



سجش از دور

GIS ایران



سنجش از دور و GIS ایران سال پانزدهم، شماره دوم، تابستان ۱۴۰۲
Vol.15, No. 2, Summer 2023 Iranian Remote Sensing & GIS

۸۷-۱۰۰
مقاله پژوهشی

پیش‌بینی تأثیرات تغییر اقلیم بر پراکنش ماهی بنی (*Mesopotamichthys sharpeyi*) در

سناریوهای اقلیمی متفاوت

پری‌ناز احمدی^۱ و حسین مصطفوی^{۲*}

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه تنوع زیستی و مدیریت اکوسیستم‌ها، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران
۲. استادیار، گروه تنوع زیستی و مدیریت اکوسیستم‌ها، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۰۶/۳۰

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۱/۰۵/۲۹

چکیده

از آن‌جا که تغییر اقلیم یکی از مهم‌ترین و بزرگ‌ترین تهدیدها برای طبیعت و تنوع زیستی محسوب می‌شود و مدیریت و حفاظت گونه‌ها را دشوار می‌سازد، پیش‌بینی و تعیین تأثیرات آن به بیان راهکارهای مناسب حفاظتی و اتخاذ تصمیمات مدیریتی کمک شایانی خواهد کرد. در مطالعه حاضر، تأثیرات تغییر اقلیم بر پراکنش ماهی بنی (*Mesopotamichthys sharpeyi*) با استفاده از مدل مکسنت (MaxEnt) در محیط نرم‌افزار R پیش‌بینی شد. متغیرهای محیطی به‌کاررفته شامل شیب (Slope)، محدوده سالیانه دما (Temperature Annual Range)، جریان تجمعی (Annual Accumulation)، بارش سالانه (Annual Precipitation)، دمای متوسط سالانه (Annual Mean Temperature) و مساحت حوضه بالادست (Upstream Drainage Area) است. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، عملکرد مدل در پیش‌بینی گونه براساس معیار AUC (Area Under the Curve) عالی (۰/۹۸۹) بود. همچنین دمای متوسط سالیانه و شیب، به‌ترتیب، مهم‌ترین متغیرهای محیطی مؤثر در تعیین پراکنش این گونه محسوب می‌شوند. به‌علاوه، دامنه پراکنش این گونه در هر دو سناریوی خوش‌بینانه (RCP 2.6) و بدبینانه (RCP 8.5)، طی ۲۰۵۰ و ۲۰۸۰ میلادی، با کاهش مواجه خواهد شد؛ در نتیجه، به‌منظور حفاظت از این گونه، لازم است مدیران اقدامات مناسب را در زمینه تعدیل تأثیرات تغییرات اقلیمی و کاهش تهدیدهای ناشی از این تأثیرات، شناسایی و عملی کنند.

کلیدواژه‌ها: تنوع زیستی، حفاظت، تغییر اقلیم، مدل‌سازی پراکنش گونه، ایران.

* نویسنده مکاتبه‌کننده: تهران، دانشگاه شهید بهشتی، پژوهشکده علوم محیطی. تلفن: ۰۹۱۲۰۸۸۷۱۶۶

Email: hmostafaviw@gmail.com
https://orcid.org/0000-0002-8894-7498
https://dx.doi.org/10.48308/gisj.2023.102803



Copyright: © 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

۱- مقدمه

نتایج بررسی‌ها بیانگر افزایش ۰/۸ درجه سانتی‌گرادی دما، طی ۱۵۰ سال اخیر است (IPCC, 2007). محققان بر این عقیده‌اند که تغییرات اقلیمی رخ داده تا کنون، اغلب در پی تأثیرات انسانی بوده و از این نظر، با تغییرات اقلیمی گذشته متفاوت است (Farajzadeh & Ghasemifar, 2020).

هرچند در گذشته ابهامات و عدم قطعیت‌های فراوانی درباره شدت و گستردگی تغییر اقلیم، از سوی برخی کارشناسان جهانی وجود داشت، با توجه به انتشار پنجمین گزارش هیئت بین‌المللی تغییر اقلیم^۱ در سال ۲۰۱۴ م، می‌توان بیان کرد که پدیده تغییر اقلیم امروزه با قطعیت بسیار مورد پذیرش جامعه جهانی قرار گرفته است و بروز این پدیده و گستردگی و شدت تأثیرات آن در اقلیم جهانی جای هیچ‌گونه شک و تردیدی ندارد.

امروزه مجامع بین‌المللی و دولت‌ها تغییر اقلیم را رویدادی در نظر می‌گیرند که آثار ناخوشایند آن تمامی زیست‌بوم‌های گیاهی، جانوری و انسانی را تهدید می‌کند (Soboti, 2011) زیرا انقراض بسیاری از گونه‌های گیاهی، جانوری و آبی از پیامدهای این پدیده است (Niknam & Asadi Moghaddam, 2012)؛ بنابراین بسیاری از متخصصان محیط‌زیست آن را یکی از عوامل جهانی تهدیدکننده تنوع زیستی برمی‌شمارند (Ricciardi & Rasmussen, 1999; Heino et al., 2009).

تأثیرات تغییر اقلیم، از نظر جغرافیایی و فصلی، متفاوت است (Margules & Pressey, 2000; Cheung et al., 2009) و اکوسیستم‌های آبی، به‌ویژه آب شیرین، از جمله مهم‌ترین اکوسیستم‌ها محسوب می‌شوند که تحت تأثیر پیامدهای تغییر اقلیم قرار می‌گیرند (Mostafavi et al., 2014; 2019a, b). آثار کلی تغییر اقلیم در اکوسیستم‌های آب شیرین شامل افزایش دمای آب، کاهش اکسیژن محلول و افزایش سمیت آلاینده‌هاست؛ این تأثیرات در گونه‌های آبی، به‌ویژه

ماهیان، مشهود خواهد بود و با اینکه ماهی‌ها برای کنار آمدن با رژیم‌های هیدرولوژیکی خاص و نیچ‌های زیستگاهی تکامل یافته‌اند، به دلیل ارتباط مستقیم بین فیزیولوژی ماهی‌ها و دما، فیزیولوژی و تاریخچه زندگی آنها تحت تأثیر تغییرات ناشی از تغییرات اقلیمی قرار می‌گیرد (Ficke et al., 2007). همچنین به دنبال افزایش دمای آب، ماهی‌ها به منظور حفظ زندگی خود یا به سوی آب‌های سردتر مهاجرت می‌کنند، یا از بین می‌روند و یا در برخی موارد، با تغییرات اقلیمی و تأثیرات آن تطبیق و سازگاری می‌یابند.

