Archive of SID.ir

Geography and Environmental Sustainability
Homepage: http://ges.razi.ac.ir/

Using the Ensemble Model of Climate Change to Predict and How to Sustainability the *Luciobarbus barbulus* in the Ecosystems Under its Distribution

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

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

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received: 29 Jul 2024
Received in revised form: 15 Sep 2024
Accepted: 17 Sep 2024
Available online: 22 Sep 2024

Keywords:
Climate change,
Biodiversity,
Freshwater fish,
Ensemble modeling,
Conservation.

ABSTRACT

Climate change, widely acknowledged as one of the most pressing global threats in recent decades, has significantly impacted biodiversity and natural ecosystems across the planet. The use of appropriate predictive tools can greatly aid conservation managers in their efforts to protect and preserve biodiversity. In this study, we investigated the effects of climate change on the spread and distribution of Luciobarbus barbulus (Heckel, 1847), a freshwater fish species, by employing an ensemble modeling approach using the Biomod2 package. We utilized six distinct algorithms to analyze current conditions and two future scenarios for the years 2070 and 2090, specifically focusing on the Shared Socioeconomic Pathways (SSP) includes SSP1-2.6 and SSP5-8.5 scenarios. To build our predictive model, we incorporated a comprehensive dataset comprising eight variables, including climatic, topographic, and anthropogenic factors. The results indicated that the model's predictive performance was robust, with evaluation metrics—specifically the Area Under the Curve (AUC) and True Skill Statistic (TSS)—showing values ranging from very good to excellent (AUC ≥ 0.87). Our analysis revealed that the most significant factors influencing the distribution of Luciobarbus barbulus were Annual Mean Temperature (Bio 1), Annual Precipitation (Bio 12), and Mean Temperature of the Warmest Quarter (Bio 10). Alarmingly, the model forecasts a decrease in the species distribution range under both optimistic and pessimistic scenarios for the years 2070 and 2090. In conclusion, it is imperative for managers and decision-makers in the field of biodiversity conservation to recognize and address the impacts of climate change. Identifying and implementing effective measures to protect this valuable species will be essential for ensuring its survival in a rapidly changing environment.

Cite this article: Khoshnamvand, H., Abdoli, A., & Ahmadzadeh, F. (2024). Using the Ensemble Model of Climate Change to Predict and How to Sustainability the *Luciobarbus barbulus* in the Ecosystems Under its Distribution. *Geography and Environmental Sustainability*, *14* (3), 85-96. https://doi.org/10.22126/GES.2024.10925.2772

© The Author (s).
DOI: https://doi.org/10.22126/GES.2024.10925.2772
Publisher: Razi University

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

جغرافیا و پایداری محیط
وبگاه نشریه: http://ges.razi.ac.ir/

استفاده از مدل اجماعی تغییراقلیم جهت پیش‌بینی و نحوه پایداری سس ماهی لب پهن (*Luciobarbus barbulus*) در اکوسیستم‌های تحت پراکنش آن

هادی خوش‌نامونده[1]| اصغر عبدلی[2]| فراهم احمدزاده[3]

۱. گروه محیط زیست- زیستگاه‌ها و تنوع زیستی، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.
۲. نویسنده مسئول، گروه محیط زیست- زیستگاه‌ها و تنوع زیستی، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.
۳. گروه محیط زیست- زیستگاه‌ها و تنوع زیستی، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران. رایانامه: a_abdoli@sbu.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

تاریخچهٔ مقاله:
تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۵/۰۸
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۶/۲۵
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۶/۲۷
دسترسی آنلاین: ۱۴۰۳/۰۷/۰۱

کلیدواژه‌ها:
تغییر اقلیم،
تنوع زیستی،
ماهی آب شیرین،
مدل‌سازی تلفیقی،
حفاظت.

چکیده

تغییرات‌اقلیمی، به طور گسترده به‌عنوان یکی از مهم‌ترین تهدیدات جهانی در دهه‌های اخیر شناخته می‌شود که به طور قابل‌توجهی بر تنوع زیستی و اکوسیستم‌های طبیعی در سراسر سیاره تأثیر گذاشته است. استفاده از ابزارهای پیش‌بینی مناسب می‌تواند به مدیران حفاظت در تلاش‌هایشان برای حفاظت و حفظ تنوع زیستی کمک زیادی کند. در مطالعه حاضر، اثرات تغییراقلیم بر گسترش و نحوه پراکنش گونه سس ماهی لب پهن (*Luciobarbus barbulus*, Heckel, 1847) با استفاده 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 (SSP1-2.6) و بدبینانه (SSP5-8.5) برای زمان آینده انجام گردید. در مجموع از هشت متغیر اقلیمی، متغیر توپوگرافی و متغیر انسانی برای ساخت مدل استفاده شد. با توجه به نتایج به‌دست آمده، عملکرد پیش‌بینی مدل بر اساس دو پارامتر AUC و TSS از محدوده خیلی خوب تا عالی≥۰/۸۷ بود. همچنین طبق پیش‌بینی مدل، مهم‌ترین عوامل تاثیر گذار بر پراکنش گونه سس ماهی لب پهن، متغیرهای درجه حرارت سالیانه (Bio 1)، مجموع بارندگی سالانه (Bio 12) و میانگین گرم‌ترین فصل سال (Bio 10) بودند. به‌طور نگران کننده ای، این مدل ها، کاهش در محدوده پراکنش گونه ها را در هر دو سناریو خوش‌بینانه و بدبینانه برای سال های ۲۰۷۰ و ۲۰۹۰ پیش بینی می‌کنند. در نتیجه، برای مدیران و تصمیم گیرندگان در زمینه حفاظت از تنوع زیستی ضروری است که تأثیرات ناشی از تنوع زیستی را شناسایی و رسیدگی کنند. شناسایی تغییرات اقلیمی و اجرای اقدامات موثر برای حفاظت از این گونه ارزشمند برای تضمین بقای آن در محیطی که به سرعت در حال تغییر است ضروری خواهد بود.

