۳	۱/۲۸۳۲	۰/۰۳۰۸	۲۳۰/۴۳۶۲
	سطوح آبی	۲۱۸/۰۷	۸	۲۷/۲۵۸۷	۰/۱۳۵۳	۰/۱۲۴۶	۱۱۸۸/۵۹۴۱
	مرتع	۹۱۳۲۶/۲۴	۱۸۷۷	۴۸/۶۵۵۴	۵۶/۶۴۸۹	۵۲/۲۷۱۴	۱۱۰/۳۶۴۹

جدول ۳- سنجه‌های محاسبه شده در سطح سیمای سرزمین

Table 3. Landscape metrics at the Landscape level

سنجه‌های سیمای سرزمین							
سال	مساحت طبقه (هکتار)	تعداد پهرو	متوسط اندازه پهرو	شاخص تنوع شانون	شاخص تنوع سیمپسون	شاخص یکنواختی شانون	شاخص یکنواختی سیمپسون
۱۹۹۶	۱۶۱۲۱۴	۱۸۱۶۶	۸/۸۷	۱/۱۰	۰/۵۸	۰/۶۲	۰/۷۰
۲۰۰۵	۱۶۱۲۱۴	۱۴۰۶۱	۱۱/۴۷	۱/۱۰	۰/۶۱	۰/۶۳	۰/۷۳
۲۰۱۵	۱۶۱۲۱۴	۱۵۱۷۵	۱۰/۶۲	۱/۱۱	۰/۶۰	۰/۶۲	۰/۷۱

تجزیه و تحلیل سنجه‌های سیمای سرزمین

از آنجا که سیمای سرزمین دارای الگوی پیچیده‌ای است، نیاز به سنجه‌های متنوعی جهت کمی سازی و تحلیل این الگوها می‌باشد (۴). سنجه‌های استفاده شده در این مطالعه با بررسی و مرور مطالعات مختلف که در زمینه آشکارسازی تغییرات سیمای سرزمین انجام شده و با در نظر گرفتن ماهیت منطقه مورد مطالعه در این تحقیق به دقت انتخاب شدند.

کارایی سنجه‌هایی مانند تعداد پهرو، مساحت طبقه، شاخص تنوع شانون جهت تحلیل و بررسی تغییرات کاربری سرزمین در مطالعات متعدد به اثبات رسیده است (۴، ۲۶ و ۲۱). Martinez del Castillo و همکاران (۲۰۱۵)، برای تعیین میزان تجزیه و پهروشدگی در منطقه مورد مطالعه خود از سنجه‌های مساحت طبقه، تعداد پهرو، تراکم پهرو، شاخص بزرگ‌ترین پهرو میانگین اندازه پهرو استفاده کردند. سنجه مساحت طبقه (کاربری) یکی از گویاترین سنجه‌ها در بررسی تغییرات سیمای سرزمین است (۲۶).

Yang و همکاران (۲۰۲۲)، از الگوی سیمای سرزمین به عنوان یک شاخص مهم برای برآورد اثرات تغییر کاربری و پوشش زمین در حوضه رودخانه یانگ تسه از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۹ استفاده کردند. بررسی شاخص‌های سیمای سرزمین نشان دهنده تکه تکه شدن جنگل ها، مراتع و مناظر شهری در حوضه رودخانه یانگ تسه است. مناطق با مقدار تکه تکه شدگی بالا با تنوع سیمای سرزمین غنی تر و انواع کاربری و پوشش زمین متنوع متمایز می‌شود (۱۸).

در مطالعه حاضر نتایج به دست آمده از سنجه مساحت کاربری نشان می‌دهد مراتع در هر سه سال بیشترین و سطوح آبی کمترین مساحت رادارند. از سال ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۵ مساحت کاربری باغ کاهش محسوسی داشتند که علت آن به طور عمده تبدیل این زمین‌ها به کاربری دیم است. همچنین جنگل و مرتع نیز کم شده که در مقابل آن افزایش زمین‌های بدون پوشش را داریم. سطوح آبی موجود در منطقه نیز افزایش پیدا کرده که مربوط به احداث سد وجود دریاچه پشت سد است. بیشترین

تغییر بین سال‌های ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۵ تبدیل مراتع به زمین‌های بدون پوشش و همچنین بدون پوشش به دیم است.