از گذشته تا کنون، تغییر اقلیم سبب تغییرات چشمگیری در پراکنش گونه‌ها شده است (Davis, 1986) و با توجه به اینکه مدیریت یک گونه بدون آگاهی از نیازهای زیستگاهی آن امکان‌پذیر نیست، تحلیل روابط بین گونه و محیط‌زیست آن مسئله‌ای اساسی در دانش بوم‌شناسی محسوب می‌شود (Verdipour, 2012) و شناخت زیستگاه و نیازهای زیستگاهی آن می‌تواند در جهت حفاظت و تدوین برنامه‌های مدیریتی، بسیار مؤثر باشد (Shoreybi et al., 2018).

مدل‌سازی پراکنش گونه‌ها (SDM)^۲ از روش‌های مدل‌سازی در علوم محیط‌زیست است که هدف آن بیان روابط بین پراکنش گونه‌ها و ویژگی‌های محیطی آنهاست (Ebrahimi, 2017). این مدل‌ها ابزارهایی کمی یا تجربی‌اند که با استفاده از داده‌های مکانی موقعیت گونه‌ها، فراوانی یا حضور گونه و متغیرهای زیست‌محیطی اثرگذار در پراکنش گونه‌ها، روابط گونه-محیط را مدل‌سازی می‌کنند. این مدل‌ها به منظور ارزیابی تأثیرات احتمالی تغییر اقلیم بر محدوده پراکنش گونه‌ها و درک آسیب‌پذیری آنها در برابر این تغییرات، برنامه‌ریزی‌های حفاظتی و مدیریتی، ارزیابی فرضیه‌های جغرافیای زیستی (Leathwick, 1998)، طراحی و انتخاب ذخیره‌گاه‌ها و تحلیل تأثیرات و خطرهای تهاجم و تکثیر گونه‌ها (Guisan et al., 2017) به کار می‌روند (Saberfar et al., 2016; Abbasi Kasbi et al., 2017).

1. Intergovernmental Panel on Climate Change
2. Species Distribution Modeling

قرار دارد و با مناطق اتیوپی و اورینتال هم‌مرز است، گونه‌های جانوری و گیاهی آن در سایر بخش‌های خاورمیانه بی‌نظیر است (Jouladeh-Roudbar et al., 2020). آب‌های داخلی ایران شامل نوزده حوضه اصلی می‌شود (Coad, 1980) (شکل ۱).



شکل ۱. نقشه حوضه زهکشی ایران
منبع: Coad., 2018

۲-۲- گونه مورد مطالعه

رنگ زمینه بنی (شکل ۲) سبز تا قهوه‌ای روشن یا طلایی و شکم آن سفید تا نقره‌ای یا زرد است. چشم‌ها نارنجی، قهوه‌ای، طلایی یا نقره‌ای است. از گیاهان، به‌ویژه جلبک‌های سبز رشته‌ای و دیاتومه‌ها و در سنبل بالاتر، از گیاهان عالی و پوده تغذیه می‌کند و در برابر کمبود اکسیژن، کم‌تحمل است. از اسفند تا فروردین، در مدت سیلاب، از دریاچه‌ها به‌سمت رودخانه‌ها حرکت می‌کند و سپس حداکثر تا اردیبهشت (در دمای ۱۵-۱۶ درجه سانتی‌گراد) برای تخم‌ریزی به دریاچه‌ها بازمی‌گردد (Keyvani et al., 2016). داده‌های پراکنش این گونه (حوضه‌های دجله، کر و احتمالاً پرسیس) از منابع گوناگون (Coad, 2022) و نمونه‌برداری‌های شخصی جمع‌آوری و نقشه پراکنش آن با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS ver. 10.8 طراحی شد (شکل ۳).

1. Maximum Entropy
2. Cyprinidae
3. Native
4. International Union for Conservation of Nature
5. Vulnerable

در حال حاضر، مکسنت (MaxEnt)^۱ یکی از قوی‌ترین و کارآمدترین روش‌های معرفی‌شده براساس داده‌های حضور گونه با نقاط پراکنش اندک، در زمینه مدل‌سازی پراکنش گونه‌هاست (Phillips et al., 2006) و در مقایسه با سایر روش‌ها، کارایی بهتری دارد (Elith et al., 2006). مکسنت یکی از الگوریتم‌های بسیار رایج یادگیری ماشینی است و اصل آن به حداکثر آنتروپی یا نزدیک به واقعیت بازمی‌گردد. بر این اساس، مدل‌سازی زیستگاه به معنی انتخاب توزیعی است که به توزیع یکنواخت نزدیک باشد (Elith et al., 2006; Phillips et al., 2006; Pearson et al., 2007; Mirzaee et al., 2014).

این مطالعه با هدف مدل‌سازی تأثیرات تغییر اقلیم بر پراکنش مکانی ماهی بنی (*Mesopotamichthys sharpeyi*) تحت سناریوهای گوناگون اقلیمی طی سال‌های متفاوت انجام شده است. گونه مورد اشاره از خانواده کپورماهیان^۲ و بومی^۳ ایران است و زیستگاه آن بخش‌های میانی و پایینی رودخانه‌ها در آب‌های گرم و شیرین است. به دلیل وجود استرس محیطی در زیستگاه و کاهش شدید جمعیت، اتحادیه بین‌المللی حفاظت از طبیعت و منابع طبیعی (IUCN)^۴ آن را در طبقه «آسیب‌پذیر» (VU)^۵ قرار داده است (Coad, 2022). بنابراین آگاهی از تأثیر تغییر اقلیم بر این گونه، به منظور تعدیل این آثار و بیان راهکارهای مناسب حفاظتی با هدف تدوین و تنظیم برنامه‌های مدیریتی در آینده، ضروری انگاشته می‌شود.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه، در این تحقیق، کشور ایران با وسعت بیش از یک میلیون و ششصد هزار کیلومتر مربع است که ارتفاع آن از ۲۶ متر پایین‌تر از سطح دریا، در سواحل دریای خزر، تا ۵۶۱۰ متر بالاتر از سطح دریا، در قله کوه دماوند، متغیر است (Firouz et al., 1970). ایران به لحاظ جغرافیای زیستی، در منطقه پالنارکتیک

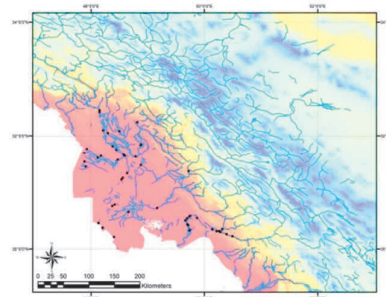
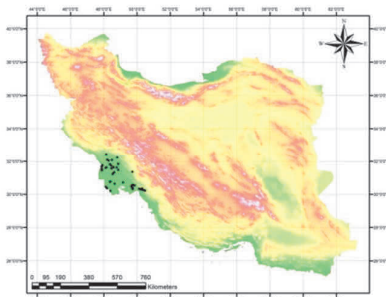
۲-۳- آماده‌سازی متغیرهای محیطی و اقلیمی

لایه‌های مورد نیاز در این محدوده نیز، با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS ver. 10.8 برش داده شد. پس از آماده‌سازی لایه‌ها، با توجه به نظر کارشناسی و نیاز اکولوژیکی گونه، در ابتدا ۲۸ متغیر محیطی مربوط به پراکنش گونه مورد مطالعه، انتخاب شدند (جدول ۱).

