آمایش سرزمین
دورهٔ ۱۰، شمارهٔ اول، بهار و تابستان ۱۳۹۷
صفحات ۱۱۶ – ۹۳

Print ISSN: 2008-7047
Online ISSN: 2423-6268
http://jtcp.ut.ac.ir

ارزیابی اثرات بوم‌شناختیِ تغییر کاربری سرزمین بر ساختار طبیعی حوضهٔ رودخانهٔ قره‌سو

آزاده مهری[۱*]، عبدالرسول سلمان ماهینی[۲]، علیرضا میکاییلی تبریزی[۳]، سید حامد میرکریمی[۳]، امیر سعدالدین[۴]

۱. دکتری دانشکدهٔ شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
۲. استاد، دانشکدهٔ شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
۳. دانشیار، دانشکدهٔ شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
۴. دانشیار، دانشکدهٔ مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۹/۰۷؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۱/۲۰)

چکیده

برای ارزیابی اثرات تغییر الگوهای سیمای سرزمین بر فرایندهای بوم‌شناختی می‌توان از کمی‌سازی ساختار سیمای سرزمین استفاده کرد؛ زیرا این نمایه‌ها به‌سادگی اندازه‌گیری می‌شوند و به هزینه و زمان کمی نیاز دارند. در پژوهش حاضر، اثرات بوم‌شناختی تغییر کاربری سرزمین بر ساختار طبیعی حوضهٔ قره‌سو بررسی شد تا براساس آنها، مناطق متأثر از تغییر کاربری‌ها مشخص شود. ابتدا تغییر مساحت کاربری‌ها بین سال‌های ۱۳۶۳ و ۱۳۹۲ محاسبه شد. سپس، تغییرات الگوهای مکانی کاربری‌ها با استفاده از نمایه‌های سیمای سرزمین بررسی شد. سرانجام، براساس کاربری فعلی یک شاخص، اثرات بوم‌شناختی برای منطقه تعریف شد. نتایج نشان داد طی سال‌های بررسی، مساحت جنگل ۱۲ درصد و کشاورزی ۵ درصد کاهش و مساحت مناطق مسکونی و صنعتی ۲۹۲ درصد، مراتع ۱۴۳ درصد و جاده ۱۷۶ درصد افزایش یافته است. تحلیل نمایه‌های سیمای سرزمین بیانگر کاهش پیوستگی، افزایش تکه‌تکه‌شدگی و روند تخریب سیمای سرزمین است. نقشهٔ شاخص ترکیبی اثرات بوم‌شناختی مشخص کرد حدود ۲۸ درصد منطقه در معرض اثرات بوم‌شناختی زیاد و بسیار زیاد است. این مناطق پایه‌ای برای مطالعات آتی هستند و اقداماتی از قبیل تقویت مدیریت سرزمین و کاهش تکه‌تکه‌شدگی سرزمین در آنها ضروری است.

واژگان کلیدی

بوم‌شناسی سیمای سرزمین، تغییر کاربری، حوضهٔ رودخانهٔ قره‌سو، نمایه‌های ساختار سیمای سرزمین.

* نویسندهٔ مسئول، رایانامه: az.mehri@yahoo.com

بیان مسئله

تغییر کاربری سرزمین یکی از معضلات محیط زیستی است که براثر عوامل پیشرانی همچون افزایش جمعیت ایجاد می‌شود. رشد جمعیت انسان باعث گسترش کاربری‌های کشاورزی و تبدیل زیستگاه‌های طبیعی به مناطق مسکونی به‌منظور برآورده‌کردن نیاز به غذا و مسکن شده است. تغییر کاربری سرزمین، فرایندی پیچیده است که سیستم‌های طبیعی و انسانی را به هم مرتبط می‌سازد و تأثیر مستقیمی بر خاک، آب و جو دارد. بنابراین، با بسیاری از معضلات محیط‌زیستی مطرح در سطح جهانی در ارتباط است (سلاجقه و همکاران، ۱۳۹۳: ۱۰۰).

این پدیده پیامدهای اقتصادی اجتماعی و محیط زیستی متعددی در پی دارد. گسترش شهرنشینی و کاربری‌های انسان‌ساخت در طبیعت موجب تغییرات زیربنایی در ساختار و کارکرد بوم‌شناختی سیمای سرزمین و تغییر تدریجی ساختار مکانی و الگوی سیمای سرزمین می‌شود (کرمی و فقهی، ۱۳۹۰: ۷۹). در ایران نیز در سال‌های اخیر، روند رو به رشد تغییر کاربری و استفادهٔ غیراصولی سرزمین باعث ازبین‌رفتن جنگل‌ها و گسترش بیابان‌زایی شده است (طالبی امیری، ۱۳۸۸: ۱۳۴). قطع بی‌رویهٔ درختان و تخریب جنگل، افزایش سیلاب‌های شهری و خسارت به مناطق شهری و زمین‌های کشاورزی را به‌دنبال داشته است. درنتیجه، تغییر کاربری سرزمین به دلیل نقش آن در محیط زیست بوم‌شناختی و اجتماعی، توجه چشمگیری در تحقیقات تغییرات محیط زیستی به خود جلب کرده است (Xie, et al., 2013: 329).

تغییر غیراصولی کاربری‌ها به تکه‌تکه‌شدگی[1] سیمای سرزمین، تغییر الگوهای سیمای سرزمین و سرانجام اثرات منفی بر محیط زیست منجر می‌شود (Zou, et al., 2016: 312). تغییر الگوی سیمای سرزمین ممکن است به بروز مخاطرات بوم‌شناختی به دلیل بیابان‌زایی، فرسایش خاک، کاهش شدید منابع جنگلی و کاهش تنوع زیستی منجر شود (Xie, et al., 2013: 329). تکه‌تکه‌شدگی سیمای سرزمین از طریق قطع فرایندهای بوم‌شناختی طبیعی مانند مهاجرت و پراکنش موجب کاهش جمعیت بسیاری از گونه‌ها می‌شود (Brett Bryan, 2000: 151). اثرات

1. Fragmentation

بوم‌شناختی ناشی از تشدید استفاده از سرزمین، خصوصیات منطقه‌ای و تجمعی دارد و به‌طور مستقیم، ساختار و ترکیب اکوسیستم را تحت تأثیر قرار می‌دهد. ارزیابی ریسک بوم‌شناختی کاربری‌ها، پایهٔ علمی قوی برای تحقیقات آتی درزمینهٔ رابطهٔ فعالیت انسان و محیط بوم‌شناختی فراهم می‌کند (Xie, et al., 2013: 329). در مناطقی با ریسک بوم‌شناختی زیاد، اقداماتی از قبیل تقویت مدیریت سرزمین، جلوگیری از توسعه و گسترش غیراصولی کاربری‌ها و کاهش درجهٔ تکه‌تکه‌شدگی سرزمین امری ضروری است.

رابطهٔ معیارهای سیمای سرزمین با کارکرد اکوسیستم به‌طور کلی پذیرفته شده است و با مطالعهٔ این معیارها، علاوه بر تعیین تغییر مستقیم آنها در واکنش به توسعهٔ مدنظر، می‌توان برآوردهای کلی از نظر تغییرات کارکرد بوم‌سازگان نیز به عمل آورد (سلمان ماهینی، ۱۳۸۶: ۱۴۱). رویکرد بوم‌شناسی سیمای سرزمین در ارزیابی آثار محیط زیستی توسعه، به دلیل استفاده از مفاهیم یکپارچگی فضایی به‌عنوان اصل پایه در برنامه‌ریزی محیط‌زیست، با استقبال چشمگیری روبه‌رو بوده است. درنتیجه، استفاده از این مفاهیم برای ارزیابی سرزمین، ارزیابی پیامدهای فعالیت‌ها را به‌صورت تجمعی و در کوتاه‌ترین زمان امکان‌پذیر می‌کند (شیخ گودرزی و همکاران، ۱۳۹۱: ۲۲۴). در این میان، نمایه‌های سیمای سرزمین از قبیل تعداد لکه‌ها، میانگین اندازهٔ لکه، تراکم حاشیه، شکل امکان کمی‌کردن ساختار سیمای سرزمین و تغییرات آن را تسهیل کرده‌اند.

استفاده از نمایه‌های سیمای سرزمین در ارزیابی بوم‌شناختیِ تغییر کاربری در مطالعات بسیاری استفاده شده است. برای مثال، زای[1] و همکاران (۲۰۱۳) یک شاخص ریسک بوم‌شناختی را از ترکیب شاخص آشفتگی سیمای سرزمین و شاخص آسیب‌پذیری سیمای سرزمین تعریف کردند. شاخص آسیب‌پذیری براساس نمایه‌های سیمای سرزمین شامل تکه‌تکه‌شدگی، قطعه‌بندی و غالبیت تعریف شد. شاخص آسیب‌پذیری از طریق ارزش‌گذاری طبقات کاربری سرزمین تهیه شد. سرانجام، از ترکیب شاخص آشفتگی سیمای سرزمین و شاخص آسیب‌پذیری سیمای سرزمین، شاخص ریسک بوم‌شناختی به دست آمد. زو[2] و همکاران (۲۰۱۶) شاخص ریسک بوم‌شناختی

1. Xie
2. Zou

تغییرات کاربری را براساس شاخص‌های منابع خطر (شامل سطح توسعهٔ شهری، تراکم جاده و سهم زمین‌های کشاورزی)، آسیب‌پذیری (شامل آشفتگی سیمای سرزمین، درجهٔ تخریب سیمای سرزمین و شاخص آلودگی آب) و درجهٔ در معرض خطربودن (شامل تنوع بوم‌شناختی، درجهٔ پوشش گیاهی، مواد آلی خاک و خدمات اکوسیستم) تعریف کردند.

