ارزیابی مطلوبیت زیستگاه و وضعیت حفاظتی گونه به‌شدت در خطر انقراض سمندر لرستانی (*Neurergus kaiseri*) در استان‌های لرستان و خوزستان

مریم تندوران زنگنه[1*]، سیما فاخران اصفهانی[1]، سعید پورمنافی[1] و جوزف سن[2]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۵/۳۱ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۷/۶)

چکیده

سمندر لرستانی (*Neurergus kaiseri*) از جمله گونه‌های اندمیک ایران است که دامنهٔ پراکنش محدودی در جنوب کوه‌های زاگرس دارد و در فهرست قرمز IUCN از آن با عنوان به‌شدت در خطر انقراض (Critically Endangered) یاد شده است. امروزه جمعیت این گونه به‌دلیل عوامل متعددی رو به کاهش بوده و در معرض تهدید جدی می‌باشد. در این مطالعه مطلوبیت زیستگاه سمندر لرستانی با استفاده از رویکرد حداکثر آنتروپی (MaxEnt) و براساس متغیرهای محیط زیستی و اقلیمی (حرارتی و بارشی) ارزیابی گردید. بررسی نتایج حاصل از مدل، نشان داد که میزان بارش سالیانه و فصلی، میانگین درجه حرارت سالیانه، ارتفاع و پوشش اراضی به‌ترتیب به‌عنوان مهم‌ترین متغیرها برای مطلوبیت زیستگاه سمندر لرستانی می‌باشند. از طرفی ارزیابی وضعیت حفاظتی این گونه با بررسی مناطق پراکنش گونه و تطبیق آن با شبکه‌های حفاظتی نشان داد که، در حال حاضر هیچ یک از زیستگاه‌های مطلوب سمندر لرستانی در مناطق تحت حفاظت نبوده و پشتوانهٔ قانونی برای حفاظت از این سایت‌ها وجود ندارد، و این وضعیت این گونهٔ به شدت در خطر انقراض را با آسیب بیشتری مواجه می‌سازد.

واژه‌های کلیدی: مطلوبیت زیستگاه، استان خوزستان، استان لرستان، مدل حداکثر آنتروپی، سمندر لرستانی، شبکه‌های حفاظتی

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

۲. موسسه تحقیقات جنگل، برف و سیمای سرزمین (WSL)، سوئیس

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: m.tondravanzangene@na.iut.ac.ir

مقدمه

در سال‌های اخیر جمعیت دوزیستان بر اثر عواملی مثل: از دست رفتن زیستگاه، بیماری‌ها، بهره‌برداری بیش از حد از جمعیت، تغییرات اقلیمی و گونه‌های غیربومی کاهش یافته است (۴۵ و ۴۶)، که در این میان نابودی زیستگاه‌ها از جمله مهمترین عوامل تهدید می‌باشند (۱۷ و ۳۰). حدود یک سوم دوزیستان جهان در معرض تهدید به انقراض هستند و تقریباً نیمی از جمعیت آنها (۴۲٪) رو به کاهش می‌باشد (۴۷). هم‌چنین براساس ارزیابی‌های صورت گرفته در ارتباط با دوزیستان توسط IUCN (اتحادیه جهانی حفاظت از محیط زیست)، این گروه از مهره‌داران، به‌عنوان بیشترین طبقهٔ در معرض تهدید در جهان شناسایی شده‌اند (۴۶).

سمندرها نیز از جمله دوزیستانی می‌باشند که زیستگاه‌های زمینی و آبی آنها در طی دوره‌های اخیر کاهش قابل توجهی یافته است (۱۳، ۱۴، ۳۱ و ۳۲). این گونه‌ها در فرآیند اکوسیستم‌های آبی و زمینی نقش مهمی دارند (۱۸، ۵۱، ۵۲ و ۵۴) و کاهش گونه‌ها به‌طور قابل ملاحظه‌ای می‌تواند عملکرد اکوسیستم‌ها را در آن نواحی تغییر دهد. بنابراین جهت حفظ عملکرد اکوسیستم نیاز به حفاظت و مدیریت صحیح از مناطق حضور این گونه‌ها می‌باشد. حداقل ۲۱ گونه دوزیست از ایران گزارش شده که برخی از آنها توسط IUCN به‌شدت در خطر انقراض معرفی شده است.

سمندر کوهستانی لرستان یا سمندر خالدار قیصری یا سمندر قمصری یا سمندر خالدار امپراتور یا حاجی باریک (*Neurergus kaiseri*) سمندری بسیار رنگی و از گونه‌های اندمیک ایران است که دامنهٔ پراکنش محدودی در جنوب کوه‌های زاگرس دارد. در اوایل بهار و تابستان سمندرها در برکه‌ها و رودخانه‌ها حضور دارند، با بالا رفتن دما و گرم شدن هوا سمندرها، برکه‌ها را ترک کرده و به کوه‌های ناهموار اطراف مهاجرت می‌کنند و در شکاف سنگ‌ها پنهان می‌شوند، که در مورد این مرحله از زندگی این گونه اطلاعات خیلی کمی موجود است (۴۳ و ۴۴).

یکی از روش‌های شناسایی زیستگاه‌ها و نیازهای زیستگاهی گونه‌ها استفاده از مدل‌های پیش‌بینی کننده پراکندگی است که مبنای آنها کمی ساختن ارتباط میان گونه و متغیرهای مختلف محیط زیستی می‌باشد (۴ و ۲۷). در سال‌های اخیر مدل‌سازی پراکنش گونه‌ای بسیار مورد توجه قرار گرفته است. در این میان تعیین پراکنش گونه‌های جانوری، به‌دلیل نبود اطلاعات کافی نقاط حضور گونه‌ها و هم‌چنین نقشه‌های رقومی با کیفیت، مدل‌سازی را به‌ویژه در ایران دشوار ساخته است (۳).

مدل‌های پراکنش گونه‌ای (Species Distribution Models) الگوریتم‌های تحلیلی و یا آماری هستند که می‌توانند پراکنش واقعی یا بالقوه گونه را با ارتباط دادن مشاهدات میدانی و لایه‌های متغیرهای محیطی پیش‌بینی کنند. تاکنون مجموعه گسترده‌ای از مدل های آماری و مبتنی بر یادگیری ماشین معرفی شده‌اند (۱۲، ۱۹، ۲۶). گروه ویژه‌ای از مدل‌های پراکنش گونه‌ای تنها مبتنی بر نقاط حضور هستند (۲۶). روش‌های متعددی برای مدل‌سازی پراکنش به‌وجود آمده است که تنها از داده‌های حضور گونه‌ها استفاده می‌کنند (مانند BIOCLIM، DOMIN، ENFA، GARP و MAXENT)، این مدل‌ها، اطلاعات مناسبی را در مورد پراکنش احتمالی گونه‌ها زمانی که داده‌های کافی موجود نیست، فراهم می‌آورند و می‌توانند در طرح‌ریزی‌های حفاظتی مورد استفاده قرار گیرند (۲۶). در میان این مدل‌ها روش حداکثر آنتروپی (MaxEnt) از لحاظ کارکرد از بهترین روش‌های مدل‌سازی محسوب می‌شود (۲۲، ۴۰ و ۴۲). این مدل یک روش یادگیری ماشینی مبتنی بر حداکثر بی‌نظمی است که برای پیش‌بینی حضور گونه‌ها هنگام در دسترس نبودن داده‌های کامل به‌کار می‌رود. این روش احتمال پراکندگی حضور یک گونه را براساس محدودیت‌های به‌دست آمده از داده‌های موجود تخمین می‌زند (۳۹ و ۴۲). از مزایای این روش می‌توان به قابلیت استفاده از هر دو نوع داده پیوسته و گسسته، جزئیات پیش‌بینی به‌دلیل ماهیت پیوسته مدل‌های حاصله و سرعت و سادگی استفاده از نرم‌افزار اشاره کرد (۴۹).

