Research in Ethnobiology and Conservation
Volume 1, Issue 4, pp. 37-48, 2024
homepage: http://ethnobiocons.qom.ac.ir/

Using different climate scenarios to predict the effects of climate change on the distribution of shabout fish (*Arabibarbus grypus*, Heckel, 1843)

Hadi Khoshnamvand[1] | Faraham Ahmadzadeh[2]✉ | Asghar Abdoli [3]✉

[1] PhD., Department of Biodiversity and Ecosystem Management, Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran. Iran. E-mail: h_khoshnamvand@sbu.ac.ir

[2] Corresponding Author, Associate Professor, Department of Biodiversity and Ecosystem Management, Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran. Iran. E-mail: f_ahmadzade@sbu.ac.ir

[3] Corresponding Author, Professor, Department of Biodiversity and Ecosystem Management, Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran. Iran. E-mail: a_abdoli@sbu.ac.ir

Article Info

Article type
Research Article

Article history
Received: 21 July 2024
Revised: 29 July 2024
Accepted: 2 August 2024
Published: 24 August 2024

Keywords:
Biodiversity
Climate change
Conservation
Ensemble modeling

ABSTRACT

Objective: Climate change, as one of the most important threats ahead, has significant effects on biodiversity and natural ecosystems. In the present study, using species distribution modeling (SDM) the effects of climate change on the spread and distribution of the Shabout fish species (Arabibarbus grypus, Heckel, 1843) was investigated.

Methods: in terms of SDM, an ensemble model by the Biomod2 package with six different algorithms for the present time and also under two-time series of 2070 and 2090 with two models Optimistic (SSP 126) and pessimistic (SSP 585) were used for a future time. In addition, eight climatic, topographic, and human variables were used to build the model.

Results: The results showed that the prediction performance of the model based on three parameters AUC, TSS, and KAPPA ranged from very good to excellent ≤0.77. The most important parameters affecting the distribution of shirbat species were the parameters of the minimum temperature of the coldest month of the year (Bio 6), total annual rainfall (Bio 12), and human footprints. Also, the range of distribution of the studied species in both optimistic and pessimistic scenarios for the years 2070 and 2090 will face a significant decrease.

Conclusion: The effects of climate change on the shabout species have clearly shown that the species have different responses to climate change, and these responses provide appropriate and specific management strategies for each species.

Cite this article: Khoshnamvand, H., Ahmadzadeh, F., & Abdoli, A. (2024). Using different climate scenarios to predict the effects of climate change on the distribution of shabout fish (*Arabibarbus grypus*, Heckel, 1843). *Research in Ethnobiology and Conservation*, 1(4), 37-48. https//doi.org/10.22091/ethc.2024.11056.1032

©The Author(s).
Publisher: University of Qom
DOI: https//doi.org/10.22091/ethc.2024.11056.1032

پژوهش‌های زیست قوم‌شناختی و حفاظت

دوره ۱، شماره ۴، تابستان ۱۴۰۳، صفحه ۴۸-۳۷

homepage: http://ethnobiocons.qom.ac.ir/

استفاده از سناریوهای اقلیمی متفاوت جهت پیش‌بینی اثرات تغییر اقلیم بر پراکنش ماهی شیربت (Arabibarbus grypus, Heckel, 1843)

هادی خوش نامونده [۱] | فراهم احمدزاده [۲]✉ | اصغر عبدلی [۳]✉

[۱] دکتری، گروه تنوع زیستی و مدیریت اکوسیستم‌ها ، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران. رایانامه: h_khoshnamvand@sbu.ac.ir

[۲] نویسنده مسئول، دانشیار گروه تنوع زیستی و مدیریت اکوسیستم‌ها، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران. ایران. رایانامه: f_ahmadzade@sbu.ac.ir

[۳] نویسنده مسئول، استاد، گروه تنوع زیستی و مدیریت اکوسیستم‌ها، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران. رایانامه: a_abdoli@sbu.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله

پژوهشی

تاریخچه

دریافت: ۱۴۰۳/۰۴/۳۱

بازنگری: ۱۴۰۳/۰۵/۰۸

پذیرش: ۱۴۰۳/۰۵/۱۲

انتشار: ۱۴۰۳/۰۶/۰۳

کلیدواژه‌ها

تغییرات اقلیمی

تنوع زیستی

حفاظت

مدل تلفیقی

چکیده

هدف: تغییر اقلیم به‌عنوان یکی از مهم‌ترین تهدیدات پیش رو، دارای اثرات قابل‌توجهی روی تنوع زیستی و اکوسیستم‌های طبیعی است. در مطالعه حاضر، با استفاده از مدل‌سازی توزیع گونه‌ای (SDM)، اثرات تغییر اقلیم بر پراکنش ماهی شیربت (*Arabibarbus grypus*, Heckel, 1843) مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه از یک مدل تلفیقی توسط بسته Biomod2 با شش الگوریتم مختلف برای زمان حال و همچنین تحت دو سری زمانی ۲۰۷۰ و۲۰۹۰ با دو مدل خوش‌بینانه (SSP 126) و بدبینانه (SSP 585) برای زمان آینده انجام گرفت. همچنین برای ساخت مدل، از هشت متغیر اقلیمی، توپوگرافی و انسانی استفاده شد.

نتایج: عملکرد پیش‌بینی مدل بر اساس سه پارامتر AUC، TSS و KAPPA از محدوده خیلی خوب تا عالی ≥۰/۷۷ بود. همچنین مهم‌ترین پارامترهای تأثیرگذار بر پراکنش گونه شیربت پارامترهای کمینه دمای سردترین ماه سال (Bio 6)، مجموع بارندگی سالانه (Bio 12) و ردپای انسانی بودند. همچنین دامنه پراکنش گونه مورد مطالعه در هر دو سناریوی خوش‌بینانه و بدبینانه برای سال‌های ۲۰۷۰ و ۲۰۹۰ میلادی، با کاهش قابل‌توجهی مواجه خواهد شد.

نتیجه‌گیری: با توجه به مطالعه حاضر و مطالعات قبلی، اثرات تغییر اقلیم صورت گرفته روی ماهیان، به‌وضوح نشان داده است که گونه‌ها نسبت به تغییرات اقلیمی دارای پاسخ‌های متفاوتی از جانب خود هستند که این پاسخ‌ها، ارائه راهکارها و استراتژی‌های مدیریتی متناسب و خاص را برای هر گونه می‌طلبد.

