

ارزیابی مقدماتی زیستگاه جویبارماهی کیابی (*Oxynemachilus*) در (*kiabii* Golzarianpour, Abdoli & Freyhof, 2011)

رودخانه دینورآب، استان کرمانشاه

علیرضا رادخواه^۱؛ سهیل ایگدری^{۲*}؛ هادی پورباقر^۲

۱- دانشجوی دکتری گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

۲- دانشیار گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

(تاریخ دریافت ۰۰/۰۳/۲۶-تاریخ پذیرش ۰۰/۰۶/۱۱)

چکیده:

رویه ارزیابی زیستگاه، روشی متداول برای بررسی نیازهای زیستگاهی ماهیان در آب‌های شیرین و رودخانه‌ای است. این پژوهش با هدف بررسی شایستگی زیستگاه جویبارماهی کیابی (*Oxynemachilus kiabii*) در رودخانه دینورآب استان کرمانشاه انجام گرفت. برای جمع‌آوری ماهیان، از هفت ایستگاه در مسیر رودخانه دینور در فروردین ۱۳۹۶ با استفاده از دستگاه الکتروشوک به روش یک‌گرفت نمونه‌برداری صورت گرفت. افزون بر ثبت فراوانی ماهیان، ویژگی‌های محیطی شامل دمای آب، سرعت آب (m/s)، عمق (cm)، عرض رودخانه (m)، قطر متوسط سنگ بستر (cm)، قلیابیت (pH)، هدایت الکتریکی (EC) و کل مواد جامد محلول (TDS) در هر ایستگاه ثبت شد. نمایه مطلوبیت زیستگاه با توجه به رابطه بین متغیرهای محیطی و فراوانی گونه مورد نظر بررسی شد. براساس نتایج، مطلوب‌ترین زیستگاه برای جویبارماهی کیابی در رودخانه دینورآب نواحی دارای عرض ۶-۷/۲ متر، عمق ۲۶-۳۴ سانتی‌متر، سرعت جریان ۰/۱۷-۰/۴۵ متر بر ثانیه، دمای آب ۲۲-۲۳ درجه سانتی‌گراد، EC ۳۰۰-۳۵۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر، pH ۷/۷-۸/۹۲، TDS ۵۸۰-۶۱۰ میلی‌گرم بر لیتر و قطر متوسط سنگ بستر کمتر از ۶-۵ سانتی‌متر است. در پژوهش حاضر، مقدار نمایه مطلوبیت زیستگاه (HSI) برای جویبارماهی کیابی ۰/۵۱ تعیین شد. در مجموع، نتایج نشان داد که به‌طور کلی رودخانه دینورآب از نظر ویژگی‌های زیستگاهی، مطلوبیت متوسطی برای گونه جویبارماهی کیابی دارد. با توجه به یافته‌های به‌دست‌آمده، فعالیت‌های انسانی که سبب تغییر در ویژگی‌های محیطی رودخانه دینورآب به‌ویژه عمق، سرعت جریان، هدایت الکتریکی و بستر رودخانه می‌شوند، می‌توانند بر پراکنش جویبارماهی کیابی در این رودخانه تأثیر بگذارند. از این‌رو، از مهم‌ترین اقدامات مدیریتی برای حفاظت از جمعیت این گونه در رودخانه دینورآب می‌توان به جلوگیری از استخراج شن و ماسه از بستر رودخانه و همچنین ورود پساب‌های صنعتی و کشاورزی اشاره کرد.

کلید واژگان: جویبارماهی کیابی، دینورآب، عمق، نمایه مطلوبیت زیستگاه

۱. مقدمه

ارزیابی کیفیت زیستگاه مهم‌ترین اقدام در تصمیم‌گیری‌های مربوط به محیط زیست است (Morris & Ball, 2006) و کاربرد گسترده‌ای در مدیریت منابع طبیعی دارد. بررسی اجتماع ماهیان و شرایط زیستگاهی این موجودات می‌تواند در زمینه انعکاس ویژگی‌های بوم‌شناختی هر اکوسیستم کاربرد داشته باشد (Oberdorff *et al.*, 2001; Stoner *et al.*, 2015). این‌گونه پژوهش‌ها، امکان پیش‌بینی تغییرات در جوامع بیولوژیکی را که از راه تغییر شرایط محیطی ناشی از فعالیت‌های انسانی ایجاد می‌شود، فراهم می‌کند (Teresa & Casatti, 2013).

