Journal of Aquaculture Sciences 11(21): 120-131 (2023)
Print ISSN: 2322-5351
www.aquaculturesciences.ir

نشریه علوم آبزی‌پروری
دوره ۱۱، شماره ۲۱: ۱۲۰-۱۳۱ (۱۴۰۲)

مدل‌سازی پیش‌بینی و ترجیح زیستگاهی فصلی گونه سس ماهی کارون *Barbus karunensis* Khaefi, Esmaeili, Geiger & Eagderi, (2017)

سعید شهبازی ناصرآباد، هادی پورباقر*، سهیل ایگدری، محمدعلی نعمت الهی

گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۷/۱۱ **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۹/۲۸**

چکیده

تهدیدات پیش‌روی رودخانه‌ها ناشی از فعالیت‌های انسانی و سایر عوامل تنش‌زا و به‌دنبال آن، به مخاطره افتادن تنوع زیستی این اکوسیستم‌ها؛ خصوصاً ماهی‌ها، درک نیازهای زیستگاهی و ارزیابی تناسب زیستگاه این موجودات آبزی ساکن در رودخانه‌ها را به‌منظور حفظ تنوع زیستی ضروری می‌باشد. پژوهش حاضر به‌منظور بررسی ترجیح زیستگاهی سس‌ماهی کارون (*Barbus karunensis*) در رودخانه بشار با استفاده از روش هموارسازی هسته‌ای در طول فصول تابستان و پاییز ۱۴۰۰ انجام گرفت. در این مطالعه از ۱۶ ایستگاه با ۳ تکرار نمونه‌برداری انجام شد و همزمان عوامل محیطی شامل دما، شیب جغرافیایی، سرعت آب، عرض رودخانه، عمق آب، ارتفاع، pH، هدایت الکتریکی (EC) و کل جامدات محلول (TDS) در هر ایستگاه ثبت و اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد ترجیح زیستگاهی گونه مورد مطالعه در فصل تابستان، بخش‌هایی از این رودخانه با ارتفاع و دمای بالا و سرعت پایین جریان آب، شیب و عرض زیاد رودخانه، نقاطی با عمق متوسط، pH بالا، مقادیر TDS متوسط و EC بالاتر می‌باشد، در فصل پاییز بیشترین ترجیح سس‌ماهی کارون ارتفاع بالا، دمای پایین، سرعت جریان کم‌تر، عرض متوسط، عمق کم، شیب زیاد، pH و TDS پایین می‌باشد، بنابراین در یک نتیجه‌گیری کلی زیستگاه ماهی *B. karunensis* در فصل تابستان و پاییز متفاوت بوده و دامنه‌های متفاوتی از پارامترهای محیطی را در دو فصل مورد بررسی ترجیح می‌دهند.

کلید واژگان: سس‌ماهی کارون، شاخص مناسبت زیستگاه، متغیرهای محیطی، رودخانه بشار، ترجیح زیستگاهی

*نویسنده مسئول poorbagher@ut.ac.ir

مقدمه

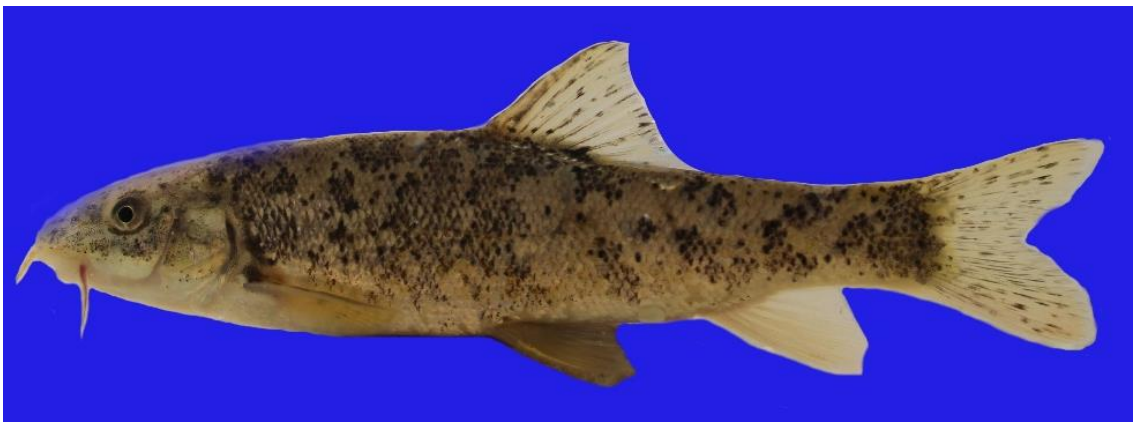
رودخانه‌ها زیستگاه‌های مهم آب‌شیرین هستند که معمولاً با جریان‌های یک‌طرفه، نواحی داخلی را به اقیانوس‌های جهان متصل می‌کنند و رابطه بین زمین، آب و موجودات ساکن در آن را نشان می‌دهند (Hynes 1975; Cooke *et al*., 2012). علی‌رغم تنوع بسیار زیاد رودخانه‌های آب‌شیرین، با این حال کاهش تنوع زیستی در آب‌های شیرین بیشتر از سایر زیستگاه‌ها است (Sala *et al*., 2000). ماهیان آب شیرین متنوع‌ترین و در معرض خطرترین گروه مهره‌داران در سطح جهان هستند که شناخت خصوصیات طبیعی و ترجیح زیستگاهی و روابط بوم‌شناختی آن‌ها برای بررسی جغرافیای جانوری از اولویت‌های تحقیقاتی می‌باشد (Schmutz *et al*., 2000; Duncan and Lockwood, 2001; Ogleni and Topal, 2011; Nelson *et al*., 2016; Reid *et al*., 2019).

اطلاعات جامع در مورد الگوهای توزیع فضایی و گستره جغرافیایی واقعی یک گونه یا سیستم اکولوژیک معین، پیش‌نیازهای اساسی در برنامه‌ریزی برای مدیریت یا حفاظت موفق آن است (Clément *et al*., 2014; Lawler *et al*., 2011). بنابراین شناسایی نواحی با فراوانی بیشتر گونه‌های معین می‌تواند به تضمین بهره‌مندی اصلی فرآیندهای اکولوژیک کمک کند (Clément *et al*., 2014). مؤلفه‌های زیادی نظیر سدسازی، ورود گونه‌های غیربومی، اثرات آلودگی ناشی از فعالیت‌های انسانی و کشاورزی وجود دارد که اکوسیستم‌های آب‌های جاری را در معرض تخریب و نابودی تنوع زیستی قرار می‌دهد (Marmulla, 2001; Malmqvist and Rundle, 2002; Vörösmarty *et al*., 2010; Dias *et al*., 2017)، بنابراین، به‌عنوان اولین گام به‌منظور شناسایی و ارزیابی اثرات فعالیت‌های انسانی و سایر عوامل تنش‌زای محیطی بر اکوسیستم رودخانه‌ها و حفظ تنوع‌زیستی آن‌ها، درک نیازهای زیستگاهی موجودات ساکن در آن مهم می‌باشد (Mouton *et al*., 2007; Asadi *et al*., 2016). به‌همین دلیل، مطالعات برای یافتن مهمترین عوامل مؤثر بر انتخاب زیستگاه جهت زیست آن‌ها در هر فصل و به‌دنبال آن شناسایی تهدیداتی که ماهیان رودخانه با آن مواجه هستند، ضروری به‌نظر می‌رسد. در واقع تلاش برای شناسایی مناطقی است که احتمال وقوع آن‌ها زیاد است و کمک ارزشمندی در مورد توزیع فضایی واقعی گونه‌ها و ایجاد درک عمیق‌تر از مجموعه متغیرهای محیطی که مناسب بودن زیستگاه آن‌ها را مشخص می‌کند (Valavanis *et al*., 2008; Zlateva *et al*., 2022). به طورکلی حضور گونه‌های ماهی در یک زیستگاه و بخشی از رودخانه تحت تأثیر شرایط و مجموعه متغیرهای محیطی مورد نیاز برای تولیدمثل، رشد و افزایش فراوانی آن‌هاست و این امر فرآیندی تصادفی نمی‌باشد (Hickey *et al*., 2015; Xue *et al*., 2017).