استناد: خوش نامونده، هادی، احمدزاده، فراهم، و عبدلی، اصغر (۱۴۰۳). استفاده از سناریوهای اقلیمی متفاوت جهت پیش‌بینی اثرات تغییر اقلیم بر پراکنش ماهی شیربت (*Arabibarbus grypus*, Heckel, 1843). *پژوهش‌های زیست قوم‌شناختی و حفاظت*، ۱(۴)، ۴۸-۳۷.

https//doi.org/10.22091/ethc.2024.11056.1032

© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه قم

مقدمه

گرمایش جهانی به دلیل فعالیت‌های انسانی، منجر به پدیدار شدن سیل عظیمی از اثرات زیست‌محیطی به هم پیوسته از جمله بالا آمدن سطح آب دریاها، تغییر الگوهای آب و هوا، بلایای طبیعی مکرر و شدید و اختلال در اکوسیستم‌ها در سراسر جهان شده است (Amiri et al., 2021; Saberi-pirooz et al., 2021; Ahmadzade et al., 2020). پیچیدگی واکنش حیات وحش به تغییرات آب و هوایی و تعامل با سایر محرک‌ها مانند توسعه انسانی، آلودگی و گونه‌های مهاجم باعث به چالش کشیدن پیش‌بینی و مدیریت توسط مدیران شده است (Borhani et al., 2024; Brodie et al., 2013). اثرات سینرژیک تغییرات آب و هوایی و فشارهای ذکر شده ممکن است منجر به افزایش نرخ انقراض در آینده شود (Khoshnamvand et al., 2024; Ghane-Ameleh et al., 2021). به همین دلیل پیش‌بینی و نظارت بر اکوسیستم‌ها برای حفظ حیات وحش بومی و تنوع زیستی – که عناصر ضروری برای حفظ تعادل چشم‌انداز اکولوژیکی هستند – حیاتی است (Wurtzebach and Schultz, 2016; Ghaedi et al., 2021).

اکوسیستم‌های آب شیرین به میزان بیشتری نسبت به اکوسیستم‌های خشکی و دریایی تحت تأثیر تغییرات اقلیمی قرار می‌گیرند (Birnie-Gauvin et al., 2023; Reid et al., 2019; Van Rees et al., 2021)، به‌طوری‌که این زیستگاه‌ها از جمله در معرض خطرترین سیستم‌های روی کره زمین محسوب می‌شوند (Malmqvist and Rundle, 2002; Poff et al., 1997; Rolls et al., 2012). یکی از پیامدهای مهم این رخداد همگن شدن دمای محیط آب رودخانه‌ها از جنبه حرارتی است (Hannah and Garner, 2015; Isaak and Rieman, 2013). خطرات ناشی از همگن شدن حرارتی برای موجوداتی که برای فرایندهای فیزیولوژیکی خود به دمای پایین‌تر وابسته هستند بیشتر نمایان می‌شود (Petsch, 2016).

ماهیان به‌عنوان یکی از تاکسون‌های اکوسیستم‌های آبی نقش مهمی را در تعادل ظرفیت این اکوسیستم‌ها در سراسر جهان ایفا می‌کنند. با این حال، اثرات تغییرات اقلیمی به طور فزاینده‌ای بر جمعیت ماهی‌ها و زیستگاه آنها تأثیر می‌گذارد (Bongaerts and Smith, 2019; Keppel and Wardell-Johnson, 2012; Pavey et al., 2017). با افزایش دما و تغییر الگوهای آب و هوایی، ماهی‌ها با چالش‌های متعددی همانند از دست دادن زیستگاه، تغییر الگوهای مهاجرت، تغییرات در دسترس بودن غذا و افزایش حساسیت به بیماری‌ها مواجه می‌شوند (Cowan et al., 2021). حفاظت از ماهیان در این اکوسیستم‌ها با توجه به نقش مهم آنها در پایداری اکوسیستم‌های طبیعی از یک سو و از سوی دیگر تنوع ژنتیکی قابل توجه آنها به‌عنوان بخش با ارزشی از تنوع زیستی محیط طبیعی کشور اهمیت فراوانی در برنامه‌های حفاظت از اکوسیستم‌های طبیعی دارد (Abdoli, 2016). به همین دلیل آگاهی از وضعیت اکوسیستم‌ها و پایش آنها نیازمند استفاده از ابزارهایی برای درک وضعیت اکوسیستم‌های هدف جهت ارزیابی آنها برای مدیران و محققین است.

امروزه یکی از مهم‌ترین تکنیک‌های موجود در بررسی مسائل و تولید اطلاعات از داده‌ها، استفاده از روش‌های مدل‌سازی است. کاربرد روش‌های مدل‌سازی در علوم زیست‌محیطی با توجه به پیشرفت‌های تکنولوژیکی و نظری در چند دهه اخیر، به‌عنوان یکی از روش‌های نوین و قابل قبول در مطالعات کاربردی جهت اهداف گوناگون در ارزیابی و حفاظت از منابع طبیعی توسعه‌یافته است (Ashrafzadeh et al., 2023; Bagheri et al., 2023). یکی از مهم‌ترین روش‌ها در حوزه مطالعات تنوع زیستی و محیط طبیعی، مدل‌سازی توزیع گونه‌ای (SDM) است (Aksu, 2021; Buisson et al., 2008; Harter et al., 2015). این روش با هدف بررسی ارتباط بین داده‌های توزیع جغرافیایی گونه (حضور یا فراوانی در مکان‌های شناخته شده) با اطلاعات در مورد ویژگی‌های زیست‌محیطی گونه تعریف می‌شود. این مدل‌ها به‌منظور ارزیابی تأثیرات احتمالی تغییر اقلیم بر محدودهٔ پراکندگی گونه‌ها و درک آسیب‌پذیری آنها در برابر این تغییرات، ارزیابی فرضیه‌های جغرافیای زیستی، تحلیل تأثیرات و خطرهای تهاجم و تکثیر گونه‌ها، طراحی و انتخاب ذخیره‌گاه‌ها و برنامه‌ریزی‌های حفاظتی و مدیریتی به کار می‌روند (Armstrong et al., 2013; Ashcroft, 2010; Hahlbeck et al., 2022). در پژوهش حاضر از یک مدل تلفیقی (Ensemble) استفاده گردید که در حال حاضر این مدل به‌عنوان یکی از قوی‌ترین و کارآمدترین روش‌های معرفی شده بر اساس داده‌های نقاط حضور و عدم حضور گونه،

در زمینه مدل‌سازی پراکنش گونه‌ها محسوب می‌شود (Ashrafzadeh et al., 2022; Ashrafzadeh et al., 2020). این روش با استفاده از الگوریتم‌های مختلف و درنهایت تلفیق کردن آنها، در مقایسه با سایر روش‌ها کارایی بهتری از خود نشان داده است.

گونه موردمطالعه، گونه *Arabibarbus grypus* (Cypiniformes: Cyprinidae: *Torinae*) از خانواده کپورماهیان، بومی کشور ایران محسوب می‌شود و زیستگاه آن رودخانه‌های بخش‌های غربی، جنوب غربی و جنوب ایران است (Abdoli, 2016; Jouladeh-Roudbar et al., 2020; Sayyadzadeh and Esmaeili, 2024). به دلیل وجود استرس محیطی و کاهش شدید جمعیت، توسط اتحادیه بین‌المللی حفاظت از طبیعت و منابع طبیعی (IUCN)، در طبقه آسیب‌پذیر (VU) قرار گرفته است (Freyhof, 2018). بنابراین آگاهی از اثرات تغییر اقلیم بر پراکنش این گونه، به‌منظور تعدیل این آثار و بیان راهکارهای مناسب حفاظتی با هدف تدوین و تنظیم برنامه‌های مدیریتی در آینده، ضروری محسوب می‌شود.