از جمله مطالعات صورت گرفته در ایران در خصوص مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه و با استفاده از روش حداکثر آنتروپی می‌توان به مطالعات مصطفوی و کابلی (۷)، میرزایی و همکاران (۹)، بردخوانی (۲) و رنجبر (۵) اشاره کرد.

از جمله مطالعات مرتبط با مدل‌سازی برای سمندرها می‌توان به مطالعات برین (۱۵)، کوین (۳۴)، اوچا و همکاران (۳۷)، ادواردو و جورج (۲۰)، میلانویچ و همکاران (۳۵) که برای مدل‌سازی زیستگاه از روش حداکثر آنتروپی (MaxEnt) استفاده کردند، اشاره کرد.

پژوهش حاضر با هدف بررسی پراکنش گونهٔ سمندر لرستانی و ارزیابی مطلوبیت زیستگاه آن با استفاده از مدل MaxEnt (حداکثر آنتروپی) به انجام رسیده است. بدین منظور تلاش شد تا براساس نقاط حضور فعلی و متغیرهای محیط زیستی و اقلیمی حائز اهمیت برای گونه، زیستگاه‌های مطلوب شناسایی گردند. دستیابی به این مهم، این امکان را فراهم می‌آورد تا مناطقی که نیازمند سطح حفاظتی بالاتری هستند، شناسایی شده و اقدامات لازم برای حفاظت از آنها به‌کار گرفته شود. از طرفی بررسی‌های میدانی نشان می‌دهد که علی‌رغم اهمیت حفاظتی بسیار زیاد سمندر لرستانی به‌عنوان یک گونهٔ اندمیک و نیز در معرض تهدید جدی انقراض (Critically Endangered) تاکنون منطقهٔ حفاظت شدهٔ رسمی و ثبت شده برای گونه معرفی نشده و لذا بررسی مناطق پراکنش گونه و تطبیق آن با شبکه‌های حفاظتی ضروری به‌نظر می‌رسد. بدین ترتیب پژوهش حاضر را می‌توان به‌عنوان ابزار بدیعی جهت نیل به اهداف حفاظتی گونه اندمیک سمندر لرستانی و شناسایی مناطق هدف برای افزایش سطح حفاظت گونه مورد توجه قرار داد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

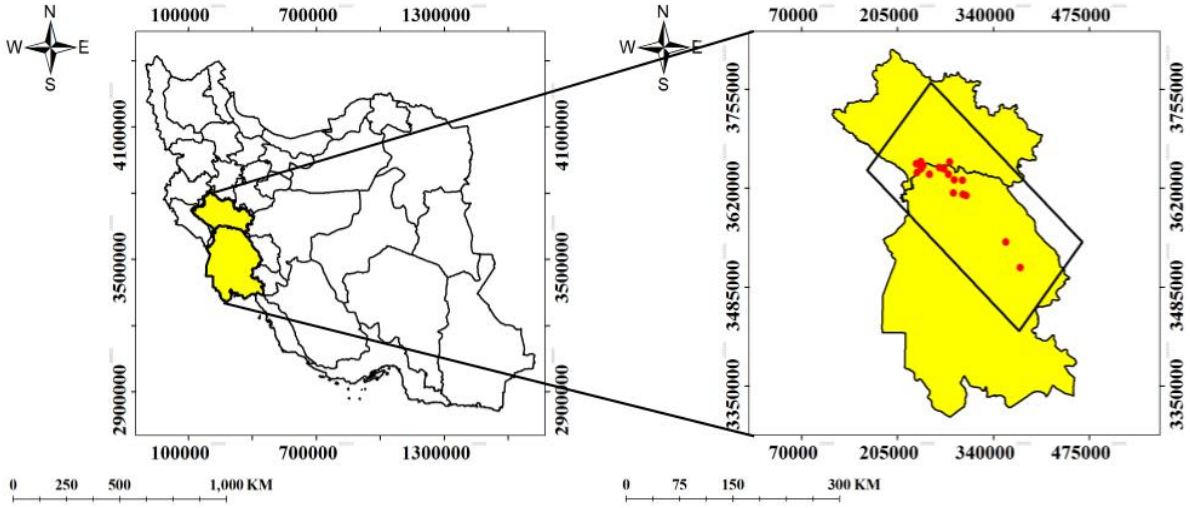
استان لرستان یکی از استان‌های غربی ایران است. عرض جغرافیایی این استان ۳۲ درجه و ۳۷ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۲۲ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی آن ۴۶ درجه و ۵۱ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۳۰ دقیقه شرقی می‌باشد. این استان ۲۸۲۹۴ کیلومترمربع مساحت دارد. بیشتر مناطق این استان را کوه‌های زاگرس پوشانده است (۱، ۶ و ۸).

استان خوزستان با مساحت ۶۴۰۵۷ کیلومترمربع در جنوب غربی ایران در کرانه خلیج‌فارس و اروندرود قرار دارد. این استان در محدوده ۴۷ درجه و ۴۲ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۳۹ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ و ۲۹ درجه و ۵۸ دقیقه تا ۳۲ درجه و ۵۸ دقیقه شمالی از خط استوا قراردارد (۱، ۶ و ۸).

منطقه مورد مطالعه در این تحقیق جنوب استان لرستان و شمال استان خوزستان می‌باشد. موقعیت و محدوده منطقه مورد مطالعه در شکل ۱ آمده است. مساحت منطقهٔ مورد مطالعه حدود ۴۵۲۳۱ کیلومترمربع می‌باشد.

روش تحقیق

در پژوهش حاضر نقاط حضور براساس بررسی‌های مستقیم میدانی در منطقهٔ پراکنش گونه در جنوب لرستان و شمال خوزستان و نیز انجام مطالعات کتابخانه‌ای و نقاط ثبت شده در مطالعات قبلی (۸ و ۳۶) جمع‌آوری شدند. در دو زمان پاییز (مهر) و بهار (اردیبهشت) از چند منطقه حضور بازدید شد و با استفاده از سیستم موقعیت‌یاب جهانی (GPS) نقاط مدنظر جمع‌آوری گردید و با نقاط ثبت شده موجود تجمیع گشته و در نهایت ۲۰ نقطه حضور (جدول ۱) شناسایی شد که از این میان، ۸ نقطه مربوط به استان لرستان و ۱۲ نقطه مربوط به استان خوزستان می‌باشد. با توجه به کمیاب و در انقراض بودن این گونه و هم‌چنین لکه‌ای بودن جمعیت آن، اطلاعات کمی در مورد نقاط حضور آن در دسترس می‌باشد. به همین دلیل برای مدل‌سازی به‌دلیل کپه‌ای نبودن نقاط و کم بودن آن، تمامی نقاط برای مدل‌سازی به‌کار گرفته شد. عدم کپه‌ای بودن توزیع نقاط جمع‌آوری شده نشان می‌دهد که اریب نمونه‌برداری بسیار کم و قابل چشم پوشی می‌باشد.