گونه مورد بررسی در این پژوهش، سس‌ماهی کارون (*Barbus karunensis*) از خانواده کپور ماهیان است که زیستگاه‌های آن در ایران و در حوضه آبریز تیگریس، در انشعابات رودخانه‌های کارون و بشار، سنگان و سمیرم یافت می‌شود. Khaefi و همکاران (۲۰۱۷)، این گونه را از زیر حوضه رودخانه کارون در ایران توصیف کردند و تعداد گونه‌های این جنس در ایران به چهار گونه افزایش دادند (Mostafavi and Kambouzia, 2019). از ویژگی‌های ظاهری این ماهی می‌توان به بدن کشیده، پوزه نسبتاً بلند، لب بالایی نازک اشاره کرد که از گونه‌های دیگر در گروه *B. lacerta* با یک پد میانی توسعه یافته لب پایین، یک باله مخرجی کوتاه، و فلس‌های خط جانبی ۵۹-۶۶ تمایز یافته اشاره نمود (Khaefi *et al*., 2017).

روش‌های کیفی و آماری گوناگونی به‌منظور بررسی مطلوبیت فیزیکی زیستگاه گونه‌های ماهیان مورد استفاده قرار می‌گیرد که یکی از متداول‌ترین روش‌ها به‌منظور ایجاد روابط آماری بین جوامع ماهی از یک طرف و جنبه‌های مختلف زیستگاه آن‌ها از سوی دیگر استفاده از مدل‌های شاخص مطلوبیت زیستگاه (Habitat Suitability Index) می‌باشد (Marcus *et al*., 1984; Bartoszewicz *et al*., 2008). در واقع در یک نگاه کلی، هدف از مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه کمی کردن روابط بین توزیع گونه و محیط زنده و غیر زنده است (Rushton *et al*., 2004). شاخص‌های مناسبت بیانگر سطوح تمایل یا وابستگی (نزدیکی) گونه به متغییرهای محیطی انتخاب شده مانند دما، بستر، شوری، عرض و عمق رودخانه می‌باشند (Morris and Ball, 2006).

به‌طور کلی در مجامع علمی جهانی و نیز در کشورهای توسعه یافته در سال‌های اخیر به زیستگاه موجودات رودخانه‌ای و اهمیت حفظ محیط زیست و تعادل اکولوژیک، نگاه ویژه‌ای می‌شود، به‌طور مثال ایالات متحده آمریکا



شکل ۲- گونه مورد مطالعه سس‌ماهی کارون، *Barbus karunensis*

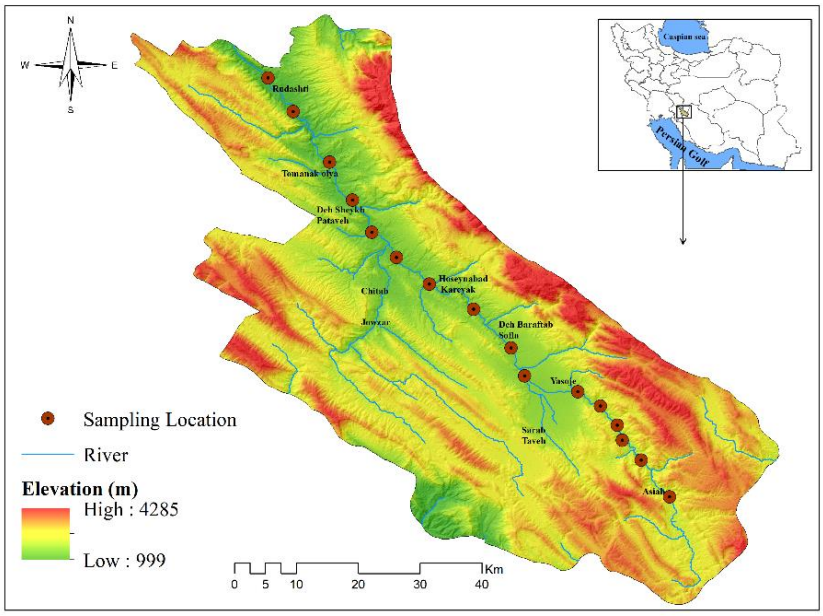
میلیاردها دلار برای بازسازی زیستگاه جانوران آبزی هزینه کرد و بسیاری از گونه‌های در معرض خطر، در لیست حفاظت شده قرار گرفتند (Bernhardt *et al*., 2005)، همچنین کشور استرالیا بیش از ۲۲۰۰ برنامه احیای رودخانه را تکمیل کرده است که از جمله برنامه‌های آن می‌توان به مدیریت حاشیه رودخانه، بهبود زیستگاه درون رودخانه‌ای و برنامه های نظارت بر زیستگاه اشاره کرد (Brooks and Lake, 2007).

برای گونه مورد مطالعه، بررسی ارزیابی شرایط زیستگاهی وجود ندارد و تنها اطلاعات شناخته شده در مورد این گونه ماهی مشخص ساکن در رودخانه، نام آن و یک بررسی ریخت‌شناختی اولیه می‌باشد. به‌همین جهت فقدان مطالعات منسجم در زمینه عوامل مؤثر بر استراتژی‌های حفاظتی و زیستگاهی این ساکنان مهم رودخانه وجود دارد. به‌همین دلیل مطالعات برای یافتن مهمترین عوامل مؤثر بر انتخاب بهترین زیستگاه جهت زیست آن‌ها و به‌دنبال آن شناسایی تهدیداتی که ماهیان رودخانه با آن مواجه هستند، ضروری به‌نظر می‌رسد. شناسایی این عوامل به‌منظور اقدامات حفاظتی از اهداف اصلی این مطالعه است. علاوه بر این، تحقیقات اکولوژیک و احیای زیستگاه رودخانه به‌تدریج برای رودخانه‌هایی با عملکرد اکولوژیک تخریب شده مهم بوده و با توجه به گسترش فعالیت‌های انسانی اعم از کشاورزی و صنعتی در حاشیه آن و تنوع زیستی این حوضه و نیز آسیب‌پذیری آن نسبت به تهدیدات انسانی، مطالعات گسترده اکولوژیک از جمله شناسایی ویژگی‌های زیست‌شناختی و نیازهای زیستگاهی ماهیان به‌منظور حفاظت و مدیریت این اکوسیستم آبی به عنوان یک اولویت تحقیقاتی، ضروری به نظر می‌رسد.

