شیلات، مجله منابع طبیعی ایران
دوره ۷۴، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۰
صفحات ۵۱۰-۴۹۷

بررسی مطلوبیت زیستگاه جویبارماهی کرمانشاه (*Sasanidus kermanshahensis* Bănărescu and Nalbant, 1966) در رودخانه دینورآب (سرشاخه رودخانه گاماسیاب)

سهیل ایگدری[1*]، طاهره رحیمی[2]، منوچهر نصری[3]، علیرضا رادخواه[4]

۱.دانشیار گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
۲. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، آموزشکده محیط زیست، کرج، ایران.
۳.استادیار گروه علوم و فنون شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران.
۴.دانشجوی دکتری گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

تاریخ ارسال: ۱۴۰۰/۰۳/۳۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۷/۱۸

چکیده

رودخانه‌ی دینورآب از جمله سرشاخه‌های فرعی منتهی به رودخانه گاماسیاب در حوضه دجله و از جمله محیط‌های پراکنش جویبارماهی کرمانشاه (*Sasanidus kermanshahensis*) می‌باشد. این رودخانه تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی از قبیل کشاورزی قرار گرفته است. در مجموع ۱۶۸ نمونه ماهی برای مطالعه مطلوبیت زیستگاه جویبارماهی کرمانشاه در رودخانه‌ی دینورآب از ۲۱ ایستگاه با استفاده از دستگاه الکتروشوکر نمونه-برداری شد. برای این منظور، ویژگی‌های رودخانه شامل سرعت آب (m/s)، عمق آب (cm)، ارتفاع از سطح دریا (m)، عرض رودخانه (m)، شاخص سنگ بستر و قطر متوسط سنگ بستر (cm) در هر منطقه ثبت گردید. شاخص مطلوبیت زیستگاه با توجه به رابطه بین متغیرهای محیطی و فراوانی گونه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که فاکتورهای عرض رودخانه و سرعت آب رابطه مستقیم و فاکتورهای ارتفاع از سطح دریا، عمق آب و شاخص بستر رابطه معکوس با فراوانی ماهی دارند. شاخص HSI با مقدار ۰/۴۹۷ نشان داد که این رودخانه مطلوبیت متوسط برای این گونه دارد. همچنین، نتایج نشان داد که زیستگاه انتخابی جویبارماهی کرمانشاه مناطقی با سرعت بالای آب به‌واسطه نیاز به اکسیژن مناسب، بستر ماسه‌ای-گلی، با عرض زیاد و ارتفاع از سطح دریا و عمق کم می‌باشد. نتایج می‌تواند در جهت مدیریت و حفاظت از ذخایر این گونه بومزاد که به-عنوان بخشی از میراث طبیعی کشور به شمار می‌رود، مورد استفاده قرار گیرد.

واژگان کلیدی: لوچ کرمانشاه، زیستگاه، رودخانه دینورآب، عمق، سرعت جریان.

* نویسنده مسئول: سهیل ایگدری
Email: soheil.eagderi@ut.ac.ir

Journal of Fisheries
Vol. 74, No. 4, Winter 2021
pp. 497-510

Habitat suitability index of Kermanshah stone loach (*Sasanidus kermanshahensis* Bănărescu and Nalbant, 1966) in Dinor River, a tributary of Gamasiab River

Soheil Eagderi[1*], Tahereh Rahimi[2], Manoochehr Nasri [3], Ali Reza Radkhah[4]

1. Associate Professor, Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.
2. Graduate Master Student, College of Environment, Karaj, Iran.
3. Assistant Professor, Department of Fisheries Science and Technology, Faculty of Natural Resources, Lorestan University, Khorramabad, Iran.
4.Ph.D. Student, Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

Received: 21-Jun-2021 **Accepted: 10-Oct-2021**

Abstract

Dinor River is one of the tributaries leading to Gamasiab River in Tigris river drainage and one of the habitat of Kermanshah stone loach (*Sasanidus kermanshahensis*). The river has been affected by human activities such as agriculture. In this study, a total of 168 specimens were collected from 21 stations of Dinor River for the study of Kermanshah stone loach's habitat suability index. For this purpose, the river characteristics, including water velocity (m/s), water depth (cm), altitude (m), river width (m), bedrock index, and average bedrock diameter (cm) were recorded at each station. The habitat suitability index was examined according to the relationship between environmental variables and species abundance. The results showed that river width and water velocity are directly related and altitude, water depth, and bed index were inversely related to the abundance of *S. kermanshahensis*. The HSI index with a value of 0.497 showed that this river has moderate suitability for this species. Also, the results indicated that the selected habitat of *S. kermanshahensis* includes areas with high water velocity due to the need for adequate oxygen, sand-mud bed, high width, low altitude, and shallow depth. The findings can be used to manage and protect the reserves of this species, which is part of the country's natural heritage.

Keywords. Kermanshah stone loach, Habitat, Dinor River, Depth, Flow velocity.

Corresponding author: Soheil Eagderi Email: soheil.eagderi@ut.ac.ir

۱. مقدمه

نابودی زیستگاه‌ها به عنوان بزرگ‌ترین عامل تهدید تنوع زیستی معرفی شده است. تخریب و تغییر زیستگاه‌ها سبب کاهش وسعت و در نتیجه محصور شدن جمعیت‌های محلی در زیستگاه‌های کوچک می‌شود (Dobson, 1995; Böck and Schülting, 2018; Radkhah *et al*., 2019). نتیجه این امر افزایش درون‌آمیزی، کاهش تنوع ژنتیکی و در نتیجه افزایش خطر انقراض است، لذا زیستگاه به عنوان یکی از رُکن‌های مهم در مدیریتِ اکوسیستم‌های آبی و حفاظت از گونه‌ها مطرح است (Arthington *et al*., 2004; Jacquin *et al*., 2020; Radkhah *et al*., 2021). بر این اساس، فهم مناسب از فاکتورهای محیطی موجود در زیستگاه ماهی و میان‌کنش‌هایشان با جمعیت ماهیان برای مدیریت مبتنی بر اکوسیستم حائز اهمیت است (Naiman and Latterell, 2005). زیستگاه با کیفیت و مطلوب، نیازهای اساسی همچون تولیدمثل، رشد، مهاجرت و بقاء را برای جمعیت ماهی فراهم می‌نماید (Levin and Stunz, 2005). وقتی شرایط زیستگاه با دامنه ترجیحی ماهیان مطابقت داشته باشد، در آن صورت گونه‌های مورد انتظار به‌وفور مشاهده می‌شوند (Bain and Jia, 2012). در مقابل، ایجاد کوچکترین تغییرات در کمیت و کیفیت زیستگاه، تاثیر قابل ملاحظه‌ای در دینامیک جمعیت آن‌ها خواهد گذاشت (Levin and Stunz, 2005).

