Archive of SID

کمی‌سازی از هم‌گسیختگی سیمای سرزمین به‌عنوان شاخصی برای ارزیابی زیستگاه حیات‌وحش (مطالعه موردی: منطقه حفاظت‌شده جاجرود)

- **رقیه صادق‌اوغلی:** گروه‌محیط زیست طبیعی و تنوع زیستی، دانشکده محیط زیست، کرج، ایران، صندوق پستی: ۱۱۸-۳۱۷٤٦
- **علی جهانی*:** گروه‌محیط زیست طبیعی و تنوع زیستی، دانشکده محیط زیست، کرج، ایران، صندوق پستی: ۱۱۸-۳۱۷٤٦
- **افشین علیزاده‌شعبانی:** گروه منابع طبیعی- محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
- **حمید گشتاسب:** گروه‌محیط زیست طبیعی و تنوع‌زیستی، دانشکده محیط زیست، کرج، ایران، صندوق پستی: ۱۱۸-۳۱۷٤٦

تاریخ دریافت: آبان ۱۳۹٦ تاریخ پذیرش: بهمن ۱۳۹٦

چکیده

یکپارچگی و ارتباط داشتن زیستگاه‌ها در مناطق حفاظت شده برای دوام جمعیت‌های گیاهی و جانوری مهم است. بررسی یکپارچگی مناطق حفاظت شده می‌تواند برای ارتباط دادن لکه‌های محدود شده و کمک برای مقابله با تأثیرات از هم‌گسیختگی مفید واقع شود. هدف از این تحقیق کمی نمودن از هم‌گسیختگی سیمای سرزمین به‌منظور بررسی زیستگاه گونه‌های مهم منطقه حفاظت شده جاجرود است. برای رسیدن به این هدف پس از تهیه نقشه کاربری‌های منطقه با استفاده از تکنیک‌های RS و GIS، عناصر از هم‌گسیختگی برای ایجاد هندسه‌های از هم‌گسیختگی استخراج گردید و با استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین ساختار و یکپارچگی زیستگاه گونه‌های کل و بز، قوچ و میش، پلنگ و آهو مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد که به‌طورکلی بیش‌ترین افزایش از هم‌گسیختگی در سیمای سرزمین و بین زیستگاه‌های جانوران در اثر موانع هندسه اول که شامل اراضی انسان‌ساخت و جاده‌های آسفالت بود رخ داده است. هم‌چنین بیش‌ترین افزایش لکه‌گی برای قوچ و میش و آهو در هندسه اول، کل و بز در هندسه دوم (باغ) و برای پلنگ در هندسه چهارم (سد) رخ داده است. بسیاری از تعارضات از زیستگاه‌های گونه‌های حساس حیات‌وحش می‌گذرد و اثرات جبران‌ناپذیر این تعارضات در درازمدت بیش‌تر مشخص خواهد شد. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد با تحلیل سنجه‌های سیمای سرزمین در مناطق تحت حفاظت امکان شناسایی و الویت‌بندی مهم‌ترین موانع حفظ یکپارچگی زیستگاه گونه‌های مختلف فراهم شده و امکان برنامه‌ریزی جهت حفاظت از زیستگاه گونه به‌وجود می‌آید.

کلمات کلیدی: از هم‌گسیختگی، سنجه‌های سیمای سرزمین، منطقه حفاظت شده جاجرود، زیستگاه

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: Ajahani@ut.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

مناطق تحت حفاظت در صورت مدیریت مطلوب، می‌توانند کارکردهایی مانند حفظ فرایندهای اکولوژیک اساسی و سیستم‌های حیات‌بخش، تنوع‌ژنتیکی، فراهم آوردن زیستگاه برای گونه‌های حساس و بسیاری خدمات دیگر را عرضه کنند (مجنونیان، ۱۳۸۰). پایش یکپارچگی سیمای سرزمین و تغییرات زیستگاه در مناطق حفاظت شده مسئله مهمی برای سازمان‌های حفاظت از محیط‌زیست و طبیعت به‌شمار می‌رود (Mairota و همکاران، ۲۰۱۳). یکپارچگی و ارتباط داشتن زیستگاه‌ها در مناطق حفاظت‌شده برای دوام جمعیت‌های گیاهی و جانوری مهم است مخصوصاً زمانی‌که زیستگاه‌های مختلف مکمل یکدیگر باشند (Leitao و Ahren، ۲۰۰۲). اما با رشد تعارضات انسانی مانند رشد زیربناهای حمل و نقل، رشد شهرها و کاربری‌هایی مثل کشاورزی یکپارچگی و ارتباط بین زیستگاه‌ها در مناطق حفاظت شده کاهش پیدا کرده است که تهدیدی جدی برای حیات‌وحش و گونه‌های کلیدی منطقه به‌حساب می‌آید که این موارد مدیریت منطقه را تحت تأثیر قرار داده است(Townsend و همکاران، ۲۰۰۹). هم‌چنین فشار بشر در مناطق حفاظت شده و در مرزهای خود اغلب باعث ایجاد عواقبی برای تنوع‌زیستی و توزیع گونه‌ها می‌گردد و تغییراتی را در میزان زیستگاه و هم‌چنین چشم‌انداز و ساختار زیستگاه به‌وجود می‌آورد و باعث شده است تا کمی‌کردن لکه‌لکه شدن یا از هم‌گسیختگی (Fragmentation) سیمای سرزمین و بررسی یکپارچگی مناطق به یک امر مهم‌برای برنامه‌ریزی و مدیریت منطقه حفاظت‌شده تبدیل گردد (Girvetz و همکاران، ۲۰۰۸). مبنای اصلی نیز برای انجام محاسبه‌های کمی‌ساز سطح سیمای‌سرزمین، بر فرایند از هم‌گسیختگی قرار داده شده است که یکی از مهم‌ترین فرایندهای موجود در سیمای سرزمین برای نشان دادن فعالیت انسان در طبیعت در ایجاد اختلال در سطح ساختار و عملکرد سیمای سرزمین است (Ahern و Andre، ۲۰۰۳). با توجه به این‌که از هم‌گسیختگی فرایندی است که باعث بیش‌تر شدن و کوچک‌شدن لکه‌های زیستگاه می‌شود(Saundres و همکاران، ۲۰۰۲). بررسی یکپارچگی مناطق حفاظت‌شده می‌تواند برای ارتباط دادن لکه‌های محدود شده و کمک برای مقابله با تأثیرات از هم‌گسیختگی مفیدواقع‌شودو به‌عنوان یک‌پایه برای حمایت از برخی برنامه‌ریزی‌های کاربری زمین و استراتژی‌های حفاظت (مانند مفاهیم شبکه‌های بوم‌شناسی)مورد استفاده قرارگیرد (Leitao و Ahren، ۲۰۰۲). ارتباط میان لکه‌های زیستگاهی و جمعیت‌ها عامل مهمی است که برگستره وسیعی‌از فرایندهای‌بوم‌شناختی نظیر جریان ژن، پویایی ابرجمعیت‌ها، افزایش گستره پراکنش گونه‌ها، بقاء جمعیت‌ها و حفظ تنوع‌زیستی تأثیرگذار بوده (Crooks، ۲۰۰۲) و یک ویژگی بسیار مهم سیمای سرزمین به‌شمار می‌رود. ارتباط سیمای‌سرزمین،میزان توانایی ساختار و ترکیب سیمای سرزمین در تسهیل نمودن حرکت افراد و جمعیت‌ها در میان لکه‌های زیستگاهی است و در ارتباط با نیازهای زیستگاهی گونه‌هایی که‌در آن‌زندگی و حرکت می‌کنند تعریف می‌شود (Bennett، ۲۰۰۳).زمانی‌که توانایی گونه‌ها برای حرکت در میان لکه‌های زیستگاهی کاهش پیدا کند، گونه‌ها منزوی شده و در نتیجه آسیب‌پذیری آن‌ها نسبت به آشفتگی‌های محیطی بیش‌تر شده و احتمال انقراض آن‌ها افزایش می‌یابد(Crooks، ۲۰۰۲). زیست‌شناسان حفاظت معتقدند که ارتباطات، زیستایی جمعیت‌های حیات‌وحش را افزایش داده و تأثیرات ناشی از انزوا بر جمعیت‌ها و جوامع را به حداقل می‌رساند (Bennett، ۲۰۰۳). بررسی مطالعات صورت گرفته حاکی از کاربرد سنجه اندازه موثر شبکه در تحلیل از هم‌گسیختگی پوشش‌های جنگلی (زبردست و همکاران، ۱۳۹۰)، سنجه‌های تعداد لکه، کل حاشیه و اندازه موثر شبکه در بررسی حرکت جانوران (براتی و همکاران، ۱۳۹۴) می‌باشد. Jaeger (۲۰۰۲) نیز سنجه اندازه موثر شبکه را با ۲۱ سنجه دیگر با توجه به قابلیت اطمینان برای کمی‌کردن از هم‌گسیختگی و تکه‌تکه شدن سیمای سرزمین مقایسه کرد که اندازه موثر شبکه بالاترین رتبه را کسب نمود. منطقه مورد مطالعه در این تحقیق مجموعه حفاظت شده جاجرود می‌باشد که انواع تعارضات و آشفتگی‌های انسانی (مثل زیربنای حمل و نقل، ساخت و سازهای مسکونی، شهرک‌های صنعتی) سیمای‌سرزمین این‌منطقه را تحت تأثیر قرار داده است و باعث افزایش از هم‌گسیختگی و کاهش یکپارچگی در منطقه و در پی آن کاهش ارتباط بین زیستگاه جانوران و لکه‌های سیمای سرزمین می‌شود که تأثیر زیادی بر حیات‌وحش منطقه می‌گذارد. بنابراین مطالعه یکپارچگی واز هم‌گسیختگی سیمای سرزمین آن به‌منظور برنامه‌ریزی، مدیریت وارزیابی سیاست‌های حفاظتی منطقه مورد نیاز است تا بتوان سیاست‌های حفاظتی بهتری در منطقه اعمال نمود. که در این تحقیق با استفاده از سنجه‌های اکولوژی سیمای سرزمین سطح در مجموعه حفاظت شده جاجرود از هم‌گسیختگی سیمای سرزمین در چهار هندسه ساختاری عمومی و از هم‌گسیختگی زیستگاه گونه‌های حیات‌وحش در چهار هندسه ساختاری خصوصی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

