ارزیابی فصلی مطلوبیت زیستگاه بز وحشی (*Capra aegagrus*) در مناطق کوهستانی پارک ملی کلاه‌قاضی به‌روش حداکثر آنتروپی

ندا رنجبر[۱*]، محمود رضا همامی[۱]، مصطفی ترکش[۲] و جواد شاهقلیان[۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۶/۲۵ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۲/۱۴)

چکیده

آگاهی از نیازمندی‌های زیستگاهی گونه‌ها یکی از ملزومات مدیریت حیات وحش محسوب می‌شود. در این مطالعه، مدل‌سازی فصلی مطلوبیت زیستگاه و وابستگی‌های زیستگاهی گونه آسیب‌پذیر بز وحشی در پارک ملی کلاه‌قاضی (یکی از زیستگاه‌های معمول آن در آسیای مرکزی) با استفاده از رویکرد حداکثر آنتروپی انجام شد. منطقه مورد مطالعه محدود به مناطق کوهستانی به‌عنوان زیستگاه بالقوه بز وحشی گردید. ارتفاع، فاصله تا آبشخور، فاصله تا مناطق مسکونی و فاصله تا مسیرهای محیط‌بانی به‌عنوان با اهمیت‌ترین متغیرها در تعیین مطلوبیت زیستگاه بز وحشی شناخته شدند. بیشترین مساحت طبقهٔ مطلوب در فصل بهار (۳۸۸۲/۲۵ هکتار) و کمترین مساحت این طبقه در فصل تابستان (۱۳۶۲/۵ هکتار) به‌دست آمد. مقادیر مربوط به سطح زیر منحنی (AUC) در مدل‌های به‌دست آمده، کارایی خوبی را نشان داد (AUC ≥۰/۷). نتایج به‌دست آمده می‌تواند برای حفاظت بز وحشی در زیستگاه‌های مشابه در گستره پراکنش آن به‌کار گرفته شود.

واژه‌های کلیدی: مدل مطلوبیت زیستگاه، مدل حداکثر آنتروپی، پارک ملی کلاه‌قاضی، بز وحشی، *Capra aegagrus*

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

۲. گروه مرتع و آبخیزداری دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان

* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: nranjbar@ymail.com

مقدمه

از دست رفتن و تکه تکه شدن زیستگاه به همراه عوامل دیگری نظیر آلودگی‌ها، شکار غیرقانونی، تغییر در کاربری اراضی و معرفی گونه‌های غیربومی به‌طور جدی سلامتی و یکپارچگی جوامع گیاهی و جانوری را مورد تهدید قرار داده‌اند. بقای گونه‌ها در گرو تأمین نیازهای زیستگاهی آنها نظیر غذا، آب و پناه است (۸ و ۱۳). بنابراین درک و شناسایی نیازمندی‌های زیستگاهی گونه‌ها برای حفاظت از آنها اهمیت دارد. زیستگاه مطلوب جایی است که نیازمندی‌های زیستگاهی یک گونه فراهم است (۲۱). رویکرد صحیح برای مدل‌سازی رابطهٔ زیستگاه و حیات وحش استفاده از مدل های مطلوبیت زیستگاه می‌باشد. این مدل‌ها مطلوبیت، یک ناحیه را برای گونه‌های مورد نظر با استفاده از توابعی از فاکتورهای مختلف زیست محیطی مانند ریخت شناسی زمین، کاربری اراضی، پوشش گیاهی، شرایط آب و هوایی و توزیع فعالیت‌های انسانی که بر حضور، فراوانی و توزیع گونه ها تأثیر می‌گذارند، مورد بررسی قرار می‌دهند (۲۸). مدل‌های مطلوبیت زیستگاه، در اکولوژی و حفاظت کاربردهای وسیعی دارند (۱۴). برای مثال برای مطالعهٔ گسترش گونه‌های مهاجم (۳۵)، تأثیرات تغییر اقلیم (۳۴)، توزیع مکانی تنوع زیستی (۲، ۱۵، ۳۶ و ۴۰)، مدیریت منابع در فصول بحرانی (۳۷، ۳۹ و ۴۱)، ثمربخشی به عملیات معرفی مجدد گونه‌ها (۱۹ و ۳۲) و توزیع گونه‌های در معرض خطر (۲۵) به‌کار گرفته می‌شوند. تعداد روش‌های در دسترس برای مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه گونه‌ها در حال افزایش است (۱۸ و ۲۹). اگرچه میان مدل‌های مختلف سازگاری زیادی دیده می‌شود، تعداد زیادی از مطالعات نشان می‌دهند که مدل آنتروپی بیشینه به‌طور وسیعی مورد استفاده قرار گرفته و نتایج قابل اتکایی تولید کرده است (۹، ۱۱، ۱۶ و ۲۲). به‌عنوان مثال برای ارزیابی مطلوبیت زیستگاه جگوار (*Panthera onca*) در مکزیک (۲۹)، تنبل سه انگشتی (*Bradypus torquatus*) در برزیل (۲۳)، خرس آفتاب (*Helarctos malayanus*) در مالزی (۲۶)، فیل آفریقایی (*Loxodonta africana*) و بوفالو آفریقایی (*Syncerus caffer*) در زیمباوه (۲۲) از مدل مکسنت استفاده شده است.

مطالعاتی نظیر مطالعه آکودو و همکاران (۶) یا کسینلو و همکاران (۱۰) در خصوص مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه جنس Capra در نواحی مدیترانه‌ای صورت گرفته است. (۶ و ۱۰). با وجود این، مطالعات استفاده از زیستگاه بز وحشی در گستره پراکنش آن محدود است. در ایران چند مطالعه در مورد گونه بز وحشی در منطقه حفاظت شده هفتاد قله (۳۱)، پناهگاه حیات وحش دره انجیر یزد (۲۴) و منطقه حفاظت شده بافق (۳۰) صورت گرفته است.

بز وحشی (*Capra aegagrus*) در اکثر مناطق کوهستانی حفاظت شده ایران دیده می‌شود و وابستگی شدیدی به صخره‌ها و مناطق پر شیب دارد. به‌دلیل عواملی از جمله شکار غیرمجاز، تخریب زیستگاه و چرای بیش از حد دام‌های اهلی، پراکنش این گونه به مناطق حفاظت شده محدود شده است. بز وحشی جز طبقه آسیب پذیر (Vulnerable) فهرست سرخ IUCN قرار دارد (۳۸). با وجود این، اطلاعات اندکی در مورد اکولوژی این گونه وجود دارد. پارک ملی کلاه قاضی با جمعیت قابل توجه از این گونه یکی از مهمترین زیستگاه های بز وحشی در سطح کشور معرفی شده است. مشخص کردن زیستگاه‌های مطلوب بز وحشی در این پارک به‌عنوان یکی از زیستگاه‌های مهم آن در کشور می‌تواند در درک بوم شناسی و مدیریت آن مؤثر واقع شود. در این مطالعه مدل‌سازی پراکنش بز وحشی با استفاده از الگوریتم آنتروپی بیشینه در پارک ملی کلاه‌قاضی انجام شد. هدف از این مطالعه مشخص کردن مهمترین عوامل مؤثر بر پراکنش بز وحشی و تهیه نقشهٔ مطلوبیت زیستگاه گونه در چهار فصل پاییز (فصل جفت‌گیری)، زمستان (فصل سرد)، بهار (فصل بره‌آوری) و تابستان (فصل گرم و کم آب) بوده است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

پارک ملی کلاه قاضی در ۳۰ کیلومتری جنوب شرقی شهر

اصفهان واقع شده است. این پارک با مساحت ۴۷۱۸۴ هکتار بین طول‌های جغرافیایی ۵۱ درجه و ۴۱ درجه شرقی تا ۵۲ درجه و ۸ دقیقه شرقی و عرض‌های جغرافیایی ۳۲ درجه و ۱۵ دقیقه شمالی تا ۳۲ درجه و ۲۸ دقیقه شمالی قرار گرفته است (شکل ۱). متوسط ارتفاع منطقه از سطح دریا در پارک ملی کلاه قاضی ۱۷۲۰/۴۵ متر است. اقلیم منطقه براساس روش آمبرژه خشک و سرد و براساس روش دومارتن خشک می‌باشد (۳). میزان بارندگی سالیانه در حدود ۱۱۸/۷ میلی‌متر بوده و توزیع فصلی آن به‌صورت ۲۸/۶ در بهار،۱/۶ در تابستان، ۲۸/۵ در پاییز و ۵۹/۳ در زمستان می‌باشد. دمای متوسط سالیانه ۱۵/۵۴ درجه سانتی‌گراد است. اجتماعات گیاهی پارک از نوع اجتماعات مناطق خشک هستند.

