

ارزیابی توسعه شبکه مناطق حفاظتی استان مرکزی با استفاده از سنج‌های سیمای سرزمین

امیر انصاری^{*۱}

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۶/۲۳؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۲۴)

چکیده

اولویت‌بندی و انتخاب مناطق نمونه از کل طبیعت جهت حفاظت از تنوع زیستی ضروری است. هدف اصلی این تحقیق ارزیابی توسعه شبکه مناطق حفاظتی با سنج‌های سیمای سرزمین در استان مرکزی است. بدین منظور از نرم افزارهای MaxEnt، Marxan، Fragstst 4.2 و هشت معیار حفاظتی استفاده شد. نتایج حاصل با الگوریتم‌های مذاب‌سازی شبیه‌سازی شده، حریم و نادر و سنج‌های مختلف سیمای سرزمین مقایسه شد. برای مدل‌سازی زیستگاه گونه‌ها از روش حداکثر آنتروپی استفاده شد. بررسی نتایج سناریوهای مختلف حفاظتی نشان داد که هدف حفاظتی ۳۰ درصد با BLM معادل ۳۰ به‌عنوان مناسب‌ترین گزینه می‌باشد. الگوریتم مذاب‌سازی شبیه‌سازی شده نتایج قابل قبول‌تری را در تمام موارد ارائه داد و نتایج همپوشانی مناطق منتخب حفاظتی با مناطق تحت حفاظت موجود در استان مرکزی نشان داد که در برآوردن هدف حفاظتی ۳۰ درصد تنها دو معیار حفاظتی موفق است. که از لحاظ دستیابی به اهداف حفاظتی، کارایی مناسبی را ندارد. در اغلب سناریوها، همپوشانی شبکه‌های حفاظتی منتخب با مناطق تحت حفاظت موجود کمتر از ۳۱/۴۵ درصد است. نتایج سنج‌های سیمای سرزمین نشان داد فاصله مناطق حفاظتی از یکدیگر متغیر است. تنوع و فراوانی مناطق حفاظتی کم است. بنابراین شبکه مناطق حفاظتی استان مرکزی جزء زیست بوم‌های آسیب‌پذیر با شکنندگی زیاد قرار دارد.

واژه‌های کلیدی: MaxEnt، Marxan، سنج سیمای سرزمین، استان مرکزی

۱. گروه علوم و مهندسی محیط زیست، دانشکده کشاورزی و محیط زیست، دانشگاه اراک، اراک، ایران.

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: A-ansari@araku.ac.ir

مقدمه

مناطق تحت حفاظت اغلب براساس روش سیستماتیک انتخاب نشده‌اند و عمدتاً در مکان‌هایی قرار دارند که معرف تنوع زیستی منطقه مورد نظر نیستند (۲۴). انتخاب و مدیریت مناطق تحت حفاظت براساس اصول علمی راهکار مهم برای حفاظت از تنوع زیستی در مقابل تهدیدها و تخریب‌های بشر است (۲۱). مراحل شش‌گانه برنامه‌ریزی سیستماتیک حفاظت شامل تعیین پدیده‌های حفاظتی یعنی استفاده از جانشین‌های تنوع زیستی، تعیین اهداف حفاظتی برای هر پدیده حفاظتی، تقسیم منطقه مورد مطالعه به مجموعه‌ای از واحدهای برنامه‌ریزی، اندازه‌گیری مقدار هر جانشین تنوع زیستی در داخل هر واحد برنامه‌ریزی، تعریف و محاسبه لایه هزینه برای هر واحد برنامه‌ریزی، به‌کارگیری الگوریتم انتخاب مناطق حفاظت شده است، به‌طوری‌که برای اولویت‌بندی مکانی مناطق به‌منظور حفاظت از تنوع زیستی، مجموع هزینه واحدهای انتخاب شده و میزان قطعه‌قطعه شدن آنها به کمترین میزان ممکن برسد (۲۱).

نرم افزار Marxan یکی از پر استفاده‌ترین نرم‌افزارهای برنامه‌ریزی حفاظتی است که در نقاط مختلف دنیا به منظور اولویت بندی مکانی حفاظت از تنوع زیستی در زیستگاه‌های دریایی و خشکی بکار گرفته شده است (۵). این نرم افزار از الگوریتم مذاب‌سازی شبیه‌سازی شده (معادل انگلیسی داخل پرانتز) استفاده می‌کند که قادر است برای مسایل بزرگ جواب‌های نزدیک به بهینه را در کمترین زمان پیدا کند (۲۰). تاکنون به‌منظور انتخاب، مدیریت و ارزیابی مناطق تحت حفاظت براساس اصول علمی در سطح کشور مطالعاتی با استفاده از نرم افزار Marxan برای بهبود شبکه مناطق حفاظتی انجام شده است که می‌توان به پژوهش‌هایی در استان مازندران (۱۴)، استان البرز (۶) با هدف اولویت‌بندی مناطق مناسب حفاظتی و انتخاب مناسب‌ترین لکه‌ها برای حفاظت با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی و همچنین مطالعه توسعه شبکه مناطق حفاظتی با به‌کارگیری رویکرد برنامه‌ریزی سیستماتیک در ایران (۲۵) اشاره کرد.

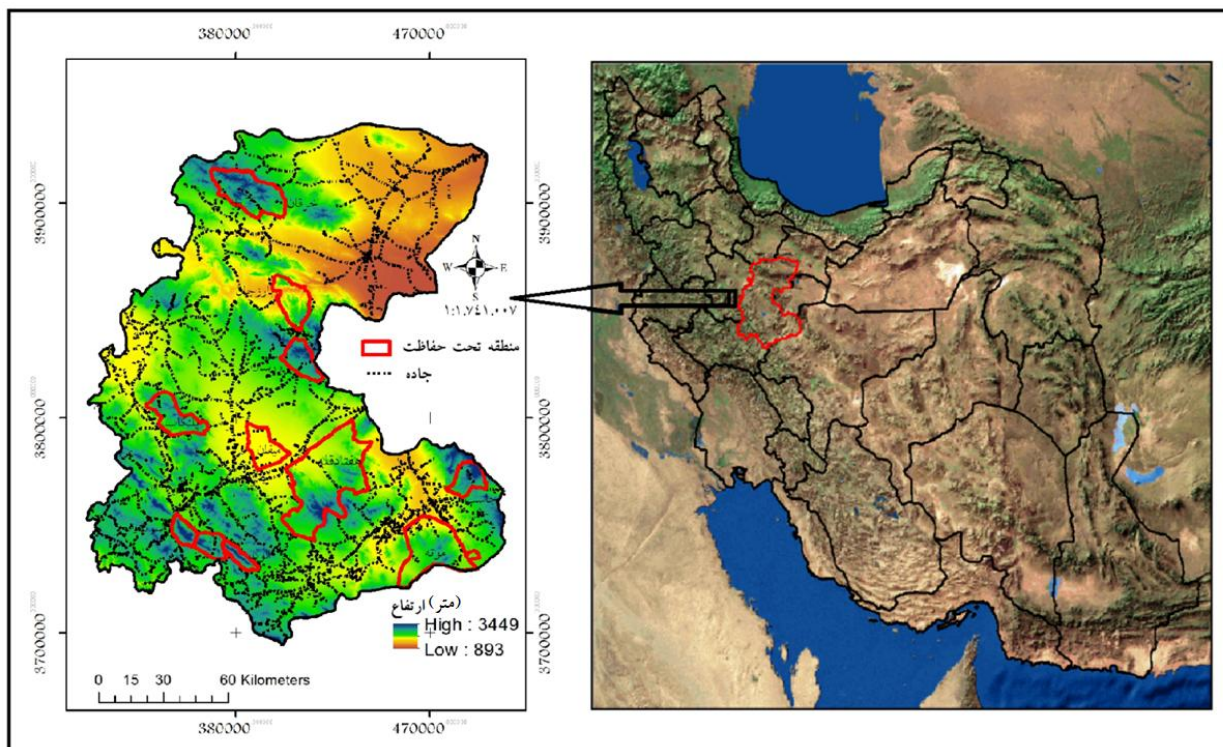
سنجه‌های سیمای سرزمین الگوریتم‌هایی برای کمی‌کردن

