



ارزیابی تخریب منطقه حفاظت شده جاجرود با استفاده از مدل تخریب سیمای سرزمین

افشین دانه کار^۱، شیرکو جعفری^{۲*}

۱. دانشیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

۲. دانشجوی دکتری محیط زیست، دانشگاه تهران

مشخصات مقاله

پیشینه مقاله:

دریافت: ۱۰ خرداد ۱۳۹۶

پذیرش: ۸ مرداد ۱۳۹۶

دسترسی اینترنتی: ۱ شهریور ۱۳۹۶

واژه‌های کلیدی:

مدل تخریب سیمای سرزمین

آسیب پذیری بوم‌شناختی

منطقه حفاظت شده جاجرود

نمایه‌های سیمای سرزمین

چکیده

مدل تخریب یکی از روش‌های ارزیابی آثار محیط زیستی است که به صورت گسترده جهت ارزیابی آثار تجمعی فعالیت‌های انسانی به کار می‌رود. همچنین از سویی نمایه‌های سیمای سرزمین به عنوان ابزارهای کمی‌سازی وضعیت سیمای سرزمین، کاربرد گسترده‌ای در برنامه‌ریزی سیمای سرزمین دارند. یکی از این کاربردها، استفاده نمایه‌ها در مدل ارزیابی تخریب سیمای سرزمین است. هدف این پژوهش ارزیابی تخریب سیمای سرزمین در منطقه حفاظت شده جاجرود است. بدین منظور، برای کمی نمودن نمایه‌های سیمای سرزمین از نقشه کاربری/ پوشش منطقه حفاظت شده جاجرود برای ۱۶ زیرحوزه استفاده شد. برای تهیه نقشه کاربری/ پوشش، ابتدا تصویر ماهواره‌ای لندست را پیش‌پردازش نموده و سپس با استفاده از روش هیبرید، تصویر در طبقات مختلف کاربری/ پوشش طبقه‌بندی شد. سپس با توجه به مدل تخریب سیمای سرزمین، درجه آسیب‌پذیری بوم‌شناختی، تعیین شدت فعالیت‌ها و میزان تخریب در سیمای سرزمین محاسبه شد. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که زیرحوزه ۵ با میزان ۳۱ در منطقه دارای بالاترین عدد تخریب سیمای سرزمین است و زیرحوزه‌های ۱، ۱۳ و ۱۵ بعد از آن قرار دارند و به ترتیب دارای اعداد ۲۵، ۲۵ و ۲۲ هستند. همچنین زیرحوزه‌های ۱۶، ۷ و ۴ به ترتیب دارای ارزش‌های ۳/۵، ۳/۲۵ و ۳/۲۵ هستند که نشان می‌دهد که این زیرحوزه‌ها دارای کمترین تکه‌تکه شدگی می‌باشند. نتایج نشان داد که حدود ۶۸٪ از منطقه مستعد توسعه یا توسعه بیشتر است، فقط ۱۷٪ از منطقه مستعد حفاظت است. حدود ۱۳٪ از منطقه نیازمند بازسازی است که نشان‌دهنده تخریب پوشش طبیعی و تغییر کاربری در منطقه است.

*پست الکترونیکی مسئول مکاتبات: jaafari@ut.ac.ir

مقدمه

یکی از روش‌های ارزیابی اثرات توسعه بر محیط زیست مدل تخریب است (۳۲). مدل تخریب محیط‌زیست در واقع آثار تجمعی فعالیت‌های انسانی را در مقیاس منطقه‌ای یا آبخیز، تحلیل و مقدار آن را به صورت کمی بیان می‌کند. مدل تخریب در دسته‌بندی کلی مدل‌ها، جزو مدل‌های اطلاعاتی برای مدیریت کلان در منابع طبیعی محسوب می‌شود. این مدل از نوع تجزیه و تحلیل سیستمی است و در ساختار آن از شیوه مدل‌سازی ریاضی بهره گرفته شده است (۱۹).

از دهه ۱۹۹۰ تا به حال، همراه با پیشرفت‌های قابل توجه در بوم‌شناسی سیمای سرزمین، سنجه‌های سیمای سرزمین به ابزارهایی برای برنامه‌ریزی، ارزیابی، پایش الگوی سیمای سرزمین و ارزیابی آثار محیط‌زیستی توسعه تبدیل شده است (۳۶). سنجه‌های سیمای سرزمین الگوریتم‌هایی برای کمی کردن خصوصیات مکانی لکه‌ها، طبقه و موزایک سیمای سرزمین هستند که امکان مقایسه پهنه‌های مختلف با استفاده از یک روش مشابه و مقایسه سیمای سرزمین مشخص با گزینه‌های مختلف زمانی و مکانی را می‌دهد.

مدل تخریب محیط زیست برای اولین بار توسط مخدوم (۱۳) ابداع شد. جوزی و همکاران (۶) به بررسی آثار محیط‌زیستی توسعه شهری و خدماتی در شهر بندرعباس با استفاده از مدل تخریب پرداختند و نتایج این مطالعه نشان داد که از میان ۱۴۹ واحد مطالعاتی، ۱۳۰ واحد نیازمند بازسازی و ۱۸ واحد نیازمند اقدام‌های حفاظتی و در نهایت یک واحد مستعد توسعه هستند. جعفری و همکاران (۵) با استفاده از مدل تخریب دست به تعیین آثار توسعه بر محیط‌زیست استان چهارمحال و بختیاری و بررسی امکان توسعه بیشتر دهستان‌ها زدند و نتایج این مطالعه نشان داد که از نظر شدت تخریب در گذشته، از کل مساحت استان، ۶۴/۴٪ مستعد توسعه بیشتر، ۳۱/۹٪ دارای قابلیت توسعه مشروط به انجام عملیات بهسازی و ۳/۷٪ دارای قابلیت محدود توسعه است. سپهر و همکاران (۹) به ارزیابی کیفیت سرزمین مجموعه حفاظت‌شده توران با استفاده از مدل تخریب پرداخته و سپس،

افزایش روزافزون جمعیت و شهرنشینی در سطح جهانی، فشار بر عرصه‌های طبیعی را افزایش داده و بهره‌برداری بی‌رویه و غیراصولی از اراضی و تغییر کاربری‌ها، باعث عکس‌العمل‌های متفاوت اکوسیستم‌ها شده است (۳۱). این افزایش شهرنشینی در سال ۱۹۵۰ حدود ۳۰ درصد و در سال ۲۰۱۴ حدود ۵۰ درصد بوده و پیش‌بینی می‌شود در سال ۲۰۵۰ به ۶۶ درصد برسد (۴۰).

گسترش شهرنشینی منجر به افزایش فعالیت‌های انسانی مثل تخریب پوشش گیاهی، توسعه کشت غلط و تکنیک‌های نامناسب کشاورزی می‌شود (۲۴). افزایش عمق آثار ناشی از فعالیت‌های انسان موجب شده است که پژواک این فعالیت‌ها در همه مکان‌ها حتی نواحی کاملاً طبیعی (مانند پارک‌های ملی) نیز احساس شود (۲۶). این آثار اغلب به صورت غیرمستقیم و به علت تغییرات روی داده در اراضی مجاور مناطق تحت حفاظت و گاه به صورت مستقیم و از طریق حضور کاربری‌های ناسازگار درون آن‌ها که با هدف اولیه حفاظت در تضاد کامل است، باعث تخریب ساختار سیمای سرزمین و جلوگیری از تحقق اهداف این مناطق می‌شوند (۳۴). چنانچه بخواهیم محیط‌زیست طبیعی را حفظ کرده و نیازهای زیست‌محیطی بشر را برآورده سازیم، برنامه‌ریزی محیطی باید بر اساس کلیه تصمیمات مربوط به توسعه زمین قرار گیرد. برنامه‌ریزی زمین نیازهای مربوط به حفاظت و ارتقای کیفیت محیط را با نیاز مردم به توسعه زمین برای تأمین الزامات مربوط به کاربری زمین مرتبط می‌سازد (۴). آنچه مسلم است، توسعه بدون برنامه‌ریزی میسر نخواهد بود یا حداقل بدون بر جای گذاشتن آثار عمیق و اغلب غیرقابل جبران امکان‌پذیر نیست. از ابزارهای مهم و اساسی برای دستیابی به اهداف توسعه پایدار در محیط‌زیست، می‌توان به ارزیابی توان اکولوژیک و آمایش سرزمین (۱۳) برآورد ظرفیت برد یا حداکثر میزان استفاده از منابع (۱۱) و ارزیابی اثرات زیست‌محیطی طرح‌های توسعه (۱۶) کشاورزی کرد.

