مقاله پژوهشی

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و پنجم، شماره ده، دی ماه ۱۴۰۲(۵۸-۴۵)

مدل‌سازی توزیع جغرافیایی و مطلوبیت زیستگاه جربیل بزرگ (*Rhombomys opimus*) در استان گلستان با استفاده از مدل بیشینه آنتروپی

محسن احمدپور [۱*]

mo.ahmadpour@umz.ac.ir

حسین وارسته مرادی [۲]

حمیدرضا رضایی [۲]

محمدعلی عشاقی [۳]

اباصلت حسین‌زاده کلاگر [۴]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱/۲۹ **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۴/۱۴**

چکیده

زمینه و هدف: امروزه مدل‌سازی توزیع جغرافیایی یک گونه به روش بیشینه آنتروپی با استفاده از اطلاعات مکانی حاصل از سنجش از دور، سامانه اطلاعات جغرافیایی و تکنیک‌های آماری سهم بسیار زیادی در مدیریت حفاظت گونه‌ها دارد. هدف این مطالعه، ارزیابی اثرات متغیرهای محیط‌زیستی بر توزیع و مطلوبیت زیستگاه جربیل بزرگ (*Rhombomys opimus*) و پیش‌بینی زیستگاه آن در استان گلستان است.

روش بررسی: در این تحقیق، ۲۷۲ نقطه حضور جربیل بزرگ و ۱۳ متغیر محیط‌زیستی به عنوان متغیرهای مستقل مورد انتخاب قرار گرفتند. سپس با استفاده از نرم‌افزار مکسنت، مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه و توزیع جغرافیایی گونه با استفاده از این نقاط حضور و متغیرها به روش بیشینه آنتروپی، انجام شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد برخی از متغیرهای محیطی، از جمله متغیرهای ارتفاع، شاخص نرمال شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI)، تیپ خاک و اقلیم بیشترین اثر را در توزیع جغرافیایی و مطلوبیت زیستگاه گونه در مناطق مورد مطالعه داشته‌اند. در حالی که متغیر شیب کمترین اثر را نسبت به سایر متغیرها دارا بود.

بحث و نتیجه‌گیری: براساس مدل‌سازی انجام شده در این تحقیق، زیستگاه جربیل بزرگ به صورت پیوسته است. به طوری‌که حدود ۱۰/۱ درصد از سطح استان گلستان به عنوان زیستگاه مطلوب جربیل بزرگ پیش‌بینی شده‌است.

واژه‌های کلیدی: مدل مطلوبیت زیستگاه، MaxEnt، جربیل بزرگ، متغیرهای محیط‌زیستی.

۱- استادیار گروه علوم محیط‌زیست، دانشکده علوم دریایی و محیطی، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران. *(مسول مکاتبات)

۲- دانشیار گروه محیط زیست، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

۳- استاد گروه حشره‌شناسی پزشکی و مبارزه با ناقلین، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران.

۴- استاد گروه زیست‌شناسی سلولی و مولکولی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران.

J. Env. Sci. Tech., Vol 25, No.10, January, 2024

Geographic Distribution and Habitat Suitability Modeling of Great Gerbil (*Rhombomys opimus*) by Maximum Entropy Model in Golestan Province

Mohsen Ahmadpour [1*]
mo.ahmadpour@umz.ac.ir
Hossein Varasteh Moradi [2]
Hamid Reza Rezaei [2]
Mohamad Ali Oshaghi[3]
Abasalt Hosseinzadeh Colagar [4]

Admission Date: November 23, 2023 Date Received: October 24, 2023

Abstract

Background and Objective: Today, the geographical distribution of a species based on maximum entropy using spatial data from geographical information system, remote sensing data and statistical techniques have a great contribution on conservation management of species. The aim of this study is evaluate the effects of environmental variable on distribution and habitat suitability of great gerbil (*Rhombomys opimus*) and predicting its habitat in Golestan province, Iran.

Material and Methodology: For this purpose, 272 presence-only data and 13 environment variables as independent variables were selected for this species. Then, geographic distribution and habitat suitability modeling were performed by maximum entropy approach in MaxEnt software, using to these presence data and variables.

Findings: Our results showed that, some of the habitat variables including: altitude, NDVI, soil type and climate had the greatest plays for habitat suitability and geographical distribution of *R. opimus* in this area. While that, aspect had less effects than other variables.

Discussion and conclusion: Based on our findings, habitats of *R. opimus* was continues and about 10.1% of Golestan province pereidicted as a suitable habitat for the great gerbil.

Keywords: Habitat suitability model, MaxEnt, *Rhombomys opimus*, Environmental variable.

1- Assistant Prof., Department of Environmental Sciences, Faculty of Marine and Environmental Sciences, University of Mazandaran, Babolsar, Iran. **(Corresponding Author)*
2- Associate Prof., Department of Environmental Sciences, Faculty of Fisheries and Environment, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
3- Prof., Department of Medical Entomology and Vector Control, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
4- Prof, Department of Molecular and Cell Biology, Faculty of Basic Sciences, University of Mazandaran, Babolsar, Iran.

مقدمه

از بین رفتن و قطعه‌قطعه شدن زیستگاه‌ها بر اثر فعالیت‌های انسانی اغلب موجب کاهش جمعیت و افزایش ریسک انقراض می‌شود که به عنوان بزرگ‌ترین تهدید تنوع زیستی محسوب می‌شود (۱ و ۲). علاوه بر این، افزایش شهرسازی، صنایع و کشاورزی تجاری موجب بروز مشکلاتی در اجرای فعالیت‌های حفاظتی به دلیل قطعه‌قطعه شدن جوامع گیاهی طبیعی و جانوری شدند. بنابراین، تخریب زیستگاه به عنوان نتیجه‌ای از فقدان، تنزل و قطعه‌قطعه شدن، اغلب ناهمگنی و پیچیدگی سیمای سرزمین را افزایش می‌دهد و تصمیم‌گیری درباره اینکه کدام زیستگاه باید حفاظت یا ترمیم شود را پیچیده می‌سازد (۳). چرا که یک چالش اصلی در حفاظت گونه‌ها، شناسایی زیستگاه‌های ویژه‌ای است که برای حضور طولانی مدت یا بازیابی گونه‌ها به خصوص آنهایی که در خطر انقراض هستند، ضروری است.

درک اصولی از انتخاب زیستگاهی گونه‌های حیات‌وحش بسیار اهمیت دارد. این مفهوم اساسی به توضیح توزیع موجودات در محیط طبیعی کمک می‌کند و نقش بزرگی در تفکیک زیستگاه‌های با مشخصه‌های متفاوت برای مدیریت تأثیرگذار، ایفا می‌کند. همچنین، شناخت توزیع جغرافیایی گونه‌ها برای حفاظت و مدیریت تنوع زیستی بسیار ضرور است (۴) و به همین دلیل اکولوژیست‌ها و محققان حفاظت از محیط‌زیست به مدل‌های پیش‌بینی به‌عنوان ابزاری برای تحلیل الگوهای توزیع گونه‌ها و برنامه‌ریزی استراتژی‌های حفاظتی، اعتماد می‌کنند (۵ و ۶).