شکل ۱. موقعیت استان لرستان و خوزستان در نقشه ایران، محدودهٔ مطالعاتی و نقاط حضور سمندر لرستانی

جدول ۱. موقعیت جغرافیایی زیستگاه‌های فعلی شناسایی شده تا سال ۱۳۹۲ (۳۲)

زیستگاه	استان	نام محلی زیستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
۱		شوی (تله زنگ)	۲۹۶۶۴۸	۳۶۳۰۷۷۶
۲		دره دوینی	۲۸۴۰۸۶	۳۶۱۳۴۲۲
۳		امامزاده هفت تنان	۳۰۲۰۵۵	۳۶۱۰۱۲۱
۴		دژ محمدعلی خان	۲۹۶۹۴۶	۳۶۱۱۷۶۹
۵		شولاندر	۳۵۷۵۴۶	۳۵۴۶۲۶۴
۶	لرستان	حاجی باریکاب	۲۴۹۹۹۵	۳۶۳۹۰۲۵
۷		شاهزاده احمد (مولیک)	۲۷۰۵۳۲	۳۶۴۶۵۰۵
۸		شاهزاده احمد (بزرگاب)	۲۶۳۸۵۱	۳۶۴۷۹۸۹
۹		شاهزاده احمد (دودات)	۲۷۰۲۹۱	۳۶۴۶۳۶۳
۱۰		سرگچ	۳۷۷۸۵۷	۳۵۱۱۹۵۷
۱۱		شهبازان	۲۸۴۹۰۷	۳۶۳۱۳۶۹
۱۲		مازو	۲۷۷۱۳۷	۳۶۳۸۷۶۷
۱۳		تافاو	۲۴۱۴۵۶	۳۶۵۰۸۰۴
۱۴		کرسر	۲۳۹۱۰۹	۳۶۵۰۵۵۳
۱۵		وژناب	۲۷۸۵۵۹	۳۶۵۵۴۵۲
۱۶		دارخرما	۲۳۱۸۴۳	۳۶۵۳۲۱۴
۱۷	خوزستان	ورون نرگسه	۲۳۲۵۴۵	۳۶۴۱۳۷۹
۱۸		موردستان	۲۳۷۹۲۵	۳۶۵۶۰۳۹
۱۹		چووه	۲۴۰۴۰۵	۳۶۵۰۳۸۰
۲۰		کول چپ	۲۳۸۴۹۸	۳۶۴۶۴۶۵

لایهٔ رستری متغیرهای زیستگاهی در نرم‌افزار ArcMap10 تهیه و جهت ورود به نرم‌افزار MaxEnt مورد پیش پردازش قرار گرفت. براساس مرز مطالعاتی، تمامی لایه‌های محیطی و اقلیمی برش داده شدند و در نهایت به فرمت ASCII در آمده و برای انجام مدل‌سازی به نرم‌افزار MaxEnt وارد شدند (۱۰). لایه‌های اطلاعاتی شیب، ارتفاع، فاصله از رودخانه‌ها، تراکم روستاها و متغیرهای اقلیمی به‌عنوان متغیرهای پیش‌بینی کننده Continuous و لایه‌های اطلاعاتی جهت و پوشش اراضی به‌عنوان متغیرهای Categorical مورد استفاده قرار گرفتند. این متغیرها در چهار دسته کلی متغیرهای اقلیمی، متغیرهای پوشش اراضی، متغیرهای توپوگرافیک (شیب، جهت و ارتفاع) و متغیرهای مرتبط با حضور انسان در زیستگاه قرار می‌گیرند. متغیرهای اقلیمی شامل ۱۹ متغیر حرارتی و بارشی است که از بانک داده WordClim (۲۹) به‌دست آمد. به‌دلیل وجود همبستگی بالا ($r> 0.75$) میان لایه‌های اقلیمی از تحلیل مؤلفه‌های اصلی (Principal Component Analysis/PCA) در نرم‌افزار ArcMap10 برای کاهش این متغیرها به تعداد کمتری متغیر بدون همبستگی یا با همبستگی کم استفاده گردید (۵۳). در نهایت شش متغیر اقلیمی شامل میانگین درجه حرارت سالانه (Bio1)، هم‌دمایی (مناطق هم‌دما/ Bio3)، حداقل دمای سردترین ماه سال (Bio6)، دامنه تغییرات سالانه دما (Bio7)، کل بارش سالانه (Bio12) و توزیع فصلی بارش (Bio15) در تحلیل‌ها مورد استفاده قرار گرفت. هم‌چنین از نقشه تیپ پوشش اراضی تهیه شده در سازمان جنگل‌ها و مراتع به‌عنوان یک لایه طبقه‌بندی شده (Categorical) در مدل‌سازی استفاده شد. از دو متغیر ارتفاع از سطح دریا و شیب نیز به‌عنوان مهم‌ترین متغیرهای تأثیرگذار بر نحوهٔ توزیع ناهمواری‌ها استفاده شد. هم‌چنین با محاسبه تراکم روستاها در واحد سطح در نرم‌افزار ArcMap10 تأثیر حضور انسان در زیستگاه‌های سمندر لرستانی نیز در مدل‌سازی لحاظ شد.

با وجود اینکه مدل مکسنت نسبت به سایر مدل‌های مشابه حساسیت کمتری در ارتباط با همبستگی میان متغیرها دارد (۴۱) اما توصیه شده است در صورتی که ضریب همبستگی میان دو متغیر بیش از ۰/۷ باشد فقط یکی از متغیرها در مدل‌سازی استفاده شود (۵۰). نهایتاً بین تمامی متغیرهای اقلیمی و محیط زیستی همبستگی گرفته شد و ۱۲ متغیر شامل ۶ متغیر اقلیمی و ۶ متغیر محیطی برای مدل‌سازی به‌کار گرفته شد (جدول ۲).

نقشه پراکنش گونه‌ها براساس ۱۰ مرتبه اجرای مدل (تکرار مجدد) تولید شد و نقشه میانگین پیش بینی شده با اندازه پیکسل ۱۰۰*۱۰۰ متر به‌عنوان نقشه نهایی ارائه شد. برای حساسیت سنجی مدل و مشخص کردن متغیرهای مهم در پراکنش، از تحلیل جک نایف استفاده شد. برای ارزیابی نتایج مدل‌سازی آماره تحلیل منحنی ویژگی عامل دریافت کننده (ROC) استفاده شد. در صورتی‌که سطح زیر منحنی (AUC) بین ۰/۷ تا ۰/۸ باشد، بیانگر یک مدل خوب، بین ۰/۸ تا ۰/۹ مدل عالی و بیش از ۰/۹ بیانگر پیش‌بینی بسیار عالی مدل است (۲۸).

