مجله علمی شیلات ایران ۳۲(۵) ۴۹-۶۱ (DOI): 10.22092/ISFJ.2024.130685

مقاله علمی – پژوهشی:

مدل‌سازی پراکنش ماهی سفید (*Rutilus kutum* Nordmann, 1840) تحت تأثیر تغییرات اقلیمی در بازه‌های زمانی ۳۰ و ۶۰ سال آینده

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

*hmostafaviw@gmail.com; mosavii.h@gmail.com

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

تاریخ دریافت: آبان ۱۴۰۲ تاریخ پذیرش: آذر ۱۴۰۲

چکیده

با افزایش فعالیت‌های صنعتی بشر در مسیر پیشبرد اهداف اقتصادی-رفاهی، زیستگاه‌های طبیعی در سراسر جهان فشارهای بسیاری را به‌واسطه تغییر در سیستم اقلیم متحمل شده‌اند که از پیامدهای این رویداد می‌توان به انقراض گونه‌ها و کاهش تنوع‌زیستی در مقیاس جهانی اشاره نمود. در این راستا، ارزیابی تهدیدات حاصل از تغییرات ایجاد شده در اکوسیستم‌ها، نقش ویژه‌ای در مدیریت و حفاظت از آنها ایفاء خواهد کرد. در مطالعه حاضر، پراکنش آینده ماهی‌سفید (*Rutilus kutum*) به عنوان یک گونه اقتصادی-خوراکی با ارزش، تحت اشرایط قلیمی خوش‌بینانه و بدبینانه در سال‌های ۲۰۵۰ و ۲۰۸۰ با استفاده از مدل مکسنت پیش‌بینی شده است. در این مطالعه، از مجموعه داده‌های جمع‌آوری شده از نویسندگان و منابع علمی مختلف در دسترس مربوط به یک بازه زمانی ۵۰ ساله (۱۹۷۰-۲۰۲۰میلادی) استفاده گردید. همچنین متغیرهای محیطی و اقلیمی مورد استفاده در مدل‌سازی از سایت www.worldclim.org استخراج و تهیه گردیدند. نتایج نشان داد، عملکرد مدل در پیش‌بینی پراکنش گونه براساس معیار AUC[۱]، عالی (۰/۹۴۶) ارزیابی شد. به‌علاوه، نتایج مدل‌سازی نشان داد که پراکنش این گونه در تمامی سال‌ها و شرایط اقلیمی خوش‌بینانه و بدبینانه، به صورت قابل‌توجهی کاهش پیدا خواهد کرد. با توجه به این‌که ماهی‌سفید در سبد غذایی جوامع محلی از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است، از این‌رو کاهش پراکنش آن در آینده می‌تواند تهدیدی برای امنیت غذایی و معیشت جامعه محسوب گردد. در نتیجه، حفاظت از این گونه، نیازمند برنامه‌ریزی‌های فوری، تصمیمات قابل‌اجرا و اقدامات مؤثر در خصوص حفظ و بازسازی رودخانه‌ها، کنترل اثرات منفی تغییر اقلیم و تلاش در جهت کاهش عوامل شتاب‌دهنده این پدیده بحرانی است.

لغات کلیدی: اقلیم، امنیت غذایی، مکسنت، حفاظت، دریای خزر، ماهی‌سفید

*نویسنده مسئول

[1] Area Under the Curve

[Downloaded from isfj.ir on 2026-06-27]

مقدمه

حفاظت از آبها و آبزیان ساکن در آنها، امری بسیار ضروری است زیرا پایداری تنوع‌زیستی اکوسیستم‌های آبی، به تعدد و گوناگونی موجودات و زیستگاه‌ها وابسته است (Abbasi *et al*., 2023; Mousavi-Sabet *et al*., 2023) و از دست‌رفتن این تنوع، اثرات نامطلوب بسیاری بر جنبه‌های مختلف زندگی انسان و سایر موجودات خواهد داشت (Mostafavi *et al*., 2017; Makki *et al*., 2023a). از دهه‌ها پیش، با ظهور تکنولوژی‌های جدید و توسعه صنعتی در جهان، شاهد رخدادهای متنوع در نقاط مختلف دنیا هستیم که موجبات تخریب محیط‌زیست و کاهش تنوع را در اکوسیستم‌ها فراهم آورده‌اند (Raven, 2020). برای مثال، تغییر اقلیم یکی از مهم‌ترین وقایع حال حاضر در دنیاست که از سال‌ها پیش آغاز شده و هم‌اکنون به اوج خود رسیده است. به عبارت دیگر، زیاده‌خواهی بشر بدون توجه به توان طبیعت منجر به استفاده بیشتر از سوخت‌های فسیلی و افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای شده که در نهایت باعث افزایش گرمای جهانی و تغییر در سیستم اقلیم گشته است (Ramanathan, 2020). با افزایش دما و تغییر الگوهای آب و هوایی، گونه‌ها به دنبال یافتن شرایط مطلوب جهت ادامه زندگی، مجبور به مهاجرت به سمت زیستگاه‌های جدید می‌شوند (Mostafavi and Kambouzia, 2019). از سوی دیگر، با تخریب محیط و کاهش منابع غذایی رقابت بین موجودات افزایش پیدا کرده است و در نهایت ممکن است همه این عوامل موجبات کاهش جمعیت یا حذف برخی گونه‌هایی که از توانایی کمتری نسبت به سایرین برخوردارند، فراهم نماید (Abbasi *et al*., 2023; Mousavi-Sabet *et al*., 2023).

هشدارهای محققین در خصوص پیامدهای مخرب تغییر اقلیم از گذشته تا حال حاضر، همواره وجود داشته (Meyers and Bull, 2002; Buisson and Grenouillet, 2009; Farmer, 2015; Pletterbauer *et al*., 2018; Ramanathan, 2020; IPCC, 2022) اما متاسفانه تا به امروز اقدامات قابل‌توجهی در راستای کاهش عوامل مسبب این پدیده به‌خصوص در ایران صورت نگرفته است. از جمله اقدامات مهم در جهت حفاظت از گونه‌ها، ارزیابی تهدیداتی است که ممکن است در آینده به‌واسطه تغییرات محیطی با آن مواجه شوند که به عنوان قدم اول در مسیر اقدامات حفاظتی، امری بسیار ضروری است. در این راستا، مدل‌سازی پراکنش گونه یا به اختصار SDM[1] یک تکنیک کاربردی و مؤثر است که با کمک آن و با استفاده از داده‌های اقلیمی، محیطی و موقعیت فعلی گونه‌ها، می‌توان مدلی از پراکنش آنها در آینده پیش‌بینی و با شناخت ایجاد شده، برای مدیریت آنها برنامه‌ریزی کرد (Phillips *et al*., 2017). در واقع، از طریق این پیش‌بینی، تغییرات محدوده پراکنش (کاهش، افزایش، ثابت) گونه‌ها در سال‌های آینده مشخص خواهد شد (Borshchev and Grigoryev, 2020; Makki *et al*., 2023b).

