کمی‌سازی تغییرات زیستگاهی آهوی ایرانی (*Gazella subgutturosa*) در پناهگاه حیات وحش شیراحمد سبزوار با استفاده از متریک‌های اکولوژی سیمای سرزمین

- **علی رازقندی**: دانشکده محیط زیست، پردیس فنی، دانشگاه تهران
- **لعبت زبردست***: دانشکده محیط زیست، پردیس فنی، دانشگاه تهران
- **حمیدرضا جعفری**: دانشکده محیط زیست، پردیس فنی، دانشگاه تهران
- **احمدرضا یاوری**: دانشکده محیط زیست، پردیس فنی، دانشگاه تهران

تاریخ دریافت: مرداد ۱۳۹۶ تاریخ پذیرش: آبان ۱۳۹۶

چکیده

امروزه طبیعت بکر و زیستگاه‌های دور افتاده و دور از تاثیرات بشر، بسیار کمیاب گردیده است. احداث مناطق حفاظت‌شده تلاش آگاهانه‌ای برای حمایت از آخرین بازمانده تنوع زیستی است که کم و بیش در روند توسعه ناپایدار کنونی ویژگی‌های طبیعی خود را حفظ کرده‌اند. ظرفیت دانش اکولوژی سیمای سرزمین برای دنبال کردن فرایندهای اکولوژیکی از درون طیف وسیعی از مقیاس‌های فضایی- زمانی و توجه به تاثیرات فرهنگی این امکان را فراهم می‌کند که اثرات واقعی فعالیت‌های انسانی و برنامه‌ریزی‌های مرتبط با آن‌ها را درک نماییم. در پژوهش حاضر، تغییرات سیمای سرزمین در دوره ۱۰ ساله از سال ۲۰۰۶ تا سال ۲۰۱۶ در پناهگاه حیات وحش شیراحمد سبزوار با هدف مطالعه تاثیرات آن بر زیستگاه آهوی ایرانی مورد مطالعه قرار گرفت. به این منظور، پس از تهیه و پردازش تصاویر ماهواره‌ای مناسب از منطقه مورد مطالعه، نقشه‌های پوشش اراضی این منطقه برای دوره زمانی مذکور استخراج گردید. سپس جهت کمی‌سازی تغییرات زیستگاهی آهو در دوره ۱۰ ساله، متریک‌های سیمای سرزمین در سطح طبقه استخراج و محاسبه شدند. نتایج محاسبه متریک‌ها بیانگر افزایش مساحت و پیوستگی در طبقه جنگل تاغ و گز و کاهش مساحت، بروز از هم گسیختگی و تغییر شکل و اندازه لکه‌ها در سه طبقه مرتع، شوره‌زار و زراعت می‌باشد که ناشی از وجود تعداد زیاد روستا در اطراف منطقه، فعالیت‌های انسانی مانند چرای بی‌رویه دام و خشکسالی است.

کلمات کلیدی: تغییرات زیستگاهی، آهوی ایرانی، پناهگاه حیات وحش شیراحمد سبزوار، رهیافت اکولوژی سیمای سرزمین

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

مقدمه

محیط‌زیست طبیعی، پناهگاه اشکال گوناگون زندگی و اکوسیستم‌ها است، چنین محیطی حاصل میلیون‌ها سال تکامل و جهش است (Erickson و King، ۱۹۹۹). تنوع زیستی در هر منطقه‌ای را باید کلید پایداری و سلامت محیط‌زیست طبیعی در آن به‌حساب آورد (اردکانی، ۱۳۹۲). انسان به‌علت بهره‌برداری بی‌محابا و مستمر از طبیعت برای سود زودحاصل، در تخریب منابع طبیعی و محیط زیست سهیم است و این روند باید متوقف شود. مدیریت پایدار منابع قابل تجدید در صنایع، کشاورزی، گردشگری، بهداشت، جنگل‌داری، شیلات، آموزش و یا توسعه شهری در زندگی بشر بسیار حیاتی و تاثیرگذار می‌باشد. حفاظت‌ونگه‌داری کیفیت اکوسیستم‌ها، نیازمند فن‌آوری‌های پیشرفته و فراتر بوده و مشارکت عمومی فعالی را طلب می‌نماید (محرم‌نژاد، ۱۳۹۲). احداث مناطق تحت حفاظت تلاش آگاهانه‌ای برای حمایت از آخرین بازمانده تنوع زیستی است که کم و بیش در روند توسعه ناپایدار کنونی ویژگی‌های طبیعی خود را حفظ کرده‌اند. از سوی دیگر تفکیک و توسعه این مناطق با درجات حفاظتی متفاوت در داخل شبکه مناطق حفاظت‌شده بیانگر نوعی ارتقای سطح نگرش، احساس مسئولیت و تکامل اخلاقی است که جوامع در فرایند تحول فکری و عاطفی خود در طول زمان به‌آن دست یافته‌اند(Mc Neely و همکاران، ۱۹۹۴). مناطق حفاظت‌شده براساس ضوابط پذیرفته‌شده در بین همه ملل جهان ازجمله با ارزش‌ترین میراث‌های طبیعی کشور محسوب می‌شوند (مخدوم و همکاران، ۱۳۸۶). امروزه به‌دنبال تغییرات ناشی از فعالیت‌های انسانی و تغییرات اقلیمی، برنامه‌ریزی برای حفاظت از منابع طبیعی ارزشمند، ازجمله زیستگاه‌های بکر و زیستگاه گونه‌های در معرض خطر انقراض ضروری و نیازمند روشی مناسب و علمی برای شناسایی و کمی‌سازی روند تغییرات در ترکیب پوشش و کاربری اراضی می‌باشد. به این ترتیب تا حد زیادی می‌توان روند تغییرات را تعیین و در مورد آینده پیش‌بینی نمود تا بتوان روند نامناسب تغییرات سرزمین را شناسایی و از گسترش آن جلوگیری کرد(ملکی‌نجف‌آبادی و همکاران، ۱۳۸۹). تغییر روش مطالعه از بررسی جداگانه بوم‌سازگان‌ها به سمت مطالعه مجموعه آن‌ها، حل مشکلات و بررسی جنبه‌هایی از بوم‌شناسی را در پی داشته است که با دیدگاه بوم‌شناسی سنتی راه حلی برای آن‌ها یافت نشده بود(Farina، ۲۰۰۹).در بین روش‌های جدید، مطالعات اکولوژی سیمای سرزمین و درنظر گرفتن مناطق حفاظت‌شده در مقیاس کلان و برنامه‌ریزی برای ارزش‌ها و اهداف حفاظتی نظیر گونه‌های گیاهی و جانوری و نیازهای زیستگاهی شناخته‌شده آن‌ها مانند گستردگی حریم و پیوستگی و به‌طورکلی ساختار و فرایندها در سیستم‌های اکولوژیک باعث می‌شود که حفاظت در سطحی موثر و با شیوه‌ای صحیح صورت گیرد (Margules و Pressey، ۲۰۰۰؛ Salem، ۲۰۰۳). در این روش، سیستم‌های بوم‌شناختی از نظر جریان انرژی و چرخه مواد باز تلقی شده و فرض بر این است که آن‌ها از محیط پیرامون و خارج از خود کنترل می‌شوند. در این حالت ساختار و کارکرد سیستم از مقیاس‌های چندگانه تاثیر می‌پذیرد و در بررسی این سیستم‌ها باید متناسب با موضوع، مقیاس‌های مکمل (مقیاس‌های خرد تا کلان) درنظر گرفته شود. در این دیدگاه انسان جزئی از بوم‌سازگان بوده و بوم‌سازگان باید به‌عنوان یک سیستم اجتماعی بوم‌شناختی معرفی گردد و روابط بین زیرسیستم‌های مختلف در آن بررسی‌شود(Antrop، ۲۰۰۰).درکشور ایران عوامل مختلف جغرافیایی و اقلیمی منجر به ایجاد تنوع زیستی قابل توجهی شده است (Jowkar و همکاران، ۲۰۱۶). اما هم‌زمان این تنوع زیستی توسط عوامل مختلف طبیعی نظیر خشکسالی و تغییر اقلیم و عوامل انسانی مانند تغییر کاربری و آلودگی تهدید می شود. این مسئله به‌خصوص در مورد گونه‌هایی که به‌دلیل تحرک بالا، نیازهای زیستگاهی بزرگ‌تری دارند، حائز اهمیت بیش‌تری می‌باشد.

