دانشگاه گنبد کاووس
نشریه "پژوهش‌های ماهی‌شناسی کاربردی"
دوره ششم، شماره چهارم، زمستان ۹۷
http://jair.gonbad.ac.ir

مدل‌سازی اثرات تغییر اقلیم بر توزیع ماهی کولی کورا *Alburnus filippii* Kessler, 1877 در ایران

حسین مصطفوی*[۱]، محمد رشیدیان دولیسکانی[۲]، روزبه ولوی[۳]
[۱]استادیار، پژوهشکده علوم محیطی دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
[۲]کارشناس ارشد پژوهشکده علوم محیطی دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
[۳]دکتری دانشکده علوم زیستی دانشگاه ملبورن، ملبورن، استرالیا

تاریخ ارسال: ۹۶/۱۱/۷ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۲/۲

چکیده

پدیده تغییر اقلیم بزرگ‌ترین چالش زیست‌محیطی حال حاضر دنیا است. پیش‌بینی می‌شود این پدیده بر تمامی اکوسیستم‌های دنیا از جمله اکوسیستم‌های آب شیرین که نسبت به این تغییرات آسیب پذیرترند، تأثیر بگذارد. در این مطالعه با استفاده از روش مدل‌سازی توزیع گونه (Species Distribution Modelling (SDM))، اثرات تغییر اقلیم بر پراکنش ماهی کولی کورا (*A. filippii*) توسط نه الگوریتم مختلف (GLM, GAM, GBM, RF, CTA, FDA, MARS, ANN, SRE) در دو مقیاس زمانی (۲۰۵۰ و ۲۰۸۰ میلادی) تحت سناریوهای اقلیمی خوش‌بینانه (RCP2.6) و بدبینانه (RCP8.5) مدل‌سازی شده است. بر اساس شاخص ارزیابی TSS (True Skill Statistic) عملکرد کلی مدل‌ها در سطح عالی بوده است. نتایج حاصل از مدل‌سازی نیز نشان داده 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. بنابراین نتایج حاصل از چنین مطالعه‌ای، اطلاعات مهم و کاربردی در اختیار تصمیم گیرندگان جهت اتخاذ تصمیمات لازم در حفاظت گونه‌ها ارائه می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: ***A. filippii*، تغییر اقلیم، مدل‌سازی توزیع گونه، ایران**

*نویسنده مسئول: hmostafaviw@gmail.com

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

مقدمه

اکوسیستم‌های آب شیرین یکی از مهم‌ترین اکوسیستم‌های کره زمین بوده و با وجود محدود بودن این اکوسیستم‌ها، گونه‌های متنوع گیاهی و جانوری را در خود جای داده‌است. کشور ایران با توجه به موقعیت جغرافیایی خود و ویژگی‌های توپوگرافی مانند وسعت زیاد و وجود دو رشته‌کوه البرز و زاگرس از تنوع بالایی در اقلیم و اکوسیستم‌های طبیعی برخوردار است. با این حال، بیش از ۸۰ درصد از مساحت ایران دارای اقلیم خشک و نیمه‌خشک می‌باشد. متوسط بارش سالانه در این کشور حدود ۲۵۰ میلی‌متر است (Zehzad *et al*., 2002). با این وجود به‌علت ویژگی‌های توپوگرافی، حوضه‌های آبریز متعددی (۱۹ حوضه آبریز اصلی) با شبکه‌ای از رودخانه‌ها و آبراهه‌ها در ایران وجود دارد که پتانسیل بالایی برای حمایت از تنوع زیستی کشور را فراهم آورده است (Coad, 2005).