بر اساس آخرین چک‌لیست ارائه شده، در آبهای داخلی ایران ۲۹۲ گونه ماهی در ۱۰۶ جنس و ۳۶ خانواده و ۲۴ راسته و ۳ کلاس گزارش شده است (Eagderi *et al*., 2022). گوناگونی و تنوع گونه‌های جانوری در کشور عمدتاً به تنوع بالای زیستگاه در آن نسبت داده می‌شود (Vasil′eva *et al*., 2015; Mousavi-Sabet *et al*., 2023). یکی از این گونه‌ها که در حوضه آبریز خزر یافت می‌شود، ماهی‌سفید (*Rutilus kutum* Nordmann, 1840) و متعلق به خانواده Leuciscidae است (Eagderi *et al*., 2022). این ماهی یک گونه اقتصادی-تغذیه‌ای و مهاجر بوده (Keivany *et al*., 2016) که دارای دو مهاجرت بهاره (اسفند-اردیبهشت) و پاییزه (مهر-آذر) است (Abbasi *et al*., 2016) و قبل از این‌که تغییرات محیطی مانع از مهاجرت آن شود، معمولاً به ارتفاع حدود ۱۰۰۰ متری می‌رسد (Coad, 2021). ماهی سفید یکی از با ارزش‌ترین گونه‌های ماهیان استخوانی حوضه خزر به‌شمار می‌رود (Abbasi *et al*., 2023; Gorouhi and Muousavi-Sabet, 2023). طبق آمار ارائه شده از Iranian Fisheries Organization (۲۰۲۲) میزان صید ماهیان استخوانی در آبهای شمال کشور ۱۳۳۹۶ تن بوده که از این میزان، صید سالانه این ماهی حدود ۵-۴ هزار تن برآورد شده است. به‌علاوه، بررسی ترکیب صید نشان داده است که ماهی‌سفید حدود ۵۰ درصد از کل میزان صید ماهیان استخوانی و بیش از ۶۰ درصد از کل درآمد

[1] Species Distribution Modelling

[Downloaded from isfj.ir on 2026-06-27]

صیادان را در سواحل شمال ایران به‌خود اختصاص می‌دهد (Sarpanah *et al*., 2022). در ایران، مطالعات مختلفی در خصوص ابعاد مختلف زیستی ماهی‌سفید انجام پذیرفته (Naderi Jolodar *et al*., 2013; Kohestan-Eskandari *et al*., 2014; Abbasi *et al*., 2015; Bavand Savadkouhi and Khara, 2017; Farhang and Eagderi 2019; Sattari *et al*., 2019; Moezzi *et al*., 2023; Gorouhi and Mousavi-Sabet, 2023) اما تا کنون اثر تغییر اقلیم بر گستره پراکنش این ماهی مورد ارزیابی قرار نگرفته است. بنابراین، با توجه به اهمیت و نقش ویژه این ماهی در سلامت و اقتصاد جامعه، ارزیابی وضعیت پیش‌رو و شناسایی تهدیدهای آینده در خصوص این گونه بسیار حائز اهمیت است و به حفظ امنیت غذایی در جامعه کمک شایانی خواهد نمود. لذا، مطالعه حاضر با هدف پیش‌بینی گستره پراکنش ماهی‌سفید تحت شرایط 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 حوضه آبریز خزر جنوبی انجام شده است. داده‌های توزیع گونه به صورت داده‌های حضور (مکان‌های ثبت‌شده که گونه در آن مشاهده شده است) برای تعیین اثر تغییر اقلیم بر پراکنش ماهی‌سفید مورد استفاده قرار گرفت. در ابتدا، پنج متغیر اقلیمی شامل میانگین دمای سالانه (BIO1)، حداکثر دمای گرم‌ترین ماه سال (BIO5)، حداقل دمای سردترین ماه سال (BIO6) محدوده دمای سالانه (BIO7)، میزان بارش سالانه (BIO12)، و سه متغیر محیطی شامل شیب[1] جریان تجمعی[2] و عرض رودخانه[3] برای این مطالعه از سایت‌های معتبر استخراج و تهیه گردیدند. سپس آزمون همبستگی اسپیرمن جهت بررسی عدم همبستگی خطی بین متغیرها انجام شد که بر این اساس، دو متغیر که دارای همبستگی بالای ۷۵٪ بودند، یکی از آنها با توجه به نظر کارشناسی حذف شد (Makki *et al*., 2023 a,b). در مطالعه حاضر، پس از آزمون همبستگی، ۵ متغیر برای تجزیه‌وتحلیل بیشتر انتخاب شدند که شامل: میانگین دمای سالانه (BIO1)، محدوده دمای سالانه (BIO7)، میزان بارش سالانه (BIO12)، شیب و جریان تجمعی، بودند (جدول ۱). متغیرهای اقلیمی برای مدل‌سازی آینده براساس شرایط اقلیمی RCP 2.6 (تا پایان ۲۱۰۰ میزان غلظت دی‌اکسید کربن ppm ۶۵۰، میزان جمعیت ۸/۷ میلیارد نفر) به عنوان شرایط خوش‌بینانه و شرایط اقلیمی RCP 8.5 (تا پایان ۲۱۰۰ میزان غلظت دی اکسید کربن ppm۱۳۷۰، میزان جمعیت ۱۲ میلیارد نفر) به عنوان شرایط بدبینانه (IPCC, 2014) و مدل اقلیمی گردش عمومی جو (GCMs) در دو مقیاس زمانی ۲۰۵۰ و ۲۰۸۰ از سایت www.worldclim.org تهیه و در محیط نرم‌افزاری ArcGIS ver. 10.8 آماده و ویرایش شدند.

داده‌های پراکنش این گونه مربوط به سری زمانی ۲۰۲۰-۱۹۷۰ میلادی است که نویسندگان آنها را جمع‌آوری و از منابع علمی مختلف (مانند Makki *et al*., 2023 a,b که خود از منابع متنوع تهیه شد)، استخراج گردیدند. در ابتدا داده‌ها به دو دسته داده‌های واسنجی[4] جهت مدل‌سازی و داده‌های آزمون[5] 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 v3.2.3 (R Core T.E.A.M., 2018) و بسته نرم‌افزاری dismo v1.1-4 (Hijmans *et al*., 2017) انجام شد. حداکثر آنتروپی (MaxEnt) روشی است که حضور یک گونه را بر اساس نقاط حضور و متغیرهای زیست‌محیطی پیش‌بینی می‌کند (Lissovsky and Dudov, 2021). این مدل در واقع، ترکیبی از یادگیری ماشین و شبکه عصبی است. به عبارت دیگر، مدل مکسنت برای یک گونه به‌وسیله تعدادی لایه زیست‌محیطی متعدد همراه با تعدادی نقاط حضور گونه به‌دست می‌آید و مطلوبیت هر سلول در زیستگاه را به صورت تابعی از متغیرهای زیست‌محیطی بیان می‌نماید.