آهوی ایرانی (*Gazella subgutturosa subgutturosa*) ازجمله گونه‌های علف‌خوار ساکن درفلات ایران است که به‌دلیل لزوم جابجایی و تحرک به‌صورت روزانه، به محدوده زیستگاهی وسیع و یک‌پارچه نیازمند است. به‌همین جهت، بررسی مطلوبیت زیستگاهی آن می‌تواند اطلاعات مفید و موثری در حفاظت این گونه در اختیار مدیران مناطق حفاظت شده و حیات وحش قرار دهد. ازجمله تحقیقات انجام شده در این خصوص می‌توان به مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه آهوی ایرانی در منطقه شکارممنوع قراویز و استان کرمانشاه با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی اشاره داشت که در آن از روش از روش حضور/عدم حضور با استفاده مدل شبکه عصبی پرسپترون چندلایه استفاده شد. براساس نتایج آن ۱۲/۷۰ درصد از مساحت استان جزء زیستگاه مطلوب گونه مورد مطالعه بوده و نسبت سایر زیستگاه‌های آهو در شرق رشته کوه زاگرس، ارتفاع زیستگاه مطلوب در قراویز کم‌تر است (کرمی و همکاران، ۱۳۹۵). هم‌چنین در تحقیق دیگری، ظرفیت برد زیستگاه و رژیم غذایی این گونه در پارک ملی سرخه حصار تهران در دو سناریو محاسبه گردیده است که براساس نتایج آن، ظرفیت برد آهو با رقیبان ۵۶ راس و بدون رقیبان ۱۰۷ راس محاسبه گردیده و ۱۵ گونه گیاهی از ۸ تیره شناسایی و مشخص شد که تیره چمن بیش‌ترین تنوع را در رژیم غذایی آهو دارد (کاظمی‌جهندیزی و همکاران، ۱۳۹۴). پناهگاه حیات وحش شیراحمد سبزوار که به‌خاطر شرایط خاص خود یکی از بکرترین زیستگاه‌های آهو در کشور می‌باشد نیز از تغییرات زیستگاهی ناشی از فعالیت‌های انسانی و عوامل طبیعی بی‌نصیب نمانده است. با توجه به این‌که براساس مرور منابع، مطالعات کمی در زمینه

ارزیابی وضعیت و تغییرات زیستگاه این گونه در منطقه شکار ممنوع شیراحمد صورت نگرفته است، کاهش چشمگیر تعداد آهو و به خطر افتادن بقای آن در این منطقه انجام تحقیق حاضر را بیش از پیش ضروری ساخت تا تغییرات بروز یافته در این منطقه طی سال‌های ۲۰۰۶ (۱۳۸۵شمسی) تا ۲۰۱۶ (۱۳۹۵ شمسی) شناسایی شوند.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه و مشخصات گونه: پناهگاه حیات وحش شیر احمد منطقه‌ای با مساحت ۲۲۸۴۷ هکتار است که در استان خراسان‌رضوی و در فاصله ۵ کیلومتری جنوب‌شرقی‌شهرستان سبزوار قرار گرفته است. وضعیت توپوگرافی منطقه به‌صورت دشتی، کویری و تپه ماهور بوده و دارای حداقل ارتفاع ۹۱۵ متر و حداکثر ارتفاع ۱۳۸۰متر می‌باشد. این منطقه درسال ۱۳۷۵ به‌عنوان منطقه شکار ممنوع اعلام گردید و پس از یک دهه حفاظت به سبب احیاء و افزایش جمعیت وحوش و غنای زیستی قابل توجه در اردیبهشت سال ۱۳۸۱ براساس ارزیابی‌های به‌عمل آمده شایسته احراز عنوان پناهگاه حیات وحش تشخیص‌داده شد و براساس مصوبه شواری عالی حفاظت محیط زیست به پناهگاه حیات وحش شیراحمد تغییر نام پیدا کرد و در حال حاضر نیز با همین عنوان تحت حفاظت و کنترل می‌باشد (اداره کل حفاظت محیط زیست خراسان رضوی، ۱۳۸۷). پناهگاه حیات وحش شیراحمد یکی از زیستگاه‌های منحصر به فرد آهو در سطح کشور می‌باشد و از این حیث همه ساله با متقاضیان فراوانی جهت حضور در منطقه به جهت بازدید از طبیعت، شکار و نیز مشاهده غنای گیاهی و جانوری‌منطقه‌روبرو است. خصوصیات توپوگرافیکی منطقه که سیمای دشتی را پدید آورده است سهولت تردد در منطقه با خودرو را جهت مشاهده گله‌های بزرگ آهوان را امکان‌پذیر ساخته است (زمانی و همکاران، ۱۳۹۰). در شکل ۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان خراسان رضوی نشان داده شده است.