عوامل متعددی مانند تغییرات کیفی آب، هیدرولوژی، مورفولوژی، کاربری اراضی و نیز ورود گونه‌های غیر بومی به همراه صید بی‌رویه، تنوع زیستی اکوسیستم‌های آبی کشور را تهدید می‌کند (Mostafavi *et al*., 2015). یکی از مهم‌ترین تهدیدات تنوع زیستی اکوسیستم‌های آبی در حال حاضر، پدیده تغییر اقلیم است (Mostafavi *et al*., 2017). امروزه پدیده تغییر اقلیم به عنوان یکی از مهم‌ترین پیامدهای فعالیت‌های انسانی بر نظام آب و هوایی کره زمین مورد توجه قرار دارد (Bellard *et al*., 2012). این پدیده با توجه به تأثیرگذاری بر تمامی اکوسیستم‌های طبیعی در مقیاس جهانی و محلی، در تمامی مناطق کره زمین قابل مشاهده است. هرچند قدرت و شدت تأثیرگذاری این پدیده بر هر اکوسیستم با توجه به موقعیت جغرافیایی و شرایط اولیه هر اکوسیستم می‌تواند متفاوت باشد. تغییر اقلیم حاصل عوامل طبیعی و انسانی فراوانی همچون تغییر وضعیت گردشی کره زمین نسبت به خورشید، نقش عوامل تکتونیکی پوسته زمین، نوسان تشعشعات خورشیدی، فعالیت‌های آتشفشانی و از سویی تغییر نسبت گازهای جوی در اتمسفر و تغییرات سیمای سرزمین که بیشتر متأثر از نقش انسان در طبیعت است، می‌باشد (Hardy, 2003). آنچه امروزه به عنوان تغییر اقلیم شناخته می‌شود به‌علت نقش عوامل انسانی با شدت و سرعت بیشتری نسبت به سایر دوره‌های تغییر و تحول در اقلیم جهانی در حال وقوع است و این ویژگی موجب می‌شود تا اکوسیستم‌ها و گونه‌های موجود، زمان کافی برای سازگاری و همگامی با این تغییر محیطی را نداشته باشند. اکوسیستم‌های گوناگون در هر یک از بیوم‌های کره زمین در طول دوره‌های تحول و شکل‌گیری خود همواره تحت تأثیر الگوهای اقلیمی در مناطق مختلف جغرافیایی قرار داشته‌اند. در نتیجه زیستمندان این اکوسیستم‌ها در طول تاریخ تکاملی و شرایط اقلیمی حاکم بر این اکوسیستم‌ها توانسته‌اند سازگاری‌های لازم در ژنوم و رفتار خود جهت بقاء در دوره‌ی زمانی طولانی ایجاد کنند (Lovejoy, 2006). اکوسیستم‌ها و گونه‌های مختلف واکنش‌های متفاوتی از خود در برابر این تغییرات نشان می‌دهند که این واکنش با توجه به شدت تأثیرپذیری

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

اکوسیستم می‌تواند در مقیاس‌های زمانی مختلفی نمود عینی در اکوسیستم و گونه‌های وابسته به اکوسیستم پیدا کند. بر اساس گزارش پنجم هیأت بین الدول تغییر آب و هوا ((IPCC) Intergovernmental Panel on Climate Change) در سال ۲۰۱۴ میلادی هیچ‌گونه ابهامی در گرمایش سیستم اقلیم جهانی وجود ندارد و از سال ۱۹۵۰ بسیاری از تغییرات مشاهده شده در طول چند دهه نسبت به هزاران سال گذشته بی‌سابقه است. با توجه به مشاهدات صورت گرفته در مورد اتمسفر در هر یک از سه دهه گذشته، به ترتیب سطح گرمایش بیشتر از دهه قبل بوده است. به طوری که در نیم‌کره شمالی گرم‌ترین دوره ۳۰ ساله طی ۱۴۰۰۰ سال گذشته را در دوره ۲۰۱۲-۱۹۸۳ داشته است (Pachauri *et al*., 2014). در مقیاس جهانی به طور متوسط ترکیب زمین و سطح دریاها هر دو با یک روند خطی در حال تجربه افزایش دما هستند. در لایه استراتوسفر افزایش دما در حدود ۰/۶۵ تا ۱/۰۶ (متوسط ۰/۸۵) درجه سانتی‌گراد بوده و تقریباً مسلم شده که از اواسط قرن بیستم تروپوسفر شروع به گرم‌تر شدن کرده است. تعداد روزهای سرد از سال ۱۹۵۰ میلادی به‌صورت معنی‌داری کاهش یافته و تعداد روزهای گرم در مقیاس جهانی افزایش یافته است (Pachauri *et al*., 2014).

با توجه به روند تغییر اقلیم در مقیاس جهانی و موقعیت جغرافیایی فلات ایران، این پدیده اثرات فراوانی بر اکوسیستم‌های آبی کشور خواهد داشت. بر اساس گزارشات و مدل‌سازی‌های انجام‌شده، کشور ایران در طی چند دهه آینده تغییرات قابل توجهی در الگوهای اقلیمی تجربه خواهد کرد (Abbaspour, 2009). به‌طوری‌که درزمینه تغییرات متغیرهای آب و هوایی، تغییر اقلیم در ایران موجب رویدادهایی همچون تغییر الگوهای زمانی و مکانی و میزان بارش و تغییر در الگوهای دمایی در تمامی مناطق کشور مانند افزایش متوسط دمای سالانه، افزایش تعداد روزهای داغ در اکثر مناطق کشور، کاهش روزهای یخبندان در فصول سرد سال، افزایش تعداد روزهای خشک در اکثر مناطق کشور بخصوص در فصول گرم و افزایش در بروز پدیده‌های جدی آب و هوایی شده که این رویدادها از گستردگی و شدت تغییر اقلیم در کشور خبر می‌دهند (Kuchaki*et al*., 2007). مطالعه شاخص‌های هواشناسی در شرایط تغییر اقلیم برای ایران نشان می‌دهد تغییر اقلیم در ایران تا سال ۲۰۲۵ و ۲۰۵۰ میلادی موجب تغییر در الگوهای مکانی و زمانی شاخص‌های حرارتی و بارشی در تمامی کشور خواهد شد (Kuchaki *et al*., 2007).

