ارزیابی زیستگاه پایکا *Ochotona rufescens* در حوضه‌آبخیز آدرشک (استان یزد– شیرکوه)

سمیه اراضی [۱*]

۱*- مدیریت و حفاظت تنوع‌زیستی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد، ایران.

تاریخ دریافت: آبان ۱۳۹۹ تاریخ پذیرش: بهمن ۱۳۹۹

چکیده

ارزیابی زیستگاه یکی از ارکان مدیریت و حفاظت حیات‌وحش محسوب می‌گردد. در این پژوهش، ارزیابی زیستگاه پایکا (*Ochotona rufescens*) در حوضه‌آبخیز آدرشک با استفاده از مدل الگوریتم آنتروپی بیشینه (MaxEnt) انجام شد. مطابق اصول کارتوگرافی از نقشه ژئورفرنس توپوگرافی برای استخراج مرز منطقه، مدل رقومی ارتفاع (Dem) برای تهیه نقشه طبقه‌بندی شده تغییرات ارتفاعی، شیب و دامنه جغرافیایی بهره گرفته شد. به منظور آماده‌سازی لایه‌های محیط‌زیستی برای ورود به مدل الگوریتم آنتروپی بیشینه از نرم‌افزار ArcGIS نسخه 10,3 استفاده شد. نمونه‌برداری، با استفاده از روش ترانسکت خطی تصادفی و دوربین دوچشمی از طریق مشاهده مستقیم گونه و نمایه‌ها در بهار و تابستان سال ۱۳۹۸ انجام و تعداد ۳۳ نقطه حضور پایکا توسط دستگاه موقعیت‌یاب جهانی ثبت شد. اعتبارسنجی مدل با استفاده از سطح زیر منحنی (AUC) و میزان سودمندی متغیرها با تحلیل آزمون جک‌نایف صورت گرفت. نتایج پژوهش نشان داد که مطلوبیت زیستگاه پایکا در حوضه‌آبخیز آدرشک عمدتاً در مناطق صخره‌ای و کوهستانی به‌هم‌پیوسته با پوشش علفی، بوته‌ای و درختچه، در ارتفاعات بالاتر از ۲۵۰۰ متر از سطح دریا و شیب‌های بیشتر از ۵۰ درصد می‌باشد. اقلیم مناسب برای پایکا تیپ معتدل شناخته شد. مناطق مطلوب برای پایکا، ۲۷۵ هکتار (۱۷/۴۶ درصد) از زیستگاه را تشکیل می‌دهند. هم‌چنین مشخص شد که در آدرشک، پایکاها بیشتر دامنه غربی را ترجیح می‌دهند.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی زیستگاه، پایکا، حوضه‌آبخیز، یزد، الگوریتم آنتروپی بیشینه

* پست الکترونیکی نویسنده مسؤول: somaye.arazi@stu.yazd.ac.ir

مقدمه

زیستگاه شامل مجموعه‌ای از عوامل محیط‌زیستی (آب، غذا و پناه) است که یک گونه برای بقا و تولیدمثل در یک مکان به آن نیاز دارد (کابلی و همکاران، ۱۳۹۵). تعیین وضعیت پراکنش گونه‌ها و زیستگاه‌های آن‌ها اهمیت به‌سزایی در برنامه‌های حفاظت و مدیریت حیات‌وحش دارد (عبیداوی و همکاران، ۱۳۹۵). به‌منظور تحلیل زیستگاه گونه‌ها، مدل‌های پیش‌بینی‌کننده مطلوبیت زیستگاه طراحی گشته‌اند. این مدل‌ها بر اساس متغیر وابسته به دو دسته مدل‌های وابسته به داده‌های حضور و عدم‌حضور و مدل‌های وابسته به داده‌های فقط حضور تقسیم‌بندی می‌شوند (فراشی، ۱۳۹۳؛ زیدی و همکاران، ۱۳۹۲). تحلیل روابط بین گونه و محیط زندگی آن همواره یک مسأله اساسی در دانش بوم‌شناسی بوده و کمی‌سازی این روابط، بنیاد مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه است (ابراهیمی و همکاران، ۱۳۹۶). در این پژوهش، برای مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه پایکا از روش بیشینه آنتروپی (MaxEnt) استفاده شد. مکسنت یکی از الگوریتم‌های بسیار رایج یادگیری ماشینی است (زیدی و همکاران، ۱۳۹۲؛ Phillips, 2006). اصل مکسنت به حداکثر آنتروپی یا نزدیک به واقعیت برمی‌گردد (زیدی و همکاران، ۱۳۹۲؛ Phillips, 2006). این مدل برای یک گونه توسط تعدادی لایه محیط‌زیستی همراه با تعدادی نقاط حضور گونه به‌دست می‌آید و مطلوبیت هر سلول در زیستگاه را به‌صورت تابعی از متغیرهای محیط‌زیستی بیان می‌کند (زیدی و همکاران، ۱۳۹۲). مکسنت از مدل‌های وابسته به داده‌های فقط حضور می‌باشد و وقتی‌که تعداد کمی داده‌های حضور در اختیار است یکی از بهترین مدل‌ها معرفی می‌گردد (Mutsuzawa *et al.*, 1981). این روش نقاط قوت بسیاری دارد که از جمله آن‌ها می‌توان از توانایی مورد استفاده قرار دادن داده‌های پیوسته و گسسته، نمایش دادن منحنی‌های پاسخ (Response Curves) و کاربرد ساده این نرم‌افزار نام برد (ابراهیمی و همکاران، ۱۳۹۶). استفاده از مدل‌هایی که تنها نیازمند داده‌های حضور هستند، می‌تواند از خطاهای حاصل از به‌کارگیری داده‌های عدم حضور اشتباه جلوگیری نماید (زیدی و همکاران، ۱۳۹۲).

پایکا (خرگوش موش) (*Ochotona rufescens*) گونه‌ای متعلق به راسته خرگوش‌ها (*Lagomorpha*) و خانواده پایکاها (*Ochontonidae*)، (کرمی و همکاران، ۱۳۹۵؛ Lorenzo *et al.*, 2015; Vonk *et al.*, 2018; Leach *et al.*, 2014) در ایران در استان‌های خراسان رضوی، خراسان شمالی، خراسان جنوبی، مازندران، گلستان، اصفهان، سمنان، تهران، فارس، یزد، کرمان، سیستان و بلوچستان، هرمزگان، مرکزی، همدان، چهارمحال و بختیاری، لرستان، کرمانشاه، کردستان و آذربایجان غربی پراکنش دارد (کرمی و همکاران، ۱۳۹۵). در مناطق سردسیر زندگی و در ارتفاعات بالاتر از ۳۰۰۰ متر از سطح دریا نیز دیده می‌شود (کرمی و همکاران، ۱۳۹۵). گونه‌ای فراوان است اما نوسانات شدید جمعیتی دارد و به دلیل پراکندگی وسیع در طبقه کمترین نگرانی (Least Concern) فهرست سرخ IUCN قرار دارد (کرمی و همکاران، ۱۳۹۵). حضور پایکای افغانی در تمام مناطق کوهستانی ایران ثبت شده است (Madjdzadeh *et al.*, 2013). پایکاهای افغانی روز فعال هستند و در طبیعت از طریق مشاهده مستقیم هنگام گازگرفتن شاخ و برگ گیاهان و حمل آن‌ها به داخل لانه، صدای سوت و کپه‌های سرگین قابل شناسایی هستند. پایکاها دارای آشیان بوم‌شناختی میانه‌ای بوده و به زیستگاه‌های حاشیه‌ای تمایل بیشتری دارند (حسنی و همکاران، ۱۳۹۴). جایگاه اصلی این گونه افغانستان است و در مناطق صخره‌ای و کوهستانی در ارتفاع ۳۵۰۰-۱۰۰۰ متر از سطح دریا زیست می‌کند (Habibi, 2004). اما در ارتفاعات ایران، پاکستان و ترکمنستان در محدوده ۱۸۰۰ تا ۳۶۰۰ متر از سطح دریا (حسنی و همکاران، ۱۳۹۴)، هم‌چنین در جنوب غرب ترکیه، ارمنستان (ابراهیمی و همکاران، ۱۳۹۶) و روسیه (Habibi, 2004) نیز دیده می‌شود. Yang (۱۹۹۰) نیز در مطالعه‌ای که بر روی فیزیولوژی پایکاها انجام داد به توزیع پایکا در ارتفاعات بالا و سرد مناطق کوهستانی افغانستان و ایران در