درنهایت، مطالعه حاضر با هدف تعیین زیستگاه‌های مطلوب *A. grypus* با استفاده از رویکرد تلفیقی حاصل از الگوریتم‌های مختلف تحت سناریوی سری‌های زمانی متفاوت انجام گردید.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در پژوهش حاضر کشور ایران با مساحت بیش از یک میلیون و ششصد هزار کیلومترمربع است. ارتفاع آن از ۲۶ متر پایین‌تر از سطح دریا در سواحل خزر تا حدود ۵۶۱۰ متر بالاتر از سطح دریا در قله دماوند متغیر است (Ajirlu et al., 2016). ایران از لحاظ جغرافیای زیستی در محل تلاقی سه منطقه زیستی پالئارکتیک، اتیوپین و اورینتال قرار دارد به همین دلیل دارای فون و فلور بی‌نظیری در خاورمیانه است (Kafash et al., 2020). آب‌های داخلی ایران از نظر فون ماهی دارای ۱۹ حوضه آبریز مطابق شکل ۱ است (Abdoli, 2016; Mostafavi et al., 2021).

شکل ۱. موقعیت حوضه‌های آبریز ایران بر اساس فون ماهی

نقاط حضور

گردآوری نقاط حضور گونه شیربت به‌منظور تهیه نقشه پراکنش و شناسایی زیستگاه‌های مناسب به چند طریق از جمله الف) بازدیدهای میدانی گسترده در فصول مختلف در سال‌های ۱۴۰۱ تا ۱۴۰۳ ب) استفاده از کتب و مقالات علمی معتبر چاپ شده، ج) استفاده از پایگاه‌های داده‌های آنلاین علمی معتبر مانند Eschmeyer's Catalog of Fishes (https://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp) و GBIF (https://www.gbif.org) انجام گردید. بنابراین فقط داده‌های قابل اطمینان در این مطالعه قرار گرفتند. در مجموع تعداد ۱۴۹ نقطه حضور برای گونه شیربت در سراسر ایران گردآوری شد. در مرحله بعد برای کاهش دادن خودهمبستگی داده‌های گردآوری شده، از بین نقاط شعاع ۱ کیلومتر تنها یک نقطه برای تحلیل‌ها در نظر گرفته شد. در نهایت تعداد ۱۱۲ نقطه حضور در تحلیل‌های مرتبط با مدل‌سازی توزیع گونه‌ای شیربت در ایران استفاده شدند.

متغیرهای محیطی

جهت شناسایی متغیرهای تأثیرگذار و مهم بر انتخاب زیستگاه شیربت، از پژوهش‌های پیشین که مشابه کار ما بودند بررسی شدند (Makki et al., 2023; Yousefi et al., 2020). در پژوهش حاضر از متغیرهای اقلیمی، توپوگرافی و انسانی استفاده شدند. برای بررسی متغیرهای اقلیمی، از ۱۹ متغیر اقلیمی که از پایگاه داده www.worldclim.org با دقت ۳۰ ثانیه (حدوداً یک کیلومترمربع) استخراج گردید، استفاده شد. نقشه DEM جهت استخراج پارامتر شیب به‌عنوان یکی از مهم‌ترین متغیرهای مؤثر بر ناهمگونی توپوگرافی استفاده شد. همچنین به منظور کمی کردن اثرات فعالیت‌های انسانی بر اکوسیستم‌ها، از مدل ردپای انسان استفاده گردید (Sanderson et al., 2002).

درنهایت تمامی لایه‌های به دست آمده از لحاظ محدوده، تعداد پیکسل و سیستم مختصات در محیط نرم‌افزار ArcGIS 10.7 یکسان‌سازی شد. قبل از اجرا کردن مدل، جهت بررسی هم‌خطی بین متغیرهای به دست آمده از ضریب همبستگی پیرسون ($\leq$ ۰/۸) استفاده شد. در مجموع تعداد هشت متغیر شامل درجه حرارت سالیانه (Bio 1)، تغییرات فصلی دما (Bio 4)، کمینه دمای سردترین ماه سال (Bio 6)، میانگین گرم‌ترین فصل سال (Bio 10)، مجموع بارندگی سالانه (Bio 12)، مجموع بارندگی پربارش‌ترین فصل سال (Bio 16)، شیب و ردپای انسانی در مدل‌سازی استفاده شد.

به‌منظور نشان دادن اثرات تغییر اقلیم، متغیرهای پیش‌بینی شده آب و هوایی آینده که برای سال‌های ۲۰۶۱– ۲۰۸۰ (میانگین ۲۰۷۰) و ۲۰۸۱– ۲۱۰۰ (میانگین ۲۰۹۰) بودند از سایت WWW.Worldclim.com استخراج شدند. برای ارزیابی توزیع بالقوه آینده، از بین ۱۴ مدل گردش عمومی (General Circulation Model; GCM) موجود، مدل MRI-ESM2-0 انتخاب و از آن، دو مسیر معرف غلظت (Representative Concentration Pathways; RCPs) برای گازهای گلخانه‌ای استفاده شد که شامل (سناریوی بدبینانه) RCP 585 و RCP 126 (سناریوی خوش‌بینانه) با وضوح ۳۰ ثانیه (حدوداً یک کیلومترمربع) بودند.

مدل‌سازی زیستگاه

به‌منظور پیش‌بینی پراکنش زیستگاه‌های مطلوب حال و آینده برای گونه شیربت، از بسته نرم‌افزاری (Thuiller et al., 2009) Biomod2 در محیط R (R Development Core Team, 2021) (V 4.3.1) استفاده شد. برای برآورد زیستگاه‌های مطلوب از چندین الگوریتم مختلف شامل مدل خطی تعمیم یافته (GLM)، روش تعمیمی تقویت شده (GBM)، حداکثر آنتروپی (MAXENT)، شبکه عصبی مصنوعی (ANN)، جنگل تصادفی (RF) و رگرسیون چندمتغیره تطبیقی (MARS) استفاده شد. به دلیل اینکه تمامی الگوریتم‌های مورد استفاده به داده‌های عدم حضور کاذب نیاز دارند، در مطالعه حاضر تعداد ۱۱۲ نقطه (برابر تعداد نقاط حضور) به‌صورت تصادفی در منطقه مورد مطالعه و خارج از سلول‌های حضور ایجاد شد. همچنین برای ارزیابی مدل (بررسی دقت) از سه معیار ناحیه زیر منحنی (AUC)، آماره TSS و آماره KAPPA استفاده گردید (Allouche et al., 2006). برای

واسنجش مدل‌ها، ۸۰ درصد نقاط حضور به‌عنوان داده تعلیمی و ۲۰ درصد باقیمانده نیز برای ارزیابی پیش‌بینی مدل‌ها استفاده شدند.