در حقیقت فهم اثرات تغییر اقلیم بر پراکنش، جمعیت و ساختار جوامع گیاهی و جانوری و کارکردهای اکوسیستمی از مهمترین چالش‌ها در علم اکولوژی مدرن به شمار می‌رود، امروزه یکی از مهمترین تکنیک‌ها در بررسی مسائل و تفسیر داده‌های موجود استفاده از روش‌های مدل‌سازی آماری است. استفاده از روش‌های مدل‌سازی برای شبیه‌سازی فرآیندهای جهان واقعی به شکل ساده کمک می‌کنند تا شبیه سازی رفتار سیستم‌های طبیعی با تمام پیچیدگی‌های موجود میسر شود (Dale, 2006). یکی از مهمترین روش‌ها در مدل‌سازی عرصه‌های محیط طبیعی مدل‌سازی توزیع گونه‌ها (SDM) می‌باشد که به‌عنوان ابزاری جهت

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

بررسی ارتباط بین داده‌های توزیع جغرافیایی گونه (حضور یا فراوانی در مکان‌های شناخته شده) با اطلاعات در مورد شرایط زیست محیطی گونه تعریف می‌شود (Elith and Leathwick, 2009). از مهم‌ترین جنبه‌های مدل‌سازی پراکنش گونه‌ها (SDM) علاوه بر توانایی این روش برای استفاده در مطالعات گوناگون، پتانسیل این روش برای انجام مطالعات با هزینه و زمان کمتر نسبت به روش‌های معمول جمع‌آوری اطلاعات برای مقیاس‌های متفاوت زمانی و پیش‌بینی نتایج روندهای در حال وقوع برای آینده مانند بررسی اثرات تغییر اقلیم بر پراکنش گونه‌ها است.

گونه کولی کورا یکی از ماهیان بومی ایران است. پراکنش این گونه در حال حاضر بر اساس منابع موجود حوضه خزر (ارس، قره‌سو، سفیدرود، قزل‌اوزن و تالاب انزلی) می‌باشد. این گونه از گونه‌هایی است که نسبت به تغییر شرایط محیطی حساس است (Abdoli, 2016; Coad, 2017; Keyvani *et al*., 2016). بنابراین انتظار می‌رود که تغییر اقلیم بر پراکنش این گونه تاثیر قابل توجهی بگذارد. در این راستا، وضعیت پراکنش این گونه به عنوان یک الگو در سناریوهای اقلیمی خوش‌بینانه و بدبینانه و در دو مقیاس زمانی ۲۰۵۰ و ۲۰۸۵ میلادی مورد مطالعه قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه در این تحقیق کشور ایران با موقعیت جغرافیایی بین ۲۵ تا ۴۰ درجه عرض شمالی و ۴۴ تا ۶۴ درجه طول شرقی است که شامل ۱۹ حوضه آبریز اصلی است (Coad, 1980). در این مطالعه برای انجام مدل‌سازی از روش حضور و شبه عدم‌حضور استفاده شد و تعداد واقعی گونه ۷۳ نقطه گزارش شده بود. داده‌های مربوط به پراکنش واقعی گونه مورد مطالعه در این مدل‌سازی متشکل از بانک اطلاعاتی کد و نویسندگان از ۱۴۸۱ ایستگاه می‌باشد.

داده‌های محیطی مورد استفاده برای مدل‌سازی شامل داده‌های زیستگاهی و اقلیمی است. در این ارتباط، ۸ متغیر شامل بیشترین عرض رودخانه (Max-Width)، شیب (Slope)، ارتفاع (Elevation)، میانگین اختلاف دمای سردترین و گرم‌ترین ماه سال (دمای رِنج) (Ave-Trange)، میانگین میانگین دما (Ave-Tmean)، میانگین کمترین دما (Tmin)، میانگین بیشترین دما (Tmax) و میانگین بارش (Ave-Precipitation) به‌عنوان متغیرهای اولیه در نظر گرفته شد که پس از انجام آزمون همبستگی اسپیرمن (که اگر دو متغیر همبستگی بالای ۷۵٪ داشتند یکی از آن‌ها با توجه به نظر کارشناسی مطابق با نیاز اکولوژیک گونه انتخاب می‌گردید)، ۶ متغیر شامل : بیشترین عرض رودخانه، شیب، ارتفاع، میانگین اختلاف دمای سردترین و گرم‌ترین ماه سال (دمای رِنج، میانگین میانگین دما و میانگین بارش) به عنوان متغیرهای نهایی برای مدل‌سازی انتخاب شد. همه این متغیرها براساس روش‌های ذکر شده در مطالعه مصطفوی و همکاران (Mostafavi *et al*., 2014) انتخاب و انجام شد.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