سرانجام براساس وزن‌دهی و ترکیب شاخص‌ها براساس روش AHP یک شاخص ریسک بوم‌شناختی برای منطقه تهیه شد. مطالعات مشابه در ارتباط با ارزیابی ریسک بوم‌شناختی را می‌توان در مطالعات فان[1] و همکاران (۲۰۱۶) و دی[2] و همکاران (۲۰۱۴) مشاهده کرد. سلمان مهینی و تورنر[3] (۲۰۰۴) از معیارهای سیمای سرزمین به‌عنوان بخشی از معیارهای مؤثر برای مدل‌سازی تغییرات لکه‌های پوشش درختی در استرالیا استفاده کردند. در این مطالعه از نمایه‌های سیمای سرزمین در کنار سایر معیارهای فیزیکی به‌عنوان متغیرهای پیش‌بینی در مدل رگرسیون لجستیک و شبکه‌های عصبی استفاده شد.

در ایران نیز آذری دهکردی و خزاعی (۱۳۸۸) برای ارزیابی پیامد فعالیت‌های انسان در تخریب سیمای سرزمین گیلان از نمایه‌های سیمای سرزمین و شاخص آسیب‌پذیری بوم‌شناختی استفاده کردند. برقراری رابطهٔ رگرسیونی بین اعداد تخریب و داده‌های استخراج‌شده از تصاویر ماهواره‌ای نشان داد استفاده از متریک‌های سیمای سرزمین می‌تواند به بررسی وضعیت سیمای سرزمین و شدت تخریب آن در کمترین زمان ممکن و با کمک حداقل داده‌ها کمک کند.

شیخ گودرزی و همکاران (۱۳۹۱) به ارزیابی آثار توسعه بر محیط زیست حوضهٔ گرگانرود گیلان با استفاده از مدل تخریب سیمای سرزمین پرداختند. در این مطالعه، درجهٔ آسیب‌پذیری بوم‌شناختی و شدت تخریب براساس نمایه‌های سیمای سرزمین محاسبه شد. درنهایت، براساس عدد تخریب، مناطق نیازمند توسعه، بازسازی و حفاظت شناسایی شدند.

سفیانیان و همکاران (۱۳۹۲) از ترکیب روش تحلیل گرادیان و متریک‌های سیمای سرزمین

1. Fan
2. Di
3. Salmanmahiny and Turner

برای کمی‌کردن الگوی سیمای سرزمین شهر اصفهان استفاده کردند. این مطالعه نشان داد الگوی سیمای سرزمین شهری را می‌توان به‌وسیلهٔ نمایه‌های ترکیب و توزیع مکانی کمی کرد. همچنین مقادیر تراکم لکه و تراکم حاشیه با توسعهٔ شهری افزایش یافته است. در مطالعات مشابه آرخی (۱۳۹۴)، کیانی و فقهی (۱۳۹۴)، سلاجقه و همکاران (۱۳۹۳) و میرزایی و همکاران (۱۳۹۲) با استفاده از نمایه‌های سیمای سرزمین به بررسی اثرات فعالیت‌های انسانی و تغییر کاربری اراضی بر سیمای سرزمین و ارزیابی روند تغییرات پرداختند.

نظر به آثار منفی تغییر کاربری سرزمین و اثرات نامطلوب آن بر محیط زیست و جوامع انسانی، بررسی روند تغییر کاربری‌ها و اثرات آن بر ساختار سیمای سرزمین امری ضروری به نظر می‌رسد. هدف پژوهش حاضر، ارزیابی اثرات بوم‌شناختی تغییر کاربری سرزمین بر ساختار طبیعی حوضهٔ قره‌سو است. پرسش اصلی این پژوهش به این گونه مطرح می‌شود که روند تغییر کاربری در حوضهٔ قره‌سو به چه شکل بوده است و مناطق تحت بیشترین تأثیر در چه بخش‌هایی قرار گرفته‌اند؟

به این منظور، ابتدا تغییر کاربری در بین سال‌های ۱۳۶۳ تا ۱۳۹۲ بررسی شد. سپس، تغییرات طبقات کاربری‌ها ازلحاظ الگوهای سیمای سرزمین و با استفاده از نمایه‌های سیمای سرزمین بررسی شد. درنهایت، براساس کاربری فعلی منطقه (۱۳۹۲) یک شاخص اثرات بوم‌شناختی برای منطقه تعریف شد و مناطق تحت بیشترین تأثیر شناسایی شدند. این مناطق پایه‌ای برای مطالعات آتی هستند و اقداماتی از قبیل تقویت مدیریت سرزمین، جلوگیری از استفادهٔ غیراصولی کاربری‌ها و کاهش درجهٔ تکه‌تکه‌شدگی سرزمین در این مناطق امری ضروری است.

مبانی نظری تحقیق

بوم‌شناسی سیمای سرزمین بر رابطهٔ متقابل الگوهای مکانی، فرایندهای بوم‌شناختی و مقیاس تأکید می‌کند. به دلیل رابطهٔ متقابل الگوها و فرایندها، مطالعهٔ الگوهای مکانی سیمای سرزمین درک بهتری از فرایندهای بوم‌شناختی ارائه می‌کند (Xie, et al., 2013: 329). پیش از درک رابطهٔ متقابل الگوهای سیمای سرزمین و فرایندهای بوم‌شناختی، شناسایی و کمی‌سازی ساختار سیمای سرزمین امری ضروری است. الگوهای مشاهده‌شده در سیمای سرزمین، نتیجهٔ روابط پیچیده میان نیروهای

فیزیکی، زیستی و اجتماعی است. اغلب سیماهای سرزمین تحت تأثیر کاربری‌های انسانی بوده‌اند و نتیجهٔ آن، به‌وجودآمدن موزائیک سیمای سرزمین به‌صورت ترکیبی از لکه‌های طبیعی و انسان‌ساخت است که در شکل، اندازه و چینش مکانی متفاوت هستند. این الگوسازی مکانی، پدیده‌ای منحصربه‌فرد است که در سطح سیمای سرزمین بروز می‌کند (Turner, 1989: 174). بوم‌شناسی سیمای سرزمین تعدادی نمایهٔ کمی برای توصیف و تحلیل الگوی سیمای سرزمین توسعه داده است که امکان کمی‌کردن تکه‌تکه‌شدگی، اتصالات و تنوع سیمای سرزمین را به‌عنوان سه مفهوم پایه در توصیف ساختار سیمای سرزمین تسهیل کرده است (Martinez del Castillo, et al., 2015: 248).

چندین دهه است که اندازه‌گیری کمی الگوهای سیمای سرزمین در غالب نمایه‌ها یا شاخص‌های سیمای سرزمین برای برقراری ارتباط بین فرایندهای بوم‌شناختی و محیط زیستی با الگوهای سیمای سرزمین استفاده می‌شوند (Sunil, et al., 2004: 478). برای ارزیابی اثرات به نمایه‌هایی نیاز است تا بر مبنای آنها تغییرات مفید و مضر محیط زیست شناسایی شود. این نمایه‌ها ترکیبی از معیارهای طبیعی، اقتصادی و اجتماعی هستند که اندازه‌گیری و مقایسهٔ آنها در طول زمان علاوه‌بر تعیین تغییر مستقیم آنها در واکنش به توسعهٔ مدنظر، برآوردهایی کلی از نظر تغییرات کارکرد بوم‌سازگان‌ها نیز به عمل می‌آورد.

به دلیل پیچیدگی محیط تحت تأثیر، در اغلب پژوهش‌ها با تعداد زیادی از معیارهای طبیعی، اقتصادی و اجتماعی روبه‌رو هستیم و باید از میان آنها تعدادی را به‌عنوان نمایندهٔ سایر بخش‌ها انتخاب کنیم. سهولت اندازه‌گیری و زمان کم لازم برای آن، از شروط انتخاب معیارهاست. هزینهٔ اندازه‌گیری این معیارها نیز عامل تعیین‌کنندهٔ دیگری در انتخاب آنهاست. نمایه‌های سیمای سرزمین می‌توانند به‌عنوان معیارهایی برای ارزیابی سریع و عینی اثرات توسعه استفاده شوند (سلمان ماهینی، ۱۳۸۶: ۱۴۰).

با استفاده از نمایه‌های سیمای سرزمین به‌طور مستقیم می‌توان آسیب‌پذیری اکوسیستم و تغییراتی که در آن ایجاد شده است، به صورت کمی بررسی کرد. این اعداد کمی که تغییرات نمایه‌های سیمای سرزمین یا آسیب‌پذیری سیمای سرزمین را بیان می‌کند، به صورت‌های مختلفی

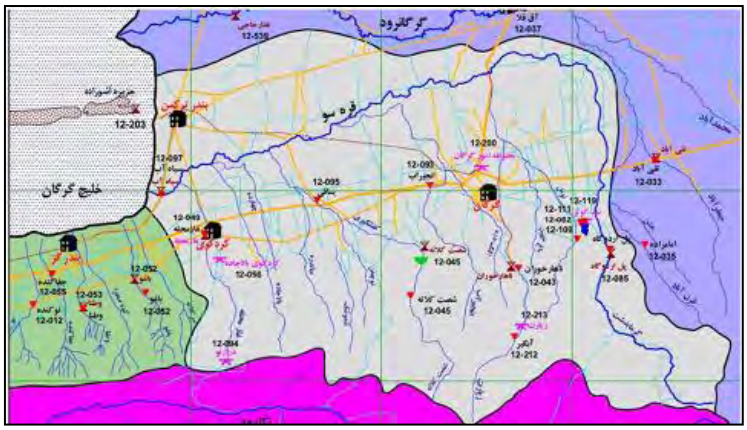
تفسیر می‌شود. درواقع، این نمایه‌ها الگوها و محاسبات عددی هستند که ویژگی‌های مکانی عوارض موجود در سطح زمین را در سه سطح لکه[1]، کلاس[2] و سیمای سرزمین[3] تعیین می‌کنند (سلاجقه و همکاران، ۱۳۹۳). نمایه‌های سیمای سرزمین به‌راحتی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی قابل اندازه‌گیری و مطالعه هستند. ازاین‌رو، دسترسی به تخمین‌هایی از آنها به‌سرعت امکان‌پذیر است. ترکیب لایه‌های اطلاعاتی این نمایه‌ها نقشه‌ای فراهم می‌کند که براساس آن می‌توان اثرات را به‌صورت عینی‌تری برآورد کرد و هم‌زمان به کمک سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی روش‌های علمی‌تری برای اجرای توسعه یا کاهش اثرات منفی آن ارائه کرد (سلمان ماهینی، ۱۳۸۶: ۱۴۷).

