

ارزیابی گستره انتشار و لکه‌های زیستگاهی مطلوب خفاش دم موشی بزرگ (*Rhinopoma*)*microphyllum* (Brünnich 1782) با استفاده از مدل بی‌نظمی بیشینه در ایران

مریم شامحمدی، وحید اکملی\* و پیمان کرمی

ایران، کرمانشاه، دانشگاه رازی، دانشکده علوم، گروه زیست‌شناسی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۲/۲۵



## چکیده

خفاش‌ها با دامنه انتشار وسیع به‌عنوان یکی از مهم‌ترین شناساگرهای تغییرات محیطی به‌شمار می‌آیند. در این مطالعه گستره توزیع و لکه‌های زیستگاهی مطلوب خفاش دم‌موشی بزرگ (*Rhinopoma microphyllum*) در کشور ایران مورد بررسی قرار گرفت. در این راستا ابتدا نقاط حضور گونه در سطح کشور جمع‌آوری گردید و سپس با استفاده از مدل توزیع بی‌نظمی بیشینه (MaxEnt) مدل‌سازی انجام گرفت. متغیرهای زیستگاهی مورد استفاده در این مطالعه تلفیقی از متغیرهای اقلیمی، انسانی، گیاهی و توپوگرافی است. به‌منظور اجرای مدل از بایاس در انتخاب نقاط شبه عدم حضور پس‌زمینه با استفاده از تابع تراکم کرنل در شعاع ۵۰ کیلومتری نقاط حضور استفاده شد. مدل در ۱۰ تکرار اجرا شد و نقشه میانگین پیش‌بینی‌ها به‌عنوان نقشه نهایی تحلیل گردید. به‌منظور شناسایی لکه‌های زیستگاهی از حد آستانه TSS استفاده شد. بر اساس نتایج، مدل در میانگین اجراها موفق بوده (۰/۹۰) و در تمام حد آستانه‌ها با مدل تصادفی تفاوت دارد ( $P\text{-value} < 0/001$ ). بر اساس تحلیل جک نایف متغیرهای مربوط به پوشش گیاهی، سپس متغیرهای اقلیمی و در نهایت متغیرهای توپوگرافی بر روی توزیع گونه اثر داشته‌اند. تعداد ۳۰ لکه زیستگاهی شناسایی گردید که بزرگ‌ترین آنها از قسمت جنوب آغاز شده و تا بخش‌های غربی کشور را می‌پوشاند، سایر لکه‌های توزیع به‌صورت پراکنده و منفصل در بخش‌های جنوب شرقی و مرکزی کشور پراکنده شده‌اند. مساحت لکه‌ها از ۰/۴ تا ۲۲۱ کیلومتر مربع به‌عنوان کوچک‌ترین لکه تا ۲۱۹۴۱۶/۷۸ کیلومتر مربع به‌عنوان بزرگ‌ترین لکه متغیر است و در مجموع ۱۵/۹ درصد از مساحت کشور را در بر گرفته‌اند.

واژه‌های کلیدی: توزیع، مدل‌سازی، خفاش دم موشی، زاگرس، بی‌نظمی بیشینه

\* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۳۵۲۲۱۵۲۷۰، پست الکترونیکی: [v\\_akmali@razi.ac.ir](mailto:v_akmali@razi.ac.ir)

## مقدمه

*microphyllum* یکی از گونه‌های خفاش‌های خانواده Rhinopomatidae است که در نواحی خشک و نیمه خشک دنیای قدیم از شمال آفریقا تا شرق تایلند و سوماترا و خاورمیانه یافت می‌شود. منطقه پراکنش این خفاش، مصر، سودان، الجزایر، مراکش، نیجریه، فلسطین، اشغالی، اردن، لبنان، شبه‌جزیره عربستان، افغانستان، پاکستان، ایران و هند است (۷، ۹، ۱۲). حضور این خفاش در ایران از سواحل خلیج فارس و نواحی خشک مجاور آن گزارش شده است. این گونه در سرتاسر کوه‌های گرم و

خفاش‌ها به‌عنوان پستانداران پرنده، دومین راسته بزرگ بعد از جونندگان می‌باشند. این گروه به‌خاطر داشتن قدرت پرواز و پژوهاک جایابی دارای تنوع گسترده‌ای می‌باشند به‌طوری‌که تاکنون بیش از ۱۴۰۰ گونه از ۲۳۰ جنس و ۲۱ خانواده شناسایی شده است (۵۱). جنس *Rhinopoma* در سال ۱۸۱۳ توسط Geoffroy و خانواده خفاش‌های دم موشی (Rhinopomatidae) در سال ۱۸۷۲ توسط Dobson معرفی شدند، زمانی که او جنس *Rhinopoma* را از خانواده Megadermatidae جدا نمود.

بررسی مطلوبیت زیستگاه خفاش دم موشی *Rhinopoma muscatellum* پرداختند. در این بررسی مدل‌سازی توزیع با استفاده از مدل همادی و متغیرهای زیست اقلیمی، توپوگرافی و انسانی انجام گرفت بر اساس نتایج این مطالعه از میان متغیرهای مورد استفاده به ترتیب فصلی بودن دما (Bio4) و حداکثر دمای گرم‌ترین ماه (Bio5) و فاصله از معادن بیشترین تاثیر را بر روی گونه داشتند (۲۱). در مطالعه دیگر توسط Cable و همکاران (۲۰۲۱) مطلوبیت زیستگاه و ارتباط آن برای گونه در معرض خطر انقراض *Myotis sodalis* را در ایلینویز آمریکا با استفاده از مدل بی‌نظمی بیشینه به صورت چند مقیاسه از ۱۰۰ متر تا یک کیلومتر و با مجموعه از متغیرهای محیطی بررسی شد (۱۱). بر پایه نتایج حاصل از این مطالعه ۳۰ درصد از محدوده مورد مطالعه برای زیستگاه گونه مناسب است و آنچه که باعث بهبود شرایط زیستگاهی گونه در مقیاس سیمای سرزمین می‌شود شامل محدود کردن کشاورزی، پوشش جنگل، حاشیه جنگل، مجاورت به پهنه‌های آبی کوچک، ارتفاع کم و مناطق با توسعه شهری محدود شده است.

زیستگاه برآیندی از مجموعه شرایط مطلوب است که گونه در آن قادر به زیست است. با استفاده از مدل‌های زیستگاه و تعریف متغیرهای بوم‌شناسی و محیط زیستی اثر گذار بر روی گونه تلاش است که این کیفیت به صورت کمی عنوان شود که در مطالعه زیستگاه از آن به عنوان مطلوبیت زیستگاه (HS= habitat suitability) یاد می‌شود. در این مطالعه تلاش است تا با تلفیق نقاط حضور و متغیرهای زیستگاهی موثر بر روی گونه، زیستگاه به صورت کمی و مکانی بررسی شود.