استناد: خوش‌نامونده، هادی؛ عبدلی، اصغر؛ احمدزاده، فراهم (۱۴۰۳). استفاده از مدل اجماعی تغییراقلیم جهت پیش‌بینی و نحوه پایداری سس ماهی لب پهن (*Luciobarbus barbulus*) در اکوسیستم‌های تحت پراکنش آن. *جغرافیا و پایداری محیط*، ۱۴ (۳)، ۸۵-۹۶.
https://doi.org/10.22126/GES.2024.10925.2772

© نویسندگان.
DOI: https://doi.org/10.22126/GES.2024.10925.2772
ناشر: دانشگاه رازی

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

مقدمه

گرمایش جهانی به عنوان یکی مهم‌ترین تهدیدات پیش‌رو که عمده آن ناشی از فعالیت‌های انسانی است، سبب پدیدار شدن خیل عظیمی از اثرات زیست‌محیطی به هم پیوسته مانند تغییر الگوی آب وهوایی، اختلال در روند طبیعی اکوسیستم‌ها، بالا آمدن آب دریاها و در نهایت بلایای طبیعی مکرر در سراسر جهان شده است (Ashrafzadeh et al., 2023; Ghane-Ameleh et al., 2021; Saberi-Pirooz et al., 2021). یکی از چالش‌های مدیریت در رابطه با محیط‌های طبیعی و جانوران، پیچیدگی واکنش حیات وحش به تغییرات ناشی از اقلیم و تعامل آن با سایر محرک ها مانند توسعه‌های انسانی، آلودگی‌ها و گونه‌های مهاجم است (Ghaedi et al., 2021; Malekian et al., 2019; Sayahnia et al., 2024) اثرات سینرژیک تغییرات آب‌وهوایی و فشارهای ذکر شده ممکن است منجر به افزایش نرخ انقراض در آینده شود (Khoshnamvand et al., 2024; Shukla et al., 2021). به همین دلیل پیش‌بینی و نظارت بر اکوسیستم‌ها برای حفظ حیات وحش بومی و تنوع زیستی که از عناصر ضروری برای حفظ تعادل چشم انداز اکولوژیکی هستند، بسیار حیاتی است (Ashrafzadeh et al., 2020).

مطالعات فراوانی توسط محققین این نکته را بیان داشته‌اند که اکوسیستم‌های آب‌شیرین 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)، به گونه‌ای که این زیستگاه‌ها را از جمله در معرض خطرترین سیستم‌های روی کره‌زمین محسوب می کنند (Khoshnamvand et al., 2019; Malmqvist & Rundle, 2002; Rolls et al., 2012). به عنوان مثال همگن شدن دمای محیط، آب رودخانه‌ها از نظر حرارتی یکی از پیامدهای مهم رخداد تغییر اقلیم و گرمایش جهانی محسوب می شود (Hannah & Garner, 2015; Mousavi et al., 2024). خطرات ناشی از همگن‌شدن زمانی نمایان می‌شود که ارگانیسم‌های آب شیرین برای فرآیندهای فیزیولوژیکی خود، نیاز به دمای آب پایین‌تری داشته باشند (Khoshnamvand et al., 2019; Mousavi et al., 2024; Petsch, 2016).

ماهیان به‌عنوان یکی از گروه‌های جانوری در اکوسیستم‌های آبی نقش فعال و مهمی را در تعادل ظرفیت این اکوسیستم‌ها در سراسر جهان ایفا می‌کنند. با این وجود، اثرات تغییرات ناشی از اقلیم به‌طور قابل توجهی بر جمعیت ماهی‌ها و زیستگاه آنها تأثیر می‌گذارد (Bongaerts & Smith, 2019; Keppel & Wardell-Johnson, 2012; Pavey et al., 2017). با افزایش دما و تغییر الگوهای آب‌وهوایی، ماهی‌ها با چالش‌های متعددی همانند ازدست‌دادن زیستگاه، تغییر الگوهای مهاجرت، تغییرات در دسترس بودن غذا و افزایش حساسیت به بیماری‌ها مواجه می‌شوند (Cowan et al., 2021). بااین‌وجود، از یک‌سو حفاظت از ماهیان در این اکوسیستم‌ها با توجه به نقش مهم آنها در پایداری اکوسیستم‌های طبیعی و از سوی دیگر تنوع ژنتیکی قابل توجه آنها به‌عنوان یک بخش با ارزش از تنوع زیستی محیط طبیعی کشور اهمیت فراوانی در برنامه‌های حفاظت از اکوسیستم‌های طبیعی دارد (Abdoli, 2016). به‌همین‌منظور آگاهی از وضعیت اکوسیستم‌های محیط‌های آبی و پایش آنها نیازمند استفاده از ابزارهایی برای درک وضعیت اکوسیستم‌های هدف جهت ارزیابی آنها برای مدیران و محققین است.

استفاده‌کردن از روش‌های مدل‌سازی، امروزه یکی از مهم‌ترین تکنیک‌هایی است که به‌وفور در بررسی مسائل و تولید اطلاعات و داده‌ها از آن استفاده می‌شود. کاربرد روش‌های مدل‌سازی در علوم زیست‌محیطی باتوجه‌به پیشرفت‌های فناوری و نظری در چند دهه اخیر، به‌عنوان یکی از روش‌های نوین و قابل‌قبول در مطالعات کاربردی جهت اهداف گوناگون در ارزیابی و حفاظت از منابع طبیعی توسعه‌یافته است (Ashrafzadeh et al., 2023; Bagheri et al., 2023).