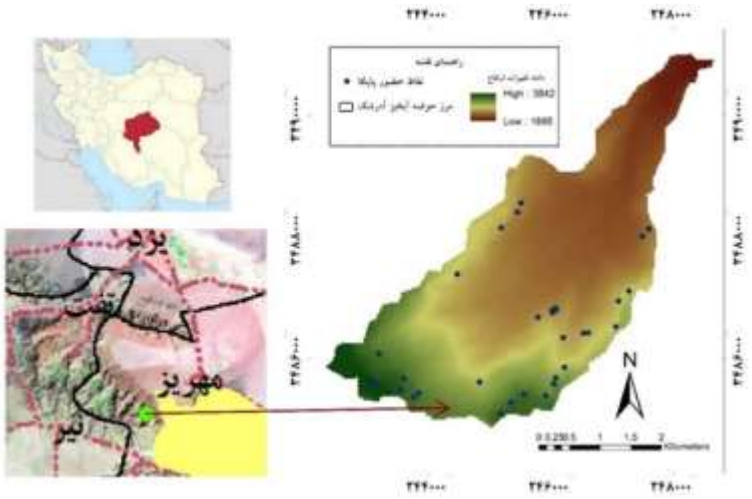
محدوده ۱۸۰۰ تا ۳۶۰۰ متر از سطح دریا اشاره نمود. Halme و همکاران (۲۰۱۲) بیشترین تراکم پایکاها را در آتراخاند هیمالایا، هند، محدوده ۲۷۰۰ تا ۳۳۰۰ متر و کمترین تراکم آن‌ها را در ارتفاع ۳۳۰۱ تا ۳۶۰۰ متر از سطح دریا گزارش نمودند (حسنی و وارسته‌مرادی، ۱۳۹۳). در نپال، پایکاها در ارتفاعات ۲۱۸۰ تا ۶۱۲۶ متر پراکنش دارند (Thipha *et al.*, 2018). تاکنون در ایران بر روی مطلوبیت زیستگاه پایکا مطالعاتی توسط ابراهیمی و همکاران (۱۳۹۶)، خاکی و همکاران (۱۳۹۲)، حسنی و وارسته‌مرادی (۱۳۹۳) و حسنی و همکاران (۱۳۹۴) در پارک ملی گلستان و خاکی صحنه و همکاران (۲۰۱۴) در منطقه حفاظت‌شده لشگردر همدان انجام شده است.

پایکای افغانی در ایران تاکنون از نظر اولویت‌های پژوهشی و حفاظتی کمتر مورد بررسی قرار گرفته است اما نباید اهمیت بالای پایکاها در تغذیه پرندگان شکاری و پستانداران در خطر انقراض هم‌چون پلنگ و نقش مؤثر آن‌ها در بوم‌سازگان نادیده گرفته شود (ابراهیمی و همکاران، ۱۳۹۶). با توجه به نقش پایکاها در زنجیره غذایی گوشتخواران، دشمنان طبیعی آن‌ها در حوضه‌آبخیز آدرشک، جانورانی چون؛ روباه معمولی (*Vulpes vulpes*)، شغال (*Canis aureus*)، گرگ (*Canis lupus*)، کفتار راه‌راه (*Hyaena hyaena*)، گربه وحشی (*Felis silvestris*)، کاراکال (*Caracal caracal*)، پلنگ (*Panthera pardus*)، سمور سنگی (*Martes foina*)، زرده‌بر (*Vormela peregusna*)، دلیجه (*Falco tinnunculus*)، قرقی (*Accipiter nisus*)، عقاب طلایی (*Aquila chrysaetos*)، عقاب صحرایی (*Aquila nipalensis*) شناسایی شد (اراضی، ۱۳۹۸). از این‌رو، مدل‌سازی و تعیین متغیرهای تأثیرگذار بر مطلوبیت زیستگاه پایکا هدف این پژوهش قرار گرفت. نتایج به‌دست آمده در ارزیابی زیستگاه را می‌توان در مواردی چون ۱) تصمیم‌گیری در زمینه اقدامات مدیریتی (مدیریت گونه و زیستگاه). ۲) پروژه‌های تحقیقاتی و دستورالعمل‌های مدیریت متمرکز. ۳) تعیین کاربری سرزمین و برنامه‌ریزی برای مدیریت منابع طبیعی. ۴) ارزیابی اثرات زیست‌محیطی به‌کار برد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

حوضه‌آبخیز آدرشک با مساحت ۱۵۷۵ هکتار در محدوده عرض جغرافیایی ۵۴ درجه و ۲۰ دقیقه تا ۵۴ درجه و ۱۸ دقیقه شرقی و طول جغرافیایی ۳۱ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۲۰ دقیقه شمالی در ۱۰ کیلومتری شهرستان مهریز، استان یزد، قرار گرفته (شکل ۱) و دارای تیپ‌های اقلیمی نیمه بیابانی و معتدل (ارتفاعات بالاتر از ۲۷۰۰ متر) است (مطالعات آمایش استان یزد، ۱۳۹۲). اشکال رویشی زیستگاه؛ علفی، بوته‌ای، درختچه و درختزار از جمله درمنه کوهی (*Artemisia aucheri*)، گون (*Astragalus podolobus*)، بادام کوهی (*Tanacetum parthenium*)، نسترن (*Rosa canina*)، شیرخشت (*Cotoneaster nummularia*)، زبان گنجشک (*Bunium B.Fedtsch*)، سیلن الوندی (*Silene goniocaula*)، کاروانکش (*Atraphaxis spinosa*)، زرشک زرافشانی (*Berberis vulgaris*)، کلاه میرحسن (*Acantholimon flexuosum*)، زیره کرمانی (*Bunium persicum*)، آویشن (*Thymus kotschyanus*)، مخلصه (*Tanacetum parthenium*)، آلاله میوه‌کاغذی (*Ranunculus papyrocarpus*)، گراس (*Cortaderia Selloana*) و گونه‌های همراه شناسایی شد که منبع تغذیه و پناه حیات‌وحش زیستگاه محسوب می‌شوند (اراضی، ۱۳۹۸).



