

مدلسازی مطلوبیت زیستگاه گونه تشی (*Hystrix indica*) در پارک ملی خجیر با استفاده از روش حداکثر آنتروپی (MaxEnt)

۱- امیر معمارزاده کیانی^۱: دانشجوی دوره دکتری، گروه برنامه‌ریزی و مدیریت و آموزش محیط زیست، پردیس بین الملل کیش، دانشگاه تهران، ایران (مسئول مکاتبات amir.memarzadeh@ut.ac.ir) - 989126053720+

۲- جلیل ایمانی هرسینی: عضو هیات علمی گروه علوم و مهندسی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

محمود کرمی: استاد گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

چکیده

آگاهی از عوامل موثر بر مطلوبیت زیستگاه گونه‌ها و محدوده پراکنش زیستگاههای مطلوب اهمیت اساسی در برنامه‌ریزی به منظور مدیریت و حفاظت پویا و پایدار گونه‌ها و نتیجتاً حفظ توازن در روابط اکولوژیکی زیستگاه دارد. با توجه به عدم بررسی و پژوهشهای میدانی در مورد وضعیت بوم‌شناسی گونه تشی و خصوصیات منحصربه‌فرد در وجوه ریخت‌شناسی، رفتارشناسی و نیز طیف تاثیرات گونه، بر پایداری وضعیت بوم‌شناختی زیستگاههای کشور، تحقیق حاضر با هدف مدلسازی مطلوبیت زیستگاه تشی، بزرگترین گونه جونده کشور در بازه زمانی مهرماه سال ۱۳۹۶ تا دی‌ماه ۱۳۹۷ و طی ۳۰ نوبت پایش دقیق میدانی در پارک ملی خجیر، جهت تعیین مهمترین متغیرهای زیستگاهی موثر بر حضور گونه انجام شد. در این پژوهش تعداد ۱۳۰ نقطه حضور مبنی بر نمایه‌های مستقیم و غیرمستقیم حاصل از فعالیت گونه با استفاده از دستگاه GPS، ثبت گردید. از روش حداکثر آنتروپی MaxEnt برای مدلسازی مطلوبیت زیستگاه گونه تشی استفاده شد. براساس نتایج، مقدار AUC معادل ۰/۹ به دست آمد که بیانگر اعتبار بالای مدل است. نتایج نشان داد که به ترتیب تیپ پوشش گیاهی، جهت جغرافیایی، ارتفاع، شیب و فاصله از جاده

بیشترین تاثیر را بر حضور و فعالیت گونه داراست. نتایج بدست آمده می تواند ابزاری مناسب جهت شناسایی عوامل موثر بر حضور گونه و مدیریت صحیح تشی در منطقه مورد مطالعه و سایر زیستگاه های این گونه باشد.

کلمات کلیدی: مطلوبیت زیستگاه، تشی، پارک ملی خجیر، آنتروپی بیشینه

مقدمه

امروزه مناطق تحت حفاظت و پارکهای ملی به عنوان یکی از مفیدترین اشکال بهره‌وری پایدار و چندجانبه از سرزمین شناخته می شود (قهرمانی نژاد و همکاران، ۱۳۸۸). شناخت ساختارهای بوم‌شناختی این مناطق، وابسته به شناخت روابط سیستماتیک از جمله حیات‌وحش و گونه‌های جانوری آن و عوامل بی‌جان همچون منابع آب و خاک و پستی و بلندی و روابط علی و معلولی محیط طبیعی و چشم‌اندازهای موجود در آن است. (Laurance و همکاران، ۲۰۰۶). بنابراین با برنامه‌ریزی درست و مناسب می‌توان استفاده‌های ممکن را از محیطهای طبیعی به ویژه پارک‌های ملی عینیت بخشید. با توجه به اهمیت بررسی شاخصهای زیستگاهی و وضعیت بوم‌شناسی برخی گونه‌ها در زیستگاه که موجب بروز تهدیدات مختلف و تسریع روند انقراض برخی گونه‌ها و نیز تشدید روند توالی و تخریب زیستگاه شده است، بررسی وضعیت بوم‌شناختی گونه‌هایی همچون تشی ضروری می باشد. در عین حال لزوم اصلاح شبکه حفاظتی حیات وحش کشور که تاکنون مبتنی بر رویکردهای تک منظوره و اصولاً بر مبنای گونه‌های کاریزماتیک بوده، به شبکه حفاظتی معرف تنوع زیستی کشور با رویکرد برنامه‌ریزی و مدیریت سیستماتیک حفاظت حیات‌وحش و حاکمیت دیدگاه

بوم‌شناختی محور از اهمیت بسیار بالایی برخوردار می‌باشد (شمس اسفند آباد و همکاران، ۱۳۹۹). تشی، بزرگترین جوندۀ ایران، بومی کشورهای آفریقایی و آسیایی از جمله هند، پاکستان و ایران بوده که در اکثر نقاط کشور دیده می‌شود و به دلیل شگرد بودن، رژیم غذایی متنوع و کاهش طعمه خواران طبیعی نظیر پلنگ خطری جدی نسل این گونه را تهدید نمی‌کند به همین دلیل در طبقه (کمترین نگرانی) (LC) در فهرست (IUCN) قرار داشته و پراکنش وسیع و گسترده در سراسر کشور دارد (کریمی و همکاران، ۱۳۹۵). نقش تشی از لحاظ خسارت وارده بر محصولات کشاورزی و پوشش گیاهی، انتقال بیماریها به انسان و جانوران و تحقیقات آزمایشگاهی به خصوص تحقیقات پزشکی کاملاً شناخته شده است (Rassi و همکاران، ۲۰۰۱) بر اساس مطالعات انجام شده، این جانور به عنوان یکی از مهره‌دارانی که از نظر کشاورزی و جنگلداری دارای اهمیت اقتصادی است، معرفی شده است (Khan و همکاران، ۲۰۱۱) نتایج تحقیق سلیمانی (۱۳۷۷) با عنوان بررسی خصوصیات مرفولوژی و بیولوژی جانور تشی (چوله) و راههای مبارزه با آن در جنگلها و مراتع، حاکی از خسارت تشی روی ۱۵۰ گونه گیاهی در منطقه مطالعه بود (سلیمانی، ۱۳۷۷). نتایج پژوهش فتاحی در مقاله‌ای با عنوان اثر تشی بر جنگلهای زاگرس (مطالعه موردی در گهواره اسلام‌آباد غرب)، نشان داد بین فون و فلور

جنگلهای زاگرس عدم توازن طبیعی پدیدار شده، تا جایی که تشی در منطقه فراوان شده و سبب گردیده که حتی زادآوری مصنوعی درختان را هم دچار مخاطره نماید (فتاحی، ۱۳۷۳).

در سالهای اخیر تعیین وضعیت پراکنش و توزیع گونه‌ها و وضعیت زیستگاه‌های آنها از اهمیت به سزایی در برنامه‌های حفاظتی و مدیریت حیات وحش برخوردار شده است. درک صحیح ارتباط بین توزیع گونه‌های حیات وحش و زیستگاه آنها می‌تواند نقش مهمی، در حفاظت و مدیریت گونه‌های در معرض تهدید داشته باشد (رضائی، ۱۳۹۵). دستیابی به مدیریت چند منظوره اکوسیستم نیاز به تغییر عمده ای نداشته؛ و مقررات محدود کننده و مستدام می‌تواند امنیت اجتماعی و محیطی را ارتقا دهد (Everard و همکاران، ۲۰۱۷) با توجه به اینکه مطالعات بوم شناختی به جهت برنامه ریزی، مدیریت و حفاظت پایدار برخی گونه‌ها از حیات وحش در مقیاس وسیع، زمان بر بوده و نیازمند بودجه زیادی نیز می‌باشد، انجام چنین مطالعاتی دشوار و در بسیاری از موارد غیر ممکن است. در نتیجه از روش‌های مدل‌سازی استفاده می‌شود. مدل‌های مطلوبیت زیستگاه برای پیش بینی زیستگاه‌های مطلوب برای معرفی مجدد گونه‌ها به کار گرفته شده اند (Guisan و همکاران، ۲۰۰۰). مدل‌سازی بر اساس این رویکرد و با بهره گیری از نرم‌افزار MaxEnt دارای مزایای قابل توجهی است (Phillip و همکاران، ۲۰۱۶). همچنین سنتز کمی متغیرهای مورد استفاده در مدل‌سازی توزیع گونه‌ها در این روش از اهمیت بالایی برخوردار است (Bradie و همکاران، ۲۰۱۷). روش حداکثر آنتروپی (MaxEnt) یکی از روش‌های حوزه یادگیری ماشینی است که اخیراً برای مدل سازی پراکنش گونه‌ها با استفاده از داده‌های زیست محیطی مربوط به مکان‌های شناخته شده حضور گونه به کار رفته است

