

کمی سازی از هم گسیختگی سیمای سرزمین به عنوان شاخصی برای ارزیابی زیستگاه حیات وحش (مطالعه موردی: منطقه حفاظت شده جاجرود)

- رقیه صادق اوغلی: گروه محیط زیست طبیعی و تنوع زیستی، دانشکده محیط زیست، کرج، ایران، صندوق پستی: ۳۱۷۴۶-۱۱۸
- علی جهانی*: گروه محیط زیست طبیعی و تنوع زیستی، دانشکده محیط زیست، کرج، ایران، صندوق پستی: ۳۱۷۴۶-۱۱۸
- افشین علیزاده شعبانی: گروه منابع طبیعی - محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
- حمید گشتاسب: گروه محیط زیست طبیعی و تنوع زیستی، دانشکده محیط زیست، کرج، ایران، صندوق پستی: ۳۱۷۴۶-۱۱۸

تاریخ دریافت: آبان ۱۳۹۶ تاریخ پذیرش: بهمن ۱۳۹۶

چکیده

یکپارچگی و ارتباط داشتن زیستگاهها در مناطق حفاظت شده برای دوام جمعیت های گیاهی و جانوری مهم است. بررسی یکپارچگی مناطق حفاظت شده می تواند برای ارتباط دادن لکه های محدود شده و کمک برای مقابله با تأثیرات از هم گسیختگی مفید واقع شود. هدف از این تحقیق کمی نمودن از هم گسیختگی سیمای سرزمین به منظور بررسی زیستگاه گونه های مهم منطقه حفاظت شده جاجرود است. برای رسیدن به این هدف پس از تهیه نقشه کاربری های منطقه با استفاده از تکنیک های RS و GIS، عناصر از هم گسیختگی برای ایجاد هندسه های از هم گسیختگی استخراج گردید و با استفاده از سنجه های سیمای سرزمین ساختار و یکپارچگی زیستگاه گونه های کل و بز، قوچ و میش، پلنگ و آهو مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد که به طور کلی بیشترین افزایش از هم گسیختگی در سیمای سرزمین و بین زیستگاه های جانوران در اثر موانع هندسه اول که شامل اراضی انسان ساخت و جاده های آسفالت بود رخ داده است. همچنین بیشترین افزایش لکه گی 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 زیستگاه های گونه های حساس حیات وحش می گذرد و اثرات جبران ناپذیر این تعارضات در درازمدت بیش تر مشخص خواهد شد. نتایج این تحقیق نشان می دهد با تحلیل سنجه های سیمای سرزمین در مناطق تحت حفاظت امکان شناسایی و الویت بندی مهم ترین موانع حفظ یکپارچگی زیستگاه گونه های مختلف فراهم شده و امکان برنامه ریزی جهت حفاظت از زیستگاه گونه به وجود می آید.

کلمات کلیدی: از هم گسیختگی، سنجه های سیمای سرزمین، منطقه حفاظت شده جاجرود، زیستگاه



مقدمه

سرزمین به‌شمار می‌رود. ارتباط سیمای سرزمین، 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 که در آن زندگی و حرکت می‌کنند تعریف می‌شود (Bennett, 2003). زمانی که 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, 2002). زیست‌شناسان حفاظت معتقدند که ارتباطات، زیستایی جمعیت‌های حیات‌وحش را افزایش داده و تأثیرات ناشی از انزوای جمعیت‌ها و جوامع را به حداقل می‌رساند (Bennett, 2003). بررسی مطالعات صورت گرفته حاکی از کاربرد سنجه اندازه موثر شبکه در تحلیل از هم‌گسیختگی پوشش‌های جنگلی (زبردست و همکاران، 1390)، سنجه‌های تعداد لکه، کل حاشیه و اندازه موثر شبکه در بررسی حرکت جانوران (براتی و همکاران، 1394) می‌باشد. Jaeger (2002) نیز سنجه اندازه موثر شبکه را با 21 سنجه دیگر با توجه به قابلیت اطمینان برای کمی کردن 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) سیمای سرزمین این منطقه 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 و از هم‌گسیختگی سیمای سرزمین آن به‌منظور برنامه‌ریزی، مدیریت و ارزیابی 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 7400 کیلومتر مربع در حدود عرض جغرافیایی 35 درجه و 30 دقیقه تا 35 درجه و 50 دقیقه شمالی و طول جغرافیایی 51 درجه و 30 دقیقه تا 52 درجه شرقی و در شرق تهران قرار دارد. این مجموعه شامل پارک‌های ملی خجیر، سرخه حصار و منطقه حفاظت‌شده جاجرود می‌باشد (شکل