در این مطالعه، ابتدا لایه‌های مورد نیاز طبق منابع ذکرشده در جدول‌های ۱ و ۲ (با حجم حدود ۳۰۰ گیگابایت) دانلود و در مقیاس ایران، با نرم‌افزار ArcGIS ver. 10.8 استانداردسازی شد. سپس محدوده مورد مطالعه در نرم‌افزار Google earth ver. 5.1 تعیین و



شکل ۲. ماهی بنی (Keyvani et al., 2016)



شکل ۳. نقشه پراکنش ماهی بنی

جدول ۱. متغیرهای محیطی مربوط به پراکنش گونه مورد مطالعه

منبع	متغیرها	طبقه‌بندی
www.worldclim.org	دمای متوسط سالیانه (°C)	متغیرهای زیست‌اقلیمی
	محدوده دمای متوسط روزانه (°C)	
	ایزوترمال (۱۰×)	
	دمای فصلی (انحراف معیار × ۱۰۰)	
	حداکثر دمای گرم‌ترین ماه (°C)	
	حداقل دمای سردترین ماه (°C)	
	محدوده سالیانه دما (°C)	
	میانگین دما در سه‌ماهه مرطوب (°C)	
	میانگین دما در سه‌ماهه خشک (°C)	
	میانگین دمای گرم‌ترین سه‌ماهه (°C)	
	میانگین دمای سردترین سه‌ماهه (°C)	
	بارش سالیانه (mm)	
	بارش ماه‌های مرطوب (mm)	
بارش ماه‌های خشک (mm)		

جدول ۱. متغیرهای محیطی مربوط به پراکنش گونه مورد مطالعه

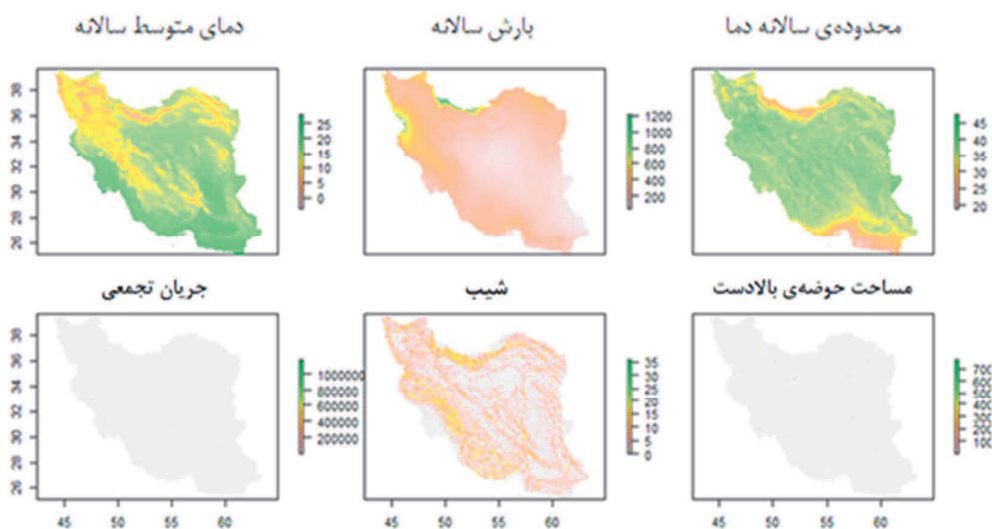
منبع	متغیرها	طبقه‌بندی
	بارش فصلی (mm)	
	بارش یک‌چهارم پرباران سال (mm)	
	بارش یک‌چهارم خشک سال (mm)	
	بارش گرم‌ترین یک‌چهارم سال (mm)	
	بارش سردترین یک‌چهارم سال (mm)	
	جهت (Degree)	
	شیب (Degree)	
www.worldgrids.org www.isric.org	ارتفاع (m)	متغیرهای توپوگرافی
	تابش خورشیدی ($\text{kJ m}^{-2} \text{day}^{-1}$)	
	عمق (m)	
	جریان تجمعی (%)	
http://hydro.iis.u-tokyo.ac.jp/~yamada/MERIT_Hydro/	ارتفاع متوسط حوضه (m)	مجموعه داده‌های هیدروگرافی جهانی
	عرض رودخانه (m)	
	مساحت حوضه بالادست (Km^2)	

۴-۲- تکنیک مدل‌سازی

در این مطالعه، مدل‌سازی به‌روش مکسنت (Phillips et al., 2006) در محیط نرم‌افزار R انجام شد. مکسنت (jar file v3.4.1) از طریق بسته نرم‌افزاری R dismo v1.1-4 در محیط برنامه‌نویسی R v3.2.3 (R Core Team, 2018) به‌کار گرفته شد. برای ارزیابی مدل‌ها، ده مرتبه اعتبارسنجی متقابل ۹ انجام شد (Valavi et al., 2019). در این راستا، داده‌ها به‌طور تصادفی به ده قسمت تقسیم شدند که نه قسمت آنها برای ایجاد مدل و یک قسمت برای بررسی کارایی مدل استفاده شد. به‌منظور تعیین متغیرهای اصلی محیطی که در پراکنش بالقوه گونه مورد مطالعه تأثیر می‌گذارد، از اهمیت جایگشتی^{۱۰} در

سپس همبستگی متغیرها با آزمون پیرسون (r) بررسی و تست شد. زمانی که دو متغیر همبستگی بالایی داشتند ($|r| > 0.70$)، برای جلوگیری از هم‌خطی، یکی از آنها با توجه به نظر کارشناسی انتخاب و دیگری حذف شد (Elith et al., 2011). برای نشان‌دادن تأثیرات تغییرات اقلیمی نیز، متغیرهای پیش‌بینی‌شده آب‌وهوایی آینده (سال‌های ۲۰۵۰ و ۲۰۸۰) از وب‌سایت تغییرات آب‌وهوایی، کشاورزی و امنیت غذایی^۱ استخراج شدند. برای این منظور، از ده مدل گردش عمومی (GCM)^۲ تحت سناریوهای انتشار گازهای گلخانه‌ای خوش‌بینانه (RCP 2.6) و بدبینانه (RCP 8.5)، میانگین گرفته شد. وضوح متغیرهای محیطی مورد استفاده در این مطالعه حدود 1×1 کیلومتر بود. در نهایت، شش متغیر محیطی شامل شیب^۳، محدوده سالیانه دما^۴، جریان تجمعی^۵، بارش سالیانه^۶، دمای متوسط سالیانه^۷ و مساحت حوضه بالادست^۸ انتخاب شدند (شکل ۴). به متغیرهای منتخب پس از آزمون همبستگی در جدول ۲ اشاره شده است.

