Archive of SID

مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه کل و بز (*Capra aegagrus*) در منطقه حفاظت‌شده دنا با استفاده از الگوریتم آنتروپی بیشینه (MAXENT)

- **میرمهرداد میرسنجری***: گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه ملایر
- **فرنگیس سخنگو**: گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه ملایر

تاریخ دریافت: خرداد ۱۳۹۶ تاریخ پذیرش: شهریور ۱۳۹۶

چکیده

آگاهی از عوامل مؤثر بر مطلوبیت زیستگاه گونه‌ها و محدوده پراکنش زیستگاه‌های مطلوب اهمیت اساسی در برنامه‌ریزی به‌منظور مدیریت و حفاظت گونه‌های حیات‌وحش دارد. کل و بز به‌عنوان شاخص‌ترین پستاندار مناطق کوهستانی ایران است که در بسیاری از مناطق کوهستانی ایران پراکنش دارد. منطقه حفاظت‌شده دنا با وسعتی معادل ۹۳۸۲۰ هکتار در ۳۶ کیلومتری شهر یاسوج مرکز استان کهگیلویه و بویراحمد قرار داردکل و بز گونه شاخص منطقه دنا می‌باشد. هدف از مطالعه موردنظر بررسی وضعیت پراکنشی کل و بز در منطقه دنا و دنای شرقی است. داده‌های نقاط حضور گونه درفصل بهار جمع‌آوری به‌صورت تصادفی و به دودسته تعلیمی (Training data) و آزمون (Test data) تقسیم شدند. سپس متغیرهای زیستگاهی دیگر وارد مدل MaxEnt شدند. نتایج حساسیت‌سنجی جک نایف مشخص کرد که فاصله از مناطق‌صخره‌ای، فاصله از جنگل و زبری مهم‌ترین متغیرهای مؤثر در مطلوبیت زیستگاه هستند نتایج مطالعه نشان داد که زیستگاه مطلوب گونه در مناطق صخره‌ای دور از مناطق انسان‌ساخت قرار دارد و گونه به مناطق با پوشش گیاهی کم‌تراکم، دارای پستی بلندی زیاد تمایل دارد.

کلمات کلیدی: کل و بز، مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه، دنا، MAXENT

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: Mehrdadmirsanjari@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

آگاهی از نیازهای زیستگاهی گونه‌ها برای مدیریت آن‌ها ضروری است. امروزه تخریب و نابودی زیستگاه‌های طبیعی به‌دلیل فعالیت‌های انسانی یکی از مهم‌ترین عوامل تهدیدکننده تداوم حیات گونه‌ها است. قطعه‌قطعه‌شدن زیستگاه‌ها از تأثیرات منفی بالقوه‌ای را برای گونه‌های ساکن در این مناطق به‌همراه دارد، از جمله باعث محصور شدن جمعیت‌ها و عدم امکان تبادل ژنی بین جمعیت‌ها می‌شود (Malekian، ۲۰۰۷). کل و بز (Capra aegagrus) از راسته زوج‌سمان و از خانواده گاوسانان است. زیستگاه این‌گونه از صخره‌های ساحلی تا ارتفاع ۴۰۰۰ متری است. این‌گونه پراکندگی وسیع داشته و در تمام مناطق کوهستانی کشور که آب و امنیت کافی دارد مشاهده می‌گردد. کل و بز گونه‌ای روز فعال است که ازجمله عواملی که باعث تهدید این‌گونه در منطقه حفاظت‌شده دنا می‌شود شکار بی‌رویه آن و از بین رفتن زیستگاه در منطقه موردمطالعه است و دشمن طبیعی آن پلنگ و گرگ است (بهمن‌پور، ۱۳۹۴). طبق طبقه‌بندی حفاظتی براساس فهرست سرخ IUCN گونه‌ای آسیب‌پذیر است (ضیایی، ۱۳۸۷). کل و بز به‌عنوان تنها گونه گیاه‌خوار زیستا در مناطق صخره‌ای و صعب‌العبور نقش مهمی در تأثیرگذاری در ساختار و ترکیب گونه‌های گیاهی این مناطق و چرخه مواد غذایی دارد (Bagchi و همکاران، ۲۰۱۰). مدل‌سازی پیش‌بینی توزیع گونه‌ها یک ابزار مهم در بوم‌شناسی و زیست‌شناسی حفاظت‌بوده که قابلیت کاربرد در برنامه‌ریزی حفاظت، تکامل، مدیریت گونه‌ها یا برطرف کردن تضاد میان انسان و حیات‌وحش و سایر موارد رادار است (Hirzel و همکاران، ۲۰۰۱). مدل‌های زیستگاهی بر پایه حضور و عدم حضور اطلاعاتی را در مورد ترجیحات زیستگاهی گونه نشان می‌دهد. هم‌چنین اجازه کشف و پیش‌بینی مکان‌های مناسب زیستگاهی در مناطق دیگر را می‌دهد (Jepsen و همکاران، ۲۰۰۵). مدل‌های توزیع گونه اساساً نیازمند دو نوع داده ورودی شامل داده‌های محیط‌زیستی (سیمای سرزمین که گونه در آن یافت می‌شود) و داده‌های زیستی (نقاط حضور گونه) هستند (Pearson، ۲۰۰۷). مکسنت یکی از الگوریتم‌های بسیار رایج یادگیری ماشینی است. اصل MAXENT (Maximum Entropy) به حداکثر آنتروپی یا نزدیک به واقعیت برمی‌گردد. بنابراین در غیاب تأثیر عوامل محدودکننده دیگر نسبت به محدودیت‌های اعمال‌شده در مدل، توزیع جغرافیایی گونه تمایل به حداکثر آنتروپی را دارد (بهداروند، ۱۳۹۰). مطالعات بسیاری درمورد انواع گونه‌های کل و بز در جهان انجام شده‌است. از مطالعاتی که در مورد کل و بز در ایران انجام شده‌است، که می‌توان به آن اشاره کرد: فلاحی و همکاران (۱۳۹۴) در مطالعه خود به بررسی تأثیر عشایر کوچ رو بر مطلوبیت زیستگاه کل و بز (*Capra aegagrus aegagrus*) در پارک ملی لار پرداختند. این مطالعه به‌منظور بررسی اثر عشایر بر روی گونه، قبل و بعد از ورود عشایر بود. مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه با استفاده از روش ENFA انجام گرفت. نتایج بررسی بیانگر کاهش ۲۰ درصدی زیستگاه گونه در زمان حضور عشایر در منطقه مورد مطالعه بوده است. میزان حاشیه‌گرایی افزایش یافت به این معنی که جمعیت به زیستگاه‌های حاشیه‌ای رانده‌شده‌و آشیان بوم‌شناختی گونه کاهش پیداکرده است.