متغیرهای اقلیمی برای مدل‌سازی آینده بر اساس سناریوی RCP2.6 (تا پایان ۲۱۰۰ میزان غلظت CO_2 ۴۹۰ ppm، میزان جمعیت ۷ میلیارد نفر) به عنوان سناریو خوش‌بینانه و سناریوی RCP8.5 (تا پایان ۲۱۰۰ میزان غلظت CO_2 ۱۳۷۰ ppm، میزان جمعیت ۱۲ میلیارد نفر) به عنوان سناریوی بد-بینانه (IPCC, 2014) و مدل اقلیمی گردش عمومی جو (GCMs) در دو مقیاس زمانی ۲۰۵۰ و ۲۰۸۰ از سایت www.worldclime.org تهیه شد و در محیط نرم‌افزاری Desktop Arc GIS9.3 (©ESRI 1999–2008) آماده و ویرایش شد.

برای مدل‌سازی توزیع گونه از ابزار (Species Distribution Modelling) SDM در محیط نرم‌افزاری R(R Development Core Team, 2017) و بسته نرم‌افزاری BIOMOD2 استفاده شد (Thuiller, 2003; Thuiller *et al*., 2009). در حقیقت، این ابزار با برقراری ارتباط بین توزیع مشاهده‌شده گونه و چندین متغیر محیطی عمل می‌کند (Elith and Leathwick, 2009; Barbet-Massin *et al*., 2012). این مدل‌ها معمولاً، کمّی یا تجربی هستند که با استفاده از داده‌های مکانی موقعیت گونه‌ها و متغیرهای زیست‌محیطی که بر توزیع گونه‌ها اثر می‌گذارند، روابط گونه-محیط را مدل‌سازی می‌کند. بر این اساس، از روابط تجربی بین توزیع امروزی گونه با متغیرهای اقلیمی، برای تخمین توزیع جغرافیایی گونه تحت سناریوهای اقلیمی آینده استفاده می‌شود (Thuiller, 2003; Elith and Leathwick, 2009).

در ابتدا داده‌ها به دو دسته آموزشی (Training) جهت مدل‌سازی و تست (Test set) برای ارزیابی دقت مدل‌ها به نسبت ۷۰ و ۳۰ درصد تقسیم‌بندی شدند (Mostafavi *et al*., 2014). سپس با استفاده از ماتریس اطلاعات گونه و متغیرهای محیطی، برای برازش مدل‌های مختلف استفاده گردید. الگوریتم‌های مورد استفاده در این تحقیق شامل: GLM[۱]، GAM[۲]، CTA[۳]، ANN[۴]، SRE[۵]، GBM[۶]، RF[۷]، MARS[۸] و FDA[۹] بودند. برای کاهش عدم قطعیت از روش تجمیع الگوریتم‌ها (Ensemble) استفاده شد. جهت ارزیابی دقت عملکرد مدل‌ها از شاخص TSS(True Skill Statistic) استفاده شد که براساس این شاخص هر چه مقدار آن بیشتر باشد، مدل عملکرد بهتری خواهد داشت (جدول ۱).

1.Generalised Linear Models
2Generalized Additive Model
3Classification Tree Analysis
4 Artificial Neural Network
5 Surface Range Envelops
6Generalized Boosting Method
7Random forest
8Multivariate Adaptive Regression Splines
9 Flexible Discriminant Analysis

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

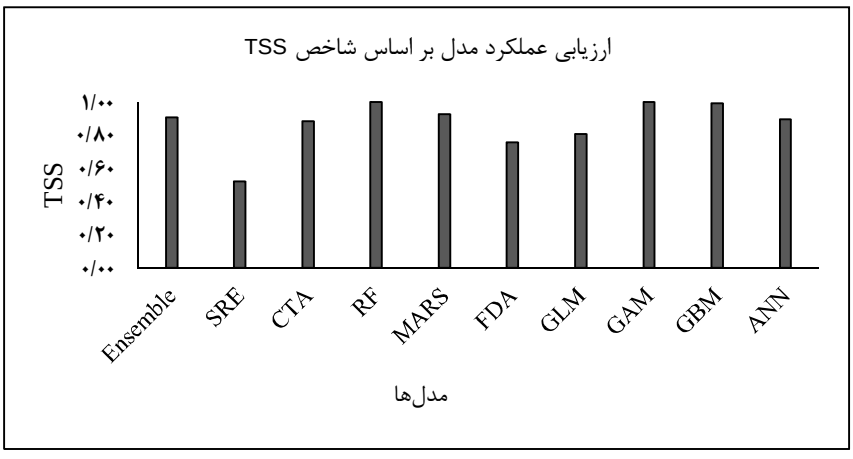
جدول ۱ – طبقه‌بندی صحت عملکرد مدل بر اساس شاخص TSS

