

شناسایی زیستگاه‌های مطلوب خرس قهوه‌ای (*Ursus arctos*) در جنگل‌های زاگرس شمالی

یاسر مرادی^۱ و علی لطفی^{۱*}

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۹/۱۹؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۳/۱۸)

چکیده

حیات وحش یکی از شاخص‌های مهم زیستی اکوسیستم‌ها و یکی از معیارهای مهم تنوع زیستی است که حفظ آن مستلزم شناخت خصوصیات گونه‌ها و همچنین زیستگاه آنها است. تعیین مطلوبیت زیستگاه حیات وحش دارای اهمیت بسزایی در برنامه‌های حفاظت و مدیریت حیات وحش است. خرس قهوه‌ای به‌عنوان بزرگترین پستاندار گوشتخوار ایران در بیشتر اکوسیستم‌های جنگلی و کوهستانی پراکنده شده و از اهمیت حفاظتی بالایی برخوردار است. در این پژوهش، مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه خرس قهوه‌ای در استان کردستان با استفاده از الگوریتم آنتروپی بیشینه (مکسنت) انجام شد. بدین منظور پس از جمع‌آوری داده‌های نقاط حضور و لایه‌های محیطی و بررسی همبستگی بین لایه‌ها، اطلاعات به‌دست‌آمده وارد مدل مکسنت شد. نتایج حاصل از مدل‌سازی نشان داد که متغیرهای دمای فصلی، میزان بارندگی سالانه، شیب، ارتفاع و کاربری/ پوشش اراضی مهم‌ترین متغیرهای تأثیرگذار در مطلوبیت زیستگاه خرس قهوه‌ای است. بر اساس نتایج حاصل، از کل مساحت استان کردستان، ۱ درصد دارای مطلوبیت زیاد، ۱۱ درصد دارای مطلوبیت متوسط و ۵ درصد دارای مطلوبیت کم بوده و ۸۳ درصد در طبقه نامطلوب قرار دارد. بر اساس نتایج حاصل، مناطق حفاظت شده چل‌چمه، شاهو و کوسالان، زیستگاه‌های مطلوبی برای خرس قهوه‌ای هستند. جنگل‌های زاگرس به‌عنوان یکی از زیستگاه‌های اصلی خرس قهوه‌ای در ایران محسوب می‌شود؛ در نتیجه، حفاظت از این زیستگاه‌ها به‌منظور حفظ جمعیت‌های این گونه گوشتخوار ارزشمند ضروری است.

واژه‌های کلیدی: مدل‌سازی، آنتروپی بیشینه، مطلوبیت زیستگاه، جنگل‌های زاگرس، خرس قهوه‌ای

۱. گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان.

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: Lotfi@cc.iut.ac.ir

مقدمه

پستانداران بزرگ‌جثه به‌ویژه گوشت‌خواران بیشتر از سایر گونه‌ها به خاطر فعالیت‌های انسانی در معرض خطر انقراض قرار دارند. پستانداران بزرگ‌جثه گوشت‌خوار به‌دلیل قرارگیری در رأس هرم غذایی، شاخصی از سلامت و غنای گونه‌ای جوامع بوده و نقش کلیدی در تنوع زیستی مناطق داغ تنوع زیستی (Biodiversity hotspot) ایفا می‌کنند (۴ و ۲۶). نیاز این گونه‌ها به انرژی معمولاً در مقایسه با گونه‌های واقع در سطوح پایین‌تر هرم غذایی بیشتر بوده و تراکم جمعیت کمتری دارند. نیاز غذایی بالای پستانداران گوشت‌خوار باعث افزایش تعارضات میان این گونه‌ها و انسان‌ها و در نتیجه آسیب‌پذیری آنها در سال‌های اخیر شده است (۲۰). مداخله‌های انسانی، افزایش جمعیت و فعالیت‌های آن، سبب تکه‌تکه شدن و از بین رفتن زیستگاه گوشت‌خواران بزرگ‌جثه و در نتیجه کاهش جمعیت آنها در سراسر دنیا شده است (۱۹). خرس قهوه‌ای در بیشتر اکوسیستم‌های جنگلی و کوهستانی کشور پراکنش داشته و حفاظت از آن به‌عنوان یک گونه چتر (Umbrella species)، حفاظت از دیگر گونه‌ها را در پی خواهد داشت. این گونه در طبقه کمترین نگرانی (Least Concern) فهرست قرمز IUCN، در رده II فهرست CITES و نیز در فهرست گونه‌های حمایت شده که توسط سازمان حفاظت محیط زیست تعیین شده، قرار دارد (۱۳). خرس قهوه‌ای در شمال، غرب و شمال غربی کشور در امتداد رشته‌کوه‌های البرز (آستارا تا شرقی‌ترین ناحیه استان گلستان)، زاگرس (جنوب آذربایجان تا نزدیک شیراز در استان فارس) و محدوده ارسباران (استان‌های آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی و اردبیل) پراکنش دارد (۲۱). تحلیل زیستگاه حیات وحش، شناسایی زیستگاه بالقوه و منابع دارای اولویت برای بقای گونه‌ها دارای اهمیت بالایی است تا بتوان زیستگاه‌های مطلوب باقیمانده را برای بقای گونه‌ها حفظ کرد. در این راستا، مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه می‌تواند ابزار مؤثری برای پیش‌بینی، شناسایی و حفاظت از زیستگاه‌های مطلوب، تعیین عوامل مؤثر بر مطلوبیت زیستگاه و حفاظت و مدیریت گونه‌ها باشد (۷).

مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه تکنیکی مکانی برای کمی کردن روابط گونه-محیط است (۴ و ۶). الگوریتم حداکثر بی‌نظمی (مکسنت MaxEnt) از نظر کارکرد، از بهترین روش‌های مدل‌سازی در گروه روش‌های یادگیری ماشینی محسوب می‌شود که برای پیش‌بینی پراکنش گونه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد (۴ و ۲۵). خروجی مدل مکسنت به صورت نقشه‌های مطلوبیت زیستگاه است که از لحاظ اقدامات حفاظتی نظیر تعیین اولویت‌های مکانی برای حفاظت و مرزبندی مناطق تحت حفاظت حائز اهمیت است. با استفاده از نتایج این مدل‌ها علاوه بر شناسایی عوامل زیست‌محیطی تأثیرگذار بر مطلوبیت زیستگاه گونه‌ها و اولویت‌بندی آنها، می‌توان زیستگاه‌های مطلوب گونه‌ها را برای اتخاذ اقدامات مدیریتی از قبیل رفع تضاد میان بهره‌برداری انسان و حفاظت از زیستگاه شناسایی کرد (۲۴).

