Archive of SID

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و دوم، شماره پنج، مرداد ماه ۹۹

مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه خرس‌قهوه‌ای (*Ursus arctos syriacus*) در حوزه آبخیز ناپشته چای

جلیل سرهنگ‌زاده[1*]
jsarhangzadeh@yazd.ac.ir
بهمن کیانی[2]

تاریخ دریافت: ۹۷/۳/۲ تاریخ پذیرش:۹۸/۶/۶

چکیده

زمینه و هدف: خرس‌قهوه‌ای (*Ursus arctos syriacus*) با وجودی که در طبقه‌بندی اتحادیه جهانی حفاظت از طبیعت و منابع طبیعی در طبقه کمترین نگرانی قرار دارد، اما جمعیت و دامنه انتشار آن به‌عنوان بزرگ جثه‌ترین گوشت‌خوار کشور، کاهش یافته است. مطالعه حاضر با هدف ارزیابی مطلوبیت زیستگاه و عوامل موثر بر پراکنش خرس‌قهوه‌ای در حوزه آبخیز ناپشته چای انجام گرفت.

روش بررسی: به‌منظور مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه خرس‌قهوه‌ای با استفاده از نقاط حضور (از پائیز ۱۳۹۴ تا پائیز ۱۳۹۵)، از روش بیشینه آنتروپی بهره‌گیری شد. لایه‌های اطلاعاتی انتخاب شده به‌عنوان متغیرهای مؤثر بر حضور گونه شامل طبقات درصد شیب، طبقات جهت جغرافیایی، طبقات ارتفاع از سطح دریا، کاربری اراضی، منابع آبی، متغیرهای توسعه انسانی (روستاها و جاده‌ها) و اقلیم هستند.

یافته ها: نتایج بررسی نشان داد که حدود ۲۴/۴٪ از وسعت حوزه آبخیز ناپشته چای، زیستگاه مطلوبی برای خرس‌قهوه‌ای است. همچنین براساس نقشه مطلوبیت زیستگاه، خرس ارتفاع ۲۱۰۰-۱۰۰۰ متر از سطح دریا و شیب ۱۰ تا ۶۰٪ را ترجیح می‌دهد. به‌علاوه متغیرهای وجود پوشش جنگلی متراکم، اراضی زراعی، منابع آب و روستاها و همچنین جهت دامنه و نوع اقلیم از عوامل مؤثر بر حضور این گونه می‌باشند.

بحث و نتیجه گیری: ارزیابی مدل با سطح زیر منحنی ROC برابر ۰/۹۷۰، نشان‌دهنده قدرت تشخیص بسیار عالی می‌باشد. زیستگاه‌های مطلوب یک‌پارچه خرس‌قهوه‌ای در مناطق مکیدی، اسکلو، ناپشته و بالاسنگ قرار دارند. جلوگیری از توسعه گردشگری در محدوده زیستگاه‌های مطلوب خرس‌قهوه‌ای و انجام مطالعات تکمیلی برای تعیین کریدورها و جابجایی خرس‌قهوه‌ای به خارج از منطقه از پیشنهادهای این پژوهش است.

واژه های کلیدی: خرس‌قهوه‌ای، بیشینه آنتروپی، مطلوبیت زیستگاه، حوزه آبخیز ناپشته چای.

۱- استادیار گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد. * (مسوول مکاتبات)
۲- دانشیار گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد.

www.SID.ir

Archive of SID

J. Env. Sci. Tech., Vol 22, No.5, July, 2020

Habitat Suitability Modeling for Brown Bear (*Ursus arctos syriacus*) in Naposhteh-Chai Watershed

Jalil Sarhangzadeh [1*]
jsarhangzadeh@yazd.ac.ir
Bahman Kiani [2]

Admission Date:August 28, 2019 Date Received: May 21, 2017

Abstract

Background and Objective: Brown bear (*Ursus Arctos*) is classified as a Least Concern (LC) species of the International Union for Conservation of Nature (IUCN), but its population and distribution have decreased during last decades. This study was carried out to assess the habitat suitability for Brown bear and the effective factors affecting its distribution in Naposhteh-Chai watershed.

Method: Maximum Entropy (MaxEnt) approach available in MaxEnt software was used for the habitat suitability modeling of this species from autumn 2015 to autumn 2016. Information layers determined as affecting variables on this species include the slope, aspect, elevation, land use, water resources, human development variables (villages and roads) and climate.

Findings: Results showed that 24.4 percent of Naposhteh-Chai watershed were suitable for Brown bear. Based on habitat suitability map, Brown bear preferred elevation range of 1000 to 2100 meters and slope of 10 to 60 percent. Furthermore, existing of densed forests, farmlands, water sources, villages and also aspect and climate, are important factors in the presence of this species.

Discussion and Conclusion: Results of model evaluation using the area under the curve (ROC= 0.970) showed that prediction of this model are much more accurate than random conditions. Brown bear suitable integrated habitats, are located in Makidi, Oskolu, Naposhteh and Bala Sang areas. Prevention of tourism development in the suitable habitats of Brown bear, and, determination of corridors and movement routs of the species outside of the Naposhteh-Chai watershed in future studies were suggested in the route of this research.

Key words: Brown Bear; Maximum Entropy; Habitat Suitability; Naposhteh-Chai Watershed

1. Assistant Professor, Department of Environmental Sciences, Faculty of Natural Resources, Yazd University, Yazd, Iran *(Corresponding author).
2. Associate Professor, Department of Environmental Sciences, Faculty of Natural Resources, Yazd University, Yazd, Iran

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

خرس‌قهوه‌ای[1] بزرگترین گوشت‌خوار ایران محسوب می‌شود (۱) با وجود این‌که در طبقه‌بندی اتحادیه جهانی حفاظت از طبیعت و منابع طبیعی[2] در طبقه کمترین نگرانی[3] قرار گرفته است (۲)، اما به‌عنوان بزرگ جثه‌ترین گوشت‌خوار ایران از اهمیت زیادی برخوردار است و در حوزه آبخیز ناپشته چای یکی از گونه‌های مهم محسوب می‌شود. در ایران جمعیت‌هایی از زیرگونه خرس‌قهوه‌ای فقط در مناطق کوهستانی البرز و زاگرس زیست می‌نماید (۳). گستره پراکنش تاریخی زیرگونه بخش وسیعی از خاورمیانه تا مناطق کوهستانی ایران را در برمی‌گرفته است (۴). متاسفانه این زیرگونه در بسیاری از مناطق پراکنش خود بر اثر تخریب زیستگاه منقرض شده و یا با کاهش شدید جمعیت روبرو است. به‌طوری‌که جمعیت‌های کوچکی در ایران، ترکیه، عراق، آذربایجان و ارمنستان باقی‌مانده است (۳). با افزایش جمعیت انسان، وسعت زیستگاه‌های خرس در اثر تکه‌تکه شدن، سبب کاهش شدید جمعیت آن در سال‌های اخیر در این نواحی شده است (۶-۵)، به‌همین دلیل اتحادیه جهانی حفاظت از طبیعت و منابع طبیعی بررسی وضعیت و پراکنش آن را در الویت قرار داده است.