[1] Slope
[2] Flow accumulation
[3] River width
[4] Calibration data
[5] Test set

[Downloaded from isfj.ir on 2026-06-27]

جدول ۱: متغیرهای استفاده شده در مدل‌سازی پراکنش ماهی‌سفید و منبع استخراج آنها

Table 1: Variables used in modeling of *Rutilus kutum* distribution and their extraction source

References	Percent	Variables
(www.worldclim.org)	6.5	Mean annual temperature
	6.83	Annual temperature range
	6.3	Mean annual precipitation
(http://hydro.iis.u-tokyo.ac.jp/~yamadai/MERIT_Hydro/)	3.0	Flow Accumulation
(www.isric.org www.worldgrids.org)	9.6	Slope

همچنین جهت ارزیابی صحت عملکرد مدل و نتایج مدل‌سازی، ناحیه زیر منحنی (AUC) (جدول ۲) منحنی مشخصه عملکرد سیستم (ROC) محاسبه گردید (Elith *et al*., 2006). دامنه AUC بین ۰ و ۱ است که مقادیر کمتر از ۰/۵ عملکرد پیش‌بینی تصادفی و مقادیر ۱ با پیش‌بینی کامل را نشان می‌دهند (Phillips *et al*., 2017). در واقع، 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 Jackknife مشخص گردید. در نهایت پس انجام مدل‌سازی، نتایج تحلیل و نقشه پراکنش ماهی‌سفید در حوضه آبریز خزر تحت شرایط اقلیمی در سال‌های ۲۰۵۰ و ۲۰۸۰ فراهم شد.

جدول ۲: طبقه‌بندی کمی و کیفی عملکرد مدل بر اساس شاخص AUC

Table 2: A quantitative and qualitative classification of model performance based on the AUC index

Model performance	value AUC
Very Poor	0.6-0.7
Poor	0.7-0.8
Good	0.8-0.9
Excellent	0.9-1

نتایج

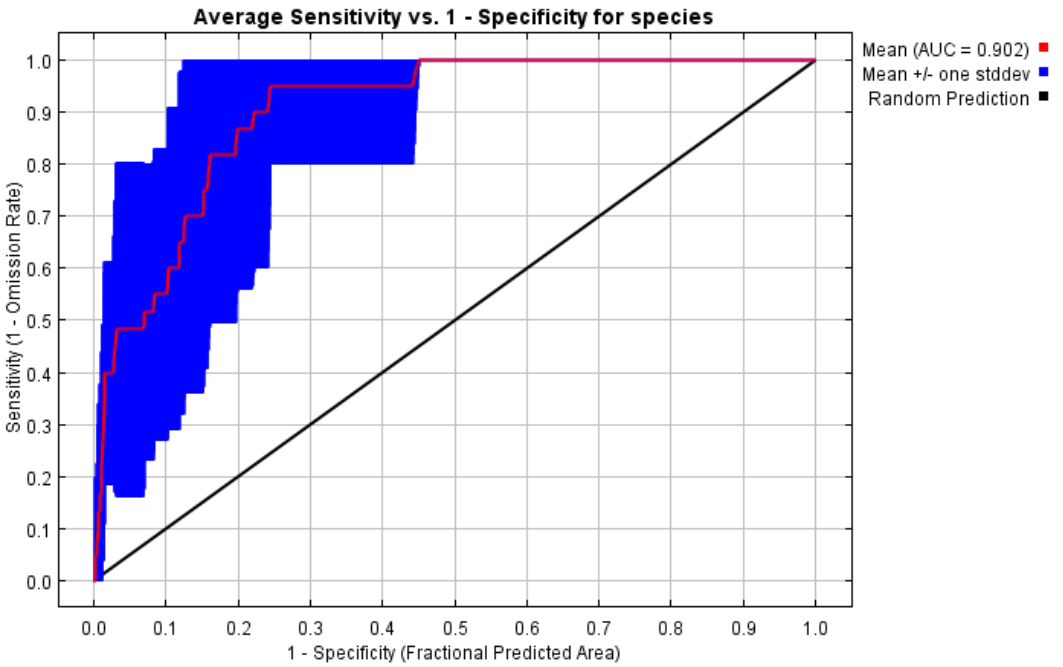
بر اساس نتایج به‌دست آمده، عملکرد مدل Maxent در پیش‌بینی پراکنش ماهی‌سفید، با توجه به مقدار AUC (۰/۹۴۶) در سطح عالی قرار گرفت (شکل ۱). به‌علاوه، رابطه متغیرهای محیطی در ارتباط با پراکنش گونه در شکل ۲ به‌خوبی نشان داده شد. نتایج مدل‌سازی نشان داد که مهم‌ترین متغیر در توزیع این گونه، محدوده دمای سالانه[1] است (شکل‌های ۲ و ۳).

با توجه به شکل ۴ نتایج مدل‌سازی نشان می‌دهد که تحت تأثیر تغییرات اقلیم، در تمام سال‌ها و شرایط اقلیمی خوش‌بینانه (RCP 2.6) و بدبینانه (RCP 8.5) و در هر دو مقیاس زمانی (۲۰۵۰ و ۲۰۸۰) میزان کاهش محدوده پراکنش ماهی‌سفید بیشتر از میزان افزایش محدوده پراکنش آن بوده است. با این‌حال، درصد این کاهش تحت شرایط اقلیمی بدبینانه و در هر دو سری زمانی بیشتر از درصد کاهش در شرایط اقلیمی خوش‌بینانه (۲۰۵۰ و ۲۰۸۰) ارزیابی شد.

بر اساس داده‌های جدول ۳، محدوده پراکنش ماهی‌سفید در هر دو شرایط اقلیمی (RCP 2.6 و RCP 8.5) در سال‌های ۲۰۵۰ و ۲۰۸۰ به صورت قابل‌توجهی کاهش پیدا خواهد کرد. در این خصوص، بیشترین درصد کاهش معادل ۹۶/۳۰ درصد تحت شرایط اقلیمی RCP 8.5 در سال ۲۰۸۰ پیش‌بینی شد (جدول ۲).

