پیش‌بینی پراکنش سیاه‌گوش اوراسیایی(*Lynx lynx*) با استفاده از رویکرد مدل‌سازی ترکیبی: مطالعه موردی منطقه خرقان زرندیه ساوه، استان مرکزی

امیر انصاری[1*]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۲/۱۹ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۴/۲۸)

چکیده

آگاهی از پراکنش زیستگاه‌های مطلوب حیات وحش جهت جلوگیری از تخریب و نابودی زیستگاه و انقراض آنها و همچنین برای مدیریت و حفاظت از آنها ضروری است. سیاه‌گوش اوراسیایی از جمله گربه‌سانان با پراکنش وسیع در آسیا است. در این مطالعه، با به‌کارگیری رویکرد مدل‌سازی ترکیبی و استفاده از ۱۰ متغیر پیش‌بینی‌کننده، مطلوبیت زیستگاه سیاه‌گوش اوراسیایی در منطقه خرقان زرندیه ساوه در استان مرکزی مدل‌سازی شد. با توجه به مقدار بالای شاخص AUC (بیشتر از ۰/۹) برای مدل‌های حداکثر آنتروپی، جنگل تصادفی، درخت رگرسیون ارتقا یافته و مدل خطی تعمیم‌یافته، این مدل‌ها برای تهیه مدل ترکیبی نهایی پراکنش گونه هدف در نظر گرفته شدند. نتایج به‌دست آمده از مدل ترکیبی نشان داد که ۵۳/۲۲٪ وسعت منطقه خرقان از نظر شرایط زیستگاهی برای این گونه مطلوب است. فاکتورهای فاصله از مناطق مسکونی، فاصله از رودخانه، و دسترسی به طعمه به‌عنوان مهم‌ترین متغیرهای تأثیرگذار بر سیاه‌گوش اوراسیایی مشخص شدند. این پژوهش نشان می‌دهد زیستگاه‌های سیاه‌گوش به حفاظت بیشتری نیاز دارند.

واژه‌های کلیدی: سیاه‌گوش اوراسیایی، مدل‌سازی ترکیبی مطلوبیت زیستگاه، بسته SDM، نرم‌افزار R، منطقه شکارممنوع خرقان