مناطق تحت حفاظت در صورت مدیریت مطلوب، می‌توانند کارکردهایی مانند حفظ فرایندهای اکولوژیک اساسی و سیستم‌های حیات‌بخش، تنوع‌ثنیکی، فراهم آوردن زیستگاه برای گونه‌های حساس و بسیاری خدمات دیگر را عرضه کنند (مجنونیان، 1380). 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، 2013). یکپارچگی و ارتباط داشتن زیستگاه‌ها در مناطق حفاظت‌شده برای دوام جمعیت‌های گیاهی و جانوری مهم است مخصوصاً زمانی که زیستگاه‌های مختلف مکمل یکدیگر باشند (Ahren و Leitao, 2002). اما با رشد تعارضات انسانی مانند رشد زیربنای 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، 2009). 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 کمی کردن لکه‌لکه شدن یا از هم‌گسیختگی (Fragmentation) سیمای سرزمین و بررسی یکپارچگی مناطق به یک امر مهم برای برنامه‌ریزی و مدیریت منطقه حفاظت‌شده تبدیل گردد (Girvetz و همکاران، 2008). مبنای اصلی نیز برای انجام محاسبه‌های کمی‌ساز سطح سیمای سرزمین، 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, 2003). با توجه به این‌که از هم‌گسیختگی فرایندی است که باعث بیش‌تر شدن و کوچک شدن لکه‌های زیستگاه می‌شود (Saundres و همکاران، 2002). بررسی یکپارچگی مناطق حفاظت‌شده می‌تواند برای ارتباط دادن لکه‌های محدود شده و کمک برای مقابله با تأثیرات از هم‌گسیختگی مفید واقع شود و به‌عنوان یک پایه برای حمایت از برخی برنامه‌ریزی‌های کاربری زمین و استراتژی‌های حفاظت (مانند مفاهیم شبکه‌های بوم‌شناسی) مورد استفاده قرار گیرد (Ahren و Leitao, 2002). ارتباط میان لکه‌های زیستگاهی و جمعیت‌ها عامل مهمی است که برگستره وسیعی از فرایندهای بوم‌شناختی نظیر جریان ژن، پویایی ابرجمعیت‌ها، افزایش گستره پراکنش گونه‌ها، بقاء جمعیت‌ها و حفظ تنوع‌زیستی تأثیرگذار بوده (Crooks, 2002) و یک ویژگی بسیار مهم سیمای

برداشت گردید و در نرم افزار Erdas Imagine® تصحیح هندسی تصویر ۲۰۱۶ انجام گرفت. به گونه‌ای که RMS خطای مربوط به تصحیح هندسی کم‌تر از ۰/۵ به دست آمد. برای تصحیح رادیومتریک و اتمسفری نیز از روش تصحیح اتمسفری مطلق توسط مدل Atcor در نرم افزار 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 انسان ساخت (کلیه مراکز انسان ساخت اعم از شهرها، روستاها، تأسیسات و مراکز صنعتی)، مرتع خوب، مرتع ضعیف و جنگل دست کاشت 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، به میزان صحت آن بستگی دارد. در این تحقیق به منظور 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 موقعیت یاب جهانی با دقت بالا پیاده و نوع پوشش زمینی در محل نمونه‌ها مشخص گردید.

