

## بررسی لکه‌های زیستگاهی خرس سیاه بلوچی (*Ursus thibetanus gedrosianus*) با استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین (مطالعه موردی: مناطق بحر آسمان و زریاب استان کرمان)

حسین روح الامینی نژاد<sup>۱</sup>، مریم مروتی<sup>۱\*</sup> و پیمان کرمی<sup>۲</sup>

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۳/۲۹؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۷/۰۲)

### چکیده

تحلیل زیستگاه با استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین می‌تواند در راستای مدیریت بهتر زیستگاه کارآمد باشد. خرس سیاه بلوچی به‌عنوان زیرگونه درخطر انقراض در مناطق بحر آسمان و زریاب استان کرمان پراکندگی دارد. هدف از این مطالعه مدل‌سازی پراکنش گونه و ارزیابی کیفیت لکه‌های زیستگاهی با استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین است. مدل‌سازی پراکنش با استفاده از رویکرد اجماع (Ensemble)، حاصل از تلفیق مدل‌های فقط حضور و حضور/شبه عدم حضور در نرم‌افزار ModEco انجام گرفت. روی مدل اجماع از حد آستانه (True Skill Statistics, TSS) استفاده شد و لکه‌های زیستگاهی با استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین تحلیل شدند. نتایج این مطالعه نشان داد که گستره پراکنش، فراتر از مرز مناطق حفاظت‌شده مورد مطالعه است و متغیرهای مرتبط با رطوبت بیشترین تأثیر را بر روی حضور گونه داشتند. بر پایه تحلیل سنجه‌ها، لکه‌های زیستگاهی در پناهگاه حیات وحش زریاب از پیوستگی بالاتر و حاشیه کمتری نسبت به منطقه حفاظت‌شده بحر آسمان برخوردار هستند. در منطقه حفاظت‌شده بحر آسمان تعداد لکه‌های زیستگاهی بیشتر بوده و عدم پیوستگی لکه‌ها منجر به شکل‌گیری حاشیه شده است. نتایج این مطالعه می‌تواند در راستای مدیریت لکه‌های زیستگاهی این‌گونه درخطر انقراض مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: خرس سیاه، مدل اجماع، لکه‌های زیستگاهی، سیمای سرزمین، استان کرمان

۱. گروه علوم و مهندسی محیط زیست، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران.

۲. دکتری محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر.

\*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: mymorovati@ardakan.ac.ir

## مقدمه

امروزه با افزایش فعالیت‌های انسانی، تخریب و تکه‌تکه شدن زیستگاه‌های طبیعی در حال رخداد است (۲۱). توسعه و گسترش فعالیت‌های بشر در سیمای سرزمین بر زیستگاه و جمعیت‌های حیات‌وحش آثار مخرب و سنگینی بر جای گذاشته و ممکن است این تأثیرات منفی در درازمدت منجر به انقراض گونه‌ها شود (۳۴). عوامل طبیعی همانند سیل، آتش‌سوزی، فرسایش و زمین‌لغزش، آفات و طوفان در کنار دخالت‌های انسانی از عوامل کاهش سطح و تغییرات زیستگاه‌های طبیعی هستند (۴۳). با وجود نقش گوشت‌خواران در تنظیم کنش‌های بوم‌شناختی و سلامت اکوسیستم، جمعیت بسیاری از آن‌ها در خطر تهدید قرار گرفته و جمعیت‌های آنها نیز منزوی شده‌اند (۴۹). گوشت‌خواران به دلیل قرارگیری در رأس هرم غذایی، شاخصی از غنای گونه‌ای و سلامت جوامع بوده و نقش کلیدی در تنوع زیستی ایفا می‌کنند. این گونه‌ها بیشتر از سایر گونه‌ها به علت فعالیت‌های انسانی در معرض خطر انقراض قرار دارند (۵۷). گوشت‌خواران بزرگ جثه مانند خرس‌ها به دلیل پراکنش گسترده، اندازه جمعیت کم و فشار انسانی، به چندپارگی و از دست رفتن زیستگاه حساس هستند (۵۴). برای شناخت اثر فعالیت‌ها و عملکردهای انسانی و تغییرات رخ داده در زیستگاه‌ها، ارزیابی زیستگاه به‌صورت کمی ضروری است. مدل‌سازی زیستگاه راهکاری علمی برای انجام این امر است (۲۸). برای شناسایی زیستگاه‌های مطلوب و مناسب گونه‌ها می‌توان از رویکردهای مدل‌سازی زیستگاه استفاده کرد (۶). مدل‌سازی پراکنش مجموعه‌ای از رویکردها و روش‌ها است که بر اساس مفاهیم بوم‌شناختی و جغرافیایی زیستی بنا شده و روابط بین پراکنش گونه‌ها و محیط فیزیکی-شان را تشریح می‌کند (۲۴). به‌عبارت‌دیگر مدل‌های پراکنش، ابزارهای کمی و تجربی برای بررسی روابط بین گونه و محیط هستند که با استفاده از داده‌های مربوط به مکان گونه‌ها (مانند فراوانی و حضور گونه‌ها) و متغیرهای محیطی (مؤثر بر پراکنش گونه‌ها) ساخته می‌شود (۴۲). مدل‌های مطلوبیت زیستگاه با

استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی و تحلیل آماری چند متغیره ارتباط بین حضور گونه و متغیرهای محیط‌زیستی را تحت عنوان مدل‌سازی آشیان بوم‌شناختی بررسی می‌کنند (۳۸). تحلیل زیستگاه حیات‌وحش، شناسایی مناطق بالقوه زیست و منابع دارای اولویت برای بقا گونه‌ها از اهمیت فراوانی برخوردار است تا بتوان زیستگاه‌های مطلوب باقیمانده را برای بقای گونه‌ها حفظ کرد (۴۴). آشیان بوم‌شناختی محدوده‌ای از یک یا چند عامل محیطی است که رشد، تکثیر و بقای یک موجود زنده را در رابطه با سایر عوامل مشخص می‌کند (۲۵).

گستره انتشار خرس سیاه بلوچی (*Ursus thibetanus gedrosianus*) از ژاپن شروع شده و تا جنوب شرق ایران ادامه پیدا می‌کند. این گونه، زیرگونه‌های متعددی دارد که زیرگونه بلوچی آن به دلیل انقراض‌های محلی و تخریب زیستگاه در فهرست گونه‌های در معرض خطر انقراض (Critically Endangered, CR) قرار دارد (۱۸). این زیرگونه در زیستگاه‌های جنوبی استان کرمان و در دو منطقه حفاظت‌شده بحر آسمان و پناهگاه حیات‌وحش رزیاب حضور دارد و از جمله زیستگاه‌های باکیفیت این زیرگونه برشمرده می‌شوند حضور دارد. وجود غارها، چشمه و پوشش گیاهی ارتفاعات این مناطق از جمله شرایط مساعد برای این گونه است.

مطالعات فراوانی پیرامون بررسی زیستگاه خرس سیاه انجام‌گرفته است. فهیمی و همکاران (۱۶) به مطالعه و بررسی زیستگاه خرس سیاه در منطقه بحر آسمان با استفاده از دوربین تله‌ای پرداختند، ۱۴ دوربین در ورودی غارهای منطقه نصب شد. نتایج نشان داد که ۷ فرد متفاوت از هم در منطقه حضور داشتند که شامل ۲ فرد تنها و ۲ خانواده به همراه توله‌ها بودند. در این مطالعه وجود غارها برای حضور گونه بسیار حائز اهمیت برشمرده شد. راهداری (۴۷) مطلوبیت زیستگاه خرس سیاه را با استفاده از ارزیابی چند معیاره و ترکیب وزنی خطی (Weighted Linear Combination, WLC) در سیستان و بلوچستان مطالعه کرد. نتایج نشان داد که بیشتر زیستگاه‌های مطلوب پیش‌بینی شده در انطباق با جنگل‌های داز و خرما است.

و مقایسه این دو منطقه با یکدیگر از نظر عوامل تأثیرگذار محیطی (فیزیکی و زیستی) بر مطلوبیت و ویژگی‌های لکه‌های زیستگاهی موجود در مناطق حضور از منظر سیمای سرزمین انجام گرفته است.