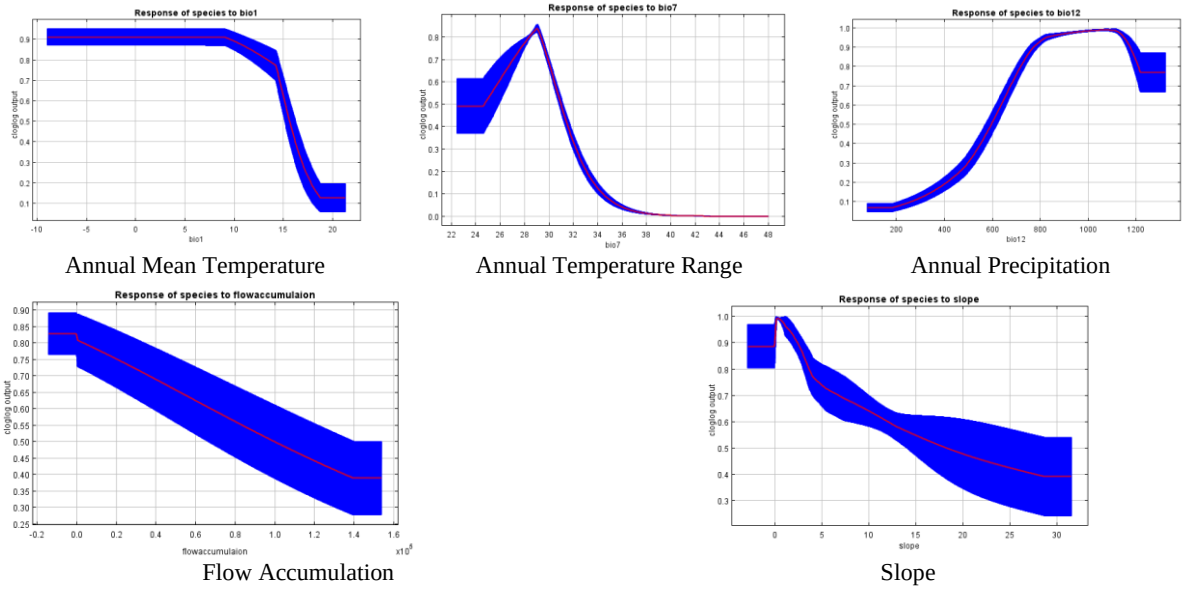
[1]Temperature annual range

[Downloaded from isfj.ir on 2026-06-27]



شکل ۱: نمودار ارزیابی عملکرد مدل مکسنت در پیش‌بینی پراکنش ماهی‌سفید. (Sensivity= حساسیت، Specifity= اختصاصیت، Omission= میزان حذف)

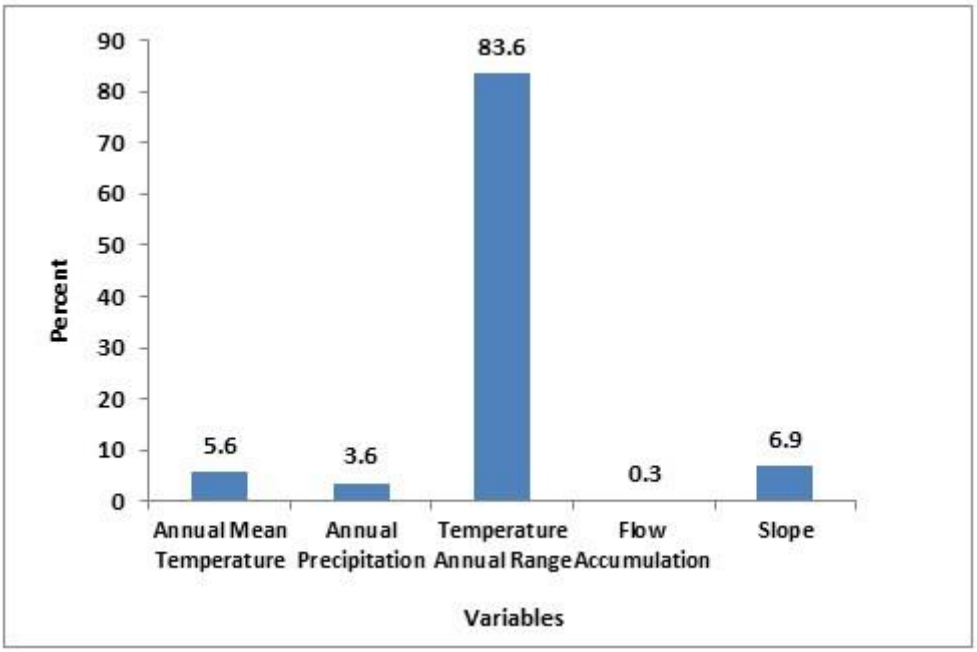
Figure 1: Receiver operating characteristic (ROC) curve and AUC index



شکل ۲: منحنی پاسخ متغیرها در ارتباط با پراکنش ماهی‌سفید

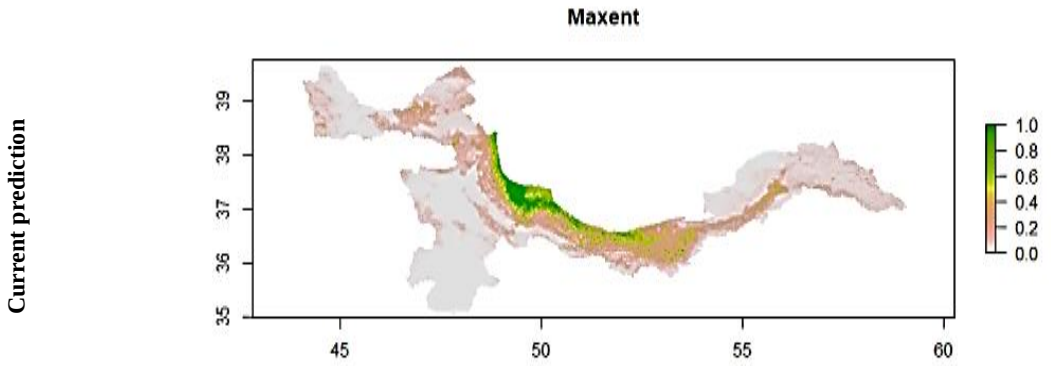
Figure 2: Response curve of environmental variables concerning distribution of *Rutilus kutum*

[Downloaded from isfj.ir on 2026-06-27]



