Journal of Aquatic Ecology
Volume14, Issue 1
Pages:47-56

Modeling the effects of climate change on the distribution of bighead goby *Ponticola gorlap* (Iljin, 1949) in the southern basin of the Caspian Sea

Najmeh Tabasinezhad[1], Hamed Mousavi-Sabet*[1], Hossein Mostafavi*[2]

1. Fisheries Department, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, Guilan, Iran.
2. Department of Biodiversity and Ecosystem Management, Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.

Article Info

Article type: Research

Article history:
Received: 12 November 2023
Accepted: 29 January 2024
ePublished: 26 May 2024

* Corresponding Author:
mosavii.h@gmail.com
hmostafaviw@gmail.com

Keywords:
Global warming,
Biodiversity,
Forecasting,
MaxEnt.

ABSTRACT

The phenomenon of climate change due to the expansion of human industrial activities is rapidly advancing, and via disrupting ecological processes and destroying the habitats, has caused extinction of many fishes and reducing the biodiversity of aquatic ecosystems. This study predicts the distribution of *Ponticola gorlap* under two climate scenarios (RCP 2.6 and RCP 8.5) for the years 2050 and 2080 using the MaxEnt model. Five climatic and environmental variables, including annual mean temperature, annual precipitation, annual temperature range, flow accumulation, and slope, were utilized for forecasting. The model demonstrated excellent performance (AUC criterion: 0.969) in predicting species distribution. Annual temperature range identified as the most influential variable (importance score: 57/5) in determining the species' distribution. Moreover, the study forecasts a significant decrease in the distribution of *P. gorlap* under both optimistic and pessimistic scenarios for the years 2050 and 2080. As climate change intensifies and suitable habitat ranges diminish, the species faces an elevated risk of extinction in the future. Hence, experts and policy-makers should focus more on conservation measures.

CC BY NC

Publisher: University of Hormozgan.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2025-01-09]

بوم‌شناسی آبزیان
شاپا چاپی: ۲۷۵۱-۲۳۲۲ شاپا الکترونیکی: ۹۳۵۵-۲۹۸۰
https://jae.hormozgan.ac.ir
دانشگاه هرمزگان

مدل‌سازی اثر تغییر اقلیم بر پراکنش گاو ماهی سرگنده *Ponticola gorlap* (Iljin, 1949) در حوضه آبریز جنوبی دریای خزر

نجمه طبسی‌نژاد[۱]، حامد موسوی ثابت[۱*]، حسین مصطفوی[۲*]

۱. گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه سرا، ایران.

۲. گروه تنوع‌زیستی و مدیریت اکوسیستم‌ها، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۸/۲۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۹
تاریخ چاپ الکترونیک: ۱۴۰۳/۰۳/۰۶

*** نویسنده مسئول:**
mosavii.h@gmail.com,
hmostafaviw@gmail.com

کلیدواژه‌ها:
گرمایش جهانی،
تنوع‌زیستی،
پیش‌بینی،
مکسنت.

چکیده

پدیده تغییر اقلیم به‌واسطه گسترش فعالیت‌های صنعتی بشر، به‌سرعت در حال پیشرفت است و با ایجاد اختلال در فرآیندهای اکولوژیک و تخریب زیستگاه‌ها، موجب نابودی بسیاری از ماهیان و از دست‌رفتن تنوع‌زیستی در اکوسیستم‌های آبی گردیده است. در مطالعه حاضر، پراکنش آینده گاوماهی سرگنده (*Ponticola gorlap*) در دو سناریوی خوش‌بینانه (RCP 2.6) و بدبینانه (RCP 8.5) در سال‌های ۲۰۵۰ و ۲۰۸۰ با استفاده از مدل مکسنت پیش‌بینی شده است. پنج متغیر اقلیمی و محیطی شامل میانگین دمای سالیانه، میزان بارش سالیانه، محدوده دمای سالیانه، جریان تجمعی و شیب جهت انجام پیش‌بینی استفاده گردید. با توجه به نتایج حاصل، عملکرد مدل در پیش‌بینی پراکنش گونه براساس معیار AUC (Area Under the Curve) عالی (۰/۹۶۹) ارزیابی شد. همچنین، از بین متغیرهای مورد استفاده در مدل‌سازی، متغیری که بیشترین تاثیر را در تعیین پراکنش گونه مورد مطالعه داشت، متغیر محدوده دمای سالیانه (۵۷/۵) بیان شد. بعلاوه، نتایج نشان داد که احتمالا پراکنش این گونه در هر دو سناریوی خوش‌بینانه و بدبینانه و هر دو سال‌های ۲۰۵۰ و ۲۰۸۰ بصورت قابل‌توجهی کاهش پیدا خواهد کرد. از این رو، درصورت تشدید تغییرات اقلیمی و متعاقب آن کاهش گستره زیستگاه‌های مطلوب، در معرض خطر انقراض قرار گرفتن این ماهی در سال‌های آتی، دور از انتظار نخواهد بود. بنابراین، متخصصین و سیاستگذاران باید بر اقدامات حفاظتی تمرکز بیشتری داشته باشند.

ناشر: دانشگاه هرمزگان.

CC BY NC

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2025-01-09]