تاکنون سه گونه آهو در ایران شناسایی شده اند که شامل آهوی ایرانی (*Gazella subgutturosa*)، آهوی هندی (جبیر) (*Gazella bennettii*) و آهوی کوهی (*Gazella gazelle*) می‌باشد (رام و همکاران، ۱۳۹۶). آهوی ایرانی متعلق به راسته زوج‌سمان و خانواده گاوسانان می‌باشد. این گونه، در طبقه‌بندی اتحادیه جهانی حفاظت (IUCN) جزو طبقه آسیب‌پذیر (Vulnerable) محسوب شده و مهم‌ترین تهدیدات آن شکار (برای‌دستیابی‌به‌گوشت‌وچرم) و تخریب زیستگاه (به‌دلیل کاربری‌های رقیب به‌خصوص کشاورزی) می‌باشد (Mallon، ۲۰۰۸). طول‌سر و بدن ۹۰ تا ۱۱۵ سانتی‌متر، طول دم ۱۶ تا ۲۰ سانتی‌متر، ارتفاع بدن ۷۰ تا ۸۰ سانتی‌متر و وزن ۲۰ الی ۴۵ کیلوگرم است. نرها دارای شاخ هستند و طول شاخ آن‌ها ۲۵ تا ۴۵ سانتی‌متر است. شاخ‌ها سیاه‌رنگ، بازشده و شکلی شبیه به S را به‌وجود می‌آورند که به طرف پشت خم شده و نوک آن‌ها به‌داخل می‌پیچند. ماده‌ها اغلب بدون شاخ هستند. نرها هنگام جفتگیری دارای برآمدگی غده‌مانند در زیر گلوی خود می‌باشند. آهو گیاه‌خوار و نشخوار کننده است و حس بویایی و بینایی قوی دارد. به‌صورت اجتماعی زندگی‌کرده و گله‌های کوچک و در برخی موارد بزرگ، دربرگیرنده صدها یا هزاران فرد را تشکیل می‌دهند. در انواعی از زیستگاه‌های نیمه‌بیابانی، استپی، بوته‌زارها و درخت‌زارها زندگی کرده و دشت‌ها و تپه‌ماهورهای پوشیده از درمنه را ترجیح می‌دهد. متاسفانه آمار نشان می‌دهد که تعداد این گونه در پناهگاه حیات وحش شیراحمد در فاصله زمانی ده‌ساله ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۵ در حدود ۶۰ درصد کاهش نشان داده است. در جدول ۱ تعداد آهو در پناهگاه حیات وحش شیراحمد در سال‌های ۲۰۰۶ (۱۳۸۵ شمسی) و ۲۰۱۶ (۱۳۹۵ شمسی) ذکر شده است.

شکل ۱: موقعیت جغرافیایی پناهگاه حیات وحش شیراحمد در استان خراسان رضوی

جدول۱: تعداد آهو در پناهگاه حیات وحش شیراحمد در سال‌های ۲۰۰۶ و ۲۰۱۶

(اداره کل حفاظت محیط زیست خراسان رضوی، ۱۳۹۶)

سال	۲۰۰۶ (۱۳۸۵)	۲۰۱۶ (۱۳۹۵)
تعداد	۲۱۱۶	۸۶۷

روش پژوهش

تهیه نقشه‌های پوشش اراضی: به‌منظور بررسی تغییرات زیستگاهی آهو در منطقه مورد مطالعه، ابتدا نقشه پوشش اراضی از تصاویر ماهواره‌ای مربوط به دوره زمانی مورد مطالعه استخراج شد تا در تحلیل ساختاری با استفاده از متریک‌های سیمای سرزمین استفاده شود. با توجه به این‌که در این تحقیق یک دوره ۱۰ ساله (۲۰۰۶ تا ۲۰۱۶) از پناهگاه حیات وحش شیراحمد مورد مطالعه قرار گرفت، تصاویر ماهواره‌ای مربوط به سال‌های ۲۰۰۶ و ۲۰۱۶ از این منطقه

تهیه گردید. بدین‌صورت که برای سال ۲۰۰۶ تصویر ماهواره‌ای ۷ Landsat، سنجنده +ETM و برای سال ۲۰۱۶ تصویر ماهواره‌ای ۸ Landsat، سنجنده OLI با گذر ۱۶۰ و ردیف ۳۵ از سایت Earthexplorer.usgs.gov تهیه شد. در جدول ۲ مشخصات تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده در این تحقیق ارائه شده است.

جدول ۲: مشخصات تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده در تحقیق

سال	ماهواره	سنجنده	توان تفکیک	تاریخ تصویر
۲۰۰۶	Landsat ۷	ETM+	۳۰ متر	۵ ژوئن ۲۰۰۶
۲۰۱۶	Landsat ۸	OLI	۳۰ متر	۵ ژوئن ۲۰۱۶

در مرحله بعد، با استفاده از نرم‌افزار ENVI نسخه ۵.۱ باندهای تصاویر دریافت‌شده به یکدیگر متصل شده، طول موج هر باند مشخص شده و سنسور هر باند تعیین گردید. در مرحله بعد با توجه به بزرگ مقیاس بودن تصاویر ماهواره‌ای دریافت‌شده، با استفاده از شیپ‌فایل پناهگاه حیات وحش شیراحمد مرز این منطقه از تصاویر ماهواره‌ای سال‌های ۲۰۰۶ و ۲۰۱۶ برش داده شد. بعد از این مرحله، به‌منظور بارزسازی تصاویر ماهواره‌ای برش‌خورده این تصاویر به تصاویر مرکب رنگی تبدیل شدند. در ماهواره Landsat ۷ ترکیب رنگی ۳ ۴ ۵ و در ماهواره Landsat 8 ترکیب رنگی ۴ ۵ ۶ برای تحلیل پوشش گیاهی به‌کار می‌رود. بنابراین تصویر ماهواره‌ای سال ۲۰۰۶ که از ماهواره Landsat 7 تهیه شده بود به ترکیب رنگی ۳ ۴ ۵ و تصویر ماهواره‌ای سال ۲۰۱۶ که از ماهواره Landsat ۸ تهیه شده بود به ترکیب رنگی ۴ ۵ ۶ تبدیل و با اعمال فیلتر Sharpen [۱۴] بر روی هر دو تصویر، این تصاویر ذخیره شدند. برای استخراج اطلاعات از تصاویر ماهواره‌ای ذخیره‌شده، از طبقه‌بندی نظارت‌شده استفاده گردید. طبقه‌بندی نظارت شده هنگامی استفاده می‌شود که از پیش دانست چه طبقاتی از پوشش سرزمین و کاربری اراضی در منطقه مورد مطالعه وجود دارد. به‌علاوه در این روش پژوهشگر باید با اطمینان زیاد و با کار صحرایی نه چندان وسیع، کاربری‌ها را بر روی زمین و نیز بر روی تصویر ماهواره‌ای تشخیص دهد (Coppin و همکاران، ۲۰۰۴). روش‌های طبقه‌بندی نظارت‌شده برپایه معرفی دقیق طبقات و پدیده‌های مدنظر کاربر در سامانه تجزیه و تحلیل استوار می‌باشد (مخدوم و همکاران، ۱۳۸۶). برای طبقه‌بندی نظارت‌شده تصاویر ماهواره‌ای سال ۲۰۰۶ و ۲۰۱۶ منطقه مورد مطالعه از روش حداکثر احتمال استفاده شد. از میان روش‌های طبقه‌بندی نظارت‌شده، روش حداکثر احتمال تاکنون به‌عنوان دقیق‌ترین و کاربردی‌ترین روش شناخته شده است (مخدوم و همکاران، ۱۳۸۶). در این روش با استفاده از میانگین، واریانس و کوواریانس نمونه‌های تعلیمی، مشخص می‌شود که احتمال پسین تعلق یک پیکسل به طبقه مفروض چقدر است و از بسیاری از جهات این روش شبیه روش حداقل فاصله می‌باشد با این تفاوت که در آن همبستگی میان باندها نیز درنظر گرفته می‌شود (ماهینی و کامیاب، ۱۳۸۸). در این طبقه‌بندی نیاز به زمان محاسبه طولانی‌تری نسبت به سایر روش‌ها می‌باشد ولی در مجموع نتایج بهتری ارائه می‌دهد (Tso و Mather، ۲۰۰۱). برای تعیین نمونه‌های تعلیمی جهت طبقه‌بندی نظارت‌شده از برداشت‌های زمینی با استفاده از GPS و تصاویر ماهواره‌ای بزرگ مقیاس قابل دسترس نرم‌افزار تحت وب Google Earth استفاده شد. سپس به‌منظور ارزیابی صحت طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای طبقه بندی‌شده، دقت کلی طبقه‌بندی و ضریب کاپا برای این تصاویر محاسبه گردید که مقدار این شاخص‌ها برای تصویر سال ۲۰۰۶ به‌ترتیب ۹۸/۱۶٪ و ۰/۹۷ و برای تصویر سال ۲۰۱۶ به‌ترتیب ۹۳/۶۱٪ و ۰/۹۰ می‌باشد. در نهایت با استفاده از فیلتر اکثریت، نویزهای ظاهرشده در تصاویر ماهواره‌ای طبقه‌بندی‌شده برطرف شده و نقشه‌های پوشش اراضی با چهار طبقه جنگل تاغ و گز، مرتع، شوره‌زار و زراعت تهیه شدند.