تغییر ویژگی‌های هیدرولوژیکی در اکوسیستم‌های رودخانه‌ای به‌واسطه فعالیت‌های انسانی مانند تخریب زیستگاه می‌تواند بر بقا، موفقیت تولید مثل و سرعت رشد موجودات آبی به‌ویژه گونه‌های ماهی آثار منفی داشته باشد. بنابراین اولین گام برای ارزیابی اثر فعالیت‌های انسانی بر اکوسیستم‌های رودخانه‌ای و حفاظت از تنوع زیستی آن‌ها، درک نیازهای زیستگاهی ارگانسیم‌های آن است (Radkhah *et al.*, 2020). ویژگی‌های هیدرولوژیکی رودخانه تأثیر مهمی در پراکنش ماهیان و شدت متابولیسم، تغذیه و رفتار آنها دارد (Jowett *et al.*, 2007). انتخاب زیستگاه به این معناست که یک گونه ماهی در یک زیستگاه خاص که مناسب است، بیشتر یافت می‌شود (Rosenfeld, 2003). عوامل محیطی متعددی در فرایند انتخاب زیستگاه توسط یک گونه مهم‌اند. با وجود این، بسیاری از مدل‌ها برای بررسی تناسب زیستگاه گونه‌های رودخانه‌ای از پارامترهای هیدرولوژیکی مانند عمق، سرعت جریان، عرض، نوع

بستر، شیب، ارتفاع و پوشش گیاهی رودخانه به‌عنوان عوامل مهم استفاده می‌کنند (Teresa & Casatti, 2013; Asadi *et al.*, 2016a, 2016b; Ahmadzadeh *et al.*, 2018).

امروزه رویه‌های مختلفی به‌منظور بررسی نیازهای زیستگاهی گونه‌های ماهی به‌ویژه گونه‌های در معرض خطر در نظر گرفته شده است. شایستگی زیستگاه رویه‌ای متداول در تحقیقات بوم‌شناسی آریزان است که تاکنون در بسیاری از تحقیقات داخلی و بین‌المللی از جمله Tabatabaei (۲۰۱۳)، Tabatabaei و همکاران (۲۰۱۵)، Asadi و همکاران (۲۰۱۶a؛ ۲۰۱۶b)، Ahmadzadeh و همکاران (۲۰۱۸) و Pishkhpour و همکاران (۲۰۱۹) استفاده شده است. از شاخص مطلوبیت زیستگاه (HSI) اغلب برای مشخص کردن در دسترس بودن زیستگاه برای ماهی‌های آب شیرین و رودخانه‌ای استفاده شده است. این روش به‌طور معمول برای پیش‌بینی تأثیرات فعالیت‌های انسانی بر اکوسیستم‌های آبی کاربرد دارد (Bennetsen *et al.*, 2021). نمایه‌های مطلوبیت (SI) اغلب به‌طور جداگانه برای متغیرهای مختلف ریززیستگاه (مانند پوشش، اندازه زیرلایه، عمق و سرعت) ایجاد می‌شوند، اما اگر هدف زیست‌شناسان پیش‌بینی تغییرات موجود در کل زیستگاه در جریان‌های مختلف باشد، این SIها باید ادغام شوند (Vadas & Orth, 2001).

جویبارماهی کیابی (*Oxyinemachilus kiabii*) از ماهیان جویباری بومزاد در آب‌های داخلی ایران به‌شمار می‌رود. این گونه که اولین بار از چشمه دهنو در نزدیکی رودخانه گاماسیاب گزارش شد (Golzaripour *et al.*, 2011)، در رودخانه‌های

گونه‌های بومزاد و همچنین نیازهای حفاظتی این گونه، اجرای تحقیقات جامعی دربارهٔ خصوصیات زیستی و جنبه‌های بوم‌شناختی این گونه در ایران ضرورت دارد.