1. <http://www.ccafs-climate.org>
2. General Circulation Model
3. Slope
4. Temperature annual range
5. Flow accumulation
6. Annual Precipitation
7. Annual Mean Temperature
8. Upstream Drainage Area
9. Cross Validation
10. Permutation Importance



شکل ۴. لایه‌های آماده‌سازی و انتخاب‌شده نهایی متغیرهای محیطی برای مدل‌سازی

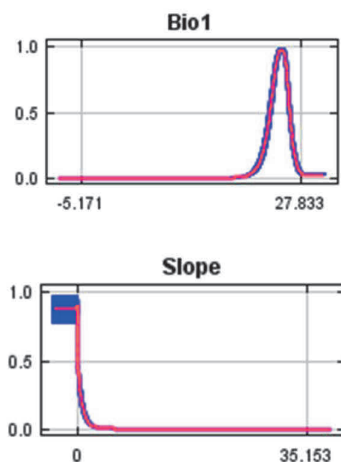
جدول ۲. متغیرهای محیطی مورد استفاده در این مطالعه

منبع	متغیرها	طبقه‌بندی
	(°C) میانگین دمای سالانه = BIO1	
www.worldclim.org	(°C) محدوده دمای سالانه = BIO7 (BIO5-BIO6)	متغیرهای زیست‌اقلیمی
	(mm) بارش سالانه = BIO12	
www.worldgrids.org www.isric.org	(Degree) شیب	متغیرهای توپوگرافی
http://hydro.iis.u-	(%) جریان تجمعی	مجموعه داده‌های
tokyo.ac.jp/~yamada/MERIT_Hydro/	(Km ²) مساحت حوضه بالادست	هیدروگرافی جهانی

تصادفی و مقادیر ۱ پیش‌بینی کامل را نشان می‌دهند (جدول ۳). در حقیقت، مقادیر کمتر از ۰/۵ نشان‌دهنده مدل‌های نامناسب است (Elith et al., 2006).

خروجی نرم‌افزار استفاده شد (Abdelaal et al., 2019). برای ارزیابی صحت نتایج مدل‌سازی، مساحت زیر منحنی (AUC) در منحنی مشخصه عملکرد گیرنده (ROC) محاسبه شد (Lobo et al., 2008). دامنه AUC بین ۰ و ۱ است. مقادیر کمتر از ۰/۵ عملکرد پیش‌بینی

1. Area Under the Curve
2. Receiver Operating Characteristic



شکل ۶. منحنی‌های پاسخ مهم‌ترین متغیرها در پراکنش ماهی بنی، میانگین دمای سالیانه (بالایی) و شیب (پایینی)

جدول ۴. اهمیت متغیرها در پراکنش ماهی بنی

اهمیت جایگشتی	متغیر
۳/۱	بارش سالیانه
۱۸/۶	شیب
۱/۲	جریان تجمعی
۱/۴	محدوده سالیانه دما
۷۴/۹	میانگین دمای سالیانه
۰/۸	مساحت حوضه بالادست

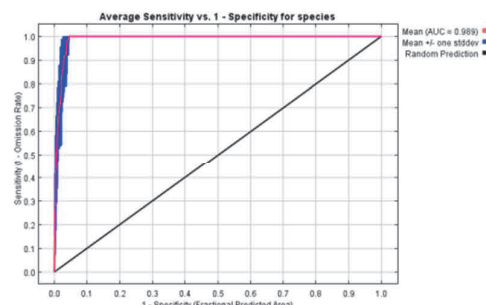
از سال ۱۹۵۰ م. به بعد، تعداد روزهای سرد دچار کاهش چشمگیری شده و تعداد روزهای گرم، در مقیاس جهانی افزایش یافته است (Pachauri et al., 2014). پدیده تغییر اقلیم در چند دهه اخیر، تحت تأثیر عوامل انسانی، با شدت و سرعتی بیشتر از دیگر دوره‌های تغییر و تحول در اقلیم جهانی در حال وقوع است (Lovejoy, 2006). وقوع این پدیده حقیقی اجتناب‌ناپذیر در تمامی کشورهای خاورمیانه و به‌ویژه ایران است. طبق بررسی‌ها و مشاهدات، بیش از ۸۲٪ خاک ایران در رده‌بندی خشک و نیمه‌خشک جهان قرار دارد و در دهه‌های آینده، این کشور 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 روند تغییر اقلیم و موقعیت جغرافیایی فلات ایران، این

جدول ۳. طبقه‌بندی کمی و کیفی عملکرد مدل براساس شاخص AUC (Tuan et al., 2019)

عملکرد مدل	مقادیر AUC
خیلی ضعیف	۰/۶ - ۰/۷
ضعیف	۰/۷ - ۰/۸
خوب	۰/۸ - ۰/۹
عالی	۰/۹ - ۱

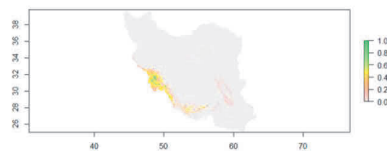
۳- نتایج و بحث

نتیجه ارزیابی کارایی مدل مکسنت با استفاده از شاخص AUC (شکل ۵) نشان می‌دهد که این مدل دارای توانایی عالی در پیش‌بینی پراکنش ماهی مورد نظر بوده است ($AUC = 0.989$). میانگین دمای سالیانه و شیب، به ترتیب، مهم‌ترین متغیرهای محیطی مؤثر در تعیین پراکنش این گونه محسوب می‌شوند (شکل ۶ و جدول ۴). همچنین نتایج مدل‌سازی پراکنش این گونه، تحت سناریوهای خوش‌بینانه (RCP 2.6) و بدبینانه (RCP 8.5) تغییر اقلیم در مقیاس‌های زمانی ۲۰۵۰ و ۲۰۸۰ م. نشان داد که در هر دو سناریو، دامنه پراکنش گونه مورد نظر با کاهش مواجه خواهد شد (شکل ۷)؛ در واقع، بیشتر از ۸۵٪ مناطق پراکنش خود را از دست خواهد داد و در معرض تهدید جدی قرار خواهد گرفت (جدول ۵).



