توزیع گونه خفاش لب‌کوتاه *Pipistrellus pipistrellus* (Schreber, 1774) تحت تأثیر تغییرات اقلیمی: شناسایی پناهگاه‌های اقلیمی و سنجش کارایی مناطق حفاظت شده

انوشه کفاش[۱]، سهراب اشرفی[۲،۱*] و مسعود یوسفی[۲،۱]

[۱] **ایران، تهران، دانشگاه تهران، دانشکده منابع طبیعی، گروه محیط‌زیست**

[۲] **ایران، تهران، دانشگاه تهران، دانشکده منابع طبیعی، گروه محیط‌زیست، گروه پژوهشی بوم‌شناسی و حفاظت**

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۳/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۴/۱۸

چکیده

حفاظت تنوع زیستی تحت تأثیر تغییرات اقلیمی یک چالش عمده برای زیست‌شناسان حفاظت محسوب می‌شود. مطالعات صورت گرفته در جهان نشان می‌دهند تغییرات اقلیمی بر جغرافیای زیستی خفاش‌ها، دسترسی آن‌ها به منابع غذایی و نرخ مصرف انرژی آن‌ها اثرات منفی خواهد داشت اما نحوه اثرپذیری خفاش‌های ایران از تغییرات اقلیمی ناشناخته مانده است. خفاش لب‌کوتاه یکی از خفاش‌های حشره‌خوار است که در گستره وسیعی از ایران زیست می‌کند. باوجود داشتن توزیع گسترده در ایران بوم‌شناسی گونه ناشناخته مانده است. در مطالعه حاضر با به‌کارگیری چهار روش مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه و با استفاده از رویکرد ترکیبی، اثرات تغییرات اقلیمی بر گونه خفاش لب‌کوتاه بررسی شد، پناهگاه‌های اقلیمی گونه تحت تأثیر اقلیم در حال تغییر شناسایی و کارایی مناطق حفاظت شده در حفاظت از گونه بررسی شد. نتایج حاصل نشان داد در حال حاضر ۳۱۲۵۶۲ کیلومترمربع از مساحت ایران برای گونه مطلوب بوده که در سال ۲۰۷۰، در حدود ۱۴۲۳۸۹کیلومترمربع از مناطق مطلوب از دست خواهند رفت. اما ۶۴۷۱۱ کیلومترمربع زیستگاه مطلوب جدید برای گونه ایجاد خواهد شد. تنها ۷/۶ درصد از زیستگاه‌های مطلوب گونه تحت پوشش شبکه مناطق حفاظت شده قراردارد. در آینده وسعت زیستگاه‌های مطلوب در مناطق حفاظت شده کاهش اندکی خواهد داشت به شکلی که در سال ۲۰۷۰ تحت سناریوی RCP2.6، ۷/۲ درصد و RCP8.5، ۶/۵ درصد از زیستگاه‌های مطلوب تحت پوشش شبکه مناطق حفاظت شده خواهند بود. مناطق مطلوبی که به‌عنوان مناطق پایدار ازنظر شرایط اقلیمی تشخیص داده شدند، نقش مهمی در بقای گونه در برابر تغییرات اقلیمی خواهند داشت و اولویت بالایی برای حفاظت دارند.

واژه‌های کلیدی: *Pipistrellus pipistrellus*، مطلوبیت زیستگاه، تغییرات اقلیمی، مناطق حفاظت شده

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۲۶۳۲۲۲۹۶۳۸، پست الکترونیکی: sohrab.ashrafi@ut.ac.ir

مقدمه

در حال حاضر پیش‌بینی نحوه پاسخ گونه‌های حیات‌وحش به تغییرات اقلیمی به یکی از فعال‌ترین زمینه‌ها برای پژوهش تبدیل‌شده است (۹، ۲۵، ۵۱ و ۶۹). مطالعه اثرات تغییر اقلیم بر تنوع زیستی و بوم‌سازگان‌ها جهت تعیین آسیب‌پذیرترین گونه‌ها و مناطق بوده و سبب اولویت‌بندی تلاش‌های حفاظتی می‌شود (۶۶). مدل‌های توزیع گونه‌ها به‌عنوان یکی از مهم‌ترین ابزارهای پژوهشگران جهت پیش‌بینی اثرات تغییرات اقلیمی بر تنوع زیستی هستند (۲۲و ۲۵). با استفاده از این مدل‌ها می‌توان جهت و میزان جابجایی گستره اقلیمی مطلوب گونه‌ها را مطالعه کرد، اثرات تغییرات اقلیمی بر تنوع زیستی را تعیین نمود و کارایی مناطق حفاظت شده در حفاظت از تنوع زیستی را

تحت اقلیم کنونی و تحت تأثیر تغییرات اقلیمی آینده، سنجش نمود (۲۵).

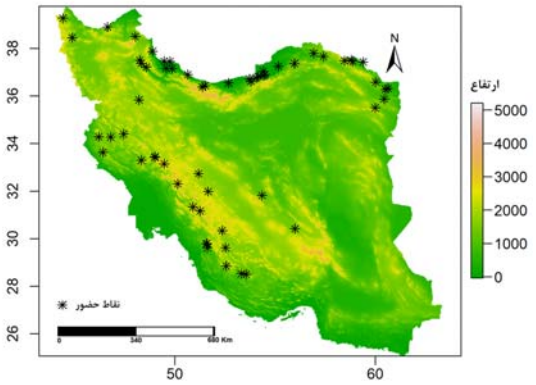
شبکه مناطق حفاظت شده در حفاظت از تنوع زیستی و خدمات اکوسیستمی نقش اساسی دارند (۱۰). اما این مناطق تحت تأثیر تهدیدات فزاینده انسانی و اثرات منفی تغییرات اقلیمی قرار دارند (۲۵). از آنجایی که مناطق حفاظت شده جهت حفاظت از گونه‌ها و بوم‌سازگان‌ها تحت اقلیم کنونی طراحی و ایجاد شده‌اند، بنابراین پیش-بینی می‌شود در آینده بخاطر تغییر توزیع گونه‌ها تحت تأثیر تغییرات اقلیمی کارایی خود را از دست بدهند (۱۰و ۷۲). مناطق حفاظت شده در به حداقل رساندن اثرات تغییرات اقلیمی از طریق حفاظت از جنگل و جلوگیری از تخریب آنها، بسیار مفید هستند. نظر به اهمیت مناطق حفاظت شده باید کارایی آنها در حفاظت تنوع زیستی مورد مطالعه قرار گیرد و آسیب‌پذیری این مناطق نسبت به تغییرات اقلیمی شناسایی شده و برای مدیریت آنها در محیط‌زیست در حال تغییر برنامه‌ریزی نمود (۱۰، ۲۵و ۷۲).

خفاش‌ها ۲۳ درصد از تنوع پستانداران را شامل می‌شوند و بعد از جوندگان بزرگ‌ترین راسته پستانداران به شمار می-روند (۷۱). خفاش‌ها خدمات اکوسیستمی ضروری ازجمله گرده‌افشانی، پراکنده کردن بذرها (۳۰و ۵۸) و کنترل آفات (۵۵و ۵۹) را ارائه می‌دهند. باوجود اهمیت بالای خفاش‌ها بسیاری از جنبه‌های زیستی آنها ناشناخته مانده است (۶و ۷). مطالعات صورت گرفته نشان می‌دهد تغییرات اقلیمی سبب تغییر گستره جغرافیایی (۶۵) و چرخه‌های خواب زمستانی (۵۲و ۶۵) خفاش‌ها شده است. همچنین تغییر در دمای زیستگاه خفاش‌ها می‌تواند سبب تغییر در توانایی پژواک سازی آن‌ها شود (۴۰). بررسی اثرات تغییرات اقلیمی بر توزیع ۱۱۶ گونه خفاش در برزیل نشان داد در صورت عدم جابجایی خفاش‌ها به زیستگاه‌های جدید ۳۶ گونه بیش از ۸۰ درصد و پنج گونه ۹۸ درصد زیستگاه‌های مطلوب خود را به خاطر تغییرات اقلیمی از دست خواهند داد (۳). نتایج ارزیابی اثرات تغییرات اقلیمی بر ۲۸ گونه از خفاش‌های اروپا نشان می‌دهد گونه‌های ساکن مناطق سرد یعنی عرض‌های جغرافیایی بالا نسبت به تغییرات اقلیمی حساس‌تر بوده در حالی که گونه‌های ساکن مناطق مدیترانه‌ای و معتدل نسبت به تغییرات اقلیم مقاوم‌تر هستند (۶۰). در ایران اما باوجود مطالعات ارزشمندی که در زمینه ژنتیک، تبارشناسی، بوم‌شناسی، توزیع (۱، ۲، ۱۸، ۴۹، ۵۰، ۶۲و ۶۴)، خفاش‌ها صورت گرفته، اما اثرات تغییرات اقلیمی بر آنها کمتر مورد بررسی قرارگرفته است (۴۴). در مطالعه حاضر اثرات تغییرات اقلیمی بر گونه خفاش لب-کوتاه در ایران با استفاده از مدل‌های توزیع گونه‌ها تعیین شد. سپس با استفاده از مدل توزیع گونه در آینده، پناهگاه های اقلیمی آن شناسایی و کارایی مناطق حفاظت شده در پوشش زیستگاه‌های مطلوب گونه بررسی شد.

مواد و روشها

گونه مورد مطالعه: خفاش لب‌کوتاه ازجمله گونه‌های حشره‌خوار از خانواده خفاش‌های شامگاهی (Vespertilionidae) است. خفاش لب‌کوتاه گونه‌ای فراوان با پراکندگی وسیع بوده و به همین دلیل براساس اتحادیه جهانی حفاظت این گونه در وضعیت حداقل نگرانی قراردارد (۳۴). این خفاش در زیستگاه‌های گوناگونی همچون درختزارهای باز و حاشیه درختزارها، تالابها، بوته-زارهای مدیترانه‌ای، مناطق نیمه بیابانی، مزارع کشاورزی، باغهای روستایی مشاهده می‌شود (۳۴). گستره پراکندگی جهانی آن شامل اروپا، شمال غرب آفریقا و آسیا بوده و در ایران تاکنون از استان‌های خراسان رضوی، خراسان شمالی، گلستان، مازندران، گیلان، اردبیل، آذربایجان غربی، آذربایجان شرقی، زنجان، کرمانشاه، لرستان، ایلام، کهکیلویه و بویراحمد، کرمان، یزد، چهارمحال و بختیاری، اصفهان، فارس و هرمزگان گزارش شده است (۳۴و ۳۸).

داده‌های حضور و اقلیمی: برای جمع‌آوری نقاط حضور گونه خفاش لب‌کوتاه *Pipistrellus pipistrellus* دو استراتژی عمده یعنی، الف) بررسی منابع منتشر شده (۱۱، ۳۸و ۷۳) و ب) منابع اطلاعاتی برخط مانند GBIF (https://www.gbif.org/) و VertNet (https://www.vertnet.org) اتخاذ شد. از منابع فوق تعداد ۶۳ نقطه حضور (شکل۱) جمع‌آوری‌شده و وارد فرایند مدلسازی شد.



شکل ۱- نقاط حضور گونه خفاش لب کوتاه بر روی مدل رقومی ارتفاع

هفت متغیر اقلیمی که توصیف‌کننده شرایط اقلیم کنونی و آینده هستند (جدول ۱) از بانک اطلاعات اقلیمی Chelsa (۳۹) با دقت مکانی ۱ کیلومتر دریافت و برای ساخت مدل توزیع اقلیمی گونه استفاده شد. Chelsa یک بانک اطلاعات اقلیمی بوده که دربرگیرنده ۱۹ متغیر زیست اقلیمی است. داده‌های بانک اطلاعات اقلیمی Chelsa نسبت به انواع شناخته‌شده‌تر مانند WorldClim دقت بالاتری دارند (۲۹). برای حصول اطمینان از عدم وجود هم‌خطی بین متغیرهای زیستگاهی از شاخص تورم واریانس (VIF) (۵۶) استفاده شده و متغیرهای با شخص تورم کمتر از ۱۰ وارد فرآیند مدلسازی شدند. شاخص تورم واریانس در بسته آماری usdm (۴۸) محاسبه گردید.

توزیع اقلیمی آینده خفاش لب‌کوتاه براساس مدل Community Climate System Model (CCSM4) و تحت دو سناریوی تغییر اقلیمی یعنی RCP 2.6 و RCP 8.5 برای سال ۲۰۷۰ ساخته شد. مدل CCSM4 یکی از پرکاربردترین و قابل استنادترین مدل‌های تغییر اقلیم در سطح جهان می‌باشد که امکان مطالعه ویژگی‌های اقلیمی گذشته، حاضر و آینده زمین را برای پژوهشگران فراهم می‌کند (۲۱). دو سناریوی RCP 2.6 وRCP 8.5 به این دلیل که یکی حد کمینه انتشار گازهای گلخانه‌ای و دیگری حد بیشینه آن را ارائه می‌کند انتخاب شدند (۳۵). در نهایت مساحت زیستگاه‌های مطلوب گونه تحت شرایط اقلیمی حاضر و شرایط اقلیمی آینده در محیط نرم‌افزار R و با استفاده از بسته آماری Raster (۲۸) محاسبه و میزان تغییرات آن‌ها تعیین شد.

جدول ۱- نام، واحد و ارزش عددی شاخص تورم واریانس متغیرهای اقلیمی استفاده شده در مطالعه حاضر

نام متغیر	شماره BIO	واحد	VIF
ایزوترمالیتی	Bio3	بی‌بعد	۲/۱
تغییرات فصلی دما	Bio4	درجه سلسیوس	۳/۹۲
بیشینه دما در گرم‌ترین ماه سال	Bio5	درجه سلسیوس	۳/۰۸
میانگین دما در مرطوب‌ترین فصل سال	Bio8	درجه سلسیوس	۳/۵۶
متوسط بارش سالیانه	Bio12	میلی‌متر	۲/۴۶
تغییرات فصلی بارش	Bio15	میلی‌متر	۴/۰۳
مقدار بارش در خشک ترین ماه سال	Bio18	میلی‌متر	۴/۱۸

پیش‌بینی اثرات تغییرات اقلیمی و سنجش کارایی مدل: به‌منظور بررسی اثر تغییر اقلیم بر روی گونه مورد مطالعه از مدل‌های توزیع گونه‌ها استفاده شد. برای ساخت مدل‌های توزیع از چهار روش مدل‌های خطی تعمیم‌یافته (GLM)

(۴۳)، مدل‌های سازشی تعمیم‌یافته (GAM) (۲۶)، حداکثر بی‌نظمی (Maxent) (۵۳) و جنگل تصادفی (RF) (۱۳) و سپس از رویکرد مدلسازی ترکیبی (Ensemble approach) (۴) استفاده شد. دو مدل خطی تعمیم‌یافته و سازشی تعمیم‌یافته رگرسیون مبنا بوده و دو مدل حداکثر بی‌نظمی و جنگل تصادفی ماشین یادگیری هستند، همه این مدل‌ها به نقاط شبه عدم حضور نیاز دارند، بنابراین ۱۰۰۰۰ نقطه تصادفی در گستره مورد مطالعه با استفاده از بسته آماری PresenceAbsence تولید شد (۲۰). ساخت مدل‌های توزیع با ۱۰ بار تکرار در فضای نرم‌افزار R .3.4.3 (۵۷) و با به‌کارگیری بسته آماری Biomod2 انجام گرفت (۷۰). از مزایای استفاده از مدل ترکیبی این است که ضمن داشتن نتایج الگوریتم‌های متفاوت می‌توان عدم قطعیت حاصل از مدل‌های مجزا را کاهش داد (۴و ۲۳). مدل ترکیبی با محاسبه میانگین وزنی نقشه‌های توزیع حاصل از مدل‌های مجزا براساس معیار AUC به‌دست آمد. در تحقیق حاضر ۸۰ درصد نقاط به‌عنوان داده‌های تعلیمی و ۲۰ درصد به‌عنوان آزمون در نظر گرفته شد. برای تهیه منحنی‌های پاسخ از دو مدل GLM و GAM استفاده شد. اجرای این دو مدل برای ساخت منحنی‌های پاسخ بدون تکرار انجام شد. به‌منظور ارزیابی عملکرد مدل‌های آشیان بوم‌شناختی از سه معیار سطح زیر نمودار (AUC) به دست آمده از منحنی (۱۹) ROC، شاخص Boyce و (TSS= True Skill Statistic) استفاده شد (۲۳). براساس معیار AUC، مدلی-های که مقدار AUC برابر با ۰/۵ داشته باشند برابر با مدل کاملاً تصادفی، مدل‌هایی که دارای AUC بیشتر از ۰/۷۵ هستند، مدل قابل‌قبول و مدل‌های که AUC بیشتر از ۰/۹ دارند مدل‌های عالی محسوب می‌شوند (۵). ارزش عددی شاخص Boyce و TSS از ۱- تا ۱+ متغیر بوده و مدل کامل مدلی است که ارزش عددی برابر ۱+ داشته باشد و ارزش عددی برابر صفر یعنی پیش‌بینی تصادفی بوده و قابل استناد نخواهد بود (۲۳).

تعیین کارایی مناطق حفاظت شده: پس از تهیه نقشه پیش‌بینی تغییرات اقلیمی خفاش لب‌کوتاه، کارایی مناطق حفاظت شده کشور برای حفاظت از گونه تحت تأثیر تغییرات اقلیمی مورد بررسی قرارگرفت. برای سنجش کارایی مناطق حفاظت شده درصد همپوشانی این مناطق با زیستگاه‌های مطلوب محاسبه شد. برای نیل به این هدف لازم است نقشه‌های پیوسته مطلوبیت زیستگاه به نقشه‌های ناپیوسته مطلوب/نامطلوب تبدیل شوند (۲۳) در مطالعه حاضر تبدیل نقشه‌های پیوسته به نقشه‌های مطلوب و نامطلوب براساس آستانه ۱۰ درصد پایین مطلوبیت در نقاط حضور صورت گرفت. در گام بعد گستره زیستگاه-های مطلوب با مرز مناطق حفاظت شده با استفاده از نرم‌افزارArcGIS 10.5 برش داده شد و سپس مساحت گستره‌های مطلوب در داخل مناطق حفاظت شده در بسته آماری Raster در فضای نرم‌افزار R .3.4.3 (۵۷) محاسبه شد.

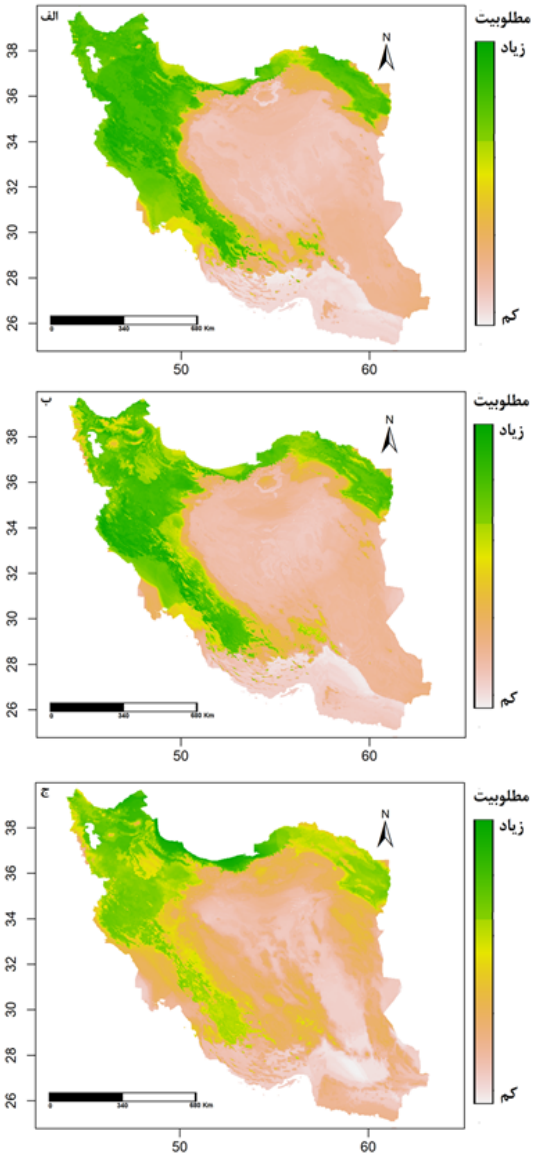
نتایج

براساس نتایج حاصل، مدل تهیه‌شده در مطالعه حاضر کارایی بالایی دارد (۰/۰±۸۶/۰۳) AUC، (۰/۰±۷۶/۰۵) TSS و (۰/۰±۷۸/۰۴) Boyce). نتایج بررسی اثرات تغییرات اقلیمی بر گونه خفاش لب‌کوتاه نشان داد زیستگاه‌های مطلوب گونه تحت تأثیر تغییرات اقلیمی کاهش خواهد یافت (شکل ۲) در حال حاضر ۳۱۲۵۶۲ کیلومترمربع از مساحت ایران برای گونه ازنظر اقلیمی مطلوب بوده که در آینده ۱۴۲۳۸۹ کیلومترمربع از مناطق مطلوب از دست خواهند رفت. این در حالی است که۶۴۷۱۱ کیلومترمربع زیستگاه مطلوب جدید برای گونه شکل خواهد گرفت.

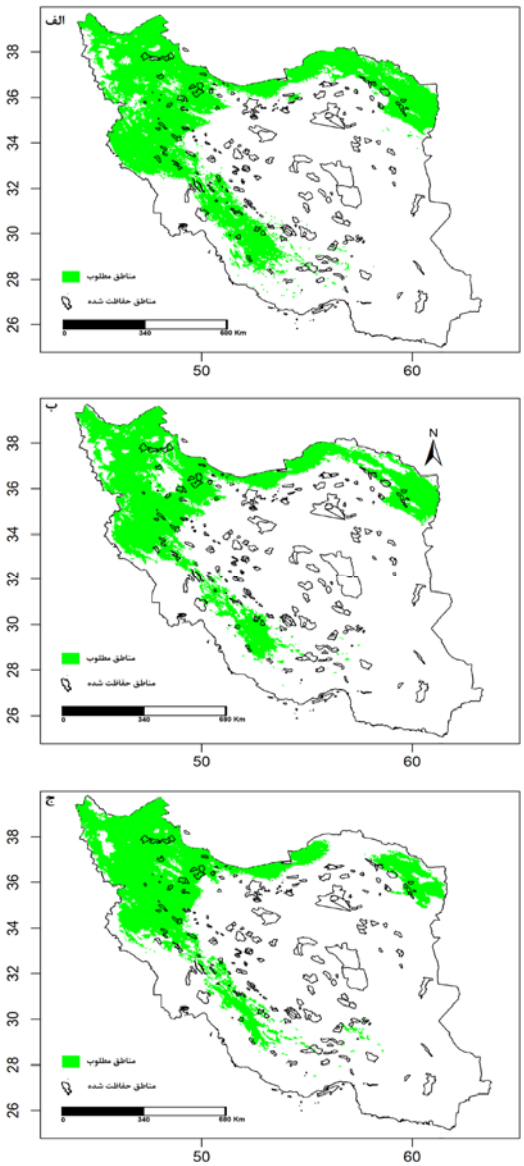
سنجش کارایی مناطق حفاظت شده در حفاظت از زیستگاه‌های مطلوب گونه نشان داد، ۷/۶ درصد از زیستگاه‌های مطلوب گونه تحت پوشش شبکه مناطق حفاظت شده قراردارد (شکل ۳). در آینده وسعت

زیستگاه‌های مطلوب در مناطق حفاظت شده کاهش اندکی خواهد داشت به شکلی که تحت سناریوی RCP2.6 ۷/۲ درصد و تحت سناریوی RCP8.5 ۶/۵ درصد از زیستگاه-های مطلوب تحت پوشش شبکه مناطق حفاظت شده خواهند بود.

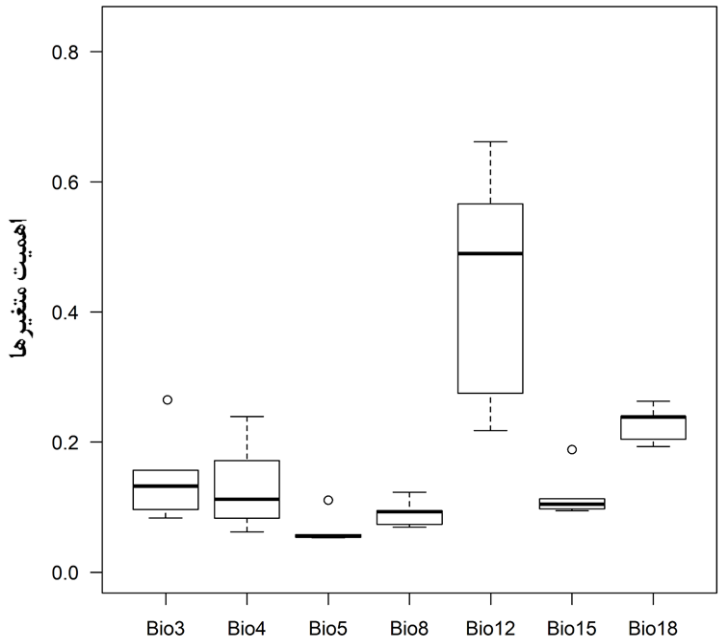
اهمیت متغیرها و منحنی‌های پاسخ: بررسی اهمیت متغیرها در تعیین توزیع گونه نشان داد میانگین بارش سالیانه و بارش در گرم‌ترین ماه سال مهمترین متغیرها در ساخت مدل‌های مطلوبیت گونه خفاش لب کوتاه بودند (شکل ۴). براساس منحنی‌های پاسخ حاصل از دو مدل GLM و GAM ارتباط بین احتمال حضور گونه و دو متغیر یاد شده مثبت بوده به شکلی که با افزایش میزان بارش سالیانه و بارش در گرم‌ترین ماه سال میزان مطلوبیت یا احتمال حضور گونه افزایش می‌یابد (شکل ۵).



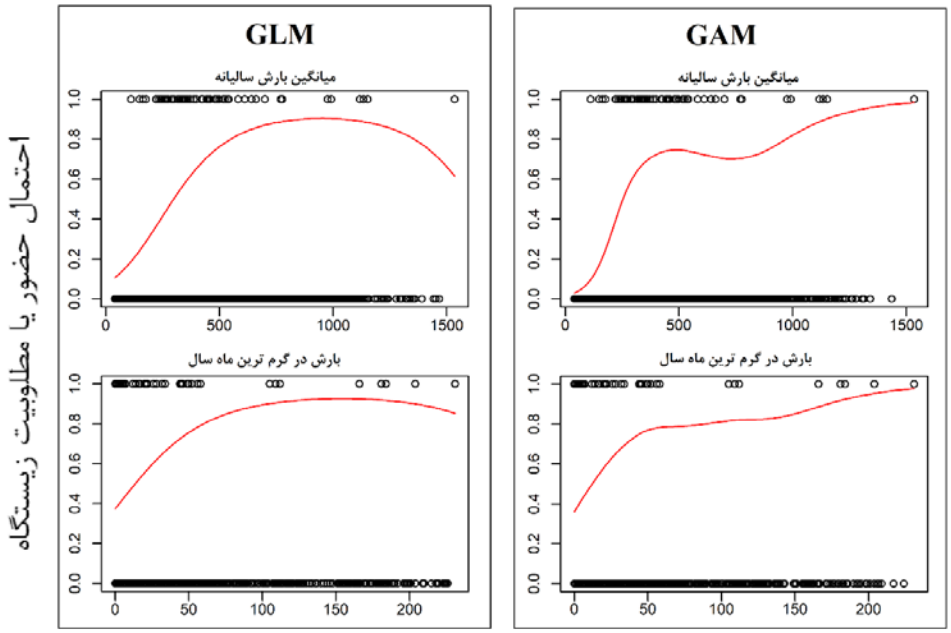
شکل ۲- مدل‌های مطلوبیت اقلیمی گونه خفاش لب‌کوتاه ، تحت شرایط حاضر (الف) و آینده (ب)، (RCP2.6 2070) (ج) (RCP8.5 2070)



شکل ۳- همپوشانی زیستگاه‌های مطلوب تحت شرایط حاضر (الف) و آینده (ب)، (RCP2.6 2070) (ج) (RCP8.5 2070) با شبکه مناطق حفاظت شده کشور



شکل ۴- اهمیت متغیرها در ساخت مدل‌های مطلوبیت براساس چهار مدل GLM، GAM، Maxent و RF



شکل ۴- منحنی‌های پاسخ خفاش لب‌کوتاه نسبت به مهمترین متغیرهای محیطی براساس مدل‌های GLM و GAM.

بحث و نتیجه‌گیری

مطالعات صورت گرفته در زمینه اثرات تغییرات اقلیمی در ایران نشان داده بسیاری از گونه‌ها مانند گونه‌های ساکن مناطق کوهستانی تحت تأثیر اثرات منفی تغییرات اقلیمی قرار خواهند گرفت، هرچند گستره اقلیمی مطلوب برای برخی گونه‌ها مثل انواع ساکن در مناطق بیابانی کشور در آینده افزایش می‌یابد (۷۲). تاکنون اثر تغییرات اقلیمی بر برخی گونه‌های پستانداران ایران مطالعه شده است. پلنگ (۸و ۱۵)، دو گونه جونده (*Jaculus blanfordi* و *Jaculus loftusi*) (۴۶)، سنجاب ایرانی (*Sciurus anomalus*) (۴۲)،

کل و بز (*Capra aegagrus*)، قوچ و میش (*Ovis orientalis* و *Ovis vignei*) و آهو (*Gazella subgutturosa*) (۱۴و ۴۱) ازجمله گونه‌های مطالعه شده هستند. اما اثرات تغییرات اقلیمی بر خفاش‌های ایران ناشناخته باقی‌مانده است (۴۴). خفاش‌ها دارای اولویت حفاظتی بالایی هستند (۳۶). بنابراین مدیریت و حفاظت آنها تحت تأثیر تغییرات اقلیمی نیز اولویت بالایی دارد. در مطالعه حاضر اثر تغییرات اقلیمی بر گونه خفاش لب‌کوتاه در ایران مورد بررسی قرارگرفت. نتایج نشان داد خفاش‌ها نیز مانند سایر گروه‌های پستانداران ایران تحت اثرات منفی تغییرات اقلیمی قرار خواهند گرفت. براساس نتایج ۱۱۸۵۵۱ کیلومترمربع از زیستگاه‌های مطلوب گونه در اثر تغییرات اقلیمی به زیستگاه‌های نامطلوب تبدیل خواهند شد. نتایج مطالعه حاضر با سایر مطالعات صورت گرفته روی خفاش‌ها همخوانی دارد که نشان دادند تحت تأثیر تغییرات اقلیمی آینده مطلوبیت زیستگاه بسیاری از گونه-های خفاش کاهش خواهد یافت (۳و ۶۰). اما میزان کاهش زیستگاه‌های مطلوب برای این گونه کمتر از میزان پیش‌بینی‌شده برای خفاش‌ها در برزیل است که نشان داده شده تحت تأثیر تغییرات اقلیمی برخی گونه‌ها تا ۹۸ درصد از زیستگاه‌های مطلوب خود را از دست خواهند داد (۳).

متوسط بارش سالیانه مهمترین متغیر تبیین‌کننده توزیع خفاش لب‌کوتاه در ایران شناسایی شد. دلیل اهمیت بارش این است که هرچه میزان بارش در یک منطقه بیشتر باشد میزان تولید نیز بیشتر است. در مناطق با بارش زیادتر پوشش گیاهی و حشرات بیشتری وجود دارد و منبع غذایی بیشتری را برای گونه‌های حشره‌خوار مانند خفاش‌ها فراهم می‌آورد (۶۱). اهمیت بارش در زیستگاه‌های گونه بسیار بالا است به شکلی که بارش در گرم‌ترین ماه سال دومین متغیر مهم در تعیین توزیع گونه شناسایی شد و در مناطقی که بارش در گرم‌ترین ماه سال پایین باشد احتمال حضور گونه نیز پایین خواهد بود. نتایج این پژوهش با نتایج مطالعه صورت گرفته بر خفاش نعل اسبی بزرگ (*Rhinolophus ferrumequinum*) که نشان داده شد میانگین بارش سالیانه مهمترین عامل تعیین‌کننده توزیع آن در ایران است، همخوانی دارد.

در گذشته شناسایی پناهگاه‌های اقلیمی محدود به شناسایی مناطقی بود که گونه‌ها طی عصر یخچالی در آنها بقا داشته-اند (۱۲، ۲۷، ۳۱و ۵۴). در حال حاضر اما پناهگاه‌های اقلیمی به مناطقی نیز اطلاق می‌شود که پیش‌بینی می‌شود در شرایط اقلیمی در حال تغییر آینده نیز مطلوب باقی بمانند (۴۵و ۶۷). به نظر می‌رسد این مناطق نقش بسیار کلیدی در بقای گونه‌ها داشته باشند بنابراین شناسایی آنها به یکی از زمینه‌های عمده پژوهشی تبدیل شده است (۲۴و ۶۷). در مطالعه حاضر نیز نه تنها گستره‌های که تحت تأثیر تغییرات اقلیمی مطلوب باقی خواهند ماند تعیین شد، بلکه مناطقی که پیش‌بینی شده در آینده برای حضور گونه مطلوب شوند نیز شناسایی شد. مناطق مطلوب پایدار را می‌توان به‌عنوان پناهگاه‌های اقلیمی گونه تحت تأثیر تغییرات اقلیمی آینده در نظر گرفت، همچنین گستره‌های که پیش بینی شده در آینده برای گونه مطلوب شوند نیز می‌توانند به‌عنوان پناهگاه اقلیمی بالقوه مورد توجه قرارگیرند. لازم به ذکر است که اقلیم تنها یکی از عوامل محیطی شکل‌دهنده آشیان بوم‌شناختی گونه‌ها است (۳۲و ۳۳)، بنابراین زیستگاه‌های مطلوبی که تنها براساس متغیرهای اقلیمی شناسایی شده‌اند ممکن است ازنظر سایر شرایط بوم‌شناختی برای حضور گونه مطلوب نباشد.

مناطق حفاظت شده ایران در ابتدا باهدف حفاظت از پستانداران بزرگ جثه مانند کل و بز، قوچ و میش و آهو شکل‌گرفته است. بررسی‌های صورت گرفته نشان می‌دهد این مناطق کارایی کافی در حفاظت از سایر گروه‌های جانوری را ندارند که این موضوع درباره برخی گونه‌های پستانداران (۱۷)، پرندگان (۴۷) و خزندگان (۳۷) نشان داده شده است. در مورد گونه خفاش لب‌کوتاه نیز نشان داده شده بخش بسیار کوچکی از زیستگاه‌های مطلوب

گونه یعنی ۷/۱ درصد از کل زیستگاه‌های مطلوب در داخل شبکه مناطق حفاظت شده دارد. بنابراین با فرض اینکه مناطق حفاظت شده کشور نقش حفاظتی خود را داشته باشند بازهم بخش بسیار کوچکی از زیستگاه‌های مطلوب گونه پوشش حفاظتی قانونی خواهد داشت. براساس نتایج مطالعه حاضر و سایر مطالعات صورت گرفته روی کارایی مناطق حفاظت شده در کشور (۱۷، ۳۷و ۴۷) ضروریست مناطق حفاظت شده جدیدی با در نظر گرفتن تمامی گروه-های گیاهی و جانوری همچنین بوم‌سازگان‌های مختلف انتخاب و به شبکه مناطق حفاظت شده کنونی اضافه گردد.

براساس مطالعات صورت گرفته تحت تأثیر تغییرات اقلیمی توزیع گونه‌ها تغییر خواهد کرد، جمعیت آنها کاهش خواهد یافت، انقراض‌های به وقوع خواهد پیوست و کارکرد بسیاری از بوم‌سازگان‌های طبیعی نیز مختل خواهد شد (۲۵). بنابراین ضروری است که اقدامات لازم جهت جلوگیری از اثرات منفی تغییرات اقلیمی بر تنوع زیستی انجام گیرد (۱۶). این در حالی است که نحوه اثرگذاری تغییرات اقلیمی بر تنوع زیستی ایران ناشناخته مانده است (۷۲) و نیاز است پژوهش‌های بیشتری در این زمینه صورت پذیرد.

همان‌طور که ذکر شد خفاش‌ها خدمات اکوسیستمی ضروری ازجمله گرده‌افشانی، پراکنده کردن بذرها و کنترل آفات را ارائه می‌دهند (۳۰، ۵۲، ۵۸و ۵۹). در این مطالعه نشان داده شد که تغییر اقلیم یک تهدید مهم برای خفاش-های ایران خواهد بود. یعنی تحت اقلیم در حال تغییر بسیاری از جمعیت‌های خفاش‌های ایران مانند سایر گروه-های گیاهی و جانوری (۷۲) زیستگاه‌های مطلوب خود را از دست خواهند داد و این منجر به حذف خدمات اکوسیستمی گونه‌های مذکور خواهد شد. بنابراین پیشنهاد می‌شود مطالعات میدانی برای ارزیابی نحوه تأثیرپذیری سایر گونه‌های خفاش از تغییرات اقلیمی در کشور صورت گیرد و براساس نتایج به دست آمده برای کاهش اثرات منفی تغییرات اقلیمی بر آنها برنامه‌ریزی نمود.

براساس سناریوی RCP8.5 پیوستگی زیستگاه‌های مطلوب جمعیت‌های رشته‌کوه‌های کپه داغ و البرز از بین خواهد رفت و بین جمعیت‌های دو رشته‌کوه گستره وسیعی از مناطق نامطلوب شکل خواهد گرفت. حفظ پیوستگی مناطق حفاظت شده می‌تواند یک راهبرد حفاظتی مؤثر برای حفظ تنوع زیستی تحت تأثیر تغییرات اقلیمی آینده باشد (۲۵و ۷۲). همچنین شناسایی کریدورهایی برای اتصال شبکه مناطق حفاظت شده به یکدیگر که بتوانند جابجایی گونه‌ها بین مناطق را تسهیل کنند نیز می‌تواند در حفاظت تنوع زیستی تحت تأثیر تغییرات اقلیمی بسیار مؤثر باشد (۲۵). این راهبردها برای حفاظت خفاش‌ها که ازیک‌طرف حساسیت زیادی به تغییرات اقلیمی دارند و از طرفی دیگر به تجزیه زیستگاه حساس هستند، بسیار کاربردی خواهند بود.

تشکر و قدردانی

این مطالعه با حمایت مالی صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران معاونت علمی ریاست جمهوری (Iran National Science Foundation (INSF) با شماره ۹۷۰۲۵۰۵۸ به انجام رسیده است.

منابع

1- Akmali, V., Farazmand, A., Darvish, J., and Sharifi, M., 2011. Phylogeography and taxonomic Status of the Greater Mouse-Tailed Bat *Rhinopoma microphyllum* (Chiroptera: Rhinopomatidae) in Iran. Acta Chiropterologica 13(2), https://doi.org/10.3161/150811011X624767.

2- Akmali, V., Sharifi, M., and Farassat, H., 2014. Habitat selection by the Common Pipistrelle, *Pipistrellus pipistrellus* s. l. (Chiroptera: Vespertilionidae), in the Dinevar region of western Iran. Zoology in the Middle East, 33, PP: 43-50.

3- Aguiar, L. M. S., Bernard, E., Ribeiro, V., Machado, R. B., and Jones, G., 2016. Should I stay or should I go? Climate change effects on the future of Neotropical savannah bats. Global Ecology and Conservation, 5, PP: 22-33.

4- Araújo, M. B., and New, M., 2007. Ensemble forecasting of species distributions, Trends Ecology and Evolution, 22, PP: 42–47.

5- Araújo, M. B., Pearson, R., Thuiller, W., and Erhard, M., 2005. Validation of species–climate impact models under climate change, Global Change Biology, 11, PP: 1504–1513.

6- Ashrafi, S., Beck, A., Rutishauser, M., Arlettaz, R., and Bontadina, F., 2011. Trophic niche partitioning of cryptic species of long-eared bats in Switzerland: implications for conservation. European Journal of Wildlife Research, 57, PP: 843–849.

7- Ashrafi, S., Rutishauser, M., Ecker, K., Obrist, M. K., Arlettaz, R., and Bontadina, F., 2013. Habitat selection of three cryptic *Plecotus* bat species in the European Alps reveals contrasting implications for conservation, Biodiversity Conservation, 22, PP: 2751–2766.

8- Ashrafzadeh, M. R., Naghipour, A. A., Haidarian, M., and Khorozyan, I., 2018. Modeling the response of an endangered flagship predator to climate change in Iran, Mammal Research, https://doi.org/10.1007/s13364-018-0384-y.

9- Bellard, C., Bertelsmeier, C., Leadley, P., Thuiller, W., and Courchamp, F., 2012. Impacts of climate change on the future of biodiversity. Ecology Letters, 15, PP: 365-377.

10- Belle, E. M. S., Burgess, N. D., Misrachi, M., Arnell, A., Masumbuko, B., Somda, J., Hartley, A., Jone, R., Janes, T., McSweeney, C., Mathison, C., Buontempo, C., Butchart, S., Willis, S. G., Baker, D. J., Carr, J., Hughes, A., Foden, W., Smith, R. J., Smith, J., Stolton, S., Dudley, N., Hockings, M., Mulongoy, J., and Kingston, N., 2016. Climate Change Impacts on Biodiversity and Protected Areas in West Africa, Summary of the main outputs of the PARCC project, Protected Areas Resilient to Climate Change in West Africa, UNEP-WCMC, Cambridge, UK.

11- Benda, P., Faizolahi, K., Andreas, M., Obuch, J., Reiter, A., Ševčík, M., Uhrin, M., Vallo, P., and Ashrafi, S., 2012. Bats (Mammalia, Chiroptera) of the Eastern Mediterranean and Middle East, Part 10, Bat fauna of Iran, Acta Societatis Zoologicae Bohemicae, 76, PP: 163-582.

12- Birks, H. J. B., and Willis, K. J., 2008. Alpine trees and refugia in Europe, Plant Ecology and Diversity, 1, PP: 147–160.

13- Breiman, L., 2001. Random forests, Machin Learning, 45, PP: 5–32.

14- Ebrahimi, A., Sardari, P., Safavian, S., Jafarzade, Z., Bashghareh, S., and Khavari, Z., 2019. Climate change effects on species of Bovidae family in Iran, Environmental Earth Sciences, 78,186 p.

15- Ebrahimi, A., Farashi, A., and Rashki, A., 2017. Habitat suitability of Persian leopard (*Panthera parduss axicolor*) in Iran in future, Environmental Earth Sciences, 76, PP: 697-707.

16- Ekins, P., and Speck, S., 2013. The fiscal implications of climate change and policy responses. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 19, PP: 355–374.

17- Farashi, A., and Shariati, M., 2017. Biodiversity hotspots and conservation gaps in Iran, Journal for Nature Conservation, 39, PP: 37-57.

18- Fathipour, F., Sharifi, M., and Akmali, V., 2016. Distribution of Cavernicolous bat fauna in Ilam Province, Western and Southwestern of the Iranian Plateau, Iranian Journal of Animal Biosystematics, 12, PP: 97-110.

19- Fielding, A. H., and Bell, J. F., 1997. A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models. Environmental Conservation, 24, PP: 38–49.

20- Freeman, E. A., and Moisen, G., 2008. PresenceAbsence: an r package for presence-absence model analysis, Journl of Statatistical Software, 23, PP: 1-31.

21- Gent, P. R., Danabasoglu, G., Donner, L. J., Holland, M. M., Hunke, E. C., Jayne, S. R., Lawrence, D. M., Neale, R. B., Rasch, P. J., Vertenstein, M., Patrick, H. W., Zong-Liang, Y., and Minghua, Z., 2011. The community climate system model version 4, Journal of Climate, 24, PP: 4973–4991.

22- Guisan, A., and Thuiller, W., 2005. Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. Ecology Letters, 8, PP: 993–1009.

23- Guisan, A., Thuiller, W., and Zimmermann, N. E., 2017. Habitat suitability and distribution models: with applications in R, Cambridge University Press.

24- Haight, J., and Hammill, E., 2019. Protected areas as potential refugia for biodiversity under

climatic change. Biological Conservation, 108258 p.

25- Hannah, L., 2015. Climate Change Biology, London: Academic, 2nd ed.

26- Hastie, T. J., and Tibshirani, R., 1990. Generalized additive models, Chapman and Hall, UK.

27- Hewitt, G., 2000. The genetic legacy of the quaternary ice ages, Nature, 405, PP: 907–913.

28- Hijmans, R. J., 2017. raster: geographic data analysis and modeling, R package version, 2, PP:6-7. https://CRAN.R-project.org/package=raster.

29- Hijmans, R. J., Cameron, S. E., Parra, J. L., Jones, P. G., and Jarvis, A., 2005. Very High resolution interpolated climate surfaces for global land areas, International Journal of Climatology, 25, PP: 1965-1978.

30- Hutchinson, G. E., 1959. Homage to Santa Rosalia, or why are there so many kinds of animals? American Naturalist, 93, PP: 45-159.

31- Hutchinson, G. E., 1958. Concluding remarks, Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology, 22, PP: 415-427.

32- Hodgkison, R., Balding, S. T., Zubaid, A., and Kunz, T. H., 2003. Fruit Bats (Chiroptera: Pteropodidae) as Seed Dispersers and Pollinators in a Lowland Malaysian Rain Forest1, Biotropica, 35, PP: 491-502.

33- Holderegger, R., and Thiel-Egenter, C., 2009. A discussion of different types of glacial used in mountain biogeography and phylogeography, Journal of Biogeography, 36, PP: 476–480.

34- Hutson, A. M., Spitzenberger, F., Aulagnier, S., Coroiu, I., Karataş, A., Juste, J., Paunovic, M., and Palmeirim, J., and Benda, P., 2008. *Pipistrellus pipistrellus*, *The IUCN Red List of Threatened Species* 2008, e.T17317A6968203. https://dx.doi.org/10.2305/IUCN UK.2008.RLTS.T17317A6968203.en, Downloaded on 02 May 2020.

35- IPCC, 2014. Summary for policymakers, In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability, Part A: Global and Sectoral Aspects, Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C. B., Barros, V. R., Dokken, D. J., Mach, K. J., Mastrandrea, M. D., Bilir, T. E., Chatterjee, M., Ebi, K. L., Estrada, Y. O., Genova, R. C., Girma, B., Kissel, E. S., Levy, A. N., MacCracken, S., Mastrandrea, P. R., White (eds.), L.,]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New.

36- Isaac, N. J. B., Turvey, S. T., Collen, B., Waterman, C., and Baill ie., J. E. M., 2007. Mammals on the EDGE: conservation priorities based on threat and phylogeny, PLoS ONE 2, e296 p.

37- Kafash, A., Kaboli, M., Köhler, G., Yousefi, M., and Asadi, A., 2016. Ensemble distribution modeling of the Mesopotamian spiny-tailed lizard (*Saara loricata*) in Iran, An insight into the impact of climate change, Turkish Journal of Zoology, 40, PP: 262–271.

38- Karami, M., Ghadirian, T., and Faizolahi, K., 2016. The atlas of the mammals of Iran. Iran Department of the Environment, Tehran, Iran.

39- Karger, D. N., Conrad, O., and Bohner, J., 2017. Climatologies at high resolution for the earth land surface areas. Scientific Data, 4, PP: 170122.

40- Luo, J., Kosel, K., Zsebok, S., Siemers, B. M., and Goerlitz, H. R., 2014. Global warming alters sound transmission: Differential impact on the prey detection ability of echolocating bats, Journal of the Royal Society, Interface/The Royal Society, 11, 20130961 p.

41- Malakoutikhah, S., Fakheran, S., Hemami, M. R., Tarkesh, M., and Senn, J., 2019. Identifying potential climatic refugia to protect populations of Goitered Gazelle (*Gazelle subgutturosa*) in the face of climate change (A case Study: Central Iran), IJAE, 8, PP: 1-15.

42- Malekian, M, and Sadeghi, M., 2019. Predicting impacts of climate change on the potential distribution of two interacting species in the forests of western Iran, Meteorological Applications, PP:1– 10.

43- McCullagh, P., and Nelder, J. A., 1989. Generalized linear models, Chapman and Hall,

44- Mehdizadeh, R., Sharifi, M., Eghbali, H., and Akmali, V., 2017. Modeling species distribution under several climate change scenarios for Rhinopoma bats (Chiroptera: Rhinopomatidae) in Iran, 4th International Conference on Applied Research in Chemistry and Biology, https://www.civilica.com/Paper-CBGCONF04-CBGCONF04_086.html.

45- Michalak, J. L., Lawler, J. J., Roberts, D. R., and Carroll, C., 2018. Distribution and protection of climatic refugia in North America. Conservation Biology, 32, PP: 1414-1425.

46- Mohammadi, S., Ebrahimi, E., Shahriari Moghadam, M., and Bosso, L., 2019. Modelling current and future potential distributions of two desert jerboas under climate change in Iran. Ecological Informatics, 52, PP: 7-13.

47- Moradi, S., Sheykhi Ilanloo, S., Kafash, A., and Yousefi, M., 2019. Identifying high-priority conservation areas for avian biodiversity using species distribution modeling. Ecological Indicators, 97, PP: 159-164.

48- Naimi, B., 2015. Uncertainty analysis for species distribution models, R package version, 1, PP: 1-15.

49- Najafi, N., Akmali, V., and Sharifi, M., 2018. A review of *Rhinolophus mehelyi* in Iran with new distributional records. Iranian Journal of Animal Biosystematics, 14, PP: 43-54.

50- Najafi, N., Akmali, V., and Sharifi, M., 2019. Historical explanation of genetic variation in the Mediterranean horseshoe bat *Rhinolophus euryale* (Chiroptera: Rhinolophidae) inferred from mitochondrial cytochrome-b and D-loop genes in Iran, Mitochondrial DNA Part A, 30, PP: 135-147.

51- Oliver, T. H., and Morecroft, M. D., 2014. Interactions between climate change and land use change on biodiversity: attribution problems, risks, and opportunities, WIREs Climate Change, 5, PP: 317-335.

52- Perry, R. W., 2018. Migration and recent range expansion of Seminole bats (*Lasiurus seminolus*) in the United States. Journal of Mammalogy, 99, PP: 1478 - 1485.

53- Phillips, S. J., Anderson, R., and Schapire, R. E., 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions, Ecological Modelling, 190, PP: 231-259.

54- Provan, J., and Bennet, K. D., 2008. Phylogeographic insights into cryptic glacial refugia, Trends in Ecology and Evolution, 23, PP: 564–571.

55- Puig-Montserrat, X., Torre, I., López-Baucells, A., Guerrieri, E., Monti, M. M., Ràfols-García, R., Ferrer, X., Gisbert, G., and Flaquer, F., 2015. Pest control service provided by bats in Mediterranean rice paddies: linking agroecosystems structure to ecological functions, Mammalian Biology, 80, PP: 237–245.

56- Quinn, G. P., and Keough, M. J., 2002. Experimental designs and data analysis for biologists. Cambridge University Press; Cambridge, UK.

57- Core Team, R., 2017. R: A language and environment for statistical computing, https://www.R-project.org/.

58- Raghuram, H., Singaravelan, N., Nathan, P. T., Emmanuvel, K., Rajan, K. E., and Marimuthu, G., 2011. Foraging ecology of pteropodid bats: Pollination and seed dispersal, In Zupan J. L., and Mlakar (Eds.), S. L., Bats: Biology, behavior and conservation. New York, NY: Nova Science Publishers Inc.

59- Riccucci, M., and Lanza, L., 2014. Bats and insect pest control: a review. Vespertilio, 17, PP: 161–169.

60- Rebelo, H., Tarroso, P., and Jones, G., 2010. Predicted impact of climate change on European bats in relation to their biogeographic patterns. Global Change Biology, 16, PP: 561-576.

61- Shahabi, S., Sharifi, M., and Akmali, V., 2019. Potential geographic distribution and habitat suitability of the Greater horseshoe bat, *Rhinolophus ferrumequinum* (Chiroptera: Rhinolophidae) in Iran. Journal of Wildlife and Biodiversity, 3, PP: 40-51.

62- Sharifi, M., and Akmali, V., 2006. On occurrence of *Myotis capaccinii* (Chiroptera: Vespertilionidae) in western Iran. Iranian Journal of Animals Biosystematics, 2, PP: 13–17.

63- Sharifi, M., and Hemmati, Z., 2002. Variation in the diet of the greater mouse-tailed bat, *Rhinopoma microphyllum* (Chiroptera: Rhinopomatidae) in south-western Iran. Zoology in the Middle East, 26, PP: 65–70.

64- Sharifi, M., and Hemmati, Z., 2004. Variation in the diet of Mehely's Horseshoe Bat, *Rhinolophus mehelyi*, in three contrasting environments in western Iran, Zoology in the Middle East, 33, PP: 65-72.

65- Sherwin, H. A., Montgomery, W. I., and Lundy, M. G., 2013. Bats and climate change, Mammal Review, 43, PP: 171-182.

66- Soultan, A., Wikelski, M., and Safi, K., 2019. Risk of biodiversity collapse under climate change in the Afro-Arabian region. Scientific Reports, 9, https ://www. nature.com /articles/ s41598-019-50059-6

67- Stralberg, D., Carroll, C., Pedlar, J. H., Wilsey, C. B., McKenney, D. W., and Nielsen, S. E., 2018. Macrorefugia for North American trees and songbirds: Climatic limiting factors and multi□scale topographic influences. Global Ecology Biogeography, 27, PP: 690– 703.

68- Svenning, J., Normand, S., and Kageyama, M., 2008. Glacial refugia of temperate trees in Europe: insights from species distribution modeling, Journal of Ecology, 96, PP: 1117–1127.

69- Thomas, C. D., Cameron, A., Green, R. E., Bakkenes, M., Beaumont, L. J., Collingham, Y. C., Erasmus, B. F. N., de Siqueira, M. F., Grainger, A., Hannah, L., Hughes, L., Huntley, B., Van Jaarsveld, A. S., Midgley, G. F., Miles, L., Ortega-Huerta, M. A., Peterson, A. T., Phillips, O. L., and Williams, S. E., 2004. Extinction risk from climate change. Nature, 427, PP: 145–148.

70- Thuiller, W., Georges, D., Engler, R., and Breiner, F., 2016. biomod2: ensemble platform for species distribution modeling, R package version, 3, P: 3-7. https://CRAN.R project.org/package =biomod2.

71- Wilson, D. E., and Reeder, D. M., 2005. Mammal species of the world: a taxonomic and geographic reference. JHU Press.

72- Yousefi, M., Kafash, A., Valizadegan, N., Sheykhi Ilanloo, S., Rajabizadeh, M., Malekoutikhah, S., Hosseinian Yousefkhani, S. S., and Ashrafi, S., 2019. Climate change is a major problem for biodiversity conservation: A systematic review of recent studies in Iran. Contemp. Problems of Ecology, 12, PP: 394-403.

73- Yusefi, G. H., Faizolahi, K., Darvish, J., Safi, K., and Brito, J. C., 2019. The species diversity, distribution, and conservation status of the terrestrial mammals of Iran, Journal of Mammalogy, 100, PP: 55-71.

Distribution of *Pipistrellus pipistrellus* (Schreber, 1774) under the climate change: Identifying climate refugia and assessing protected areas effectiveness

Kafash A.,[1] Ashrafi S.[1,2] and Yousefi M.[1,2]

[1] Dept. of Environmental Science, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Tehran, I.R. of Iran.

[2] Ecology and Conservation Research Group, Dept. of Environmental Science, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Tehran, I.R. of Iran.

Abstract

Conservation of biodiversity under changing environment is a real challenge for conservation biologists. Previous studies on bats, have shown that climate change will have negative influence on the biogeography of bats, their access to food and rate of energy expenditure. However very little is known about the potential impacts of climate change on bats of Iran. *Pipistrellus pipistrellus* is a small insectivore bat which live in vast area in Iran. Despite being widespread, the species ecology remains unknown. In the present study we predicted the impacts of climate change on the species distribution, identified future climate refugia for the species and assessed protected areas effectiveness in covering the species suitable habitats. We applied an ensemble approach, using four distribution modeling methods (Generalized Linear Models, Generalized Additive Models, Maximum Entropy and Random Forest) to predict the impacts of climate change on distribution of the species. We found that the species will lose 142389 km^2 of its suitable habitats while gaining 64711 km^2 new climatically suitable habitats. Results showed that 7.6 percent of the species suitable habitats covered by protected areas under current climatic condition. However, in the future suitable habitats will decrease to 7.2 and 6.5 percent under RCP2.6 and RCP8.5 respectively. Climatically, stable habitats identified in this study can play important role in species survival under future climate change, thus they have high priority for conservation.

Key words: *Pipistrellus pipistrellus*, Habitat suitability, Climate change, Protected areas.