13(4) 9-18, Winter 2022

Journal of Animal Environment

(AEJ)

Journal homepage: http://www.aejournal.ir

Original Research Paper

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

Amir Moemarzadeh Kiani [1], Jalil Imani Hersini [*1], Mahmoud Karami [2]

[1] *Department of Environmental Science and Engineering, Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran*

[2] *Department of Environment, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran*

Key Words

Habitat suitability
Porcupine
Khojir National Park
Maximum entropy
Iran

Abstract

Introduction: 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.

Materials & Methods: 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*.

Result: 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.

Conclusion: 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.

* Corresponding Author's email: jalil.imani@ut.ac.ir

Received: 2 October 2020; Reviewed: 3 November 2020; Revised: 3 January 2021; Accepted: 7 February 2021
(DOI): 10.22034/AEJ.2021.266960.2448.

مقاله پژوهشی

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

امیر معمارزاده کیانی[۱]، جلیل ایمانی‌هرسینی[۱*]، محمود کرمی[۲]

[۱] گروه علوم و مهندسی محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

[۲] گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

کلمات کلیدی

مطلوبیت زیستگاه
تشی
پارک ملی خجیر
آنتروپی بیشینه

چکیده

مقدمه: 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.

مواد و روش‌ها: با توجه به عدم بررسی و پژوهش‌های میدانی در مورد وضعیت‌بوم شناسی گونه تشی و خصوصیات منحصربه فرد در وجوه ریخت‌شناسی، رفتارشناسی و نیز طیف تاثیرات گونه، بر پایداری وضعیت‌بوم‌شناختی زیستگاه‌های کشور، تحقیق حاضر با هدف مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه تشی، بزرگ‌ترین گونه جونده کشور دربازه زمانی مهرماه سال ۱۳۹٦ تا دی‌ماه ۱۳۹۷ و طی ۳۰ نوبت پایش دقیق میدانی در پارک ملی‌خجیر، 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.

نتایج: براساس نتایج، مقدار AUC معادل ۰/۹ به‌دست آمد که بیانگر اعتبار بالای مدل است. نتایج نشان داد که به‌ترتیب تیپ پوشش گیاهی، جهت جغرافیایی، ارتفاع، شیب و فاصله از جاده بیش‌ترین تاثیر را بر حضور و فعالیت گونه داراست.

بحث و نتیجه‌گیری: نتایج به‌دست آمده می‌تواند ابزاری مناسب جهت شناسایی عوامل موثر بر حضور گونه و مدیریت صحیح تشی در منطقه مورد مطالعه و سایر زیستگاه‌های این گونه باشد.

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: jalil.imani@ut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۱ مهر ۱۳۹۹؛ تاریخ داوری: ۱۳ آبان ۱۳۹۹؛ تاریخ اصلاح: ۱٤ دی ۱۳۹۹؛ تاریخ پذیرش: ۱۹ بهمن ۱۳۹۹
(DOI): 10.22034/AEJ.2021.266960.2448

مقدمه

امروزه مناطق تحت حفاظت و پارک‌های ملی به‌عنوان یکی از مفیدترین اشکال بهره‌وری پایدار و چندجانبه از سرزمین شناخته می‌شود (۱). 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(۲). بنابراین با برنامه‌ریزی درست و مناسب می‌توان استفاده‌های ممکن را از محیط‌های طبیعی به‌ویژه 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 می‌باشد. در عین حال لزوم اصلاح شبکه حفاظتی حیات وحش کشور که تاکنون مبتنی بر رویکردهای تک منظوره و اصولا 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 (۳). تشی، بزرگ‌ترین جونده ایران، بومی کشورهای آفریقایی و آسیایی ازجمله هند، پاکستان و ایران بوده که در اکثر نقاط کشور دیده می‌شود و به‌دلیل شبگرد بودن، رژیم غذایی متنوع و کاهش طعمه‌خواران 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 (۴). نقش تشی از لحاظ خسارت وارده بر محصولات کشاورزی و پوشش گیاهی، انتقال بیماری‌ها به انسان و جانوران و تحقیقات آزمایشگاهی به‌خصوص تحقیقات پزشکی کاملاً شناخته شده است (۵) براساس مطالعات انجام شده، این جانور به‌عنوان یکی از مهره‌دارانی که از نظر کشاورزی و جنگل‌داری دارای اهمیت اقتصادی است، معرفی شده است (۶). نتایج تحقیق سلیمانی 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 (۷). 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 (۸).