## مواد و روش

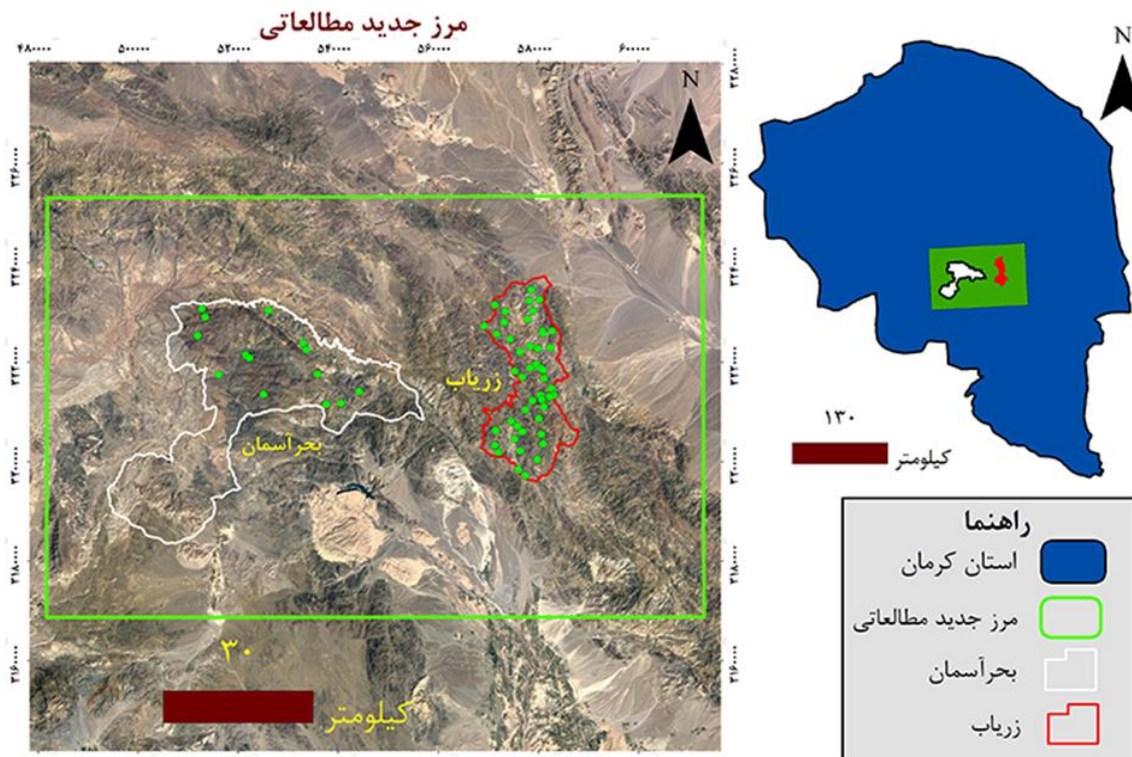
### معرفی منطقه مورد مطالعه

منطقه حفاظت‌شده بحرآسمان با مساحت ۱۱۸۸۰۰ هکتار از ۲۸ درجه، ۴۶ دقیقه، ۴۰،۱ ثانیه تا ۲۹ درجه، ۱۳ دقیقه، ۲۲/۶ ثانیه عرض شمالی و ۵۶ درجه، ۵۶ دقیقه، ۱۷/۲ ثانیه تا ۵۷ درجه، ۳۵ دقیقه، ۴۰/۵ ثانیه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ و پناهگاه حیات وحش زریاب با مساحت ۴۵۲۵۰ هکتار از ۲۸ درجه، ۵۳ دقیقه، ۲۳ ثانیه تا ۲۹ درجه، ۱۵ دقیقه، ۵۱ ثانیه عرض شمالی و ۵۷ درجه، ۴۲ دقیقه، ۱۰ ثانیه تا ۵۷ درجه، ۵۴ دقیقه، ۱۵ ثانیه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ قرار گرفته‌اند (۴۸). شکل ۱ موقعیت مناطق مذکور را نمایش می‌دهد. پس از بررسی‌های میدانی در خلال سال‌های ۱۳۹۵ تا ۱۴۰۰ و همچنین مصاحبه با محیط‌بانان مشخص گردید که دامنه حضور خرس سیاه به خارج از مرز مناطق حفاظت‌شده نیز امتداد پیدا کرده است و خرس‌ها از طریق کریدورهای بین دو منطقه جابه‌جایی دارند. به عبارتی مناطقی با احتمال حضور بالا در خارج از دو منطقه و به‌ویژه در گستره بین مناطق زریاب و بحرآسمان وجود دارند. از این رو به‌منظور کمی‌سازی بهتر گستره انتشار زیرگونه و همچنین دسترسی به تمام زیستگاه‌ها با احتمال حضور، مرز محدوده مطالعاتی به نحوی تغییر کرد که اولاً از نظر ساختار سیمای سرزمین (فیزیکی و پوشش گیاهی) که بیشترین شباهت را به مناطق مورد مطالعه داشته باشد همچنین با توجه با نقش فاکتورهای گزینشی زیستگاه خرس سیاه، با سیمای اطراف متفاوت باشند. به این ترتیب مرز جدید با وسعت تقریبی ۱۱۱۰۹ کیلومتر مربع و دربرگیرنده مناطق بحر آسمان و زریاب انتخاب شد.

### گردآوری نقاط حضور

به‌منظور ثبت نقاط حضور بازدیدهای میدانی از مناطق

الماسیه و کابلی (۳) مسیرهای ارتباطی برای خرس سیاه بلوچی را با استفاده از روش آنتروپی بیشینه و روش تئوری مدار الکتریکی مدل‌سازی کردند. بر اساس یافته‌های این مطالعه سه خوشه اصلی برای مهاجرت بین لکه‌های زیستگاهی در منطقه وجود دارد و همچنین لازم است روی ۸ لکه زیستگاهی منزوی اقدامات حفاظتی انجام گیرد. الماسیه و همکاران (۵) بلوک‌های زیستگاهی خرس سیاه را در استان هرمزگان با استفاده از روش آنتروپی بیشینه و افزونه Corridor Designer شناسایی کردند و تعداد ۹ بلوک زیستگاهی برای خرس سیاه آسیایی در استان هرمزگان شناسایی شد. اسکوبار و همکاران (۱۴) تکه‌تکه شدن زیستگاه خرس سیاه را با استفاده از مدل‌سازی آشیان بوم‌شناختی و تصاویر ماهواره‌ای در پاکستان، کشمیر هیمالیا، کوهستان پیرهاسیماری و پیرچیناسی بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که حداقل ۱۰٪ از منطقه مورد مطالعه به دلیل وجود مناطق شهری و حومه شهر برای این‌گونه مناسب نیست. دوکو و همکاران (۱۲) شناسایی تکه‌های زیستگاه و کریدورهای بالقوه برای جمعیت‌های باقیمانده خرس سیاه آسیایی را از طریق مدل‌سازی آنتروپی بیشینه در فوجی و کانازاوا ژاپن انجام دادند. پس از تهیه نقشه توزیع، تجزیه و تحلیل برآورد اندازه جمعیت انجام گرفت. یافته‌ها نشان داد خرس‌های موجود در این منطقه در معرض خطر انقراض قرار دارند و استفاده از یک شبکه بوم‌شناختی به حفظ جمعیت آن‌ها کمک می‌کند. در مطالعه‌ی دیگر که توسط زاهور و همکاران (۵۸) مطلوبیت زیستگاه و مسیرهای اتصال بین هسته‌های زیستگاهی برای خرس سیاه در سناریوهای تغییر اقلیم در کوهستان‌های مرتفع شمال پاکستان مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس نتایج پناهگاه‌های اقلیمی گونه از متوسط ارتفاع ۶۶۸ متر به ارتفاع ۴۴۸۳ متر تغییر خواهد کرد و عمده مسیرهای که زیستگاه‌های مطلوب گونه را به یکدیگر متصل می‌کند، پوشش کمتری توسط مناطق حفاظت‌شده خواهند داشت. این مطالعه باهدف بررسی پراکنش بالقوه زیستگاه خرس سیاه بلوچی در دو منطقه زریاب و بحر آسمان در جنوب کرمان



شکل ۱. موقعیت مناطق حفاظت‌شده و مرز جدید در استان کرمان

### متغیرهای محیطی

متغیرهای زیستگاهی با تأکید بر مطالعات از پیش انجام‌شده (۱۴) و (۴۲) شناسایی شدند، متغیر ارتفاع با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر از پایگاه (United States Geological Survey, USGS) تهیه گردید از آنجایی که گونه به غارها و مناطق دارای رطوبت و پوشش گیاهی تمایل دارد (۱۶) از متغیر ارتفاع برای ایجاد لایه درصد شیب و همچنین متغیر رطوبت توپوگرافی (Compound Topographic Index, CTI) استفاده گردید. شاخص رطوبت، شاخص ترکیب پستی‌وبلندی است که نسبت بین شیب‌ها را در حوضه به نمایش می‌گذارد و به شاخص خیسی نیز معروف است (۲۹). متغیر شاخص پوشش گیاهی (Normalized difference Vegetation Index, NDVI) با استفاده از تصاویر ماهواره لندست ۸ و به صورت میانگین بازه زمانی ۲۰۱۵/۰۴/۳۰ تا ۲۰۲۱/۰۴/۳۰ در محیط سامانه گوگل ارث انجین (Google Earth Engine) (۱۹) پردازش و آماده شد. به منظور بررسی اثر تغییرات نوسان پوشش گیاهی

مورد مطالعه به عمل آمد تا حدود پراکندگی گونه با توجه به نظرات محیط‌بانان مشخص گردد. برای ثبت نقاط حضور با استفاده از سامانه موقعیت‌یاب جهانی، پایش‌های میدانی به تفکیک فصول مختلف (بهار، تابستان، پاییز و زمستان)، حداقل فواصل سال‌های ۱۳۹۸ تا ۱۴۰۰ در مناطق مذکور انجام گرفت. انواع نمایه‌های باقی‌مانده از گونه شامل سرگین، پوست و مو، ردپا و خراش‌های باقی‌مانده روی درختان بخش‌های مرتفع و حضور در باغات ثبت شدند. با توجه به قدرت تفکیک مکانی (۳۰ متر) این مطالعه به منظور کاهش خودهمبستگی مکانی در ثبت نقاط حضور حداقل فاصله ۵۰۰ متری با سایر نقاط در نظر گرفته شد (۳۶). متناسب با پراکنش نقاط جمع‌آوری‌شده، با در نظر گرفتن این فاصله، پراکنش نمونه‌ها به صورت یکنواخت خواهد بود و نقاط بدون خطا وارد مدل‌سازی خواهند شد. با اعمال این محدودیت در نهایت از ۶۸ نقطه جمع‌آوری‌شده اولیه، تعداد ۷ نقطه حذف و ۶۱ نقطه وارد مدل‌سازی شد.