بسیاری از فعالیت‌های انسان نظیر کشاورزی، جاده‌سازی و ایجاد سکونتگاه‌های انسانی منجر به نابودی، زوال و یا تکه‌تکه شدن زیستگاه‌های خرس شده است. تجزیه زیستگاه سبب کاهش مساحت و منزوی شدن زیستگاه‌ها می‌شود، در نتیجه جمعیت‌های محلی به زیستگاه‌های کوچک محدود می‌شوند. تکه‌تکه شدن زیستگاه، موفقیت انتشار و پراکنش گونه‌ها را کاهش (۶)، مرگ و میر را افزایش (۷) و تنوع‌ژنتیکی را کاهش داده است (۸ و ۹).

اکنون متخصصان حفاظت، تخریب زیستگاه را معضلی جدی در راه حفاظت از تنوع‌زیستی می‌دانند. بقای گونه‌ها در گرو تامین نیازهای زیستگاهی آن‌ها نظیر آب، غذا و پناه است (۱۰، ۱۱ و ۱۲). بنابراین درک و شناسایی نیازهای زیستگاهی گونه‌ها برای حفاظت از آن‌ها اهمیت دارد. نیاز غذایی خاص خرس‌قهوه‌ای سبب افزایش تعارض میان انسان و این گونه شده و این مهم آسیب‌پذیری آن را بیشتر کرده است (۱۳).

یکی از کارآمدترین روش‌های حفاظت از گونه‌های حیات‌وحش مورد تهدید، نگهداری و حمایت از جمعیت‌های باقی‌مانده آن‌ها در اکوسیستم‌های طبیعی می‌باشد (۱۴). بنابراین برای کاهش تعارضات و حفاظت خرس‌قهوه‌ای، شناسایی و نگهداری از زیستگاه‌های مطلوب بالقوه الویت دارد. لذا بررسی کارایی حوزه آبخیز، نحوه قرارگیری لکه‌های زیستگاهی نسبت به هم و ارتباط میان آن‌ها، یکی از مهم‌ترین اقدامات حمایتی برای بهبود وضعیت حفاظتی گونه و بررسی انعطاف‌پذیری آن به تغییرات وضعیت زیستگاه می‌باشد (۱۵ و ۱۶).

یکی از روش‌های شناسایی زیستگاه‌ها و نیازهای زیستگاهی گونه استفاده از مدل‌های پیش‌بینی توزیع گونه است. مدل‌های مطلوبیت زیستگاه عوامل محیط‌زیستی موثر بر مطلوبیت زیستگاه گونه را شناسایی و مطلوبیت هر بخش از سرزمین را برای گونه تعیین می‌کند (۱۷ و ۱۸). نتایج این مدل‌ها که در قالب نقشه‌های مطلوبیت زیستگاه ارائه می‌شوند کمک بسیاری در تعیین اولویت‌های حفاظتی و افزایش کارآمدی برنامه‌ریزی‌های حفاظتی می‌کند.

در این تحقیق با جمع‌آوری داده‌ها و اطلاعات میدانی مربوط به خرس‌قهوه‌ای (منابع فیزیکی، منابع زیستی و منابع انسان‌ساخت) در حوزه آبخیز ناپشته چای و تحلیل آماری روابط متغیرهای محیط‌زیستی و پراکنش گونه و زیستگاه‌های مطلوب آن با استفاده از روش تعیین و نقشه زیستگاه‌های مطلوب بالقوه گونه پهنه‌بندی شد.

علیرغم اهمیت اقتصادی و اکولوژیک، مطالعات اندکی در مورد خرس‌قهوه‌ای صورت نگرفته است (۴، ۲۵-۱۹).

این گونه مهم‌ترین گونه چتر در حوزه آبخیز ناپشته چای می‌باشد و زیستگاه‌هایی که گونه در آنها حضور دارد تکه‌تکه شده و اطلاعات در مورد نیازهای زیستگاهی گونه، و همچنین

1- Ursus arctos syriacus
2- International Union for Conservation of Nature (IUCN)
3- Least Concern (LC)

www.SID.ir

دانش ما از عوامل محدود کننده پراکنش و اندازه جمعیت محدود است. لذا در این مطالعه سعی شده است زیستگاه‌های بالقوه خرس‌قهوه‌ای با استفاده از روش تحلیل بیشینه آنتروپی[1] پیش‌بینی و متغیرهای محیطی مؤثر بر پراکنش آن تعیین شود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز ناپشته چای با مساحت ۲۶۹۳۱ هکتار در شهرستان کلیبر، استان آذربایجان شرقی در محدوده جغرافیایی "۵۱ '۴۸ ^{o}۴۶ تا "۱۷ '۵۹ ^{o}۴۶ طول شرقی و "۳۰'۴۸ ^{o}۳۸ تا "۲۰ '۵۹ ^{o}۳۸ عرض شمالی واقع شده است (شکل ۱).

حوزه آبخیز ناپشته چای، منطقه‌ای کوهستانی و مرتفع با ارتفاعات، دره‌های عمیق، دامنه‌های بلند و پرشیب، اراضی جنگلی، مراتع علفزاری، کوهستانی و رودخانه است. ارتفاعات این منطقه ادامه رشته کوه‌های قفقاز می‌باشد. سایگرام داغ از مهم‌ترین رشته کوه‌های منطقه به‌شمار می‌رود که در سرتاسر ضلع جنوبی منطقه قرار گرفته است. حداقل ارتفاع در شمال (۵۹۶ متر از سطح دریا)، و بیشترین ارتفاع (۲۷۱۵ متر از سطح دریا)، در جنوب حوزه قرار دارد. ارتفاعات عمده منطقه شامل کوه‌های سایگرام، خدیر، قعله‌بوینی، آغداش، قره‌گونی و شیرنق می‌باشند. این منطقه دارای آب‌های سطحی و رودخانه‌ای فراوان است. چشمه‌های طبیعی متعددی مخصوصا در ارتفاعات در طول سال وجود دارد. در داخل حوزه آبخیز ۱۱ پارچه آبادی با سکنه دائمی و ۵ پارچه آبادی خالی از سکنه قرار دارند.

میانگین سالانه بارندگی این منطقه، از ۳۰۰ میلی‌متر در خروجی حوزه تا ۶۰۰ میلی‌متر در ارتفاعات سایگرام داغی، میانگین سالانه دما از ۲/۳ ^{o}C تا ۱۵ ^{o}C و نوع اقلیم آن براساس ضریب خشکی دمارتن از نیمه‌خشک تا خیلی‌مرطوب متغیر است. این منطقه از نظر توپوگرافی در کل کوهستانی با دره‌های متعدد و پوشیده از درختان جنگلی است. از مهم‌ترین گونه‌های درختی و درختچه‌ای منطقه بلوط، ممرز، کرب، گیلاس وحشی، ارس (آردوج)، زغال‌اخته، کیکم، سیب وحشی، گوجه وحشی، نسترن، ازگیل، گلابی وحشی، گردو، تمشک و زرشک، و از شاخص‌ترین گونه‌های پستاندار منطقه کل و بز، خرس‌قهوه‌ای، گراز و پلنگ را می‌توان نام برد (۲۶).