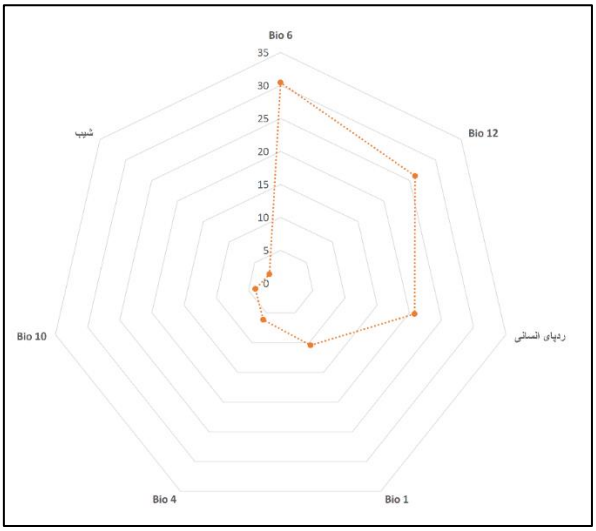
نتایج

بر اساس نتایج، ارزیابی کارایی حاصل از مدل تلفیقی با استفاده از شاخص‌های AUC، TSS و KAPPA نشان دادند که مدل ما توانایی پیش‌بینی خیلی خوب تا عالی در پراکنش ماهی شیربت داشته است. در این نتایج ارزش معیار $AUC \geq 0.9$، KAPPA ≥ 0.83 و $TSS \geq 0.77$ به ترتیب عالی و خیلی خوب قرار گرفتند (جدول ۱).

جدول ۱. برآورد سطح زیر منحنی (AUC)، TSS و KAPPA در الگوریتم‌های مختلف اجرا شده

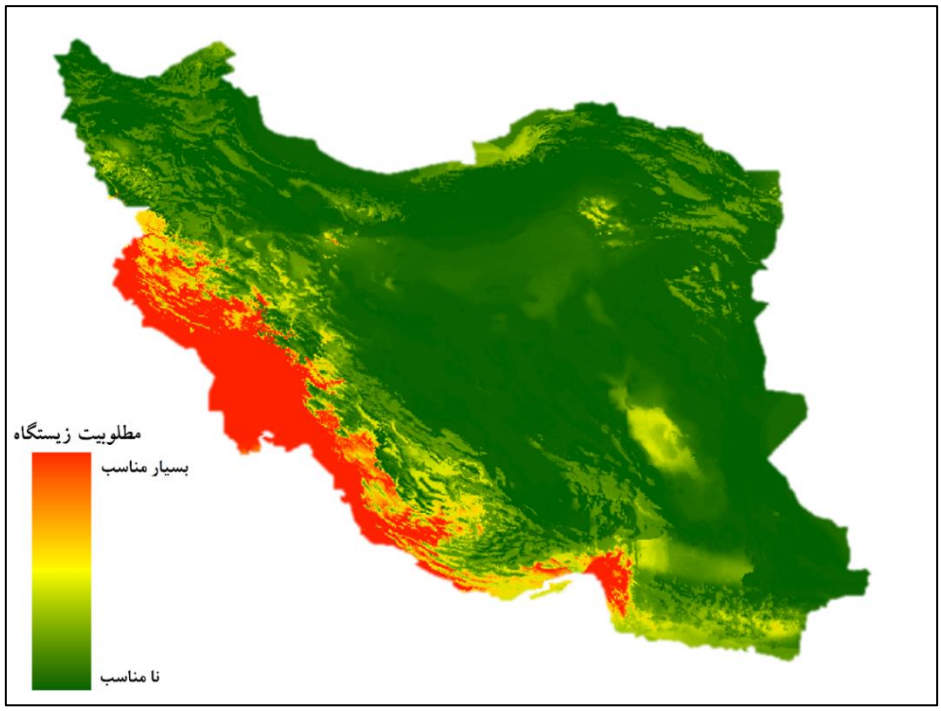
معیار	GLM	GBM	MAXENT	ANN	RF	MARS
AUC	۰/۹۸	۰/۹۳	۰/۹۱	۰/۹	۰/۹۶	۰/۹۱
TSS	۱	۰/۸۳	۰/۷۹	۰/۹۱	۰/۸۷	۰/۷۷
KAPPA	۰/۹۱	۰/۹	۰/۸۳	۰/۸۹	۰/۹۱	۰/۸۵

بر اساس نتایج حاصل از تحلیل‌ها، از بین متغیرهای مورد استفاده برای ساخت مدل، متغیرهای کمینه دمای سردترین ماه سال (۳۰٪/۴۳)، مجموع بارندگی سالانه (۲۶/۰۷٪) و ردپای انسانی (۲۰/۸۴٪) به‌عنوان مهم‌ترین متغیرهای تأثیرگذار و مهم بر انتخاب زیستگاه ماهی شیربت در منطقه پراکنش آن شناسایی شدند (شکل ۲).



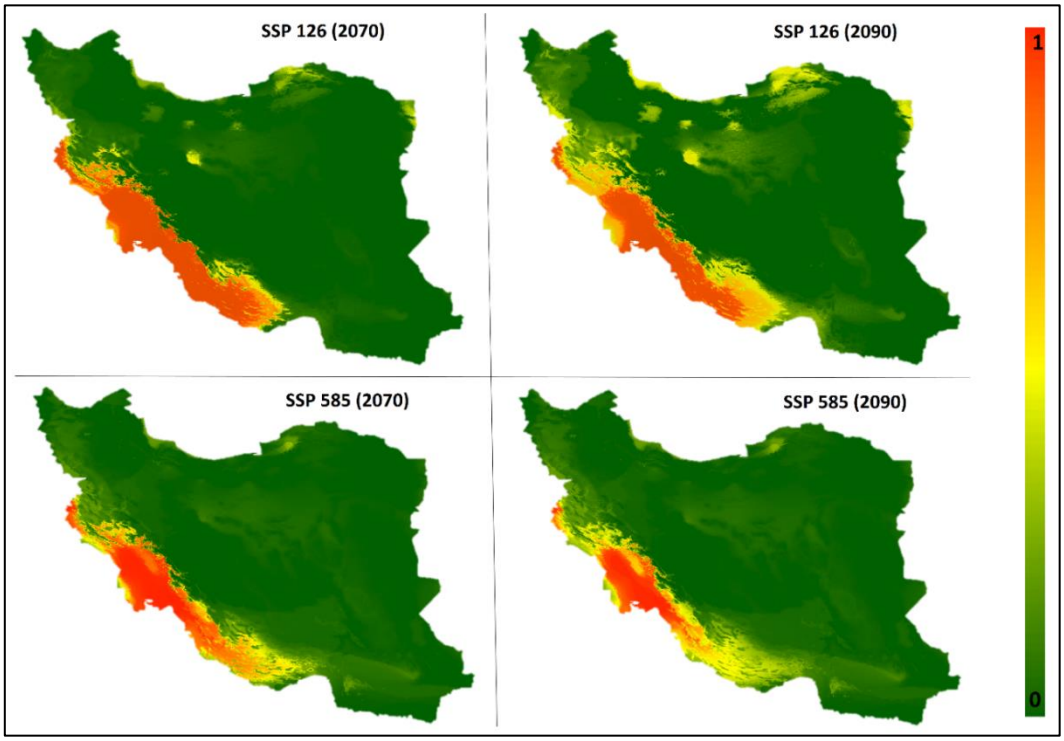
شکل ۲. درصد مهم‌ترین متغیرهای زیستگاهی تأثیرگذار بر پراکنش ماهی شیربت