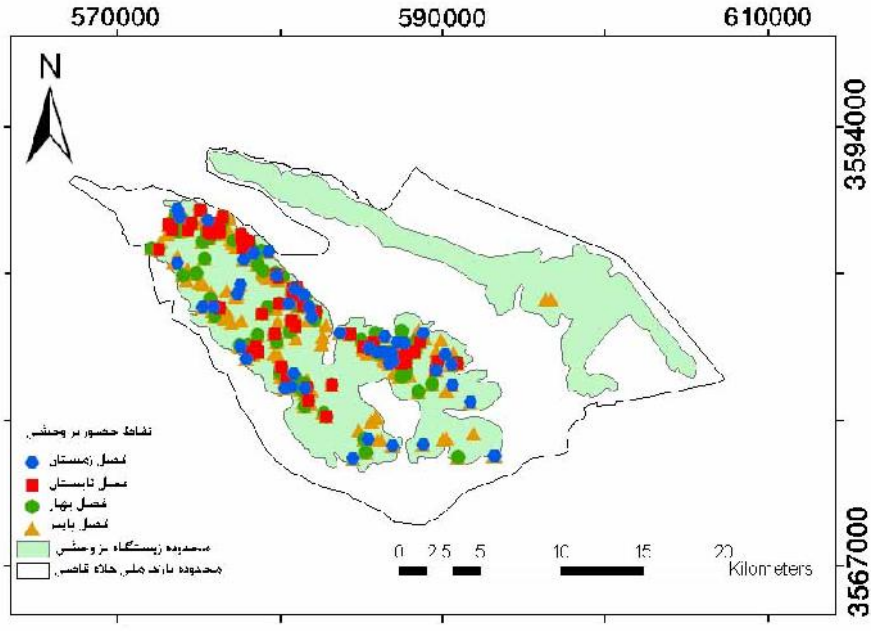
درمنه، آناباسیس، پرند و جاز از جمله گیاهانی هستند که در مناطق دشتی منطقه دیده می‌شوند (۴). از جمله گیاهانی که در مناطق کوهستانی و شیب‌دار مشاهده می‌شوند می‌توان به درمنه (*Artemisia* sieberi)، پیچک خاردار (*Convolvulus*.sp)، سیاه‌تنگرس (*Rhamnus persica*)، جوسیخ (*Ebenus stellata*)، انجیر (*Ficus*. sp) و گون (*Astragalus*.sp) اشاره کرد. از جمله گونه‌های جانوری شاخص در منطقه می‌توان به آهوی ایرانی (*Gazella subgutturosa*)، قوچ و میش اصفهانی (*Ovis orientalis isfahanica*)، گرگ (*Canis lupus*)، شغال (*Canis aureus*)، روباه معمولی (*Vulpes vulpes*) و کفتار (*Hyaena hyaena*) اشاره کرد.

جمع‌آوری داده‌ها

این مطالعه در دوره زمانی ۹۱-۱۳۹۰ طی فصول پاییز، زمستان، بهار و تابستان انجام شد. در هر فصل جمع‌آوری داده حدود ۲۰ روز و در هر روز از صبح زود تا غروب خورشید به‌طول می‌انجامید. با توجه به شرایط توپوگرافی منطقه نواحی که دید مناسبی داشتند روی نقشه توپوگرافی منطقه مشخص شدند. سپس در هر فصل نواحی تعیین شده مورد بازدید قرار گرفت. انتخاب نواحی مشاهده به‌گونه‌ای بود که کل مناطق کوهستانی پارک را در بر می‌گرفت. در این نواحی نقاط حضور بز کوهی با استفاده از روش مشاهده مستقیم ثبت شدند. در نهایت ۲۹۳ نقطه به‌عنوان نقاط حضور (شکل ۱) مشخص شدند (پاییز ۱۱۱ نقطه، زمستان ۴۶ نقطه، بهار ۷۰ نقطه و تابستان ۶۶ نقطه).

متغیرهای زیست محیطی

براساس مرور منابع صورت گرفته در مورد عوامل مؤثر بر پراکنش گونه بز وحشی (۶، ۷، ۱۰، ۱۲، ۱۷، ۲۴، ۳۰ و ۳۱)، نه متغیر محیط زیستی انتخاب شد. این متغیرها شامل ارتفاع، شیب، جهت، فاصله تا مناطق مسکونی اطراف، فاصله تا آبشخور، فاصله تا جاده، فاصله تا مسیرهای گشت محیط بانی، شاخص پوشش گیاهی NDVI و جوامع گیاهی بودند. متغیر شیب و جهت از نقشه DEM منطقه که قدرت تفکیک ۵۰ متری داشت، تهیه شد (http://gdem.ersdac.jspacesystems.or.jp). شیب به درجه محاسبه گردید و از متغیر جهت کسینوس گرفته شد. نقشه نوع تیپ جامعه گیاهی قبلاً جهت طرح‌های مدیریتی تهیه شده بود (سازمان محیط زیست ۱۳۷۹) و میزان پوشش گیاهی از نقشه NDVI تخمین زده شد. به‌منظور تهیهٔ نقشه‌های NDVI از تصاویر در دسترس Landsat مربوط به ۴ فصل سال ۲۰۰۹ استفاده شد. ما فرض کردیم که با توجه به ماهیت منطقه تغییرات پوشش گیاهی ناچیزی در طول سال ۲۰۰۹ تا سال ۲۰۱۱-۲۰۱۲ اتفاق افتاده است. متغیرهای مربوط به فعالیت‌های انسانی که در مدل وارد شدند شامل فاصله تا مناطق مسکونی، فاصله تا آبشخور، فاصله تا جاده و فاصله تا مسیرهای محیط‌بانی بودند. نقشه‌های مناطق مسکونی و آبشخورها قبلاً در طرح‌های مدیریتی تهیه شده بودند (سازمان محیط زیست ۱۳۷۹)؛ ما این نقشه‌ها را به‌روزرسانی کردیم. مکان مسیرهای محیط‌بانی با استفاده از GPS مشخص و نقشهٔ آن تهیه شد. برای تهیهٔ نقشه‌های فاصله تا مناطق مسکونی و آبشخورها و مسیرهای محیط‌بانی از فاصله اقلیدسی استفاده شد. تمامی نقشه‌ها با تفکیک مکانی ۵۰ متر در نرم‌افزار Arc GIS10.1 تهیه شد. به منظور کاهش اثرات نامطلوب ناشی از همبستگی میان

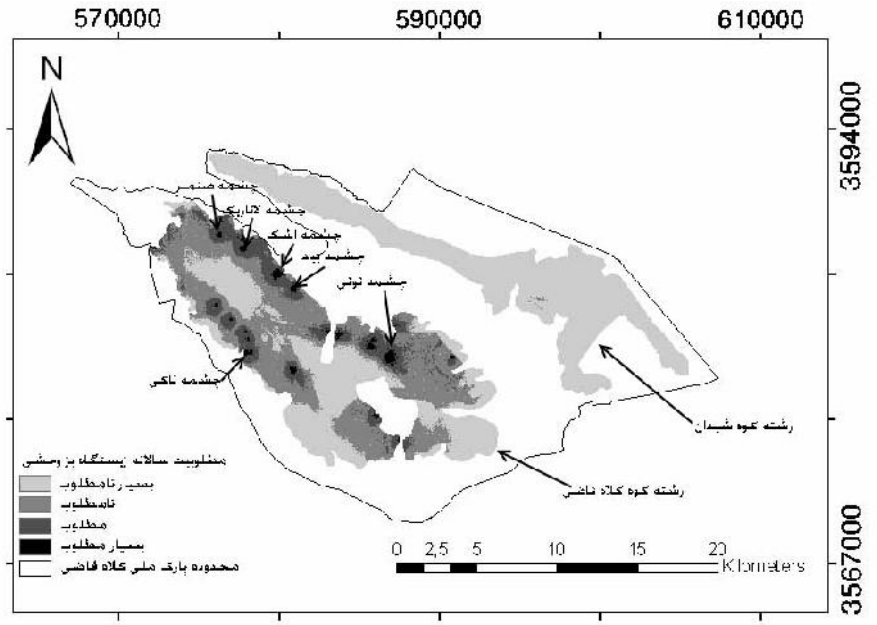


شکل ۱. نقاط حضور بز وحشی به تفکیک فصول مختلف در محدوده زیستگاهی آن در پارک ملی کلاه‌قاضی (رنگی در نسخه الکترونیکی)