همامی و همکاران(۱۳۹۴) به مطالعه پراکنش سه گونه یوزپلنگ آسیایی، پلنگ ایرانی و خرس قهوه‌ای در پاسخ به متغیرهای اقلیمی در استان اصفهان پرداختند. در این روش با درنظر گرفتن متغیرهای اقلیمی، توپوگرافی و انسانی‌زیستگاه‌گونه‌ها با استفاده از روش آنتروپی بیشینه مدل‌سازی شدند. نتایج نشان داد زیستگاه بالقوه سه گونه به ترتیب ۵/۲٪، ۱۲٪ و ۳/۴٪ مساحت استان اصفهان را در برگرفته است. عوامل اقلیمی در زیستگاه یوزپلنگ و خرس و عامل شیب زمین در خصوص زیستگاه پلنگ بیشترین تأثیر را داشته‌اند. Rahim (۲۰۱۶) به بررسی اثر متغیرهای اقلیمی بر روی پراکنش کل و بز (*Capra aegagrus*) در کشور عراق پرداخته است. در این روش از ۱۳ نقطه حضور گونه در کشور و ۲۱ متغیر محیطی استفاده شد. مدل‌سازی با استفاده از روش آنتروپی بیشینه انجام‌گرفته است. براساس نتایج متغیرهای پوشش اراضی، ارتفاع، بارش و دما بیش‌ترین تأثیر را بر روی پراکنش گونه داشته‌اند. Khan و همکاران (۲۰۱۵) به مطالعه فراوانی، پراکنش و وضعیت حفاظتی سه گونه سمدار *Capra sibirica*، *Pseudoisnayaur* و *Ovis ammon polii* در کوه‌های حد واسط کشور چین و پاکستان پرداختند. نتایج نشان داد که تراکم سه گونه در نواحی مختلف منطقه موردمطالعه متفاوت است. براساس نتایج حاصل از حساسیت‌سنجی با استفاده از روش جک نایف مطلوبیت زیستگاه (*Capra sibirica*) به بیش‌ترین مقدار تحت تأثیر متغیر حداقل دما (۴۲٪)، تبخیر و تعرق (۳۷٪) بوده و رابطه معنی‌داری بین مطلوبیت زیستگاه این‌گونه با ارتفاع، شیب، جهت، پوشش زمین، گریزگاه و تیپ پوشش گیاهی وجود نداشته است. Katsaounis (۲۰۱۲) به مطالعه استفاده زیستگاه گونه (*Capra aegagrus cretica*) و اثر بزهای اهلی در جزیره کرت واقع در کشور یونان پرداخت. در این مطالعه دو هدف اصلی دنبال می‌شد (۱) مشخص کردن استفاده از زیستگاه توسط گونه با توجه به رابطه گونه با پوشش‌های گیاهی و تخمین گستره خانگی برای سه بازه زمانی و دیگری (۲) مدل‌سازی پراکنش گونه. براساس نتایج از حاصل از حساسیت‌سنجی جک نایف متغیرهای فاصله از مناطق توسعه انسانی، فاصله از جاده، فاصله از گریزگاه، ارتفاع و مناطق جنگلی با پوشش درختان سوزنی‌برگ بیش‌ترین تأثیر را بر روی گونه‌مذکورداشته‌اند.هدف از این تحقیق بررسی وضعیت

www.SID.ir

Archive of SID

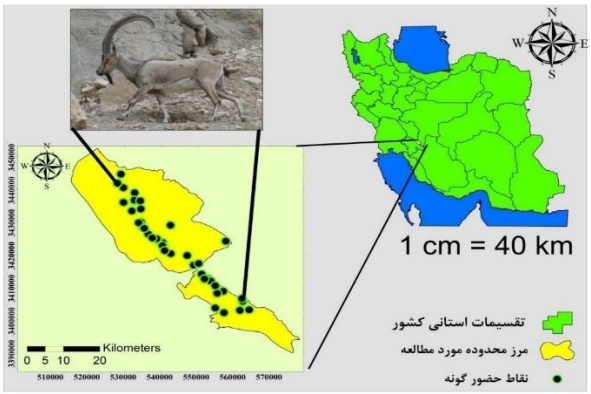
پراکنش کل و بز در منطقه حفاظت‌شده دنا و دنای شرقی با روش حداکثر آنتروپی می‌باشد. لذا در این مطالعه سعی بر آن است تا با به‌کارگیری مدل آنتروپی بیشینه فاکتورهای مؤثر بر پراکنش کل و بز در منطقه حفاظت‌شده دنا و دنای شرقی تعیین و زیستگاه‌های بالقوه این‌گونه شناسایی گردید.