بر حضور گونه با استفاده از فیلترهای  $3 \times 3$  زبری تراکم پوشش گیاهی محاسبه گردید (۵۱). علاوه بر این از شاخص تفاضل بهنجار شده آب (Normalized Difference Water Index, NDWI) برای ارزیابی و بررسی توزیع شاخص آب در سطح منطقه استفاده گردید این شاخص برای به حداکثر رساندن بازتاب آب با استفاده از طول موج سبز، به حداقل رساندن بازتاب کم (Near Infra Red, NIR) با ویژگی آب و بازتاب بالای NIR توسط ویژگی‌های پوشش گیاهی و خاک طراحی شده است (۳۰). موقعیت چشمه نیز با در نظر گرفتن محدوده مورد مطالعه از شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان کرمان تهیه شد و از این متغیر فاصله از چشمه‌ها محاسبه گردید. متغیر فاصله از رودخانه‌ها نیز به کمک لایه رودخانه‌های تهیه‌شده از اداره کل حفاظت محیط‌زیست کرمان آماده شد. موقعیت مناطق مسکونی با استفاده لایه‌های Open street map در نرم‌افزار Global mapper با فرمت برداری آماده شد و تراکم مناطق مسکونی با استفاده از این لایه محاسبه گردید. متغیر فاصله از جاده‌ها نیز به کمک نقشه راه‌های استان تهیه‌شده از اداره کل محیط‌زیست کرمان آماده شد. تمام متغیرهای زیستگاهی با قدرت تفکیک مکانی  $30 \times 30$  متر در محیط ArcGIS 10.4.1 آماده شدند. در نهایت پیش از ورود متغیرها به مدل‌سازی همبستگی بین آن‌ها محاسبه شد تا متغیرهای با همبستگی بیش از  $0.75$  وارد مدل‌سازی نشوند. محاسبه همبستگی در نرم‌افزار ArcGIS انجام گرفت.

### مدل‌های زیستگاهی

روش‌های حضور/شبه عدم حضور را می‌توان جز روش‌های با قدرت تحلیل بالا و دارای استفاده فراوان توسط محققین ارزیابی کرد (۳۲). در این روش‌ها، معمولاً نقاط حضور به همراه نقاط شبه عدم حضور مورد استفاده قرار می‌گیرند لذا برای اجرا به نقاط شبه عدم حضور نیاز است. در این مطالعه برای تهیه نقاط شبه عدم حضور ابتدا با استفاده از ۶۱ نقطه حضور و متغیرهای زیستگاهی بدون همبستگی از مدل‌های بایوکلایم (Bioclim)، دامنه (Domain) و ماشین بردار پشتیبان تک کلاسه

(One class SVM) استفاده شد تمام مدل‌های منفرد ذکر شده بدون ترکیب وزنی با یکدیگر ادغام شدند تا نقشه همادی یا اجماعی (Ensembl) مدل‌های فقط حضور شکل گیرد. خروجی این مدل نقشه باینری دو کلاسه است که دارای کلاس مطلوب (کد ۱) و نامطلوب (کد صفر) می‌باشد. سپس با حذف بخش مطلوب نقشه در محدوده نامطلوب به تعداد برابر با نقاط حضور (۵۵ و ۸)، یعنی تعداد ۶۱ نقطه شبه عدم حضور به صورت تصادفی ایجاد گردید. ایجاد نقاط شبه عدم حضور با استفاده از نرم‌افزار QGIS 3.16.3 انجام گرفت. سپس با استفاده مجموعه داده حاصل از مدل‌های آنتروپی بیشینه (MaxEnt)، ماشین بردار پشتیبان دو کلاسه (Two class SVM)، شبکه عصبی با پس‌خور (Back Propagation Artificial Neural Network, BP-ANN) و روش حداکثر احتمال (Maximum Likelihood) مدل‌سازی انجام گرفت. به منظور اعمال اثر هر یک از این مدل با توجه به مقدار اعتبار از روش تلفیق نقشه‌ها بر اساس معیار سطح زیر منحنی (Area Under the Curve, AUC) استفاده شد (۱۸) و مدل اجماع روش‌های حضور/شبه عدم حضور نیز ایجاد گردید. در نهایت مدل‌های اجماع فقط حضور و حضور/شبه عدم حضور بر اساس وزن AUC با یکدیگر ترکیب شدند و مدل اجماع کل شکل گرفت. مقادیر AUC بین  $0.7$  تا  $0.8$  بیانگر یک مدل خوب، بین  $0.8$  تا  $0.9$  مدل عالی و AUC بیشتر از  $0.9$  بیانگر پیش‌بینی بسیار عالی مدل است (۲۷). علاوه بر معیار مذکور برای ارزیابی نتایج مدل‌های دو کلاسه از ضریب توافق کاپا (Kappa) و معیار حساسیت (true positive rate or sensitivity) به عنوان معیارهای غیر وابسته به حد آستانه استفاده شد؛ که معیار اول ضریب توافق را بررسی می‌کند. آماره Kappa مبتنی بر صحت کلی پیش‌بینی‌های مدل با توجه صحت مورد انتظار در حالت تصادفی عمل می‌کند. محدوده این آماره بین  $+1$  و  $-1$  است که  $+1$  نشانگر تطابق کامل و مقادیر صفر و کمتر از آن نشانگر این است که مدل عملکردی بهتر از حالت تصادفی نداشته است (۲۲) و معیار دوم حدی از نقاط حضور که پس از اعمال حد آستانه یا تفکیک طبقات مجدد به عنوان

غیرخطی بین متغیرهای توضیحی و متغیرهای وابسته را در نظر بگیرد. این مدل هزاران متغیر ورودی را بدون حذف یکی از آنها پذیرا بوده و اجرا می‌کند و در پیش‌بینی مدل، متغیر مهم را تشخیص می‌دهد (۴۶).

#### سنج‌های سیمای سرزمین

برای بررسی الگوی تغییرات سیمای سرزمین پرکاربردترین و مهم‌ترین سنج‌های مورد استفاده در این زمینه (۳۷) به کار گرفته شدند. در جدول ۱ سنج‌های مورد استفاده، واحد و دامنه تغییرات آنها در کنار مفهوم هر یک ذکر شده است. محاسبه سنج‌های مذکور در نرم‌افزار Fragstats انجام گرفت.

### نتایج

#### اعتبارسنجی مدل‌های زیستگاهی

از آنجا که بین متغیرهای زیستگاهی این مطالعه همبستگی بالای ۰/۷۵ وجود نداشت هیچ‌یک از متغیرها از تحلیل حذف نشدند. جدول ۲ نتایج حاصل از ارزیابی مدل‌های فقط حضور را با استفاده از دو معیار مساحت زیر منحنی و شاخص (true positive rate, TPR) نمایش می‌دهد. بر این اساس در میان مدل‌های مورد استفاده بر اساس شاخص AUC به ترتیب مدل‌های بایوکلایم، دامنه و ماشین بردار پشتیبان بیشترین اعتبار را در مدل‌سازی داشتند. در همین راستا ارزیابی مدل‌ها با استفاده از شاخص TPR نشان داد که مدل اجماع ایجاد شده از ۳ مدل دیگر با اعتبار ۰/۹۵ بیشترین اعتبار را داشته و پس از آن، مدل دامنه بیشترین مقدار شاخص TPR را دارد. بر این اساس مدل اجماع با بالاترین مقدار شاخص TPR بیشترین نقاط حضور را در این مطالعه شناسایی کرده است.

جدول ۳ نتایج حاصل از مدل‌های طبقه‌بندی شده بر اساس استفاده از داده‌های حضور/شبه عدم حضور را نمایش می‌دهد که بر این اساس مدل‌های همادی، حداکثر احتمال و ماشین بردار پشتیبان تک کلاسه و شبکه عصبی به ترتیب بیشترین

حضور یا زیستگاه مطلوب شناسایی شده‌اند (۲۶). مدل‌سازی روش‌های مذکور در نرم‌افزار ModEco (۲۰) انجام گرفت. پس از مدل‌سازی پراکنش برای شناسایی لکه‌های زیستگاهی از آستانه (True Skill Statistic, TSS) بر روی مدل اجماع کل استفاده شد. این حد آستانه با استفاده از نقاط حضور/شبه عدم حضور و مدل اجماع کل در نرم‌افزار SPSS شناسایی شد. در آستانه TSS علاوه بر معیار حساسیت از ویژگی (specificity) نیز استفاده می‌شود. این معیار به درصدی از نقاط حضور که پس از اعمال حد آستانه مجدد شبه عدم حضور شناسایی شوند اطلاق می‌گردد (۲۴).

#### حساسیت سنجی مدل

در این مطالعه به منظور حساسیت‌سنجی مدل‌های مورد استفاده از روش‌های رگرسیون لجستیک (Logistic regression) و جنگل تصادفی (Random Forest, RF) استفاده شد. به منظور بررسی اهمیت متغیرهای تأثیرگذار بر گونه تمام متغیرهای زیستگاهی وارد تحلیل رگرسیون لجستیک شدند و سپس مقدار ضریب  $R^2$  برای متغیرهای ورودی ثبت شد. در مرحله بعد یک متغیر از تحلیل حذف و مقدار  $R^2$  مجدد ثبت شد در گام بعدی متغیر حذف شده از تحلیل مجدد به تحلیل بازگشته و سایر متغیرها از تحلیل حذف می‌شوند این عمل تا زمانی انجام می‌گیرد که تمام متغیرها حداقل یک‌بار از تحلیل حذف شوند. در نهایت مقادیر مربوط به تمام متغیرها یادداشت شده و آن متغیری که با حذف خود منجر به کاهش ضریب  $R^2$  شود به عنوان متغیر تأثیرگذار در نظر گرفته می‌شود (۲۳). مهم‌ترین ویژگی جنگل تصادفی عملکرد بالای آنها در اندازه‌گیری اهمیت متغیرها برای مشخص کردن این‌که هر متغیر چه نقشی در پیش‌بینی پاسخ دارد. اندازه‌ی اهمیت متغیرها که در روش جنگل تصادفی به دست می‌آید بر اساس اثر آن متغیر به تنهایی و اثر آن در تعامل با متغیرهای دیگر می‌باشد (۴۵). جنگل تصادفی می‌تواند انواع مختلف داده‌ها را در تجزیه و تحلیل گنجانده و ترکیب کند و همچنین می‌تواند الگوهای پیچیده را یاد بگیرد و ارتباط