نرم‌افزار مورداستفاده: به‌منظور استخراج و محاسبه متریک‌های سیمای سرزمین از نرم‌افزار Patch Analyst نسخه ۵.۲ استفاده شد. این نرم‌افزار نوعی ابزار سیستم اطلاعات جغرافیایی است که به‌صورت یک افزونه در نرم‌افزار ArcGIS نصب می‌شود و مزیت آن نسبت به سایر نرم‌افزارهای محاسبه متریک‌های سیمای سرزمین مانند Fragstats این است که اولاً به‌علت امکان استفاده از فایل‌های برداری، دقت بالاتری داشته و ثانیاً به‌طور مستقیم به نقشه ارتباط دارد و می‌توان شاخص‌های کمی استخراج‌شده را به نقشه مورد نظر مرتبط ساخت و نیاز به نرم‌افزار واسطه‌ای ندارد. با استفاده از این نرم‌افزار می‌توان تحلیل ساختار فضایی سیمای سرزمین را به نحو موثرتری انجام داد (زبردست و همکاران، ۱۳۹۰).

معرفی و محاسبه متریک‌های سیمای سرزمین: به‌منظور انجام مقایسات زمانی و تحلیل تغییرات یک منطقه در مقیاس سیمای سرزمین نیاز است که متریک‌های سیمای سرزمین استخراج شده تا تجزیه و تحلیل مناسب انجام شود. با استفاده از متریک‌های سیمای سرزمین می‌توان الگوهای مکانی سیمای سرزمین را کمی کرد. فراوانی و ارتباطات متنوع بین متریک‌های سیمای سرزمین باعث شده انتخاب متریک مناسب برای پایش سیمای سرزمین براساس هدف مطالعه صورت گیرد (Herzog، ۲۰۰۱). متریک‌ها، ساختار فضایی سیمای سرزمین را در یک لحظه از زمان تشریح می‌کنند و ابزارهایی هستند که وضعیت هندسی و فضایی یک لکه یا موزائیکی از لکه‌ها را مشخص می‌کنند (Leitao و Ahren، ۲۰۰۲). براین اساس، در این تحقیق به‌منظور تفسیر تغییرات به‌وجود آمده در زیستگاه گونه آهو در پناهگاه حیات وحش

شیراحمد، متریک‌های سیمای سرزمین در سطح کلاس (طبقه) برای چهار طبقه جنگل تاغ و گز، مرتع، شوره‌زار و زراعت استخراج و مورد محاسبه گرفتند. متریک‌های استخراج‌شده منتخب در زیر تعریف شده‌اند:

مساحت هر طبقه (CA): شامل مجموعه مساحت تمامی لکه‌های طبقه است که معمولاً بر حسب هکتار محاسبه می‌شود.

تعداد لکه (NumP): در صورت استفاده در سطح سیمای سرزمین نشان‌دهنده تعداد کل لکه‌های موجود در سیمای سرزمین و در سطح طبقات، نشان‌دهنده تعدادکل لکه‌های موجود در هر طبقه می‌باشد.

متوسط اندازه لکه (MPS): بیانگر میزان اندازه لکه‌ها در هر طبقه بوده واز تقسیم مساحت هر طبقه به تعداد لکه‌ها در هکتار محاسبه می‌شود.

کل لبه (TE): بیانگر طول کل لبه‌هاو مرزهای موجود در درون یک سیمای سرزمین می‌باشد که از طریق فرمول زیر تعیین می‌گردد:

رابطه (۱)

$$TE = \sum_{k=1}^{m'} eik$$

در این فرمول eik طول لبه بین لکه‌های i و k است. واحد اندازه‌گیری آن متر می‌باشد.

تراکم لبه (ED): مقدار لبه نسبت به کل مساحت سیمای سرزمین است که بر حسب متر بر هکتار بیان شده و از طریق فرمول زیر محاسبه می‌شود:

رابطه (۲)

$$ED = \frac{\sum_{k=1}^{m'} eik}{A}$$

که در آن eik طول لبه بین لکه‌های i و k و A مساحت کل سیمای سرزمین مورد بررسی می‌باشد.

متوسط لبه لکه (MPE): بیانگر نسبت طول کل لبه‌ها به تعداد لکه در سیمای سرزمین می‌باشد.