پس از تهیه نقشه مطلوبیت زیستگاه در نرم‌افزار MaxEnt مدل پیوسته به‌دست آمده با مقادیر مطلوبیت صفر تا یک به مدل طبقه‌بندی شده مطلوب–نامطلوب کلاسه‌بندی شد. آستانه مورد نظر برای کلاسه‌بندی براساس مقدار مطلوبیت متناظر با بیشترین میزان حساسیت (Sensitivity) مدل لحاظ شد (طبقه‌بندی صحیح نقاط حضور). این امر به‌منظور ارزیابی سطح پوشش حفاظتی مناطق مطلوب توسط نقشه مناطق تحت مدیریت سازمان حفاظت محیط زیست انجام گرفت.

لازم به‌ذکر است که پژوهش حاضر به‌دلیل در دسترس نبودن اطلاعات خرد زیستگاهی به‌ویژه برکه‌های حضور گونه و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن، بیشتر براساس متغیرهای کلان برای بررسی مطلوبیت زیستگاه صورت گرفته است.

جدول ۲. متغیرهای اقلیمی و محیط زیستی انتخابی برای مدل‌سازی

ردیف	متغیر	نام اختصاری	منبع
۱	ارتفاع	Elevation	SRTM
۲	شیب	Slope	SRTM
۳	جهت	Aspect	SRTM
۴	پوشش اراضی	Land cover	IFRWMO
۵	فاصله از رودخانه‌ها	Distance to stream	IFRWMO
۶	تراکم روستاها	Village density	IFRWMO
۷	دمای میانگین سالانه	Annual Mean Temperature	WorldClim
۸	هم‌دمایی (ایزوترمال)	Isothermality	WorldClim
۹	دامنهٔ تغییرات سالانهٔ دما	Temperature Annual Range	WorldClim
۱۰	حداقل دمای سردترین ماه سال	Min Temperature of Coldest Month	WorldClim
۱۱	بارش سالانه	Annual Precipitation	WorldClim
۱۲	بارش فصلی	Precipitation Seasonality	WorldClim

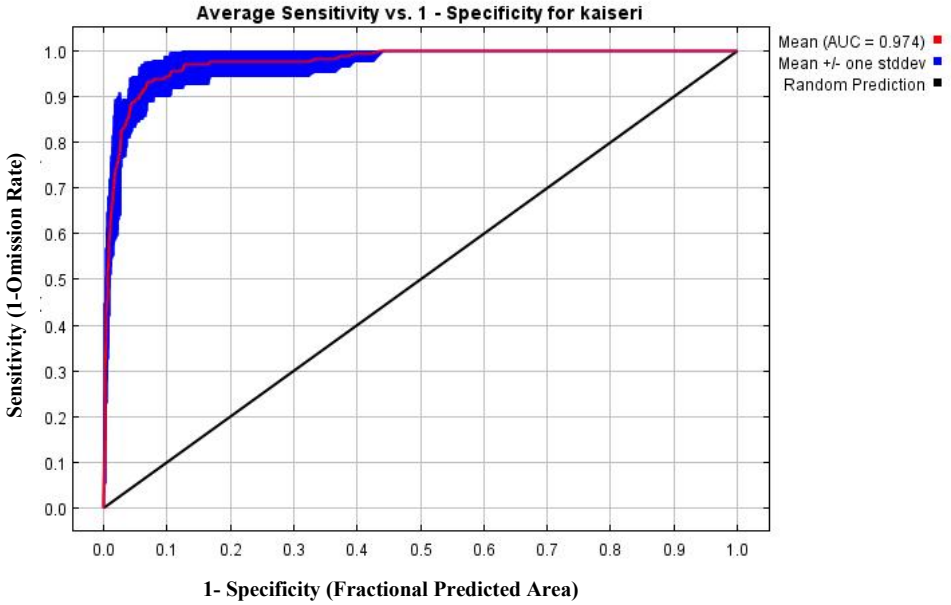
نتایج

براساس پیش‌بینی مدل، مهمترین متغیرهای کلان برای سمندر لرستانی میزان بارش سالیانه و فصلی، میانگین درجه حرارت سالیانه، ارتفاع و پوشش اراضی بودند. مقدار AUC (Area Under the Curve) برابر با ۰/۹۷۴ بوده که نشان از پیش‌بینی بسیار عالی مدل می‌باشد (شکل ۲).

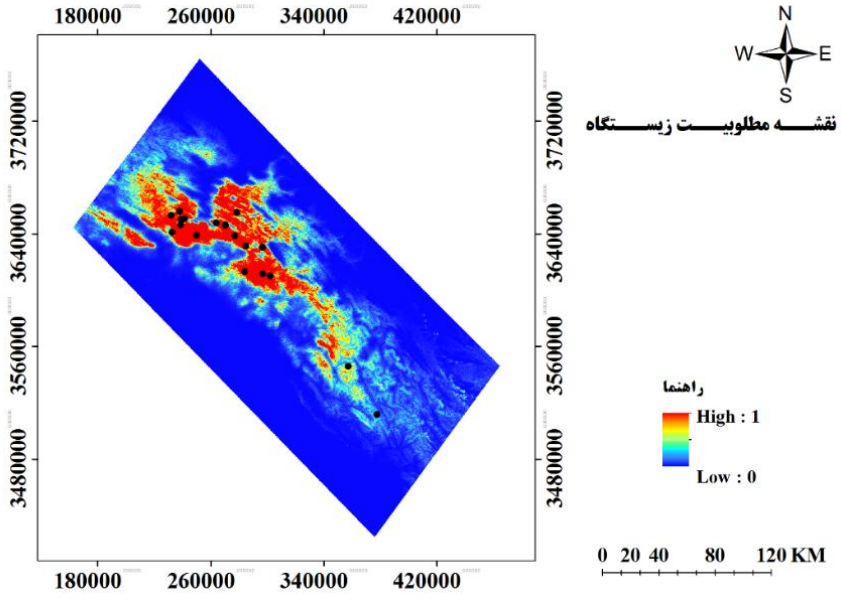
نقشه مطلوبیت زیستگاه یا احتمال پراکنش گونه در شکل ۳ آورده شده است. هم‌چنین درصد سهم نسبی متغیرهای مورد استفاده در مدل‌سازی پراکنش سمندر لرستانی در جدول ۳ آمده است. ترتیب اهمیت متغیرها براساس مدل جک نایف در شکل ۴ آمده است.

اثر هر یک از متغیرها بر افزایش یا کاهش مطلوبیت زیستگاه برای گونه (منحنی‌های پاسخ) بررسی شد که در شکل ۵ آورده شده است.