جدول ۱. سنجه‌های مورد استفاده در کمی سازی لکه‌های زیستگاهی خرس سیاه بلوچی در منطقه مورد مطالعه

سنجه سیمای سرزمین	علامت اختصاری	واحد	محدوده تغییرات	مفهوم
تعداد لکه‌ها	NP	واحد ندارد	بزرگ‌تر از صفر	تکه‌تکه شدگی
درصد پوشش هر کلاس	PLAND	درصد (%)	۰ تا ۱۰۰	ترکیب پوششی سیمای سرزمین
تراکم لکه	PD	تعداد در ۱۰۰ هکتار	بزرگ‌تر از صفر	تکه‌تکه شدگی سیمای سرزمین
تراکم حاشیه	ED	متر در هکتار	بزرگ‌تر از صفر	شکل سیمای سرزمین
بزرگ‌ترین لکه	LPI	درصد	۰ تا ۱۰۰	پوشش یا کاربری غالب، تکه‌تکه شدگی
شکل سیمای سرزمین	LSI	واحد ندارد	بزرگ‌تر مساوی یک	تکه‌تکه شدگی، شکل سیمای سرزمین
کل حاشیه	TE	متر	بزرگ‌تر مساوی صفر	پیکره بندی سیمای سرزمین

جدول ۲. اعتبارسنجی مدل‌های فقط حضور مورد استفاده در فرآیند مدل‌سازی

مدل مورد استفاده	AUC	TRP
ماشین بردار پشتیبان تک کلاسه (One Class Svm)	۰/۸۱	۰/۸۸
دامنه (Domain)	۰/۸۴	۰/۹۳
بایوکلایم (Bioclim)	۰/۸۸	۰/۶۳
اجماع (Ensemble)	۰/۹۷	۰/۹۵

جدول ۳. اعتبارسنجی مدل‌های حضور/شبه عدم حضور مورد استفاده در فرآیند مدل‌سازی

مدل مورد استفاده	کاپا	TPR
حداکثر احتمال	۰/۹۳	۰/۸۰
ماشین بردار پشتیبان دو کلاسه	۰/۸۷	۰/۹۸
شبکه عصبی با پس‌خور	۰/۸۷	۰/۹۶
آنتروپی بیشینه	۰/۷۷	۰/۸۵
اجماع	۰/۹۸	۰/۹۸

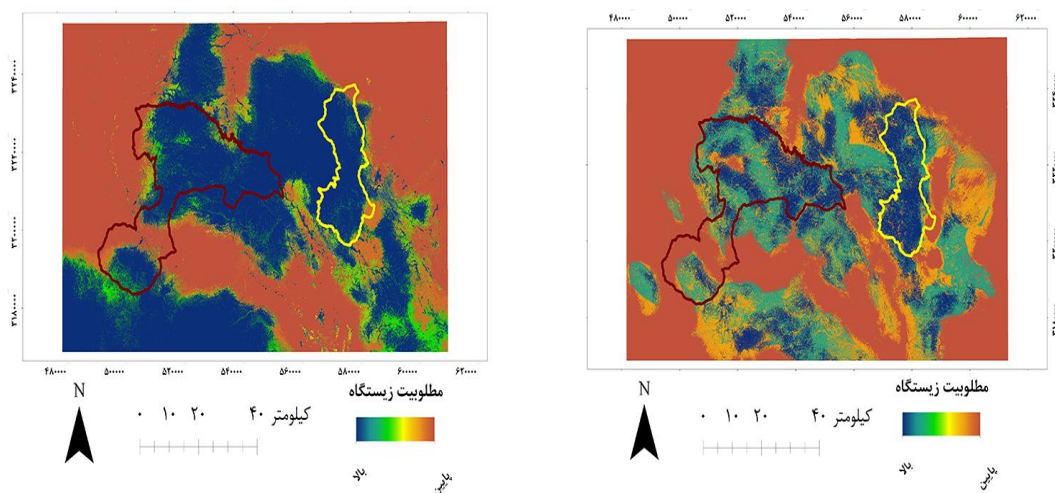
مدل‌های خروجی است و هر سه مدل دارای تفاوت معناداری با مدل تصادفی در سطح معناداری ۰/۵ می‌باشند.

#### مطلوبیت زیستگاه

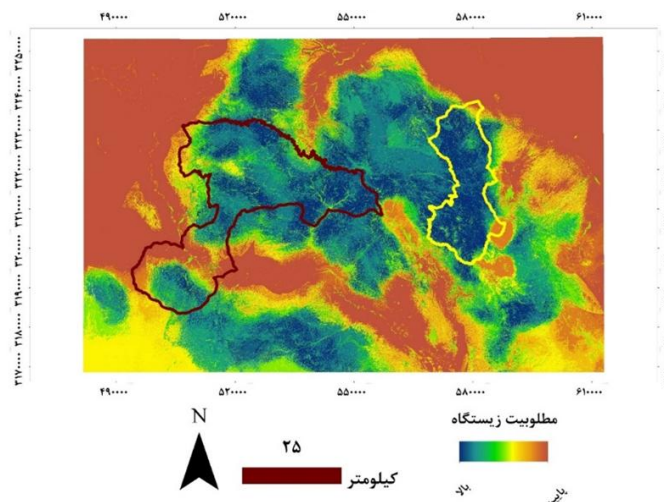
شکل ۲ مطلوبیت زیستگاه حاصل از مدل اجماع مدل‌های فقط حضور (سمت راست) و اجماع حضور/شبه عدم حضور (سمت چپ) را نمایش می‌دهد. در این شکل بخش‌های آبی‌رنگ مناطقی را نمایش می‌دهند که بین تمامی نقشه‌های

مقدار شاخص کاپا را داشتند. بر پایه نتایج حاصل از معیار TPR نیز بیشترین مقدار این شاخص به ترتیب مدل‌های اجماع، ماشین بردار پشتیبان دو کلاسه و شبکه عصبی با پس‌خور بیشترین مقدار حساسیت را داشتند.

نتایج اعتبارسنجی مدل‌های اجماعی بر اساس معیار AUC نشان داد که اعتبار مدل اجماع حضور/شبه عدم حضور برابر ۰/۹۶، مدل اجماعی فقط حضور برابر ۰/۹۷ و اعتبار مدل اجماع کل برابر ۰/۹۹ می‌باشند که نشان از اعتبار مناسب



شکل ۲. مطلوبیت زیستگاه خرس سیاه آسیایی به روش همادی فقط حضور (سمت راست) و حضور/شبه عدم حضور (چپ) در منطقه مورد مطالعه



شکل ۳. مطلوبیت زیستگاه خرس سیاه آسیایی در مدل اجماع کل در منطقه مورد مطالعه

اما به نظر می‌رسد که بین زیستگاه مطلوب و نامطلوب گونه فاصله و عدم پیوستگی، در بخش جنوبی منطقه، وجود دارد.

#### حد آستانه

جدول ۴ نتایج حاصل از برش و حد آستانه را برای مدل‌های اجماع مختلف نمایش می‌دهد. بر این اساس حد آستانه شناسایی شده برای مدل اجماع کل بیشتر از ۰/۴۹۹ و این مقدار برای اجماع مدل‌های فقط حضور بیش از ۰/۵۴ محاسبه شد. با در نظر گرفتن مقدار حد آستانه، در مدل اجماع حاصل از

مورد استفاده مشترک بوده و دارای مطلوبیت است. هر چه رنگ به سمت قهوه‌ای می‌رود مناطقی را نمایش می‌دهد که مقدار مطلوبیت زیستگاه‌ها کاهش پیدا کرده است. بر پایه نتایج این مدل، منطقه زریاب نسبت به منطقه بحرآسمان (به نسبت اندازه مرز) پوشش بیشتری از زیستگاه مطلوب گونه دارد.

شکل ۳ مطلوبیت زیستگاه را با استفاده از مدل اجماع کل نمایش می‌دهد. در این شکل رنگ آبی مناطق با مطلوبیت بالای زیستگاهی را نمایش می‌دهد. بر اساس یافته‌ها مناطق مطلوب در منطقه زریاب پیوستگی بیشتری دارند. در منطقه بحر آسمان



جدول ۴. مقدار حد آستانه شناسایی شده به همراه حساسیت و ویژگی در آن نقطه

معیار	مدل اجماع فقط حضور	مدل اجماع حضور/ شبه عدم حضور	مدل اجماع کل
آستانه	۰/۵۴ >	۰/۲۷ >	> ۰/۴۹۹
حساسیت (درصد)	٪ ۹۳/۴	٪ ۹۸/۴	٪ ۹۳/۴
ویژگی (درصد)	٪ ۹۸/۴	٪ ۸۸/۵	٪ ۹۸/۴
(TSS)	۰/۹۱	۰/۸۶	۰/۹۱

جدول ۵. حساسیت سنجی به دو روش جنگل تصادفی و رگرسیون لجستیک

متغیر زیستگاهی	درصد اهمیت	متغیر زیستگاهی	مقدار R <sup>2</sup>
شیب	۰/۱۸	تمام متغیرها	۰/۶۷
ارتفاع	۰/۱۹	بدون متغیر	
تراکم مناطق مسکونی	۰/۲۳	CTI	۰/۶۴
NDWI	۰/۲۴	ارتفاع	۰/۶۷
NDVI	۰/۲۵	فاصله از باغ	۰/۶۷
فاصله از باغات کشاورزی	۰/۳۱	فاصله از رودخانه	۰/۶۳
زبری تراکم پوشش گیاهی	۰/۳۹	فاصله از جاده	۰/۵۹
رطوبت توپوگرافی	۰/۵۲	NDVI	۰/۶۵
فاصله از چشمه	۰/۵۴	NDWI	۰/۶۴
فاصله از جاده	۰/۶۸	زبری پوشش گیاهی	۰/۶۴
فاصله از رودخانه	۰/۹۱	شیب	۰/۶۷
		فاصله از چشمه	۰/۵۶
		تراکم مناطق مسکونی	۰/۶۷

### حساسیت سنجی

در جدول ۵ نتایج حساسیت‌سنجی به دو روش مختلف جنگل تصادفی و رگرسیون لجستیک نمایش داده شده است. بر اساس روش رگرسیون لجستیک متغیرهای فاصله از چشمه، فاصله از جاده و فاصله از رودخانه بیشترین تأثیر را بر روی نقاط حضور و شبه عدم حضور این مطالعه داشته‌اند. در حالی است که بر اساس روش جنگل تصادفی متغیرهای فاصله از جاده، فاصله از چشمه و رطوبت توپوگرافی بیشترین مقدار ارزش را در مطالعه داشته‌اند.