متوسط شاخص شکلی (MSI): عبارت است از میانگین نسبت محیط به مساحت که به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

رابطه (۳)

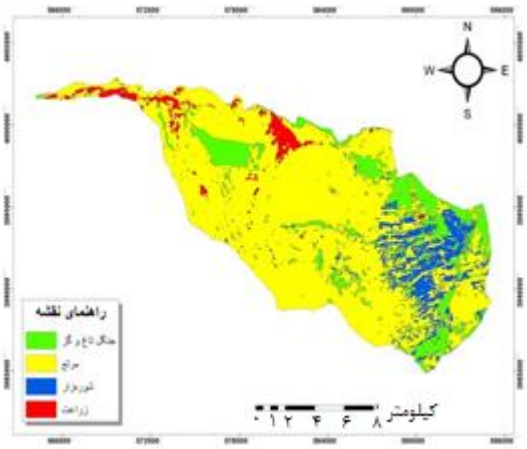
$$MSI = \frac{\sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} \left(\frac{0.25 p_{ij}}{\sqrt{a_{ij}}}\right)}{N}$$

در این فرمول P_{ij} محیط هر لکه و a_{ij} مساحت همان لکه و N برابر با تعداد لکه‌ها می‌باشد. اگر این شاخص برابر با یک باشد، لکه‌ها شکل مربعی داشته و با افزایش پیچیدگی شکل لکه‌ها مقدار آن افزایش پیدا می‌کند.

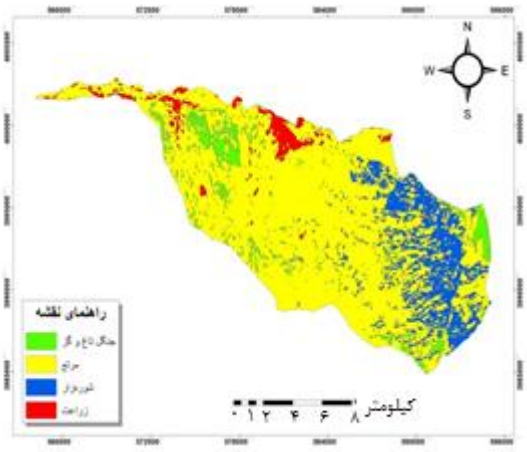
متوسط نسبت محیط به مساحت (MPAR): زیاد شدن عدد این شاخص نشان‌دهنده افزایش لبه لکه‌ها و در نتیجه آسیب‌پذیر شدن بیش‌تر آن‌ها است که حاصل بروز از هم گسیختگی در سیمای سرزمین می‌باشد.

نتایج

نقشه‌های پوشش اراضی منطقه مورد مطالعه: همان‌طورکه ذکر شد در پناهگاه حیات وحش شیراحمد سه طبقه پوشش اراضی جنگل تاغ و گز، مرتع، شوره‌زار و زراعت شناسایی شدند و براین اساس نقشه‌های پوشش اراضی سال‌های ۲۰۰۶ و ۲۰۱۶ مربوط به این منطقه تهیه شدند که این نقشه‌ها در شکل‌های ۲ و ۳ نمایش داده شده است.



شکل۲: نقشه پوشش اراضی پناهگاه حیات وحش شیراحمد مربوط به سال ۲۰۰۶



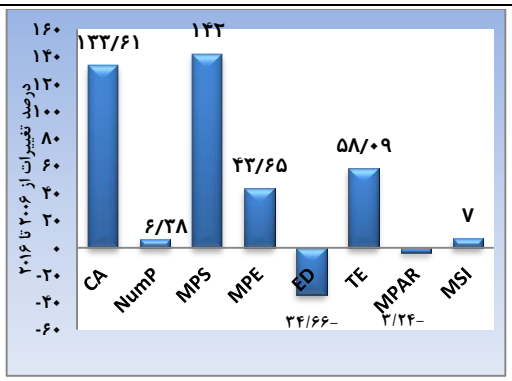
شکل۳: نقشه پوشش اراضی پناهگاه حیات وحش شیراحمد مربوط به سال ۲۰۱۶

محاسبه متریک‌ها و تغییرات آن‌ها: در این مرحله با استفاده از نقشه‌های پوشش اراضی سال‌های ۲۰۰۶ و ۲۰۱۶، متریک‌های استخراج شده منتخب برای چهار طبقه جنگل تاغ و گز، مرتع، شوره‌زار و زراعت در پناهگاه حیات وحش شیراحمد محاسبه شده و به‌منظور مقایسه بهتر، نرخ تغییر در هر متریک به درصد تبدیل شده و مورد مقایسه

قرار گرفته است. در جداول ۲، ۳، ۴ و ۵ نتایج محاسبه متریک‌ها و تغییرات آن‌ها در طبقات پوشش اراضی منطقه مورد مطالعه برای سال‌های ۲۰۰۶ و ۲۰۱۶ آمده است.

جدول ۳: مقایسه متریک‌ها در سطح کلاس برای جنگل تاغ و گز در پناهگاه حیات وحش شیراحمد در سال‌های ۲۰۰۶ و ۲۰۱۶

نام متریک	علامت اختصاری	مقدار در سال ۲۰۰۶	مقدار در سال ۲۰۱۶	درصد تغییرات
مساحت هر طبقه	CA	۱۴۱۴/۵۷	۳۳۰۳/۸۵	+۱۳۳/۶۱
تعداد لکه	NumP	۵۹۵	۶۳۳	+۶/۳۸
متوسط اندازه لکه	MPS	۲/۳۷	۵/۲۱	+۱۴۲
متوسط لبه لکه	MPE	۶۶۵/۲	۹۵۵/۵	+۴۳/۶۵
تراکم لبه	ED	۲۷۹/۷۹	۱۸۳/۰۷	-۳۴/۶۶
کل لبه	TE	۳۹۵۷۹۷	۶۰۴۸۳۴	+۵۸/۰۹
متوسط نسبت محیط به‌مساحت	MPAR	۷۵۹/۹۲	۷۳۵/۲۹	-۳/۲۴
متوسط شاخص شکلی	MSI	۱/۴۳	۱/۵	+۷

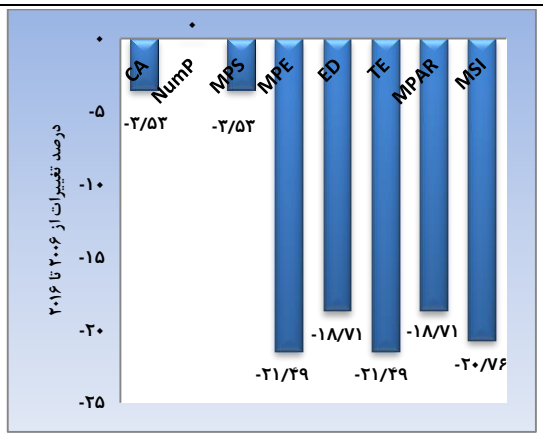


شکل۴: مقایسه تغییرات متریک‌ها در طبقه جنگل تاغ و گز در فاصله سال‌های ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۶