مواد و روش‌ها

گونه مورد مطالعه (*Barbus karunensis* Khaefi, Esmaeili, Geiger & Eagderi, 2017) (شکل ۱) از رودخانه بشار، از سرشاخه‌های اصلی رودخانه کارون در حوضه تگریس با استفاده از دستگاه الکتروشوکر (Samus Mp750) از ۱۶ ایستگاه (شکل ۲) در دو فصل پاییز و تابستان نمونه‌برداری شد. رودخانه بشار رودخانه‌ای با مختصات جغرافیایی عرض شمالی ´۲۰ °۵۱ تا ´۴۸ °۵۱ طول شرقی و ´۱۸ °۳۰ تا ´۵۲ °۳۰ عرض شمالی مهمترین منبع آب جاری شهرستان یاسوج (مرکز استان کهگیلویه و بویراحمد) بوده و سرچشمه‌های اصلی این رودخانه، رودخانه-های گنجگون، تیزاب و تنگ سرخ می‌باشد (Alvani *et al*., 2011; Mortazavi and Hatami, 2018). انتخاب ایستگاه با توجه به اهمیت موضوع و در برگرفتن تمامی شرایط طبیعی و غیرطبیعی مؤثر بر زیست ماهیان، به‌منظور مطالعه جامع و پوشش یافتن کل مسیر رودخانه، با بازدید-های میدانی و بررسی اطلاعات و مطالعات موجود (تصاویر ماهواره‌ای گوگل ارث)، موقعیت جغرافیایی، قابل دسترس بودن ایستگاه، عدم هم‌پوشانی ایستگاه‌ها با یکدیگر و نیز شرایط اکولوژیک حاکم بر اکوسیستم رودخانه نظیر انعکاس شرایط و وضعیت واقعی حاکم بر رودخانه در هر فصل و در هر ایستگاه انجام و نمونه‌برداری از گونه مدنظر صورت پذیرفت (Oberdorff *et al*., 2001; Palialexis *et al*., 2011).

نمونه‌برداری در طی مسیر رودخانه از سمت پایین‌دست به بالا دست رودخانه و در هر ایستگاه نیز به‌صورت سه تکرار برخلاف جهت جریان آب انجام گردید (Esteves and Lobón-Cerviá, 2001)، در این راستا به‌منظور دقت

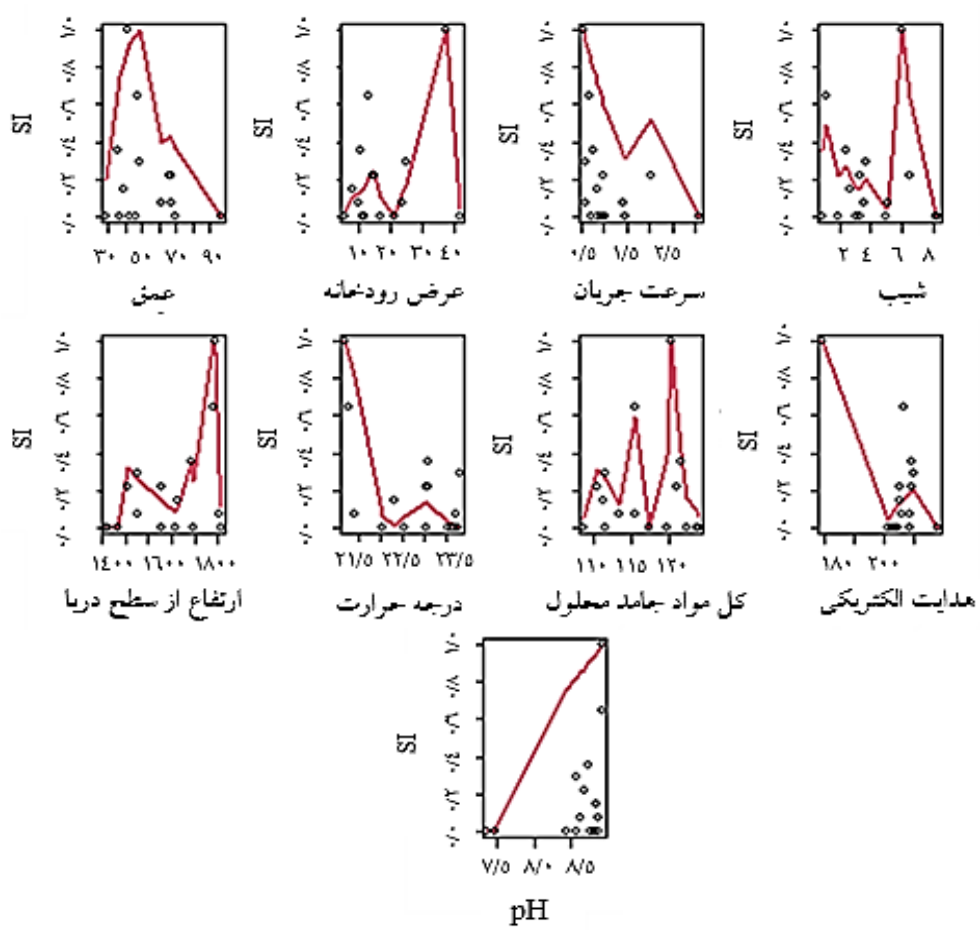


شکل ۲- موقعیت جغرافیایی استان کهگیلویه و بویراحمد، رودخانه بشار و ایستگاه‌های نمونه‌برداری

نمونه‌برداری و اطمینان از صید تمام نمونه‌های مدنظر، یک نفر همراه، با تور پشتیبان در نمونه‌برداری از هر ایستگاه مشارکت داشت (Price and Peterson, 2010).

بلافاصله در هر ایستگاه در همان محل نمونه‌برداری، به منظور تعیین پارامترهای موردنیاز برای شاخص شایستگی زیستگاه محل زیست ماهیان موردنظر، اندازه‌گیری و ثبت کلیه متغیرهای محیطی شامل عمق رودخانه (m)، عرض رودخانه (m)، شیب (٪)، ارتفاع از سطح دریا (m)، سرعت جریان آب (m/s)، درجه حرارت آب (درجه سانتی‌گراد)، کل مواد جامد محلول (TDS)، ضریب هدایت الکتریکی (EC) و pH با استفاده از دستگاه پرتابل تعیین و ثبت شد (Johnston and Slaney, 1996; Yu and Lee, 2002). همچنین عرض رودخانه با کمک ابزار متر نواری در سه ناحیه پایین‌دست، میانه و بالادست طولی هر ایستگاه اندازه‌گیری و در نهایت میانگین آن منظور گردید. عمق ایستگاه نمونه‌برداری از عمق متوسط حاصل از ۳ نقطه در هر ایستگاه و با سه تکرار و شیب بستر نیز با استفاده از دستگاه شیب‌سنج (Sunto)، با اندازه‌گیری شیب در میانه عرض رودخانه در سه نقطه ابتدا، وسط و انتهای طولی هر ایستگاه اندازه‌گیری و ثبت شد. به کمک الگوی جسم شناور سرعت جریان رودخانه سه بار اندازه‌گیری و میانگین آن‌ها به‌عنوان متوسط سرعت جریان (m/s) در هر ایستگاه در نظر گرفته شد (مولودی‌صالح و همکاران، ۱۴۰۱).