۱. گروه محیط زیست، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اراک

* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: A-ansari@araku.ac.ir

www.SID.ir

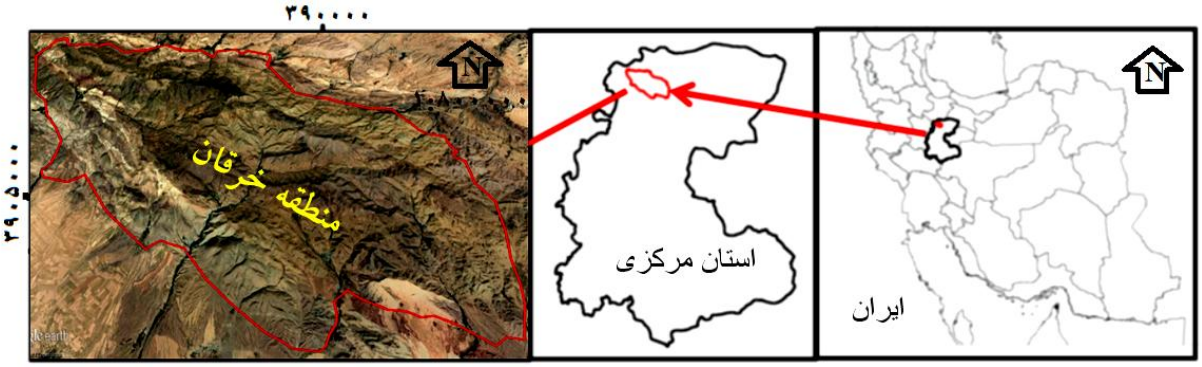
Archive of SID

مقدمه

تخریب زیستگاه یکی از عوامل مهم نابودی حیات‌وحش است. مدیریت زیستگاه برای حفاظت از گونه‌های در معرض خطر انقراض از طریق شناخت زیستگاه‌های مناسب و نیازهای زیستگاهی گونه‌ها ضروری به‌نظر می‌رسد (۲۵). به‌منظور شناسایی زیستگاه‌های مطلوب گونه‌ها و کمی‌نمودن ارزش مطلوبیت آنها از رویکردهای مدل‌سازی زیستگاه استفاده می‌شود (۱۵). امروزه نرم‌افزارهای زیادی به‌منظور مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه تولید شده که نرم‌افزار R یکی از پرطرفدارترین آنهاست. بسته مدل‌سازی پراکنش گونه Species (SDM = Distribution Modelling) یکی از جدیدترین و جامع‌ترین بسته‌هایی است که در نرم‌افزار R برای مدل‌سازی زیستگاه قابل اجراست. بسته SDM برای ایجاد یک چارچوب جامع مدل‌سازی و شبیه‌سازی طراحی شده و: ۱- یک ساختار استاندارد و یکپارچه برای دستیابی به داده‌های پراکنش گونه‌ها و تکنیک‌های مدل‌سازی فراهم می‌کند (به‌عنوان مثال یک رابط یکپارچه برای مناسب‌کردن مدل‌های مختلف ارائه شده توسط بسته‌های مختلف)، ۲- قادر به پشتیبانی از روش‌های متفاوت مدل‌سازی است، ۳- پژوهشگران را قادر می‌سازد تا روش‌های موجود را اصلاح کنند، ۴- داده‌های مکانی و زمانی برای گونه‌های منفرد یا چندگانه را پشتیبانی می‌کند، ۵- از راه‌حل‌های محاسباتی با کارایی بالا برای سرعت‌بخشیدن به مدل‌سازی و شبیه‌سازی‌ها استفاده می‌کند، ۶- از رابط گرافیکی منعطف و آسان استفاده می‌کند (۲۷). سیاه‌گوش اوراسیایی در طبقه کمترین نگرانی (LC = Least Concern) فهرست قرمز اتحادیه جهانی حفاظت از طبیعت (IUCN) و پیوست II کنوانسیون تجارت جهانی گونه‌های درمعرض خطر انقراض (Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora = CITES) قرار دارد (۲۱). نخستین مطالعه بر روی سیاه‌گوش در کشور در منطقه حفاظت شده انگوران در استان زنجان با هدف تخمین حداقل اندازه جمعیت و بررسی نیازهای حفاظتی یک جمعیت بالقوه از سیاه‌گوش انجام شده است. نتایج این مطالعه که در آن از ترکیب روش‌های میدانی و دانش محلی برای ارزیابی این گونه گوشت‌خوار در پناهگاه حیات وحش انگوران زنجان استفاده شد نشان داد که این منطقه حفاظت‌شده تا حدود زیادی توان حمایت از یک جمعیت زیستای سیاه‌گوش را از دست داده است (۲۴). در مطالعه دیگری در منطقه آندالوسیا در جنوب اسپانیا به منظور احیاء مجدد زیستگاه سیاه‌گوش ایبری (*Lynx pardinus*) در مقیاس سیمای سرزمین، از پنج فاکتور مهم شامل ساختار زیستگاه مناسب، منابع غذایی بهینه (طعمه اصلی خرگوش اروپایی)، مساحت منطقه، حمایت قانونی و امکان استفاده از فراجمعیت استفاده شد. همچنین در رویکرد دیگری مربوط به مناطق آندالوسیا قبل از انتخاب با جزئیات بیشتر با استفاده از ۱۴ متغیر، از ۴ فاکتور اصلی شامل مرگ و میر ناشی از فعالیت انسانی، ساختار خرده‌زیستگاه، ظرفیت برد و امکانات توسعه طبیعی استفاده شد (۲). اولین تلفات سیاه‌گوش در کشور در سال ۱۳۹۸ در منطقه خرقان در شهرستان ساوه (استان مرکزی) در بخش چارحد گزارش شد. به‌دنبال آن گزارش‌های دیگری از تلف‌شدن این گونه توسط سگ‌های گله نیز در سال‌های ۱۳۹۰، ۱۳۹۱، ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ ارائه شد که طبق آمار به‌دست آمده این تلفات در مجموع شامل ۵ قلاده سیاه‌گوش بوده است. تنها بررسی که تاکنون بر روی این گونه گوشت‌خوار در این منطقه انجام شده، تصویربرداری‌ای است که افراد محلی در سال ۱۳۹۸ انجام داده و از ۴ قلاده سیاه‌گوش در مناطق خرقان و نوبران تصویربرداری نموده‌اند (۲۰). با توجه به اهمیت این گونه و از طرفی کمبود اطلاعات بوم‌شناختی و جمعیتی در رابطه با سیاه‌گوش در منطقه خرقان و همچنین گزارش‌های اخیر در مورد تلفات این حیوان ارزشمند در منطقه خرقان زرندیه ساوه، مدیریت کارآمد جمعیت حاضر در منطقه بسیار اهمیت دارد که در این راستا شناسایی و ارزیابی زیستگاه‌های مطلوب آن می‌تواند اطلاعات مفید و ارزشمندی در اختیار بگذارد. بر این اساس، در این مطالعه، پراکنش زیستگاه‌های مطلوب

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱. نقشه موقعیت منطقه شکارممنوع خرقان زرندیه ساوه (رنگی در نسخه الکترونیکی)

بالقوه سیاه‌گوش در منطقه خرقان زرندیه ساوه در استان مرکزی با استفاده از رویکرد مدل‌سازی ترکیبی و مجموعه‌ای از متغیرهای محیطی مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه شکارممنوع خرقان زرندیه ساوه بین دو شهرستان ساوه و زرندیه قرار دارد. این منطقه از نظر موقعیت جغرافیایی در شمال شرقی شهر ساوه، شمال شهرهای غرق‌آباد و نوبران و جنوب شهر رازقان قرار دارد. این منطقه با وسعتی معادل ۴۷۷۰۴ هکتار در سال ۱۳۸۹ به‌عنوان منطقه شکارممنوع تعیین شد. خرقان منطقه‌ای کوهستانی است که مرتفع‌ترین قله آن به نام اینچه‌قاره دارای ارتفاع ۲۹۴۴ متر است (شکل ۱). بیش از ۵۰ چشمه و سه رودخانه در منطقه وجود دارد. نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی به منطقه ایستگاه غرق‌آباد است. اقلیم منطقه بر اساس طبقه‌بندی دومارتن خشک و براساس طبقه‌بندی آمبرژه خشک و سرد بوده و میانگین بارندگی سالانه ۲۷۱/۸ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه ۱۳/۲ درجه سانتی‌گراد است. ۸۴ گونه گیاهی، ۲۸ گونه پستاندار و ۷۲ گونه پرنده در منطقه زندگی می‌کنند. مهم‌ترین گونه‌های جانوری منطقه شامل گرگ (*Canis lupus*)، روباه معمولی (*Vulpes vulpes*)، سیاه گوش، گوسفند وحشی (*Ovis orientalis*)، گراز (*Sus scrofa*)، کفتار (*Hyaena hyaena*)، خرگوش (*Oryctolagus cuniculus*)، تشی (*Hystirix indica*)، کبک معمولی (*Alectoris chukar*)، کبک-چیل (*Perdix Perdix*)، گرزه‌مار (*Macrovipera lebetina*)، شاه‌بوف (*Bubo bubo*)، تیهو (*Ammoperdix griseogularis*)، دلیجه (*Falco Tinnunculus*) و عقاب صحرایی (*Aquila nipalensis*) است (۱۰).

گونه مورد مطالعه

سیاه‌گوش اوراسیایی، یکی از گونه‌های گربه با وسیع‌ترین محدوده پراکنش است و یکی از ۱۰ گربه مهم کشور است که تحت حفاظت قرار دارد. این گونه از سم‌داران کوچک به‌خصوص شوکا و افراد نابالغ گونه‌های مرال، کل و بز، قوچ و میش، گراز، خرگوش، جوندگان کوچک، سنجاب و پرندگان تغذیه می‌کند. این گونه در زیستگاه‌های کوهستانی و جنگلی زندگی کرده و مهم‌ترین تهدیدهای متوجه آن شامل تخریب زیستگاه، کاهش طعمه و شکار است (۲۱ و ۳۲). شکل ۲ تصاویری از سیاه‌گوش را در منطقه شکارممنوع خرقان نشان می‌دهد (شکل ۲).