در سال‌های اخیر تعیین وضعیت پراکنش و توزیع گونه‌ها و وضعیت زیستگاه‌های آن‌ها از اهمیت به‌سزایی در برنامه‌های حفاظتی و مدیریت حیات‌وحش 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 (۹). دستیابی به مدیریت چندمنظوره اکوسیستم نیاز به تغییر عمده‌ای نداشته و مقررات محدودکننده و مستدام می‌تواند امنیت اجتماعی و محیطی را ارتقا دهد (۱۰) با توجه به این‌که مطالعات بوم‌شناختی به جهت برنامه‌ریزی، مدیریت و حفاظت پایدار برخی گونه‌ها از حیات وحش در مقیاس وسیع، زمان‌بر بوده و نیازمند بودجه زیادی نیز می‌باشد، انجام چنین مطالعاتی دشوار و در بسیاری از موارد غیرممکن است، در نتیجه از روش‌های مدل‌سازی استفاده می‌شود. مدل‌های مطلوبیت زیستگاه برای پیش‌بینی زیستگاه‌های مطلوب برای معرفی مجدد گونه‌ها به‌کار گرفته شده‌اند (۱۱). مدل‌سازی بر اساس این رویکرد و با بهره‌گیری از نرم‌افزار MaxEnt دارای مزایای قابل توجهی است. هم‌چنین سنتز کمی متغیرهای مورد استفاده در مدل‌سازی توزیع گونه‌ها در این روش از اهمیت بالایی برخوردار است(۱۲). روش حداکثر آنتروپی (MaxEnt) یکی از روش‌های حوزه یادگیری ماشینی است که اخیراً برای مدل‌سازی پراکنش گونه‌ها با استفاده از داده‌های زیست‌محیطی مربوط به مکان‌های شناخته شده حضور گونه به‌کار رفته است (۱۳) و از جمله روش‌هایی است که با وجود تعداد کم نقاط حضور گونه، از توان پیش‌بینی بالایی برخوردار است(۱۴). در این روش از ۳۰٪ نقاط حضور به‌صورت تصادفی برای داده‌های آموزشی و از ۷۰٪ باقی‌مانده برای ارزیابی نتایج مدل استفاده می‌شود. Baasch و همکاران از فنون شبیه‌سازی نبراسکای آمریکا به‌منظور ارزیابی عملکرد سه روش انتخاب گسسته، رگرسیون لجستیک و روش آنتروپی حداکثر (MaxEnt) برای مدل‌سازی بهینه انتخاب منابع توسط حیوانات استفاده نمودند (۱۵). پژوهشگران اخیراً در مقاله‌ای با عنوان مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه پلیکان پا خاکستری در ایران با استفاده از روش حداکثر آنتروپی بیشینه (MaxEnt) پرداختند (۳). طی پژوهشی تاثیر عوامل محیطی بر پراکنش زیستگاه‌های مطلوب جمعیت‌های جبیر در پارک ملی کویر با بهره‌گیری از روش آنتروپی بیشینه به انجام رسید (۱۶). West و همکاران در مقاله‌ای 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 محافظه‌کارانه، اما بسیار دقیق از مناسب بودن زیستگاه برای گونه‌های مهاجم در زیستگاه دارد (۱۷). در پژوهش حاضر عوامل تاثیرگذار 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 ″۰۰ ′۴۵ °۳۵ الی ″۳۰ ′۳۶ °۳۵ عرض شمالی و ″۲۰ ′۴۰ °۵۱ الی ″۰۰ ′۴۹ °۵۱ طول شرقی واقع گردیده و با مساحتی حدود ۹۹۷۱ هکتار در شرق کلان‌شهر تهران قرار گرفته است (۱۸).

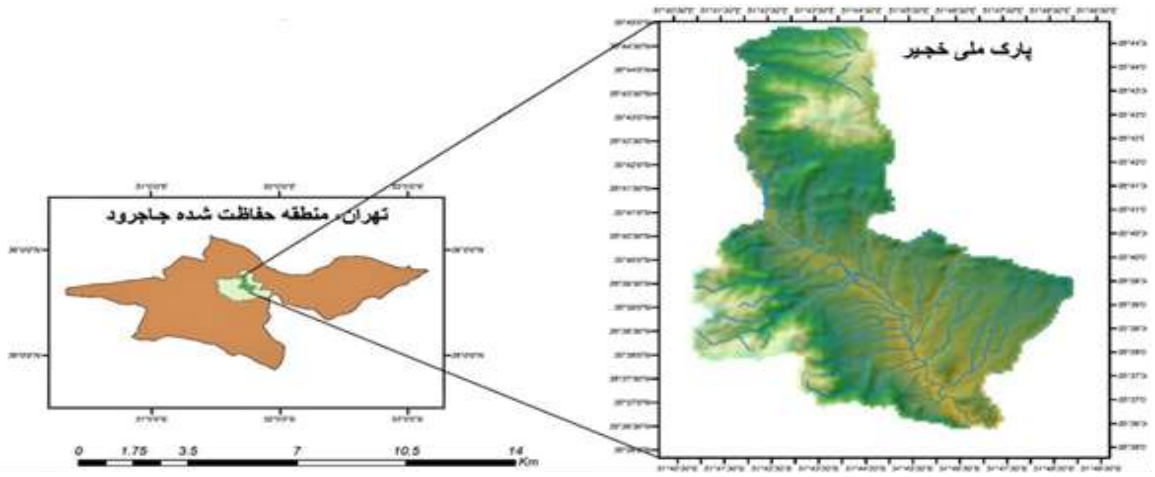
روش تحقیق: برای انجام پژوهش حاضر و دستیابی به اهداف آن از مطالعه کتابخانه‌ای و عملیات صحرایی بهره گرفته شده است. در ابتدا اطلاعات اسنادی پژوهش،شامل ادبیات و مبانی‌نظری تحقیق به شیوه کتابخانه‌ای و هم‌چنین مراجعه حضوری به سازمان حفاظت محیط زیست استان تهران گردآوری شد.

ثبت نقاط‌حضورگونه: پایش‌های دقیق میدانی در بازه زمانی مهرماه ۱۳۹۶ تا دی‌ماه 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 گشت‌زنی‌های مستمر و دقیق و به کمک حضور نمایه‌های مستقیم و غیرمستقیم (آثار کت زدن، لانه‌های فعال و غیرفعال، نقاط بروز تعارضات، سرگین، رد پا، تیغ، لاشه‌ها) به کمک دستگاه GPS ثبت شد. در نهایت ۱۳۰ نقطه حضور گونه ثبت گردید.