نتایج حاصل از نقشه مطلوبیت زیستگاه بر اساس روش تلفیقی نشان داد که این گونه در قسمت‌های غربی، جنوب غربی و قسمت‌های کوچکی از جنوب ایران دارای پراکنش است و در واقع مناطق ذکر شده دارای زیستگاه‌های مطلوب و مناسبی برای گونه شیربت هستند (شکل ۳).



شکل ۳. نقشه حال مطلوبیت زیستگاه پراکنش ماهی شیربت در ایران

همچنین نقشه‌های به دست آمده از مدل‌های اقلیمی در دو سری زمانی ۲۰۷۰ و ۲۰۹۰ به طور واضح نشان دادند که دامنه پراکنش گونه ماهی شیربت تحت دو سناریوی خوش‌بینانه (SSP 126) و بدبینانه (SSP 585) با کاهش جدی به خصوص در سال ۲۰۹۰ مواجه خواهد بود (شکل ۴). در واقع این گونه تا سال ۲۰۹۰ بیشتر از ۴۰٪ مناطق پراکنش خود را از دست خواهد داد و در معرض تهدید جدی قرار خواهد گرفت (جدول ۲).



شکل ٤. نقشه‌های پراکنش زیستگاهی ماهی شیربت تحت سناریوهای متفاوت اقلیمی (SSP 126 و SSP 585) در مقیاس‌های زمانی سال ۲۰۷۰ و ۲۰۹۰

جدول ۲. نتایج پیش‌بینی پراکنش ماهی شیربت تحت تأثیر سناریوها و بازه‌های زمانی ۲۰۷۰ و ۲۰۹۰

Arabibarbus grypus	SSP 126		SSP 585	
	۲۰۷۰	۲۰۹۰	۲۰۷۰	۲۰۹۰
درصد افزایش	۴/۳۷	۳/۸۷	۵/۱۳	۲/۱۹
درصد کاهش	۴۸/۲۷	۵۹/۶۹	۷۶/۱۴	۸۱/۵۸
تغییرات محدوده	-۴۳/۹	-۵۵/۸۲	-۷۱/۰۱	-۷۹/۳۹

بحث

با توجه به قرار گرفتن بیش از ۸۲ درصد از خاک ایران در رده خشک و نیمه خشک جهان، کشور ایران در دهه‌های آینده با افزایش ۲/۶ درجه سانتی‌گراد در میانگین دما و کاهش ۳۵ درصدی بارش مواجه خواهد شد (Mansouri Daneshvar et al., 2019). با توجه به موقعیت جغرافیایی خاص فلات ایران و روند تغییر اقلیم که به آن اشاره گردید، این پدیده در آینده منجر به تأثیرات قابل‌توجهی بر اکوسیستم‌های کشور، به‌ویژه اکوسیستم‌های آب شیرین رودخانه‌ها و آسیب‌پذیری تنوع زیستی ماهیان خواهد شد (Bagheri et al., 2023; Makki et al., 2023). با وقوع تغییرات اقلیمی گونه‌ها ممکن است واکنش‌های متفاوتی را نسبت به این پدیده نشان دهند از جمله اینکه ماهیان نسبت به این پدیده ممکن است چندین استراتژی را در پیش بگیرند. Buisson و همکاران (۲۰۰۸) معتقدند ماهیان در برابر اثرات گرمایش جهانی و به دنبال آن تغییرات اقلیمی سه استراتژی شامل سازگاری و تطبیق با محیط، مهاجرت به مکان‌های مساعدتر و یا در نهایت انقراض را در پیش می‌گیرند.

لازمه سازگاری و تطبیق با شرایط محیط، داشتن سازگاری در ژنوتیپ و بستر ژنی و توانایی گونه برای سازگاری ژنتیکی است (Hawlitschek et al., 2011). از طرفی در صورت انتخاب گزینه مهاجرت و جابه‌جایی، عوامل مختلفی در این فرایند از جمله توانایی ذاتی گونه در داشتن قدرت مهاجرت، بهینه بودن شرایط فیزیکی و بیولوژیکی گونه و در نهایت پیوستگی رودخانه دخیل هستند (Darab et al., 2020). در طی سال‌های اخیر فعالیت‌های گسترده انسانی همچون تغییر کاربری اراضی، دگرگونی در زیستگاه‌ها، ورود مواد آلاینده و پساب‌های شهری و کشاورزی و همچنین ورود و معرفی گونه‌های غیربومی سبب تخریب گسترده و فشارهای مضاعفی روی بسیاری از اکوسیستم‌ها شده که این فشارها خود مانعی برای مهاجرت و جابه‌جایی گونه‌ها محسوب می‌شود (Mostafavi et al., 2021). زمان به‌عنوان یکی از منابع اکولوژیکی برای گونه شناخته شده است، با توجه به روند افزایشی تغییرات اقلیمی اگر گونه نتواند از لحاظ زمانی خود را با آن شرایط تطبیق و یا مهاجرت کند محکوم به انقراض و نابودی می‌شود (Cox and Moore, 2005).

یافته‌های پژوهش حاضر نشان دادند که زیستگاه مطلوب برای گونه شیربت در قسمت‌های غربی، جنوب غرب و قسمت‌هایی از جنوب ایران قرار دارد. به دلیل اینکه این گونه دارای منشأ عربی – آفریقایی است؛ بنابراین پراکنش آن محدود به قسمت‌های ذکر شده است. این نتایج با پژوهش Joulade-Roudbar و همکاران (۲۰۲۰) هم‌راستا بود.

با توجه به یافته‌های حاصل از خروجی نقشه‌های اثرات اقلیم روی گونه شیربت در دو سری زمانی ۲۰۷۰ و ۲۰۹۰ مشخص گردید که این گونه در اثر تغییرات اقلیمی کاهش گسترده‌ای را در زیستگاه مطلوب خود نشان می‌دهد. به‌طورکلی گونه‌ها در مواجه شدن با تغییرات اقلیمی ممکن است به یکی از چهار سناریوی؛ کاهش پراکنش، افزایش پراکنش، افزایش و کاهش پراکنش و یا ثبات در پراکنش، روی بیاورند (Yousefi et al., 2020). مطالعه حاضر نشان‌دهنده روی آوردن گونه ماهی شیربت به سناریوی "افزایش و کاهش پراکنش" در پاسخ به اثرات تغییر اقلیم است. البته با توجه به نتایج، میزان کاهش پراکنش در مقابل افزایش آن به مقدار بسیار بیشتری است که سبب منفی شدن دامنه تغییرات پراکنش گونه شده است.