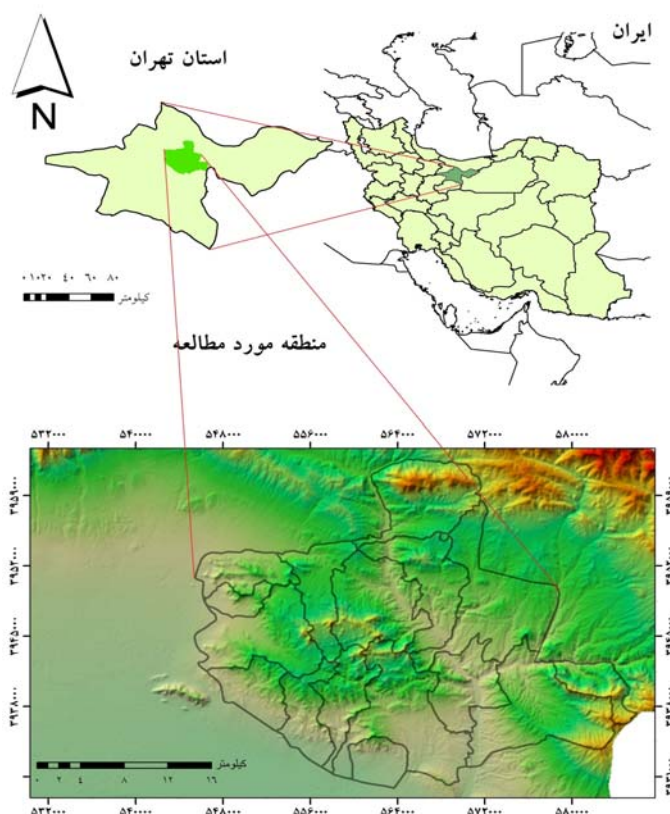
این مطالعه نیز از مدل تخریب سیمای سرزمین به منظور تحلیل تخریب و تعیین میزان آسیب‌پذیری بوم‌شناختی در سطح سیمای سرزمین منطقه حفاظت‌شده جاجرود در استان تهران استفاده شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

وسعت منطقه حفاظت‌شده جاجرود در حدود ۵۵۱۱۸ هکتار با دربرگرفتن دو پارک ملی خجیر با مساحتی برابر ۱۵۷۰ هکتار و سرخه‌حصار با مساحتی برابر ۹۳۸۰ هکتار است. منطقه حفاظت‌شده سرخه‌حصار و جاجرود واقع در شرق تهران منطقه‌ای با پستی و بلندی متعدد است به طوری که پست‌ترین نقاط آن در منتهی‌الیه نواحی جنوبی آن با ارتفاعی حدود ۱۱۵۰ متر و بلندترین نقطه آن آرا کوه با ارتفاعی حدود ۲۵۵۰ متر است (شکل ۱). رودخانه جاجرود از وسط این منطقه عبور می‌کند که از سرشاخه‌های مهم رودخانه جاجرود می‌توان از آب میگون آب آهار، رودخانه نوارک که قبل از سد لتیان به هم پیوسته و در پائین‌دست رودخانه دماوند با سرشاخه‌هایی مانند ایراکریتون در محل ماملو به جاجرود ملحق و در جهت جنوب طی مسیر می‌دهد و پائین‌تر از روستای حمامک در دشت ورامین پخش می‌گردد. به طور کلی منطقه زیر سیطره دو جنس غالب گون و درمنه می‌باشد که در اکثر نواحی غالب است. در این منطقه مجموعاً ۵۱۷ گونه گیاهی و همچنین تعداد ۳۸ گونه از رده پستانداران، تعداد ۱۱۸ گونه از رده پرندگان، تعداد ۲۷ گونه از رده خزندگان، دو گونه دوزیست و هفت گونه ماهی شناسایی شده است (۱۷).

منطقه را به لحاظ کیفیت سرزمین پهنه‌بندی نمود. نتایج این مطالعه نشان داد که ترکیب سطوح حفاظتی سرزمین نقش تعیین‌کننده‌ای در حفظ کیفیت سرزمین ندارند. برای نخستین بار خزایی و آذری دهکردی (۲۸) دست به ابتکار زده و مدل تخریبی با رویکرد سیمای سرزمین را معرفی نمودند که این مدل پس از کالیبره نمودن مدل برای اجرا در ژاپن و افزودن سنجه‌های سیمای سرزمین در ساختار مدل، نسخه دیگری از مدل تحت عنوان مدل تخریب سیمای سرزمین شکل گرفت. شیخ‌گودرزی و همکاران (۱۰) به ارزیابی تخریب سیمای سرزمین حوزه کرگانرود پرداختند و نتایج آن‌ها نشان داد که زیرحوزه‌های آبخیز از نظر شدت و میزان تخریب با یکدیگر متفاوت هستند و همچنین در مجموع ۳۲٪ از مساحت حوزه دارای توان درجه ۱ توسعه، ۲۷٪ دارای توان درجه ۲ توسعه، ۲۱٪ نیازمند بازسازی و ۲۰٪ نیازمند اقدامات حفاظتی بود. ایرانخواهی و جوزی (۳) به ارزیابی تخریب سیمای سرزمین شهرستان شمیرانات با استفاده از شبکه هگزگون پرداختند و نتایج این مطالعه بیانگر این بود که در مجموع، ۷۳٪ از مساحت شهرستان شمیرانات با وضعیت تخریب کم و مستعد توسعه شناسایی است که با رعایت محدودیت‌های اکولوژیکی و حریم‌های (رود دره‌ها، فاصله از گسل‌های اصلی و مناطق حفاظت‌شده) قابل توسعه است. همچنین، ۲۳٪ نیازمند بازسازی و احیاء و ۴٪ نیازمند اقدامات حفاظتی شناسایی شد. آگونم و همکاران (۲۰) به بررسی آثار ناشی از فعالیت‌های انسان بر روی اکوسیستم‌های جنگلی و ارزیابی پیامدهای آن‌ها در حوزه جنگل با استفاده از مدل تخریب پرداختند و نتایج آن‌ها بیانگر کارایی بالای مدل در نشان دادن تخریب بود. در



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه حفاظت شده جاجرود

روش تحقیق

برای انجام این پژوهش از داده‌های تصویر ماهواره‌ای لندست ۵ سنجنده TM با گذر ۱۶۵ و ردیف ۳۵ مربوط به سال ۲۰۱۰ میلادی برای تهیه نقشه کاربری و از نقشه راه‌ها، نقشه توپوگرافی و هیدروگرافی در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ (تهیه شده توسط سازمان نقشه‌برداری کشور) به منظور پهنه‌بندی و انقطاع سرزمین استفاده شد. همچنین از نرم‌افزارهای ENVI[®] 4.7، FRAGSTATS[®] 4 و ArcGIS[®] 10.4 برای پردازش تصاویر و تهیه خروجی و محاسبه نمایه‌ها استفاده شد. پس از تهیه مرز منطقه حفاظت شده جاجرود، با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی و هیدروگرافی، محدوده، زیرحوزه‌ها نیز به روش جهت جریان (۳۵) در محیط ArcGIS تهیه شد. کمی کردن ساختار و محاسبه نمایه‌های سیمای سرزمین نیازمند تهیه نقشه کاربری و پوشش است.

پیش‌پردازش تصویر

لازمه استفاده از تصاویر ماهواره‌ای این است که کیفیت داده‌ها از لحاظ رادیومتری و هندسی قبل از استفاده مورد بررسی قرار گیرد و اطمینان حاصل شود که داده‌ها عاری از هر گونه خطای رادیومتری و هندسی هستند (۱۵). برای تهیه نقشه کاربری اراضی از تصویر ماهواره‌ای، ابتدا تصاویر با استفاده از نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ در نرم‌افزار ENVI و به روش درون‌یابی نزدیک‌ترین همسایه تصحیح هندسی و سپس تصحیح رادیومتری (۲۳) شد.

طبقه‌بندی تصویر

برای تفکیک و شناسایی طبقات کاربری از ترکیب باندهای ۲، ۳ و ۴ تصویر استفاده شد (۳۸) و با استفاده از روش هیبرید (Hybrid)، چهار نوع طبقه کاربری شامل مرتع خوب، مرتع فقیر، باغ و مناطق مسکونی برای منطقه تعریف

نقشه‌های انقطاع تهیه شده (برای هر ۱۶ زیرحوزه) در این مرحله به‌عنوان داده‌های ورودی برای استخراج نمایه‌های سیمای سرزمین و محاسبه پارامترهای مدل (تجزیه و تحلیل سیستمی) مورد استفاده قرار گرفت. پس نقشه هر کدام از زیرحوزه‌ها (زیرحوزه‌ها همان واحدهای کاری می‌باشند) به عنوان ورودی به نرم‌افزار FRAGSTATS معرفی شد و پس از اجرای نرم‌افزار، خروجی‌ها (میزان عددی نمایه‌ها) ذخیره و تفسیر شدند.