مدل‌سازی توزیع گونه‌ای (SDM) به عنوان یکی از مهم‌ترین و پرکاربردترین روش‌ها در حوضه مطالعات مربوط به تنوع زیستی و محیط‌طبیعی شناخته شده است (Aksu, 2021; Ashrafzadeh et al., 2023; Buisson et al., 2008; Harter et al., 2015) که در واقع هدف این روش، بررسی ارتباط بین داده‌های توزیع جغرافیایی گونه (حضور یا فراوانی در مکان‌های شناخته شده) با اطلاعات در مورد ویژگی‌های زیست‌محیطی گونه می‌باشد. مدل اشاره شده کاربردهای مختلفی در حوزه‌های زیست‌محیطی دارد که از جمله این کاربردها می توان، به‌منظور ارزیابی اثرات احتمالی تغییر اقلیم بر محدودهٔ پراکندگی گونه‌ها و درک آسیب‌پذیری آنها در برابر این تغییرات، ارزیابی فرضیه‌های جغرافیای‌زیستی، تحلیل تأثیرات و خطرهای تهاجم و تکثیر گونه‌ها، طراحی و انتخاب ذخیره‌گاه‌ها و برنامه‌ریزی‌های حفاظتی و مدیریتی، اشاره نمود (Armstrong et al., 2013;

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

(Ashcroft, 2010; Hahlbeck et al., 2022). در این پژوهش از یک مدل اجماعی[1] 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). این روش با استفاده از الگوریتم‌های مختلف و درنهایت تلفیق کردن آنها، در مقایسه با سایر روش‌ها کارایی بهتری از خود نشان داده است.

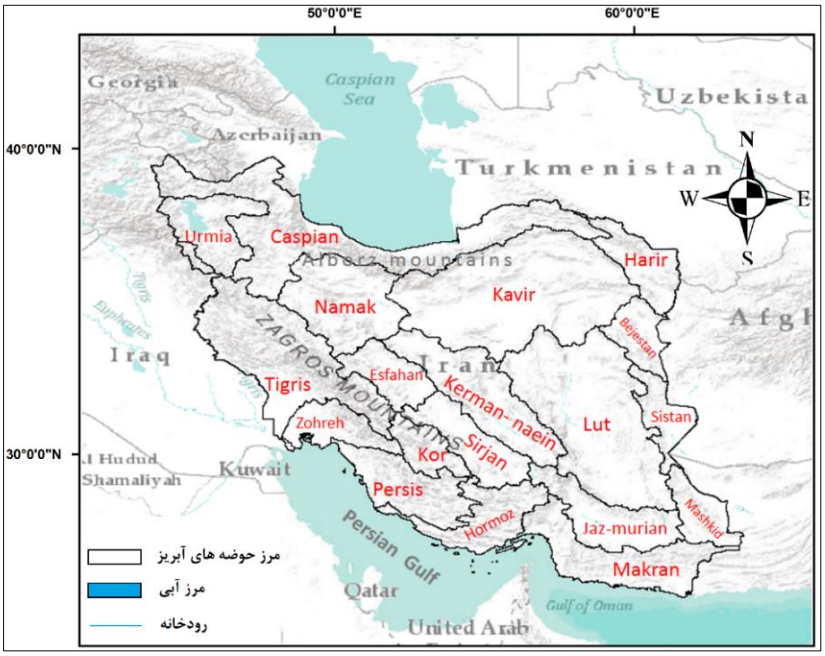
گونه موردمطالعه، گونه *Luciobarbus barbulus* (Cypiniformes: Cyprinidae: Torinae) از خانواده کپورماهیان که جزو گونه‌های ماهی بومی کشور ایران محسوب و زیستگاه آن رودخانه‌های بخش‌های غربی، جنوب‌غربی، جنوب و تا حدی مرکزی ایران گزارش شده است(Abdoli, 2016; Jouladeh-Roudbar et al., 2020; Sayyadzadeh & Esmaeili, 2024). به‌دلیل داشتن پراکنش گسترده‌ای که در زیستگاه‌های آب شیرین در حوضه‌های ایران، از آن می توان به عنوان یک مدل گونه‌ای مناسب جهت آگاهی از اثرات تغییر اقلیم بر پراکنش گونه های آب شیرین، به‌منظور تعدیل این آثار و بیان راهکارهای مناسب حفاظتی با هدف تدوین و تنظیم برنامه‌های مدیریتی در آینده، استفاده نمود.

با توجه کمبود مطالعات مرتبط با مدل‌سازی بر روی گونه‌های ماهی آب شیرین در ایران و اهمیت گونه سس ماهی لب پهن در آب‌های داخلی ایران، مطالعه حاضر باهدف پیش‌بینی و تعیین زیستگاه‌های مطلوب *L. barbulus* با استفاده از یک رویکرد اجماعی که حاصل از الگوریتم‌های مختلف تحت سناریوی سری‌های زمانی متفاوت، انجام گردید.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه موردمطالعه

منطقه مورد مطالعه در پژوهش حاضر، کشور ایران با مساحت بیش از یک میلیون و ششصد هزار کیلومتر مربع 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 و غنای گونه‌ای دارای حیات گیاهی و جانوری بی‌نظیری در خاورمیانه است که این ناشی از تلاقی فلات ایران در میان سه منطقه زیستی پالئارکتیک، اتیوپین و اورینتال است. (Kafash et al., 2020). آبهای داخلی ایران از نظر حیات 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. نقشه برگرفته از ArcGIS نسخه 10.7 آنلاین

1. Ensemble

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

نقاط حضور

به‌منظور تهیه نقشه پراکنش و شناسایی زیستگاه‌های مناسب برای گونه *L.barbulus*، گردآوردی نقاط حضور به چندین روش مختلف 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. در مجموع تعداد ۱۸۷ نقطه حضور برای گونه *L.barbulus* در سراسر پراکنش آن در ایران گردآوردی شد. برای کاهش‌دادن خودهمبستگی داده‌های گردآوری شده، از بین نقاط شعاع ۱ کیلومتر تنها یک نقطه برای تحلیل‌ها در نظر گرفته شد. در نهایت تعداد ۱۴۴ نقطه وقوع در تحلیل‌های مرتبط با مدل‌سازی توزیع گونه‌ای *L.barbulus* در ایران استفاده شدند.