هر گونه‌ی ماهی یک زیستگاه خاصی را ترجیح می‌دهد و این زیستگاه، جایی است که یک ماهی زندگی می‌کند و باید دارای ویژگی‌های مطلوب از جمله اکسیژن کافی، دمای قابل تحمل، غذای کافی و محل پنهان شدن باشد (Thurow, 1997). انتخاب زیستگاه حاصل پاسخ افراد یک گونه به عواملی نظیر نیازهای تغذیه‌ای، متغیرهای اقلیمی، خطر طعمه‌خواری و فعالیت‌های انسانی است. مطلوبیت فیزیکی زیستگاه برای گونه‌های خاص ماهی با استفاده از روش‌های متنوع ارزیابی می‌شود. از جمله این روش‌ها، ارزیابی مطلوبیت زیستگاه از طریق استفاده از مدل‌های شاخص مطلوبیت زیستگاه (Habitat Suitability Index) است (Marcus *et al*., 1984; Johnston and Slaney, 1996). این مدل‌های شاخص از منحنی‌های مطلوبیت چندگانه متغیرهای زیستگاه تشکیل شده‌اند. برای هر متغیر زیستگاهی، دامنه مطلوبیت از صفر (نامطلوب) تا یک (حمایت کامل گونه) می‌باشد (Bain and Bain, 1982 ; Rashleigh *et al*., 2004). در واقع، HSI یک نمایه عددی است و ظرفیت زیستگاه را برای حمایت از گونه های ماهی نشان می‌دهد. حداقل ارزش HSI صفر است که نشان دهنده زیستگاه نامناسب می‌باشد و حداکثر ارزش آن، یک است که زیستگاه مناسب را نشان می‌دهد (Behrouzi-Rad *et al*., 2009; Asadi *et al*., 2016).

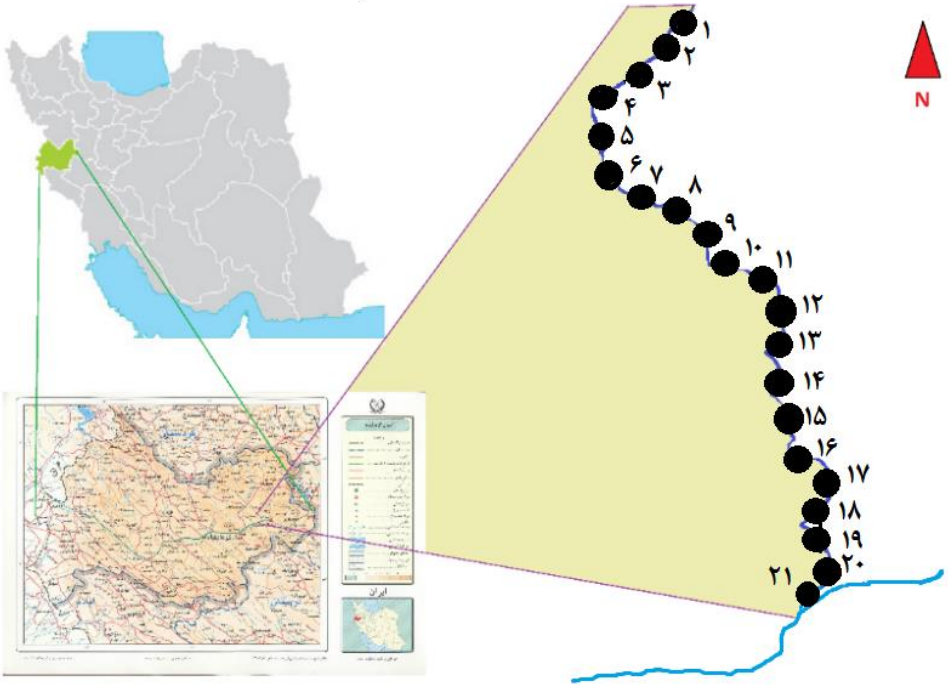
پارامترهای متعددی در تعیین کیفیت زیستگاه دخیل می‌باشند که با تعیین رتبه برای هر یک از پارامترها می‌توان مطلوبیت زیستگاه را به‌دست آورد (Wanat, 2002). همچنین شاخص مطلوبیت زیستگاه، پیش‌بینی حضور گونه‌ها، ارتباط بین گونه‌ها و زیستگاه‌ها و نیازمندی‌های زیستگاه را بررسی می‌کند (Leakey *et al*., 2008). به عبارت دیگر این شاخص‌ها سه هدف اصلی شامل (۱) پیش‌بینی حضور گونه‌ها براساس متغیرهای زنده و غیرزنده، (۲) بهبود درک ارتباطات گونه-زیستگاه و (۳) کمی کردن نیازمندی‌های زیستگاه را بررسی می‌کنند (Ahmadi-Nedushan *et al*., 2006). در واقع، چنین مدل‌هایی که حضور گونه‌های ماهی را براساس خصوصیات زیستگاه پیش‌بینی می‌کنند، می‌توانند در مدیریت حوضه آبریز مفید باشند و به مدیران و محققان اجازه می‌دهند تا ارتباط بین تغییرات زیستگاه و شرایط جوامع ماهی را درک کنند (Radkhah and Eagderi, 2020a; 2020b). علاوه بر این، آن‌ها برای کمک به حفاظت گونه‌ها نیز استفاده می‌شوند. برای مثال؛ این مدل‌ها در مورد این که کدام فاکتورهای زیستگاه باید در فعالیت‌های حفاظت و احیاء گونه‌ها در نظر گرفته شوند، می‌توانند مدیریت را آگاه کنند (Raleigh *et al*., 1986).

جویباراهی کرمانشاه (*Sasanidus kermanshahensis* Bănărescu and Nalbant, 1966) یک گونه بومزاد ایران از حوضه تیگریس بوده و در حوضه‌های کرخه، کارون و سیروان گزارش شده است (Coad, 2021). با توجه به اینکه اطلاعات زیادی در مورد ویژگی‌ها و نیازهای زیستی این گونه در دسترس نمی‌باشد، پژوهش حاضر با هدف بررسی مطلوبیت زیستگاه سگ‌ماهی جویباری کرمانشاه در رودخانه دینورآب در حوضه رودخانه کرخه به اجرا درآمد.

۲. مواد و روش‌ها

۲.۱. منطقه مورد مطالعه

رودخانه دینورآب (شکل ۱)، واقع در غرب کشور از ارتفاعات رشته‌کوه‌های زاگرس منشاء گرفته و پس از تامین آب شُرب روستاهای توابع صحنه و بیستون، به رودخانه گاماسیاب می‌ریزد. منبع تأمین این رودخانه نزولات جوی (آب برف و باران) و چشمه‌ها است. طول تقریبی رودخانه ۲۳ کیلومتر و شیب متوسط بستر آن ۱/۶ درصد می‌باشد (Azmoudeh Ardalan, 2004).



شکل ۱- نقشه استان کرمانشاه و موقعیت رودخانه دینورآب

۲.۲. روش نمونه‌برداری

نمونه‌برداری در فروردین ماه ۱۳۹۶ در ۷ منطقه (در هر منطقه سه ایستگاه انتخاب شد) که در مجموع شامل ۲۱ ایستگاه بود، در مسیر رودخانه با استفاده از دستگاه الکتروشوکر (Samus Mp750) براساس روش دو رفت انجام شد. موقعیت جغرافیایی مناطق نمونه‌برداری و ویژگی‌های بستر و حاشیه‌ی رودخانه در جدول ۱ ارائه شده است. هر تلاش نمونه‌برداری در طول تقریبی ۳۰ متر با سه تکرار در هر ایستگاه انجام شد. برای شناسایی گونه‌های صید شده، نمونه‌ها در محلول استاندارد عصاره میخک بیهوش و سپس براساس منابع شناسایی شدند (Esmaeili *et al*., 2018; Coad, 2021). نمونه‌ها پس از شمارش، با احتیاط به آب تازه منتقل شده و بعد از اطمینان از بازیابی توانایی شنا، به رودخانه رها شدند.