مطالعات اخیر مدل‌سازی توزیع جغرافیایی بالقوه گونه‌ها با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی یا همان GIS (Geographic Information System) منجر به یک دوره جدیدی در مطالعات اکولوژیکی و جنبه‌های تکاملی توزیع شد (۷). این رویکردهای مدل‌سازی از دو نوع اطلاعات استفاده می‌کنند. در ابتدا آنها نیازمند به اطلاعات مکانی حضور گونه‌ها (ثبت نقاط حضور) می‌باشند که نیاز به اطلاعات مکانی جاهایی که گونه حضور ندارد نیست. دسته دوم استفاده از متغیرهای محیط زیستی مربوط به منطقه مورد مطالعه، به صورت لایه‌های محیط زیستی، است. با استفاده از این دو دسته اطلاعات ورودی، الگوریتم‌ها، مدل الزامات نیچ یک گونه را در ابعاد فضای اکولوژیکی مورد آزمایش، تولید می‌کنند. سپس از مدل نیچ اعمال شده به فضای جغرافیایی، به‌منظور شناسایی مناطق بالقوه مناسب برای زیست گونه به کار می‌رود. در شکل‌گیری مدل نیچ، اغلب الگوریتم‌ها شرایط محیطی مناطقی که حضور یک گونه در آن شناخته شده است را نسبت به کل منطقه مورد مطالعه مقایسه می‌کنند. این عمل به طور معمول از طریق در نظر گرفتن سلول‌های شبه عدم حضور در منطقه مورد مطالعه انجام می‌گیرد (۸ و ۹). این سلول‌ها برای توصیف کردن شرایط محیطی قابل دسترس در کل منطقه مورد مطالعه، به منظور مقایسه با شرایط موجود در سلول‌هایی که حضور گونه در آن شناخته شده است، استفاده می‌شوند. بنابراین تعریف منطقه مورد مطالعه یک مسئله حیاتی می‌باشد. در مجموع، متنوع‌ترین رویکردهای مدل‌سازی با استفاده از نرم‌افزارهای سامانه اطلاعات جغرافیایی، وجود دارند. این رویکردها بر پایه داده‌های حضور گونه‌ها توسعه یافته‌اند. به‌عنوان نمونه، تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی (Ecological Niche Factor Analysis)، الگوریتم بیشینه آنتروپی و الگوریتم ژنتیک، از روش‌های مطالعه توزیع گونه‌ها می‌باشند. این رویکردها امکان پیش‌بینی توزیع گونه‌ها را فراهم می‌کنند، که قابلیت کاربرد در زمینه‌های مختلفی از جمله برنامه‌ریزی حفاظت زیستگاه‌ها و گونه‌ها، مطالعات تکاملی، مدیریت گونه‌ها و حل تضادهای بین انسان و حیات وحش را دارا هستند (۱۰ و ۱۱).

جربیل بزرگ، از خانواده موش‌ها و جنس رومبومیس (Rhombomys) است که در ایران زندگی می‌کند. این جربیل به نسبت سایر جربیل‌ها و جردها در ایران از لحاظ اندازه بزرگ‌تر است (۱۲). این گونه در مناطق مختلفی از ایران از جمله ترکمن صحرا، خراسان، سمنان، بلوچستان، کاشان، اصفهان و یزد، پراکنده شده است (۱۳، ۱۴ و ۱۵). زیستگاه اصلی این جربیل شامل دامنه تپه‌های کوتاه، دشت‌های ناهموار و کشتزارهای منطقه‌های خشک بیابانی و استپی است (۱۲ و ۱۶). جربیل بزرگ در روز فعالیت می‌کند، به صورت گروهی در

کلنی‌های بزرگ زندگی می‌کند و گاهی با دیگر جربیل‌ها در یک کلنی دیده می‌شود (۱۷). لانه‌های آن در زیر زمین، شامل راهروهای طولانی و خروجی‌های متعددی هستند و در نزدیکی یکدیگر قرار دارند. جربیل بزرگ از منابع گیاهی مانند برگ، جوانه، دانه، میوه، ریشه و سایر محصولات کشاورزی برای تغذیه استفاده می‌کند (۱۸، ۱۹ و ۲۰). این جربیل به عنوان منبع غذایی برای پرندگان شکاری، گوشت‌خواران و حتی یوزپلنگ مهم می‌باشد. ذخیره‌گاه‌های غذایی آن ممکن است به‌عنوان مکانی برای انتشار دانه‌ها به سایر مناطق عمل کند (۲۱). فعالیت‌های حفر چاله و جستجو برای غذا اثر مثبتی بر بهبود وضعیت آب و خاک دارد و به رشد میکروارگانیسم‌ها، به ویژه قارچ‌ها کمک می‌کند. علاوه بر این، فعالیت‌های حیاتی این گونه به افزایش تنوع زیستی گیاهان در مناطق خشک کمک می‌کند (۲۲ و ۲۳). همچنین، نقب‌های غیرفعال این گونه مکان‌های زیست مناسبی را برای انواع پرندگان، مارمولک‌ها، سوسمارها و حشرات فراهم می‌کند. جربیل بزرگ به عنوان مخزن اصلی بسیاری از پاتوژن‌ها از جمله: باکتری یرسینیا به عنوان عامل بیماری طاعون (۲۴ و ۲۵)، انگل لیشمانیا ماژور به عنوان عامل بیماری سالک (۲۶ و ۲۷) می‌باشد. بنابراین، شناسایی مناطق زیستگاهی بالقوه، مطلوب و پیش‌بینی توزیع جغرافیایی این گونه جهت برنامه‌ریزی حفاظتی و کنترل بیماری‌ها از طریق استفاده از رویکردهای اکولوژیکی و زیست‌شناختی ضروری می‌باشد. تاکنون مطالعات زیادی در رابطه با مدل‌سازی توزیع جغرافیایی و مطلوبیت زیستگاه جوندگان با استفاده از مدل بیشینه آنتروپی انجام شده است (۲۸، ۲۹ و ۳۰). بیشتر مطالعاتی که در رابطه با جربیل بزرگ صورت گرفته است مربوط به زیست‌شناسی و رفتارهای این گونه می‌باشد (۳۱، ۳۲). همچنین توزیع مکانی و تحلیل‌های اکولوژیکی جربیل بزرگ در شین‌جیانگ چین نیز توسط Gao و همکاران ۲۰۱۴ مورد بررسی قرار گرفت. از سوی دیگر در رابطه با مدل‌سازی توزیع جغرافیایی و عوامل موثر بر مطلوبیت زیستگاه گونه جربیل بزرگ در کشور مطالعه‌ای انجام نشده است. در مطالعه حاضر، جمع‌آوری اطلاعات مکانی و محیطی (منابع فیزیکی، زیستی و انسان ساخت) مربوط به این گونه در استان گلستان به عنوان یکی از مناطق بزرگ پراکنش جربیل بزرگ در ایران (۳۱، ۳۴ و ۳۵) انجام شد. بر اساس تحلیل آماری روابط عوامل محیطی و اطلاعات پراکنش گونه، مدل مطلوبیت زیستگاه و توزیع جغرافیایی گونه مذکور با استفاده از رویکرد الگوریتم بیشینه آنتروپی تعیین و نقشه آن تهیه شد. هدف از این مدل‌سازی، تعیین عوامل موثر بر انتخاب، مطلوبیت زیستگاه و توزیع گونه در منطقه مورد مطالعه می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