خرس قهوه‌ای در بیشتر مناطق کوهستانی رشته کوه‌های البرز و زاگرس و همچنین جنگل‌های خزر و ارسباران دیده می‌شود. این گونه در جهان از شمال آسیا و اروپا تا آمریکای شمالی پراکنده شده است. همچنین این گونه در شمال آفریقا و بخش‌هایی از ژاپن نیز حضور دارد. خرس‌ها به‌دلیل استفاده از منابع غذایی مختلف، زندگی در مناطق دور از دسترس و صعب‌العبور جنگلی و کوهستانی، شب‌گرد بودن، نداشتن دشمنان طبیعی و خواب زمستانی از جمعیت خوبی برخوردارند و در حال حاضر خطری جدی نسل آنها را تهدید نمی‌کند (۱۸).

با توجه به کاهش مناطق مطلوب زیستگاهی برای حفاظت از گونه‌های جانوری از جمله خرس، انجام بررسی‌هایی به‌منظور شناسایی زیستگاه مطلوب این گونه گوشت‌خوار ضروری بوده و از ارزش بالایی برخوردار است.

استان کردستان از جمله مناطق مهم حضور گونه خرس قهوه‌ای در کشور به‌شمار می‌آید (۱۲)، اما با توجه به موقعیت جغرافیایی و استراتژیک این استان که در مرز غربی کشور واقع شده، جمع‌آوری داده‌های حضور این گونه دشوار است و متأسفانه به همین دلیل مطالعات اندکی در این زمینه در استان کردستان انجام شده است. از جمله پژوهش‌های صورت گرفته

ایستگاه‌های استان بین ۷ تا ۱۴ درجه در نوسان است، به طوری که کمترین دما در ایستگاه زرینه و بیشترین دما در ایستگاه‌های سنندج و بانه به وقوع می‌پیوندد. میانگین بارندگی استان ۵۰۰ میلی‌متر برآورد شده که بیشینه آن در مریوان و بانه به میزان ۸۰۰ میلی‌متر و کمینه آن در شرق استان و در محدوده شهرستان‌های قروه و بیجار با متوسط ۳۰۰ میلی‌متر ثبت شده است. بر اساس پایش پوشش گیاهی استان کردستان با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست، وسعت جنگل‌های استان ۳۷۳۳۲۷ هکتار برآورد شده که حدود ۱۲/۹ درصد از سطح کل استان کردستان را پوشانده است. با توجه به آخرین بررسی‌ها (۲)، مراتع استان نیز مساحت ۱۴۱۴۰۰۰ هکتار (معادل ۴۸ درصد کل سطح استان) را به خود اختصاص داده که بیشتر در نواحی غربی، شمالی، شمال شرقی و جنوب غربی استان پراکنده شده‌اند. تنوع اقلیمی، توپوگرافی، منابع آب‌های سطحی و پوشش گیاهی مناسب، شرایط لازم را برای زیست انواع گونه‌های جانوری در این استان فراهم کرده و از این نظر استان کردستان یکی از مطلوب‌ترین مناطق کشور برای حیات وحش محسوب می‌شود.

روش کار

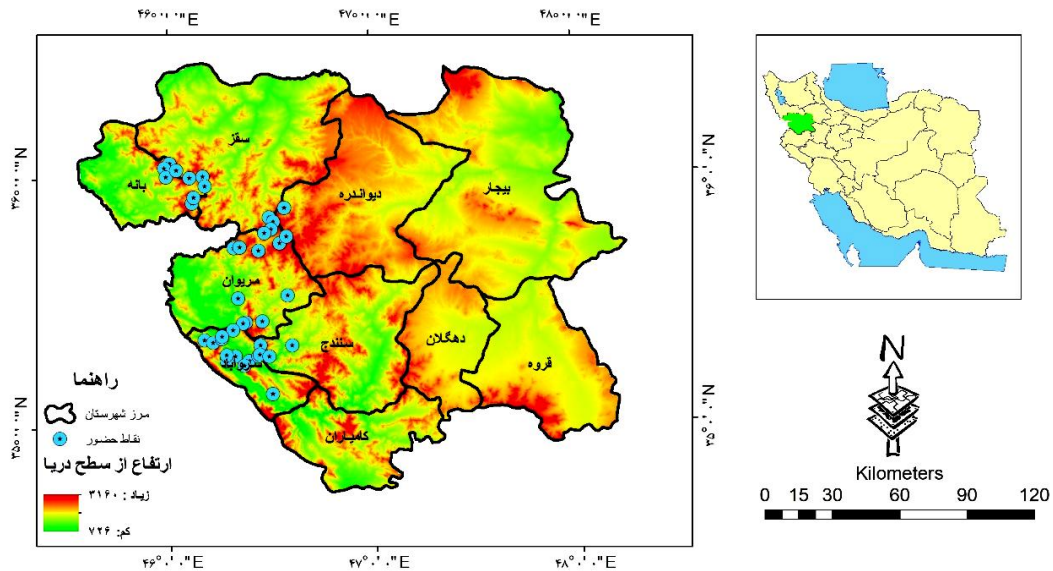
برای جمع‌آوری داده‌های حضور خرس قهوه‌ای در استان کردستان ابتدا طی بازدیدهای مقدماتی و مصاحبه با محیط‌بانان مناطق تحت مدیریت استان، انجمن‌های زیست‌محیطی موجود و همچنین مردم محلی، مناطقی که احتمال حضور خرس قهوه‌ای در آنها وجود داشت شناسایی شد. سپس با توجه به مسیرهای دسترسی به منطقه، مسیرهایی در این مناطق پیموده شد و نقاط حضور خرس در زیستگاه‌ها ثبت شد. جمع‌آوری داده‌های حضور خرس قهوه‌ای در بازه زمانی سال‌های ۱۳۹۸-۱۳۹۷ و با استفاده از دو روش مشاهده مستقیم و نمایه‌ها (سرگین، ردپا و آثار ناشی از قلمرو) انجام گرفت که در نتیجه آن ۵۳ نقطه جمع‌آوری شد. پیش از انجام مدل‌سازی با استفاده از شاخص Moran میزان خودهمبستگی مکانی میان داده‌های حضور در نرم‌افزار ArcGIS مورد بررسی قرار گرفت. نتایج

در سایر مناطق کشور می‌توان به مطالعه عطایی و همکاران در سال ۱۳۹۱ (۱) با هدف بررسی مطلوبیت زیستگاه تابستانه خرس قهوه‌ای در منطقه حفاظت شده البرز جنوبی اشاره کرد. نتایج نشان داد که در فصل تابستان خرس قهوه‌ای به ارتفاعات بالا و دامنه‌های شمالی تمایل داشته و از مناطق صخره‌ای، جاده و روستاها دوری می‌کند.