جدول ۱- جایگاه‌های نمونه‌برداری و ویژگی‌های بستر و حاشیه‌ی رودخانه در مناطق مختلف

منطقه	نوع بستر	نوع حاشیه رودخانه	طول و عرض جغرافیایی
۱	شنی و سنگی	قلوه‌سنگی و درختان حاشیه‌ای	N34-53-28 E48-31-56
۲	قلوه سنگ	سنگلاخی	N34-52-50 E48-32-11
۳	شنی و سنگی	سنگلاخی و گلی وگیاهان حاشیه‌ای	N34-52-28 E48-32-32
۴	گلی و شنی	شنی و گیاهان حاشیه‌ای	N34-51-58 E48-32-38
۵	قلوه سنگ	سنگلاخی	N34-51-50 E48-32-43
۶	شنی و سنگی	سنگلاخی زیر پل جاده‌ای	N34-51-44 E48-32-55
۷	شن و ماسه	گیاه و علفزار با میانه گیاهی	N34-51-31 E48-31-18

۲.۳. متغیرهای محیطی

ویژگی‌های فیزیکی و هیدرولوژیکی هر ایستگاه از جمله ارتفاع، سرعت جریان آب، عرض رودخانه، عمق آب، ویژگی‌های اجزای بستر از جمله درصد سنگ‌های بستر و قطر متوسط سنگ‌های بستر، بلافاصله بعد از نمونه‌گیری اندازه‌گیری شدند. در کلیه ایستگاه‌های نمونه‌گیری، ارتفاع از سطح دریا با استفاده از دستگاه GPS ثبت گردید. سرعت جریان آب رودخانه طبق روش جسم شناور اندازه‌گیری شد. برای کاهش خطای احتمالی در این روش، در هر ایستگاه اندازه‌گیری سرعت در سه نوبت تکرار شده و میانگین این مقادیر بعد از ضرب کردن در ضریب اصلاحی مربوطه (۰/۹) به عنوان سرعت جریان آب (m/s) در ایستگاه در نظر گرفته شد (Mahdavi, 2016). برای محاسبه عرض رودخانه (m) در ابتدا، وسط و انتهای هر ایستگاه عرض رودخانه با استفاده از متر نواری اندازه‌گیری شده و میانگین این سه عدد به‌عنوان عرض رودخانه در نظر گرفته شد. در هر ایستگاه به‌طور تصادفی در سه ترانسکت خطی در عرض رودخانه و در هر ترانسکت حدود ۲۰ مرتبه عمق به کمک شاخص متریک ثبت گشت و میانگین، به‌عنوان عمق رودخانه (m) در هر ایستگاه در محاسبات استفاده شد. با مشاهده دقیق ترکیب سنگی بستر در هر ایستگاه و با کمک طبقات اندازه سنگ‌ها (جدول ۲)، درصد هریک از اجزای بستر در هر ایستگاه ثبت گردید (Tabatabai, 2013; Tabatabai *et al*., 2014).

جدول ۲- طبقات قطر متوسط سنگ بستر در ایستگاه‌های نمونه‌برداری

قطر متوسط سنگ‌های بستر (mm)	
سنگ‌بزرگ (Bed rock)	۴۰۰<
تخته سنگ (Boulder)	۲۵۶ -۴۰۰
سنگ فرش (Cobble)	۶۴ -۲۵۶
شن (Gravel)	۲ -۶۴
ماسه (Sand)	۲>

ساختار بستر با توجه به میزان قطر سنگ‌های غالب بستر رودخانه و اندازه‌گیری قطر سنگ ۲۰ پلات تصادفی ۵۰ در ۵۰ سانتی‌متر اندازه‌گیری و طبقه‌بندی شد. با توجه به تنوع قطر سنگ‌ها سعی بر آن شد که پلات انتخابی به نحوی انتخاب شود که معرف آن زیستگاه باشد. شاخص بستر توسط فرمول زیر (Mahdavi, 2016) محاسبه شد:

شاخص بستر= ۰/۰۸× (مساحت ناحیه سنگ صخره‌ای) + ۰/۷۰ × (مساحت ناحیه تخته سنگی) + ۰/۰۶ × (مساحت ناحیه سنگ فرش) + ۰/۰۵ × (مساحت ناحیه شنی) + ۰/۰۳۵ × (مساحت ناحیه ماسه‌ای)

۲.۴. محاسبه شاخص انتخاب (SI) و شاخص مطلوبیت زیستگاه (HSI)

به‌منظور به‌دست آوردن اندیکس مطلوبیت برای هر متغیر از نرم‌افزار تجزیه و تحلیل اطلاعات زیستگاه HABSEL version 1.00 استفاده شد. به کمک این نرم‌افزار با توجه به رابطه متغیر و فراوانی جویبارماهی کرمانشاه، در هر ایستگاه معین، اندیکس مطلوبیت Suitability Index (SI) برای هر متغیر محیطی به‌دست آمد. شاخص SI طبق رابطه $SI_{e,i} = \% U_{e,i} / \% A_{c,i}$ محاسبه شد. در این رابطه، c یک متغیر محیطی، i فاصله یا طبقه‌های آن متغیر، $\% U_{e,i}$ درصد استفاده ماهی از یک طبقه خاصی از یک متغیر محیطی و $\% A_{c,i}$ درصد در دسترس بودن آن متغیر محیطی می‌باشد (Guay *et al.*, 2000, Waddle, 2012). درصد U_{ci} از یک نسبت‌گیری ساده از تعداد افراد مشاهده شده در هر طبقه به‌دست می‌آید. درصد در دسترس بودن به این ترتیب محاسبه می‌شود که درصد هر طبقه از هر پارامتر را محاسبه، سپس تعداد افراد در هر طبقه را شمارش می‌کند. در نهایت، یک نسبت از این شمارش‌ها را در هر درصد از طبقه پارامتر در نرم‌افزار Excel 2016 محاسبه می‌کند و به درصد A_{ci} می‌رسد.

برای استانداردسازی SI، یعنی به گونه‌ای که دامنه‌ی SI بین صفر و یک باشد، بعد از kernel smoothing مقادیر SI بر حداکثر SI تقسیم شد. در نهایت، برای ادغام SIها از میانگین حسابی استفاده گردید. نظر به این که اهمیت هر یک از SIها برای جویبار ماهی کرمانشاه مشخص نشده بود، همگی دارای وزن یکسان بودند. در این مطالعه، برای محاسبه شاخص مطلوبیت زیستگاه (HSI) کل برای گونه مورد مطالعه از رابطه میانگین هندسی زیر استفاده شد (Asadi *et al.*, 2016):

رابطه (۳)

$$HSI \quad \sqrt[n]{SI\ Width \times SI\ Depth \times \ldots \times SIn}$$

۳. نتایج

در طی عملیات نمونه‌برداری در مجموع ۱۶۸ قطعه ماهی صید گردید. در جدول ۳ میزان متغیرهای کمی اندازه‌گیری شده به تفکیک مقادیر کمینه، بیشینه و متوسط ارائه شده است. با مشاهده دقیق ترکیب سنگ بستر در هر ایستگاه و با کمک طبقات اندازه سنگ‌ها (جدول ۲)، درصد هریک از اجزای بستر در هر منطقه ثبت گردید (جدول ۴). بر اساس نتایج، کمترین و بیشترین مقدار شاخص بستر به‌ترتیب در مناطق ۷ و ۳ ثبت گردید.