TSS	صحت عملکرد مدل
۰/۸۰ – ۱/۰۰	Excellent (عالی)
۰/۶۰ – ۰/۸۰	Good (خوب)
۰/۴۰ – ۰/۶۰	Fair (متوسط)
۰/۲۰ – ۰/۴۰	Poor (ضعیف)
۰ – ۰/۲۰	Failed (خیلی‌ضعیف)

مدل برازش داده شده بر متغیرهای اقلیمی و زیستگاهی مناسب برای به‌دست آوردن نقشه مطلوبیت اقلیمی گونه در هر یک از سناریوها برای دو مقیاس زمانی ۲۰۵۰ و ۲۰۸۰ میلادی انجام و نتایج تحلیل و مقایسه شده‌اند.

نتایج

بر اساس شاخص ارزیابی TSS، مدل‌سازی توزیع گونه مورد نظر به‌صورت کلی با عملکرد عالی انجام شده است (شکل۱). در مدل‌سازی انجام شده برای این گونه تمامی مدل‌های مورد استفاده به‌جز دو مدل SRE و FDA عملکرد عالی داشته‌اند (شکل۱). مهم‌ترین متغیرها در توزیع این گونه باتوجه به نتایج مدل‌سازی به‌ترتیب میانگین دامنه دمایی (Trange)، میانگین میانگین دما (Ave-Tmean) و ارتفاع (Elevation) ارزیابی شد (جدول۲).

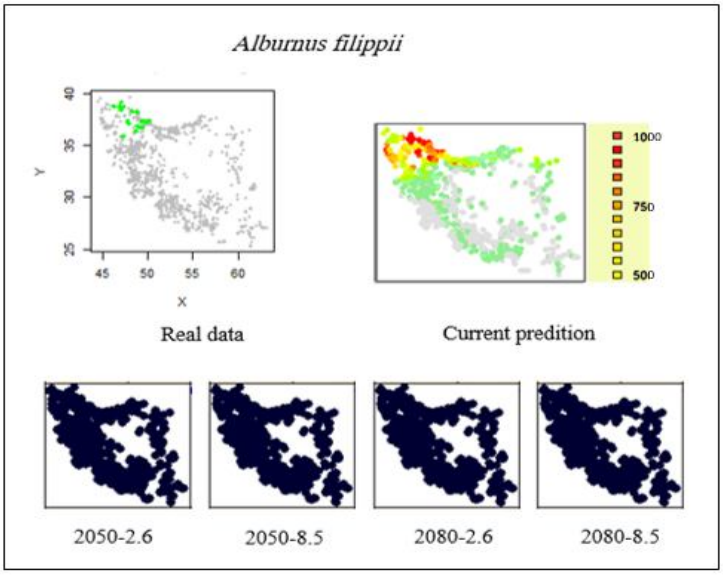


شکل ۱ – ارزیابی عملکرد مدل‌ها بر اساس شاخص TSS برای گونه کولی کورا (*A. filippii*)

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

جدول۲- اهمیت نسبی متغیرها در هر مدل برای پراکنش گونه کولی کورا (*A. filippii*) (بیشترین عرض رودخانه (Max-Width)، شیب (Slope)، ارتفاع (Elevation)، میانگین اختلاف دمای سردترین و گرم‌ترین ماه سال (Ave-Trange)، میانگین میانگین دما (Ave-Tmean) و میانگین بارش (Ave-Precipitation))