محدوده و قلمرو مورد مطالعه

منطقهٔ مورد مطالعه در پژوهش حاضر حوضهٔ آبخیز قره‌سو در استان گلستان است (شکل ۱). این حوضه با ۱۶۱۰ کیلومترمربع وسعت، ۸ درصد مساحت استان گلستان را تشکیل می‌دهد. حوضهٔ آبخیز قره‌سو از شمال و شرق به حوضهٔ آبخیز گرگانرود، از جنوب به حوضهٔ آبخیز نکارود و از غرب به حوضهٔ آبخیز خلیج گرگان و دریاچهٔ بزرگ خزر محدود می‌شود و در روستای قره‌سو به این دریاچه تخلیه می‌گردد. سطح عمدهٔ حوضهٔ آبخیز قره‌سو در جنوب توسط جنگل پوشیده شده و در شمال حوضه دشت آبرفتی با کاربری زراعی و مسکونی سطح حوضه را تشکیل می‌دهد (استانداری استان گلستان، ۱۳۹۳: ۲۸). مساحت زیادی از شهرستان‌های گرگان، کردکوی و بندر ترکمن در این حوضه واقع شده است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

1. Patch
2. Class
3. Landscape



شکل ۱. موقعیت حوضهٔ آبخیز قره‌سو (استانداری استان گلستان، طرح آمایش استان، ۱۳۹۳: ۲۸)

روش تحقیق

بررسی تغییر کاربری‌ها

در گام اول، تغییر کاربری‌ها بین سال‌های ۱۳۶۳ تا ۱۳۹۲ بررسی شد. به این منظور، از لایه‌های رستری کاربری سرزمین تهیه‌شده در طرح آمایش استان گلستان استفاده شد. این لایه‌ها براساس طبقه‌بندی تصاویر سنجندهٔ TM ماهوارهٔ لندست و تصاویر طبقه‌بندی‌شدهٔ سنجندهٔ مودیس به‌همراه طبقه‌بندی چشمی منطقه با استفاده از تصاویر Google Garth تهیه شده است. میزان درستی طبقه‌بندی لایه‌های کاربری سال‌های ۱۳۶۳ و ۱۳۹۲ به ترتیب ۹۲ و ۹۵ درصد است (استانداری استان گلستان، ۱۳۹۳). تغییر کاربری اراضی با استفاده از روش تقاطع[1] لایه‌های کاربری سرزمین بررسی شد.

ارزیابی روند تغییرات کاربری با استفاده از نمایه‌های سیمای سرزمین

برای بررسی بیشتر اثر تغییر کاربری بر ساختار طبیعی منطقه، تغییرات الگوهای سیمای سرزمین بین سال‌های ۱۳۶۳ تا ۱۳۹۲ بررسی شد. توانایی برای تشریح کمی ساختار سیمای سرزمین، پیش‌شرط مطالعهٔ عملکرد و تغییر ساختار سیمای سرزمین است. نمایه‌های مختلفی برای رسیدن به این هدف در بوم‌شناسی سیمای سرزمین استفاده می‌شود (آرخی، ۱۳۹۴: ۶۳). براساس مرور

1. Cross tabulation

مطالعات قبلی، در این پژوهش از ۸ نمایه استفاده شد که نمایانگر تخریب سیمای سرزمین هستند (شیخ گودرزی و همکاران، ۱۳۹۱: ۲۲۸؛ آذری دهکردی و خزاعی، ۱۳۸۸: ۷۲؛ خزاعی و آذری دهکردی، ۱۳۸۷: ۵۸) استفاده شد. این نمایه‌ها در جدول ۱ ارائه شده است. نمایه‌های سیمای سرزمین با استفاده از نرم‌افزار Fragstates (McGarigal & Marks, 1995) محاسبه شد.

جدول ۱. نمایه‌های سیمای سرزمین استفاده‌شده در ارزیابی روند تغییرات کاربری (برگرفته از شیخ گودرزی و همکاران، ۱۳۹۱: ۲۲۸)

نمایه‌های سیمای سرزمین	علامت اختصاری	سطح بررسی‌شده: طبقه	سطح بررسی‌شده: سیمای سرزمین	تفسیر
تعداد لکه	NP	*	*	این نمایه تعداد کل لکه‌ها را محاسبه می‌کند (بدون واحد)
میانگین اندازهٔ لکه	MPS	*	*	این نمایه میانگین اندازهٔ لکه‌ها را محاسبه می‌کند (هکتار)
میانه اندازهٔ لکه	MedPS	*	*	این نمایه میانهٔ اندازهٔ لکه‌ها را براساس مساحت لکه و معادلهٔ آماری میانه محاسبه می‌کند (هکتار)
حاشیهٔ کل	TE	*	*	این نمایه مجموعهٔ محیط لکه‌ها را محاسبه می‌کند (متر)
تراکم حاشیه	ED	*	*	این نمایه معادل طول تمامی حاشیه‌ها تقسیم بر مساحت لکه است (متر/ هکتار)
نمایهٔ بعد فرکتال	MPFD	*	*	این نمایه میانگین ابعاد فشردگی لکه را محاسبه می‌کند. میزان آن هرچه به یک نزدیک‌تر باشد، بیان‌کنندهٔ یکنواختی بیشتر در لکه خواهد بود (بدون واحد)
نمایهٔ تنوع شانون	SDI		*	این نمایه تنوع را در هر پهنه به‌طور نسبی محاسبه می‌کند. در سیمای سرزمینی با یک لکه این شاخص برابر صفر و با افزایش تعداد لکه افزایش می‌یابد (بدون واحد)
نمایهٔ شکل	MSI	*	*	شاخص پیچیدگی شکل لکه است و با افزایش بی‌نظمی در شکل مقدار آن افزایش می‌یابد. برای لکه‌های مدور مقدار این نمایه برابر یک است (بدون واحد)

شاخص اثرات بوم‌شناختی تغییر کاربری‌ها

در این مرحله، براساس نقشهٔ کاربری فعلی منطقه (۱۳۹۲) یک شاخص اثرات بوم‌شناختی تغییر کاربری‌ها برای منطقه تعریف شد و مناطق تحت بیشترین تأثیر شناسایی شدند. شاخص اثرات بوم‌شناختی براساس ترکیب دو شاخص تخریب سیمای سرزمین[1] و آسیب‌پذیری بوم‌شناختی سیمای سرزمین[2] تهیه شد.

1. Landscape degradation index
2. Landscape vulnerability index

برای محاسبهٔ شاخص تخریب سیمای سرزمین از نمایه‌های سیمای سرزمین که در بخش قبل ارائه شد، استفاده گردید. برای این منظور، ابتدا نیاز بود منطقه به واحدهای ارزیابی تقسیم شود تا با محاسبهٔ شاخص تخریب در هر واحد، شدت تخریب در سطح منطقه مشخص شود. منطقهٔ مورد مطالعه از ۴۰ زیرحوضه تشکیل شده است که به‌عنوان واحدهای ارزیابی در نظر گرفته شد. تمامی شاخص‌های بیان‌شده در سطح سیمای سرزمین برای هر زیرحوضه محاسبه گردید. هریک از نمایه‌ها به لایهٔ رستری تبدیل شدند و هم‌بستگی آنها توسط روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA[1]) بررسی شد. در مواقعی که هم‌بستگی بین لایه‌ها زیاد است، می‌توان یکی از لایه‌های هم‌بسته را وارد فرایند مدل‌سازی کرد و سایر لایه‌های هم‌بسته را حذف کرد. گام بعدی، ترکیب نمایه‌های سیمای سرزمین برای تهیهٔ شاخص تخریب سیمای سرزمین است. برای این کار ابتدا نیاز است تمام نمایه‌ها در یک مقیاس مشترک استاندارد شوند. بنابراین، تمام نمایه‌ها براساس اهمیت آنها در تخریب سیمای سرزمین در مقیاس صفر تا ۲۵۵ استاندارد شدند. در گام آخر، نمایه‌ها با وزن برابر با یکدیگر ترکیب شدند و لایهٔ رستری شاخص تخریب سیمای سرزمین تهیه شد.

برای محاسبهٔ شاخص آسیب‌پذیری بوم‌شناختی از میزان تعارض کاربری‌های فعلی سرزمین با توان بوم‌شناختی آنها استفاده شد. بررسی تعارض بوم‌شناختی برای کاربری‌های انسان‌ساخت شامل کشاورزی، آبزی‌پروری، توسعهٔ شهری و جاده و توسعهٔ صنعتی انجام شد.