روش تحقیق

در این مطالعه از ۴۱ نقطه از محل‌های مشاهده حیوان توسط افراد بومی منطقه، محل‌های کشف لاشه سیاه‌گوش و نمایه‌های حیوان از جمله ردپا، سرگین و آثار تغذیه و همچنین از ۱۰۰۰ نقطه پس‌زمینه به‌عنوان نقاط عدم حضور سیاه‌گوش در منطقه

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲. تصاویر سیاه‌گوش در منطقه خرقان و نوبران ساوه: سمت راست مربوط به دی‌ماه ۱۳۹۸ و سمت چپ مربوط به زمستان ۱۳۹۴ (۲۰) (رنگی در نسخه الکترونیکی)

جدول ۱. عوامل محیطی استفاده شده در این مطالعه

ردیف	نام لایه	واحد	دقت مکانی	منبع و روش تهیه
۱	فاصله از جاده	متر	۳۰ متر	تابع فاصله
۲	فاصله از مناطق مسکونی	متر	۳۰ متر	تابع فاصله
۳	ارتفاع از سطح دریا	متر	۳۰ متر	تابع DEM
۴	جهت	درجه	۳۰ متر	تابع جهت
۵	فاصله از رودخانه	متر	۳۰ متر	تابع فاصله
۶	فاصله از چشمه	متر	۳۰ متر	تابع فاصله
۷	دسترسی به طعمه (گوسفند وحشی، خرگوش، کبک)	تعداد	۳۰ متر	داده‌های حضور و سرشماری طعمه
۸	NDVI	بدون واحد	۳۰ متر	تصاویر لندست ۸ و سنجنده ETM

خرقان استفاده شد. به منظور بررسی خودهمبستگی مکانی (Spatial auto-correlation) میان نقاط حضور سیاه‌گوش از آزمون I Moran's در نرم‌افزار R استفاده شد. با توجه به اندازه منطقه و گستره خانگی گونه و همچنین حذف برخی نقاط حضور، فاصله میان نقاط به حد مناسب رسید به‌گونه‌ای که بین نقاط حضور خودهمبستگی معنی‌داری مشاهده نشد ($p>0/05$) (۱۶). با مرور منابع و بررسی‌های میدانی عوامل محیطی تأثیرگذار بر مطلوبیت زیستگاه سیاه‌گوش شناسایی شده و عوامل با همبستگی بالای ۰/۷۵ حذف شد (۸). در نهایت هشت متغیر پیش‌بینی‌کننده برای مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه سیاه-گوش انتخاب شد (جدول ۱). برای استخراج مناطق مسکونی از تصاویر لندست ۸ و سنجنده ETM سال ۱۳۹۸ استفاده شد. سپس در محیط نرم‌افزار TerrSet و با استفاده از دستور Distance نقشه‌های فاصله از مناطق مسکونی، جاده، چشمه و آبراهه تهیه شد. نقشه NDVI منطقه مربوط به سال ۱۳۹۸ با استفاده از تصاویر لندست ۸ تهیه شد. نقشه DEM با استفاده از نقشه توپوگرافی منطقه تهیه شد و سپس در محیط Arcmap نقشه‌های ارتفاع از سطح دریا و جهت

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲. مدل‌های استفاده شده در این مطالعه

نام فارسی مدل	عنوان لاتین مدل	رفرنس
جنگل تصادفی	Random Forest (RF)	(۴)
مدل افزایشی تعمیم‌یافته	Generalized Additive Model (GAM)	(۱۸)
مدل خطی تعمیم‌یافته	Generalized Linear Model (GLM)	(۲۲)
درخت رگرسیون ارتقاءیافته	Boosted Regression Tree (BRT)	(۱۲)
حداکثر بی‌نظمی	Maximum Entropy	(۲۸)
تحلیل ممیزی انعطاف‌پذیر	Flexible Discriminant Analysis (FDA)	(۱۹)
بایوکلایم	Bioclim	(۸)
دامنه	Domain	(۹)
شبکه عصبی مصنوعی	Artificial Neural Network (ANN)	(۲۹)
درخت طبقه‌بندی و رگرسیون	Classification And Regression Tree (CART)	(۵)

استخراج شد. برای تهیه نقشه دسترسی به طعمه از متغیرهای محیطی و مشاهدات حضور گونه‌های گوسفند وحشی، خرگوش و کبک به‌عنوان طعمه‌های سیاه‌گوش در منطقه و همچنین از اطلاعات سرشماری حیات‌وحش منطقه برای شناسایی موقعیت حضور گونه و رتبه‌بندی زیستگاه از لحاظ تراکم طعمه استفاده شد. با توجه به اینکه در رویکرد مکسنت امکان ورود چند گونه و مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه به‌طور هم‌زمان وجود دارد برای تهیه نقشه مطلوبیت زیستگاه گونه‌های طعمه سیاه‌گوش از این رویکرد استفاده شد.

در این مطالعه برای مدل‌سازی زیستگاه سیاه‌گوش از بسته SDM در نرم‌افزار R استفاده شد. این بسته از ۱۵ روش مدل-سازی مطلوبیت زیستگاه پشتیبانی می‌کند و امکان ترکیب مدل-های مختلف با یکدیگر را به‌صورت وزنی فراهم می‌کند. سطح زیر منحنی (AUC = Area Under the Curve) هر مدل در نقشه خروجی آن ضرب شده و سپس مدل‌های مورد نظر ترکیب می‌شوند. این کار باعث می‌شود تا مدل‌هایی که دقت بالاتری دارند تأثیر بیشتری در نقشه نهایی داشته باشند. به‌منظور ارزیابی مدل علاوه بر شاخص AUC از شاخص بیشینه‌سازی آماره مهارت درست (TSS = True Skill Statistics) نیز استفاده شد (۱). در ادامه، نقاط حضور و عدم‌حضور پس‌زمینه به‌همراه ۱۰ متغیر پیش‌بینی‌کننده وارد نرم‌افزار R شدند و با استفاده از بسته SDM و بر اساس ۱۰ رویکرد مدل‌سازی، زیستگاه سیاه‌گوش مدل‌سازی شد (جدول ۲). سپس میزان AUC هر مدل بررسی و مدل‌های با AUC بالاتر از ۰/۹ انتخاب شدند. در نهایت نقشه خروجی حاصل از هر یک از مدل‌های انتخاب‌شده در میزان AUC آن ضرب شده و میانگین آنها به-عنوان مدل ترکیبی در نظر گرفته شد. این نقشه بر اساس آستانه میانگین به دو طبقه فاقد مطلوبیت (ارزش صفر) و مطلوب (ارزش یک) طبقه‌بندی شد (۲۷).