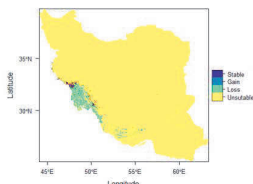
شکل ۵. شاخص AUC برای ماهی بنی

پراکنش بالقوه حال حاضر

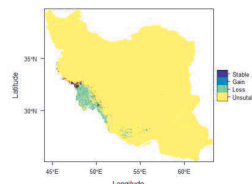


پیش‌بینی سناریوی خوش‌بینانه (RCP 2.6) در سال ۲۰۵۰

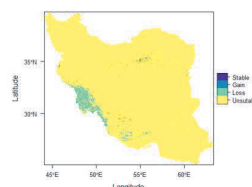
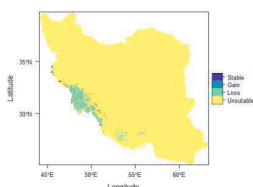
پیش‌بینی سناریوی خوش‌بینانه (RCP 2.6) در سال ۲۰۸۰



پیش‌بینی سناریوی بدبینانه (RCP 8.5) در سال ۲۰۵۰



پیش‌بینی سناریوی بدبینانه (RCP 8.5) در سال ۲۰۸۰



شکل ۷. نتایج مدل‌سازی پراکنش ماهی بنی تحت سناریوهای متفاوت اقلیمی (RCP 8.5 و RCP 2.6) در مقیاس‌های زمانی ۲۰۵۰ و ۲۰۸۰

جدول ۵. نتایج پیش‌بینی پراکنش ماهی بنی، تحت تأثیر سناریوهای اقلیمی RCP 8.5 و RCP 2.6 در مقیاس‌های زمانی ۲۰۵۰ و ۲۰۸۰

RCP 8.5		RCP 2.6		<i>Mesopotamichthys sharpeyi</i>
۲۰۸۰	۲۰۵۰	۲۰۸۰	۲۰۵۰	
۱۱/۲۴	۶/۷۹	۴/۷۲	۳/۴۲	درصد افزایش
۹۹/۹۹	۹۸/۳۶	۸۹/۷۶	۸۹/۲۸	درصد کاهش
-۸۸/۷۵	-۹۱/۵۷	-۸۵/۰۴	-۸۵/۸۶	تغییرات محدوده گونه

تغییرات اقلیمی و محیطی، در اکوسیستم‌ها و گونه‌های متفاوت، تأثیرات گوناگونی خواهد داشت؛ ماهیان نیز از این قاعده مستثنا نیستند و در پاسخ به این تغییرات، واکنش‌های متفاوتی نشان می‌دهند (Buisson et al., 2008). سه استراتژی سازگاری و تطبیق با شرایط و تغییرات محیطی، مهاجرت به مکان‌ها و زیستگاه‌های مطلوب و مساعدتر و در نهایت، انقراض در زمره واکنش‌های مشاهده‌شده و متفاوت گونه‌های ماهیان در برابر تغییرات محیطی و گرمایش

پدیده تأثیرات فراوانی در اکوسیستم‌های کشور، به‌ویژه اکوسیستم‌های آب شیرین و رودخانه‌ها خواهد گذاشت (Makki et al., 2021) که این تأثیرات نیز در تنوع زیستی ماهیان آب شیرین اثرگذار خواهد بود و با توجه به آسیب‌پذیری و حساسیت و در معرض تهدید بودن این اکوسیستم‌ها در برابر تغییرات اقلیمی، کاهش و نابودی تنوع زیستی در اکوسیستم‌های آب شیرین، این اکوسیستم‌ها را بسیار بیشتر از اکوسیستم‌های خشکی تحت تأثیر قرار می‌دهد (Sala et al., 2000).

«هم افزایش و هم کاهش مطلوبیت زیستگاه یا همان افزایش و کاهش پراکنش گونه»، در پاسخ به تغییر اقلیم است اما میزان کاهش بسیار بیشتر از افزایش بوده و سبب منفی شدن دامنه تغییرات پراکنش گونه شده است. مطالعات متعددی در زمینه مدل‌سازی گونه‌های ماهیان و تأثیرات تغییر اقلیم بر آنها انجام شده که نشان‌دهنده واکنش‌ها و پاسخ‌های متفاوت گونه‌ها به تغییرات اقلیمی است. مصطفوی^۱ و همکاران (۲۰۱۸) با استفاده از روش مدل‌سازی توزیع گونه‌ای، تأثیر تغییر اقلیم بر پراکنش ماهی کولی کورا^۲ را با استفاده از نه الگوریتم متفاوت، در دو مقیاس زمانی (۲۰۵۰ و ۲۰۸۰ م.) تحت سناریوهای اقلیمی خوش‌بینانه (RCP 2.6) و بدبینانه (RCP 8.5) مدل‌سازی کردند. نتایج مدل‌سازی آنها نشان داد که پراکنش این گونه، در تمامی سناریوهای اقلیمی در دو مقیاس زمانی، ۱۰۰٪ کاهش خواهد داشت و هیچ منطقه بالقوه جدیدی برای پراکنش این گونه پیش‌بینی نشد. این پژوهش، در مقایسه با مطالعه ما نشان می‌دهد که حساسیت ماهی کولی کورا حتی بیشتر از ماهی بنی است. مکی^۳ و همکاران (۲۰۲۰) نقش تغییر اقلیم را در مهاجرت فیل‌ماهی^۴، در رودخانه‌های حوضه جنوبی دریای خزر پیش‌بینی کردند. این پیش‌بینی تحت سناریوهای اقلیمی خوش‌بینانه (RCP 4.5) و بدبینانه (RCP 8.5) در دو مقیاس زمانی (۲۰۵۰ و ۲۰۸۰ م.) انجام شد و این پژوهشگران دریافتند در پی تغییر اقلیم در آینده، زیستگاه‌های مطلوب گونه در همه سناریوها دچار تغییر نخواهد شد؛ این نکته نشان می‌دهد ماهی مورد مطالعه آنها مقاوم‌تر از ماهی بنی است. همچنین مکی و همکاران (۲۰۲۱) تأثیر تغییر اقلیم بر پراکنش *Garra rufa* را مدل‌سازی کردند و دریافتند همانند این