شکل ۱- موقعیت حوضه‌آبخیز آدرشک در کشور و استان یزد به همراه نقاط حضور پایکا

نمونه‌برداری

در این پژوهش نمونه‌برداری از نقاط حضور پایکا با استفاده از روش ترانسکت خطی تصادفی و دوربین دوچشمی از طریق مشاهده مستقیم گونه و نمایه‌ها (صدا، سرگین و گیاهان تجمع یافته در مقابل لانه) در فصل بهار و تابستان سال ۱۳۹۸ صورت پذیرفت و در مجموع تعداد ۳۳ نقطه حضور قابل استفاده در نرم‌افزار MaxEnt توسط دستگاه موقعیت‌یاب جهانی (Global Positioning System) ثبت شد.

متغیرهای محیط‌زیستی

در این پژوهش مطابق مرور منابع، ویژگی‌های بوم‌شناختی و رفتاری پایکا و خصوصیات زیستگاه مورد مطالعه، برای مدل‌سازی زیستگاه پایکا از هشت متغیر محیطی شامل واحدهای ژئومورفولوژی، کاربری اراضی، منابع آبی، جاده، دامنه تغییرات ارتفاع از سطح دریا، داده‌های اقلیمی، درصد شیب و جهت دامنه استفاده شد. فاصله از منابع آبی به دلیل اهمیت آب در مناطق نیمه بیابانی برای حیات جانوران، فاصله از جاده‌ها و تاسیسات انسان ساخت به دلیل فهم میزان دسترسی شکارچیان و مردم بومی به زیستگاه‌های حساس جانوران و میزان انسان‌گریزی گونه، داده‌های اقلیمی (تیپ اقلیمی نیمه بیابانی و معتدل) به دلیل حساس بودن پایکا به تغییرات اقلیمی، واحدهای ژئومورفولوژی (واریزه، آبرفت و کوهستان)، کاربری/ پوشش اراضی (تاسیسات انسان ساخت، مناطق صخره‌ای با پوشش بوته‌ای و علفی پراکنده، بستر رودخانه با پوشش بوته‌ای و علفی پراکنده، بوته‌زار و علفزار با تراکم بالا، درختچه‌زار، درختزار، اراضی شنی شامل آبرفت سنگریزه‌دار و واریزه سنگریزه‌دار، سنگ‌های گرانیتی با پوشش بوته‌زار و علفزار با تراکم متوسط)، طبقات ارتفاعی (۲۵۰۰-۱۸۹۵ متر و ۳۸۴۲-۲۵۰۰ متر)، شیب (۱۰-۰ درصد، ۵۰-۱۰ درصد و ۱۰۰-۵۰ درصد) و جهت دامنه (شمال، جنوب، شرق و غرب) به دلیل گزارشات تاثیر متغیرهای ارتفاع، شیب، جهت دامنه و تراکم پوشش گیاهی بر حضور پایکا و خصوصیات زیستگاه آدرشک مورد استفاده قرار گرفتند. طبقه‌بندی نقشه‌های طبقات ارتفاعی و درصد شیب بر اساس نقاط حضور پایکا و طبقه‌بندی نقشه دامنه جهت (جهات جغرافیایی اصلی) در محیط نرم‌افزار ArcGIS 10,3 انجام شد. به دلیل اینکه تا کنون مطالعاتی روی پوشش گیاهی، ژئومورفولوژی، کاربری اراضی و حیات‌وحش آدرشک انجام نشده است لذا برای رسیدن به اهداف پژوهش حاضر، نقشه‌های متغیرهای زیستی از طریق بازدیدهای میدانی و تفسیر چشمی پدیده‌ها در نرم‌افزار Google Earth ترسیم و طی بازدیدهای میدانی نقاط کنترل زمینی برای ارزیابی صحت نقشه‌های تهیه شده توسط دستگاه موقعیت‌یاب جهانی برداشت شد و نقشه واقعیت

زمینی و کلیه نقشه‌های نهایی متغیرهای زیستی در نرم‌افزار ArcGIS 10,3 تهیه شدند. صحت و دقت نقشه‌های طبقه‌بندی شده توسط اطلاعات نقشه واقعیت زمینی ارزیابی و اثبات شد. برای ساخت نقشه‌های جهت دامنه و شیب از مدل رقومی ارتفاع (Dem) سازمان نقشه‌برداری کشور استفاده شد.

مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه

برای ورود لایه‌های محیط‌زیستی به نرم‌افزار MaxEnt لازم است تا کلیه نقشه‌ها قابلیت روی هم گذاری داشته باشند و لازم است تا تمامی لایه‌ها تمام سطح محدوده مطالعاتی را پوشش دهند و دارای بزرگ‌نمایی و سیستم اطلاعات جغرافیایی یکسانی باشند (حسینی و همکاران، ۱۳۹۶). بدین منظور در محیط نرم‌افزار ArcGIS از روی نقشه توپوگرافی ژئورفرنس شده مطابق اصول کارتوگرافی (همراه و مقیمی، ۱۳۹۴) مرز محدوده مطالعاتی ترسیم و تهیه شد. از مرز تهیه شده به عنوان قالب یکسان برای نقشه‌ها استفاده شد تا کلیه نقشه‌ها ویژگی‌های یکسان داشته باشند. برای مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه پایکا، ابتدا لایه‌های محیط‌زیستی در محیط نرم‌افزار ArcGIS آماده و با اندازه سلول مشترک (۳۰×۳۰) قابلیت تلفیق پیدا نمودند. نقاط حضور پایکا نیز در نرم‌افزارExcel 2013 آماده شدند. لایه‌های متغیرهای محیط‌زیستی به همراه نقاط حضور پایکا وارد نرم‌افزار MaxEnt شدند. به‌منظور انجام آنالیزهای آماری ساده توسط نرم‌افزار می‌توان در قسمت درصد داده‌های آزمون (Random test percentage)، درصدی از داده‌های حضور را به عنوان داده‌های آموزشی وارد کرد. که معمولا ۷۵-۷۰ درصد نقاط حضور به صورت تصادفی برای داده‌های آموزشی جهت آموزش مدل و از ۳۰- ۲۵ درصد باقی‌مانده برای ارزیابی نتایج مدل استفاده می‌شود. برای اجرای مدل نهایی مطلوبیت زیستگاه از داده‌های آزمون ۲۵ درصد با ضریب تنظیم (Regularization multiplier) برابر با ۲، نقاط حضور پس‌زمینه (Background) برابر با ۱۰۰۰۰، آستانه (Threshold) برابر با ۱۰ درصد حضور آموزشی ((10 percentile training presence (10 PTP) و تکرار بوت‌استرپ (Bootstrap)، که در آن داده‌های آموزشی با نمونه‌برداری و جایگزینی از نقاط حضور، با تعداد نمونه برابر با تعداد کل نقاط حضور انتخاب می‌شوند، استفاده شده است. با بوت‌استرپ، تعدادی از نقاط حضور در هر مجموعه با تعداد کل نقاط حضور برابر است به‌طوری‌که مجموعه داده‌های آموزشی رکوردهای تکراری خواهند داشت (Phillips & Dudik, 2008., Young *et al.*, 2011). برای سهولت در تحلیل از فرمت Logestics که بین بازه صفر و یک، نقشه مطلوبیت را طبقه‌بندی می‌کند، استفاده شد. سایر تنظیمات، در حالت پیش‌فرض نرم‌افزار باقی ماند. نقشه مطلوبیت زیستگاه دامنه‌ای از مطلوبیت را برای زیستگاه ارائه می‌کند. نقشه به‌صورت پیوسته و از صفر تا یک می‌باشد. یک نشان‌دهنده مطلوبیت بالا و صفر نشان‌دهنده مطلوبیت پایین است. بدین منظور با استفاده از آستانه مطلوبیت (Suitability threshold) اینگونه نقشه‌ها طبقه‌بندی شده و نقشه‌ای به‌دست می‌آید که سطح زیستگاه را به دو طبقه مطلوب و نامطلوب طبقه‌بندی می‌کند (Phillips & Dudik, 2008; Young *et al.*, 2011). با استفاده از اطلاعات فایل پیش‌بینی‌ها، عدد 10 percentile training presence Logestics برابر با ۰/۳۱۴ برای طبقه‌بندی نقشه میانگین مطلوبیت زیستگاه در نرم‌افزار ArcGIS استفاده شد. محاسبه مساحت منطقه مطلوب برای پایکا از نرم‌افزار ArcGIS و درصد مساحت نیز از Excel استفاده شد.