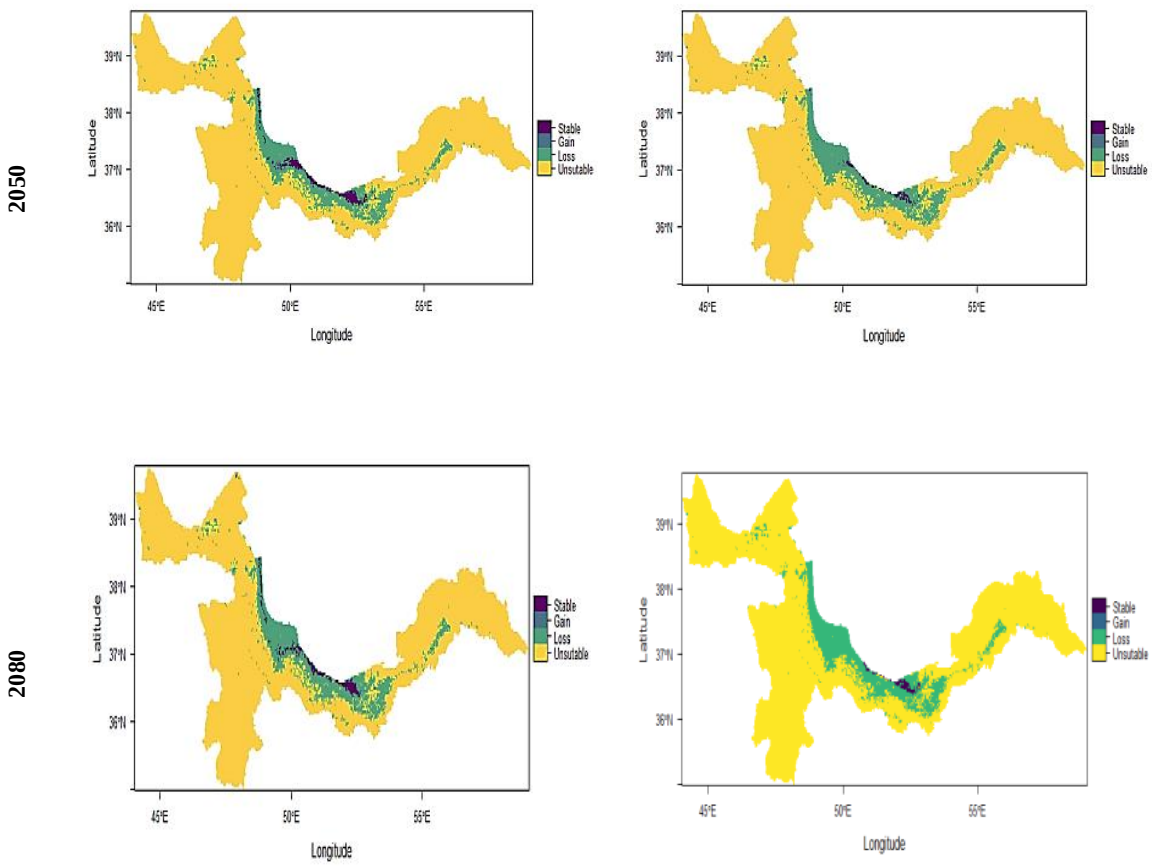
شکل ۳: میزان اهمیت متغیرهای تأثیرگذار در پراکنش ماهی‌سفید

Figure 3: Variables importance for distribution of *Rutilus kutum*



Optimistic (RCP 2.6) **Pessimistic (RCP 8.5)**

[Downloaded from isfj.ir on 2026-06-27]



شکل ۴: نتایج مدل‌سازی اثر تغییر اقلیم بر توزیع ماهی‌سفید در دو مقیاس زمانی ۲۰۵۰ و ۲۰۸۰ میلادی و تحت شرایط اقلیمی خوش‌بینانه (RCP2.6) و بدبینانه (RCP8.5)

Figure 4: Results of modeling the effect of climate change on distribution of species *Rutilus kutum* under different climate change scenarios (RCP2.6 and RCP8.5) for 2050 and 2080

جدول ۳: درصد کاهش، افزایش و میزان تغییرات پراکنش ماهی‌سفید تحت شرایط اقلیمی در سال‌های ۲۰۵۰ و ۲۰۸۰

Table 3: Percentage of gain, loss, and range change of species under scenarios for 2050 and 2080

RCP 8.5		RCP 2.6		Climate scenarios
2080	2050	2080	2050	Time period
0.02	0.05	0.35	0.29	Loss (%)
96.30	95.47	89.38	86.79	Gain (%)
-96.28	-95.42	-89.03	-86.50	Range of change in distribution

بحث

بر اساس یافته‌های مطالعه حاضر، تحت تأثیر تغییرات اقلیمی محدوده پراکنش ماهی‌سفید در دوره‌های زمانی ۳۰ و ۶۰ سال آینده به صورت قابل‌توجهی کاهش پیدا خواهد کرد. به عبارت دیگر، گستره زیستگاهی این ماهی محدود خواهد شد. با رجوع به نقشه‌های حاصل از مدل‌سازی به‌نظر

[Downloaded from isfj.ir on 2026-06-27]

می‌رسد که ماهی‌سفید در بسیاری از رودخانه‌های حوضه آبریز خزر سایت‌های مطلوب بسیاری را از دست خواهد داد[1] و هیچ زیستگاه جدید[2] قابل‌ملاحظه‌ای برای این گونه شکل نخواهد گرفت. با نظر به نقش و اهمیت ویژه این ماهی در تأمین بخش مهمی از پروتئین مصرفی جامعه و جایگاهی که در کسب درآمد صیادان دارد، با کاهش زیستگاه و در نتیجه کاهش زی‌توده این گونه با ارزش و بازارپسند، نگرانی‌ها در خصوص کمبود عرضه آن در آینده بیشتر خواهد شد. بنابراین، حفظ جایگاه این ماهی در سفره غذایی جوامع، توجه و تلاش بیشتر از آنچه که در جریان است را از سوی سازمان مربوطه می‌طلبد. از سوی دیگر، با رشد جمعیت در آینده تقاضای جامعه برای انواع مواد غذایی از جمله آبزیان، با افزایش مواجه خواهد شد. به عبارت دیگر، نیاز به افزایش تولید و عرضه منابع غذایی یکی از پیامدهای حاصل از رشد جمعیت در یک منطقه به‌شمار می‌رود. بر اساس شواهد موجود مبنی بر کاهش شدید تعداد ماهیان آب شیرین به دلیل افزایش دما، کاهش منابع آبی، تخریب زیستگاه‌ها، خشک شدن رودخانه‌ها، و سایر عوامل مؤثر در این خصوص، احتمالا در سال‌های آینده جامعه با کمبود انواع ماهیان خوراکی و کاهش عرضه این منابع غذایی با ارزش مواجه خواهد شد (Mousavi-Sabet *et al*., 2023). در نتیجه، علاوبر این‌که میزان دسترسی جوامع به منابع آبزی محدود می‌گردد، افزایش قیمت این محصولات نیز دور از انتظار نیست (Gitz *et al*., 2016). بنابراین، ایجاد یک چالش اقتصادی و تهدید امنیت غذایی از تبعات مهم این اتفاق در جامعه خواهند بود. بر اساس آمار ارائه شده از Iranian Fisheries Organization (۲۰۲۲) مصرف سرانه آبزیان در کشور در سال ۱۴۰۱ به حدود ۱۴/۱ کیلوگرم رسیده است که نسبت به ۴ سال گذشته بیش از ۱۶ درصد رشد نشان می‌دهد. همچنین در این سال، حدود ۷/۱۴ گرم از پروتئین حیوانی روزانه مصرفی جامعه از طریق آبزیان تامین شده است. بنابراین، اهمیت این موضوع که افزایش تقاضای جامعه برای آبزیان معلول تولید و عرضه بیشتر آنها بوده، یکی از مهم‌ترین نتایج آمار ارائه شده است. طبق یافته‌ها، در سال ۱۴۰۱ صید آبزیان در آبهای شمال کشور ۳۲۵۱۵ تن بوده که در این میان سهم ماهیان استخوانی درشت ۱۳۳۹۶ تن بوده که نسبت به سال گذشته ۳۶۸۳ تن افزایش داشته است (Iranian Fisheries Organization, 2022). همچنین در سال ۱۴۰۱ این سازمان اقدام به تولید و رهاسازی حدود ۲۲۹ میلیون قطعه بچه ماهی‌سفید به منظور بازسازی ذخایر در منابع آبی کشور نموده است تا به این واسطه با افزایش میزان زی‌توده این ماهی در محیط‌های طبیعی، فراوانی این گونه حفظ شده و به تقاضای جامعه پاسخ داده شود. از سوی دیگر، اهمیت ماهی‌سفید در بخش صید و صیادی و اقتصاد جامعه بومی بسیار ویژه و مهم است. زیرا طبق آمار، حدود ۲۴۹ هزار نفر به طور مستقیم در زیربخش شیلات به فعالیت مشغول بوده‌اند که در این میان، تعداد صیادان در محدوده آبهای شمال ۹۵۶۲ نفر بوده که این افراد برای تامین معاش خود به زیربخش شیلات وابسته هستند. با توجه به این‌که این گونه یک ماهی مهاجر است و بخشی از زندگی خود را در رودخانه سپری می‌کند، حفظ شرایط مطلوب در رودخانه‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Gorouhi and Mousavi-Sabet, 2023). به گفته محققین، وجود موانع (پل) در مسیر حرکت، صید بی‌رویه در فصل مهاجرت (به‌وسیله افراد محلی)، تخریب بستر رودخانه (برداشت شن و ماسه)، از جمله عوامل تأثیرگذار بر فراوانی این گونه در رودخانه‌های مختلف هستند (Abbasi *et al*., 2023; Mousavi-Sabet *et al*., 2023). در نتیجه، این ماهی فرصت کمتری برای رسیدن به قسمت بالادست رودخانه پیدا خواهد کرد. بنابراین، باید موانع و مشکلات در مسیر مهاجرت این گونه کاهش داده شود و با استراتژی‌های حفاظتی منطبق در هر منطقه حرکت آن را در رودخانه تسهیل نمود (Mostafavi *et al*., 2022). نقشه‌های حاصل از مدل‌سازی در این تحقیق، بیانگر این واقعیت است که طی سال‌های پیش‌رو در اثر پیامدهای اقلیمی، شرایط مطلوب جهت مهاجرت ماهی‌سفید وجود نخواهد داشت و در نتیجه، این ماهی نخواهد توانست در مسیر خود فاصله بیشتری را به سمت بالادست رودخانه طی کند. بنابراین، در کنار عوامل مذکور فوق (صید و صیادی، موانع)، عامل تغییر اقلیم نیز می‌تواند به‌واسطه کاهش زیستگاه مطلوب باعث کاهش