خصوصیات مکانی لکه‌ها، کلاس‌ها یا موزاییک‌های کل سیمای سرزمین هستند. سنجه‌ها بهترین راه برای مقایسه وضعیت سیمای سرزمین‌های مختلف است (۱۳). سنجه‌ها ابزاری مناسب برای طراحی و یافتن ارتباط دقیق بین ساختار و عملکرد کاربری‌های مختلف سیمای سرزمین هستند (۳). با رشد تعارضات انسانی یکپارچگی و ارتباط بین زیستگاه‌ها در مناطق حفاظت شده کاهش پیدا کرده است و این موضوع تهدیدی جدی برای حیات‌وحش مناطق محسوب می‌شود و مدیریت مناطق را تحت تاثیر قرار داده است (۲۲). مهمترین پژوهش‌ها در زمینه کاربرد سنجه‌های سیمای سرزمین به ارزیابی و مدیریت مناطق تحت حفاظت (۲)، تحلیل سنجه‌های سیمای سرزمین در پارک ملی لار و منطقه حفاظت شده ورجین (۸)، ارزیابی ساختار سیمای سرزمین در پارک‌های ملی خجیر و سرخه حصار (۲۳)، ارزیابی تغییرات سنجه‌های سیمای سرزمین در حوزه آبخیز زولاچای، سلماس (۱۷) و بررسی و کمی‌سازی تغییرات سنجه‌های سیمای سرزمین در منطقه حفاظت شده دز - (۲۶) پرداخته‌اند. در سال‌های اخیر فعالیت‌های صنعتی، معدنی، کشاورزی و راه‌های ارتباطی در استان مرکزی توسعه زیادی داشته است و زیستگاه‌ها و مناطق حفاظت شده را تحت تاثیر قرار داده است (۴)، بنابراین ارزیابی شبکه مناطق حفاظتی در استان مرکزی با تکنیک‌ها و فن‌آوری‌های جدید ضروری است. هدف اصلی این تحقیق ارزیابی توسعه مناطق حفاظتی در استان مرکزی با استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین است، به طوری که ابتدا کارایی فعلی مناطق حفاظت شده در حفاظت گونه‌های گیاهی و جانوری استان مرکزی بررسی شد، در ادامه مناطق حفاظتی جدید جهت گسترش شبکه مناطق فعلی استان مرکزی انتخاب شدند، سپس این مناطق با استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین ارزیابی گردیدند.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

استان مرکزی با مساحتی معادل ۲۹۱۳۱۵۵ هکتار ۱/۸ درصد از



شکل ۱. نقشه موقعیت استان مرکزی و مناطق تحت حفاظت

است وسعت این مناطق معادل $374659/25$ هکتار است (۴).

روش تحقیق

در این تحقیق از هشت معیار حفاظتی برای تعیین اولویت مناطق تحت حفاظت پستانداران، پرندگان و گیاهان استفاده شد. این معیارها شامل زیستگاه بالقوه هفت گونه گوسفند وحشی، کل و بز، آهوی ایرانی، گربه‌ها (پلنگ، سیاه گوش، گربه وحشی و پالاس)، پرندگان آبی و کنار آبی (درنای معمولی، اردک سرسبز، تنجه، غاز خاکستری، خوتکا، چوب پا و اووست)، سنگ و خزندگان (گرزه مار، مار پلنگی و آگامای سر وزغی ایرانی) در استان مرکزی و یک معیار پوشش گیاهی (شامل گیاهان مهم با ارزش حفاظتی درمنه، گون، باریجه و قره داغ و ذخیره‌گاه جنگلی بلوط، بنه و بادام کوهی) است که به صورت شبکه رستری با اندازه سلول 50×50 مورد بررسی قرار گرفت. معیارهایی که در مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه گونه‌ها مورد استفاده قرار گرفتند، با توجه به نوع گونه مورد نظر انتخاب شدند. مهمترین متغیرها

مساحت کل کشور را به خود اختصاص داده است. این استان از شمال به استان‌های تهران و قزوین از جنوب به استان‌های اصفهان و لرستان از شرق به استان‌های قم و از غرب به استان همدان محدود می‌شود (شکل ۱). پست‌ترین نقطه استان در جنوب، ساوه با ارتفاع 950 متر و بلندترین نقطه آن شهباز با ارتفاع 3388 متر از سطح دریا است. متوسط بارندگی سالیانه برابر 280 میلی‌متر است. شمال استان در بخش زرنند کم باران‌ترین و ارتفاعات شازند در جنوب غرب استان از پرباران‌ترین مناطق استان است. متوسط درجه حرارت استان $12/5$ درجه سانتی‌گراد است. تقریباً نیمی از مساحت استان از اقلیم معتدل کوهستانی، 38 درصد اقلیم نیمه‌بیابانی و 12 درصد اقلیم سرد کوهستانی برخوردار است. براساس آخرین مطالعات انجام شده تاکنون 363 گونه جانوری شامل 53 گونه پستاندار، 205 گونه پرنده، 54 گونه خزنده، 20 گونه دوزیست، 17 گونه آبی و یک‌هزار و 336 گونه گیاهی در آن شناسایی شده است. در استان مرکزی تاکنون 12 منطقه تحت حفاظت قرار گرفته

بعنوان یگان‌های برنامه‌ریزی انتخاب شده است. منطقه مورد مطالعه به ۸۹۹۱ یگان برنامه‌ریزی تقسیم شده است (۱۷). در این مطالعه هزینه انتخاب منطقه مساحت کل یگان‌های انتخاب شده برای حفاظت در نظر گرفته شد. همچنین هزینه‌های جایگزین شامل فاصله از جاده‌ها، فاصله از مناطق مسکونی و صنعتی به طور غیر مستقیم در مدل‌سازی زیستگاه گونه‌ها و در انتخاب نهایی مناطق مناسب حفاظت دخالت داده شد. همچنین برای برآورد لایه هزینه واحدهای برنامه‌ریزی حفاظتی از دو شاخص وسعت منطقه و ردپای انسانی استفاده شد. وسعت واحدهای برنامه‌ریزی به جز واحدهای واقع در مرز منطقه ثابت هستند و ردپای انسانی نیز از اطلاعات نقشه جهانی ردپای انسانی، تراکم جمعیت و تغییر کاربری اراضی برآورد گردید. به این صورت که مقدار صفر نشان‌دهنده عدم وجود دخالت انسانی و مقدار ۱۰۰ نشان‌دهنده منطقه بسیار آشفته بر اثر دخالت انسان است. نهایتاً متوسط میزان هزینه برای هر واحد برنامه‌ریزی محاسبه و در مساحت آن واحد ضرب گردید و لایه بدست آمده بعنوان لایه هزینه در نظر گرفته شد. مقدار اهداف حفاظتی ۲۰ و ۳۰ درصد براساس اهداف سازمان حفاظت محیط زیست، کنوانسیون تنوع زیستی و شرایط استان مرکزی انتخاب گردید (۲۵). انتخاب مناطق غیر قابل جایگزینی براساس بیشترین میزان انتخاب شدن در ۱۰۰ تکرار روش Marxan انتخاب شدند. این تحقیق با ۴ سناریو و بشرح مشخصات زیر اجرا و نتایج حاصل با هم مقایسه شدند.

سناریوها

سناریو اول: بررسی تاثیر اهداف حفاظتی ۲۰ و ۳۰ درصد

در این سناریو با استفاده از الگوریتم مذاب‌سازی شبیه‌سازی شده تاثیر اهداف مختلف حفاظتی شامل ۲۰ و ۳۰ درصد حفاظت هر معیار بررسی شد (۲۵). در این سناریو Marxan با ۱۰۰ بار تکرار، اجرای مدل ۱۰۰۰۰۰۰۰ تکرار، اجرای الگوریتم در هر تکرار، مدل نرخ کاهش درجه حرارت ۱۰۰۰ و در چهار مقدار مختلف فاکتور تعدیل طول مرز (BLM):