اعتبارسنجی مدل

برای اعتبارسنجی مدل از سطح زیر منحنی (Receiver operating characteristic) ROC استفاده می‌شود (Young *et al.*, 2011). سطح زیر منحنی AUC یک مدل، دامنه‌ای از اعداد بین ۱-۰/۵ را شامل می‌گردد. سطح زیر منحنی برابر با ۰/۵ بیان‌کننده تصادفی بودن مدل و هرچه این مقدار به یک نزدیک‌تر باشد، میزان قدرت تشخیص مدل بیشتر خواهد شد (Young *et al.*, 2011). اگر مقدار آن برابر با یک باشد به معنی پیش‌بینی کامل بدون حذف هیچ یک از نقاط حضور است. اگر مقدار آن از ۰/۹ بالاتر باشد نشان‌دهنده عملکرد بسیار

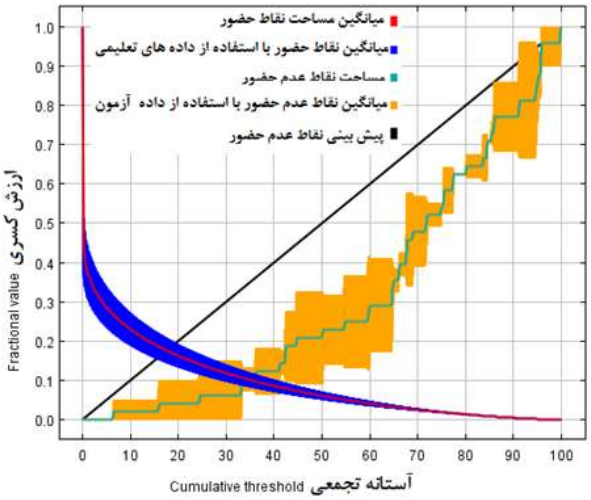
خوب، مقدار بالاتر از ۰/۸ نشان‌دهنده عملکرد خوب و مقدار بالاتر از ۰/۷ بیانگر عملکرد قابل قبول مدل است (مالک‌پور و همکاران، ۱۳۹۷).

تعیین میزان سودمندی و درصد سهم متغیرهای محیط‌زیستی

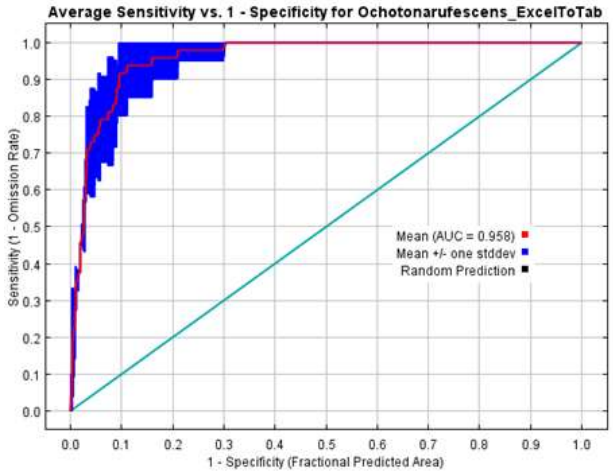
در محیط نرم‌افزار MaxEnt، متغیرهای تأثیرگذار بر مطلوبیت زیستگاه پایکا با آزمون جک‌نایف (Jackknife) و درصد سهم هر متغیر توسط منحنی‌های پاسخ گونه به ویژگی‌های محیطی (Create response curves) تعیین شد (Young *et al.*, 2011).

نتایج

نمودار گرافیکی تحلیل میانگین ناحیه حضور گونه Omission میزان حذف و منطقه پیش‌بینی شده در آستانه‌های مختلف را نشان می‌دهد (Young *et al.*, 2011). در نمودار، خط سیاه نشان‌دهنده مقدار خطای برابر با صفر است. خط سبز (محدوده نارنجی) مقدار خطا برای داده‌های آزمون و خط قرمز (محدوده آبی) مقدار خطا برای داده‌های تعلیمی است. در این پژوهش محدوده نارنجی در زیر و نزدیک خط سیاه قرار دارد و نمایانگر مقدار کم خطا و قابل قبول بودن نتیجه مدل (Morovati *et al.*, 2014) است.