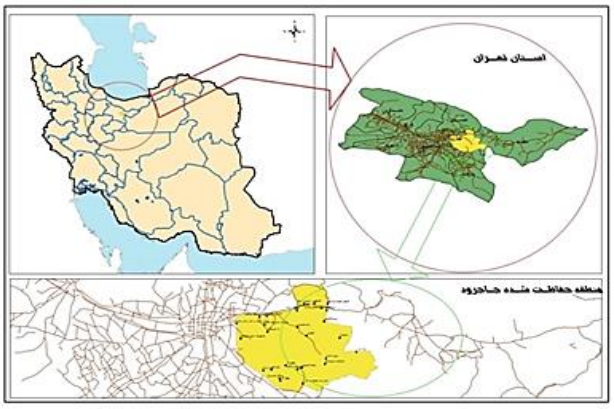
مواد و روش‌ها

مجموعه حفاظت شده جاجرود با وسعت حدود ۷۴۰۰ کیلومتر مربع در حدود عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۵۰ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۵۲ درجه شرقی و در شرق تهران قرار دارد. این مجموعه شامل پارک‌های ملی‌خجیر، سرخه‌حصار و منطقه حفاظت‌شده جاجرود می‌باشد (شکل

www.SID.ir

Archive of SID

۱). این مناطق از تنوع بسیار زیاد گونه‌های گیاهی برخوردارند و از نظر حیات‌وحش از بهترین زیستگاه‌های البرز مرکزی محسوب می‌شوند. نتیجه مطالعات انجام شده در این منطقه نشان‌دهنده این است که تعداد ۱۱۸ گونه پرنده و ۳۸ گونه پستاندار و ۲۷ گونه خزنده، ۲ گونه دوزیست و ۷ گونه ماهی در مجموعه حفاظت شده جاجرود زندگی می‌کنند (مهندسین مشاور بوم‌آباد، ۱۳۸۱).



شکل۱: مجموعه حفاظت شده جاجرود

پردازش داده‌ها: برای محاسبه سنجه‌ها در این تحقیق ابتدا باید عناصر از هم‌گسیختگی برای ایجاد هندسه‌های از هم‌گسیختگی تهیه شود. بدین‌منظور برای استخراج کاربری‌های انسان‌ساخت، باغ و دریاچه سد، نقشه پوشش/کاربری منطقه با استفاده از تصویر ماهواره‌ای لندست تهیه گردید و برای راه‌های منطقه از فایل وکتوری راه‌ها و برای کوه‌های بالاتر از ۲۱۰۰ متر از فایل وکتوری توپوگرافی منطقه که از سازمان حفاظت محیط‌زیست تهیه شد استفاده گردید. در این تحقیق با استفاده از تصویر ماهواره‌ای لندست۸، نقشه پوشش/کاربری سال ۲۰۱۶ به‌دست آمد. سپس سنجه‌های سیمای سرزمین برای بررسی ساختار و از هم‌گسیختگی زیستگاه گونه‌های کل و بز، قوچ و میش، پلنگ و آهو در محیط نرم‌افزار Fragstats® اندازه‌گیری شد. با مقایسه و تفسیر این سنجه‌ها در منطقه مورد مطالعه سعی در شناسایی تعارضات اصلی برای گونه‌های مورد مطالعه براساس الگوی سیمای سرزمین و تعیین الویت مدیریت تعارضات مناطق گردید.