استان گلستان در محدوده جغرافیایی ۵۴ تا ۵۶ درجه طول شرقی و ۳۶/۳۰ تا ۳۸/۱۵ درجه عرض شمالی واقع شده و از شمال به جمهوری ترکمنستان، از شرق به استان خراسان شمالی، از جنوب و جنوب شرقی به استان سمنان و از غرب به استان مازندران، خلیج گرگان و دریای کاسپین منتهی می‌شود. این استان به سه ناحیه ناهموار تقسیم می‌شود: ناحیه کوهستانی، ناحیه کوهپایه‌ای، ناحیه جلگه‌ای و اراضی پست. در ناحیه جلگه‌ای، دو نوع آب و هوا دیده می‌شود. یک سوم این ناحیه آب و هوای معتدلی دارد و شبیه به یک نوار سبز بین ناحیه کوهستانی در جنوب و نواحی خشک و نیمه‌خشک در شمال واقع می‌شود. دو سوم دیگر این ناحیه دارای آب و هوای خشک و نیمه‌خشک هستند. گلستان به دلیل پوشش گیاهی متنوع، به زیستگاه‌های مناسبی برای پستانداران مختلف تبدیل شده است. در مناطق جنگلی، می‌توان مرال و شوکا را مشاهده کرد، در نواحی استپی، قوچ و میش و در مناطق صخره‌ای کل و بز زندگی می‌کنند. به علاوه، پلنگ، گراز، خرس قهوه‌ای، گرگ، شغال، گربه وحشی، جنگلی و پالاس، روباه، خرگوش و خارپشت از جمله پستانداران این منطقه هستند. جربیل‌ها و جردها نیز در نواحی جلگه‌ای و در اطراف تالاب‌های شمال استان زیست می‌کنند (۳۶).

روش کار

در این تحقیق، از رویکرد بیشینه آنتروپی برای مدل‌سازی توزیع جغرافیایی جربیل بزرگ و تحلیل عوامل محیطی موثر بر مطلوبیت زیستگاه این گونه استفاده شد. اصل

بیشینه آنتروپی به ما توصیه می‌کند که توزیعی با حداکثر آشفتگی را برای برآورد یک توزیع نامعلوم انتخاب کنیم. این موضوع در مطالعات بوم شناسی یعنی انتخاب توزیع یکنواخت. استفاده از این اصل در مدل سازی زیستگاه به انتخاب توزیعی نزدیک به واقعیت منتهی می شود که حداکثر فاصله بین افراد گونه را دارد. برای مدل‌سازی توزیع گونه‌ها، رویکرد بیشینه آنتروپی نهادینه شده در نرم‌افزار MaxEnt از داده های فقط حضور گونه‌ها استفاده می‌کند. این مدل برای هر گونه توسط مجموعه‌ای از متغیرهای محیطی و نقاط حضور گونه به دست می‌آید و مطلوبیت هر سلول در زیستگاه به عنوان تابعی از متغیرهای محیطی بیان می‌شود. ارزش بالای هر سلول نمایانگر شرایط مطلوب برای زیست گونه است. مدل محاسبه شده توانایی پیش‌بینی توزیع جمعیت در تمامی سلول ها را دارد و توزیع منتخب نزدیک به واقعیت است که برای هر متغیر این وضعیت وجود دارد.

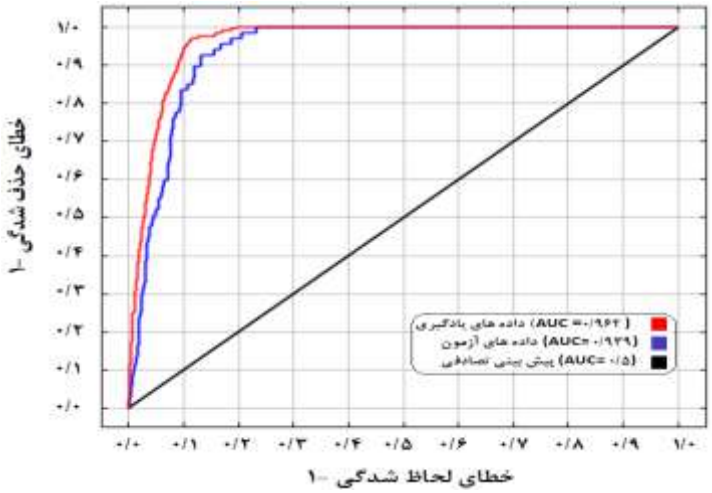
به منظور بررسی حضور جربیل بزرگ در سطح استان گلستان، برای تهیه نقشه توزیع جغرافیایی و مطلوبیت زیستگاه این گونه، در طی فصل بهار ۱۳۹۲ اقدام به بازدید و پیمایش کل استان گلستان و به خصوص مناطقی که به عنوان زیستگاه جربیل بزرگ معرفی شده بود، شد (۳۱، ۳۴ و ۳۵). بدین منظور از طرح طبقه‌بندی تصادفی تعمیم یافته (Generalized Random-Tessellation Stratified design) برای برداشت نقاط حضور استفاده شد (۳۸). بدین‌منظور، ابتدا کل استان گلستان به شبکه سلول‌های مربع‌ای با اضلاع ۲۵ کیلومتر تقسیم شد (۳۹). سپس آن دسته از شبکه‌هایی که بر اساس منابع ذکر شده و بررسی‌های میدانی، جربیل بزرگ در آن حضور نداشت از پایش حذف شد. با این عمل حدود ۹ شبکه ۲۵ کیلومتری برای پایش باقی ماند. در مرحله بعدی هر یک از این واحدهای ۲۵ کیلومتری به شبکه‌های مربع‌ای با اضلاع ۴۰۰ متری تقسیم شدند. اندازه این اضلاع بر اساس تحرک روزانه جربیل بزرگ انتخاب شد (۴۰ و ۴۱). سپس در هر یک از این واحدها با رعایت فاصله به شعاع ۴۰۰ متر از نمونه ثبت شده قبلی، نقطه جدید حضور جربیل بزرگ با دستگاه GPS ثبت شد. در مجموع ۲۷۲ نقطه از حضور جربیل بزرگ به دست آمد.

جهت بررسی توزیع جغرافیایی و مطلوبیت زیستگاه این گونه، از متغیرهای مستقل زیستگاهی (لایه) شیب، جهت و ارتفاع استفاده شد. این متغیرها از لایه رقومی ارتفاع به دست آمدند. از متغیرهای تیپ گیاهی استان گلستان، شاخص نرمال شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI)، اقلیم، تیپ خاک، کاربری اراضی و لایه‌های فاصله‌ای شامل؛ فاصله از شهر، روستا، چشمه، رودخانه، آبراهه و جاده نیز برای مدل سازی استفاده شد. تمامی متغیرهای محیطی مورد استفاده در این مطالعه از اداره کل حفاظت محیط زیست گلستان تهیه شد. کلیه لایه‌های محیطی به ابعاد سلولی ۸۰ متری در نرم‌افزار ArcGIS 10.2 به فرمت رستری تبدیل شدند و بعد از یکسان کردن مرزها، ردیف‌ها و ستون‌ها، به منظور ورود به نرم‌افزار MaxEnt به فرمت استاندارد (ASCII) تبدیل شدند. قبل از شروع تحلیل نرم‌افزاری، همبستگی بین متغیرها بررسی شد. اگر همبستگی بیشتر از ۰/۸ بود، یکی از متغیرها از مدل حذف می‌گردید. با این حال، هیچ یک از متغیرها همبستگی بیشتر از ۰/۸ نداشتند، بنابراین تمامی متغیرها در مدل‌سازی به کار رفتند.