	مدل‌ها									
	ANN	GBM	GAM	GLM	FDA	MARS	RF	CTA	SRE	Ensemble
Max-Width	۰/۲۲	۰/۰۲	۰/۳۶	۰/۱۱	۰	۰/۰۵	۰/۰۴	۰	۰/۰۹	۰/۱۰
Slope	۰/۰۷	۰/۰۱	۰/۳۶	۰/۰۲	۰	۰	۰/۰۳	۰	۰/۰۱	۰/۰۵
Elevation	۰/۴۵	۰/۰۲	۰/۶۱	۰/۱۴	۰/۲۴	۰/۲۳	۰/۰۴	۰	۰/۰۸	۰/۲۰
Trange	۰/۴۹	۰/۵۴	۰/۵۰	۰/۵۱	۰/۲۸	۰/۴۹	۰/۲۷	۰/۷۷	۰/۵۱	۰/۴۸
Ave-Tmean	۰/۱۷	۰/۲۲	۰/۵۱	۰/۳۷	۰/۳۹	۰	۰/۱۶	۰/۵۴	۰/۳۵	۰/۳۰
Ave-Precipitation	۰/۸۶	۰/۴۵	۰/۸۹	۰/۳۹	۰/۴۰	۰/۶۷	۰/۲۶	۰/۶۴	۰/۴۶	۰/۵۶



شکل۲- نتایج مدل‌سازی اثر تغییر اقلیم بر توزیع گونه کولی کورا (*A. filippii*)در دو مقیاس زمانی (۲۰۵۰ و ۲۰۸۰ میلادی) و سناریوهای اقلیمی خوش‌بینانه (RCP2.6) و بدبینانه (RCP8.5) به همراه توزیع واقعی گونه بر اساس مشاهدات و مدل‌سازی توزیع گونه در حال حاضر. (Real data: نقاط سبز رنگی هستند که حضور گونه ثبت و مشاهده شده است، Current prediction پیش بینی حضور گونه بر اساس مدل‌سازی است برای حال حاضر و هر چه به رنگ قرمز نزدیک شود احتمال وقوع آن افزایش می‌یابد، ردیف آخر مدل‌سازی تغییر اقلیم در دو مقیاس

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

زمانی (۲۰۵۰ و ۲۰۸۰ میلادی) و سناریوهای اقلیمی خوش‌بینانه (RCP2.6) و بدبینانه (RCP8.5)را نشان می‌دهد و نقاط خاکستری یعنی کاهش گونه از زیستگاه‌های اصلی و عدم پیش‌بینی نقاط جدید)

جدول ۲- تغییرات زیستگاهی تحت سناریوها و مقیاس‌های زمانی مختلف برای گونه کولی کورا (*A. filippii*)

	RCP 2.6		RCP 8.5	
	دوره ۲۰۵۰	دوره ۲۰۸۰	دوره ۲۰۵۰	دوره ۲۰۸۰
کل ایستگاه‌ها	۱۴۸۱	۱۴۸۱	۱۴۸۱	۱۴۸۱
نامطلوب	۱۳۰۶	۱۳۰۶	۱۳۰۶	۱۳۰۶
بدون تغییر	۰	۰	۰	۰
کاهش	۱۷۵	۱۷۵	۱۷۵	۱۷۵
افزایش	۰	۰	۰	۰
درصد کاهش	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
درصد افزایش	۰	۰	۰	۰
تغییرات محدوده گونه	-۱۰۰	-۱۰۰	-۱۰۰	-۱۰۰

نتایج مدل‌سازی نشان دهنده تأثیرپذیری بالای این گونه از تغییر اقلیم است به طوری که در تمامی سناریوها و مقیاس‌های زمانی مورد مطالعه، پیش‌بینی مدل نهایی نشان‌دهنده کاهش شدید محدوده پراکنش بالقوه برای این گونه بوده است (شکل۲). در هیچ‌یک از سناریوها و مقیاس زمانی مورد بررسی، مناطق جدیدی با پتانسیل پراکنش بالقوه برای این گونه پیش‌بینی نشده است (جدول۲).

بحث و نتیجه‌گیری

تغییر اقلیم با توجه به شرایط شکل گرفته اکوسیستم‌ها، پیامدهای متفاوتی بر گونه‌های مختلف خواهد داشت. وضعیتی که جمعیت گونه‌ها با آن روبه‌رو خواهند شد به عوامل زیر بستگی دارد:

- آیا گونه دامنه اندکی از درجه حرارت را تحمل می‌کند یا طیف وسیعی از دما را می‌تواند تحمل کند.
- اندازه و نرخ تغییر حرارتی در اکوسیستم.
- پاسخ ژنتیکی جمعیت به فشارهای انتخابی جدید.
- توانایی حرکت و جابجایی برای مهاجرت به مناطقی با شرایط حرارتی مناسب‌تر.
- تغییرات در فراوانی و توزیع گونه‌های دیگر که ممکن است طعمه، شکارچی یا رقبایی برای گونه مورد نظر باشند.
- میزان دسترسی به منابع فیزیکی لازم مانند پارامترهای زیستگاه و کیفیت آب.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

برآیند این عوامل در هر گونه موجب انتخاب استراتژی‌های مختلفی برحسب نوع گونه می‌شود. البته بررسی همه موارد با توجه به اطلاعات موجود در کشور انجام پذیر نیست و براساس اطلاعات موجود، وضعیت گونه در آینده پیش‌بینی شده است.