نتایج

در این مطالعه مدل‌های حداکثر آنتروپی، جنگل تصادفی، درخت رگرسیون ارتقاءیافته، و مدل خطی تعمیم‌یافته دارای AUC بیش از ۰/۹ بودند و به‌منظور تهیه مدل ترکیبی در نظر گرفته شدند (جدول ۳).

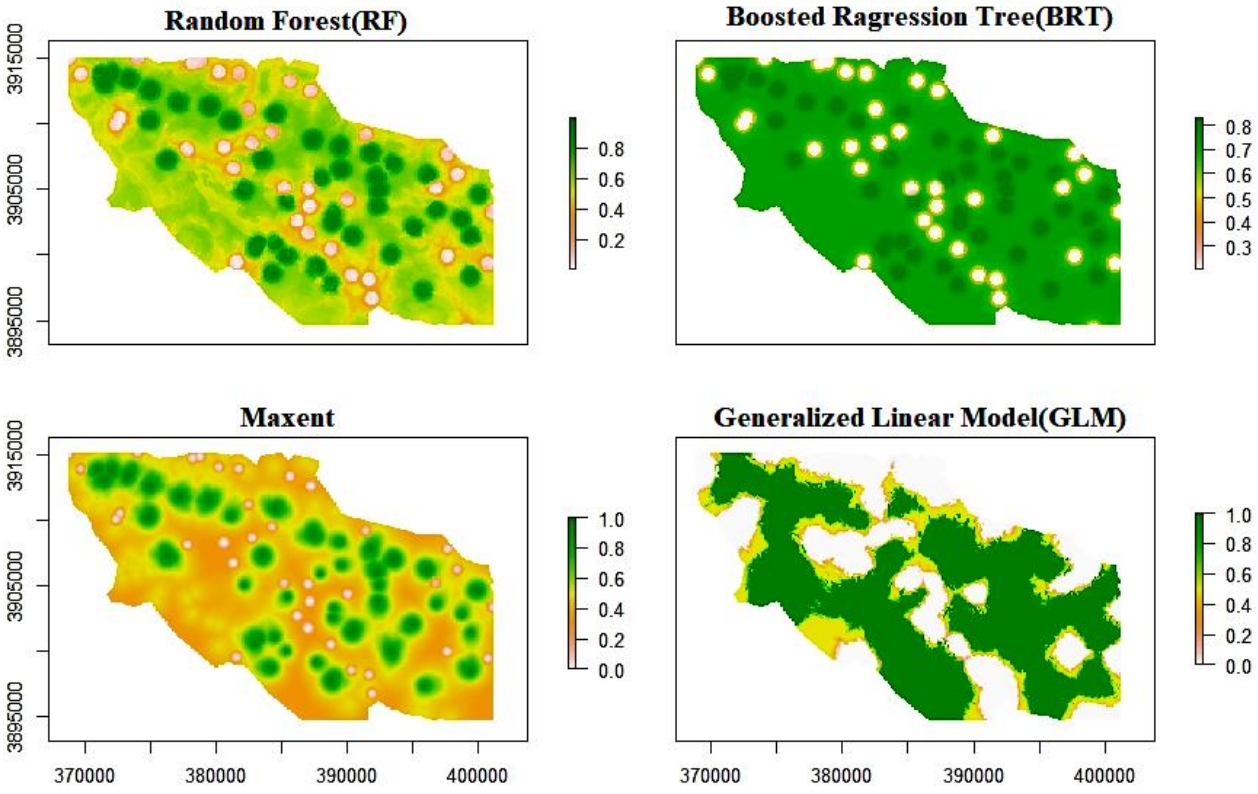
شکل ۳ نقشه طبقات مطلوبیت زیستگاه سیاه‌گوش را بر اساس مدل‌های مذکور نشان می‌دهد. طبق این شکل تقریباً همه مدل‌ها تا حدودی نتایج مشابهی ارائه می‌دهند هرچند

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳. میزان سطح زیر منحنی (AUC) و شاخص بیشینه‌سازی آماره مهارت درست (TSS) مدل‌ها

مدل	AUC	TSS
حداکثر آنتروپی	۰/۹۷	۱
جنگل تصادفی	۰/۹۲	۰/۹۶
درخت رگرسیون ارتقاءیافته	۰/۹۱	۰/۹۳
مدل خطی تعمیم‌یافته	۰/۹۴	۰/۹۵



شکل ۳. نقشه‌های مطلوبیت زیستگاهی سیاه گوش در منطقه رازقان زرندیه ساوه حاصل از ۴ مدل استفاده شده (رنگی در نسخه الکترونیکی)

هیچ دو مدلی خروجی یکسانی ندارد. این اختلاف هم از نظر تعیین گستره دارای مطلوبیت و هم از لحاظ تعیین میزان مطلوبیت قابل مشاهده است. مناطق مسکونی (قسمت‌های سفیدرنگ) و نقاط حضور سگ‌های گله دارای کمترین مطلوبیت بوده و قسمت‌های سبز پررنگ، زیستگاه‌های مطلوب برای سیاه‌گوش هستند.