متغیرهای محیطی

به‌منظور تعیین و شناسایی متغیرهای تأثیرگذار و مهم بر انتخاب زیستگاه *L.barbulus*، پژوهش‌های پیشین که مشابه مطالعه حاضر بودند بررسی شدند (Makki et al., 2023; Yousefi et al., 2020). در پژوهش حاضر از متغیرهای اقلیمی، توپوگرافی و انسانی بصورت هم‌زمان استفاده شدند. به منظور بررسی متغیرهای اقلیمی، ۱۹ متغیر اقلیمی از پایگاه داده www.worldclim.org با دقت ۳۰ ثانیه (حدودا یک کیلومتر مربع) استخراج گردید. نقشه DEM جهت استخراج متغیر شیب که به‌عنوان یکی از مهم‌ترین متغیرهای موثر بر ناهمگونی توپوگرافی است، استفاده گردید. همچنین به منظور کمی کردن اثرات فعالیت‌های انسانی بر اکوسیستم‌ها، مدل ردپای انسان مورد استفاده قرار گرفت (Sanderson et al., 2002). سپس تمامی لایه‌های به‌دست‌آمده در مرحله قبل، از لحاظ محدوده، تعداد پیکسل و سیستم مختصات در محیط نرم افزار ArcGIS 10.7 یکسان‌سازی شدند. قبل از اجرا کردن مدل، جهت بررسی هم‌خطی بین متغیرهای به‌دست‌آمده از ضریب همبستگی پیرسون (≥ 0.75) استفاده گردید. پس از بررسی هم خطی متغیرها، در مجموع تعداد هفت متغیر شامل درجه‌حرارت سالیانه[1]، تغییرات فصلی دما[2]، کمینه دمای سردترین ماه سال[3]، میانگین گرم‌ترین فصل سال[4]، مجموع بارندگی سالانه[5]، شیب و ردپای انسانی در مدل‌سازی استفاده گردید.

در نهایت، جهت پیش‌بینی و ارزیابی اثرات تغییر اقلیم، متغیرهای پیش‌بینی شده آب‌وهوایی آینده که برای سال‌های ۲۰۸۰- ۲۰۶۱ (میانگین ۲۰۷۰) و ۲۱۰۰- ۲۰۸۱ (میانگین ۲۰۹۰) بودند از وب سایت www.worldclim.com استخراج شدند. به منظور ارزیابی توزیع بالقوه آینده، ازبین ۱۴ مدل گردش عمومی[6] موجود در وب سایت ذکر شده، مدل MRI-ESM2-0 انتخاب و از آن، دو مسیر معرف غلظت[7] برای گازهای گلخانه‌ای استفاده شد که شامل (سناریوی بد بینانه) SSP5-8.5 و SSP1-2.6 (سناریوی خوش‌بینانه) با وضوح ۳۰ ثانیه (حدودا یک کیلومتر مربع) بودند.

مدل‌سازی زیستگاه

به‌منظور تعیین و پیش‌بینی زیستگاه‌های مطلوب حال و آینده برای گونه *L.barbulus*، از بسته نرم‌افزاری Biomod2 (Thuiller et al., 2009) در محیط R (V 4.3.1) (R Development Core Team, 2021) استفاده شد. جهت تخمین و برآورد زیستگاه‌های مطلوب از چندین الگوریتم مختلف شامل مدل خطی تعمیم یافته[8]، روش تعمیمی تقویت‌شده[9]، حداکثر

1. Bio 1
2. Bio 4
3. Bio 6
4. Bio 10
5. Bio 12
6. General Circulation Model (GCM)
7. Representative Concentration Pathways (RCPs)
8. GLM
9. GBM

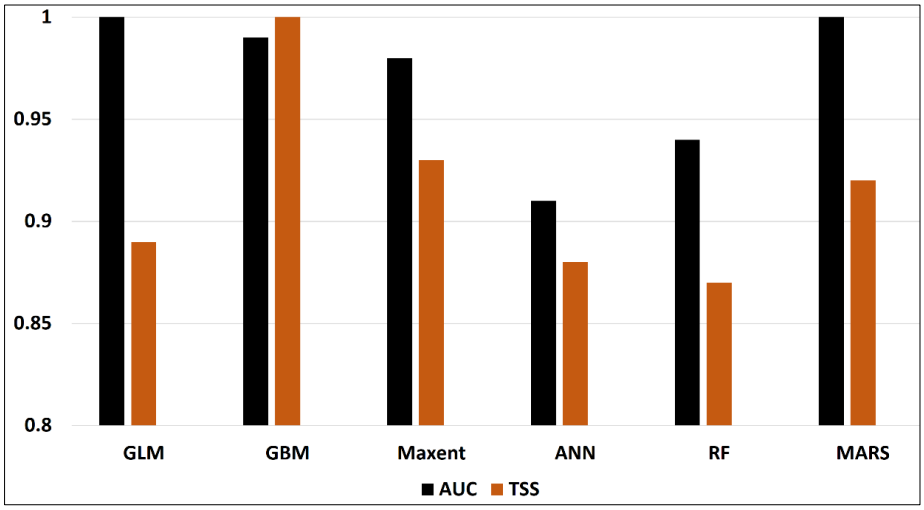
Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

آنتروپی[1]، شبکه عصبی مصنوعی[2]، جنگل‌تصادفی[3] و رگرسیون چندمتغیره‌تطبیقی[4] استفاده گردید. به‌دلیل وابستگی و نیاز تمامی الگوریتم‌های مورد استفاده به داده‌های عدم حضور کاذب، در این مطالعه حاضر تعداد ۱۴۴ نقطه (برابر تعداد نقاط حضور) به‌صورت تصادفی در منطقه مورد مطالعه و خارج از سلول‌های حضور ایجاد شدند. همچنین برای ارزیابی مدل (بررسی دقت) از دو معیار ناحیه زیر منحنی[5] و آماره TSS استفاده گردید (Allouche et al., 2006). همچنین به منظور واسنجی مدل‌ها، ۸۰ درصد نقاط حضور به‌عنوان داده تعلیمی و ۲۰ درصد باقی‌مانده نیز برای ارزیابی پیش‌بینی‌مدل‌ها استفاده شدند.