شامل شیب، جهت، ارتفاع، پوشش‌اراضی، فاصله از جاده‌ها، فاصله از مناطق مسکونی و صنعتی، نقشه زیستگاه‌ها و مناطق حفاظت شده می‌باشند. بنابراین نقاط حضور گونه‌ها با استفاده از GPS ثبت شد و معیارهای محیط زیستی موثر بر پراکنش گونه‌ها با استفاده از مرو منابع (۲، ۶، ۱۴ و ۲۵)، لایه‌های رقومی، پردازش تصاویر ماهواره‌ای و داده‌های میدانی استخراج گردیدند و در نرم افزار ArcGIS 10.3.1 تهیه شدند. سپس مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه گونه‌ها با روش حداکثر آنتروپی با استفاده از نرم افزار MaxEnt انجام گرفت. مدل حداکثر آنتروپی (MaxEnt) براساس داده‌های حضور به مدل‌سازی پراکنش گونه‌ها می‌پردازد. مطلوبیت هر سلول در زیستگاه به صورت تابعی از متغیرهای محیط‌زیستی بیان می‌شود. در این الگوریتم، حداقل تعداد نقاط حضور گونه بستگی به عوامل متعددی نظیر یکنواختی محدوده مورد مطالعه از نظر میزان شیب، ارتفاع، میزان تخصصی بودن گونه و میزان دقت موردنیاز در پژوهش دارد. مدل حداکثر آنتروپی، با در اختیار داشتن تعداد نقاط حضور به نسبت اندک (کمتر از ۱۰ نقطه با تأکید بر آنالیز جک نایف) از توان پیش‌بینی زیادی برخوردار است. بطوریکه با دسترسی به تعدادی از نقاط حضورگونه که زیستگاه‌های اصلی گونه را پوشش می‌دهند، می‌تواند نتایج قابل قبولی ارائه دهد. سنجش کارایی این مدل براساس میزان AUC، در مقایسه با دیگر روش‌های مدل‌سازی مبتنی بر داده‌های صرفاً حضور از کارایی خوبی برخوردار است (۱۹). بنابراین، از مدل حداکثر آنتروپی در مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه گونه‌های استان مرکزی استفاده شد. همچنین با رویهم‌گذاری نقشه طبقه‌بندی‌شده مطلوبیت زیستگاه تمامی گونه‌ها، مناطق با غنای گونه‌ای زیاد در استان مرکزی شناسایی گردید. برای انتخاب مناطق مناسب حفاظت از نرم افزار Marxan استفاده شد. Marxan ابزار پشتیبان تصمیم‌گیری را به‌منظور طرح‌ریزی سیستم‌های حفاظتی ارائه می‌دهد که الگوریتم‌های مختلفی را برای بهینه‌سازی فرایند انتخاب و آرایش فضایی لکه‌های مناسب حفاظت استفاده می‌کند (۱ و ۷). در این مطالعه شبکه‌ها با ابعاد ۱۸۰۰×۱۸۰۰ متر و مساحت هر واحد ۳۲۴ هکتار

حفاظتی در استان بدست آمده از بهینه‌ترین هدف حفاظتی و BLM جهت بررسی تغییرات سیمای سرزمین با استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین در نرم افزار Fragstats4.2 ارزیابی شدند (۱۳). در این پژوهش سنجه‌های تعداد لکه، تراکم لکه، تراکم حاشیه، بزرگترین لکه و شکل سیمای سرزمین انتخاب شدند. مشخصه‌های آماری سنجه‌های فاصله اقلیدسی بین لکه‌های مناطق حفاظتی در سطح سیمای سرزمین مورد بررسی قرار گرفتند. این سنجه‌ها به دلیل توانایی در تفسیر، ترکیب و توزیع فضایی عناصر ساختاری در سیمای سرزمین استان مرکزی انتخاب گردید (۳)، (۸)، (۱۷)، (۱۳)، (۲۶) و (۲۳).

نتایج

سناریو اول: بررسی تاثیر اهداف حفاظتی ۲۰ و ۳۰ درصد

در این سناریو پس از اجرای اهداف حفاظتی، برای یافتن مناسب‌ترین نتیجه بین مقادیر مختلف BLM، نمودار محیط در برابر مساحت برای هر هدف ترسیم شد شکل‌های (۲) و (۳).

نتایج این سناریو نشان می‌دهند که رسیدن به اهداف حفاظتی در مجموعه‌ای از مناطق تحت حفاظت با درجات متفاوت پراکندگی و تکه تکه شدگی امکان پذیر است. همانگونه که مشخص است در BLM با مقدار بیشتر، هزینه انتخاب شبکه تحت حفاظت (مساحت کل شبکه) افزایش می‌یابد. در مقادیر کم تر نیز میزان پراکندگی لکه‌ها (محیط کل شبکه) زیادتر است و نتایج خوبی ارائه نمی‌شود. همانگونه که از نقشه‌های حاصل از این دو هدف مشخص است مناطق با فشردگی بیش‌تر گرایش به محیط کم‌تر ولی مساحت بیش‌تر دارند. همانطور که گفته شد مناطق فشرده‌تر و با تکه‌تکه شدگی کم‌تر از لحاظ بوم‌شناختی مناسب‌تر است. مطابق بررسی انجام شده میان نتایج برای هر هدف مشخص گردید BLM معادل ۳۰ در هدف ۳۰ و BLM معادل ۳۰ و ۶۰ در هدف ۲۰ نتایج بهتری را ارائه می‌نمایند. در نهایت BLM معادل ۳۰ به عنوان مناسب‌ترین گزینه انتخاب شد. مشخصات شبکه مناطق تحت حفاظت منتخب در هر BLM و برای اهداف مختلف در جدول شماره ۱ نشان داده شده است.

(Boundary Length Modifier) ۰، ۱۰، ۳۰ و ۶۰ اجرا شد. BLM میزان تکه تکه شدگی لکه‌های انتخاب شده برای حفاظت است و با افزایش مقدار آن تاکید بر کاهش طول مرز و فشردگی لکه‌های حفاظتی منتخب افزایش می‌یابد و اهداف حفاظتی در تعداد کم‌تری از لکه‌های بزرگ‌تر بررسی خواهند شد. بهترین BLM مقداری است که بهترین تعادل را بین محیط و مساحت شبکه حفاظتی منتخب ارائه نمایند. مناطق فشرده‌تر و با تکه تکه شدگی کمتر از لحاظ بوم‌شناختی و اجتماعی-سیاسی بیش‌تر قابل قبول هستند (۱۴).

سناریو دوم: انتخاب مناطق حفاظتی جدید، تطبیق با سطح

مناطق حفاظت شده فعلی و حوضه‌های آبخیز استان مرکزی

در این سناریو Marxan با هدف ۳۰ درصد مطابق تنظیمات سناریو ۱ اجرا شد، سپس نتایج مورد بررسی قرار گرفت. مقایسه نتایج هدف حفاظتی ۳۰ درصد و BLM معادل ۳۰ با سطح مناطق حفاظت شده فعلی و سطح ۸ آبخیز اصلی استان انجام شد.

سناریو سوم: بررسی تاثیر الگوریتم های مختلف

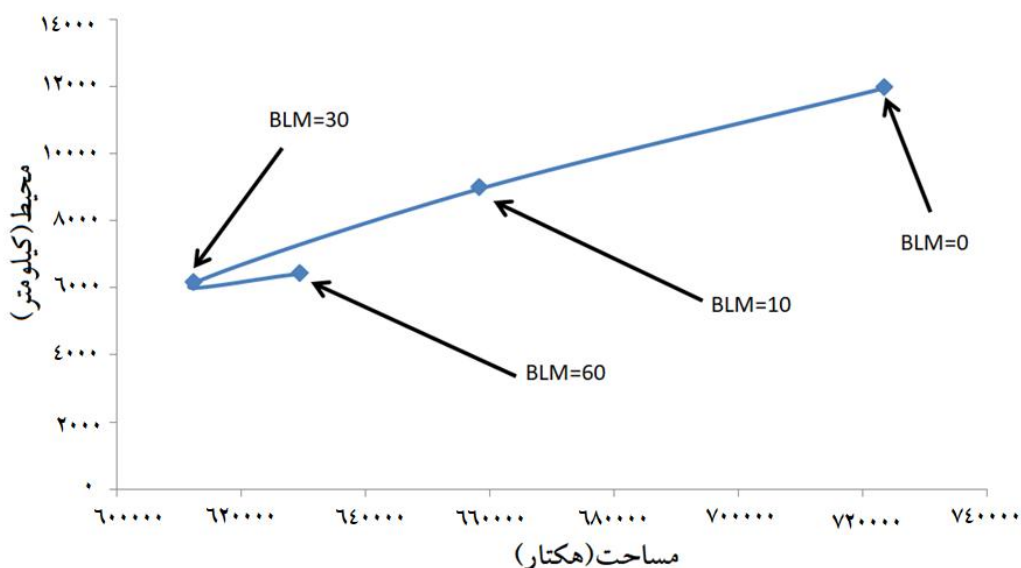
در این سناریو نتایج حاصل از الگوریتم مذاب‌سازی شبیه‌سازی شده با الگوریتم حریم (معادل انگلیسی) و دو نوع الگوریتم نادر بهینه () و حداکثر () مقایسه شدند. شرایط و پارامترها همانند سناریو اول تنظیم شدند به منظور مقایسه نتایج هدف ۳۰ و BLM معادل ۳۰ در نظر گرفته شد.