روش پژوهش

اساس تجزیه و تحلیل به کار برده شده در این تحقیق را روش تحلیل بیشینه آنتروپی تشکیل می‌دهد. بیشینه آنتروپی یک روش یادگیری ماشینی برای پیش‌بینی یا نتیجه‌گیری از اطلاعات ناقص است و مشخص شده که بهترین عملکرد را در میان روش‌های مدل‌سازی مختلف دارد و تنها به داده‌های حضور گونه (نه عدم حضور) و متغیرهای محیط‌زیستی (پیوسته یا گسسته) برای منطقه مورد مطالعه نیاز دارد. در این بررسی از نرم‌افزار MaxEnt (۲۷) برای تعیین مدل مطلوبیت زیستگاه و همچنین از نرم‌افزار ARC GIS10.5 برای ساخت لایه‌های اطلاعاتی و ورود آن‌ها به نرم‌افزار MaxEnt استفاده شد. روش کار مدل، مقایسه ویژگی‌های محیط‌زیستی نقاط حضور گونه با ویژگی‌های محیط‌زیستی منطقه است.

نمونه‌گیری

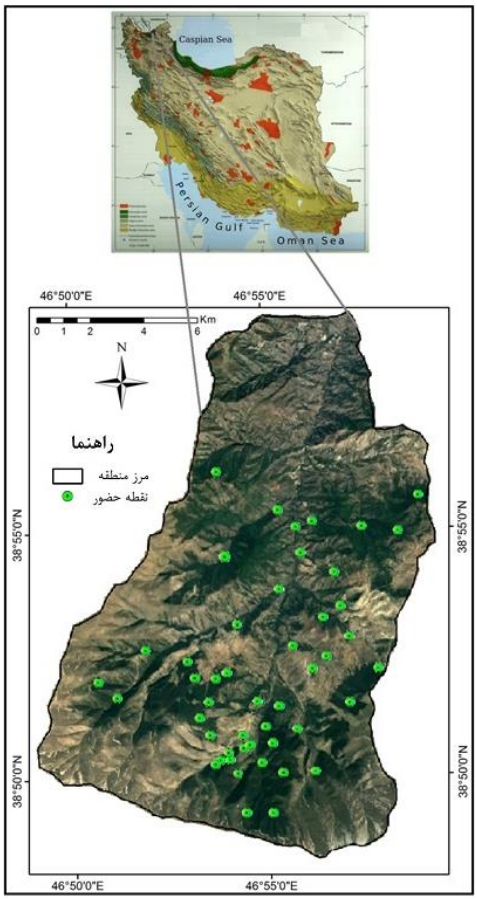
ثبت نقاط حضور گونه، با بازدیدهای میدانی مداوم در محدوده حوزه آبخیز از اوایل پائیز ۱۳۹۴ تا اواخر تابستان ۱۳۹۵ صورت گرفت. در هر بازدید با مشاهده گونه و یا نمایه آن، مختصات جغرافیایی نقطه با استفاده از سیستم موقعیت‌یاب جهانی[2]، به‌عنوان نقطه حضور ثبت گردید. در مجموع ۴۸ نقطه حضور (۱۱ نقطه مشاهده مستقیم و ۳۷ نقطه مشاهده نمایه) قابل استفاده در نرم‌افزار در طول تحقیق ثبت شد (شکل ۱).

1- Maximum Entropy (MaxEnt)

2- Global Positioning System (GPS)

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱- پراکنش نقاط حضور خرس‌قهوه‌ای در منطقه

Figure 1. Distribution of recorded brown bear presence

متغیرهای محیط‌زیستی

زیستگاه مکانی است که امکانات زیستی را برای گونه تامین می‌کند (۲۸). به‌عبارت دیگر، زیستگاه ترکیبی از پدیده‌های فیزیکی و بیوفیزیکی، زمین‌شناسی، اقلیم، نوع خاک و ویژگی‌های توپوگرافی است (۲۹). خصوصیات پستی و بلندی و توپوگرافی منطقه مهم‌ترین عواملی هستند که بر روی متغیرهای زیستی زیستگاه اثرگذار می‌باشند. بنابراین عوامل کلیدی که در پژوهش‌های مرتبط با پراکنش گونه و مطالعات مطلوبیت زیستگاهی گونه باید مدنظر قرار گیرند، خصوصیات فیزیکی و زیستی منطقه می‌باشند (۳۰). برای شناسایی متغیرهای محیط‌زیستی تاثیرگذار بر انتخاب زیستگاه گونه با مرور مطالعات انجام شده بر روی رفتار و تعامل گونه با زیستگاه (۲۴-۲۰) و بررسی‌های میدانی براساس حضور مداوم در حوزه آبخیز، مجموعه عواملی که در تامین نیازهای زیستگاهی گونه تاثیرگذار هستند، تعیین شدند. متغیرهای مستقل محیط‌زیستی که در این پژوهش انتخاب و مورد مطالعه قرار گرفتند، شامل طبقات درصد شیب، طبقات جهات جغرافیایی، طبقات ارتفاع از سطح دریا، کاربری‌های فعلی (جنگل، مرتع و زراعت دیم)، اقلیم، منابع آبی و متغیرهای توسعه انسانی نظیر روستاها و جاده‌ها هستند.

نقشه طبقات درصد شیب، طبقات ارتفاع و دامنه جغرافیایی با استفاده از نرم‌افزار سامانه اطلاعات جغرافیایی و نقشه رقومی ارتفاع منطقه با اندازه سلول ۳۰×۳۰ متر تهیه شد.

نقشه کاربری اراضی (جنگل، مرتع و اراضی زراعی) با بررسی‌های میدانی و تصاویر ماهواره‌ای تهیه شد.

یکی از عوامل عمده و موثر بر رشد و ترکیب پوشش‌گیاهی و حیات‌وحش یک منطقه، اقلیم است و نوع اقلیم در پراکنش و انتخاب زیستگاه توسط گونه‌های مختلف حیات‌وحش از اهمیت خاصی برخوردار است. برای تهیه نقشه طبقه‌بندی اقلیمی در منطقه مورد مطالعه از اطلاعات و آمار ایستگاه‌های هواشناسی استفاده شد و اقلیم منطقه با عنایت به طبقه‌بندی دمارتن از اقلیم نیمه‌خشک تا خیلی‌مرطوب نوسان دارد.

لایه‌های اطلاعاتی تمام متغیرها پس از رقومی‌سازی با اندازه سلول ۳۰×۳۰ متر به نقشه‌های رستری تبدیل شدند. تمامی متغیرها (از جمله طبقات دامنه، کاربری‌ها) به متغیرهای فاصله‌ای تبدیل شدند و بدین صورت کمی شدند.