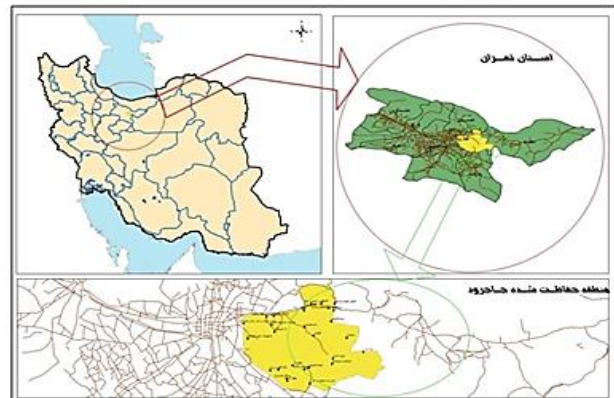
سنجدهای مورد استفاده

سنجده تعداد لکه: سنجده تعداد لکه (Number of patches=NP)، تعداد کل لکه‌ها را در سطح کلاس یا سیمای سرزمین محاسبه می‌کند. این سنجده به عنوان شاخصی برای لکه‌لکه شدن زیستگاه استفاده می‌شود. که هر چه تعداد لکه‌ها بیشتر تر باشد نشان دهنده 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).

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

سنجده اندازه موثر شبکه: سنجده اندازه موثر شبکه (= MESH Effective Mesh Size) نشان دهنده احتمال اتصال بین دو نقطه در سیمای سرزمین و جدا نشدن آن‌ها به وسیله موانعی مانند جاده‌هاست (Girvetz و همکاران، ۲۰۰۸؛ Jaeger، ۲۰۰۲). این سنجده هم‌چنین می‌تواند به عنوان اندازه متوسط منطقه‌ای تعبیر شود که حیات وحش منطقه که به صورت تصادفی در سیمای سرزمین قرار گرفته قادر باشد

(۱). این مناطق از تنوع بسیار زیاد گونه‌های گیاهی برخوردارند و از نظر حیات وحش از بهترین زیستگاه‌های البرز مرکزی محسوب می‌شوند. نتیجه مطالعات انجام شده در این منطقه نشان دهنده 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).



شکل ۱: مجموعه حفاظت شده جاجرود

پردازش داده‌ها: برای محاسبه سنجده‌ها در این تحقیق ابتدا باید عناصر از هم‌گسیختگی برای ایجاد هندسه‌های از هم‌گسیختگی تهیه شود. بدین منظور برای استخراج کاربری‌های انسان ساخت، 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 لندست ۸، نقشه پوشش/کاربری سال ۲۰۱۶ به دست آمد. سپس سنجده‌های 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 سنجده‌ها در منطقه مورد مطالعه سعی در شناسایی تعارضات اصلی برای گونه‌های مورد مطالعه بر اساس الگوی سیمای سرزمین و تعیین الویت مدیریت تعارضات مناطق گردید.

تهیه نقشه پوشش/کاربری منطقه: بدین منظور 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 اصولاً 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. بدین منظور ابتدا توسط دستگاه GPS مختصات درست این نقاط



بدون عبور از موانع به آن دسترسی پیدا کند، این سنجه فرایند اکولوژیک انتشار حیات وحش منطقه را عنوان می‌کند و می‌تواند با یک محدوده وسیع از فرایند حرکت حیات وحش 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 مستقیم با فرایند، سادگی محاسبات ریاضی، نیاز داده‌ای کم، حساسیت کم‌تر به اندازه لکه، واکنش یکنواخت نسبت به مراحل مختلف از هم‌گسیختگی و هم‌گن بودن از نظر قواعد ریاضی و خاصیت جمع‌پذیری این سنجه بالاترین امتیاز را به خود اختصاص داده و مناسب‌تر از سایر سنجه‌ها تشخیص داده شده است (Jaeger ۲۰۰۲).