مدل نهایی ارزیابی مطلوبیت زیستگاه و توزیع جغرافیایی گونه با بهره‌گیری از نقاط حضور به دست آمد. در این تحقیق، ۷۵٪ از نقاط برای ساخت مدل و ۲۵٪ باقی‌مانده برای ارزیابی مدل استفاده شد. جهت انجام تحلیل اهمیت هر متغیر محیطی در تهیه مدل، از آزمون جک‌نایف (۴۲) بهره برده شد و برای ارزیابی کیفیت کلی مدل از تحلیل منحنی ROC (۴۳) و میزان AUC (۴۴) استفاده شد. در نهایت نقشه نهایی حضور و توزیع جغرافیایی جربیل بزرگ با استفاده از نرم افزار ArcGIS 10.2 تهیه شد.

نتایج

بررسی‌ها با استفاده از مدل MaxEnt، دو منحنی ROC بر اساس داده‌های یادگیری (آموزش) و آزمون (ارزیابی) تولید می‌کند (شکل ۱). تجزیه و تحلیل این منحنی‌های ROC براساس گزارش Giovanelli و همکاران (۲۰۱۰)، انجام شد که بیان می‌کند AUC با امتیاز ۱، ۰/۵، بین ۰/۷ تا ۰/۸، بین ۰/۸ تا ۰/۹ و بیش از ۰/۹ به ترتیب نشان دهنده پیش‌بینی کامل و بدون حذف هیچ‌کدام از نقاط حضور، پیش‌بینی تصادفی، مدل خوب، مدل عالی و بسیار عالی مدل است (۳۷). شکل ۱، مقادیر سطح زیر منحنی برابر ۰/۹۶۲ و ۰/۹۶۳ را به ترتیب برای داده‌های یادگیری و آزمون نشان داد که بیان‌گر پیش‌بینی بسیار عالی مدل است (binomial tests, p<۰.۰۰۱).



شکل ۱- منحنی ROC و مقادیر AUC مدل توزیع و مطلوبیت زیستگاه جربیل بزرگ در استان گلستان

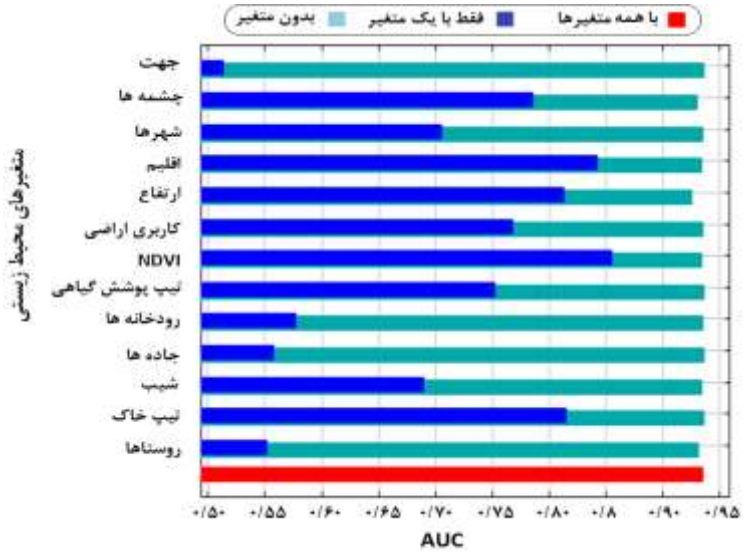
Figure 1. ROC curve and AUC values of distribution and habitat suitabality model of the great gerbil in Golestan province

سهم نسبی هر کدام از متغیرهای محیطی در پیش‌بینی، با استفاده از نرم‌افزار MaxEnt و آزمون جک‌نایف در توسعه مدل توزیع و مطلوبیت زیستگاه جربیل بزرگ در استان گلستان، تعیین شد. نتایج نشان داد، متغیر ارتفاع با بالاترین سهم نسبی به عنوان مهم‌ترین عامل اثرگذار در توزیع جربیل بزرگ و تهیه نقشه پیش‌بینی بود. اما بقیه متغیرها هر کدام سهمی بین ۱/۱ تا ۲۲/۳ امتیاز را داشتند (جدول ۱). این در حالی است که نتایج تجزیه و تحلیل آزمون جک‌نایف، سطح زیر منحنی برای متغیر NDVI را میزان بیشتری، نشان داد (شکل ۲) که حذف آن موجب کاهش شدید در AUC می‌شود. به عبارت دیگر چنانچه مدل‌سازی تنها بر اساس وجود یک متغیر انجام شود، مهم‌ترین متغیر NDVI است که می‌تواند AUC حدود ۰/۸۲ را ایجاد کند (شکل ۲).

جدول ۱- سهم نسبی هر کدام از متغیرهای محیطی در تخمین توزیع و مطلوبیت زیستگاه جربیل بزرگ در استان گلستان

Table 1. The relative predictive contribution of each environmental variable in estimating the distribution and habitat suitabality of the great gerbil in Golestan province

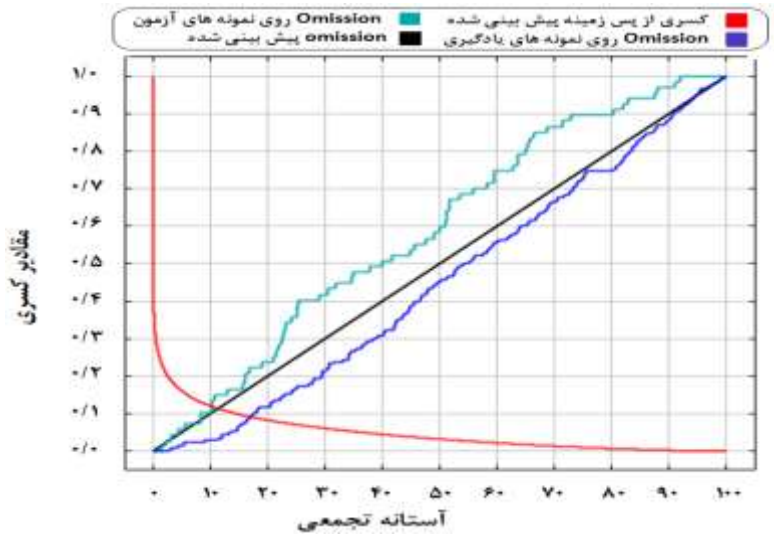
ردیف	متغیرها	سهم نسبی متغیرها	ردیف	متغیرها	سهم نسبی متغیرها
۱	ارتفاع	۲۸/۱	۸	شیب	۲/۸
۲	NDVI	۲۲/۳	۹	تیپ پوشش گیاهی	۲/۷
۳	تیپ خاک	۱۲	۱۰	فاصله از رودخانه و آبراهه‌ها	۲/۴
۴	اقلیم	۱۰/۱	۱۱	کاربری اراضی	۱/۲
۵	فاصله از چشمه	۶/۹	۱۲	فاصله از جاده	۱/۲
۶	فاصله از روستا	۴/۵	۱۳	جهت	۱/۱
۷	فاصله از شهر	۳/۸	-	-	-