برای هر یک از تیپ‌های تراکم پوشش درختی نیز نقشه فاصله تا نزدیک‌ترین تیپ تراکم پوشش درختی محاسبه و در تحلیل‌ها وارد شد. نقشه تراکم پوشش درختی در سه طبقه تراکم ضعیف، تراکم متوسط و تراکم زیاد تهیه شد. برای مطالعه نقش منابع آب در مطلوبیت زیستگاه، تنها موقعیت منابع آبی دایمی (رودخانه‌های دایمی) در محاسبات وارد شد و نقشه فاصله از نزدیک‌ترین منبع آبی محاسبه گردید. با استفاده از نقشه موقعیت منابع انسانی (روستا و جاده‌ها) نقشه فاصله تا نزدیک‌ترین روستای خالی‌ازسکنه، فاصله تا نزدیک‌ترین روستای

www.SID.ir

با سکنه و فاصله تا نزدیک‌ترین جاده خاکی و جاده آسفالت تهیه شد.

همبستگی متغیرهای محیط‌زیستی بررسی شد تا تنها متغیرهایی که همبستگی کمتر از ۷۰٪ دارند در تحلیل وارد شوند. زیرا حضور متغیرهای با همبستگی بیش از ۷۰٪ در تحلیل‌ها می‌تواند منجر به برازش بیش از حد مدل و بروز مشکلاتی در تفسیر نتایج شود (۳۱). با این‌که مدل MaxEnt نسبت به مدل‌های مشابه حساسیت کمتری به همبستگی میان متغیرهای محیطی دارد (۳۲)، اما توصیه شده است در صورت وجود متغیرهایی با ضریب همبستگی بیش از ۷۰٪ یکی از متغیرها حذف شود (۲۴). تحلیل یادشده در نرم‌افزار ARC GIS10.5 از تحلیل‌گر Band Collection Statistic که جزء تحلیل‌گرهای چندمتغیره[1] محسوب می‌شود، صورت گرفت.

مدل‌سازی بیشینه آنتروپی با استفاده از نرم‌افزار MaxEnt

مدل‌سازی زیستگاه‌های مطلوب گونه با استفاده از نرم‌افزار MaxEnt صورت گرفت. در تحقیق حاضر ۷۰٪ نقاط حضور به‌صورت تصادفی برای آموزش مدل و ۳۰٪ باقی‌مانده به‌عنوان نقاط آزمون برای ارزیابی نتایج مدل استفاده شد (۳۳). برای مشخص کردن آستانه زیستگاه‌های مطلوب و نامطلوب از آستانه ۱۰٪ حضور آموزشی استفاده شد. تعداد نقاط پس‌زمینه که نرم‌افزار به جای نقاط عدم‌حضورکاذب از آن استفاده می‌کند، به‌صورت تصادفی ۱۰۰۰۰۰ نقطه به‌عنوان عدم‌حضور به‌منظور محاسبه خطای ارتکاب[2] انتخاب شد. برای اجرای مدل نهایی از تکرار bootstrap به تعداد ۲ بار، میزان تنظیم برابر با ۱، استفاده شد (۳۳).

برای ارزیابی نتایج مدل از سطح زیرمنحنی[3] در تحلیل منحنی ویژگی عامل دریافت کننده[4] استفاده شد (۳۴). نمودار ROC در واقع صحت حضور پیش‌بینی شده[5] را در مقابل صحت عدم‌حضور پیش‌بینی شده[6] نشان می‌دهد. سطح زیرمنحنی برابر با ۰/۵ بیان کننده تصادفی بودن مدل و هرچه این مقدار به ۱ نزدیکتر باشد، میزان قدرت تشخیص نقاط حضور از عدم‌حضور بیشتر خواهد شد. اگر مقدار سطح زیر منحنی بین ۰/۷ تا ۰/۸ باشد، یک مدل خوب فرض می‌شود، اگر بین ۰/۸ تا ۰/۹ باشد، مدل عالی و چنانچه سطح زیر منحنی بیش از ۰/۹ باشد، قدرت تشخیص مدل بسیار عالی در نظر گرفته می‌شود (۳۴).

برای تعیین اهمیت هر یک از متغیرهای موجود در مدل از آماره‌های محاسبه شده توسط نرم‌افزار که سهم هر متغیر در مدل (۳۵)، منحنی‌های پاسخ متغیرها برای مدل تک متغیره و آزمون جک‌نایف[7] برای ارزیابی تغییرات AUC هنگام حذف هر متغیر استفاده شد(۳۶).

محاسبه مطلوبیت زیستگاه

نقشه مطلوبیت زیستگاه دامنه‌ای از مطلوبیت را برای زیستگاه ارائه می‌کند. نقشه به‌صورت پیوسته و از ۰ تا ۱ می‌باشد. ۱ نشان‌دهنده مطلوبیت بالا و ۰ نشان‌دهنده مطلوبیت پایین است. یک تصمیم کلیدی در انتخاب زیستگاه مطلوب و نامطلوب انتخاب آستانه است (۳۷). بدین منظور با استفاده از آستانه مطلوبیت [8] این‌گونه نقشه‌ها طبقه‌بندی شده و نقشه‌ای به‌دست آمد که سطح زیستگاه را به دو طبقه مطلوب و نامطلوب طبقه‌بندی کرد.

نتایج

مطابق جدول محاسبه شده در نرم‌افزار MaxEnt، مهم‌ترین متغیر در انتخاب زیستگاه در حوزه آبخیز ناپشته چای، فاصله از جنگل متراکم است که ۲۳/۸٪ مشارکت داشته و از نظر اهمیت ترتیب ۰/۴٪، تاثیر دارد. دومین متغیر، فاصله از دامنه شمالی است که میزان مشارکت آن ۲۰/۱٪ و اهمیت ترتیب ۴/۷٪ می‌باشد. به همین ترتیب، متغیرهای فاصله از مرتع، فاصله از جاده خاکی، فاصله از اراضی دیم، فاصله از منابع آب در تعیین مدل مشارکت داشتند (جدول۱).

1- Multivariate
2- commission error
3- Area Under the Curve (AUC)
4- Receiver operating characteristic (ROC)
5- sensitivity
6- 1-specificity
7- Jackknife
8- Suitability threshold

www.SID.ir

Archive of SID

خلاصه نتایج مدل تهیه شده برای خرس‌قهوه‌ای در حوزه آبخیز ناپشته چای و نقشه حضور بالقوه آن براساس ۷۰٪ داده‌های حضور به‌کار گرفته شده در جدول ۱ ارایه شده است. به‌علاوه سهم هر یک از متغیرها در توسعه مدل توسط آزمون جک‌نایف در شکل۲ مشهود است. فاصله تا مناطق با جنگل متراکم، متغیری است که با حذف آن بیشترین کاهش در AUC رخ می‌دهد. به‌علاوه در حالت مدل تنها براساس وجود یک متغیر، مهم‌ترین متغیر فاصله تا مناطق با جنگل متراکم است که می‌تواند AUC بیش از ۰/۸۲ را ایجاد نماید. نتایج ارزیابی مدل با استفاده از سطح زیر منحنی ROC نشان داد مدل تهیه شده در هر دو حالت تهیه و آزمون مدل از حالت تصادفی پیش بینی خیلی بهتری دارد. در این مدل که سطح زیر منحنی ROC در حالت تهیه مدل برابر ۰/۹۷۰ و آزمون مدل برابر۰/۸۷۰، نشان‌دهنده قدرت تشخیص بسیار عالی می‌باشد (شکل ۳).