تهیه نقشه پوشش/کاربری منطقه: بدین‌منظور تصویر ماهواره‌ای سنجنده OLI ماهواره لندست سال ۲۰۱۶ تهیه شد. داده‌های خام ماهواره‌ای، دارای خطاهای متعددی هستند که قبل از استفاده باید خطاها بررسی و برای رفع آن‌ها اقدام کرد که اصولا به آن پیش‌پردازش تصاویر ماهواره‌ای می‌گویند (Jensen، ۲۰۰۵). در این تحقیق برای تصحیح هندسی تصویر از روش نقطه‌زنی در عرصه توسط دستگاه GPS استفاده شد. بدین‌منظور ابتدا توسط دستگاه GPS مختصات درست این نقاط برداشت گردید و در نرم‌افزار Erdas Imagine® تصحیح هندسی تصویر ۲۰۱۶ انجام گرفت. به‌گونه‌ای که RMS خطای مربوط به تصحیح هندسی کم‌تر از ۰/۵ به‌دست آمد. برای تصحیح رادیومتریک و اتمسفری نیز از روش تصحیح اتمسفری مطلق توسط مدل Atcor در نرم‌افزار Erdas Imagine® استفاده شد. با استفاده از الگوی طرح Anderson و همکاران (۱۹۷۶) و اهداف در این تحقیق، کاربری‌های موجود در منطقه در شش طبقه بدنه آبی (دریاچه سد)، باغ (باغ‌ها و کلیه اراضی کشاورزی)، اراضی انسان‌ساخت (کلیه مراکز انسان‌ساخت اعم از شهرها، روستاها، تأسیسات و مراکز صنعتی)، مرتع خوب، مرتع ضعیف و جنگل دست‌کاشت تعریف شد. در نهایت تمام پوشش/کاربری‌های استخراج شده در یک فایل قرار گرفتند و نقشه پوشش/کاربری تهیه گردید.

ارزیابی صحت طبقه‌بندی: ارزش و قابلیت استفاده از هر نقشه تولیدی، به‌میزان صحت آن بستگی دارد. در این تحقیق به‌منظور صحت نقشه‌ای که از تصویر سال ۲۰۱۶ تولید شده است از نقاط برداشت شده با GPS استفاده گردید. در روی زمین موقعیت نمونه‌ها با استفاده از دستگاه موقعیت‌یاب جهانی با دقت بالا پیاده و نوع پوشش زمینی در محل نمونه‌ها مشخص گردید.

سنجه‌های مورد استفاده

سنجه تعداد لکه: سنجه تعداد لکه (Number of patches=NP)، تعداد کل لکه‌ها را در سطح کلاس یا سیمای سرزمین محاسبه می‌کند. این سنجه به‌عنوان شاخصی برای لکه‌لکه شدن زیستگاه استفاده می‌شود. که هرچه تعداد لکه‌ها بیش‌تر باشد نشان‌دهنده فرایند حذف و سوراخ شدگی در سیمای سرزمین است که افزایش آن یعنی بخش‌های یکپارچه به لکه‌های کوچک‌تر تبدیل شده‌اند و نشانه تجزیه و کاهش پیوستگی است (زبردست، ۱۳۹۰؛ McGarigal و Marks، ۱۹۹۵).

سنجه کل حاشیه: سنجه‌های حاشیه (لبه) معمولاً به‌عنوان بهترین نماینده آرایش فضایی سیمای سرزمین مطرح شده‌اند (McGarigal و Marks، ۱۹۹۵). سنجه کل حاشیه (Total edge=TE)، از سنجه‌های پیکربندی است که نشان‌دهنده طول حاشیه‌ها و مرزهای موجود درون سیمای سرزمین است. افزایش این سنجه نشان‌دهنده فرایندهای کاهش اندازه و دو تکه‌سازی در سیمای سرزمین است که منجر به افزایش میزان نواحی مرزی لکه مورد نظر و در نتیجه از هم‌گسیختگی بیش‌تر می‌شود.

سنجه اندازه موثر شبکه: سنجه اندازه موثر شبکه (MESH = Effective Mesh Size) نشان‌دهنده احتمال اتصال بین دو نقطه در سیمای سرزمین و جدا نشدن آن‌ها به‌وسیله موانعی مانند جاده‌هاست (Girvetz و همکاران، ۲۰۰۸؛ Jaeger، ۲۰۰۲). این سنجه هم‌چنین می‌تواند به‌عنوان اندازه متوسط منطقه‌ای تعبیر شود که حیات‌وحش منطقه که به‌صورت تصادفی در سیمای سرزمین قرار گرفته قادر باشد

www.SID.ir

Archive of SID

بدون‌عبور ازموانع به آن دسترسی پیداکند، این سنجه‌فرایند اکولوژیک انتشار حیات‌وحش منطقه را عنوان می‌کند و می‌تواند با یک محدوده وسیع از فرایند حرکت حیات‌وحش ارتباط داشته باشد. در مطالعه مقایسه‌ای بین سنجه اندازه مؤثر شبکه و ۲۱ سنجه دیگر مرتبط با فرایند از هم‌گسیختگی از نظر عواملی چون آسانی تفسیر و ارتباط مستقیم‌با فرایند،سادگی‌محاسبات ریاضی، نیاز داده‌ای کم، حساسیت کم‌تر به اندازه لکه، واکنش یکنواخت نسبت به مراحل مختلف از هم‌گسیختگی‌وهمگن‌بودن ازنظر قواعد ریاضی و خاصیت جمع‌پذیری این سنجه بالاترین امتیاز را به‌خود اختصاص داده و مناسب‌تر از سایر سنجه‌ها تشخیص داده شده است (Jaeger، ۲۰۰۲).

بررسی پراکندگی جانوران: با توجه به این‌که ساختار سیمای سرزمین بر پراکندگی جانوران تأثیر می‌گذارد، در این تحقیق سعی بر آن شده است تا این مهم بررسی شود. ابتدا لازم است پوشش‌های اختلالی در مقیاس فضایی و زمانی مورد بررسی یا به اصطلاح نقشه هندسه از هم‌گسیختگی (Fragmentation Geometry) محدوده مورد مطالعه‌تعیین شود. برای این کار زیستگاه جانوران به دو صورت بررسی شدند. الف) به‌صورت عمومی در چهار هندسه از هم‌گسیختگی که در این روش جانور خاصی مدنظر نیست. ب) به‌صورت اختصاصی برای زیستگاه گونه‌های مهم منطقه (کل و بز، قوچ و میش، پلنگ و آهو). الف) به‌صورت عمومی در چهار هندسه‌ی از هم‌گسیختگی: در این روش کل موانعی که در منطقه مانع حرکت و پراکنش جانوران در منطقه می‌شوند در چهار هندسه از هم‌گسیختگی و توسط سنجه اندازه موثر شبکه کمی شدند. برای آنالیز از هم‌گسیختگی سیمای سرزمین ابتدا لازم است که مشخص شود کدام یک از عنصرهای سیمای سرزمین به‌عنوان موانع حرکت و پراکنش حیات‌وحش منطقه مهم‌هستند.ازهم‌گسیختگی‌سیمای‌سرزمین بر اثر توسعه کاربری‌هایی مانند کشاورزی، صنعتی، شهری، معادن و ... از به‌هم پیوستن این مکان‌ها ازطریق زیربنای‌خطی نتیجه می‌شود. عناصر سیمای سرزمین انتخابی در این پژوهش که مانع گسیل، انتشار و حرکت گونه‌های حیات‌وحش منطقه می‌شوند شامل مناطق انسان‌ساخت، جاده‌ها، باغ، سد و توپوگرافی می‌باشند. چهار هندسه از هم‌گسیختگی تعریف شد تا اجازه تفسیرها و توضیحات مختلف را بدهد. هندسه اول: راه‌های آسفالت و اراضی انسان‌ساخت (شامل مناطق شهری و مسکونی، شهرک‌های صنعتی و ...) موانع حرکت هستند. در هندسه دوم: موانع هندسه اول به‌همراه راه‌های خاکی منطقه موانع حرکت هستند. در هندسه سوم: موانع هندسه دوم به‌همراه کاربری باغ موانع حرکت بوده و در هندسه چهارم: موانع طبیعی مانند کوه‌های بالاتر از ۲۱۰۰ متر که مانع حرکت بعضی از حیوانات همانند آهو می‌شوند (Girvetz و همکاران، ۲۰۰۸) و دریاچه سد به‌عنوان مانع انتخاب شدند.