جدول ۳- دامنه، میانگین و انحراف معیار متغیرهای زیست‌محیطی طی نمونه‌برداری ماهیان در منطقه مورد مطالعه

متغیرها	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار
دمای هوا	۱۷	۲۵	۲۱	۲/۷۲
عرض رودخانه (متر)	۱	۱۲	۴	۳/۰۱
ارتفاع (متر)	۸۸۷	۱۱۲۳	۹۱۸/۵۷	۱۲۳/۲۱
عمق (سانتی‌متر)	۱۳/۷۶	۴۵/۵	۲۶/۹	۹/۵۲
سرعت آب (متر بر ثانیه)	۰/۴۴	۰/۹۴	۰/۷۶	۰/۲۰
قطر سنگ بستر (سانتی‌متر)	۴	۳۲	۱۰/۸۵	۲/۲۱
شاخص بستر	۳/۸۶	۵/۶۲	۴/۶۲	۰/۷۸

جدول ۴- درصد سنگ‌های بستر و شاخص بستر در هر منطقه

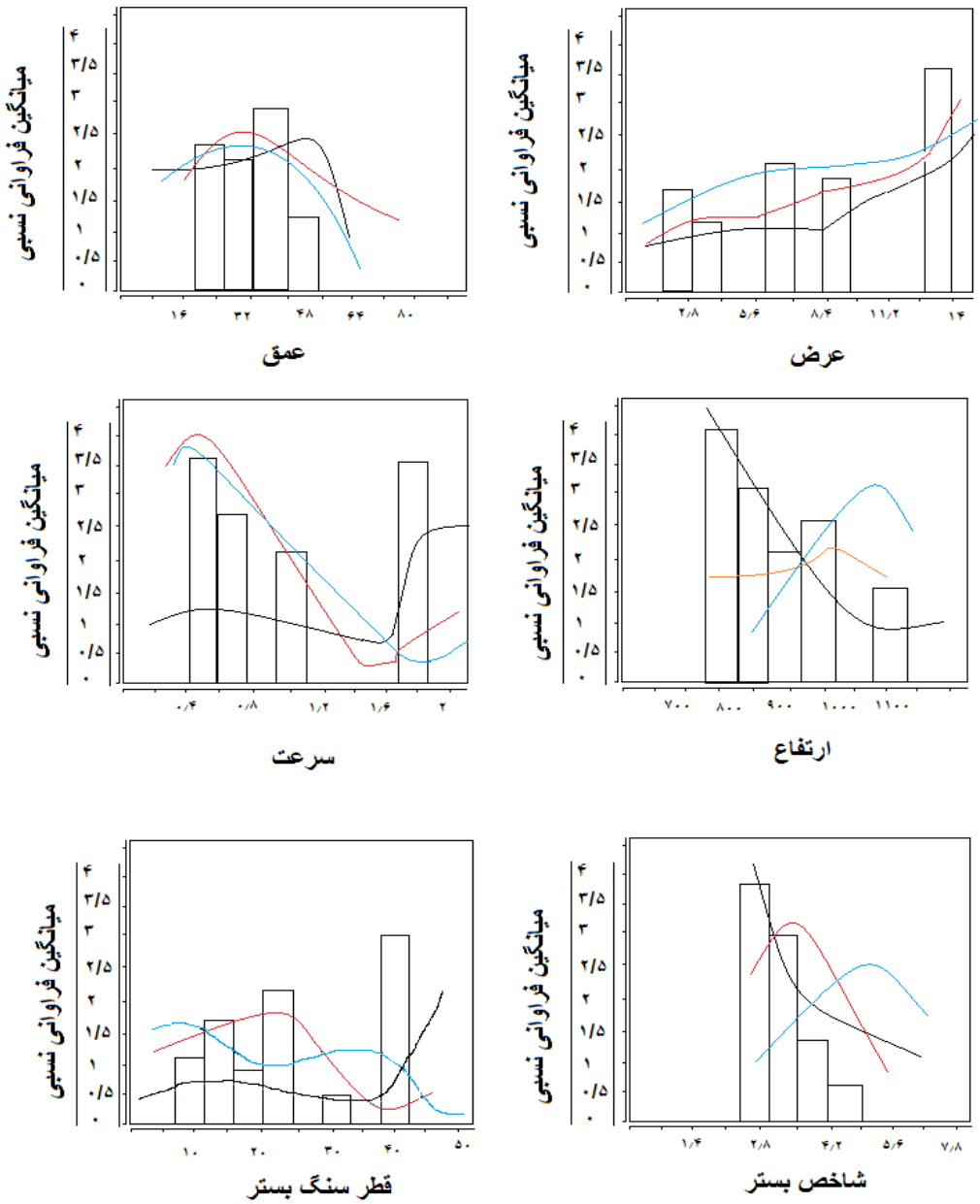
منطقه	سنگ بستر	تخته‌سنگ	سنگ‌فرش	شن	ماسه	شاخص بستر
۱	-	٪۱۵	٪۴۵	٪۱۵	٪۲۵	٪۵/۳۷
۲	-	٪۲۰	٪۲۵	٪۴۵	٪۱۰	٪۵/۵
۳	-	٪۴۰	٪۳۰	٪۲۵	٪۵	٪۵/۸۶
۴	-	-	٪۴۰	٪۵۵	٪۵	٪۵/۳۲
۵	-	٪۵	٪۵	٪۷۰	٪۲۰	٪۴/۸۵
۶	-	٪۴۰	٪۲۰	٪۵	٪۱۰	٪۵/۲۶
۷	-	٪۱۰	٪۲۰	٪۳۰	٪۴۰	٪۴/۸