همان‌طوری‌که در شکل ۴ تعدادی از منحنی‌های پاسخ گونه به متغیرها مشهود است، با کاهش فاصله از این متغیرها (ارتفاع۱۴۰۰-۱۰۰۰ متر از سطح دریا، ارتفاع۱۷۰۰-۱۴۰۰ متر از سطح دریا، ارتفاع۲۱۰۰-۱۷۰۰ متر از سطح دریا، دامنه‌های غربی و شمالی، شیب ۳۰-۱۰٪، شیب ۶۰-۳۰٪، جنگل متراکم، اقلیم نیمه‌مرطوب و منابع آب) بر کیفیت زیستگاه گونه افزوده شده و حضور این متغیرها برای گونه جاذب می‌باشد.

نقشه تولید شده براساس نرم‌افزار مکسنت با توجه به مقدار آستانه حاصل از مدل (۰/۰۸)، به دو کلاس مطلوب و نامطلوب طبقه‌بندی شد که مقادیر بالای آستانه بیانگر زیستگاه مطلوب و مقادیر پایین‌تر از آستانه، بیانگر زیستگاه نامطلوب می‌باشد. بدین ترتیب ۲۴/۴٪ وسعت زیستگاه‌های حوزه آبخیز ناپشته چای مطلوب تعیین گردید.

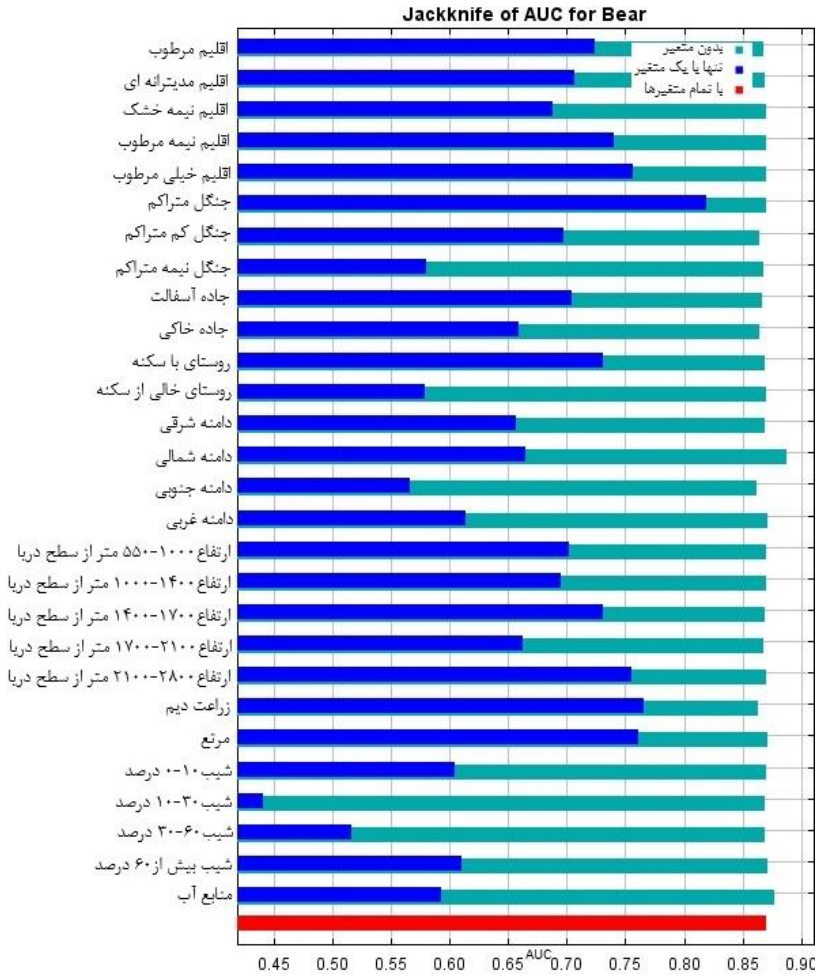
جدول ۱- درصد سهم نسبی متغیرهای مورد استفاده در پراکنش خرس‌قهوه‌ای

Table 1. Percent of contribution of environmental factors on the distribution of brown bear

فاصله تا متغیر	میزان مشارکت متغیرها (درصد)	اهمیت ترتیب متغیرها (درصد)
جنگل متراکم	۲۳/۸	۰/۴
دامنه شمالی	۲۰/۱	۴/۷
مرتع	۹/۴	۹/۷
جاده خاکی	۷/۸	۲۳/۶
زراعت دیم	۵/۶	۷/۶
منابع آب	۵/۳	۴/۶
روستای باسکنه	۳/۷	۱/۴
دامنه جنوبی	۳/۵	۴/۸
جنگل کم‌تراکم	۳/۲	۷/۷
اقلیم مرطوب	۲/۵	۳/۸
جاده آسفالت	۲/۳	۰/۴
شیب بیش از۶۰٪	۲/۰	۱/۵
اقلیم نیمه‌مرطوب	۱/۹	۰/۱
روستای خالی‌ازسکنه	۱/۳	۰/۰
جنگل نیمه‌متراکم	۱/۳	۳/۸

www.SID.ir

دامنه غربی	۱/۲	۵/۰
شیب ۱۰-۰٪	۱/۰	۰/۵
ارتفاع ۱۷۰۰-۱۴۰۰ متر از سطح دریا	۰/۹	۵/۶
اقلیم نیمه‌خشک	۰/۸	۰/۵
شیب ۶۰-۳۰٪	۰/۸	۰/۶
دامنه شرقی	۰/۶	۰/۴
اقلیم مدیترانه‌ای	۰/۴	۶/۲
شیب ۳۰-۱۰٪	۰/۳	۰/۷
ارتفاع ۲۸۰۰-۲۱۰۰ متر از سطح دریا	۰/۲	۲/۶
ارتفاع ۲۱۰۰-۱۷۰۰ متر از سطح دریا	۰/۱	۳/۲
ارتفاع ۱۴۰۰-۱۰۰۰ متر از سطح دریا	۰/۱	۰/۳
اقلیم خیلی‌مرطوب	۰/۰	۰/۳
ارتفاع ۱۰۰۰-۵۵۰ متر از سطح دریا	۰/۰	۰/۰