ب) به‌صورت اختصاصی برای زیستگاه‌های جانوران: با توجه به این‌که برای ارزیابی با استفاده از رهیافت اکولوژی سیمای سرزمین معمولاً پراکنش چند گونه مهم بررسی می‌شود، در این تحقیق گونه‌های کل و بز، قوچ و میش، پلنگ و آهو به‌عنوان گونه‌های مهم منطقه انتخاب شدند.در این‌روش ابتدا کاربری‌های منطقه که‌می‌توانندمانع پراکندگی این جانوران شوند (کاربری اراضی انسان‌ساخت، باغ و دریاچه سد در این منطقه) به‌عنوان موانع مدنظر قرار گرفتند و در چهار هندسه همانند هندسه عمومی، با فایل کل منطقه و زیستگاه هر گونه روی هم‌گذاری شدند و سنجه اندازه موثر شبکه (پراکندگی حیوان بدون برخورد با موانع) برای بستر و زیستگاه هر گونه و سنجه تعداد لکه‌ها برای زیستگاه گونه‌ها (حرکت بین چه تعداد زیستگاه) و سنجه کل حاشیه نیز برای زیستگاه هر گونه (با توجه به این‌که افزایش حاشیه در این تحقیق یعنی برخورد بیش‌تر حیوانات در حرکت در حاشیه با کاربری‌های باغ، اراضی انسان‌ساخت، دریاچه سد و کاهش زیستگاه داخلی) محاسبه شدند. سنجه‌های نام برده شده در شرایط بدون مانع و در شرایط وجود مانع محاسبه شدند. با توجه به این‌که این جانوران در منطقه‌دارای‌چندمنطقه‌زیستگاهی هستند، سنجه اندازه موثر شبکه بین زیستگاه‌ها (بستر) نیز محاسبه گردید. هم‌چنین در هندسه چهارم گونه‌آهو، کوه‌های‌بالاتراز ۲۱۰۰ مترو سد، و در هندسه چهارم گونه‌های کل و بز، قوچ و میش و پلنگ، فقط سد به‌عنوان موانع اضافه گردید.

اندازه‌گیری سنجه‌ها: برای استفاده از سنجه‌ها لازم است ابتدا واحد فضایی تعریف شده و سپس لکه‌ها یا عوامل ناسازگار و مانع پیوستگی‌ولکه‌هایی که‌میزان‌یکپارچگی آن‌ها مورد نظر است (زیستگاه یا‌پوشش‌اصلی)تعیین‌شده‌وبه آن‌ها کد داده شود. که برای اندازه‌گیری سنجه‌های‌نام برده‌شده برای‌هر هندسه از هم‌گسیختگی، موانع حرکت درهر هندسه‌روی فایل‌کل‌منطقه‌قرارگرفت و سنجه NP، TE، MESH برای‌هرکدام از هندسه‌های از هم‌گسیختگی در نرم‌افزار Fragstats® محاسبه گردید.

نتایج

با توجه به ارزیابی صحت طبقه‌بندی صورت گرفته صحت کلی ۹۴/۲۵درصدوضریب‌کاپا ۹۰/۶۸به‌دست‌آمدکه نشان‌دهنده هم‌خوانی نقشه‌تولید شده با واقعیت زمینی می‌باشد. همان‌طورکه گفته شد برای کمی کردن حرکت و پراکنش جانوران از دو روش عمومی و خصوصی استفاده شد. نتایج حاصل از اندازه‌گیری سنجه اندازه موثر شبکه برای هندسه عمومی حاکی از این است که اندازه موثر شبکه از هندسه اول به چهارم کاهش یافته است که بیش‌ترین کاهش این کمیت نیز در هندسه اول رخ داده است (جدول ۱).

www.SID.ir

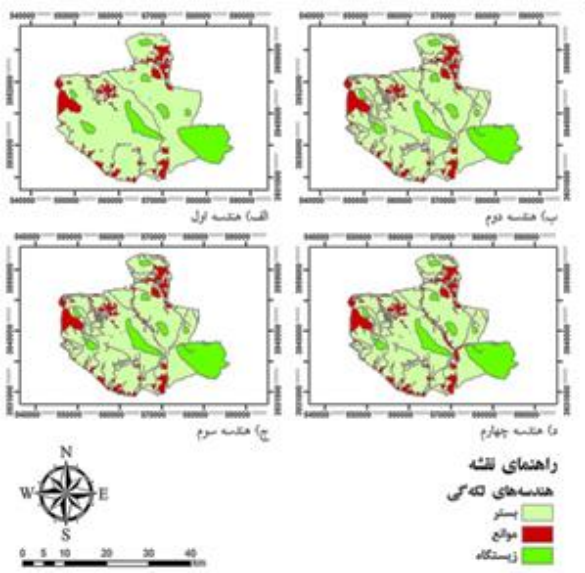
Archive of SID

جدول۱: سنجه اندازه موثر شبکه در هندسه‌های از هم‌گسیختگی

هندسه‌های لکه‌گی	مجموعه حفاظت شده جاجرود
هندسه اول	۵۳۱۴۵/۶۷
هندسه دوم	۵۱۹۹۲/۷۰
هندسه سوم	۵۰۶۰۷/۸۸
هندسه چهارم	۴۹۱۰۴/۵۳
بدون مانع	۷۵۶۶۹/۷۵