[1] Loss
[2] Gain

[Downloaded from isfj.ir on 2026-06-27]

حضور این ماهی در رودخانه‌ها گردد (Abbasi *et al*., 2023; Mousavi-Sabet *et al*., 2023). به عبارت دیگر، همه این عوامل به طور جداگانه و در یک جهت مشترک، موجبات کاهش این گونه را در طبیعت فراهم خواهند نمود. Yousefian (۲۰۱۱) مهاجرت تخم‌ریزی ماهی‌سفید را در رودخانه شیرود که مهم‌ترین رودخانه برای تولید این گونه در ایران است، مورد بررسی قرار داد. براساس این پژوهش، تعداد ماهیان مهاجر با عواملی ازجمله، دمای آب، آب و هوا، دلتای رودخانه و وضعیت امواج دریا در ارتباط است. به‌گفته محققین، ساختار بستر رودخانه و عمق، پارامترهای مهمی در انتخاب زیستگاه برای ماهی سفید هستند (Haghi Vayghan *et al*., 2013).

در خصوص اثر تغییر اقلیم بر ماهیان، Tabasinezhad و همکاران (۲۰۲۳) مطالعه‌ای با هدف پیش‌بینی پراکنش آینده ماهی آمورچه (*Pseudorasbora parva*) ساکن در رودخانه‌های حوضه آبریز خزر انجام گرفت که بر مبنای نتایج مدل‌سازی (مدل مکسنت) پراکنش گونه مورد مطالعه در آینده به صورت قابل‌توجهی افزایش پیدا خواهد کرد. در پژوهش Hejazi و همکاران (۲۰۲۳) محدوده پراکنش گروه گونه *Capoeta damascina* تحت شرایط اقلیمی (خوش‌بینانه و بدبینانه) مورد ارزیابی قرار گرفت. طبق نتایج، گستره پراکنش این ماهی در سال‌های آینده به شکل قابل‌توجهی کاهش پیدا خواهد کرد. در واقع، عوامل متعددی در خصوص افزایشی و کاهشی بودن گستره پراکنش ماهیان در سال‌های آینده دخیل خواهند بود که مهم‌ترین آن شامل توان ذاتی گونه‌ها در مقابله با تغییر شرایط محیطی است (Makki *et al*., 2023b).

طبق نتایج این مطالعه، کاهش گستره پراکنش ماهی‌سفید در آینده می‌تواند بر سفره غذایی بسیاری از جوامع محلی تأثیر منفی داشته باشد. بنابراین، جهت حفاظت از این گونه با ارزش و حفظ امنیت غذایی، لازم است که تدابیر، سیاست‌گذاری‌ها و اقدامات کارآمد در خصوص کنترل تغییر اقلیم و حفاظت از رودخانه‌ها اتخاذ گردد. همچنین در این راستا، می‌توان با افزایش آگاهی و دخیل‌کردن مردم محلی در حفاظت از رودخانه‌ها، به مقاصدی همچون فرهنگ‌سازی و حفاظت بیشتر از این اکوسیستم‌ها و ماهیان دست یافت. از سوی دیگر، بخش‌های مربوطه علاوه بر موارد مذکور، باید بر افزایش تولید و بهره‌برداری پایدار ضمن رعایت اصول اکولوژیک تمرکز بیشتری داشته باشند. به‌علاوه، در راستای کاهش اثرات تغییر اقلیم در سطح محلی، دولت‌ها برای مثال، می‌توانند بر ایجاد مناطق حفاظت‌شده (Liu and Gao, 2020)، جلوگیری از تخریب زیستگاه‌هایی که مستعد مهاجرت گونه‌ها هستند، رفع موانع، ایجاد دالان‌های مهاجرتی، احیاء زیستگاه‌های از بین رفته و از این قبیل، تمرکز نمایند (Mousavi-Sabet *et al*., 2023) که در آن حیات وحش آسیب‌پذیر بتوانند در برابر رویدادهای شدید اقلیمی پناه بگیرند و در عین حال، از مناطق مهم زیستگاهی در برابر توسعه فعالیت‌های انسانی محافظت شود (Schmutz *et al*., 2018; Mostafavi *et al*., 2022). در سطح جهانی، دولت‌ها باید بر اقداماتی مانند، سرمایه‌گذاری در منابع تجدیدپذیر و اجرای طرح قیمت‌گذاری کربن تمرکز نمایند تا از این طریق با کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در جو، به کند شدن گرمایش جهانی در طول زمان کمک گردد (Pletterbauer *et al*., 2018; IPCC, 2022).

منابع

Abbasi, K., Moradi, M., Abdolmaleki, S., Fadayi, B., Kaymaram, F. and Ghasemi, S., 2015. Study of staying time of released kutum, *Rutilus kutum* fingerlings in Sefidrud River. *The Third Iranian Conference of Ichthyology, Shiraz University, Shiraz* (May 2015), pp. 6-7.[In Persian].