متغیرها، ضریب همبستگی پیرسون بین متغیرها محاسبه شد تا در صورت همبستگی بالا (بیش از ۰/۷۵) بین دو متغیر، یکی حذف گردد (۲۷). بز وحشی گونه‌ای کوهستانی است و به مناطق دشتی وارد نمی‌شود. با توجه به اینکه هدف این مطالعه مشخص کردن محل‌های مطلوب بز وحشی در هر فصل در زیستگاه کوهستانی آن بوده است، مرز محدوده زیستگاه بز وحشی در پارک ملی کلاه‌قاضی براساس مشاهدات صورت گرفته با جدا کردن مناطق کوهستانی و یک بافر ۳۰۰ متری در اطراف آن تهیه شد. سپس همهٔ لایه‌های اطلاعاتی با استفاده از مرز زیستگاهی بز وحشی آماده شد.

مدل‌سازی

مدل سازی پراکنش بز وحشی با استفاده از الگوریتم آنتروپی بیشینه و استفاده از نرم‌افزار مکسنت انجام شد. داده‌های حضور به داده‌های یادگیری (۷۰٪) و داده‌های آزمون (۳۰٪) تقسیم شد. در این مطالعه با توجه به اینکه نقاط حضور صرفاً از بخش کوهستانی پارک انتخاب شده، نقاط پس زمینه (حضور کاذب) نیز به‌صورت تصادفی از این بخش، انتخاب شد. ابتدا تمامی متغیرهای ذکر شده وارد مدل شدند. ولی پس از مشخص شدن نتایج مدل، متغیرهایی نظیر شیب، NDVI، نوع پوشش گیاهی و فاصله تا جاده آسفالت که سهم مشارکت کمی در ساخت مدل داشتند و یا رابطه منطقی ایجاد نکردند، حذف شدند و بار دیگر مدل با متغیرهای باقی‌مانده راه‌اندازی شد. پس از انتخاب ۱۵ اجرا و ۵۰۰۰ تکرار، نقشه پراکنش بز وحشی تولید شد و نقشه میانگین پیش‌بینی شده به‌عنوان نقشه نهایی ارائه شد. سپس نقشه پیوسته احتمال حضور با فواصل مساوی ۰/۲۵ به چهار طبقه تقسیم شد. ارزش صفر تا ۰/۲۵ به‌عنوان طبقه بسیار نامطلوب، ۰/۲۵ تا ۰/۵ به‌عنوان طبقه نامطلوب، ۰/۵ تا ۰/۷۵ به‌عنوان طبقه مطلوب و ۰/۷۵ تا یک به‌عنوان طبقهٔ بسیار مطلوب درنظر گرفته شدند (شکل ۲). از آنجایی که یکی از اهداف مطالعه مقایسه الگوی پراکنش و مساحت زیستگاه‌های مطلوب و نامطلوب بز وحشی در فصول مختلف بود، در نقشه‌های مربوط به فصول مختلف از آستانه ثابت ۰/۵ برای طبقه‌بندی زیستگاه مطلوب و نامطلوب، استفاده شد. این حد آستانه در بسیاری از مطالعات اکولوژیکی مورد استفاده قرار گرفته است (۲۰). برای حساسیت‌سنجی مدل و



شکل ۲. نقشهٔ مطلوبیت سالانه زیستگاه بز وحشی در چهار طبقه مطلوبیت در محدوده زیستگاه آن در پارک ملی کلاه‌قاضی

مشخص کردن متغیرهای مهم در پراکنش، از تحلیل جک‌نایف و برای ارزیابی نتایج مدل‌سازی از متغیر آماری تحلیل منحنی ویژگی عامل دریافت کننده (ROC) استفاده شد.

نتایج

مطلوبیت زیستگاه

نتایج بررسی همبستگی بین متغیرهای وارد شده به مدل نهایی نشان داد که هیچ دو متغیری دارای همبستگی بیش از ۰/۷۵ نبودند، از اینرو از همه متغیرها در روند مدل‌سازی استفاده شد.

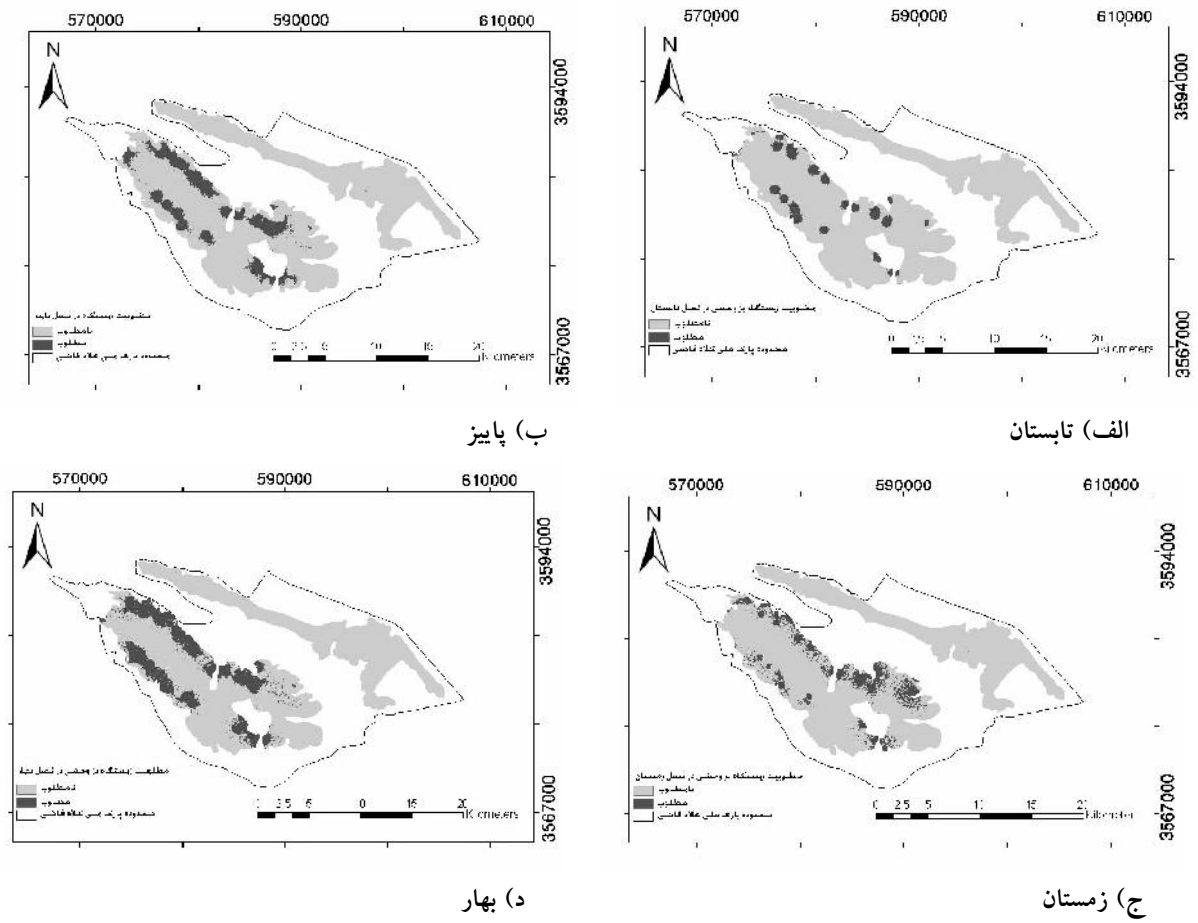
به‌طور کلی نتایج حاصل از مدل‌سازی، مطلوبترین زیستگاه‌ها را در محدوده رشته کوه کلاه‌قاضی مخصوصاً محدوده‌های چشمه توتی، چشمه بید، چشمه صنمبر تا چشمه لاتاریک، و چشمه تاکی و نامطلوبترین زیستگاه‌ها را در محدوده رشته کوه شیدان مشخص کرد (شکل ۲). مطابق با جدول ۱ بیشترین مساحت طبقه مطلوب در فصل بهار و کمترین مساحت طبقه مطلوب در فصل تابستان می‌باشد. نقشه‌های مطلوبیت زیستگاه در فصول مختلف و سالانه در شکل ۳ و رویهم‌گذاری نقشه‌های چهار فصل در شکل ۴ نشان داده شده‌اند.