شکل ۲- آزمون جک نایف برای اهمیت متغیر در مدل مکسنت توزیع و مطلوبیت زیستگاه جربیل بزرگ در استان گلستان

Figure 2. The Jackknife test for variable importance in the Maxent model of the great gerbil distribution and habitat suitabality in Golestan province

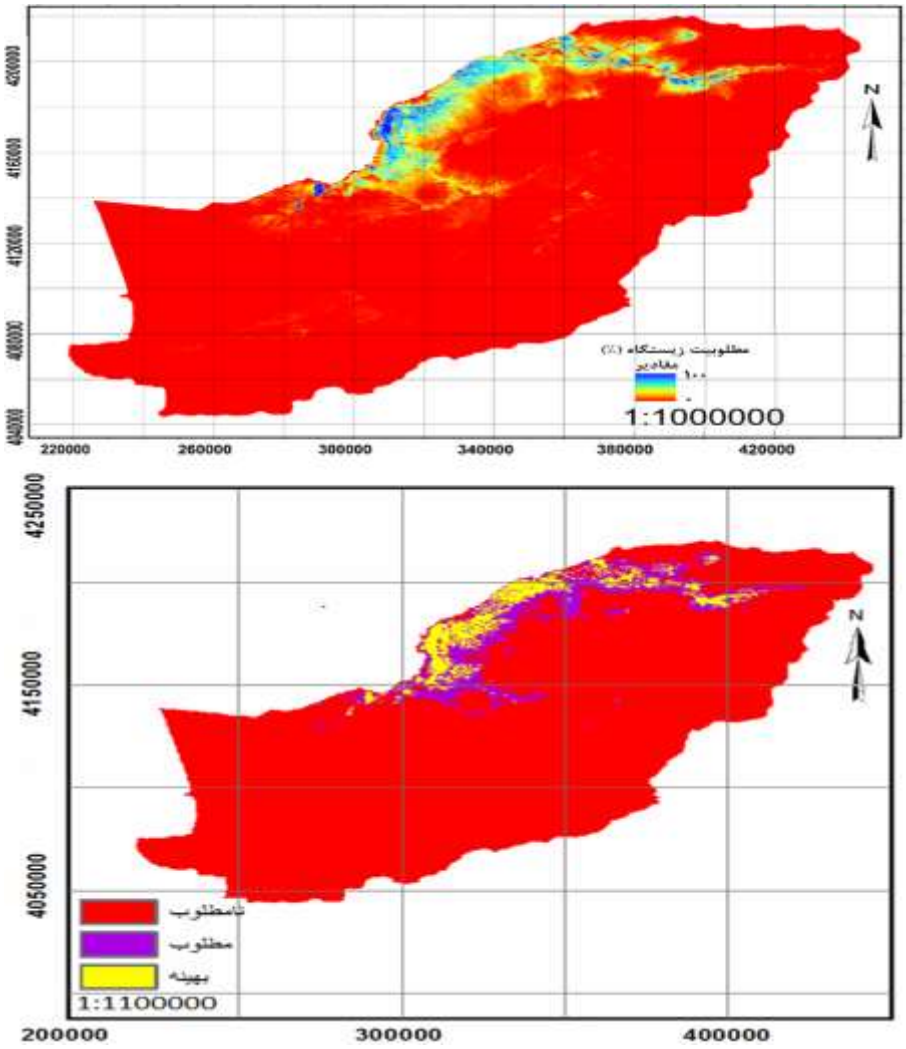
از آنجایی‌که احتمال دارد گونه در یک مکان حضور داشته باشد ولی مدل بیان کند که گونه در آنجا نیست، بررسی میزان خطای Omission برای هر یک از داده‌های ارزیابی و آموزش انجام شد. نتایج نشان داد میزان خطای Omission برای داده‌های آموزش کم‌تر از داده‌های ارزیابی بود (شکل ۳). همچنین تحلیل خطای Omission به عنوان تابعی از آستانه تجمعی، نشان داد که نرخ Omission به نرخ پیش‌بینی نزدیک بود که بیان می‌کند که این مدل، احتمال حضور گونه در یک مکان را به خوبی پیش‌بینی کرده است. این نتیجه نشان می‌دهد که کارایی این مدل برای استفاده در سایر مطالعات بالا است.



شکل ۳- نمودار خطای Omission برای حضور جربیل بزرگ در استان گلستان: در این نمودار خطوط سیاه، سبز و آبی به ترتیب نشان‌دهنده میزان خطای صفر؛ میزان خطا برای داده‌های ارزیابی و آموزش است. بر این اساس، هر چه خطوط سبز و آبی به سیاه نزدیک و زیر آن باشد، میزان خطا کم‌تر و نتیجه مطلوب‌تر است.

Figure 3. Omission error curve for the presence of the great gerbil in Golestan province: In this curve, the black, green, blue lines indicate the amount of zero error; the error rate for the train and test data, respectively. Based on this, the closer the green and blue lines are to the black one, and underneath it, the lower the error and the more desirable the result.

با استفاده از مدل بیشینه آنتروپی، نقشه مطلوبیت زیستگاه و توزیع بالقوه جربیل بزرگ، با محدوده مطلوبیت از ۰ تا ۱۰۰ درصد و همچنین برای درک بیشتر نقشه سه طبقه‌ای نامطلوب، مطلوب و بهینه تهیه شد (شکل ۴). این نقشه، بر اساس نقاط حضور و متغیرهای محیط‌زیستی نشان داد که بهترین مکان پیش‌بینی شده برای مطلوبیت زیستگاه جربیل بزرگ، مناطق شمالی استان گلستان در ترکمن صحرا است. با توجه به نتایج به دست آمده از مدل، نواحی دارای احتمال حضور بین صفر تا ۳۱ درصد، ۳۱-۵۹ و ۵۹-۱۰۰ درصد به ترتیب به عنوان نواحی نامطلوب، مطلوب و نواحی بهینه زیستگاهی برای جربیل بزرگ طبقه‌بندی شدند.



شکل ۴- نقشه مطلوبیت زیستگاه و توزیع بالقوه جربیل بزرگ در استان گلستان

Figure 4. The potential distribution and habitat suitability map of the great gerbil in Golestan Province

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه و توزیع جربیل بزرگ در استان گلستان نشان داد که گستره وسیعی از این استان (حدود ۶/۲ درصد) به عنوان یک زیستگاه مطلوب و بهینه (در حدود ۳/۹ درصد) برای این گونه محسوب می شود (شکل ۴). از این میزان تنها وسعت اندکی در مناطقی قرار گرفته است که جزو مناطق چهارگانه سازمان حفاظت محیط‌زیست (از جمله تالاب آلاگل و آلماگل) می‌باشد. همان‌طور که از شکل ۴ مشخص است این مناطق جزو مناطقی با مطلوبیت بالا و بهینه می‌باشند. این عامل بیان‌گر این است که در این مناطق به دلیل حفاظت، کاهش فعالیت‌های انسانی، وجود پوشش گیاهی مناسب (به عنوان مواد غذایی) (۴۶) و مواردی از این قبیل، جربیل بزرگ توانسته این مناطق را به عنوان زیستگاه مطلوب خود ترجیح دهد. البته در مشاهدات صحرایی (میدانی)، نیز تراکم این گونه در واحد سطح در مناطق حفاظت شده بیشتر از سایر مناطق بود. اما با توجه به نتایج، مطلوب و یا نامطلوب بودن زیستگاه ارتباطی با حضور یا عدم حضور مناطق حفاظت شده ندا شت. زیرا زیستگاه‌های بهینه برای این گونه در سایر مناطق نیز تشخیص داده شد که نشان از مناسب بودن شرایط محیطی به نفع این گونه در این مناطق می‌باشد. قابل ذکر است که تمامی زیستگاه‌های مطلوب جربیل بزرگ، به صورت پیوسته و یکپارچه (شکل ۴) در شمال استان گلستان و در منطقه ترکمن صحرا واقع شده است که با پژوهش‌های پیشین مطابقت داشت (۱۲،

۳۱، ۳۴ و ۳۵). با توجه به این موضوع، به نظر می‌رسد که این منطقه از لحاظ متغیرهای محیطی برای گونه مورد مطالعه همگن و دارای شیب تغییرات اندکی است.