مواد و روش‌ها

منطقه موردمطالعه: منطقه حفاظت‌شده دنا با وسعت ۹۳۸۲۰ هکتار در ۳۶کیلومتری شهر یاسوج مرکز استان کهگیلویه و بویر احمد و ۵۰ کیلومتری شهر سمیرم از استان اصفهان واقع گردیده‌است. منطقه حفاظت‌شده دنا با موقعیت جغرافیایی (طول شرقی ۵۱ درجه و ۳۶ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۹ دقیقه) و (عرض شمالی ۳۱ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۳۰ درجه و ۵۲ دقیقه) واقع گردیده‌است(شکل ۱). این منطقه با بیش از ۲۶ گونه پستاندار، ۸۴ پرنده و ۱۲۰۰ گونه گیاهی که ۴۰ گونه آن اندمیک دنا می‌باشد و داشتن بیش از ۴۰ قله بالای ۴۰۰۰ متر ارتفاع از سطح دریا و چشم‌اندازهای زیبای طبیعی از سال ۱۳۶۹ به‌عنوان منطقه حفاظت‌شده انتخاب شد. با توجه به این‌که کل و بز در هر دو منطقه دنا و دنای‌شرقی حضور دارد بنابراین هر دو منطقه را به‌عنوان محدوده مطالعاتی گونه درنظر گرفته شده است. شکل ۱ موقعیت منطقه مطالعاتی موردنظر از نظر تقسیمات کشوری و مرز محدوده مورد مطالعه و نقاط حضور گونه را نشان می‌دهد.

نحوه جمع آوری نقاط حضورگونه در منطقه مورد مطالعه: جهت تهیه نقشه نقاط حضور گونه مناطق مختلفی ازجمله: گردنه پونک، آب سپاه، گردنه بیژن، کله خرمن،کریدور گردنه بره باز وتنگ پونه‌ای به‌عنوان‌نقاط‌حضورگونه‌توسط‌کارشناسان محیط‌زیست معرفی شدند که طی عملیات میدانی و با استفاده از نقشه راه‌های منطقه و با همراهی محیط‌بانان منطقه مسیرهای احتمال حضور کل و بز پیموده شد و با مشاهده گونه با استفاده از دستگاه (GPS) موقعیت گونه برداشت شد. با توجه به این‌که مکان حضور برخی از حیوانات قابل دسترس نبود در این موارد مختصات مکان ایستادن مشاهده‌گر، فاصله تا حیوان و زاویه مشاهده حیوان ثبت می‌گردید تا با استفاده از نقشه توپوگرافی موقعیت دقیق مشاهده حیوان به‌دست آید.

متغیرهای زیستگاهی: انتخاب زیستگاه کل و بز تحت تأثیر شرایط توپوگرافی زیستگاه و میزان فعالیت‌های انسانی قرار می‌گیرد (Sarhangzadeh و همکاران،۲۰۱۳). به‌منظور مدل‌سازی پراکنش کل و بز در منطقه حفاظت‌شده دنا و دنای شرقی براساس مطالعات بررسی‌های قبلی پیرامون کل و بز (فلاحی و همکاران، ۱۳۹۴؛ Sarhangzadeh،۲۰۱۳؛ مددی و همکاران، ۱۳۹۲) دوازده متغیر محیطی تأثیرگذار شامل فاصله از صخره، فاصله از جنگل کم تراکم، زبری، ارتفاع، شیب، رطوبت، فاصله از گذرگاه، فاصله از روستا،فاصله ازرودخانه به‌عنوان متغیرهای تأثیرگذار بر گونه شناسایی شدند. همبستگی بین متغیرهای تأثیرگذار در مدل‌سازی با استفاده از دستور تجزیه به مؤلفه اصلی در نرم‌افزار ادریسی محاسبه گردید. از آنجاکه بین هیچ‌کدام از متغیرها همبستگی بالای ۰/۸ وجود نداشت هیچ‌کدام‌از متغیرها از تحلیل حذف نشدند.جدول ۱ متغیرهای تاثیرگذار در مدل سازی را به‌همراه دامنه تغیرات و منبع تهیه نمایش می دهد. با اندازه سلول ۱۰ پیکسل.



شکل ۱: محدوده مطالعاتی و نقاط پراکندگی کل و بز

آنتروپی بیشینه: براساس بسیاری از این قبیل مطالعات روش آنتروپی بیشینه ازجمله روش‌های است که باوجود تعداد کم نقاط حضور گونه از توان پیش‌بینی بالای برخوردار است. این الگوریتم یکی از الگوریتم‌های بسیار رایج ماشینی است که دربسته نرم‌افزاری MaxEnt ارائه‌شده‌است.کاربرداین قاعده براساس قوانین ترمودینامیک فرآیندهای بوم‌شناختی حمایت می‌شود (Phillips و همکاران،۲۰۰۶). از لحاظ کارکرد از بهترین روش‌های مدل‌سازی محسوب می‌شود (فرهادی‌نیا و همکاران، ۲۰۱۳). یکی از کاربردهای بسیار مهم این مدل شناسایی زیستگاه گونه‌های نادری است که امکان مطالعه آن‌ها با استفاده از سایر روش‌ها معمولاً امکان‌پذیر نیست(ناظری و همکاران، ۲۰۱۲).مدل‌مکسنت یک‌روش یادگیری‌ماشینی (Machine-learning) مبتنی بر حداکثر بی‌نظمی است که برای پیش‌بینی حضور گونه‌ها هنگام در دسترس نبودن داده‌های کامل به‌کار می‌رود. این روش احتمال پراکندگی حضور یک‌گونه را براساس محدودیت‌های به‌دست آمده از داده‌های موجود تخمین می‌زند (Phillips و Dudik، ۲۰۰۸). از مزایای این روش می‌توان به قابلیت استفاده از هر دو نوع داده گسسته و پیوسته، جزئیات پیش‌بینی به‌دلیل ماهیت پیوسته مدل‌های حاصله و سرعت و سادگی استفاده از نرم‌افزار اشاره کرد (Thorn و