با توجه به اهمیت حفاظت از گونه‌های بومزاد و لزوم بررسی نیازهای زیستگاهی جویبارماهی کیابی (*O. kiabii*)، پژوهش حاضر به منظور تعیین نمایهٔ مطلوبیت زیستگاه این گونه در رودخانهٔ دینورآب واقع در حوضهٔ کرخه انجام گرفت. رویکرد رویهٔ ارزیابی زیستگاه به نحوی است که برای شناسایی متغیرها، نیازمندی‌های گونه، عوامل تهدیدکننده، تعیین نمایه‌های تناسب و غیره باید زیست‌شناسی و رفتارشناسی گونه به‌خوبی درک شده باشد، در غیر این صورت نمی‌توان رویهٔ ارزیابی زیستگاه را به‌درستی به سرانجام رساند (Guay et al., 2000). بنابراین ضروری است که دانش کافی در زمینهٔ بوم‌شناسی گونهٔ هدف و گونه‌های مشابه در دسترس باشد.

۲. مواد و روش‌ها

۲-۱. منطقهٔ پژوهش

رودخانهٔ دینورآب از سرشاخه‌های مهم رودخانهٔ گاماسیاب در استان کرمانشاه است که از چهار شاخه از ارتفاعات شمالی روستاهای صحنه، سنقر، کندوله و سرتخت سرچشمه می‌گیرد. حوضهٔ دینور از حوضه‌های آبریز به‌نسبت مرتفع و پُرشیب به‌شمار می‌رود و در بخش بالادست سد کرخه واقع شده است (Taleghani & Homauni, 2012; Azinmehr et al., 2015). وسعت این حوضه در حدود ۱۷۰۰ کیلومتر مربع است. بیشتر رودخانه‌های واقع در این حوضه دائمی‌اند

گاماسیاب، دینورآب و سراب روانسر یافت می‌شود (Esmaeili et al., 2018; Froese & Pauly, 2021). جویبارماهیان به‌طور معمول در بخش‌های کم‌عمق یا دیگر زیستگاه‌های ساکن، مانند باتلاق‌ها و آبهای پشت مخازن و سدها حضور یافت می‌شوند. این قبیل زیستگاه‌ها اغلب به‌واسطهٔ پوشش گیاهی و درختان انبوه در حاشیهٔ رودخانه در سایه قرار می‌گیرند (Radkhan et al., 2021a). آب به‌طور کلی دارای مقدار کمی مواد معدنی محلول است، بافر ضعیفی دارد و مقدار pH به‌دلیل آزاد شدن تدریجی اسیدهای آلی از مواد گیاهی در حال تجزیه، ممکن است به ۳-۴ نیز برسد. بستر این زیستگاه‌ها ممکن است از گل یا ماسه تشکیل شده باشد (Radkhan et al., 2021a). زیستگاه طبیعی ماهیان جویباری، اغلب بسترهای شنی رودخانه‌ها و جویبارهای دامنهٔ کوه‌ها با جریان آهستهٔ آب است (Riehl and Baensch, 1991).

با وجود اهمیت جویبارماهی کیابی از دیدگاه اکولوژیک، بررسی منابع پیشین نشان می‌دهد که اطلاعات اندکی دربارهٔ ویژگی‌های زیستی و بوم‌شناختی این گونه وجود دارد. در فهرست IUCN، وضعیت حفاظتی جویبارماهی کیابی، ارزیابی‌نشده توصیف شده (Golzarianpour et al., 2011; Froese & Pauly, 2021; FishBase, 2021)، اما شایان ذکر است که دامنهٔ زیستگاهی این گونه در آب‌های داخلی ایران محدود است و از طرف دیگر، بسیاری از زیستگاه‌های آن تحت تأثیر فعالیت‌های مختلف انسانی از قبیل برداشت بی‌رویهٔ آب، ورود آلودگی‌های صنعتی، تخریب زیستگاه و صید بی‌رویه قرار گرفته‌اند (Esmaeili et al., 2018). از این‌رو، با توجه به اهمیت حفاظت از



شکل ۱- موقعیت استان کرمانشاه، رودخانه دینورآب و ایستگاه‌های نمونه‌برداری

جدول ۱- موقعیت جغرافیایی و ویژگی‌های ظاهری ایستگاه‌های نمونه‌برداری

ایستگاه	نوع بستر	نوع حاشیه رودخانه	طول و عرض جغرافیایی
۱	شنی و سنگی	قلوه‌سنگی و درختان حاشیه‌ای	N34-53-28 E48-31-56
۲	قلوه‌سنگ	سنگلاخی	N34-52-50 E48-32-11
۳	شنی و سنگی	سنگلاخی و گلی و گیاهان حاشیه‌ای	N34-52-28 E48-32-32
۴	گلی و شنی	شنی و گیاهان حاشیه‌ای	N34-51-58 E48-32-38
۵	قلوه‌سنگ	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



شکل ۱. جویبارماهی کیابی (*Oxydemachilus kiabii*)

می‌شوند (Taleghani & Homauni, 2012). طول تقریبی رودخانه دینورآب ۲۳ کیلومتر و شیب متوسط بستر آن ۱/۶ درصد است (Azmoudeh, 2004).