سناریو چهارم: ارزیابی کارایی مناطق تحت حفاظت موجود

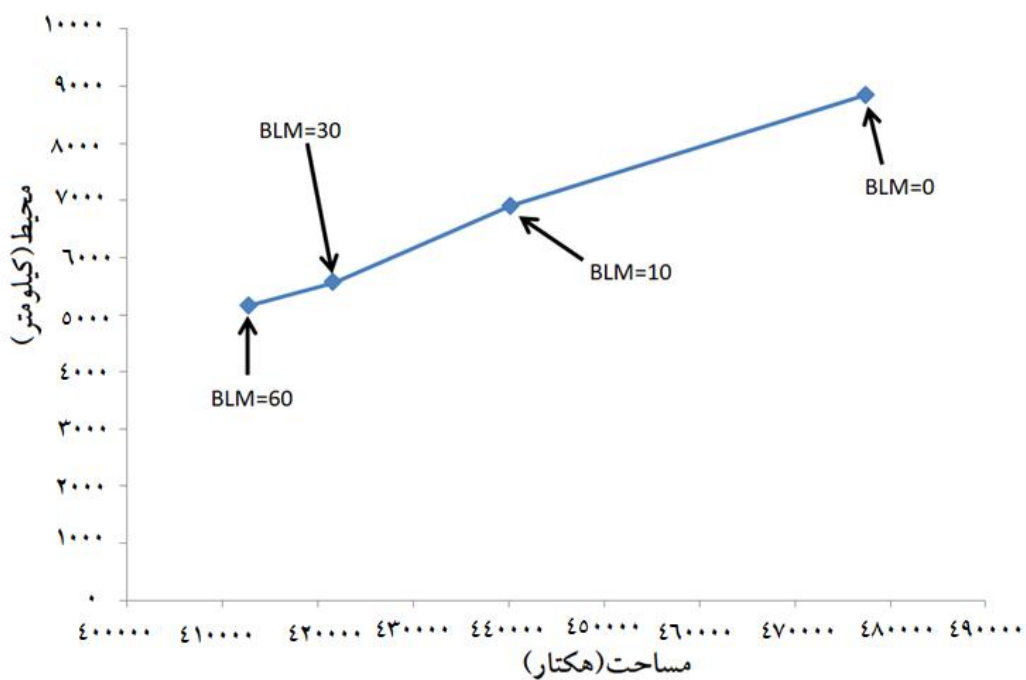
در این سناریو کارایی مناطق تحت حفاظت موجود از لحاظ دستیابی به اهداف حفاظتی مورد بررسی قرار گرفت. در این سناریو هدف ۳۰ درصد و BLM معادل ۳۰ هر معیار حفاظتی در نظر گرفته شد.

ارزیابی مناطق مناسب حفاظت با سنجه سیمای سرزمین

به‌منظور ارزیابی مناطق مناسب حفاظت، نتایج شبکه مناطق



شکل ۲. رابطه بین طول مرز و مساحت شبکه حفاظتی منتخب در مقادیر مختلف فاکتور تعدیل طول مرز (BLM) با هدف ۳۰ درصد



شکل ۳. رابطه بین طول مرز و مساحت شبکه حفاظتی منتخب در مقادیر مختلف فاکتور تعدیل طول مرز (BLM) با هدف ۲۰ درصد

تطبیق داده شد و مشخصات شبکه حفاظتی منتخب برای هر آبخیز و مناطق تحت حفاظت در شکل‌های شماره ۳ و ۴ و جداول شماره ۱ و ۲ ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد بیشترین همپوشانی مناطق تحت حفاظت با انتخاب مناطق

سناریو دوم: انتخاب مناطق حفاظتی جدید و تطبیق با سطح مناطق حفاظت شده فعلی و آبخیزهای استان
نتایج اجرای Marxan با هدف ۳۰ و BLM معادل ۳۰ با سطح مناطق حفاظت شده فعلی و حوزه‌های اصلی استان

جدول ۱. مشخصات شبکه مناطق تحت حفاظت انتخاب شده

همپوشانی با مناطق موجود		فاکتور				هدف
درصد	مساحت (هکتار)	درصد پوشش سطح استان	محیط (کیلومتر)	مساحت (هکتار)	تعدیل طول	
مرز (BLM)						
۳۰/۷۳	۱۱۵۱۴۴	۲۴/۸۴	۱۱۹۵۵/۳۰	۷۲۳۷۶۱	۰	
۳۰/۹۷	۱۱۶۰۴۴/۲۵	۲۲/۶۰	۸۹۴۹/۷۰	۶۵۸۴۸۲/۷۵	۱۰	۳۰
۳۱/۴۵	۱۱۷۸۵۲	۲۱/۰۳	۶۱۴۶/۹۰	۶۱۲۵۵۶/۷۵	۳۰	
۳۰/۱۰	۱۱۲۷۸۴/۵۰	۲۱/۶۱	۶۴۱۳/۸۰	۶۲۹۵۰۶/۷۵	۶۰	
۱۹/۶۱	۷۳۴۸۰	۱۶/۳۸	۸۸۴۲/۳۰	۴۷۷۳۷۸/۲۵	۰	
۲۱/۷۵	۸۱۴۹۵	۱۵/۱۱	۶۸۹۸/۱۰	۴۴۰۲۱۳/۷۵	۱۰	۲۰
۲۰/۸۵	۷۸۱۳۳/۲۵	۱۴/۴۷	۵۵۵۰/۴۰	۴۲۱۶۹۳/۷۵	۳۰	
۲۲/۳۵	۸۳۷۳۱/۷۵	۱۴/۱۷	۵۱۷۰/۲۰	۴۱۲۹۲۱/۷۵	۶۰	

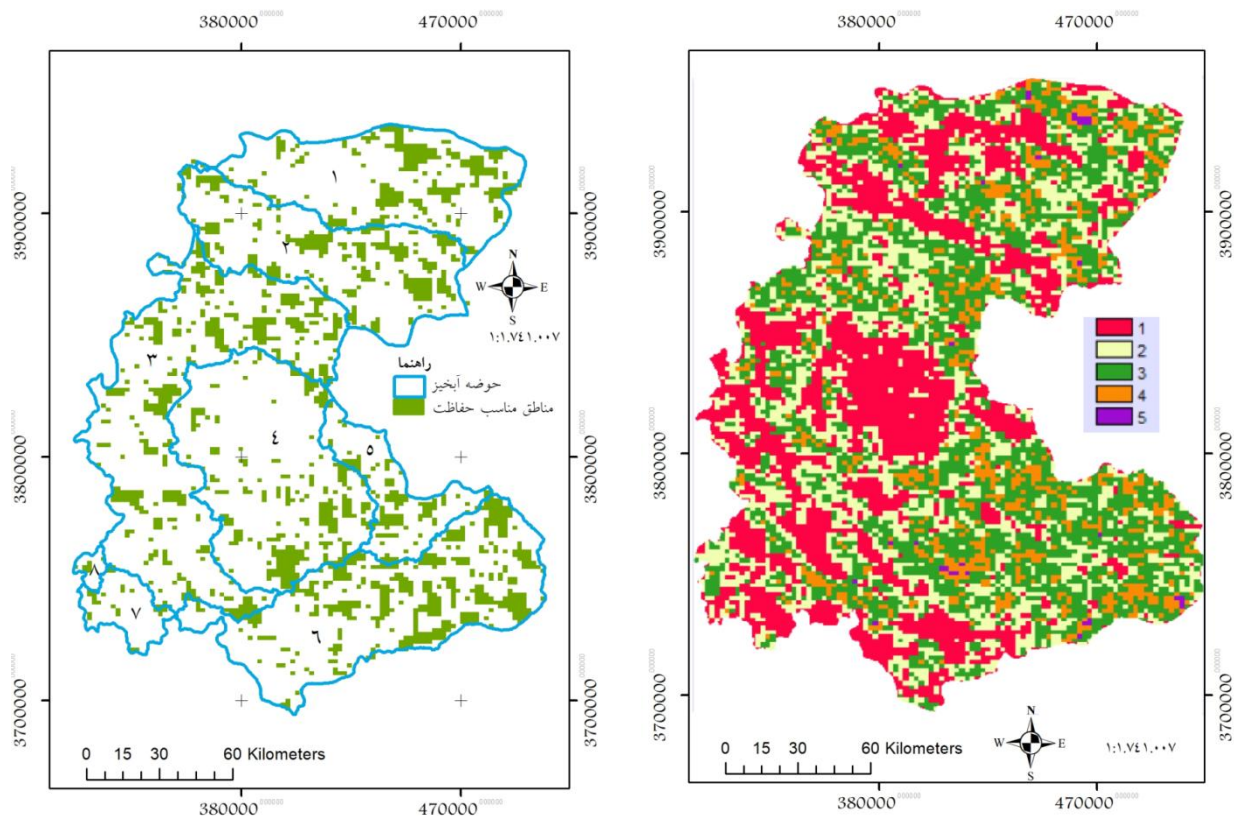
جدول ۲. مشخصات شبکه مناطق تحت حفاظت انتخاب شده در سناریو سوم