www.SID.ir

Archive of SID

همکاران، ۲۰۰۹). مطلوبیت هر سلول در زیستگاه به‌صورت تابعی از متغیرهای محیط‌زیستی بیان می‌شود. ارزش بالای هر سلول نشان دهنده این است که آن سلول شرایط مطلوبی برای آن‌گونه دارد (Phillips و همکاران، ۲۰۰۶). الگوریتم حداکثر آنتروپی بیشینه، به ارزیابی احتمال توزیع مقادیر حداکثر آنتروپی متأثر از محدودیت‌های ناشی از متغیرهای تأثیرگذار بر نحوه توزیع مکانی گونه می‌پردازد (Olivier و Wotherspoon، ۲۰۰۶). در این الگوریتم، حداقل تعداد نقاط جمع‌آوری حضور و مشاهده گونه بستگی به عوامل متعددی نظیر، یکنواختی محدوده موردمطالعه ازنظر میزان شیب، ارتفاع و میزان تخصصی بودن گونه و آشیان اکولوژیک گونه و میزان دقت در مطالعات دارد (مشهدی‌احمدی و همکاران، ۱۳۹۳). الگوریتم آنتروپی بیشینه، ازجمله روش‌هایی است که باوجود تعداد کم نقاط حضور گونه‌از توان پیش‌بینی بالایی برخوردار است به‌عبارتی‌قادر به پیش‌بینی و استنباط از اطلاعات ناقص و ناکامل است (Wilting و همکاران، ۲۰۱۰؛ Hoffman و همکاران، ۲۰۰۸)، برای مدل مکسنت، لازم نیست تا داده‌های کاملی از تمام نقاط حضور وجود داشته باشد، بلکه نمونه معرفی‌شده از نقاط حضور که بیش‌تر یا تمام زیستگاه‌های مهم را پوشش دهد، کافی است (Phillips و همکاران، ۲۰۰۶)، این مدل، هم برای متغیرهای پیوسته و هم گسسته کاربرد دارد و خروجی آن‌یک پیش‌بینی پیوسته است (Phillips و همکاران، ۲۰۰۶). مدل مکسنت از حیث سنجش کارایی براساس میزان AUC، در مقایسه با دیگر روش‌های مدل‌سازی مبتنی بر داده‌های صرفاً حضور در جایگاه خوبی قرار دارد (P Anderson و همکاران، ۲۰۰۶). محدودیت اصلی داده‌های فقط حضور آن است که خطای انتخاب نمونه، تأثیر بسیار شدیدتری بر روی مدل‌های مبتنی بر حضور، نسبت به مدل‌های حضور/عدم حضور دارند. دستورالعمل‌های کم‌تری برای استفاده از مدل مکسنت وجود دارد از این‌رو کم‌تر برای تخمین مقدار خطا در پیش‌بینی‌ها استفاده می‌شود و این نرم‌افزار در بسته‌بندی آماری استاندارد در دسترس نیست(Phillips وهمکاران،۲۰۰۶). در سال‌های اخیر این متود نسبت به سایر روش‌های حضور / عدم حضور به‌خصوص برای مجموعه داده‌های کوچک نتایج بهتری را کسب کرده است (Peterson و همکاران، ۲۰۰۷).

جدول۱: متغیرهای تاثیرگذار در مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه

ردیف	نام متغیر	دامنه تغییرات	منبع تهیه
۱	ارتفاع	۴۳۹۰-۱۳۹۱	USGS
۲	شیب	۲۹۰-۰	مدل رقومی ارتفاعی- درصد
۳	جهت	۱۰-۰	مدل رقومی ارتفاعی
۴	زبری	۱۴-۰	مدل رقومی ارتفاعی
۵	نمایه رطوبت	۲/۱۶-۴۳/۳۷	مدل رقومی ارتفاعی
۶	فاصله از مناطق روستایی	۷۴۴۶-۰	اداره کل حفاظت محیط‌زیست- استان
۷	فاصله از جنگل‌های کم تراکم	۱۹۴۵۸-۰	تصویر طبقه‌بندی‌شده لندست ۸
۸	فاصله از جنگل‌های نیمه متراکم	۱۷۵۰۴-۰	تصویر طبقه‌بندی‌شده لندست ۸
۹	فاصله از مراتع نیمه متراکم	۱۵۰۵۱-۰	تصویر طبقه‌بندی‌شده لندست ۸
۱۰	فاصله از مراتع فقیر	۱۶۵۵۲-۰	تصویر طبقه‌بندی‌شده لندست ۸
۱۱	فاصله از مناطق صخره‌ای	۱۷۵۵۱-۰	اداره کل حفاظت محیط‌زیست- استان
۱۲	فاصله از رودخانه	۷۴۹۱-۰	اداره کل حفاظت محیط‌زیست- استان

حساسیت‌سنجی مدل‌بااستفاده‌از تحلیل جک‌نایف: اهمیت متغیرها در مدل نهایی با استفاده از نمودار جک‌نایف بررسی شد (Flory و همکاران، ۲۰۱۲،Phillips، ۲۰۰۶).این‌منحنی‌شامل دستیابی به AUC در سه حالت مختلف است. حالت اول بیانگر زمانی است که مدل با حذف متغیر زیست‌محیطی موردنظر انجام می‌شود. حالت دوم مربوط به زمانی است که مدل‌سازی تنها براساس وجود یک عامل خاص انجام می‌شود و براساس آن میزان AUC برآورده می‌شود. سهم هر یک از متغیرها در توسعه مدل توسط آزمون حساسیت‌سنجی جک نایف انجام شد و مهم‌ترین متغیرهای موثر در مدل‌سازی پراکنش گونه را حساسیت‌سنجی مدل نشان می‌دهد. آزمون جک نایف برای ارزیابی اهمیت تک تک متغیرها در تهیه مدل استفاده می‌شود.

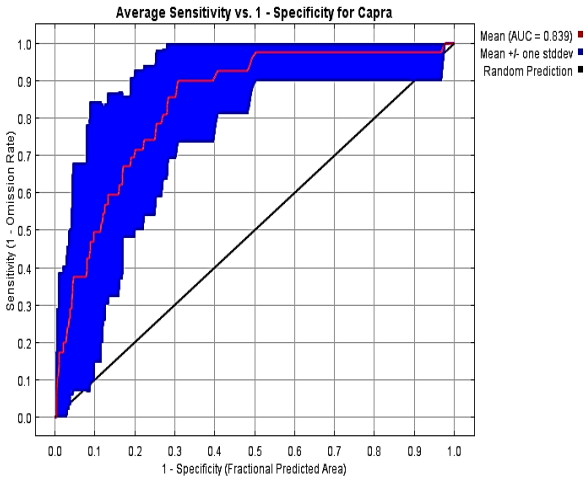
اعتبارسنجی با استفاده از رویکرد آماری ROC: برای ارزیابی مدل‌های پیش‌بینی از منحنی Roc استفاده شد. برای بررسی اهمیت تک تک متغیرها از آزمون جک نایف استفاده شد. هم‌چنین از تحلیل منحنی ویژه عامل دریافت کننده (Roc) و مساحت زیر منحنی (Auc) برای ارزیابی کیفیت کلی استفاده شد.