نواز (۱۹) در مطالعه زیستگاه خرس قهوه‌ای در پارک ملی دوئوسایی پاکستان به این نتیجه رسید که خرس قهوه‌ای ساختارهای انسان‌ساخت مثل جاده و اردوگاه را تحمل کرده، ولی به شدت از مراتع و چراگاه‌های با تراکم زیاد دام دوری می‌کند. فرناندز و همکاران (۶) در تحقیق خود به این نتیجه رسیدند که خرس قهوه‌ای مناطق با دامنه‌های ارتفاعی بالا با تراکم جمعیتی کم و به دور از نواحی مسکونی را برمی‌گزیند. حسینی (۱۲) به ارزیابی اثر تخریب اراضی بر زیستگاه خرس قهوه‌ای در استان کردستان پرداخت. نتایج نشان داد که مطلوبیت زیستگاه با افزایش شاخص پوشش گیاهی افزایش می‌یابد. همچنین فلاحتی و همکاران (۴) به کمی‌سازی اثر عوامل محیطی بر توزیع خرس قهوه‌ای در جنگل‌های بلوط زاگرس پرداختند و به این نتیجه رسیدند که فاصله از باغ و رودخانه بیشترین اهمیت را دارند (۸). هدف این مطالعه شناسایی مطلوبیت زیستگاه خرس قهوه‌ای و متغیرهای زیست‌محیطی تأثیرگذار بر پراکنش آن در بخشی از جنگل‌های زاگرس در استان کردستان است. بدیهی است که این مطالعه می‌تواند یک گام مؤثر در راستای شناخت خرس قهوه‌ای زاگرس و برنامه‌ریزی برای اجرای مؤثر طرح‌های حفاظتی در منطقه مورد مطالعه باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه در پژوهش حاضر، استان کردستان واقع در قسمت شمالی رشته کوه‌های زاگرس است (شکل ۱). استان کردستان با توجه به قرار گرفتن در یک منطقه کوهستانی جزء استان‌های سردسیر کشور است. میانگین دمای هوا در



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه به همراه نقاط حضور خرس قهوه‌ای و نقشه ارتفاع از سطح دریا (متر) (رنگی در نسخه الکترونیکی)

جدول ۱. متغیرهای زیست‌محیطی انتخاب شده برای مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه خرس قهوه‌ای در استان کردستان

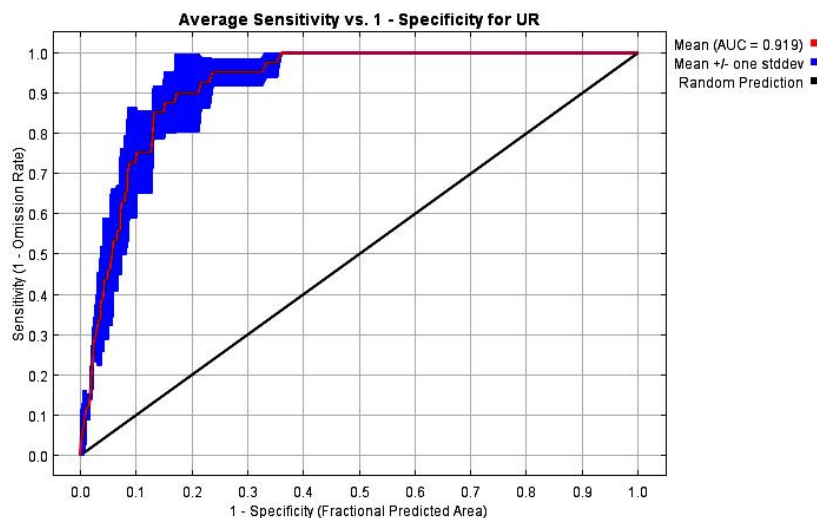
متغیر	گروه متغیر
ارتفاع	توپوگرافی
شیب	توپوگرافی
کاربری / پوشش اراضی	زیست‌محیطی
شاخص پوشش گیاهی نرمال شده (NDVI)	زیست‌محیطی
فاصله از جاده	انسانی
فاصله از مناطق مسکونی	انسانی
میانگین دمای سالیانه (Bio 1)	اقلیمی
دمای فصلی (Bio 4)	اقلیمی
میانگین بارش سالیانه (Bio 12)	اقلیمی
بارش فصلی (Bio 15)	اقلیمی

نشان داد که نقاط حضور دارای درجاتی از کپه‌ای بودن و خودهمبستگی مکانی هستند. به‌منظور کاهش اثرات منفی خودهمبستگی مکانی، از بین نقاطی که در فاصله کمتر از ۵ کیلومتری یکدیگر قرار داشتند تنها یک نقطه حفظ و مابقی نقاط حضور حذف شدند. در نتیجه تعداد ۴۱ نقطه حضور باقی ماند که وارد سامانه اطلاعات جغرافیایی شد.

در این پژوهش، برای مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه خرس قهوه‌ای از چند گروه از متغیرهای محیطی شامل پوشش گیاهی (شاخص نرمال شده تمایز پوشش گیاهی (NDVI=Normalized Difference Vegetation Index)، متغیرهای انسانی، توپوگرافی و متغیرهای اقلیمی استفاده شد (۱۵). انتخاب متغیرها با استفاده از مرور منابع و بررسی مطالعات مشابه انجام شد (۱۰، ۱۸، ۱۹، ۲۱ و ۲۲). ابتدا ۲۶ متغیر زیست-محیطی، انسانی و اقلیمی که بر پراکنش و بوم‌شناسی خرس قهوه‌ای تأثیر داشتند، انتخاب شدند و پس از بررسی میزان همبستگی میان آنها، متغیرهای با همبستگی بالای ۰/۷۵ حذف و در نهایت ۱۰ متغیر (جدول ۱) به منظور مدل‌سازی انتخاب شد. نقشه میانگین سالانه شاخص نرمال شده تمایز پوشش گیاهی

نشان داد که نقاط حضور دارای درجاتی از کپه‌ای بودن و خودهمبستگی مکانی هستند. به‌منظور کاهش اثرات منفی خودهمبستگی مکانی، از بین نقاطی که در فاصله کمتر از ۵ کیلومتری یکدیگر قرار داشتند تنها یک نقطه حفظ و مابقی نقاط حضور حذف شدند. در نتیجه تعداد ۴۱ نقطه حضور باقی ماند که وارد سامانه اطلاعات جغرافیایی شد.