Abbasi, K., Abdolmaleki, Sh., Kaimaram, F., Parafkandeh, F., Moradi, M., Fedayi, B., Sarpanah, A. N., Sabkara, J., Makaremi, M., Khatib, S., Ghane, A., Abedini, A., Daghigh Roohi, J. D., Yosefzad, E., Zahmatkesh, Y. A., Khedmati, K., Mirzajani, A. R., Babaei, H., Asgharnia, M., Mahisefat, F., Darvishi, S., Sayadrahim, M., Nikpoor, M., Noroozi, H.,

[Downloaded from isfj.ir on 2026-06-27]

Sadaghatkish, A., Khoshal, J., Mohsenpoor, H., Rastin, R., Madadi, F., Sayadokht, J. and Iranpoor, M. 2016. Biological survey of Caspian kutum (*Rutilus kutum*) released fingerlings in Sefidroud river (Guilan Province). *AquaDocs*. [In Persian] https://aquadocs.org/handle/1834/13958?locale-attribute=es.

Abbasi, K., Mirzajani A. and Moradi, M., 2023. Diversity and abundance of fish in the Sefidroud River. *Iranian Scientific Fisheries Journal*, 32(3): 1-12. [In Persian]. DOI: .2023.129719ISFJ1

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

Bavand Savadkouhi, E. and Khara, H., 2017. Effect of age on reproductive performance of Kutum, *Rutilus kutum* (Nordmann, 1840) in Shirood River, the southern coast of the Caspian Sea. *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 15(30):205-212. Retrieved from: http://hdl.handle.net/1834/10532

Borshchev, A. and Grigoryev, I., 2020. Big Book of Simulation Modeling, Multimethod Modeling with AnyLogic 8. [Sl]: Anylogic

Buisson, L. and Grenouillet, G., 2009. Contrasted impacts of climate change on stream fish assemblages along an environmental gradient. *Diversity and Distributions*, 15:613-626. DOI:10.1111/j.1472-4642.2009. 00565.x

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

Eagderi, S., Mouludi-Saleh, A., Esmaeili, 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*, 46:500-522. DOI:10.55730/1300-0179.3104

Elith, J.H., Graham, C.P., Anderson, R., Dudı´k, M., Ferrier, S. and Guisan, A., 2006. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Journal of Ecography*, 29:129–151.DOI:10.1111/j.2006.0906-7590.04596.x

Farhang, P. and Eagderi, S., 2019. Skeletal ontogeny of the caudal complex in Caspian kutum, *Rutilus kutum* (Kamensky, 1901) (Teleostei: Cyprinidae) during early development. *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 17:113-119.

Farmer, G.T., 2015. *Modern climate change science: an overview of today's climate change science* (pp. 32-34). Berlin: Springer.

Gitz, V., Meybeck, A., Lipper, L., Young, C.D. and Braatz, S., 2016. Climate change and food security: risks and responses. *Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) Report*, 110(2). https://www.fao.org/3/i5188e/i5188e.pdf

Gorouhi, D. and Mousavi-Sabet, H., 2023. Comparison of morphological and reproductive indices of spring and autumn migratory populations of Mahi sefid (*Rutilus kutum*) to Anzali lagoon. *Aquatic Physiology*

[Downloaded from isfj.ir on 2026-06-27]

and Biotechnology, 11(2):72-94. [In Persian]. DOI:10.22124/JAPB.2022.22921.1483

Haghi Vayghan, A., Poorbagher, H., Taheri Shahraiyni, H., Fazli, H. and Nasrollahzadeh Saravari, H., 2013. Suitability indices and habitat suitability index model of Caspian kutum (*Rutilus kutum*) in the southern Caspian Sea. *Aquatic Ecology*, 47:441- 451. DOI:10.1007/s10452-013-9457-9

Hejazi, M., Rahmani, R., Vatandoost, S., Mostafavi, H. and Babaei Kafaki, S., 2023. Prediction of climate change impact on *Capoeta damascina* species group in Central Zagros, Iran. *International Journal Aquatic Biology*, 11(4):354-362. DOI:10.22034/ijab. v11i4.1498

Hijmans, R.J., Phillips, S., Leathwick, J. and Elith, J., 2017. dismo: Species distribution modeling. R package version, 1(4), 1 P.

Hosmer, D.W., Lemeshow, S. and Sturdivant, R.X., 2013. Applied logistic regression (Vol. 398). (pp. 49–58) John Wiley & Sons. Hoboken, New Jersey, USA

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2014. Climate change 2014: Impacts adaptation & vulnerability: Working group II contribution to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA

IPCC, 2022. Summary for Policymakers [H.O. Pörtner, D.C. Roberts, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, M. Tignor, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem (eds.)]. In: *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 3-33, DOI:10.1017/9781009325844.001.

Iranian Fisheries Organization, 2022. Statistical Yearbook of Iranian Fisheries Organization (2017-2022). Planning and Statistics Department, Program and Budget Office, Iran. 33 P. [In Persian]

Keivany, Y., Nasri, M., Abbasi, K. and Abdoli A., 2016. Atlas of Inland Water Fishes of Iran. Iran Department of Environment Press, Iran. 234 P. [In Persian]

Kohestan-Eskandari, S., Anvarifar, H., Mousavi-Sabet, H., Yousefi, M. and Khanzade, M., 2014. A morphology-based hypothesis for homeward migration success and population differentiation in the anadromous *Rutilus kutum* (Pisces: Cyprinidae) along the southern Caspian Sea, Iran. *Folia Zoological*, 63:151–160.DOI:10.25225/fozo. v63.i3.a2.2014

Lissovsky, A.A. and Dudov, S.V., 2021.. Species-distribution modeling: advantages and limitations of its application. 2. MaxEnt. *Biology Bulletin Reviews*, 11(3), pp. 265-275.

Liu, Q. and Gao, J., 2020.. Public health co-benefits of reducing greenhouse gas emissions. In :W.K. Al-Delaimy (Ed.), *Health of People, Health of Planet and Our*

[Downloaded from isfj.ir on 2026-06-27]

Mostafavi, H. and 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(1):73–81. DOI:10.22034/iji.v6i1.388

Mostafavi, H., Mehrabian, A.R., Teimori, A., Shafizade-Moghadam, H. and Kambouzia, J., 2021. The ecology and modelling of the freshwater ecosystems in Iran. In: Jawad, L.A. (Ed.), *Tigris and Euphrates rivers: Their environment from headwaters to mouth*, *Aquatic Ecology Series*. pp. 1149-1175. Springer, Cham.
DOI: 10.1007/978-3-030-57570-0_52

Mostafavi, H., Teimori A. and Hughes, R.M., 2022. Habitat and river riparian assessment in the Hyrcanian Forest Ecoregion in Iran: providing basic information for the river management and rehabilitation. *Environmental Monitoring and Assessment*, 194: 793.
DOI: 10.1007/s10661-022-10457-2

Mousavi-Sabet, H., Vasil'eva, E.D., Eagderi, S., Vasil'ev, V.P., Vatandoust, S. and Abbasi, K., 2023. Ichthyodiversity and abundance of fishes in Masule River, the southern Caspian Sea basin. *Journal of Aquaculture Sciences*, 11(20):185-197. [In Persian]

Naderi Jolodar, M., Salarvand, G., Abdoli, A., Fazli, H. and Eshraqi Nimvary, M., 2013. The feeding strategy of the Caspian Sea Kutum (*Rutilus kutum* Kamenski, 1901). *Journal of Applied Ichthyological Research*, 1:63-79. http://jair.gonbad.ac.ir/article-1-158-en.html. [In Persian].