(Anderson و همکاران، ۲۰۱۱) و از جمله روش‌هایی است که با وجود تعداد کم نقاط حضور گونه از توان پیش بینی بالایی برخوردار است (Wilting و همکاران، ۲۰۱۰). در این روش از ۳۰٪ نقاط حضور به صورت تصادفی برای داده‌های آموزشی و ۷۰٪ باقیمانده برای ارزیابی نتایج مدل استفاده می‌شود. Baasch و همکاران در سال ۲۰۱۰ از فنون شبیه‌سازی نبراسکای آمریکا به منظور ارزیابی عملکرد سه روش انتخاب گسسته،

رگرسیون لجستیک و روش آنتروپی حداکثر (MaxEnt) برای مدل‌سازی بهینه انتخاب منابع توسط حیوانات استفاده نمودند (Bradie و همکاران، ۲۰۱۷). پژوهشگران اخیراً در مقاله ایی با عنوان مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه پلیکان پا خاکستری در ایران با استفاده از روش حداکثر آنتروپی بیشینه (MaxEnt) پرداختند (شمس اسفند آباد و همکاران، ۱۳۹۹). طی پژوهشی تاثیر عوامل محیطی بر پراکنش زیستگاه‌های مطلوب جمعیت‌های جبیر در پارک ملی کویر با بهره گیری از روش آنتروپی بیشینه به انجام رسید (جمشیدی و همکاران، ۱۳۹۸). وست و همکاران در مقاله ای با عنوان اعتبارسنجی با مدل MaxEnt برای گونه‌های مهاجم، دریافتند که مدل Maxent یک مدل مناسب برای زمانی است که اهداف مدیریت زمین توسط منابع محدود پشتیبانی می‌شود، بنابراین نیاز به محاسبه محافظه کارانه، اما بسیار دقیق از مناسب بودن زیستگاه برای گونه‌های مهاجم در زیستگاه دارد (West و همکاران، ۲۰۱۶). در پژوهش حاضر عوامل تاثیر گذار بر پراکنش جمعیت گونه تشی در پارک ملی خجیر بررسی می‌گردد و با مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه و تهیه نقشه آن با روش MaxEnt، زیستگاه‌های مناسب برای گونه مشخص می‌شود و در نهایت صحت این مدل ارزیابی می‌گردد.

مواد و روش‌ها

منطقه مطالعاتی: پارک ملی خجیر در موقعیت جغرافیایی ۴۵° و ۴۵' الی ۳۵° و ۳۶' و ۳۰° عرض شمالی و ۴۰' و ۵۱° الی ۴۹' و ۵۰° طول شرقی واقع گردیده و با مساحتی حدود ۹۹۷۱ هکتار در شرق کلان شهر تهران قرار گرفته است (مرتضوی مقدم و همکاران، ۱۳۹۵).

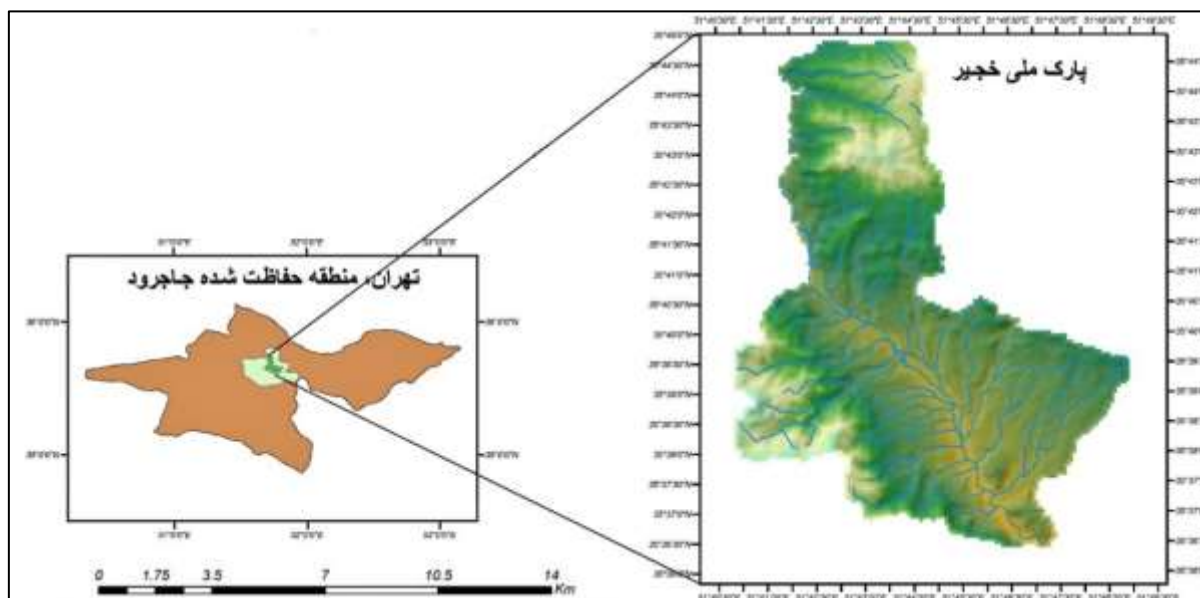
روش تحقیق:

برای انجام پژوهش حاضر و دستیابی به اهداف آن از مطالعه کتابخانه ای و عملیات صحرایی بهره گرفته شده است. در ابتدا اطلاعات اسنادی پژوهش، شامل ادبیات و مبانی نظری تحقیق به شیوه کتابخانه‌ای و همچنین مراجعه حضوری به سازمان حفاظت محیط زیست استان تهران گردآوری شد.

ثبت نقاط حضور گونه: پایشهای دقیق میدانی در بازه زمانی مهرماه ۱۳۹۶ تا دی ماه ۱۳۹۷ انجام شد. در مراحل اولیه عملیات میدانی، زیستگاه‌های گونه تشی شناسایی شد و در مشاهدات بعدی، نخست نقاط حضور گونه در منطقه حفاظت شده خجیر طی گشت زنی‌های مستمر و دقیق و به کمک حضور نمایه‌های مستقیم و غیر مستقیم (آثار کت زدن، لانه های فعال و غیر فعال، نقاط بروز تعارضات، سرگین، رد پا، تیغ، لاشه ها) به کمک دستگاه GPS ثبت شد. در نهایت ۱۳۰ نقطه حضور گونه ثبت گردید.