۳.۱. شاخص مطلوبیت زیستگاه

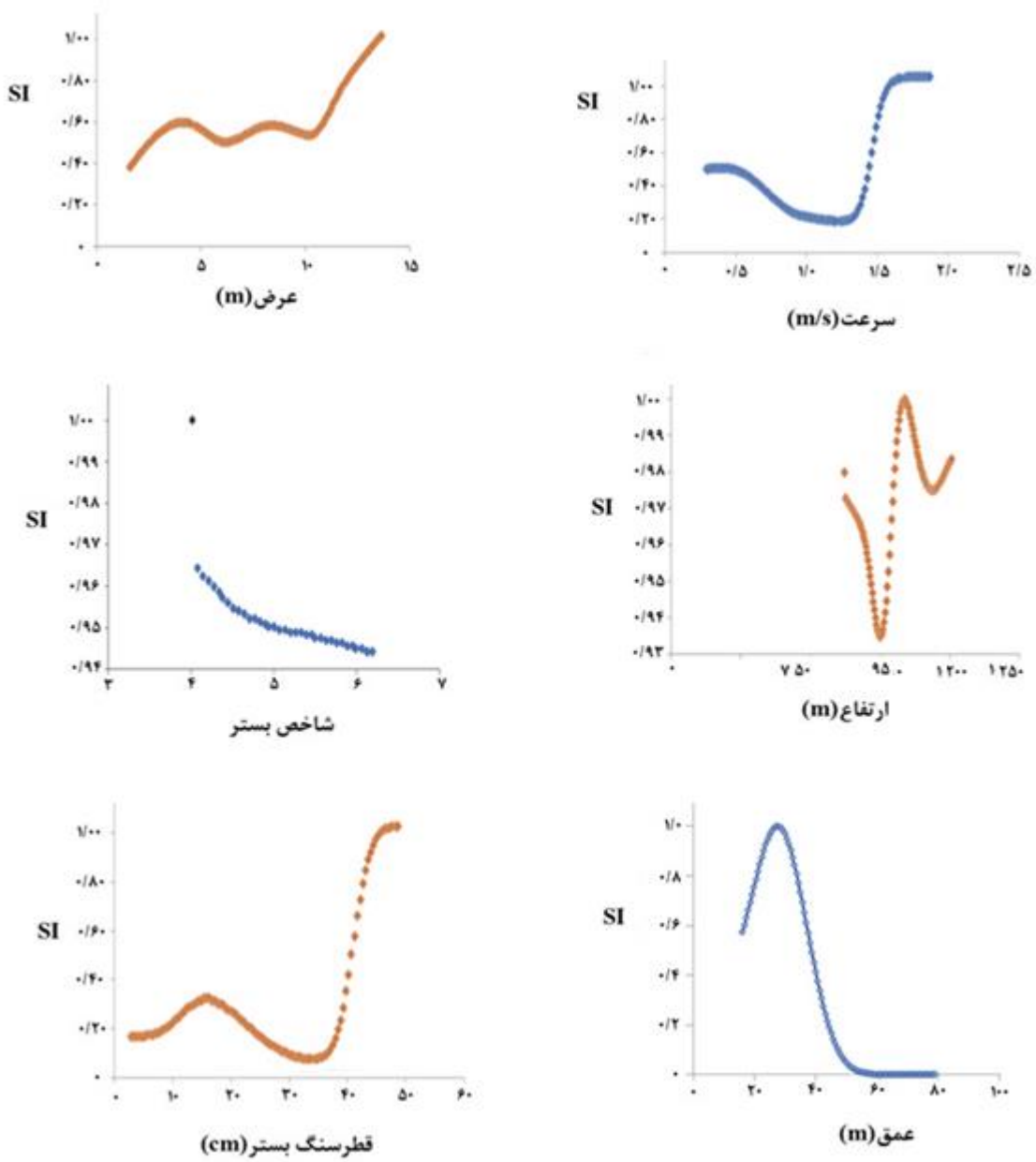
با استفاده از HABSEL، محدوده‌های زیستگاهی براساس رابطه هر یک از متغیرهای محیطی و فراوانی ماهیان در شکل ۲ نشان داده شده است. بر اساس نتایج، با افزایش عمق رودخانه تا ۳۰ سانتی‌متر، فراوانی ماهیان نیز افزایش یافت اما پس از آن با کاهش همراه بود. همچنین، با افزایش عرض رودخانه فراوانی ماهیان افزایش یافت. نتایج نشان داد که رابطه معکوسی بین ارتفاع از سطح از دریا و فراوانی ماهیان وجود دارد، به‌طوری که با افزایش ارتفاع از سطح دریا، فراوانی ماهیان کاهش یافت. مشابه حالتی که برای ارتفاع بیان شد، در مورد شاخص بستر نیز مشاهده شد. نتایج نشان داد با افزایش شاخص بستر فراوانی ماهیان کاهش یافت. علاوه بر این، با افزایش قطر سنگ بستر تا ۳۵ سانتی‌متر، فراوانی ماهیان افزایش اندکی داشت، اما با افزایش قطر سنگ بستر به بیش از ۳۵ سانتی‌متر، میزان فراوانی تا حد قابل توجهی افزایش یافت. بر اساس نتایج شکل ۱، در ابتدا با افزایش سرعت، فراوانی ماهیان کاهش یافت، اما در سرعت‌های بالا، فراوانی به میزان قابل توجهی افزایش یافت.

منحنی‌های مطلوبیت زیستگاه (SI) برای هر یک از متغیرهای محیطی توسط جویبارماهی کرمانشاهی در شکل ۳ ارائه شده است. بر اساس شکل ۳، شاخص انتخاب برای هر یک از متغیرهای محیطی بین ۱-۰ می‌باشد که مقدار صفر نشان دهنده حداقل میزان مطلوبیت و مقدار یک بیانگر حداکثر میزان مطلوبیت است.

براساس نتایج، زیستگاه انتخابی جویبارماهی کرمانشاهی در دینورآب، بستر گلی ماسه‌ای و پوشش ساحلی گیاهی از نوع علف‌های گندمی بود. همچنین این گونه مناطقی با سرعت بالای آب، با عرض زیاد و ارتفاع و عمق کم را ترجیح می‌داد. طبقه‌بندی کلیه متغیرهای محیطی ایستگاه‌های نمونه‌برداری مقادیر SI برای هر طبقه در جدول ۵ ارائه شده است. در نهایت، اندیکس شایستگی (SI) برای هر متغیر در کل رودخانه و مجموع آن‌ها براساس میانگین هندسی به‌عنوان شاخص مطلوبیت زیستگاه (HSI) کل رودخانه محاسبه و ارائه گردید (جدول ۶).



شکل ۲- محدوده‌های زیستگاهی مورد استفاده (منحنی قرمز رنگ)، در دسترس (منحنی آبی رنگ) و انتخاب شده (منحنی مشکی رنگ) برای جویبارماهی کرمانشاهی (*S .kermanshahensis*) در رودخانه دینورآب براساس میانگین فراوانی نسبی حاصل از نرم افزار HABSEL.



شکل ۳- منحنی‌های مطلوبیت زیستگاه (SI) برای هر یک از متغیرهای کمی توسط جویبارماهی کرمانشاهی (*S .kermanshahensis*) در رودخانه دینورآب.

جدول ۵- طبقه‌بندی کلیه متغیرهای محیطی در ایستگاه‌های نمونه‌برداری و مقادیر SI برای هر طبقه

متغیر	طبقه‌بندی متغیر	SI	متغیر	طبقه‌بندی متغیر	SI
ارتفاع (m)	۷۰۰<۸۰۰	۰/۴۵	شاخص بستر	۴/۹<۵/۶	۰/۱۳
	۸۰۰<۹۰۰	۰/۲۰		۵/۶<۶/۳	۰/۰۳
	۹۰۰<۱۰۰۰	۰/۰۲	عرض (m)	۲/۸<۴/۲	۰/۲۱
	۱۰۰۰<۱۱۰۰	۰/۰۸		۵/۶<۷	۰/۰۳
	۱۱۰۰<۱۲۰۰	۰/۱۳		۷<۸/۴	۰/۱۹
	۱۲۰۰<	۰/۰۲		۱۱/۲<۱۲/۶	۰/۱۴
	-			۱۲/۶<۱۴	۰/۴۲
قطر متوسط سنگ بستر (cm)	۰<۵	۰/۰۴	عمق (cm)	۸<۱۶	۰/۱۲
	۵<۱۰	۰/۱۲		۱۶<۲۴	۰/۲۴
	۱۰<۱۵	۰/۲۰		۲۴<۳۲	۰/۴۹
	۲۰<۲۵	۰/۱۴		۳۲<۴۰	۰/۱۳
	۲۵<۳۰	۰/۰۱	سرعت آب (m/s)	۰/۴<۰/۶	۰/۳۱
	۴۵<۵۰	۰/۴۵		۰/۸<۱	۰/۲۲
شاخص بستر	۳/۵<۴/۲	۰/۶۲		۱/۸<۲	۰/۴۵
	۴/۲<۴/۹	۰/۲۰			