متغیرهای زیست‌محیطی: سپس متغیرهای زیست‌محیطی بر اساس مطالعات انجام شده داخلی و خارجی، نظر کارشناسان و پیش‌کسوتان و نخبگان و شاخص‌هایی هم‌چون نیازهای بوم‌شناختی گونه‌مورد مطالعه،ویژگی‌های محیط‌زیستی مرتبط با سیمای طبیعی سرزمین و فاکتورهای انسانی موثر بر گونه، متغیرهای زیست‌محیطی 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 صخره‌سنگ، طبقه ۵ زراعت، طبقه ۶ بوته‌زارها)، ژئولوژی، فاصله از جاده، فاصله از مناطق مسکونی، فاصله از منابع آبی (آبراهه‌ها)، جهت، شیب انتخاب و به‌عنوان متغیرهای تأثیرگذار در مدل‌سازی استفاده شد. هم‌چنین، از نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) نیز به‌منظور تهیه لایه‌های زیست‌محیطی و نقشه‌های پایه منطقه و نرم‌افزار Map Source به‌منظور مدیریت اطلاعات استخراج شده از سامانه موقعیت‌یاب جهانی استفاده گردید و در نهایت مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه گونه به‌روش حداکثر آنتروپی بیشینه (MaxEnt) نقشه خروجی تهیه گردید. منحنی ROC دربرگیرنده داده‌های آموزشی و آزمون است. این منحنی برای ارزیابی صحت مدل است. برای ارزیابی مدل از سطح زیر نمودار AUC که از منحنی ROC به‌دست آمده استفاده شده است. سطح زیر نمودار نمایان‌گر اعتبار مدل است (شکل ۱).

نتایج

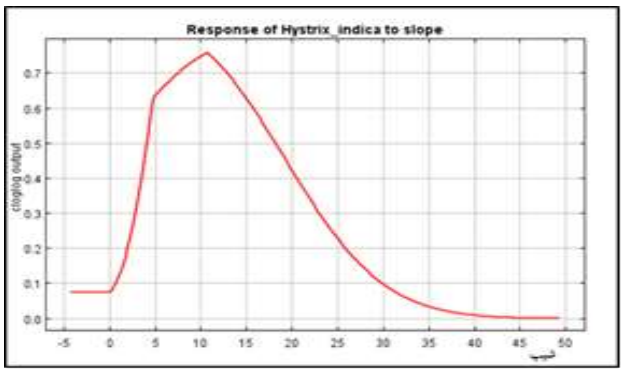
نتایج مطلوبیت زیستگاه برای حضور تشی در جدول ۱ آمده است.همان‌طورکه در شکل ۲ مشاهده می‌شود. بیش‌ترین‌حضور گونه تشی در مناطقی با ارتفاع ۱۴۰۰ متر تا ۱۵۰۰ متر تعیین گردید. مطابق شکل ۳ بیش‌ترین حضور گونه تشی در جهت جغرافیایی ۴۵ و ۳۱۵ درجه و معادل جهت شمالی است. براساس منحنی پاسخ شیب (شکل ۴) بیش‌ترین حضور گونه در شیب‌های ۱۰ تا ۱۵ درجه و بیش‌ترین حضور گونه نیز در مجاورت جاده تا فاصله ۱۰۰۰متری می‌باشد (شکل ۵). بیش‌ترین حضور گونه در نزدیکی آبراهه و با فاصله کم‌تر از ۲۰۰ متر از آن‌ها (شکل ۶) و نهایتاً بیش‌ترین حضور گونه تشی در مجاورت با مناطق مسکونی و روستاها در فاصله بین سه تا پنج کیلومتری است(شکل ۷). نتایج‌نشان می‌دهد که مطلوبیت زیستگاه برای گونه در طبقه ۱ و ۲ تراکم گیاهی یعنی: ۱۰-۲۵ 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 (*Artemisia.auch*+Gr.(*Stipa+Psath+Brom*)+ *Astragalus*.spp.+ *Acanthus*) و طبقه ۷ (*Astragalus*.spp.+ *Artemisia*.spp.+Stipa) مهم‌ترین طبقات موثر بر مطلوبیت زیستگاه تشی در منطقه هستند که در مجموع می‌توان گفت این گونه مناطق با پوشش گیاهی فقیر، استپی و نیمه استپی را جهت حضور انتخاب می‌کند (شکل‌های ۸ و ۹). همان‌گونه که مشاهده می‌گردد گونه مورد مطالعه در طبقه ۳ نقشه خاک یعنی دشت‌های آبرفتی و رودخانه، طبقه ۴ بستر خشک رودخانه حضور می‌یابد (شکل ۱۰). حضور تشی با طبقه ۱ (مرتع)، طبقه ۲ (باغ)، طبقه ۳ (بستر رودخانه) و طبقه ۶ (بوته‌زارها) متغیر کاربری اراضی همبستگی (شکل‌های ۱۱ و ۱۲).



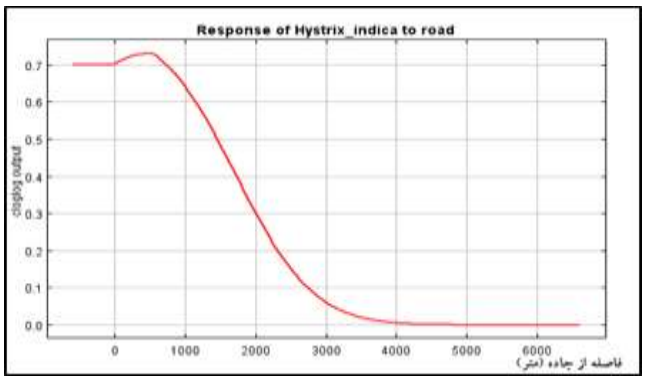
شکل ۱: نقشه موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان تهران