Phillips, S.J., Anderson, R.P. and Schapire, R.E., 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological*

Responsibility: Climate Change, Air Pollution and Health (pp. 295-307). Springer Nature Switzerland AG.

Makki, T., Mostafavi, H., Matkan, A.A., Aghighi, H., Valavi, R., Chee, Y.E. and Teimori, A., 2023a. Impacts of climate change on the distribution of riverine endemic fish species in Iran, a biodiversity hotspot region. *Journal of Freshwater Biology*., 68(6):1007-1079. 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., 2023b. Predicting climate heating impacts on riverine fish species diversity in a biodiversity hotspot region. *Scientific Reports*, 13(1), 14347 P. DOI:10.1038/s41598-023-41406-9

Meyers, L.A. and Bull, J.J., 2002. Fighting change with change: adaptive variation in an uncertain world. *Trends in Ecology and Evolution*, 17:551-557. DOI:10.1016/S0169-5347(02)02633-2.

Moezzi, F., Poorbagher, H., Eagderi, S. and Feghhi, J., 2023. Comparing the performance of generalized linear model (GLM) and random forest (RF) models in predicting catch distribution of Caspian Kutum (*Rutilus kutum*). *Journal of Fisheries*, 76:27-38. DOI: 10.22059/JFISHERIES.2023.91491. [In Persian]

Mostafavi, H., Valavi, R., Rashidian, M. and Makki, T., 2017. Prediction climate change effects on the Iranian Sturgeon fishes (Acipenseridae) distribution under different climatic scenarios. The Fifth Iranian Conference of Ichthyology, Islamic Azad University of Babol, Iran. [In Persian]

[Downloaded from isfj.ir on 2026-06-27]

modelling, 190(3-4), pp.231-259. DOI:10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026.

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. DOI:10.1111/ecog.03049

Pletterbauer, F., Melcher, A.H. and Graf, W., 2018. Impact of climate change on the structure of fish assemblages in European rivers. *Hydrobiologia*, 744:235–254.

Ramanathan, V., 2020. Climate change, air pollution, and health: Shared origins, intertwined effects, and unified solutions. In W.K. Al-Delaimy (Ed.), *Health of People, Health of Planet and Our Responsibility: Climate Change, Air Pollution and Health*. pp. 49-59. Springer Nature Switzerland AG.

Raven, P.H., 2020. Biological extinction and climate change. In W.K. Al-Delaimy (Ed.), *Health of People, Health of Planet and Our Responsibility: Climate Change, Air Pollution and Health*. pp. 11-20. Springer Nature Switzerland AG.

RCore, T.E.A.M., 2016. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

Sarpanah, A., Abbasi, K., Khatib, S., Bagheri, S., Zahmatkesh, Y., Sabkara, J., Moradi, M. and Madadi, F., 2022. Study of seasonal feeding habit in kutum (*Rutilus kutum* Nordmann, 1840) fingerling in seawaters of Guilan Province. *Iranian Scientific Fisheries Journal*, 31(5), pp. 39-52. DOI:10.22092/128361I. [In Persian]

Sattari, M., Imanpour, J., Bibak, M., Forouhar Vajargah, M. and Khosravi, A., 2019. Investigation of metal element concentrations in tissue of *Rutilus kutum* in the southwest Caspian Sea. *Iranian Scientific Fisheries Journal*, 28:149-161. DOI:10.22092/ISFJ.2019.119162. [In Persian]

Schmutz, S., Hein, T. and Sendzimir, J., 2018. Landmarks, advances, and future challenges in riverine ecosystem management. In: Schmutz, S. and Sendzimir, J. (Ed.), *Riverine ecosystem management, aquatic ecology Series 8*. pp. 563-572. Switzerland. DOI: 10.1007/978-3-319-73250-3_29

Tabasinezhad, N., Mousavi-Sabet, H. and Mostafavi, H., 2023. Predicting the impact of climate change on the distribution of non-native Stone moroko fish (*Pseudorasbora parva*) in the rivers of the southern basin of the Caspian Sea. *Iranian Journal of Applied Ecology*, 12(2):1-10. DOI:10.47176/ijae.12.2.14701. [In Persian].

Tabasinezhad, N., Mousavi-Sabet, H., Mostafavi, H. and Zoljoodi Zarandi, M., 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 Ichthyology*, 10(2):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/AIP2015.45.2.09

Yousefian, M., 2011. Environmental factors influencing on migratory behavior of *Rutilus kutum* in Shiroud River. *World Applied Sciences Journal*, 13(7), pp.1572-1579.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-06-27]

Modeling the distribution of *Rutilus kutum* (Nordmann, 1840) under climate changes, over the next 30 and 60 years

Tabasinezhad N.[1]; Mousavi-Sabet H. [1]*; Mostafavi H.[2]*

*hmostafaviw@gmail.com; mosavii.h@gmail.com

1- Department of Fisheries, 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

Abstract

Natural habitats around the world have suffered a lot of pressure due to the increase in human industrial activities in order to achieve economic-welfare goals, by changing in the climate system, and the consequences of this event include the extinction of species and the reduction of biodiversity on a global scale. In this regard, the evaluation of the threats resulting from the changes created in the ecosystems will be pivotal to their management and conservation. In this study, the distribution of *Rutilus kutum* was predicted under two optimistic and pessimistic scenarios of 2050 and 2080 by Maxent model. In this study, the set of data collected by the authors and various available scientific sources from a period of 50 years (1970 to 2020 AD) was used. Also, the environmental and climate variables used in the modeling were extracted and prepared from www.worldclim.org.The results showed that the performance of the model in predicting species distribution was excellent (0.946) based on the AUC (Area Under the Curve) criterion. In addition, it is predicted that the distribution of the species is likely to decrease significantly in all years and optimistic and pessimistic scenarios. Therefore, considering the importance of the sim species in the food basket and its positive effect on the livelihoods of local communities, reducing its distribution in the future could be considered a threat to food security. In conclusion, the protection of this species requires urgent planning, actionable decisions and effective measures regarding the preservation and restoration of rivers, controlling the negative effects of climate change and efforts to reduce the accelerating factors of this critical phenomenon.

Keywords: Climate, Food security, MaxEnt, Conservation, Caspian Sea, *Rutilus kutum*

*Corresponding author

[Downloaded from isfj.ir on 2026-06-27]