ارزیابی مدل

شکل ۵، ROC مدل را برای میانگین اجراها به همراه انحراف معیار آن در طول سال نشان می‌دهد. میزان AUC برای داده‌های یادگیری بهترین اجرا ۰/۸۶، برای داده‌های آزمون ۰/۸ و میانگین AUC ۰/۸۲۷ می‌باشد که نشانگر پیش‌بینی خوب مدل است (شکل ۵). با توجه به اینکه میانگین AUC بیشتر از مقدار هدف ۰/۷ است، مکسنت در اجرای مدل‌ها موفق بوده است میزان AUC برای داده‌های یادگیری بهترین اجرا و برای داده‌های آزمون در فصول مختلف در جدول ۲ نشان داده شده است. تمامی اعداد جدول چه داده‌های یادگیری بهترین اجرا و چه داده‌های آزمون بیشتر از مقدار هدف ۰/۷ هستند که این نشان‌دهنده پیش‌بینی خوب مدل‌های اجرا شده در تمامی فصول، می‌باشد (۳۳).

عوامل مؤثر بر پراکنش بز وحشی

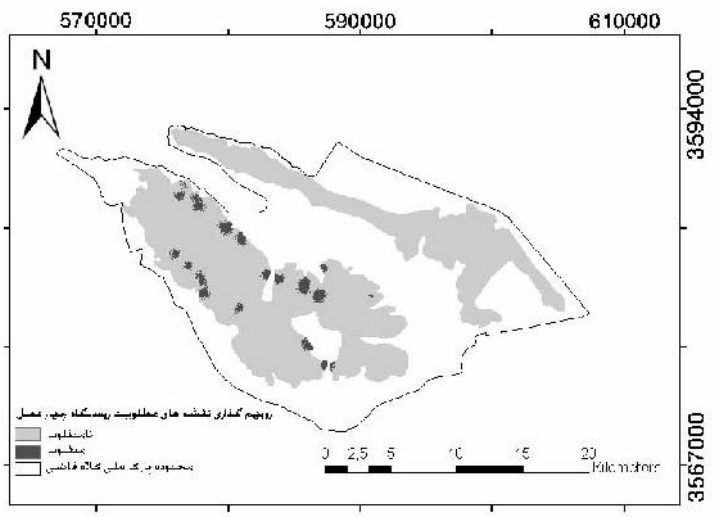
درصد سهم نسبی متغیرهای مورد استفاده در مدل‌سازی پراکنش



الف) تابستان ب) پاییز

ج) زمستان د) بهار

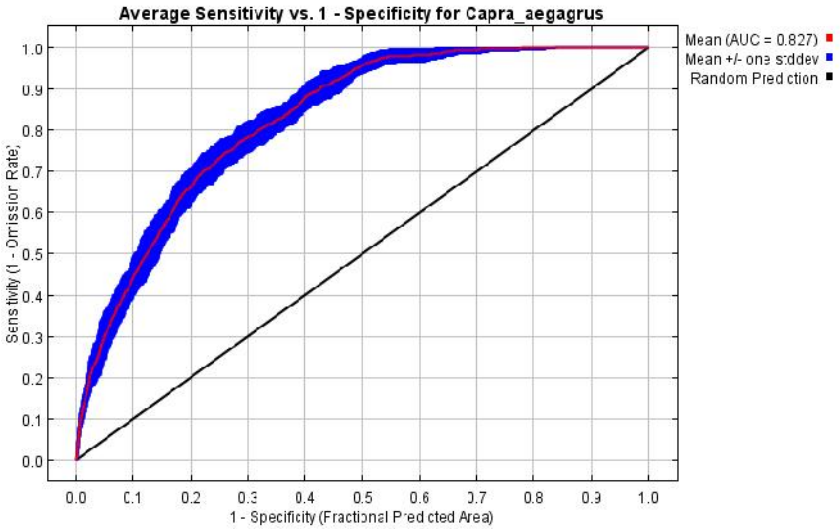
شکل ۳. نقشهٔ مطلوبیت زیستگاه بز وحشی در دو طبقه مطلوبیت در چهار فصل تابستان (الف)، پاییز (ب)، زمستان (ج) و بهار (د) در محدوده زیستگاه آن در پارک ملی کلاه‌قاضی



شکل ۴. نقشه تلفیقی حاصل از رویهم گذاری نقشه‌های چهار فصل مطلوبیت زیستگاه بز وحشی با دو طبقه مطلوبیت در محدوده زیستگاه آن در پارک ملی کلاه‌قاضی

جدول ۱. مساحت و درصد مساحت طبقات مطلوبیت زیستگاه بز وحشی در پارک ملی کلاه‌قاضی

مدل	مساحت طبقه مطلوب(ha)	درصد مساحت طبقه مطلوب	مساحت طبقه نامطلوب(ha)	درصد مساحت طبقه نامطلوب
پاییزه	۲۸۴۳/۷۵	۱۲/۶۵	۱۹۶۳۰/۲۵	۸۷/۳۵
بهاره	۳۸۸۲/۲۵	۱۷/۲۷	۱۸۵۹۱/۷۵	۸۲/۷۳
زمستانه	۲۴۲۹/۲۵	۱۰/۸۱	۲۰۰۴۴/۷۵	۸۹/۱۹
تابستانه	۱۳۶۲/۵	۶/۰۶	۲۱۱۱۱/۵	۹۳/۹۴
سالانه	۲۴۹۸	۱۱/۱۱	۱۹۹۷۶	۸۸/۸۸



شکل ۵. نمودار ROC مربوط به مدل سالانه مطلوبیت زیستگاه

جدول ۲. میزان AUC برای داده‌های یادگیری بهترین اجرا و برای داده‌های آزمون در فصول