سنجه درصد سیمای سرزمین اغلب به همراه سنجه مساحت طبقه و در تکمیل آن استفاده می‌شود و سهم هر کاربری در سیمای سرزمین منطقه را نشان می‌دهد. شاخص بزرگ‌ترین پهرو درصدی از سیمای سرزمین است که شامل بزرگ‌ترین نوع پهرو می‌شود. بررسی این شاخص در این مطالعه نشان می‌دهد پوشش غالب سرزمین را مرتع شکل می‌دهند.

شاخص تعداد پهروها مجموع تعداد لکه‌ها در هر کاربری را نشان می‌دهد (۲۱). تعداد پهروهای یک نوع خاص یک اندازه‌گیری ساده از مقدار تکه‌تکه شدن یک نوع پهروی خاص است. پهروشدگی یکی از مهم‌ترین فرایندهای موجود در سیمای سرزمین برای نشان دادن فعالیت انسان در طبیعت در ایجاد اختلال در سطح ساختار و عملکرد سیمای سرزمین است که با مطالعه و بررسی این سنجه اطلاعات خوبی در زمینه‌ی تجزیه اراضی فراهم می‌آورد. تعداد پهرو از سنجه‌های مربوط به ترکیب سیمای سرزمین است و می‌تواند برای اندازه‌گیری میزان تجزیه طبقات به کار رود. در این مطالعه همان طور که در جدول مشاهده می‌شود تعداد پهروهای در سطح سیمای سرزمین طی ۲۰ سال کاهش پیدا کرده است که این کاهش در پی کاهش مساحت این کاربری و تبدیل بسیاری از پهروهای این طبقه کاربری به مراتع، زمین‌های بدون پوشش بوده است همچنین تعداد پهروهای کاربری باغ و کشاورزی دیم کم شده که به علت کاهش سطح این کاربری‌ها و از بین رفتن بسیاری از پهروهای از آن نوع می‌باشد. اگرچه تعداد پهروهای اکثر کاربری‌ها سال ۲۰۱۵ نسبت به ۲۰۰۵ افزایش داشت. در مطالعه Mirzayi و همکاران (۲۰۱۳)، تعداد پهروهای طبیعی از جمله جنگل، تالاب، مرتع، کشاورزی و رودخانه در خلال سال‌های ۱۳۶۳ و ۱۳۸۹ کاهش یافته است، اما در مقابل به تعداد پهروهای انسان‌ساخت مثل توسعه مسکونی و جاده‌ها افزوده شده است. نتایج تحقیق حاضر حاکی از افزایش تعداد پهروهای انسان‌ساخت و کاهش تعداد پهروهای طبیعی بوده است. مطابق نتایج به دست آمده در این تحقیق کاهش تعداد پهروهای کشاورزی به دلیل افزایش وسعت و یکپارچه‌سازی اراضی کشاورزی عنوان شده است. افزایش در وسعت منابع آب سطحی نیز در پی احداث سدها منطقه بوده است. Karami و Feghhi (۲۰۱۲)، سنجه‌های سیمای سرزمین را در استان کهکیلویه و بویراحمد بررسی نمودند، نتایج آن‌ها نشان‌دهنده گرایش سیمای این استان به ساختار ریزدانه‌ای است (۲۹).