بررسی پراکندگی جانوران: با توجه به این که 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 مطالعه تعیین شود. برای این کار زیستگاه جانوران به دو صورت بررسی شدند. الف) به صورت عمومی در چهار هندسه از هم‌گسیختگی که در این روش جانور خاصی مدنظر نیست. ب) به صورت اختصاصی برای زیستگاه گونه‌های مهم منطقه (کل و بز، قوچ و میش، پلنگ و آهو). الف) به صورت عمومی در چهار هندسه 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 مؤثر 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 حیات وحش منطقه مهم هستند. از هم‌گسیختگی سیمای سرزمین بر اثر توسعه کاربری‌هایی مانند کشاورزی، صنعتی، شهری، معادن و ... از به هم پیوستن این مکان‌ها از طریق زیربنای خطی نتیجه می‌شود. عناصر سیمای سرزمین انتخابی در این پژوهش که مانع گسیل، انتشار و حرکت گونه‌های حیات وحش منطقه می‌شوند شامل مناطق انسان ساخت، 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 انسان ساخت (شامل مناطق شهری و مسکونی، شهرک‌های صنعتی و ...) موانع حرکت هستند. در هندسه دوم: موانع هندسه اول به همراه راه‌های خاکی منطقه موانع حرکت هستند. در هندسه سوم: موانع هندسه دوم به همراه 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) به صورت اختصاصی برای زیستگاه‌های جانوران: با توجه به این که 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 این روش ابتدا کاربری‌های منطقه که می‌توانند مانع پراکندگی این جانوران شوند (کاربری اراضی انسان ساخت، 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 مؤثر 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 این که افزایش حاشیه در این تحقیق یعنی برخورد بیش‌تر حیوانات در حرکت در حاشیه با کاربری‌های باغ، اراضی انسان ساخت، 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 این که این جانوران در منطقه دارای چند منطقه زیستگاهی هستند، سنجه اندازه مؤثر شبکه بین زیستگاه‌ها (بستر) نیز محاسبه گردید. هم‌چنین در هندسه چهارم گونه آهو، کوه‌های بالاتر از ۲۱۰۰ متر و سد، و در هندسه چهارم گونه‌های کل و بز، قوچ و میش و پلنگ، فقط سد به‌عنوان موانع اضافه گردید.

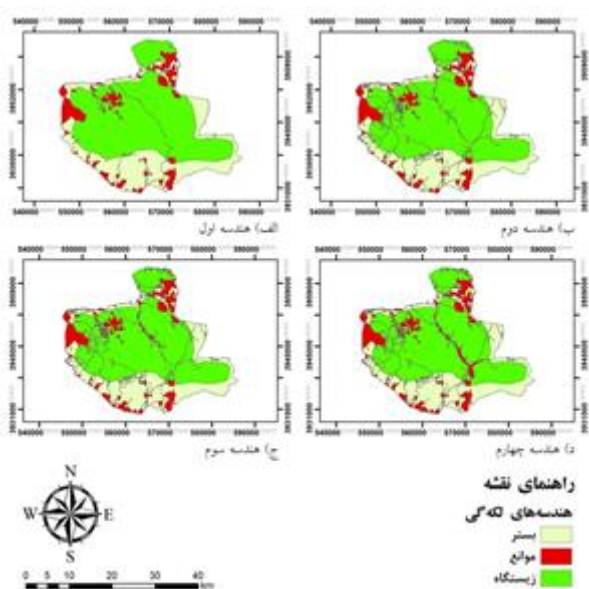
اندازه‌گیری سنجه‌ها: برای استفاده از سنجه‌ها لازم است ابتدا واحد فضایی تعریف شده و سپس لکه‌ها یا عوامل ناسازگار و مانع پیوستگی و لکه‌هایی که میزان یکپارچگی آن‌ها مورد نظر است (زیستگاه یا پوشش اصلی) تعیین شده و به آن‌ها کد داده شود. که برای اندازه‌گیری سنجه‌های نام برده شده برای هر هندسه از هم‌گسیختگی، موانع حرکت در هر هندسه روی فایل کل منطقه قرار گرفت و سنجه MESH, TE, NP برای هر کدام از هندسه‌های از هم‌گسیختگی در نرم‌افزار Fragstats® محاسبه گردید.

نتایج

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



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 (شکل ۳ و شکل‌های ۶ تا ۹).