مدل ارزیابی تخریب سیمای سرزمین

اولین نسخه از مدل تخریب در ایران توسط مخدوم (۳۲) ارائه شد. در این روش ابتدا با بررسی میدانی کلیه عوامل تخریب در هر واحد کاری شناسایی و اندازه‌گیری و سپس معادله تخریب (رابطه ۱) اجرا می‌شود.

$$H_i = (\Sigma I + DP_i) / V_i \quad [1]$$

در این رابطه؛ H_i به عنوان ضریب تخریب در واحدهای کاری انتخاب شده، ΣI آثار تجمعی عوامل تخریب در گذشته و حال، DP تراکم فیزیولوژیک (نسبت جمعیت به سطح کشتزارها) در واحدهای کاری تا شماره i ، V درجه آسیب‌پذیری زیستگاه در واحد کاری i است.

بر مبنای روش مخدوم (۳۲)، آذری دهکردی (۲۱) مدل تخریب سیمای سرزمین را طبق رابطه ۲ ارائه کرد که در این تحقیق از مدل تخریب سیمای سرزمین جهت ارزیابی تخریب منطقه حفاظت‌شده جاجرود استفاده شد.

$$L_D = \Sigma kI / V_i \quad [2]$$

در این رابطه؛ L_D ضریب تخریب در واحدهای کاری (زیرحوزه‌ها) در سطح سیمای سرزمین، ΣkI نمایه شدت فعالیت‌های انسان در تخریب سیمای سرزمین در هر واحد کاری (زیرحوزه‌ها)، V آسیب‌پذیری بوم‌شناختی تعیین شده در واحد کاری i (زیرحوزه‌ها).

شد. روش هیبرید شامل تلفیق دو روش طبقه‌بندی رقومی و بصری است. در این تحقیق در طبقه‌بندی رقومی از طبقه‌بندی نظارت‌شده و روش حداکثر احتمال استفاده شد (۱۲). پس برای تهیه سه طبقه کاربری مرتع خوب، مرتع فقیر، باغ از روش حداکثر احتمال در نرم‌افزار ENVI استفاده شد. همچنین به دلیل حساسیت تصویر در مورد طبقه مناطق مسکونی از تفسیر بصری و روش کشیدگی کنتراست با استفاده از باندهای ۱، ۴ و ۷ در محیط ArcGIS استفاده شد. دلیل استفاده از باندهای ۱، ۴ و ۷ جهت نمایش بهتر طبقه مناطق مسکونی در تفسیر بصری بود. سپس همه طبقات کاربری با هم تلفیق شده و نقشه کاربری سرزمین نهایی تهیه گردید.

ارزیابی صحت

برای ارزیابی صحت طبقه‌بندی از دو پارامتر صحت کلی (Overall Accuracy) و ضریب کاپا (Kapa Coefficient) استفاده شده است. صحت کلی یکی از ساده‌ترین پارامترهای دقت است که نیاز به عملیات پیچیده‌ای برای محاسبه نداشته و برآوردی کلی از صحت طبقه‌بندی یا به اصطلاح دقیق‌تر، میانگینی از دقت طبقه‌بندی است. ضریب کاپا نیز از ماتریس خطا استخراج می‌شود که صحت طبقه‌بندی را نسبت به یک طبقه‌بندی کاملاً تصادفی محاسبه می‌کند (۸). در نهایت برای ارزیابی صحت نقشه تهیه شده از نقاط برداشت شده با GPS حاصل از کار میدانی استفاده شد (۳۸) تا صحت کلی و ضریب کاپا محاسبه گردد. نمونه‌برداری میدانی در تاریخ ۲۵ اردیبهشت تا ۳۰ خرداد سال ۱۳۹۱ انجام شد که حدود ۸۰ نقطه به صورت تصادفی و با توجه به میسر بودن دسترسی در عرصه میدانی صورت گرفت. در مرحله بعد برای به دست آوردن نقشه میزان انقطاع سیمای سرزمین در محدوده مطالعاتی، از همپوشانی نقشه‌های راه و کاربری سرزمین تهیه شده در محیط Arc GIS استفاده شد (۲۸). نقشه کاربری و راه نشان‌دهنده فعالیت‌های انسانی و توسعه در منطقه هستند که باعث از هم گسیختگی پوشش‌های طبیعی منطقه می‌شود.

مبنای قضاوت در دسته‌بندی بخش‌های سرزمین به‌عنوان طبقه‌های تخریب در مدل ارائه شده همان حفظ ارزش‌های بوم‌شناختی منطقه است.

بر این اساس هرچه اکوسیستم طبیعی منطقه کمتر دستخوش تغییرات شده باشد، در مدل تخریب به‌عنوان طبقه‌های مستعد حفاظت بیشتر شناخته می‌شود. همچنین بخش‌هایی از سرزمین که در سیمای پوششی خود با تخریب و تغییر شدید همراه بوده نیز به عنوان طبقه‌های مستعد توسعه بیشتر در نظر گرفته می‌شوند (۲۱).

در این روش دسته‌بندی و تعیین شدت نمایه فعالیت‌های انسانی، درجه آسیب‌پذیری بوم‌شناختی و حدود طبقه‌های تخریب سیمای سرزمین در این الگو، بر اساس میانه داده‌ها انجام می‌شود (۲۸).

تعیین فهرست فعالیت‌های انسانی در سیمای سرزمین

گسیختگی سیمای سرزمین، یکی از مهم‌ترین فرآیندهایی است که ساختار و عملکرد سیمای سرزمین را تحت تأثیر قرار می‌دهد و سبب تقسیم سرزمین به قطعات کوچک‌تر می‌شود (۳۷). پس از مشخص شدن میزان گسیختگی در سیمای سرزمین، می‌توان به محاسبه نمایه‌ها و شاخص‌های مربوطه پرداخت. نمایه‌های بوم‌شناختی سیمای سرزمین، ابزاری مفید برای ورود دیدگاه‌های اکوسیستمی در برنامه‌ریزی‌های محیط‌زیست محسوب می‌شوند که به کمک این نمایه‌ها می‌توان فرآیندهای سیمای سرزمین را به‌صورت کمی اندازه‌گیری کرد (۲۹). نمایه‌های انتخاب شده به‌عنوان عوامل تخریب سیمای سرزمین در این تحقیق، به شرح جدول ۱ می‌باشد.

جدول ۱. نمایه‌های سیمای سرزمین مورد استفاده در تعیین فهرست فعالیت‌ها (۳۱)

تفسیر	سطح مورد بررسی		علامت اختصاری	نمایه‌های سیمای سرزمین
	سیمای سرزمین	طبقه		
این نمایه تعداد کل لکه‌ها را محاسبه می‌کند (بدون واحد)	*		NP	تعداد لکه
این نمایه میانگین اندازه لکه‌ها را محاسبه می‌کند (هکتار)	*		MPS	میانگین اندازه لکه
این نمایه میانه اندازه لکه‌ها را بر اساس مساحت لکه و معادله آماری میانه محاسبه می‌کند (هکتار)	*		MedPS	میانه اندازه لکه
این نمایه مجموعه محیط کلیه لکه‌ها را محاسبه می‌کند (متر)	*		TE	حاشیه کل
این نمایه معادل طول تمامی حاشیه‌ها تقسیم بر مساحت لکه است (متر/ هکتار)	*		ED	تراکم حاشیه
این نمایه میانگین ابعاد فشردگی لکه را محاسبه می‌کند. میزان این نمایه هرچه به یک نزدیک‌تر باشد، بیان‌کننده یکنواختی بیشتر در لکه خواهد بود (بدون واحد)	*		MFPD	نمایه بعد فرکتال
این نمایه تنوع را در هر پهنه، به‌طور نسبی محاسبه می‌نماید. در سیمای سرزمینی با یک لکه این شاخص برابر ۰ و با افزایش تعداد لکه افزایش می‌یابد (بدون واحد)	*		SDI	نمایه تنوع شنون
شاخص پیچیدگی شکل لکه است و با افزایش بی‌نظمی در شکل مقدار این نمایه افزایش پیدا می‌کند. برای لکه‌های مدور میزان این نمایه برابر ۱ است (بدون واحد)	*		MSI	نمایه شکل

تعیین شدت فعالیت‌های انسانی در سیمای سرزمین

با استفاده از مفاهیم بوم‌شناسی سیمای سرزمین، در ابتدا نمایه‌ها برای هر زیرحوزه تعیین و سپس دامنه هر نمایه به تفکیک زیرحوزه و بر اساس میانه داده‌ها تعیین شد (۲۱). در گام بعدی کد تخریب این نمایه‌ها با یکدیگر جمع و به عنوان مجموعه عوامل تخریب در سیمای سرزمین در نظر گرفته شد. در این روش تعیین شدت تخریب فعالیت‌ها به صورت کیفی و در طبقات چهارگانه، بر اساس تعاریف کانتر (۲۲) و طبقه‌بندی مخدوم (۳۲) از تخریب انجام گرفت.