شکل ۲- نمودار میانگین نقاط عدم حضور و محاسبه ناحیه حضور گونه

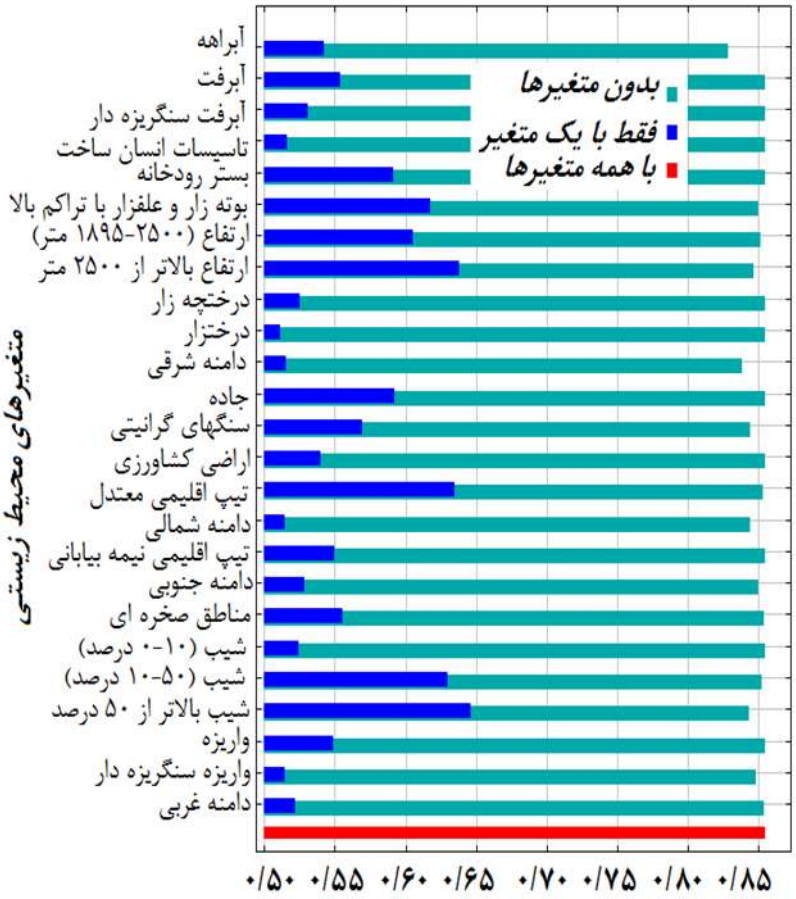


شکل ۳- میزان درست‌نمایی مدل به‌دست آمده برای مطلوبیت زیستگاه پایکا

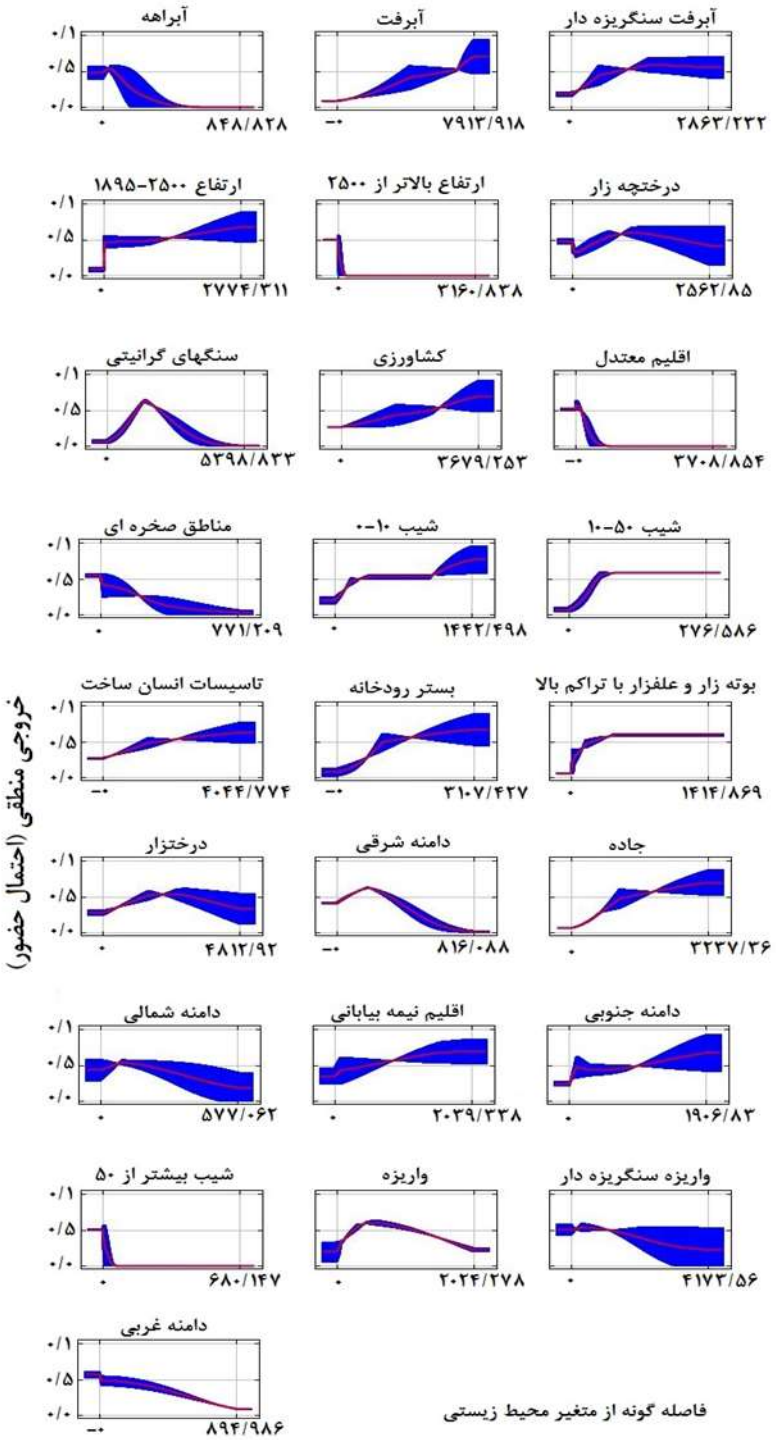
در این پژوهش، روش بوت‌استرپ با دو تکرار سطح زیر منحنی ROC برابر با ۰/۹۵۸را به‌دست آورده است که نمایانگر قدرت تشخیص بسیار بالای مدل در شناسایی مناطق مطلوب زیستگاه پایکا می‌باشد.

نتایج تحلیل آزمون جک‌نایف نشان داد که متغیرهای شیب‌های بیشتر از ۵۰ درصد، ارتفاع بالاتر از ۲۵۰۰ متر از سطح دریا و تیپ اقلیمی معتدل مهم‌ترین متغیرهای تأثیرگذار بر مطلوبیت زیستگاه پایکا هستند (شکل ۴). از این میان، متغیر شیب‌های بیشتر از ۵۰ درصد مهم‌ترین متغیر و بر اساس منحنی پاسخ گونه به متغیرهای زیستی، تأثیر مثبت و افزایشی بر میزان مطلوبیت زیستگاه دارد. بر همین اساس متغیرهای ارتفاع بالاتر از ۲۵۰۰ متر، اقلیم معتدل، درختچه‌زار، دامنه غربی و مناطق صخره‌ای بر میزان مطلوبیت زیستگاه تأثیر مثبت و مستقیم دارند و سایر متغیرها از تأثیر منفی و معکوس بر مطلوبیت زیستگاه پایکا برخوردار هستند. در حالت حذف متغیرها، متغیر فاصله از آبراهه بیشترین تأثیر را بر مطلوبیت زیستگاه دارد به گونه‌ای که با حذف این متغیر از مدل‌سازی، تأثیر قابل ملاحضه‌ای بر میزان مطلوبیت زیستگاه مشاهده می‌شود.

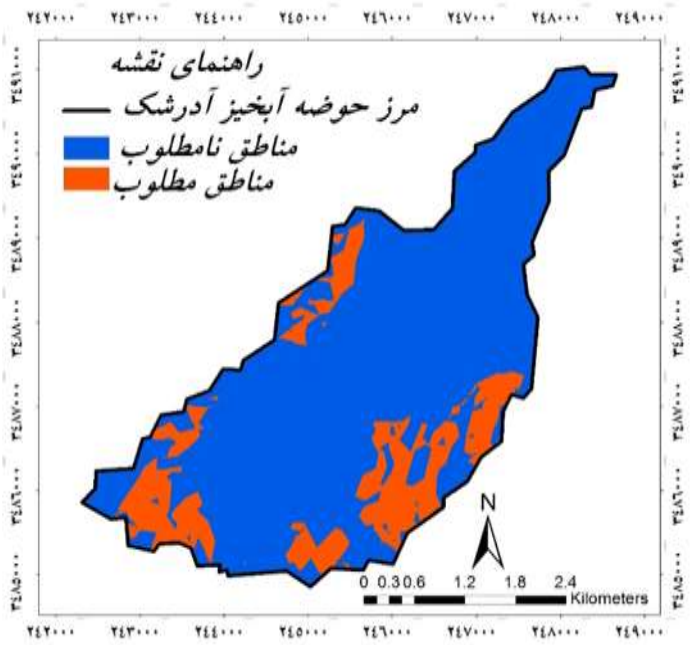
شکل ۵ منحنی‌های عکس‌العمل گونه نسبت به متغیرهای محیط‌زیستی را نشان می‌دهد. مطابق پیش‌بینی مدل مکسنت، در حوضه‌آبخیز آدرشک، مساحتی به مقدار ۲۷۵ هکتار، معادل ۱۷/۴۶درصد از کل زیستگاه، مناطق مطلوب زیستگاه پایکا را تشکیل می‌دهند (شکل ۶).