با توجه به نتایج، متغیرهای ارتفاع، NDVI، تیپ خاک و اقلیم مهم‌ترین عوامل محیطی موثر در مطلوبیت زیستگاه و پراکنش جربیل بزرگ، در منطقه مورد مطالعه بود (جدول ۱). جدول ۱ نشان داد که زیستگاه بهینه و مطلوب این گونه، محدوده ارتفاعی ۱۱- تا ۳۰۰ متر از سطح دریای آزاد می‌باشد که احتمال حضور بیشتر گونه در این نواحی را نشان می‌دهد. علارغم اینکه، پژوهشگرانی بیان کردند که جربیل بزرگ در کشت‌زارها، دشت‌های ناهموار، دامنه تپه‌های کوتاه در زیستگاه‌های مناطق بیابانی و نیمه بیابانی زیست می‌کنند (۱۹، ۳۸ و ۳۹)، Shar و همکاران (۲۰۰۸) بیان کردند که جربیل بزرگ محدوده ارتفاعی زیر ۹۰۰ متر را به عنوان زیستگاه مطلوب خود انتخاب می‌کند. Gao و همکاران (۲۰۱۴) که مطلوبیت زیستگاه جربیل بزرگ را در شین‌جیانگ چین مورد بررسی قرار دارند، بیان کردند که این گونه، ارتفاع ۲۰۰ تا ۶۰۰ متری با شیب ۰ تا ۳ درجه و عدم گرایش به جهت جغرافیایی خاص را به عنوان زیستگاه، ترجیح می‌دهد. بنابراین نتایج مطالعه حاضر نیز مانند سایر مطالعات نشان داد که این گونه، مناطق بیابانی و نیمه بیابانی با ارتفاع ۱۱- تا ۳۰۰ متر از سطح دریا، عدم گرایش به جهت جغرافیایی خاص و محدوده شیب ۰ تا ۵ درصد را در استان گلستان به عنوان زیستگاه انتخاب می‌کند. اهمیت بالای محدوده ارتفاعی، یک نوع انتخاب را برای گونه نشان می‌دهد. به‌طوریکه در محدوده ارتفاعی بالاتر یا پایین‌تر از این، ویژگی‌های بیولوژیکی و اکولوژیکی محیط (مواردی از قبیل دما، پوشش گیاهی) تغییر می‌کند و گونه قادر به زیست در خارج از محدوده ارتفاعی مدنظر نمی‌باشد.

دومین پارامتر مهم در تعیین مطلوبیت زیستگاه جربیل بزرگ در منطقه مورد مطالعه NDVI بود (جدول ۱). که بر اساس آزمون جک‌نایف این متغیر به عنوان مهم‌ترین عامل در مطلوبیت زیستگاه این گونه است. دامنه مقادیر NDVI بین ۱- تا ۱ می‌باشد و تفاوت در این مقادیر معانی متفاوتی دارد. هنگامی که مقادیر آن کمتر از صفر باشد نوع پوشش زمین ابر، آب، برف و مواردی از این قبیل می‌باشد. هنگامی که مقادیر برابر با صفر است تیپ پوشش زمین ممکن است صخره یا خاک لخت باشد. هنگامی که مقادیر بیشتر از صفر می‌باشد نشان دهنده وجود پوشش گیاهی است و مقادیر بالاتر نیز نشان دهنده وجود پوشش گیاهی بیشتر است. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد، هنگامی که مقادیر NDVI از صفر افزایش می‌یافت، مطلوبیت زیستگاه جربیل بزرگ نیز افزایش می‌یافت. زیستگاه‌های بهینه برای این گونه از لحاظ NDVI در محدوده ۰/۱۱ تا ۰/۴۲۹ بود، اما با افزایش و کاهش این دامنه زیستگاه جربیل بزرگ رفته‌رفته به ترتیب مطلوب و نامطلوب می‌شد. به عبارت دیگر، این نتایج نشان می‌دهد که این گونه مناطق با تراکم گیاهی کم تا متوسط را ترجیح می‌دهد، که اشاره به اهمیت پوشش گیاهی برای این گونه دارد. در مطالعه Gao و همکاران (۲۰۱۴) نیز بیان شد که با افزایش مقادیر NDVI از کم (۰/۱۶۴) تا متوسط (۰/۵۲۱) مشاهدات جربیل بزرگ بیشتر می‌شد و بیشتر از این میزان، هیچ جربیلی مشاهده نمی‌شد. همچنین Shar و همکاران (۲۰۰۸) نیز نشان دادند که زیستگاه این گونه با مناطقی دارای پوشش گیاهی پراکنده و تیپ گیاه تاغ، همپوشانی دارد. نتایج ما نیز نشان داد جربیل بزرگ، در مناطق بیابانی و نیمه بیابانی، که دارای پوشش گیاهی پراکنده هستند، زیست می‌کند و از گیاهان این مناطق تغذیه می‌کند. از آنجا که جربیل بزرگ به گونه‌های گیاهی زیادی از مناطق نیمه بیابانی و بیابانی وابسته است (مانند ساقه، برگ و شاخه‌های درختچه‌های سیاه‌تاغ، گز، اسکنیل، اشک، علف شور، خارشتر؛ ۱۸ و ۲۰)، انتخاب مناطق با مقادیر NDVI کم تا نسبتاً متوسط، احتمالاً با رژیم غذایی این گونه ارتباط دارد که وابسته به گیاهان بیابانی و نیمه بیابانی است (۳۲). سومین پارامتر در مطلوبیت زیستگاه جربیل بزرگ، تیپ خاک بود. نتایج حاصل از مدل بیشینه آنتروپی نشان داد که این گونه در استان گلستان در زیستگاه‌هایی زیست می‌کند که دارای خاک‌هایی با تیپ رسی-لومی، رسی، سازند خوش‌ییلاق و قسمت اندکی از زیستگاه‌های آن دارای خاک رسی‌لومی-سیلتی رسی لومی می‌باشد. جربیل بزرگ یک گونه‌ای نقب‌زن می‌باشد که لانه‌های خود را در زیر زمین و با عمق زیاد و راهروهای فراوان می‌سازد (۱۷و ۲۷). بنابراین این گونه بسیار وابسته به خاک‌های نرم و با قابلیت بالای نقب زدن به منظور ساختن لانه،