در مطالعه Li و همکاران (۲۰۲۱)، گسترش سکونتگاه های انسانی به طور مستقیم با از دست دادن زیستگاه طبیعی و پهروشدگی سیمای سرزمین مرتبط است. رشد سریع سکونتگاه ها منجر به تکه تکه شدن سیمای سرزمین و کاهش متوسط اندازه لکه‌ها می شود. با این حال، انزوای سیمای سرزمین با گسترش سکونتگاه همبستگی منفی دارد (۱۹). افزایش تعداد پهروی علفزار بین سال‌های ۱۹۸۹ و ۲۰۱۰ در مطالعه Wan و همکاران (۲۰۱۵) نیز نشان‌دهنده تجزیه و تکه‌تکه شدن این کاربری است (۱۴). و در مقابل تعداد پهروی تالاب نشان‌دهنده توسعه کشاورزی و تخریب، کاهش و تجزیه این زیستگاه می‌باشد. کاهش تعداد پهروی زمین‌های آبی کمترین تخریب را در این زمین‌ها نشان می‌دهد. متوسط اندازه پهرو مبین میانگین اندازه پهروها در هر طبقه بوده و از تقسیم مساحت هر طبقه به تعداد پهروها در هکتار محاسبه می‌شود. تفسیر کاهش اندازه پهروها نشان‌دهنده افزایش از هم گسیختگی منطقه در فاصله زمانی مورد بررسی است (۲۴). نتایج نشان می‌دهد میزان سنجه متوسط اندازه پهرو برای کاربری‌های جنگل، مرتع با کاهش همراه بود که گویای ازهم‌گسیختگی و تخریب در کاربری‌های طبیعی منطقه است. میزان این سنجه برای کل سیمای سرزمین با افزایش همراه بوده است به طوری که در کاربری‌های انسان‌ساخت مانند باغ، دیم و بدون پوشش پهروهای یکپارچه‌تر و بزرگ‌تری دارد اما در کاربری‌های طبیعی مانند جنگل و مرتع این سنجه کاهش پیدا کرد که می‌تواند بیان‌گر تجزیه و ازهم‌گسیختگی آن باشد. سیمای سرزمین با میانگین اندازه پهروی کوچک‌تر، تخریب شده تر تلقی می‌شود (۴). میزان سنجه نزدیک‌ترین همسایه نیز در این مطالعه اندازه‌گیری شد و بین سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۵ میزان این سنجه با کاهش همراه

بود. Zebardast و همکاران (۲۰۱۲)، به منظور محاسبه میزان ازهم‌گسیختگی در پارک ملی گلستان در سال‌های ۱۳۶۶ تا ۱۳۸۹ از سنجه‌های متعددی استفاده کردند که ازجمله‌ی این سنجه‌ها متوسط فاصله از نزدیک‌ترین همسایه و متوسط اندازه لکه بود که کاهش این دو سنجه در طول دوره مطالعه مبین افزایش ازهم‌گسیختگی منطقه بود. عملیات راه‌سازی و بهره‌برداری جاده‌ها از یک‌سو اختلالات طبیعی مانند سیل و آتش‌سوزی از سوی دیگر از دلایل اصلی ازهم‌گسیختگی و تخریب جنگل‌های متراکم این منطقه عنوان شد با این وجود تفسیر نتیجه کاهش فاصله پهرو های هم نوع ممکن است نتیجه ساده‌سازی سیمای سرزمین باشد. در این مطالعه از سنجه‌های مختلفی برای بررسی تنوع سیمای سرزمین استفاده شد که تمامی این شاخص‌ها روند به نسبت ثابتی در طول دوره مطالعه داشتند (۲۵). Mirzayi و همکاران (۲۰۱۳)، شاخص تنوع شانون در سطح سیما را برای کل استان مازندران بررسی نمودند، مقدار این سنجه برای سال ۱۳۶۳ برابر ۱,۲۸ و در سال ۱۳۸۹ برابر با ۱,۳۴ بوده است. هم‌چنین مقدار این سنجه در اغلب شهرستان‌ها همراه با رشد بوده است (۴). در مطالعه Martinez del Castillo و همکاران (۲۰۱۵) ناهمگونی با شاخص تنوع شانون در سطح سیمای سرزمین تعیین شد که در طول دوره مطالعه تغییر عمده‌ای نداشت. شاخص غنای زیستگاه در مطالعه Wan و همکاران (۲۰۱۵) روند کاهشی داشت که کاهش تنوع در سیمای سرزمین را نشان می‌دهد و به احتمال زیاد ناشی از افزایش دخالت‌های انسانی است (۱۴). سنجه‌های سیمپسون و شانون از مهم‌ترین سنجه‌های تنوع برای مطالعه تنوع اجزای تشکیل‌دهنده سیمای سرزمین هستند. سیمپسون بیشتر نسبت به فراوان‌ترین پهروها و سنجه شانون نسبت به نادرترین پهروها حساس است. منظور از سنجه‌های یکنواختی سیمپسون و شانون، فراوانی نسبی انواع پهروهاست (۲۹). شاخص تنوع شانون در مقایسه با شاخص تنوع سیمپسون حساسیت بیشتری نسبت به پهروهای نادر دارد. با افزایش تعداد پهروهای ناهمگون در سیمای سرزمین این سنجه میزان بزرگ‌تری را نشان می‌دهد. افزایش شاخص شانون، افزایش ناهمگونی در پهروهای کاربری منطقه مطالعاتی را بازگو می‌کند (۴). در تحقیق Karami و Feghhi (۲۰۱۲)، برای استان کهگیلویه و بویراحمد سنجه‌های تنوع شانون و سیمپسون بیشتر از ۱ محاسبه شده است. اگر مقدار این نسبت بیشتر از ۱ باشد، پراکنش کپه‌ای و اگر برابر یک باشد، تصادفی و در صورتی که کمتر از یک باشد به صورت یکنواخت توزیع یافته‌اند (۲۹).