با توجه به شکل ۵ بیشترین مطلوبیت زیستگاه برای گونه در میانگین درجه حرارت سالانه ۱۵ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. با افزایش هم‌دمایی مطلوبیت زیستگاه گونه افزایش می‌یابد و از دمای ۳۹ درجه به بعد نامطلوب می‌شود. بالاترین مطلوبیت در حداقل دمای سردترین ماه، صفر درجه سانتی‌گراد می‌باشد و بعد از آن مطلوبیت برای گونه کاهش می‌یابد. با افزایش دامنهٔ تغییرات سالانه دما، مطلوبیت برای گونه کاهش می‌یابد. مناسب‌ترین محدودهٔ بارش سالانه، ۴۰۰ تا ۴۵۰ میلی‌متر بوده که در محدودهٔ بارشی زیر ۴۰۰ میلی‌متر مطلوبیت گونه کاهش می‌یابد. بارش فصلی ۸۵ میلی‌متر بیشترین مطلوبیت را برای گونه دارا می‌باشد. مطلوب‌ترین جهت برای گونه، جهت شمال بوده، چرا که جهت شمالی جهت رطوبت‌گیر می‌باشد و کم‌ترین مطلوبیت مربوط به جهت جنوبی است، چون این جهت رو به آفتاب بوده و رطوبت کمتری نسبت به جهت شمالی دارا است. نقشه پوشش اراضی شامل ۸ طبقه: ۱- کشاورزی، ۲- زمین‌های بدون پوشش و بایر، ۳- جنگل با پوشش خوب، ۴- جنگل با پوشش ضعیف تا متوسط، ۵- مرتع با پوشش خوب، ۶- مرتع با پوشش ضعیف



شکل ۲. سطح زیر منحنی (AUC)

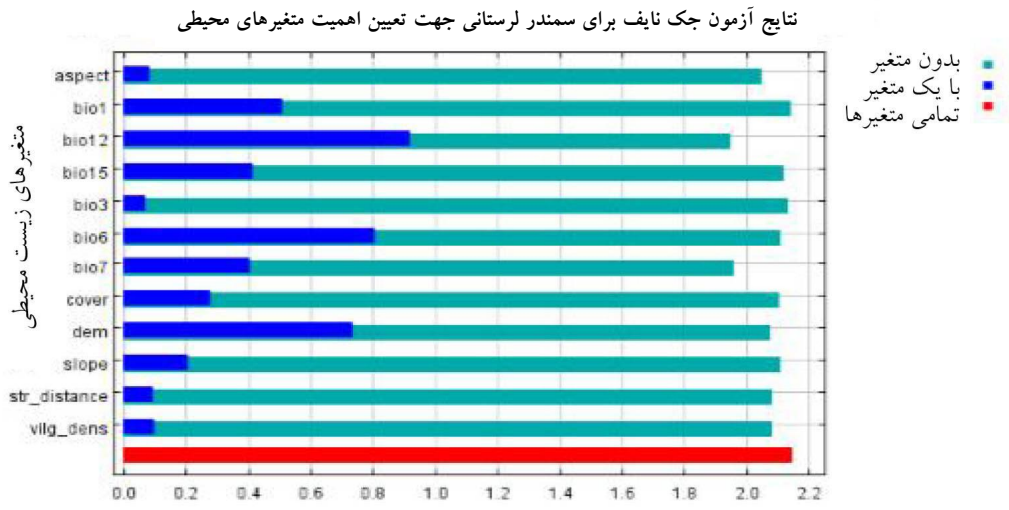


شکل ۳. نقشه مطلوبیت زیستگاه سمندر لرستانی

تا متوسط، ۷- مناطق شهری و روستایی و ۸- آب. همان‌طور که در نمودار نشان داده شده بیشترین مطلوبیت برای گونه در طبقات ۳، ۴ و۵ می‌باشد جایی که پوشش خوب بوده و امکان ایجاد سایه برای پناه گرفتن گونه در گرمای شدید هوا فراهم باشد. ارتفاع ۱۰۰۰ تا ۱۳۰۰ متری محدودهٔ ارتفاعی مناسب برای گونه می‌باشد. شیب ۱۵ تا ۲۰ درصد، شیب مناسب برای حضور گونه است. هر چه فاصله گونه از رودخانه‌ها و منابع آبی بیشتر می‌شود، مطلوبیت زیستگاه برای گونه و احتمال حضور آن کاهش می‌یابد. در جایی که تراکم روستاها بسیار کم است و یا حتی مناطق روستایی و عشایری وجود ندارد،

جدول ۳. درصد سهم نسبی متغیرها در مدل‌سازی پراکنش سمندر لرستانی

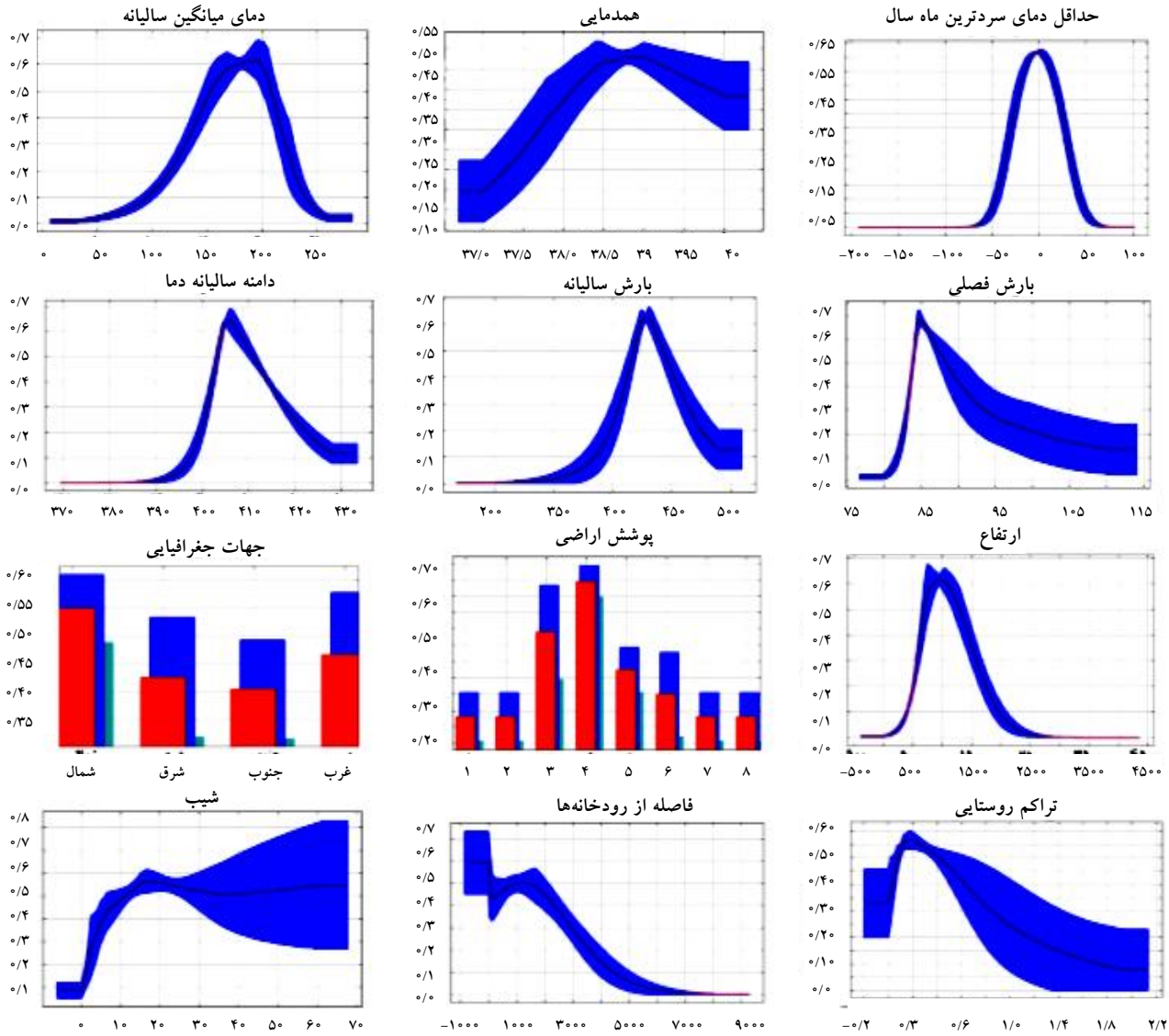
متغیر	نام اختصاری	درصد سهم
بارش سالیانه	bio12 (Annual Precipitation)	۴۱,۳
بارش فصلی	bio15 (Precipitation Seasonality)	۱۱,۹
میانگین دمای سالیانه	bio1(Annual Mean Temperature)	۸,۵
ارتفاع	Dem	۵,۶
پوشش اراضی	Land cover	۵,۵
حداقل دمای سردترسن ماه سال	bio6 (Minimum Temperature of Coldest Month)	۴,۸
جهت	aspect	۴,۶
دامنه تغییرات سالانه دما	bio7 (Temperature Annual Range)	۳,۹
شیب	slope	۳,۷
هم‌دمایی	bio3 (Isothermality)	۳,۵
فاصله از رودخانه‌ها	str_distance (Stream Distance)	۳,۴
تراکم روستاها	vilg_dens (Village Density)	۳,۲