بر اساس مدل ترکیبی مساحت ۲۵۳۹۲/۷۸ معادل ۵۳/۲۲ درصد منطقه خرقان برای سیاه‌گوش مطلوب است (جدول ۴). شکل ۴ نشان می‌دهد منطقه ازبران و مصرقان واقع در قسمت شمال شرقی، منطقه زمبز- یاری‌آباد- حصارچای در مرکز، منطقه آسکین و آتولن در دامنه جنوبی کوه اینچه‌قاره، منطقه مراغه و سنگک در جنوب و منطقه چارحد و حریقان در شمال غربی منطقه خرقان به‌عنوان زیستگاه‌های مطلوب سیاه‌گوش در منطقه خرقان محسوب می‌شوند.

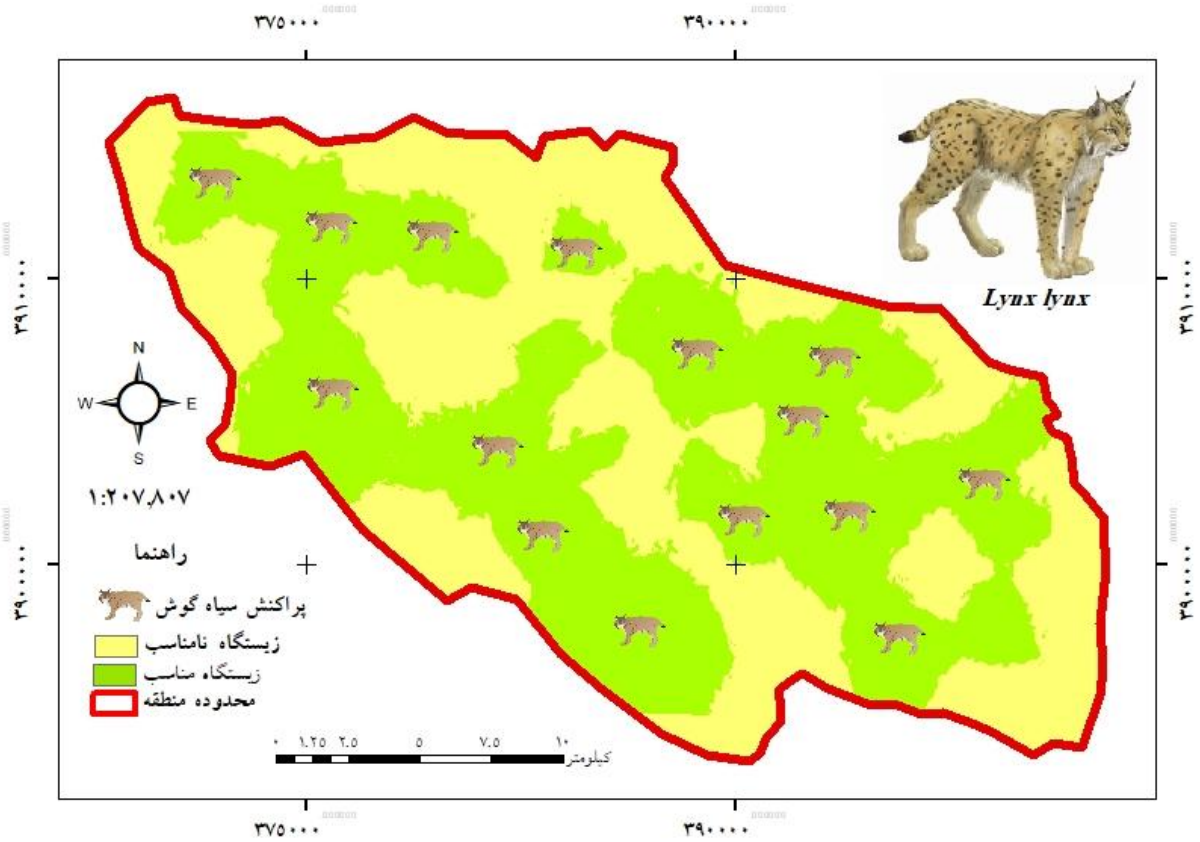
در شکل ۵ اهمیت هر یک از متغیرهای مورد استفاده در تعیین مطلوبیت زیستگاه سیاه‌گوش نشان داده شده است. بر این اساس به‌ترتیب فاصله از مناطق مسکونی و سگ‌های گله، دسترسی به طعمه، فاصله از رودخانه و ارتفاع از سطح