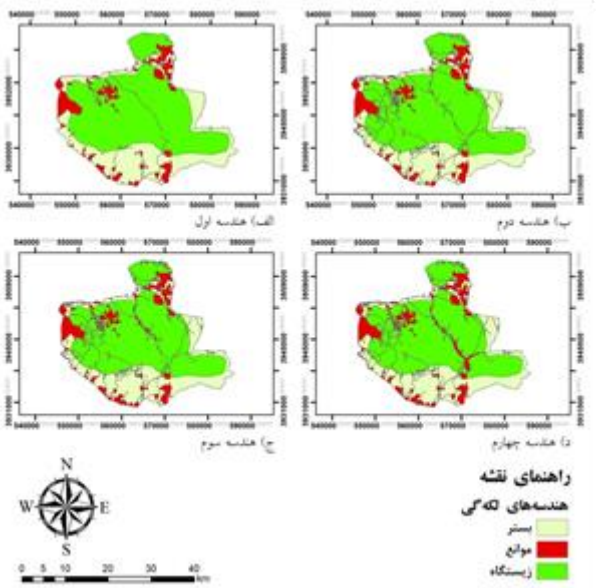
هندسه خصوصی

کل و بز: نتایج سنجه NP نشان‌دهنده این است که در شرایطی که مانعی نباشد ۸ لکه زیستگاهی در منطقه وجود دارد و این تعداد تا هندسه دوم ثابت است. ولی تعداد لکه از هندسه سوم به بعد بیش‌تر شده است (۱۸ لکه). سنجه کل حاشیه زیستگاه کل و بز حاکی از این است که حاشیه در زیستگاه در حضور موانع بیش‌تر از شرایط بدون مانع است. بیش‌ترین افزایش حاشیه از هندسه اول به دوم است و از هندسه سوم به چهارم نیز میزان این سنجه کمی کاهش داشته است. سنجه اندازه موثر شبکه نیز با حضور موانع کاهش کمی در زیستگاه داشته است و این مقدار بین زیستگاه‌ها در حضور موانع نسبت به داخل زیستگاه بیش‌تر است. محاسبه سنجه اندازه موثر شبکه برای زیستگاه و بستر کل و بز نشان از کاهش آن نسبت به شرایط بدون مانع دارد. این نشان‌دهنده این است که میزان مساحتی که درون زیستگاه خود می‌تواند حرکت کند تا با موانع برخورد نکند از هندسه اول به چهارم کاهش یافته، میزان مساحتی که می‌تواند بین زیستگاه‌های خود (فراجمعیت‌ها) حرکت کند نیز کاهش یافته است. بیش‌ترین کاهش این سنجه در زیستگاه از هندسه دوم به سوم و در بستر در هندسه اول است (شکل۲ و شکل‌های ۶ تا ۹).



شکل۲: زیستگاه کل و بز در حضور هندسه‌های از هم‌گسیختگی

قوچ و میش: نتایج سنجه تعداد لکه نشان می‌دهد در شرایطی که مانعی نباشد فقط دو لکه زیستگاهی در منطقه وجود دارد. اما با حضور موانع تعداد لکه‌ها از هندسه اول به چهارم افزایش می‌یابد و در هندسه چهارم به ۱۳۹ لکه در درون زیستگاه‌ها می‌رسد. بیش‌ترین افزایش تعداد لکه از هندسه دوم به سوم است. سنجه کل حاشیه نشان‌دهنده افزایش مقدار کل طول حاشیه از هندسه اول تا چهارم است. کم‌ترین مقدار نیز در شرایط بدون مانع است. بیش‌ترین افزایش حاشیه از هندسه اول به دوم است. سنجه اندازه موثر شبکه نشان‌دهنده کاهش سنجه از هندسه اول به چهارم است. این نشان‌دهنده این است که میزان مساحتی که درون زیستگاه خود می‌تواند حرکت کند تا با موانع برخورد نکند از هندسه اول به چهارم کاهش یافته است. بیش‌ترین کاهش آن در زیستگاه و بستر مربوط به هندسه اول و بیش‌ترین مقدار آن نیز در زیستگاه بدون مانع است (شکل۳ و شکل‌های ۶ تا ۹).

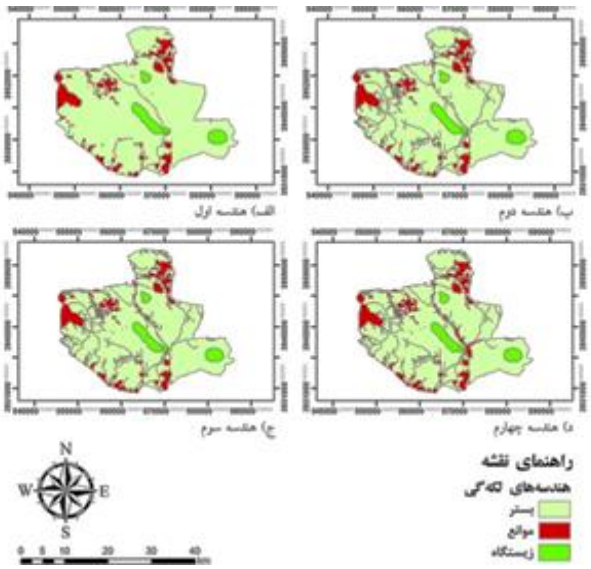


شکل۳: زیستگاه قوچ و میش در حضور هندسه‌های از هم‌گسیختگی

پلنگ ایرانی: سنجه تعداد لکه نشان‌دهنده این مهم است که در شرایط بی‌مانع از ۳ لکه زیستگاهی به ۶ لکه در حضور موانع رسیده است. سنجه کل حاشیه از هندسه اول به سوم در زیستگاه پلنگ بیش‌تر شده است و در هندسه آخر کاهش داشته است. مقدار این سنجه در شرایط بدون مانع کم‌تر از حضور موانع است. سنجه اندازه موثر شبکه بین زیستگاه‌ها و لکه‌های زیستگاهی پلنگ ایرانی حاکی از کاهش آن در حضور موانع از هندسه اول به چهارم است. بیش‌ترین مقدار این سنجه در شرایط بدون مانع در زیستگاه و بستر است و بیش‌ترین کاهش آن در زیستگاه از هندسه سوم به چهارم با اضافه شدن سد به موانع، و در بستر در هندسه اول است (شکل ۴ و شکل‌های ۶ تا ۹).