نتایج

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، ارزیابی کارایی حاصل از مدل اجماعی با استفاده از شاخص‌های AUC و TSS نشان دادند که مدل مورداستفاده توانایی پیش‌بینی خیلی‌خوب تا عالی در پراکنش ماهی *L.barbulus* داشته است. در این نتایج ارزش معیار $AUC \geq 0.9$ و $TSS \geq 0.87$ به ترتیب عالی و خیلی‌خوب قرار گرفتند (شکل ۲).



شکل ۲. برآورد سطح زیر منحنی (AUC) و آماره TSS در الگوریتم‌های مختلف اجرا شده جهت پیش‌بینی مدل‌سازی

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از تحلیل‌ها، از میان متغیرهای مورداستفاده برای ساخت مدل، متغیرهای درجه‌حرارت سالیانه (۳۰.۴۳٪)، مجموع بارندگی سالانه (۲۶.۰۷٪) و گرم‌ترین فصل سال (۲۰.۸۴٪) به‌عنوان مهم‌ترین متغیرهای تاثیرگذار و مهم بر انتخاب زیستگاه ماهی *L.barbulus* در منطقه پراکنش آن شناسایی شدند (جدول ۱).

جدول ۱. درصد مهم‌ترین متغیرهای زیستگاهی تاثیرگذار بر پراکنش سس ماهی لب پهن

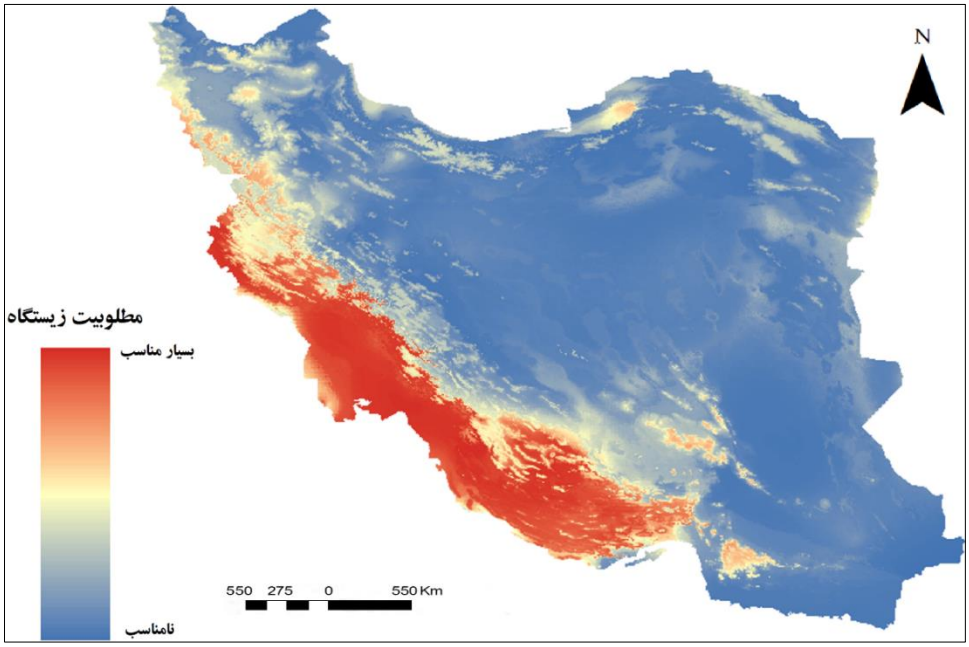
متغیرها	درصد تأثیر
درجه‌حرارت سالیانه (Bio 1)	۳۰/۴۲
مجموع بارندگی سالانه (Bio 12)	۲۸/۱۴
میانگین گرم‌ترین فصل سال (Bio 10)	۱۹/۲۵
ردپای انسانی	۹/۱۷
کمینه دمای سردترین ماه سال (Bio 6)	۶/۸۸
تغییرات فصلی دما (Bio 4)	۳/۲۱
شیب	۲/۹۳

1. MAXENT
2. ANN
3. RF
4. MARS
5. AUC

Archive of SID.ir

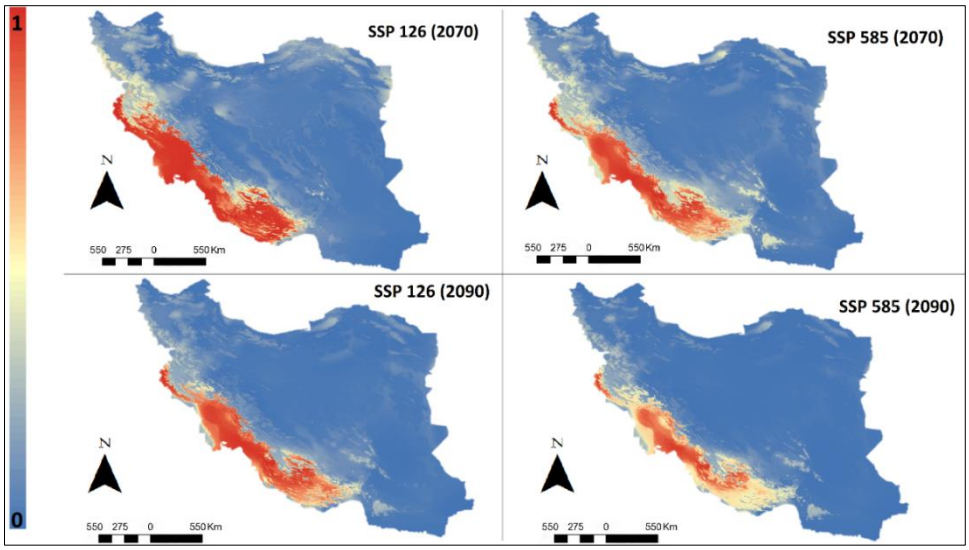
Archive of SID.ir

نتایج حاصل از نقشه مطلوبیت زیستگاه بر اساس روش اجماعی نشان داد که این‌گونه در قسمت‌های غربی، جنـوب‌غربی و جنوب ایران دارای پراکنش است و در واقع مناطق ذکـر شـده دارای زیسـتگاه‌های مطلـوب و مناسـبی بـرای پـراکنش گونـه *L.barbulus* هستند (شکل ۳).