بزرگی کدهای مربوط به این طبقه‌ها به ترتیب عبارت‌اند از؛ تخریب ناچیز، تخریب متوسط، تخریب شدید، و تخریب خیلی شدید. در نهایت پس از مقایسه ضرایب نمایه‌ها در هر واحد سیمای سرزمین با مقیاس میانه، شدت هر فعالیت در بین واحدهای کاری تعیین شد.

تعیین درجه آسیب‌پذیری بوم‌شناختی در سیمای سرزمین

آسیب‌پذیری درجه‌ای است که یک سیستم، زیر سیستم یا اجزای آن است که بر اثر قرارگیری در برابر عوامل محرک بیرونی عملاً خسارت می‌بیند (۳۹). یکی از راه‌های تعیین آسیب‌پذیری، کمی کردن ساختار سرزمین از طریق استخراج نمایه‌های سیمای سرزمین است (۲۹). بر مبنای اصول بوم‌شناسی سیمای سرزمین، هرچه تعداد لکه‌های یک بوم‌سازگان یا زیرحوزه کمتر باشد و به عبارتی دیگر هرچه کاربری موجود در آن یکنواخت‌تر باشد، آن بوم‌سازگان در معرض آسیب‌پذیری کمتری قرار دارد (۲۵). لذا در مدل تخریب سیمای سرزمین، از نمایه تعداد لکه (NP) جهت تعیین آسیب‌پذیری بوم‌شناختی استفاده شد. برای به دست آوردن مقیاس مناسب جهت تعیین درجه آسیب‌پذیری بوم‌شناختی نیز همانند تفکیک دامنه شدت فعالیت‌ها، از مقیاس میانه داده‌ها استفاده شد. طبقه‌های تعیین شده برای تفکیک آسیب‌پذیری بوم‌شناختی در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲. طبقه‌های آسیب‌پذیری بوم‌شناختی در سیمای سرزمین (۲۸)

کد طبقه	درجه آسیب‌پذیری	دامنه آسیب‌پذیری (تعداد لکه)
V ₄	آسیب‌پذیر	$X \geq Q_3$
V ₃	حساس	$Q_3 > X \geq Q_2$
V ₂	نیمه‌حساس	$Q_2 > X \geq Q_1$
V ₁	مقاوم	$Q_1 > X$

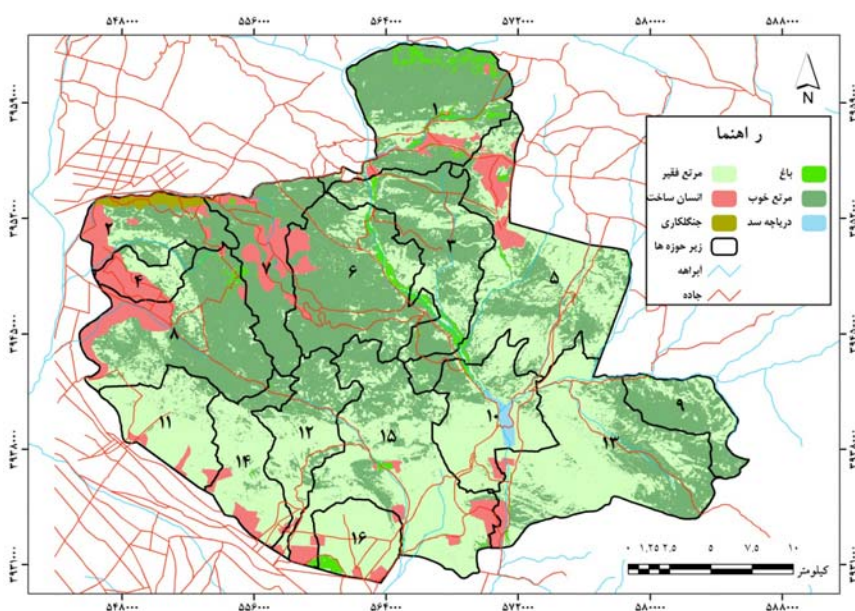
نتایج

پس از زمین مرجع نمودن تصویر با نقشه توپوگرافی، خطای میانگین ریشه مربعات ۰/۴۲ پیکسل به دست آمد. نقشه کاربری تهیه شده شامل شش طبقه مرتع خوب، مرتع فقیر، باغ، جنگل دست‌کاشت، مناطق انسان‌ساخت و دریاچه سد ماملو بود که برای محاسبه نمایه‌های سیمای سرزمین از آن استفاده شد (شکل ۲). نتایج ارزیابی صحت تصویر شامل صحت کلی ۸۳/۲۵ و شاخص کاپای ۸۲/۴۹ بدست آمد.

پارامترهای مدل و تعیین حدود طبقات تخریب در

سیمای سرزمین (L_D)

نقشه گسستگی سیمای سرزمین حاصل از همپوشانی نقشه‌های راه و کاربری سرزمین در منطقه حفاظت شده جاجرود در شکل ۲ آورده شده است. با استفاده از این نقشه، نمایه‌های مختلف برای پهنه‌های مورد بررسی استخراج و بر اساس میانه در چهار گروه کیفی دسته‌بندی شدند که نتایج آن در جدول ۳ و به تفکیک هر زیرحوزه ارائه شده است.