شماره آبخیز	مساحت حوزه (هکتار)	مساحت پوشش سطح آبخیز (هکتار)	محیط (کیلومتر)	درصد پوشش سطح آبخیز
۱	۴۱۱۶۷۹/۲۵	۸۶۰۰۸/۷۵	۸۹۰/۵۰	۲۰/۸۹
۲	۴۰۵۳۶۰/۲۵	۹۲۵۳۱/۷۵	۹۹۹/۴۰	۲۲/۸۲
۳	۷۰۵۲۲۹	۱۴۶۰۳۸/۲۵	۱۷۲۹	۲۰/۷۰
۴	۵۴۹۵۳۸/۷۵	۸۶۷۲۹/۵۰	۱۰۵۸/۵۰	۱۵/۷۸
۵	۱۶۱۱۱۹/۵۰	۳۵۳۷۳/۵۰	۴۶۶/۳۰	۲۱/۹۵
۶	۵۶۳۵۰۳/۵۰	۱۴۸۳۹۸/۵۰	۱۴۶۹/۲۰	۲۶/۳۳
۷	۷۵۹۹۱/۷۵	۸۰۰۲/۲۵	۱۳۱/۳۰	۱۰/۵۳
۸	۱۴۷۷۳/۷۵	۲۲۵۷/۵۰	۴۶/۱۰	۱۵/۲۸
کل آبخیزها	۲۹۱۳۱۵۵	۶۱۲۵۵۶/۷۵	۶۱۴۶/۹۰	۲۱/۰۳

انتخاب مناطق غیر قابل جایگزینی

انتخاب مناطق غیر قابل جایگزینی با هدف ۳۰ و ۲۰ با BLM معادل ۳۰ نشان می‌دهد که به ترتیب حداقل ۰/۳۷ و ۰/۵۳ درصد از وسعت استان مرکزی در طبقه ۵ و ۹/۲۲ و ۴/۴۰ درصد از وسعت استان مرکزی در طبقه ۴ از اولویت حفاظتی قرار دارند بدین معنا که از نظر حفاظت از تنوع زیستی غیر قابل جایگزین است. و در صورت از بین رفتن آنها سایر مناطق

حفاظتی جدید معادل ۳۱/۴۵ درصد در هدف ۳۰ و BLM معادل ۳۰ و کمترین همپوشانی معادل ۱۹/۶۱ درصد در هدف ۲۰ و BLM معادل ۰ است. بیشترین درصد همپوشانی در منطقه الوند خمین و کمترین در منطقه چال خاتون سازند است. بیشترین درصد همپوشانی شبکه مناطق تحت حفاظت انتخاب شده با حوضه آبخیز شماره ۶ معادل ۲۶/۳۳ درصد و کمترین در حوضه آبخیز شماره ۷ است (جدول ۲).



شکل ۴. تحلیل جایگزین نشدن معیارهای حفاظتی (شکل سمت راست) و اولویت‌بندی و پراکنش لکه حفاظتی با فاکتور تعدیل طول مرز معادل ۳۰ در آبخیزها (شکل سمت چپ)

جدول ۳. مشخصات تحلیل جایگزین نشدن با اهداف ۳۰ و ۲۰ با فاکتور تعدیل طول مرز معادل ۳۰

هدف ۲۰ درصد		هدف ۳۰ درصد		درصد غیر قابل جایگزینی	طبقه
درصد	مساحت	درصد	مساحت		
۳۱/۰۸	۹۰۵۴۷۰	۳۰/۳۸	۸۸۵۲۷۸/۲۵	۰-۲۰	۱
۳۲/۲۱	۹۳۸۲۷۷	۲۸/۰۸	۸۱۸۲۹۶	۲۰-۴۰	۲
۲۸/۷۸	۸۳۸۵۳۲	۳۱/۹۳	۹۳۰۳۰۵/۲۵	۴۰-۶۰	۳
۷/۴۰	۲۱۵۶۲۰/۷۵	۹/۲۲	۲۶۸۷۴۷/۷۵	۶۰-۸۰	۴
۰/۵۳	۱۵۶۷۵/۵۰	۰/۳۷	۱۰۹۴۸	۸۰-۱۰۰	۵

مذاب‌سازی شبیه‌سازی شده با BLM معادل ۳۰ در سناریو سوم با الگوریتم‌های حریص و نادر با BLM معادل ۳۰ و هدف ۳۰ درصد مقایسه شد. همانطور که از جدول ۴ مشخص است مقادیر مساحت و محیط در الگوریتم مذاب‌سازی شبیه‌سازی شده کمتر از سایر الگوریتم‌ها است

نمی‌توانند نقش آن‌ها را در حفاظت از تنوع زیستی استان جبران نمایند. در شکل شماره ۴ و جدول شماره ۳ ارائه شد.

سناریو سوم: بررسی تاثیر الگوریتم‌های مختلف در این سناریو نتایج اجرای Marxan با الگوریتم‌های

جدول ۴. مشخصات شبکه مناطق تحت حفاظت انتخاب شده در سناریو چهارم

الگوریتم	مساحت (هکتار)	محیط (کیلومتر)	درصد پوشش سطح استان مرکزی
Greedy	۸۳۷۴۵۲/۲۵	۱۰۱۰۵/۲۰	۲۸/۷۵
Best Rarity	۷۷۶۷۷۴/۷۵	۱۰۸۹۵/۸۰۰	۲۶/۶۶
Max Raity	۷۸۴۴۴۷/۷۵	۱۰۸۰۴/۴۰	۲۶/۹۳
Simulated sorting Algorithm (SA)	۶۱۲۵۵۶/۷۵	۶۱۴۶/۹۰	۲۱/۰۳

جدول ۵. مقایسه مناطق تحت حفاظت منتخب در سناریو سوم و فاکتور تعدیل طول مرز معادل ۳۰ با مناطق تحت حفاظت موجود و مناطق مناسب حفاظت در استان مرکزی

گونه‌ها	مساحت (هکتار)	درصد	همپوشانی با مناطق موجود	همپوشانی با مناطق مناسب حفاظت
پرندگان	۱۰۵۸۷	۲/۸۲	۳۸۶۳/۲۵	۰/۶۳
کل و بز	۶۳۰۶۹	۱۶/۸۳	۷۹۵۸۸/۵۰	۱۲/۹۹
گربه‌ها	۳۳۷۴۷/۲۵	۹	۴۲۰۶۳/۵۰	۶/۸۶
آهوی	۲۵۳۶۳/۵۰	۶/۷۶	۵۳۱۵۴/۷۵	۸/۶۱
شنگ	۴۵/۵۰	۰/۰۱۲	۸۰۴/۵۰	۰/۱۳
گوسفند وحشی	۶۵۶۳۸/۲۵	۱۷/۵۲	۸۵۰۰۶/۷۵	۱۳/۸۷
خزندگان	۲۰۵۸۶۷/۲۵	۵۴/۹۵	۳۴۸۹۶۹/۲۵	۵۶/۹۷
پوشش گیاهی	۱۴۱۶۲۳/۵۰	۳۷/۸۰	۱۳۹۳۲۵/۵۰	۲۲/۷۴
	۳۷۴۶۵۹/۲۵		۶۱۲۵۵۶/۷۵	

۵. این نتایج اهمیت اصلاح مرز مناطق تحت حفاظت موجود و انتخاب مناطق جدید را بیان می‌نماید.

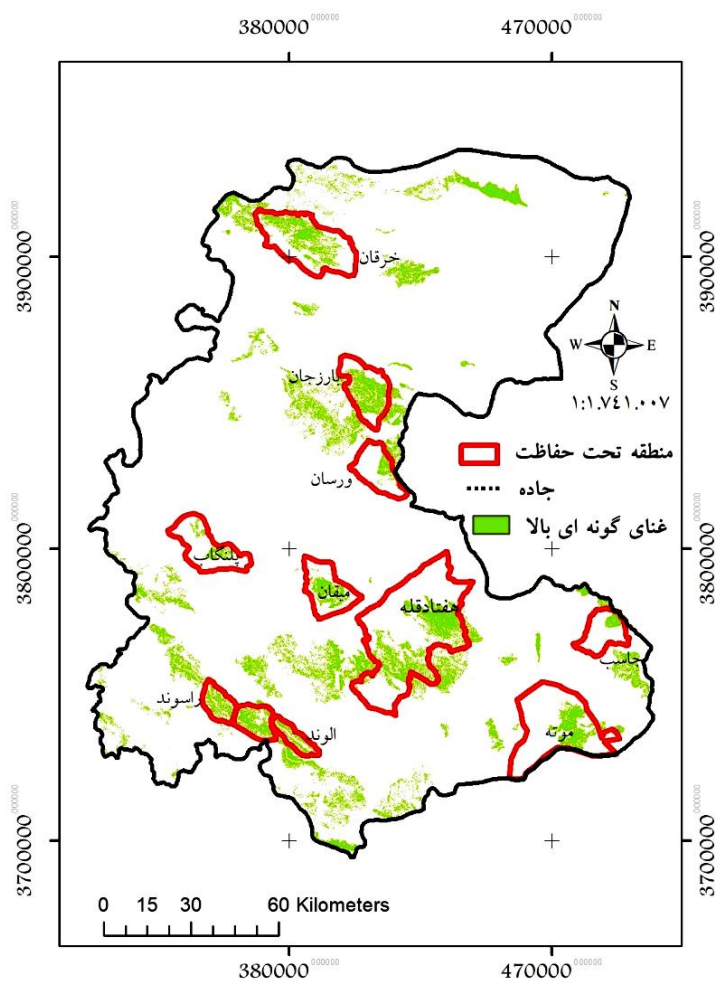
نقشه غنای گونه‌ای

شکل شماره ۵ نقشه مناطق با غنای گونه‌ای زیاد در استان مرکزی را نشان می‌دهد و وسعت مناطق با غنای گونه‌ای زیاد در استان مرکزی برابر ۲۳۷۱۹۵/۷۵ هکتار معادل ۸/۱۴ درصد است.