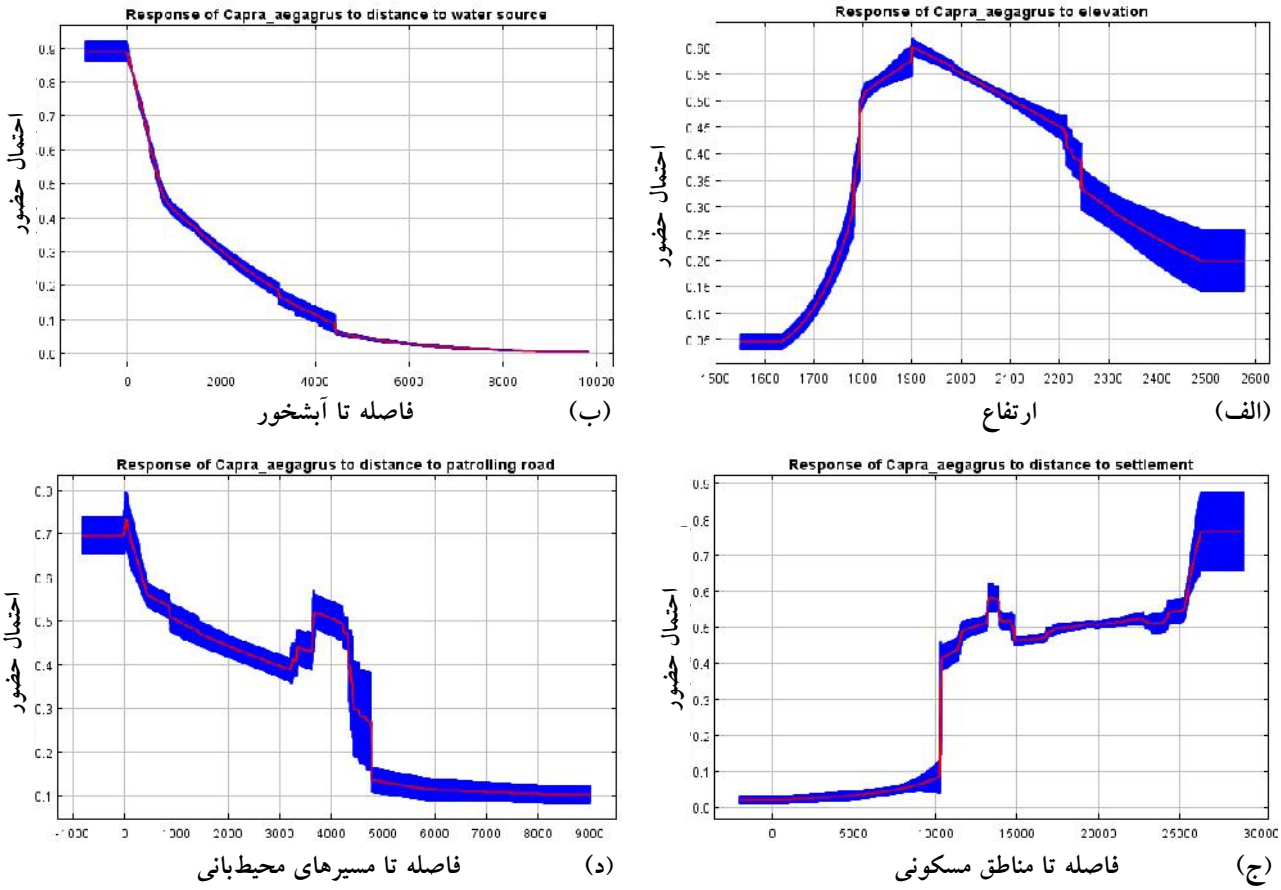
فصل	AUC داده‌های یادگیری بهترین اجرا	AUC داده‌های آزمون
پاییز	۰/۸۵	۰/۷۸
زمستان	۰/۸۸	۰/۸
بهار	۰/۸۴	۰/۸
تابستان	۰/۸۸	۰/۸۳

بز وحشی در منطقه در جدول ۳ آورده شده است. این جدول براساس اجرای مکسنت بدون تحلیل جک‌نایف تولید شده است؛ بنابراین نتایج آن تا حدی با تحلیل جک‌نایف متفاوت است. براساس این رویکرد، فاصله تا آبشخور با سهم ۵۹/۲٪ مهمترین عامل اثرگذار بر پراکنش بز وحشی شناخته شده است. فاصله تا مناطق مسکونی با ۱۷/۵٪ در رتبهٔ دوم قرار می‌گیرد و متغیرهای فاصله تا مسیرهای محیط‌بانی، ارتفاع و جهت در درجه‌های بعدی اهمیت قرار می‌گیرند. اهمیت این عوامل در فصول مختلف تغییر می‌کند در فصل پاییز ارتفاع و فاصله تا مسیرهای محیط بانی اهمیت بالاتری دارد. در فصل بهار و زمستان فاصله تا مناطق مسکونی و جهت از اهمیت بالایی نسبت به سایر فصول برخوردارند. در فصل تابستان فاصله تا آبشخور اهمیتی به مراتب بیش از سایر فصول دارد.

متغیر ارتفاع بسته به مقدار آن دارای تأثیر متفاوتی است به‌طوری که در مدل سالانه، با افزایش ارتفاع تا حدود ۱۹۰۰ متر، احتمال حضور گونه به‌طور قابل توجهی افزایش می‌یابد ولی پس از آن با افزایش ارتفاع احتمال حضور گونه به‌تدریج

جدول ۳. درصد سهم نسبی متغیرهای مورد استفاده در مدل‌سازی پراکنش بز وحشی در فصول مختلف (٪)

متغیرها	مدل سالانه	مدل پاییزه	مدل بهاره	مدل زمستانه	مدل تابستانه
فاصله تا آبشخور	۵۹/۲	۵۸/۲	۴۷/۶	۵۰/۴	۸۴/۴
فاصله تا مناطق مسکونی	۱۷/۵	۱۱/۲	۳۶/۳	۲۵/۲	۱۱/۶
فاصله تا مسیرهای محیط‌بانی	۱۱/۵	۷	۳	۵/۴	۰/۲
ارتفاع	۱۰/۲	۲۱/۷	۵/۶	۱۱/۵	۲/۴
جهت	۰/۵	۲	۷/۶	۷/۵	۱/۴



شکل ۶. منحنی‌های پاسخ بز وحشی نسبت به متغیرهای (الف) ارتفاع، (ب) فاصله تا آبشخور، (ج) فاصله تا مناطق مسکونی و (د) فاصله تا مسیرهای محیط‌بانی در محدوده زیستگاه آن در پارک ملی کلاه‌قاضی

کاهش می‌یابد. در مورد متغیرهای فاصله‌ای به‌طور کلی با کاهش فاصله از آبشخور و مسیرهای محیط‌بانی و افزایش فاصله از مناطق مسکونی مطلوبیت زیستگاه افزایش می‌یابد (شکل ۶).

شکل منحنی پاسخ ارتفاع در فصول مختلف تاحدی متفاوت است. در فصل زمستان ارتفاع بهینه به ۱۸۰۰ متر می‌رسد و به‌طور کلی ارتفاعات پایین مطلوبیت بالایی دارند، به‌طوری که احتمال حضور گونه در ارتفاعات پایینی نزدیک به احتمال حضور آن در حالت بهینه است. در فصل پاییز ارتفاع بهینه به ۱۹۰۰ متر می‌رسد. ولی هم‌چنان احتمال حضور گونه در ارتفاعات بالا با

شیب نسبتاً تندی کاهش می‌یابد. در فصول بهار از شیب کاهش مطلوبیت زیستگاه در ارتفاعات بالا تا حدی کاسته می‌شود و این امر در فصل تابستان مشهودتر است (شکل ۷).