متغیرهای زیست محیطی: سپس متغیرهای زیست محیطی بر اساس مطالعات انجام شده داخلی و خارجی، نظر کارشناسان و پیشکسوتان و نخبگان و شاخصهایی همچون نیازهای بوم شناختی گونه مورد مطالعه، ویژگی های محیط زیستی مرتبط با سیمای طبیعی سرزمین و فاکتورهای انسانی موثر بر گونه، متغیر های زیست محیطی مورد بررسی، بازنگری و اصلاح قرار گرفت و در نهایت ۱۱ متغیر محیطی شامل ارتفاع از سطح دریا، تیپ

پوشش گیاهی (۱۰ طبقه)، خاک، تراکم پوشش گیاهی (سه طبقه): ۱۰-۲۵ درصد طبقه اول، ۲۵-۵۰ درصد طبقه دوم و بدون پوشش گیاهی در طبقه سوم)، کاربری اراضی (۶ طبقه: طبقه ۱ مرتع، طبقه ۲ باغ، طبقه ۳ بستر رودخانه، طبقه ۴ صخره سنگ، طبقه ۵ زراعت، طبقه ۶ بوته زارها)، ژئولوژی، فاصله از جاده، فاصله از مناطق مسکونی، فاصله از منابع آبی (آبراه ها)، جهت شیب انتخاب و به عنوان متغیرهای تأثیرگذار در مدلسازی استفاده شد. همچنین، از نرم افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) نیز به منظور تهیه لایه‌های زیست محیطی و نقشه‌های پایه منطقه و نرم افزار Map Source به منظور مدیریت اطلاعات استخراج شده از سامانه موقعیت یاب جهانی استفاده گردید و در نهایت مدلسازی مطلوبیت زیستگاه گونه به روش حداکثر آنتروپی بیشینه (MaxEnt) نقشه خروجی تهیه گردید. منحنی ROC در برگیرنده داده‌های آموزشی و آزمون است. این منحنی برای ارزیابی صحت مدل است. برای ارزیابی مدل از سطح زیر نمودار AUC که از منحنی ROC بدست آمده استفاده شده است. سطح زیر نمودار نمایان گر اعتبار مدل است.



شکل (۱): نقشه موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان تهران

حضور گونه تشی در مناطقی با ارتفاع ۱۴۰۰ متر تا ۱۵۰۰ متر تعیین گردید. مطابق (شکل ۳) بیشترین حضور گونه تشی در جهت جغرافیایی ۴۵ و ۳۱۵ درجه و معادل جهت شمالی است. بر اساس منحنی پاسخ شیب (شکل ۴) بیشترین حضور گونه در

نتایج

نتایج مطلوبیت زیستگاه برای حضور تشی در جدول (۱) آمده است. همانطور که در شکل (۲) مشاهده می‌شود. بیشترین

(شکل ۱۰). حضور تشی با طبقه ۱ (مرتفع)، طبقه ۲ (باغ)، طبقه ۳ (بستر رودخانه) و طبقه ۶ (بوته زارها) متغیر کاربری اراضی همبستگی (شکل ۱۱).

شیبهای ۱۰ تا ۱۵ درجه و بیشترین حضور گونه نیز در مجاورت جاده تا فاصله ۱۰۰۰ متری می باشد (شکل ۵). بیشترین حضور گونه در نزدیکی آبراهه و با فاصله کمتر از ۲۰۰ متر از آنها (شکل ۶) و نهایتا بیشترین حضور گونه تشی در مجاورت با مناطق مسکونی و روستاها در فاصله بین سه تا پنج کیلومتری است (شکل ۷). نتایج نشان می دهد که مطلوبیت زیستگاه برای گونه در طبقه ۱ و ۲ تراکم گیاهی یعنی : ۲۵-۱۰ درصد و ۲۵-۵۰ درصد بیشتر است. متغیر تیپ پوشش گیاهی مهمترین فاکتور اثرگذار بروی مطلوبیت زیستگاه بوده و طبقات ۴ (Artemisia- Astragalus- Stipa- Acanthus- Pistacia- Juniperus)،

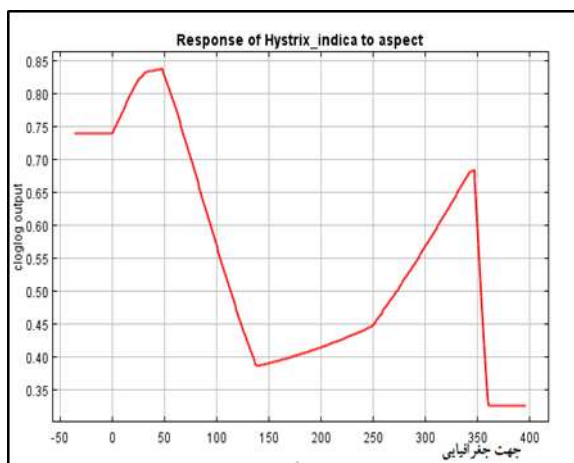
طبقه ۶ (Astragalus.spp.+)

Artemisia .auch + Gr.(Stipa+Psath+Brom)+ Astragalus.spp.+) ۷ و طبقه (Acanthus Artemisia.spp.+Stipa) مهمترین طبقات موثر بر مطلوبیت زیستگاه تشی در منطقه هستند که در مجموع می توان گفت این گونه مناطق با پوشش گیاهی فقیر، استپی و نیمه استپی را جهت حضور انتخاب می کند (شکل ۸ و ۹). هماهنگی که مشاهده می گردد گونه مورد مطالعه در طبقه ۳ نقشه خاک یعنی دشتهای آبرفتی و رودخانه، طبقه ۴ بستر خشک رودخانه حضور میابد

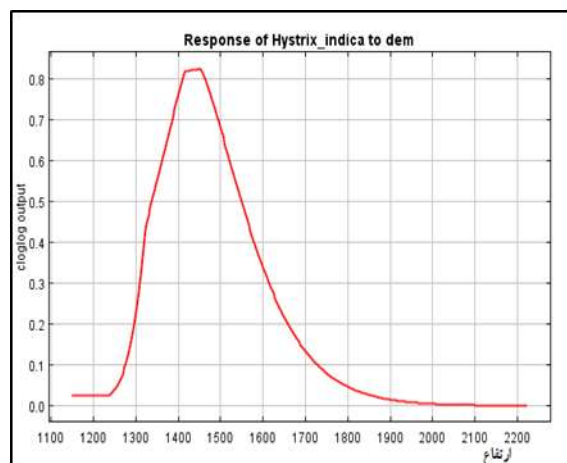
جدول (۱): نتایج حاصل از بررسی مطلوبیت زیستگاه گونه تشی بر حسب منحنی های پاسخ

ردیف	متغیرهای محیطی	نتایج حاصله بر حسب منحنی های پاسخ
۱	ارتفاع	۱۴۰۰ تا ۱۵۰۰ متری
۲	پوشش گیاهی	طبقه ۴: Art.spp.+Ast.spp.+Stipa.+Acanth.+Pist.+Junip طبقه ۷: Ast.spp.+Art.auch.+Gr.(Stipa+Psath+Brom)+Acanth طبقه ۸: Ast.spp.+Art.spp.+Stipa مناطق با پوشش گیاهی فقیر، استپی و نیمه استپی
۳	خاک	Aridisols یا خاک صحرایی، Entisol و Inceptisol یا لایه بالایی خاک که حاوی هوموس است
۴	تراکم پوشش گیاهی	پوشش گیاهی با تراکم ۲۵ درصد تا حدود ۵۰ درصد