شکل ۴. ترتیب اهمیت متغیرها براساس مدل جک نایف

مطلوبیت زیستگاه برای گونه در بالاترین حد خود می‌باشد، چرا که در این حالت امکان دسترسی بشر به گونه کمتر خواهد بود.

بررسی میزان قرارگیری نقشهٔ مطلوبیت زیستگاه به‌دست آمده از مدل، در مناطق حفاظت شده و شکار ممنوع نشان داد که تاکنون هیچ یک از نقاط حضور سمندر لرستانی و هم‌چنین مناطق مطلوب برای گونه تحت پوشش این مناطق، قرار نگرفته است. قسمت اعظمی از زیستگاه‌های گونه خارج از شبکه‌های حفاظتی قرار دارند (شکل ۶). طبق آخرین آمار و اطلاعات به‌دست آمده از محیط زیست استان لرستان یکی

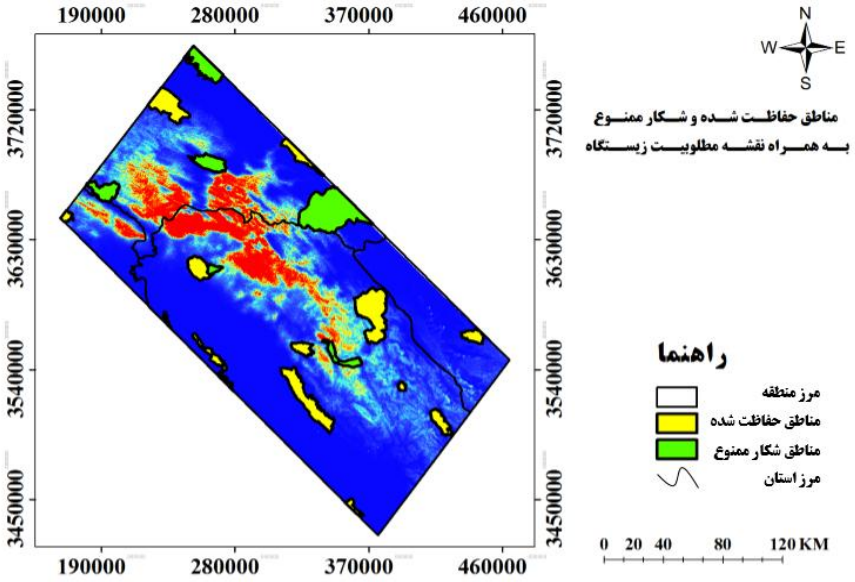


شکل ۵. منحنی‌های پاسخ گونه به متغیرهای اقلیمی و محیط زیستی (محور عمودی در همه منحنی‌ها بیانگر احتمال حضور گونه می‌باشد.)

از زیستگاه‌ها که غار ماهی کور (اثر طبیعی ملی) نیز در آن منطقه قرار دارد، قرار است که به‌عنوان پناهگاه حیات وحش به مجموعه شبکه حفاظتی موجود اضافه گردد. هم‌چنین در زمان مطالعات میدانی، در برخی زیستگاه‌ها مانند کرسر پاسگاه محیط‌بانی مشاهده شد. به‌نظر می‌رسد این میزان حفاظت، برای نگهداری و حفظ سمندر لرستانی کافی نبوده و بایستی با مطالعات بیشتر مناطق جدیدی برای افزوده شدن به شبکه‌های حفاظتی موجود به‌منظور ارتقاء سطح حفاظت ارائه گردد.

بحث و نتیجه‌گیری

پیش‌بینی پراکنش گونه‌ها در تعیین وضعیت حفاظتی، ارزیابی سطح تهدیدات و حفاظت آنها حائز اهمیت می‌باشد (۴۴). انتخاب متغیر، گامی مهم در مدل‌سازی است چون پراکنش مکانی گونه‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۱۱). نقشه‌های پراکنش بالقوه گونه مورد مطالعه به‌عنوان یکی از مهمترین بخش‌های خروجی مدل حداکثر آنتروپی درنظر گرفته می‌شوند (۲۱). به‌طور کلی به‌دست آوردن نقاط حضور و تعریف مناطق عدم حضور برای گونه‌های نادر و در معرض انقراض، گونه‌های



شکل ۶. وضعیت قرارگیری زیستگاه‌های مطلوب سمندر در مناطق حفاظت شده و شکار ممنوع (رنگی در نسخه الکترونیکی)

پنهان کار یا شب فعال دشوار می‌باشد و به‌همین دلیل استفاده از مدل هایی که نیاز به نقاط عدم حضور ندارند، مانند مدل مکسنت، برای این گونه‌ها بسیار رایج است (۱۶ و ۳۸). تعداد اندک نقاط حضور از دیگر مشکلات رایج در این گونه مطالعات است که در این پژوهش نیز تعداد نقاط حضور سمندر لرستانی کم بود، اما مطالعات مختلف نشان داده که مدل مکسنت حتی در زمانی که اندازه نمونه کوچک است نسبت به سایر مدل‌های مشابه عملکرد بسیار بهتری دارد (۲۴ و ۳۳).

ارزیابی مناطق بالقوه برای سمندر لرستانی می‌تواند یکی از گام‌های مؤثر در جهت حفاظت از این گونه باشد. در پژوهش حاضر پس از بررسی همبستگی میان تمامی متغیرها، از ۱۲ متغیر برای انجام مدل‌سازی استفاده شد. نهایتاً براساس نتایج حاصل از خروجی مدل حداکثر آنتروپی، متغیرهای میزان بارش سالیانه و فصلی، میانگین درجه حرارت سالیانه، ارتفاع و پوشش اراضی به‌عنوان مهم‌ترین متغیرهای تأثیرگذار بر پراکنش سمندر لرستانی شناسایی شدند.

بارش سالانه ۴۰۰ تا ۴۵۰ و بارش فصلی ۸۵ میلی‌متر، درجه حرارت ۱۵ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد، به‌عنوان شرایط مطلوب بارشی و حرارتی برای مطلوبیت زیستگاه سمندر لرستانی به‌دست آمد. مطالعات فراست و همکاران (۲۱) روی سمندر لرستانی نشان داد که زیستگاه‌های مرطوب با درجه حرارت خوب و بارش مناسب در ارتفاعات بالاتر (نواحی شمالی) و زیستگاه‌های با رطوبت و بارش کمتر و با درجه حرارت زیاد در ارتفاعات پایین‌تر (نواحی جنوبی) قرار گرفته‌اند.