مقدمه

بر اساس شواهد موجود در سراسر دنیا، در وقوع تغییر اقلیم جهانی هیچ تردیدی وجود ندارد (IPCC, 2014). در واقع، بشر به واسطه تولید انرژی و افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای در جو، موجبات افزایش دمای جهانی را فراهم آورده است (Raven, 2020)، و افزایش دمای جهانی باعث بالا آمدن سطح دریاها، بروز خشکسالی در برخی مناطق، تغییر الگوی بارش جهانی، طوفان‌های قدرتمند، سیل‌های ویرانگر، تشکیل گردوغبار، و از بین رفتن جنگل‌ها به‌علت آتش‌سوزی شده است (Ramanathan, 2020). بنابراین، درصورت عدم توجه لازم به مسئله اقلیم و پیامدهای حاصل از تغییر آن، طی سال‌های آینده ممکن است بشر با فجایع محیط‌زیستی و آسیب‌های بسیاری مواجه گردد که دیگر قادر به اصلاح آنها نخواهد بود. هم‌اکنون با توجه به کاهش تعداد گونه‌ها، سیاره زمین در میانه یک بحران تنوع‌زیستی قرار گرفته، که این بحران در اکوسیستم‌های آب شیرین بسیار شدید است (Blowes *et al*., 2019; Reid *et al*., 2019; WWF, 2020; Su *et al*., 2021) ، زیرا در سراسر جهان، اکوسیستم‌های آب شیرین به واسطه عوامل انسانی متعدد، از جمله سدسازی‌ها، توسعه کشاورزی، گسترش شهرسازی، برداشت آب، کانال‌سازی، صید بی‌رویه، گونه‌های مهاجم غیربومی و آلودگی آب تحت فشارهای بسیاری قرار گرفته‌اند (Mousavi-Sabet *et al*., 2023; Makki *et al*., 2023a). بنابراین، حفظ این اکوسیستم‌ها نیازمند برنامه‌ریزی‌های اجرایی و اقدامات مؤثر از جانب متخصصان و مدیران این حوزه می‌باشد. وجود تنوع‌زیستی یا به‌عبارت دیگر، حضور تمامی موجودات از تاکسون‌های مختلف در طبیعت، یکی از ملزومات حفظ تعادل و پایداری حیات در زمین به‌شمار می‌رود و از دست رفتن این تنوع، اثرات نامطلوب بسیاری بر جنبه‌های مختلف زندگی انسان و سایر موجودات خواهد گذاشت (Raven, 2020). با نظر به اینکه آبزیان موجود در هر پیکره آبی، بخشی از ذخایر ژنتیکی آن به‌شمار می‌روند و حفظ تنوع اکوسیستم‌ها در گرو حفاظت از ذخایر ژنتیکی آنها می‌باشد، بنابراین حفاظت از آب‌ها و آبزیان امری بسیار ضروری به نظر می‌رسد (Mousavi-Sabet *et al*., 2023). در حال حاضر مهمترین تهدید برای اکوسیستم‌های رودخانه‌ای، تغییرات اقلیمی است که باعث کاهش مطلوبیت زیستگاه‌ها، تغییر دامنه پراکنش گونه‌ها و نابودی آنها گردیده است یا خواهد گردید (Makki *et al*., 2023b; Mostafavi *et al*., 2019). بر اساس برخی مطالعات، تغییر اقلیم تأثیرات متفاوتی بر موجودات مختلف دارد (Araújo *et al*., 2006; Markovic *et al*., 2014). به عبارت دیگر، برخی از گونه‌ها شرایط اقلیمی ترجیحی خود را در مکان‌هایی دیگر دنبال می‌کنند، از طرفی برخی دیگر یا در همان مکان فعلی خود مانده و با شرایط جدید سازگار می‌شوند یا اینکه به‌علت عدم توانایی، با انقراض روبه‌رو خواهند شد (Carosi *et al*., 2019). همچنین، گونه‌هایی که محدوده پراکنش خود را تغییر می‌دهند نیز واکنش مشابهی نخواهند داشت و با توجه به خصوصیات فیزیولوژیک، توانایی و شرایط اکولوژیک، محدوده‌های متفاوتی را انتخاب خواهند نمود. از این رو، گستره پراکنش جدید آنها می‌تواند ثابت بماند و یا افزایش یا کاهش یابد.

جهت آگاهی از چگونگی روند گسترش گونه‌ها در آینده، یک تکنیک سودمند به‌منظور ارزیابی تغییرات محدوده پراکنش گونه‌ها تحت تاثیر تغییر اقلیم، مدل‌سازی پراکنش گونه یا به اختصار SDM (Species Distribution Modelling) می‌باشد (Elith *et al*., 2006). در این راستا، یکی از مدل‌های پرکاربرد، مدل ماکسیمم انتروپی (MaxEnt) است که یک روش یادگیری ماشین است، که حضور یک گونه را در یک فضای جغرافیایی بدون در نظر گرفتن مکان‌های عدم‌حضور آن گونه، و تنها براساس نقاط حضور و متغیرهای زیست‌محیطی، پیش‌بینی می‌کند (Phillips *et al*., 2017). بر این اساس و با کمک این روش، مشخص می‌گردد که در سال‌های آینده محدوده پراکنش گونه‌ها چه تغییراتی خواهد داشت (Franklin, 2010). در خصوص مدل‌سازی پراکنش برخی ماهیان تحت تأثیر تغییر اقلیم، مطالعات مختلفی در ایران و سایر نقاط دنیا انجام پذیرفته است که در ادامه به آنها اشاره خواهد شد. به‌طور مثال، Mcmahan و همکاران (۲۰۲۰) اثر تغییر اقلیم را بر یک گونه ماهی آب شیرین (*Chortiheros wesseli*) در هندوراس، با استفاده از مدل مکسنت پیش‌بینی نمودند. طبق نتایج، مدل‌های توزیع گونه‌ای براساس سناریوهای تغییر اقلیم، کاهش محدوده پراکنش این ماهی را پیش‌بینی نمودند. همچنین در ایران، Makki و همکاران (a ۲۰۲۳) به پیش‌بینی پراکنش آینده برخی از ماهیان ساکن در رودخانه‌های ایران تحت تأثیر تغییر اقلیم پرداختند. بر مبنای نتایج آنها، پراکنش گونه‌های مختلف به‌صورت کاهشی، افزایشی، کاهشی و افزایشی، و بدون تغییر پیش‌بینی شد. همچنین، Tabasinezhad و همکاران (۲۰۲۳)

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2025-01-09]

با استفاده از مدل مکسنت محدود پراکنش آینده گونه اردک‌ماهی (*Esox lucius*) را مدل‌سازی نمودند. نتایج آنها نشان داد که احتمالاً پراکنش این گونه در سناریوهای خوش‌بینانه و بدبینانه و در هر دو سری زمانی ۲۰۵۰ و ۲۰۸۰ به‌صورت قابل‌توجهی کاهش پیدا خواهد کرد.