### مواد و روشها

**محدوده مورد مطالعه و نقاط حضور:** محدوده مورد مطالعه در بررسی کشور ایران می‌باشد. نقاط حضور مورد استفاده در این مطالعه با استفاده از منابع مختلف از قبیل

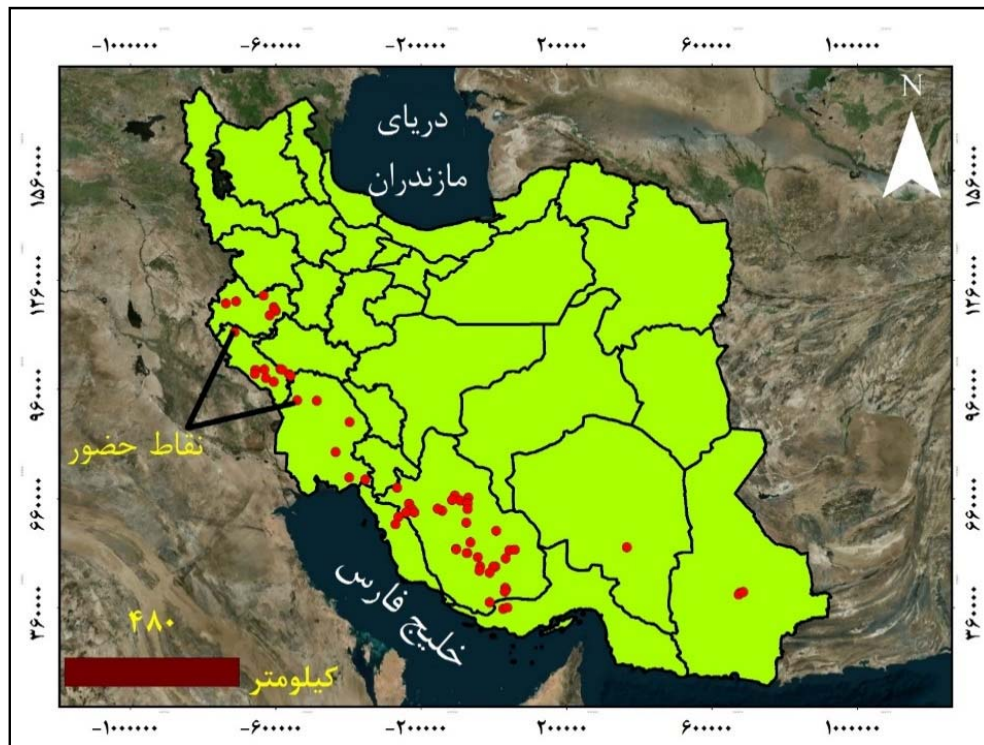
خشک جنوب و شرق و غرب ایران تا کرمانشاه یافت می‌شود.

تا کنون ۵۱ گونه خفاش متعلق به ۹ خانواده در ایران شناسایی شده است (۶، ۵۴). با اینکه خفاش‌ها سهم زیادی از تنوع گونه‌های پستاندار کشور را به خود اختصاص داده‌اند اما مطالعات انجام گرفته بر روی آنها در مجموع در داخل کشور به نسبت فراوانی آن و نقش آنها در بوم‌سازگان کافی نیست. این در حالی است که این گونه‌ها دارای نقش‌های متعددی هستند که از آنها به عنوان اندیکاتورهای تغییرات محیطی یاد می‌شود (۲۰) که خدمات مهم اکوسیستمی از جمله انتشار بذر و کنترل جمعیت حشرات را به واسطه رفتار تغذیه‌ای (۲۷، ۴۱، ۴۶) نقش مهمی دارند. مدل‌های توزیع گونه با ارتباط دادن جنبه‌های مختلف حضور گونه که خود منعکس‌کننده ویژگی‌های بوم‌شناسی و رفتاری است می‌تواند در راستای شناسایی زیستگاه بالقوه (۳)، شناسایی تعارضات (۴)، اتصال و ارتباط زیستگاهی (۲) و حتی مدیریت تنوع زیستی و تاثیر گردان‌های محیطی بر آنها عمل کند.

استفاده از مدل‌های توزیع (SDMs= species distribution models) به عنوان یک ابزار کارآمد که تلفیق داده‌های مکانی و محیطی را میسر کرده است. این دسته از مدل‌ها ارتباط بین مناطق حضور گونه را با متغیرهای محیطی در قالب مدل برقرار می‌کنند. این دسته از مدل‌ها در حال حاضر از جنبه‌های مختلفی زیستگاه خفاش‌های را بررسی کرده‌اند (۸، ۲۱، ۲۴، ۲۵). کفاش و همکاران (۱۴۰۰) کارایی مناطق حفاظت شده را در پوشش زیستگاه خفاش لب کوتاه (*Pipistrellus pipistrellus*) را در سناریوهای مختلف تغییر اقلیم شدید (RCP8.5) و خفیف (RCP2.6) با استفاده از مدل‌های توزیع موجود در پکیج Biomod موجود در نرم‌افزار R بررسی کردند. بر اساس یافته‌های این مطالعه در سناریوهای ۲/۶ و ۸/۵ به ترتیب ۷/۲ درصد و ۶۵/۵ درصد از زیستگاه‌های گونه تحت پوشش مناطق حفاظت شده قرار می‌گیرد (۱). در مطالعه‌ی دیگر Kafaei و همکاران (۲۰۲۰) به مطالعه و

نمایش اطلاعات استفاده شد. در مجموع تعداد ۷۲ نقطه حضور برای گونه ثبت شده که جزئیات آن در شکل ۱) اشاره شده است. گستره توزیع این نقاط به نحوی است که استان‌های سیستان و بلوچستان، کرمان، هرمزگان، فارس، بوشهر، خوزستان، ایلام و کرمانشاه را در بر گرفته است.

بازدیدهای میدانی و همچنین از طریق استفاده از مطالعات از پیش انجام گرفته به دست آمد (۶، ۷). پس از آنکه نقاط حضور گونه به فرمت طول و عرض به صورت درجه دقیق<sup>۰</sup> با بیضوی مرجع WGS1984 تهیه شدند. به منظور محاسبه کمی، نتایج از سیستم مختصات جغرافیایی خارج شده و از سیستم تصویر متریک لامبرت (Lambert) برای



شکل ۱- محدوده مورد مطالعه و توزیع نقاط حضور گونه

شبکه انحراف (Bias grid) برای کاهش اثرات خوشه‌ای نقاط نمونه‌برداری (۳۹) می‌شود. از آنجا که در این مطالعه بخش‌های زیادی از محدوده مطالعه فاقد نقاط حضور است با استفاده از تابع چگالی گوسی کرنل (Gaussian kernel density) بافاصله ۵۰ کیلومتر از نقاط حضور مشاهده در نرم‌افزار QGIS v3.16.3 شبکه بایاس آماده شد (۵). به منظور استفاده حداکثری از تمام نقاط حضور ثبت شده برای گونه از تمام نقاط حضور در مدلسازی استفاده گردید از این رو تمام داده‌ها برای آموزش در نظر گرفته شدند. تعداد ۱۰ تکرار برای مدل در نظر گرفته شد و میانگین اجراهای انجام گرفته به عنوان نتیجه نهایی ارائه

مدلسازی با رویکرد بی‌نظمی پیشینه: در این مطالعه به منظور مدلسازی توزیع گونه از روش بی‌نظمی پیشینه (۴۰) استفاده گردید. که به صورت وسیع در مدلسازی پراکنش خفاش‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱۰، ۱۹، ۲۲، ۳۴). محدودیت‌های روش بی‌نظمی پیشینه در مدلسازی توزیع از جنبه‌های مختلفی از قبیل انحراف در نمونه‌گیری، انحراف در انتخاب محدوده برای نقاط پس‌زمینه (Background)، انتخاب ویژگی‌ها و ضرایب اصلاح (Regularization multiplier) قابل‌بررسی است (۱۴، ۲۵، ۴۲). محدودیت‌های ذکر شده بر روی خروجی مدل تأثیر گذاشته و مدل را دچار پرازش (Over fit) می‌کند از این‌رو

ارتفاع را کمی کند از این معیار استفاده گردید. که پیش‌تر در مطالعات مربوط به مدلسازی محققین نیز استفاده شده است (۱۶، ۳۶). ابعاد پنجره متحرک به طور پیش‌فرض برابر ۳×۳ استفاده شد. شاخص رطوبت سطح زمین با استفاده از پستی و بلندی‌ها و همچنین در نظر گرفتن آبراهه‌های موجود محاسبه می‌گردد (۴۹) که از آن به عنوان شاخص خیسی یا نمناکی توپوگرافی نیز یاد می‌شود (۴) در این مطالعه متغیر شاخص تراکم پوشش گیاهی مورد استفاده به عنوان متغیر انتخاب و سپس با قرار گرفتن فیلتر متحرک بر روی نقشه تغییرات و زبری پوشش گیاهی محاسبه گردید. پیش از اجرای مدل بین متغیرهای زیستگاهی آزمون همبستگی با استفاده در نرم افزار SPSSv.16 انجام گرفت. و آن دسته از متغیرهای که همبستگی بالای ۰/۷۵ داشتند از تحلیل کنار رفتند. تمام مراحل آماده‌سازی لایه‌ها برای پردازش در محیط نرم افزار ArcGIS10.4.1 انجام گرفت.

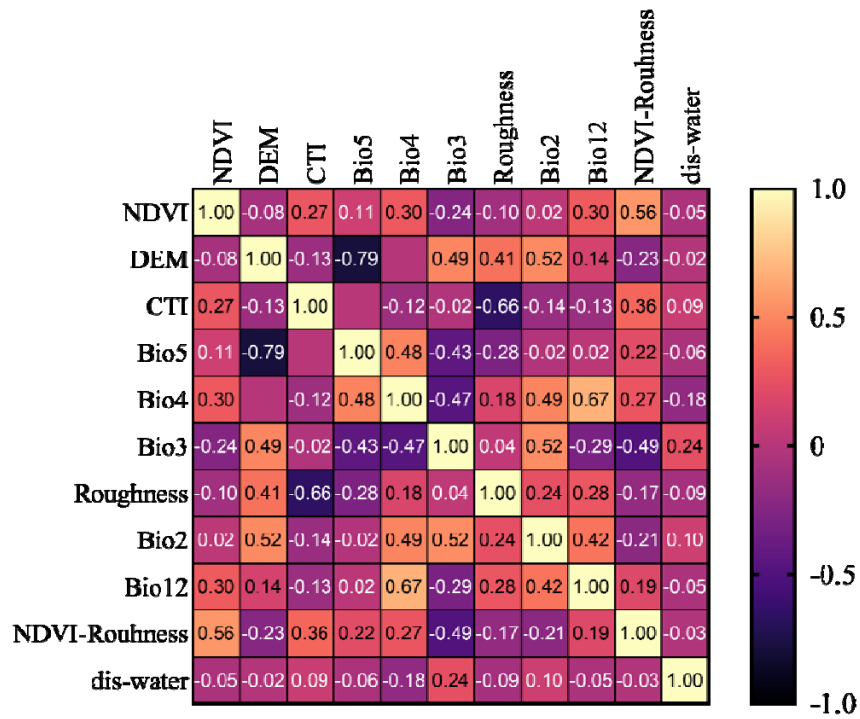
### نتایج

پس از بررسی مقدار همبستگی از آنجا که همبستگی بالایی بین متغیرهای زیستگاهی مشاهده نشد تمام متغیرهای زیستگاه وارد فرآیند مدلسازی شدند. شکل ۲ ماتریس همبستگی پیرسون بین متغیرهای زیستگاهی مورد استفاده در مطالعه را نمایش می‌دهد. مقدار همبستگی با رنگ تیره تا روشن نمایش داده شده است و متغیرهای با همبستگی بالا در ماتریس همبستگی رنگ روشن و متغیرهای با همبستگی پایین رنگ تیره و خواهند داشت. به طور مثال همبستگی بین ارتفاع و متغیر Bio5 (حداکثر دمای گرمترین ماه) برابر ۰/۷۹- و دارای رنگ تیره است.

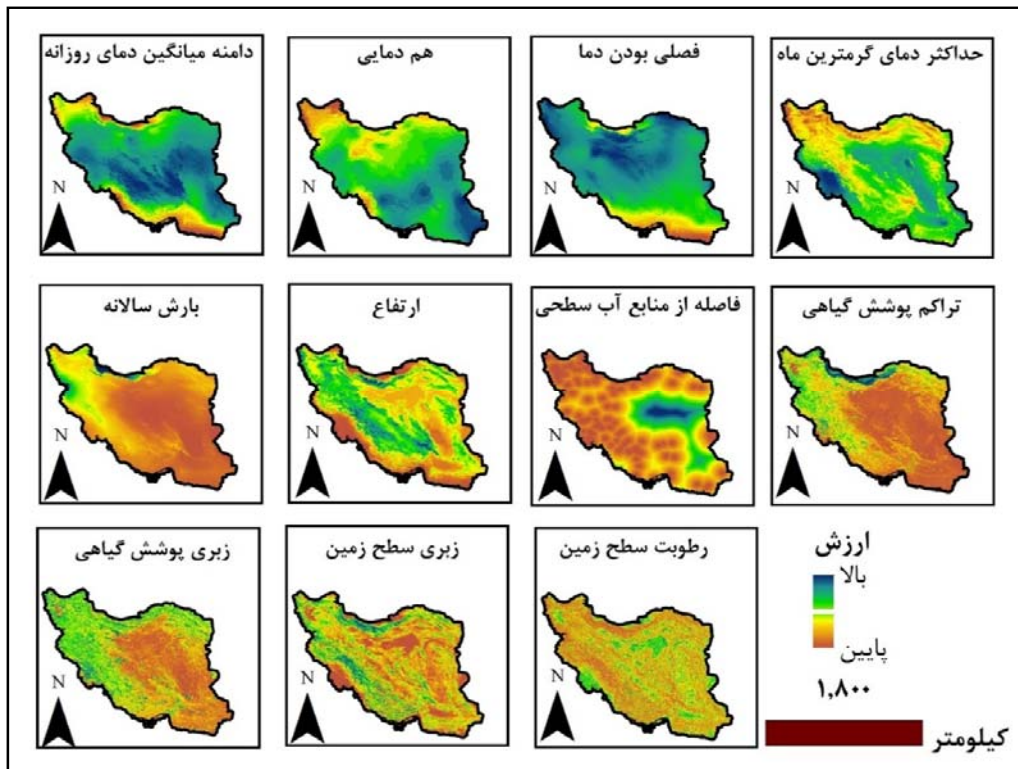
شکل ۳ متغیرهای زیستگاهی وارد شده در فرآیند مدلسازی را نمایش می‌دهد. در تمام اشکال زیر از یک نوع پلت رنگی برای نمایش نقشه‌ها استفاده شده است. رنگ آبی برای تمام متغیرهای به معنای مقادیر بالا و رنگ قهوه‌ای به معنای مقادیر پایین می‌باشد.

گردید. به منظور اعتبار سنجی مدل، از شاخص AUC موجود در نمودار ROC حاصل از تحلیل مدل استفاده گردید. برای شناسایی لکه‌های زیستگاهی نیز از نقشه مطلوبیت زیستگاه و حد آستانه (TSS= true skill statistic) استفاده گردید. محاسبات مربوط به آماره مذکور در نرم افزار SPSSv.16 انجام گرفت.

**متغیرهای زیستگاهی:** بر اساس مطالعات انجام گرفته بر روی پراکنش و توزیع خفاش (۸، ۱۵، ۲۹، ۴۳، ۴۴، ۴۵، ۵۲)، متغیرهای اقلیمی، توپوگرافی و پوشش گیاهی به منظور تعیین حدود پراکنش گونه مورد استفاده قرار گرفتند. متغیرهای اقلیمی با استفاده از داده‌های موجود در پایگاه اقلیمی به آدرس (<https://www.worldclim.org/>) با دقت تقریبی ۳۰ ثانیه (تفکیک مکانی نزدیک به ۱ کیلومتر) دریافت شدند متغیر پوشش گیاهی با استفاده از شاخص پوشش گیاهی (NDVI= Normalized Difference Vegetation Index) ماهواره مودیس (Modis Satellite) سنجنده Terra در سامانه گوگل ارث انجین تهیه شد (۱۸). از آنجایی که نقاط مورد استفاده در این مطالعه مربوط به برداشت‌های میدانی مختلف در بازه‌های زمانی متفاوت می‌باشند به نحوی میانگین حضور گونه محسوب می‌شوند. به منظور استفاده صحیح از محصول (Product) پوشش گیاهی ماهواره مودیس با استفاده از تعریف یک عملکرد از میانگین یکساله مربوطه استفاده شد (۳۷). متغیرهای توپوگرافی در این مطالعه شامل ارتفاع، رطوبت سطح زمین (CTI) و زبری (Roughness) می‌باشند. متغیر ارتفاع به همراه متغیرهای اقلیمی ذکر شده از پایگاه جهانی اقلیم تهیه گردید. به منظور محاسبه دو پارامتر زبری و رطوبت سطح زمین از ارتفاع استفاده شد. متغیر زبری سطح زمین الگو و روند تغییرات ارتفاع را در محدوده مورد مطالعه بارزتر می‌کند. در واقع این زبری تغییرات شدید و کند ارتفاع را با استفاده از پنجره متحرک (Moving Windows) بر روی نقشه محاسبه می‌کند. از این رو به منظور استفاده از معیاری که تاثیر نوسانات شدید



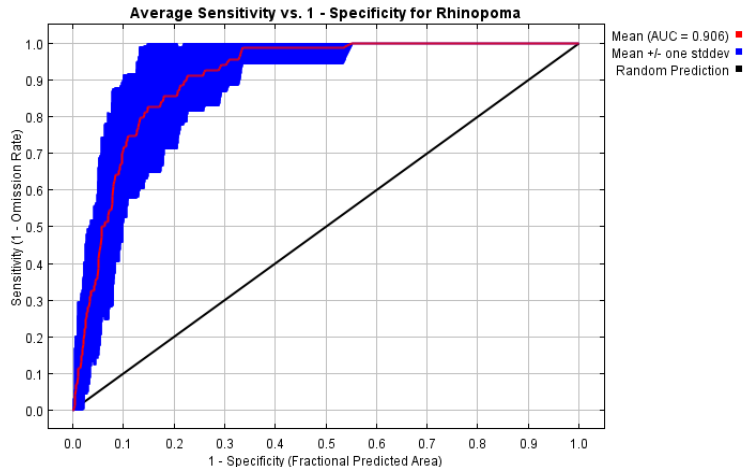
شکل ۲- ماتریس همبستگی متغیرهای زیستگاهی مورد استفاده در مدلسازی



شکل ۳- متغیرهای زیستگاهی و نوسان هریک در محدوده این مطالعه

مقدار نوسان AUC مقدار عددی ذکر شده برای میانگین اجراها مطلوب ارزیابی می‌شود. بنابراین مدل در پیش‌بینی زیستگاه مطلوب گونه موفق عمل کرده است.

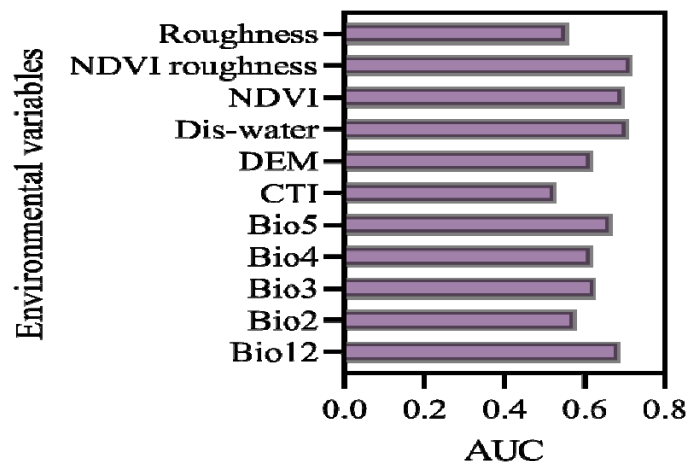
اعتبار سنجی مدل: شکل ۴ نتایج حاصل از اعتبار سنجی مدل را نمایش می‌دهد که در این مطالعه مقدار سطح زیر منحنی برابر ۰/۹۰ محاسبه گردید که با در نظر گرفتن



شکل ۴- اعتبار سنجی مدل بی‌نظمی بیشینه در اجرای میانگین بر اساس معیار AUC

NDVI و متغیر اقلیمی BIO12 (بارش سالانه) بیشترین تاثیر را در مدل‌سازی داشتند و متغیر رطوبت توپوگرافی (CTI) که در مقایسه با سایر متغیرهای مورد بررسی کمترین تاثیر را داشت.

اهمیت متغیرها در مدل‌سازی: شکل ۵ اهمیت متغیرهای زیستگاهی مورد استفاده در مدل‌سازی را به روش تحلیل جک نایف نمایش می‌دهد. بر پایه این تحلیل از میان متغیرهای زیستگاهی به کار رفته در پژوهش، متغیر زبری تراکم پوشش گیاهی، فاصله از منابع آبی سطحی، شاخص



شکل ۵- تحلیل اهمیت متغیرهای تاثیر گذار بر روی پراکنش گونه با استفاده از آنالیز جک نایف.

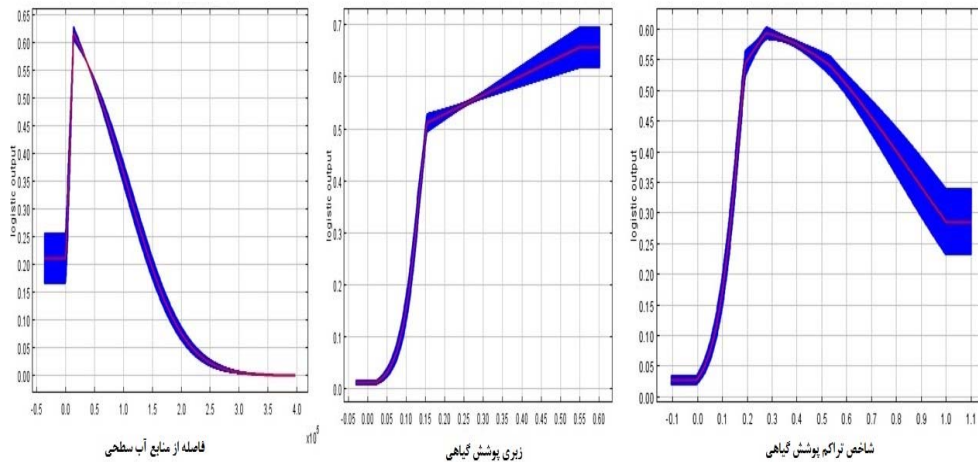
افزایش فاصله از پهنه‌های آبی سطح زمین، از مطلوبیت زیستگاه گونه کاسته می‌شود به عبارتی گونه مورد مطالعه

شکل ۶ منحنی‌های پاسخ به متغیرهای محیطی را برای ۳ متغیر تاثیرگذار اول نمایش می‌دهند. بر اساس نتایج، با



خواهد بود اما پارامتر شاخص تراکم پوشش گیاهی نشان داد با افزایش مقدار شاخص تا مقدار ۰/۴ بر مطلوبیت زیستگاه افزوده می‌شود و با متراکم تر شدن از مطلوبیت زیستگاه برای گونه مورد مطالعه کاسته می‌شود.

نزدیکی به منابع آب سطحی را ترجیح می‌دهد. متغیر زبری پوشش گیاهی اما نشان داد که هرچقدر تمایز بین شاخص پوشش گیاهی افزایش یابد مطلوبیت زیستگاه برای گونه مورد مطالعه نیز افزایش خواهد یافت به عبارتی تمایز بین پوشش‌های مختلف گیاهی جذب‌کننده گونه

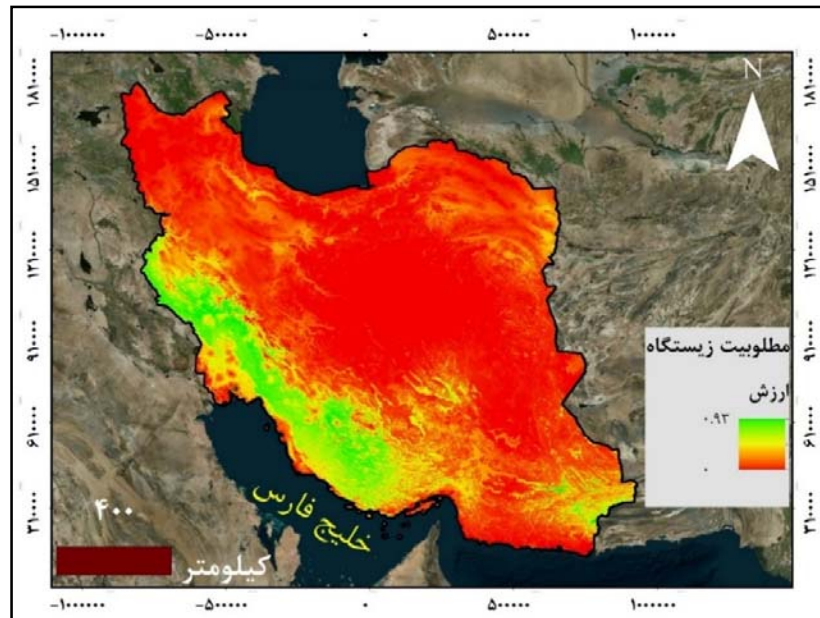


شکل ۶- منحنی پاسخ مهم‌ترین متغیرهای تاثیرگذار بر روی مطلوبیت زیستگاه

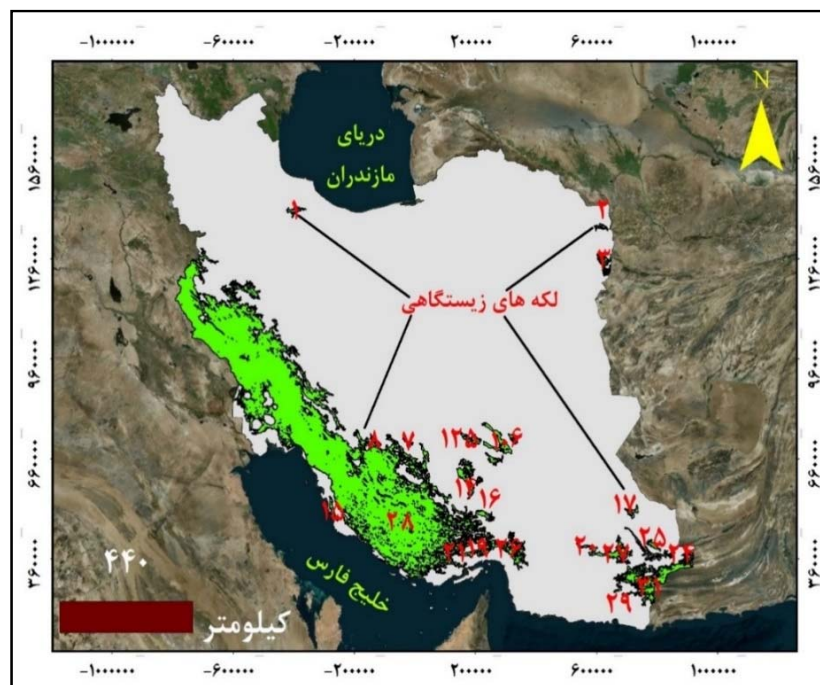
بر اساس نتایج این تحلیل مقدار حد آستانه برابر ۰/۲۹ در نظر گرفته شد. مقدار حساسیت در حد آستانه شناسایی شده برابر ۹۴/۴ درصد اندازه‌گیری شد که نشان می‌دهد حد آستانه شناسایی شده چیزی در حدود ۹۴/۴ درصد از نقاط حضور را مجدداً حضور شناسایی کرده است و این مقدار برای نقاط شبه عدم حضور برابر ۸۳/۹ درصد می‌باشد که مقادیر قابل توجهی می‌باشند. با اعمال این حد آستانه بر روی نقشه مطلوبیت زیستگاه، لکه‌های زیستگاهی به دست آمدند. در نهایت تعداد ۳۱ لکه زیستگاهی با وسعت ۲۵۱۶۹۷/۴۲ کیلومتر مربع در کل کشور شناسایی شد که معادل ۱۵/۴۹٪ از مساحت کل کشور است. کمترین و بیشترین مساحت هر یک به ترتیب برابر ۲۲۱/۰۴ و ۲۱۹۴۱۳/۷۸ کیلومتر مربع می‌باشد. شکل ۸ موقعیت لکه‌های زیستگاهی را به همراه کد هر یک نمایش می‌دهد. بزرگترین لکه مشاهده شده که بیشترین پیوستگی را نیز دارد در قسمت جنوب غربی و غرب کشور قرار گرفته است و استان‌های بوشهر، خوزستان،

شکل ۷ مطلوبیت زیستگاه خفاش دم موشی بزرگ را نمایش می‌دهد. در این تصویر بخش‌های که دارای رنگ قرمز هستند دارای مطلوبیت کمتر و بخش‌های که دارای رنگ سبز هستند دارای مطلوبیت بیشتری می‌باشند. براساس نتایج، دامنه‌های غربی و جنوبی رشته کوه زاگرس از استان کرمانشاه تا قسمت‌های شرقی استان فارس و بخش‌هایی از جنوب شرق کشور برای گونه مورد مطالعه دارای مطلوبیت بالا هستند. این مناطق معمولاً دارای دشت‌های پست و کم‌ارتفاع می‌باشند. قسمت‌های مرکزی کشور و بخش‌های شمال شرقی فاقد مطلوبیت بالایی برای گونه مورد نظر هستند. بخشی از محدوده مورد مطالعه واقع در جنوب استان خراسان رضوی، و بخش‌هایی از جنوب شرقی کشور و در محدوده شهرستان خاش نیز برای گونه مناسب شناسایی شده است. البته بخش‌هایی از شمال کشور و در مرز بین استان قزوین و گیلان نیز برای گونه به عنوان زیستگاه مطلوب شناسایی شده است.

ایلام، لرستان، بخش‌هایی از استان فارس، چهارمحال بختیاری تا استان کرمانشاه را در بر گرفته است.



شکل ۷- مطلوبیت زیستگاه خفاش دم موشی بزرگ در ایران با استفاده از مدل بی‌نظمی بیشینه.



شکل ۸- لکه‌های زیستگاهی حاصل از مدلسازی مطلوبیت زیستگاه خفاش دم موشی بزرگ.

مدل‌های توزیع گونه (SDM)، بر اساس کمی‌سازی پوشش زیستگاه‌های مناسب برای یک گونه، که همچنین

## بحث و نتیجه‌گیری



متغیر زبری پوشش گیاهی بیان‌کننده نوسان در شاخص تراکم پوشش گیاهی است (۵)، به عبارتی این شاخص معین می‌کند که تراکم پوشش گیاهی در محدوده مورد مطالعه با چه سرعتی در حال گذار بین مناطق کم تراکم و متراکم است. با دقت در منحنی پاسخ این متغیر زیستگاهی مشخص می‌شود که گونه به طور پیوسته به مناطقی تمایل دارد که نوسان شاخص تراکم پوشش گیاهی در آن بالا می‌باشد. این نوسان در شاخص تراکم را می‌توان به حضور در اکوسیستم‌های متفاوت تعبیر کرد. می‌توان برای این گونه ذکر کرد که با افزایش مقدار تغییر در تراکم‌های پوشش گیاهی، مطلوبیت زیستگاه افزایش پیدا می‌کند. بنابراین گونه به نوسان بین تراکم‌های پوشش گیاهی که خود بیان‌کننده گذار از اکوسیستم‌های مختلف است تمایل دارد. به نظر می‌رسد یکی از دلایل این تمایل می‌تواند تامین نیازهایی باشد که یک گونه می‌تواند از تراکم‌های مختلف داشته باشد. در مطالعه‌های متفاوتی که بر روی خفاش *B. barbastellus* انجام گرفته بود نیز نتایج نشان داد این گونه به مناطقی با پوشش گیاهی متفاوت و حاشیه جنگل‌ها تمایل دارد که در راستای یافته‌های این مطالعه است (۲۶، ۵۵).

فاصله از منابع آب سطحی دومین متغیر تاثیرگذار مورد استفاده در این مطالعه بود. دقت در نوسان منحنی پاسخ نشان می‌دهد که بر اساس نتایج منحنی‌های پاسخ مربوط به این متغیر زیستگاهی با افزایش فاصله از پهنه‌های آبی از مطلوبیت زیستگاه برای گونه مورد نظر کاسته می‌شود. پهنه‌های آبی در این مطالعه شامل تمام دریاچه‌ها، تالاب‌ها و رودخانه‌هایی با عرض زیاد است. اثر این متغیر بر روی زیستگاه گونه می‌تواند به دلیل پتانسیلی باشد که این مناطق در ایجاد کلیماهای محلی ایجاد می‌کنند یا اهمیتی باشد که این مناطق برای نوشیدن آب دارند (۵۰). از طرفی وجود حشرات بیشتری و زمین‌های کشاورزی پیرامون منابع آبی نیز می‌تواند یکی از دلایل تمایل حضور خفاش‌ها برای حضور در اینچنین مناطقی باشد. ایجاد

مدل پرده بوم‌شناختی (ENM) یا تناسب زیستگاه (HSMs) نامیده می‌شود، ابزارهای مفیدی برای رسیدن به این هدف هستند این مدل‌ها به حضور و غیاب یا فقط حضور داده (وقوع) و مجموعه‌ای از متغیرهای محیطی برای کمی کردن رابطه گونه و محیط و تخمین زدن آشیان بوم‌شناختی تعیین شده یا بخشی از آن، در یک گونه در یک منطقه خاص تکیه دارند. در این مطالعه از روش بی‌نظمی بیشینه برای مدلسازی استفاده گردید این روش زمانی که از متغیرهای Bioclim استفاده شود بهترین نتایج را به دنبال خواهد داشت (۳۸). در این مطالعه نیز این روش بر اساس معیار AUC نتایج بسیار مناسبی در مدلسازی داشت و اعتبار این مدل در این مطالعه برابر ۰/۹۰ محاسبه گردید که با در نظر گرفتن دامنه نوسان این معیار یک نتیجه خوب تلقی می‌شود. بنابراین می‌توان اذعان کرد که روش مدلسازی بی‌نظمی بیشینه برای این گونه در این گستره مطالعاتی به خوبی عمل می‌کند. در این مطالعه به منظور تعیین حد‌آستانه از روش مرسوم TSS استفاده گردید که با تکرار زیادی توسط محققین مورد استفاده قرار گرفته است (۱۳، ۱۷، ۵۳، ۵۶).

بر اساس نتایج حاصل از تحلیل جک‌نایف در این مطالعه متغیرهای زیستگاهی مانند زبری تراکم پوشش گیاهی، فاصله از منابع آب سطحی و تراکم پوشش گیاهی بیشترین تاثیر را در فرآیند مدلسازی زیستگاه گونه داشتند، و متغیرهای مربوط به زبری ارتفاع و رطوبت سطح توپوگرافی کمترین تاثیر را در مطلوبیت زیستگاه گونه مورد مطالعه داشتند. بنابراین بر اساس نتایج حاصل از تحلیل حساسیت به روش جک‌نایف به ترتیب متغیرهای پوشش گیاهی، اقلیم و توپوگرافی بر روی گستره توزیع گونه تاثیر فراوان داشته‌اند. در واقع خفاش‌ها به طور کلی به ساختارهایی از سیمای سرزمین مانند حاشیه جنگل، جاده‌ها، آبراه‌ها و حاشیه‌های جنگل‌گرایش دارند (۲۳، ۳۰، ۳۱).

شاخص تراکم پوشش گیاهی در جنگل‌های شمالی کشور به نسبت جنگل‌های زاگرس بالاتر است (شکل ۱-۳) بنابراین واضح و مبرهن است که گونه به مقادیر بالای این شاخص و همچنین مقدار بسیار کم آن تمایل زیادی ندارد. بر اساس نتایج حاصل از تحلیل جک نایف متغیر Bio12 نیز جزو آن دسته از متغیرهای زیستگاهی بود که بیشترین تاثیر را داشت. با افزایش مقدار آن تا ۲۰۰ میلی‌متر بر مطلوبیت افزوده می‌شود و سپس از این مقدار به بعد از مطلوبیت زیستگاه کاسته می‌شود. بنابراین بر اساس نتایج، این گونه به مناطقی با بارش بیش از ۲۰۰ میلی‌متر گرایش ندارد. این مناطق به طور عمده بخش‌های شمالی کشور را شامل می‌شوند و مناطقی با بارش‌های کمتر نیز در بیابان‌های مرکزی و جنوب شرقی کشور این شرایط را ندارند. این وابستگی به بارش‌های کم می‌تواند خفاش را به عنوان شناساگر مربوط به اثرات تغییر اقلیم معرفی کند. بر اساس نتایج این مطالعه گستره توزیع گونه در حال حاضر شرایط مناسبی دارد از این رو به نظر می‌رسد بررسی سناریوهای اقلیمی برای توزیع گونه امری لازم می‌باشد. همانطور که پیش‌بینی‌های آب و هوایی آینده یک کاهش شدید رطوبت و افزایش دما (IPCC, ۲۰۱۳) را تخمین می‌زند، لازم است تا پاسخ گونه به سناریوهای مختلف تغییر اقلیم مورد بررسی قرار گیرد.

منابع آبی مانند چشمه و منابع آبی موقت و گذرا از نیازهای کلیدی خفاش‌های حشره‌خوار برشمرده می‌شود (۳۳). حتی دسترسی به منابع آبی در کوهستان‌های مناطق خشک نیز از عوامل موثر بر روی افزایش غنای خفاش‌ها در نظر گرفته شده است (۳۵). اهمیت منابع آبی بر روی خفاش‌ها در مناطق گرم و خشک در بسیاری از مطالعات دیگر نیز عنوان شده که هم‌راستای با یافته‌های این مطالعه است (۳۲، ۴۳). در مطالعاتی که بر روی گونه *Pipistrellus pygmaeus* انجام گرفته است (۲۸، ۴۷، ۴۸) نیز تمایل به حضور این گونه در مناطق مرطوب مانند تالاب‌ها، برکه و آبگیرها عنوان شده است که در راستای یافته‌های این مطالعه است.

متغیر سومی که از میان متغیرهای زیستگاهی مورد استفاده بیشترین تاثیر را در مطلوبیت زیستگاه گونه داشت شاخص تراکم پوشش گیاهی بود. بر اساس نتایج با افزایش مقدار شاخص تراکم پوشش گیاهی بر مطلوبیت زیستگاه گونه افزوده می‌شود اما با افزایش مقدار این شاخص از ۰/۵ از مطلوبیت زیستگاه کاسته می‌شود. بر اساس دامنه تغییر شاخص متغیر تراکم پوشش گیاهی مقادیر بالای این شاخص معین‌کننده بخش‌هایی با تراکم پوشش گیاهی بالا می‌باشند که اغلب شامل جنگل‌هایی با تراکم بالا و همچنین زمین‌هایی با کشت آبی می‌باشد. از طرفی مقدار

## منابع

- ۱- کفاش، انوشه، اشرفی، سهراب، یوسفی، مسعود. ۱۴۰۰. توزیع گونه خفاش لب‌کوتاه (*Pipistrellus* (Schreber, 1774) *pipistrellus* تحت تاثیر اغییرات اقلیمی: شناسایی پناهگاه‌های اقلیمی و سنجش کارایی مناطق حفاظت‌شده. مجله پژوهش‌های جانوری (مجله زیست‌شناسی ایران). جلد ۳۴، شماره ۱، صفحات ۶۷-۷۸.
- ۲- کرمی، پیمان، شایسته، کامران. ۱۳۹۷. مدل‌سازی دالان‌های زیستگاهی با استفاده از روش تجسم در مدل بی‌نظمی پیشینه مطالعه موردی: قوچ و میش (*Ovis Orientalis*) مناطق حفاظت‌شده استان‌های مرکزی و همدان. فصلنامه سنجش از
- دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی. دوره ۹، شماره ۴، صفحات ۳۷-۵۴.
- ۳- کرمی، پیمان، کمانگر، محمد، حسینی، سید مجید. ۱۳۹۵. مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه آهوی ایرانی در منطقه شکار ممنوع قراویز و استان کرمانشاه با استفاده از شبکه عصب مصنوعی. مجله پژوهش‌های جانوری (مجله زیست‌شناسی ایران). دوره ۲۹، شماره ۳، صفحات ۳۵۲-۳۴۰.
- ۴- کرمی، پیمان، شایسته، کامران، رستگار پویانی، نصرالله. ۱۴۰۰. خرس قهوه‌ای (*Ursus arctos*, Linnaeus, 1758). گونه‌ی

- چتر درگیر بحران تعارض در استان کرمانشاه. مجله پژوهش‌های جانوری، دوره ۳۴، شماره ۳، صفحات ۲۰۷-۱۹۲.
- ۴- محسنی نژاد، حسین، کرمی، پیمان. ۱۳۹۹. کمی‌سازی توزیع و روند تغییرات آشیاند اکولوژیک خرس قهوه‌ای (*Ursus arctos*)
- 5- Akmali V (2020) Bats, viruses, emerging diseases and humans. *Iranian Journal of Biology*, 4(7), 177-192. (In Persian with an abstract in English).
- 6- Akmali V, Farazmand A, Darvish J, Sharifi M (2011b) Phylogeography and taxonomic status of the greater mouse-tailed bat *Rhinopoma microphyllum* (Chiroptera: Rhinopomatidae) in Iran. *Acta Chiropterologica* 13(2): 279-290. <https://doi.org/10.3161/150811011X624767>
- 7- Bellamy, C., Scott, C. and Altringham, J., 2013. Multiscale, presence-only habitat suitability models: Fine-resolution maps for eight bat species. *Journal of Applied Ecology*, 50(4), 892-901.
- 8- Benda, P., Faizolâhi K, Andreas M, Obuch J, Reiter A, Ševčík M, Uhrin M, Vallo P, Ashrafi S, (2012) Bats (Mammalia: Chiroptera) of the Eastern Mediterranean and Middle East. Part 10. Bat fauna of Iran. *Acta Societatis Zoologicae Bohemicae* 76(1-4): 163-582.
- 9- Bosso, L., Ancillotto, L., Smeraldo, S., D'Arco, S., Migliozzi, A., Conti, P. and Russo, D., 2018. Loss of potential bat habitat following a severe wildfire: a model-based rapid assessment. *International Journal of Wildland Fire*, 27(11), pp.756-769.
- 10- Cable, A.B., O'Keefe, J.M., Deppe, J.L. et al. 2021, Habitat suitability and connectivity modeling reveal priority areas for Indiana bat (*Myotis sodalis*) conservation in a complex habitat mosaic. *Landscape Ecology*, 36, 119-137.
- 11- DeBlase, AF., (1980) The bats of Iran: systematics, distribution, ecology. *Fieldiana Zoology*, 424 pp.
- 12- Domisch, S., Kuemmerlen, M., Jähnig, S.C. and Haase, P., 2013. Choice of study area and predictors affect habitat suitability projections, but not the performance of species distribution models of stream biota. *Ecological Modelling*, 257:1-10.
- 13- Elith, J.; Phillips, S.J., Hastie, T., Dudík, M., Chee, Y.E. and Yates, C.J., 2011. A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Diversity and distributions*, 17(1): 43-57.
- 14- Fonderflick, J., Azam, C., Brochier, C., Cosson, E. and Quékenborn, D., 2015. Testing the relevance of using spatial modeling to predict foraging habitat suitability around bat maternity: a case study in Mediterranean landscape. *Biological Conservation*, 192: 120-129.
- 15- Fuller, L., Shewring, M. and Caryl, F.M., 2018. A novel method for targeting survey effort to identify new bat roosts using habitat suitability modelling. *European Journal of Wildlife Research*, 64(3), 1-11.
- 16- Garcia, K., Lasco, R., Ines, A., Lyon, B. and Pulhin, F., 2013. Predicting geographic distribution and habitat suitability due to climate change of selected threatened forest tree species in the Philippines. *Applied Geography*, 44, 12-22.
- 17- Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., and Moore, R., 2017. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone, Remote Sensing of Environment.
- 18- Gottwald, J., Appelhans, T., Adorf, F., Hillen, J. and Nauss, T., 2017. High-resolution MaxEnt modelling of habitat suitability for maternity colonies of the barbastelle bat *Barbastella barbastellus* (Schreber, 1774) in Rhineland-Palatinate, Germany. *Acta Chiropterologica*, 19(2), 389-398.
- 19- Jones, G., Jacobs, D., Kunz, T., Willig, M., Racey, P., 2009. Carpe noctem: the importance of bats as bioindicators. *Endanger. Species Res.* 8, 93-115, <http://dx.doi.org/10.3354/esr 00182>.
- 20- Kafaei, S., Akmalı, V. and Sharifi, M., 2020. Using the ensemble modeling approach to predict the potential distribution of the Muscat mouse-tailed bat, *Rhinopoma muscatellum* (Chiroptera: Rhinopomatidae), in Iran. *Iranian Journal of Science and Technology, Transactions A: Science*, 44(5), 1337-1348.
- 21- Kafash, A., Ashrafi, S. and Yousefi, M., 2021. Modeling habitat suitability of bats to identify high priority areas for field monitoring and conservation. *Environmental Science and Pollution Research*, <https://doi.org/10.1007/s11356-021-17412-7>

- 22- Kerbiriou, C., Azam, C., Touroult, J., Marmet, J., Julien, J.F. and Pellissier, V., 2018. Common bats are more abundant within Natura 2000 areas. *Biological Conservation*, 217, 66-74.
- 23- Koch, L.K., Cunze, S., Kochmann, J. and Klimpel, S., 2020. Bats as putative Zaire ebolavirus reservoir hosts and their habitat suitability in Africa. *Scientific reports*, 10(1), 1-9.
- 24- Kramer-Schadt, S.; Niedballa, J., Pilgrim, J.D., Schröder, B., Lindenborn, J., Reinfelder, V., Stillfried, M., Heckmann, I., Scharf, A.K., Augeri, D.M. and Cheyne, S.M., 2013. The importance of correcting for sampling bias in MaxEnt species distribution models. *Diversity and Distributions*, 19 (11), 1366-1379.
- 25- Kühnert, E., Schönbächler, C., Arlettaz, R. and Christe, P., 2016. Roost selection and switching in two forest-dwelling bats: implications for forest management. *European journal of wildlife research*, 62(4), 497-500.
- 26- Kunz, T.H., Braun de Torrez, E., Bauer, D., Lobova, T., Fleming, T.H., 2011. Ecosystem services provided by bats. *Annals of the new york academy of sciences*, 1223, 1-38.
- 27- Lisón, F. and Calvo, J.F., 2011. The significance of water infrastructures for the conservation of bats in a semiarid Mediterranean landscape. *Animal Conservation*, 14(5), pp.533-541.
- 28- Lisón, F. and Calvo, J.F., 2013. Ecological niche modelling of three pipistrelle bat species in semiarid Mediterranean landscapes. *Acta Oecologica*, 47, pp.68-73.
- 29- Lisón, F. and Sánchez-Fernández, D., 2017. Low effectiveness of the Natura 2000 network in preventing land-use change in bat hotspots. *Biodiversity and Conservation*, 26(8): 1989-2006.
- 30- Lisón, F., Palazón, J.A. and Calvo, J.F., 2013. Effectiveness of the Natura 2000 Network for the conservation of cave-dwelling bats in a Mediterranean region. *Animal Conservation*, 16(5), 528-537.
- 31- Lookingbill, T.R., Elmore, A.J., Engelhardt, K.A., Churchill, J.B., Gates, J.E. and Johnson, J.B., 2010. Influence of wetland networks on bat activity in mixed-use landscapes. *Biological Conservation*, 143(4), 974-983.
- 32- Loumassine, H.E., Bonnot, N., Allegrini, B., Bendjedou, M.L., Bounaceur, F. and Aulagnier, S., 2020. How arid environments affect spatial and temporal activity of bats. *Journal of Arid Environments*, 180, p.104206.
- 33- Luo, X., Liang, L., Liu, Z., Wang, J., Huang, T., Geng, D. and Chen, B., 2020. Habitat Suitability Evaluation of the Chinese Horseshoe Bat (*R. sinicus*) in the Wuling Mountain Area Based on MAXENT Modelling. *Polish Journal of Environmental Studies*, 29(2).
- 34- McCain, C.M., 2007. Could temperature and water availability drive elevational species? Richness patterns? A global case study for bats. *Global Ecology Biogeography*, 16, 1-13.
- 35- Monadjem, A., Conenna, I., Taylor, P.J. and Schoeman, C., 2018. Species richness patterns and functional traits of the bat fauna of arid southern Africa. *HYSTRIX-the Italian Journal of Mammalogy*, 29(1):19-24
- 36- Morovati, M., Karami, P. and Bahadori Amjas, F., 2020. Accessing habitat suitability and connectivity for the westernmost population of Asian black bear (*Ursus thibetanus gedrosianus*, Blanford, 1877) based on climate changes scenarios in Iran. *PloS one*, 15(11), p.e0242432.
- 37- 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.
- 38- Peers, M.J.; Wehtje, M., Thornton, D.H. and Murray, D.L., 2014. Prey switching as a means of enhancing persistence in predators at the trailing southern edge. *Global change biology*. 20.4, 1126-1135.
- 39- Phillips, S.J., Anderson, R.P. and Schapire, R.E., 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological modelling*, 190(3-4), 231-259.
- 40- Put, J.E., Mitchell, G.W. and Fahrig, L., 2018. Higher bat and prey abundance at organic than conventional soybean fields. *Biological Conservation*, 226, 177-185.
- 41- Radosavljevic, A. and Anderson, R.P., 2014. Making better Maxent models of species distributions: complexity, overfitting and evaluation. *Journal of biogeography*. 41 (4): 629-643.
- 42- Rainho, A. and Palmeirim, J.M., 2011. The importance of distance to resources in the spatial modelling of bat foraging habitat. *PLoS One*, 6(4), p.e19227.
- 43- Rainho, A. and Palmeirim, J.M., 2013. Prioritizing conservation areas around multispecies bat colonies using spatial modeling. *Animal Conservation*, 16(4), 438-448.

- 44- Razgour, O., Hanmer, J. and Jones, G., 2011. Using multi-scale modelling to predict habitat suitability for species of conservation concern: the grey long-eared bat as a case study. *Biological Conservation*, 144(12), 2922-2930.
- 45- Russo, D. and Ancillotto, L., 2015. Sensitivity of bats to urbanization: a review. *Mammalian Biology*, 80(3), 205-212.
- 46- Russo, D. and Jones, G., 2003. Use of foraging habitats by bats in a Mediterranean area determined by acoustic surveys: conservation implications. *Ecography*, 26(2), 197-209.
- 47- Sattler, T., Bontadina, F., Hirzel, A.H. and Arlettaz, R., 2007. Ecological niche modelling of two cryptic bat species calls for a reassessment of their conservation status. *Journal of Applied Ecology*, 44(6), 1188-1199.
- 48- Tuneu-Corral, C., Puig-Montserrat, X., Flaquer, C., Mas, M., Budinski, I. and López-Baucells, A., 2020. Ecological indices in long-term acoustic bat surveys for assessing and monitoring bats' responses to climatic and land-cover changes. *Ecological Indicators*, 110, p.105849.
- 49- Vaughan, N., Jones, G. and Harris, S., 1996. Effects of sewage effluent on the activity of bats (Chiroptera: Vespertilionidae) foraging along rivers. *Biological Conservation*, 78(3), pp.337-343.
- 50- Wilson, D. E., and Mittermeier, R. A., eds. Handbook of the Mammals of the World – Volume 9. Barcelona: Lynx Ediciones. pp. 1–1008, 2019.
- 51- Wordley, C.F., Sankaran, M., Mudappa, D. and Altrincham, J.D., 2015. Landscape scale habitat suitability modelling of bats in the Western Ghats of India: Bats like something in their tea. *Biological Conservation*, 191, 529-536.
- 52- Yi, Y., Sun, J., Zhang, S. and Yang, Z., 2016. Assessment of Chinese sturgeon habitat suitability in the Yangtze River (China): comparison of generalized additive model, data-driven fuzzy logic model, and preference curve model. *Journal of hydrology*, 536, 447-456.
- 53- Yusefi G H, Faizolahi K, Darvish J, Safi K, Brito J C (2019) The species diversity, distribution, and conservation status of the terrestrial mammals of Iran. *Journal of Mammalogy* 100(1): 55-71. <https://doi.org/10.1093/jmammal/gyz002>
- 54- Zeale, M.R., Davidson-Watts, I. and Jones, G., 2012. Home range use and habitat selection by barbastelle bats (*Barbastella barbastellus*): implications for conservation. *Journal of Mammalogy*, 93(4), 1110-1118.
- 55- Zhang, Z., Mammola, S., Liang, Z., Capinha, C., Wei, Q., Wu, Y., Zhou, J. and Wang, C., 2020. Future climate change will severely reduce habitat suitability of the Critically Endangered Chinese giant salamander. *Freshwater Biology*, 65(5), 971-980.



## Assessing distribution range and suitable habitat patches in the greater mouse-tailed bat *Rhinopoma microphyllum* (Brünnich 1782) (Chiroptera: Rhinopomatidae) using MaxEnt in Iran

Shamohamadi M., Akmali V. and Karami P.

Dept/ of Biology, Faculty of Science, Razi University, Kermanshah, I.R. of Iran

### Abstract

Bats with a wide range of distribution are considered as one of the most important indicators of environmental changes. In this study, the distribution range and suitable habitat patches of the large-mouse tailed bat (*Rhinopoma microphyllum*) in Iran were investigated. First, the presence points of the species in the country were collected and then modeling was done using MaxEnt. The habitat variables used in this study are a combination of climate, human, vegetation and topographic variables. In order to implement the model, the bias file was used to select the pseudo-absence points of the background using the kernel density function within a radius of 50 km of the presence points. The model was carried out with 10 replications and the average prediction map was analyzed as the result map. The TSS threshold was used to identify habitat patches. Based on the results, the model was successful in the average performance (AUC=0.90) and differed from the random model in all thresholds (P-value <0.001). According to Jack Knife analysis, vegetation, climatic and topographic variables had the greatest effect on species distribution respectively. Thirty habitat patches were identified, the largest one started in the south and covered the western part of the country. Other distribution patches are scattered in the southeast and central parts of the country. The area of the patches varies from 221.04 Km<sup>2</sup> as the smallest patches to 219416.78 Km<sup>2</sup> as the largest patches and in total, they cover 15.9 percent of the country.

**Key words:** Distribution, modeling, greater mouse-tailed bat, Zagros, maximum entropy.