شکل ۲. نقشه گسیختگی سیمای سرزمین در منطقه حفاظت شده جاجرد

جدول ۳. دسته‌بندی نمایه‌های سیمای سرزمین به تفکیک زیرحوضه‌ها

نمایه‌های ترکیب				نمایه‌های ساختاری				شماره زیرحوضه
NP	MPS	MedPS	ED	TE	MFPD	MSI	SDI	
$X_4 \geq 165/0$	$X_1 \geq 117$	$X_1 \geq 1/49$	$X_4 \geq 2/62$	$X_4 \geq 39100$	$X_4 \geq 1/04$	$X_4 \geq 1/24$	$X_4 \geq 0/93$	۱
$>X_3 \geq 584$	$>X_2 \geq 107$	$>X_2 \geq 1/37$	$>X_3 \geq 1/54$	$>X_3 \geq 230130$	$>X_3 \geq 1/04$	$>X_3 \geq 1/23$	$>X_3 \geq 0/77$	
$>X_2 \geq 3370$	$>X_3 \geq 170$	$>X_3 \geq 1/21$	$>X_2 \geq 0/95$	$>X_2 \geq 141970$	$>X_2 \geq 1/04$	$>X_2 \geq 1/21$	$>X_2 \geq 0/75$	
$>X_1$	$>X_4$	$>X_4$	$>X_1$	$>X_1$	$>X_1$	$>X_1$	$>X_1$	
شدت	شدت	شدت	شدت	شدت	شدت	شدت	شدت	شدت
کمیت	کمیت	کمیت	کمیت	کمیت	کمیت	کمیت	کمیت	کمیت
۹۱۵ I ₄	۶۵۹ I ₄	۱/۱ I ₄	۲/۶۱ I ₃	۳۸۹۳۱۰ I ₃	۱/۰۴ I ₂	۱/۲۲ I ₂	۰/۹۱ I ₃	۱
۳۲۲ I ₁	۹/۱ I ₁	۱/۵۲ I ₁	۱/۰۵ I ₂	۱۵۶۴۵۰ I ₂	۱/۰۴ I ₃	۱/۲۴ I ₃	۱/۲۷ I ₄	۲
۷۶۵ I ₃	۶/۷۴ I ₄	۱/۳۵ I ₃	۲/۶۳ I ₄	۳۹۲۷۹۰ I ₄	۱/۰۴ I ₃	۱/۲۶ I ₄	۰/۷۶ I ₂	۳
۱۴۳ I ₁	۹/۳۶ I ₁	۱/۵۶ I ₁	۰/۳۸ I ₁	۵۶۶۷۰ I ₁	۱/۰۴ I ₁	۱/۲۴ I ₃	۱/۰۳ I ₄	۴
۱۴۱۴ I ₄	۵/۹۴ I ₄	۰/۹۹ I ₄	۴/۷۹ I ₄	۷۱۴۲۷۰ I ₄	۱/۰۴ I ₄	۱/۲۵ I ₃	۰/۹۶ I ₄	۵
۷۹۴ I ₃	۸/۰۷ I ₂	۱/۳۵ I ₃	۲/۳۲ I ₃	۳۴۵۹۰۰ I ₃	۱/۰۴ I ₃	۱/۲۳ I ₂	۰/۷۷ I ₂	۶
۱۹۶ I ₁	۱۹ I ₁	۳/۸۱ I ₁	۰/۶۲ I ₁	۹۲۲۲۰ I ₁	۱/۰۴ I ₄	۱/۲۳ I ₃	۰/۷۲ I ₁	۷
۸۱۶ I ₃	۷/۸۶ I ₃	۱/۳۱ I ₃	۲/۵۹ I ₃	۳۸۷۰۳۰ I ₃	۱/۰۴ I ₃	۱/۲۴ I ₃	۰/۹۵ I ₄	۸
۲۶۹ I ₁	۸/۲۷ I ₂	۱/۳۸ I ₂	۱/۰۲ I ₂	۱۵۱۳۸۰ I ₂	۱/۰۴ I ₃	۱/۲۶ I ₄	۰/۶۰ I ₁	۹
۵۸۴ I ₃	۷/۲ I ₃	۱/۴۴ I ₂	۱/۵۴ I ₃	۲۳۰۱۳۰ I ₃	۱/۰۳ I ₁	۱/۱۹ I ₁	۰/۷۸ I ₃	۱۰
۳۵۱ I ₂	۸/۸۲ I ₁	۱/۴۷ I ₂	۰/۸۵ I ₁	۱۲۷۵۶۰ I ₁	۱/۰۴ I ₂	۱/۲۱ I ₁	۰/۵۰ I ₁	۱۱
۴۸۴ I ₂	۶/۷۶ I ₃	۱/۱۳ I ₄	۱/۵۴ I ₂	۲۲۹۲۰۰ I ₂	۱/۰۴ I ₄	۱/۲۵ I ₄	۰/۷۵ I ₂	۱۲
۱۳۱۳ I ₄	۶/۵۷ I ₄	۱/۱ I ₄	۳/۸۳ I ₄	۵۷۱۳۸۰ I ₄	۱/۰۳ I ₁	۱/۲ I ₁	۰/۷۷ I ₃	۱۳
۳۷۴ I ₂	۸/۵۸ I ₂	۱/۷۲ I ₁	۰/۸۹ I ₁	۱۳۲۱۲۰ I ₁	۱/۰۴ I ₂	۱/۲۱ I ₁	۰/۷۵ I ₁	۱۴
۱۰۰۵ I ₄	۸/۴۷ I ₂	۱/۴۱ I ₂	۳/۱۹ I ₄	۴۷۶۲۵۰ I ₄	۱/۰۴ I ₁	۱/۲۲ I ₂	۰/۸۴ I ₃	۱۵
۸۱ I ₁	۲/۷۵ I ₁	۴/۴۱ I ₁	۰/۲۱ I ₁	۳۱۹۵۰ I ₁	۱/۰۴ I ₄	۱/۲۳ I ₃	۰/۵۲ I ₂	۱۶

گردید (جدول ۴). پس از محاسبه عدد تخریب به عنوان ضریب فرو افت برای هر زیرحوزه، از میانه ضرایب برای دسته‌بندی واحدهای کاری استفاده شد (۲۱ و ۳۲).

در گام بعد با استفاده از نتایج جدول ۳، نمایه‌های درجه پذیری بوم‌شناختی، شدت فعالیت‌ها و اعداد تخریب در سیمای سرزمین (LD) به تفکیک زیرحوزه‌های مطالعاتی محاسبه

جدول ۴. تعیین شدت فعالیت، درجه آسیب‌پذیری و میزان تخریب در سیمای سرزمین

ضرایب	عدد تخریب (LD)	درجه آسیب‌پذیری (V)	شدت فعالیت (ΣkI)
۱	۲۵	۱	۲۵
۲	۴/۷۵	۴	۱۹
۳	۱۳/۵	۲	۲۷
۴	۳/۲۵	۴	۱۳
۵	۳۱	۱	۳۱
۶	۱۰/۵	۲	۲۱
۷	۳/۲۵	۴	۱۳
۸	۱۲/۵	۲	۲۵
۹	۳/۷۵	۴	۱۵
۱۰	۹/۵	۲	۱۹
۱۱	۳/۶۷	۳	۱۱
۱۲	۷/۶۷	۳	۲۳
۱۳	۲۵	۱	۲۵
۱۴	۳/۶۷	۳	۱۱
۱۵	۲۲	۱	۲۲
۱۶	۳/۵	۴	۱۴

شماره زیرحوزه

۵ با میزان ۳۱ در منطقه دارای بالاترین عدد تخریب (جدول ۴) سیمای سرزمین است و همچنین زیر حوزه‌های ۱، ۱۳ و ۱۵ بعد از آن قرار دارند و به ترتیب دارای اعداد ۲۵، ۲۵ و ۲۲ هستند. در نتیجه برای حفظ محیط‌زیست موجود منطقه و رفع نیازهای توسعه بهتر است از این محدوده‌ها که دارای سیمای سرزمین تکه‌تکه شده شدید هستند استفاده نمود. زیرا عده‌های بالای تخریب سیمای سرزمین نشان‌دهنده حضور مؤثر انسان و لذا دسترسی‌های بهتر و وجود زیرساختارهای توسعه مانند آب، برق و راه‌های دسترسی است. البته گاهی حضور انسان در این مناطق به صورت برداشت بی‌رویه از گیاهان دارویی منطقه (پوشش طبیعی منطقه) و تعلیف دام و یا ساخت و ساز غیرقانونی است.

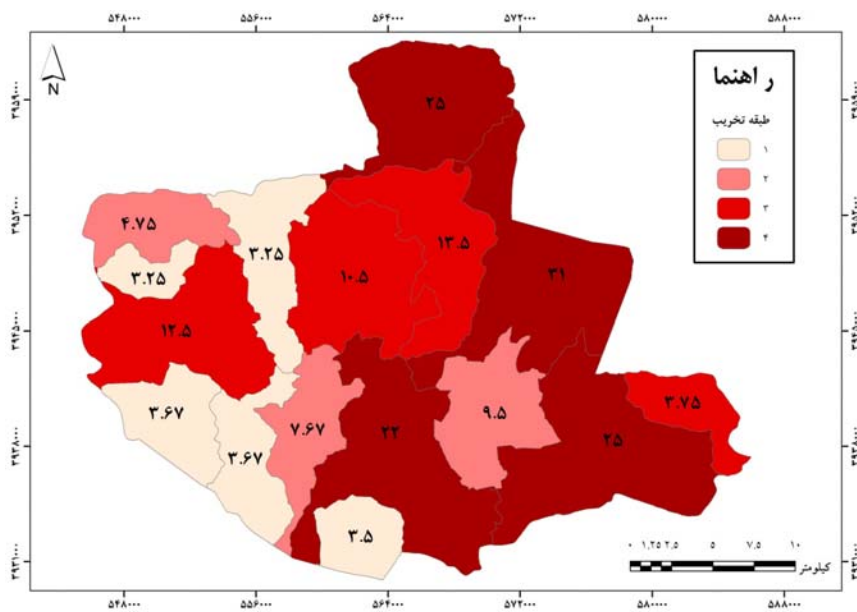
در این تحقیق جهت رویکرد تحلیلی تخریب سرزمین، از نمایه‌ها در سطح سیمای سرزمین استفاده شد. رویکرد منطقی الگوی ارزیابی سیمای سرزمین، در دسته‌بندی و تعیین اولویت واحدهای کاری برمبنای تخریب در اکوسیستم استوار است (۲۱). بر این اساس طبقه‌بندی زیرحوزه‌ها به درجاتی از توسعه و حفاظت، با توجه به میزان تخریب در سیمای سرزمین (LD) انجام گرفت. به کمک مدل تخریب، سلسله مراتب حاکم بین زیرحوزه‌های منطقه مورد مطالعه با توجه به جدول ۴ سلسله مراتب شدت تخریب در بین زیرحوزه‌های منطقه بر مبنای نمایه‌های سیمای سرزمین عبارت است از؛ ۴ و ۷ > ۱۶ > ۱۱ و ۱۴ > ۲ > ۱۲ > ۱۰ > ۶ > ۸ > ۳ > ۱۵ > ۱ و ۱۳ > ۵. مثلاً به کمک این مدل مشخص می‌شود که زیر حوزه‌های