در آب‌های داخلی ایران ۲۹۲ گونه ماهی در ۱۰۶ جنس و ۳۶ خانواده و ۲۴ راسته و ۳ کلاس گزارش شده است که خانواده Gobiidae با ۱۵ جنس و ۴۲ گونه پس از کپورماهیان و لوچ‌ماهیان از جمله متنوع‌ترین ماهیان به‌شمار می‌روند (Eagderi *et al*., 2022). آنها بیشتر در آب‌های مناطق معتدل و گرمسیری اقیانوس‌ها و اساسا نزدیک سواحل دریاها و بسیاری از مصب‌ها و در آب‌های شیرین و لب‌شور و دریایی پراکنش دارند (Nelson *et al*., 2016). خانواده گاوماهیان از تنوع بالایی در حوضه دریای خزر برخوردار هستند (Vasil′eva *et al*., 2015; Abbasi *et al*., 2019)، جنس *Ponticola* شامل ۱۴ گونه در دریای سیاه و خزر می‌باشد (Coad, 2021). این جنس دارای ۸ گونه در آب‌های ایران است (Eagderi *et al*., 2022). گونه گاوماهی سرگنده با نام علمی *Ponticola gorlap* (Iljin, 1949) یکی از گونه‌های متعلق به جنس *Ponticola* می‌باشد که در سواحل دریای خزر و رودخانه‌های منتهی به آن یافت می‌شود (Keivany *et al*., 2016; Abdoli, 2016; Coad, 2021; Eagderi *et al*., 2022).

در کشور، محققین مطالعات مختلفی درخصوص ابعاد مختلف زیستی گاوماهیان انجام داده‌اند (Pirmohammadi *et al*., 2014; Vasil′eva *et al*., 2015; Mousavi-Sabet *et al*., 2016; Nikmehr *et al*., 2021; Heidari *et al*., 2019; Cheprli *et al*., 2020; Tabasinezhad *et al*., 2021)، اما تا کنون اثرا تغییر اقلیم بر گستره پراکنش این ماهی مورد ارزیابی قرار نگرفته است. با توجه به اهمیت حفظ تنوع آبزیان در اکوسیستم‌های آبی، پیش‌بینی گستره پراکنش گونه‌های ماهی تحت تأثیر تغییر اقلیم، جهت آگاهی از نحوه واکنش اکولوژیک آنها به این رخداد، به مدیریت و حفاظت از آنها کمک شایانی خواهد نمود. لذا مطالعه حاضر با هدف پیش‌بینی گستره پراکنش *Ponticola gorlap* تحت دو سناریوی اقلیمی خوش‌بینانه (RCP 2.6) و بدبینانه (RCP 8.5) در سال‌های ۲۰۵۰ و ۲۰۸۰ در رودخانه‌های حوضه آبریز جنوبی دریای خزر انجام پذیرفت.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در مقیاس رودخانه‌های حوضه آبریز جنوبی دریای خزر انجام شده است. داده‌های توزیع گونه بصورت داده‌های حضور (مکان‌های ثبت‌شده که گونه در آن مشاهده شده‌است) برای تعیین اثر تغییر اقلیم بر پراکنش گاوماهی سرگنده مورد استفاده قرار گرفت. در ابتدا، ۲۹ متغییر محیطی (عرض رودخانه (River Width)، شیب (Slope)، میانگین بارش سالیانه (BIO12)، میانگین دمای سالیانه (BIO1)، محدوده دمای سالیانه (BIO7)، حداکثر دمای گرمترین ماه (BIO5) و غیره برای این مطالعه انتخاب شدند. پس از آن، آزمون همبستگی اسپیرمن جهت بررسی همبستگی خطی بین متغیرها انجام شد که بر این اساس، دو متغیر که همبستگی بالای ۷۵٪ داشتند، یکی از آنها با توجه به نظر کارشناسی حذف گردید (Filipe et al., 2013). در مطالعه حاضر پس از آزمون همبستگی، ۵ متغیر برای تجزیه و تحلیل بیشتر انتخاب شدند که عبارتند از، میانگین دمای سالیانه (BIO1) محدوده دمای سالیانه (BIO7) میزان بارش سالیانه (BIO12) شیب و جریان تجمعی. متغیرهای اقلیمی برای مدل‌سازی آینده براساس سناریوی RCP 2.6 (تا پایان ۲۱۰۰ میزان غلظت CO2 ۶۵۰ ppm ، میزان جمعیت ۸/۷ میلیارد نفر) به‌عنوان سناریو خوش‌بینانه و سناریوی RCP 8.5 (تا پایان ۲۱۰۰ میزان غلظت CO2 ۱۳۷۰ ppm، میزان جمعیت ۱۲ میلیارد نفر) به‌عنوان سناریو بدبینانه (IPCC, 2014) و مدل اقلیمی گردش عمومی جو (GCMs) در دو مقیاس زمانی ۲۰۵۰ و ۲۰۸۰ تهیه و در محیط نرم‌افزاری ArcGIS ver. 10.8 آماده و ویرایش شدند. داده‌های پراکنش این گونه مربوط به سری زمانی ۱۹۷۰ تا ۲۰۲۰ میلادی است که توسط نویسندگان و نیز از منابع علمی مختلف (مانند Makki و همکاران (a,b ۲۰۲۳) که خود از منابع متنوع تهیه شد) جمع‌آوری و استخراج گردیدند. در ابتدا داده‌ها به دو دسته داده‌های واسنجی (Calibration data) جهت مدل‌سازی و داده‌های آزمون (Test

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2025-01-09]