جدول ۶- مقادیر شاخص انتخاب (SI) برای هر متغیر و شاخص مطلوبیت زیستگاه (HSI) برای جویبارماهی کرمانشاه

متغیر	شاخص بستر	سرعت (m/s)	قطر سنگ بستر (cm)	عرض (m)	عمق (cm)	ارتفاع (m)	HSI
شاخص انتخاب (SI)	۰/۸۷	۰/۵۳	۰/۲۷	۰/۴۴	۰/۳۱	۰/۸۹	۰/۴۹۷

۴. بحث و نتیجه‌گیری

در جوامع ماهیان رودخانه‌زی، ارتفاع، سرعت، اندازه رودخانه و عمق از جمله مهم‌ترین متغیرهای تاثیرگذار هستند. هر چه از بالادست به سمت پایین دست رودخانه پیش می‌رویم، یک روند افزایشی در ترکیب جوامع رودخانه‌ای دیده می‌شود که علت آن، افزایش اندازه و تنوع زیستگاه از قبیل تغییرات در عرض، عمق، سرعت جریان و ترکیب بستر رودخانه می‌باشد (Tejerina-Garro *et al* ., 2005). براساس نتایج، عامل مهم در حضور و فراوانی جویبارماهی کرمانشاه، شاخص بستر می‌باشد. با توجه به این‌که با کاهش این شاخص، قطر سنگ‌های بستر کاهش یافته و نوع بستر به طرف ماسه‌ای-گلی تغییر می‌کند. بنابراین، این گونه بسترهای ماسه‌ای-گلی و نواحی از رودخانه را که دارای پوشش گیاهی در حاشیه هستند، ترجیح می‌دهد. در رودخانه‌ها، جنس و اندازه ذرات بستر (سنگی تا چوبی، ریز تا درشت) تحت تاثیر شرایط هیدرولیکی (سرعت و حجم آب) قرار می‌گیرند. ارتباط ماهی با این ساختارها ممکن است ترکیب پیچیده‌ای از پاسخ‌های هیدرولیکی، رفتاری (پرهیز از صیاد) یا تغذیه‌ای باشد که نمی‌تواند با اطلاعات میدانی پارامترهای زیستگاهی مرتبط حل کرد (Radkhah *et al*., 2020, 2021). در واقع، بستر عامل مهمی در ایجاد فضای زیستی در یک زیستگاه است (Bobori *et al*., 2001) و امکان ساکن شدن، حرکت، تولیدمثل، پناه‌گیری (جلوگیری از شکار شدن و مقابله با جریان آب) و تامین غذا (به‌طور مستقیم از تجمع مواد

آلی و تجمع غذا مانند جلبک‌های اپی‌فیتیک) را فراهم می‌آورد (Ahmadi-Nedushan *et al*., 2006). براساس نتایج، ترجیح بسترهای ماسه‌ای-گلی توسط سگ ماهی جویباری کرمانشاهی، می‌تواند به پنهان شدن این گونه و فراهم بودن غذا در این نوع بسترها مربوط باشد. به‌علاوه با توجه به وضعیت سیلابی بودن رودخانه دینورآب در بعضی نقاط، این گونه می‌تواند به‌راحتی خود را در زیر بستر ماسه‌ای مخفی نماید. بنابراین، به دلیل اهمیت بستر در پناهگاه، تغذیه، تخم‌ریزی و شکار، ترکیب بستر یک ویژگی مهم زیستگاهی برای ماهیان در اکوسیستم‌های رودخانه‌ای به شمار می‌رود (Wootton, 1992; Vilizzi and Copp, 2013; Vilizzi *et al*., 2019).

از آن‌جایی‌که بسترهای ماسه‌ای-گلی بیش‌تر در حاشیه رودخانه ها یافت می‌شوند، در این نوع زیستگاه‌ها در رودخانه دینورآب، پوشش‌های کناره‌های ساحلی از نوع علف‌های گندمی بودند. این نوع پوشش‌های گیاهی ساحلی احتمالاً باعث ثبات زیستگاه این گونه می‌شود. به‌عبارت دیگر، با ورود ریشه‌ها و قطعات چوبی در این نواحی، ساحل و بستر رودخانه در برابر فرسایش حفاظت شده و باعث ایجاد تنوع زیستگاهی در نواحی جریان‌دار (Riffle) و استخری (Pools) می‌شود (Meehan *et al*., 1977; Opperman and Merenlender, 2004). همچنین، این نوع پوشش گیاهی، می‌تواند عملکردهای مختلفی از جمله تأمین مواد کربن‌دار و دیتریت در فصول کم تولید داشته باشد؛ به‌طوری که مواد دیتریتی حاصل از این گیاهان می‌توانند بستری برای رشد مواد جانوری ریز و بی‌مهرگان فراهم آورند و لازمه شروع زنجیره غذایی در چنین اکوسیستم‌هایی باشند (Wootton, 1992).

پژوهش حاضر نشان داد که ارتفاع از سطح دریا رابطه معکوسی با فراوانی گونه *S. kermanshahensis* دارد، به‌طوری که با افزایش ارتفاع از سطح دریا، از فراوانی جویبارماهی کرمانشاهی کاسته می‌شود. در بسیاری از مطالعات، ارتفاع به‌عنوان عامل مهمی در پراکنش ماهی‌ها (Jaramillo-Villa *et al*., 2010) از جمله اعضای خانواده جویبارماهیان (Nemacheilidae) در رودخانه‌ها عنوان شده است (Tabatabai, 2013; Tabatabai *et al*., 2014). در ارتفاعات بالاتر، قطر سنگ‌های بستر درشت‌تر شده، عمق بیشتر و عرض رودخانه کم خواهد بود. در نهرهای مرتفع از قبیل رودخانه دینورآب، بسترهای نرم ماسه‌ای-گلی در نواحی پایین‌دست رودخانه که با کاهش عمق و افزایش عرض رودخانه همراه است، بیشتر مشاهده می‌شود. از این‌رو، فراوانی گونه‌ی جویبارماهی کرمانشاه در ارتفاعات کم‌تر می‌تواند بیش‌تر باشد.

براساس نتایج، عرض رودخانه با فراوانی جویبارماهی کرمانشاه رابطه مستقیم داشت. به‌عبارت دیگر، با افزایش عرض رودخانه، فراوانی این گونه افزایش یافت. افزایش عرض رودخانه، سبب کاهش عمق نیز می‌شود. از این‌رو، عرض و عمق رودخانه یک ارتباط نزدیکی با یکدیگر نشان می‌دهند. عمق کمتر رودخانه می‌تواند با افزایش نفوذ نور به بستر، سبب افزایش جلبک‌های اپی‌فیتیک و در نتیجه در دسترس قرار گرفتن حشرات و گیاهان آبزی برای تغذیه این گونه گردد (Wootton, 1992; Ponte *et al* ., 2005).