ارزیابی مناطق مناسب حفاظت با سنج‌های سیمای سرزمین نتایج ارزیابی مناطق مناسب حفاظت با سنج‌های سیمای سرزمین در جدول شماره ۶ نشان می‌دهد تراکم لکه مناطق

بنابراین نتایج بهتری نسبت به سایر الگوریتم‌ها دارد و کمترین درصد پوشش در سطح استان نیز مربوط به همین الگوریتم است.

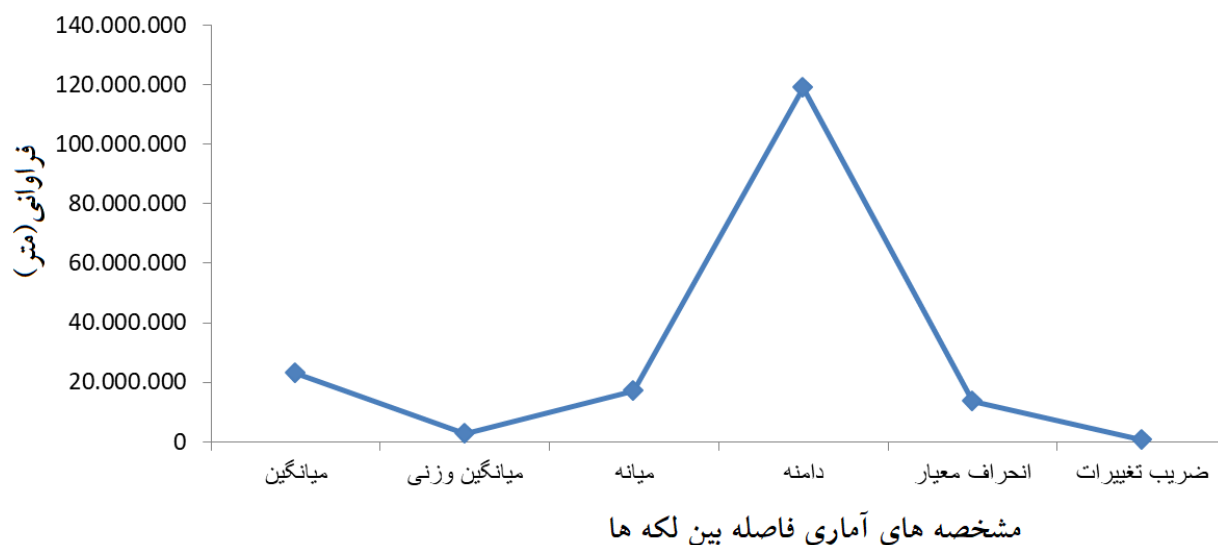
سناریو چهارم: ارزیابی کارایی مناطق تحت حفاظت موجود در این سناریو کارایی مناطق تحت حفاظت موجود در استان مرکزی با در نظر گرفتن هدف حفاظت ۳۰ درصد هر یک از معیارهای حفاظتی مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان می‌دهد مناطق حفاظت موجود در برآورد هدف حفاظتی ۳۰ درصد تنها دو معیار حفاظتی شامل مناطق مطلوب و مهم پراکنش خزندگان و پوشش گیاهی موفق است و در رسیدن به هدف حفاظتی ۶ معیار دیگر کارایی لازم را ندارد (جدول



شکل ۵. نقشه مناطق با غنای گونه‌ای زیاد در استان مرکزی

جدول ۶. نتایج تجزیه و تحلیل سنجه‌ها در سطح کلاس مناطق مناسب حفاظت در استان مرکزی

انحراف معیار فواصل نزدیکترین همسایه	میانگین فواصل نزدیکترین همسایه (متر)	مساحت طبقه مناطق مناسب حفاظت (هکتار)	کل حاشیه	سنجه شکل سیمای سرزمین	سنجه بزرگترین لکه	تراکم حاشیه	تراکم لکه	درصد پوشش کلاس	تعداد لکه ها	سنجه
NNSD	MNN	CA	TE	LSI	LPI	ED	PD	PLAND	NP	علامت اختصاری
۱۳۴۵/۸۲	۲۲۸۷/۰۳	۶۱۲۵۵۶/۷۵	۶۱۳۵۶۰۰	۸/۰۸	۸۶/۹۶	۱/۳۰۶۰	۰/۰۰۷	۱۳/۰۳	۳۳۰	اندازه



شکل ۶. نتایج مشخصه های آماری سنجه فاصله اقلیدسی بین لکه های مناطق حفاظتی منتخب در سطح سیمای سرزمین استان مرکزی

ایران (۲۵) و اولویت بندی مکانی حفاظت از تنوع زیستی در چین (۲۸) برای بدست آوردن نتایج مورد قبول در برنامه حفاظتی در دو سطح گونه و اکوسیستم انجام شده مشابه است. در این تحقیق برای محاسبه هزینه علاوه بر مساحت هر واحد برنامه ریزی میزان دخالت عوامل انسانی در آن واحد در نظر گرفته شد. که با مطالعات دیگران که عوامل انسانی در محاسبه هزینه حفاظت تاکید شده منطبق است (۱۲).

نتایج سناریو اول نشان داد برای اهداف حفاظتی ۲۰ و ۳۰ درصد و مقادیر BLM معادل ۰، ۱۰، ۳۰ و ۶۰ با افزایش BLM مساحت لکه های منتخب افزایش یافته و تکه تکه شدگی آنها کاهش می یابد. مناطق فشرده تر و با تکه تکه شدگی کمتر از لحاظ بوم شناختی و اجتماعی- اقتصادی بیشتر قابل قبول است. این تحقیق از نظر اینکه با افزایش BLM مساحت لکه های منتخب افزایش یافته و تکه تکه شدگی آنها کاهش می یابد و مناطق فشرده تر و با تکه تکه شدگی کمتر از لحاظ بوم شناختی و اجتماعی- اقتصادی بیشتر قابل قبول است هم راستا با مطالعه Klein و همکاران است (۱۰). مناسب ترین روش تعیین میزان BLM مقداری است که بهترین تعادل را بین محیط و مساحت شبکه حفاظتی منتخب ارائه کند براین اساس نسبت محیط به

مناسب حفاظت (۰/۰۰۷) در استان بسیار ناچیز است و تفاوت در مقادیر سنجه های ترکیبی و توزیع مکانی بین لکه های مناسب حفاظت استان مشهود است. نتایج زیاد بودن تعداد لکه ها در سنجه تعداد لکه بیانگر افزایش تکه تکه شدگی سیمای سرزمین است. سنجه شکل سیمای سرزمین نشان می دهد که شکل لکه مناطق مناسب حفاظت دارای پیچیدگی و از نظر هندسی نامنظم تر است.

نمودار شماره ۶ نتایج مشخصه آماری فاصله بین لکه ها برای تمام لکه های مناطق حفاظتی منتخب در سطح استان را نشان می دهد. میزان مشخصه آماری دامنه تغییرات که دامنه پراکندگی داده ها را در اطراف میانگین نمایش می دهد بیشتر از بقیه سنجه ها دیده می شود که نشان دهنده فاصله متغیر مناطق حفاظتی منتخب از یکدیگر است.

بحث و نتیجه گیری

این مطالعه از تلفیق گونه های جانوری و گیاهی با ارزش برای اولویت بندی حفاظتی سطح استان مرکزی استفاده شد که با نتایج مطالعات در سطح کشور مانند توسعه شبکه مناطق حفاظتی با بکارگیری رویکرد برنامه ریزی سیستماتیک در

مساحت در BLM معادل ۳۰ نسبت به سایر مقادیر دارای وضعیت بهتری است (۲۷).