در این پژوهش، برای مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه خرس قهوه‌ای از چند گروه از متغیرهای محیطی شامل پوشش گیاهی (شاخص نرمال شده تمایز پوشش گیاهی



شکل ۲. نمودار ROC مربوط به عملکرد مدل مکسنت در پیش‌بینی احتمال حضور خرس قهوه‌ای (رنگی در نسخه الکترونیکی)

درصد از داده‌های حضور گونه مورد مطالعه به‌عنوان داده‌های آموزشی و ۲۵ درصد به‌عنوان داده‌های آزمون مورد استفاده قرار گرفتند. برای تهیه نقشه نهایی، از روش ارزیابی متقابل (Cross validation) با انتخاب ۱۰۰۰۰ نقطه تصادفی از سرتاسر منطقه با ۱۰ تکرار استفاده شد. در نهایت نقشه مطلوبیت حاصل به چهار طبقه نامطلوب (ارزش صفر)، مطلوبیت کم (ارزش بین صفر تا ۰/۲۵)، مطلوبیت متوسط (ارزش ۰/۲۵ تا ۰/۵) و مطلوبیت زیاد (ارزش‌های بالای ۰/۵) طبقه‌بندی شد (۱۵). همچنین به‌منظور شناسایی عوامل محیطی اصلی تأثیرگذار بر مطلوبیت زیستگاه خرس قهوه‌ای از نتایج آزمون جک‌نایف استفاده شد. به‌منظور تعیین میزان کارایی شبکه مناطق حفاظت شده در استان کردستان، نقشه مطلوبیت خرس قهوه‌ای با جدیدترین نسخه از نقشه شبکه مناطق حفاظت شده استان، همپوشانی داده شد تا میزان وسعت زیستگاه‌های مطلوب تحت حفاظت مشخص شود.

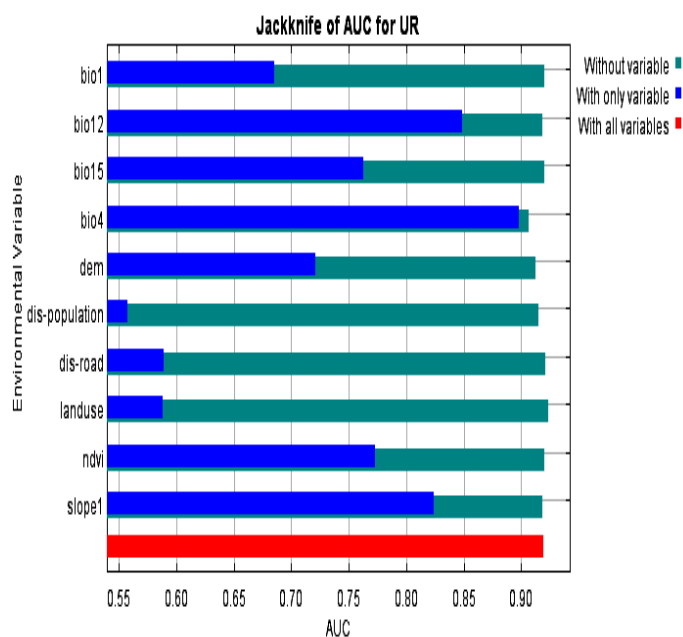
نتایج

نتیجه ارزیابی عملکرد مدل بر اساس منحنی ROC در شکل ۲ نشان داده شده است. میزان شاخص AUC مدل مکسنت برابر با ۰/۹۲ به‌دست آمد که نشان دهنده عملکرد مطلوب آن در پیش‌بینی

(NDVI) برای سال ۲۰۱۸ با استفاده از داده‌های ماهواره مودیس (MODIS) تهیه شد. متغیرهای اقلیمی با مقیاس یک کیلومتر از بانک داده WorldClim تهیه شد، اما با توجه به مقیاس کار در این پژوهش (۲۵۰ متر)، ریزمقیاس‌سازی متغیرهای اقلیمی با استفاده از روش میان‌یابی Spline در نرم‌افزار ArcGIS انجام شد (۱۷).

لایه‌های شیب و جهت با استفاده از لایه مدل رقومی ارتفاع (DEM=Digital Elevation Model) با دقت مکانی ۹۰ متر تهیه شد. از گروه متغیرهای انسانی، لایه‌های جاده و مناطق مسکونی استفاده شدند، که با استفاده از ابزار Distance در محیط ArcMap به شکل رسترهای فاصله‌ای محاسبه شدند. لایه کاربری اراضی از مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کردستان اخذ شد (۱۲). از آن‌جا که همبستگی زیاد بین متغیرها ممکن است موجب ایجاد اریب و در نتیجه پیش‌بینی‌های نادرست شود، پیش از استفاده از لایه متغیرهای پیش‌بینی‌کننده در نرم‌افزار مکسنت، همبستگی میان آنها بررسی شد و از بین متغیرهایی که همبستگی بالای ۰/۷ داشتند، یک متغیر در مدل استفاده شد (۲۳) (جدول ۱).

به‌منظور مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه خرس قهوه‌ای از نرم‌افزار MaxEnt v3.3.1 استفاده شد. برای مدل‌سازی، ۷۵



شکل ۳. نتیجه آزمون جک نایف برای بررسی اهمیت متغیرها (رنگی در نسخه الکترونیکی)

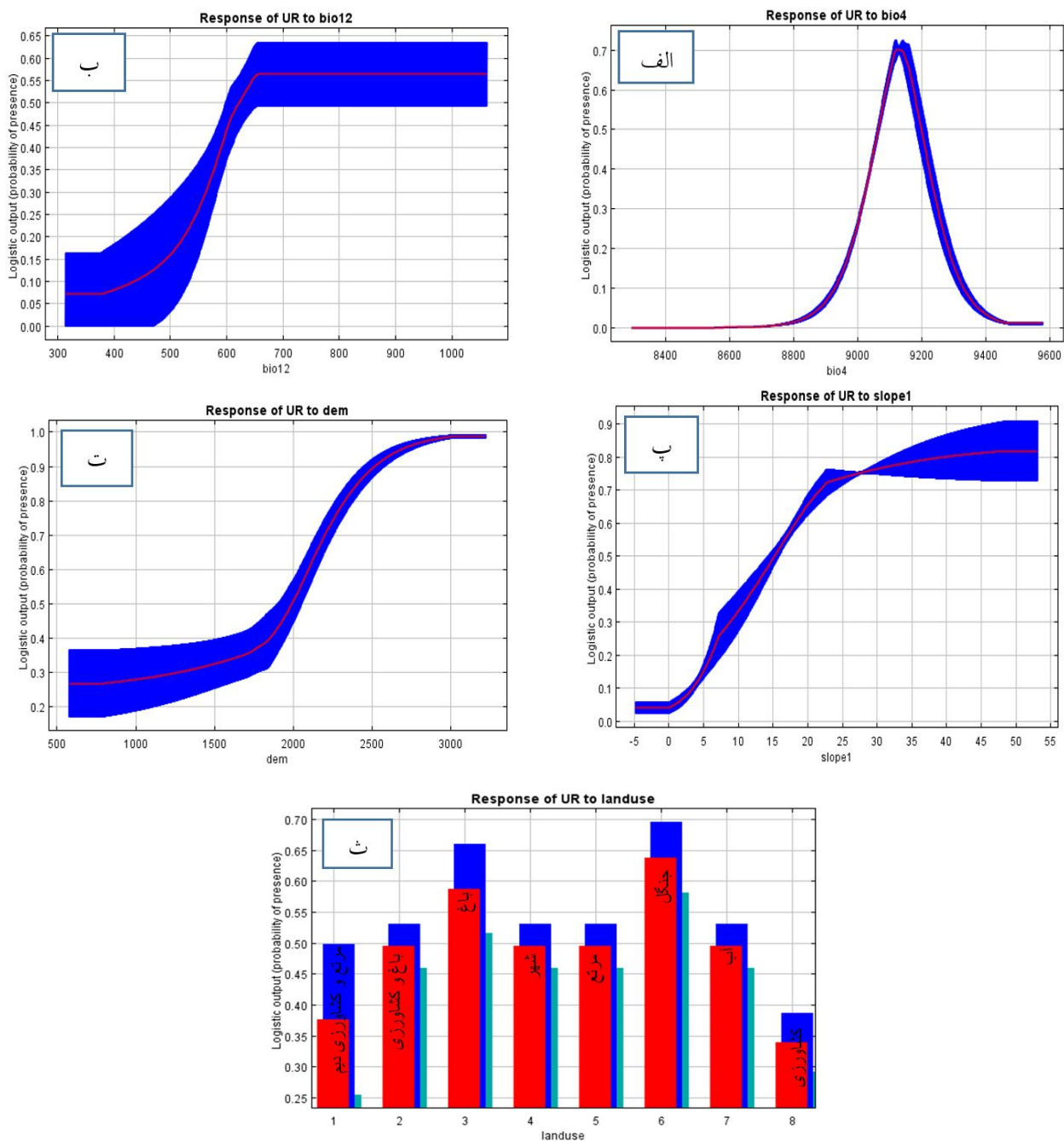
جدول ۲. درصد مشارکت متغیرهای تأثیرگذار در مطلوبیت زیستگاه خرس قهوه‌ای