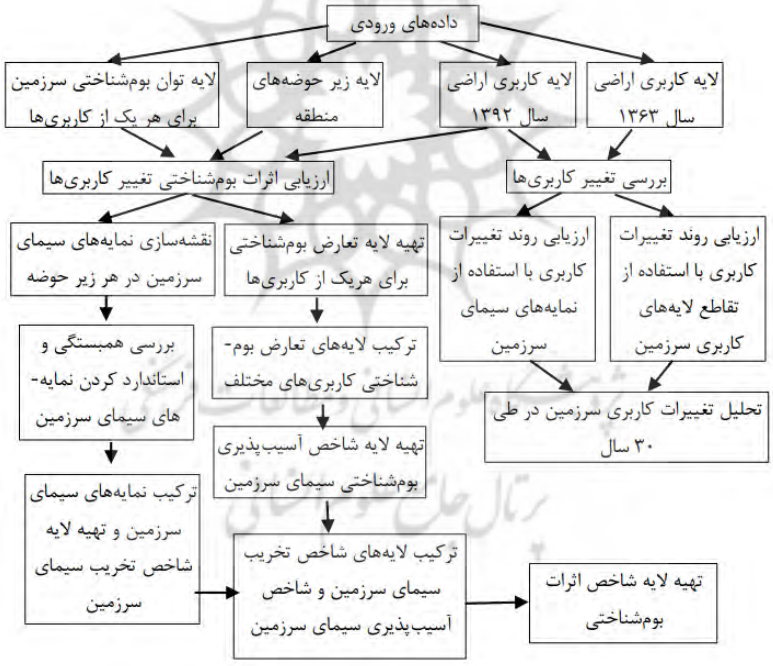
برای کاربری‌های طبیعی شامل جنگل، منابع آب، مرتع و آبراهه کمترین میزان آسیب‌پذیری در نظر گرفته شد. برای کاربری‌های انسان ساخت، ابتدا لایهٔ توان بوم‌شناختی در محدودهٔ هر کاربری تهیه شد. برای این مرحله، از لایه‌های رستری توان بوم‌شناختی تهیه‌شده در طرح آمایش استان گلستان استفاده شد. میزان درستی این لایه‌های با استفاده از توابع فازی مختلف، آنالیز حساسیت وزن‌ها و روش‌های ترکیب مختلف مانند ترکیب خطی وزن‌دار و میانگین‌گیری وزن‌دار ترتیبی بررسی و تأیید شده است (استانداری استان گلستان، ۱۳۹۳).

لایهٔ بولین هر کاربری در لایهٔ توان بوم‌شناختی آن ضرب شد. لایه‌های به‌دست‌آمده توان هر

1. Principal Components Analysis

کاربری را در محدودهٔ صفر تا ۲۵۵ نشان می‌دهد که در آنها ارزش ۲۵۵ نشان‌دهندهٔ بیشترین تـوان و صفر نشان‌دهندهٔ تناسب‌نداشتن است. برای تبدیل نقشهٔ توان به تعارض، ایـن لایـه‌هـا معکـوس شدند؛ به‌طوری‌که در لایه‌های تعارض تهیه‌شده عدد ۲۵۵ نشان‌دهنـدهٔ بیشـترین تعـارض کـاربری موجود با توان بوم‌شناختی سرزمین است.

در مرحلهٔ بعد، لایه‌های تعارض تمام کاربری‌ها با یکدیگر ترکیب شدند تا میزان تعـارض در کـل منطقه مشخص شود. همان طور که ذکر شد، برای کاربری‌های طبیعی کمترین میـزان آسـیب‌پـذیری، یعنی ارزش ۱، در نظر گرفته شد. لایهٔ نهایی حاصل از ترکیب تعارض کاربری‌های انسانی و طبیعـی، نقشهٔ شاخص آسیب‌پذیری سیمای سرزمین نام گرفت. درنهایت، لایهٔ شاخص اثرات بـوم‌شـناختی از ترکیب دو لایهٔ شاخص تخریب سیمای سرزمین و شاخص آسیب‌پـذیری سـیمای سـرزمین بـا وزن برابر تهیه شد. نمودار جریانی مراحل انجام پژوهش در شکل ۲ ارائه شده است.



شکل ۲. نمودار جریانی مراحل انجام پژوهش

یافته‌های تحقیق

بررسی تغییر کاربری‌ها

تغییر مساحت کاربری‌ها طی سال‌های ۱۳۶۳ تا ۱۳۹۲ در جدول ۲ ارائه شده است. همان‌گونه که مشخص است، مساحت مناطق مسکونی و صنعتی حدود ۳ برابر افزایش داشته است. این در حالی است که مساحت جنگل‌ها در منطقه حدود ۱۲ درصد کاهش داشته است. همچنین مساحت مراتع حدود ۲ برابر افزایش داشته است که می‌تواند به دلیل تخریب جنگل و تبدیل آن به مرتع باشد. برای بررسی بیشتر، درصد تغییرات کاربری به تفکیک طبقات مختلف بررسی شد (جدول ۳). بیشتر مساحت تغییریافتهٔ جنگل، به مرتع و کشاورزی تبدیل شده است. حدود ۹ درصد از زمین‌های کشاورزی به مناطق مسکونی و صنعتی و جاده تبدیل شده است و حدود ۱ درصد مراتع به کشاورزی تبدیل شده است.

جدول ۲. درصد تغییر کاربری اراضی در سال‌های ۱۳۶۳ تا ۱۳۹۲

طبقه	کاربری	مساحت کاربری ۱۳۶۳ (هکتار)	مساحت کاربری ۱۳۹۲ (هکتار)	درصد تغییر
۱	مسکونی و صنعتی	۱۵۴۲/۳۰	۶۰۵۸/۷۴	۲۹۲/۸۴
۲	جنگل	۷۱۰۸۰/۵۵	۶۲۵۱۱/۵۷	-۱۲/۰۶
۳	منابع آب	۲۳۸/۷۷	۵۳۷/۶۱	۱۲۵/۱۶
۴	کشاورزی	۸۲۳۹۲/۹۵	۷۷۹۵۹/۱۴	-۵/۳۸
۵	مرتع	۳۳۸۳/۲۵	۸۲۲۸/۶۷	۱۴۳/۲۲
۶	جاده	۱۷۳۱/۳۶	۴۷۸۶/۲۱	۱۷۶/۴۴

جدول ۳. درصد تغییر کاربری اراضی در سال‌های ۱۳۶۳ تا ۱۳۹۲ به تفکیک طبقات کاربری

۱۳۹۲		به						
	۱۳۶۳	مسکونی و صنعتی	جنگل	منابع آب	کشاورزی	مرتع	جاده	آب‌راهه
از	مسکونی و صنعتی	۱۰۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
	جنگل	۰/۳	۸۷/۹	۰	۵/۱	۶	۰/۷	۰
	منابع آب سطحی	۱/۸	۰	۷۲/۷	۲۳/۸	۰	۱/۵	۰/۲
	کشاورزی	۵/۲	۰	۰/۴	۸۹/۵	۰	۴	۰/۹
	مرتع	۰	۰	۰	۱/۳	۹۸	۰/۷	۰
	جاده	۰	۰	۰	۰	۰	۱۰۰	۰

ارزیابی روند تغییرات کاربری با استفاده از نمایه‌های سیمای سرزمین

نتایج حاصل از محاسبهٔ نمایه‌های سیمای سرزمین در جدول ۴ ارائـه شـده اسـت. بـه‌طـور کلـی، طـی سال‌های بررسی‌شده، تکه‌تکه‌شدگی کاربری‌ها و به‌دنبال آن حاشیهٔ کاربری‌ها افزایش یافته است. هرچـه تعداد لکه‌ها افزایش پیدا کند یا به‌عبارتی، یکنواختی کمتر شود، میزان آسیب‌پذیری کاربری‌هـا و سـیمای سرزمین بیشتر می‌شود. نتایج نشان می‌دهد الگوی کاربری‌ها در سال ۱۳۶۳ پیوسته‌تر بـوده اسـت. بـرای بررسی راحت‌تر، میزان تغییر مقادیر نمایه‌ها در سال ۱۳۹۲ در مقایسه با سال ۱۳۶۳ براسـاس درصـد در جدول ۵ ارائه شده است. تعداد لکه‌ها در اکثر کاربری‌ها ازجمله جنگل و مرتـع افـزایش یافتـه اسـت و موجب افزایش تکه‌تکه‌شدگی و پراکندگی کاربری‌ها در سطح سیمای سرزمین شده است.

همچنین برای کاربری‌های کشاورزی و جاده این مقادیر کاهش یافته است. میزان تراکم حاشـیه در تمام کاربری‌ها و در سطح سیمای سرزمین افزایش یافته است. میانگین اندازهٔ لکـه‌هـا در سـطح سیمای سرزمین کاهش یافته است که تأییدکنندهٔ تکه‌تکه‌شدگی الگوی سیمای سـرزمین اسـت. در کاربری جنگل علاوه‌بر افزایش تعداد لکه‌ها و حاشیهٔ آنها، میانگین اندازهٔ لکه‌ها کاهش یافته اسـت. نتایج این مرحله و مرحلهٔ قبل نشان می‌دهد کاربری جنگل طی سال‌های بررسی‌شده تخریب شـده است و علاوه‌بر کاهش مساحت، میزان پراکندگی لکه‌های آن افزایش یافته است. نمایهٔ بُعد فرکتـال که ابعاد فشردگی لکه را محاسبه می‌کند، در طول زمان بررسـی‌شـده تغییـر زیـادی نداشـته اسـت. افزایش نمایهٔ تنوع شانون نیز نشانگر افزایش تعداد لکه‌ها در سیمای سرزمین است.