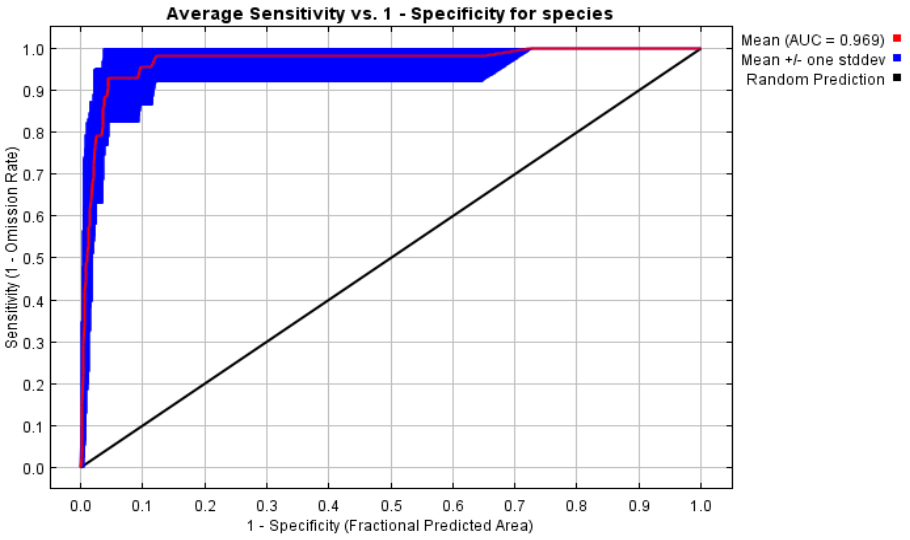
set) برای ارزیابی دقت مدل‌ها به نسبت ۷۰ و ۳۰ درصد تقسیم‌بندی شدند. سپس مدل‌سازی پراکنش گونه با استفاده از مدل MaxEnt (Phillips *et al.*, 2006) در محیط نرم‌افزاری R نسخه (R Core Team, 2018) و بسته نرم‌افزاری dismo نسخه v1.1-4 (Hijmans *et al.*, 2017) انجام شد. مدل ماکسیمم انتروپی (Maximum Entropy Modeling) یک روش یادگیری ماشین است که حضور یک گونه را در یک فضای جغرافیایی بدون در نظر گرفتن مکان‌های عدم‌حضور آن گونه، و تنها براساس نقاط حضور و متغییرهای زیست‌محیطی، پیش‌بینی می‌کند (Phillips *et al.*, 2017). جهت ارزیابی صحت عملکرد مدل و نتایج مدل‌سازی، از شاخص ناحیه زیر منحنی (AUC) (Elith *et al.*, 2006) استفاده شد (جدول ۱). دامنه AUC بین ۰ و ۱ است. مقادیر کمتر از ۰/۵ عملکرد پیش‌بینی تصادفی و مقادیر ۱ با پیش‌بینی کامل را نشان می‌دهند. در حقیقت، مقادیر کمتر از ۰/۵ نشانگر مدل‌های نامناسب است (Hosmer *et al.*, 2013). همچنین از بین متغیرهای محیطی مورد استفاده در مدل‌سازی، متغیری که بیشترین تاثیر را در تعیین پراکنش گونه مورد مطالعه داشت با استفاده از آزمون جک‌نایف مشخص گردید. در نهایت پس انجام مدل‌سازی، نتایج تحلیل و نقشه پراکنش گاوماهی سرگنده در حوضه آبریز جنوبی دریای خزر تحت سناریوهای اقلیمی در سال‌های ۲۰۵۰ و ۲۰۸۰ فراهم شد.

جدول ۱. طبقه‌بندی کمی و کیفی عملکرد مدل بر اساس شاخص AUC

مقدار شاخص	عملکرد مدل
۰/۶ –۰/۷	ضعیف
۰/۷ –۰/۸	متوسط
۰/۸ –۰/۹	خوب
۰/۹ –۱	عالی

نتایج

بر اساس نتایج به‌دست آمده، عملکرد مدل مکسنت در پیش‌بینی پراکنش گاوماهی سرگنده، با توجه به مقدار AUC (۰/۹۶۹) در سطح عالی قرار گرفت (شکل ۱). همچنین، نتایج آزمون جک‌نایف نشان داد که مهمترین متغیر در توزیع این گونه، محدوده دمای سالیانه (Temperature Annual Range) می‌باشد (شکل ۲).



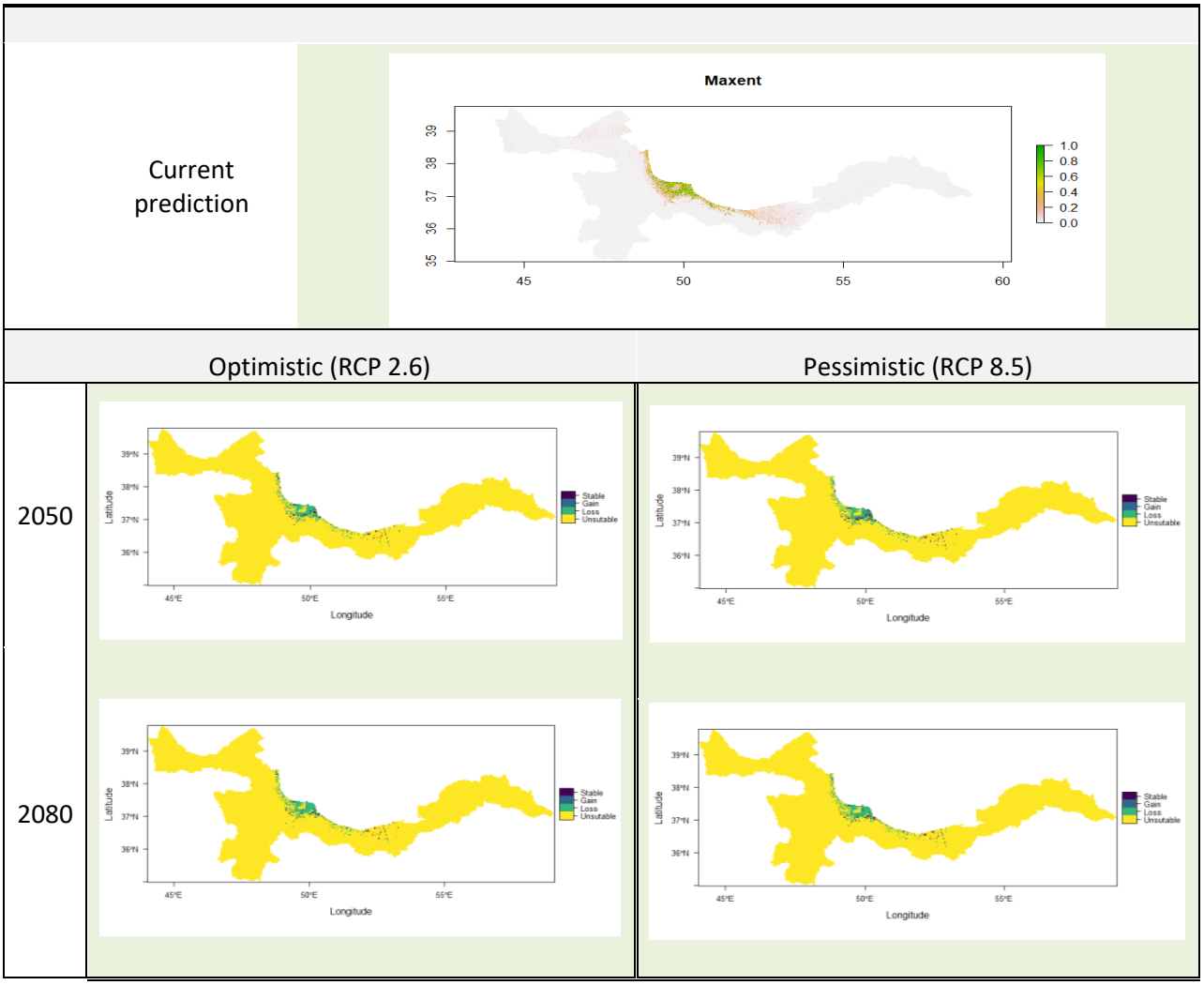
شکل ۱. نمودار ارزیابی عملکرد مدل مکسنت در پیش‌بینی پراکنش گاوماهی سرگنده