شکل ۳. نقشه حال مطلوبیت زیستگاه پراکنش گونه سس ماهی لب پهن در ایران

همچنین نقشه‌های به‌دست‌آمده از مدل‌های اقلیمی در دو سری زمانی ۲۰۷۰ و ۲۰۹۰ به‌طور واضح نشان دادند که دامنـه پراکنش گونه سس ماهی لب پهن تحت دو سناریوی خوش‌بینانه[1] و بدبینانه[2] با کـاهش محسـوس بخصـوص در سـال ۲۰۹۰ مواجه خواهد بود (شکل ۴). در واقع این گونه تا سال ۲۰۹۰ بیشتر از ۳۰٪ مناطق پراکنش خـود را از دسـت خواهـد داد و در معرض تهدید قرار خواهد گرفت (جدول ۲).



شکل ۴. نقشه‌های پراکنش زیستگاهی ماهی *L.barbulus* تحت سناریوهای متفاوت اقلیمی (SSP 126 و SSP 585) در مقیاس‌های زمانی سال ۲۰۷۰ و ۲۰۹۰

1. SSP1-2.6
2. SSP5-8.5

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

جدول ۲. نتایج پیش‌بینی میزان پراکنش ماهی *L.barbulus* تحت تاثیر سناریوها و بازه‌های زمانی ۲۰۷۰ و ۲۰۹۰

Luciobarbus barbulus	SSP 126		SSP 585	
	۲۰۷۰	۲۰۹۰	۲۰۷۰	۲۰۹۰
درصد افزایش	۹/۵۶	۶/۸۲	۵/۱۸	۲/۷۹
درصد کاهش	۳۳/۳۴	۴۲/۶۵	۴۶/۴۳	۵۳/۹
تغییرات محدوده	-۲۳/۷۸	-۳۵/۸۳	-۴۱/۲۵	-۵۱/۵۵

بحث

باتوجه‌به قرارگیری موقعیت فلات ایران در جهان، به نظر می‌رسد بیش از ۸۰ درصد آن در رده خشک و نیمه خشک قرار گرفته است، لذا در دهه‌های آینده انتظار می‌رود کشور ایران با افزایش بیش از ۲/۵ درجه سانتیگراد در میانگین دما و کاهش بیش از ۳۵ درصدی بارش مواجه شود (Mansouri Daneshvar et al., 2019). با توجه به روند افزایشی دمای کره زمین و اقلیم ایران، انتظار می‌رود پدیده تغییر اقلیم در آینده‌ای نه چندان دور منجر به اثرات قابل‌توجهی بر اکوسیستم‌های کشور، مخصوصا اکوسیستم‌های آب شیرین و اجزای آن و آسیب‌پذیری تنوع زیستی آن، خصوصا ماهیان خواهد شد (Bagheri et al., 2023; Makki et al., 2023). گونه‌ها در مواجه با تغییرات ناشی از اقلیم واکنش‌های متفاوتی را نشان می‌دهند. Buisson و همکاران (۲۰۰۸) در مورد این واکنش‌ها در مورد تاکسون ماهی بیان نمودند که آنها ممکن است سه استراتژی مختلف را نسبت به این پدیده در پیش بگیرند. این استراتژی‌ها شامل سازگاری و انطباق با محیط، مهاجرت به مکان‌های مساعد تر و یا در نهایت انقراض هستند.

برای سازگاری و تطبیق با محیط، لازمه آن وجود سازگاری در بستر ژنی و توانایی گونه برای سازگاری‌های ژنتیکی است (Hawlitschek et al., 2011). از سوی دیگر، در صورتی که تاکسون مورد نظر گزینه مهاجرت و جابه‌جایی را برگزینند، عوامل مختلفی در این فرایند نقش پیدا می‌کنند که از جمله این عوامل می‌توان به توانایی ذاتی گونه در قدرت پراکنش، بهینه بودن شرایط فیزیولوژیکی و بیولوژیکی، و در نهایت پیوستگی و نبود مانع فیزیکی در مهاجرت اشاره نمود (Darab et al., 2020).

در صورت انتخاب راهبرد مهاجرت و جابجایی توسط گونه، متاسفانه درطی سال‌های اخیر فعالیت‌های گسترده انسانی همچون تغییر کاربری‌اراضی، دگرگونی در زیستگاه‌ها، ورود مواد آلاینده و پساب‌های شهری و کشاورزی و همچنین ورود و معرفی گونه‌های غیر بومی باعث تخریب گسترده و فشارهای مضاعفی بر بسیاری از اکوسیستم‌ها شده که این فشارها خود مانعی برای مهاجرت و جابجایی گونه‌ها محسوب می‌شود (Mostafavi et al., 2021). از طرفی با توجه به اینکه زمان به‌عنوان یکی از منابع اصلی اکولوژیکی برای گونه‌ها است، با توجه به سرعت روند افزایشی تغییرات اقلیمی، درصورتی که گونه نتواند از لحاظ زمانی خود را با آن شرایط تطبیق دهد و یا مهاجرت کند، بنابراین محکوم به انقراض و نابودی خواهد شد (Cox & Moore, 2005).