متقابلاً زیر حوزه‌های ۱۶، ۷ و ۴ به ترتیب ارزش‌های ۳/۵، ۳/۵ و ۳/۲۵ هستند که نشان می‌دهد که این زیرحوزه‌ها دارای کمترین تکه‌تکه‌شدگی می‌باشند که با توجه به بازدید از منطقه مورد مطالعه، دلیل آن عدم دسترسی انسانی به این مناطق است. ولی برای اینکه از این اعداد در برنامه‌ریزی محیط‌زیست به عنوان یک سامانه پشتیبانی تصمیم‌گیری استفاده شود، باید شدت و دسته‌ای که هر عدد به آن متعلق است مشخص گردد. پس اعداد مربوط به تخریب سیمای سرزمین در جدول ۵ مشخص کننده وضعیت تخریب محیط‌زیست زیرحوزه‌های منطقه هستند. در مرحله بعد اعداد تخریب، بر اساس منطق استانداردسازی تقسیم‌بندی (۳۲، ۴۱ و ۴۲) شدند (اعداد بر اساس چهارک به چهار گروه طبقه‌بندی می‌شوند) تا برای استفاده در سامانه پشتیبانی تصمیم‌گیری در برنامه‌ریزی محیط‌زیست آماده گردند (جدول ۵). همچنین در شکل ۳، طبقات تخریب به صورت مکانی نقشه‌سازی شده است. هدف از این فرآیند نشان دادن هم‌زمان دسته‌ای است که L_D به آن دسته تعلق دارد و نشان‌دهنده درجه یا شدتی است که به آن طبقه تعلق

دارد. با رتبه‌بندی اولیه‌ای که به این طریق به دست می‌آید، می‌توان زیر حوزه‌هایی را که برای فعالیت‌های بازگردانی مناسب هستند شناسایی نمود و سپس برای هر زیر حوزه برنامه‌ریزی انجام داد (جدول ۵). بر این مبنای، برنامه‌ریزی محیط‌زیستی باید متناسب با فعالیتی باشد که درون هر یک از زیر حوزه‌ها در حال انجام است یا قرار است که انجام گیرد (۴۳). همچنین نتایج نشان داد که حدود ۶۸٪ از منطقه مستعد توسعه یا توسعه بیشتر است و فقط ۱۷٪ از منطقه مستعد حفاظت است. این در حالی است که حدود ۱۳٪ از منطقه نیازمند بازسازی است (جدول ۵). درصد‌های پایین طبقه نیازمند بازسازی و مستعد حفاظت نشان می‌دهد که این منطقه حفاظت‌شده است و از سویی حتی این میزان کم نیز نباید در این مناطق باشد. کم‌ترین و بیشترین سطح از مساحت منطقه حفاظت شده جاجرود به ترتیب مربوط به طبقات L_{D2} (۱۳/۷۳٪) و L_{D4} (۴۱/۷۷٪) است. سهم ۴۱٪ طبقه L_{D4} از سطح منطقه، بیان‌کننده وقوع تخریب و ایجاد تغییرات عمده در سیمای سرزمین حوزه است (جدول ۵).

جدول ۵. دسته‌بندی واحدهای مطالعاتی بر اساس ضریب تخریب سیمای سرزمین

کد طبقه	مساحت (هکتار)	تناسب توسعه و حفاظت	دامنه تخریب	درصد
L_{D1}	۱۳۵۲۷/۸۲	مستعد حفاظت	$X > ۳/۶۷$	۱۷/۸۴
L_{D2}	۱۰۴۱۰/۷۷	نیازمند بازسازی	$۸/۵۸ > X \geq ۳/۶۷$	۱۳/۷۳
L_{D3}	۲۰۲۲۵/۳۶	مستعد توسعه	$۱۵/۶ > X \geq ۸/۵۸$	۲۶/۶۷
L_{D4}	۳۱۶۸۴/۱۵	مستعد توسعه بیشتر	$X \geq ۱۵/۶$	۴۱/۷۷



شکل ۳. نقشه طبقات تخریب به همراه با میزان عددی در منطقه حفاظت شده جاجرود

زیرحوزه‌های شماره ۱۰، ۱۲ و ۲ در طبقه L_{D2} قرار گرفته‌اند که باید از نظر بازسازی در منطقه نیازمند توجه می‌باشند. در نهایت زیرحوزه‌های شماره ۴، ۷، ۱۱، ۱۴ و ۱۶ در طبقه L_{D1} قرار می‌گیرند که دارای بیشترین تناسب برای حفاظت هستند و باید از دیدگاه حفاظتی به ویژه حفاظت اکولوژیکی مورد توجه قرار بگیرند (شکل ۳؛ جدول ۶).

نتایج میزان تناسب توسعه و حفاظت بر مبنای دامنه تخریب سیمای سرزمین در زیرحوزه‌های منطقه حفاظت شده جاجرود نشان می‌دهد که زیرحوزه‌های شماره ۱، ۵، ۱۳ و ۱۵ در طبقه L_{D4} قرار دارند که دارای بیشترین تناسب برای توسعه هستند. همچنین زیرحوزه‌های شماره ۹، ۸، ۶ و ۳ در طبقه L_{D3} قرار گرفته‌اند که برای توسعه مستعد هستند. از سویی

جدول ۶. درجه‌های تخریب در سیمای سرزمین

شماره زیرحوزه	مساحت (هکتار)	کد طبقه	شماره زیرحوزه	مساحت (هکتار)	کد طبقه
۹	۲۲۳۷/۲۳	L_{D3}	۱	۶۱۰۲/۳۵	L_{D4}
۱۰	۴۲۰۴/۷۶	L_{D2}	۲	۲۹۳۳/۶۳	L_{D2}
۱۱	۳۱۰۱/۶۳	L_{D1}	۳	۵۱۶۵/۱۵	L_{D3}
۱۲	۳۲۷۲/۳۸۰	L_{D2}	۴	۱۳۳۹/۲۲	L_{D1}
۱۳	۸۶۴۴/۳۳	L_{D4}	۵	۸۴۱۹/۴۹	L_{D4}
۱۴	۳۲۰۸/۶۱	L_{D1}	۶	۶۴۰۸/۳	L_{D3}
۱۵	۸۵۱۷/۹۸	L_{D4}	۷	۳۷۳۳/۷۴	L_{D1}
۱۶	۲۱۴۴/۶۲	L_{D1}	۸	۶۴۱۴/۶۸	L_{D3}

آسیب‌پذیری بوم‌شناختی در سطح سیمای سرزمین منطقه حفاظت شده جاجرود است. نتایج این مطالعه نشان‌دهنده

بحث و نتیجه‌گیری

هدف از انجام این پژوهش تحلیل تخریب و تعیین میزان

تخریب پوشش طبیعی و تغییر کاربری بوده است که با نتایج مطالعه جعفری و همکاران (۲۷) همسو است. جعفری و همکاران (۲۷) در مطالعه‌ای با هدف بررسی تغییرات کاربری در منطقه حفاظت شده جاجرود، به این نتیجه رسید که بیشترین کاهش کاربری چه از لحاظ درصد و چه از لحاظ مساحت مربوط به کاربری مرتع خوب بوده است که بیانگر تخریب و تغییر کاربری پوشش مرتع خوب در منطقه حفاظت شده جاجرود است. همچنین مطالعه جعفری نشان داد که کاربری مسکونی در طول دوره مطالعه روندی افزایشی داشته و بیشترین درصد افزایش میان کاربری‌های منطقه، مربوط به کاربری مسکونی بوده است. در صورت عدم مدیریت صحیح منطقه، این تغییرات می‌تواند موجب کاهش سطح طبیعی و تغییر کارکرد منطقه و همچنین کاهش تنوع زیستی منطقه شود که این روند مخالف با اهداف حفاظتی آن‌ها است.

در انجام پژوهش حاضر از نسخه سیمای سرزمین ارائه شده برای مدل تخریب استفاده شد. به منظور عینی‌سازی آثار فعالیت‌ها و نتایج تخریب در سرزمین، شیوه‌های متفاوتی توسط پژوهشگران مورد استفاده قرار گرفته است. بررسی پژوهش‌های صورت گرفته، بیان‌کننده رویکردهای متفاوت دسته‌بندی زیرحوزه‌ها و تعیین عوامل تأثیرگذار بر تخریب و تغییرات سرزمین است. نوری (۱۸) برای تعیین مرز، حوزه‌های سیاسی را به‌عنوان واحد کاری در نظر گرفت. مخدوم و منصوری (۱۴) نیز واحد کاری منطقه مطالعاتی خود را بر اساس شبکه‌بندی UTM قرار دادند. در این مطالعه از زیرحوزه‌های آبخیز به‌عنوان واحد کاری استفاده شد.