جدول ۱: نتایج حاصل از بررسی مطلوبیت زیستگاه گونه تشی بر حسب منحنی‌های پاسخ

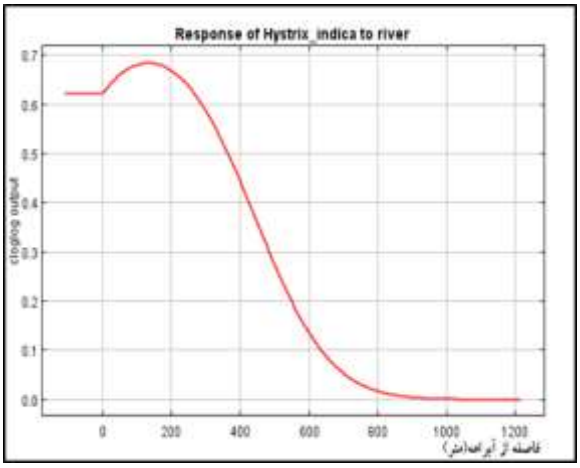
ردیف	متغیرهای محیطی	نتایج حاصله بر حسب منحنی‌های پاسخ
۱	ارتفاع	۱۴۰۰ تا ۱۵۰۰ متری
		طبقه ۴:Art.spp.+Ast.spp.+Stipa.+Acanth.+Pist.+Junip
۲	پوشش گیاهی	طبقه ۷:Ast.spp.+Art.auch.+Gr.(Stipa+Psath+Brom)+Acanth
		طبقه ۸:Ast.spp.+Art.spp.+Stipa
		مناطق با پوشش گیاهی فقیر، استپی و نیمه استپی
۳	خاک	Aridisols یا 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 افکنه‌ها، رسوبات بستر رودخانه و دشت‌های کوهپایه‌ای با شیب کند
۷	فاصله از جاده	نزدیک جاده‌های باریک (به‌طور متوسط حداقل فاصله ۳۰۰ متر تا حداکثر فاصله از جاده‌های منطقه ۳ کیلومتر (طول کم‌تر از ۱۰۰۰متر)
۸	فاصله از مناطق مسکونی	کاملاً دور از مناطق مسکونی (به‌طور متوسط حداقل فاصله ۵۰۰ متر و حداکثر با فاصله ۲۵۰۰متری)
۹	فاصله از رودخانه	نزدیک به مناطق حضور آبراهه و سرشاخه‌های رودخانه‌ها (آبراهه‌هایی با طول ۲۰۰ -۴۰۰متر)(به‌طور 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)



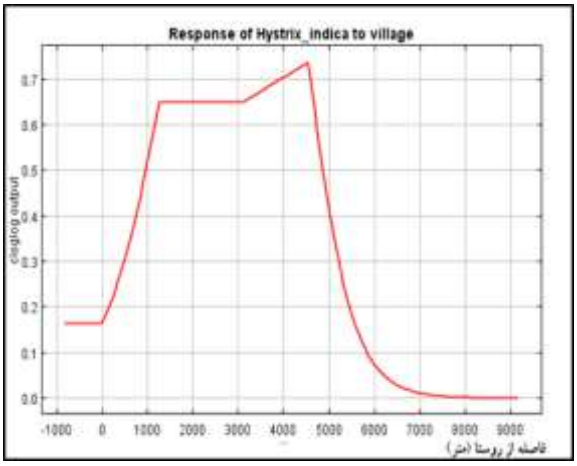
شکل ۴: منحنی پاسخ گونه به متغیر شیب



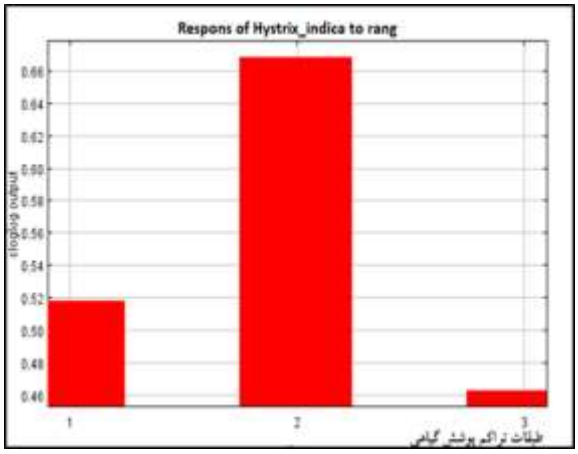
شکل ۵: منحنی پاسخ گونه به فاصله از جاده



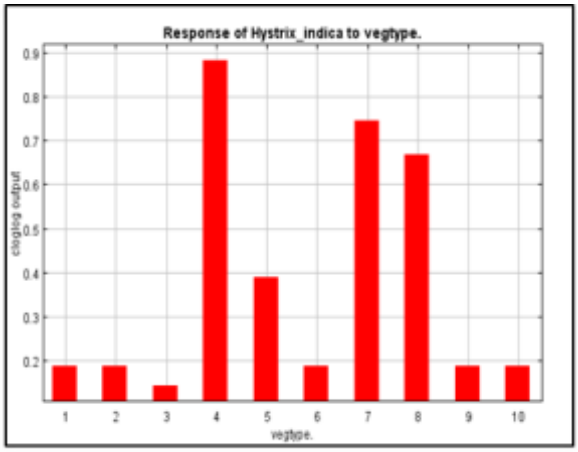
شکل ۶: منحنی پاسخ گونه به فاصله از آبراهه