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2025-01-09]

شکل ۲.میزان اهمیت متغیرهای تأثیرگذار در تعیین پراکنش گاوماهی سرگنده

با توجه به شکل ۳ نتایج مدل‌سازی نشان می‌دهد که تحت تأثیر تغییرات اقلیم، در هر دو سناریوهای خوش‌بینانه (RCP 2.6) و بدبینانه (RCP 8.5) و در هر دو مقیاس زمانی (۲۰۵۰ و ۲۰۸۰) میزان کاهش محدوده پراکنش گاوماهی سرگنده بیشتر از میزان افزایش محدوده پراکنش آن خواهد بود.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2025-01-09]



شکل ۳. نتایج مدل‌سازی اثر تغییر اقلیم بر توزیع گاوماهی سرگنده در دو مقیاس زمانی ۲۰۵۰ و ۲۰۸۰ میلادی و تحت سناریوهای اقلیمی خوش‌بینانه (RCP2.6) و بدبینانه (RCP8.5). Current Prediction = نقاط پیش‌بینی شده حضور گونه بر اساس مدل‌سازی در حال حاضر، که هرچه به سمت رنگ سبز نزدیک شود احتمال وقوع گونه افزایش می‌یابد. Stable = گستره سایت‌های پایدار؛ Gain = گستره سایت‌های به‌دست آمده؛ Loss = گستره سایت‌های از دست رفته؛ Unsuitable = گستره سایت‌های نامطلوب

همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، کاهش قابل‌توجهی در محدوده پراکنش گاوماهی سرگنده در هر دو سناریوی اقلیمی (RCP 2.6 و RCP 8.5) در سال‌های ۲۰۵۰ و ۲۰۸۰ رخ خواهد داد. در این خصوص، بیشترین درصد کاهش معادل ۸۶/۷۶ درصد تحت سناریوی RCP 2.6 در سال ۲۰۵۰ پیش‌بینی شد. همچنین، حداکثر میزان افزایش در محدوده پراکنش گونه معادل ۴/۱۱ درصد تحت سناریوی RCP 8.5 در سال ۲۰۵۰ اتفاق خواهد افتاد (جدول ۲).

جدول ۲. دامنه‌ی تغییرات پراکنش گاوماهی سرگنده تحت سناریوهای خوش‌بینانه (RCP2.6) و بدبینانه (RCP8.5) ۲۰۵۰ و ۲۰۸۰

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2025-01-09]

سناریوهای اقلیمی	RCP 2.6		RCP 8.5	
دوره زمانی	سال ۲۰۵۰	سال ۲۰۸۰	سال ۲۰۵۰	سال ۲۰۸۰
درصد افزایش	۳/۳۰	۳/۹۷	۴/۱۱	۲/۹۰
درصد کاهش	۸۶/۷۶	۸۵/۷۷	۸۱/۰۰	۸۵/۳۰
درصد تغییرات محدوده پراکنش	-۸۳/۴۶	-۸۱/۸۰	-۷۶/۸۹	-۸۲/۳۹

بحث

تعدد و تنوع گونه‌های جانوری و گیاهی در اکوسیستم‌های مختلف از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است زیرا موجب پایداری محیط‌زیست، حفظ تعادل طبیعت و افزایش منابع غذایی برای انسان خواهد شد (Raven, 2020; Su *et al.*, 2021). در این خصوص شایان ذکر است که تمامی موجودات ساکن در محیط‌زیست، در چرخه حیات دارای نقش جداگانه‌ای هستند، که موجبات پایداری حیات را فراهم می‌نمایند. بنابراین گونه‌های مختلف فارغ از اینکه دارای اهمیت اقتصادی باشند در صورت حذف از یک اکوسیستم، به‌طور غیرمستقیم باعث ایجاد مشکلات اکولوژیک بسیاری در طبیعت خواهند شد که در نهایت بر اقتصاد یک جامعه تأثیرگذار خواهد بود. اکوسیستم‌های آب شیرین در ایران تحت تأثیر فشارهای متعددی (گسترش ساختمان‌سازی، تخریب حریم رودخانه‌ها، افزایش زباله‌ها و فاضلاب‌های صنعتی و غیره) قرار دارند که تنوع ماهیان را به‌شدت تهدید می‌کنند (Coad, 2021; Mousavi-Sabet *et al.*, 2023; Makki *et al.*, 2023a). در این زمینه، تغییرات اقلیم به‌عنوان یک تهدید مضاعف عمل کرده و با ایجاد اختلال در عملکرد این اکوسیستم‌ها و خدماتی که ارائه می‌دهند، تنوع‌زیستی آب‌های شیرین را به مخاطره می‌اندازد.