روش‌های حضور/شبه عدم حضور، حساسیت برابر ۹۸/۴ درصد محاسبه گردید که بالاترین مقدار را دارد اما در مدل اجماع روش‌های فقط حضور، مقدار ویژگی بیشترین مقدار است (۹۸/۴ درصد). از این رو مدل اجماع حضور/شبه عدم حضور با قدرت بیشتری نقاط حضور را، بعد از اعمال حد آستانه، شناسایی کرده است. در حالی که در مدل اجماع روش‌های فقط حضور، نقاط شبه عدم حضور را بهتر تفکیک کرده‌اند. در مدل اجماع کل هر دو مقدار حساسیت و ویژگی بالای ۹۰ درصد است که مطلوب ارزیابی می‌شوند.

جدول ۶. سنجه‌های سیمای سرزمین محاسبه‌شده برای لکه‌های زیستگاهی. نام کامل سنجه‌ها در جدول ۱ آمده است.

کل منطقه		زریاب		بحرآسمان		سنجه
نام‌مطلوب	مطلوب	نام‌مطلوب	مطلوب	نام‌مطلوب	مطلوب	
۵۴۰۲۶	۲۶۶۰۶	۳۱۴۱	۲۲۶	۸۷۸۱	۲۵۲۷	NP
۴/۸۶	۲/۴۸	۶/۹۴	۰/۴۹	۷/۳۹	۲/۱۲	PD
۵۵/۵۶	۳۱/۷۹	۲/۵۶	۹۱/۲۹	۱۷/۶۹	۶۳/۶۳	LPI
۳۶/۹۳	۳۶/۹۳	۲۸/۶۴	۲۸/۶۴	۴۵/۰۳	۴۵/۰۳	ED
۱۲۷/۷۷	۱۵۲/۱۶	۵۴/۴۴	۱۷/۳۷	۷۸/۴۱	۴۶/۷۶	LSI
۹۵/۲۶	۹۳/۲۲	۷۳/۶۹	۹۷/۴۳	۸۶/۵۵	۹۵/۲۷	PLAND
۴۱۳۸۲۸۴۰	۴۱۰۱۹۷۲۰	۱۳۵۵۵۸۰	۱۴۱۴۵۶۰	۵۴۹۵۲۲۰	۵۵۵۵۸۸۰	TE

### کمی سازی لکه‌های زیستگاهی

در سیمای سرزمین نسبت به کل مساحت سیمای سرزمین را نمایش می‌دهد، نشان داد که پناهگاه حیات‌وحش زریاب در سطح زیستگاه مطلوب بیشترین مقدار غالیت را دارد (۹۱/۲۹). سنجه درصد سیمای سرزمین (PLAND) نیز مشخص‌کننده فراوانی هر طبقه از کلاس است که بر اساس نتایج در دو منطقه بحرآسمان و زریاب زیستگاه مطلوب گونه دارای درصد بیشتری از سیمای سرزمین است.

### بحث

در این مطالعه وضعیت پراکنش خرس سیاه آسیایی در دو منطقه بحرآسمان و زریاب مورد بررسی قرار گرفت. با استفاده از روش‌های فقط حضور شامل ماشین بردار پشتیبان تک کلاسه، بایوکلایم و روش دامنه مدل‌سازی گردید. بر پایه نتایج مدل دامنه کارایی بالاتری در شناسایی نقاط حضور دارد. تمام این مدل‌های در نهایت برای رسیدن به مدل اجماع با یکدیگر ترکیب شدند. سپس لکه‌های ایجادشده با استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین مورد بررسی قرار گرفتند تا از این طریق وضعیت استقرار و پراکنش لکه‌های زیستگاهی در سطح مناطق بحرآسمان و زریاب بررسی شود. مقدار TPR برای مدل اجماع کل برابر ۰/۹۳ محاسبه گردید که نشان از قدرت خوب اجرای مدل در شناسایی مجدد نقاط حضور است. مقدار بالای حساسیت در بحث مدل‌سازی‌های که از نقاط شبه عدم حضور

پس از اعمال حد آستانه روی مدل اجماعی کل محاسبه سنجه‌ها برای هر لکه زیستگاهی انجام گرفت؛ که این عمل به‌وسیله سنجه‌های سیمای سرزمین موجود در جدول ۱ انجام‌گرفته است. بر پایه سنجه NP بیشترین تعداد لکه زیستگاهی در کلاس مطلوب در مرز جدید مطالعاتی است که تعداد لکه آن برابر ۲۶۶۰۶ لکه است، بعد از این محدوده، بحر آسمان با تعداد ۲۵۲۷ لکه در رتبه دوم قرار دارد. مقدار سنجه PD برای مناطق زریاب، بحرآسمان و مرز جدید در کلاس مطلوب به ترتیب برابر ۰/۴۹، ۲/۲ و ۲/۴۸ در ۱۰۰ هکتار محاسبه گردید که بیانگر افزایش تعداد تکه‌های زیستگاه مطلوب است. سنجه شکل سیمای سرزمین (LSI)، بر اساس نسبت طول حاشیه‌های موجود در کل سیمای سرزمین به حداقل حاشیه ممکن به دست می‌آید و بدون واحد است. هرچقدر عدد حاصل بزرگتر باشد نشان از بی‌نظمی در مرز و حاشیه و پیچیده‌تر شدن شکل آن است. بر اساس یافته‌های این مطالعه مقدار بی‌نظمی در حاشیه زیستگاه مطلوب برای منطقه زریاب به نسبت منطقه بحرآسمان کمتر است. بیشترین بی‌نظمی در حاشیه برای مرز جدید است. سنجه ED نیز در راستای مفهوم سنجه LSI است و افزایش این دو سنجه افزایش پراکندگی و بی‌نظمی را نشان می‌دهند. سنجه بزرگ‌ترین تکه سیمای سرزمین (LPI)، که درصد تکه غالب یا بزرگ‌ترین تکه

استفاده می‌کنند به نسبت ویژگی اهمیت بیشتری دارد (۱) استفاده از حد آستانه برای شناسایی لکه‌های زیستگاهی مورد توجه سایر محققین نیز قرار گرفته است (۵۳).

با استفاده از نقاط حضور و مدل‌های فقط حضور، مجموعه داده نقاط شبه عدم حضور آماده شد که در مطالعات انجام گرفته توسط سنایی و همکاران (۵۲) به‌عنوان یک روش مناسب مبتنی بر تفاوت‌های محیطی ذکر شده و در مطالعات مختلفی نیز مورد استفاده قرار گرفته است (۵۹، ۹ و ۱۳). تفاوت در قدرت پیش‌بینی مدل‌ها به تفاوت در قواعد ساختاری، انتخاب متغیرهای مورد استفاده در مدل‌سازی، ویژگی خاص مناطق پراکنش و وابستگی به داده‌های ورودی بر می‌گردد (۳۹).

این مطالعه با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متری پیاده شد تا چیدمان‌ها و ساختارهای مطلوب سیمای سرزمین در این مقیاس مورد بررسی قرار گیرد. بر اساس روش رگرسیون لجستیک متغیرهای فاصله از چشمه، فاصله از جاده و فاصله از رودخانه بیشترین تأثیر را بر نقاط حضور و شبه عدم حضور این مطالعه داشته‌اند. در حالی است که بر اساس روش جنگل تصادفی متغیرهای فاصله از جاده، فاصله از چشمه و رطوبت توپوگرافی بیشترین مقدار ارزش را در مطالعه داشته‌اند. نتایج حاصل از مطالعه الماسیه و کابلی (۳) در قسمت‌های جنوب شرقی کشور نشان داد که متغیر موقعیت توپوگرافی بر خرس سیاه بیشترین تأثیر را داشته است. این امر نشان می‌دهد که گونه مورد مطالعه با اینکه در مناطق خشک کشور حضور دارد اما به مناطقی تمایل دارد که آب و رطوبت کافی وجود دارد. از طرفی تمایلی که به رودخانه‌ها و چشمه‌ها وجود دارد ممکن است به دلیل نقشی باشد که این مناطق در تأمین نیازهای این‌گونه دارند که پیش‌تر در مطالعات الماسیه و همکاران (۴) در بررسی وضعیت زیستگاهی خرس نیز به آن اشاره شده است. اما مهم بودن این فاکتور به محدوده پراکنش گونه بازمی‌گردد. طبیعی است که در مناطقی که خشکی و گرما غالب است، وابستگی با پارامترهایی که در ایجاد رطوبت و کاهش دما نقش دارند، وجود داشته باشد چراکه از این طریق تعادل بین گونه و شرایط زیستگاه شکل

خواهد گرفت. بر اساس مقادیر میانگین اندازه‌گیری شده از نقاط حضور گونه، زیستگاه خرس سیاه بلوچی در محدوده‌های مورد مطالعه به‌طور میانگین در ارتفاع ۲۱۸۱ متر قرار دارد که نشان از تمایل حضور گونه در ارتفاعات است. بر اساس تغییرات مؤلفه ارتفاع بسیاری از پارامترهای وابسته به آن مانند دما، رطوبت، تنوع و تراکم پوشش گیاهی، شیب و بسیاری دیگر دستخوش تغییر خواهند شد. در مطالعه‌ی که توسط بیستا و آریل (۷) روی خرس سیاه آسیایی در مرکز کشور نپال انجام گرفت نیز ارتفاع مطلوب برای گونه بین ۱۶۰۰ تا ۳۲۰۰ متری گزارش شد. در مطالعه دیگر توسط علی و همکاران (۲) ارتفاع بین ۲۵۰۰ تا ۳۰۰۰ متری برای گونه در شرق هیمالیا در پاکستان به‌عنوان ارتفاع حضور گزارش شد که در مقایسه با یافته‌های این مطالعات، زیستگاه این زیرگونه خرس آسیایی ارتفاع کمتری دارد.