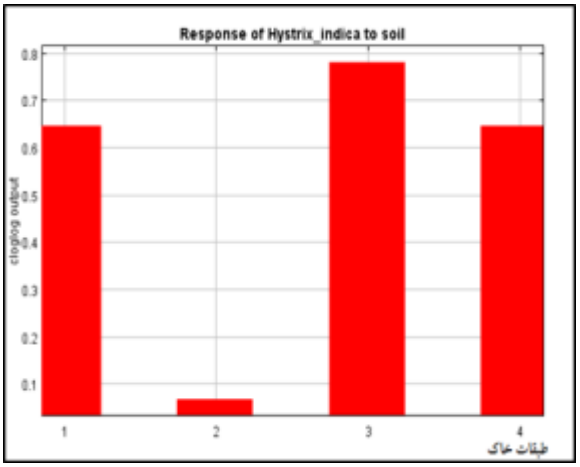
شکل ۷: منحنی پاسخ گونه به فاصله از روستاها



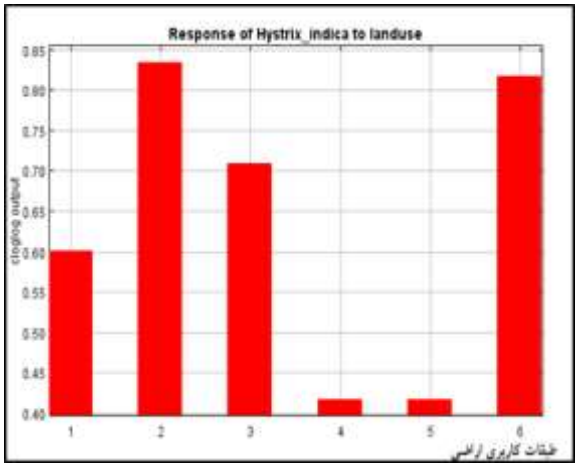
شکل ۸: منحنی پاسخ گونه به تراکم پوشش گیاهی



شکل ۹: منحنی پاسخ گونه به تیپ پوشش گیاهی



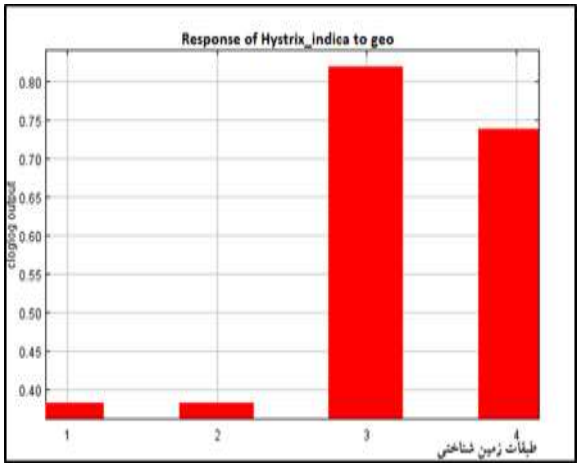
شکل ۱۰: منحنی پاسخ گونه به متغیر خاک



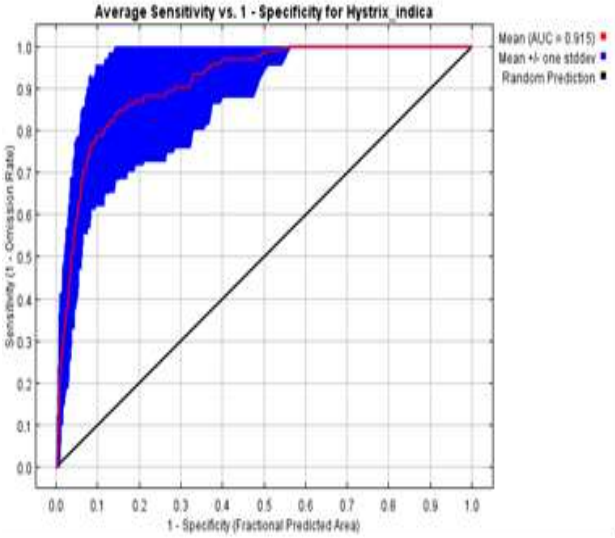
شکل ۱۱: منحنی پاسخ گونه به متغیر کاربری اراضی

نتایج حاصل از ارزیابی مدل، منحنی ROC و شاخص AUC:

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

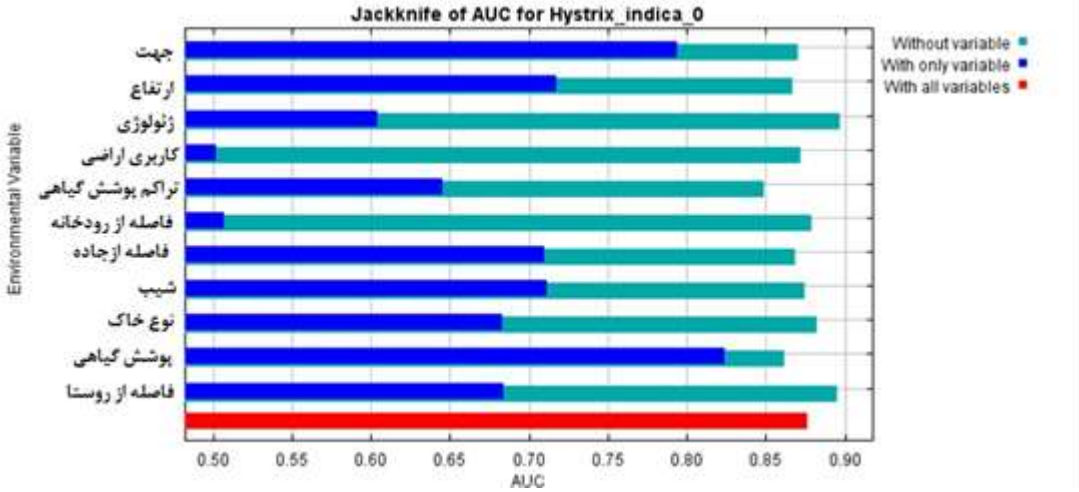


شکل ۱۲: منحنی پاسخ گونه به متغیر زمین شناسی

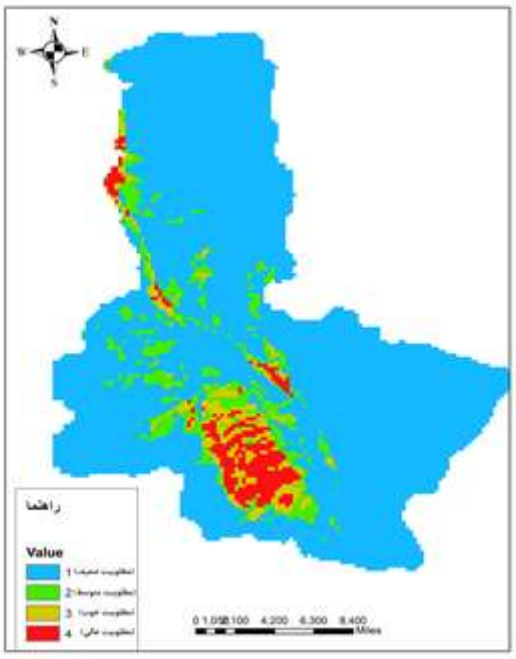


شکل ۱۳: منحنی ROC – شاخص AUC

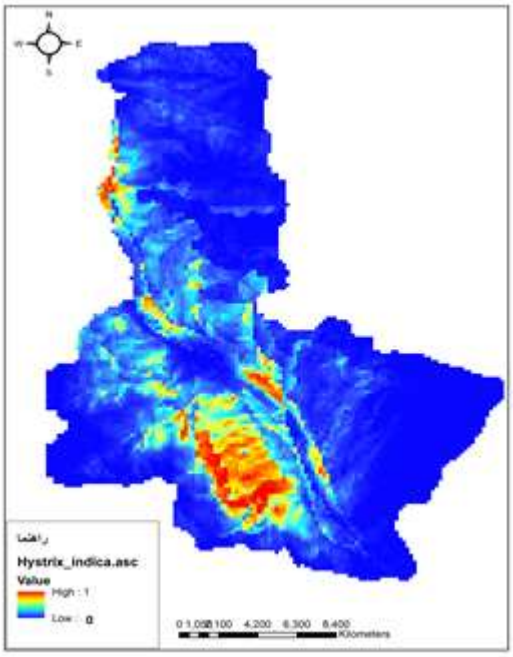
منحنی جک نایف نیز اهمیت متغیرها نسبت به هم برای گونه را نشان می‌دهد. طبق نتایج به‌دست‌آمده از نمودار جک‌نایف، پوشش گیاهی و جهت برای گونه تشی دارای بیش‌ترین تاثیر می‌باشند به گونه‌ای که حذف آن‌ها از مدل باعث کاهش صحت مدل می‌شود. پس از پوشش گیاهی و جهت به‌ترتیب ارتفاع، شیب، فاصله از جاده، فاصله از مناطق مسکونی، خاک، تراکم پوشش گیاهی، ژئولوژی، فاصله از آبراهه‌ها، کاربری اراضی دارای بیش‌ترین اهمیت برای گونه هستند (شکل ۱۴). نقشه پراکنش خروجی مدل نیز مقداری بین صفر تا یک دارد و هرچه به یک نزدیک‌تر باشد نشان‌دهنده مطلوبیت بالاتر برای گونه تشی می‌باشد(شکل ۱۵).در نقشه مطلوبیت زیستگاه گونه تشی و براساس مقادیر موجود، مطلوبیت بین ۰ تا ۰/۲۵ در طبقه ضعیف (۱) قرار دارد و مطلوبیت بین ۰/۲۵ تا ۰/۵۰در طبقه متوسط(۲)و مطلوبیت بین ۰/۵۰ تا ۰/۷۵ نیز در طبقه خوب و درنهایت مطلوبیت بین ۰/۷۵ تا ۱ در طبقه زیستگاهی عالی قرار می‌گیرد (شکل ۱۶)، نواحی مطلوب و نامطلوب زیستگاه گونه تشی در منطقه مورد مطالعه به‌خوبی از هم جدا شده است. نقشه تهیه شده براساس آستانه ۱۰ درصد حضور آموزشی (10PTP) Percentile Training Presence، به دو طبقه مطلوب و نامطلوب تقسیم شد، بدین‌ترتیب نواحی که در مدل ارزش کم‌تر از حد آستانه مطلوبیت، دارند به‌عنوان نواحی فاقد مطلوبیت و نواحی که دارای ارزش بالاتر از آستانه می‌باشند به‌عنوان مناطق مطلوب کلاسه‌بندی می‌شوند که بدین‌ترتیب نقاطی که دارای ارزش ۱ می‌باشند(High:1) دارای بالاترین مطلوبیت و نقاطی که دارای ارزش صفر می‌باشند (Low:0) فاقد مطلوبیت شناخته می‌شوند. طبق جدول ۲ مساحت زیستگاه‌های مطلوب و نامطلوب تشی براساس هکتار برای پارک ملی خجیر به‌دست آمده است.