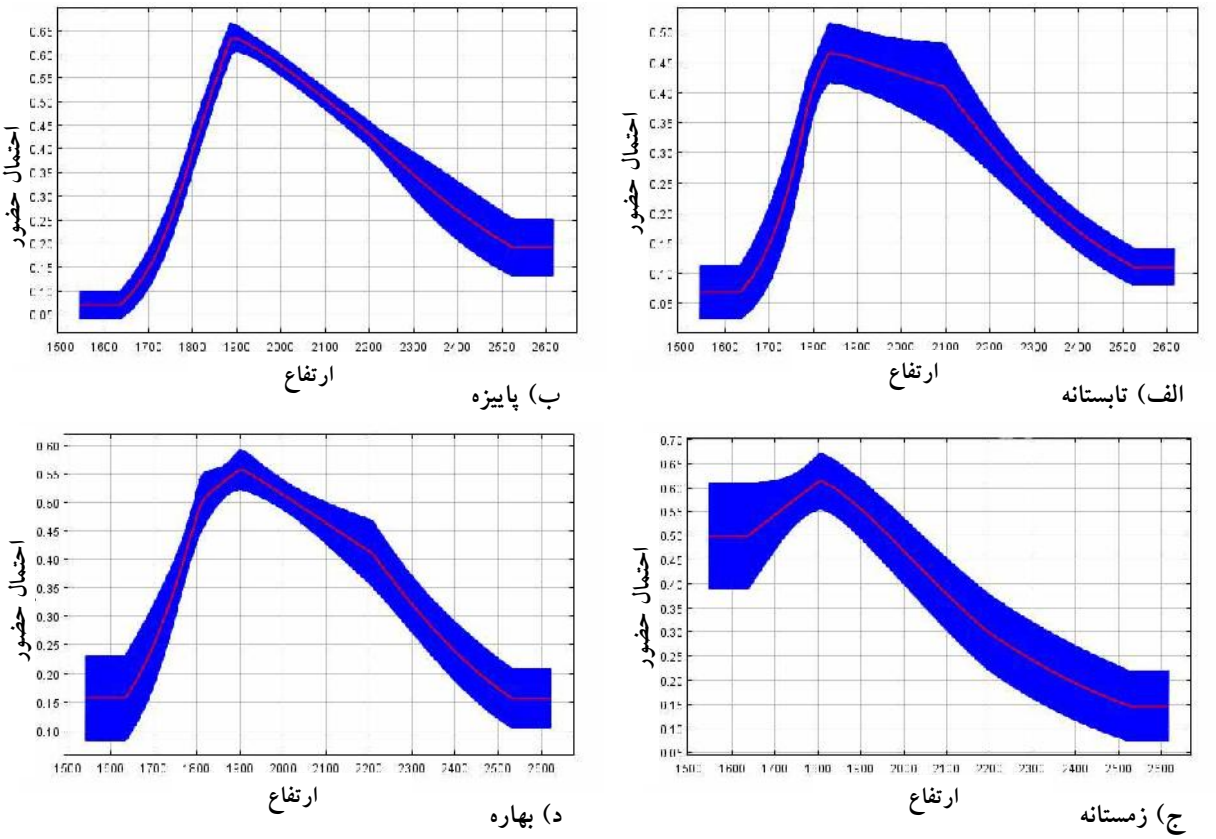
آزمون جک‌نایف

به‌منظور حساسیت‌سنجی مدل و مشخص کردن وزن نسبی متغیرهای مؤثر بر پراکنش بز وحشی در منطقه مورد مطالعه، آزمون جک‌نایف در خروجی مدل مکسنت استفاده شده است. نتایج این آزمون طی چندین بار راه‌اندازی مدل به‌دست می‌آید. در خروجی مدل مکسنت سه نوع نمودار جک‌نایف رسم می‌شود: الف) نمودار جک‌نایف برای داده‌های تعلیمی، ب) نمودار جک‌نایف برای داده‌های آزمایشی و ج) نمودار جک‌نایف برای AUC. نمودار جک‌نایف AUC برای مدل‌های مطلوبیت زیستگاه که به‌منظور نتیجه‌گیری کلی از اهمیت متغیرها به‌کار می‌رود در شکل ۸ ارائه شده است.

بحث

مدل‌سازی در این مطالعه به تفکیک فصول صورت گرفته است زیرا که در هر فصل پراکنش بز وحشی متفاوت است؛ در فصل تابستان تمرکز هرچه بیشتر گله‌ها در اطراف آبشخورها مشاهده می‌شود زیرا منطقهٔ مورد مطالعه در ناحیهٔ گرم و خشک واقع شده و این موضوع وابستگی به مراتب بیشتر بز وحشی را به آب در این موقع از سال نشان می‌دهد. در فصل پاییز به‌دلیل پایین رفتن دما و تحرک بالا برای عمل جفت‌گیری از این تمرکز کاسته و پراکنش شکل یکنواخت‌تری به‌خود می‌گیرد. در فصل بهار به‌دلیل فراهم بودن گیاهان یک‌ساله در برخی از بخش‌های پارک و تفکیک گله‌ها پراکندگی بیشتری مشاهده می‌شود. در فصل زمستان این پراکنش بیشتر در حاشیهٔ مناطق کوهستانی به چشم می‌خورد. حضور در حاشیهٔ مناطق کوهستانی در فصل زمستان این امکان را به بز وحشی می‌دهد تا از سرمای زیاد ارتفاعات بالایی در امان باشد و از شکاف کوه‌ها به‌عنوان بادشکن استفاده کند.

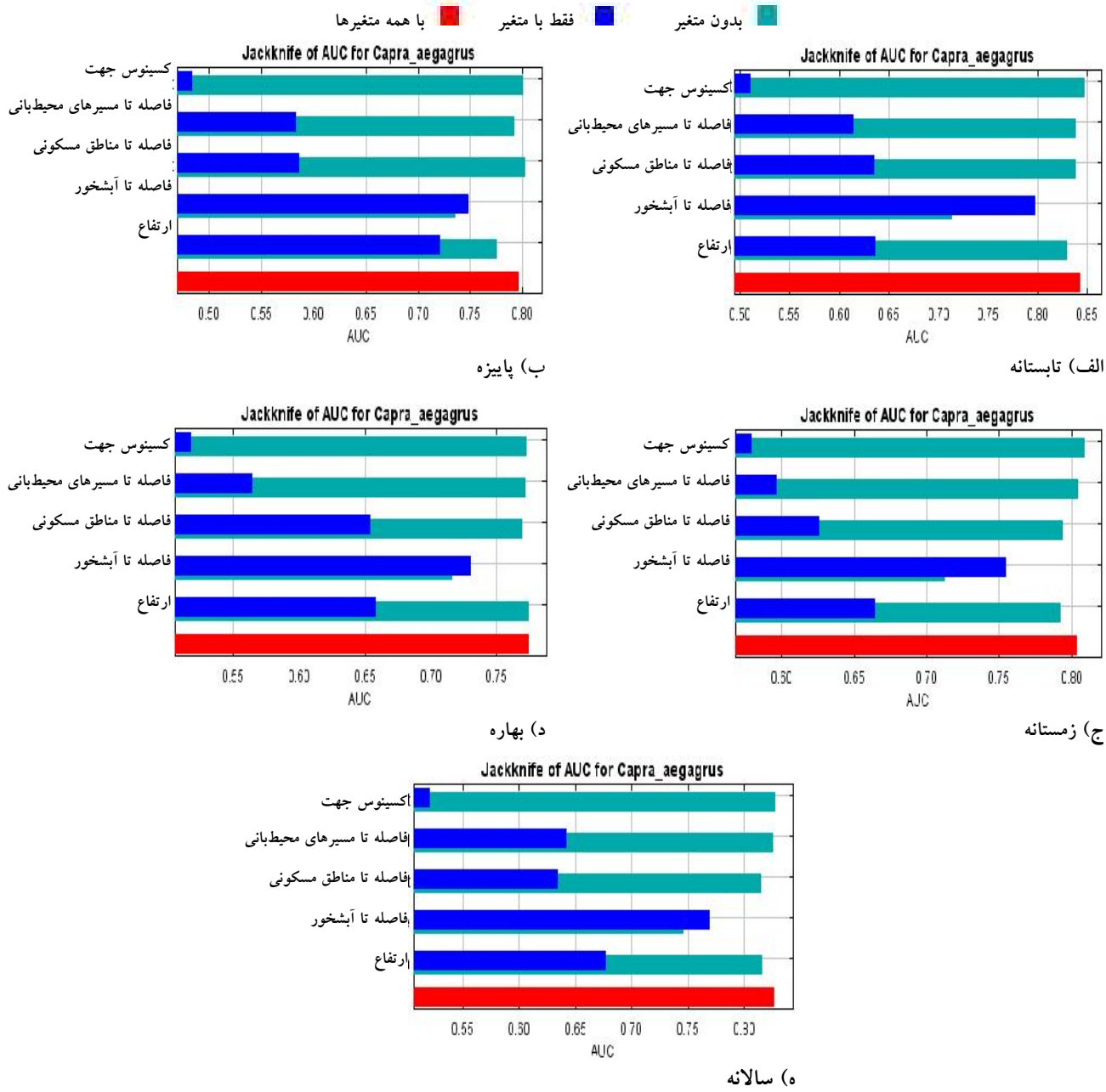
برخلاف سایر مطالعات (۷، ۱۲، ۱۷، ۲۴، ۳۰ و ۳۱) در این مطالعه ما ابتدا زیستگاه‌های بالقوه بز وحشی (مناطق کوهستانی پارک) را جدا کردیم و مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه صرفاً در این نواحی انجام گرفت تا امکان پیش‌بینی پراکنش گونه در محدوده زیستگاه بالقوه آن فراهم آید. براساس آنالیز مشارکت متغیرها و آزمون جک‌نایف مدل مطلوبیت زیستگاه سالانه، متغیرهای فاصله تا آبشخور، فاصله تا مناطق مسکونی، فاصله تا مسیر محیط‌بانی و ارتفاع از اهمیت بالایی برخودارند. با توجه به ماهیت گرم و خشک منطقه تأثیر آبشخورها به‌عنوان مهمترین عامل اثرگذار در مطلوبیت زیستگاه امری اجتناب ناپذیر است به‌طوری که با افزایش فاصله از آنها مطلوبیت زیستگاه به‌طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد. موقعیت مناطق مسکونی در اطراف منطقهٔ مورد مطالعه به‌گونه‌ای است که دسترسی به زیستگاه بز وحشی را بسیار تسهیل می‌کنند بنابراین احتمال حضور بز وحشی در نزدیکی آنها کاهش می‌یابد. مطالعهٔ الکامی و همکاران (۷) روی بز اتیوپیایی (*capra nubiana*) و مطالعهٔ جاواشیلیشویلی (۱۲) روی بز قفقازی (*Capra cylindricornis*) نیز نشان می‌دهد که با دور شدن از مناطق مسکونی، مطلوبیت زیستگاه افزایش می‌یابد. به‌طور کلی با افزایش فاصله از مسیرهای محیط‌بانی مطلوبیت زیستگاهی کاهش می‌یابد. وجود مسیرهای محیط‌بانی و پاسگاه‌ها سبب افزایش مطلوبیت شده و از اهمیت زیادی برخوردارند، زیرا سبب برقراری امنیت در منطقه می‌شوند. ارتفاع از سطح دریا در بسیاری از مطالعات بررسی مطلوبیت زیستگاه بز وحشی به‌عنوان متغیری معنی‌دار، تشخیص داده شده است (۱۲، ۱۷، ۳۰ و ۳۱). با توجه به شکل زنگوله‌ای منحنی پاسخ به ارتفاع، به‌نظر می‌رسد محدوده ارتفاعی مشخصی برای بز وحشی مطلوب به‌حساب می‌آید. متغیرهای ذکر شده در مدل مطلوبیت زیستگاه سالانه در مدل‌های مطلوبیت زیستگاه در فصول مختلف نیز اهمیت قابل توجهی دارند با این تفاوت که اهمیت و نحوه تأثیر آنها در فصول مختلف سال تا حدی متفاوت است. برای مثال فاصله