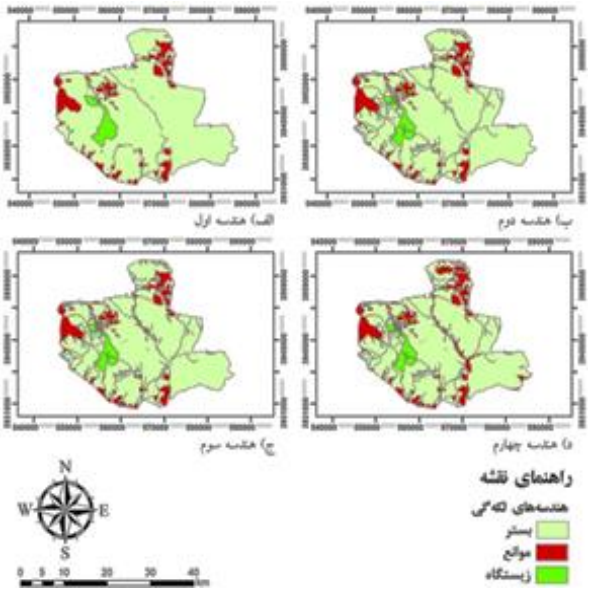
www.SID.ir

Archive of SID

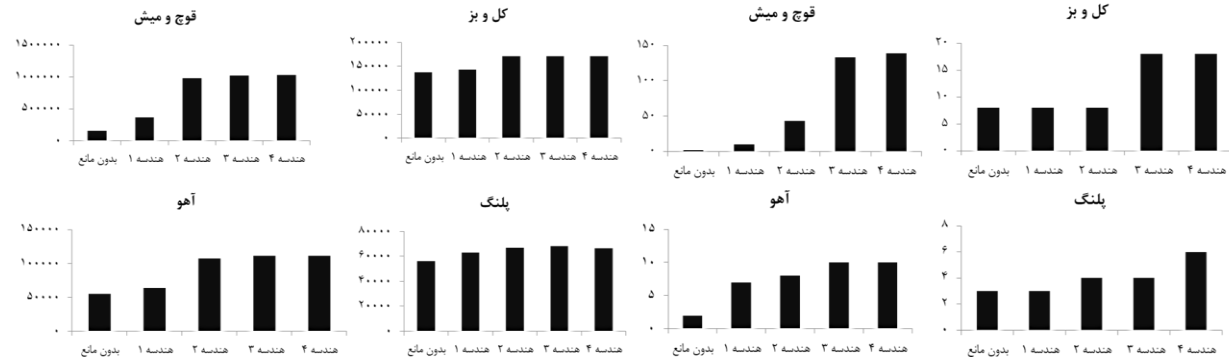


شکل۴: زیستگاه پلنگ در حضور هندسه‌های از هم‌گسیختگی

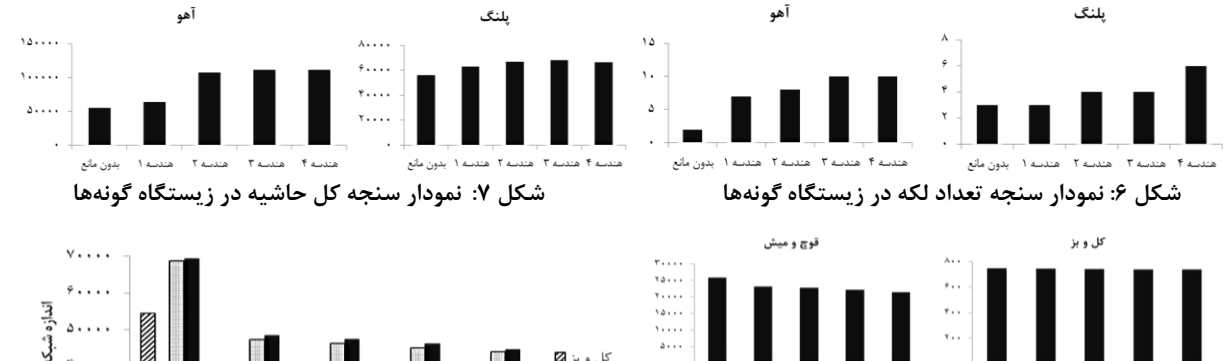
آهو: سنجه تعداد لکه نشان می‌دهد در شرایطی که مانعی نباشد فقط دو لکه زیستگاهی در منطقه وجود دارد. اما با حضور موانع تعداد لکه‌ها افزایش می‌یابد و در هندسه سوم به ۱۰ لکه در درون زیستگاه‌ها می‌رسد. سنجه کل حاشیه نشان‌دهنده افزایش مقدار کل طول حاشیه از هندسه اول تا چهارم است. بیش‌ترین افزایش حاشیه از هندسه اول به دوم است. سنجه اندازه موثر شبکه نشان‌دهنده کاهش سنجه از هندسه‌اول به چهارم است. این نشان‌دهنده این است که میزان مساحتی که درون زیستگاه خود می‌تواند حرکت کند تا با موانع برخورد نکند از هندسه اول به چهارم کاهش یافته است. بیش‌ترین کاهش آن در زیستگاه و بستر مربوط به هندسه اول و بیش‌ترین مقدار آن نیز در زیستگاه بدون مانع است (شکل۵ و شکل‌های ۶ تا ۹).



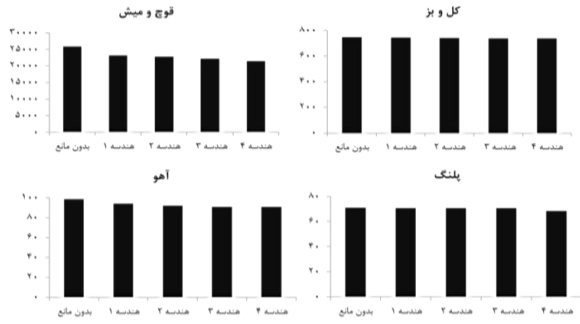
شکل۵: زیستگاه آهو در حضور هندسه‌های از هم‌گسیختگی



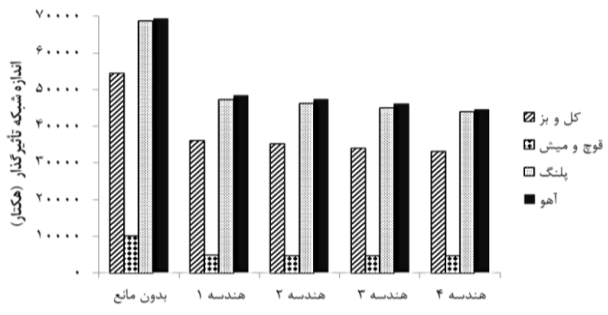
شکل ۶: نمودار سنجه تعداد لکه در زیستگاه گونه‌ها