متغیر	درصد مشارکت
Bio 12	۵۵/۱
ارتفاع	۱۷
شیب	۱۰/۴
Bio 4	۸/۸
کاربری/ پوشش اراضی	۳/۹
فاصله از مناطق مسکونی	۳/۱
NDVI	۰/۷
Bio 1	۰/۶
فاصله از جاده	۰/۴
Bio 15	۰/۱

پر شیب، با بارش زیاد، در محدوده دمایی ۹ درجه سانتی‌گراد و در نزدیکی مناطق جنگلی و باغات بیشتر است (شکل ۴).

مطلوبیت زیستگاه و پراکنش بالقوه خرس قهوه‌ای
مقدار مطلوبیت زیستگاه در نقشه پیش‌بینی به‌دست آمده از صفر تا یک تغییر می‌کند (شکل ۵).

پراکنش خرس قهوه‌ای در استان کردستان است. بر اساس نتایج به‌دست آمده مهمترین متغیرهای تأثیرگذار در پیش‌بینی پراکنش خرس قهوه‌ای در استان کردستان به‌ترتیب شامل دمای فصلی (Bio 4)، میانگین بارش سالیانه (Bio 12)، ارتفاع، شیب و کاربری/ پوشش اراضی است (شکل ۳، جدول ۲). بر اساس این منحنی‌ها احتمال حضور گونه در مناطق مرتفع،

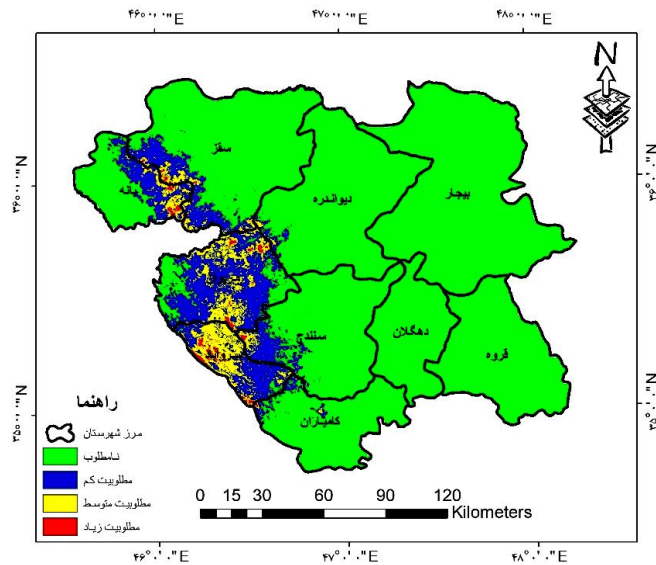


شکل ۴. منحنی‌های پاسخ مهمترین عوامل مؤثر بر توزیع و پراکنش خرس قهوه‌ای

(الف دمای فصلی، ب) بارش سالیانه، پ) شیب، ت) ارتفاع، ث) کاربری/ پوشش اراضی (رنگی در نسخه الکترونیکی)

زیستگاه‌های بالفعل هستند که مطلوبیت بالایی نیز دارند. مناطق حفاظت شده چل‌چمه و شاهو و کوسالان، زیستگاه‌های مطلوبی برای خرس قهوه‌ای هستند که توسط مدل آنتروپی بیشینه نیز به‌عنوان زیستگاه‌های مطلوب پیش‌بینی شده‌اند (جدول ۴).

این نقشه نشان می‌دهد که یک درصد از مساحت کل استان (۲۹۱۳۷ کیلومترمربع) در برگیرنده زیستگاه‌های با مطلوبیت زیاد بوده است (جدول ۳). بر اساس نتایج حاصل از مدل‌سازی پراکنش گونه خرس قهوه‌ای، زیستگاه‌های بالقوه پیش‌بینی شده این گونه در منطقه مورد مطالعه، همان



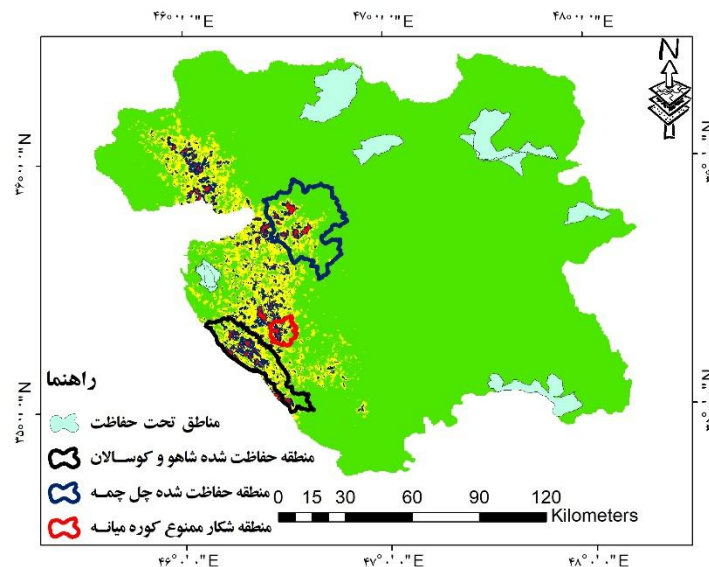
شکل ۵. نقشه طبقه‌بندی شده مطلوبیت زیستگاه خرس قهوه‌ای در استان کردستان (رنگی در نسخه الکترونیکی)