شکل ۷. منحنی‌های پاسخ بز وحشی نسبت به ارتفاع در فصول (الف) تابستان، (ب) پاییز، (ج) زمستان و (د) بهار در محدوده زیستگاه آن در پارک ملی کلاه‌قاضی

تا آبشخور در فصل تابستان اهمیت بیشتری می‌یابد، زیرا در این فصل افزایش دمای هوا، کاهش بارندگی و نیازهای فیزیولوژیک حیوانات (نظیر شیردهی ماده‌ها) نیاز آبی آنها را بالا برده و منجربه استفاده بیشتر از منابع آبی می‌گردد. مشابه با نتایج ما مطالعهٔ اسمعیلی (۱) روی آهو در پارک ملی کلاه‌قاضی و ملکی نجف آبادی (۵) روی قوچ و میش اصفهانی در پناهگاه حیات وحش موته نیز مطلوبیت نواحی اطراف آبشخورها به‌ویژه در فصل تابستان را نشان می‌دهند. متغیر ارتفاع در فصول سرد و گرم دارای تأثیر متفاوتی است به‌طوری که در فصول سرد سال به‌دلیل برودت هوا و کمبود علوفه در مناطق مرتفع، ارتفاعات پایین‌تر، و در فصول گرم سال ارتفاعات بالاتر مطلوبیت بیشتری برای بز وحشی دارند. این موضوع منعکس کننده رفتار مهاجرت ارتفاعی این گونه برای سازگاری با تغییرات دمایی باشد (۳۱).

فاصله تا مسیرهای محیط‌بانی در فصل پاییز که به‌طور سنتی فصل شکار بز وحشی محسوب می‌شود، از اهمیت بیشتری نسبت به سایر فصول برخوردار است. بنابراین نواحی نزدیک به مسیرهای محیط‌بانی که امنیت بیشتری دارند، به‌خصوص در این فصل مطلوبیت بیشتری دارند. متغیر جهت جغرافیایی در فصول زمستان و بهار که فصل رویش گیاهان یک‌ساله در پارک ملی کلاه‌قاضی می‌باشد از اهمیت بیشتری برخوردار است. زیرا رویش این گیاهان در دامنه‌های رو به شمال که به نسبت خشکی و گرمای کمتری دارند، بیشتر است. در فصل بهار متغیر فاصله تا مناطق مسکونی دارای اهمیت زیادی است زیرا این مناطق دسترسی را به منطقه تسهیل می‌کند و بز وحشی به‌دلیل شرایط خاص فیزیولوژیک در این فصل نظیر زایمان و مراقبت از بزغاله‌های تازه متولد شده به شدت از این مناطق دوری می‌کند.



شکل ۸. نمودار جک‌نایف AUC مربوط به مدل‌های (الف) تابستانه، (ب) پاییزه، (ج) زمستانه، (د) بهاره و (ه) سالانه مطلوبیت زیستگاه بز وحشی در محدوده زیستگاه آن در پارک ملی کلاه‌قاضی

نتیجه‌گیری

براساس نتایج مدل‌های مطلوبیت زیستگاه به‌دست آمده برای بز وحشی در پارک ملی کلاه‌قاضی، متغیرهای ارتفاع، فاصله تا مناطق مسکونی، فاصله تا آبشخور و فاصله تا مسیرهای محیط‌بانی، به‌عنوان متغیرهای مهم پیش‌بینی کننده مطلوبیت زیستگاه بز وحشی در پارک ملی کلاه‌قاضی تعیین شدند. از آنجا که متغیر فاصله تا آبشخور، فاصله تا مناطق مسکونی و فاصله تا مسیرهای محیط‌بانی قابل مدیریت می‌باشند، لازم است

علاوه بر وجود برنامه‌های حفاظتی در کل پارک ، از توسعه مناطق مسکونی و جاده‌ها در اطراف پارک جلوگیری شود و در جهت افزایش و حفاظت هرچه بیشتر در مسیرهای محیط‌بانی اقدام شود. علاوه بر این لازم است مناسب بودن پراکنش آبشخورها در سطح منطقه مورد بازنگری قرار گیرد. به‌دلیل الگوی مشاهده شده در مدل‌های مطلوبیت زیستگاه در فصول مختلف بهتر است برای هر فصل برنامه حفاظتی مجزایی تهیه شود تا حفاظت به شکل مؤثرتری صورت گیرد.

سپاسگزاری

از اداره کل حفاظت محیط زیست استان اصفهان برای صدور مجوز ورود به پارک ملی کلاه‌قاضی قدردانی می‌گردد.

منابع مورد استفاده

۱. اسمعیلی، س. ۱۳۸۹، استفاده از زیستگاه توسط آهوی ایرانی در پارک ملی کلاه‌قاضی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۲. اکبری هارونی، ح. ۱۳۸۳. بررسی مطلوبیت زیستگاه آهو در منطقه حفاظت شده کالمند-بهادران استان یزد. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده منابع طبیعی کرج، دانشگاه تهران.

۳. سلطانی، س. ۱۳۸۳. طرح جامع پارک ملی کلاه قاضی:بخش فیزیوگرافی. جلد اول. دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۴. سلطانی، س. ۱۳۸۳. طرح جامع پارک ملی کلاه قاضی:بخش هوا و اقلیم شناسی. جلد دوم. دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۵. ملکی نجف آبادی، س. ۱۳۸۶. تعیین پارامترهای زیستگاهی قوچ و میش اصفهانی در پناهگاه حیات وحش موته با استفاده از سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