همان‌طورکه در جدول ۲ و شکل ۴ مشخص است بیش‌ترین تغییر در بازه زمانی مورد مطالعه مربوط به متوسط اندازه لکه می‌باشد. هم‌چنین متریک مساحت طبقه نیز افزایش چشمگیری داشته است که ناشی از اضافه نمودن جنگل‌های تاغ و گز دست‌کاشت به این طبقه می‌باشد. با توجه به این‌که آهوها در فصل زاد و ولد نوزادان خود را به‌منظور پنهان نگاه داشتن از دید شکارچیان (طبیعی و انسانی) در میان درختچه‌های تاغ و گز پنهان می‌کنند، افزایش مساحت این طبقه و اندازه و تعداد لکه‌های موجود در آن می‌تواند به بقای آهوهای تازه متولدشده کمک زیادی نماید. افزایش سایر متریک‌ها نیز نشان‌دهنده افزایش پیوستگی و ایده‌آل بودن شرایط زیستی در طبقه جنگل تاغ و گز می‌باشد.

جدول ۴: مقایسه متریک‌ها در سطح کلاس برای مرتع در پناهگاه حیات وحش شیراحمد در سال‌های ۲۰۰۶ و ۲۰۱۶

نام متریک	علامت اختصاری	مقدار در سال ۲۰۰۶	مقدار در سال ۲۰۱۶	درصد تغییرات
مساحت هرطبقه	CA	۱۷۴۹۳/۸۶	۱۶۸۷۶/۲	-۳/۵۳
تعداد لکه	NumP	۱	۱	۰
متوسط اندازه لکه	MPS	۱۷۴۹۳/۹	۱۶۸۷۶/۲	-۳/۵۳
متوسط لبه لکه	MPE	۱۲۱۲۱۶۰	۹۵۱۵۶۱	-۲۱/۴۹
تراکم لبه	ED	۶۹/۲۹	۵۶/۳۸	-۱۸/۷۱
کل لبه	TE	۱۲۱۲۱۶۰	۹۵۱۵۶۱	-۲۱/۴۹
متوسط نسبت محیط به مساحت	MPAR	۶۹/۲۹	۵۶/۳۸	-۱۸/۷۱
متوسط شاخص شکلی	MSI	۲۵/۸۵	۲۰/۶۶	-۲۰/۷۶



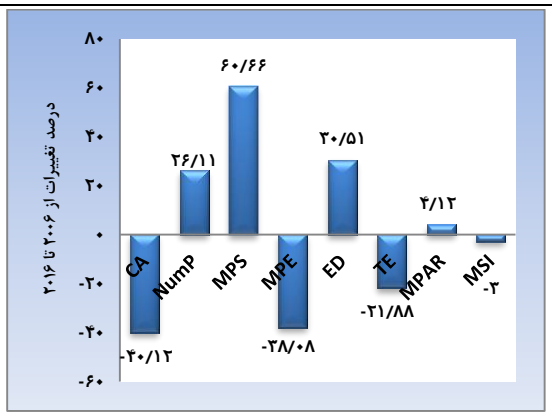
شکل۵: مقایسه تغییرات متریک‌ها در طبقه مرتع در فاصله سال‌های ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۶

بهترین حالت لکه، شکلی است که ناحیه هسته وسیع و مرزها منحنی‌شکل باشند. مشخص شده است که لکه‌هایی که دارای شکل گردتری هستند در حفاظت از منابع درونی خود کارایی بیش‌تری دارند چرا که در این اشکال، نسبت محیط به مساحت کم‌تر بوده و بنابراین میزان در معرض قرار گرفتن محتویات لکه با محیط اطراف کاهش خواهد یافت(Forman، ۱۹۹۵).در تفسیر کلی تغییر متریک‌ها در کلاس مرتع می‌توان گفت که با وجود تنها یک لکه در طبقه مرتع و کاهش مساحت و نامطلوب‌تر شدن شکل آن یعنی کاهش میزان انحنای مرز لکه و مربعی شدن آن به‌دلیل چرای غیرمجاز و بیش از ظرفیت برد منطقه و بروز خشکسالی، این لکه منزوی شده و ارتباط آن با لکه‌ها و زیستگاه‌های سایر طبقات کاهش یافته است. بنابراین طی سال‌های ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۶ از کیفیت طبقه مرتع برای تامین نیازهای غذایی آهو کاسته شده‌است. این درحالی است که گونه آهو بیش‌ترین تغذیه خود را از پوشش گیاهی موجود در طبقه مرتع به‌دست آورده و این طبقه

را برای گذراندن فصل زاد و ولد خود ترجیح می‌دهد. براین اساس تعداد کثیری از آهوها در مواجه با کمبود منابع غذایی و نبود امنیت کافی در فصل زاد و ولد در این کلاس یا تلف شده و یا به مناطق با منابع غذایی غنی‌تر و امن‌تر مهاجرت کرده‌اند و این باعث کاهش تعداد گونه آهو در پناهگاه حیات وحش شیراحمد شده است.

جدول ۵: مقایسه متریک‌ها در سطح کلاس برای شوره‌زار در پناهگاه حیات وحش شیراحمد در سال‌های ۲۰۰۶ و ۲۰۱۶

نام متریک	علامت اختصاری	مقدار در سال ۲۰۰۶	مقدار در سال ۲۰۱۶	درصد تغییرات
مساحت هر طبقه	CA	۳۱۰۶/۷۹	۱۸۶۰/۴۴	-۴۰/۱۲
تعداد لکه	NumP	۴۴۸	۵۶۵	+۲۶/۱۱
متوسط اندازه لکه	MPS	۶/۹۳	۳/۲۹	+۶۰/۶۶
متوسط لبه لکه	MPE	۱۳۶۹/۷۲	۸۴۸/۳۴	-۳۸/۰۸
تراکم لبه	ED	۱۹۷/۵۱	۲۵۷/۶۳	+۳۰/۵۱
کل لبه	TE	۶۱۳۶۳۶	۴۷۹۳۱۵	-۲۱/۸۸
متوسط نسبت محیط به مساحت	MPAR	۷۸۱/۲۱	۸۱۳/۳۹	+۴/۱۲
متوسط شاخص شکلی	MSI	۱/۵۲	۱/۴۹	-۳

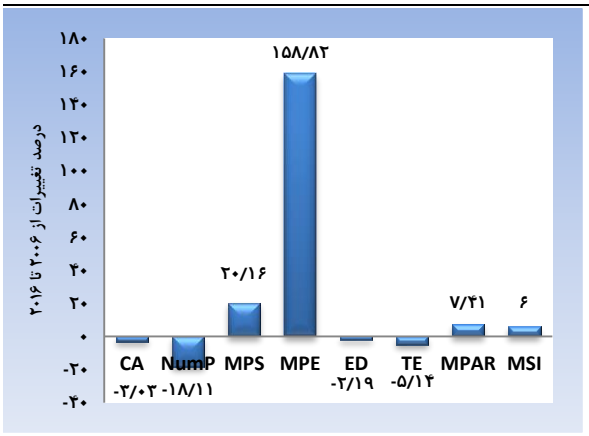


شکل۶: مقایسه تغییرات متریک‌ها در طبقه شوره‌زار در فاصله سال‌های ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۶