شکل ۴- میزان سودمندی متغیرهای محیط‌زیستی بر اساس آزمون جک‌نایف



شکل۵- نمودارهای پاسخ گونه به متغیرهای محیط‌زیستی



شکل۶- نقشه مطلوبیت زیستگاه پایکا در حوضه‌آبخیز آدرشک

بحث

نتایج مدل مطلوبیت زیستگاه پایکای افغانی در حوضه آبخیز آدرشک نشان می‌دهد که در این منطقه، پایکا مناطق صخره‌ای و کوهستانی به‌هم‌پیوسته دارای ارتفاع بالاتر از ۲۵۰۰ متر از سطح دریا، شیب‌های بیشتر از ۵۰ درصد و دامنه غربی را ترجیح می‌دهد. بازدیدهای میدانی در زیستگاه نشان داد که پایکاها لانه را در لابه‌لای شکاف سنگ‌ها و در مناطق صخره‌ای می‌سازند و برای لانه‌سازی به صخره‌ها نیاز دارند. پایکای افغانی در زیستگاه اصلی خودش (ارتفاعات افغانستان) لانه را در صخره‌ها در زیر شکاف سنگ‌ها و ریشه درختچه‌ها می‌سازد (Habibi, 2004) و مطابق نتایج پژوهش حاضر، رفتار لانه‌سازی پایکا در آدرشک با رفتارش در زیستگاه اصلی مشابه می‌باشد. در این پژوهش، تمام مناطق مطلوب پایکا در حاشیه زیستگاه قرار گرفته‌اند و نمایانگر تمایل پایکا به زیستگاه‌های حاشیه‌ای است و این نتیجه با نتایج پژوهش حسنی و همکاران (۱۳۹۴) در پارک ملی گلستان مطابقت دارد. بیشتر مساحت آدرشک را واریزه‌های با پوشش گیاهی بوته‌زار و علفزار با تراکم بالا تشکیل داده است و مطابق نمودار پاسخ گونه به متغیرها، پایکا از این مناطق دوری می‌کند. پایکا یکی از طعمه‌های مورد علاقه گوشتخواران است (ابراهیمی و همکاران، ۱۳۹۶) و مطابق تحلیل نقشه مطلوبیت زیستگاه پایکا به‌نظر می‌رسد از لانه فاصله چندانی نمی‌گیرد و به دلیل پاهای کوتاه و پرزهای کف پا حرکت بر سطوح خاکی و پوشش‌های گیاهی با تراکم بالا برای گونه دشوار و باعث کندی حرکت و افزایش نرخ طعمه‌خواری می‌شود. نمودار پاسخ گونه به متغیر شیب پایین‌تر از ۱۰ درصد نشان داد که پایکا از مناطق دشتی و مسطح دوری می‌کند. به نظر می‌رسد در مناطق مسطح امکان پنهان شدن برای گونه وجود ندارد و نرخ طعمه‌خواری در این مکان‌ها بالا باشد. در زیستگاه آدرشک اشکال رویشی درختزار و درختچه‌زار نیز مشاهده می‌شود که درختزارها در مناطق مسطح زیستگاه توسط انسان کاشته شده‌اند و مطابق نتایج پژوهش حاضر پایکا تمایلی به حضور در آن‌جا نشان نداده است. هم‌چنین مشخص شد که درختچه‌زارهایی که در مناطق صخره‌ای

زیستگاه وجود دارند برای پایکا جاذب و گونه از درختچه-زارهایی که در مناطق مسطح و واریزه‌ای وجود دارند فاصله گرفته است. نتایج مطالعات حسنی و همکاران (۱۳۹۴) در پارک ملی گلستان نشان داد که پایکا از مناطق مسطح دوری می‌کند و با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد. بنابر نتایج پژوهش حاضر پایکا به مناطق صخره‌ای به‌هم پیوسته وابسته است و از مناطق مسطح دوری می‌کنند زیرا مناطق صخره‌ای نیازهای لانه‌سازی و امنیت گونه را فراهم می‌سازند و در مناطق مسطح امکان شکار گونه توسط طعمه‌خواران بالا می‌باشد. نمودار پاسخ گونه به متغیرهای فاصله از جاده و تأسیسات انسان ساخت نشان داد که پایکا از مناطقی که احتمال حضور انسان وجود دارد دوری می‌کند. پایکا در ارتفاعات کوهستانی افغانستان در مکان‌هایی که هیچ سکونتگاه انسانی وجود ندارد زندگی می‌کند (Habibi, 2004) و نتایج پژوهش حاضر نیز با رفتار گونه در زیستگاه اصلی‌اش تطابق خوبی نشان می‌دهد. از آنجایی که با افزایش ارتفاع از غنا و تنوع گونه‌ای کاسته می‌شود (ملکیان و باقری، ۱۳۹۴) به نظر می‌رسد که پایکا در ارتفاعات، صخره‌هایی را که از تنوع گیاهی بالاتری نسبت به سایر بخش‌ها برخوردار هستند را برای زیستن ترجیح می‌دهند. در این پژوهش، دامنه غربی برای پایکا جاذب و ترجیحی شناخته شده است که با نتایج پژوهش‌های خاکی صحنه و همکاران (۲۰۱۴) در منطقه حفاظت‌شده لشگر در همدان و حسنی و همکاران (۱۳۹۴) در پارک ملی گلستان مطابقت ندارد. دامنه‌های غربی از دامنه‌های گرم به حساب می‌آیند (برنامه آمایش استان یزد، ۱۳۹۲) و در دامنه‌های گرم گیاهان رشد بهتری دارند و زودتر به مرحله اوج می‌رسند و از آن‌جایی که پایکا عادت دارد تا گیاهان را در مرحله اوج رشد آن‌ها جمع‌آوری و برای زمستان ذخیره کند (خاکی و همکاران، ۱۳۹۲) در فصل تابستان در دامنه غربی و اقلیم معتدل حضور بیشتری داشته است و سبب مطلوبیت دامنه غربی شده است و از آن‌جایی‌که بدن پایکا ویژه اقلیم سرد است، نسبت به درجه حرارت بالا و تغییرات آب و هوا بسیار حساس می‌باشد (Thipha et al., 2018) در آدرشک از اقلیم نیمه بیابانی و دامنه‌های جنوبی که در فصل بهار و تابستان از حرارت بالایی برخوردار هستند دوری کرده است. شیب‌های بیشتر از ۵۰ درصد مهم‌ترین متغیر تأثیرگذار بر مطلوبیت زیستگاه پایکا در آدرشک شناخته شده است و با مطالعات حسنی و وارسته‌مرادی در پارک ملی گلستان (۱۳۹۳) و خاکی صحنه و همکاران در همدان (۲۰۱۴) که زیستگاه مطلوب پایکا را شیب غالب ۱۵درجه تعیین نموده است، مطابقت ندارد. دلیل این امر، تفاوت خصوصیات توپوگرافی زیستگاه‌ها با یکدیگر است. نمودار پاسخ گونه به افزایش فاصله از آبراهه‌ها نشان می‌دهد که با افزایش فاصله از آبراهه‌ها مطلوبیت زیستگاه برای پایکا افزایش می‌یابد. در بازدیدهای میدانی مشخص شد که پایکاها برای تأمین آب مورد نیاز بدن خود در نزدیکی آبراهه‌ها و چشمه‌ها لانه می‌سازند؛ اما برای جلوگیری از آب گرفتگی لانه، از مسیر آبراهه فاصله می‌گیرند. مطالعات حسنی و همکاران (۱۳۹۴) در پارک ملی گلستان نیز نشان داد که پایکا از مسیر آبراهه‌ها فاصله می‌گیرد و با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد. مجموع نتایج پژوهش حاضر نشان داده است که در آدرشک پایکا در مناطق مرتفع کوهستانی و صخره‌های با پوشش علفی و بوته‌ای پراکنده، درختچه‌زارهای درمنه، ارژن، بادام کوهی، نسترن، شیرخشت و گونه‌های همراه، دور از جوامع انسانی زندگی می‌کند و از مناطق مسطح و فضای باز مانند بستر رودخانه، آبرفت‌ها، واریزه‌ها و اراضی کشاورزی به دلیل کاهش فشار طعمه‌خواری و عدم امکان پنهان شدن دوری می‌کند.