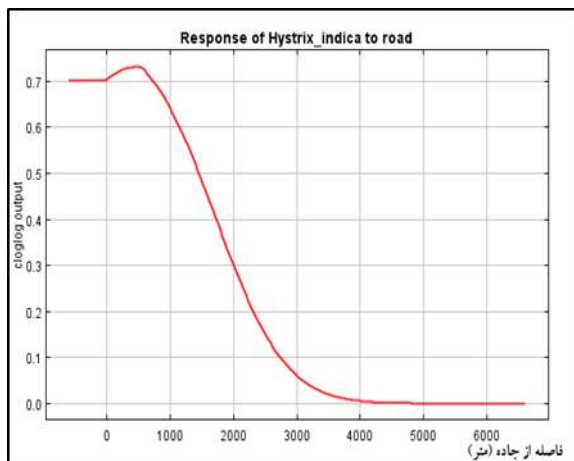
۵	کاربری اراضی	مراتع
۶	ژئولوژی	مخروطه افکنه ها، رسوبات بستر رودخانه و دشتهای کوهپایه‌ای با شیب کند
۷	فاصله از جاده	نزدیک جاده‌های باریک (به طور متوسط حداقل فاصله ۳۰۰ متر تا حداکثر فاصله از جاده‌های منطقه ۳ کیلومتر) (طول کمتر از ۱۰۰۰ متر)
۸	فاصله از مناطق مسکونی	کاملاً دور از مناطق مسکونی. (به طور متوسط حداقل فاصله ۵۰۰ متر و حداکثر با فاصله ۲۵۰۰ متری)
۹	فاصله از رودخانه	نزدیک به مناطق حضور آبراهه و سرشاخه‌های رودخانه‌ها (آبراهه‌هایی با طول ۲۰۰-۴۰۰ متر) (به طور متوسط حداکثر فاصله از آبراهه‌ها ۴۰۰ متر)
۱۰	جهت	۴۵ و ۳۱۵ درجه که معادل جهت شمالی است
۱۱	شیب	مسطح (کمتر از ۱۰-۱۵ درجه)



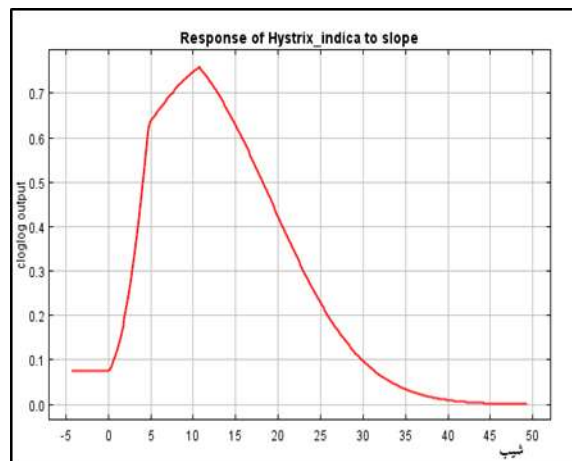
شکل (۳): منحنی پاسخ گونه به متغیر جهت



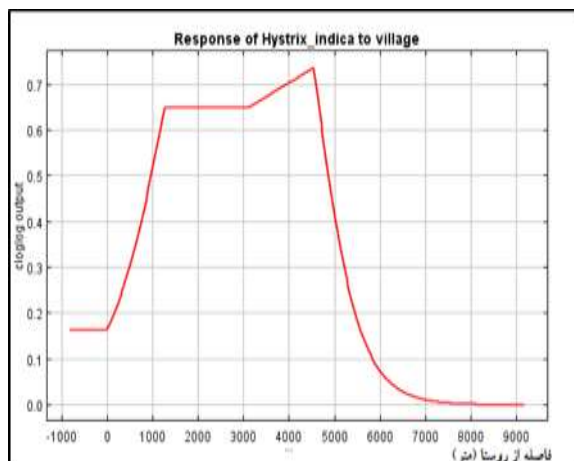
شکل (۲): منحنی پاسخ گونه به متغیر مدل رقومی ارتفاع



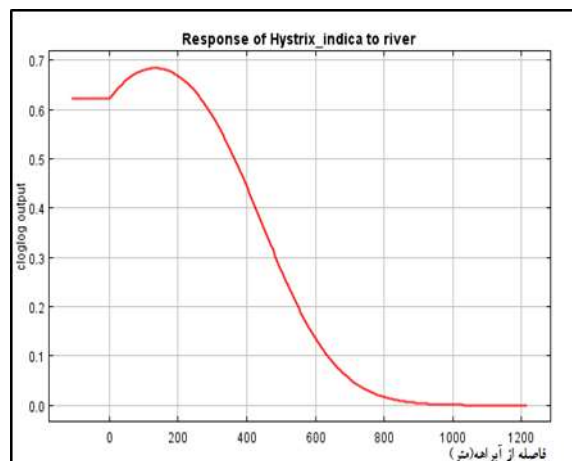
شکل (۵): منحنی پاسخ گونه به فاصله از جاده



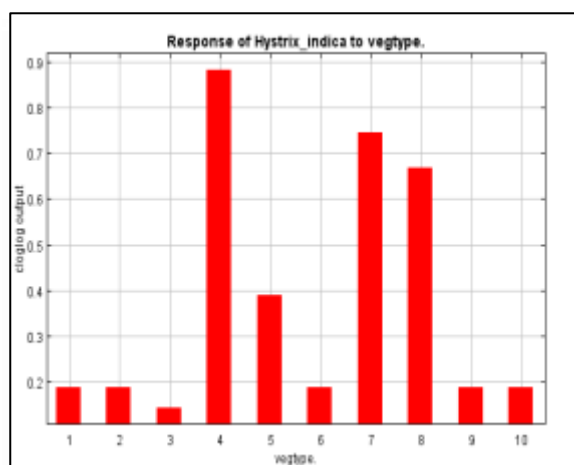
شکل (۴): منحنی پاسخ گونه به متغیر شیب



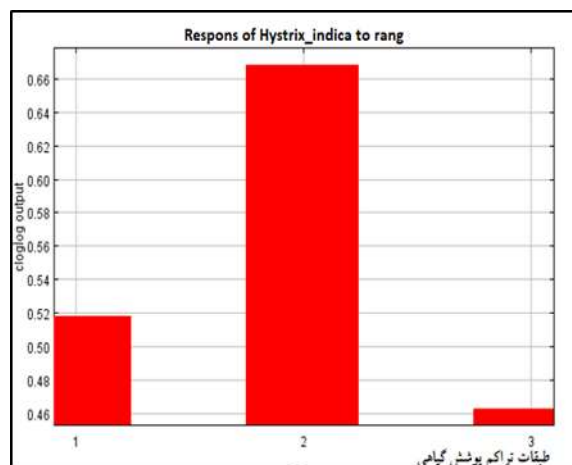
شکل (۷): منحنی پاسخ گونه به فاصله از روستاها



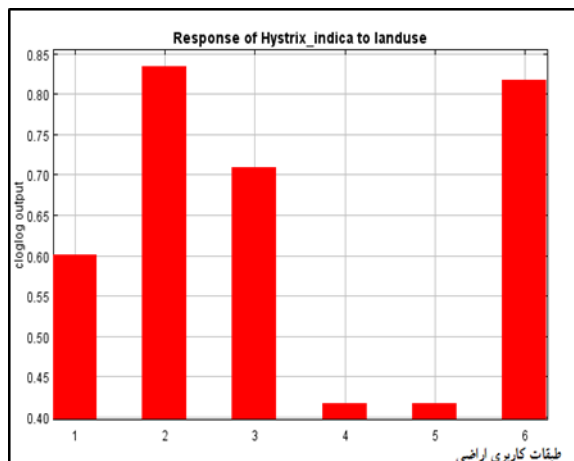
شکل (۶): منحنی پاسخ گونه به فاصله از آبراهه



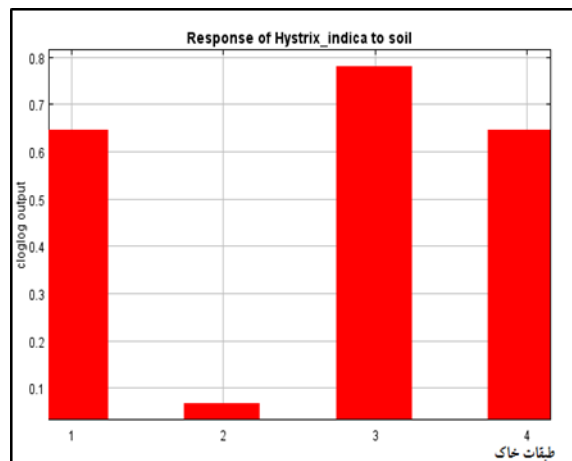
شکل (۹): منحنی پاسخ گونه به تیپ پوشش گیاهی