شکل ۳: زیستگاه قوچ و میش در حضور هندسه‌های از هم‌گسیختگی

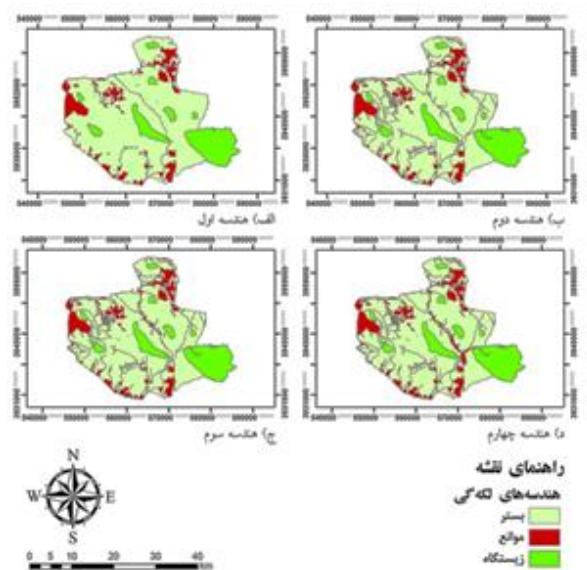
پلنگ ایرانی: سنجه تعداد لکه نشان‌دهنده این مهم است که در شرایط بی‌مانع از ۳ لکه زیستگاهی به ۶ لکه در حضور موانع رسیده است. سنجه کل حاشیه از هندسه اول به سوم در زیستگاه پلنگ بیش‌تر شده است و در هندسه آخر کاهش داشته است. مقدار این سنجه در شرایط بدون مانع کم‌تر از حضور موانع است. سنجه اندازه موثر شبکه بین 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).

جدول ۱: سنجه اندازه موثر شبکه در هندسه‌های از هم‌گسیختگی

هندسه‌های لکه‌گی	مجموعه حفاظت شده جابجود
هندسه اول	۵۳۱۴۵/۶۷
هندسه دوم	۵۱۹۹۲/۷۰
هندسه سوم	۵۰۶۰۷/۸۸
هندسه چهارم	۴۹۱۰۴/۵۲
بدون مانع	۷۵۶۶۹/۷۵

هندسه خصوصی

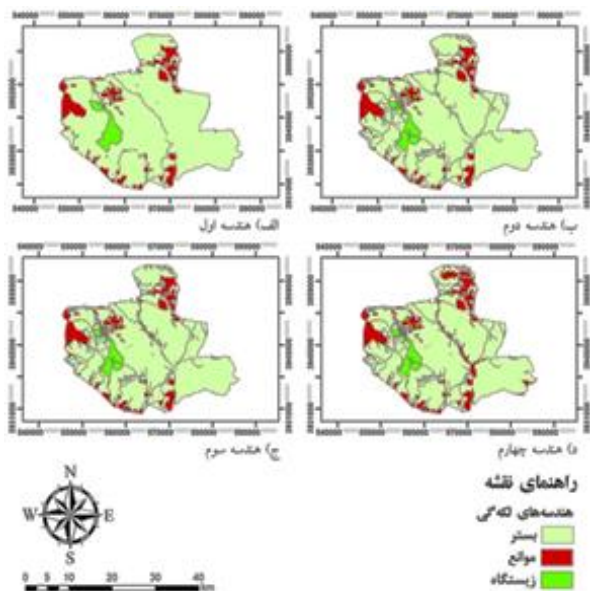
کل و بز: نتایج سنجه NP نشان‌دهنده این است که در شرایطی که مانعی نباشد ۸ لکه زیستگاهی در منطقه وجود دارد و این تعداد تا هندسه دوم ثابت است. ولی تعداد لکه از هندسه سوم به بعد بیش‌تر شده است (۱۸ لکه). سنجه کل حاشیه زیستگاه کل و بز حاکی از این است که حاشیه در زیستگاه در حضور موانع بیش‌تر از شرایط بدون مانع 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 (شکل ۲ و شکل‌های ۶ تا ۹).