با توجه به نتایج پژوهش حاضر، پهنه ژئومورفولوژی صخره‌ای برای مدیریت و حفاظت جمعیت پایکاهای ساکن در حوضه‌آبخیز آدرشک مهم شناخته می‌شود.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از جناب دکتر محمدحسین ایران نژاد پاریزی استادیار گروه محیط‌زیست دانشگاه یزد به دلیل همکاری در جمع‌آوری نقاط حضور پایکا در حوضه‌آبخیز آدرشک قدردانی به‌عمل می‌آید.

منابع

۱. **ابراهیمی، ا.؛ حسینی. م.؛ زینل پور، گ. و بیگلری، ز.، ۱۳۹۶،** مدل سازی مطلوبیت زیستگاه پایکای افغانی *(Ochotona rufescense)* در ایران. دومین همایش ملی علوم محیط زیست، کشاورزی و منابع طبیعی. ۹ صفحه.

۲. **اراضی، س.، ۱۳۹۸،** بررسی رابطه بین ساختار سیمای سرزمین با غنا و تنوع گونه ای گیاهی و جانوری (مطالعه موردی: استان یزد- حوضه آبخیز آدرشک). پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه یزد، ۹۸ صفحه.

۳. **حسنی، م. و وارسته مرادی، ح.، ۱۳۹۳.** تهیه نقشه مطلوبیت زیستگاه پایکای افغانی *(Ochotona rufescense)* در پارک ملی گلستان با استفاده از سیستم اطلاعات مکانی (GIS) نشریه حفاظت و بهره برداری از منابع طبیعی. جلد ۲، شماره ۲، صفحات ۱۳ تا ۲۴.

۴. **حسنی، م.؛ وارسته مرادی،ح. و بخشی، ح.، ۱۳۹۴.** مدل سازی مطلوبیت زیستگاه پایکا *(Ochotona rufescense)* با استفاده از روش تحلیل آشیان بوم شناختی در پارک ملی گلستان. محیط زیست جانوری. سال ۷، شماره ۴، صفحات ۱۱ تا ۲۰.

۵. **حسینی، م.؛ ریاضی، ب.؛ شمس اسفندآبادی، ب. و نادری، م.، ۱۳۹۶.** ارزیابی مطلوبیت زیستگاه کل و بز (*Capra aegagrus*) در استان گلستان. محیط زیست جانوری. سال ۹، شماره ۲، صفحات ۹ تا ۱۶.

۶. **خاکی، س.؛ علیزاده شعبانی، ا.؛ کابلی، م.؛ نوری، ز. و قدیریان، ط.، ۱۳۹۲.** مدل سازی زیستگاه پایکا *(Ochotona rufescense)* در ایران با تکیه بر پارامترهای اقلیمی. نشریه محیط زیست طبیعی، مجله منابع طبیعی ایران. دوره ۶۶، شماره ۲، صفحات ۱۱ تا ۲۲.

۷. **زیدی، ا.؛ زمانی، ن.؛ مومنی اصل، م. و کولیوند، ح.، ۱۳۹۲.** معرفی روش MaxEnt برای ارزیابی زیستگاه حیات‌وحش در ایران. اولین همایش سراسری محیط‌زیست انرژی و پدافند زیستی. تهران، مؤسسه آموزش عالی مهر اروند. گروه ترویجی دوستداران محیط‌زیست.
ECONF۰۱-۷۹۲، صفحه ۹.

۸. **سازمان مدیریت و برنامه ریزی استان یزد. ۱۳۹۲.** مطالعات آمایش استان یزد. جلد ۱، ۷۴ صفحه.

۹. **ضیایی، ه.، ۱۳۸۷.** راهنمای صحرایی پستانداران ایران. انتشارت کانون آشنایی با حیات وحش. ۴۲۰ صفحه.

۱۰. **عبیداوی، ز.؛ رنگزن، ک.؛ میرزایی، ر. و کابلی زاده، م.، ۱۳۹۵.** مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه خرس قهوه‌ای *(Ursus arctos)* در منطقه حفاظت شده شیمبار استان خوزستان. بوم شناسی کاربردی. سال ۵، شماره ۴، صفحات ۲۳ تا ۳۲.

۱۱. **عماد، م.، ۱۳۷۸.** شناسایی گیاهان دارویی و صنعتی جنگلی و مرتعی و موارد مصرف آن‌ها. تهران، نشر توسعه روستایی ایران. ۱۱۲ صفحه.

۱۲. **فراشی، ا.، ۱۳۹۳.** مروری بر مدل‌سازی زیستگاه به عنوان ابزاری برای مدیریت زیستگاه‌های حیات‌وحش، زیست‌شناسی جانوری تجربی. شماره ۳، صفحات ۴۳ تا ۵۴.

۱۳. **کابلی، م.؛ علی آبادیان، م.؛ توحیدی فر، م.؛ هاشمی، ع.ر.؛ موسوی، ب. و روزلار، ک.، ۱۳۹۵.** اطلس پرندگان ایران. چاپ اول، انتشارات جهاد دانشگاهی واحد خوارزمی. ۲۰۱ صفحه.

۱۴. **کرمی، م.؛ قدیریان، ط. و فیض الهی، ک.، ۱۳۹۵.** اطلس پستانداران ایران. دانشگاه تهران، جهاد دانشگاهی واحد خوارزمی، چاپ اول. ۶۲۸ صفحه.