شاخص اثرات بوم‌شناختی تغییر کاربری‌ها

نتایج محاسبهٔ نمایه‌های سیمای سرزمین به تفکیک زیرحوضه‌ها در جدول ۶ ارائه شده است. همان‌گونـه که مشخص است، نمایهٔ میانهٔ اندازهٔ لکه برای تمام زیرحوضه‌هـا برابـر اسـت، درنتیجـه، ایـن نمایـه در تحلیل‌های بعدی استفاده نشد. در مرحلهٔ بعد، براسـاس مقـادیر نمایـه‌هـا و اختصـاص آنهـا بـه شـمارهٔ زیرحوضهٔ مربوط، یک لایه رستری برای هریک از نمایه‌ها تهیه شد. نتایج آزمون هم‌بستگی بین نمایه‌هـا در جدول ۷ ارائه شده است. نمایه‌های حاشیهٔ کل و تراکم حاشیهٔ ۱۰۰درصد هم‌بستگی دارند.

همچنین هم‌بستگی میان نمایه‌های میانگین بعد فرکتال و شاخص شکل ۹۵ درصد اسـت. از میـان ایـن نمایه‌ها، نمایهٔ شکل که هم‌بستگی کمتری با سایر نمایه‌ها دارد و نمایهٔ تراکم حاشیه کـه طـول محـیط را در واحد سطح محاسبه می‌کند، انتخاب شدند و دو نمایهٔ هـم‌بسـته در تحلیـل‌هـای بعـدی اسـتفاده نشـد. در

مرحلهٔ بعد، نمایه‌ها در مقیاس صفر تا ۲۵۵ استاندارد شدند. نحوهٔ استانداردکردن نمایه‌ها در جـدول ۸ ارائـه شده است. سپس، لایهٔ استانداردشدهٔ نمایه‌ها با وزن برابر با یکدیگر ترکیب شدند و لایهٔ رسـتری شـاخص تخریب سیمای سرزمین تهیه شد (شکل ۳). در این نقشه با افزایش ارزش، میزان تخریب افزایش می‌یابد.

جدول ٤. نتایج تحلیل نمایه‌های سیمای سرزمین

نمایهٔ سیمای سرزمین	تعداد لکه (NP)		حاشیهٔ کل (TE) (متر)		تراکم حاشیه (ED) (متر/ هکتار)		میانگین اندازهٔ لکه (MPS) (هکتار)	
	۱۳۶۳	۱۳۹۲	۱۳۶۳	۱۳۹۲	۱۳۶۳	۱۳۹۲	۱۳۶۳	۱۳۹۲
مسکونی و	۱۴۰۹	۱۸۹۷	/۸	/۳	۱/۷۶	۴/۴۸	۱/۱۱	۳/۲۴
جنگل	۵۴۴	۹۳۶	/۱	/۱	۴/۹۷	۵/۳۹	۱۳۲/۵	۶۷/۷۳
منابع آب	۲۵	۱۱۴	/۱	/۶	۰/۰۸	۰/۲۲	۹/۶۸	۴/۷۸
کشاورزی	۱۷۰۵	۱۴۱۰	/۰	/۷	۸/۹۱	۱۳/۵۴	۴۹/۰۱	۵۶/۰۷
مرتع	۵۱۳	۱۲۰۴	/۵	/۳	۱/۵۷	۲/۷۳	۶/۶۹	۶/۹۳
جاده	۲۱۳	۸۷	/۹	/۶	۳/۴۴	۸/۷۶	۸/۲۴	۵۵/۷۹
آب‌راهه	۳۲۸	۴۱۴	/۸	/۵	۲/۴۹	۲/۷۷	۳/۵۸	۳/۵۴
سیمای سرزمین	۴۷۳۸	۶۰۶۲	/۵	/۵	۱۲/۰۳	۱۸/۹۵	۸۹/۱۸	۲۷/۰۲

نمایهٔ سیمای سرزمین	میانهٔ اندازهٔ لکه (MedPS) (هکتار)		نمایهٔ شکل (MSI)		نمایهٔ بعد فرکتال (MPFD)		نمایهٔ تنوع شانون (SDI)	
	۱۳۶۳	۱۳۹۲	۱۳۶۳	۱۳۹۲	۱۳۶۳	۱۳۹۲	۱۳۶۳	۱۳۹۲
مسکونی و	۰/۰۰۰	۰/۳۹	۱/۲۵	۱/۳۵	۱/۰۴	۱/۰۵	-	-
جنگل	۰/۱۹	۰/۱۹	۱/۱۹	۱/۲۴	۱/۰۴	۱/۰۴	-	-
منابع آب	۲/۱۴	۰/۹۷	۱/۲۴	۱/۱۸	۱/۰۴	۱/۰۴	-	-
کشاورزی	۰/۰۰۰	۰/۱۹۴	۱/۳۱	۱/۲۹	۱/۰۵	۱/۰۴	-	-
مرتع	۰/۱۹	۰/۲۹	۱/۲۹	۱/۲۸	۱/۰۴	۱/۰۴	-	-
جاده	۲/۲۴	۱/۱۷	۴/۳۳	۴/۱۵	۱/۲۲	۱/۱۶	-	-
آب‌راهه	۲/۶۳	۰/۲۹	۳/۶۶	۲/۶۰	۱/۲۳	۱/۱۲	-	-
سیمای سرزمین	۰/۲۹	۰/۲۹	۱/۵۷	۱/۴۳	۱/۰۶	۱/۰۵	۱/۰۲	۱/۱۶

جدول ۵. میزان تغییر مقادیر نمایه‌های سیمای سرزمین در سال ۱۳۹۲ نسبت‌به ۱۳۶۳ بر اساس درصد

کاربری	NP	TE	ED	MPS	MedPS	MSI	MPFD	SDI
مسکونی و صنعتی	۳۴/۶۳	۱۵۳/۸۲	۱۵۳/۸۲	۱۹۱/۷۸	–	۸/۱۱	۱/۰۸	-
جنگل	۷۲/۰۶	۸/۴۱	۸/۴۱	-۴۸/۸۹	۰/۰۰	۴/۳۴	۰/۴۸	-
منابع آب	۳۵۶/۰۰	۱۸۷/۶۴	۱۸۷/۵۲	-۵۰/۶۲	-۵۴/۵۵	-۵/۰۰	-۰/۱۷	-
کشاورزی	-۱۷/۳۰	۵۲/۰۳	۵۲/۰۳	۱۴/۴۱	–	-۱/۵۰	-۰/۰۹	-
مرتع	۱۳۴/۷۰	۷۴/۳۸	۷۴/۳۸	۳/۶۳	۵۰/۰۵	-۰/۹۶	۰/۲۱	-
جاده	-۵۹/۱۵	۱۵۴/۴۶	۱۵۴/۴۶	۵۷۶/۸۱	-۴۷/۸۳	-۴/۲۲	-۵/۳۲	-
آب‌راهه	۲۶/۲۲	۱۱/۳۰	۱۱/۲۹	-۱/۱۳	-۸۸/۸۹	-۲۸/۹۶	-۸/۶۷	-
landscape	۲۷/۹۴	۵۷/۵۱	۵۷/۵۱	-۶۹/۷۰	۰/۰۰	-۹/۲۹	-۰/۹۱	۱۳/۰۱

جدول ۶. نتایج تحلیل نمایه‌های سیمای سرزمین به تفکیک زیرحوضه‌ها (۱۳۹۲)