جهانی و به دنبال آن، تغییرات اقلیمی خواهد بود. لازمه سازگاری و تطبیق با شرایط و تغییرات محیطی و به عبارت دیگر، فرآیند سازگاری در فنوتیپ و ژنوتیپ گونه، وجود بستر تنوع ژنتیکی در ژنوم گونه است و توانایی گونه، برای تطبیق و سازگاری، به انطباق‌پذیری ژنتیکی و میزان تخصصی شدن آن بازمی‌گردد (Ficke et al., 2007). از سویی، موفقیت در تغییر مکان یا مهاجرت از عوامل متفاوتی مانند توانایی ذاتی گونه در داشتن قدرت جابه‌جایی، مناسب بودن شرایط فیزیکی و بیولوژیکی زیستگاه و پیوسته بودن رودخانه ناشی می‌شود (Darabi et al., 2020) و نیازمند شرایط مناسب محیطی، همانند وجود کریدورهای مهاجرتی، وجود مسیر ارتباطی مناسب بین دو زیستگاه مبدأ و مقصد و نبود موانع پراکنش برای گونه است. علاوه بر این، طی دهه‌های اخیر، تهدیدهای انسانی همچون تغییر کاربری اراضی، تخریب و دگرگونی زیستگاه‌ها، آلودگی ناشی از پساب‌های شهری و کشاورزی و صنایع، توسعه سدها و سازه‌ها و سیل‌بندها، برداشت بی‌رویه آب برای مصارف گوناگون و ورود گونه‌های غیربومی سبب فشار مضاعف بر اکوسیستم‌های آبی و گونه‌های وابسته به این اکوسیستم‌ها شده است و همه این موارد، به شکلی، مهاجرت گونه‌ها را مشکل می‌کنند (Mostafavi & Kambouzia, 2019). در صورتی که گونه و جمعیت آن به دلیل ماهیت سریع روند تغییرات اقلیمی، با کمبود زمان به‌منزله منبعی اکولوژیک مواجه شود و نتواند با تغییرات محیطی سازگاری یابد یا امکان جابه‌جایی و مهاجرت را نداشته باشد، به انقراض و نابودی محکوم خواهد شد. به‌طور کلی گونه‌ها در مواجهه با تغییر اقلیم، به یکی از این چهار سناریوی «کاهش مطلوبیت زیستگاه یا همان کاهش پراکنش گونه»، «افزایش مطلوبیت زیستگاه یا همان افزایش پراکنش گونه»، «هم افزایش و هم کاهش مطلوبیت زیستگاه یا همان افزایش و کاهش پراکنش گونه» و یا «ثابت بودن و تغییر نکردن پراکنش گونه» روی می‌آورند (Buisson et al., 2008; Yousefi et al., 2020). مطالعه حاضر گویای روی آوردن به سناریوی

1. Mostafavi
2. *Alburnus filippii*
3. Makki
4. *Huso huso*

قطعی و وجود خطا در مدل‌ها، پیشنهاد می‌شود این نتیجه، در آینده با متغیرها و داده‌های بیشتر و حتی با مدل‌های مکانیکی، آزموده و بررسی شود. با توجه به کاهش محدوده پراکنش این گونه، توصیه می‌شود زیستگاه‌ها و مکان‌های مطلوب آن شناسایی و حفظ شود و در کنار آن، اقدامات مدیریتی لازم برای تعدیل تأثیرات تغییر اقلیم و تطبیق و سازگاری این گونه با تغییرات اقلیمی به کار گرفته شود. نتایج مطالعه حاضر، در زمینه مدیریت و حفاظت، اطلاعات مفید و ارزشمندی را فراهم می‌کند. استفاده از راهبردهایی همچون مدل‌سازی پراکنش گونه‌ها و پیش‌بینی محدوده پراکنش آنها می‌تواند اولویت‌های حفاظتی را تعیین و به مدیران عرصه حفاظت از تنوع زیستی، در ارائه استراتژی‌های گوناگون برای حفاظت از گونه‌ها و به‌طور کلی اکوسیستم‌های آب شیرین و رودخانه‌ها و نیز توسعه مرزهای دانش کمک شایانی کند.

۵- منابع

- Abbasi Kasbi, A., Ranjbar, A. & Mokhtarpour, A., 2017, **Modeling the Distribution of Species in Order to Know and Protect (Conserve) Marine Ecosystems**, The Second National Conference on Sustainable Development of the Sea, Khorramshahr Marine Science and Technology University.
- Abdelaal, T., Michielsen, L., Cats, D., Hoogduin, D., Mei, H., Reinders, M.J. & Mahfouz, A., 2019, **A Comparison of Automatic Cell Identification Methods for Single-Cell RNA Sequencing Data**, Genome biology, 20(1), P. 194.
- Buisson, L., Thuiller, W., Lek, S., Lim, P.U.Y. & Grenouillet, G., 2008, **Climate Change Hastens the Turnover of Stream Fish Assemblages**, Global Change Biology, 14(10), PP. 2232-2248.

1. Kim
2. Jones
3. Threatened
4. Ensemble

مطالعه، گونه مذکور در سال‌های ۲۰۵۰ و ۲۰۸۰ تحت سناریوهای خوش‌بینانه و بدبینانه تغییر اقلیم (RCP 4.5 و RCP 8.5) هم با افزایش و هم با کاهش در محدوده پراکنش مواجه خواهد شد؛ با این تفاوت که شدت کاهش بسیار بیشتر از افزایش در مطالعه کنونی بوده است. کیم^۱ و همکاران (۲۰۲۰) نقش تغییر اقلیم بر توزیع ماهیان آب شیرین را با در نظر گرفتن میزان جریان آب و متغیرهای کیفی در مدل‌سازی توزیع گونه‌ای، پیش‌بینی کردند. آنها در پیش‌بینی توزیع ۷۶ گونه ماهی (بین سال‌های ۲۰۱۲ تا ۲۰۱۴ و سال‌های ۲۰۲۵ تا ۲۰۳۵ و ۲۰۴۵ تا ۲۰۵۵) بر اساس سناریوهای RCP 4.5 و RCP 8.5 در پنج حوضه رودخانه‌ای اصلی (Yeongsan, Seomjin, Geum, Nakdong, Han) کره جنوبی، از مکتب استفاده کردند. بر اساس مطالعه آنها شاخص غنای گونه‌ای، تحت سناریوی RCP 8.5 در قیاس با سناریوی RCP 4.5 و در سال ۲۰۵۰ در مقایسه با سال ۲۰۳۰، کاهش بارزی داشت. جونز^۲ و همکاران (۲۰۱۳) اثر تغییر اقلیم بر گونه‌های ماهیان در معرض خطر^۳ را در آب‌های انگلستان (UK) پیش‌بینی کردند و دریافتند که همه گونه‌های مورد بررسی آنها تا سال ۲۰۵۰، به سمت شمال حرکت خواهند کرد. پیش‌بینی‌های مدل همادی^۴ آنها نشان داد که تغییرات محدوده گونه‌ها به سمت شمال با سرعت متوسط ۲۷ کیلومتر طی هر دهه رخ می‌دهد. بنابراین مطالعات گذشته نیز نمایانگر پاسخ‌های متفاوت گونه‌ها به تغییر اقلیم است و هر یک راهکارها و استراتژی‌های مدیریتی و حفاظتی مخصوص به خود را می‌طلبد.