www.SID.ir

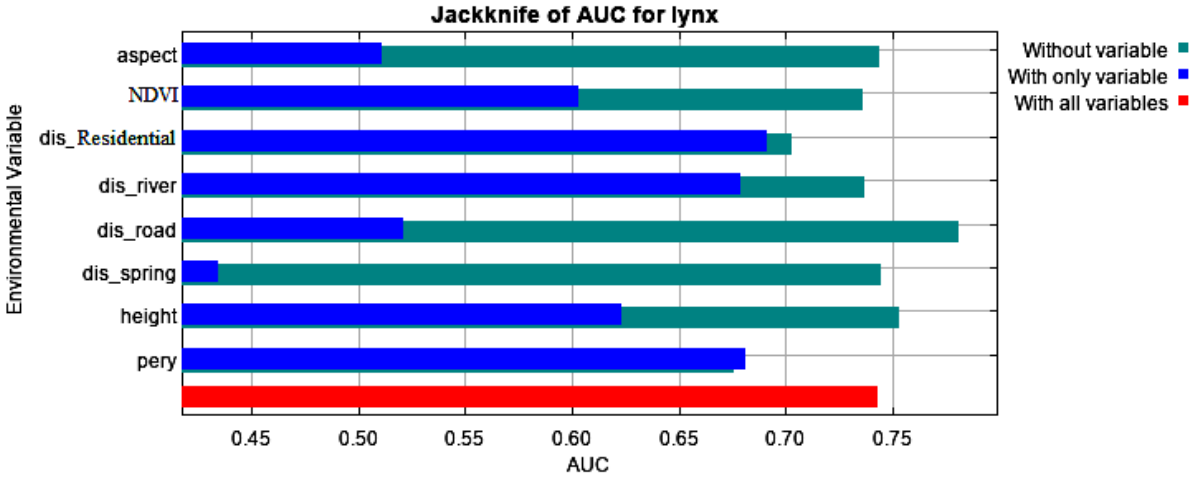
Archive of SID

جدول ۴. سطح زیستگاه‌های مطلوب و نامطلوب برای سیاه‌گوش در منطقه خرقان زرندیه ساوه

زیستگاه	هکتار	درصد
مناسب	۲۵۳۹۲/۷۸	۵۳/۲۲
نامناسب	۲۲۳۱۱/۲۲	۴۶/۷۸
جمع	۴۷۷۰۴	۱۰۰



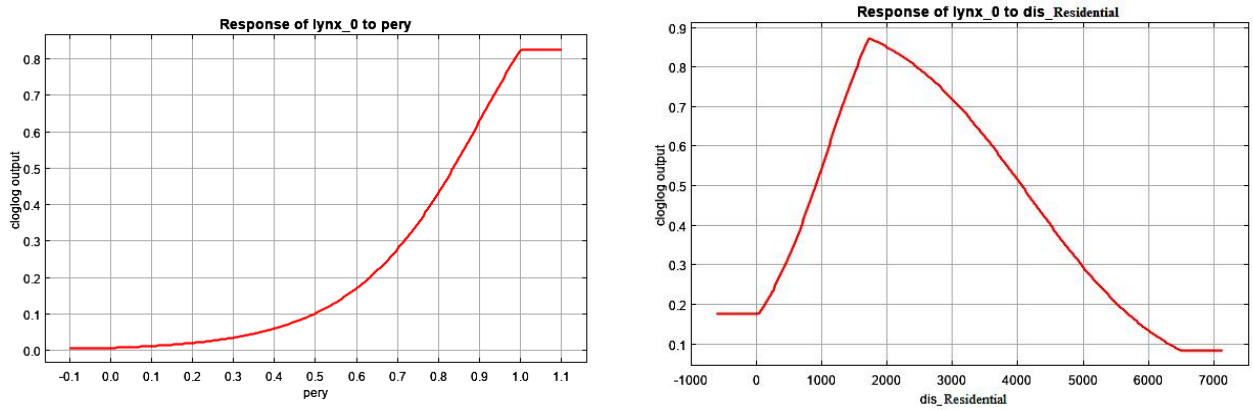
شکل ۴. نقشه ترکیبی مطلوبیت زیستگاهی سیاه‌گوش اوراسیایی در منطقه خرقان زرندیه ساوه (رنگی در نسخه الکترونیکی)



شکل ۵. میانگین میزان تأثیرگذاری عوامل محیطی بر مطلوبیت زیستگاهی سیاه‌گوش در منطقه خرقان زرندیه ساوه (رنگی در نسخه الکترونیکی)

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۶. مهم‌ترین منحنی‌های پاسخ گونه نسبت به متغیر فاصله از مناطق مسکونی و متغیر دسترسی به طعمه (رنگی در نسخه الکترونیکی)

دریا مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر مطلوبیت زیستگاه سیاه‌گوش در منطقه خرقان به‌شمار می‌روند.

شکل ۶ مهم‌ترین منحنی‌های پاسخ گونه نسبت به متغیرهای فاصله از مناطق مسکونی و دسترسی به طعمه را نشان می‌دهد، به این‌صورت که در مورد متغیر فاصله از مناطق مسکونی با افزایش فاصله تا ۱۸۰۰ متر، زیستگاه برای سیاه‌گوش مطلوب می‌شود. همچنین با افزایش مطلوبیت زیستگاه برای طعمه و بنابراین امکان دسترسی به طعمه، آن زیستگاه برای سیاه‌گوش نیز مطلوب خواهد بود.

بحث و نتیجه‌گیری

روش مدل‌سازی ترکیبی به‌عنوان تنها راه‌حل برای کاهش عدم قطعیت و اریب یک مدل، در این مطالعه نیز نتایج مناسبی ارائه داد (۱۴ و ۲۶). عامل دسترسی به طعمه میزان قابل توجهی از درصد تغییرات زیستگاه گونه را توجیه می‌کند و بیشترین سهم را در تعیین مطلوبیت زیستگاه سیاه‌گوش دارد. با استفاده از ترکیب نتایج حاصل از تمام مدل‌ها سطح زیستگاه مطلوب سیاه‌گوش ۱۲/۴۳ درصد از منطقه خرقان را به خود اختصاص داد (۲۵). نتایج نشان می‌دهد متغیرهای فاصله از مناطق مسکونی، فاصله از رودخانه، و دسترسی به طعمه به‌طور میانگین به‌ترتیب بیشترین تأثیر را در مطلوبیت زیستگاه سیاه-گوش در این مطالعه دارند. فاکتورهای فاصله از جاده و مناطق مسکونی و حضور سگ بر مطلوبیت زیستگاه سیاه‌گوش در منطقه خرقان تأثیر منفی دارند، به‌طوری‌که با نزدیکی به جاده، مناطق مسکونی و سگ‌های گله مطلوبیت زیستگاه کاهش یافته و حتی باعث تلف شدن حیوان می‌شود (۱۳). نزدیکی به رودخانه به دلیل تأمین آب، وجود اراضی کشاورزی و باغات، بالا بودن تراکم پوشش گیاهی و دسترسی به طعمه در حاشیه رودخانه باعث حضور بیشتر سیاه گوش و افزایش مطلوبیت زیستگاه می‌شود. پاسخ گونه نسبت به فاکتور طعمه نشان داد در جاهایی که تراکم و مطلوبیت زیستگاه برای گونه‌های طعمه مثل خرگوش، کبک و... بیشتر است، حضور سیاه‌گوش و مطلوبیت زیستگاه برای این گونه نیز بیشتر است (۲). به‌نظر می‌رسد علت بالا بودن سهم این فاکتورها در مطلوبیت زیستگاه، وجود زیستگاه مشترک حیوانات طعمه با زیستگاه سیاه‌گوش و همچنین وجود سایر جانوران شکارگر مثل گرگ‌ها و سگ‌های گله به‌عنوان گونه‌های رقیب در قسمت‌های خاصی از منطقه خرقان می‌باشد (۱۱). در سال‌های اخیر گزارش‌هایی از تلف شدن سیاه گوش توسط سگ‌های گله در منطقه وجود دارد. به-نظر می‌رسد کاهش جمعیت طعمه، افزایش دام و سگ‌های گله در زیستگاه سیاه‌گوش باعث افزایش تلفات آن در سال‌های اخیر شده است (۲۱). بنابراین کاهش تعداد دام و سگ‌های گله متناسب با ظرفیت برد مراتع منطقه و تعیین محدوده امن منطقه خرقان جهت جلوگیری از ورود دام و سگ‌های گله به این