نتیجه‌گیری

تغییرات پوشش زمین در نتیجه فعالیت‌های انسانی نقش مهمی در تغییرات زیست محیطی جهانی ایفا کرده است و در نتیجه تبدیل به یک موضوع داغ برای محققان گردیده است (۳۰). اطلاع از الگوی کاربری اراضی هر کدام از کاربری‌ها در طول زمان یکی از پیش‌شرط‌های اصلی برای استفاده بهینه از زمین، دانستن تغییرات است. اما شناخت این تغییرات به تنهایی کارساز نیست و باید به دنبال راهی برای بیان کمیت این تغییرات بود. طبق اصل مدیریتی که می‌گوید "آنچه قابل کمی شدن نباشد، قابل مدیریت نیست " تلاش‌های زیادی طی سال‌های اخیر به منظور توسعه روش‌ها و فرایندهای مناسب در کمی کردن الگوی سیمای سرزمین انجام شده است. موضوع کمی کردن ناهمگنی مکانی سیمای سرزمین مدت زمان طولانی است که به عنوان موضوعی در اکولوژی مطرح است (۲۹). با توجه به وسعت منطقه و پیچیدگی موجود در سیمای سرزمین منطقه مورد مطالعه لازم بود تا از سنجه‌های مختلفی جهت تحلیل استفاده شود. به طور قطع یک سنجه به تنهایی نمی‌تواند نشان‌دهنده‌ی وضعیت یک منطقه باشد و برای رسیدن به تحلیل درستی از وضعیت منطقه و روند تغییرات لازم است تا از سنجه‌های مختلف هم‌زمان استفاده شود. سیمای سرزمین منطقه مورد مطالعه از پهروهای طبیعی و انسان‌ساخت تشکیل شده که بخش عمده آن را پهروهای طبیعی شکل داده است. با توجه به این‌که پوشش غالب منطقه مورد مطالعه زمین‌های بدون پوشش سنگلاخی و مراتع می‌باشد این منطقه همچنان یک منطقه بکر به حساب می‌آید. تجزیه و تحلیل نقشه‌های به دست آمده نشان می‌دهد تخریب و ازهم‌گسیختگی در کاربری‌هایی که در مجاورت سرشاخه‌های

اصلی حوزه قرار دارند بیشتر به چشم می‌خورد. وجود سد در حوزه آبخیز بی‌شک یکی از دلایل اصلی نوسان و تغییرات در سطح کاربری‌های موجود در منطقه است. احداث سدها بر روی رودخانه‌ها باعث تغییرات زیادی در اکوسیستم منطقه می‌شود. بر اساس مطالعات صورت گرفته ساخت یک سد محدوده وسیعی از اکوسیستم رودخانه را تحت تأثیر قرار داده و اکثر ذخیره آب آن در کشاورزی با گیاهان با نیاز آبی بالا مصرف می‌گردد (۳۱). ازاین‌رو بسیاری از زمین‌های پایین‌دست حوزه، از کاربری باغ و کشاورزی به زراعت دیم تغییر کاربری دادند. آن‌چه در نگاه اول از مشاهده نقشه‌های به دست آمده به چشم می‌خورد نوسان سطح باغ و کشاورزی آبی است که در دوره‌ی اول مطالعه به‌طور یکنواخت اطراف انشعابات رودخانه‌های اصلی در کل حوزه پراکنده بودند، ولی با گذشت زمان، این کاربری یکپارچگی خود را از دست داده است. استفاده بدون توجه به توان و قابلیت زمین نیز موجب شده که بسیاری از زمین‌های کشاورزی منطقه پس از یک یا چند دوره کشت رها شوند و جای خود را به زمین‌های بایر و بدون پوشش بدهند. در پایان باید یادآور شد با توجه به نتایج حاصل از بررسی الگوی سیمای سرزمین در منطقه که نشان دهنده توسعه زمین های بایر و کشاورزی دیم می‌باشد و به منظور کاهش تخریب در منطقه و مدیریت بهتر لازم است دلایل تغییرات ایجاد شده به دقت بررسی و مطالعه شود. این بدین معناست که با روند تخریب فعلی لازم است تا برنامه مدیریتی منطقی با تاکید بر حفاظت از منابع طبیعی، جنگل‌ها، مراتع و همچنین پهنه‌های آبی، در حوزه آبخیز تهیه و اجرا شود.