۴- نتیجه‌گیری

از آن‌جا که افزایش دما در آب‌ها، به دنبال تغییر اقلیم، موجب کاهش اکسیژن محلول می‌شود و گونه بنی در برابر کمبود اکسیژن کم‌تحمل است، نتایج مدل‌سازی نیز تأیید می‌کند که دامنه پراکنش این گونه در آینده با کاهش مواجه خواهد شد. در عین حال با توجه به عدم

- Cheung, W.W.L., Lam, V.W.Y., Sarmiento, J.L., Kearney, K., Watson, R. & Pauly, D., 2009, **Projecting Global Marine Biodiversity Impacts under Climate Change Scenarios**, F I S H and F I S H E R I E S Blackwell Publishing Ltd., 10, PP. 235-251.
- Coad, B.W., 1980, **A Re-Description of *Aphanius Ginaonis* (Holly, 1929) from Southern Iran (Osteichthyes: Cyprinodontiformes)**, Journal of Natural History, 14(1), PP. 33-40.
- Coad, B.W., 2018, **Freshwater Fishes of Iran**. Available: www.briancoad.com/Species%20Accounts/Contents%20new.htm. (April 2019).
- Coad, B.W., 2022, <http://www.briancoad.com/main.asp>.
- Darabi, 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), PP. 0-0.
- Davis, M.B., 1986, **Climatic Instability, Time Lags, and Community Disequilibrium**, In: Community ecology. Ed. by Diamond, J. and T.J. Case. Harper and Row, Community Ecology, New York, PP. 269-284.
- Ebrahimi, E., 2017, **Importance of Species Distribution Modeling in Conservation of Biodiversity**, Zist Sepehr Student Magazine, 12(1), PP. 1-7.
- Elith, J., Graham, C.H., Anderson, R.P., Dudík, M., Ferrier, S., Guisan, A., ... & Zimmermann, N.E., 2006, **Novel Methods Improve Prediction of Species' Distributions from Occurrence Data**, Ecography, 29(2), PP. 129-151.
- Elith, J., Phillips, S.J., Hastie, T., Dudík, M., Chee, Y.E. & Yates, C.J., 2011, **A Statistical Explanation of MaxEnt for Ecologists**, Diversity and Distributions, 17(1), PP. 43-57.
- Farajzadeh, M. & Ghasemifar, E., 2020, **Basics of Weather Change (Climate) and Its Consequences**, Tehran, Publication of Entekhab.
- Ficke, A.D., Myrick, C.A. & Hansen, L.J., 2007, **Potential Impacts of Global Climate Change on Freshwater Fisheries**, Reviews in Fish Biology and Fisheries, 17(4), PP. 581-613.
- Firouz, E., Hassinger, J.D. & Ferguson, D.A., 1970, **The Wildlife Parks and Protected Regions of Iran**. Biological Conservation, 3(1), PP. 37-45.
- Guisan, A., Thuiller, W. & Zimmermann, N., 2017, **Habitat Suitability and Distribution Models with Applications in R**, Cambridge: Cambridge University Press.
- Heino, J., Virkkala, R. & Toivonen, H., 2009, **Climate Change and Freshwater Biodiversity: Detected Patterns, Future Trends and Adaptations in Northern Regions**, Biological Reviews, 84(1), PP. 39-54.
- IPCC, 2007, **The Physical Science Basis, Working Group I – Technical Summary**, Summary for Policymakers, Working Group I of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
- IPCC, 2014, **Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects, Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change** [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, & L.L.White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1132 PP.
- Jones, M.C., Dye, S.R., Fernandes, J.A., Frölicher, T.L., Pinnegar, J.K., Warren, R. & Cheung, W.W., 2013, **Predicting the Impact of Climate Change on Threatened Species in UK Waters**. PloS one, 8(1), P. e54216.