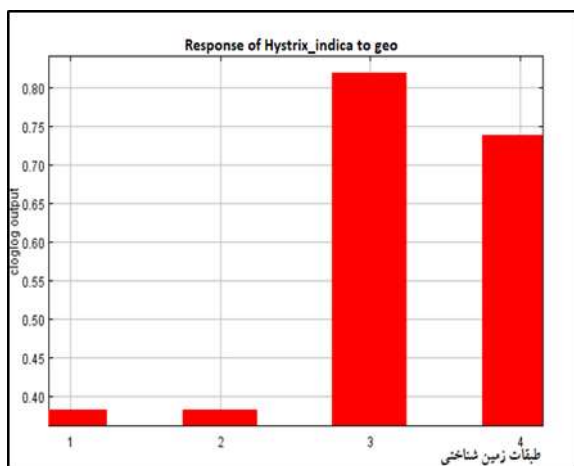
شکل (۸): منحنی پاسخ گونه به تراکم پوشش گیاهی



شکل (۱۱): منحنی پاسخ گونه به متغیر کاربری اراضی



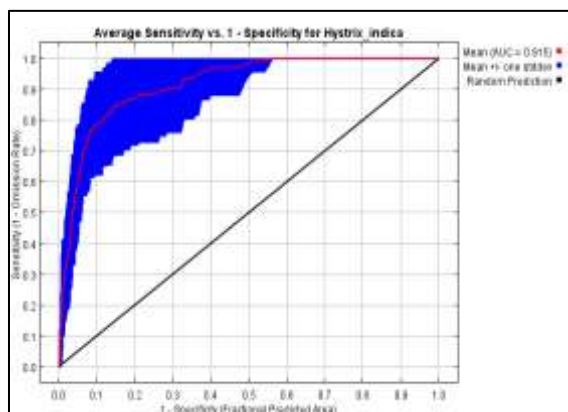
شکل (۱۰): منحنی پاسخ گونه به متغیر خاک



شکل (۱۲): منحنی پاسخ گونه به متغیر زمین شناسی

نتایج حاصل از ارزیابی مدل، منحنی ROC و شاخص AUC

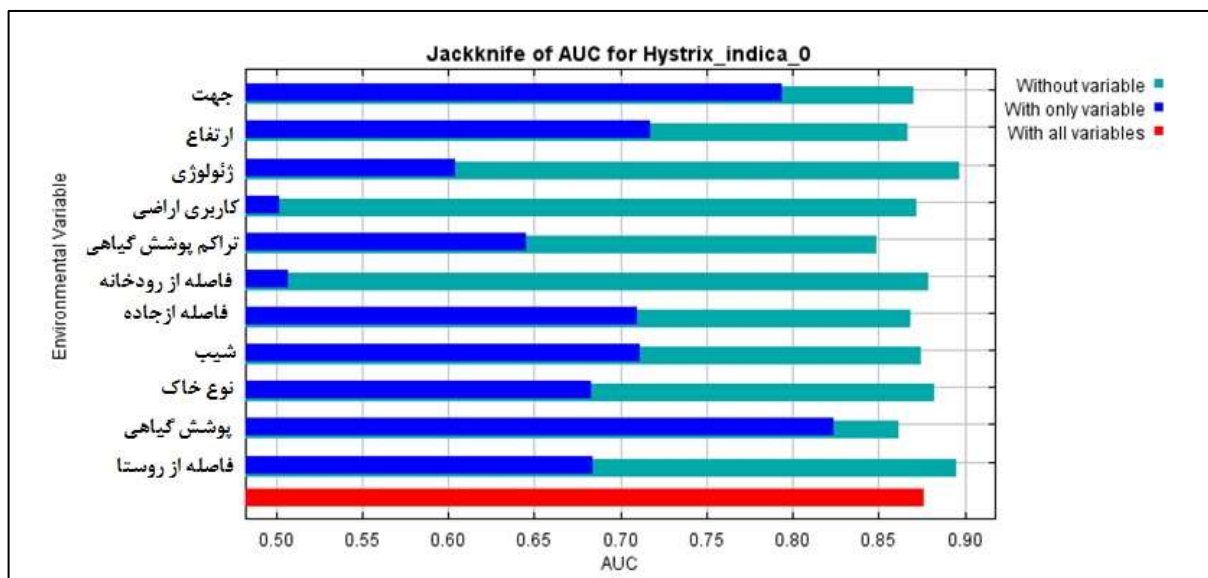
پوشش گیاهی، ژئولوژی، فاصله از آبراهه ها، کاربری اراضی دارای بیشترین اهمیت برای گونه هستند (شکل ۱۴).



طبق شکل (۱۳) مدل دارای صحت ۰/۹ است که این نشان دهنده یک مدل با دقت خوب و بالا است. (Brotons و همکاران، ۲۰۰۴).

منحنی جک نایف نیز اهمیت متغیرها نسبت به هم برای گونه را نشان می دهد. طبق نتایج بدست آمده از نمودار جک نایف، پوشش گیاهی و جهت برای گونه تشی دارای بیشترین تاثیر می باشند به گونه ای که حذف آنها از مدل باعث کاهش صحت مدل می شود. پس از پوشش گیاهی و جهت به ترتیب ارتفاع، شیب، فاصله از جاده، فاصله از مناطق مسکونی، خاک، تراکم

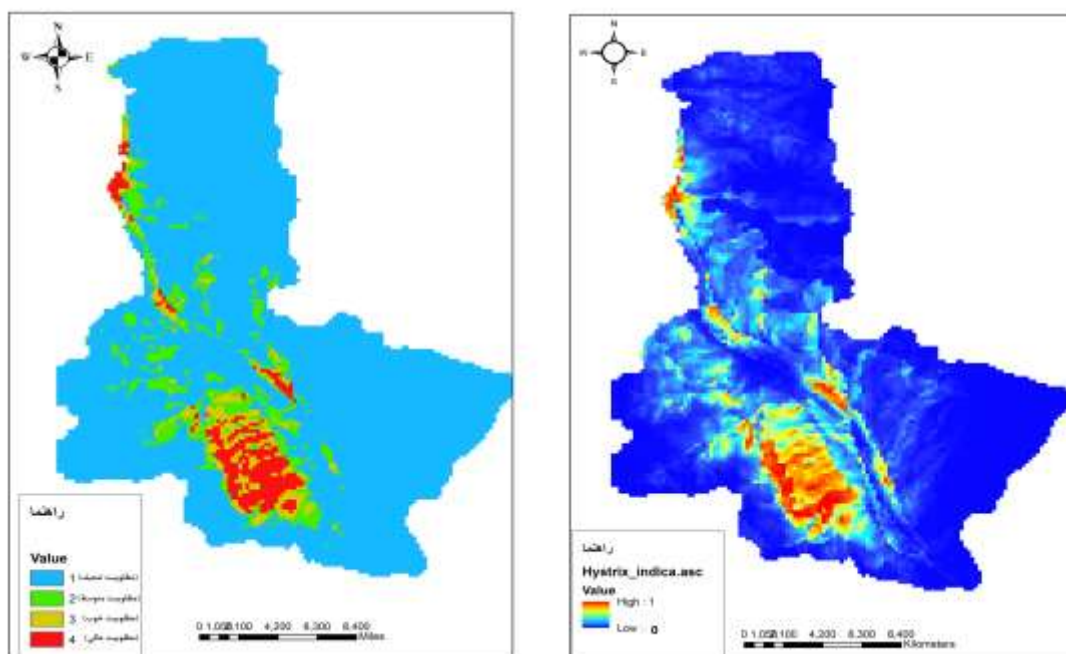
شکل (۱۳): منحنی ROC - شاخص AUC



شکل (۱۴): نتایج آزمون جک نایف برای تعیین اهمیت هریک از متغیرهای محیطی استفاده شده در مدلسازی پراکندگی تشی

تهیه شده براساس آستانه ۱۰ درصد حضور آموزشی (10PTP) Percentile Training Presence، به دو طبقه مطلوب و نامطلوب تقسیم شد، بدین ترتیب نواحی که در مدل ارزش کمتر از حد آستانه مطلوبیت، دارند به عنوان نواحی فاقد مطلوبیت و نواحی که دارای ارزش بالاتر از آستانه می باشند به عنوان مناطق مطلوب کلاسه بندی می شوند. که بدین ترتیب نقاطی که دارای ارزش ۱ می باشند (High:1) دارای بالاترین مطلوبیت و نقاطی که دارای ارزش ۰ می باشند (Low:0) فاقد مطلوبیت شناخته می شوند. طبق جدول شماره (۲) مساحت زیستگاههای مطلوب و نامطلوب تشی بر اساس هکتار برای پارک ملی خجیر به دست آمده است.