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج

اعتبارسنجی مدل: از تحلیل منحنی ویژگی عامل دریافت کننده ROC و سطح زیر منحنی AUC برای ارزیابی کیفیت کلی مدل مورداستفاده قرار گرفت. این منحنی به‌صورت نموداری نشان داده می‌شود که در آن محور عمودی نشان‌دهنده حساسیت (مثبت واقعی) و محور افقی نشان‌دهنده ویژگی-۱، (مثبت کاذب) است. سطح زیر منحنی ایجادشده توسط مقادیر حساسیت و ویژگی -۱، یک شاخص کمی برای نمایش کارایی و قدرت پیش‌بینی مدل است. همان‌طورکه مشاهده‌می‌شوددراین‌مطالعه سطح زیرمنحنی برای داده‌های آموزشی (Training data) ۰/۸۳ به‌دست آمد که نشان‌دهنده کارایی بالای این مدل می‌باشد (شکل ۲).



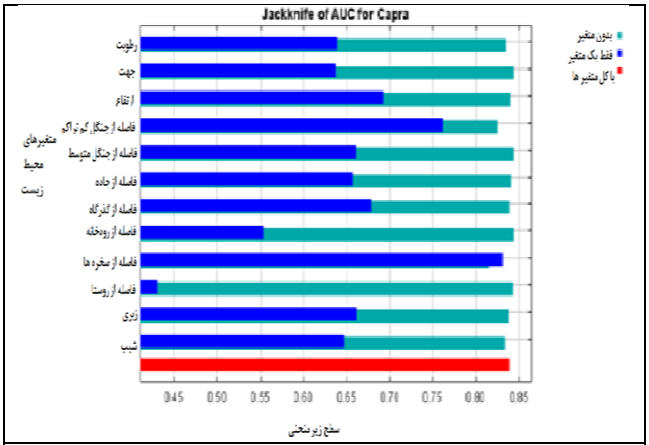
شکل ۲: منحنی ROC محاسبه‌شده توسط مدل MAXENT

درصد مشارکت متغیرها در توسعه مدل: براساس جدول مشارکت هر متغیر در جدول ۲ هرکدام از متغیرهای تأثیرگذار در مدل درصد خاصی را به‌خود اختصاص داده‌اند که بیش‌ترین درصد مشارکت را در میان متغیرها فاصله از مناطق صخره‌ای، جهت، فاصله از جنگل کم تراکم، فاصله از جنگل نیمه متراکم دارند و متغیرهای درصد مشارکت کم‌تری را به‌خود اختصاص داده‌اند. جدول ۲ درصد مشارکت متغیرهای مورد استفاده را توسعه مدل نمایش می دهد.

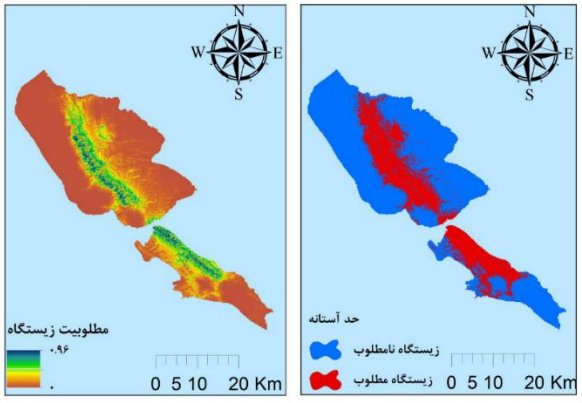
حساسیت‌سنجی با استفاده از تحلیل جک‌نایف: متغیرهای محیط زیستی تأثیرگذار در حساسیت‌سنجی تحلیل جک‌نایف، این متغیرها شامل ارتفاع، شیب، جهت، زبری، رطوبت، فاصله از روستا، فاصله از صخره‌ها، فاصله از رودخانه، فاصله از جنگل می‌باشد. نتایج به‌دست‌آمده از نمودار جک‌نایف نشان داد که متغیرهای فاصله از صخره‌ها، فاصله از جنگل، ارتفاع، فاصله از گذرگاه، زبری بیش‌ترین تأثیر را بر پراکنش گونه دارد (شکل ۳).

جدول۲: درصد مشارکت هر متغیر در توسعه مدل

ردیف	نام متغیر	درصد مشارکت
۱	فاصله از مناطق صخره ای	۵۶/۶
۲	جهت	۱۸/۸
۳	فاصله از جنگل های کم تراکم	۸/۶
۴	فاصله از جنگل های نیمه متراکم	۶/۹
۵	فاصله از مراتع فقیر	۲/۹
۶	ارتفاع	۲/۵
۷	نمایه رطوبت	۲
۸	شیب	۱/۲
۹	فاصله از مناطق روستا	۰/۲
۱۰	زبری	۰/۲
۱۱	فاصله از رودخانه	۰/۱
۱۲	فاصله از مراتع نیمه متراکم	۰



شکل ۳: بررسی اهمیت متغیرها براساس فراکافت جک نایف



شکل ۴: نقشه مطلوبیت زیستگاه و حد آستانه

www.SID.ir

Archive of SID

خروجی مطلوبیت زیستگاه: برای بررسی نقش متغیرهای زیستگاهی در مطلوبیت زیستگاه کل وبز در منطقه موردمطالعه از تحلیل جک‌نایف استفاده گردید. برای طبقه‌بندی نقشه مطلوبیت زیستگاه تولیدشده توسط نرم‌افزار MaxEnt از آستانه مطلوبیتی استفاده گردید که توانایی نقشه مطلوبیت در ارائه مناطق مطلوب و نامطلوب را به حداکثر می‌رساند (Jimenez-Valverde، ۲۰۰۷). در این پژوهش آستانه مطلوبیتی ۱۰درصددرنظر گرفته شده است. لکه‌های زیستگاهی مطلوب بزرگ‌تر از گستره خانگی کل و بز مشخص و نسبت محیط به مساحت (P/A) به‌عنوان شاخصی از پیچیدگی شکل محاسبه گردید، هرچه میزان این شاخص بیش‌تر باشد حساسیت لکه‌زیستگاهی نسبت به دخالت‌های انسانی بیش‌تر است. نتیجه آزمون دوجمله‌ای نشان می‌دهد که حد آستانه ۱۰ درصد درنظر گرفته شود.