شکل ۷: نمودار سنجه کل حاشیه در زیستگاه گونه‌ها



شکل ۸: نمودار سنجه اندازه موثر شبکه در زیستگاه گونه‌ها



شکل ۹: نمودار سنجه اندازه موثر شبکه بین زیستگاه گونه‌ها

www.SID.ir

Archive of SID

بحث

از نتایج اندازه‌گیری سنجه اندازه موثر شبکه هندسه‌های لکه‌گی در این تحقیق می‌توان نتیجه گرفت که ازهندسه اول به هندسه چهارم کمیت سنجه MESH کاهش یافته است که این امر به سبب افزایش موانع در هر هندسه از هم‌گسیختگی می‌باشد. بیش‌ترین کاهشی که از هندسه اول به سمت هندسه چهارم وجود دارد کاهش سنجه اندازه موثر شبکه در هندسه اول است که به‌خاطر از هم‌گسیختگی سیمای سرزمین به‌دلیل وجوداراضی انسان‌ساخت وجاده‌های آسفالت در منطقه است (جدول ۱). در نتیجه موانع این هندسه باعث از هم‌گسیختگی بیش‌تری در منطقه شده‌اند. در مطالعه Girvetz و همکاران (۲۰۰۸) و براتی و همکاران (۱۳۹۴) بیش‌ترین کاهش این سنجه توسط جاده‌های فرعی رخ داده است. با توجه به نتایج تحقیق می‌توان به این نتیجه رسید که هندسه اول که شامل جاده‌های بزرگ و راه‌های آسفالت و اراضی انسان‌ساخت است می‌تواند به‌عنوان مانع اصلی برای پستانداران بزرگ منطقه باشد. روش به‌کار برده شده در این تحقیق می‌تواند وجود مشکل در فرایندهای اکولوژیک را به‌صورت کمی بیان نماید و نشان دهد که در کدام هندسه و با وجود چه موانعی این فرایندها با مشکلات بیش‌تری روبه‌رو بوده‌اند و روش مدیریت در جهت کاهش موانع حرکت قرار بگیرد. به‌منظور بررسی زیستگاه‌های حساس، زیستگاه کل و بز، قوچ و میش، پلنگ و آهو که از نظر حفاظتی مورد توجه هستند انتخاب شد. سنجه‌های اندازه‌گیری شده برای زیستگاه کل و بز نشان می‌دهد که در شرایطی که مانعی نباشد ۸ لکه زیستگاهی در منطقه وجود دارد و این تعداد تا هندسه دوم ثابت است. ولی تعداد لکه‌های زیستگاهی با اضافه شدن باغ‌های منطقه در هندسه سوم به ۱۸ لکه می‌رسد، لذا توسعه باغ‌ها در منطقه حفاظت شده جاجرود به‌عنوان مهم‌ترین عامل لکه‌لکه‌شدگی زیستگاه کل و بز در منطقه شناسایی می‌گردد. سنجه کل حاشیه برای زیستگاه‌های کل و بز در هندسه‌های مختلف متفاوت است و نسبت به شرایط بدون مانع بیش‌تر است. تکه‌تکه‌شدگی مقدار بیش‌تری حاشیه را برای زیستگاه به‌وجود می‌آورد و مرکز هر زیستگاه تکه‌تکه شده به حاشیه نزدیک‌تر خواهد بود و از این‌رو مطلوبیت زیستگاه به‌میزان قابل توجهی کاهش خواهد یافت(Fahrig، ۲۰۰۳). اندازه موثر شبکه درون زیستگاه کل و بز نسبت به شرایط بدون مانع کم‌تر شده و این سنجه در بین زیستگاه‌ها نیز کم‌تر شده است. این نشان‌دهنده این است که میزان مساحتی که درون زیستگاه خود می‌تواند حرکت کند تا با موانع برخورد نکند از هندسه اول به چهارم کاهش یافته، میزان مساحتی که می‌تواند بین زیستگاه‌های خود حرکت کند نیز کاهش یافته است. بیش‌ترین کاهش این سنجه در بین زیستگاه‌های کل و بز در هندسه اول است. و این به‌دلیل عبور جاده و وجود عوامل انسان‌ساخت بین زیستگاه‌های این گونه می‌باشد. باتوجه به تحقیقات انجام شده هرچه از هم‌گسیختگی کم‌تر باشد و لکه‌ها بزرگ‌تر باشند فضایی امن برای گونه‌ها ایجاد می‌شود (Dramstad و همکاران، ۱۹۹۶). بیش‌ترین کاهش اندازه موثر شبکه و از هم‌گسیختگی بیش‌تر در زیستگاه‌های کل و بز مربوط به موانع هندسه دوم (باغ) می‌باشد. سنجه‌های اندازه‌گیری شده برای زیستگاه قوچ و میش نشان می‌دهد که اگر هیچ مانعی در منطقه نباشد تعداد لکه زیستگاهی ۲ لکه است اما با حضور موانع تعداد لکه‌ها در زیستگاه به ۱۳۹ لکه می‌رسد و این نشان‌دهنده افزایش از هم‌گسیختگی و قطعه قطعه شدگی زیستگاه نسبت به عدم حضور موانع است. بیش‌ترین افزایش کمیت تعداد لکه مربوط به کاربری باغ و کشاورزی است. سنجه کل حاشیه نشان‌دهنده افزایش حاشیه در حضور موانع است که افزایش کل حاشیه نشان‌دهنده کاهش زیستگاه داخلی است (Dramstad و همکاران، ۱۹۹۶). با توجه به این‌که قوچ و میش گونه‌ای شکار شونده است و به زیستگاه داخلی وابسته است، افزایش حاشیه باعث کاهش زیستگاه آن می‌شود. بیش‌ترین افزایش حاشیه از هندسه اول به دوم و با اضافه شدن جاده‌های فرعی به موانع بود. سنجه اندازه شبکه موثر نیز نشان‌دهنده نامطلوب شدن وضعیت زیستگاه نسبت به حالت بدون موانع است. سنجه اندازه موثر شبکه نشان‌دهنده کاهش سنجه از هندسه‌اول به چهارم است. این نشان‌دهنده‌این است که میزان مساحتی که در زیستگاه خود می‌تواند حرکت کند تا با موانع برخورد نکند از هندسه اول به چهارم کاهش یافته، میزان مساحتی که می‌تواند بین زیستگاه‌های خود (فرا جمعیت‌ها) حرکت کند نیز کاهش یافته است. بیش‌ترین کاهش آن در زیستگاه و بستر قوچ و میش در هندسه اول است. لذا توسعه کاربری‌های انسان‌ساز در منطقه حفاظت شده جاجرود به‌عنوان مهم‌ترین عامل لکه‌لکه‌شدگی زیستگاه قوچ و میش در منطقه شناسایی می‌گردد. وجود کاربری‌های انسان‌سازی مانند شهرک‌های صنعتی، اراضی مسکن مهر و باغ در شمال منطقه موانعی بین زیستگاه شمالی و مرکزی این گونه است. سنجه NP در زیستگاه پلنگ در شرایط بی‌مانع از ۳ لکه زیستگاهی به ۶ لکه در حضور موانع رسیده است. سنجه کل حاشیه از هندسه اول به سوم در زیستگاه پلنگ بیش‌تر شده است و در هندسه آخر کاهش داشته است. سنجه اندازه موثر شبکه بین زیستگاه‌ها و لکه‌های زیستگاهی پلنگ ایرانی حاکی از کاهش کمیت آن در حضور موانع از هندسه‌اول به چهارم است. بیش‌ترین کاهش آن در زیستگاه از هندسه سوم‌به چهارم‌است. لذا سدسازی در منطقه جاجرود به‌عنوان مهم‌ترین عامل عدم پایداری زیستگاه پلنگ در منطقه شناسایی می‌گردد. در این راستا نتایج تحقیقات رفیعی و همکاران(۱۳۹۰)و رسولی و همکاران (۱۳۸۷) نشان می‌دهد که احداث سد در مناطق حفاظت‌شده بدون توجه به پیامدهای محیط‌زیستی آن آثار زیانباری بر منطقه می‌گذارد و گذشته از این فعالیت‌های صنعتی و انسانی در منطقه افزایش می‌یابد که تهدیدی جدی برای وحوش منطقه است. بیش‌ترین کاهش اندازه موثر شبکه‌و ازهم‌گسیختگی بیش‌تر مربوط به اراضی انسان‌ساز و جاده‌های آسفالت در بین زیستگاه‌های پلنگ می‌باشد. برای بررسی زیستگاه آهو، سد و توپوگرافی به موانع هندسه سوم اضافه گردیدند.نتایج سنجه تعداد لکه

www.SID.ir

Archive of SID

نشان می‌دهد که با حضور موانع تعداد لکه‌ها افزایش می‌یابدو از ۲ لکه زیستگاهی به ۱۰ لکه زیستگاهی می‌رسد. سنجه کل حاشیه نشان‌دهنده افزایش مقدار کل طول حاشیه از هندسه اول تا چهارم‌است. بیش‌ترین افزایش حاشیه از هندسه اول به دوم (جاده‌های خاکی) است. سنجه اندازه موثر شبکه نشان‌دهنده کاهش سنجه از هندسه‌اول به چهارم است. این نشان‌دهنده این‌است که میزان مساحتی که آهو در زیستگاه خود می‌تواند حرکت کند تا با موانع برخورد نکند ازهندسه اول به چهارم کاهش یافته است. بیش‌ترین کاهش آن در زیستگاه و بستر مربوط به هندسه اول است. لذا توسعه اراضی انسان‌ساخت در منطقه جاجرود به‌عنوان مهم‌ترین عامل لکه‌لکه شدگی زیستگاه آهو در منطقه شناسایی می‌گردد. و این به‌خاطر عوامل انسان‌ساخت همانند ویلاسازی‌ها در ده ترکمن، کارگاه شرکت مترو، عبور جاده‌هایی مانند جاده مترو از شمال پارک ملی سرخه‌حصار و .... در زیستگاه و بین زیستگاه‌های این گونه می‌باشد. با استفاده از این سنجه‌ها به‌همراه داده‌های مربوط به گونه‌ها و جوامع می‌توان الگوهای اکولوژیکی مختلف مانند پراکندگی جانداران و زیست‌پذیری زیستگاه‌ها را تفسیر کرد (Girvetz و همکاران، ۲۰۰۸). با توجه به نتایج این تحقیق، به‌طورکلی بیش‌ترین افزایش از هم‌گسیختگی در سیمای سرزمین و بین زیستگاه‌های جانوران در اثر موانع هندسه‌اول که شامل اراضی انسان‌ساخت و جاده‌های آسفالت بود رخ داده است. هم‌چنین بیش‌ترین افزایش لکه‌گی برای قوچ و میش و آهو در هندسه اول، کل و بز در هندسه دوم (باغ) و برای پلنگ در هندسه چهارم (سد) رخ داده است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد با تحلیل سنجه‌های سیمای سرزمین در مناطق تحت حفاظت امکان شناسایی و الویت‌بندی مهم‌ترین موانع حفظ یکپارچگی زیستگاه گونه‌های مختلف فراهم شده و امکان برنامه‌ریزی جهت حفاظت از زیستگاه گونه به‌وجود می‌آید.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله نگارندگان مراتب تشکر و قدردانی خود را از همکاری صمیمانه تمامی دوستانی که در به ثمر نشستن این تحقیق تلاش نموده‌اند، ابراز می‌دارند.