بر اساس نتایج سناریو دوم مشخص گردید که در بهترین حالت ۲۱/۰۳ درصد از سطح استان باید مورد حفاظت قرار گیرد. اما مساحت مناطق حفاظت شده موجود در استان معادل ۱۲/۸۶ درصد سطح استان است و درصد قابل توجهی از آن منطقه شکار ممنوع می‌باشند (۴). براین اساس نیاز است حدود ۲۳۷۸۹۷/۵ هکتار به سطح مناطق فعلی اضافه شود. با مقایسه نتایج سناریو اول با مناطق موجود فعلی ۱۱۷۸۵۲ هکتار معادل ۳۱/۴۵ درصد همپوشانی دارد این نتایج نشان دهنده بهینه نبودن مناطق تحت حفاظت موجود است. نتایج این سناریو یک برآورد اولیه از مساحت مورد نیاز برای رسیدن به اهداف حفاظتی مختلف را در اختیار کاربران قرار می‌دهد. پژوهش‌های Pearce و همکاران (۱۸) و Leslie و همکاران (۱۱) نتایج مشابهی را نشان دادند نتایج آنها ثابت کرد که مناطق انتخاب شده با مناطق حفاظت شده موجود همپوشانی کمی دارند. بنابراین به نظر می‌رسد با توجه به شرایط استان مرکزی بدلیل تراکم زیاد فعالیت‌های اقتصادی و توسعه‌ای از جمله صنایع، معادن و راه‌های ارتباطی سناریو ۳۰ درصد امکان پذیر نباشد. از این رو با انتخاب مناطق پیشنهاد شده در سناریو ۲۰ درصد می‌توان جهت تکمیل اهداف حفاظتی و استراتژی‌های آینده مورد نظر سازمان حفاظت محیط زیست در استان مرکزی استفاده کرد و مناطق مذکور جهت دستیابی به اهداف کشوری ۱۷ درصد حفاظت از زیستگاه‌های کشوری مطابق کنوانسیون تنوع زیستی در اولویت برنامه‌ها قرار گیرد (۲۵). با تطبیق سناریوی با هدف ۳۰ درصد حفاظتی و BLM معادل ۳۰ با مناطق ۸ حوضه آبخیز اصلی استان مرکزی مشخص گردید حوضه آبخیز قمرود شماره ۶ با بیشترین مساحت و درصد مناطق حفاظتی منتخب و زیستگاه گونه‌های متنوع گیاهی و جانوری در استان مرکزی است و این حوضه تقریباً ۸ معیار حفاظتی این پژوهش را شامل می‌شود. بنابراین توجه بیشتر به حوضه آبخیز قمرود که در حال حاضر مناطق موته، هفتادقله،

جاسب، الوند و غار نخجیر را در بر می‌گیرد ضروری است. نتایج این تحقیق از نظر اینکه در حوضه آبخیز که زیستگاه‌های متنوع گونه‌ها داشته‌اند از اهمیت حفاظتی بیشتری برخوردارند مشابه مطالعه پیرس و همکاران (۱۸) و مهری و همکاران (۱۴) است. انتخاب مناطق غیرقابل جایگزینی در هر دو سناریو نشان می‌دهد که بیش از ۳۰ درصد وسعت استان از جایگزینی بین ۰ تا ۲۰ درصد برخوردارند که نشان دهنده وسعتی از استان است که نمی‌تواند نقش مهمی در حفاظت از تنوع زیستی استان ایفاء کند. ولیکن در هر دو سناریو به ترتیب ۰/۳۷ و ۰/۵۳ درصد استان در طبقه ۱۰۰-۸۰ و همچنین ۹/۲۲ و ۷/۷۰ درصد در طبقه ۸۰-۶۰ که غیر قابل جایگزین بوده و در توسعه فعلی مناطق حفاظت شده استان این مناطق از اولویت بسیار زیادی برخوردار هستند. نتایج این پژوهش از این لحاظ که درصد وسعت غیرقابل جایگزینی طبقات باید در اولویت بسیار بالای حفاظت قرار گیرد مشابه مطالعه شمس و همکاران (۲۵) است.

نتایج سناریو سوم نشان داد که الگوریتم‌های حریم و نادر بهینه و حداکثر در مقایسه با الگوریتم مذاب‌سازی شبیه‌سازی شده افزایش مساحت شبکه حفاظتی داشته‌اند. این موضوع با توجه به هدف این مقاله یعنی دستیابی به حداقل مساحت ممکن عملکرد ضعیف الگوریتم‌های حریم و نادر بهینه و حداکثر را نشان می‌دهد. همچنین افزایش محیط الگوریتم‌های حریم و نادر بهینه و حداکثر به نسبت الگوریتم مذاب‌سازی شبیه‌سازی شده زیاد است. این مساله باعث پراکندگی و تکه تکه شدن بیش از حد لکه‌های حفاظتی می‌شود. بنابراین از لحاظ مدیریتی و بوم‌شناسی لکه‌های فشرده‌تر برای حفاظت بیش‌تر مورد توجه قرار دارند. براین اساس الگوریتم مذاب‌سازی شبیه‌سازی شده هم از نظر مساحت و هم از نظر محیط جواب‌های قابل قبولی را نسبت به سایر الگوریتم‌ها ارائه می‌کند و نتایج این پژوهش از نظر قابل قبول بودن الگوریتم مذاب‌سازی شبیه‌سازی شده نسبت به سایر الگوریتم‌ها با نتایج مطالعه دیگران (۲۵) و (۱۴) منطبق است.

نتایج سناریو چهارم نشان داد مناطق حفاظت شده موجود

خواهد بود. در پژوهش حاضر نتایج نشان داد که این مقادیر در استان مرکزی نسبتاً کم است و این موضوع نشان می‌دهد که الگوی پراکنش مناطق حفاظتی منتخب در استان مرکزی از یکدیگر دور هستند. بنابراین هرچه لکه‌های مناطق منتخب برای حفاظت در فاصله دورتری از هم قرار گرفته باشند از لحاظ زیست محیطی نامناسب‌تر است. این پژوهش با نتایج مطالعه کرمی و فقهی (۹) و مطالعه صادق اوغلی و همکاران (۲۳) مطابقت دارد. بنابراین مهمترین نتیجه این تحقیق این است که شبکه مناطق حفاظتی منتخب در استان مرکزی تعداد کمی از معیارهای حفاظتی را برآورد می‌کند که از لحاظ دستیابی به اهداف حفاظتی کارایی مناسبی را ندارد، و میزان هم‌پوشانی شبکه‌های حفاظتی منتخب با مناطق تحت حفاظت موجود کمتر از ۳۱/۴۵ درصد است. و فاصله مناطق حفاظتی از یکدیگر متغیر است. تنوع و فراوانی مناطق حفاظتی کم است بنابراین شبکه حفاظتی استان مرکزی جزء زیست بوم‌های آسیب پذیر با شکنندگی زیاد قرار دارد و بهتر است یک بازنگری کلی در شبکه مناطق حفاظتی استان با لحاظ مباحث تغییرات اقلیمی در آینده صورت گیرد.

سپاسگزاری

از کلیه کارشناسان و محیط بانان اداره کل حفاظت محیط زیست استان مرکزی و اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان مرکزی که در ارائه اطلاعات نقاط حضور گونه‌های جانوری و گیاهی و نقشه‌ها همکاری داشته‌اند تشکر و قدردانی می‌گردد.

در برآوردن هدف حفاظتی ۲ معیار خرنندگان و پوشش گیاهی موفق بوده است و در رسیدن به هدف حفاظتی ۶ معیار دیگر ضعیف بوده است. همچنین مناطق حفاظت شده موجود کارایی مناسبی از لحاظ دستیابی به اهداف حفاظتی ندارد. از این نظر مهری و همکاران به نتایج مشابهی رسیدند و نشان دادند که مناطق موجود در حفاظت ۳ گونه از ۹ گونه برای حفاظت موفق عمل می‌کنند.