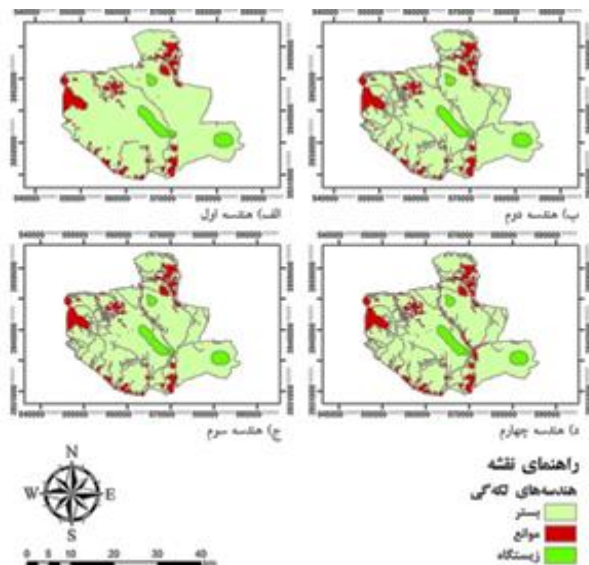
شکل ۲: زیستگاه کل و بز در حضور هندسه‌های از هم‌گسیختگی



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 (شکل ۵ و شکل‌های ۶ تا ۹).

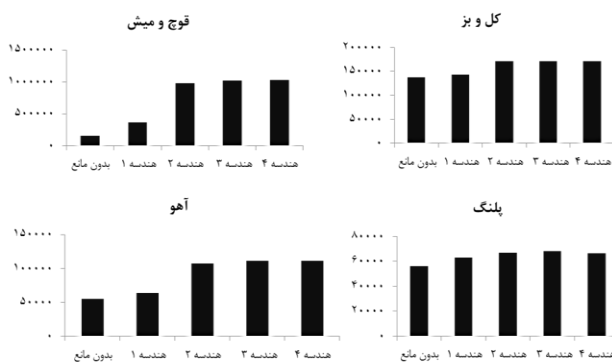


شکل ۵: زیستگاه آهو در حضور هندسه‌های از هم‌گسیختگی

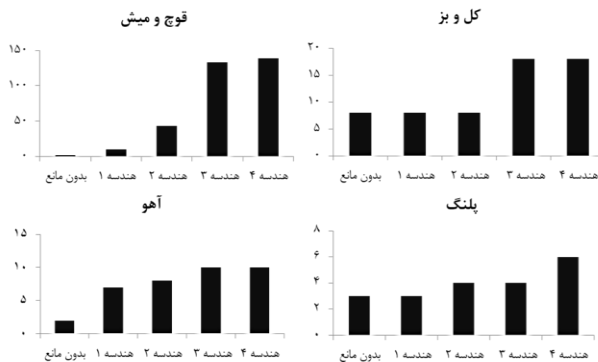


شکل ۴: زیستگاه پلنگ در حضور هندسه‌های از هم‌گسیختگی

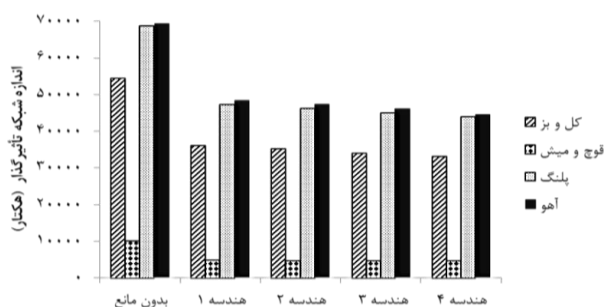
آهو: سنجه تعداد لکه نشان می‌دهد در شرایطی که مانعی نباشد فقط دو لکه زیستگاهی در منطقه وجود دارد. اما با حضور موانع تعداد لکه‌ها افزایش می‌یابد و در هندسه سوم به ۱۰ لکه در درون زیستگاه‌ها می‌رسد. سنجه کل حاشیه نشان‌دهنده افزایش مقدار کل طول حاشیه از هندسه اول تا چهارم است. بیش‌ترین افزایش حاشیه از هندسه اول به دوم است. سنجه اندازه موثر شبکه نشان‌دهنده کاهش سنجه از