مقدار شاخص تراکم پوشش گیاهی مطلوب برای این زیرگونه بر اساس شاخص تراکم پوشش گیاهی برابر ۰/۱۲ اندازه‌گیری شده نشان می‌دهد که با در نظر گرفتن دامنه تغییر و نوسان این شاخص (۴۰) گونه به مناطق با پوشش گیاهی معمولی و تا حدودی تنک تمایل دارد که در تأیید و راستای مطالعات چمانه‌فر (۱۰) و الماسیه و همکاران (۵) است. در مطالعه‌ای که توسط بیستا و آریل (۷) روی این‌گونه در کشور نپال انجام گرفته بود ترجیح این‌گونه بیشتری به سمت مناطقی با پراکنش جنگل‌های سوزنی‌برگ/پهن برگ است. مقایسه یافته‌ها نشان می‌دهد که خرس سیاه در تراکم‌های مختلفی از پوشش گیاهی حضور دارد. نقاط حضور این زیرگونه در داخل باغات مناطق مورد مطالعه ثبت شد و بر اساس یافته‌ها متوسط فاصله نقاط حضور از باغات برابر ۸۸۰۰ متر محاسبه شد. شواهد موجود نشان می‌دهد که از سال ۱۳۵۳ تا ۱۳۹۸ در کرمان خرس سیاه بلوچی مجموعاً در ۲۰ محل به باغ‌های میوه، زنبورستان و دام‌های اهلی خسارت وارد کرده است که از بین آن‌ها خسارت به خرما، انجیر و سنجد بیشترین سهم آسیب را دارد. آمار نشان می‌دهد که بخش عمده تعارضات ناشی از

وضعیت توپوگرافی و نسبتاً جنگلی همچنين کوهستانی بودن منطقه و وجود دره‌های عمیق، کوه‌های بلند صخره‌ای و دور از دسترس، غارها و سوراخ‌های زیرزمینی بزرگ که از ریختن سنگ‌ها ایجاد شده، زیستگاه بسیار خوبی برای خرس ایجاد نموده که معیار امنیت را برای این گونه مهیا می‌کند.

پایش یکپارچگی سیمای سرزمین و تغییرات زیستگاه در مناطق حفاظت‌شده مسئله مهمی برای سازمان‌های حفاظت محیط‌زیست و طبیعت به شمار می‌رود (۳۵). با استفاده از سنجش‌های سیمای سرزمین می‌توان پویایی پوشش اراضی و روابط بین کاربری/پوشش اراضی در زیستگاه‌های مختلف را نمایان ساخت (۱۱). در این مطالعه لکه‌های زیستگاهی به‌عنوان کیفیت‌های کمی شده در سیمای مناطق حفاظت‌شده و مرز جدید مطالعاتی (شکل ۱) تحلیل شدند. شناسایی لکه‌ها با در نظر گرفتن حد آستانه انجام گرفت. رویکردهای مختلفی برای استفاده از حد آستانه (۲۴) برای تشخیص و تمایز وجود دارد؛ که یکی از آن‌ها رویکرد متخصص پایه است اما این حد آستانه می‌تواند نتایج متفاوتی (۴۱) را به نسبت سایر حد آستانه‌ها ایجاد کند. از طرفی حد آستانه می‌تواند تحت تأثیر هدف مطالعه، درجه حفاظتی، گستره انتشار و تحرکات گونه مورد مطالعه نیز قرار گیرد (۲۴). آستانه TSS این امکان را می‌دهد که در مقدار عددی که برای تفکیک زیستگاه مطلوب/نامطلوب در نظر گرفته می‌شود؛ حداکثر نقاط حضور و شبه عدم حضور مجدد با همان برچسب شناسایی شوند. TSS برای شناسایی لکه‌های زیستگاهی نتایج قابل‌اعتمادی فراهم می‌کند و با در نظر گرفتن آن‌ها به‌عنوان بلوک می‌توان اتصالات سیمای سرزمین را نیز بررسی کرد. در مطالعه الماسیه و همکاران (۵) و همچنین در مطالعه روحی و همکاران (۵۰) در بررسی مسیرهای اتصال زیستگاهی، مناطق حفاظت‌شده به‌عنوان بلوک شناسایی شدند که این ممکن است به دلیل عدم مطلوبیت کامل کل مناطق مناسب نباشد. از این رو استفاده از حد آستانه به‌عنوان یک رویکرد برای شناسایی لکه‌های باکیفیت بالا می‌تواند مدنظر قرار گیرد.

استفاده خرس از نخلستان‌ها به دلیل اولویت خرما در رژیم غذایی این گونه است که در مطالعات چمانه‌فر (۱۰) و الماسیه و همکاران (۵) نیز به آن اشاره شده است. مصرف میوه‌های آبدار مانند زردآلو، هلو و سیب که در فصول تابستان و پاییز در باغات شهرستان‌های بوم و جیرفت به ثمر می‌آیند نیز برای خرس ثبت شده است (۵۶). تمایل گونه به حضور در زمین‌های کشاورزی و باغات با در نظر گرفتن گستره خانگی (۱۷) و توانایی پیمایش احتمالی (۳۱) می‌تواند زمینه‌ساز ایجاد تعارض باشد (۱۵). چنان‌که در دهه گذشته در مناطق بحرآسمان و دلفارد و حتی زریاب گزارش‌هایی از حمله این گونه به چوپانان (که در محدوده زیستگاه گونه در حال چرای دام بوده‌اند) وجود دارد (۵۶). در مطالعه‌ای دیگر نقش دام‌پروری و تأثیر آن بر زیستگاه در گستره انتشار آن نیز اشاره شده است (۱۴). شرایط از نظر احتمال رخداد تعارض زمانی بحرانی‌تر می‌شود که بخش زیادی از زیستگاه بالقوه برای گونه مورد مطالعه در خارج از مرز مناطق حفاظت‌شده است.

این مطالعه نشان داد که بخش وسیعی از زیستگاه گونه در بین دو منطقه بحرآسمان و زریاب قرار دارد که بر اساس شباهت‌های موجود بین این دو بخش احتمال جابه‌جایی بین این دو منطقه نیز افزایش می‌یابد و در گذار بین این مناطق نیز امکان بروز تعارض وجود خواهد داشت. بر پایه مطالعه الماسیه و کابلی (۳) احتمال اتصال و جریان ژن بالایی بین مناطق زریاب و بحرآسمان برقرار است که در راستای مشاهدات و یافته‌های این مطالعه است. مناطق حضور این گونه کمترین مقدار تراکم مناطق مسکونی را دارد به‌نحوی که زیستگاه این گونه در مناطقی با تراکم ۰/۱۹ بر کیلومتر مربع برآورد شده است که به نسبت حد بالایی نقشه زیستگاهی مقدار کمی محسوب می‌شود. در مطالعاتی که توسط فهیمی و همکاران (۱۶) و لیو و همکاران (۳۳) روی این گونه انجام گرفت نیز نتایج نشان داد که تراکم مناطق مسکونی و روستاها و فعالیت‌های انسانی مانند دام‌پروری و کشاورزی بر پراکنش خرس، تأثیر منفی داشته و ممکن است باعث ترک نواحی زیستگاهی گونه شود.

خود کمترین مقدار بی‌نظمی را دارند، این در حالی است که مقدار بی‌نظمی در حاشیه با افزایش مساحت نیز افزایش پیدا کرده و در محدوده مورد مطالعه بالاترین مقدار حاشیه وجود دارد.

### نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج این مطالعه گستره انتشار گونه در خارج از مرز مناطق حفاظت‌شده بحرآسمان و زریاب است که این امر نشان از وجود زیستگاه‌های بالقوه فراوانی برای این گونه ارزشمند در خارج از مناطق تحت حفاظت است.

در مجموع به نظر می‌رسد شرایط حضور خرس سیاه بلوچی در منطقه زریاب به نسبت منطقه بحرآسمان بهتر است که دلیل آن‌هم به وجود پارامترهای تأثیرگذار مانند وجود ارتفاعات، غارها و وجود پوشش‌های گیاهی متراکم تا جنگلی برمی‌گردد. تحلیل سنجه‌های سیمای سرزمین برای لکه‌های زیستگاهی گونه نیز نشان داد که لکه زیستگاهی در منطقه زریاب از پیوستگی بیشتری به نسبت منطقه حفاظت‌شده بحرآسمان برخوردار هستند. همچنین به نسبت مرز منطقه، لکه زیستگاهی در این منطقه مساحت بیشتری را به خود اختصاص داده که بارز کننده نقش مهم پناهگاه حیات‌وحش زریاب است.

نکته‌ی که باید مدنظر قرار گیرد پیوستگی مطلوبیت زیستگاه بین نواحی مجاور دو منطقه حفاظت‌شده است که نشان می‌دهد حفاظت از مناطق بین دو منطقه می‌تواند به اتصال و ارتباط جمعیت‌ها کمک شایانی نماید. پیوستگی با یکدیگر و یا الحاق زیستگاه‌های بالقوه شناسایی شده به دو زیستگاه قبلی و مدیریت یکپارچه این دو زیستگاه می‌تواند اثربخشی تصمیمات مدیریتی را افزایش دهد. در کنار مدل‌سازی پراکنش گونه پیشنهاد می‌شود مسیرهای ارتباطی بین زیستگاه و جابه‌جایی گونه در دو منطقه نیز مورد بررسی قرار گیرد و عواملی که می‌تواند بر کاهش ارتباط و اتصال جریان حرکتی مؤثر باشند به ترتیب اولویت و میزان اثرگذاری رتبه‌بندی شوند.