در این پژوهش، به‌منظور بررسی ترجیح زیستگاهی گونه مورد مطالعه از روش هموارسازی هسته‌ای استفاده شد. در این روش ابتدا جهت برآورد بهترین هموار، مقادیر ۱۰۰۰- ۱ در تابع (ksmooth) درنرم‌افزار R قرار داده شد. در این حالت هرچه پهنای باند بیشتر باشد، هموار خط برازش داده شده هم بیشتر خواهد شد. بنابراین، ابتدا یک ماکرو تعیین گردید که حداقل مقدار پهنای باند که بتواند به هموارسازی منجر شود که برای تمام مقادیر یک متغیر مستقل بتوان عددی را پیش‌بینی نمود چقدر می‌باشد، سپس از این حداقل تا عدد ۱۰۰۰ به‌عنوان پهنای باند قرار داده شد. ماکرویی دیگر نوشته شد که در آن به‌ازاء هر پهنای باند مقدار خطای جذر میانگین مربعات (RMSE= Root-mean-square Error) را برای خط هموار برازش داده شده تعیین نمود. با توجه به این که روش هموارسازی هسته‌ای روشی ناپارامتری بوده و معادله‌ای ایجاد نمی‌کند، امکان قرار دادن مقدار هر داده متغیر مستقل (x) در آن به‌منظور دریافت مقدار پیش‌بینی‌شده وجود ندارد. برای حل این مشکل با استفاده از رگرسیون چندجمله‌ای با مرتبه بالا بین هر متغیر محیطی و مقدار پیش‌بینی شده به‌وسیله هموارسازی هسته‌ای رابطه‌ای به‌دست آمد. داده‌های هر متغیر مستقل در معادله محاسبه شده برای مقادیر پیش بینی‌شده به‌وسیله هموارسازی هسته‌ای قرار داده شد. با وجود مقادیر هر متغیر مستقل، مقادیر پیش‌بینی شده برای آن متغیر مستقل و با استفاده از رابطه ۱ خطای جذر میانگین مربعات (RMSE) محاسبه گردید:



شکل ۳- نمودار شاخص مطلوبیت زیستگاه شاخص‌های مورد بررسی برای گونه *Barbus karunensis* در فصل تابستان در رودخانه بشار

رابطه ۱

$$RMSE = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} \frac{(x_i - \hat{x}_i)}{n}}$$

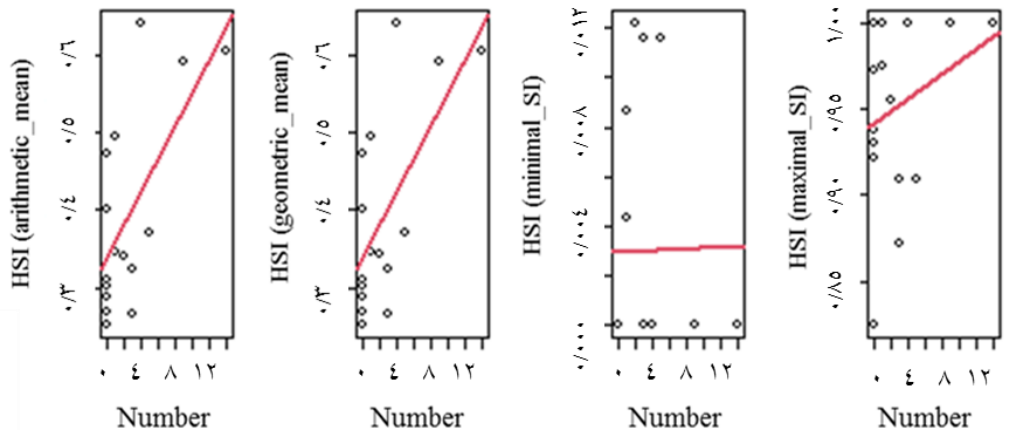
که در آن n= تعداد متغیرهای مستقل و Xi = متغیرهای مستقل می‌باشد. برای محاسبهٔ شاخص مطلوبیت زیستگاه (Habitat Suitability Index)، میانگین‌های حسابی، هندسی، کمینه و بیشینهٔ SI برای هر متغیر مستقل مورد بررسی در هر ایستگاه نمونه‌برداری محاسبه گردید. رابطه بین این مقادیر و تعداد ماهی در هر ایستگاه با رگرسیون خطی محاسبه و مقدار معیار اطلاعاتی آکائیکه (Akaike Information Criterion) برآورد گردید و به‌عنوان شاخص مطلوبیت هر ایستگاه منظور شد. تمام آنالیزهای آماری در نرم افزارهای اکسل و R انجام شد.

نتایج

نتایج مطلوبیت زیستگاه گونه *B. karunensis* در فصل تابستان در شکل ۳ نشان داده شده است. براساس نتایج، بیشترین شاخص مطلوبیت برای فاکتورهای مورد بررسی به‌ترتیب عمق آب ۵۰ سانتی‌متر، عرض رودخانه ۴۰-۳۰ متر، سرعت جریان ۰/۵ متربرثانیه، شیب بستر ۶ درصد، ارتفاع از سطح دریا ۱۹۰۰-۱۸۰۰ متر، دمای آب کمتر از ۲۱/۵ درجه، کل مواد جامد محلول ۱۲۰ میلی‌گرم بر لیتر، هدایت الکتریکی کمتر از ۱۸۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر، pH بیشتر از ۸/۵ به‌دست آمد (شکل ۳). براساس مقادیر ارائه‌شده در جدول ۱ و مقادیر AIC، بیشترین مطلوبیت زیستگاه (HSI) برای ایستگاه ۱۲ با مقدار ۰/۶۴۱ به‌دست‌آمده است. همچنین روش میانگین حداقل براساس مقادیر شاخص آکائیکه بهتر از سه روش دیگر (میانگین حسابی، میانگین

جدول ۱- مقادیر شاخص مطلوبیت زیستگاه (HSI) گونه *Barbus. karunensis* در ایستگاه های مورد بررسی در رودخانه بشار در فصل تابستان