همچنین استفاده از نمایه‌های سیمای سرزمین توسط سایر پژوهشگران (۲۱ و ۲۸) به‌عنوان رویکردی متفاوت در کمی‌سازی و تحلیل تخریب سرزمین مطرح می‌باشند. نتایج پژوهش‌های آذری دهکردی (۲۱)، ارائه یک سامانه پشته‌توانه تصمیم‌گیری سریع برای ارزیابی پیامد فعالیت‌ها در تخریب حوزه سیمای سرزمین، تحت عنوان مدل تخریب سیمای سرزمین است که به‌عنوان مبنا در سایر پژوهش‌ها (۱ و ۲۸) استفاده شد.

تفاوت دو مدل تخریب سرزمین (قدیمی) و سیمای سرزمین (جدید) در تعیین شدت نمایه فعالیت انسانی، آسیب‌پذیری بوم‌شناختی و آستانه طبقه‌های تخریب است. در روش تخریب سرزمین (روش قدیمی)، فهرست و شدت برای نمایه‌های فعالیت انسانی بر اساس کار میدانی و نظر کارشناسی تعیین شده است (۲). در روش قدیمی، تراکم فیزیولوژیک جمعیت به‌عنوان اهمیت تقاضای استفاده از اراضی کشاورزی به صورت مشخصه‌ای جدا از سایر فعالیت‌ها بررسی می‌شود. دامنه طبقه‌های تخریب در روش قدیمی بر اساس منطق فازی تعیین شده است (۷). در این روش (مدل تخریب سیمای سرزمین) از نمایه‌های سیمای سرزمین به‌عنوان مؤلفه‌های تخریب به‌طور کامل بهره گرفته می‌شود. از نمایه‌های سیمای سرزمین می‌توان در برنامه‌ریزی برای منابع طبیعی و کاربری پایدار زمین استفاده کرد. در عمل نمایه‌های سیمای سرزمین به عنوان شاخص‌های کمی ساز محیط‌زیست مطرح می‌شوند (۳۰). ابزار تصمیم‌گیری در مدل تخریب سیمای سرزمین بر اساس نمایه‌های شدت، آسیب‌پذیری بوم‌شناختی و اعداد تخریب (LD)، دامنه و آستانه‌های تعیین شده توسط نمایه‌ها در سطوح مختلف سیمای سرزمین است (۴۴). یکی از مزیت‌های ارزیابی به کمک نمایه‌های سیمای سرزمین، آگاهی از میزان شدت تخریب در سیمای سرزمین در کوتاه‌ترین زمان ممکن با داده رقومی است که قابل مقایسه با تکرار مطالعه در آینده است. از سوی دیگر، در مدل تخریب سیمای سرزمین جهت تعیین سلسله مراتب تخریب بین واحدهای کاری (زیرحوزه‌ها)، حداقل نظرهای کارشناسی قابل اعمال است که با استفاده از نتایج به دست آمده از سلسله مراتب تخریب بین واحدهای کاری می‌توان به برنامه‌ریزی نزدیک‌تر به وضع موجود در محیط دست پیدا کرد. همچنین با رتبه‌بندی اولیه‌ای که از روش مدل تخریب سیمای سرزمین به دست می‌آید، می‌توان اولویت‌هایی را برای شروع پروژه‌های علمی حفاظت و بازگردانی بوم‌شناختی بر اساس میزان تخریب در پهنه‌ها مشخص نمود. (۱). برای بهبود این مدل پیشنهاد می‌شود که حد آستانه‌ها در

- حوزه‌ها و زیرحوزه‌ها برای هر کاربری به ویژه کاربری شهری و کشاورزی از لحاظ مساحت تعیین شود و همچنین بعد اقتصادی اجتماعی مدل بیشتر مورد توجه قرار گیرد تا در نهایت بتوان به شیوه‌ای سازگارتر در تصمیم‌گیری‌ها گنجانده شوند. به نظر می‌رسد که تعیین آستانه‌ها برای هر کشور و منطقه نیازمند مطالعه و تحقیق جداگانه‌ای است و کماکان تجربیات تحقیقات نشان داده است که این امر امکان‌پذیر است. هرچند تاکنون چنین مطالعه‌ای در کشور انجام نشده است ولی برای ساختن مدل‌های تخریب محیط‌زیست با صحت و دقت بیشتر، این امر ضروری است. همچنین از دیدگاه متخصصان محیط‌زیست باید فاکتورهای اقتصادی اجتماعی بیشتر در مدل‌سازی‌ها گنجانده شود تا نتایج مدل با توجه به وضع موجود، واقعی‌تر ارائه گردد.
- منابع مورد استفاده**
- آذری دهکردی، ف. و ن. خزاعی. ۱۳۸۸. سامانه پستوانه تصمیم‌گیری سریع برای ارزیابی پیامد فعالیت‌ها در تخریب سیمای سرزمین حوزه آبخیز سفارود. محیط‌شناسی، ۳۵(۵۰): ۶۹-۸۰.
 - اسلامی، ل. ۱۳۸۰. ارزیابی آثار توسعه بر محیط زیست پیرامون دریاچه ارومیه با کاربرد مدل تخریب. پایان‌نامه کارشناسی ارشد گروه محیط‌زیست، دانشگاه تهران. ۲۵۰ صفحه.
 - ایرانخواهی، م. و س.ع. جوزی. ۱۳۹۵. رویکرد شبکه‌بندی هگزاگون در ارزیابی تخریب سیمای سرزمین (مورد مطالعه: شهرستان شمیرانات). آمایش سرزمین، ۸(۲): ۲۲۹-۲۵۰.
 - بیر، ا. و ک. هیگینز. ۱۳۹۳. برنامه‌ریزی محیطی برای توسعه زمین. ترجمه: سید حسین بحرینی و کیوان کریمی. انتشارات دانشگاه تهران، ۵۰۲ صفحه.
 - جعفری، ع.، ن. یارعلی و س. آزادگان دهکردی. ۱۳۹۳. ارزیابی اثرات توسعه بر محیط زیست استان چهار محال و بختیاری و تعیین اولویت دهستان‌ها برای توسعه با استفاده از مدل تخریب. جغرافیا و آمایش شهری- منطقه‌ای، ۴(۱۳): ۱۰۷-۱۱۸.
 - جوزی، س.ع.، س. رضایان، م. ایرانخواهی و ف. دبیری. ۱۳۹۲. بررسی آثار محیط زیستی توسعه شهری و خدماتی در شهر بندرعباس با به کارگیری مدل تخریب و پیشنهاد راهکارهای مدیریتی. آمایش سرزمین، ۵(۲): ۳۱۷-۳۳۴.
 - چمنی، ع.، م. مخدوم فرخنده، م. جعفری، ن. خراسانی و م. چراغی. ۱۳۸۴. ارزیابی آثار توسعه بر محیط زیست استان همدان با کاربرد مدل تخریب. محیط‌شناسی، ۳۱(۳۷): ۳۵-۴۴.
 - رحیم‌زادگان، م. و م. پورغلام. ۱۳۹۵. تعیین سطح ریز کشت گیاه زعفران با استفاده از تصاویر لندست (مطالعه موردی: شهرستان تربت حیدریه). سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۷(۴): ۹۷-۱۱۵.
 - سپهر، ح.، م. مخدوم، ش. فریادی و م. رضایی مهریان. ۱۳۹۴. ارزیابی کیفیت سرزمین در مناطق حفاظت شده با استفاده از مدل تخریب (مطالعه موردی: مجموعه حفاظت شده توران). پژوهش‌های محیط زیست، ۶(۱۱): ۱۱۹-۱۳۰.
 - شیخ‌گودرزی، م.، ا. علیزاده شعبانی، ع. سلمان ماهینی و ج. فقهی. ۱۳۹۱. ارزیابی آثار توسعه بر محیط زیست حوزه کرگانرود با کاربرد مدل تخریب سیمای سرزمین. محیط زیست طبیعی، ۶۵(۲): ۲۲۳-۲۳۴.
 - طیبیان، م.، ا. ستوده، ک. شایسته و ر. چلبیانلو. ۱۳۸۶. جستاری بر مفاهیم و روش‌های برآورد کمی ظرفیت بر دو ارایه یک نمونه کاربردی بر پایه تجزیه برنامه‌ریزی راهبردی توسعه گردشگری دره عباس‌آباد- گنجانمه همدان. هنرهای زیبا، ۲۹: ۱۷-۲۸.
 - کریمی فیروزجایی، م. و م. کیاورز مقدم. ۱۳۹۵. بررسی ارتباط بین دما، شار تابش خالص با خصوصیات بیوفیزیکی و کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸. سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۷(۴): ۷۹-۹۶.
 - مخدوم، م. ۱۳۹۳. شالوده آمایش سرزمین. انتشارات دانشگاه تهران. ۳۰۰ صفحه.
 - مخدوم، م. و م. منصور. ۱۳۷۸. بررسی و شناخت اثرات توسعه بر محیط زیست هرمزگان به روش مدل تخریب. محیط‌شناسی، ۲۵(۲۳): ۴۹-۵۶.
 - مکرونی، س.، غ. سبزقایی، ش. یوسفی‌خانقاه و س. سلطانیان. ۱۳۹۵. آشکارسازی روند تغییرات کاربری اراضی تالاب