نقشه پراکنش خروجی مدل نیز مقداری بین صفر تا یک دارد و هرچه به یک نزدیک تر باشد نشان دهنده مطلوبیت بالاتر برای گونه تشی می باشد (شکل ۱۵). در نقشه مطلوبیت زیستگاه گونه تشی و بر اساس مقادیر موجود، مطلوبیت بین ۰ تا ۰/۲۵ در طبقه ضعیف (۱) قرار دارد و مطلوبیت بین ۰/۲۵ تا ۰/۵۰ در طبقه متوسط (۲) و مطلوبیت بین ۰/۵۰ تا ۰/۷۵ نیز در طبقه خوب و در نهایت مطلوبیت بین ۰/۷۵ تا ۱ در طبقه زیستگاهی عالی قرار می گیرد (شکل ۱۶)، نواحی مطلوب و نامطلوب زیستگاه گونه تشی در منطقه مورد مطالعه به خوبی از هم جدا شده است. نقشه



شکل (۱۶): نقشه مطلوبیت زیستگاه گونه تشی شکل (۱۵): نقشه طبقه بندی شده زیستگاه مطلوبیت گونه

جدول (۲): مساحت طبقات زیستگاه گونه تشی در پارک ملی خجیر

نام طبقه	مساحت به هکتار
طبقه ۱ (نامطلوب ۰-۰/۲۵)	۸۱۸۹/۱
طبقه ۲ (متوسط ۰/۲۵-۰/۵۰)	۷۳۶/۱
طبقه ۳ (خوب ۰/۵۰-۰/۷۵)	۳۷۰/۵
طبقه ۴ (مطلوبیت عالی ۰/۷۵-۱)	۴۱۵/۹

بحث

نتایج بررسی‌های مختلف نشان داده است که، روش‌های مبتنی بر حضور می‌توانند در کاهش سهم فاکتورهای غیرمتعادل (non-equilibrium factors) در پیش‌بینی مدل‌ها، بسیار مؤثر باشند (Brotons و همکاران، ۲۰۰۴). مطالعات مختلفی در رابطه با مقایسه عملکرد مدل‌های مبتنی بر حضور/عدم حضور گونه صورت گرفته است که در اکثریت آن‌ها مدل‌های مبتنی بر حضور بر سایر مدل‌ها ترجیح داده شده است (Padalia و

همکاران، ۲۰۱۴، رضایی، ۱۳۹۵، Young و همکاران، ۲۰۱۱). در این پژوهش نیز با توجه به مقدار ROC، روش مکسنت دارای قدرت ارزیابی و پیش‌بینی بالایی جهت بررسی مطلوبیت زیستگاه است که با نتایج پژوهش‌های پیشین مطابقت دارد (مروتی و همکاران، ۱۳۹۹، جمشیدی و همکاران، ۱۳۹۷، شمس اسفندآباد و همکاران، ۱۳۹۹). با توجه به نتایج حاصل از صحت سنجی و نمودار جک‌نایف در مدل مکسنت، مهم‌ترین متغیرهای مؤثر بر مطلوبیت زیستگاه تشی پوشش گیاهی و جهت جغرافیایی می‌باشند، که در پژوهشی مشابه در تعیین

مطلوبیت زیستگاه گونه گفتار نیز پوشش گیاهی به عنوان مهمترین عامل تاثیرگذار بر پراکنش گفتار در منطقه حفاظت شده باغ شادی یزد بررسی گردید (مروتی و همکاران، ۱۳۹۹). همچنین در بررسی تاثیر عوامل محیطی بر پراکنش زیستگاههای مطلوب جمعیت های جبیر در پارک ملی کویر نیز متغیر تیپ پوشش گیاهی به عنوان دومین متغیر تاثیرگذار بر پراکنش جبیر معرفی گردید (جمشیدی و همکاران، ۱۳۹۸). طبق نتایج بدست آمده در پژوهش فوق سه طبقه ۴ و ۷ و ۸ در لایه تیپ پوشش گیاهی پارک ملی خجیر سهم به سزایی را در مطلوبیت زیستگاه گونه تشی ایفا می نماید بنابراین در ترازوی با نتایج بدست آمده و پژوهشهای مشابه می توان با اطمینان صحت و اهمیت متغیر پوشش گیاهی را در کیفیت و کمیت توزیع گونه تشی و متعاقبا در مطلوبیت زیستگاه مورد بحث موثر دانست. بهترین جهت برای حضور گونه تشی در پارک ملی خجیر، جهت ۴۵ و ۳۱۵ درجه که معادل جهت شمالی است، می باشد و با توجه به اینکه همواره مناطق جنوبی تابش بیشتری از مناطق شمالی دریافت می کنند در نتیجه در فصول گرم سال مناطق شمالی به خاطر دریافت تابش کمتر و در نتیجه رطوبت بیشتر وضعیت مناسب تری نسبت به دامنه های جنوبی داشته و از این رو، مطلوبیت بیشتری برای تشی دارند. با نظر به اهمیت و رجحان غذایی تشی برای گونه پلنگ در نتایج پژوهشی با عنوان مطلوبیت زیستگاه پلنگ با استفاده از روش حداکثر آنتروپی در پارک ملی گلستان (مددی و همکاران، ۱۳۹۸) و نیز پژوهشی مشابه در پارک ملی تندوره (شعاعی و همکاران، ۱۳۹۶) مشخص گردید زیستگاههای مطلوب پلنگ در منطقه تندوره در جهت شمالی همچون گونه تشی و نیز در ارتفاع ۱۹۰۰ تا ۲۳۰۰ متر از سطح دریا قرار دارد که می تواند همپوشانی تقریبی با بازه ارتفاعی مطلوب گونه تشی در پارک ملی خجیر داشته باشد و در این مهم ارتباط و همبستگی شاخصهای زیستگاهی بین بزرگترین گونه گربه سان و بزرگترین گونه جوونده کشور به وضوح مشهود است. همچنین، تشی مناطقی با پوشش گیاهی فقیر، استپی و نیمه استپی را جهت حضور انتخاب می نماید، که با توجه به نتایج گزارشات واصله گونه فوق توان سازگاری و