۱۵. **مالک پور، ه.؛ مروتی، م.؛ تازه، م. و تقی زاده، ر.، ۱۳۹۷.** ارزیابی قابلیت زیستگاه مطلوب قوچ و میش با استفاده از مدل MaxEnt (مطالعه موردی: منطقه حفاظت شده تنگ صیاد). محیط زیست جانوری. دوره ۱۰، شماره ۴، صفحات ۴۵ تا ۵۴.

۱۶. **مظفریان، و.، ۱۳۷۹.** فلور استان یزد. مؤسسه انتشارات یزد، دیدآور. ۴۷۳ صفحه.

۱۷. **ملکیان، م. و باقری، ر.، ۱۳۹۴.** تأثیر اندازه و شکل تأثیر اندازه و شکل مناطق حفاظت شده بر غنا و تنوع گونه‌ای پستانداران، مطالعه موردی استان کهکلویه و بویراحمد. مجله پژوهش‌های جانوری. جلد ۲۸، شماره ۲، صفحات ۵۷ تا ۶۸.

۱۸. **مهندسین مشاور هامون. ۱۳۹۲.** برنامه آمایش استان یزد.یک، جلد دوم، سازمان مدیریت و برنامه ریزی استان یزد. ۳۱۲ صفحه.

۱۹. **همراه، م. و مقیمی، ج.، ۱۳۹۴.** کارتوگرافی، مؤسسه جغرافیایی و کارتوگرافی گیتاشناسی. ۳۸۰ صفحه.

20. **Biodiversity Profile of Afghanestan. 2008.** United Nations Environment Programme post-conflict and Disaster Management Branch. Kaboul, Afghanestan. http://WWW. Unep.org. 151 p.
21. **Chapman, J.A. and Flux, J.F.R., 1990.** Hares and Pikas status Survey and Conservation Action Plan. ISBN, 2-8317-0019-1. 176 p.
22. **Elliott, I.; Pearson, I.; Dahal, P.; Thomas, N.V.; Roberts, T. and Newton, P.N., 2019.** Parasites Vectors. 36 p.
23. **Habibi, K., 2004.** Mammals of Afghanestan. 168 p.
24. **Jalili, A. and Jamzad, Z., 1999.** A Preliminary survey of Endemic, Rare & Endangered Plant species in Iran, Tehran. Reasearch institure of forests and Rangelands. 748 p.
25. **Khaki Sahneh, S.; Nouri, Z.; Alizadeh Shabani, A.; Ahmadi, M. and Dehdar Dargahi, M., 2014.** Bioclimatic Niche Model to predict Afghan Pika *(Ochotona rufescens)* distribution range in Iran. Biological Forum- An International Journal. Vol. 6, No. 2, pp: 98-109.
26. **Khosravi, R.; Hemami, M.; Malekian, M.; Flint, A. and Felint, L., 2016.** MaxEnt modeling predicting potential distribution of giotered gazelle in central Iran: the effect of extent and grain size on performance of the model. Turkish Journal of Zoology. Vol. 40, pp: 574-585.
27. **Leach, K.; Kelly, R.; Cameron, A.; Montgomery, W.I. and Reid, N., 2014.** Expertly validated models suggest responses to climate change are related to species traits: a phylogenetically-cintrolled analysis of the Order Lagomorpha. 132 p.
28. **Lorenzo, C.; Paradela, T.M. and Reyes, A., 2015.** State of knowledge and conservation of endangered and critically endangered lagomorphs worldwide. Theria. Vol. 6, No. 1, pp: 11-30.
29. **Madjdzadeh, M. and Takalloozadeh, M., 2013.** A study of mammals inhabiting pistachio gardens of Kerman Province, Southeast Iran. Biharean Biologist. Vol. 7, No. 1, pp: 13-19.
30. **Morovati, M.; Panahandeh, M.; Rousta, Z. and Shorakaei, M.J., 2014.** Habitat Desirability Modeling of Cheetah (Acinonyx jubatus venaticus) using maximum entropy model in central Iran (A case study: Yazd province-dareh Anjir Wildlife Refuge). Applied Ecology and Environmental Research. Vol. 13, No. 3, pp: 725-739.
31. **Mutsuzawa, T.; Nakata, M. and Tsushima, M., 1981**. Feeding and excretion in the Afghan paika *(Ochotona rufescens rufesvens)*, a new laboratory animal. Laboratory animals. Vol. 15, pp: 319-322.
32. **Phillips, S.J., 2006.** Maximum entropy modeling of species geographic distributions. Ecol. Model. Vol. 190, pp: 231-259.
33. **Phillips, S.J. and Dudik, M., 2008.** Modeling of species distributions with

Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. Echography. Vol. 31, pp: 161-175.

34. **Sahneh Khaki, S.; Nouri, Z.; Alizadeh Shabani, A. and Dehdar dargahi, M., 2014.** A review on habitats selection by Afghan Pika *(Ochotona rufescens)*: Case study: the Lashgardar protected area in Hamadan Province. Journal on New Biological Reports. Vol. 3, No. 3, pp: 186-199.
35. **Thipha, S.; Katuwal, H.B.; Gurung, R.; Kusi, N.; Devkota, B.; Shrestha, B. and Suwal, T.L., 2018.** Pikas in Nepal. Small Mammals Conservation and Reserch Foundation, Khathmandu, Nepal. x+51 p.
36. **Vonk, J. and Shackelford, T.K., 2018.** Encyclopedia of Animal Cognition and Behavior. http://dio.org/10.1007/978-3-319-47829-6-1206-1, 9 p.
37. **Yang, G., 1990.** Physiological Characteristics of Pika *(Ochotona rufescens)* as a Weak Heat Tolerant Animal, Trop. Med. Vol. 32, No. 4, pp: 129-140.
38. **Young, N.; Carter, L. and Evangelista, P., 2011.** A MaxEnt Model v3.3.3e Tutorial (ArcGISv10). 30 p.

Habitat Suitability Assessment for Pika *(Ochotona Rufescense)* In Adoroshk Watershed (Yazd Province – Shirkuh)

Somayeh Arazi [1*]

1*- Biodiversity Management and Conservation, Department of Natural Resources, Yazd University, Yazd, Iran.

Abstract

Habitat assessment is one of the pillars of wildlife management and protection. In the study, the evaluation of Pika habitat in Adoroshk watershed was performed using the maximum entropy algorithm model (MaxEnt). According to the principles of cartography from the geographic reference map topography to extract the boundary of the region, the digital height model for the preparation of the classified map (Dem) of elevation changes, Slope and geographical domain were used. In order to prepare the environmental layers to enter the model MaxEnt, ArcGis software version 10.3 was used. Sampling was performed using random linear transect method and binoculars through direct observation of cheeks and indexes in spring and summer of 2019 and the number 33 points of Pika's presence were recorded by GPS. Validation of the model was performed using the area under the curve (AUC) and the usefulness of the variables by analyzing the Jacknife test. The results showed that the desirability of Paika habitat in the Adoroshk watershed is mainly in rocky and mountainous areas with grass and shrubs at altitudes above 2500 meters above sea level and slopes. It is more than 50%. The climate was considered suitable for temperate pike. Favorable areas for Paika constitute 275 hectares (17.46%) of the habitat. It was also found that in Adoroshk, Paikas prefer the western slope.

Key words: Habitat Assessment, Pika *(Ochotona Rufescense)*, Watershed, Yazd, Maximum Entropy Algorithm.

Corresponding Author's email: somaye.arazi@stu.yazd.ac.ir