پناه و ذخیره‌سازی مواد غذایی می‌باشند. به همین دلیل این گونه بیشتر تیپ‌های خاک بیان شده در بالا را ترجیح می‌دهند. Muler و همکاران (۲۰۰۵) نیز بیان کردند که این گونه در جنوب آسیا، در باغ‌های سیب و خاکریزها و تپه‌های رسی-شنی، شنی و ماسه‌ای زیست می‌کنند. همچنین Nowak (۱۹۹۹) نیز بیان کرد که جربیل بزرگ در بیابان‌ها و کویرهایی با بافت خاک شنی ریز و رسی و همچنین در مزارع کشاورزی نیز زندگی می‌کنند. اقلیم نیز یکی دیگر از متغیرهای محیطی بود که بسیار موثر بر مطلوبیت زیستگاه و پراکنش این گونه بود. بخش زیادی از زیستگاه مطلوب و بهینه این گونه در مناطق خشک نیمه بیابانی شمال این استان و بخش اندکی از آن در مناطق نیمه‌خشک نیمه‌بیابانی شمال شرق استان گلستان بود (شکل ۴). این گونه بیشتر مناطقی را ترجیح داد که میزان بارندگی سالانه بین ۱۰۰ (میزان بارندگی سالانه ۱۰۰ تا ۲۵۰ میلی‌متر مربوط به مناطق خشک این استان بود که بیشترین مساحت زیستگاه‌های مطلوب و بهینه را در بر داشت) تا ۴۵۰ میلی‌متر (میزان بارندگی سالانه ۲۵۰ تا ۴۵۰ میلی‌متر مربوط به مناطق نیمه‌خشک این استان بود که کمترین مساحت زیستگاه‌های مطلوب و بهینه را در بر داشت) و میانگین دمای سالانه بین ۷/۵ تا ۲۹/۵ درجه سانتیگراد بود. نتایج نشان داد که این گونه در سخت‌ترین شرایط اقلیمی استان گلستان زیست می‌کند. همچنین بیان شده است که به طور کلی، اقلیم مناطقی که جربیل بزرگ قابلیت زیست در آن را دارد بسیار سخت می‌باشد. دارای تابستان‌های گرم و خشک و زمستان‌های سرد و بادی و بدون برف است (۱۷). این حالت اقلیمی برای این گونه که در نقب زندگی می‌کند و غذاهای خود را در آن ذخیره می‌کند، بسیار مناسب می‌باشد (به دلیل جلوگیری از آبگیری نقب‌ها و فساد مواد غذایی ذخیره شده در آن و مواردی از این قبیل). نتایج حاصل از این مطالعه با نتایج بررسی Gao و همکاران (۲۰۱۴) مطابقت داشت که بیان کردند، در مناطقی که میانگین دمای سالانه آن بین ۵ تا ۱۱ درجه سانتیگراد و میانگین بارندگی سالیانه ۱۲۰ تا ۲۰۰ میلی‌متر بود، تعداد جربیل بزرگ بیشتری به ثبت رسیده بود.

در نهایت با توجه به نتایج به دست آمده حدود ۱۸۳۳۷۷۴ هکتار از مساحت استان گلستان به عنوان زیستگاه نامطلوب، ۱۲۶۴۰۰ هکتار به عنوان زیستگاه مطلوب و ۷۹۱۹۱ هتکار به عنوان زیستگاه‌های بهینه جربیل بزرگ، جمعاً به میزان ۱۰/۱ درصد از سطح استان گلستان، مورد شناسایی قرار گرفت. علاوه‌بر این، با توجه به شکل ۴، می‌توان نتیجه گرفت که زیستگاه‌های جربیل بزرگ در منطقه ترکمن صحرا در استان گلستان به صورت همگن و پیوسته می‌باشد و جدایی زیستگاهی قابل توجهی در آن مشاهده نگردید.

References

1. Riva, F. and Fahrig, L., 2022. Landscape-scale habitat fragmentation is positively related to biodiversity, despite patch-scale ecosystem decay. Ecology Letters. Vol. 26, No. 2, pp:268-277.
2. Mancini, G., Benítez-López, A., Di Marco, M., Pacifici, M., Rondinini, C. and Santini, L., 2023. Synergistic effects of habitat fragmentation and hunting on the extinction risk of neotropical primates. Biodiversity and Conservation. pp: 1-15. https://doi.org/10.1007/s10531-023-02623-w
3. Heinrichs, J.A., Bender, D.J., Gummerb, D.L. and Schumaker, N.H., 2010. Assessing critical habitat: Evaluating the relative contribution of habitats to population persistence. Biological Conservation. Vol. 143, pp: 2229-2237.
4. Margules, C.R. and Pressey, R.L., 2000. Systematic conservation

planning. Nature. Vol. 405, pp: 243-253.

5. Ortega-Huerta, M.A. and Peterson, A.T., 2004. Modelling spatial patterns of biodiversity for conservation prioritization in North-eastern Mexico. Diversity and Distributions. Vol. 10, pp: 39-54.
6. Sánchez-Cordero, V., Cirelli, V., Munguía, M. and Sarkar, S., 2005. Place prioritization for biodiversity content using species ecological niche modeling. Biodiversity Information. Vol. 2, pp: 11-23.
7. Graham, C.H., Ferrier, S., Huettman, F., Moritz, C. and Peterson, A.T., 2004. New developments in museum-based informatics and application in biodiversity analysis. Trends in Ecology and Evolution. Vol. 19, pp: 497-503.
8. Zaniewski, A.E., Lehmann, A. and Overton, J.M., 2002. Predicting species spatial distributions using presence-only data: a case study of native New Zealand ferns. Ecological Modelling. Vol. 157, pp: 261–280.
9. Elith, J., Graham, C.H., Anderson, R.P., Dudík, M., Ferrier, S., Guisan, A., Hijmans, R.J., Huettmann, F., Leathwick, J.R., Leahmann., A., Li, J., Lohmann, L.G., Loiselle, B.A., Manion, G., Moritz, C., Nakamura, M., Nakazawa, Y., Overton, J.M., Peterson, A.T., Phillips, S.J., Richardson, K., Scachetti-Pereira, R., Schapire, R.E., Soberón, J., Williams, S., Wisz, M.S. and Zimmermann, N.E., 2006. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. Ecography. Vol. 29, pp: 129-151.
10. Hirzel, A.H., Helfer, V. and Metral, F., 2001. Assessing habitat-suitability models with a virtual species. Ecological Modelling. Vol. 145, pp: 111-121.
11. Bedia, J., Busqué, J., and Gutiérrez, J.M., 2011. Predicting plant species distribution across an alpine rangeland in northern Spain: a comparison of probabilistic methods. Applied Vegetation Science. Vol. 14, pp : 415-432.
12. Ziaei, H., 2008. A field guide to the mammals of Iran, second ed. Iran Wildlife Center, Tehran, Iran. (In Persian)
13. Doroudgar, A. and Dehghani, R., 2000. A study of wild rodents' fauna and their biological activities (Cutaneous Leishmaniasis reservoirs) in the desert region of Kashan, 1996. Feyz, Kashan University of Medical Sciences & Health Services. Vol. 15, pp: 56-64.
14. Jafari, R., Mohebali, M., Dehghan Dehnavi, A.R., Soleymani, H., Akhavan, A.A., Hajaran, H., Dehghan Shadkam, A. and Fatahi, J., 2007. Journal of Shahid Sadoughi University of Medical Sciences. Vol. 15, No. 2, pp: 76-83. (In Persian)
15. Ahmadpour, M., Moradi, H.V., Rezaei, H.R., Oshaghi, M.A., Hapeman, P. and Hosseinzadeh Colagar, A., 2020. Genetic diversity and structure of the Great Gerbil, Rhombomys opimus, in Iran (Mammalia: Rodentia). Zoology in the Middle East. Vol. 66, No. 1, pp:1-12.
16. Ahmadpour, M., Shokri, S., Varasteh-Moradi, H., Waltert, M., Khorozyan, I. and Soofi, M., 2021. The occurrence of rare corsac fox (*Vulpes corsac*) in Iran is mainly determined by prey presence and land use. Journal of Arid Environments. Vol. 189, p:104475.
17. Shar, S., Lkhagvasuren, D. and Molur, S., 2008. *Rhombomys opimus*. The

IUCN red list of threatened species: e.T19686A9003460.