سنجه‌هایی برای تحلیل لکه‌های زیستگاهی استفاده شد که پیش‌تر در مطالعه موسوی و میرسنجری (۴۱) برای تحلیل لکه‌های زیستگاهی خرس قهوه‌ای (*Ursus arctos*) در منطقه سفیدکوه استان لرستان و همچنین درویشی و همکاران (۱۱) برای تحلیل زیستگاه سیاه خروس در ارسباران به کار گرفته شده بودند. تعداد لکه‌های زیستگاهی (NP) در محدوده مرز جدید به مراتب بیشتری از مناطق بحرآسمان و زریاب است و همچنین این سنجه برای زیستگاه‌های نامطلوب نیز به نسبت از دو منطقه مذکور بالاتر است. لذا مرز در نظر گرفته شده توانسته با در نظر گرفتن مقدار حد آستانه به شکل مطلوبی تفاوت‌های سیمای سرزمین از حیث مطلوبیت را برای خرس سیاه نمایش دهد. تحلیل سنجه‌های سیمای سرزمین نشان داد که تعداد کل لکه‌های زیستگاهی (NP) در منطقه حفاظت‌شده بحرآسمان از پناهگاه حیات‌وحش زریاب بالاتر است و این بالا بودن بر اساس سنجه (PD) نیز معین شد.

پایین بودن سنجه PD در منطقه زریاب برای طبقه زیستگاه نامطلوب به معنای وسعت کم این طبقه است. بالا بودن وسعت PD برای زیستگاه نامطلوب محدوده مورد مطالعه نشان می‌دهد که زیستگاه مطلوب دارای مساحت کمتری به نسبت زیستگاه مطلوب است. این امر نشان می‌دهد که زیستگاه مطلوب در سطره شرایط نامطلوب پیرامونی است. از طرفی بالا بودن سنجه تراکم لکه را می‌توان معادل تکه‌تکه شدگی در نظر گرفت و منطقه بحرآسمان دارای تکه‌تکه شدگی بیشتری برای زیرگونه مورد مطالعه است. سنجه تراکم حاشیه (ED) نیز تأییدکننده وجود بی‌نظمی در حاشیه لکه‌های زیستگاهی در منطقه بحرآسمان است. در این منطقه انقطاع لکه‌های مطلوب زیستگاهی منجر شده تا لکه‌های دو بخش شمالی و جنوبی از یکدیگر جدا شده و بی‌نظمی‌های بیشتری را برای مناطق حاشیه‌ای ایجاد نماید. سنجه درصد سیمای سرزمین معین کرد که به نسبت کل سیمای هر منطقه، بیشترین مقدار پوشش زیستگاه در پناهگاه حیات‌وحش زریاب است. اما بر پایه نقشه پیوسته، کیفیت زیستگاه در پناهگاه حیات‌وحش زریاب بیشتر است. لکه‌های زیستگاهی در منطقه حفاظت‌شده زریاب در حاشیه

## منابع مورد استفاده

1. Ahmadi, M., B. Nezami Balouchi, H. Jowkar, M.R. Hemami, D. Fadakar, S. Malakouti-Khah and S. Ostrowski. 2017. Combining landscape suitability and habitat connectivity to conserve the last surviving population of cheetah in Asia. *Diversity and Distributions*, 23(6): 592-603.
2. Ali, A., Z. Zhou, M. Waseem, M.F. Khan, I. Ali, M. Asad and A.T. Qashqaei. 2017. An assessment of food habits and altitudinal distribution of the Asiatic black bear (*Ursus thibetanus*) in the western Himalayas, Pakistan. *Journal of Natural History*, 51(11-12): 689-701.
3. Almasieh, K. and M. Kaboli. 2019. Assessment of landscape connectivity and prediction of migration corridors for the Baluchistan Black Bear (*Ursus thibetanus gedrosianus* Blanford, 1877) in the southeastern habitats, Iran. *Iranian Journal of Applied Ecology*, 8(1): 33-45. (In Persian)
4. Almasieh, K., M. Kaboli and P. Beier. 2016. Identifying habitat cores and corridors for the Iranian black bear in Iran. *Ursus*, 27(1): 18-30.
5. Almasieh, K., M. Kaboli, F. Rasouli Nasab, T. Ghadirian, H. Fahimi and E. Abtin. 2017. Identifying habitat blocks and corridors for the Iranian black bear (*Ursus thibetanus gedrosianus*) in Hormozgan province. *Journal of Animal Environment*, 9(1): 31-38. (In Persian)
6. Ansari, A. 2020. Predicting distribution of Eurasian lynx (*Lynx lynx*) using an ensemble modeling approach: a case study: Saveh Zarandieh Kharaghan area, Markazi province. *Iranian Journal of Applied Ecology*, 9(2): 19-30. (In Persian)
7. Bista, R. and A. Aryal. 2013. Status of the Asiatic black bear *Ursus thibetanus* in the southeastern region of the Annapurna conservation area, Nepal. *Zoology and Ecology*, 23(1): 83-87.
8. Capinha, C. and P. Anastácio. 2011. Assessing the environmental requirements of invaders using ensembles of distribution models. *Diversity and Distributions*, 17(1): 13-24.
9. Chefaoui, R.M. and J.M. Lobo. 2008. Assessing the effects of pseudo-absences on predictive distribution model performance. *Ecological Modelling*, 210(4): 478-486.
10. Chemaneh far, S. 2014. The role of habitat quality in the natural regulation of the black bear population. 2<sup>th</sup> National Conference on Environment, Energy and Bio-defense. Tehran, Iran. Volume 1, 1-7. (In Persian)
11. Darvishi, A., S. Fakheran A. Soffianian and M. Ghorbani. 2014. Quantifying landscape spatial pattern changes in the Caucasian black grouse (*Tetrao mlokosiewiczzi*) habitat in Arasbaran biosphere reserve. *Iranian Journal of Applied Ecology*, 2(5): 27-38. (In Persian)
12. Doko, T., H. Fukui, A. Kooiman, A.G. Toxopeus, T. Ichinose, W. Chen and A.K. Skidmore. 2011. Identifying habitat patches and potential ecological corridors for remnant Asiatic black bear (*Ursus thibetanus japonicus*) populations in Japan. *Ecological Modelling*, 222(3): 748-761.
13. Engler, R., A. Guisan and L. Rechsteiner. 2004. An improved approach for predicting the distribution of rare and endangered species from occurrence and pseudo-absence data. *Journal of Applied Ecology*, 41(2): 263-274.
14. Escobar, L.E., M.N. Awan and H. Qiao. 2015. Anthropogenic disturbance and habitat loss for the red-listed Asiatic black bear (*Ursus thibetanus*): using ecological niche modeling and nighttime light satellite imagery. *Biological Conservation*, 191: 400-407.
15. Fahimi, H., A.T. Qashqaei, M. Chalani, Z. Asadi, S. Broomand, N. Ahmadi and G.H. Yusefi. 2018. Evidence of seed germination in seats of the Asiatic black bear *Ursus thibetanus* in Iran (Mammalia: Carnivora). *Zoology in the Middle East*, 64(2): 182-184.
16. Fahimi, H., G.H. Yusefi, S.M. Madjzadeh, A.A. Damangir, M.E. Sehhatiasabet and L. Khalatbari. 2011. Camera traps reveal use of caves by Asiatic black bears (*Ursus thibetanus gedrosianus*) (Mammalia: Ursidae) in southeastern Iran. *Journal of Natural History*, 45(37-38): 2363-2373.
17. Garshelis, D. and R. Steinmetz. 2020. *Ursus thibetanus* (amended version of 2016 assessment). The IUCN red list of threatened species, 2020: e.T22824A166528664
18. Ghadirian, O., M.R. Hemami, A. Soffianian, M. Malekian, S. Pourmanafi and M. Amiri. 2019. The prediction of Persian squirrel distribution using a combined modeling approach in the forest landscapes of Luristan province. *Iranian Journal of Applied Ecology*, 8(1): 47-58. (In Persian)
19. Gorelick, N., M. Hancher, M. Dixon, S. Ilyushchenko, D. Thau and R. Moore. 2017. Google Earth Engine: planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote sensing of Environment*, 202: 18-27.
20. Guo, Q. and Y. Liu. 2010. ModEco: an integrated software package for ecological niche modeling. *Ecography*, 33: 637-642
21. Hindmarch, S., J.E. Elliott, S. Mccann and P. Levesque. 2017. Habitat use by barn owls across a rural to urban gradient and an assessment of stressors including, habitat loss, rodenticide exposure and road mortality. *Landscape and Urban Planning*, 164: 132-143.