مطالعات متعدد صورت گرفته روی گونه‌های ماهیان در زمینه مدل‌سازی و تغییرات اقلیم نشان‌دهنده پاسخ‌های متفاوت این گونه‌ها به اثرات اقلیمی است. از جمله این مطالعات که هم‌راستا با نتایج مطالعه حاضر بود می‌توان به مطالعه Ahmadi and Mostafavi 2021 اشاره نمود که به پیش‌بینی اثرات اقلیمی بر پراکنش ماهی بنی (*Mesopotamichthys sharpeyi*) پرداختند. آنها نتیجه گرفتند که ماهی بنی در مواجهه با تغییرات اقلیمی در سری‌های زمانی ۲۰۵۰ و ۲۰۸۰ در هر دو سناریوی خوش‌بینانه و بدبینانه دامنه پراکنش گونه کاهش خواهد یافت. در مطالعه‌ای دیگر که هم‌راستا با مطالعه حاضر بود، Makki و همکاران (۲۰۲۱) اثرات تغییر اقلیم را بر پراکنش گونه ماهی *Garra rufa* مدل‌سازی نمودند. نتیجه این پژوهش نشان داد که در سال‌های ۲۰۵۰ و ۲۰۸۰ در هر دو سناریوی خوش‌بینانه و بدبینانه، پراکنش گونه مذکور روند افزایشی و کاهش را تجربه خواهد کرد، با این تفاوت که میزان کاهشی بودن پراکنش در منطقه مورد مطالعه بسیار بیشتر از روند پراکنش افزایشی است. از طرفی بر خلاف نتایج ما، Darabi و همکاران (۲۰۲۰) در جهت مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه گونه ماهی بوتک فارس (*Cyprinion tenuiradius* Heckel, 1849) نتیجه گرفتند که در سناریوهای خوش‌بینانه منتسب به سال‌های ۲۰۵۰ و ۲۰۸۰ دامنه پراکنش گونه بوتک فارس اندکی کاهش یافته است؛ درصورتی که دامنه پراکنش در سناریوی بدبینانه مربوط به سال ۲۰۵۰ همراه با اندکی افزایش بوده است. همچنین، پژوهش نشان داد که در سناریوی بدبینانه مربوط به سال ۲۰۸۰ به زیستگاه‌های مطلوب گونه بوتک فارس به میزان قابل‌توجهی افزوده خواهد شد.

با توجه به مطالعات قبلی، اثرات تغییر اقلیم صورت گرفته روی ماهیان، به‌وضوح نشان داده است که گونه‌ها نسبت به تغییرات اقلیمی دارای پاسخ‌های متفاوتی از جانب خود هستند که این پاسخ‌ها، ارائه راهکارها و استراتژی‌های مدیریتی متناسب و خاص را برای هر گونه می‌طلبد.

نتیجه‌گیری

ماهی شیربت یکی از ماهیان مهم رودخانه‌ای واقع در قسمت‌های غربی، جنوب غرب و جنوب ایران است. با توجه به سیکل تقریباً طولانی تخم‌ریزی و بلوغ، جزو ماهیان حساس در اکوسیستم آب شیرین محسوب می‌شود. این ماهی در استان‌های واقع در نواحی ذکر شده به‌عنوان یک گونه خوراکی با ارزش بالا شناخته شده که همین عامل سبب صید گسترده و بیش از حد آن در بسیاری از رودخانه‌های آب شیرین توسط صیادان شده است. تغییر اقلیم از یک طرف و فشار صیادی از طرف دیگر سبب می‌شود این گونه با ارزش طی چند سال آینده کاهش چشمگیری را در اندازه جمعیت خود تجربه نماید. لذا پژوهش حاضر تأیید نمود که دامنه پراکنش آن در آینده با کاهش چشمگیری مواجه خواهد شد. البته ذکر این نکته ضروری است که با توجه به عدم قطعیت و وجود خطا در مدل‌ها، پیشنهاد می‌شود مدل‌های اقلیمی با تعداد متغیرها و داده‌های بیشتر آزموده شوند. با توجه به کاهش گسترده محدوده پراکنش این گونه و فشارهای انسانی که روی گونه و زیستگاه آن وجود دارد، توصیه می‌شود از نتایج این پژوهش که در جهت شناسایی مناطق و زیستگاه‌های مطلوب این گونه بود، برای اقدامات مدیریتی لازم جهت تعدیل نمودن اثرات و شاید سازگاری این گونه با تغییرات اقلیمی استفاده گردد. در نهایت این نتایج در زمینه مدیریت و حفاظت از گونه و زیستگاه، اطلاعات مفیدی را فراهم نموده است که مدیران می‌توانند برای ارائه استراتژی‌های گوناگون حفاظت از گونه و اکوسیستم‌های آب شیرین از آن بهره ببرند.

منابع

Abdoli, A. (2016). *Field guide of fishes of inland waters of Iran* (First). Iran-shenasi.

Ajirlu, M. S., Moazzen, M., & Hajialioghli, R. (2016). Tectonic evolution of the Zagros Orogen in the realm of the Neotethys between the Central Iran and Arabian Plates: An ophiolite perspective. *Central European Geology*, 59(1–4), 1–27. https://doi.org/10.1556/24.59.2016.001

Ahmadzadeh, F., Shahrokhi, G., Saberi-Pirooz, R., Oladi, M., Taati, M., Poyarkov, N. A., & Rödder, D. (2020). Alborz Heritage: geographic distribution and genetic differentiation of the Iranian Paradactylodon (Amphibia: Hynobiidae). *Amphibia-Reptilia*, 41(4), 519-534.

Aksu, S. (2021). Current and future potential habitat suitability prediction of an endemic freshwater fish species Seminemacheilus lendlii (Hankó, 1925) using Maximum Entropy Modelling (MaxEnt) under climate change scenarios: Implications for conservation. *Journal of Limnology and Freshwater Fisheries Research*, 7(1), Article 1. https://doi.org/10.17216/limnofish.758649

Allouche, O., Tsoar, A., & Kadmon, R. (2006). Assessing the accuracy of species distribution models: Prevalence, kappa and the true skill statistic (TSS). *Journal of Applied Ecology*, 43(6), 1223–1232. https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2006.01214.x

Amiri, N., Vaissi, S., Aghamir, F., Saberi-Pirooz, R., Rödder, D., Ebrahimi, E., & Ahmadzadeh, F. (2021). Tracking climate change in the spatial distribution pattern and the phylogeographic structure of Hyrcanian wood frog, Rana pseudodalmatina (Anura: Ranidae). *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, 59(7), 1604-1619.