منابع

۱. **براتی، ب.، ۱۳۹۴.** ارزیابی یکپارچگی پارک ملی کلاه‌قاضی با استفاده از رهیافت اکولوژی سیمای سرزمین. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده محیط‌زیست. ۱۳۰ صفحه.

۲. **رسولی، ع.؛ عباسیان، ش. و جهانبخش، س.، ۱۳۸۷.** پایش نوسان‌های سطح آب دریاچه ارومیه با پردازش تصاویر ماهواره‌ای چند سنجنده‌ای و چند زمانه‌ای. فصلنامه مدرس علوم انسانی. دوره ۱۲، شماره ۲، صفحات ۵۳ تا ۷۱.

۳. **رفیعی، ی.؛ ملک‌محمدی، ب.؛ آبکار، ع.؛ یاوری، ا.؛ رمضانی مهریان، م. و ظهرابی، ح.، ۱۳۹۰.** بررسی تغییرات زیست‌محیطی تالاب‌ها و مناطق حفاظت‌شده با استفاده از تصاویر چندزمانه سنجنده TM. محیط‌شناسی. سال ۳۷، شماره ۵۷، صفحات ۶۵ تا ۷۶.

۴. **زبردست، ل.؛ یاوری، ا. و مخدوم، م.، ۱۳۹۰.** استفاده از متریک اندازه موثر شبکه در تحلیل از هم‌گسیختگی پوشش‌های جنگلی محدوده اثر جاده در پارک ملی گلستان. محیط‌شناسی. سال ۳۷، شماره ۵۸، صفحات ۱۵ تا ۲۰.

۵. **مهندسین مشاور بوم‌آباد. ۱۳۸۱.** طرح مدیریت مجموعه جاجرود. سازمان حفاظت محیط‌زیست. دفتر زیستگاه‌ها و امور مناطق. جلد ۱۱.

۶. **مجنونیان، ه.، ۱۳۸۰.** پارک‌های ملی و مناطق حفاظت‌شده (ارزش‌ها و کارکردها). انتشارات سازمان حفاظت محیط‌زیست. تهران. ۴۸۰صفحه.

۷. **Ahern, j. and Andre, L., 2003.** Applying landscape ecological concepts and metrics in sustainable landscape planning. landscape and urban planning. Vol. 59, pp: 65-93.

۸. **Anderson, J.R.; Hardy, E.E.; Roach, J.T and Witmer, R.E., 1976.** Lands cover classification system for use with remote sensor data. United States Government Printing Office. Washington, USA. pp: 80-85.

۹. **Bennett, A.F., 2003.** Linkages in the landscape. The role of corridors and connectivity in wildlife conservation 2nd ed. IUCN. The World Conservation Union, Gland. 262 p.

۱۰. **Crooks, K.R., 2002.** Relative sensitivities of mammalian carnivores to habitat fragmentation. Journal of conservation biodiversity. Vol. 16, No. 2, pp: 488-502.

۱۱. **Dramstad, W.E.; Olson, J.D. and Forman, R.T.T., 1996.** Landscape Ecology Principles in Landscape Architecture and Land Use Planning, Washington, DC. Harvard University Graduate School of Design. Island Press and the American Society of Landscape Architects. 80 p.

۱۲. **Fahrig, L., 2003.** Effects of habitat fragmentation on biodiversity. Annual Review of Ecology Evolution and Systematic. Vol. 34, pp: 487-515.

۱۳. **Girvetz, E.H.; Thorne, J.H.; Berry, A.M. and Jeager, J.A.G., 2008.** Integration of landscape fragmentation analysis into regional planning: A statewide multi-scale case study from California, USA. Vol. 86, No. 3-4, pp: 205-218.

۱۴. **Jaeger, J., 2002.** Landscape fragmentation: A transdisciplinary study according to the concept of environmental Threat Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, Germany. 447 p.

۱۵. **Jaeger, J.A.G.; Bertiller, R.; Schwick, C.; Muller, K.; Steinmeier, C.; Ewald, K.C. and Ghazoul, J., 2008.** implementing landscape fragmentation as an indicator in the swiss monitoring system of sustainable development. Environmental management. Vol. 88, No. 4, pp: 737-751.

۱۶. **Jensen, J.R., 2005.** Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective. Pearson Prentice Hall.

۱۷. **Leitao, A.B. and Ahren, J., 2002.** Applying landscape ecological concepts & metrics in sustainable landscape planning. Landscape and urban planning. Vol. 59, pp: 65-93.

۱۸. **Mairota, P.; Cafarelli, B.; Boccaccio, L.; Leronni, V.; Labadessa, R.; Kosmidou, V. and Nagendra, H., 2013.** Using landscape structure to develop quantitative baselines for protected area monitoring. Ecological indicators. Vol. 33, pp: 82-95.

۱۹. **McGarigal, K. and Marks, B.J., 1995.** Fragstats: Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. forest science department. Oregon state university, Corvallis.

۲۰. **Pichancourt, J.B.; Burel, F. and Auger, p., 2006.** Assessing the effect of habitat fragmentation on population dynamics: an implicit modeling approach. Ecological modeling. Vol. 192, No. 3-4, pp: 543-٥٥٦.

۲۱. **Saunders, S.C.; Mislivets, M.R.; Chen, J.; Cleland, D.T., 2002.** Effects of roads on landscape structure within nested ecological units of the northern great lakes region, USA. Biological conservation. Vol. 103, No. 2, pp: 209-225.

۲۲. **Scariot, E.C.; Almeida, D. and Santos, J.E.D., 2015.** Connectivity dynamics of araucaria forest and grassland surrounding passo fundo national forest, Southern Brazil. Natureza & conservação. Vol. 13, No. 1, pp: 54-59.

۲۳. **Townsend, P.A.; Lookingbill, T.R.; Kingdon, C.C. and Gardner, R.H., 2009.** Spatial pattern analysis for monitoring protected area. Remote sensing of environment. Vol. 113, No. 7, pp: 1410-1420.

www.SID.ir