باتوجه‌به اینکه این‌گونه آخرین حد پراکنش خود در جنوب شرقی خاورمیانه است، یافته‌های پژوهش حاضر نیز روی گونه *L.barbulus* نشان دادند که زیستگاه مطلوب برای این‌گونه محدود به قسمت‌های غربی، جنوب‌غرب و قسمت‌هایی از جنوب ایران است. این نتایج با پژوهش Joulade-Roudbar و همکاران (۲۰۲۰) هم‌راستا بود.

باتوجه‌به یافته‌های حاصل از خروجی نقشه‌های اثرات اقلیم روی گونه *L.barbulus* برای دو سری زمانی ۲۰۷۰ و ۲۰۹۰ بصورت واضح مشخص شد که این گونه در اثر تغییرات اقلیمی کاهش محسوسی را در زیستگاه مطلوب خود نشان خواهد. به‌طور کلی گونه‌ها در صورت وقوع و مواجهه 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 *L.barbulus* به سناریوی "افزایش و کاهش پراکنش" در پاسخ به اثرات تغییر اقلیم است. البته با توجه به نتایج میزان کاهش پراکنش در سال ۲۰۷۰ در مقابل افزایش آن به مقدار بسیار بیشتری است که این خود سبب منفی شدن دامنه تغییرات پراکنش گونه شده است.

مطالعاتی که اخیراً در زمینه مدل‌سازی روی گونه‌های مختلف ماهی صورت‌گرفته نشان از پاسخ‌های متفاوت این‌گونه‌ها

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

در مقابل اثرات اقلیمی است. از مطالعات اخیری که هم‌راستا با نتایج ما انجام شده می‌توان به پژوهش Makki و همکاران (۲۰۲۱) اشاره نمود. آنها در این پژوهش اثرات تغییر اقلیم را بر پراکنش گونه ماهی *Garra rufa* برای سال‌های ۲۰۵۰ و ۲۰۸۰ مدل‌سازی نمودند که نتیجه این پژوهش نشان داد دامنه پراکنش گونه مورد مطالعه روند افزایشی و کاهش را تجربه خواهد کرد، با این تفاوت که میزان کاهشی بودن پراکنش در مطقه مورد مطالعاتی بسیار بیشتر از روند پراکنش افزایشی است. از دیگر مطالعات مربوط به مدل‌سازی روی گونه‌های ماهی، می‌توان به پژوهش رضایی و همکاران (۱۴۰۳) اشاره نمود که این پژوهش اثرات تغییر اقلیم را روی گونه ماهی سونگ[1] نمایان ساخت. در این پژوهش از دو سناریوی بدبینانه و خوش‌بینانه استفاده گردید که در هر دو سناریو محدوده پراکنش این گونه برای زمان‌های ۲۰۵۰ و ۲۰۸۰ کاهش یافته است. از سوی دیگر بر خلاف نتایج ما، Darabi و همکاران (۲۰۲۰) به‌منظور مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه گونه ماهی بوتک فارس[2] (Heckel, 1849) نتیجه گرفتند که در سناریوی خوش‌بینانه سال‌های ۲۰۵۰ و ۲۰۸۰ دامنه پراکنش آن اندکی کاهش ولی در سناریوی بدبینانه سال ۲۰۵۰ دامنه پراکنش اندکی افزایش، در حالی که در سناریوی بدبینانه سال ۲۰۸۰ بر زیستگاه‌های مطلوب این گونه به میزان قابل توجهی افزوده خواهد شد.

باتوجه‌به مطالعه حاضر و مطالعات قبلی صورت‌گرفته اثرات تغییراقلیم روی ماهیان، به‌وضوح مشخص است که گونه‌ها نسبت به تغییرات اقلیمی دارای پاسخ‌های متفاوتی از جانب خود هستند که این پاسخ‌ها، ارائه راهکارها و راهبردهای مدیریتی متناسب و خاص را برای هر گونه می‌طلبد.

نتیجه‌گیری

ماهی *L.barbulus* یکی از ماهیان مهم رودخانه‌ای واقع در قسمت‌های غربی، جنوب‌غرب و جنوب ایران است. این ماهی در استان‌های واقع در مناطق ذکر شده به‌عنوان یک گونه خوراکی باارزش بالا شناخته شده که این خود عاملی سبب صید گسترده و بیش از حد آن در بسیاری از رودخانه‌های آب شیرین توسط صیادان است. تغییرات ناشی از اقلیم از یک‌سو و فشار صیادی از سوی دیگر می‌تواند سبب کاهش چشمگیری را در اندازه جمعیت این‌گونه باارزش در طی چند دهه آینده شود. البته این نکته شایان ذکر است که باتوجه‌به عدم قطعیت و وجود خطا در مدل‌ها، پیشنهاد می‌شود مدل‌های اقلیمی با تعداد متغیرها و داده‌های بیشتر آزموده شوند. باتوجه‌به کاهش محدوده پراکنش این‌گونه و فشارهای انسانی که روی گونه و زیستگاه آن وجود دارد، توصیه می‌شود از نتایج این پژوهش به‌منظور شناسایی مناطق و زیستگاه‌های مطلوب این‌گونه جهت اقدامات مدیریتی لازم و تعدیل نمودن اثرات و شاید سازگاری این‌گونه با تغییرات اقلیمی استفاده گردد. در نهایت از نتایج این پژوهش می‌توان در زمینه مدیریت و حفاظت از گونه و زیستگاه استفاده نمود، به‌طوری‌که پژوهش حاضر اطلاعات مفیدی را برای مدیران جهت ارائه راهبردهای گوناگون حفاظت فراهم آورده است.