حیات در زیستگاه های جنگلی، کوهستانی، استپی و بیابانی، حواشی باغات و اراضی کشاورزی را دارد، لذا با توجه به پوشش گیاهی پارک ملی خجیر، دور از انتظار نیست که مناطقی با چنین مشخصات را ترجیح دهد. در بازدیدهای میدانی نیز مشخص شد مناطق استپی به علت حضور کمتر انسان و ایجاد یک محیط امن برای تشی، جزء مطلوب ترین زیستگاهها و مهم ترین نواحی لانه گزینی این گونه در پارک ملی خجیر محسوب می شوند. در تایید و توازی با نتایج پژوهشهای (شعاعی و همکاران، ۱۳۹۶)، نتایج پژوهش فوق حاکی از این است که عموماً بیشترین حضور گونه تشی در ارتفاع ۱۴۰۰ تا ۱۵۰۰ متری است و کمترین و بیشترین ارتفاع مشاهده گونه در زیستگاه خجیر به ترتیب ۱۳۰۹ و ۲۱۳۴ متر است که در ارتفاعات کمتر یا بیشتر، از مطلوبیت زیستگاه گونه مذکور کاسته میشود و کم شدن مطلوبیت زیستگاه می تواند ناشی از تغییرات دما در ارتفاعات بالاتر یا پایین تر باشد. از طرفی شاخص تراکم پوشش گیاهی در محدوده های پست منطقه دارای مقدار بیشتری بوده و شیب نیز در این مناطق در محدوده ۱۰ درجه که شیب مطلوب تشی است قرار دارد، در نتیجه این امر منجر به افزایش مطلوبیت زیستگاه در این مناطق شده است. پژوهشهای اولیه در مورد گونه تشی تک مولفه و تنها مبتنی بر مدیریت خسارات کشاورزی و باغداری و در نهایت بر راهکار رادیکالی حذف گونه استوار گردیده بود، نتایج حاصل از پژوهشهای مقدماتی پیرامون گونه فوق در برخی کشورها نظیر پاکستان و بسیاری از کشورهای موسوم به دنیای قدیم، تشی را به عنوان یک آفت مهم در مناطق جنگلی و مزارع برشمرده است (ادریس و همکاران، ۲۰۰۱)، در پژوهشی مشابه نیز این جانور به عنوان یکی از مهره دارانی که از نظر کشاورزی و جنگلداری دارای اهمیت اقتصادی است، معرفی شده است (خان و همکاران، ۲۰۱۱)، و عموماً نگرشی یکسویه و غیر بوم شناسانه بر اثرات تعدیلی و مثبت ناشی از حضور گونه تشی در زیستگاهها حاکمیت یافته بود. جایگاه و کارکردهای مثبتی همچون: اهمیت و رجحان غذایی تشی به جهت گونه های شاخص شکارچی، نقش موثر در آماده سازی و بهبود قوه نامیه و پراکنش بذور گونه های با ارزش گیاهی، حفظ و بهبود غنا و یکنواختی تنوع

گیاهی در زیستگاههای طبیعی، ارزش و جایگاه زیبایی شناختی، ایجاد توازن و تنوع در چرخه غذایی، غنای مطلوب حیات وحش در زیستگاههای شاخص قطعا ارزشمند و غیر قابل اغماض است. امروز با احاطه دانش و سبک نگرش بوم شناسانه در برنامه ریزی و مدیریت حیات وحش و نیز مدیریت خسارات سعی در ایجاد تعادل در شاخصهای زیستگاهی به جهت حفاظت از تنوع زیستی و زیستگاهی می گردد. نتایج بررسی شاخصهای زیستگاهی در پژوهش حاضر بیانگر سیر نزولی و افول شاخصهای مطلوبیت زیستگاهی گونه تشی در پارک ملی خجیر و به شدت محدود شدن گستره خانگی و نیز افت شدید جمعیت گونه است و در سایه باورهای خرافی، فشارها بر حضور تشی در زیستگاهها مضاعف گردیده است، لذا با بررسی شاخصهای موثر بر مطلوبیت زیستگاه گونه می بایست در جهت برنامه ریزی حفاظت سیستماتیک از این گونه به عنوان بزرگترین جونده کشور گامهای موثری برداشته شود، چراکه برنامه ریزی و مدیریت و حفاظت حیات وحش تنها مبتنی بر گونه های شاخص و کارزماتیک همچون گربه سانان بزرگ جثه و یا زوج سمان شاخص، نمیتواند به تنهایی بر موفقیت مدیریت پایدار و پویا زیستگاهها و حیات وحش اثرگذار باشد و این مهم جز در همبودی و توازی با رعایت اصول بنیادین بوم شناسی و حفاظت از تمامی گونه ها و حفظ تعادل در روابط بوم شناسی تنوع جانوری و گیاهی در زیستگاه ممکن نخواهد بود (شمس اسفند آباد و همکاران، ۱۳۹۹). عدم اطلاع کافی از شاخصهای اثرگذار بر مطلوبیت زیستگاهی، لکه های جمعیتی و چگونگی کمیت و کیفیت روابط بوم شناختی این گونه، سبب میشود تا مسئولان حفاظت از تنوع زیستی و زیستگاهها در برنامه ریزی دقیق و جامع و تعیین اولویت جهت اقدامات حفاظتی و مدیریتی این گونه، ابهامات بسیاری روبه رو شوند. با استفاده از نتایج این پژوهش و انجام پژوهشهای مشابه آتی، می توان با فراهم آوردن امکان شناسایی هر چه بهتر لکه های زیستگاهی و پارامترهای محیطی اثرگذار بر توزیع این گونه گامی موثر برای تدوین و اجرای برنامه های حفاظتی و مدیریتی این جونده بزرگ در ایران برداشت.

منابع مورد استفاده

- ۱- احمدی، م.؛ کابلی، م.؛ عزیززاده شعبانی، ا. و اشرفی، س.، ۱۳۹۳. مدلسازی مطلوبیت لانه گزینی و شناسایی حداقل نیازهای زیستگاهی مکان های لانه گزینی گرگ در استان همدان با استفاده از روش ماها لانویس پارتیشن بندی شده. نشریه محیط زیست طبیعی، منابع طبیعی ایران. دوره ۶۷، شماره ۴، صفحات ۳۶۷-۳۷۹.
- ۲- جمشیدی، ر.؛ ایمانی هرسینی، ج.؛ رضانی، م. و ریاضی، ب.، ۱۳۹۷. تاثیر عوامل محیطی بر پراکنش زیستگاههای مطلوب جمعیت های جبیر (*Gazella bennettii*) در پارک ملی کویر. فصلنامه محیط زیست جانوری. سال ۱۱، شماره ۴، صفحات ۱۵-۲۲.
- ۳- رضائی، س.، ۱۳۹۵. مطالعه بوم شناختی گراز (*Sus scrofa*) در پناهگاه حیات وحش جاسب، تعیین مطلوبیت زیستگاهی و تعارض با انسان، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گیلان.
- ۴- رضائی، س.؛ نادری، س. و کرمی، پ.، ۱۳۹۷. بررسی مطلوبیت زیستگاه کفتار راهراه (*Hyaena hyaena*) در منطقه حفاظت شده هفتاد قله اراک. مجله پژوهشهای جانوری، دوره ۳۱ (۲)، صفحات ۱۴۷-۱۵۸.
- ۵- سلیمانی، م.، ۱۳۷۷. بررسی خصوصیات مرفولوژی و بیولوژی جانور موزی تشی (چوله) و راههای مبارزه با آن در جنگلها و مراتع استان، طرح پژوهشی جهاد کشاورزی، مرکز تحقیقات منابع طبیعی واموردام استان کهگیلویه و بویراحمد.
- ۶- شعاعی، ا.؛ قلی پور، م.؛ رضایی، ح. و یارمحمدی، ث.، ۱۳۹۶. ارزیابی مطلوبیت زیستگاه پلنگ ایرانی (1927 *Panthera pardus saxicolor*, Pocock) با روش آنتروپی

۱۴- مددی، م. و وارسته مرادی، ه.، ۱۳۹۸. مطلوبیت زیستگاه پلنگ (*Panthera pardus saxicolor*) با استفاده از روش حداکثر آنتروپی در پارک ملی و ذخیره گاه زیست کره گلستان. فصلنامه محیط زیست جانوری. سال ۱۰، شماره ۲، صفحات ۱۱-۲۰.

۱۵- مروتی، م.؛ ابراهیمی، م. و بهادری امجز، ف.، ۱۳۹۹. ارزیابی مطلوبیت زیستگاه کفتار (*Hyaena hyaena*) با استفاده از روش حداکثر آنتروپی (منطقه مورد مطالعه: منطقه حفاظت شده باغ شادی در استان یزد). فصلنامه محیط زیست جانوری. سال ۱۲، شماره ۴، صفحات ۸-۱.