نتایج ارزیابی سنجه‌های سیمای سرزمین در مناطق مناسب حفاظت در استان نشان می‌دهد که براساس رفتار سنجه‌های تراکم حاشیه، سنجه بزرگترین اندازه لکه و میانگین اندازه لکه مناطق مناسب حفاظت در استان مرکزی افزایش داشته و دلیل این افزایش توسعه زیاد و نامتوازن مناطق صنعتی و مسکونی در استان مرکزی است که نشان دهنده افزایش پراکندگی و از هم گسیختگی الگوهای سیمای سرزمین است که پراکنش زیادی داشته و باعث تکه تکه شدن هر بیشتر مناطق حفاظتی منتخب شده است (۴). اثر تکه تکه شدگی سیمای سرزمین در قسمت‌های از مناطق حفاظتی منتخب در استان قابل مشاهده است و وضعیت این سنجه‌ها نشان دهنده ساختار ریزدانه مناطق حفاظتی منتخب است. ساختار ریزدانه از تعداد زیادی لکه کوچک تشکیل شده و فوق العاده تکه تکه شده است. بطور کلی سیمای سرزمین تکه تکه‌تر از نظر شکلی پیچیده‌تر نامنظم‌تر و از نظر میزان یکپارچگی عناصر ساختاری ناپیوسته‌تر و از نظر نوع کاربری پوشش موجود متنوع‌تر است. برای مشخصه‌های آماری سنجه فاصله اقلیدسی نزدیکترین همسایه در بین لکه‌های حفاظتی منتخب هر چه میانگین و واریانس فواصل نزدیکترین همسایه بیشتر باشد تراکم و تعداد لکه کمتر

منابع مورد استفاده

1. Ardron, J.A., H.P. Possingham and C.J. Klein. 2008. Marxan good practices handbook. External review version, 17 May, 2008. Pacific Marine Analysis and Research Association, Vancouver, BC, Canada. 155 p, viewed 10 December 2010, www.pacmara.org.
2. Barati, B., B. Raygani, A. Jahani, and L. Zebardast. 2017. Integration assessment of the protected areas using landscape ecological approach (case Study: Kolah Ghazy National Park and Wildlife Refuge). *The Journal of Town and Country Planning* 9(1): 153-168
3. Botequilha Leitao, A., M. Jozeph and J. Ahern. 2006. *Measuring landscapes: A planner's handbook*

4. DOE Markazi .2010. Natural Features Atlas of Markazi Province. Publisher: NAQSH-E MANA by Order of Department of Environment Markazi. (In Farsi)
5. Esfandeh, S., M. Kaboli and L. Eslami. 2015. A chronological review on application of Marxan tool for systematic conservation planning in landscape. *International Journal of Engineering and Applied Sciences* 2(12): 2439-3661. (In Farsi)
6. Esfandeh, S., M. Kaboli and L. Eslami. 2017. Simulated annealing algorithm as a tool for systematic prioritization of protected area in Alborz province, Iran. *Journal of Animal Environment* 9(1):105-122. (In Farsi)
7. Game, E.T. and H.S. Grantham. 2008. Marxan User Manual: For Marxan version 1,8,10. University of Queensland, St. Lucia, Queensland, Australia, and Pacific Marine Analysis and Research Association, Vancouver, British Columbia, Canada, viewed 10 December 2010.
8. Haghverdi, A., A. Jahani, L. Zebardast, M. Makhdom, H. Goshtasb. 2018. Quantifying the Fragmentation of the Wildlife Habitat Using Landscape Ecology Approach (Case Study (Lar National Park and Varjin Protected Area). *Animal Environment* 10(2): 21-32.
9. Karami, A and J. Fegghi. 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 Farsi)
10. Klein, C. J., Wilson, K. A., Watts, M., Stein, J. Carwardine, J., Mackey, B. Possingham, H. P. 2009. Spatial conservation prioritization inclusive of wilderness quality: A case study of Australia's biodiversity, *Biological Conservation*. 142(7): 1282-1290.
11. Leslie, H., M. Ruckelshaus, I. R. Ball, S. Andelman, and P.H. Possingham. 2003. Using sitting algorithms in the design of marine reserve networks. *Ecological Applications* 69(6): 622-632.
12. Lessmann, J., J. Munoz and E. Bonaccorso. 2014. Maximizing species conservation in continental Ecuador; a case of systematic conservation planning for biodiverse regions. *Ecology and Evolution*. doi: 10.1002/ece3.1102.
13. McGarigal, K. 2002. FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps, Computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts, Amherst. Available at: <http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>.
14. Mehri, A., A. Salmanmahiny, S.H. Mirkarimi, and H.R. Rezaei. 2014. A Performance Comparison of Three Computer Algorithms in the Selection of Best Protected Areas (Case Study: Mazandaran Province of Iran). *Journal of Environmental Studies* 40(1):1-16. (In Farsi)
15. Mo, Y., Kim, H. G., Huber, P. R., Thorne, J. H., Hijioka, Y., & Lee, D. K. 2019. Influences of planning unit shape and size in landscapes dominated by different land-cover types on systematic conservation planning. *Global Ecology and Conservation*, 20, e00739.
16. Moilanen, A., K.A. Wilson, and H.P. Possingham. 2009. *Spatial Conservation Prioritization: Quantitative Methods and Computational Tools*. Oxford University Press, Oxford. 320 p.
17. Nazar Neghad, H., M. Hosseine, R. Mostafazadeh. 2020. Assessment of Changes in Landuse Connectivity and Pattern using Landscape Metrics in the Zolachai Watershed, Salma. *Geographical Planning Space Quarterly Journal* 9(34):53-66. (In Farsi)
18. Pearce, J. L., D.A. Kirk, , C. P. Lane, M. H. Mahr, J. Walmsley, D. Casey, J. E. Muir, S. Hannon, A. Hansen and K. Jones. 2008. Prioritizing avian conservation areas for the Yellowstone to Yukon Region of North America. *Biological Conservation* 141 (4): 908-924.
19. Phillips, S.J., R.P. Anderson and R.E. Schapire. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological modelling* 190(3).
20. Possingham, H.P., I.R. Ball and S., Andelman. 2000. Mathematical methods for identifying representative reserve networks. In: Ferson S, Burgman M (Eds.), *Quantitative Methods for Conservation Biology*. Springer-Verlag, New York, pp: 291-305.
21. Possingham, H.P., K.A., Wilson, S.J. Andelman, and C.H. Vynne. 2006. Protected areas. Goals, limitations, and design. pp: 507-549 in M. J. Groom, G. K. Meffe, C. R. Carroll, eds. *Principles of conservation biology*. 3rd ed. Sinauer Associates, Inc. Sunderland, MA.
22. Rezazadeh, S., A., Jahani, M. Makhdom and H. Goshtasb Meigooni. 2017. Evaluation of the Strategic Factors of the Management of Protected Areas Using SWOT Analysis-Case Study: Bashgol Protected Area-Qazvin Province. *Scientific Research Publishing* 7(1), 55.
23. Sadegh Oghli, R., A. Jahani, A., Alizade Shabani, H Goshtasb. 2019. Evaluation of Landscape Structure for Development and Integration of the Protected Areas. *Town and Country Planning* 11(1): 57-78. (In Farsi)
24. Sarkar, S. and C. Margules. 2002. Operationalizing biodiversity for conservation planning. *BioScience* 20(4): 233-902.
25. Shams esfand abad, B and M. Kaboli. 2018. Development of the conservation area network using systematic conservation planning approach in Iran. *Journal of Animal Environment* 10(4):147-162. (In Farsi)

26. Soleimani, A and M. Hojati. 2018. Investigation and Quantification of Variations of Landscape Measures using Remote Sensing and Biodiversity Indices (Case Study: Dez Protected Area). *Human & Environment* 16(3): 65-76. (In Farsi)
27. Stewart, R.R. and H.P. Possingham. 2005. Efficiency, costs and trade-offs in marine reserve system design. *Environmental Modeling and Assessment* 10: 203-213.
28. Wu, R., Y., Long, G.P. Malanson, P.A. Garber, and S. Zhang. 2014. Optimized Spatial Priorities for Biodiversity Conservation in China: A Systematic Conservation Planning Perspective. *PLoS ONE* 9(7): e103783.

Assessment of the Conservation Area Network Development in Markazi Province Using Landscape Metrics

A. Ansari^{1*}

(Received: September 14-2021; Accepted: February 13-2022)

Abstract

Prioritization and selection of sample areas from the whole nature is necessary to protect biodiversity. The main purpose of this study was to evaluate the development of a network of conservation areas in Markazi province using landscape metrics. For this purpose, we used MaxEnt, Marxan, Fragstat softwares and eight conservation criteria. Results were compared by using simulated sorting, greedy, best and max rarity algorithms and different landscape metrics. Maximum entropy method was used to model the wildlife habitats. The results of different protection scenarios showed that a 30% conservation target with a Boundary Length Modifier (BLM) of 30 is the most appropriate option. The simulated sorting algorithm provided more acceptable results in all cases. Overlapping the selected protection areas with the map of protected areas in Markazi province showed that only two protection criteria, out of the 8 selected criteria, are successful in providing the 30% protection target, which is not efficient in terms of achieving protection goals. In most scenarios, the overlap of the selected protection networks with the existing protected areas are less than 31.45%. Results of landscape metrics showed that the distance between conservation areas varies. The diversity and abundance of the conservation areas are low. Therefore, the conservation areas in Markazi province are among the vulnerable ecosystems with high fragility.

Keywords: Marxan, MaxEnt, , Landscape metrics, Markazi province

1. Department of Environmental Sciences and Engineering, Faculty of Agriculture and Environment, Arak University, Arak, Iran.

*: Corresponding Author, Email: a-ansari@araku.ac.ir