References

1. Santhosh, L.G. and Shilpa, D.N. (2023). Assessment of LULC change dynamics and its relationship with LST and spectral indices in a rural area of Bengaluru district, Karnataka India. Remote Sensing Applications: Society and Environment, 29: 100886, doi https://doi.org/10.1016/j.rsase.2022.100886.
2. Sobhani, P., Esmaeilzadeh, H. and Mostafavi, H. (2021). Simulation and impact assessment of future land use and land cover changes in two protected areas in Tehran, Iran. Sustainable Cities and Society, 75: 103296, doi https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103296.
3. Zarin, T. and Esraz-Ul-Zannat, M. (2023). Assessing the potential impacts of LULC change on urban air quality in Dhaka city. Ecological Indicators, 154: 110746, doi https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.110746.
4. Mirzayi, M., Riyahi Bakhtiyari, A., Salman Mahini, A., Gholamalifard, M. 2013. Investigating the Land Cover Changes in Mazandaran Province Using Landscape Ecology's Metrics Between 1984 - 2010. Iranian Journal of Applied Ecology. 2 (4) :37-55. URL: http://ijae.iut.ac.ir/article-1-325-fa.html. (In Persian)
5. Arekhi, D.S., Yousefi, S. and Rostamizad, G. 2013. Investigating the Effect of Land use Optimization on Decreasing the Erosion and Sedimentation in Cham Gardalan dam Watershed by Using GIS. Geography and Territorial Spatial Arrangement, 3(6): 75-84, doi 10.22111/gaij.2013.1079. (In Persian)
6. Fathizad, H., Nohegar, A., Faramarzi, M. and Tazeh, M. 2013. An Investigation of Changes in land Use According to the Analysis of Landscape Ecology Metrics by Using Remote Sensing and GIS in Arid and Semi-arid Region of Dehloran. Town and Country Planning, 5(1): 79-99, doi 10.22059/jtcp.2013.35474. (In Persian)