- Jouladeh-Roudbar, A., Ghanavi, H.R. & Doadrio, I., 2020, **Ichthyofauna from Iranian Freshwater: Annotated Checklist, Diagnosis, Taxonomy, Distribution and Conservation Assessment**, Zoological Studies, 59.
- Keyvani, Y., Nasri, M., Abbasi, K. & Abdoli, A., 2016, **Atlas of Inland Water Fishes of Iran**, Iran Department of Environment.
- Kim, Z., Shim, T., Koo, Y.M., Seo, D., Kim, Y.O., Hwang, S.J. & Jung, J., 2020, **Predicting the Impact of Climate Change on Freshwater Fish Distribution by Incorporating Water Flow Rate and Quality Variables**, Sustainability, 12(23), P. 10001.
- Leathwick, J.R., 1998, **Are New Zealand's Nothofagus Species in Equilibrium with Their Environment?**, Journal of Vegetation Science, 9, PP. 719-732.
- Lobo, J.M., Jiménez-Valverde, A. & Real, R., 2008, **AUC: A Misleading Measure of the Performance of Predictive Distribution Models**, Global Ecology and Biogeography, 17(2), PP. 145-151.
- Lovejoy, T.E., 2006, **Climate Change and Biodiversity**, The Energy and Resources Institute (TERI).
- Makki, T., Mostafavi, H., Matkan, A.A. & Aghighi, H., 2020, **Predicting Effects of Climate Change on Beluga (*Huso huso* Linnaeus, 1754) Migration in the Rivers of the Southern Part of the Caspian Sea Basin**, Journal of Aquaculture Sciences, 8(15).
- Makki, T., Mostafavi, H., Matkan, A., & Aghighi, H., 2021, **Modelling Climate-Change Impact on the Spatial Distribution of Garra Rufa (Heckel, 1843) (Teleostei: Cyprinidae)**, Iranian Journal of Science and Technology, Transactions A: Science, 45(3), PP. 795-804.
- Mansouri Daneshvar, M.R., Ebrahimi, M. & Nejadsoleymani, H., 2019, **An Overview of Climate Change in Iran: Facts and Statistics**, Environmental Systems Research, 8(1), PP. 1-10.
- Margules, C.R. & Pressey, R.L., 2000, **Systematic Conservation Planning**, Nature, 405, PP. 243-253.
- Mirzaee, R., Homami, M., Esmaeile, A. & Rezaee, H., 2014, **Distribution Modelling of Lesser Kestrel (*Falco Naumanni*) in Golestan Province, Iran**, Environmental Researches, 4(8), PP. 149-156.
- Mostafavi, H. & Kambouzia, J., 2019, **Impact of Climate Change on the Distribution of Brown Trout, *Salmo Trutta* Linnaeus, 1758 (Teleostei: Salmonidae) Using Ensemble Modelling Approach in Iran**, Iranian Journal of Ichthyology, 6, PP. 73-81.
- Mostafavi, H., Pletterbauer, F., Coad, B.W., Mahini, A.S., Schinegger, R., Unfer, G., Trautwein C. & Schmutz, S., 2014, **Predicting Presence and Absence of Trout (*Salmo Trutta*) in Iran**, Limnologica, 46, PP. 1-8.
- Mostafavi, H., Rashidian, M. & Valavi, R., 2018, **Modelling the Effects of Climate Change on Distribution of Kura Bleak (*Alburnus filippii* Kessler, 1877) on the Iranian Scale**, JAIR, 6(4), PP. 1-12.
- Mostafavi, H., Kordjazi, Z., Valavi, R., Shafizadeh-Moghadam, H., Kambouzia, J. & Infante, D.M., 2019a, **Ensemble Modelling of Sensitive Stream Fish Species Distributions in Iran: Expanding Knowledge to Aid Species Conservation**, American Fisheries Society Symposium, 90, PP. 1-5.
- Mostafavi, H., Teimori, A., Schinegger, R. & Schmutz, S., 2019b, **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.
- Niknam, A. & Asadi Moghaddam, B., 2012, **Investigating the Effects of Climate Change on the Water Ecosystems of the Country and Appropriate Solutions to Reduce and Control Its Negative Effects with Emphasis on the Caspian Sea**, National Congress On Aquatic Animals, Bushehr.
- Pachauri, R.K., Allen, M.R., Barros, V., Broome, J., Cramer, W., Christ, R., ... & Dasgupta, P., 2014, **Climate Change 2014: Synthesis Report**, Contribution of Working Group I,

- II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change: IPCC.
- Pearson, R.G., Raxworthy, C.J., Nakamura, M. & Townsend Peterson, A., 2007, **Predicting Species Distributions from Small Numbers of Occurrence Records: A Test Case Using Cryptic Geckos in Madagascar**, *Journal of Biogeography*, 34 (1), PP. 102-117.
- Phillips, S.J., Anderson, R.P. & Schapire, R.E., 2006, **Maximum Entropy Modeling of Species Geographic Distributions**, *Ecological Modelling*, 190, PP. 231-259.
- R Core Team, 2018, **R: A Language and Environment for Statistical Computing**, R Foundation for Statistical Computing, Vienna.
- Ricciardi, A. & Rasmussen, J.B., 1999, **Extinction Rates of North American Freshwater Fauna**, *Conservation Biology*, 13(5), PP. 1220-1222.
- Saberfar, R., Falahatkar, S. & Kia, S.H., 2016, **A Review of the Species Distribution Models with the Introduction of the Ensemble**, The Third International Conference on Management in the 21st Century.
- Sala, O.E., Chapin, F.S., Armesto, J.J., Berlow, E., Bloomfield, J., Dirzo, R., ... & Kinzig, A., 2000, **Global Biodiversity Scenarios for the Year 2100**, *Science*, 287(5459), PP. 1770-1774.
- Shoreybi, Z., Khalilipour, O. & Mohammad Asgari, H., 2018, **Habitat Suitability Modelling of Marbled Teal (Marmaronetta Anguistirostris) Based on MaxEnt Method**, *Journal of Animal Environment*, 10(2), PP. 57-64.
- Soboti, Y., 2011, **Warmed Earth: What Has the Climate of the 21st Century to Offer**, Institute of Geography and Cartography of Gita, Tehran, 240 P.
- Tuan, T.A., Long, H.V., Kumar, R., Priyadarshini, I. & Son, N.T.K., 2019, **Performance Evaluation of Botnet DDoS Attack Detection Using Machine Learning**, *Evolutionary Intelligence*, 1-12.
- Valavi, R., Elith, J., Lahoz-Monfort, J.J. & Guillera-Arroita, G., 2019, **Block CV: An R Package for Generating Spatially or Environmentally Separated Folds for K-Fold Cross-Validation of Species Distribution Models**, *Methods in Ecology and Evolution*, 10(2), PP. 225-232.
- Verdipour, M., 2012, **Application of Habitat Desirability Modeling in Wildlife Management**, The First National Conference on Environment, Energy and Biodefense, Tehran.
- 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, PP. 106-137.



Predicting the Impacts of Climate Change on the Distribution of Benni fish (*Mesopotamichthys sharpeyi*) Distribution under Different Climatic Scenarios

Ahmadi P.¹ and Mostafavi H.^{2*}

1. M.Sc. Student, Dep. of Biodiversity and Ecosystem Management, Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran
2. Assistant Prof., Dep. of Biodiversity and Ecosystem Management, Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran

Abstract

Since climate change is one of the most important and biggest threats to nature and biodiversity, it makes it difficult to manage and protect species. Predicting and determining its effects will considerably help to provide appropriate protection solutions as well as management plans. In the present study, the impacts of climate change on the distribution of *Mesopotamichthys sharpeyi* species were forecasted by using the MaxEnt model in the R software environment. The environmental variables included slope, temperature annual range, flow accumulation, annual precipitation, annual mean temperature, and upstream drainage area. According to the results, the performance of the model in predicting the species was excellent (0.989) based on the AUC (Area Under the Curve) criterion. Moreover, the annual mean temperature and slope have been the most important environmental variables in determining the distribution of this species, respectively. In addition, the distribution range of this species will decrease in both the optimistic (RCP 2.6) and pessimistic (RCP 8.5) scenarios of 2050 and 2080. In conclusion, in order to protect this species, it is necessary for decision-makers to identify and implement appropriate actions in order to adapt the effects of climate change and reduce the related threats.

Keywords: Biodiversity, Conservation, Climate change, Species distribution modeling, Iran.

* Correspondence Address: Tehran, Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran. Tel: 09120887166
Email: hmostafaviw@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-8894-7498>
<https://dx.doi.org/10.48308/gisj.2023.102803>