بر اساس یافته‌های مطالعه حاضر، تحت تأثیر تغییر اقلیم، محدوده پراکنش گاوماهی سرگنده در آینده به‌صورت قابل‌توجهی کاهش پیدا خواهد کرد. به‌عبارت دیگر، گستره زیستگاه‌های مطلوب این ماهی محدود خواهد شد. با مشاهده نقشه‌های حاصل از مدل‌سازی، مشخص می‌شود ک در حوضه آبریز خزر، میزان سایت‌های از دست رفته (Loss) برای این ماهی بسیار بیشتر از سایت‌های به‌دست آمده (Gain) خواهد بود. به‌عبارتی گاوماهی زیستگاه‌های زیادی را از دست خواهد داد بدون آنکه جایگزینی برای آن ایجاد شود. با توجه به اینکه مطالعات متعددی در خصوص جمعیت‌های مختلف گاوماهی سرگنده صورت گرفته و تنوع بالای این ماهی توسط محققین به اثبات رسیده است (Heidari *et al.*, 2019; Nikmehr *et al.*, 2020; Tabasinezhad *et al.*, 2021) لذا جهت حفظ تنوع این گونه در حوضه خزر نیازمند حفاظت بیشتر از این گونه هستیم. در یک پژوهش، Makki و همکاران (۲۰۲۱) پراکنش آینده گونه Garra rufa را تحت تاثیر تغییرات اقلیمی پیش‌بینی کردند. نتایج آنها نشان داد که پراکنش این گونه در سال‌ها (۲۰۵۰ و ۲۰۸۰) و سناریوهای مختلف (RCP 4.5 and RCP 8.5) هم کاهشی و هم افزایشی خواهد بود. همچنین، Darabi و همکاران (۲۰۲۰) با استفاده از مدل مکسنت پراکنش آینده گونه *Cyprinion tenuiradius* را مدل‌سازی نمودند. نتایج این تحقیق نشان داد که زیستگاه‌های مطلوب این گونه در سناریوی خوش‌بینانه سال‌های ۲۰۵۰ و ۲۰۸۰ اندکی کاهش ولی در سناریوی بدبینانه ۲۰۵۰ اندکی افزایش و در همین سناریو در سال ۲۰۸۰ افزایش قابل‌توجهی خواهد داشت. همانطور که مشخص است پاسخ گونه‌های مختلف به آثار تغییر اقلیم متفاوت است و با توجه به مقاومت ذاتی، خصوصیات فیزیولوژیک و صفات ژنتیک گونه‌ها، تغییر در گستره زیستگاهی آنها نیز متفاوت خواهد بود (Rashidian, 2015). با توجه به اینکه، افزایش دمای آب یکی از مهمترین پیامدهای تغییر اقلیم به‌شمار می‌رود (Markovic *et al.*, 2014; Muhar *et al.*, 2018) بنابراین تغییر دمای آب و به‌تبع آن تغییر در سایر پارامترهای محیطی، با ایجاد اختلال در روندهای فیزیولوژیک و اکولوژیک ماهیان، فشارهای بسیاری بر آنها وارد خواهد کرد (Mostafavi *et al.*, 2021; Schmutz *et al.*, 2018). درنتیجه، گونه‌ها درصورت عدم سازگاری با شرایط ایجاد شده، جهت ادامه حیات و به‌دنبال زیستگاه ترجیحی جدید مکان فعلی خود را ترک کرده (Muhar *et al.*, 2018; Pletterbauer *et al.*, 2018; Makki *et al.*, 2023a,b) و محدوده جدیدی را انتخاب خواهند نمود. گستره این محدوده با توجه

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2025-01-09]

به شدت تغییرات و توانایی گونه متفاوت خواهد بود. همچنین، تغییر شرایط فیزیکو-شیمیایی آب در اثر تغییرات اقلیمی (Markovic *et al.*, 2014) موجب کاهش سایت‌های مطلوب برای ادامه حیات ماهیان شده و در صورت عدم وجود زیستگاه‌های جایگزین، محدوده پراکنش آنها کاهش پیدا خواهد کرد. بنابراین، درصورتیکه مکان‌های جدید برای بقاء یک ماهی در دسترس نباشد، با خطر انقراض روبه‌رو خواهد شد.

نتیجه‌گیری

با توجه به گسترش پدیده تغییر اقلیم و اتفاقاتی که به‌دنبال آن در محیط‌زیست آبزیان رخ می‌دهد، شرایط برای بقاء آنها بسیار دشوار شده و تحت فشارهای بسیاری قرار خواهند گرفت (Markovic *et al.*, 2014). در واقع، این وضعیت باعث می‌گردد که اکوسیستم‌ها و گونه‌های ساکن در آنها زمان کافی برای سازگاری با این رخداد را نداشته باشند (Mostafavi *et al.*, 2019; Ramanathan, 2020). از سوی دیگر، حذف برخی گونه‌ها از یک اکوسیستم و به‌تبع آن کاهش تنوع ژنتیکی، موجب از دست رفتن تنوع‌زیستی گشته و سرانجام همانطور که اشاره شد بدون وجود تنوع‌زیستی همه جوانب زندگی انسان و سایر موجودات و همچنین بسیاری از خدماتی که محیط‌زیست ارائه می‌دهد تحت تأثیرات منفی بسیاری قرار خواهد گرفت. بنابراین، لازم است که با تدابیر و اقدامات اساسی، تغییرات اقلیمی کنترل شده و اثرات آن کاهش داده شود. به‌طور کلی، جهت کنترل پدیده تغییر اقلیم دو محور اساسی شامل، کاهش اثر و سازگاری با شرایط حاصل وجود دارد (Muhar *et al.*, 2018). در این راستا، اقداماتی مانند افزایش آگاهی عمومی، توقف جنگل‌زدایی، کاهش قابل‌توجه انتشار گازهای گلخانه‌ای، گسترش وسیع انرژی‌های تجدیدپذیر و جایگزین کردن آنها با سوخت‌های فسیلی، اصلاح سیستم حمل و نقل، احیاء جنگل‌ها، بازسازی و حفظ یکپارچگی رودخانه‌ها و کنترل ورود فاضلاب به محیط‌های آبی، ضرورت بسیاری دارد و می‌تواند به کاهش اثر و افزایش تاب‌آوری آبزیان و سایر موجودات در برابر تغییرات اقلیمی کمک نماید (Pletterbauer *et al.*, 2018; Markovic *et al.*, 2014; Muhar *et al.*, 2018; Schmutz *et al.*, 2018).

References:

Abbasi, K., Moradi, M., Mirzajani, A., Nikpour, M., Zahmatkesh, Y., Abdoli, A. and Mousavi-Sabet, H., 2019. Ichthyo-diversity in the Anzali Wetland and its related rivers in the southern Caspian Sea basin, Iran. *Journal of Animal Diversity*, *1*(2), pp.90-135.DOI :10.29252/JAD.2019.1.2.6.