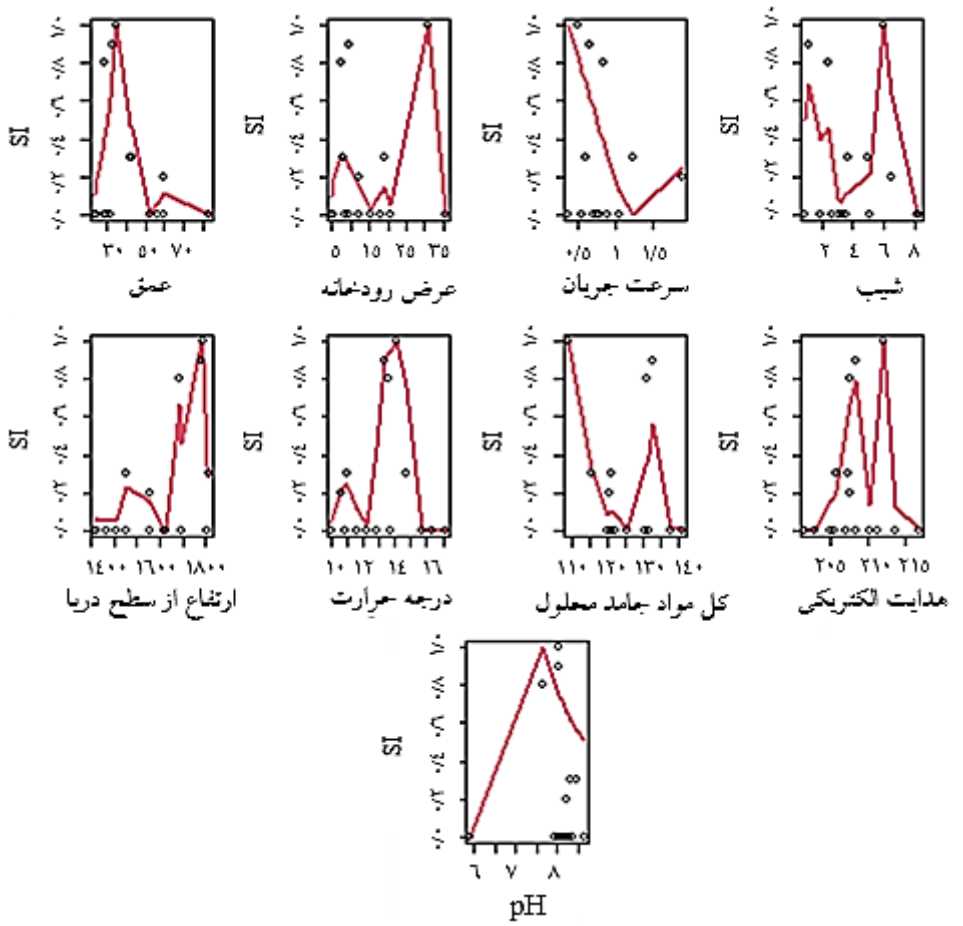
شماره ایستگاه	HSI (میانگین حسابی)	HSI (میانگین هندسی)	HSI (روش حداقل)	HSI (روش حداکثر)
۱	۰/۴۰۰	–	۰/۰۰۰	۰/۹۷۲
۲	۰/۳۴۶	۰/۲۲۶	۰/۰۰۹	۰/۹۷۶
۳	۰/۶۰۵	–	۰/۰۰۰	۱/۰۰۰
۴	۰/۵۹۳	–	۰/۰۰۰	۱/۰۰۰
۵	۰/۴۷۳	–	۰/۰۰۰	۱/۰۰۰
۶	۰/۳۷۰	۰/۲۲۵	۰/۰۱۲	۰/۹۱۰
۷	۰/۳۴۲	۰/۲۰۸	۰/۰۱۲	۰/۹۵۵
۸	۰/۳۰۹	–	۰/۰۰۰	۱/۰۰۰
۹	۰/۲۵۱	–	۰/۰۰۰	۰/۹۲۱
۱۰	۰/۲۶۷	–	۰/۰۰۰	۰/۹۱۰
۱۱	۰/۴۹۶	۰/۳۰۱	۰/۰۰۴	۱/۰۰۰
۱۲	۰/۶۴۱	–	۰/۰۰۰	۱/۰۰۰
۱۳	۰/۳۲۴	۰/۲۱۴	۰/۰۱۲	۰/۸۷۲
۱۴	۰/۲۸۷	–	۰/۰۰۰	۰/۹۳۸
۱۵	۰/۳۰۲	۰/۲۲۶	۰/۰۰۰	۰/۹۳۱
۱۶	/۲۶۸	–	۰/۰۰۰	۰/۸۲۴
مقدار AIC	-۲۴/۲۴۷	-۲۴/۲۱۴	-۱۱۹/۶۴۴	-۴۴/۶۱۴



شکل ٤- رابطه بین تعداد ماهی و شاخص مطلوبیت زیستگاه گونه *Barbus karunensis* در فصل تابستان

هندسی و روش حداکثر) توانست مطلوبیت گونه را بیان کند.

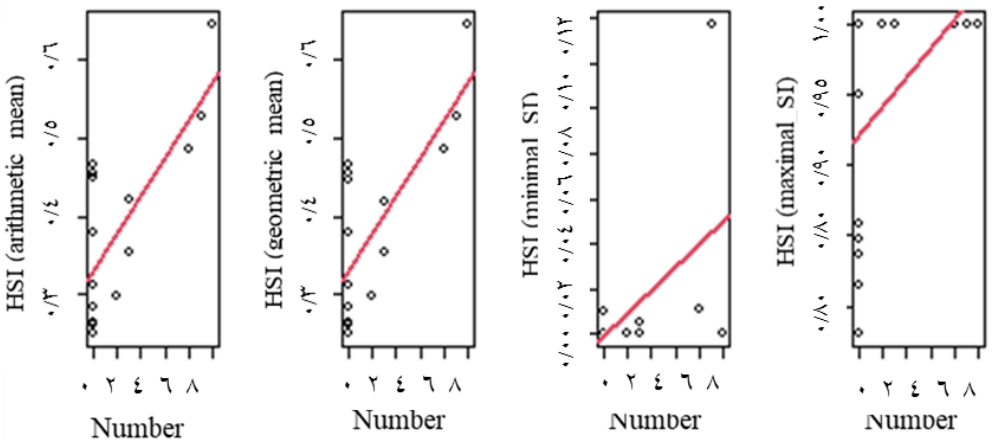
شکل ۴ رابطه بین تعداد ماهی و شاخص مطلوبیت زیستگاه را برای گونه *B. karunensis* در فصل تابستان نشان می‌دهد، براساس نتایج، الگوی قرارگیری نقاط حضور در نزدیکی خط رگرسیون، براساس روش میانگین هندسی عملکرد بهتری داشت. در بررسی فصل پاییز، نتایج نشان داد که بهترین شاخص مطلوبیت در عمق آب ۴۰ سانتی‌متری، عرض ۳۰ متری، سرعت جریان آب کمتر از ۰/۵ متربرثانیه، شیب بستر ۶ درصد، ارتفاع از سطح دریا ۱۸۰۰ متر، دمای آب ۱۴ درجه سانتی‌گراد، کل مواد جامد محلول ۱۱۰ میلی‌گرم بر لیتر، هدایت الکتریکی ۲۱۰ میکروو زیمنس بر سانتی‌متر، pH ۷/۵ به‌دست آمد (شکل ۵). براساس مقادیر ارائه شده در جدول ۲ و مقادیر آکائیکه، بیشترین مطلوبیت زیستگاه براساس کل ایستگاه‌های مورد مطالعه، برای ایستگاه سوم با مقدار ۰/۶۴۶ به‌دست‌آمد. همچنین رابطه بین تعداد ماهی و شاخص مطلوبیت زیستگاه براساس چهار روش میانگین مورد بررسی، روش میانگین هندسی عملکرد بهتری در بیان مطلوبیت زیستگاه داشت (شکل ۶).



شکل ۵- نمودار شاخص مطلوبیت زیستگاه شاخص‌های مورد بررسی برای گونه *Barbus karunensis* در فصل پاییز در رودخانه بشار

جدول ۲- مقادیر شاخص مطلوبیت زیستگاه (HSI) گونه *Barbus karunensis* در هر ایستگاه رودخانه بشار در فصل پاییز

شماره ایستگاه	HSI (میانگین حسابی)	HSI (میانگین هندسی)	HSI (روش حداقل)	HSI (روش حداکثر)
۱	۰/۳۵۳	–	۰	۱/۰۰۰
۲	۰/۴۵۴	–	۰	۱/۰۰۰
۳	۰/۶۴۶	–	۰	۱/۰۰۰
۴	۰/۵۲۹	۰/۴۵۴	۰/۱۳۷	۱/۰۰۰
۵	۰/۳۷۹	–	۰	۰/۹۵۱
۶	۰/۴۸۶	۰/۳۶۶	۰/۰۱۱	۱/۰۰۰
۷	۰/۴۶۷	–	۰	۱/۰۰۰
۸	۰/۲۸۳	–	۰	۱/۰۰۰
۹	۰/۲۴۹	–	۰	۰/۸۳۷
۱۰	۰/۲۹۷	–	۰	۱/۰۰۰
۱۱	۰/۴۴۸	–	۰	۱/۰۰۰
۱۲	۰/۴۲۰	۰/۲۹۳	۰/۰۰۵	۱/۰۰۰
۱۳	۰/۳۱۲	۰/۲۱۶	۰/۰۱۰	۰/۷۸۰
۱۴	۰/۲۶۱	–	۰	۰/۸۱۶
۱۵	۰/۲۶۳	–	۰	۰/۸۵۹
۱۶	۰/۲۴۹	–	۰	۰/۸۴۷
مقدار AIC	-۳۱/۱۳۵	-۳۱/۱۴۶	-۶۳/۲۴۸	-۳۲/۹۶۷