ارتفاع ۱۰۰۰ تا ۱۳۰۰ متری به‌عنوان محدوده ارتفاعی مطلوب برای این گونه معرفی شد. شریفی و همکاران (۴۴) در مطالعات خود روی پراکنش و فراوانی سمندر لرستانی نیز به این نتیجه رسیدند که بیشترین پراکنش این گونه در ارتفاعات ۸۰۰ تا ۱۵۰۰ متری می‌باشد.

اراضی دارای پوشش گیاهی متوسط تا خوب به‌عنوان مطلوب‌ترین شرایط زیستگاهی برای سمندر لرستانی شناسایی شد. مطالعات گیبس (۲۳)، گری و هانتر (۲۵) و ترنهام و شافر (۴۸) نشان داده که بین میزان پوشش جنگلی و حضور گونه‌های دوزیست و غنای آنها رابطهٔ مثبتی وجود دارد. شایان ذکر است که لحاظ کردن متغیرهای محیطی دیگر ممکن بود پیش‌بینی

مدل را بهبود بخشد (۱۲).

از طرفی بررسی مناطق پراکنش گونه و تطبیق آن با شبکه‌های حفاظتی، نشان داد قسمت اعظمی از زیستگاه‌های مطلوب گونه خارج از شبکه مناطق تحت حفاظت قرار دارد و نیاز است مطالعات آمایشی جامعی برای این مناطق صورت بگیرد تا مناطق حفاظت شدهٔ جدیدی برای حفاظت هر چه بهتر گونه، طرح‌ریزی و معرفی گردند. هم‌چنین لازم به‌ذکر است که اگر تغییر اقلیم صورت گیرد، شبکه حفاظتی ناکارآمد کنونی برای سمندر بایستی مجدداً از نظر کارآمدی مورد بررسی قرار گیرد.

امید است نتایج این تحقیق جهت طراحی کریدورهای حفاظتی برای این گونه مفید واقع شود.

تشکر و قدردانی

با سپاس از همکاری سازمان حفاظت محیط زیست استان لرستان به منظور راهنمایی برای بازدید از مناطق و ثبت نقاط حضور و در اختیار قرار دادن اطلاعات در ارتباط با این گونه (سمندر لرستانی)، همچنین از جناب آقایان مهندس خسروی و احمدی و سرکار خانم مهندس کرمانی تقدیر و تشکر می‌گردد.

منابع مورد استفاده

۱. بارانی. ح. و ا. فروزان‌فر. ۱۳۹۰، سمندر کوهستانی لرستان، اداره کل حفاظت محیط زیست (گزارش)، ۴۸ ص.

۲. بردخوانی، م. ۱۳۹۳، مدل سازی پراکنش یوزپلنگ آسیایی در استان‌های اصفهان و یزد، پایان نامه ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۳. جعفری. ع.، ر. ا. میرزایی، ر. زمانی و ا. محمودی. ۱۳۹۵، مدل‌سازی پراکنش قوچ و میش اصفهان در منطقه حفاظت شده تنگ صیاد براساس بهبود اریب داده‌های حضور و انتخاب متغیرهای مناسب با استفاده از حداکثر آنتروپی. *مجله بوم شناسی کاربردی* ۵(۱۵):۴۹-۳۹.

۴. همامی. م. ر، س. اسماعیلی و ع. سفیانیان. ۱۳۹۴، پیش‌بینی پراکنش یوزپلنگ آسیایی، پلنگ ایرانی و خرس قهوه‌ای در پاسخ به متغیرهای محیطی در استان اصفهان. *مجله بوم شناسی کاربردی* ۴(۱۳): ۶۳-۵۱.

۵. رنجبر، ن. ۱۳۹۳، ارزیابی مطلوبیت زیستگاه بز وحشی (*Capra aegagrus*) در پارک ملی کلاه قاضی استان اصفهان، پایان نامه ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۶. روشنی، ع. ۱۳۹۲، بررسی امکان طرح‌ریزی سیستماتیک حفاظت برای سمندر لرستانی(*Neurergus Kaiseri*) در جنوب استان لرستان، پایان نامه ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۷. مصطفوی، م.، ا. علیزاده، م. کابلی، م. کرمی، ر. گلجانی و س. محمدی. ۱۳۸۹ ، تهیه نقشه مطلوبیت زیستگاه‌های بهاره و تابستانه گونه پاژن در پارک ملی لار. *فصلنامهٔ علوم و فنون منابع طبیعی* ۵(۲): ۱۲۱-۱۱۱.

۸. مطالعات پایه سمندر لرستانی، ۱۳۸۶، اداره کل محیط زیست استان لرستان (گزارش)، ۶۱ ص.

۹. میرزائی، ر.، م. همامی، ع. اسماعیلی ساری و ح. رضایی. ۱۳۹۱. تعیین پراکنش سارگپهٔ معمولی وعوامل مؤثر بر آن در استان گلستان با استفاده از الگوریتم آنتروپی بیشینه، نخستین کنفرانس بین المللی اکولوژی سیمای سرزمین، دانشگاه صنعتی اصفهان، ۹-۸ آبان.

10. Anderson, R. P. and I. Jr. Gonzalez. 2011. Species specific tuning increases robustness to sampling bias in models of species distribution: An implementation with MaxEnt. *Ecological Modeling* 222(10): 2796- 2811.

11. Araujo, M. B. and A. Guisan. 2006. Five (or so) challenges for species distribution modelling. *Journal of Biogeography* 33(10): 1677-1688.