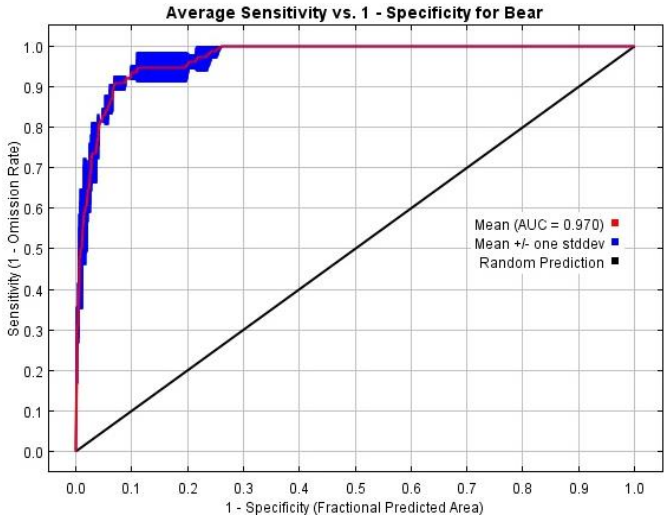


شکل ۲- نمودار نتایج آزمون جک‌نایف در تعیین اهمیت متغیرها برای خرس‌قهوه‌ای

Figure 2. Jackknife test of variable importance of brown bear

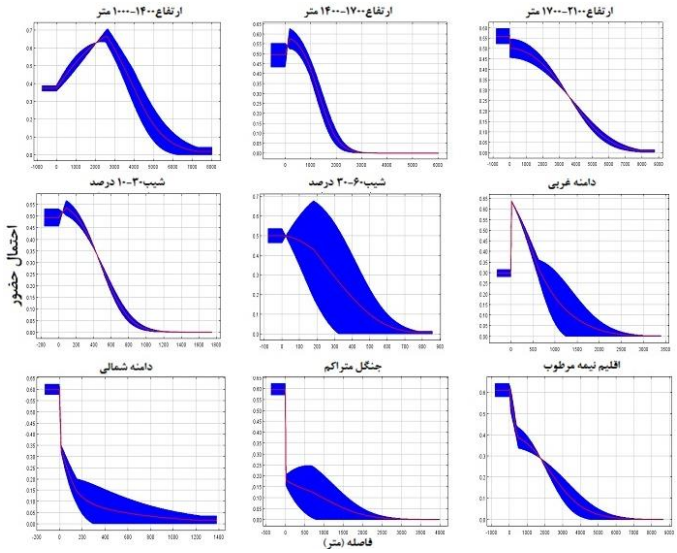
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳- منحنی ROC و مقدار AUC مدل پراکنش خرس‌قهوه‌ای

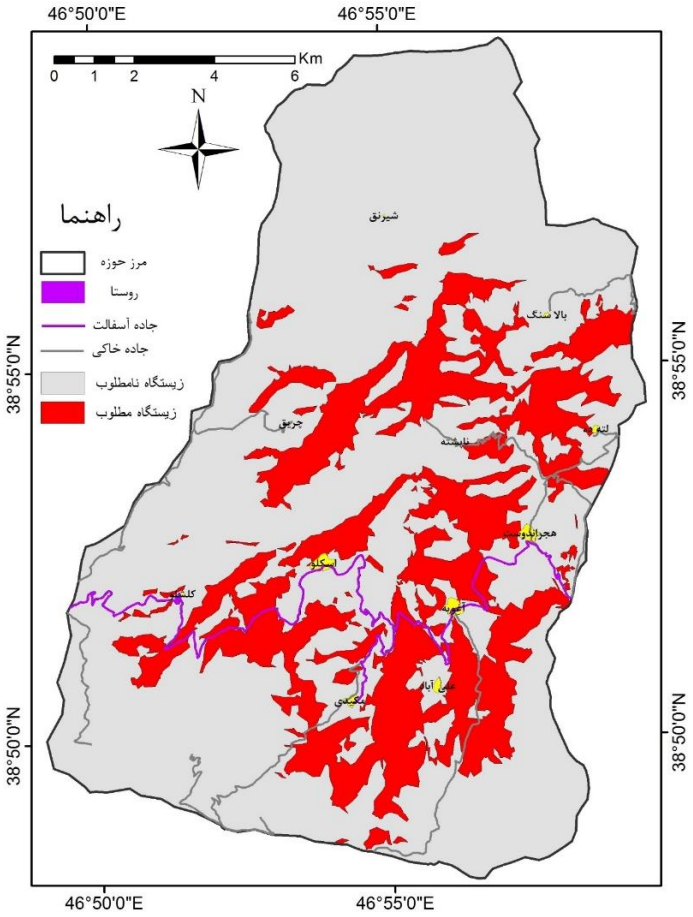
Figure 3. ROC curve and AUC value model for the distribution of brown bear



شکل ۴- منحنی‌های پاسخ گونه به متغیرها در حوزه آبخیز ناپشته چای

Figure 4. Response curve of species to variables in Naposhteh-Chai watershed

www.SID.ir



شکل ۵- نقشه پراکنش زیستگاه‌های مطلوب و نامطلوب پیش‌بینی شده خرس‌قهوه‌ای در حوزه آبخیز ناپشته چای

Figure 5. Classified habitat suitability map for the brown bear in Naposhteh-Chai watershed

بحث و نتیجه‌گیری

مدل محاسبه شده پراکنش خرس‌قهوه‌ای را در محدوده حوزه آبخیز براساس سطح زیر منحنی ROC (۰/۹۷۰) بسیار عالی پیش‌بینی کرد و این نشان دهنده اعتبار بالای پیش‌بینی‌های انجام شده توسط مدل و در نتیجه قابلیت استفاده از آن‌ها در تصمیمات مدیریتی و حفاظتی گونه در منطقه است.

این تحقیق نشان داد ۶۵۷۱ هکتار (۲۴/۴٪) از وسعت حوزه آبخیز به‌عنوان زیستگاه مطلوب برای خرس‌قهوه‌ای محسوب می‌شود. این مهم نشان‌دهنده آن است که هنوز محدوده مورد نظر یکی از زیستگاه‌های بکر در شمال غربی کشور به‌شمار می‌رود. زیستگاه‌های مطلوب گونه بیشتر در مناطق مرکزی حوزه آبخیز و در محدوده مناطق جنگلی مکیدی، اسکلو، هجراندوست، ناپشته، بالاسنگ قرار داشته و از یکپارچگی بیشتری برخوردار است(شکل ۵). زیستگاه‌های یادشده بیشتر در مناطق با اقلیم نیمه‌مرطوب و مرطوب، مناطق جنگلی متراکم، دره‌های پوشیده از تمشک‌زار و درختان میوه جنگلی (گردو، گوجه سبز، ازگیل) و کشتزارها (یونجه‌زار، اراضی زراعی گندم، جو و لوبیا) قرار دارند، این نتایج مشابه نتایج غلامحسینی و همکاران، ۱۳۸۹؛ عبیداوی و همکاران، ۱۳۹۵ و همامی و همکاران، ۱۳۹۴ است (۱۹، ۲۴ و ۲۵)، همچنین جهات جغرافیایی، طبقات درصد شیب و طبقات ارتفاع از سطح دریا از متغیرهای تعیین کننده انتخاب زیستگاه توسط خرس‌قهوه‌ای در حوزه آبخیز ناپشته چای محسوب می‌شوند.