شکل ٦- رابطه بین تعداد ماهی و شاخص مطلوبیت زیستگاه گونه *B. karunensis* در فصل پاییز در رودخانه بشار

بحث

این مطالعه به‌منظور بررسی مطلوبیت زیستگاه گونه *B. karunensis* در دو فصل پاییز و تابستان در رودخانه بشار به‌اجرا درآمد. نتایج نشان داد که ترجیح این گونه در فصول مورد بررسی متفاوت بود به‌طوری که در فصل تابستان نقاط ترجیحی عمق، عرض و دمای بیشتر، pH، TDSو EC کمتر نسبت به فصل پاییز بود. در طول دو فصل مورد پژوهش، اگرچه افزایش برخی فاکتورهای مورد بررسی سبب کاهش مطلوبیت گونه مورد مطالعه شد ولی تغییرات به‌صورتی بود که ابتدا مطلوبیت گونه افزایش سپس کاهش نشان داد. ایگدری و همکاران (۱۴۰۰) در بررسی و مقایسه ترجیح زیستگاه جویبارماهی سفیدرود *Oxynoemacheilus bergianus* رودخانه جاجرود در دو فصل پاییز و زمستان عنوان کردند که زیستگاه انتخابی این گونه در فصل پاییز نقاطی با ارتفاع از سطح دریا و عمق کمتر، سرعت جریان بالا، بستر با سنگ‌های متوسط، شیب کمتر، دمای بالاتر، EC و TDS متوسط و حاشیه رودخانه با پوشش درختچه‌ای–درختی و در فصل زمستان نیز نقاطی با با ارتفاع از سطح دریا، عمق رودخانه و سرعت جریان آب بیشتر و بستر با سنگ‌هایی با اندازه متوسط، دمای متوسط، EC متوسط، TDS کمتر و ساحل دارای پوشش درختی بود.

مطالعات مختلفی براساس روش هموارسازی هسته‌ای نیز در بررسی مطلوبیت زیستگاه کپورماهیان آب‌های شیرین ایران صورت گرفته است که می‌توان به مطالعه بررسی ترجیح زیستگاهی سیاه‌ماهی بین‌النهرین *Capoeta damascina* در رودخانهٔ سیروان اشاره کرد (مولودی صالح و همکاران، ۱۴۰۱) که نتایج این مطالعه نشان داد، بیشترین ترجیح زیستگاهی گونه مورد مطالعه در رودخانه سیروان در نقاطی است با pH تقریباً ۶، دما ۹ درجه سانتی‌گراد، کل مواد جامد محلول ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر، هدایت الکتریکی ۳۰۰ میکروموس برسانتی‌متر، ارتفاع از سطح دریا ۱۱۳۰ متر، عمق آب ۵۰ سانتی‌متر، عرض رودخانه ۹ متر، سرعت جریان ۰/۸ متر بر ثانیه، شیب ۲ درصد و اکسیژن ۹ میلی‌گرم برلیتر می‌باشند. همچنین احمدزاده و همکاران (۱۳۹۷)، در بررسی تعیین شاخص مطلوبیت زیستگاه سیاه ماهی مرکزی (*Capoeta buhsei*) با استفاده از هموارسازی هسته‌ای در رودخانه جاجرود بیان داشتند که اولویت انتخاب زیستگاه برای سیاه‌ماهی مرکزی در رودخانه جاجرود مناطقی با سرعت بالای آب، با عمق و عرض زیاد، دمای پایین‌تر و بستر با قطر سنگ بستر بزرگ‌تر بود. بررسی شاخص مناسبت متغیرهای محیطی اندازه‌گیری شده و مقایسه شرایط زیستگاهی مطلوب گونه *B. karunensis* نشان داد که زیستگاه مطلوب این گونه در فصل پاییز نسبت به فصل تابستان دارای عمق، دمای آب، کل مواد جامد محلول و پی‌اچ کمتر و از سوی دیگر هدایت الکتریکی بیشتر بود، درحالی‌که شرایط زیستگاهی مطلوب در فاکتورهای عرض، سرعت جریان آب، شیب بستر و ارتفاع از سطح دریا بین دو فصل تفاوتی نداشتند. مطالعه عباس‌زاده و همکاران (۱۳۹۹)، نشان داد که سنین مختلف سس ماهی کورا (*B. lacerta*) نیازهای زیستگاهی مختلفی دارند؛ در بررسی سس ماهی‌های زارم‌رود گزارش شده است که سن +۰ در نواحی از رودخانه که دارای سرعت جریان ۶۰–۰ سانتی‌متر بر ثانیه،

عمق ۰/۶–۰متر، بستر غیرزیستی نوع Mesolithal و بستر زیستی نوع Xylal و Algae بیشتر حضور دارند، با افزایش سن به میزان +۱ زیستگاه مناسب به نواحی دارای سرعت جریان ۰/۷۵–۰/۴۵ متر بر ثانیه، عمق ۰/۷۵–۰/۱۶ متر، بستر غیرزیستی نوع Mesolithal، Macrolithal و Microlithal و بستر زیستی هر نوعی به‌جز نوع Xylal و Algae تغییر می‌کند و گروه سنی ۲ + و ۳ + زیستگاه‌های دارای سرعت جریان بالای ۰/۷۵ متربرثانیه، عمق بیشتر از ۰/۳۱ متر، بستر غیرزیستی نوع Mesolithal و Microlithal و بستر زیستی نوع Xylal و Algae را در اولویت قرار داده‌اند. همچنین Asadi و همکاران (۲۰۱۶) در مطالعه خود گزارش داده‌اند که سس ماهی کورا (*B. cyri*) نواحی از رودخانه توتکابن را که در ارتفاع بالاتری قرار دارد و نیز دارای سرعت جریان بالاتر، عمق متوسط، عرض کمتر و بستر تخته‌سنگی است را بیشتر اشغال کرده است.

در بررسی مقادیر مختلف فاکتورهای مورد بررسی، pH در فصل تابستان مقادیر بالاتری نسبت به فصل پاییز نشان داد مطالعات بیان داشته‌اند که هر چه دما بالاتر باشد (که در فصل تابستان بیشتر از فصل پاییز بود) به‌تبع آن تبخیر زیاد و کاهش میزان دبی نیز مقادیر pH آب افزایش پیدا می‌کند (دلبری و همکاران، ۱۴۰۱)، در این مطالعه نیز ترجیح زیستگاهی سس‌ماهی کارون بیشتر در مقادیر بالا و تقریباً قلیایی مشاهده شد. مطالعه Alvani و همکاران (۲۰۱۱)، گزارش دادند اکوسیستم رودخانه بشار به‌ویژه در برابر فعالیت‌های انسانی حساس و آسیب‌پذیر می‌باشد، به‌طوری که اندازه‌گیری پارامترهای کیفی آب نظیر کل جامدات معلق (TDS)، نیترات (NO_3) و فسفات (PO_4) نشان دهنده روند نزولی کیفی آب به سمت پایین‌دست این رودخانه می‌باشد. در این پژوهش هشدار داده شده است که تخلیه پساب حاصل از فعالیت‌های انسانی در نزدیک شهر به رودخانه بشار مشکلات زیست‌محیطی رودخانه را در طی سال‌های آینده افزایش می‌دهد. به‌دنبال آن پژوهش، حقیقت و همکاران در (۱۴۰۰) عنوان کرد در رودخانه بشار میانگین فسفر (۰/۶۸±۰/۶۷۲) و کلی فرم مدفوعی (۰/۱۷±۴/۰۱) در آب بیشتر از حد مجاز استاندارد می‌باشد، همچنین گزارش دادند همبستگی مثبت معنی‌دار بین TDS، BOD، کلی فرم مدفوعی و فسفر بیانگر افزایش بار آن‌ها از منابع آلوده‌کننده اطراف آب رودخانه به‌طور هم زمان بود.