سازگاری از گزینه‌های پیش روی گونه است. گونه برای سازگاری با تغییرات نیازمند بستری از تنوع ژنتیکی در ژنوم خود می‌باشد. توانایی گونه برای سازگاری به انطباق‌پذیری ژنتیکی و درجه تخصصی‌شدن آنها بستگی دارد (Ficke *et al*., 2007). باتوجه به بومی بودن گونه کولی کورا و سرعت تغییر اقلیم در کشور ممکن است زمان کافی برای این گونه جهت سازگاری با شرایط جدید اقلیمی در ژنوم جمعیت‌های موجود در کشور وجود نداشته باشد.

هرچند که بحث پیرامون واکنش جمعیت‌ها به تغییرات محیطی باید با احتیاط عنوان شود اما به طور کلی گونه‌های آبزی به‌ویژه ماهیان به تغییرات با توجه به موقعیت جغرافیایی اولیه خود واکنش نشان می‌دهند. اولین واکنش جمعیت‌ها به تغییرات برحسب نوع گونه و شرایط طبیعی اکوسیستم به‌صورت کاهش یا افزایش در فراوانی جمعیت‌ها بروز پیدامی‌کند. واکنش دیگری که جمعیت‌ها به تغییرات محیطی نشان می‌دهند، تغییر در توزیع و پراکنش گونه است. باتوجه به محدود بودن پراکنش این گونه به حوضه-های خزر و نمک و پراکنش خاص این جمعیت‌ها در کنار عوامل استرس‌زای دیگر در زیستگاه‌های این گونه و از دسترفتن زیستگاه‌های مناسب آن می‌توان احتمال بالایی برای کاهش جمعیت‌های این گونه پیش‌بینی کرد.

در صورتی‌که گونه امکان سازگاری با تغییرات را نداشته باشد می‌تواند با مهاجرت و تغییر مکان، شرایط نامناسب محیطی خود را تغییر دهد. در اینجا خصوصیات ذاتی گونه مانند قدرت جابجایی گونه می‌تواند اهمیت داشته باشد. از سوی دیگر خصوصیات زیستگاه نیز بر امکان مهاجرت گونه تأثیرگذار است. از آنجایی که تنها کریدورهای مهاجرت برای گونه‌های آبزی محدود به اکوسیستم‌های آبی است، وجود موانع فیزیکی در این مسیر مانع از مهاجرت گونه خواهد شد. خشک شدن اکوسیستم‌های آبی و تکه‌تکه شدن زیستگاه‌ها و موانع فیزیکی انسان‌ساخت مانند سدها از مهمترین موانع مهاجرت گونه‌ها به حساب می‌آید (Bednarek, 2001; Clarkson *et al*., 2000; Gehrke *et al*., 2002). گونه‌هایی که به هر دلیل امکان سازگاری با تغییرات یا مهاجرت را نداشته باشند محکوم به نابودی خواهند بود. این استراتژی باتوجه به وجود موانع مختلف در مسیر رودخانه‌ها و کمبود منابع آبی، تنها در صورت مدیریت زیستگاه و برنامه‌ریزی برای رفع موانع و ایجاد کریدورهای امن برای مهاجرت جمعیت‌ها می‌تواند عملی شود. اما باتوجه به روند گرمایش جهانی و تمایلات اکولوژیکی، این گونه که به تغییرات دمای آب حساسیت بالایی از خود نشان می‌دهد عملاً با نابودی زیستگاه‌های این گونه نمی‌توان مقصدی برای مهاجرت این گونه‌ها درنظر گرفت. در عین حال، نکته قابل توجه در این نوع مطالعات می‌تواند عدم قطعیت در نتایج مدل‌سازی به دلایل مختلف

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

همچون خطا در داده‌های ورودی به مدل‌ها، خود الگوریتم‌های مورد استفاده، لایه‌های مورد استفاده در مدل‌سازی و موارد دیگر باشد که الزاماً انقراض این گونه و نابودی زیستگاه‌های مطلوب این گونه را به‌طور صددرصد با تردید روبه‌رو می‌کند. بااین‌حال این نتایج باتوجه به اصول مدل‌سازی پراکنش گونه و ارزیابی و اعتبارسنجی‌های تکنیکی دارای دقت قابل قبولی در این نوع مطالعات است. نتایج حاصل می‌تواند نشان‌دهنده روند تغییراتی باشد، که به‌عنوان راهنمای مفید و قابل اتکا برای مدیران و پژوهشگران در عرصه حفاظت از این گونه و سایر گونه‌های آبزی قرار گیرد. بطورکلی این‌گونه مطالعات، اطلاعات ارزشمندی در خصوص اثرات تغییر اقلیم بر گونه‌ها و زیستگاه‌های ارزشمند در مبحث حفاظت از تنوع زیستی فراهم می‌کند که این اطلاعات می‌تواند راهنمای مناسبی برای مدیران عرصه حفاظت از تنوع زیستی در مواجهه با تغییرات پیش رو باشد.