Abdoli, A., 2016. Field guide of fishes of inland waters of Iran. p.272.

Almond, R.E.A., Grooten, M. and Petersen, T., 2021. Living planet report 2020-bending the curve of biodiversity loss. *Natural Resources & Environment*, *35*(3), pp.62-62.

Araújo, M.B., Thuiller, W. and Pearson, R.G., 2006. Climate warming and the decline of amphibians and reptiles in urope. *Journal of biogeography*, *33*(10), pp.1712-1728.DOI: 10.1111/j.1365-2699.2006. 01482.x

Blowes, S.A., Supp, S.R., Antão, L.H., Bates, A., Bruelheide, H., Chase, J.M., Moyes, F., Magurran, A., McGill, B., Myers-Smith, I.H. and Winter, M., 2019. The geography of biodiversity change in marine and terrestrial assemblages. *Science*, *366*(6463), pp.339-345. DOI: 10.1126/science. aaw1620.

Carosi, A., Padula, R., Ghetti, L. and Lorenzoni, M., 2019. Endemic freshwater fish range shifts related to global climate changes: A long-term study provides some observational evidence for the Mediterranean area. *Water*, *11*(11), p.2349. DOI: 10.3390/w11112349

Cheperli, B., Patimar, R., Ghorbani, R. and Golzarianpour, K., 2020. Comparative study on reproductive biology of Caucasian dwarf goby, *Knipowitschia caucasica* (Berg, 1916) in Gomishn Wetland and Gorgan Bay. *Experimental animal Biology*, *9*(2), pp.63-72. DOI:10.30473/eab.2020.45850.1703

Coad, B.W., 2021. Freshwater Fishes of Iran. Updated 1 January 2021. [Cited 1 January 2021]. Available from: www.briancoad.com.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2025-01-09]

Darabi, M., Mostafavi, H., Rahimi, R., Teimori, A. and 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), pp.41-46. (In Persian).

Eagderi, S., Mouludi-saleh, A., ESMAELI, H.R., Sayyadzadeh, G. and NASRI, M., 2022. Freshwater lamprey and fishes of Iran; a revised and updated annotated checklist-2022. *Turkish Journal of Zoology*, *46*(6), pp.500-522.DOI: 10.55730/1300-0179.3104.

Elith, J., H. Graham, C., P. Anderson, R., Dudík, M., Ferrier, S., Guisan, A., J. Hijmans, R., Huettmann, F., R. Leathwick, J., Lehmann, A. and Li, J., 2006. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography*, *29*(2), pp.129-151. DOI: 10.1111/j.2006.0906-7590. 04596.x

Filipe, A.F., Markovic, D., Pletterbauer, F., Tisseuil, C., De Wever, A., Schmutz, S., Bonada, N. and Freyhof, J., 2013. Forecasting fish distribution along stream networks: brown trout (S almo trutta) in E urope. *Diversity and Distributions*, *19*(8), pp.1059-1071.DOI:10.1111/ddi.12086

Franklin, J., 2010. Mapping Species Distribution: Spatial Inference and Prediction Cambridge University Press. *Cambridge, United Kingdom*, pp.978-0.

Heidari, A., Mousavı-sabet, H., Sattarı, M. and Alavı-yeganeh, M.S., 2019. Landmark-Based Morphological Differences Among the Exotic *Rhinogobius lindbergi* and Its Two Sympatric Gobies (Actinopterygii: Perciformes: Gobiidae) in Sefid River, in the Southern Caspian Sea Basin. *Journal of Limnology and Freshwater Fisheries Research*, *5*(3), pp.159-169.DOI: 10.17216/LimnoFish.515636

Hijmans, R.J., Phillips, S., Leathwick, J., Elith, J. and Hijmans, M.R.J., 2017. Package 'dismo'. *Circles*, *9*(1), pp.1-68.

Hosmer Jr, D.W., Lemeshow, S. and Sturdivant, R.X., 2013. *Applied logistic regression*. John Wiley & Sons.

Iljin, B.S. 1949. A short review of Black Sea gobies (Pisces, Gobiidae). Byulleten Moskovskogo Obshchestva Ispytatelei Prirody Otdel Biologicheskii [Bull. Moscow Soc. Naturalists Biol. Ser.] 54(3): 16–30.

IPCC, 5AR., 2014. Contribution of working groups I, II and III to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change [Core Writing Team, Pachauri RK, Meyer LA (ed.)]. Geneva, Switzerland. Report number: AR5.

Keivany, Y., Nasri, M., Abbasi, K., Abdoli A., 2016. Atlas of Inland Water Fishes of Iran. Iran Department of Environment Press, Tehran, Iran. 234p.

Makki, T., Mostafavi, H., Matkan, A.A., Aghighi, H., Valavi, R., Chee, Y.E. and Teimori, A., 2023. Impacts of climate change on the distribution of riverine endemic fish species in Iran, a biodiversity hotspot region. *Freshwater Biology*, *68*(6), pp.1007-1019. DOI:10.1111/fwb.14081

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

Markovic, D., Carrizo, S., Freyhof, J., Cid, N., Lengyel, S., Scholz, M., Kasperdius, H. and Darwall, W., 2014. Europe's freshwater biodiversity under climate change: distribution shifts and conservation needs. *Diversity and Distributions*, *20*(9), pp.1097-1107.DOI:10.1111/ddi.12232

McMahan, C.D., Fuentes-Montejo, C.E., Ginger, L., Carrasco, J.C., Chakrabarty, P. and Matamoros, W.A., 2020. Climate change models predict decreases in the range of a microendemic freshwater fish in Honduras. *Scientific Reports*, *10*(1), p.12693.DOI: 0.1038/s41598-020-69579-7

Mostafavi, H., Teimori, A., Schinegger, R. and Schmutz, S., 2019. A new fish based multi-metric assessment index for cold-water streams of the southern Caspian Sea basin in Iran. *Environmental Biology of Fishes*, *102*, pp.645-662.DOI: 10.1007/s10641-019-00860-z

Mostafavi, H., Mehrabian, A.R., Teimori, A., Shafizade-Moghadam, H. and Kambouzia, J., 2021. The ecology and modelling of the freshwater ecosystems in Iran. *Tigris and euphrates rivers: Their environment from headwaters to mouth*, pp.1143-1200. DOI: 10.1007/978-3-030-57570-0_52