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



شکل ۱۵: نقشه طبقه بندی شده زیستگاه مطلوبیت گونه تشی



شکل ۱۶: نقشه مطلوبیت زیستگاه گونه تشی

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

نام طبقه	مساحت به هکتار
طبقه ۱ (نامطلوب۰/۲۵-۰)	۸۱۸۹/۱
طبقه ۲ (متوسط ۰/۵۰-۰/۲۵)	۷۳۶/۱
طبقه ۳ (خوب۰/۷۵-۰/۵۰)	۳۷۰/۵
طبقه ۴ (مطلوبیت عالی۱-۰/۷۵)	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 (۱۹). مطالعات مختلفی در رابطه با مقایسه عملکرد مدل‌های مبتنی بر حضور/عدم حضور گونه صورت گرفته است که در اکثریت آن‌ها مدل‌های مبتنی برحضور بر سایر مدل‌ها ترجیح داده‌شده است (۲۰، ۹ و ۲۱). 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 (۲۲، ۱۶ و ۳). با توجه به نتایج حاصل از صحت‌سنجی 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 کفتار نیز پوشش‌گیاهی به‌عنوان مهم‌ترین عامل تاثیرگذار بر پراکنش کفتار در منطقه حفاظت شده باغ شادی یزد بررسی گردید (۲۲). هم‌چنین در بررسی تاثیر عوامل محیطی بر پراکنش زیستگاه‌های مطلوب جمعیت‌های جبیر در پارک ملی کویر نیز متغیر تیپ پوشش‌گیاهی به‌عنوان دومین متغیر تاثیرگذار بر پراکنش جبیر معرفی گردید (۱۶). طبق نتایج به‌دست آمده در پژوهش فوق سه طبقه ۴ و ۷ و ۸ در لایه تیپ پوشش‌گیاهی پارک ملی خجیر سهم به‌سزایی را در مطلوبیت زیستگاه گونه تشی ایفا می‌نماید، بنابراین در توازی با نتایج به‌دست آمده و پژوهش‌های مشابه می‌توان با اطمینان صحت و اهمیت متغیر پوشش‌گیاهی را در کیفیت و کمیت توزیع گونه تشی و متعاقباً 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، می‌باشد و با توجه به این‌که همواره مناطق جنوبی تابش بیش‌تری از مناطق شمالی دریافت می‌کنند در نتیجه در فصول گرم سال مناطق شمالی به خاطر دریافت تابش کم‌تر و در نتیجه رطوبت بیش‌تر وضعیت مناسب‌تری نسبت به دامنه‌های جنوبی داشته و از این‌رو، مطلوبیت بیش‌تری برای تشی دارند. با نظر به اهمیت و رجحان غذایی تشی برای گونه پلنگ درنتایج پژوهشی با عنوان مطلوبیت زیستگاه پلنگ باا استفاده از روش حداکثر آنتروپی در پارک ملی گلستان (۲۳) و نیز پژوهشی مشابه در پارک ملی تندوره (۲۴) 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 می‌تواند 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 گربه‌سان و بزرگ‌ترین گونه جونده کشور به‌وضوح مشهود است. هم‌چنین، تشی مناطقی با پوشش گیاهی فقیر، استپی و نیمه استپی را جهت حضور انتخاب می‌نماید، که با توجه به نتایج گزارشات واصله گونه فوق توان سازگاری و حیات در زیستگاه‌های 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 به‌علت حضور کم‌تر انسان و ایجاد یک محیط امن برای تشی، جزو مطلوب‌ترین زیستگاه‌ها و مهم‌ترین نواحی لانه‌گزینی این گونه در پارک ملی خجیر محسوب می‌شوند. در تایید و توازی با نتایج پژوهش‌های (۲۴)، 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 به‌ترتیب ۱۳۰۹ و ۲۱۳۴ متر است که در ارتفاعات کم‌تر یا بیش‌تر، از مطلوبیت زیستگاه گونه مذکور کاسته می‌شود و کم شدن مطلوبیت زیستگاه می‌تواند ناشی از تغییرات دما در ارتفاعات بالاتر یا پایین‌تر باشد. از طرفی شاخص تراکم پوشش گیاهی در محدوده‌های 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 تک‌مولفه و تنها مبتنی برمدیریت 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 به‌عنوان یک آفت مهم در مناطق جنگلی و مزارع برشمرده است (۲۵)، در پژوهشی مشابه نیز این جانور به‌عنوان یکی از مهره‌دارانی که از نظر کشاورزی و جنگلداری دارای اهمیت اقتصادی است، معرفی شده است (۶)، 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 گونه‌های شاخص شکارچی، نقش موثر در آماده‌سازی و بهبود قوه نامیه و پراکنش بذور گونه‌های با ارزش گیاهی، حفظ و بهبود غنا و یکنواختی تنوع گیاهی در زیستگاه‌های طبیعی، ارزش و جایگاه زیبایی شناختی، ایجاد توازن و تنوع درچرخه غذایی، غنای مطلوب حیات وحش در زیستگاه‌های شاخص قطعاً ارزشمند و غیرقابل اغماض است. امروز با احاطه دانش و سبک نگرش بوم شناسانه در برنامه‌ریزی و مدیریت حیات وحش و نیز مدیریت خسارات سعی در ایجاد تعادل در شاخص‌های زیستگاهی به جهت حفاظت از تنوع زیستی و زیستگاهی می‌گردد. نتایج بررسی شاخص‌های زیستگاهی در پژوهش حاضر بیانگر سیر نزولی و افول شاخص‌های مطلوبیت زیستگاهی گونه تشی در پارک ملی خجیر و به‌شدت 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 می‌بایست در جهت برنامه‌ریزی حفاظت سیستماتیک از این گونه به‌عنوان بزرگ‌ترین جونده کشور گام‌های موثری برداشته شود، چراکه برنامه‌ریزی و مدیریت و حفاظت حیات‌وحش تنها مبتنی بر گونه‌های شاخص و کاریزماتیک هم‌چون گربه‌سانان بزرگ‌جثه و یا زوج‌سمان شاخص، نمی‌تواند به تنهایی بر موفقیت مدیریت پایدار و پویا زیستگاه‌ها و حیات‌وحش اثرگذار باشد و این مهم جز در هم‌بودی و توازی با رعایت اصول بنیادین بوم‌شناسی و حفاظت از تمامی گونه‌ها و حفظ تعادل در روابط بوم‌شناسی تنوع‌جانوری و گیاهی در زیستگاه ممکن نخواهد بود (۳). عدم اطلاع کافی از شاخص‌های اثرگذار بر مطلوبیت زیستگاهی، لکه‌های جمعیتی و چگونگی کمیت و کیفیت روابط بوم‌شناختی این گونه، سبب می‌شود تا مسئولان حفاظت از تنوع‌زیستی و زیستگاه‌ها در برنامه‌ریزی دقیق و جامع و تعیین اولویت جهت اقدامات حفاظتی و مدیریتی این گونه، ابهامات بسیاری رو به رو شوند. با استفاده از نتایج این پژوهش و انجام پژوهش‌های مشابه آتی، می‌توان با فراهم آوردن امکان شناسایی هرچه بهتر لکه‌های زیستگاهی و پارامترهای محیطی اثرگذار بر توزیع این گونه گامی موثر برای تدوین و اجرای برنامه‌های حفاظتی و مدیریتی این جونده بزرگ در ایران برداشت.