22. Jafari, A., R. Mirzaei and R. Zamani-Ahmadmahmoodi. 2016. Species distribution modeling of wild sheep based on improving bias of occurrence records and selecting appropriate environmental predictors using MaxEnt. *Iranian Journal of Applied Ecology*, 5 (15), 39-49. (In Persian)
23. Kamyab, H.R. and A.R. Salman Mahini. 2014. Tempo-spatial patterns of landscape changes and urban development (Case study: Gorgan). *Journal of RS and GIS for Natural Resources*, 5(2), 15-24. (In Persian)
24. Karami, P. 2021. Identifying and analyzing distribution of habitat's hotspots of salient vertebrates from landscape perspective in Kermanshah province. Ph.D Thesis of Environmental Science, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, 429 p. (In Persian)
25. Karami, P. and K. Shayesteh. 2018. Investigation of ecological niche of wild sheep (*Ovis orientalis*) in protected areas of Lashgardar-Golparbad, Alvand-Chalkhatoon-Rasvand and Polangab. *Journal of Animal Environment*, 10(4), 65-74. (In Persian)
26. Karami, P. and S. Tavakoli. 2022. Identification and analysis of areas prone to conflict with wild boar (*Sus scrofa*) in the vineyards of Malayer county, western Iran. *Ecological Modelling*, 471, 110039.
27. Karami, P., Y. Esmailpour and M. Sharifi. 2017. Investigating the effects of livestock entry on ecological niche changes of the Persian gazelle (*Gazella subgutturosa subgutturosa*) (Case study: Qaraviz no hunting area, Kermanshah). *Journal of Environmental Science and Technology*, 19(5), 507-521. (In Persian)
28. Khalili, F., M. Malekian, N. Rojaj and M.R. Hemami. 2017. Habitat evaluation of persian squirrel (*Sqiuurus anumalus*) in servak forested area in Kohgiluyeh & Boyer Ahmad province. *Iranian Journal of Applied Ecology*, 5(18), 15-25. (In Persian)
29. Khosravian, M., A. Antezari, M. Karami and M. Abrahami. 2016. Modeling and identification of areas susceptible to landslides affecting factors of using the Shannon entropy model (case study: watershed time Nishapur). *Journal of Geographical Sciences*, 12 (25), 15- 32. (In Persian)
30. Khosravian, M., A. Entezari, A. Rahmani and M. Baaghide. 2018. Monitoring the disturbance of lake district water level changes using remote sensing indices. *Hydrogeomorphology*, 4 (13), 99- 120. (In Persian)
31. Liley, S. G. and R. N. Walker. 2015. Extreme movement by an American black bear in New Mexico and Colorado. *Ursus*, 26 (1), 1- 6.
32. Liu, C., G. Newell and M. White. 2019. The effect of sample size on the accuracy of species distribution models: considering both presences and pseudo-absences or background sites. *Ecography*, 42 (3), 535- 548.
33. Liu, F., W. McShea and D. Garshelis. 2011. Human-wildlife conflicts influence attitudes but not necessarily behaviors: factors driving the poaching of bears in China. *Biological Conservation*, 134, 538- 547.
34. Mahmoodi, S., A. Alizadeh Shabani, M. Zeinalabedini, S. Ashrafi and O. Khalilipour. 2020. Determining suitable habitats for roe deer (*capreolus capreolus*) in north of iran using ensemble approach. *Journal of Animal Environment*, 12(4),17-24. (In Persian)
35. Mairota, P., B. Cafarelli, L. Boccaccio, V. Leronni, R. Labadessa, V. Kosmidou and H. Nagendra. 2013. Using landscape structure to develop quantitative baselines for protected area monitoring. *Ecological Indicators*, 33, 82-95.
36. Matutini, F., J. Baudry, M.J. Fortin, G. Pain and J. Pithon. 2021. Integrating multiple and fine scale predictors of habitat selection and landscape resistance for Amphibian distribution modelling at large scale. *Research Square*, 1-28.
37. McGarigal, K., S.A. Cushman, M.C. Neel and E. Ene. 2002. FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for categorical maps. Computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts, Amherst. Available at the following web site: [www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats](http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats)
38. Mohseninejad, H. and P. Karami. 2020. Quantification of the Distribution and Changing Trend of the Ecological Niche of Brown Bear (*Ursus arctos* Linnaeus, 1758) in Ilam province. *Journal of Animal Environment*, 12(1), 1-8. (In Persian)
39. Moisen, G. G. and T. S. Frescino. 2002. Comparing five modelling techniques for predicting forest characteristics. *Ecological Modelling*, 157, 209- 225.
40. Mokhtari, S., S.F.H. Soltani Fard and A. Yavari. 2010. Consideration of the changing and self-organizing trend in Hur-Al-Azim wetland by using image processing to refer landscape ecology approach, Khuzestan, Iran. *Physical Geography Research Quarterly*, 41(70). (In Persian)
41. Moosavi, S.Z. and M.M. Mirsanjari. 2020. Study of relationship between threshold and habitat patches of brown bears (*Ursus arctos* Linnaeus, 1758) in Sefid-Koh protected area by using land scape approach. *Journal of Animal Environment*, 12(4), 33-40. (In Persian)
42. Morovati, M., P. Karami and F. Bahadori Amjas. 2020. Accessing habitat suitability and connectivity for the westernmost population of Asian black bear (*Ursus thibetanus gedrosianus*, Blanford, 1877) based on climate changes scenarios in Iran. *PLoS ONE*, 15 (11), 1-22.
43. Nasiri, V. and M. Ghorbani. 2020. An approach for quantifying the spatial disturbance variations based on landscape metrics (case study: Arasbaran protected area during 1990-2014). *Journal of Natural Environment*, 73(2), 397-409. (In Persian)

44. Nezami, B., F. Ataei, A. Kafash, A. Alizadeh Shaabani, R. Eshaghi and R. Naeimaiei. 2018. Key source area to conserve brown bear *Ursus arctos* Linnaeus, 1758 in Alborz Mountain. *Experimental Animal Biology*, 6(3), 127-141. (In Persian)
45. Noori, S., K. Nourijelyani, K. Mohammad, M. H. Niknam, M. Mahmoudi, L. Andonian and A. Akaberi. 2012. Random forests analysis: a modern statistical method for screening in high-dimensional studies and its application in a population-based genetic association study. *JNKUMS*, 3(5), 93-101. (In Persian)
46. Norouzi, H., A. A. Nadiri, A. Asghari Mogaddam and M. Gharekhani. 2017. Prediction of transmissivity of malikan plain aquifer using Random Forest method. *Water and Soil Science*, 27(2), 61-75. (In Persian)
47. Rahdari, V. 2020. Black bear habitat suitability modeling in a part of Sistan and Balouchestan province using multicriteria bevaluation method. *Journal of Natural Environment*, 73(3), 485-499. (In Persian)
48. Report of Natural Environment, Kerman Environment Department, Management of protected areas, 2020. (In Persian)
49. Ripple, W. J., J. A. Estes, R. L. Beschta, C. C. Wilmers, E. G. Ritchie and M. Hebblewhite. et al. 2014. Status and ecological effects of the world's largest carnivores. *Science*, 343, 124-148.
50. Rouhi, H., A. Salman Mahini and H.R. Rezaei. 2019. Modeling potential corridors for the Persian leopard (*Pantera pardus saxicolor*) between the two habitats of Khoshyeilagh wildlife refuge and Golestan national park based on the least-cost path analysis. *Journal of Environmental Science and Technology*, 21(3), 195-209. (In Persian)
51. Jalali, S., M. Samadi, M. Samadi Gheshlaghchae and A. Kornejadi. 2016. Investigation of morphometric indexes with GIS in Chel-Chay watershed, Golestan province. *Geospatial Engineering Journal*, 7(4), 37-48. (In Persian)
52. Senay, S. D., S. P. Worner and T. Ikeda. 2013. Novel three-step pseudo-absence selection technique for improved species distribution modelling. *PloS One*, 8(8), p.e71218.
53. Shahnasari, G., M.R. Hemami, R. Khosravi, S. Malakoutikhah, M. Omidi and S.A. Cushman. 2019. Contrasting use of habitat, landscape elements, and corridors by grey wolf and golden jackal in central Iran. *Landscape Ecology*, 34(6), 1263-1277.
54. Smeraldo, S., L. Bosso. M. Fraissinet, L. Bordignon, M. Brunelli and L. Ancillotto. et al. 2020. Modelling risks posed by wind turbines and power lines to soaring birds: the black stork (*Ciconia nigra*) in Italy as a case study. *Biodiversity and Conservation*, 2020,1-18.
55. Stockwell, D.R. and A.T. Peterson. 2002. Effects of sample size on accuracy of species distribution models. *Ecological Modelling*, 148(1), 1-13.
56. Studies on developing action plan for black bear conflict management in Kerman province. 2020. General Department of Environmental Protection of Kerman Province, 184 p. (In Persian)



## Investigating the Habitat Patches of the Baluchistan Black Bear (*Ursus thibetanus gedrosianus*), Using Landscape Metrics (Case Study: Bahr Asman and Zaryab Areas, Kerman Province)

H. Ruholamininejad<sup>1</sup>, M. Morovati<sup>1\*</sup> and P. Karami<sup>2</sup>

(Received: June 19-2022; Accepted: September 24-2022)

### Abstract

Habitat analysis using landscape metrics can be efficient in better management of habitat. As a critically endangered subspecies, the Baluchistan black bear is scattered in the Bahr Asman and Zaryab areas in Kerman province. The purpose of this study was to model the distribution of the sub-species and evaluate the quality of its habitat patches, using landscape metrics. Distribution modeling was conducted using an ensemble approach, resulting from the combination of presence-only and presence/pseudo-absence data in ModEco software. True Skill Statistic (TSS) threshold was applied to the ensemble model and the habitat patches were analyzed, using landscape metrics. The results showed that the distribution range is beyond the border of the studied protected areas and the variables related to humidity had the greatest effect on the presence of the species. Based on the metrics analysis, habitat patches in the Zaryab wildlife refuge have higher connectivity and less margin than Bahr Asman protected area. In Bahr Asman protected area, the number of habitat patches is greater than the Zaryab wildlife refuge and the lack of continuity among the patches has led to the edge formation. The results of this study can be used for the habitat management of this critically endangered subspecies

**Keywords:** Black bear, Ensemble model, Habitat patches, Landscape, Kerman province

---

1. Department of Environmental Sciences & Engineering, Faculty of Agriculture & Natural Resources, Ardakan University, P.O.Box184,Ardakan, Iran.

2. Department of Environmental Sciences, Malayer University, Malayer, Iran.

\*: Corresponding Author, Email: Mymorovati@ardakan.ac.ir