جدول ۳. وسعت زیستگاه‌های مطلوب خرس قهوه‌ای در هر یک از طبقات مطلوبیت

طبقات مطلوبیت	مساحت (کیلومتر مربع)	مساحت (درصد)
زیاد	۱۶۲	۱
متوسط	۱۴۲۸	۵
کم	۳۱۷۹	۱۱
نامطلوب	۲۴۰۸۴	۸۳

جدول ۴. وسعت زیستگاه‌های مطلوب و تحت حفاظت خرس قهوه‌ای به تفکیک مناطق تحت مدیریت (بر حسب درصد)

مناطق تحت مدیریت	مناطق مطلوبیت	نامطلوب	مطلوبیت کم	مطلوبیت متوسط	مطلوبیت زیاد
منطقه شکار ممنوع شهدای محیطبان	۱۰۰	۰	۰	۰	۰
منطقه شکار ممنوع چنگ الماس	۱۰۰	۰	۰	۰	۰
پناهگاه حیات وحش زریوار	۹۴	۰	۰	۰	۰
منطقه شکار ممنوع زرینه	۱۰۰	۰	۰	۰	۰
منطقه حفاظت شده بدر و پریشان	۱۰۰	۰	۰	۰	۰
منطقه شکار ممنوع جنگل‌های زریوار	۸۷	۱۴	۰	۰	۰
منطقه حفاظت شده بیجار	۱۰۰	۰	۰	۰	۰
منطقه حفاظت شده عبدالرزاق	۱۰۰	۰	۰	۰	۰
منطقه شکار ممنوع کوره میانه	۱۳	۴۸	۳۴	۵	
منطقه حفاظت شده چل‌چمه	۶۸	۲۱	۸	۳	
منطقه حفاظت شده شاهو و کورسالان	۲۱	۴۲	۲۹	۸	



شکل ۶. هم‌پوشانی شبکه مناطق حفاظتی استان کردستان با زیستگاه مطلوب خرس قهوه‌ای (رنگی در نسخه الکترونیکی)

به‌دست آمده از این پژوهش، متغیرهای میانگین بارندگی سالیانه، ارتفاع از سطح دریا، شیب، دمای فصلی و کاربری/پوشش اراضی به‌عنوان مهمترین متغیرهای محیطی تأثیرگذار بر مطلوبیت زیستگاه خرس قهوه‌ای در استان کردستان شناسایی شدند. منحنی پاسخ بارش سالیانه نشان می‌دهد که با افزایش بارش، احتمال حضور گونه افزایش می‌یابد. کمترین احتمال حضور خرس قهوه‌ای در مناطقی با بارش کمتر از ۳۰۰ میلی‌متر است و با افزایش بارش تا ۶۵۰ میلی‌متر بر مطلوبیت زیستگاه افزوده می‌شود، و سپس روند ثابتی پیدا می‌کند. این یافته با نتایج نواز و همکاران (۲۰) همخوانی دارد. بنابراین به نظر می‌رسد برخلاف منطقه البرز که خرس‌ها در مناطق با شدت بارندگی کمتر دیده می‌شوند در محدوده زاگرس خرس‌ها در مناطق با بارندگی بیشتر دیده می‌شوند (۵ و ۱۷). اثر مستقیم بارش بر مطلوبیت زیستگاه خرس قهوه‌ای می‌تواند به‌دلیل تأثیر آن بر افزایش پوشش گیاهی مورد نیاز خرس قهوه‌ای به‌عنوان گونه‌ای همه‌چیزخوار باشد. در رابطه با متغیر ارتفاع از سطح دریا که بر اساس تحلیل جک-نایف از جمله متغیرهای مهم در مدل‌سازی شناخته شد، خرس قهوه‌ای به مناطق مرتفع‌تر تمایل دارد و با افزایش ارتفاع، مطلوبیت منطقه برای گونه افزایش می‌یابد. این نتایج با

هم‌پوشانی شبکه مناطق حفاظتی با زیستگاه مطلوب خرس

قهوه‌ای

مساحت شبکه مناطق حفاظتی (پارک ملی، منطقه حفاظت شده، پناهگاه حیات وحش و منطقه شکار ممنوع) در استان کردستان برابر با ۳۰۱۸۴۴ هکتار (۱۰ درصد از کل مساحت استان) است. با هم‌پوشانی شبکه مناطق حفاظت‌شده با نقشه زیستگاه‌های مطلوب خرس قهوه‌ای مشخص شد که فقط ۵ درصد از زیستگاه‌های دارای مطلوبیت زیاد در محدوده شبکه مناطق حفاظت‌شده قرار دارد. در حال حاضر هم مهمترین مناطق مطلوب برای خرس قهوه‌ای در مناطق حفاظت شده چل‌چمه، شاهو و کوسالان و منطقه شکار ممنوع کوره میانه است (شکل ۶، جدول ۴).

بحث و نتیجه‌گیری

آگاهی از زیستگاه‌های مطلوب و چگونگی پراکنش گونه‌ها در یک منطقه می‌تواند به میزان زیادی در مدیریت آنها مؤثر باشد. مدل‌های پیش‌بینی‌کننده پراکنش گونه‌ها ابزار مهمی برای اتخاذ تصمیمات حفاظتی به‌شمار می‌روند. همچنین تعیین عوامل مؤثر بر حضور و انتخاب زیستگاه گونه‌ها نقش مهمی در حفاظت و تصمیم‌گیری‌های مدیریتی دارد (۱). بر اساس نتایج