www.SID.ir

Archive of SID

مناطق ضروری است. تخریب زیستگاه و شکار بی‌رویه سیاه-گوش و همچنین کاهش جمعیت حیوانات طعمه مهم‌ترین عامل تهدیدکننده بقای این گونه ارزشمند در منطقه خرقان است (۳۱). کاهش جمعیت طعمه یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده تأثیر گذار بر پویایی جمعیت سیاه‌گوش است (۶). در سال‌های اخیر دوربین‌های تله‌ای زیادی توسط دوستداران محیط زیست در منطقه خرقان نصب شده و تصاویری از گونه-های مختلف جانوری در منطقه ثبت شده است. در سال ۱۳۹۸ از چهار قلاده سیاه‌گوش تصویربرداری شد (۲۰). بنابراین برآورد دقیق جمعیت سیاه‌گوش در منطقه خرقان و آموزش و فرهنگ‌سازی در جوامع محلی منطقه به‌منظور حفاظت از سیاه-گوش ضروری است. پاسخ عمده احتمالی گوشت‌خورانی مثل سیاه‌گوش به کاهش تنوع و دسترسی به طعمه اصلی در یک پهنه طبیعی مانند شرایط کنونی منطقه خرقان، افزایش گستره خانگی و جابه‌جایی بیشتر در زیستگاه به منظور تأمین انرژی مورد نیاز است که خود منجر به کاهش تراکم آنها می‌شود (۳۰). حضور سیاه‌گوش در منطقه پیرحیدر عباس‌آباد در شرق، منطقه پیرامون ازبران و مصرقان واقع در قسمت شمال شرقی، منطقه اطراف زمبز- یاری‌آباد- حصارچای در مرکز، منطقه حاشیه آسکین و آتولن در دامنه جنوبی کوه اینچه‌قاره، منطقه اطراف مراغه و سنگک در جنوب و منطقه چارحد و حریقان در شمال غربی منطقه خرقان، وجود این شرایط را تأیید می‌کند (۲۰). پستانداران گوشت‌خوار، جانورانی اغلب کمیاب یا مخفی‌کار هستند که پایش آنها به‌دلیل تراکم کم، وسعت زیاد گستره خانگی، حضور در مناطق دور از دسترس انسان و پراکنش غیریکنواخت سیمای سرزمین، به‌دشواری انجام می-شود. بنابراین مطالعه گونه‌های کمیاب یا مخفی‌کار یکی از چالش‌های مهم پیش روی بوم‌شناسان است (۳ و ۲۴). این پژوهش به‌عنوان اولین مطالعه ارزیابی زیستگاه سیاه‌گوش اوراسیایی در کشور و استان مرکزی محسوب می‌شود. حفاظت از جمعیت طعمه به‌ویژه سم‌داران علف‌خوار و خرگوش بالاترین اهمیت را در حمایت از سیاه‌گوش اوراسیایی در منطقه خرقان به‌عنوان تنها زیستگاه این گونه در مرکز کشور دارد، که با نتایج مطالعه انجام‌شده در منطقه انگوران مشابه است (۲۴). به‌منظور حمایت و حفاظت بیشتر از گونه سیاه‌گوش، ارتقاء سطح حفاظتی منطقه شکارممنوع خرقان به پناهگاه حیات وحش و همچنین جلوگیری از شکار بی‌رویه حیوانات طعمه سیاه‌گوش اهمیت زیادی دارد.

سپاسگزاری

از کلیه کارشناسان و محیط‌بانان اداره کل حفاظت محیط زیست استان مرکزی به‌ویژه ادارات محیط زیست ساوه و زرندیه، اهالی منطقه خرقان، و آقای فرقانی‌پور مدیر عامل مؤسسه مردم‌نهاد دوستداران و حافظان طبیعت ساوه و زرندیه که در ارائه تصاویر و اطلاعات مربوط به سیاه‌گوش و منطقه خرقان همکاری زیادی داشته‌اند صمیمانه تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع مورد استفاده

1. Allouche, O., A. Tsoar and R. Kadmon. 2006. Assessing the accuracy of species distribution models: prevalence, kappa and the true skill statistic (TSS). *Journal of Applied Ecology* 43: 1223-1232.
2. Avgan, B., F. Zimmermann, M. Güntert, F. Arıkan and U. Breitenmoser. 2014. The first density estimation of an isolated Eurasian Lynx population in southwest Asia. *Wildlife Biology* 20: 217-221.
3. Boitani, L., P. Ciucci and A. Mortelliti. 2012. Designing carnivore surveys. pp: 8-30, In: L. Boitani and R. A. Powell (eds.), Carnivore ecology and conservation: a handbook of techniques. Oxford University Press, United Kingdom.
4. Breiman, L. 2001. Random forests. *Machine Learning* 45: 5-32.
5. Breiman, L. 1984. Classification and regression trees. Wadsworth International Group, Belmont, USA.
6. Breitenmoser, U., P. Kaczensky, M. Dötterer, C. Breitenmoser-Würsten, S. Capt, B. Bernhart and M. Liberek. 1993.

www.SID.ir

Archive of SID

Spatial organisation and recruitment of lynx (*Lynx lynx*) in a re-introduced population in the Swiss Jura Mountains. *Journal of Zoology* 231: 449-464.