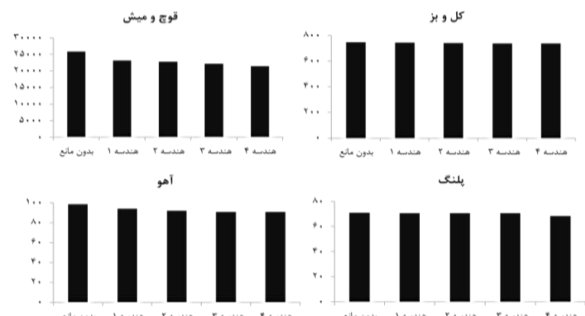
شکل ۷: نمودار سنجه کل حاشیه در زیستگاه گونه‌ها



شکل ۶: نمودار سنجه تعداد لکه در زیستگاه گونه‌ها



شکل ۹: نمودار سنجه اندازه موثر شبکه بین زیستگاه گونه‌ها



شکل ۸: نمودار سنجه اندازه موثر شبکه در زیستگاه گونه‌ها

بحث

از نتایج اندازه‌گیری سنجه اندازه موثر شبکه هندسه‌های لکه‌گی در این تحقیق می‌توان نتیجه گرفت که از هندسه اول به هندسه چهارم کمیت سنجه MESH کاهش یافته است که این امر به سبب افزایش موانع در هر هندسه از هم‌گسیختگی می‌باشد. بیش‌ترین کاهش 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 وجود اراضی انسان‌ساخت و جاده‌های 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 روبرو 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 لکه‌شدگی 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. با توجه به تحقیقات انجام شده هر چه 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 این که 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 هندسه اول به چهارم است. این نشان‌دهنده این 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 لکه‌شدگی 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 هندسه اول به چهارم است. بیش‌ترین کاهش آن در زیستگاه از هندسه سوم به چهارم است. 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 شبکه و از هم‌گسیختگی 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



- تالاب‌ها و مناطق حفاظت‌شده با استفاده از تصاویر چندزمانه سنجنده TM. محیط‌شناسی. سال ۳۷، شماره ۵۷، صفحات ۶۵ تا ۷۶.
۴. **زبردست، ل.؛ یآوری، ا.؛ صالحی، 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. ۴۸۰ صفحه.
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 Jaeger, 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.; Leromni, 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: 543-556.
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.

نشان می‌دهد که با حضور موانع تعداد لکه‌ها افزایش می‌یابد و از ۲ لکه زیستگاهی به ۱۰ لکه زیستگاهی می‌رسد. سنجه کل حاشیه نشان‌دهنده افزایش مقدار کل طول حاشیه از هندسه اول تا چهارم است. بیش‌ترین افزایش حاشیه از هندسه اول به دوم (جاده‌های خاکی) است. سنجه اندازه موثر شبکه نشان‌دهنده کاهش سنجه از هندسه اول به چهارم است. این نشان‌دهنده این است که میزان مساحتی که آهو در 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 است. لذا توسعه اراضی انسان ساخت در منطقه جاجرود به‌عنوان مهم‌ترین عامل لکه‌لکه‌شدگی زیستگاه آهو در منطقه شناسایی می‌گردد. و این به‌خاطر عوامل انسان ساخت همانند ویلاسازی‌ها در ده ترکمن، کارگاه شرکت مترو، عبور جاده‌هایی مانند جاده مترو از شمال پارک ملی سرخ‌حصار 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، به‌طور کلی بیش‌ترین افزایش از هم‌گسیختگی در سیمای سرزمین و بین زیستگاه‌های جانوران در اثر موانع هندسه اول که شامل اراضی انسان ساخت 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 والویت‌بندی 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 کلاه‌قازی با استفاده از ریافت 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.؛ یآوری، ا.؛ رضانی مهربان، م. و ظهراپی، ح.**، ۱۳۹۰. بررسی تغییرات زیست‌محیطی