منابع

1. **Ghahremaninejad, F. and Agheli, S., 2010.** Floristic study of Kiasar National Park, Iran. Taxonomy and Biosystematics Journal. 1(1): 47-67. (In Persian)
2. **Laurance, W.F.; Alonso, A.; Lee, M. and Campbell, P., 2006**. Challenges for forest conservation in Gabon. Central Africa. Futures. 38(4), 454-470.

3. **Pooyani, M.A.; Shams-Esfandabad, B.; Ahmadi, A. and Toranjzar, H., 2020.** Modeling Habitability *Pelecanus Crispus* Using the Maximum Entropy Eethod (MaxEnt) in Iran. Journal of Animal Environmental. 12(2): 83-90. (In Persian)

4. **Karami, M.; Faizullah, K. and Ghadirian, T., 2016.** Atlas of Mammals of Iran. Kharazmi University Jihad Publications. 292 p. (In Persian)

5. **Rassi, Y.; Jalali, M.; Javadian, E. and Moatazedian, M.H., 2001**. Confirmation of *Meriones libycus* (Rodentia; Gerbillidae) As the Main Reservoir Host of Zoonotic Cutaneous Leishmaniosis in Arsanjan, Fars Province, South of Iran. Iranian Journal of Publication Health. 30: 143-144.

6. **Khan, A.A.; Mian, A. and Hussain, R., 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): 727-732.

7. **Soleimani, M., 1998.** Morphological and biological characteristics of Porcupine and ways to combat it in the forests and pastures of the province. Jihad Keshavarzi research project. Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad province natural resources research center. (In Persian)

8. **Fattahi, M., 1994.** The effect of ash on the forests of Zagros (Case study in the cradle of Islamabad West). Journal of Research and Construction. 24. (In Persian)

9. **Rezaei, S.; Naderi, S. and Karami, P., 2018.** The habitat suitability study of *hyaena hyaena* in the Haftadgholeh protected area. Journal of animal Research. 31(2): 162-177. (In Persian)

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

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

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

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

14. **Wilting, A; Cord, A.; Hearn, A.J.; Hesse, D.; Mohamed, A.; Traeholdt, C. and Shapiro, A.C., 2010.** Modelling the species distribution of flat-headed cats (*Prionailurus planiceps*), an endangered South-East Asian small felid. PloS one. 5(3): e9612.

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

16. **Jamshidi, R.; Imani Harsini, J.; Ramezani, M. and Riazi, B., 2020.** The Effect of Environmental Factors on Distribution of suitable habitats for Chinkara (*Gazella Bennettii*) in Kavir National Park. Journal of Animal Environmental. 11(4): 15-22. (In Persian)

17. **West, A.M; Kumar, S.; Brown, C.S.; Stohlgren, T.J. and Bromberg, J., 2016.** Field validation of an invasive species Maxent model. Ecological Informatics. 36: 126-134.

18. **Mortazavi Moghadam, Z.S. and Ghorbani yekta, B., 2018.** The Lizard Fauna of Khojir National Park located in Tehran province. Journal of Animal Environmental. 10(1): 129-136. (In Persian)

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

20. **Padalia, H; Srivastava, V. and Kushwaha, S.P.S., 2014**. Modeling potential invasion range of alien invasive species, *Hyptis suaveolens* (L.) Poit. In India: Comparison of MaxEnt and GARP. Ecological Informatics. 22: 36-43.

21. **Young, N; Carter, L. and Evangelista, P., 2011.** A MaxEnt model v3. 3.3 e tutorial (ArcGIS v10). Fort Collins, Colorado. 262-282.

22. **Morovati, M.; Ebrahimi, M. and Bahadori Amjas, F., 2020.** Evaluation of *Hyaena hyaena* habitat suitability using Maximum Entropy Method (Study Area: Bagh Shadi Protected Area in Yazd province). Journal of Animal Environmental. 12(4): 1-8. (In Persian)

23. **Madadi, M. and Varasteh Moradi, H., 2019.** Habitat suitability of Leopard (*Panthera pardus saxicolor*) using Maximum Entropy Method in Golestan National Park and

Biosphere Reserve. Journal of Animal Environmental. 11(2): 11-20. (In Persian)

24. **Shoaee, A.; Gholipour, M.; Rezaei, H.R. and Yarmohammadi babrbarestani, S., 2017.** Assess habitat suitability Persian leopard (*Panthera pardus saxicolor*, Pocock 1927) based on maximum entropy method (Maxent) during the summer and fall in the National Park Tandooreh, Iran. Journal of Animal Environmental. 9(1): 21-30. (In Persian)

25. **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. 25(1-2): 5.