و به رودخانه دینورآب می‌پیوندند. متوسط بارش سالانه در حوضه دینور در حدود ۵۵۰ میلی‌متر در سال است (Azinmehr *et al.*, 2015) که به‌علت ارتفاع زیاد در این ناحیه، بارش‌ها به‌صورت برف نازل

جدول ۲- طبقات قطر متوسط سنگ بستر در ایستگاه‌های تحت بررسی (Mahdavi, 2016)

قطر متوسط سنگ‌های بستر (mm)	
۴۰۰ <	سنگ بزرگ (Bed rock)
۲۵۶ - ۴۰۰	تخته‌سنگ (Boulder)
۶۴ - ۲۵۶	سنگ‌فرش (Cobble)
۲ - ۶۴	شن (Gravel)
۲ >	ماسه (Sand)

جدول ۳- کمینه، بیشینه و میانگین متغیرهای محیطی در ایستگاه‌های تحت بررسی

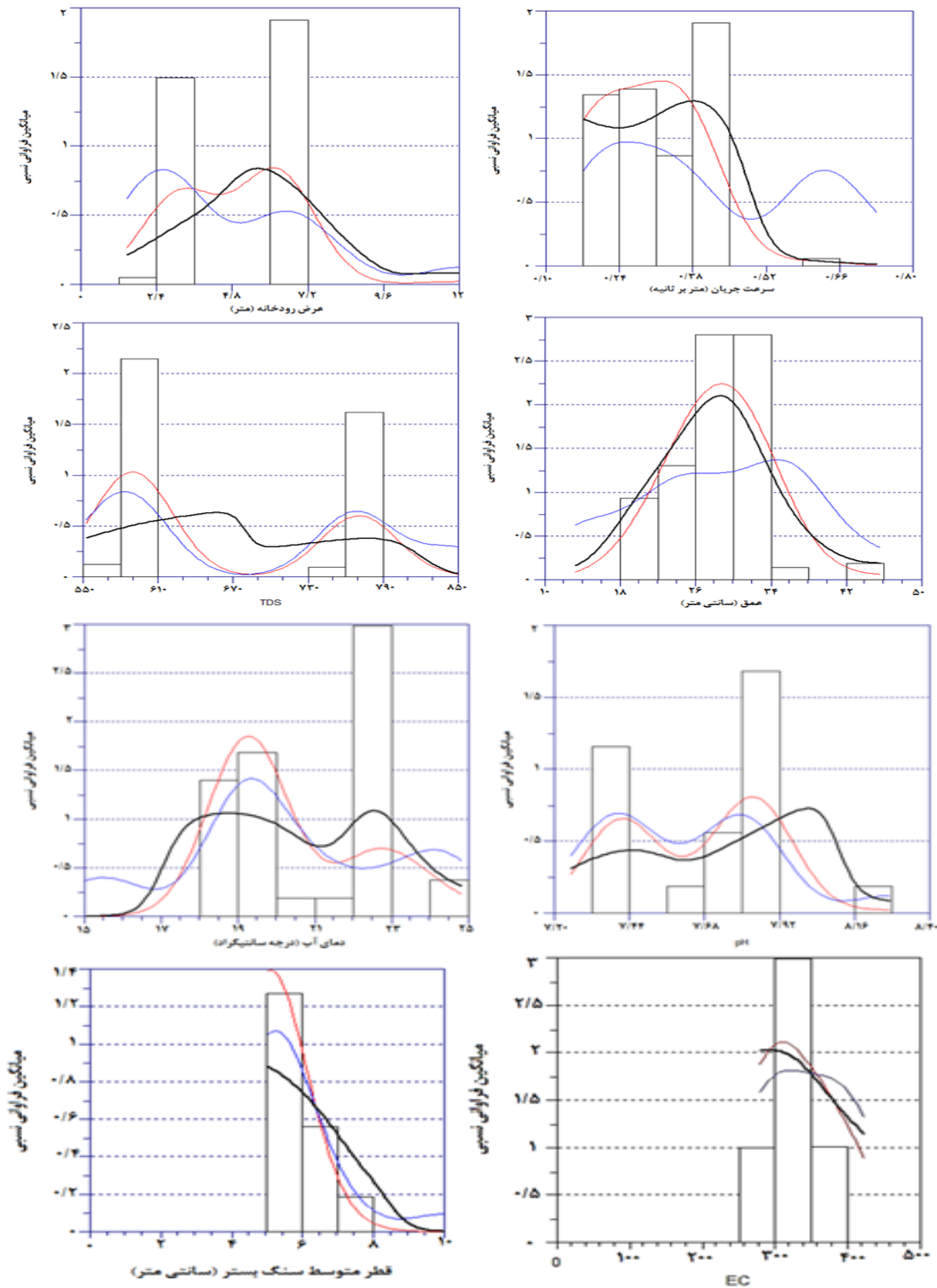
متغیرها	حداقل	حداکثر	میانگین
دمای آب (سانتی‌متر)	۱۷	۲۵	۲۱
عرض رودخانه (متر)	۱	۱۲	۴
عمق (سانتی‌متر)	۱۳/۷۶	۴۵/۵	۲۶/۹
سرعت آب (متر بر ثانیه)	۰/۴۴	۰/۹۴	۰/۷۶
قطر سنگ بستر (سانتی‌متر)	۴	۳۲	۱۰/۸۵
شاخص بستر	۳/۸۶	۵/۶۲	۴/۶۲
TDS (میلی‌گرم در لیتر)	۵۵۲	۸۴۹	۶۸۶/۳۵
pH	۷/۲۵	۸/۲۷	۷/۶۳
EC	۲۷۵	۴۷۱	۳۴۲/۳۵