Jouladeh-Roudbar, A., Ghanavi, H. R., & Doadrio, I. (2020). Ichthyofauna from Iranian freshwater: annotated checklist, diagnosis, taxonomy, distribution and conservation assessment. *Zoological Studies*, (59). https://doi.org/10.6620/ZS.2020.59-21

Armstrong, J. B., Schindler, D. E., Ruff, C. P., Brooks, G. T., Bentley, K. E., & Torgersen, C. E. (2013). Diel horizontal migration in streams: Juvenile fish exploit spatial heterogeneity in thermal and trophic resources. *Ecology*, 94(9), 2066–2075. https://doi.org/10.1890/12-1200.1

Ashcroft, M. B. (2010). Identifying refugia from climate change. *Journal of Biogeography*, 37(8), 1407–1413. https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2010.02300.x

Ashrafzadeh, M. R., Khosravi, R., Mohammadi, A., Naghipour, A. A., Khoshnamvand, H., Haidarian, M., & Penteriani, V. (2022). Modeling climate change impacts on the distribution of an endangered brown bear population in its critical habitat in Iran. *Science of The Total Environment*, 837, 155753. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155753

Ashrafzadeh, M. R., Naghipour, A. A., Khoshnamvand, H., Haidarian, M., & Esmaeili, S. (2020). Distribution modeling of foraging habitats for Egyptian Vulture (Neophron percnopterus) in Kermanshah Province, Iran. *Iranian Journal of Applied Ecology*, 8(4), 35-51.

Ashrafzadeh, M. R., Naghipour, A. A., Mohammadi, A., Haidarian, M., & Khoshnamvand, H. (2023). Habitat suitability modeling of Persian leopard (Panthera pardus) in Lorestan province, Iran. *Experimental Animal Biology*, 11(4), 95–108. https://doi.org/DOI: 10.30473/EAB.2023.67107.1903

Bagheri, M., Azimi, M., Khoshnamvand, H., Abdoli, A., & Ahmadzadeh, F. (2023). The threat of a non-native oligochaete species in Iran's freshwater: Assessment of the diversity and origin of *Eiseniella tetraedra* (Savigny, 1826) and its response to climate change. *Biology Open*, bio.060180. https://doi.org/10.1242/bio.060180

Birnie-Gauvin, K., Lynch, A. J., Franklin, P. A., Reid, A. J., Landsman, S. J., Tickner, D., Dalton, J., Aarestrup, K., & Cooke, S. J. (2023). The RACE for freshwater biodiversity: Essential actions to create the social context for meaningful conservation. *Conservation Science and Practice*, 5(4), e12911. https://doi.org/10.1111/csp2.12911

Bongaerts, P., & Smith, T. B. (2019). Beyond the "Deep Reef Refuge" Hypothesis: A Conceptual Framework to Characterize Persistence at Depth. In Y. Loya, K. A. Puglise, & T. C. L. Bridge (Eds.), *Mesophotic Coral Ecosystems* (pp. 881–895). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-92735-0_45

Borhani, F., Ehsani, A. H., McGuirk, S. L., Shafiepour Motlagh, M., Mousavi, S. M., Rashidi, Y., & Mirmazloumi, S. M. (2024). Examining and predicting the influence of climatic and terrestrial factors on the seasonal distribution of ozone column depth over Tehran province using satellite observations. *Acta Geophysica*, 72(2), 1191–1226. https://doi.org/10.1007/s11600-023-01179-1

Brodie, J., Johnson, H., Mitchell, M., Zager, P., Proffitt, K., Hebblewhite, M., Kauffman, M., Johnson, B., Bissonette, J., Bishop, C., Gude, J., Herbert, J., Hersey, K., Hurley, M., Lukacs, P. M., McCorquodale, S., McIntire, E., Nowak, J., Sawyer, H., … White, P. J. (2013). Relative influence of human harvest, carnivores, and weather on adult female elk survival across western N orth A merica. *Journal of Applied Ecology*, 50(2), 295–305. https://doi.org/10.1111/1365-2664.12044

Buisson, L., Thuiller, W., Lek, S., Lim, P., & Grenouillet, G. (2008). Climate change hastens the turnover of stream fish assemblages. *Global Change Biology*, 14(10), 2232–2248. https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2008.01657.x

Cowan, M. A., Callan, M. N., Watson, M. J., Watson, D. M., Doherty, T. S., Michael, D. R., Dunlop, J. A., Turner, J. M., Moore, H. A., Watchorn, D. J., & Nimmo, D. G. (2021). Artificial refuges for wildlife conservation: What is the state of the science? *Biological Reviews*, 96(6), 2735–2754. https://doi.org/10.1111/brv.12776

Cox, C. B., & Moore, P. D. (2005). *Biogeography: An ecological and evolutionary approach* (7th ed). Blackwell Pub.

Darab, M., Mostafavi, H., Rahimi, R., Teimori, A., & Farshchi, P. (2020). Modeling the Habitat Suitability of Botak-e-Fars, Cyprinion Tenuiradius Heckel, 1849 and Determining the Impact of Climate Change on its Distribution in Fars Province. *Journal of Applied Ichthyological Research*, 8(5), 51–60.

Freyhof, J. (2018). *Arabibarbus grypus (amended version of 2014 assessment). The IUCN Red List of Threatened Species 2018*. IUCN. https://www.iucnredlist.org/species/19171241/134236379

Ghaedi, Z., Badri, S., Saberi-Pirooz, R., Vaissi, S., Javidkar, M., & Ahmadzadeh, F. (2021). The Zagros Mountains acting as a natural barrier to gene flow in the Middle East: more evidence from the evolutionary history of spiny-tailed lizards (Uromasticinae: Saara). *Zoological Journal of the Linnean Society*, 192(4), 1123-1136.

Ghane-Ameleh, S., Khosravi, M., Saberi-Pirooz, R., Ebrahimi, E., Aghbolaghi, M. A., & Ahmadzadeh, F. (2021). Mid-Pleistocene Transition as a trigger for diversification in the Irano-Anatolian region: Evidence revealed by phylogeography and distribution pattern of the eastern three-lined lizard. *Global Ecology and Conservation*, 31, e01839.