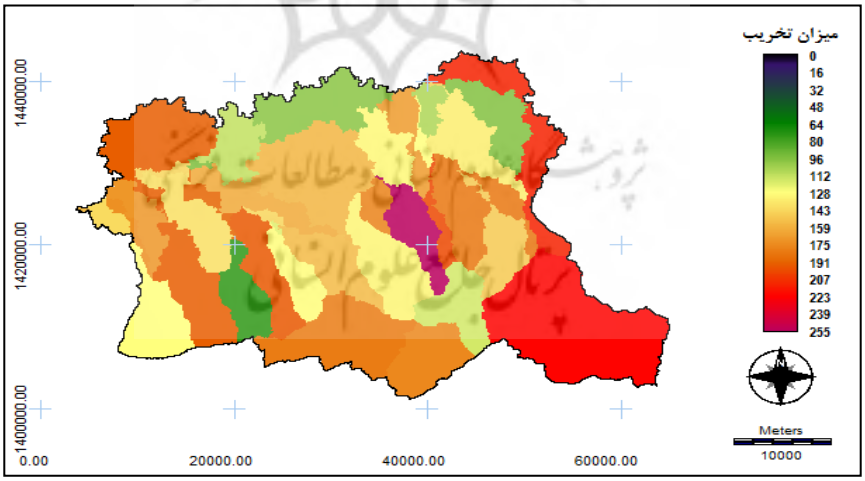
زیرحوضه	NP	TE	ED	MPS	MedPS	MSI	MPFD	SDI
۱	۲۱	۷۷۰۵/۶۲	۰/۰۲	۲/۴۸	۰/۲۹	۱/۶۴	۱/۰۹	۰/۸۷
۲	۱۳۰	۹۰۴۷۰/۸۵	۰/۲۱	۱۱/۲۳	۰/۲۹	۱/۴۶	۱/۰۵	۰/۴۲
۳	۱۳۹	۲۹۳۰۹۴/۳۵	۰/۶۹	۳۷/۹۰	۰/۲۹	۱/۹۰	۱/۰۷	۰/۴۰
۴	۱۰۱	۱۷۴۲۰۳/۱۸	۰/۴۱	۴۵/۲۹	۰/۲۹	۱/۸۹	۱/۰۸	۰/۲۸
۵	۲۳۱	۱۸۹۷۳۹/۲۱	۰/۴۵	۱۱/۳۹	۰/۲۹	۱/۵۴	۱/۰۶	۰/۷۷
۶	۱۸۵	۱۷۷۲۶۰/۴۷	۰/۴۲	۱۹/۳۷	۰/۲۹	۱/۶۵	۱/۰۷	۰/۴۱
۷	۱۸۴	۲۴۶۶۱۱/۰۵	۰/۵۸	۳۸/۰۰	۰/۲۹	۱/۶۴	۱/۰۷	۰/۲۵
۸	۷۵	۳۶۵۶۲/۷۰	۰/۰۹	۶/۹۶	۰/۲۹	۱/۵۸	۱/۰۸	۰/۶۶
۹	۸۹	۱۵۸۷۶۰/۷۴	۰/۳۸	۴۱/۲۹	۰/۲۹	۱/۹۷	۱/۰۹	۰/۳۶
۱۰	۱۶	۱۰۷۶۲/۹۱	۰/۰۳	۱۲/۵۴	۰/۲۹	۱/۶۰	۱/۰۶	۰/۴۲
۱۱	۲۲۴	۱۸۱۷۸۴/۰۱	۰/۴۳	۱۳/۴۰	۰/۲۹	۱/۶۰	۱/۰۷	۰/۹۱
۱۲	۲۰۷	۲۰۴۷۷۶/۰۸	۰/۴۸	۱۹/۵۰	۰/۲۹	۱/۵۱	۱/۰۶	۱/۰۸
۱۳	۳۳۲	۵۵۸۹۲۲/۶۶	۱/۳۲	۳۳/۱۳	۰/۲۹	۱/۵۴	۱/۰۶	۰/۴۱
۱۴	۲۳	۲۵۴۸۷/۸۲	۰/۰۶	۲۰/۷۹	۰/۲۹	۲/۲۹	۱/۱۲	۰/۳۷
۱۵	۴۴۳	۴۹۹۸۳۵/۸۳	۱/۱۸	۱۸/۴۴	۰/۲۹	۱/۵۳	۱/۰۶	۰/۵۰
۱۶	۱۲۳	۱۲۷۲۵۱/۹۳	۰/۳۰	۱۲/۵۲	۰/۲۹	۱/۵۸	۱/۰۶	۱/۰۶
۱۷	۴۱۱	۴۱۹۶۲۸/۷۵	۰/۹۹	۱۰/۳۰	۰/۲۹	۱/۵۹	۱/۰۶	۱/۲۳
۱۸	۱۸۹	۲۱۵۹۱۳/۳۶	۰/۵۱	۱۵/۵۲	۰/۲۹	۱/۶۶	۱/۰۷	۰/۷۳
۱۹	۲۶۳	۳۰۰۱۱۳/۶۴	۰/۷۱	۱۵/۲۴	۰/۲۹	۱/۵۸	۱/۰۶	۰/۵۶
۲۰	۴۷	۹۰۳۷۷/۲۶	۰/۲۱	۲۳/۰۵	۰/۲۹	۲/۰۲	۱/۰۹	۰/۴۵
۲۱	۲۴	۸۹۸۴/۶۹	۰/۰۲	۲/۳۸	۰/۲۹	۱/۶۴	۱/۰۹	۰/۹۴
۲۲	۱۶۹	۲۸۸۱۶۵/۲۵	۰/۶۸	۲۸/۵۹	۰/۲۹	۱/۶۶	۱/۰۶	۰/۵۹
۲۳	۱۶۶	۱۴۸۴۶۵/۷۸	۰/۳۵	۲۵/۵۵	۰/۲۹	۱/۵۶	۱/۰۶	۰/۸۷
۲۴	۵۰	۳۸۵۹۰/۵۰	۰/۰۹	۷/۹۰	۰/۲۹	۱/۸۰	۱/۰۸	۰/۶۱
۲۵	۱۱	۴۸۹۷/۹۰	۰/۰۱	۷/۲۳	۰/۲۹	۱/۸۱	۱/۱۱	۰/۳۹
۲۶	۱۹۶	۲۲۴۹۹۱/۶۴	۰/۵۳	۲۳/۸۵	۰/۲۹	۱/۷۴	۱/۰۸	۱/۰۰
۲۷	۸۵	۱۰۳۱۹۹/۱۶	۰/۲۴	۳۶/۵۲	۰/۲۹	۱/۷۱	۱/۰۷	۰/۸۵
۲۸	۴۹	۶۳۲۶۷/۲۰	۰/۱۵	۱۹/۴۴	۰/۲۹	۲/۱۸	۱/۱۲	۰/۸۲
۲۹	۱۰۵	۲۲۸۷۹۷/۶۵	۰/۵۴	۶۲/۱۵	۰/۲۹	۲/۱۶	۱/۱۰	۰/۵۸
۳۰	۱۲۸	۷۹۵۵۱/۹۵	۰/۱۹	۵/۷۷	۰/۲۹	۱/۶۱	۱/۰۷	۰/۹۷
۳۱	۳۵۵	۴۶۷۴۲۲/۳۱	۱/۱۱	۲۰/۶۵	۰/۲۹	۱/۶۴	۱/۰۶	۰/۷۶
۳۲	۲۰۸	۱۲۵۷۲۳/۲۸	۰/۳۰	۶/۲۴	۰/۲۹	۱/۵۸	۱/۰۷	۱/۳۱
۳۳	۳۱۵	۳۰۹۶۲۸/۶۸	۰/۷۳	۲۳/۰۹	۰/۲۹	۱/۵۲	۱/۰۶	۰/۹۵
۳۴	۱۱۸	۸۴۶۳۷/۰۴	۰/۲۰	۳۳/۴۳	۰/۲۹	۱/۴۷	۱/۰۶	۰/۴۸
۳۵	۱۸۳	۱۸۷۸۶۷/۳۹	۰/۴۴	۲۹/۷۹	۰/۲۹	۱/۷۰	۱/۰۷	۰/۵۳
۳۶	۱۸۴	۱۸۲۷۸۲/۳۱	۰/۴۳	۲۵/۹۹	۰/۲۹	۱/۶۱	۱/۰۷	۰/۸۴
۳۷	۲۱۵	۱۴۵۶۸۹/۲۶	۰/۳۴	۲۱/۷۰	۰/۲۹	۱/۴۴	۱/۰۶	۰/۵۲
۳۸	۳۳۴	۳۵۷۷۰۳/۰۱	۰/۸۵	۲۷/۸۳	۰/۲۹	۱/۴۹	۱/۰۶	۰/۸۶
۳۹	۷۳۲	۶۱۶۸۸۶/۳۹	۱/۴۶	۲۶/۵۰	۰/۲۹	۱/۳۴	۱/۰۵	۰/۵۹
۴۰	۳۰۶	۲۴۰۳۰۹/۲۹	۰/۵۷	۱۷/۴۱	۰/۲۹	۱/۳۸	۱/۰۵	۰/۸۷

جدول ۷. ماتریس هم‌بستگی نمایه‌های سیمای سرزمین

هم‌بستگی	ED	MPFD	MPS	MSI	NP	SDI	TE
ED	۱/۰۰	−۰/۶۰	−۰/۰۴	−۰/۴۸	۰/۸۸	−۰/۱۲	۱/۰۰
MPFD	−۰/۶۰	۱/۰۰	۰/۴۳	۰/۹۵	−۰/۷۲	−۰/۰۹	−۰/۶۰
MPS	−۰/۰۴	۰/۴۳	۱/۰۰	۰/۵۷	−۰/۲۴	−۰/۵۱	−۰/۰۴
MSI	−۰/۴۸	۰/۹۵	۰/۵۷	۱/۰۰	−۰/۶۸	−۰/۲۱	−۰/۴۸
NP	۰/۸۸	−۰/۷۲	−۰/۲۴	−۰/۶۸	۱/۰۰	۰/۰۵	۰/۸۸
SDI	−۰/۱۲	−۰/۰۹	−۰/۵۱	−۰/۲۱	۰/۰۵	۱/۰۰	−۰/۱۲
TE	۱	−۰/۶۰	−۰/۰۴	−۰/۴۸	۰/۸۸	−۰/۱۲	۱/۰۰

جدول ۸. نحوهٔ استانداردکردن هریک از نمایه‌های سیمای سرزمین

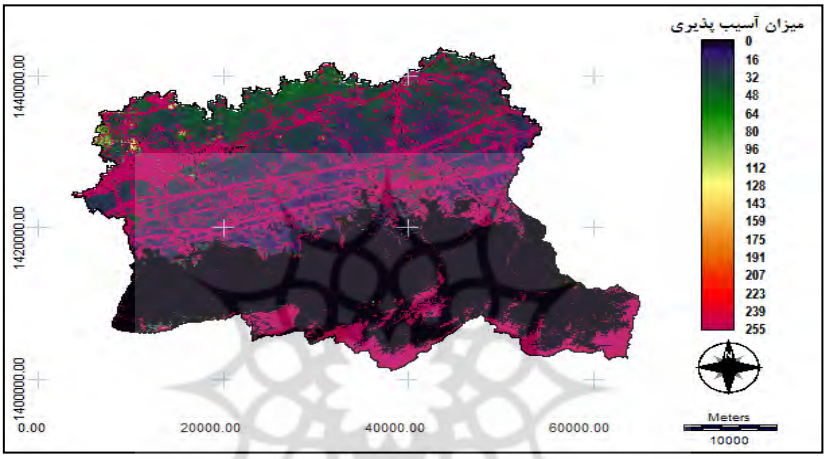
نمایه‌های سیمای سرزمین	علامت اختصاری	تابع فازی
تعداد لکه	NP	افزایشی
میانگین اندازهٔ لکه	MPS	کاهشی
تراکم حاشیه	ED	افزایشی
نمایهٔ تنوع شنون	SDI	افزایشی
نمایهٔ شکل	MSI	افزایشی



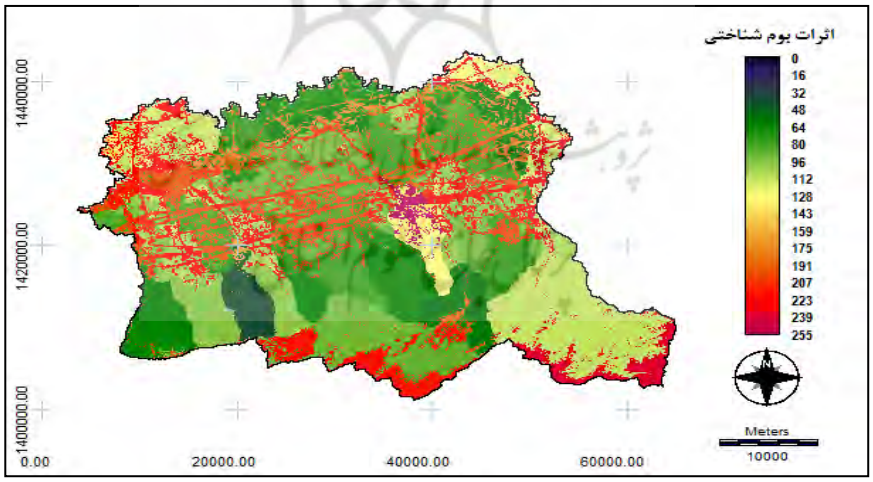
شکل ۳. نقشهٔ شاخص تخریب براساس نمایه‌های سیمای سرزمین

نقشهٔ شاخص آسیب‌پذیری مطابق روش توصیف‌شده در بخش مواد و روش‌ها تهیه شد (شکل ۴). در این نقشه با افزایش ارزش، میزان آسیب‌پذیری افزایش می‌یابد.