نتایج این پژوهش نشان داد که با کاهش فاصله از منابع آبی مطلوبیت زیستگاه افزایش می‌یابد. این همبستگی با توجه به واقع شدن درختان و درختچه‌های میوه (تمشک، گردو، گوجه سبز) توجیهپذیر است. وجود آب جاری (رودخانه دائمی) در

www.SID.ir

Archive of SID

زیستگاه‌ها، مطلوبیت زیستگاه را بالا برده و زیستگاه فاقد آب دائمی هر چند سایر نیازهای زیستگاهی در آن وجود داشته باشدکمتر مورد استفاده قرار می‌گیرد. در سواحل رودخانه‌های دارای آب دایمی درختان و درختچه‌های مثمر همچون گردو، گوجه‌سبز، زرشک، ازگیل، تمشک زیاد بوده و در نتیجه در فصولی که میوه‌های این گونه‌های گیاهی رسیده باشند خرس جهت تغذیه از آن‌ها بیشتر در این مناطق دیده می‌شود، این نتایج مشابه دستاورد نظامی بلوچی ۱۳۹۳ است (۲۰).

نوع کاربری اراضی و فعالیت‌های انسانی همیشه نقش تعیین کننده‌ای در تغییرات محیط‌زیست ایفا می‌کند. در بسیاری از موارد، مکان‌گزینی این کاربری‌ها به اندازه‌ای نامناسب بوده که باعث ایجاد نابسامانی‌ها و اختلال در زیستگاه‌های طبیعی شده است. یکی از این مکان‌گزینی‌ها، راه‌های ارتباطی و گردشگری است که کوچک‌ترین بی‌توجهی در مطالعات و بررسی دورنمای آن، سبب به خطر افتادن حیات‌وحش می‌گردد. در محدوده مورد بررسی، جاده‌ها نقش زیادی در انتخاب زیستگاه توسط خرس دارد، به‌طوری‌که حضور گونه با فاصله گرفتن از جاده بیشتر می‌شود. در جاده ها عبور و مرور وسایط نقلیه از یک طرف باعث آلودگی‌های صوتی و از طرفی حضور شکارچیان و متخلفان را آسان نموده و گونه از استقرار مداوم در مجاورت این نواحی دوری می‌کند، این دستاورد مشابه نتیجه عطایی و همکاران، ۱۳۹۱است (۲۱).

نتایج این پژوهش نشان داد که با کاهش فاصله از روستاها مطلوبیت زیستگاه افزایش می‌یابد. این وابستگی با توجه به واقع شدن اراضی زراعی (گندم، جو، لوبیا و یونجه) در کنار روستاها و علاقه شدید خرس به این محصولات زراعی شب هنگام جهت تغذیه از محصولات بالا مخصوصا لوبیا سبز به این مناطق وارد شده و نزدیکی‌های صبح به پناهگاه خود مراجعت می‌نماید. به‌علاوه زیستگاه مطلوب خرس در منطقه، بیشتر در محدوده ارتفاعی ۲۱۰۰- ۱۴۰۰ متر از سطح دریا، مناطق با شیب ۶۰-۱۰٪، در مناطق با حضور پوشش جنگلی متراکم (۲۴)، نزدیک منابع آب (رودخانه‌ها) قرار دارد، این دستاورد مشابه نتایج غلامحسینی و همکاران، ۱۳۸۹؛ عطایی و همکاران، ۱۳۹۱ و همامی و همکاران، ۱۳۹۴ است (۱۹، ۲۱ و ۲۴).

در کل مقایسه نتایج این پژوهش با نتایج مطالعات انجام شده نشان‌دهنده این نکته مهم است، با این‌که شرایط محیط‌زیستی (متغیرهای محیط‌زیستی و متغیرهای انسانی) در مناطق مورد مطالعه متفاوت می‌باشد، ولی در کل خرس‌قهوه‌ای مناطق جنگلی متراکم با اقلیم نیمه‌مرطوب و دور از جاده‌ها را نسبت به سایر زیستگاه‌ها ترجیح می‌دهد، به شرط این‌که سایر متغیرها از جمله منبع آب نیز در کنار آن‌ها موجود باشد.

خرس‌قهوه‌ای با توجه به موقعیت خود در راس هرم غذایی نقش اکولوژیک مهمی را بازی می‌کند. بنابراین، کاهش جمعیت و کاهش زیستگاه‌های گونه، سبب تغییرات منفی ساختاری تنوع‌زیستی و تاثیر بر عملکرد اکوسیستم (۲۴) می‌شود. این تحقیق زیستگاه‌های مطلوب خرس‌قهوه‌ای را در منطقه مشخص کرد و پارامترهای تاثیرگذار بر پراکنش گونه را تعیین نمود. با توجه به روند توسعه در منطقه، اولا خرس‌قهوه‌ای از جمله گونه‌هایی است که از نظر جمعیت و محدوده پراکنش در ایران، دچار کاهش شدیدی شده است، ثانیا کاهش جمعیت خرس قهوه‌ای به‌عنوان یک گونه چتر بدون تردید پیامدهای ناگواری را در منطقه به‌همراه خواهد داشت. بنابراین حفاظت بیشتر از زیستگاه‌های مطلوب گونه و پیشگیری از تخریب آن‌ها به‌ویژه از طریق توسعه پیشنهاد می‌شود.

با توجه به شرایط زیستگاهی خرس‌قهوه‌ای در منطقه، احتمال جابجایی و پراکنش آن به خارج از منطقه وجود دارد. بنابراین نتایج این تحقیق زمینه‌ای برای مطالعات تکمیلی به‌ویژه تعیین کریدورها و مسیرهای مطلوب جابجایی گونه را فراهم نموده است. پیشنهاد می‌شود در مطالعات بعدی، زیستگاه‌های خارج از حوزه به‌ویژه حوزه آبخیز ایلگنه چای مورد بررسی قرار گیرد.

Reference

1. Ziaie, H. 2008. A field guide to the mammals of Iran. Tehran: Department of the Environment. (In Persian).
2. IUCN. 2017. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2017.1.

www.SID.ir

<www.iucnredlist.org>. Downloaded on 28 August 2017.