Hahlbeck, N., Tinniswood, W. R., Sloat, M. R., Ortega, J. D., Wyatt, M. A., Hereford, M. E., Ramirez, B. S., Crook, D. A., Anlauf-Dunn, K. J., & Armstrong, J. B. (2022). Contribution of warm habitat to cold-water fisheries. *Conservation Biology*, 36(3), e13857. https://doi.org/10.1111/cobi.13857

Hannah, D. M., & Garner, G. (2015). River water temperature in the United Kingdom: Changes over the 20th century and possible changes over the 21st century. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, 39(1), 68–92. https://doi.org/10.1177/0309133314550669

Harter, D. E. V., Irl, S. D. H., Seo, B., Steinbauer, M. J., Gillespie, R., Triantis, K. A., Fernández-Palacios, J.-M., & Beierkuhnlein, C. (2015). Impacts of global climate change on the floras of oceanic islands – Projections, implications and current knowledge. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 17(2), 160–183. https://doi.org/10.1016/j.ppees.2015.01.003

Hawlitschek, O., Porch, N., Hendrich, L., & Balke, M. (2011). Ecological Niche Modelling and nDNA Sequencing Support a New, Morphologically Cryptic Beetle Species Unveiled by DNA Barcoding. *PLoS ONE*, 6(2), e16662. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0016662

Isaak, D. J., & Rieman, B. E. (2013). Stream isotherm shifts from climate change and implications for distributions of ectothermic organisms. *Global Change Biology*, 19(3), 742–751. https://doi.org/10.1111/gcb.12073

Kafash, A., Ashrafi, S., Yousefi, M., Rastegar-Pouyani, E., Rajabizadeh, M., Ahmadzadeh, F., Grünig, M., & Pellissier, L. (2020). Reptile species richness associated to ecological and historical variables in Iran. *Scientific Reports*, 10(1), 18167. https://doi.org/10.1038/s41598-020-74867-3

Keppel, G., & Wardell-Johnson, G. W. (2012). Refugia: Keys to climate change management. *Global Change Biology*, 18(8), 2389–2391. https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2012.02729.x

Khoshnamvand, H., Vaissi, S., Azimi, M., & Ahmadzadeh, F. (2024). Phylogenetic climatic niche evolution and diversification of the Neurergus species (Salamandridae) in the Irano-Anatolian biodiversity hotspot. *Ecology and Evolution*, 14, e70105. https://doi.org/10.1002/ece3.70105

Makki, T., Mostafavi, H., Matkan, A. A., Valavi, R., Hughes, R. M., Shadloo, S., Aghighi, H., Abdoli, A., Teimori, A., Eagderi, S., & Coad, B. W. (2023). Predicting climate heating impacts on riverine fish species diversity in a biodiversity hotspot region. *Scientific Reports*, 13(1), 14347. https://doi.org/10.1038/s41598-023-41406-9

Malmqvist, B., & Rundle, S. (2002). Threats to the running water ecosystems of the world. *Environmental Conservation*, 29(2), 134–153. https://doi.org/10.1017/S0376892902000097

Mansouri Daneshvar, M. R., Ebrahimi, M., & Nejadsoleymani, H. (2019). An overview of climate change in Iran: Facts and statistics. *Environmental Systems Research*, 8(1), 7. https://doi.org/10.1186/s40068-019-0135-3

Mostafavi, H., Mehrabian, A. R., Teimori, A., Shafizade-Moghadam, H., & Kambouzia, J. (2021). The Ecology and Modelling of the Freshwater Ecosystems in Iran. In L. A. Jawad (Ed.), *Tigris and Euphrates Rivers: Their Environment from Headwaters to Mouth* (pp. 1143–1200). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-57570-0_52

Pavey, C. R., Addison, J., Brandle, R., Dickman, C. R., McDonald, P. J., Moseby, K. E., & Young, L. I. (2017). The role of refuges in the persistence of A ustralian dryland mammals. *Biological Reviews*, 92(2), 647–664. https://doi.org/10.1111/brv.12247

Petsch, D. K. (2016). Causes and consequences of biotic homogenization in freshwater ecosystems. *International Review of Hydrobiology*, 101(3–4), 113–122. https://doi.org/10.1002/iroh.201601850

Poff, N. L., Allan, J. D., Bain, M. B., Karr, J. R., Prestegaard, K. L., Richter, B. D., Sparks, R. E., & Stromberg, J. C. (1997). The Natural Flow Regime. *BioScience*, 47(11), 769–784. https://doi.org/10.2307/1313099

R Development Core Team. (2021). *R: a Language and Environment for Statistical Computing* (Vienna) [Computer software].

Reid, A. J., Carlson, A. K., Creed, I. F., Eliason, E. J., Gell, P. A., Johnson, P. T. J., Kidd, K. A., MacCormack, T. J., Olden, J. D., Ormerod, S. J., Smol, J. P., Taylor, W. W., Tockner, K., Vermaire, J. C., Dudgeon, D., & Cooke, S. J. (2019). Emerging threats and persistent conservation challenges for freshwater biodiversity. *Biological Reviews*, 94(3), 849–873. https://doi.org/10.1111/brv.12480

Rolls, R. J., Leigh, C., & Sheldon, F. (2012). Mechanistic effects of low-flow hydrology on riverine ecosystems: Ecological principles and consequences of alteration. *Freshwater Science*, 31(4), 1163–1186. https://doi.org/10.1899/12-002.1

Saberi-Pirooz, R., Rajabi-Maham, H., Ahmadzadeh, F., Kiabi, B. H., Javidkar, M., & Carretero, M. A. (2021). Pleistocene climate fluctuations as the major driver of genetic diversity and distribution patterns of the Caspian green lizard, *Lacerta strigata* Eichwald, 1831. *Ecology and Evolution*, 11(11), 6927-6940.

Sanderson, E. W., Jaiteh, M., Levy, M. A., Redford, K. H., Wannebo, A. V., & Woolmer, G. (2002). The Human Footprint and the Last of the Wild. *BioScience*, 52(10), 891. https://doi.org/10.1641/0006-3568(2002)052[0891:THFATL]2.0.CO;2

Sayyadzadeh, G., & Esmaeili, H. R. (2024). Freshwater lamprey and fishes of Iran: Reappraisal and updated checklist with a note on Eagderi et al. (2022). *Zootaxa*, *5402*(1), Article 1. https://doi.org/10.11646/zootaxa.5402.1.1

Thuiller, W., Lafourcade, B., Engler, R., & Araújo, M. B. (2009). BIOMOD – a platform for ensemble forecasting of species distributions. *Ecography*, 32(3), 369–373. https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2008.05742.x

Van Rees, C. B., Waylen, K. A., Schmidt-Kloiber, A., Thackeray, S. J., Kalinkat, G., Martens, K., Domisch, S., Lillebø, A. I., Hermoso, V., Grossart, H., Schinegger, R., Decleer, K., Adriaens, T., Denys, L., Jarić, I., Janse, J. H., Monaghan, M. T., De Wever, A., Geijzendorffer, I., … Jähnig, S. C. (2021). Safeguarding freshwater life beyond 2020: Recommendations for the new global biodiversity framework from the European experience. *Conservation Letters*, 14(1), e12771. https://doi.org/10.1111/conl.12771

Wurtzebach, Z., & Schultz, C. (2016). Measuring Ecological Integrity: History, Practical Applications, and Research Opportunities. *BioScience*, 66(6), 446–457. https://doi.org/10.1093/biosci/biw037

Yousefi, M., Jouladeh-Roudbar, A., & Kafash, A. (2020). Using endemic freshwater fishes as proxies of their ecosystems to identify high priority rivers for conservation under climate change. *Ecological Indicators*, 112, 106137. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106137