۷۰۰ میلی‌متر در سال است. نتایج حاصل از مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه حاکی از نقش مهم طبقات مختلف کاربری / پوشش اراضی در تعیین احتمال حضور خرس قهوه‌ای در استان بود. بررسی پراکنش خرس قهوه‌ای در ارتباط با این متغیر، حاکی از گرایش گونه به مناطق جنگلی (طبقه ۶) و باغ‌ها (طبقه ۳) است. از یک سو، تبدیل اراضی جنگلی و مرتعی به باغ و از سوی دیگر، تمایل خرس قهوه‌ای به تغذیه از میوه درختان، سبب جذب خرس به باغات میوه و در نتیجه افزایش تعارض میان انسان و خرس قهوه‌ای در منطقه شده است (۱۱). در واقع تمایل خرس قهوه‌ای برای حضور در جنگل‌های بلوط، بادام کوهی و پسته‌وحشی نشانگر تأثیر زیاد مناطق جنگلی بر مطلوبیت زیستگاه این گونه است. فرناندز و همکاران (۶) و غلامحسینی و همکاران (۸) نیز در بررسی‌های خود به این نتیجه رسیدند که خرس قهوه‌ای، مناطق مرتفع با پوشش گیاهی مناسب (جنگلی) را بیشتر می‌پسندد. نتایج پژوهش حاضر نیز همین موضوع را نشان می‌دهد و با پژوهش‌های مذکور مطابقت دارد. نتایج به‌دست آمده نشان داد که زیستگاه خرس قهوه‌ای محدود به مناطق کوهستانی است که با افزایش پوشش گیاهی و جنگلی شدن، مطلوبیت منطقه برای گونه افزایش خواهد یافت. بر اساس مطالعات عطایی و همکاران (۱) و نظامی (۲۱) این گونه در البرز جنوبی و البرز مرکزی، مناطق مرتفع با پوشش جنگلی پهن‌برگ را انتخاب می‌کند. بررسی هم‌پوشانی نقشه مطلوبیت زیستگاه خرس قهوه‌ای با مناطق شبکه حفاظتی نشان داد که زیستگاه‌های مطلوب خرس قهوه‌ای هم‌پوشانی کمی با شبکه حفاظتی استان دارند. بنابراین پیشنهاد می‌شود که با توجه به وضعیت حفاظتی و ارزش بوم‌شناختی گونه مورد مطالعه، زیستگاه‌های مطلوب خرس قهوه‌ای به مناطق شبکه حفاظتی اضافه شود که مهمترین زیستگاه‌های خارج از این شبکه در محدوده شهرستان بانه قرار دارد. به‌طور کلی، با توجه به میزان AUC به‌دست آمده و همچنین مهمترین متغیرهای تأثیرگذار شناسایی شده بر پراکنش خرس قهوه‌ای، نتایج این تحقیق حاکی از عملکرد صحیح مدل مکسنت در مدل‌سازی مطلوبیت

یافته‌های نظامی (۲۱) و عطایی و همکاران (۱) مطابقت دارد. شیب یکی دیگر از پارامترهایی است که طبق نتایج این مطالعه نقش بسزایی در تعیین مطلوبیت زیستگاه خرس قهوه‌ای دارد. در این ارتباط غلامحسینی و همکاران (۸) نشان دادند که خرس قهوه‌ای بیشتر در شیب‌های ۱۰ تا ۳۰ درصد مشاهده شده و از شیب‌های کمتر از ۱۰ درصد دوری می‌کند. آنها همچنین به این نتیجه رسیدند که این گونه در شیب‌های زیاد به‌علت نداشتن پوشش گیاهی مناسب کمتر دیده می‌شود. همچنین در تحقیق دیگری در استان فارس، غلامحسینی و همکاران (۸) به این نتیجه رسیدند که حضور خرس قهوه‌ای در مناطق کم ارتفاع تنها منوط به وجود امنیت کافی برای گونه است. همچنین حسینی (۱۲) در تحقیق خود به این نتیجه رسید که با افزایش شیب تا ۳۰ درجه، مطلوبیت زیستگاه گونه افزایش یافته و در شیب‌های تندتر ثابت می‌شود. یکی از دلایل این امر می‌تواند محدودیت دسترسی انسان به این مناطق و لانه‌گزینی بهتر گونه باشد. دما برای خرس‌ها محدودیت ایجاد می‌کند و با گرم شدن و تغییرات دما، به‌ویژه در بازه ۱۱ تا ۱۵ درجه سانتی‌گراد، خرس قهوه‌ای ترجیح می‌دهد به استراحت نیم‌روزی بپردازد. حدود ۹۰ درصد از موارد پراکنش خرس قهوه‌ای در زاگرس در مناطق سرد گزارش شده است (۹). بر اساس نتایج کمایی (۱۴) بیشترین احتمال حضور خرس قهوه‌ای در دمای ۱۲ درجه سانتی‌گراد است و با افزایش دما احتمال حضور این گونه کاهش می‌یابد. در تحقیق حاضر مطلوب‌ترین دما برای حضور خرس قهوه‌ای دمای ۹ درجه سانتی‌گراد بود و با افزایش دما، مطلوبیت زیستگاه کاهش می‌یابد که این نتیجه با یافته کمایی مطابقت ندارد. علت این ناهمخوانی، توپوگرافی و وضعیت جوی متفاوت منطقه اصفهان نسبت به شرایط منطقه کردستان است. بر اساس مطالعه غلامحسینی و همکاران (۸) پراکنش این گونه در استان فارس بیشتر مربوط به نواحی با اقلیم سرد است. آنها همچنین بیان کردند که خرس‌ها بیشتر زیستگاه‌های با میزان بارندگی مناسب را انتخاب می‌کنند. بیشترین پراکنش خرس قهوه‌ای در تحقیق حاضر مربوط به مناطق با بارندگی ۶۰۰ تا

سپاسگزاری

بدین وسیله از مسئولین، کارشناسان و محیط‌بانان اداره کل حفاظت محیط زیست استان کردستان برای همکاری در جمع‌آوری نقاط حضور خرس قهوه‌ای صمیمانه قدردانی می‌شود.

زیستگاه این گونه در جنگل‌های استان کردستان است. بر این اساس، مطالعه وضعیت زیستگاه‌های خرس قهوه‌ای در سطح کشور و تهیه نقشه مطلوبیت زیستگاه آن به‌عنوان یک گونه چتر می‌تواند گام مؤثری در راستای مدیریت بهینه زیستگاه‌های خرس قهوه‌ای و سایر زیستمدان هم‌بوم این گونه در سطح کشور باشد.