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

ایستگاه‌ها	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	٪۳۵	٪۱۰	٪۱۵	٪۵/۲۶
۷	٪۱۰	٪۲۰	٪۳۰	٪۴۰	٪۴/۸

۲-۲. جمع‌آوری ماهیان: این پژوهش در طی عملیات نمونه‌برداری در فروردین‌ماه ۱۳۹۶ در هفت ایستگاه (هر ایستگاه با سه تکرار، در مجموع ۲۱ ایستگاه) در مسیر رودخانه دینورآب واقع در استان کرمانشاه انجام گرفت. انتخاب ایستگاه در این رودخانه با پیمودن مسیر رودخانه و با توجه به عوارضی همچون پیچ‌وخم‌های مقاطع عرضی رودخانه،

شیب بستر، ارتفاع، جنس بستر و همچنین وجود منابع آلودگی صورت گرفت (Pishkahrpour et al., 2019). در این پژوهش، ایستگاه‌ها به‌نحوی تعیین شدند که افزون‌بر ناهمپوشانی با یکدیگر، متأثر از فعالیت‌های شدید انسانی در منطقه نباشند (Abdollahpour et al., 2020). مختصات جغرافیایی و ویژگی‌های ظاهری نقاط تحت بررسی در



شکل ۲- محدوده‌های زیستگاهی استفاده‌شده (منحنی قرمز)، در دسترس (منحنی آبی) و انتخاب‌شده (منحنی مشکی) برای جویبارماهی کبابی (*Oxyemachilus kiabii*) در رودخانه دینورآب

دستگاه الکتروشوکر (Samus Mp750) به روش یکرفت و همچنین تور ساچوک به‌عنوان پشتیبان برای نمونه‌برداری استفاده شد. فرایند نمونه‌برداری در

جدول ۱ نشان داده شده است. در این پژوهش، شناسایی نوع بستر رودخانه طبق پروتکل Platts و همکاران (۱۹۸۳) انجام گرفت. در این پژوهش، از

هر ایستگاه با طول تقریبی ۳۰ متر و با سه تکرار انجام گرفت (Eagderi *et al.*, 2021; Radkhah *et al.*, 2020, 2021b; *al.*, 2020). نمونه‌های به‌دست‌آمده پس از بیهوشی در محلول عصاره میخک، با استفاده از کلیدهای شناسایی جدید و معتبر (Coad, 2021) شناسایی شدند. پس از شناسایی گونه مورد نظر و تعیین فراوانی آن در هر ایستگاه، نمونه‌های جمع‌آوری‌شده با نهایت احتیاط به آب بازگردانده شدند.