حد آستانه		
۱	۵	۱۰
۰/۱۵	۰/۴۵	۵۵
۰/۱۲	۰/۳۵	۰/۴۰
۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۱۴
۰/۲۵	۰/۱۲	۰/۱۴

بحث

یکی از راه‌های مدیریتی برای حفظ، کنترل و افزایش جمعیت یک‌گونه مدیریت صحیح زیستگاه گونه است. نتایج حاصل از حساسیت سنجی اجرای مدل نشان داد که فاصله از مناطق صخره‌ای بیش‌ترین تأثیر را در پراکنش گونه کل و بز در منطقه دنا دارد. با توجه به محدوده پراکنش مشخص شد که کل و بز به مناطق صخره‌ای گرایش دارد و با افزایش فاصله از مناطق صخره‌ای مطلوبیت زیستگاه گونه کاهش می‌یابد. در بررسی شمس‌اسفندآباد و همکاران (۱۳۹۴) نیز مشخص گردید که بز وحشی در کوه سفید دماوند به مناطق صخره‌ای گرایش دارد که مشابه یافته‌های این تحقیق است. نتایج فرهمند (۱۳۸۰) با نتایج این تحقیق هم‌خوانی دارد که نقاط حضور بز و پازن وابسته به مناطق صخره‌ای می‌باشد. عامل مهم دیگر فاصله از جنگل کم‌تراکم است. گونه کل و بز به مناطقی که دارای پوشش جنگلی کم‌تراکم است گرایش بیش‌تری دارند. با افزایش فاصله از جنگل کم‌تراکم مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه کاهش می‌یابد. با توجه به این که کل و بز گونه‌ای مختص زیستگاه‌های صخره‌ای و کم‌تراکم است بیش‌ترین پراکنش را در جنگل‌های کم‌تراکم دارد. ارتفاع سومین عامل تأثیرگذار در پراکنش گونه موردنظر است. در منطقه حفاظت شده دنا کل و بز ارتفاعات بالا را ترجیح می‌دهد پراکنش این‌گونه در منطقه‌درمحدوده‌ارتفاع بین ۱۰۰۰ تا ۴۵۰۰ متری است که بیش‌ترین پراکنش در ارتفاع ۳۰۰۰ متر از سطح دریا است. در این منطقه با افزایش ارتفاع مطلوبیت زیستگاه افزایش می‌یابد با توجه به این‌که گونه کل و بز گونه شاخص ارتفاعات بالا است و شرایط زیستگاهی برای این‌گونه در مناطق صخره‌ای فراهم می‌باشد این گونه مناطق ارتفاعی را برای زیست ترجیح می‌دهد. در بررسی کابلی (۱۳۸۷) مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه پازن در پارک ملی کلاه قاضی که نقش ارتفاع در پراکنش پازن مؤثر است. درصد زبری سطح زمین برای حفاظت نوزادان در برابر آب‌وهوا وتند بادها بسیار مهم می‌باشد (Skoglan، ۱۹۸۸). یکی دیگر از متغیرهای تأثیرگذار شیب می‌باشد. نقشه مطلوبیت زیستگاه کل و بز نشان می‌دهدکه ابتدا شیب افزایش می‌یابد و در ادامه کاهش پیدا می‌کند. گونه کل و بز برای فرار از طعمه‌خواران و شرایط بد آب و هوایی شیارهای عمیق بین سنگ‌ها را ترجیح می‌دهد. در بررسی سرهنگ‌زاده و همکاران (۲۰۱۳) درمنطقه کوه‌سفید دماوند نقش عامل شیب در پراکنش گونه موردنظر نشان داد که شیب منطقه از عوامل تأثیرگذار در پراکنش گونه است که با نتایج مطالعه حاضر هم‌خوانی دارد. جهت و رطوبت نیز ازجمله عواملی هستند که نقش مهمی در پراکنش این‌گونه در منطقه موردمطالعه دارند. نقشه مطلوبیت زیستگاه گونه موردنظر نشان می‌دهد که در جهت ۱ درجه شمالی بیش‌ترین مطلوبیت را دارد و با افزایش جهت مطلوبیت کاهش می‌یابد. جهت جغرافیایی تأثیر زیادی بر روی گونه دارد به‌طوری‌که تراکم حضور گونه در یک‌جهت بیش‌تر از جهت‌های دیگر است. در بررسی شمس‌اسفند آباد (۱۳۹۴) در منطقه کوه سفید دماوند به نتایج یکسانی در مورد جهت جغرافیایی در پراکنش گونه رسیدند. فاصله از گذرگاه و فاصله از جنگل متوسط نیز تأثیر کم‌تری در پراکنش گونه موردنظر دارد. نقشه مطلوبیت زیستگاه گونه موردنظر نشان می‌دهد که با افزایش تراکم جنگل مطلوبیت زیستگاه کاهش می‌یابد با توجه به این‌که گونه کل و بز بیش‌تر گرایش به مناطق باز و کم‌تراکم دارد بنابراین مطلوبیت این مناطق جنگلی متوسط برای گونه کل و بز پایین می‌باشد. در آخر فاصله از مناطق روستایی کم‌ترین تأثیر را در پراکنش گونه موردنظر دارد. مدل به‌دست‌آمده نشان داد که‌عوامل‌انسانی‌به‌ویژه‌توسعه مناطق روستایی تأثیر زیادی در پراکنش کل و بز ندارد دلیل این امر می‌تواند وابستگی کل و بز به مناطق صخره‌ای و ارتفاعات بالا می‌باشد. براساس نتایج به‌دست‌آمده به‌طور کلی می‌توان عنوان کرد که مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر پراکنش کل و بز فاصله از صخره و ارتفاع و فاصله از جنگل کم‌تراکم می‌باشد. بزرگ‌ترین تهدید برای جمعیت‌های کل و بز افزایش جمعیت انسانی در روستاهای واقع در منطقه دنا تخریب زیستگاه گونه موردنظر و کاهش پوشش گیاهی گونه براثر آتش‌سوزی شکار این‌گونه