3. Imani, J., Kaboli, M., Ahmadi, M., Khosravi, R., and Nazarizadeh, A. 2016. Morphometric variation in the skull of Brown Bear in Alborz and Zagros mountains. Journal of Applied Biology, 29(2): 5–22. (In Persian).
4. Nawaz, M. A. 2007. Status of the brown bear in Pakistan. Ursus 18 – Suring L.H. and G. Del Frate. 2002. Spatial analysis of locations of brown bears killed in defense of life or property on the Kenai Peninsula, Alaska, USA. Ursus. 13:237- 245.
5. McLellan, B.N., Servheen, C., and Huber, D. 2008. *Ursus arctos*. In: IUCN 2009.
6. Gibbs, J.P. 1998. Amphibian movements in response to forest edges, roads, and streambeds in southern New England Journal of Wildlife Management. 62, pp: 584–589.
7. Fahrig, L., and Merriam, G. 1985. Habitat patch connectivity and population survival. Ecology 66, pp: 1762–1768.
8. Reh, W., and Seitz, A. 1990. The influence of land use on the genetic structure of populations of the common frog (*Rana temporaria*). Biological Conservation, 54, pp: 239–249.
9. Wilson, P.J., and Provan, J. 2003. Effect of habitat fragmentation on levels and patterns of genetic diversity in natural populations of peat moss *Polytrichum commone*. Proceedings of the Royal Society Series B: Biological Sciences, 270, pp: 881–886.
10. Ceballos, G., and Ehrlich, P. R. 2002. Mammal population losses and the extinction crisis. Science 296, pp: 904–907.
11. Geoffrey, M., Carter. Eric D Stolen., and David R. Breininger. 2006. A rapid approach to modeling species-habitat relationships. Biological Conservation. Vol. 127, no. 2, pp: 237-244.
12. Swanepoel, L. H., Lindesy, P., Somers, M. J., Hoven, W., and Dalerum, W. 2013. Extent and fragmentation of suitable leopard habitat in South Africa. 16, pp: 41-50.
13. Ripple, W.J., Estes, J.A., Beschta, R.L., Wilmers, C.C., Ritchie, E.G., Hebblewhite, M., Berger, J., Elmhagen, B., Letnic, M., Nelson, M.P., Schmitz, O.J., Smith, D.W., Wallach, A.D., and Wirsing, A.J. 2014. Status and ecological effects of the world's largest carnivores. Science 343:151.
14. Maiorano, L., Falcucci, A., and Boitani, L. 2006. Gap analysis of terrestrial vertebrates in Italy: priorities for conservation planning in a human dominated landscape. Biol. Conserv. 133, pp: 455-473.
15. Rabinowitz, A., and Zeller, K.A. 2010. A range-wide model of landscape connectivity and conservation for the jaguar, *Panthera onca*. Biol Conserv 143, pp: 939–945.
16. Morato, R.G., Ferraz, K.M.P.Md.B., de Paula R.C., and Campos, C.Bd. 2014. Identification of Priority Conservation Areas and Potential Corridors for Jaguars in the Caatinga Biome. Brazil. PLoS One 9, e92950.
17. Brito, J.C., Acosta, A.L., Álvares, F., and Cuzin, F. 2009. Biogeography and conservation of taxa from remote regions: An application of ecological-niche based models and GIS to North-African canids. Biological Conservation. 142, pp: 3020-3029.

www.SID.ir

Archive of SID

18. Parra-Quijano, M., Iriondo, J.M., and Torres, E. 2012. Improving representativeness of genebank collections through species distribution models, gap analysis and ecogeographical maps. Biodivers Conserv, 21, pp: 79–96.
19. Gholamhosseini, A., Esmaeili, H.R., Ahani, H., Teimory, A., Ebrahimi, M., Kami, H.Gh., and Zohrabi, H. 2010. Study of topography and climate effects on brown bear *Ursus arctos* (Linneaus, 1758): Carnivora, Ursidae distribution in south of Iran with use of Geographic Information System (GIS). Iranian Journal of Biology; 23, 2: 215-233. (In Persian).
20. Nezami, B. 2014. Seasonal food habits of brown bear (*Ursus arctos syriacus* Linnaeus, 1758) in Central Alborz Protected Area. Taxonomy and Biosystematics, 6(19): 36–27. (In Persian).
21. Ataie, F., Karami, M., and Kaboli, M. 2009. Summer Habitat Suitability for Brown Bear (*Ursus arctos syriacus*) in Southern Alborz Protected Area. Natural Environment Journal; 65 (2): 235-245. (In Persian).
22. Moradi, H. 2013. Evaluation of Land Use Effects on suitability habitat of Brown Bear in Alborz Maekazi Protected Area. Master Thesis, Isfahan University of Technology, Faculty of Natural Resources. (In Persian).
23. Zarei, A.A., Abedi, S., Mahmoudi, M., and Peyravi Lati, Sh. 2016. Assessment of Brown Bear's (Ursus arctos syriacus) Winter Habitat Using Geographically Weighted Regression and Generalized Linear Model in South of Iran. Iranian Journal of Applied Ecology, 4(14): 75–88. (In Persian).
24. Hemami, M.R., Esmaeili, S., and Soffianian, A.R. 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. (In Persian).
25. Obeidavi, Z., Rangzan, K., Mirzaei, R., and Kabolizade, M. 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 Persian).
26. Sarhangzadeh, J., and Makhdoum, M. F. 2003. Land use planning of Arasbaran protected area. Journal of Envronmental studies, 28(30): 31–42. (In Persian).
27. Phillips, S.J., Anderson, R.P., and Schapire, R.E. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. Modelling 190, pp: 231-259.
28. Bailey, J.A. 1984. Principles of wildlife management. New York, NY: John Wiley and Sons. 373 p.
29. Caughley, G. and Sinclair, A.R.E. 1994. Wildlife Ecology and Management. Blackwell Science, Oxford, UK. 334 p.
30. Beauvais, G.P., Keinath D.A., Hernandez P., Master L., and Thurston, R. 2006. Element Distribution Modeling. University of Wyoming.42 p.
31. Peterson, A. T., Papes, M., and Eaton, M. 2007. Transferability and model evaluation in ecological niche

www.SID.ir

modeling: A comparison of GARP and Maxent. 30, pp: 550-560.

32. Phillips, S.J., Dudik, M., Elith, J., Graham, C.H., Lehmann, A., Leathwick, J., and Ferrier, S. 2009. Sample selection bias and presence-only distribution models: implications for background and pseudo-absence data. Ecological Applications 19, pp: 181-197.
33. Phillipes, S.J., Dudík, M., and Schapire, R.E. 2004. A maximum entropy approach to species distribution modeling. In Proceedings of the 21st International Conference on Machine Learning. ACM Press: New York, NY, USA, pp: 655–662.
34. Doco, T. 2007. Modeling of species geographic distribution for assessing present needs for the ecological networks: case study of Fuji region and Tanzawa region, Japan. Degree of Master. International Institue for Geo-Information Science and Earth Observation Enschede. 1-112.
35. Phillipes, S. J. 2012. A brief tutorial on Maxent, versions: 3.3.3. Available online: http://www.cs. princeton.edu /~schapire/maxent/.
36. Yost, A. C., Petersen, S. L., Gregg, M., and Miller, R. 2008. Predictive modeling and mapping sage grouse (*Centrocercus urophasianus*) nesting habitat using Maximum Entropy and a long-term dataset from Southern Oregon. Ecol. Inform.3, pp: 375–386.
37. Gormley, A., Forsyth, D., Griffioen, P., Lindeman, M., Ramsey, D., Scroggie, M., and Woodford, L. 2011. Using presence-only and presence-absence data to estimate the current and potential distributions of established invasive species. Journal of Applied Ecology, 48, pp: 25–34.

www.SID.ir