۲-۳. **متغیرهای محیطی:** در این پژوهش به‌منظور تعیین فهرست متغیرهای مؤثر بر شایستگی زیستگاه گونه هدف و درجه اهمیت این متغیرها، پژوهش‌های پیشین (Tabatabaie *et al.*, 2013; Tabatabaie *et al.*, 2015; Asadi *et al.*, 2016a, 2016b; Zamani *et al.*, 2017) در مورد گونه‌های مشابه مانند اعضای خانواده Nemacheilidae به‌طور کامل بررسی شد.

دمای آب، سرعت جریان آب، عرض رودخانه، عمق آب، کل مواد جامد محلول (TDS)، قلیابیت (pH) و ویژگی‌های اجزای بستر شامل درصد سنگ‌های بستر و قطر متوسط سنگ‌های بستر، بلافاصله بعد از نمونه‌گیری اندازه‌گیری شدند.

سرعت آب: 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 شد و میانگین این مقادیر بعد از ضرب کردن در ضریب اصلاحی مربوط (۰/۹) به‌عنوان سرعت جریان آب (m/s) در ایستگاه در نظر گرفته شد (Mahdavi, 2016).

دمای آب: دمای آب در همه ایستگاه‌های تحت بررسی با استفاده از دماسنج دیجیتال اندازه‌گیری

شد.

کل مواد جامد محلول (TDS)، قلیابیت (pH) و هدایت الکتریکی (EC): به‌منظور اندازه‌گیری فاکتورهای pH، TDS و EC از تستر مولتی‌پارامتر مدل HI98131 استفاده شد.

عرض رودخانه: برای محاسبه عرض رودخانه (m) در ابتدا، وسط و انتهای هر ایستگاه عرض رودخانه با استفاده از متر نواری اندازه‌گیری و میانگین این سه عدد به‌عنوان عرض رودخانه در نظر گرفته شد.

عمق رودخانه: در هر ایستگاه به‌طور تصادفی در سه ترانسکت خطی در طول عرض رودخانه و در هر ترانسکت حدود ۲۰ مرتبه عمق به کمک شاخص متریک ثبت شد و میانگین، به‌عنوان عمق رودخانه (m) در هر ایستگاه در محاسبات استفاده شد (Eagderi *et al.*, 2021).

ترکیب بستر: با مشاهده دقیق ترکیب سنگی بستر در هر ایستگاه و با کمک طبقات اندازه سنگ‌ها (جدول ۲)، درصد هر یک از اجزای بستر در هر ایستگاه ثبت شد (Tabatabaie, 2013; Tabatabaie *et al.*, 2015). ساختار بستر با توجه به قطر سنگ‌های غالب بستر رودخانه و اندازه‌گیری قطر سنگ بیست پلات تصادفی ۵۰ در ۵۰ سانتی‌متری اندازه‌گیری و طبقه‌بندی شد. با توجه به تنوع قطر سنگ‌ها سعی شد که پلات انتخابی به نحوی انتخاب شود که معرف آن زیستگاه باشد. شاخص بستر توسط رابطه ۱ (Jowett & Richardson, 1990) محاسبه شد:

$$(1)$$

شاخص بستر = $0.8 \times$ (مساحت ناحیه سنگ)

استفاده شد. با توجه به مشخص نشدن اهمیت هر یک از SIها برای جویبار ماهی کرمانشاه، همگی دارای وزن یکسان بودند. در این پژوهش، برای محاسبه نمایه مطلوبیت زیستگاه (HSI) کل برای گونه تحت بررسی از رابطه میانگین هندسی زیر استفاده شد (Theuerkauf & Lipcius, 2016):

(۲)

$$HSI = \sqrt[n]{SI\ Width \times SI\ Depth \times \dots \times SI\ n}$$

در این رابطه به علت اینکه اهمیت و تأثیر هیچ یک از فاکتورهای زیستگاهی به صورت کمی مشخص نبود، فاکتورها به صورت یکسان با یکدیگر ترکیب شدند (Bovee, 1986). در این پژوهش، محدوده‌های مورد استفاده (used)، در دسترس (available) و انتخابی (selectivity) برای گونه مورد نظر تعیین شد.