Mousavi-Sabet, H., Heidari, A., Mohammadi-Darestani, M., Mansouri-Chorehi, M. and Ghasemzadeh, K., 2016. Length–weight relationships and condition factors of two fish species from the southern Caspian Sea basin: Alburnoides samiii Mousavi-Sabet, Vatandoust & Doadrio., 2015 and Ponticola iranicus Vasil′ eva, Mousavi-Sabet & Vasil′ ev, 2015. *Journal of Applied Ichthyology*, *32*(4), pp.751-752.DOI: 10.1111/jai.13083

Mousavi-Sabet, H., D Vasil'eva, E., Eagderi, S., P Vasil'ev, V., Vatandoust, S. and Abbasi Ranjbar, K., 2023. Ichthyodiversity and abundance of fishes in Masule River, the southern Caspian Sea basin. *Aquaculture Sciences*, *11*(1), pp.185-197. (In Persian).

Muhar, S., Sendzimir, J., Jungwirth, M. and Hohensinner, S., 2018. Restoration in integrated river basin management. *Riverine ecosystem management: Science for governing towards a sustainable future*, pp.273-299.DOI:10.1007/978-3-319-73250-3_15.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2025-01-09]

Nikmehr, N., Eagderi, S. and Poorbagher, H., 2020. Osteology of the Caspian bighead goby, *Ponticola gorlap* (Iljin, 1949) (Teleost: Gobiidae) from the southern Caspian Sea basin. *Journal of Aquaculture Science, 8*(14*)*, pp. 93-101.

Nikmehr, N., Eagderi, S., Poorbagher, H. and Yousefi, A., 2020. Taxonomic status of six populations of the Gobiids (Teleost, Gobiidae) in the southern Caspian Sea basin using COI gene. *Journal of Applied Ichthyological Research, 8*(2), pp. 27-34.

Nelson, J.S., Grande, T.C. and Wilson, M.V., 2016. *Fishes of the World*. John Wiley & Sons.

Phillips, S.J., Anderson, R.P. and Schapire, R.E., 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological modelling*, *190*(3-4), pp.231-259.

Phillips, S.J., Anderson, R.P., Dudík, M., Schapire, R.E. and Blair, M.E., 2017. Opening the black box: An open-source release of Maxent. *Ecography*, *40*(7), pp.887-893.

Pirmohamaddi, M., Abdoli, A. and Ghorbani, R., 2014. Some biological characteristics of *Neogobius igorlap* in south east of Caspian Sea, Golestan Province. *Journal of Animal Research (Iranian Journal of Biology)*, *27*(1), pp.12-21.

Pletterbauer, F., Melcher, A.H., Ferreira, T. and Schmutz, S., 2015. Impact of climate change on the structure of fish assemblages in European rivers. *Hydrobiologia*, *744*, pp.235-254. DOI: 10.1007/s10750-014-2079-y

Pletterbauer, F., Melcher, A.H., Ferreira, T. and Schmutz, S., 2015. Impact of climate change on the structure of fish assemblages in European rivers. *Hydrobiologia*, *744*, pp.235-254.

Rashidian, M., 2015. Investigating the effects of climate change on the distribution of sensitive freshwater fish species in different time series different scales. Master's thesis. Shahid Beheshti University, Tehran, Iran. 200 p. (In Persian).

Raven, P.H., 2020. Biological extinction and climate change. *Health of People, Health of Planet and Our Responsibility: Climate Change, Air Pollution and Health*, pp.11-20.

R Core Team. 2018. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing.

Reid, A.J., Carlson, A.K., Creed, I.F., Eliason, E.J., Gell, P.A., Johnson, P.T., Kidd, K.A., MacCormack, T.J., Olden, J.D., Ormerod, S.J. and Smol, J.P., 2019. Emerging threats and persistent conservation challenges for freshwater biodiversity. *Biological reviews*, *94*(3), pp.849-873.DOI: 10.1111/brv.12480

Schinegger, R., Trautwein, C., Melcher, A. and Schmutz, S., 2012. Multiple human pressures and their spatial patterns in European running waters. *Water and Environment Journal*, *26*(2), pp.261-273. DOI:10.1111/j.1747-6593.2011. 00285.x

Schmutz, S., Hein, T and Sendzimir, J., 2018. Riverine Ecosystem Management, Aquatic Ecology Series 8. Cham, Switzerland. Springer Nature. 250 p. DOI : 10.1007/978-3-319-73250-3

Su, G., Logez, M., Xu, J., Tao, S., Villéger, S. and Brosse, S., 2021. Human impacts on global freshwater fish biodiversity. *Science*, *371*(6531), pp.835-838.DOI:10.1126/science. abd3369

Tabasinezhad, N., Mousavi-Sabet, H., Eagderi, S., Ahmadi, A. and Farzi, R., 2020. Comparative Study of morphological characteristics of different populations of big head goby *Ponticola gorlap* in the Caspian Sea Basin using geometric morphometric and truss network system methods. *Journal of Applied Ichthyological Research*, *8*(5), pp.11-20.

Tabasinezhad, N., Mousavi-Sabet, H., Mostafavi, H., 2023. Model-based assessment of climate change impacts on the distribution of northern pike, *Esox lucius* as an important edible species in the southern Caspian Sea basin in Iran. *Iranian Journal of Ichthyology*, *10*(2), pp.126-137.DOI: 10.22034/iji. v10i2.986

Vasil'Eva, E.D., Mousavi-Sabet, H. and Vasil'Ev, V.P., 2015. *Ponticola iranicus* sp. nov.(Actinopterygii: Perciformes: Gobiidae) from the Caspian Sea basin. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, *45*(2), pp.189-197.DOI: 10.3750/AIP2014.45.2.09

Winfield, I.J., Baigún, C., Balykin, P.A., Becker, B., Chen, Y., Filipe, A.F., Gerasimov, Y.V., Godinho, A.L., Hughes, R.M., Koehn, J.D. and Kutsyn, D.N., 2016. International perspectives on the effects of climate change on inland fisheries. *Fisheries*, *41*(7), pp.399-405. DOI: 10.1080/03632415.2016.1182513

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2025-01-09]