7. Brown, J. L. and A. D. Yoder. 2015. Shifting ranges and conservation challenges for lemurs in the face of climate change. *Ecology and Evolution* 5(6): 1131-1142.
8. Busby, J. R. 1991. BIOCLIM– a bioclimate analysis and prediction system. *Plant Protection Quarterly* 6: 8-9.
9. Carpenter, G., A. N. Gillison and J. Winte. 1993. DOMAIN: a flexible modelling procedure for mapping potential distributions of plants, animals. *Biodiversity Conservation* 2: 667-680.
10. DOE Markazi., 2010. Natural Features Atlas of Markazi Province. Publisher: NAQSH-E MANA by Order of Department of Environment Markazi. (In Persian).
11. Filla, M., J. Premier, N. Magg, C. Dupke, I. Khorozyan, M. Waltert, L. Bufka and M. Heurich. 2017. Habitat selection by Eurasian lynx (Lynx lynx) is primarily driven by avoidance of human activity during day and prey availability during night. Ecological and Evalution 7:6367-6381.
12. Friedman, J. H. 2001. Greedy function approximation: a gradient boosting machine. Annalas of Statistics 29: 1189-1232.
13. Gil-Sánchez J.M., R. Arenas-Rojas, M. García-Tardío, J. Rodríguez-Siles and M.A. Simón-Mata . 2011. Habitat Assessment to Select Areas for Reintroduction of the Endangered Iberian Lynx. Wildlife Biology in Practice 7(2):1-19.
14. Grenouillet, G., L. Buisson, N. Casajus and S. Lek. 2011. Ensemble modelling of species distribution: the effects of geographical and environmental ranges. Ecography 34(1): 9-17.
15. Guisan, A and N.E. Zimmermann. 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. Ecological Modelling.
16. Guisan, A., W. Thuiller and N. E. Zimmermann. 2017. Habitat Suitability and Distribution Models with Application in R. Cambridge University Press 496 p.
17. Hartmann, S. A., G. Segelbacher, M. E. Juiña and H. M. Schaefer. 2015. Effects of habitat management can vary over time during the recovery of an endangered bird species. Biological Conservation 192: 154-160.
18. Hastie, T. 1994. Flexible discriminant analysis by optimal scoring. Journal of the American Statistical Association, 89: 1255-1270.
19. Hastie, T and R. Tibshirani .1990. Generalised Additive Models. Chapman and Hall, 265 p.
20. IFPSZN. 2020. Reports of the Institute of Friends and Preservers of Saveh and Zarandieh Nature (IFPSZN) in the last ten years from the Saveh Zarandieh Kharaghan Area (SZKA).Friends and Preservers of Saveh and Zarandieh Nature, Saveh. (In Farsi).
21. Karami, M., T. Ghadirian and K. Faizolahi. 2012. The atlas of mammals of Iran. Deparment of Environment, Tehran, Iran. (In Farsi).
22. McCullagh, P. and J. A. Nelder .1989. Generalized Linear Models. Chapman and Hall, London.
23. Moen, R. and S. K. Windels. 2012. Lynx Habitat Suitability in and near Voyageurs National Park. *Natural Areas Journal* 32(4): 345-348.
24. Mohammadi Moqanaki, E. , F. Jafarzadeh, F. Hosseini Zavarei and M. S. Farhadinia. 2015. Assessing the status of the Eurasian lynx (*Lynx lynx*) in Anguran Wildlife Refuge using multiple survey methods. *Journal of Animal Environment* 7(3): 47-56. (In Farsi).
25. Molinari-Jobin, A., F. Zimmermann, A. Ryser, P. Molinari, H. Haller, C. Breitenmoser-Wu¨rsten, S. Capt, R. Eyholzer and U. Breitenmoser. 2007. Variation in diet, prey selectivity and home-range size of Eurasian lynx *Lynx lynx* in Switzerland. *Wildlife Biology* 13(4): 393-405.
26. Morovati, M., M. Kaboli, M. Panahandeh, M. Sarbaz and S. Ahmadian. 2017. Modeling the habitat suitability of Cheetah (*Acinonyx jubatus venaticus*) under the influence of climate change in Iran using software MAXENT. *Journal of Animal Environment* 9(1):13-20. (In Farsi).
27. Naimi, B. and M. B. Araujo. 2016. SDM: a reproducible and extensible R platform for species distribution modelling. *Ecography* 39: 368-375.
28. Phillips, S. J., R. P. Anderson and R. E. Schapire. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling* 190: 231-259.
29. Rosenblatt, F. 1958. The perceptron: a probabilistic model for information storage and organization in the brain. *Psychology Revolution* 65: 365-386.

www.SID.ir

Archive of SID

30. Schmidt, K. 2008. Behavioural and spatial adaptation of the Eurasian lynx to a decline in prey availability. Acta Theriologica 53: 1-16.
31. Tilman, D., R. May, C. Lehman and M. Nowak .1994. Habitat destruction and the extinction debt. *Nature* 371: 64-65.
32. Ziaie, H. 2008. A field guide to the mammals of Iran. Wildlife Reconnaissance Center, Tehran. (In Farsi).

www.SID.ir

Archive of SID

Predicting distribution of Eurasian Lynx (*Lynx lynx*) using an ensemble modeling approach: A Case Study: Saveh Zarandieh Kharaghan Area, Markazi Province

A. Ansari[1*]

(Received: March 09-2020; Accepted: July 18-2020)

Abstract

Adequate knowledge about suitable habitats for wildlife is essential to prevent habitat destruction and extinction of species and for their conservation and management. The Eurasian lynx is one of the mostly distributed cats in Asia. In this study, we applied an ensemble habitat suitability modeling approach, using ten predictor variables to model Eurasian Lynx's habitat suitability in Saveh Zarandieh Kharaghan Area, Markazi Province. Due to the high value of the area under the curve index (AUC > 0.9) for Maximum Entropy, Random Forest, Boosted Regression Tree, and Generalized Linear Model, these models were used to produce the final distribution model of the target species. Based on the ensemble model, 53.22% of Saveh Zarandieh Kharaghan Area were identified as suitable for this species. According to the results, distance to residential areas, distance to river and availability of prey were identified as the most important variables, affecting the distribution of Eurasian Lynx. This study indicated that the Eurasian Lynx habitats need more protection.

Keywords: Eurasian Lynx, Ensemble modelling of habitat suitability, Species Distribution Modelling package, R software, Kharaghan prohibited Area

1. Department of Environmental Sciences , Faculty of Agriculture and Natural Resources, Arak University , Arak, Iran.
*: Corresponding Author, Email: a-ansari@araku.ac.ir

www.SID.ir