۱۶- مروتی مقدم، ز. و قربانی یکتا، ب.، ۱۳۹۵. مطالعه فون سوسمارهای پارک ملی خجیر در استان تهران. فصلنامه محیط زیست جانوری. سال ۱۰، شماره ۱، صفحات ۱۲۹-۱۳۶.

17- Anderson, R. P and I. Gonzalez. 2011. Species-specific tuning increases robustness to sampling bias in models of species distributions: An implementation with Maxent. *Ecological Modelling* 222(15): 2796-2811.

18- Baasch, D. M; A. J. Tyre; J. J. Millspaugh; S. E. Hygnstrom and K. C. Vercauteren. 2010. An evaluation of three statistical methods used to model resource selection. *Ecological Modelling*, 221(4), 565-574.

19- Bradie, J and B. Leung. 2017. A quantitative synthesis of the importance of variables used in MaxEnt species distribution models. *Journal of Biogeography*, 44(6), 1344-1361.

20- Brotons, L; W. Thuiller; M. B. Araújo and A. H. Hirzel. 2004. Presence-absence versus presence-only modelling methods for predicting bird habitat suitability. *Ecography*, 27(4), PP: 437-448.

21- Everard, M; D. Khandal and Y. K. Sahu. 2017. Ecosystem service enhancement for the alleviation of wildlife-human conflicts in the Aravalli Hills, Rajasthan, India. *Ecosystem Services*, 24, 213-222.

22- Guisan, A and N. E. Zimmermann. 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological modelling*, 135 (2-3), 147-186.

بیشینه (Maxent) در پارک ملی تندوره طی فصول تابستان و پاییز. فصلنامه محیط زیست جانوری. سال ۹، شماره ۱، صفحات ۲۱-۳۰.

۷- شمس اسفند آباد، ب. و کابلی، م.، ۱۳۹۹. ارتقاء سطح حفاظت از تنوع زیستی با بهبود وضعیت شبکه تحت حفاظت کشور، برنامه ریزی سیستماتیک حفاظت با استفاده از الگوریتم Zonation. فصلنامه محیط زیست طبیعی، منابع طبیعی ایران. دوره ۷۳، شماره ۱. صفحات ۶۳-۷۶.

۸- شمس اسفند آباد، ب.؛ پویانی، م.؛ احمدی، ع. و ترنج زر، ح.، ۱۳۹۹. مدلسازی مطلوبیت زیستگاه پلیکان پاخاکستری (*Pelecanus crispus*) با استفاده از روش حداکثر آنتروپی. فصلنامه محیط زیست جانوری. سال دوازدهم، شماره ۲، صفحات ۸۳ تا ۹۰.

۹- عیبادوی، ز.؛ رنگزن، ک.؛ میرزایی، ر. و کابلی زاده، م.، ۱۳۹۵. مدل سازی مطلوبیت زیستگاه خرس قهوه ای (*Ursus arctos*) در منطقه حفاظت شده شیمبار، استان خوزستان. بوم شناسی کاربردی. دوره ۵ (۱۸)، صفحات ۶۱-۷۲.

۱۰- فتاحی، م.، ۱۳۷۳. اثر تشری بر جنگلهای زاگرس (مطالعه موردی در گهواره اسلام آباد غرب)، نشریه پژوهش و سازندگی، دوره ۲۴.

۱۱- فراشی، آ.؛ سرباز، م. و خانی، ع.، ۱۳۹۷. پیش بینی احتمال حضور گونه زرده بر (*Vormela peregusna*) در استان خراسان رضوی با استفاده از روش MaxEnt. فصلنامه علمی پژوهشی زیست شناسی جانوری تجربی، شماره ۷ (۱)، صفحات ۳۵-۴۴.

۱۲- قهرملنی نژاد، ف. و علقلی، س.، ۱۳۸۸. بررسی فلوریستیک پارک ملی کیاسر. نشریه تاکسونومی و بیوسیستماتیک، دوره ۱، شماره ۱، صفحات ۴۷-۶۷.

۱۳- کرمی، م.؛ فیض اللهی، ک. و قدیریان، ط.، ۱۳۹۵. اطلس پستانداران ایران، انتشارات جهاد دانشگاهی واحد خوارزمی، صفحه ۲۹۲.

- distributions. Ecological modelling, 190(3-4), 231-259.
- 28- **Rassi.Y; M. Jalali; E. Javadian and M. H. Moatazedian. 2001.** Confirmation of *Meriones Libycus* (Rodentia; Gerbillidae) As the Main Reservior Host of Zoonotic Cutaneous Leishmaniasis in Arsanjan, Fars Province, South of Iran. Iranian Journal of Publication Health.Vol.30. 143-144.
 - 29- **West, A. M; S. Kumar; C.S. Brown; T. J. Stohlgren and J. Bromberg. 2016.** Field validation of an invasive species Maxent model. Ecological Informatics, 36, 126-134.
 - 30- **Wilting, A; A. Cord; A. J. Hearn; D. Hesse; A. Mohamed; C. Traeholdt and A. C. Shapiro. 2010.** Modelling the species distribution of flat-headed cats (*Prionailurus planiceps*), an endangered South-East Asian small felid. PloS one, 5(3), e9612.
 - 31- **Young, N; L. Carter and P. Evangelista. 2011.** A MaxEnt model v3. 3.3 e tutorial (ArcGIS v10). Fort Collins, Colorado. Pp: 262-282.
 - 23- **Idris, M and Rana, B.D. 2001** .Some observations on infestations of porcupine, *Hystrix indica* Kerr, in the forest nursery of arid region. Rodent Newsl.,.
 - 24- **Khan, A. A; A. Mian and R. Hussain. 2011.** A delivery system for carbon monoxide fumigation of Indian crested porcupine, *Hystrix indica*, den using two-ingredient cartridge. Pakistan Journal of Zoology, 43(4).
 - 25- **Laurance, W. F; A. Alonso; M. Lee and P. Campbell. 2006.** Challenges for forest conservation in Gabon, Central Africa. Futures, 38(4), 454-470.
 - 26- **Padalia, H; V. Srivastava and S. P. S. Kushwaha. 2014.** Modeling potential invasion range of alien invasive species, *Hyptis suaveolens* (L.) Poit. In India: Comparison of MaxEnt and GARP. Ecological Informatics, 22, PP: 36-43.
 - 27- **Phillips, S. J; R. P. Anderson and R. E. Schapire. 2006.** Maximum entropy modeling of species geographic



اولین همایش ملی پارک‌های ملی و مناطق تحت حفاظت

Habitat Suitability Modeling for Porcupine (*Hystrix indica*) by Maximum Entropy Model (MaxEnt) in Khojir national park, Iran

Abstract

Awareness of the factors affecting the habitat desirability of species and also the distribution of desirable habitats are essential issues in planning for dynamic and sustainable management and conservation of species which consequently might lead to balance in ecological relationships of habitat. Regarding the lack of field research on the ecological status of the *Porcupine (Hystrix indica)* and its unique characteristics in morphological, behavioral and its effects on the



sustainability of the ecological status of the country's habitats, in this research we are trying to model the habitat of this species as the largest rodent species in the country from October 2017 to December 2018, during 30 rounds of accurate field monitoring in Khojir National Park to determine the most important habitat variables affecting species distribution. In this study, 130 points of presence were recorded by GPS based on direct and indirect indices obtained from species activity. MaxEnt method was used to model the habitat suitability of *Hystrix indica*. The AUC value was 0.9, which indicates a good accuracy of Maximum entropy's model. The results showed that the type of vegetation, geographical direction, altitude, slope and distance from the road have the greatest impact on the presence and activity of the species, respectively. The results of this research can be used as an efficient tool to identify the factors affecting the presence of the species and also help to the proper management of Porcupine in the study area and other habitats of this species.

Keywords: Habitat suitability, Porcupine, Khojir National Park, Maximum entropy, Iran