7. Ali, K. and Johnson, B.A. 2022. Land-Use and Land-Cover Classification in Semi-Arid Areas from Medium-Resolution Remote-Sensing Imagery: A Deep Learning Approach. Sensors, 22(22). Retrieved from.
8. Islam, M.R. and Esraz-Ul-Zannat, M. (2023). Remote sensing based investigation of coastal LULC dynamics in the coastal region of Bangladesh. Remote Sensing Applications: Society and Environmen
9. t, 31: 100982.Rabiee, H., Ziaeean, P., Alimohammadi, A. (2004). Exploring land uses and land cover in Isfahan province using remote sensing and GIS. Journal of geographical Research, 84:41-54. (In Persian)
10. Bazgeera, S., Sharma, P.K., Maheya, R.K., Hundala, S.S., Sood, A. Assessment of land use changes using remote sensing and GIS and their implications on climatic variability for Balachaur watershed in Punjab, India. 2008. Desert 12, pp.139–147.
11. Butt, A., Shabbir, R., Saeed Ahmad, S., Aziz, N. Land use change mapping and analysis using Remote Sensing and GIS: A case study of Simly watershed, Islamabad, Pakistan. 2015. The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences, 18, 251–259.
12. Gajbhiye, S., Sharma, S.K. Land use and land cover change detection of Indra river watershed through remote sensing using multi-temporal satellite data. 2012. Int. J. Geomatics Geosci. 3, 89–96.
13. Hu, H.B., Liu, H.Y., Hao, J.F., An, J. Analysis of land use change characteristics based on remote sensing and GIS in the Jiuxiang river watershed. Int. J. Smart Sens. Intell. 2012. Syst. 5(4), 811–823.
14. Wang, X., Yu, S., Huang, G.H. 2004. Land allocation based on integrated GIS-optimization modeling at a watershed level. Landscape Urban Planning, 66, 61–74.
15. Sun, B., Zhou, Q. 2016. Expressing the spatio-temporal pattern of farmland change in arid lands using landscape metrics. Journal of Arid Environments, 124, 118-127.
16. Fan, Q., Ding, S. 2016. Landscape pattern changes at a county scale: A case study in Fengqiu, Henan Province, China from 1990 to 2013. Catena Journal, 137, 152-160.
17. Tange, N. 2010. Analysis on land cover change in western Sydney: 1989-2008, A Thesis Submitted in Partial Fulfilment of the Requirements for the Master of Philosophy Degree.
18. Yang, H., Zhong, X., Deng, S. and Nie, S. (2022). Impact of LUCC on landscape pattern in the Yangtze River Basin during 2001–2019. Ecological Informatics, 69: 101631, doi https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2022.101631.
19. Li, Q., Jin, T., Peng, Q., Lin, J., Zhang, D., Huang, J. and Liu, B. (2022). Identifying the extent of the spatial expression of landscape fragmentation based on scale effect analysis in Southwest China. Ecological Indicators, 141: 109120, doi https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109120.
20. Forman, R. T. T. 1995. Land mosaics: The ecology of landscapes and regions. Cambridge University press, USA, page 656.
21. Li, G., Fang, C. and Qi, W. (2021). Different effects of human settlements

changes on landscape fragmentation in China: Evidence from grid cell. Ecological Indicators, 129: 107927, doi https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107927.

22. Wan, L., Zhang, Y., Zhang,X., Qi.S., Na, X. 2015. Comparison of land use/land cover change and landscape patterns in Honghe National Nature Reserve and the surrounding Jiansanjiang Region, China. Ecological Indicators, 51. 205–214.
23. Liu, T., Yang, X. 2015. Monitoring land changes in an urban area using satellite imagery, GIS and landscape metrics. Applied Geography, 56, 42-54.
24. Hermosilla, T., Wulder, M, A., White, J, c., Coops, N, C., Hobart, G,w. 2015. Regional detection, characterization, and attribution of annual forest change from 1984 to 2012 using Landsat-derived time-series metrics. Remote Sensing of Environment, 170, 121-132.
25. Zebardast, l., yavare, a., salehi, e. and makhdoum, m. 2012. Using Landscape Ecological Metrics to Investigate Impacts of Road on Structural Changes in Golestan National Park During 1987 to 2010. Environmental Researches, 2(4): 11-20. (In Persian)
26. Salmanmahiny, A., and Kamyab. H. Applied Remote Sensing and GIS with idrisi. 2nd Edition. Tehran. Mehr Mahdis. 2012. P596. (In Persian)
27. Martinez Del Castillo, E., García-Martin, A., Longares Aladr_en, L, A., Luis, M. 2015. Evaluation of forest cover change using remote sensing techniques and landscape metrics in Moncayo Natural Park (Spain). Applied Geography, 62, 247-255.
28. McGarigal, K. 2015. FRAGSTATS HELP. Department of Environmental Conservation University of Massachusetts, Amherst.page 1-171.
29. Karami, A. and Feghhi, J. 2012. Investigation of Quantitative metrics to protect the landscape in land use by sustainable pattern (Case study: Kohgiluyeh and Boyer Ahmad). Journal of Environmental Studies, 37(60): 79-88. (In Persian)
30. Liu, J., Liu, M., Zhuang, D.J. 2002. A study on spatial pattern of land-use change in China in recent years, Science in China, Ser.D, 32(12), 1031-1040.
31. Hadian F, Jafari R, Bashari H, Ramezani N. 2013. Investigating the Effects of Hanna Dam Construction on Long-Term Land Use/ Cover Changes. Iranian Journal of Applied Ecology, 2 (4) :101-114 URL: http://ijae.iut.ac.ir/article-1-328-fa.html. (In Persian)