www.SID.ir

Archive of SID

جانوری موجبات ناامنی گونه را فراهم آورده و موجب تغییر الگوی طبیعی و تهدید بقای جمعیت کل و بز در منطقه حفاظت‌شده دنا می‌شود. هم‌چنین انتقال خطوط لوله گاز از پتروشیمی گچساران به شهرکرد برای انتقال گاز به این مناطق که این پروه از جنگل‌ها و مناطق حفاظت شده‌ی دنا عبور کرده و باعث تخریب زیستگاه کل و بز شده است. با توجه به تهدیدهای فوق، هم‌چنین تهدیدهای بالقوه دیگر، لزوم بررسی وضعیت گونه، زیستگاه و شناسایی عوامل منجر به تهدید گونه، امری بدیهی به‌نظر می‌رسد. مدیریت مستمر پارک‌ها و مناطق حفاظت‌شده برای حفظ تنوع زیستی زمانی می‌تواند مؤثر باشد که درباره انتشار، وضعیت گونه‌ها و اکوسیستم‌ها، تغییرات آن‌ها و شرایط اقتصادی- اجتماعی جوامع بومی و ساکن در منطقه، اطلاعات کافی موجود باشد. فرهنگ‌سازی و افزایش آگاهی‌های زیست‌محیطی از طریق آموزش افراد محلی و به‌خصوص آموزش محیط‌بانان سازمان درخصوص عوارض تخریب زیستگاه، ترویج ارزش‌های اکولوژیکی و زیبایی‌شناختی گونه‌های گیاهی و جانوری افزایش اقدامات در جهت حفاظت از گونه‌ها می‌تواند موثر باشد.

منابع

۱. **بهمن‌پور، ه. و بالی، ع. ۱۳۹۴.** پروژه بین‌المللی حفاظت از تنوع زیستی در سیمای حفاظتی زاگرس مرکزی، ارزیابی توان اکولوژیک حوزه آبخیز دنا. ۱۲۴ صفحه.

۲. **بهداروند، ن.، ۱۳۹۰.** مدل‌سازی حملات اخیر گرگ به انسان در استان همدان، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

۳. **ضیایی، ه.، ۱۳۸۷.** راهنمای صحرایی پستانداران، تهران، انتشارات کانون آشنایی با حیات‌وحش.

۴. **فلاحی، م.؛ کابلی، م.؛ کرمی. م.؛ مهرابی، ع.ا.؛ گل‌جانی، ر. و مصطفوی، س.م.، ۱۳۹۴.** بررسی تأثیر عشایر کوچ رو بر مطلوبیت زیستگاه کل و بز (*Capra aegagrus*) در پارک ملی لار، دو فصلنامه پژوهش‌های محیط‌زیست. سال ۶، شماره ۱۱. صفحات ۱۴۱ تا ۱۴۸.

۵. **مددی، م.؛ سلمان‌ماهینی، ع. و وارسته‌مرادی، ح.، ۱۳۹۲.** ارزیابی زیستگاه پاییزه کل و بز (*Capra aegagrus*) در پارک ملی گلستان. دومین همایش ملی حفاظت و برنامه‌ریزی محیط‌زیست.

۶. **مشهدی‌احمدی، ا.ع.؛ شمس‌اسفندآباد، بهمن. و گشتاسب میگویی، ح.، ۱۳۹۳.** مدل‌سازی مسیر گذار گوسفند وحشی البرز با استفاده از آنالیز کم‌ترین هزینه در استان تهران (*O.o.arkali* & *O.o.vigneii*). فصلنامه علوم و مهندسی محیط‌زیست. سال ۱، شماره ۳، صفحات ۴۱ تا ۵۸.

۷. **همامی، م.ر.؛ اسماعیلی، س. و سفیانیان، ع.ر.، ۱۳۹۴.** پیش‌بینی پراکنش یوز آسیایی، پلنگ ایرانی و خرس قهوه‌ای در پاسخ به متغیرهای محیطی در استان اصفهان. فصلنامه بوم‌شناسی کاربردی. سال ۴، شماره ۱۳، صفحات ۵۱ تا ۶۳.

۸. **Baldwin, R.A., 2009**: Use of maximum entropy modeling in wildlife research. Entropy. Vol. 11, pp: 854-866

۹. **Farhadinia, M.S.; Akbari, H.; Mousavi, S.J.; Eslami, M.; Azizi, M.; Shokouhi, J.; Gholikhani, M. and Hosseini Zavarei, F., 2013**. Exceptionally long movements of the Asiatic cheetah *Acinonyx jubatus venaticus* across multiple arid reserves in central Iran. *Oryx*. Vol. 47, pp: 427-430.

۱۰. **Flory, A.R.; Kumar, S.; Stohlgren, T.J. and Cryan, P.M., 2012**. Environmental conditions associated withbat white nose syndrome mortality in the north eastern United States. Journal of Applied Ecology. Vol. 49, No.3, pp: 680-689.

۱۱. **Geographic distributions.** Ecological Modelling. Vol. 190, pp: 231-259.

۱۲. **Giovanelli, J.G.R.; DeSiqueira, M.F.; Haddad, C.F.B. and Alexandrino, J., 2010**. Modeling a spatially restricted distribution in the Neotropics: how the size of calibration area affects the performance of five presence-only methods, Ecological Modelling. Vol. 221, pp: 215-224.