لایهٔ شاخص اثرات بوم‌شناختی از ترکیب دو لایهٔ شاخص تخریب سیمای سرزمین و شاخص آسیب‌پذیری سیمای سرزمین با وزن برابر تهیه شد (شکل ۵). در این نقشه با افزایش ارزش، اثرات بوم‌شناختی افزایش می‌یابد.

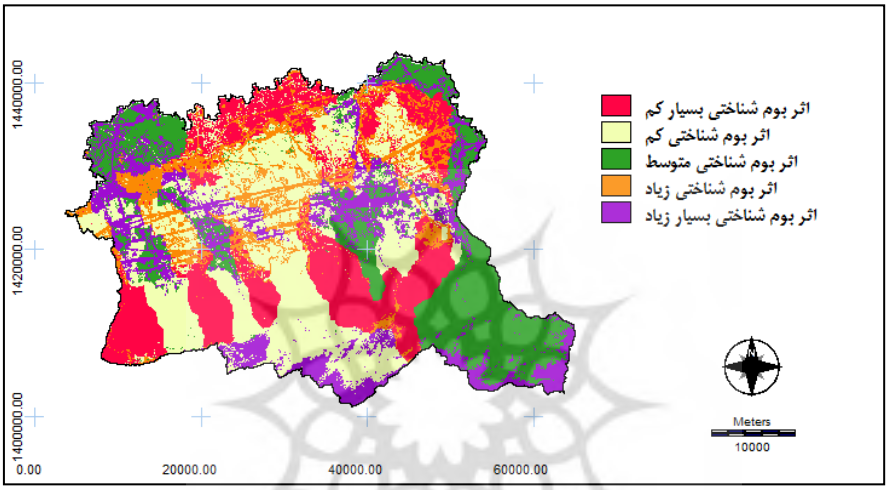


شکل ٤. نقشهٔ شاخص آسیب‌پذیری سیمای سرزمین



شکل ۵. نقشهٔ شاخص اثرات بوم‌شناختی

برای بررسی نحوهٔ توزیع اثرات بوم‌شناختی تغییر کاربری در منطقه، نقشهٔ اثرات بوم‌شناختی با استفاده از روش تکه‌های طبیعی[1] به ۵ کلاس طبقه‌بندی شد. نتایج حاصل از طبقه‌بندی در شکل ۶ و جدول ۹ ارائه شده است. بیشترین مساحت منطقه در معرض اثرات بوم‌شناختی کم است. حدود ۲۸ درصد منطقه نیز در معرض اثرات بوم‌شناختی زیاد و بسیار زیاد است. این مناطق اغلب در محدودهٔ مناطق مسکونی قرار گرفته است.



شکل ۶. نقشهٔ طبقه‌بندی‌شدهٔ شاخص اثرات بوم‌شناختی

جدول ۹. مشخصات نقشهٔ طبقه‌بندی‌شدهٔ شاخص اثرات بوم‌شناختی

طبقه	اثرات بوم‌شناختی	مساحت (هکتار)	مساحت (درصد)
۱	اثرات بوم‌شناختی بسیار کم	۳۶۲۲۵/۱۲	۲۲/۴۳
۲	اثرات بوم‌شناختی کم	۴۶۶۲۴/۶۹	۲۸/۸۶
۳	اثرات بوم‌شناختی متوسط	۳۲۹۱۹/۸۹	۲۰/۳۸
۴	اثرات بوم‌شناختی زیاد	۱۸۵۱۶/۹۲	۱۱/۴۶
۵	اثرات بوم‌شناختی بسیار زیاد	۲۷۲۴۱/۱۸	۱۶/۸۶

1. Natural breaks

بحث و نتیجه‌گیری

از طریق ایجاد ارتباط میان ساختار و کارکرد سیمای سرزمین می‌توان به ارزیابی سیمای سرزمین به‌منظور برنامه‌ریزی و مدیریت پایدار آن دست یافت (حسینی وردئی، ۱۳۹۱: ۱۴۰). در پژوهش حاضر، اثرات بوم‌شناختی تغییر کاربری سرزمین بر ساختار طبیعی حوضهٔ قره‌سو بررسی شد. ابتدا تغییر کاربری بین سال‌های ۱۳۶۳ و ۱۳۹۲ بررسی شد. سپس، تغییرات طبقات کاربری‌ها از لحاظ الگوهای سیمای سرزمین و با استفاده از نمایه‌های سیمای سرزمین بررسی شد. درنهایت، براساس کاربری فعلی منطقه (۱۳۹۲) یک شاخص اثرات بوم‌شناختی برای منطقه تعریف شد و مناطق تحت بیشترین تأثیر شناسایی گردید.

نتایج نشان داد طی سال‌های بررسی، مساحت کاربری جنگل و کشاورزی کاهش یافته است و مساحت مناطق مسکونی و صنعتی، مراتع و جاده افزایش یافته است. بیشترین سهم تغییر کاربری جنگل مربوط به مرتع و سپس کشاورزی بوده است. بیشترین سهم کاهش زمین‌های کشاورزی تبدیل آن به مناطق مسکونی و صنعتی است.

تجزیه‌وتحلیل نمایه‌های سیمای سرزمین بیانگر افزایش تعداد لکه‌ها، تراکم حاشیه و کاهش میانگین اندازهٔ لکه در سطح سیمای سرزمین است. این نتایج نشان می‌دهد طی سال‌های بررسی‌شده، الگوی سیمای سرزمین به سمت کاهش پیوستگی و افزایش تکه‌تکه‌شدگی در حال تغییر است و روند تخریب و تجزیهٔ سیمای سرزمین افزایشی بوده است. این موضوع درخصوص کاربری جنگل بسیار درخور توجه است. کاربری جنگل با حدود ۸۵۰۰ هکتار کاهش از لحاظ مساحت بیشترین میزان تغییر را داشته است. به‌علاوه، مساحت باقی‌مانده با افزایش ۷۲ درصدی تعداد لکه‌ها و کاهش ۴۸ درصدی میانگین اندازهٔ لکه‌های جنگلی باقی‌مانده روبه‌رو بوده است که نمایانگر گسیختگی و تخریب شدید این کاربری است. همچنین حاشیه و تراکم حاشیه در لکه‌های جنگلی باقی‌مانده افزایش یافته است. این موضوع از این جهت مهم است که افزایش حاشیهٔ لکه‌ها باعث افزایش اثرات حاشیه‌ای بر لکه‌های طبیعی می‌شود (Brett Bryan, 2000: 153). نتایج به‌دست‌آمده بیانگر لزوم توجه به وضعیت کاربری سرزمین و روند توسعه در منطقه، به‌منظور بهره‌برداری مناسب و منطقی از منابع طبیعی و کاهش تخریب محیط زیست است.

تعریف شاخص اثرات بوم‌شناختی از ترکیب دو لایهٔ شاخص تخریب سیمای سرزمین و

شاخص آسیب‌پذیری سیمای سرزمین، مناطقی که بیشتر تحت تأثیر منفی تغییر کاربری بوده‌اند، مشخص کرد. حدود ۲۸ درصد مساحت منطقه در معرض اثرات بوم‌شناختی زیاد و بسیار زیاد قرار دارد. اغلب این مناطق در بخش شمالی حوضهٔ قره‌سو قرار گرفته که تراکم مناطق مسکونی، صنعتی و جاده‌ها بیشتر است. این مناطق پایه‌ای برای مطالعات آتی هستند و اقداماتی از قبیل تقویت مدیریت سرزمین، جلوگیری از استفادهٔ غیراصولی کاربری‌ها و کاهش درجهٔ تکه‌تکه‌شدگی سرزمین در این مناطق امری ضروری است. معمولاً بودجهٔ اقدامات اصلاحی و جبرانی محدود است و برای این کار نیازمند اولویت‌بندی مناطق هستیم. منطقه‌بندی به‌دست‌آمده در این پژوهش می‌تواند برای این اولویت‌بندی استفاده شود.

یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد الگو و ساختار سیمای سرزمین در حوضهٔ قره‌سو به‌شدت دستخوش تغییر شده است و طی سه دههٔ گذشته، روند تغییر کاربری‌ها و تخریب سیمای سرزمین همچنان ادامه داشته است. این موضوع بیانگر آثار منفی فعالیت‌های انسانی بر تغییرات سیمای سرزمین است. یکی از عوامل مؤثر بر تکه‌تکه‌شدگی هرچه بیشتر کاربری‌های منطقه می‌تواند افزایش غیراصولی شبکه‌های جاده باشد. توسعهٔ این گونه ساخت‌وسازها باعث ازبین‌رفتن پوشش‌های طبیعی همانند جنگل‌ها و به‌دنبال آن، کاهش کیفیت زیستگاه گونه‌های حیات‌وحش خواهد شد. احداث کریدورهای ارتباطی بین لکه‌ها یا حفظ کریدورهای موجود باعث کاهش تکه‌تکه‌شدگی زیستگاه می‌شود (Benedek, et al., 2011: 930).

پیشنهادها

به طور کلی، از بررسی نتایج این پژوهش می‌توان نتیجه گرفت توجه به حوضهٔ قره‌سو برای پیشگیری و کنترل تغییر غیراصولی کاربری‌ها و جلوگیری از اثرات سوء آن بر محیط زیست و اقتصاد منطقه امری ضروری است. پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی الگوی مکانی کاربری‌ها از طریق اقداماتی از قبیل بازسازی لکه‌های جنگلی ازبین‌رفته اصلاح شود و نتایج آن بر شاخص اثرات بوم‌شناختی بررسی شود.

همچنین پیشنهاد می‌شود از نتایج چنین مطالعاتی برای برنامه‌ریزی سیمای سرزمین و توسعهٔ طرح‌های جنگل‌داری و مرتع‌داری استفاده شود. برای مثال، احداث کریدورهای ارتباطی در

مکان‌هایی که ارتباط میان لکه‌های جنگلی و مرتعی از بین رفته است، باعث کاهش تکه‌تکه‌شدگی زیستگاه‌های جنگلی و مرتعی می‌شود و به این وسیله، از تخریب بیش‌تر آنها جلوگیری می‌شود. برای این کار حتی می‌توان بهترین میزان و مکان بازسازی براساس بودجه و تأثیر بر ویژگی‌های طبیعی منطقه را به روش‌های بهینه‌سازی به دست آورد.

در آخر پیشنهاد می‌شود به‌منظور حفاظت مناطق جنگلی حوضهٔ قره‌سو که بخشی از باقی‌ماندهٔ جنگل‌های باارزش هیرکانی هستند، با استفاده از روش‌های سامان‌مند طراحی مناطق حفاظت‌شده، اقدام به انتخاب و معرفی مناطق حفاظتی جدید شود.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

منابع

۱. آذری دهکردی، فرود و خزاعی، نوشین (۱۳۸۸)، «سامانهٔ پشتیبان تصمیم‌گیری سریع برای ارزیابی پیامد فعالیت‌ها در تخریب سیمای سرزمین حوزهٔ آبخیز شفارود»، *مجلهٔ محیط شناسی*، سال ۳۵، شمارهٔ ۵۱: ۸۰-۶۹.

۲. آرخی، صالح (۱۳۹۴)، «کاربرد متریک‌های سیمای سرزمین در ارزیابی روند تغییرات کاربری اراضی با استفاده از سنجش دور و GIS، مطالعهٔ موردی: منطقهٔ بیابانی دهلران»، *جغرافیا و توسعه*، شمارهٔ ۴۰: ۶۸-۵۹.

۳. استانداری استان گلستان (۱۳۹۳)، *طرح آمایش استان گلستان- گزارش اطلاعات پایه، با همکاری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان*، مجری طرح: دکتر عبدالرسول سلمان ماهینی.

٤. حسینی وردئی، مهلا و همکاران (۱۳۹۱)، «کاربرد سنجه‌های سیمای سرزمین در ارزیابی اثرات تجمعی شبکهٔ جاده‌ای بر پوشش درختی»، *نشریهٔ محیط زیست طبیعی*، دورهٔ ۶۵، شمارهٔ ۲: ۱۵۲-۱۳۹.

٥. خزاعی، نوشین و آذری دهکردی، فرود (۱۳۸۷)، «تحلیل توأم تخریب سیمای سرزمین در حوزهٔ آبخیز سفیدرود با استفاده از متریک‌های اکولوژیکی سیمای سرزمین»، *علوم محیطی*، سال ۶، شمارهٔ ۲: ۶۴-۵۵.

٦. سلاجقه، بهرنگ و همکاران (۱۳۹۳)، «تحلیل تخریب سرزمین با استفاده از آشکارسازی تغییرات و سنجه‌های سیمای سرزمین (مطالعهٔ موردی: جزیرهٔ کیش)»، *ویژه‌نامهٔ پژوهش‌های محیط‌زیست*، سال ۱: ۱۱۰-۹۹.

۷. سفیانیان، علیرضا و همکاران (۱۳۹۲)، «تحلیل گرادیان الگوی سیمای سرزمین شهری (مطالعهٔ موردی: شهر اصفهان)»، *پژوهش‌های جغرافیای انسانی*، دورهٔ ۴۵، شمارهٔ ۱: ۱۰۴-۸۷.

۸. سلمان ماهینی، عبدالرسول (۱۳۸۶)، «معیارهای سیمای سرزمین و فرسایش‌پذیری به‌عنوان دو دسته نمایهٔ کمی برای ارزیابی سریع اثرات طرح‌های توسعه»، *مجلهٔ علوم کشاورزی و منابع طبیعی*، جلد ۴، شمارهٔ ۱: ۱۴۹-۱۳۹.

۹. شیخ گودرزی، مهدی و همکاران (۱۳۹۱)، «ارزیابی آثار توسعه بر محیط زیست حوزهٔ گرگانرود با کاربرد مدل تخریب سیمای سرزمین»، *نشریهٔ محیط زیست طبیعی*، دورهٔ ۶۵، شمارهٔ ۲: ۲۳۴-۲۲۳.

۱۰. طالبی امیری، شیما و همکاران (۱۳۸۸)، «تحلیل تخریب سیمای سرزمین حوزهٔ آبخیز نکا با استفاده از متریک‌های اکولوژی سیمای سرزمین»، *علوم محیطی*، سال ۶، شمارهٔ ۳: ۱۴۴-۱۳۳.

۱۱. کرمی، آرش و فقهی، جهانگیر (۱۳۹۰)، «بررسی کمی‌کردن سنجه‌های سیمای سرزمین در حفاظت از الگوی کاربری اراضی پایدار (مطالعهٔ موردی: استان کهگیلویه و بویراحمد)»، م*حیط شناسی*، سال ۳۷ شمارهٔ ۶۰: ۸۸-۷۹.

۱۲. کیانی، واحد و فقهی، جهانگیر (۱۳۹۴)، «بررسی ساختار پوشش کاربری حوزهٔ آبخیز سفیدرود با استفاده از سنجه‌های بوم‌شناسی سیمای سرزمین»، *علوم و تکنولوژی محیط زیست*، دورهٔ ۱۷، شمارهٔ ۶۵: ۱۴۱-۱۳۱.

۱۳. میرزایی، محسن و همکاران (۱۳۹۲)، «بررسی تغییرات پوشش اراضی استان مازندران با استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین بین سال‌های ۱۳۶۳-۱۳۸۹»، *اکولوژی کاربردی*، سال ۲، شمارهٔ ۴: ۵۴-۳۷.

14. Benedeka, Z., et al. (2011), "Landscape metrics as indicators: Quantifying habitat network changes of a bush-cricket Pholidoptera transsylvanica in Hungary", *Ecological indicators*, 11(3): 930-933.
15. Brett Bryan, B. A. (2000), "*Strategic revegetation planning in an agricultural landscape: A spatial information technology approach*. Ph.D. thesis, Department of Geographical and Environmental Studies", *Department* of Applied and Molecular Ecology: 411.
16. Di, X. H., Wang, Y. D., & Hou, X. Y. (2014), "*Ecological risk caused by land use change in the coastal zone: a case study in the Yellow River Delta High-Efficiency Ecological Economic Zone*", 35th International Symposium on Remote Sensing of Environment (ISRSE35): 7.
17. Fan, J., Wang, Y., Zhou, Z., You, N., & Meng, J. (2016), "Dynamic ecological risk assessment and management of land use in the Middle Reaches of the Heihe River based on landscape patterns and spatial statistics", *Sustainability*, 8(536): 15.
18. Martinez del Castillo, E., et al. (2015), "Evaluation of forest cover change using remote sensing techniques and landscape metrics in Moncayo Natural Park (Spain)", Applied Geography, 62(2015): 247-255.
19. McGarigal, K. & Marks, B.J. (1995), "Fragstats: Spatial Pattern Analysis Program for Quantifying Landscape Structure", USA: U.S. *Dept, of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station*: 122.
20. Salmanmahiny, A., & Turner, B. J., (2004), "*Modeling past vegetation change through remote sensing and G.I.S: A comparison of neural networks and logistic regression methods"*, International Conference on Geoinformatics and modeling Geographical System & Fifth International Workshop on GIS, Beijing: 24.
21. Sunil, N., MishrsT D. R., & Rothwell, R. G. (2004), "Change detection and landscape

metrics for inferring anthropogenic processes in the greater EFMO area", Remote sensing of environment, 91(3): 478-489.
22. Turner, M. G. (1989), "*Landscape ecology: the effect of pattern on process", Annual Review of Ecology and Systematics*, 20(1989): 171-197.
23. Xie, H., Wang, P., & Huang, H. (2013), "Ecological Risk Assessment of Land Use Change in the Poyang Lake Eco-economic Zone, China. Int", J. *Environ. Res. Public Health*, 10(1): 328-346.
24. Zou, T., Zhang, J., & Yoshino, K. (2016), "Ecological Risk Assessment of Land Use Change in the Northeast China: A Case Study of Linjiang Area", *International Journal of Environmental Science and Development*, 7(4): 312-315.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی