

Experimental Animal Biology Open Access

ORIGINAL ARTICLE

Predicting the impacts of climate change on distribution of Great Spotted Woodpecker (*Dendrocopos major*) in Hyrcanian forests

Sayyad Sheykhi¹⁽⁰⁰⁰⁰⁰⁰⁰³³²⁸⁸⁸⁰¹⁹⁾, Hamidreza Rezaei¹, AnooShe Kafash², Masoud Yousefi³

¹Department of Environmental Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

²Department of Environmental Science, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

³Department of Animal Science, School of Biology, University of Damghan, Damghan, Iran.

Correspondence

Sayyad Sheykhi

Email: Sayyad.bird@gmail.com

How to cite

Sheykhi, S., Rezaei, H., Kafash, A., & Yousefi, M. (2024). Predicting the impacts of climate change on distribution of Great Spotted Woodpecker (*Dendrocopos major*) in Hyrcanian forests. *Experimental Animal Biology*, 13(50), 57-66.

ABSTRACT

Hyrcanian forests are rich in the sense of biological diversity. Cavity-nesting birds are considered an indicator of bird diversity in these forest ecosystem. To help conservation of avian diversity in Hyrcanian forests, we applied ensemble of three species distribution models (Generalised Boosted Models, Maximum Entropy modeling, Random Forest) and predicted the impacts of climate change on distribution of *Dendrocopos major* an important tree-cavity nesting bird in the area. We also estimated protected areas coverage for suitable habitat of the species in Hyrcanian forests. Results showed that area of suitable habitat of the species is and this will increase to 30805 by 2070 and 34392 by 2100. We also found that 15 percent of the species suitable habitat covered by protected areas.

KEYWORDS

Hyrcanian forests, Biodiversity, Avian distribution, Avian conservation.

نشریه علمی

زیست‌شناسی جانوری تجربی

«مقاله پژوهشی»

پیش‌بینی اثرات تغییرات اقلیمی بر توزیع دارکوب بزرگ خالدار (*Dendrocopos major*) در جنگل‌های هیرکانی

صیاد شیخی^۱ (۰۰۰۰۰۰۰۳۳۲۸۸۸۰۱۹)، حمیدرضا رضایی^۱، انوشه کفاش^۲، مسعود یوسفی^۳

چکیده

پرنده‌گان آشیان‌حفره‌ای به‌عنوان شاخص تنوع پرنده‌گان این اکوسیستم‌های جنگلی هستند، بنابراین برای کمک به حفاظت از تنوع زیستی پرنده‌گان در این جنگل‌ها در مطالعه حاضر با به‌کارگیری مدل‌های توزیع گونه‌ای اثرات تغییرات اقلیمی بر توزیع دارکوب خالدار بزرگ بررسی و پوشش مناطق حفاظت‌شده برای زیستگاه‌های مطلوب گونه در جنگل‌های هیرکانی مورد مطالعه قرار گرفت. در این مطالعه از رویکرد انسبیل با بهره‌گیری از سه روش مدل‌سازی یعنی روش بیشینه آنتروپی، جنگل تصادفی و درخت سازه‌ی تعمیم یافته استفاده شد. نتایج حاصل نشان داد که در حال حاضر مساحت زیستگاه‌های مطلوب این گونه ۲۹۸۵۸ کیلومترمربع است و برای سال ۲۰۷۰ به ۳۰۸۰۵ و برای سال ۲۱۰۰ به ۳۴۳۹۲ کیلومترمربع افزایش خواهد یافت. در واقع مطالعه حاضر نشان داد که تحت تأثیر تغییرات اقلیمی زیستگاه‌های مطلوب برای دارکوب خالدار بزرگ افزایش خواهد یافت. همچنین بررسی پوشش مناطق حفاظت‌شده نشان داد که ۱۵ درصد از زیستگاه‌های مطلوب گونه در گستره مناطق حفاظت‌شده قرار دارند.

واژه‌های کلیدی

جنگل‌های هیرکانی، تنوع زیستی، توزیع پرنده‌گان، حفاظت پرنده‌گان.

^۱ گروه محیط زیست، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
^۲ گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
^۳ گروه علوم جانوری، دانشکده زیست‌شناسی، دانشگاه دامغان، ایران.

نویسنده مسئول:

صیاد شیخی

رایانامه: Sayyad.bird@gmail.com

استناد به این مقاله:

شیخی، صیاد؛ رضایی، حمیدرضا؛ کفاش، انوشه و یوسفی، مسعود (۱۴۰۳). پیش‌بینی اثرات تغییرات اقلیمی بر توزیع دارکوب بزرگ خالدار (*Dendrocopos major*) در جنگل‌های هیرکانی. فصلنامه زیست‌شناسی جانوری تجربی، ۱۳(۵۰)، ۵۷-۶۶.

مقدمه

همچنین می‌تواند اثرات متقابل گونه‌ها را تحت تأثیر قرار داده و تغییرات جبران‌ناپذیری را سبب شود؛ برای مثال، تغییرات اقلیمی سبب گسستگی و اختلال روابط زیستی مانند همزیستی، رقابت، طعمه و طعمه‌خواری می‌شود (Hannah, 2015). بنابراین نیاز است با انجام پژوهش‌های ضروری نحوه تأثیرپذیری تنوع زیستی جنگل‌های هیرکانی از تغییرات اقلیمی آینده به دقت موردبررسی قرار گیرد. اما مطالعه اثرات تغییرات اقلیمی نیاز به ابزارهای دارد که بتوان به‌وسیله آن‌ها نحوه تأثیرپذیری تنوع زیستی از تغییرات اقلیمی آینده را پیش‌بینی نمود.

در حال حاضر مدل‌های توزیع گونه‌ای مهم‌ترین ابزارهای موجود برای ارزیابی اثرات تغییرات اقلیمی بر تنوع زیستی هستند (Guisan *et al.*, 2017). این مدل‌ها با استفاده از نقاط حضور گونه‌ها و اطلاعات اقلیمی حال و آینده، توزیع آینده گونه‌ها را تحت شرایط اقلیمی در حال تغییر پیش‌بینی می‌کنند (Guisan *et al.*, 2017; Buntgen *et al.*, 2017). استفاده از این مدل‌ها در مطالعه بوم‌شناسی و حفاظت پرندگان کشور و جنگل‌های هیرکانی در حال افزایش است (Yousefi *et al.*, 2018; Ashoori *et al.*, 2018; Moradi *et al.*, 2019; Yousefi *et al.*, 2020; Sheykhi Iilanloo *et al.*, 2020, 2021; Asgharzadeh *et al.*, 2023). برای مثال (Moradi *et al.*, 2019) به مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاهی پنج گونه از پرندگان آشیان حفره‌ای در استان گلستان پرداختند و مناطق با غنای حداکثر را شناسایی کردند. همچنین در مطالعه‌ای دیگر (Mirzaei *et al.*, 2017) با استفاده از مدل Maxent توزیع ۱۴۴ گونه از پرندگان را در استان گلستان تهیه کردند. سپس با روی هم‌گذاری مدل توزیع این ۱۴۴ گونه نقشه غنای پرندگان را در استان تهیه نمودند. (Moradi *et al.*, 2018) نیز به مدل‌سازی توزیع دارکوب خالدار بزرگ در استان گلستان پرداختند و مناطق مطلوب و با اولویت حفاظتی بالا را شناسایی نمودند.

نظر به اینکه دارکوب خالدار بزرگ یکی از گونه‌ها با اهمیت آشیان حفره‌ای در جنگل‌های هیرکانی است (Moradi *et al.*, 2018) و وجود این گونه می‌تواند به حضور و بقای سایر گونه‌های آشیان حفره‌ای ثانویه منجر شود و از طرف دیگر ساخت مدل‌های مدل‌های مطلوبیت زیستگاه کمک مؤثری برای شناخت مناطق با اولویت برای حفاظت این گونه و برنامه‌ریزی برای حفاظت از زیستگاه‌های مطلوب گونه تحت تأثیر تغییرات اقلیمی است. هدف پژوهش حاضر ساخت مدل‌های مطلوبیت زیستگاه گونه دارکوب خالدار بزرگ در

جنگل‌های هیرکانی مهم‌ترین بوم‌سازگان‌های جنگلی شمال کشور هستند (Sagheb Talebi *et al.*, 2014). این جنگل‌ها جنوب دریای خزر و شمال رشته کوه‌های البرز را در مساحتی بالغ بر ۲ میلیون هکتار پوشانده‌اند (Akhami *et al.*, 2010). جنگل‌های هیرکانی از جمله آخرین بازمانده‌های طبیعی جنگل‌های خزان‌کننده در جهان به‌شمار می‌روند (Akhami *et al.*, 2014; Sagheb Talebi *et al.*, 2010). این جنگل‌ها به لحاظ تنوع زیستی بالا و داشتن گونه‌های بوم‌زاد و منحصربه‌فرد از جمله با اهمیت‌ترین مناطق برای حفاظت تنوع زیستی در سطح کشور هستند (Siadati *et al.*, 2010; Akhami *et al.*, 2010; Sagheb Talebi *et al.*, 2014; Kafash *et al.*, 2021). براساس مطالعات مختلف، طی نوسانات اقلیمی گذشته جنگل‌های هیرکانی به‌عنوان یک پناهگاه اقلیمی برای گونه‌های مختلف گیاهی و جانوری بوده است (Akhami *et al.*, 2010; Yousefi *et al.*, 2023).

با وجود اهمیت زیستی و حفاظتی زیاد جنگل‌های هیرکانی از نظر تنوع گیاهی و جانوری به‌ویژه انواع مهره‌داران این جنگل‌ها در معرض انواع تهدیدات قرار دارند (Akhami *et al.*, 2010; Sagheb Talebi *et al.*, 2014; Kafash *et al.*, 2021; Yousefi *et al.*, 2022, Yousefi *et al.*, 2023). تخریب و تبدیل زیستگاه، چرای دام، برداشت چوب، توسعه زمین‌های کشاورزی، توسعه سکونت‌گاه‌های انسانی، طبیعت‌گردی غیرمسئولانه، احداث جاده‌ها و تغییرات اقلیمی از جمله مهم‌ترین عوامل تهدیدکننده تنوع زیستی جنگل‌های هیرکانی به‌شمار می‌روند (Akhami *et al.*, 2010; Sagheb Talebi *et al.*, 2016; Mahmoudi *et al.*, 2014). این تهدیدات مناطق دست‌نخورده و چشم‌اندازهای جنگلی را به خطر انداخته است. اما نکته قابل ذکر این است که تمامی تهدیدات ذکرشده انسانی بوده و با اعمال قوانین و مدیریت صحیح می‌توان اثرات منفی این تهدیدات را کاهش داده و برطرف نمود. اما تغییرات اقلیمی از مهم‌ترین تهدیداتی است که می‌تواند اثرات طولانی و پیچیده‌ای را بر این جنگل‌ها داشته باشد. تغییرات اقلیمی با تغییر توزیع گونه‌های جانوری و گیاهی، تغییر فنولوژی و زمان تولید مثل گونه‌ها می‌تواند کارکرد و ساختار اکوسیستم‌های جنگلی را تحت تأثیر قرار دهد (Hannah, 2015). تغییرات اقلیمی با کاهش زیستگاه‌های مطلوب زمینه انقراض محلی و در نهایت انقراض کامل گونه‌ها را فراهم می‌کند (Hannah, 2015). تغییر اقلیم

نقاط حضور

در مطالعه حاضر ۲۲۱ نقطه حضور از دارکوب خالدار بزرگ از منابع مختلفی مانند الف) مقالات منتشرشده، ب) جستجو در منابع اطلاعاتی برخط مانند GBIF، eBird، VertNet و پ) گزارش طرح‌های پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان جمع‌آوری شد. نظر به اینکه نقاط حضور از منابع مختلف جمع‌آوری شدند، بعد از تجمیع نقاط به‌دست‌آمده از منابع مختلف ابتدا نقاط تکراری با استفاده از نرم‌افزار ENMTools حذف شد. سپس به‌دلیل اینکه دقت لایه‌های اقلیمی مورد استفاده در مطالعه حاضر یک کیلومتر است، فاصله نقاط حضور با استفاده از بسته آماری raster (Hijmans, 2020) در فضای نرم‌افزار R (R Core Team, 2021) به یک کیلومتر محدود شد.

متغیرهای محیطی

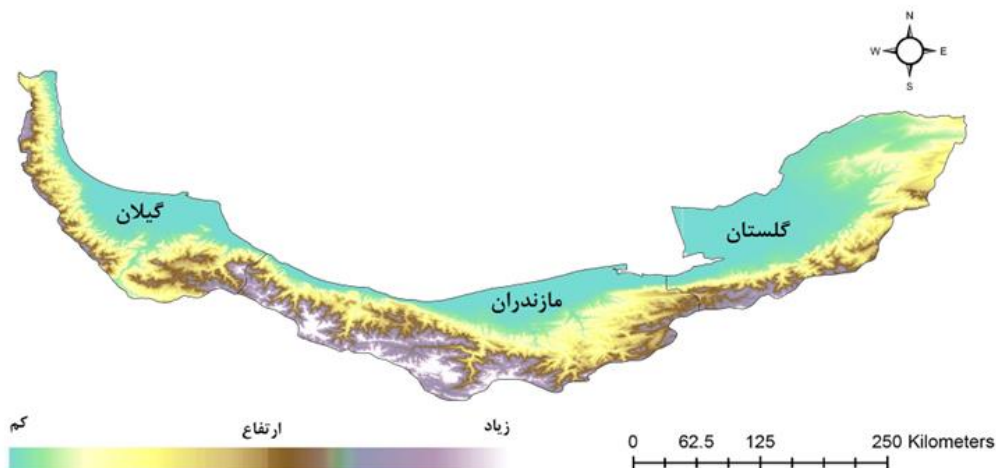
داده‌های اقلیمی برای شرایط حاضر و آینده (۲۰۷۰ و ۲۱۰۰) از بانک داده‌های اقلیمی Chelsa تهیه گردید (Karger *et al.*, 2017). برای مدل‌سازی اثرات تغییرات اقلیمی بر گونه‌های تحت مطالعه از پنج مدل پر کاربرد تغییرات اقلیمی آینده (GFDL-ESM4, IPSL-CM6A-LR, MPI-ESM1-2-HR, MR-ESM2-0, UKESM1-0-L) تحت سناریوی تغییرات اقلیمی SSP 585 استفاده شد. سپس لایه‌های اقلیمی در فضای نرم‌افزار ArcGIS 10.6 با استفاده از مرز منطقه تحت مطالعه برش داده شد. ابتدا هم‌خطی آن‌ها با استفاده از معیار تورم واریانس محاسبه شده و از عدم وجود هم‌خطی بالا ($VIF > 10$) بین متغیرها اطمینان حاصل شد (R Core Team, 2021).

گستره جنگل‌های هیرکانی تحت شرایط اقلیمی حاضر و آینده است. همچنین پوشش زیستگاه‌های مطلوب گونه به‌وسیله مناطق حفاظت‌شده تعیین خواهد شد.

مواد و روش‌ها

منطقه تحت مطالعه

منطقه تحت مطالعه در پژوهش حاضر گستره جنگل‌های هیرکانی در سه استان شمالی کشور یعنی گلستان، مازندران و گیلان است (شکل ۱). این محدوده در امتداد دریای کاسپین غرب استان گیلان تا پارک ملی گلستان در استان گلستان قرار دارد. متوسط بارش در منطقه از ۵۳۰ میلی‌متر تا ۱۳۵۰ میلی‌متر متغیر بوده اما تا ۲۰۰۰ میلی‌متر هم می‌رسد (Sagheb-Talebi *et al.*, 2014). به همین دلیل این محدوده به‌طور قابل‌توجهی از سایر مناطق ایران که متوسط بارش ۲۵۰ میلی‌متر است، مرطوب‌تر است. این محدوده دارای اقلیم مرطوب نیمه‌حاری است و یکی از مهم‌ترین مناطق تولیدات غذایی در سطح کشور به‌شمار می‌رود. این جنگل‌ها از تنوع زیستی بالا و منحصربه‌فردی برخوردار بوده و در دوران یخچال‌ها به‌عنوان پناهگاه اقلیمی عمل کرده است (Yousefi *et al.*, 2023). از جمله پرندگان شاخص این جنگل‌ها می‌توان به دارکوب سیاه (*Dryocopus martius*)، چرخ‌ریسک هیرکانی (*Poecile hyrcanus*) اشاره کرد. مطالعات صورت گرفته نشان داده که تغییرات اقلیمی آینده می‌تواند تأثیرات منفی بر این اکوسیستم جنگلی داشته باشد و سبب کاهش زیستگاه‌های مطلوب گونه‌ها شده و الگوی توزیع آن‌ها را تغییر دهد (Yousefi *et al.*, 2019).



شکل ۱. منطقه تحت مطالعه و نحوه تغییرات ارتفاع در آن.

پوشش شبکه مناطق تحت حفاظت

بعد از ساخت مدل‌های مطلوبیت گونه‌ها، میزان پوشش مناطق تحت حفاظت برای زیستگاه‌های مطلوب گونه‌ها محاسبه شد. برای این منظور نقشه‌های مطلوبیت زیستگاه گونه‌ها با شبکه مناطق تحت حفاظت کشور هم‌پوشی داده شد. سپس مساحت زیستگاه‌های مطلوب در داخل مناطق تحت حفاظت در فضای نرم‌افزار ArcGIS 10.6 محاسبه شد. تبدیل نقشه‌های پیوسته مطلوبیت زیستگاهی به نقشه‌های ناپوسته مطلوب و نامطلوب براساس آستانه ۱۰ درصد پایین مطلوبیت در نقاط حضور صورت گرفت (Guisan *et al.*, 2017).

نتایج

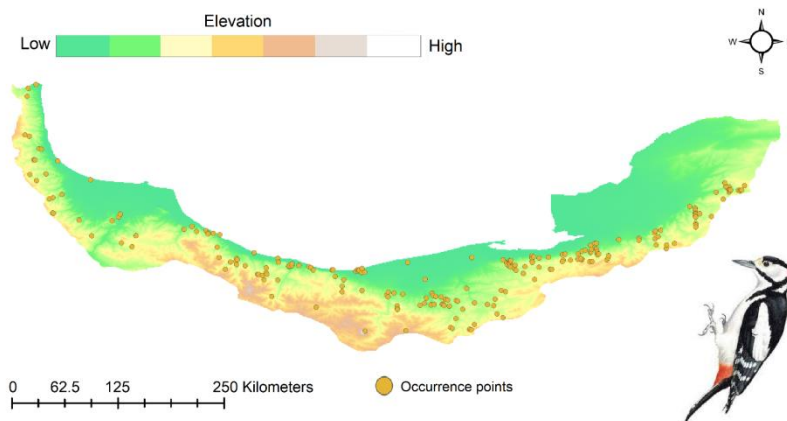
مدل تغییر اقلیم

براساس معیار سنجش کارایی مدل یعنی AUC مدل مطلوبیت زیستگاه گونه دارکوب خالدار بزرگ دارای کارایی بالا است ($AUC=0/۸۶۲$)، بنابراین نتایج مدل قابل استناد است. در حال حاضر مساحت زیستگاه‌های مطلوب گونه ۲۹۸۵۸ کیلومترمربع است و برای سال ۲۰۷۰ به ۳۰۸۰۵ و برای سال ۲۱۰۰ به ۳۴۳۹۲ کیلومترمربع افزایش خواهد یافت. یعنی مناطق مطلوب برای زیست گونه در شرایط اقلیم در حال تغییر افزایش خواهد یافت. این افزایش زیستگاه‌های مطلوب در کل منطقه تحت مطالعه قابل مشاهده است، اما بیش‌ترین میزان افزایش زیستگاه‌های مطلوب در مناطق غربی یعنی غرب استان مازندران و استان گیلان خواهد بود.

به این ترتیب متغیرهای حداکثر دمای گرم‌ترین ماه سال (Bio5)، حداقل دمای سردترین ماه سال (Bio6)، دمای مرطوب‌ترین فصل سال (Bio8)، بارش در مرطوب‌ترین ماه سال (Bio13) و بارش در خشک‌ترین ماه سال (Bio14) برای مدل‌سازی انتخاب شدند. به‌منظور واردنمودن عامل توپوگرافی در مدل‌ها که یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر توزیع پرندگان است از متغیر تنوع توپوگرافی استفاده شد. تنوع توپوگرافی با استفاده از مدل رقومی ارتفاع و در بسته آماری (Hijmans, 2020) raster تهیه شد.

مدل‌سازی تغییرات اقلیمی

در پژوهش حاضر از رویکرد مدل‌سازی تجمیعی برای مدل‌سازی اثر تغییرات اقلیمی آینده بر توزیع دارکوب خالدار بزرگ استفاده شد. برای این منظور برای ساخت مدل مطلوبیت زیستگاهی گونه با استفاده از سه روش پیشینه آنتروپی (Phillips *et al.*, 2006)، جنگل تصادفی (Breiman, 2001) و درخت‌سازی تعمیم یافته (Ridgeway, 1999) استفاده و سپس رویکرد انسمبل انجام شد. مدل‌سازی با استفاده از بسته sdm (Naimi and Araújo, 2016) و در فضای R (R Core Team, 2021) انجام شد. برای سنجش کارایی مدل ساخته شده از معیار سطح زیر نمودار (AUC) به‌دست‌آمده از منحنی ROC استفاده شد (Phillips *et al.*, 2006; Phillips *et al.*, 2017; Guisan *et al.*, 2017). براساس معیار AUC، مدل‌های که مقدار AUC برابر با ۰/۵ داشته باشند برابر با مدل کاملاً تصادفی، مدل‌هایی که دارای AUC بیش‌تر از ۰/۷۵ هستند، مدل قابل قبول و مدل‌های که AUC بیش‌تر از ۰/۹ دارند مدل‌های عالی محسوب می‌شوند (Swets, 1988).



شکل ۲. نقشه توزیع دارکوب خالدار بزرگ (*Dendrocopos major*) در نوار شمالی کشور.

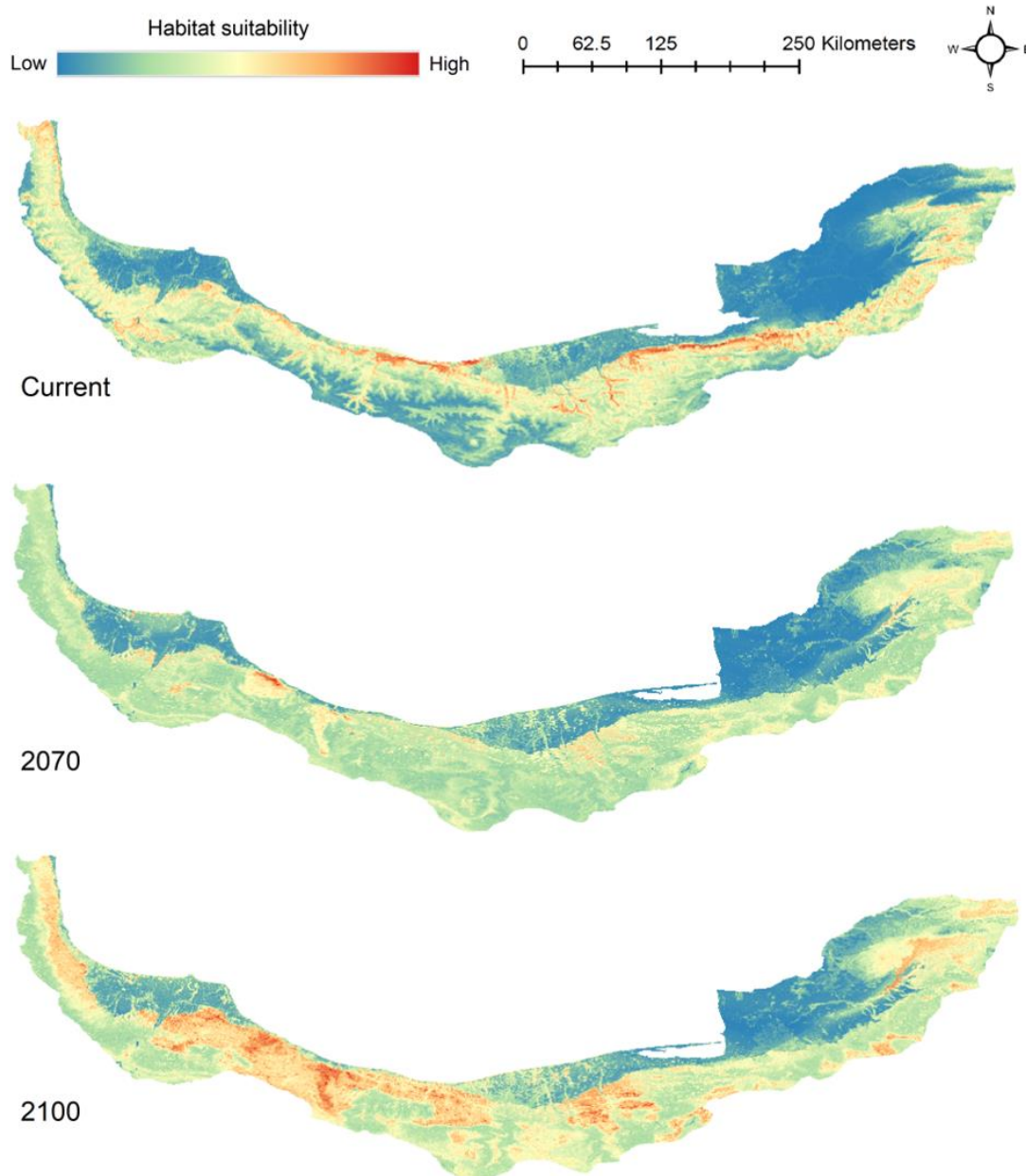
مطلوبیت زیستگاه گونه در مناطق با دمای خیلی زیاد مطلوبیت کاهش می‌یابد.

پوشش مناطق تحت حفاظت

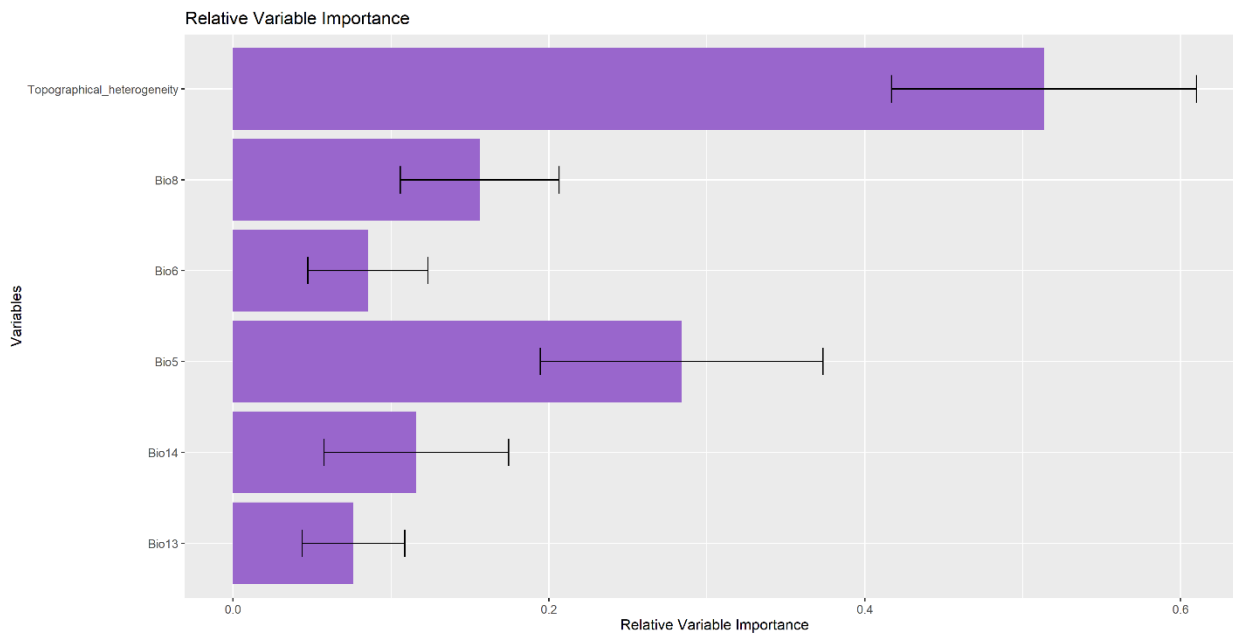
بعد از ساخت مدل مطلوبیت زیستگاه گونه مساحت زیستگاه‌های مطلوبی که در داخل مناطق تحت حفاظت قرار دارند، محاسبه گردید. براساس نتایج ۴۴۴۷ کیلومترمربع از زیستگاه‌های مطلوب در گستره مناطق تحت حفاظت قرار دارند، به‌عبارتی دیگر ۱۵ درصد از زیستگاه‌های مطلوب گونه حفاظت‌شده هستند (شکل ۶).

اهمیت متغیرها

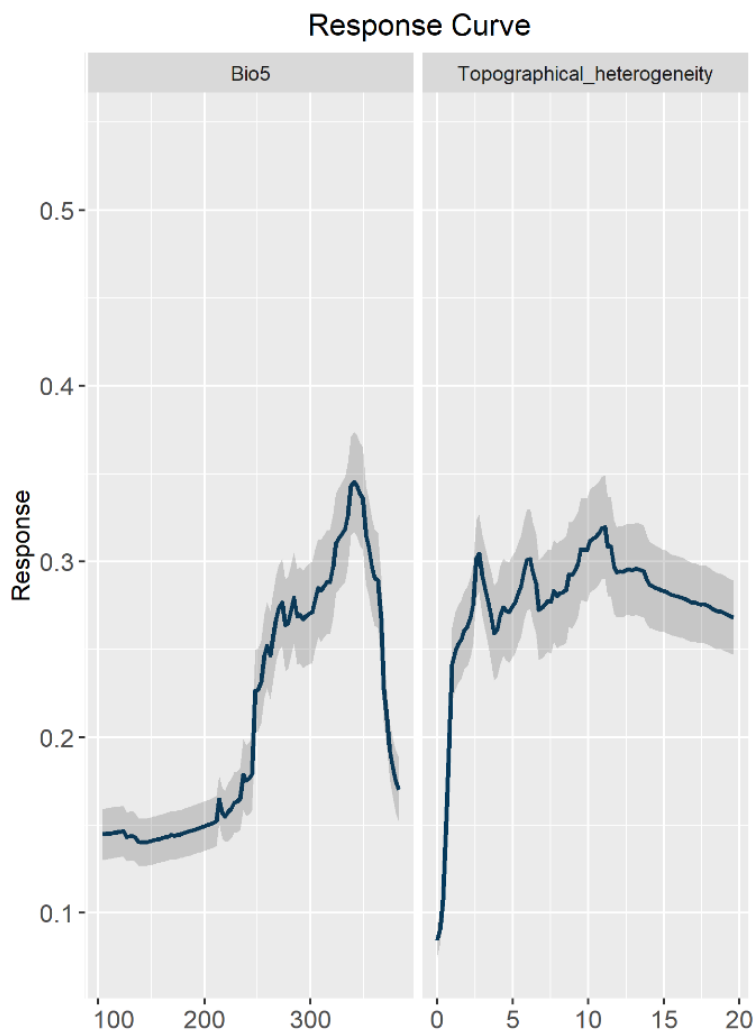
سنجش اهمیت متغیرهای مهم تأثیرگذار بر توزیع گونه دارکوب خالدار بزرگ نشان داد که تنوع توپوگرافی و حداکثر دمای گرم‌ترین ماه سال مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده توزیع گونه هستند (شکل ۴). هر دو متغیر رابطه مثبتی با افزایش مطلوبیت زیستگاهی گونه دارند و با افزایش تنوع توپوگرافی و دمای گرم‌ترین ماه سال میزان مطلوبیت زیستگاهی افزایش می‌یابد (شکل ۵). اما در رابطه با دمای گرم‌ترین ماه سال نیاز است ذکر شود که با وجود رابطه مثبت بین این متغیر و



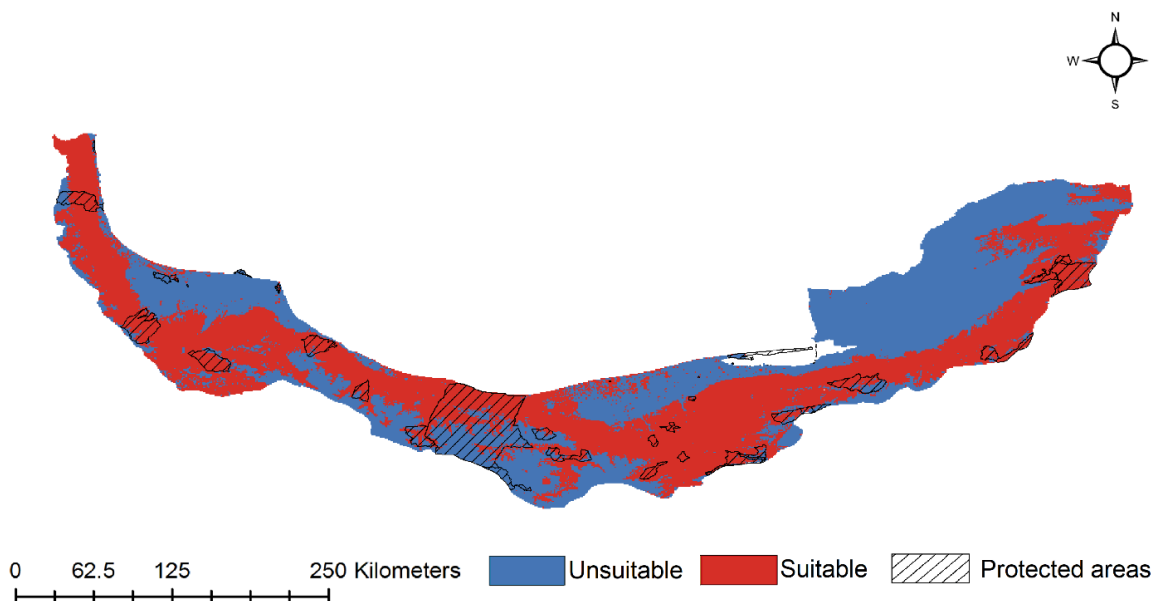
شکل ۳. مدل‌های مطلوبیت زیستگاه دارکوب خالدار بزرگ (*Dendrocopos major*) تحت اقلیم حاضر و آینده (۲۰۷۰ و ۲۱۰۰).



شکل ۴. نمودار اهمیت متغیرهای محیطی اثرگذار بر مطلوبیت زیستگاهی دارکوب خالدار بزرگ (*Dendrocopos major*).



شکل ۵. منحنی پاسخ مهم‌ترین متغیرهای تأثیرگذار بر مطلوبیت زیستگاهی دارکوب خالدار بزرگ (*Dendrocopos major*).



شکل ۶. نقشه همپوشانی زیستگاه‌های مطلوب دارکوب خالدار بزرگ (*Dendrocopos major*) با مناطق تحت حفاظت.

است (Kafash & Yousefi, 2018a). از آنجایی که گونه‌های دیگری از دارکوب‌ها مانند دارکوب سیاه (*Dryocopus martius*) و دارکوب سبز (*Picus viridis*) نیز در گستره جنگل‌های هیرکانی زیست می‌کنند نیاز است که پاسخ آن‌ها نیز به تغییرات اقلیمی آینده بررسی شود و تعیین شود که آیا روند مشابه‌ای برای سایر پرندگان آشیان حفره‌ای وجود دارد یا خیر.

بر اساس نتایج تنوع توپوگرافی که یک متغیر توپوگرافی است به‌عنوان مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده توزیع گونه شناسایی شد که این یافته با نتایج Moradi *et al.* (2018) همخوانی دارد که نشان دادند توپوگرافی از عوامل مهم تأثیرگذار بر توزیع پرندگان آشیان حفره‌ای در استان گلستان است. هرچند در مطالعات در مقیاس متوسط و بزرگ عوامل توپوگرافی و اقلیمی نقش مهمی در توزیع پرندگان آشیان حفره‌ای دارند اما در مقیاس خیلی خرد پارامترهای مربوط به درختان یعنی نوع درخت، اندازه آن و غیره نقش مهمی در انتخاب زیستگاه و مطلوبیت زیستگاهی پرندگان آشیان حفره‌ای ایفا می‌کنند (Bani Assadi *et al.*, 2015). این موارد نشان می‌دهند که نیاز است مطالعات بوم‌شناسی و مطلوبیت زیستگاه در چند مقیاس یعنی خرد، متوسط و کلان صورت گیرد تا بتوان درک بهتری از نحوه تأثیرگذاری عوامل محیطی بر توزیع گونه‌ها به دست آورد.

به دلیل رشد فزاینده فعالیت‌های انسانی و نابودی جهانی تنوع زیستی متولیان حفاظت مناطقی از کره زمین را انتخاب و تحت نام مناطق تحت حفاظت، مدیریت و حفاظت می‌کنند (Hoffmann *et al.*, 2019; Elsen Paul *et al.*, 2020)

بحث

مطالعات مختلف صورت گرفته در مناطق مختلف جهان نشان داده که نه تنها پاسخ گونه‌ها به تغییرات اقلیمی گونه اختصاصی و متضاد است بلکه یک گونه نیز در گستره‌های جغرافیایی مختلف حضور خود رفتارهای متفاوتی به تغییرات اقلیمی نشان می‌دهد (Hannah, 2015). بنابراین نیاز است نحوه تأثیرپذیر گونه‌ها در گستره‌های جغرافیایی مختلف حضور خود تحت بررسی قرار گیرد. گونه دارکوب خالدار بزرگ در گستره وسیعی در اقلیم حیات‌ی پالئارکتیک زیست می‌کند (BirdLife International, 2023). اما فقط بخشی کوچکی از گستره پراکنش آن در ایران و در نوار شمالی ایران قرار دارد.

در پژوهش حاضر اثر تغییرات اقلیمی آینده بر توزیع این گونه بررسی شد. نتایج نشان می‌دهد که تحت تأثیر تغییرات اقلیمی آینده توزیع گونه افزایش خواهد یافت. این در حالی است که مطالعات صورت گرفته بر برخی از پرندگان ایران نشان می‌دهد که تغییرات اقلیمی اثر منفی مهمی بر توزیع آن‌ها خواهد داشت و سبب خواهد شد این پرندگان بخش قابل توجهی از زیستگاه‌های مطلوب خود را از دست دهند. برای مثال Sheykhi Ilanloo *et al.* (2021) نشان دادند که گونه هما (*Gypaetus barbatus*) بخش قابل توجهی از زیستگاه‌های مطلوب خود را تحت تأثیر تغییرات اقلیمی در گستره رشته کوه کپه‌داغ از دست خواهد داد. همچنین روند مشابه‌ای برای گونه چرخ‌ریسک بزرگ (*Parus major*) و عقاب طلایی (*Aquila chrysaetos*) پیش‌بینی شده

تنها بر توزیع گونه‌ها تأثیر نمی‌گذارد، بلکه با تغییر فنولوژی و زمان تولید مثل گونه‌ها می‌تواند کارکرد و ساختار اکوسیستم‌های جنگلی را تحت تأثیر قرار دهد (Hannah, 2015). بنابراین نیاز است مطالعات مدون و پایش‌های منظم برای سنجش اثرات تغییرات اقلیمی بر جوامع پرندگان جنگلی صورت گیرد تا بتوان ابعاد مختلف و احتمالاً در حال حاضر پنهان تغییرات اقلیمی بر پرندگان را آشکار کرد.

دارکوب‌ها به‌عنوان گونه‌های شاخص یا چتر برای بسیاری از جانوران در اکوسیستم‌های جنگلی هستند (Michalek & Mietinen, 2003; Trzcinski et al., 2021). به همین دلیل حفاظت زیستگاه‌های مطلوب دارکوب خالدار بزرگ می‌تواند به حفاظت سایر گونه‌های جنگلی نیز منجر شود. بنابراین پیشنهاد می‌شود زیستگاه‌های مطلوب گونه به‌ویژه مناطقی که در آینده نیز مطلوب باقی خواهند ماند تحت حفاظت مؤثر قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

پژوهش حاضر با حمایت بنیاد علم ایران (شماره طرح: ۴۰۱۳۴۹۳) صورت گرفته است.

تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

جنگل‌های هیرکانی نیز گستره‌هایی تحت نام منطقه حفاظت‌شده، پارک ملی و پناهگاه حیات وحش تحت حفاظت و مدیریت قرار دارند (Darvishsefat, 2008). اما کارایی این مناطق در حفاظت تنوع زیستی پرندگان در حاله‌ای از ابهام قرار دارد (Moradi et al., 2019). در مطالعه حاضر نشان داده شد درصد قابل‌قبولی یعنی در حدود ۱۵ درصد از زیستگاه‌های مطلوب گونه دارکوب خالدار بزرگ در گستره مناطق تحت حفاظت قرار دارد. مطالعات مشابه در زمینه سنجش کارایی مناطق تحت حفاظت در حفاظت گونه‌های جانوری اما نتایج بعضاً متفاوتی نشان می‌دهند (Kafash & Yousefi, 2018a; Moradi et al., 2019). برای مثال، Moradi et al. (2019) نشان دادند که شبکه مناطق تحت حفاظت استان گلستان درصد اندکی از زیستگاه‌های پرندگان آشیان حفره‌ای را در برمی‌گیرند و بخش بزرگی از زیستگاه‌های مطلوب آن‌ها در خارج از مناطق حفاظت‌شده قرار دارند. آن‌ها نتیجه‌گیری نمودند که این مناطق احتمالاً کارایی لازم را برای حفاظت این گونه‌ها ندارند. همه این موارد ضرورت یک ارزیابی جامع برای سنجش کارایی مناطق حفاظت‌شده کشور برای حفاظت زیستگاه‌های مطلوب پرندگان به‌ویژه در جنگل‌های هیرکانی را نشان می‌دهد.

اگرچه نتایج مطالعات مختلف نشان داده که تغییرات اقلیمی احتمالاً اثرات منفی بر توزیع گونه‌ها خواهد داشت، اما تغییرات اقلیمی

References

- Akhani, H., Djamali, M., Ghorbanalizadeh, A., & Ramezani, E. (2010). Plant biodiversity of Hyrcanian relict forests, N Iran: an overview of the flora, vegetation, paleoecology and conservation. *Pakistan Journal of Botany*, 42, 231-258.
- Asgharzadeh, M., Alesheikh, A.A., & Yousefi, M. (2023). Disentangling the impacts of climate and land cover changes on habitat suitability of common pheasant *Phasianus colchicus* along elevational gradients in Iran. *Environmental Science and Pollution Research*, 30, 60958-60966.
- Ashoori, A., Ataei, F., Kafash, A., Khani, A. L. I., Malakoutikhah, S., Mehdizade, Y., Rezaei, H. R., Sheykhi Ilanloo, S., Silva, J. P., & Yousefi, M. (2018). Distance to international border shapes the distribution pattern of the growing Little Bustard *Tetrax tetrax* winter population in Northern Iran. *Bird Conservation International*, 28, 499-508.
- Bani Assadi, S., Kaboli, M., Etamad, V., Ghadiri Khanaposhtani, M., & Tohidifar, M. (2015). Habitat selection of cavity-nesting birds in the Hyrcanian deciduous forests of northern Iran. *Ecological Research*, 30, 889-897.
- BirdLife International. (2023) Species factsheet: *Dendrocopos major*. Downloaded from <http://datazone.birdlife.org/species/factsheet/great-spotted-woodpecker-dendrocopos-major> on 15/10/2023.
- Breiman, L. (2001). Random forests. *Machine Learning*, 45, 5-32.
- Büntgen, U., Greuter, L., Bollmann, K., Jenny, H., Liebhold, A., Galván, J.D., Stenseth, N.C., Andrew, C., & Mysterud, A. (2017). Elevational range shifts in four mountain ungulate species from the Swiss Alps. *Ecosphere*, 8, e01761.
- Guisan, A., Thuiller, W., & Zimmermann, N.E. (2017). *Habitat suitability and distribution models: with applications in R*. Cambridge University Press.
- Hannah, L. (2015). *Climate Change Biology*. London: Academic, 2nd ed.
- Hijmans, R. J. (2021). raster: Geographic Data Analysis and Modeling. R package version 3.4-13.
- Karger, D.N., Conrad, O., Böhner, J., Kawohl, T., Kreft, H., Soria-Auza, R.W., Zimmermann, N.E., Linder, H.P., & Kessler, M. (2017). Climatologies at high resolution for the earth's land surface areas. *Scientific Data*, 4, 170122.
- Kafash, A., & Yousefi, M. (2018a). Protected area coverage for distribution of the Golden eagle under the current and future climatic conditions. IEOC_2018 VI. International Eurasian Ornithology Congress, 23-27 April 2018, Heidelberg, Germany. P 35.

- Mahmoudi, S., Sheykhi Ilanloo, S., Keyvanloo Shahrestanaki, A., Valizadegan, N., & Yousefi, M. (2016). Effect of human-induced forest edges on the understory bird community in Hyrcanian forests in Iran: implication for conservation and management. *Forest Ecology and Management*, 382, 120-128.
- Michalek, K.G., & Miettinen, J. (2003). *Dendrocopos major* Great Spotted Woodpecker. BWP Update. *Oxford University Press*, 5, 101-184.
- Mirzaei, R., Hemami, M.R., Esmaili Sari, A., Rezaei, H.R., & Peterson, A.T. (2017). Applying ecological niche modeling to determine avian richness hotspots. *Global Journal of Environmental Science Management*, 3, 131-142.
- Moradi, S., Sheykhi Ilanloo, S., & Kafash, A. (2017). Habitats with high suitability of Great Spotted Woodpecker (*Dendrocopos major*), a priority for conservation of Hyrcanian forests. *Journal of Animal Environment*, 9(4), 95-102.
- Moradi, S., Sheykhi Ilanloo, S., Kafash, A., & Yousefi, Y. (2019). Identifying high-priority conservation areas for avian biodiversity using species distribution modeling. *Ecological Indicators*, 97, 159-164.
- Phillips, S. J., Anderson, R. P., & Schapire, R. E. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecol. Modell.*, 190, 231-259.
- Phillips, S.J., Anderson, R.P., Dudík, M., Schapire, R.E., & Blair, M.E. (2017), Opening the black box: an open-source release of Maxent. *Ecography*, 40, 887-893.
- R Core Team, R. (2021). A Language and Environment for Statistical Computing.
- Ridgeway, G. (1999). The state of boosting. *Computer Science Statistics*, 31, 172-181.
- Sagheb Talebi, K. H., Sajedi, T., & Pourhashemi, M. (2014). Forests of Iran (A treasure from the past, a hope for the future). Springer.
- Sheykhi Ilanloo, S., Khani, A., Kafash, A., Valizadegan, N., Ashrafi, S., Loercher, F., Ebrahimi, E., & Yousefi, M. (2021). Applying opportunistic observations to model current and future suitability of the Kopet Dagh Mountains for a Near Threatened avian scavenger. *Avian Biology Research*, 14(1), 18-26.
- Sheykhi Ilanloo, S., Ebrahimi, E., Valizadegan, N., Ashrafi, S., Rezaei, H. R., & Yousefi, M. (2020). Little owl (*Athene noctua*) around human settlements and agricultural lands: Conservation and management enlightenments. *Acta Ecologica Sinica*, 40, 347-352.
- Siadati, S., Moradi, H., Attar, F., Etemad, V., Hamzehee, B., & Naqinezhad, A. (2010). Botanical diversity of Hyrcanian forests, a case study of a transect in the Kheyrud protected lowland mountain forests in northern Iran. *Phytotaxa*, 7, 1-18.
- Swets, J. A. (1988). Measuring the accuracy of diagnostic systems. *Science*, 240, 1285-1293.
- Trzcinski, M. K., Cockle, K. L., Norris, A. R., Edworthy, M., Wiebe, K. L., & Martin, K. (2021). Woodpeckers and other excavators maintain the diversity of cavity-nesting vertebrates. *Journal of Animal Ecology*, 00,1-15.
- Yousefi, M., & Kafash, A. (2018b). Climatic niche breadth of the Great tit will decrease as response to the climate change. IEOC_2018 VI. International Eurasian Ornithology Congress, 23-27 April 2018, Heidelberg, Germany. P 35.
- Yousefi, M., Kafash, A., Valizadegan, N., Ilanloo, S. S., Rajabizadeh, M., Malekoutikhah, S., Yousefkhani, S.S.H., & Ashrafi, S. (2019). Climate Change is a Major Problem for Biodiversity Conservation: A Systematic Review of Recent Studies in Iran. *Contemporary Problems of Ecology*, 12, 394-403.
- Yousefi, M., Alizadeh Shabani, A., & Azarnivand, H. (2020). Reconstructing distribution of the Eastern Rock Nuthatch during the Last Glacial Maximum and Last Interglacial. *Avian Biology Research*, 13, 3-9.
- Yousefi, M., Kafash, A., Malakoutikhah, Sh., Ashoori, A., Khani, A., Mehdizade, Y., Ataei, F., Sheykhi Ilanloo, S., Rezaei, H.R., & Silva, J.P. (2017). Distance to international border shapes the distribution pattern of the growing Little Bustard *Tetrax tetrax* winter population in Northern Iran. *Bird Conservation International*, 28, 499-508.