در رابطه با عرض رودخانه و شدت جریان نیز مشاهده شد که این گونه در رودخانه بشار مناطقی با سرعت جریان پایین و عرض زیاد رودخانه را ترجیح می‌دهد با توجه به اینکه این دو فاکتور رابطه غیر مستقیمی با هم دارند یعنی هر چه عرض رودخانه بیشتر باشد سرعت جریان آب کمتر است، می‌تواند قابل توجیه باشد. دما یکی از پارمترهای مهم در زیست‌شناسی و فرآیندهای مهم تولیدمثلی و مهاجرت ماهیان است (غفوری و همکاران، ۱۴۰۲). در فصل تابستان بیشترین ترجیح زیستگاهی در مقادیر دمایی بالا بود که می‌تواند به‌دلیل ارتباط دما با تولید مثل و فرآیند رشد این گونه باشد (Beamish *et al*., 2006). در مطالعات نیز بیان شده است که در برخی ماهیان رودخانه‌ای و کپورماهیان دما نقش مهمی در زیستگاه مطلوب آن‌ها دارد (Dolatpour, 2013). در رابطه با فاکتور ارتفاع از سطح دریا، بیشترین مطلوبیت گونه مورد مطالعه نقاطی با ارتفاع از سطح دریای بالا در دو فصل بود. این فاکتور می‌تواند برروی فاکتورهای دیگر از جمله سرعت جریان، شیب و دمای آب اثرگذار باشد (Porter *et al*., 2000).

به‌عنوان یک نتیجه‌گیری کلی می‌توان بیان کرد که این گونه ترجیح زیستگاهی تقریباً متفاوتی در طول دو فصل مورد بررسی از خود نشان داد. بنابراین یافته‌های این مطالعه می‌تواند در راستای حفاظت از این گونه بومزاد و بررسی‌های آتی مورد استفاده قرار گیرد.

منابع

احمدزاده م.، پورباقر ه.، ایگدری، س. ۱۳۹۷. تعیین شاخص مطلوبیت زیستگاه سیاه‌ماهی مرکزی (*Capoeta buhsei*, Kessler, 1877) با استفاده از هموارسازی هسته‌ای در رودخانه جاجرود، حوضه دریاچه نمک ایران. دو فصلنامه علوم آبزی پروری. ۶(۲): ۱۰۸–۹۹.

ایگدری س.، زمانی‌فردانبه م.، پورباقر ه.، مولودی‌صالح ع. ۱۴۰۰. مطالعه و مقایسه ترجیح زیستگاه جویبارماهی سفیدرود *Oxynoemacheilus bergianus* (Steindachner, 1897) رودخانه جاجرود در دو فصل پاییز و زمستان. نشریه محیط زیست طبیعی, ۷۴(۱): ۱۱-۱.

حقیقت ر.، نوذری ه. ۱۴۰۰. مطالعه کیفیت آب رودخانه بشار در منطقه حفاظت شده دنا. نشریه علمی اکوبیولوژی تالاب. ۱۳: ۶۹-۸۴.

دلبری ف.، رضایی توابع ک.، میر واقفی ع.، لاهیجان زاده ا.، باقرزاده کریمی م.، سلمرودی ع. ۱۴۰۱. ارزیابی کیفیت آب رودخانه تجن با استفاده از شاخص IRWQIsc. نشریه علوم آبزی پروری، ۱۰(۲): ۹۷-۸۳.

دولت‌پور ا. ۱۳۹۵. رابطه بین مناسبت زیستگاه و پارامترهای زیستی سیاه ماهی *Capoeta damascina* در رودخانه کردان. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.

عباس‌زاده م.م.، وطن‌دوست ص.، منوچهری ح.، مصطفوی ح.، حسینی‌فر، م. ۱۳۹۹. ببررسی ارجحیت زیستگاهی سس ماهی کورا (*Barbus lacerta*; Heckel, 1843) در رودخانه زارم رود (از سرشاخه‌های رود تجن) استان مازندران-ایران. نشریه علمی پژوهشی پژوهشهای ماهی شناسی کاربردی. ۸(۴): ۲۳-۱۵.

غفوری ز.، ایگدری س.، پورباقر، ه. ۱۴۰۲. مطالعهٔ تغییرات سالیانه ترجیح مطلوبیت زیستگاه ماهی بوتک دهان بزرگ Heckel, 1843 *macrostomum Cyprinion* در رودخانهٔ زاب در چهار فصل. محیط زیست طبیعی. ۷۶(۱): ۱۱۵-۱۰۵.

مولودی‌صالح ع.، ایگدری س.، پورباقر ه. ۱۴۰۱. استفاده از روش هموارسازی هسته‌ای در بررسی ترجیح زیستگاهی سیاه‌ماهی بین‌النهرین *Capoeta damascina* Valenciennes, 1842 در رودخانهٔ سیروان. نشریه محیط زیست طبیعی. ۷۵(۴): ۶۴۲-۶۵۱.

Alvani J., Boustani F., Tabiee O., Hashemi M. 2011. The effects of human activity in Yasuj Area on the health of stream city. *International Journal of Humanities and Social Sciences* 5(2), 114-118.

Asadi H., Sattari M., Eagderi S. 2016. Habitat suitability index of Barbus cyri (Heckel, 1843) in Tootkabon River, the South Caspian Sea basin, Iran. *Caspian Journal of Environmental Sciences* 14(1):33-42.

Bartoszewicz M, Okarma H, Zalewski A, Szczęsna J. 2008. Ecology of the raccoon (Procyon lotor) from western Poland. *InAnnales Zoologici Finnish Zoological and Botanical Publishing Board* 45(4), 291-298.

Beamish F.W., Sa-ardrit P., Tongnunui S. 2006. Habitat characteristics of the cyprinidae in small rivers in Central Thailand. *Environmental Biology of Fishes* 76, 237-53.

Bernhardt E.S., Palmer M.A., Allan J.D., Alexander G., Barnas K., Brooks S., Carr J., Clayton S., Dahm C., Follstad-Shah J., Galat D. 2005. Synthesizing US river restoration efforts. *Science* 308(5722), 636-7.

Brooks S.S., Lake, P.S. 2007. River restoration in Victoria, Australia: change is in the wind, and none too soon. *Restoration Ecology* 15(3), 584-591.

Cooke S.J., Paukert C., Hogan Z. 2012. Endangered river fish: factors hindering conservation and restoration. *Endangered Species Research* 17(2), 179-191.

Dias M.S., Tedesco P.A., Hugueny B., Jézéquel C., Beauchard O., Brosse S., Oberdorff T. 2017. Anthropogenic stressors and riverine fish extinctions. *Ecological Indicators* 79, 37-46.

Duncan J.R., Lockwood J.L. 2001. Extinction in a field of bullets: a search for causes in the decline of the world's freshwater fishes. *Biological Conservation* 102(1), 97-105.