۱۳. **Hirzel, A.H.; Helfer, V. and Metral, F., 2001**.Assessing habitat suitability models with a virtualspecies. Ecological Modelling. Vol. 145, pp: 111-121.

۱۴. **Hoffman, J.D.; Narumalani, S.; Mishra, D.R.; Merani, P. and Wilson, R.G., 2008.** Predicting potential occurrence and spread of invasive plant species along the North Platte River, Nebraska. Invasive Plant Science and Management. Vol. 1, No. 4, pp: 359-367.

۱۵. **Jepsen, J.U.; Madsen, A.B.; Karlsson, M.D. and Groth, R., 2005.** Predicting distribution and density of European badger (Melesmeles) setts in Denmark, Biodiversity and Conservation. Vol. 14, pp: 3235-3253.

۱۶. **Jimenez-Valverde, A. and Lobo, J.M., 2007:** Threshold criteria for conversion of probability of species presence to either or presence absence. A cta O ecologica. Vol. 31, pp: 361-369.

۱۷. **Katsaounis, C.H., 2012**. Habitat use of the endangeredand endemic Cretan Capricorn and impact of domestic goats, Thesis submitted for Master of Science. Faculity of Geo Information Science and Earth Observation, University of Twente.

۱۸. **Khan, B.; Ablimit, A.; Khan, G.; Jasra, A.W.; Ali, H.; Ali, R.; Ahmad, E. and Ismail, M., 2015.** Abundance, distribution and conservation status of Siberian ibex, Marco Polo and Blue Sheep in Karakoram Pamir mountain area. Journal of King Saud University Science.

۱۹. **Liu, C.; White, M. and Newell, G., 2009**: Measuring the accuracy of species distribution models: a review. 18th W orld IMA CS/MODSIM Congress, Carins, A ustralia.

۲۰. **Malekian, M., 2007.** Effects of habitat fragmentation onthe genetic diversity and population structure *P*etaurubrevicepsspecies in southeastAustralia. The NationalBiotechnology Congress of Iran

۲۱. **Nazeri, M.; Jusoff, K.; Madani, N.; Mahmud, A.R.; Bahman, A.R. and Kumar, L., 2012**. Predicting modeling and mapping of Malayan sun bear (Helarctos malayanus) distribution using maximum entropy. PLos ONE. Vol. 7, No. 10. e48104.

۲۲. **Olivier, F. and Wotherspoon, S., 2006**. Modelling habitat selection using presence only data: Case study of a colonial

www.SID.ir

Archive of SID

hollow nesting bird, the snow petrel. Ecological modeling. Vol. 195, pp: 187-204.

۲۳. **P Anderson, R.; Dudík, M.; Ferrier, S.; Guisan, A.J.; Hijmans, R.; Huettmann, F. and Zimmermann, E.N., 2006.** Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. Ecography. Vol. 29, No. 2, pp: 129-151.

۲۴. **Pearson, R.G., 2007**. Species distribution modeling forconservation educators and practitioners. American Museum of Natural History. pp: 1-50.

۲۵. **Peterson, A.T.; Papes, M. and Eaton, M., 2007**. Transferability and model evaluation in ecological niche modeling: a comparison of GARP and Maxent, Ecography. Vol. 30, pp: 550-560.

۲۶. **Phillips, S.J. and Dudik, M., 2008**. Modeling of species distributions with Maxent: New extensions and a comprehensive evaluation. Ecography. Vol. 31, pp: 161-175.

۲۷. **Phillips, S.J.; Anderson, R.P. and Schapire, R.E., 2006**: Maximum entropy modeling ofspecies geographic distributions. Ecological modelling. Vol. 190, pp: 231-259.

۲۸. **Phillips, S.J.; Anderson, R.P. and Schapire, R.E., 2006**. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. Ecological Modelling. Vol. 190, pp: 231-259.

۲۹. **Rahim, M., 2016**. Influence of Environmental Variables on Distribution of Wild Goat (*Capra aegagrus*), in Iraq by Maxent. American Scientific Research Journal for Engineering, Technology, and Sciences (ASRJETS). Vol. 18, No. 1, pp: 97-107.

۳۰. **Rushton, J.P.; Skuy, M. and Bons, T.A., 2004**.Construct Validity of Raven's Advanced Progressive Matrices for African and Non-African Engineering Students in South Africa. International Journal ofSelection and Assessment. Vol. 12, No. 3, pp: 220-229.

۳۱. **Bagchi, S. and Ritchie, M.E., 2010.** Herbivore ects on above and belowground plant production and soil nitrogen availability in the Trans-Himalayan shrub steppe, Oecologia. Vol. 164, pp: 1075-1082.

۳۲. **Sarhangzadeh, J.; Yavari, A.R.; Hemami, M.R.; Jafari, H.R. and Shams Esfandabad, B., 2013**: Habitatsuitability modeling for wild goat (*Capra aegagrus*) in a mountainous arid area, central Iran Caspian Journal ofEnvironmental Science. Vol. 11, pp: 41-51.

۳۳. **Thorn, J.S.; Nijman, V.; Smith, D. and Nekaris, K.A.I., 2009**. Ecological niche modelling as a technique for assessing threats and setting conservation priorities for Asian slow lorises (Primates: Nycticebus). Diversity and Distributions. Vol. 15, pp: 289-298.

۳۴. **Williams, A.K., 2003**. The influence of probability of detection when modeling species occurrence using GIS and survey data: Virginia Polytechnic Institute and State University. 281 p.

۳۵. **Wilting, A.; Cord, A.; Hearn, A.J.; Hesse, D.; Mohamed, A.; Traeholdt, C.; Cheyne, S.M.; Sunarto, S.; Jayasilan, M.A.; Ross, J.; Shapiro, A.C.; Sebastian, A.; Dech, S.; Breitenmoser, C.; Sanderson, J.; Duckworth, J.W. and Hofer, H., 2010**. Modelling the species distribution of Flat-headed cat (Prionailurus planiceps), an endangered south-east Asian Small Felid, PLos ONE. Vol. 5, No. 3. e9612.

www.SID.ir