منابع

اشرف‌زاده، محمدرضا؛ نقی‌پور، علی‌اصغر؛ خوشنامونـد، هادی؛ حیدریان، مریم؛ اسماعیلی، سیامک (۱۳۹۸). مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه‌های تغذیه‌ای کرکس مصری (Neophron percnopterus) در استان کرمانشاه. *بوم‌شناسی کاربردی*، ۸ (۴)، ۵۱-۳۵. doi: 10.47176/ijae.8.4.10022

اشرف‌زاده، محمدرضا؛ نقی‌پور، علی‌اصغر؛ محمدی، علیرضا؛ حیدریان، مریم؛ خوشنامونـد، هادی (۱۴۰۲). مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه پلنگ ایرانی (*Panthera pardus*) در استان لرستان. *زیست‌شناسی جانوری تجربی*، ۱۱ (۴)، ۹۵- ۱۰۸. doi: 10.30473/EAB.2023.67107.1903

دارابی، مستوره؛ مصطفوی، حسین؛ رحیمی، راضیه؛ تیموری، آزاد؛ فرشچی، پروین (۱۳۹۹). مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه گونه بوتک فارس، Cyprinion tenuiradius Heckel, 1849 و تعیین تأثیر اقلیم بر پراکنش آن در استان فارس. نشریه علمی پژوهشی پژوهشهای ماهی شناسی کاربردی، ۸ (۵) ، ۶۰-۵۱. doi: 10.22034/jair.8.5.6

خوش‌نامونـد، هادی؛ ملکیان، منصوره؛ کیوانی، یزدان (۱۳۹۶). امکان‌سنجی استفاده از ریخت‌سنجی هندسی لاروها در گونه سمندر

1. *Luciobarbus esocinus*
2. *Cyprinion tenuiradius*

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

لرستانی جهت شناسایی جمعیت‌های آن. *مجله پژوهش‌های جانوری (زیست‌شناسی ایران)*. ۳۲ (۱)، ۱۱-۲۱. doi: 20.1001.1.23832614.1398.32.1.2.5

References

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. doi: 10.1556/24.59.2016.001

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. doi: 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. doi: 10.1111/j.1365-2664.2006.01214.x

Arash Jouladeh-Roudbar, Hamid Reza Ghanavi, & Ignacio Doadrio. (2020). Ichthyofauna From Iranian Freshwater: Annotated Checklist, Diagnosis, Taxonomy, Distribution and Conservation Assessment. *Zoological Studies*, *無*(59). doi: 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. doi: 10.1890/12-1200.1

Ashcroft, M. B. (2010). Identifying refugia from climate change. *Journal of Biogeography*, *37*(8), 1407–1413. doi: 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. doi: 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. doi: 10.47176/ijae.8.4.10022 (In Persian)

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. doi: 10.30473/EAB.2023.67107.1903. (In Persian)

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. doi: 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. doi: 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. doi: 10.1007/978-3-319-92735-0_45

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. doi: 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).

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

Artificial refuges for wildlife conservation: What is the state of the science? *Biological Reviews*, *96*(6), 2735–2754. doi: 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. doi: 10.22034/jair.8.5.6 (In Persian)

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. doi: 10.1093/zoolinnean/ zlaa113

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. doi: 10.1016/j.gecco.2021.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. doi: 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. doi: 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. doi: 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. doi: 10.1371/journal.pone.0016662

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. doi: 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. doi: 10.1111/j.1365-2486.2012.02729.x

Khoshnamvand, H., Malekian, M., & Keivani, Y. (2019). Feasibility of using geometric morphometrics on larvae of Loristan newt for population identifications. *Journal of Animal Research*, *32*(1), 11–19. doi: 20.1001.1.23832614.1398.32.1.2.5. (In Persian)

Khoshnamvand, H., Malekian, M., Keivani, Y., & Goudarzi, F. (2019). DNA barcoding of the Luristan newt (Neurergus kaiseri) in south-western Iran. *Journal of Wildlife and Biodiversity*, *3*(2). doi: 10.22120/jwb.2019.34933

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*(8), e70105. doi: 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. doi: 10.1038/s41598-023-41406-9

Malekian, M., Khoshnamvand, H., & Keivani, Y. (2019). Morphological assessment raises the possibility of cryptic species within the Luristan newt, Neurergus kaiseri (Amphibia: Salamandridae). *Herpetological Journal*, *29*(4), 237–244. doi: 10.33256/hj29.4.237244

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

Malmqvist, B., & Rundle, S. (2002). Threats to the running water ecosystems of the world. *Environmental Conservation*, *29*(2), 134–153. doi: 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. doi: 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. doi: 10.1007/978-3-030-57570-0_52

Mousavi, S.-M., Mobarghaee Dinan, N., Ansarifard, S., Darvishi, G., Borhani, F., & Naghibi, A. (2024). Assessing the impact of global carbon dioxide changes on atmospheric fluctuations in Iran through satellite data analysis. *Journal of Water and Climate Change*, *15*(6), 2774–2791. doi: 10.2166/wcc.2024.702

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. doi: 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. doi: 10.1002/iroh.201601850

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. doi: 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. doi: 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. doi: 10.1002/ece3.7543

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. doi: 10.1641/0006-3568(2002)052[0891:THFATL]2.0.CO;2

Sayahnia, R., Ommi, S., Khoshnamvand, H., Salmanpour, F., Sadeghi, S. M. M., & Ahmadzadeh, F. (2024). Fire protection priorities in the oak forests of Iran with an emphasis on vertebrate habitat preservation. *Scientific Reports*, *14*(1), 15624. doi: 10.1038/s41598-024-65355-z

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. doi: 10.11646/zootaxa.5402.1.1

Shukla, K., Shukla, S., Upadhyay, D., Singh, V., Mishra, A., & Jindal, T. (2021). Socio-Economic Assessment of Climate Change Impact on Biodiversity and Ecosystem Services. In D. K. Choudhary, A. Mishra, & A. Varma (Eds.), *Climate Change and the Microbiome* (Vol. 63, pp. 661–694). Springer International Publishing. doi: 10.1007/978-3-030-76863-8_34

Thuiller, W., Lafourcade, B., Engler, R., & Araújo, M. B. (2009). BIOMOD – a platform for ensemble forecasting of species distributions. *Ecography*, *32*(3), 369–373. doi: 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*,

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

14(1), e12771. doi: 10.1111/conl.12771

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. doi: 10.1016/j.ecolind.2020.106137

Archive of SID.ir