منابع

Abbaspour K.C., Faramarzi M., Ghasemi S.S., Yang H. 2009. Assessing theimpact of climate change on water resources in Iran. Water Resources Research, 45(10): 1-16.

Abdoli A. 2016. Field guide for fish of Iranian internal waters. Zootaxa, 3780(3): 594–600.

Barbet-Massin M., Jiguet-Albert C.H., Thuiller W. 2012. Selecting pseudo-absences for species distribution models: how, where and how many?. Methods in Ecology and Evolution, 3(2): 327-338.

Bednarek A.T. 2001. Undamming rivers: a review of the ecological impacts of dam removal. Environmental Management, 27(6): 803-814.

Bellard C., Bertelsmeier C., Leadley P., Thuiller W., Courchamp F. 2012. Impacts of climate change on the future of biodiversity. Ecology Letters, 15(4): 365-377.

Clarkson R.W., Childs M.R., Schaefer S. 2000. Temperature effects of hypolimnial-release dams on early life stages of Colorado River Basin big-river fishes. Copeia, 2000(2): 402-412 .

Coad B.W. 1980. Environmental change and its impact on the freshwater fishes of Iran. Biological Conservation, (19): 51-80.

Coad B.W. 2005. Endemicity in the freshwater fishes of Iran. Iranian Journal of Animal Biosystematics, 1(1): 1-13.

Coad B.W. 2017. Freshwater Fishes of Iran. Updated 18 December 2017. [Cited 18 December 2017]. Available from: www.briancoad.com.

Dale V.H. 2006. .Ecological Modeling for Resource Management: Springer Science & Business Media. Verlag New York, USA. 328 P.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

Elith J., Leathwick J.R. 2009. Species distribution models: Ecological explanation and prediction across space and time.Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, 40: 677-697.

Keyvani Y., Abdoli A., Nasri M., Abbasi K. 2016. Atlas of Iranian Fish Water Resources. Jahad Publication, Alborz Province, Kharazmi, Tehran, Iran. 234 P.

Kuchaki A.M., Nassiri Gh., kamali. 2007. Study of Iran Meteorological Indicators in Climate Change. Iranian Journal of Agricultural Research, 5(1): 133-142. (In Persian).

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): 581-613.

Gehrke P.C., Gilligan D.M., Barwick M. 2002. Changes in fish communities of the Shoalhaven River 20 years after construction of Tallowa Dam, Australia. River Research and Applications, 18(3): 265-286.

Hardy J.T. 2003. Climate Change: causes, effects, and solutions: John Wiley & Sons. Science, 260 P.

Lovejoy T.E. 2006. *C*limate change and biodiversity. The Energy and Resources Institute (TERI). Ecology Evolution, 16(5): 242.8.

Mostafavi H., Pletterbauer F., Coad B.W., Mahini A.S., Schinegger R., Unfer G., Schmutz S. 2014. Predicting presence and absence of trout (*Salmo trutta*) in Iran. Limnologica-Ecology and Management of Inland Waters, 2(46):1-8.

Mostafavi H., Schinegger R., Melcher A., Moder K., Mielach C., Schmutz S. 2015. A new fish-based multi-metric assessment index for cyprinid streams in the Iranian Caspian Sea Basin. Limnologica-Ecology and Management of Inland Waters, 51: 37-52.

Mostafavi H., Valavi R., Rashidian M., 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.

Pachauri R.K., Allen M.R., Barros V.R., Broome J., Cramer W., Christ R., Church J.A., Clarke L., Dahe Q., Dasgupta P., Dubash N.K. 2014. Climate change 2014: synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva, Switzerland, IPCC. 151 P.

R Development Core Team. 2017. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria,URL, http://www.r-project.org.

Thuiller W. 2003. BIOMOD - Optimizing predictions of species distributions and projecting potential future shifts under global change. Global Change Biology, 9: 1353-1362.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]

Thuiller W., Albert C H., Dubuis A., Randin C., Guisan A. 2009. Variation in habitat suitability does not always relate to variation in species' plant functional traits. Biology Letters, 6(1): 120-123.

Zehzad B., Kiabi B.H., Madjnoonian H. 2002. The natural areas and landscape of Iran: an overview. Zoology in the Middle East, 26: 7-10.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-04-20]