6. Acevedo, P., J. Cassinello, J. Hortal and C. Gortázar. 2007. Invasive exotic aoudad (Ammotragus lervia) as a major threat to native Iberian ibex (Capra pyrenaica): a habitat suitability model approach. *Diversity and Distribution* 13: 587-597.
7. Alqamy, H. E., A. I. Abdelhameed, A. Nagy, A. Hamada, S. Rashad and M. Kamel. 2010. Predicting the status and distribution of the nubian ibex (*capra nubiana*) in the high-altitude mountains of south sinai (Egypt). *Galemys* 22: 517-530.
8. Boyce, M. S., E. H. Mao and D. Fortin. 2003. Scale and hetergenity in habitat selection by elk in Yellowstone national park. *Ecoscience* 10: 421-431.
9. Brito, J. C., S. Fahd, P. Geniez, F. MartÃnez-FreirÃa, J. M. Pleguezuelos and J. F. Trape. 2011. Biogeography and conservation of viperids from North-West Africa: an application of ecological niche-based models and GIS. *Journal of Arid Environment* 75:1029-1037.
10. Cassinello, J., P. Acevedo and J. Hortal. 2006. Prospects for population expansion of the exotic aoudad (Ammotragus lervia; Bovidae) in the Iberian Peninsula: clues from habitat suitability modelling. *Diversity and Distribution* 12: 666-678.
11. Elith, J., C. H. Graham, R. P. Anderson, M. Dudı´k, S. Ferrier, A. Guisan, R. J. Hijmans, F. Huettmann, J. R. Leathwick, A. Lehmann, J. Li, L. G. Lohmann, B. A. Loiselle, G. Manion, C. Moritz, M. Nakamura, Y. Nakazawa, J. McC. Overton, A. T. Peterson, S. J. Phillips, K. Richardson, R. Scachetti-Pereira, R. E. Schapire, J. Sobero´n, S. Williams, M. S. Wisz and N. E. Zimmermann. 2006. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecological Graph Analysis* 29: 129-151.
12. Gavashelishvili, A. 2004. Habitat selection by East Caucasian tur. *Biological Conservation* 120: 391-398.
13. Geoffrey, M. C., E. D. Stolen and D. R. Breininger. 2006. A rapid approach to modeling species- habitat relationships. *Biological Conservation* 127: 237-244.
14. Graham, C. H., S. Ferrier, F. Huettman, C. Moritz and A. Townsend Peterson. 2004. New developments in museum-based informatics and applications in biodiversity analysis. *Trends in Ecology and Evolution* 19: 497-503.
15. Graham, C. H., C. Moritz and S. E. Williams. 2006. Habitat history improves prediction of biodiversity in a

rainforest aura . Proceedings of the National Academy of Sciences. USA 103: 632-636.
16. Kramer-Schadt, S., J. Niedballa, J. D. Pilgrim, B. Schröder, J. Lindenborn, V. Reinfelder, M. Stillfried, I. Heckmann, A. K. Scharf, D. M. Augeri, S. M. Cheyne, A. J. Hearn, J. Ross, D. W. Macdonald, J. Mathai, J. Eaton, A. J. Marshall, G. Semiadi, R. Rustam, H. Bernard, R. Alfred, H. Samejima, J. W. Duckworth, C. Breitenmoser-Wuersten, J. L. Belant, H. Hofer and A. Wilting. 2013 The importance of correcting for sampling bias in Maxent species distribution models. *Diversity and Distributions* 19: 1366-1379.
17. Gross, J. E., M. C. Kneeland, D. F. Reed and R. M. Reich. 2002. Gis-based habitat models for mountain goats. *Journal of Mammalogy* 83: 218-228.
18. Guisan, A. and W. Thuiller. 2005. Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. *Ecology Letters* 8: 993-1009.
19. Hirzel, A. H., G. Le Lay, V. Helfer, C. Randian and A. Guisan. 2006. Evaluating the ability of habitat suitability models to predict species presences. *Ecological Modelling* 199: 142-152.
20. Liu, C., P. M. Berry, T. P. Dawson and R. G. Pearson. 2005. Selecting thresholds of occurrence in the prediction of species distribution. *Ecography* 28: 385-393.
21. Lu, C. Y., W. Gu, A. H. Dai and H. Y. Wei. 2012. Assessing habitat suitability based on geographic information system (GIS) and fuzzy: A case study of Schisandra sphenanthera Rehd. et Wils. in Qinling Mountains, China. *Journal of Ecological Modelling* 242: 105-115.
22. Matawa, F., A. Murwira and K. S. Schmidt. 2012. Explaining elephant (Loxodonta africana) and buffalo (Syncerus caffer) spatial distribution in the Zambezi Valley using maximum entropy modeling. *Ecological Modelling* 242: 189-197.
23. Moreira, D. d. O., G. R. Leite, M. Fd. Siqueira, B. R. Coutinho, M. S. Zanon and S. L. Mendes. 2014. The distributional ecology of the maned sloth: Environmental influences on its distribution and gaps in knowledge. *PLOS ONE* 9(10): e110929.
24. Morovati, M., M. Karami and M. Kaboli. 2014. Desirable areas and effective environmental factors of wild goat habitat (*capra aegagrus*). *International Journal of Environmental Research* 8:1031-1040.
25. Navinder, J., G. Singh and L. Yoccoz. 2009. Using habitat suitability models to sample rare species in high-altitude ecosystems: a case study with Tibetan argali. *Biodiversity Conservation* 18: 2893-2908.
26. Nazeri, M., K. Jusoff, N. Madani, A. R. Mahmud, A. R. Bahman and L. Kumar. 2012. Predictive modeling and mapping of malayan sun bear (helarctos malayanus) distribution using maximum entropy. *PLOS ONE* 7(10): e48104.
27. Northrup, J., G. Stenhouse and M. Boyce. 2012. Agricultural lands as ecological traps for grizzly bears. *Animal Conservation* 15:369-377.
28. Ranci Ortigosa, G., G. A. De Leo and M. Gatto. 2000. VVF: integrating modelling and GIS in a software tool for habitat suitability assessment. *Environmental Modelling & Software* 15: 1-12.
29. Rodrı´guez-Soto, C., O. Monroy-Vilchis, L. Maiorano, L. Boitani, J. C. Faller, M. A. Briones, R. Nu´n˜ez, O. Rosas-Rosas, G. Ceballos and A. Falcucci. 2011. Predicting potential distribution of the jaguar (Panthera onca) in Mexico: identification of priority areas for conservation. *Diversity and Distributions* 17: 350-361.
30. Sarhangzadeh, J., A. R. Yavari, M. R. Hemami, H. R. Jafari and B. Shamsesfandabad. 2013. Habitat suitability modeling for wild goat (Capra aegagrus) in amountainous arid area. Central Iran. *Caspian Journal of Environmental Sciences* 11: 41-51.
31. Shams Esfandabad, B., M. Karami, B. Riazi and M. B. Sadough. 2010. Habitat associations of wild goat in central Iran: implications for conservation. *European Journal of Wildlife Research* 56: 883-894.
32. Smith, T. S., J. T. Flinders and D. S. Winn. 1991. A habitat evaluation procedure for reintroducing Rocky Mountain big horn sheep in the intermountain west. *The Great Basin Naturalist* 51: 205-225.
33. Sweet, J. A. 1988. Measuring the accuracy of diagnostic system. *Science* 240: 1285-1293.
34. Thomas, C. D., A. Cameron, R. E. Green, M. Bakkenes, L. J. Beaumont, Y. C. Collingham, B. F. Erasmus, M. F. De Siqueira, A. Grainger, L. Hannah, L. Hughes, B. Huntley, A. S. Van Jaarsveld, G. F. Midgley, L. Miles, M. A. Ortega-Huerta, A. T. Peterson, O. L. Phillips and S. E. Williams. 2004. Extinction risk from climate change. *Nature* 427: 145-148.
35. Thuiller, W., D. M. Richardson, P. Pysek, G. Midgley, G. O. Hughes and M. Rouget. 2005. Niche-based modeling as a tool for predicting the risk of alien plant invasions at a global scale. *Global Change Biology* 11: 2234-2250.
36. Titeux, N. 2006. Modelling species distribution when habitat occupancy departs from suitability application to birds in a landscape context. PhD. Thesis, *E´cole doctorale en biodiversite´*. universite´ catholique de Louvain.
37. Tremblay, A. M. and A. D. Dibb. 2002. Modelling and restoration of bighorn sheep habitat within and adjacement to Kootwnay national park, British Columbia. *Ecological Modelling* 163: 251-264.
38. Weinberg, P., T. Jdeidi, M. Masseti, I. Nadler, K. Smet and F. Cuzin. 2008. Capra aegagrus. In: *IUCN 2011 Red List of*

Threatened Species.URL:http://www.iucnredlist.org/
39. Whiting, J. C., J. T. Flinders and G. L. Ogborn. 2001. GIS winter and lambing range habitat models for reintroducing bighorn sheep in North Central Utah. *Biological Conservation* 138: 207-223.
40. Yamada, K. J., M. Elith, M. Mccarthy and A. Zerger. 2003. Elicting and intrgrating expert knowledge for wildlife habitat modeling. *Ecological Modelling* 165: 251-264.
41. Zeigenfuss, L. C., F. J. Singer and M. A. Gudorf. 2000. Test of a modified habitat suitability model for bighorn sheep. *Restoration Ecology* 8: 38-46.