منابع مورد استفاده

1. Ataei, F., M. Karami and M. Kaboli. 2012. Summer habitat suitability modeling of Brown Bear (*Ursus arctos*) Southern Alborz Protected Area. *Journal of Natural Environment* 65(2): 235-245. (in Farsi).
2. Department of Environmental Protection Agency of Kurdistan Province. 2019. Environmental Scene of Kurdistan Province. Available online at: <https://kordestan.doe.ir/portal/home/>. Accessed 10 November 2019.
3. Erfanian, B., S. H. Mirkarimi, A. S. Mahini and H. R. Rezaei. 2013. A presence-only habitat suitability model for Persian Leopard (*Panthera pardus saxicolor*) in Golestan National Park, Iran. *Wildlife Biology* 19(2): 170-178.
4. Falahati, S., K. Shayesteh and P. Karami. 2019. Quantifying the effect of environmental factors on the distribution of Brown Bears (*Ursus arctos*) in Zagros oak (*Quercus*) forests (Case Study: Ghalajeh Protected Area). *Journal of Animal Environment* 11(4): 1-8. (in Farsi).
5. Farhadinia, M. S., H. Akbari, S. J. Mousavi, M. Eslami, M. Azizi, J. Shokouhi, M. Gholikhani and F. Hosseini-Zavarei. 2013. Exceptionally long movements of the Asiatic cheetah (*Acinonyx jubatus venaticus*) across multiple arid reserves in central Iran. *Oryx* 47(3): 427-430.
6. Fernandez, N., N. Selva, C. Yuste, H. Okarma and Z. Jakubiec. 2012. Brown bears at the edge: modeling habitat constrains at the periphery of the Carpathian population. *Biological Conservation* 153: 134-142.
7. 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 Farsi).
8. Gholamhosseini A., H. R. Esmaeili, H. Ahani, A. Teimory, M. Ebrahimi, H. GH. Kami and H. Zohrabi. 2011. Study of topography and climate effects on brown bear (*Ursus arctos* Linnaeus, 1758): Carnivora, Ursidae distribution in south of Iran with use of Geographic Information System (GIS), *Iranian Journal of Biology* 23(2): 215-233. (in Farsi).
9. Gutleb, B. and H. Ziaie. 1999. On the distribution and status of brown bears (*Ursus arctos*) and the Asiatic black bear, (*U. thibetanus*) in Iran. *Zoology in the Middle East* 18: 5-8.
10. Hemami M. R., S. Esmaeili and A. R. Soffianian. 2015. Predicting the distribution of Asiatic Cheetah, Persian Leopard and Brown Bear in response to environmental factors in Isfahan Province. *Iranian Journal of Applied Ecology* 4(13): 51-64
11. Hernandez, P. A., C. H. Graham, L. L. Master and D. L. Albert. 2006. The effect of sample size and species characteristics on performance of different species distribution modeling methods. *Ecography* 29(5): 773-785.
12. Hosseini, S. P. 2019. Impact of land degradation on brown bear (*Ursus arctos*) habitat in Kurdistan Province using remote sensing and species distribution modeling. MSc thesis. Isfahan University of Technology. Isfahan, Iran. (in Farsi).
13. IUCN. 2018. The IUCN Red List of Threatened Species. Available online at: www.iucnredlist.org. Accessed 20 October 2018.
14. Kamaei, M. 2013. Evaluation the impacts of land use on Brown Bear habitat suitability in Central Alborz protected area. MSc thesis. Isfahan University of Technology. Isfahan, Iran. (in Farsi).
15. Kermani, F., B. Raygani, B. Nezami, H. Goshtasb, H. Khosravi and H. Heydari. 2017. Evaluation of environmental index in habitat selection of cheetah (*Acinonyx Jubatus Venaticus*; Griffith, 1821) using time series data of remote sensing (Case study: Touran management region). *Journal of Animal Environment* 9(1): 1-12. (in Farsi).
16. Koren, M., S. Findo, M. Skuban and M. Kajba. 2011. Habitat suitability modelling from non-point data: the case study of brown bear habitat in Slovakia. *Ecological Informatics* 6: 296-302.
17. Lyet, A., Th. Wilfried, Ch. Marc and B. Aurelien. 2013. Fine-scale regional distribution modelling of rare and

- threatened species: bridging GIS tools and conservation in practice. *Diversity and Distributions* 19(7):651-663.
18. Madadi, H., H. Varasteh Moradi and M. Madadi. 2019. Evaluating the habitat of brown bears (*Ursus arctos syriacus*) using Ecological Niche Factor Analysis in Golestan National Park. *Journal of Animal Research (Iranian Journal of Biology)* 32(4): 315-328. (in Farsi).
 19. Nawaz, M. A. 2008. Ecology, genetics and conservation of Himalayan brown bears. PhD Thesis. Department of Ecology and Natural Resource Management, Norwegian University of Life Sciences. Ås, Norway.
 20. Nawaz, M. A., J. Martin and J. E. Swenson. 2014. Identifying key habitats to conserve the threatened brown bear in the Himalaya. *Biological Conservation* 170: 198-206.
 21. Nezami, B. 2008. Ecological studies on brown Bear (*Ursus Arctos*) in the northern part of Central Alborz Protected Area. MSc thesis. Islamic Azad University. Tehran, Iran. (in Farsi).
 22. Obeidavi, Z., K. Rangzan, R. Mirzaei and M. Kabolizade. 2017. Habitat suitability modelling of brown bear (*Ursus arctos*) in Shimbar protected area, Khuzestan Province. *Iranian Journal of Applied Ecology* 5(18): 61-72. (in Farsi).
 23. Phillips, S. J., R. P. Anderson and R. E. Schapire. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling* 190: 231-259.
 24. Segan, D. B., K. A. Murray and J. E. Watson. 2016. A global assessment of current and future biodiversity vulnerability to habitat loss-climate change interactions. *Global Ecology and Conservation* 5: 12-21.
 25. Seoane, J. 2005. Habitat-suitability modelling to assess the effects of land-use changes on Dupont's lark *Chersophilus duponti*: A case study in the Layna Important Bird Area., *Biological Conservation* 8: 241-252.
 26. Trisurat, Y., N. Bhumpakphan, D. H. Reed and B. Kanchanasaka. 2012. Using species distribution modeling to set management priorities for mammals in northern Thailand. *Natural Conservation* 20: 264-273.
 27. Weber, W. and A. Rabinowitz. 1996. A global perspective on large carnivore conservation. *Conservation Biology* 10(4): 1046-1054.

Identifying suitable habitats for brown bear (*Ursus arctos*) in northern Zagros forests

Y. Moradi¹ and A. Lotfi^{1*}

(Received: December 10-2019; Accepted: June 07-2020)

Abstract

Wildlife is an important biological indicator of viability of ecosystems, therefore, understanding habitat requirements of species is essential for biodiversity conservation. Determining the suitability of habitats for wildlife is important for effective management and conservation of species. The brown bear (*Ursus arctos*), as the largest carnivorous mammal in Iran, is distributed in most forest and mountain ecosystems and has a high conservation value. In the current study, brown bear habitat suitability modelling, in Kurdistan Province, was performed using maximum entropy algorithm (MaxEnt). After collecting the presence data and environmental variables, and examining the correlation between the variables, the obtained data were entered into the MaxEnt model. Results showed that temperature seasonality, annual precipitation, topography and vegetation are the most important variables in predicting habitat suitability of the brown bear in Kurdistan province. From the total area of Kurdistan Province, 1, 5 and 11 % were respectively accounted for habitats of high, moderate and low suitability, and 83% of the area was classified as unsuitable habitats. Based on the results, Chehel Cheshmeh, Shaho and Kosalan protected areas are suitable habitats for the brown bear. Zagros forests are considered as one of the main habitats of brown bear in Iran, consequently, the conservation of these habitats is essential to protect populations of this valuable carnivorous species.

Keywords: Modeling, Maximum Entropy, Habitat Suitability Map, Kurdistan Province, Brown Bear

1. Department of Natural Resources, Isfahan University of Technology, Esfahan, Iran.

*: Corresponding Author, Email: n_mobarghei@yahoo.com