نتایج همچنین نشان داد که با افزایش سرعت جریان آب تا حدی از فراوانی جویبارماهی کرمانشاه کاسته می‌شود، و سپس با افزایش سرعت از نقطه اوج حدود یک متر بر ثانیه بر فراوانی افزوده می‌شود. این امر می‌تواند به‌واسطه نیاز اکسیژنی بالای این گونه باشد. این یافته‌ها با نتایج Hoghoughi (۲۰۱۴) که به بررسی تشخیص فاکتورهای محیطی مؤثر پراکنش ماهی خیاطه (*Alburnoids echwaldii*) و ارزیابی نسبی زیستگاه این گونه در دو فصل پاییز و زمستان در رودخانه جاجرود پرداختند، مغایرت داشت. مطالعات نشان داده است، گونه‌هایی که در آب‌های کم‌عمق و با جریان سریع زیست می‌کنند، در انتخاب شرایط زیستگاهی بسیار تخصصی عمل می‌کنند. این قبیل گونه‌ها به احتمال زیاد نسبت به تغییر شرایط هیدرولیک بسیار حساس هستند (Teresa and Casatti, 2013). سرعت جریان آب، به‌منزله فاکتوری مهم، به‌طور مستقیم در پراکنش موجودات آبزی در آب‌های جاری و به‌طور غیر مستقیم در پراکنش مواد غذایی تأثیرگذار است

(Ahmadi-Nedushan *et al*., 2006). ویژگی معمول تمام مطالعات اهمیت جریان و عمق در ترکیب اجتماعات ماهیان است (Radkhah *et al*., 2020). زیستگاه‌های ماهیان بر اساس عمق و سرعت به سه دسته ریفل (riffle)، کانال و آبگیر (pool) تقسیم می‌شوند که تنوع اجتماعات ماهیان در این سه دسته زیستگاه به دو فاکتور مهم عمق و سرعت بستگی دارد (Felley and Hill, 1983). ماهیان کفزی به‌راحتی بین مناطق مرده و فاقد جریان آب، در بین سنگ‌ها و ریشه‌ی درختان به خوبی پنهان می‌شوند. این حالت بیشتر برای گذراندن شرایط زنده‌مانی برای ماهیان کفزی می‌باشد. این ماهیان می‌توانند با در نظر گرفتن چنین مواردی، به راحتی در شرایط ناگهانی و غیرطبیعی در مناطق ریفل زندگی کنند. با توجه به وجود بستر قلوه سنگی و ریشه و تنه‌ی درختان در برخی نواحی رودخانه، جویبارماهی کرمانشاهی می‌تواند در هنگام بروز شرایط نامساعد، مانند باران‌های سیل‌خیز که در بین آن‌ها پنهان شود و به‌راحتی در مناطق ریفل زنده بماند. با توجه به اینکه ترجیح زیستگاه نتیجه مجموعه عملکردهای اکولوژی، فیزیولوژیکی و رفتاری یک گونه است و ممکن است سال به سال و فصل به فصل تغییر کند (Rosenfeld, 2003)، پیشنهاد می‌شود که شاخص مطلوبیت زیستگاه در فصول و دوره‌های مختلف مورد بررسی قرار گیرد تا یک بینش کلی در ارتباط با زیستگاه مورد استفاده و انتخابی جویبارماهی کرمانشاه حاصل شود.

این مطالعه نشان داد که زیستگاه انتخابی جویبارماهی کرمانشاهی مناطقی با سرعت بالای آب به‌واسطه نیاز به اکسیژن مناسب، با بستر ماسه‌ای-گلی (حاصل از ته‌نشست رسوبات معلق)، با عرض زیاد و ارتفاع و عمق کم می‌باشد که این مناطق در در نواحی میانی رودخانه دینورآب واقع شده است. با توجه به این موضوع، تغییراتی از قبیل برداشت شن و ماسه می‌تواند تاثیرات منفی در حضور، پراکنش و بقای این گونه داشته باشد. حفاظت از این رودخانه‌ها که امروزه به‌شدت تحت تاثیر فعالیت‌های انسانی قرار گرفته‌اند، می‌تواند در حمایت از زیستگاه این گونه بومزاد مؤثر واقع گردد.

۵. منابع

References

Ahmadi-Nedushan, B., ST-Hilare, A., Berube, M., Robichaud, E., Thiemonge, N., Bobeea, B., 2006. A review of statistical methods for the evaluation of aquatic habitat suitability for instream flow assessment. *River Research and Applications* 22, 503-523.

Arthington, A.H., Lorenzen, K., Pusey, B.J., Abell, R., Halls, A.S., Winemiller, K.O., Arrington, D.A., Baran, E., 2004. River fisheries: ecological basis for management and conservation. Source: OAI. Projects: Assessment and management of inland fisheries Environmental Flows: Science and Management, 23 p.

Asadi, H., Sattari, M., Eagderi, S., 2016. Survey of habitat suitability index of *Oxynoemacheilus bergianus* (Derjavin, 1934) in the Tootkabon River (a tributary of Sefidrood Basin). *Journal of Aquatic Exploitation and Breeding* 5(1), 13-23. (In Persian)

Azmoudeh Ardalan, A.R., 2004. Geographic Information System (GIS). Armed Forces Geographical Organization, Tehran, 228 p. (In Persian)

Bain, M.B., Jia, H., 2012. A habitatodel for fish communities in large streams and small rivers. *International Journal of Ecology* 2012: 1-8. DOI: 10.1155/2012/962071

Bain, M.B., Bain, J.L., 1982. Habitat suitability index models: Coastal stocks of striped bass.U.S. Fish and Wildlife Service. Office of Biological Services, Washington D.C., USA, 29 p.

Behrouzi-Rad, B., Abtin, E., Hemati, T., Mohammadi, H., Erfani, M., 2009. Survey of Mugger (*Crocodylus palustris*) habitat by using Habitat Suitability Index (HIS) method along Sarbaz River (Sistan and Baluchistan province). *Journal of Animal Environment* 1(4), 45-56. (In Persian)

Bobori, D.C., Economidis, P.S., Maurakis, E.G., 2001. Freshwater fish habitat science and management in Greece. *Aquatic Ecosystem Health and Management* 4, 381-391.

Böck, K., Polt, R., Schülting, L., 2018. Ecosystem Services in River Landscapes. In: Schmutz S., Sendzimir J. (eds) Riverine Ecosystem Management. Aquatic Ecology Series, vol 8. Springer International Publishing, Birkhäuser Verlag, Cham, pp. 413-433

Coad, B.W., 2021. Fresh Water Fishes of Iran. Available from http://www.briancoad.com. Accessed 26th April 2021.

Esmaeili, H.R., Sayyadzadeh, G., Eagderi, S., Abbasi, K., 2018. Checklist of freshwater fishes of Iran. *FishTaxa* 3(3), 1-95.

Felley, J.D., Hill, L.G., 1983. Multivariate assessment of environmental preferences of cyprinid fishes of the Illinois River, Oklahoma. *The American Midland Naturalist* 109, 209-221.

Guay, J.C, Boisclair, D., Rioux, D., Leclerc, M., Lapointe, M., Legendre, P., 2000. Development and validation of numerical habitat models for juveniles of Atlantic salmon (Salmosalar). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 57, 2065–2075.