18. Zhao, T.B., Wu, J.P., Zhang, Z.B., Zhang, C.F. and Qi, L., 2001. Preliminary observation on some habits of *Rhombomys Opimus*. Journal of Inner Mongolia Normal University. Vol. 30, pp: 57-60.
19. Wang, S.B. and Yang, G.Y., 1983. Rodent fauna of Xinjiang. Xinjiang People's Publishing House, Urumqi. pp: 164-167.
20. Zhang, S.L., Kou, M.J., Bing, J.C., Niu, B. and Wang, Z.Y., 2001. Investigation of forest rodents' fauna in Gansu Province. Forest pest and disease. Vol. 6, pp: 26-28.
21. Nannizzi, M., 2002. "*Rhombomys opimus*" (On-line), Animal Diversity Web, Accessed June 16, 2016. See information in: http://animaldiversity.org/accounts/Rhombomys_opimus/.
22. Jiang, H.P., Wu, N. and Yang, W.K., 2007. Effects of *Rhombomys opimus* on microbial quantity, soil moisture content and soil nutrient content in a desert. Arid Zone Research. Vol. 24, pp: 187-192.
23. Yang, W.K., Jiang, H.P., Wang, X.Q. and Xu, W.X., 2009. Disturbance effects of *Rhombomys opinums* on desert plant community in Gurbantonggut. Chinese Journal of Ecology. Vol. 28, pp: 2020-2025.
24. Pollitzer, R., 1966. Plague and plague control in the Soviet Union, Bronx, NY: Fordham University.
25. Gage, K.L. and Kosoy, M.Y., 2004. Natural history of plague: perspectives from more than a century of research. Annual Review Entomology. Vol. 50, pp: 505-528.
26. Macdonald, D., 1984. The encyclopedia of mammals, New York: Fact on File Publications.
27. Nowak, R., 1999. Walkers mammals of the world, sixth edition, Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press.
28. Mapelli, F.J. and Kittlein, M.J., 2009. Influence of patch and landscape characteristics on the distribution of the subterranean rodent *Ctenomys porteousi*. Landscape Ecology. Vol. 24, pp: 723-733.
29. Hoshino, B., Ganzorig, s., Sawamukai, M., Kawashima, K., Baba, K., Kai, K. and Nurtazin, S., 2014. The impact of land cover change on patterns of zoogeomorphological influence: Case study of zoogeomorphic activity of *Microtus brandti* and its role in degradation of Mongolian steppe. IGARSS. Vol. 978, pp: 3518-3521.
30. Bean, W.T., Prugh, L.R., Stafford, R., Butterfield, H.S., Westphal, M. and Brashares, J.S., 2014. Species distribution models of an endangered rodent offer conflicting measures of habitat quality at multiple scales. Journal of Applied Ecology. Vol. 51, pp: 1116-1125.
31. Lay, D.M., 1967. A study of the mammals of Iran resulting from the street expedition of 1962–63. Field Zoology. V. 54, pp: 1-282.
32. Wei, L., Wenxuan, X., Weikang, Y., Cong, G., David, B., Canjun, X., Jie, L., Feng, X. and Honghai, Q., 2012. Food habits of the great gerbil (*Rhombomys opimus*) in the southern Gurbantunggut Desert, Xinjiang, China. Pakistan Journal of Zoology. Vol. 44, pp: 931-936.
33. Gao, M., Li, Q., Cao, C. and Wang, J., 2014. Spatial distribution and

ecological environment analysis of great gerbil in Xinjiang Plague epidemic foci based on remote sensing. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Vol. 17, pp: 1-6.

34. Siahsarvie, R. and Darvish, J., 2007. Rodents diversity of central desert of Iranian plateau. Hystrix 18 (N. S.), Supplement 1, pp : 168.
35. Misonne, X., 1959. Analysis zoogeographique des mammiferes de l' Iran. Memoires de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique, Deuxième Série. Vol. 59, pp : 1-157.
36. Golestan province., 2016. Natural geography of the province. See information in: http://golestanp.ir/moarefi.html. (In Persian)
37. Phillips, S.J., Anderson, R.P. and Schapire, R.E., 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. Ecological Modeling Vol. 190, pp: 231-259.
38. Stevens, D.L. and Olsen A. R., 2004. Spatially Balanced Sampling of Natural Resources. Journal of the American Statistical Association. Vol. 465, pp: 262-278.
39. Scott, D.A., 2007. A review of the status of the breeding waterbirds in Iran in the 1970s. Podoces. Vol. 2, pp: 1-21.
40. Rothschild, V.E., 1978. Spatial structure of plague natural focus and methods of its study. Publishing House of Moscow University, Moscow, Russia.
41. Randall, J.A. and Rogovin, K.A. 2002. Variation in and meaning of alarmcalls in a social desert rodent *Rhombomys opimus*. Ethology. Vol. 108, pp: 513-527.
42. Kearney, M. and Porter, W.P., 2009. Mechanistic niche modelling: combining physiological and spatial data to predict species' ranges. Ecology Letters. Vol. 12, pp: 334-350.
43. Khaleghizadeh, A. and Javidkar, M., 2007. Past and present population and rodent diet of the Lesser Kestrel (*Falco Naumanni*) in northern Iran. Falco. Vol. 29, pp: 12-16.
44. Parr, S., Collin, P., Silk, S., Wilbraham, J., Williams, N.P. and Yarar, M., 1995. A baseline survey of Lesser Kestrels *Falco naumanni* in central Turkey. Bilogical Conservation. Vol. 72, pp : 45-53.
45. Giovanelli, J.G.R., De Siqueira, M.F., Haddad, C.F. B. and Alexandrino, J., 2010. Modeling a spatially restricted distribution in the Neotropics: how the size of calibration area affects the performance of five presence-only methods, Ecological Modelling. Vol. 221, pp: 215-224.
46. Soofi, M., Ghoddousi, A., Zeppenfeld, T., Shokri, S., Soufi, M., Egli, L., Jafari, A., Ahmadpour, M., Qashqaei, A., Ghadirian, T. and Filla, M., 2019. Assessing the relationship between illegal hunting of ungulates, wild prey occurrence and livestock depredation rate by large carnivores. Journal of Applied Ecology. Vol. 56, No. 2, pp: 365-374.
47. Molur, S., Srinivasulu, C., Srinivasulu, B., Walker, S., Nameer, P.O. and Ravikumar, L., 2005. Status of non-volant small mammals. Conservation Assessment and Manage ment Plan (CAMP) Workshop Report, Coimbatore, India.