12. Bedia, J., J. Busque and J. M. Gutie´rrez. 2011. Predicting plant species distribution across an alpine rangeland in

northern Spain. A comparison of probabilistic methods. *Applied Vegetation Science* 14: 415-432.
13. Benton, T. G., J. A. Vickery and J. D. Wilson. 2003. Farmland biodiversity: Is habitat heterogeneity the key? *Trends in Ecology and Evolution* 18: 182-188.
14. Bernes, C., 1994. Biological Diversity, pp. 162-193, Biological diversity in Sweden: A country study. Monitor 14 Swedish Environmental Protection Agency, Stockholm, Sweden.
15. Brian, E. S. 2003. Demography and Community, pp. 25-56, Conservation Assessment of the Tiger Salamander, in the Black Hills National Forest, South Dakota and Wyoming Department of Biology Black Hills State University.
16. Brito, J. C., A. L. Acosta, F. Álvares and F. Cuzin. 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: 3020-3029.
17. Collins, J. P. and A. Storfer. 2003. Global amphibian declines: Sorting the hypotheses. *Diversity and Distributions* 9:89-98.
18. Davic, R. D. and H. H. J. Welsh. 2004. On the ecological roles of salamanders. Annual Review of Ecology. *Evolution and Systematics* 35: 405-434.
19. Drake, J. M., C. Randin and A. Guisan. 2006. Modelling ecological niches with support vector machines. *Journal of Applied Ecology* 43: 424-432.
20. Eduardo, P. and M. L. Jorge. 2012. The performance of range maps and species distribution models representing the geographic variation of species richness at different resolutions. *A Journal of Macro Ecology Global Ecology and Biogeography* 121: 22-53.
21. Farasat, H., V. Akmali and M. Sharifi. 2016. Population genetic structure of the endangered Kaiser's mountain newt, *Neurergus kaiseri* (Amphibia: Salamandridae). *PLoS ONE* 11(2):e0149596.
22. 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: 427-430.
23. Gibbs, J. P. 1998. Amphibian movements in response to forest edges, roads, and streambeds, in southern New England. *Journal of Wildlife Management* 62: 584-589.
24. Giovanelli, J. G. R., M. F. De Siqueira, C. F. B. Haddad and J. Alexandrino. 2010. Modeling a spatially restricted distribution in the neotropics: How the size of calibration area affects the performance of five presence-only methods. *Ecological Modeling* 221: 215-224.
25. Guerry, A. D. and M. L. Hunter Jr. 2002. Amphibian distributions in a landscape of forests and agriculture: an examination of landscape composition and configuration. *Conservation Biology* 16: 745-754.
26. Guisan, A. and N. E. Zimmermann. 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modeling* 135:147-186.
27. Guisan, A. and W. Thuiller. 2005. Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. *Ecological letters* 8: 993-1009.
28. Guisan, A., T. C. Edwards and T. Hastie. 2002. Generalized linear and generalized additive models in studies of species distributions: setting the scene. *Ecological Modelling* 157: 89-100.
29. Hijmans, R. J., S. E. Cameron, J. L. Parra, P. G. Jones and A. Jarvis. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25: 1965-1978.
30. Houlahan, J. E., C. S. Findlay, B. R. Schmidt, A. H. Meyer and S. L. Kuzmin. 2000. Quantitative evidence for global amphibian population declines. *Nature* 404:752-755.
31. Hull, A. 1997. The pond life project: a model for conservation and sustainability, Action for Protection and Enhancement, Liverpool, Proceedings of the UK conference of the Pond Life Project, pp. 101- 109.
32. Ihse, M. 1995. Swedish agricultural landscape: patterns and changes during the last 50 years, studied by aerial photos. *Landscape Urban Planning* 31: 21- 37.
33. IUCN. 2014. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014.2. <www.iucnredlist.org>.
34. McGarigal, K. 2008. Marbled Salamander (*Ambystoma opacum*) Conservation Plan for Massachusetts, Department of Natural Resources Conservation, University of Massachusetts.
35. Milanovich, J. R., W. E. Peterman, N. P. Nibbelink and J. C. Maerz. 2010. Projected Loss of a Salamander Diversity Hotspot as a Consequence of Projected Global Climate Change. *PLoS ONE* 5(8): e12189.
36. Mobaraki, A., M. Mohsen Amiri, R. Alvandi, M. E. Tehrani, H. Z. Kia, A. Khoshnamvand, A. Bali, E. Forozanfar and R. K. Browne. 2013. A conservation reassessment of the critically endangered, Lorestan newt *Neurergus kaiseri* (Schmidt 1952) in Iran. *Amphibian and Reptile Conservation* 9(1): 1-8.
37. Ochoa-Ochoa, L., J. N. Urbina-Cardona, L-B. Va´zquez, O. Flores-Villela and J. Bezaury-Creel. 2009. The Effects of Governmental Protected Areas and Social Initiatives for Land Protection on the Conservation of Mexican Amphibians. *PLoS ONE* 4(9): e6878.

38. Peterson, A. T., M. Papes and M. Eaton. 2007. Transferability and model evaluation in ecological niche modeling: a comparison of GARP and Maxent. *Ecography* 30: 550-560.
39. Phillips, S. J. and M. Dudik. 2008. Modeling of species distributions with Maxent: New extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography* 31: 161-175.
40. Philips, S. J., M. Dudic and R. E. Schapire. 2004. "A maximum entropy approach to species distribution modelling", presented at the Proceedings of the Twenty-First International Conference on Machine Learning, Banff, Alberta, Canada.
41. Phillips, S. J., M. Dudik, J. Elith, C. Graham, A. Lehmann, J. Leathwick and S. Ferrier. 2009. Sample selection bias and presence- only models of species distributions. *Ecological Application* 19: 181-97.
42. Phillips, S. J., R. P. Anderson and R. E. Schapire. 2006. Maximum entropy modeling of species geographical distributions. *Ecological Modeling* 190: 231-259.
43. Sharifi, M., N. Rastegar-Pouyani, V. Akmali and S. Assadian Narengi. 2008. On distribution and conservation status of *Neurergus kaiseri*. *Russian Journal of Herpetology* 15: 169-172.
44. Sharifi, M., H. Farasat, H. Barani-Beira, S. Vaissi and E. Foroozanfar. 2013. Notes on the distribution and abundance of the endangered Kaiser's mountain newt, *Neurergus kaiseri*, in southwestern Iran. *Herpetological Conservation and Biology* 8(3): 724-731.
45. Sodhi, N. S., D. Bickford, A. C. Diesmos, T. M. Lee, L. P. Koh, B. W. Brook, C. H. Sekercioglu and C. J. A. Beradshaw. 2008. Measuring the meltdown: diverse of global amphibian extinction and decline. *PLoS ONE* 3:e1636.
46. Stuart, S. N., J. S. Chanson, N. A. Cox, B. E. Young, A. S. L. Rodrigues, D. L. Fischman and R. W. Waller. 2004. Status and trends of amphibian declines and extinctions worldwide. *Science* 306:1783-1786.
47. Stuart, S. N., M. Hoffmann, J. S. Chanson, N. A. Cox, R. J. Berridge, P. Ramani and B. E. Young. 2008. Threatened Amphibians of the World. Lynx Editions.
48. Trenham, P. C. and H. B. Shaffer. 2005. Amphibian upland habitat use and its consequences for population viability. *Ecological Applications* 15(4): 1158-1168.
49. Thorn, J. S., V. Nijman, D. Smith and K. A. I. Nekaris. 2009. Ecological niche modelling as a technique for assessing threats and setting conservation priorities for Asian slow lorises (Primates: Nycticebus). *Diversity and Distributions* 15: 289-298.
50. Trisurat, Y., N. Bhumpakphan, D. H. Reed and B. Kanchanasaka. 2012. Using species distribution modeling to set management priorities for mammals in northern Thailand. *Journal for Nature Conservation* 20: 264-273.
51. Walton, B. M. and S. Steckler. 2005. Constrasting effects of salamanders on forest-floor macro-and mesofauna in laboratory microcosms. *Pedobiologia* 49: 51-60.
52. Walton, B. M., D. Tsatiris and M. Rivera-Sostre. 2006. Salamanders in forest-floor food webs: Invertebrate species composition influences top-down effects. *Pedobiologia* 50: 313-321.
53. Wilson, C. D., D. Roberts and N. Reid. 2011. Applying species distribution modelling to identify areas of high conservation value for endangered species: a case study using *Margaritifera margaritifera* (L.). *Biological Conservation* 144: 821-829.
54. Wyman, R. L. 1998. Experimental assessment of salamanders as predators of detrital food webs: effects on invertebrates, decomposition and the carbon cycle. *Biodiversity and Conservation* 7: 641-650.