در طبقه شوره‌زار کاهش مساحت و افزایش تعداد لکه ناشی از افزایش تراکم جنگل‌های تاغ و گزدست‌کاشت در دوره زمانی مورد مطالعه نشان‌دهنده بروز ازهم گسیختگی در این طبقه می‌باشد. ازطرفی اندازه لکه‌ها کوچک‌تر شده و لبه‌های آن‌ها حالت سخت و مستقیم پیدا کرده است. هم‌چنین مرز لکه‌ها افزایش پیدا کرده و منجر به از هم گسیختگی شده است. بنابراین منابع موجود در طبقه شوره‌زار یعنی گونه‌های مقاوم به خشکی که اکثر آن‌ها مورد تعلیف آهو قرار می‌گیرد کاهش یافته است. ازطرفی کلاس شوره‌زار به‌عنوان کریدور تردد آهوها به مزارع جو و گندم روستاهای واقع در شمال منطقه می‌باشد که با وجود از هم گسیختگی دسترسی آن‌ها به منابع غذایی خوشخوراک کم شده و موجب تلف شدن یا مهاجرت آن‌ها از پناهگاه حیات وحش شیراحمد شده است.

جدول ۶: مقایسه متریک‌ها در سطح کلاس برای زراعت در پناهگاه حیات وحش شیراحمد در سال‌های ۲۰۰۶ و ۲۰۱۶

نام متریک	علامت اختصاری	مقدار در سال ۲۰۰۶	مقدار در سال۲۰۱۶	درصد تغییرات
مساحت هر طبقه	CA	۸۳۲/۴۶	۸۰۷/۲	-۳/۰۳
تعداد لکه	NumP	۱۲۷	۱۰۴	-۱۸/۱۱
متوسط اندازه لکه	MPS	۶/۵۵	۷/۷۶	+۲۰/۱۶
متوسط لبه لکه	MPE	۱۰۹۴/۰۲	۱۲۶۷/۱۸	+۱۵۸/۸۲
تراکم لبه	ED	۱۶۶/۹	۱۶۳/۲۶	-۲/۱۹
کل لبه	TE	۱۳۸۹۴۰	۱۳۱۷۸۶	-۵/۱۴
متوسط نسبت محیط به مساحت	MPAR	۵۵۵/۶	۵۹۶/۷۳	+۷/۴۱
متوسط شاخص شکلی	MSI	۱/۴۸	۱/۵۴	+۶



شکل۷: مقایسه تغییرات متریک‌ها در طبقه زراعت در فاصله سال‌های ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۶

درطبقه‌زراعت بیش‌ترین تغییر درباز زمانی مورد مطالعه مربوط به سنجه متوسط لبه لکه است که مبین وجود ازهم گسیختگی در این طبقه می‌باشد. به‌طورکلی، درطبقه زراعت تغییر متریک‌های مرتبط با ازهم گسیختگی مانند افزایش متوسط لبه لکه، افزایش متوسط نسبت محیط به مساحت و کاهش مساحت وجود از هم گسیختگی در این طبقه را نشان می‌دهند که نتیجه عواملی نظیر پیش‌روی طبقه جنگل تاغ و گز به‌سمت سایر طبقات، چرای غیرمجاز و بیش از ظرفیت برد منطقه، بروز خشکسالی و حضور انسان به‌عنوان یک عامل اختلالی می‌باشد. از طرفی اندازه لکه‌ها در بازه زمانی مورد مطالعه افزایش یافته و اشکال آن‌ها از حالت مربعی خارج شده و مرز آن‌ها نیز از حالت سخت و مستقیم به اشکال نرم و منحنی تغییر یافته که باعث پایدار شدن منابع درون لکه‌ها می‌شود. براین اساس می‌توان گفت که باوجود ازهم گسیختگی

در طبقه زراعت، این طبقه دارای قابلیت ترمیم و رسیدن به شکل ایده‌آل برای تامین نیازهای غذایی آهو در پناهگاه حیات وحش شیراحمد را دارد.

بحث

باتوجه به اهمیت وجود پیوستگی و یک‌پارچگی زیستگاهی برای گونه‌هایی که نیازهای حرکتی بالایی دارند و انجام نشدن تحقیقات کمی در خصوص زیستگاه آهوی ایرانی در پناهگاه حیات‌وحش شیراحمد، در این تحقیق، از متریک‌های اکولوژی سیمای سرزمین به‌منظور کمی سازی تغییرات زیستگاهی این گونه در پناهگاه حیات وحش شیراحمد سبزوار در فاصله سال‌های تا ۲۰۱۶ استفاده شد. نتایج تهیه نقشه پوشش اراضی و کمی‌سازی الگوهای مکانی در منطقه مورد مطالعه نشان‌دهنده تغییرات چشمگیر و تاثیر زیاد این تغییرات بر جمعیت آهو در این منطقه می‌باشد. اضافه نمودن جنگل‌های تاغ و گز دست‌کاشت به منطقه باعث افزایش چشمگیر مساحت طبقه جنگل تاغ و گز شده است که این به بقای آهوهای تازه متولدشده کمک زیادی می‌نماید. اما امنیت تنها فاکتور موثر بر بقای گونه‌های حیات وحش نمی‌باشد و عوامل مهم دیگری مانند سهولت دسترسی به منابع غذایی و وجود منابع غذایی کافی در یک زیستگاه نیز ارتباط مستقیم با زنده‌مانی زیست‌مندان آن زیستگاه دارد. سنجه‌های سیمای سرزمین نشان‌دهنده کاهش مساحت، تغییر شکل و اندازه لکه‌ها و مرزها در سه طبقه مرتع، شوره‌زار و زراعت می‌باشند که ناشی از وجود تعداد زیاد روستا در اطراف منطقه، چرای بی‌رویه دام‌های اهلی توسط ساکنین منطقه، تک‌شغلی بودن ساکنین منطقه (فقط دامداری و کشاورزی) و خشکسالی می‌باشد. حضور دام‌های اهلی در منطقه رقابت بر سر منابع غذایی را افزایش داده و تعداد زیادی از آهوها در این رقابت شکست خورده و تلف شده و یا از منطقه مهاجرت کرده‌اند. از طرفی در مواجه با کمبود منابع غذایی، جمعیت کثیری از آهوها به‌منظور تامین نیازهای غذایی خود به زمین‌های کشاورزی اطراف منطقه هجوم برده و در آن‌جا به راحتی توسط شکارچیان شکار شده‌اند. بنابراین حضور انسان و فعالیت‌های او در منطقه مورد مطالعه به‌عنوان یک عامل اختلالی باعث کاهش شدید جمعیت آهو در این منطقه شده است.