Hoghoughi, M., 2014. Investigation of effective and necessary environmental factors in the distribution of spirlin (*Alburnoids echwaldii*) and relative evaluation of the habitat of this species in two seasons of autumn and winter in Jajroud river. Master Thesis, Islamic Azad University Science and Research Branch. 80 p. (In Persian)

Jacquin, L., Petitjean, Q., Côte, J., Laffaille, P., Jean, S., 2020. Effects of pollution on fish behavior, personality, and cognition: some research perspectives. *Frontiers in Ecology and Evolution* 8, 86. DOI: 10.3389/fevo.2020.00086.

Jaramillo-Villa, U., Maldonado-Ocampo, J.A., Escobar, F., 2010. Altitudinal variation in fish assemblage diversity in stream of the central Andes of Colombia. *Journal of Fish Biology* 76, 2401-2417.

Johnston, N.T., Slaney, P.A., 1996. Fish habitat assessment procedures. Watershed Restoration Program Ministry of Environment, Lands and Parks and Ministry of Forests, British Columbia, No. 8, 97 p.

Leakey, A., Haupt, L., Hendershot, J., Bransky, J., 2008. Habitat suitability index. WFS Wildlife and Fisheries Measurements, 71 p.

Levin, P., Stunz, G.W., 2005. Habitat triage for exploited fishes: Can we identify essential "Essential Fish Habitat? *Estuarine Coastal and Shelf Science* 64(1), 70-78.

Mahdavi, M., 2016. Applied Hydrology. University of Tehran Press, Tehran. Iran, 342 p. (In Persian)

Marcus, M.D., Hubert, W.A., Anderson, S.H., 1984. Habitat suitability index models: Lake trout (exclusive of the Great lakes). U.S. Fish and Wildlife Service. FWS/0BS-82/10.84, 12 p.

Meehan, W.R., Swanson, F.J., Sedell, J.R. 1977. Influences of riparian vegetation on aquatic ecosystems with particular reference to salmonid fishes and their food supply. In: Johnson, R. Roy; Jones, Dale A., tech. coords. Importance, preservation and management of riparian habitat: a symposium; 1977 July 9; Tucson, AZ. Gen. Tech. Rep. RM-43. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station. pp. 137-145.

Naiman R.J., Latterell J.J., 2005. Principles for linking fish habitat to fisheries management and conservation. *Journal of Fish Biology* 67, 166-185.

Opperman, J.J., Merenlender, A.M., 2004. The effectiveness of riparian restoration for improving instream fish habitat in four hardwood-dominated California streams. *North American Journal of Fisheries Management* 24(3), 822-834.

Ponet, D., Hugueny, B., Oberdorff, T., 2005. Modeling habitat requirement of European fishes: do species have similar responses to local and regional environmental constraints? *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 62(1), 163-173.

Radkhah, A.R., Eagderi, S., 2020a. Book review: Hoey AS, Bonaldo RM (eds). 2018. Biology of parrotfishes, CRC Press, Taylor and Francis Group, Boca Raton, 420 pp. ISBN-13: 978-1-4822-2401-6. *Ichthyological Research* 67, 335–337. DOI: 10.1007/s10228-019-00727-4

Radkhah, A.R., Eagderi, S., 2020b. Book review: Coral Reefs: Tourism, Conservation and Management, B. Prideaux, A. Pabel (Eds.), Routledge Publishing, Taylor and Francis Group (2018), (288 p. ISBN: 978-1-315-53732-0 (ebook)). *Biological Conservation* 241, 108403. DOI: 10.1016/j.biocon.2019.108403

Radkhah, A.R., Eagderi, S., Poorbagher, H., 2019. Book Review: Schmutz, S., Sendzimir, J.: Riverine Ecosystem Management: Science for Governing Towards a Sustainable Future (Aquatic Ecology Series). *Journal of Landscape Ecology* 11(3): 23-27.

Radkhah, A.R., Eagderi, S., Poorbagher, H., Shams, Y., 2020. Investigation of fish fauna and environmental factors influencing biodiversity in the Zarineh River, Urmia Lake basin (West Azerbaijan Province). *Iranian Scientific Fisheries Journal* 29(1), 81-91. (In Persian)

Radkhah, A.R., Eagderi, S., Poorbagher, H., 2021. Identification of factors affecting the decline of the Caspian lamprey population (*Caspiomyzon wagneri* Kessler, 1870) and the need to adopt management-protection policies. Second National Conference on the Conservation of Iranian Endemic Fishes; with special reference to Fishes of the Caspian Sea Basin. University of Guilan and Iranian Society of Ichthyology. March 24, 2021. (In Persian)

Rashleigh, B., Barber, M.C., Cyterski, M., Johnston, J., Pamar, R., Mohamoud, Y., 2004. Population models for stream fish response to habitat and hydrologic alteration: the cvi watershed tool. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, Athens. GA, USA. EPA/600/R-04/190, 102 p.

Rosenfeld, J., 2003. Assessing the habitat requirement of stream fishes: An overview and evaluation of different approaches. *Transaction of the American Fisheries Society* 132, 953-968.

Tabatabai, N., 2013. Investigation of large-scale environmental factors affecting the distribution of *Oxinoemacheilus bergianus* in Kordan river. Master Thesis, University of Tehran, Karaj, Iran, 69 p. (In Persian)

Tabatabaei, N., Hashemzadeh Segherloo, I., Eagderi, S., Zamani, M., 2014. Determining factor in habitat selection of *Paracobitis iranica* (Nalbant and Bianco 1998) population in Kordan River, Namak Lake Basin, Iran. *Journal of Aquatic Ecology* 3(4), 1-9. (In Persian)

Tejerina-Garro, F.L., Maldonado, M., Ibanz, C., Pont, D., Roset, N., Oberdorff, T., 2005. Effects of natural and anthropogenic environmental change on riverine fish assemblage: a framework for ecological assessment of rivers. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 48, 91-108.

Teresa, F.B., Casatti, L., 2013. Development of habitat suitability criteria for Neotropical stream fishes and an assessment of their transferability to streams with different conservation status. *Neotropical Ichthyology* 11(2), 395-402.

Thurow, R.F., 1997. Habitat utilization and diel behavior of juvenile bull trout (*Salvelinus confluentus*) at the onset of winter. *Ecology of Freshwater Fish* 6, 1-7.

Vilizzi, L., Copp, G.H., 2013. Application of FISK, an invasiveness screening tool for non-native freshwater fishes, in the Murray-Darling Basin (southeastern Australia). *Risk Analysis* 33, 1432-1440.

Vilizzi, L., Copp, G.H., Adamovich, B., Zeng, Y., 2019. A global review and meta-analysis of applications of the freshwater Fish Invasiveness Screening Kit. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 29, 529-568.

Waddle, T.J., 2012. PHABSIM for Windows user's manual and exercises: U.S. Geological Survey Open-File Report 2001, pp.340-288.

Wanat, J., 2002. Using habitat suitability models to identify essential fish habitat for the winter flounder pseudopleurone. Master Thesis, University of New Hampshire, USA, 142 p.

Wootton, R., 1992. Fish Ecology (Tertiary Level Biology). Blackie USA: Champion and Hall, New York, 212 p.