26. Green DG, Klomp N, Rimmington G, Sadedin S. 2006. Complexity in Landscape Ecology. Springer, New York. 208 pp.
27. Jaafari S, Sakieh Y, Shabani AA, Danehkar A, Nazarisamani A-a. 2016. Landscape change assessment of reservation areas using remote sensing and landscape metrics (case study: Jajroud reservation, Iran). *Environment, Development and Sustainability*, 18(6): 1701-1717.
28. Khazaei N, Azari-Dehkordi F. 2008. Forest landscape degradation assessment in Dokeh watershed, Iran. *Journal of International Environmental Application & Science*, 3(2): 91-100.
29. Lausch A, Herzog F. 2002. Applicability of landscape metrics for the monitoring of landscape change: issues of scale, resolution and interpretability. *Ecological Indicators*, 2(1): 3-15.
30. Leitao AB, Miller J, Ahern j, McGarigal K. 2006. *Measuring Landscapes: A Planners Handbook*. Island Press, Washington D C. 250 pp.
31. Lu D, Weng Q. 2007. A survey of image classification methods and techniques for improving classification performance. *International Journal of Remote Sensing*, 28(5): 823-870.
32. Makhdoum MF. 2002. Degradation model: a quantitative EIA instrument, acting as a Decision Support System (DSS) for environmental management. *Environmental Management*, 30(1): 151-156.
33. 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 pp.
34. Mo W, Wang Y, Zhang Y, Zhuang D. 2017. Impacts of road network expansion on landscape ecological risk in a megacity, China: A case study of Beijing. *Science of the Total Environment*, 574: 1000-1011.
35. Pei T, Qin C-Z, Zhu A-X, Yang L, Luo M, Li B, Zhou C. 2010. Mapping soil organic matter using the topographic wetness index: a comparative study based on different flow-direction algorithms and kriging methods. *Ecological Indicators*, 10(3): 610-619.
36. Peng J, Wang Y, Zhang Y, Wu J, Li W, Li Y. 2010. Evaluating the effectiveness of هورالعظیم با استفاده از تکنیک سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی. *سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی*، ۷(۳): ۸۹-۹۹.
۱۶. منوری، س. م. ۱۳۸۴. ارزیابی اثرات زیست محیطی. *نشر میترا*، ۴۶۲: صفحه.
۱۷. مهندسین مشاور بوم آباد. ۱۳۸۰. مطالعه طرح مدیریت زیست محیطی منطقه جاجرود. جلد دهم. سازمان حفاظت محیط زیست (دفتر زیستگاه‌ها و امور مناطق). ۱۹۳: صفحه.
۱۸. نوری، ع. ا. ۱۳۷۶. مطالعه آثار توسعه بر محیط زیست در استان کرمانشاه با استفاده از مدل تخریب. پایان‌نامه کارشناسی ارشد گروه محیط زیست، دانشگاه تهران. ۱۹۷: صفحه.
۱۹. یارعلی، ن.، ع. سلطانی، ع. جعفری، د. مافی غلامی و م. محمودی. ۱۳۸۹. ارزیابی اثرهای محیط زیستی توسعه (EIA) بر منطقه حفاظت شده اشترانکوه با استفاده از مدل تخریب. پژوهش‌های محیط زیست، ۱۱(۱): ۱۳-۲۲.
20. Aghnoum M, Fegghi J, Makhdoum M, Jabbarian Amiri B. 2014. Assessing the environmental impacts of forest management plan based on matrix and landscape degradation model. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 16(4): 841-850.
21. Azaridehkordi F. 2005. Environmental Impact Assessment of Dams in Japan and Iran: a Landscape Ecological Modeling Perspective. PhD Thesis, Hiroshima University. 358 pp.
22. Canter LW. 1996. *Environmental Impact Assessment*. Mc Graw- Hill, New York. 660 pp.
23. Chander G, Markham B. 2003. Revised Landsat-5 TM radiometric calibration procedures and postcalibration dynamic ranges. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 41(11): 2674-2677.
24. Gavrilidis AA, Ciocanea CM, Niaa MR, Onosea DA, Nastase I. 2016. Urban Landscape Quality Index – planning tool for evaluating urban landscapes and improving the quality of life. In: *International Conference – Environment at a Crossroads: SMART approaches for a sustainable future*. Procedia Environmental Sciences, Bucharest, 12-15 November, 155 – 167.
25. Gergel SE, Turner MG. 2002. *Learning Landscape Ecology: A Practical Guide to Concepts and Techniques*. Springer, New York. 316 pp.

- landscape metrics in quantifying spatial patterns. *Ecological Indicators*, 10(2): 217-223.
37. Randolph J. 2004. *Environmental Land use Planning and Management*. Island press, Washington D C. 664 pp.
 38. Schulz JJ, Cayuela L, Echeverria C, Salas J, Benayas JMR. 2010. Monitoring land cover change of the dryland forest landscape of Central Chile (1975–2008). *Applied Geography*, 30(3): 436-447.
 39. Turner BL, Kasperson RE, Matson PA, McCarthy JJ, Corell RW, Christensen L, Eckley N, Kasperson JX, Luers A, Martello ML. 2003. A framework for vulnerability analysis in sustainability science. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 100(14): 8074-8079.
 40. United Nations. 2014. *World Urbanization Prospects: The 2014 Revision, Highlights (ST/ESA/SER.A/352)*. Department of Economic and Social Affairs, Population Division. 32 pp.
 41. Zadeh LA. 1965. Fuzzy sets. *Information and Control*, 8(3): 338-353.
 42. Zadeh LA. 1975. Fuzzy logic and approximate reasoning. *Synthesissn*, 30(3-4): 407-428.
 43. Zeilinski J. 2002. *Watershed vulnerability analysis*, Center for Watershed Protection, Ellicott City, MD. 22 pp.
 44. Zeng H, Wu XB. 2005. Utilities of edge-based metrics for studying landscape fragmentation. *Computers, Environment and Urban Systems*, 29(2): 159-178.



Degradation assessment of Jajrood protected area using landscape degradation model

A. Danehkar ¹, Sh. Jafari ^{2*}

1. Assoc. Prof. College of Natural Resources, University of Tehran

2. PhD. Student of Environment, University of Tehran

ARTICLE INFO

Article history:

Received 31 May 2017

Accepted 30 July 2017

Available online 23 August 2017

Keywords:

Landscape degradation model

Ecological vulnerability

Jajrood protected area

Landscape indicators

ABSTRACT

Degradation model is a method for environmental impact assessment and it has been widely applied for accumulative impact assessment of human activities. In addition, landscape indicators have been widely used in landscape planning as quantitative tools. One important application of landscape metrics is their contribution to landscape degradation model. The goal of this research was to assess landscape degradation in Jajrood protected area. In doing so, landscape indicators were calculated using a land use/cover map of Jajrood protected area for 16 sub basins. For land use/cover mapping, Landsat satellite image was firstly pre-processed, and then, hybrid classification approach was undertaken to categorize the image into different land use/cover categories. According to landscape degradation model, ecological vulnerability and the severity of activities as well as the degradation degree were calculated for the targeted landscape. The results of this research indicated that sub basin 5 with a value of 31 had the highest level of landscape degradation and sub basins 1, 13 and 15 with values 25, 25 and 22, respectively, were on the next orders in Jajrood protected area. In addition, sub basins 16, 7 and 4 with values 3.5, 3.25 and 3.25, respectively, were least degraded and these sub basins had the least level of fragmentation. The results show that 68% of the area was outlined to be potential for development or further development, only 17% of the area is suitable for protection. Approximately 13% of the area should be considered for rehabilitation that demonstrated natural land cover change and degradation in the protected area.

* Corresponding author e-mail address: jaafari@ut.ac.ir