منابع

۱. **اداره کل حفاظت محیط زیست خراسان رضوی. ۱۳۹۶.** سرشماری سالانه حیات وحش خراسان رضوی. اداره کل حفاظت محیط زیست خراسان رضوی.

۲. **اردکانی، م.ر.، ۱۳۹۲.** اکولوژی (چاپ پانزدهم). انتشارات دانشگاه تهران. تهران. ۳۴۰ صفحه.

۳. **رام، م.؛ فرحمند، ح.؛ کرمی، م. و ایمانی‌هرسینی، ج.، ۱۳۹۶.** ساختار جمعیتی و جایگاه تبارشناسی آهوکوهی (*Gazzella gazelle*) در منطقه حفاظت شده فارور با استفاده از DNA میتوکندری. محیط زیست جانوری. دوره ۹، شماره ۲، صفحات ۱ تا ۸.

۴. **زبردست، ل. و جعفری، ح.ر.، ۱۳۹۰.** ارزیابی روند تغییرات تالاب انزلی با استفاده از سنجش از دور و ارائهٔ راه حل مدیریتی. مجله محیط‌شناسی. دوره ۳۷، شماره ۵۷، صفحات ۵۷ تا ۶۴.

۵. **زمانی، ص.؛ عرفانی‌رحمت‌نیا، ع. و ابویسانی، ر.، ۱۳۹۰.** ارزیابی قابلیت‌ها و تنگناهای پناهگاه حیات وحش شیراحمد سبزوار به لحاظ اکوتوریسم با استفاده از قابلیت‌های نرم‌افزار GIS. همایش گردشگری و توسعه پایدار. دانشگاه آزاد اسلامی واحد همدان.

۶. **کاظمی‌جهندیزی، ا.؛ کابلی، م.؛ کرمی، م. و صوفی، م.، ۱۳۹۴.** تعیین ظرفیت برد زیستگاه و رژیم غذایی آهوایرانی (*Gazella subgutturosa*) در پارک ملی سرخه حصارتهران. علوم و تکنولوژی محیط زیست. دوره ۱۷، شماره ۱، صفحات ۱۳۵ تا ۱۴۳.

۷. **کرمی، پ.؛ کمانگر، م. و حسینی، س.م.، ۱۳۹۵.** مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه آهوایرانی (*Gazella subgutturosa subgutturosa*) در منطقه شکارممنوع قراویز و استان کرمانشاه با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی. پژوهش‌های جانوری. دوره ۲۹، شماره ۳، صفحات ۳۴۰ تا ۳۵۲.

۸. **ماهینی، ع. و کامیاب، ع.، ۱۳۸۸.** سنجش از دور و سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی کاربردی با نرم‌افزار ایدریسی. انتشارات مهر مهدیس. تهران. ۶۱۰ صفحه.

۹. **محرم‌نژاد، ن.، ۱۳۹۲.** مدیریت و برنامه‌ریزی محیط زیست (چاپ اول). نشر دی‌نگار. تهران. ۴۰۰ صفحه.

۱۰. **مخدوم، م.؛ درویش‌صفت، ع.ا.؛ جعفرزاده، ه. و مخدوم، ع.، ۱۳۸۶.** ارزیابی و برنامه‌ریزی محیط‌زیست با سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی. انتشارات دانشگاه تهران. تهران. ۳۰۴ صفحه.

۱۱. **ملکی‌نجف‌آبادی، س.؛ سفیانیان، ع. و راهداری، و.، ۱۳۸۹.** بررسی تغییرات بوم‌شناسی منظر در پناهگاه حیات وحش موته با استفاده از سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS). محیط‌زیست طبیعی. دوره ۶۳، شماره ۴، صفحات ۳۷۳ تا ۳۸۷.

۱۲. **Antrop, M., 2000.** Background concepts for integrated landscape analysis. Agriculture, Ecosystems & Environment. Vol. 77, pp: 17-28.

۱۳. **Coppin, P.; Jonckheere, I.; Nackaerts, K.; Muys, B. and Lambin, E., 2004.** Digital change detection methods in ecosystem monitoring: a review. Remote Sensing. Vol. 25. No. 9. pp: 1565-1596.

۱۴. **Erickson, S.L. and King, B.J., 1999.** Fundamentals of Environmental Management. John Wiley & Sons inc. USA. 352 p.

۱۵. **Farina, A., 2009.** Ecology, Cognition & Landscape; Linking Natural and Social System. Springer, NewYork. 161 p.

۱۶. **Forman, R.T., 1995.** Land Mosaics: The Ecology of Landscapes and Regions. Cambridge: Cambridge University Press. 632 p.

۱۷. **Herzog, F.; Lausch, A.; Müller, E.; Thulke, H.; Steinhardt, U. and Lehmann, S., 2001.** Landscape metrics for the assessment of landscape destruction and rehabilitation. Environmental Management. Vol. 27, No. 1, pp: 91-107.

۱۸. **Jowkar, H.; Ostrowski, S.; Tahbaz, M. and Zahler, P., 2016.** The Conservation of Biodiversity in Iran: Threats, Challenges and Hopes. Iranian Studies. Vol. 49, No. 6, pp. 1065-1077.

۱۹. **Leitao, A.B. and Ahern, J., 2002.** Applying Landscape Ecological Concepts and Metrics in Sustainable Landscape Planning. Landscape & Urban Planninig. Vol. 59, pp: 65-93.

۲۰. **Mallon, D.P., 2008.** *Gazella subgutturosa*. The IUCN Red List of Threatened Species 2008. e. T8976A12945246. http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T8976A129452.en. s.l.: IUCN.

۲۱. **Margules, C.R. and Pressy, R.L., 2000.** Systematic conservation planning. Nature. Vol. 405, pp: 243-253.

۲۲. **Mc Neely, J.A., 1994.** Protected Area in the Modern World. Protecting Nature, Regional Reviews of Protected Area. IUCN/IV World Congress.

۲۳. **Oldfield, T.E.E.; Smith, R.J.; Harrop, S.R. and Leader, W.N., 2004.** A gap analysis of terrestrial protected areas in England and its implications for conservation policy. Biological Conservation. Vol. 120, pp: 303-309.

۲۴. **Salem, B.B., 2003.** Application of GIS to biodiversity monitoring. J of arid environments. Vol. 54, pp: 91-114.

۲۵. **Tso, B. and Mather, P.M., 2001.** Classification methods for remotely sensed data. Taylor and Francis. New York. 356 p.