Esteves K., Lobón-Cerviá J. 2001. Composition and trophic structure of a fish community of a clear water Atlantic rainforest stream in southeastern Brazil. *Environmental Biology of fishes* 62, 429-40.

Hickey J.T., Huff R., Dunn C.N. 2015. Using habitat to quantify ecological effects of restoration and water management alternatives. *Environmental Modelling and Software* 70, 16-31.

Hynes H.B. 1975. The stream and its valley: With 4 figures and 2 tables in the text. *Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie: Verhandlungen* 19(1), 1-5.

Johnston N.T., Slaney P.A. 1996. Fish habitat assessment procedures. British Columbia Ministry of Environment, Lands and Parks and British Columbia Ministry of Forests, Watershed Restoration Technical Circular no. 8. Watershed Restoration Program. *Ministry of Environment, Lands and Parks and Ministry of Forests* 1-97.

Khaefi R., Esmaeili H.R., Geiger M.F., Eagderi, S. 2017. Taxonomic review of the cryptic *Barbus lacerta* species group with description of a new species (Teleostei: Cyprinidae). *FishTaxa* 2(2), 90-

115.

Malmqvist B., Rundle S. 2002. Threats to the running water ecosystems of the world. *Environmental Conservation* 29(2), 134-153.

Marcus M.D., Hubert W.A., Anderson S.H. 1984. Habitat suitability index models: lake trout (exclusive of the Great Lakes). *Fish and Wildlife Servic*

Morris L., Ball D. 2006. Habitat suitability modelling of economically important fish species with commercial fisheries data. ICES Journal of Marine Science. 63(9), 1590-603.

Mortazavi S., Hatami M. 2018. Assessment of ecological hazard of heavy metals (Cr, Zn, Cu, Pb) in surface sediments of the Bashar River, Yasouj, Iran. *Archives of Hygiene Sciences*, 7(1), 47-60.

Mostafavi H., Kambouzia J. 2019. Modelling potential distribution of fluvial fish species for expanding conservation knowledge: Case study of the genus Barbus in Iran. *International Journal of Aquatic Biology* 7(3), 132-9.

Mouton AM, Schneider M, Depestele J, Goethals PL, De Pauw N. 2007. Fish habitat modelling as a tool for river management. *Ecological engineering* 29(3):305-15.

Nelson J.S., Grande T.C., Wilson M.V. 2016. Fishes of the World. *John Wiley & Sons* 707 p.

Oberdorff T., Pont D., Hugueny B., Chessel, D. 2001. A probabilistic model characterizing fish assemblages of French rivers: a framework for environmental assessment. *Freshwater Biology* 46(3), 399-415.

Ogleni N., Topal B., 2011. Water quality assessment of the Mudurnu River, Turkey, using biotic indices. *Water resources management* 25(10), 2487-2508.

Palialexis A., Georgakarakos S., Karakassis I., Lika K., Valavanis V.D. 2011. Prediction of marine species distribution from presence–absence acoustic data: comparing the fitting efficiency and the predictive capacity of conventional and novel distribution models. *Hydrobiologia* 670(1), 241-266.

Porter M.S., Rosenfeld J., Parkinson E.A. 2000. Predictive models of fish species distribution in the Blackwater drainage, British Columbia. *North American Journal of Fisheries Management* 20(2), 349-59.

Price A.L., Peterson, J.T. 2010. Estimation and modeling of electrofishing capture efficiency for fishes in wadeable warmwater streams. *North American Journal of Fisheries Management* 30(2), 481-498.

Reid A.J., Carlson A.K., Creed I.F., Eliason E.J., Gell P.A., Johnson P.T., Kidd K.A., MacCormack T.J., Olden J.D., Ormerod S.J., Smol J.P. 2019. Emerging threats and persistent conservation challenges for freshwater biodiversity. *Biological Reviews* 94(3), 849-73.

Rushton S.P., ormerod S.J., Kerby G. 2004. New paradigms for modeling species distribution. *Journal of applied ecology* 41, 193-200.

Sala O.E., Stuart Chapin F.I.I.I., Armesto J.J., Berlow E., Bloomfield J., Dirzo R., Wall D.H. 2000. Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science* 287(5459), 1770-1774.

Schmutz S., Kaufmann M., Vogel B., Jungwirth M., Muhar S. 2000. A multi-level concept for fish-based, river-type-specific assessment of ecological integrity. InAssessing the Ecological Integrity of Running Waters: Proceedings of the International Conference, held in Vienna, Austria. Springer Netherlands. pp. 279-289.

Valavanis V.D., Pierce G.J., Zuur A.F., Palialexis A., Saveliev A., Katara I., Wang J. 2008. Modelling of essential fish habitat based on remote sensing, spatial analysis and GIS. *Essential Fish Habitat Mapping in the Mediterranean* 5-20.

Vörösmarty C.J., McIntyre P.B., Gessner M.O., Dudgeon D., Prusevich A., Green P., Glidden S., Bunn S.E., Sullivan C.A., Liermann C.R., Davies P.M. 2000. Global threats to human water security and river biodiversity. *Nature* 467(7315), 555-61.

Xue Y., Guan L., Tanaka K., Li Z., Chen Y., Ren Y. 2017. Evaluating effects of rescaling and weighting data on habitat suitability modeling. *Fisheries Research* 188, 84-94.

Yu S.L., Lee T.W. 2002. Habitat preference of the stream fish, *Sinogastromyzon puliensis* (Homalopteridae). *Zoological Studies-Taipei* 41(2), 183-187.

Zlateva I., Raykov V., Slabakova V., Stefanova E., Stefanova K. 2022. Habitat suitability models of five keynote Bulgarian Black Sea fish species relative to specific abiotic and biotic factors. *Oceanologia* 64(4), 665-74.

Journal of Aquaculture Sciences Vol. 11, No 21, 120-131
Print ISSN: 2322-5351
www.aquaculturesciences.ir

Modeling prediction and seasonal habitat preference of Karun barbel (*Barbus karunensis* Khaefi, Esmaeili, Geiger & Eagderi, 2017)

Saeid Shahbazi Naserabad, Hadi Poorbagher *, Soheil Eagderi, Mohammad Ali Nematollahi

Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

*Corresponding author: poorbagher@ut.ac.ir

Received: 03. Oct.2023 **Accepted: 19. Dec.2023**

Abstract

The threats to the rivers caused by human activities and stress factors that have endangered the biodiversity of the inhabitants in these ecosystems, especially fish. Therefore, it is necessary to understand the habitat needs and assess the suitability of the habitat for organisms living in rivers to protect biodiversity. This study aimed to investigate the Habitat Suitability Index (HIS) of *Barbus karunensis* in Bashar River using the kernel smoothing method in summer and autumn seasons 2021. In this study, 16 stations were selected and sampled with 3 repetitions. At the same time, environmental factors, including temperature, geographical slope, water velocity, river width, water depth, elevation, pH, electrical conductivity (EC), and total dissolved solids (TDS) were recorded and measured. Based on the results, the habitat preference of this species in the summer season was river sections with high elevation, high temperature, low average water velocity, high slope and width of the river, middle depth with high pH, average TDS values, and higher EC. In the autumn, the most preferred habitat of fish was high elevation, low temperature, low water velocity, high slope, medium width, low depth TDS, and pH. It can be concluded that the habitat of *B. karunensis* was different in the summer and autumn seasons and this species prefers different ranges of environmental parameters in the summer and autumn seasons.

Keywords: *Barbus karunensis*, HIS, Environmental Parameters, Bashar River, Habitat preferences