۳. نتایج

مقادیر حداقل، حداکثر و میانگین متغیرهای زیستگاهی در ایستگاه‌های تحت بررسی در جدول ۳ نشان داده شده است. براساس این جدول، کمترین عرض رودخانه، ۱ متر و بیشترین آن ۱۲ متر ثبت شد. افزون بر این، محدوده عمق رودخانه بین ۱۳/۷۶ تا ۴۵/۵ سانتی‌متر و سرعت آب ۰/۴۴ تا ۰/۹۴ متر بر ثانیه متغیر بود. نتایج نشان داد که دامنه قلیائیت (pH) بین ۷/۲۵-۸/۲۷، هدایت الکتریکی (ED) بین ۲۷۵-۴۷۱ میکروزیمنس بر سانتی‌متر و کل مواد جامد محلول (TDS) بین ۵۵۲-۸۴۹ میلی‌گرم در لیتر بود. در تحقیق حاضر، درصد سنگ‌های بستر و شاخص بستر برای هر ایستگاه تعیین شد (جدول ۴). براساس نتایج به دست آمده، کمترین و بیشترین مقدار

صخره‌ای) + ۰/۷۰ × (مساحت ناحیه تخته‌سنگی) + ۰/۰۶ × (مساحت ناحیه سنگفرش) + ۰/۰۵ × (مساحت ناحیه شنی) + ۰/۰۳۵ × (مساحت ناحیه ماسه‌ای)

۴-۲. محاسبه نمایه‌های انتخاب (SI) و مطلوبیت

زیستگاه (HSI): به منظور به دست آوردن نمایه مطلوبیت برای هر متغیر از نرم افزار تجزیه و تحلیل اطلاعات زیستگاه HABSEL version 1.00 استفاده شد (Asadi et al., 2016a, 2016b). به کمک این نرم افزار با توجه به رابطه متغیر و فراوانی جویبار ماهی کرمانشاه، در هر ایستگاه معین، نمایه مطلوبیت (SI) Suitability Index برای هر متغیر محیطی به دست آمد. نمایه SI طبق رابطه $SI_{e,i} = U_{e,i} / A_{c,i}$ در این رابطه، $U_{e,i}$ یک متغیر محیطی، i فاصله یا طبقه‌های آن متغیر، $A_{c,i}$ درصد استفاده ماهی از یک طبقه خاصی از یک متغیر محیطی و $U_{e,i}$ درصد در دسترس بودن آن متغیر محیطی است (Waddle, 2012). درصد $U_{c,i}$ از یک نسبت گیری ساده از تعداد افراد مشاهده شده در هر طبقه به دست می‌آید.

برای محاسبه درصد در دسترس بودن، درصد هر طبقه از هر پارامتر محاسبه و سپس تعداد افراد هر طبقه شمارش می‌شود. در نهایت نسبتی از این شمارش‌ها در هر درصد از طبقه پارامتر در نرم افزار Excel 2016 محاسبه و به درصد $A_{c,i}$ رسانده می‌شود.

برای استانداردسازی SI، به گونه‌ای که دامنه SI بین صفر و ۱ باشد، بعد از هموارسازی هسته‌ای (Kernel smoothing) مقادیر SI بر حداکثر SI تقسیم شد. در نهایت، برای ادغام SIها از میانگین حسابی

جدول ۵- طبقه‌بندی متغیرهای محیطی در ایستگاه‌های تحت بررسی براساس مقدار شاخص انتخاب (SI)

متغیر	طبقه‌بندی متغیر	SI	متغیر	طبقه‌بندی متغیر	SI
عرض (m)	۱/۲ < ۲/۴	۰/۰۲	عرض پوتامال (m)	۲/۴ < ۳/۶	۰/۵۰
	۲/۴ < ۳/۶	۰/۷۶		۴/۸ < ۶	۰/۴۹
	۶ < ۷/۲	۰/۸۹		۶ < ۷/۲	۰/۰۹
	۱۲ < ۱۳/۲	۰/۰۹		۷/۲ < ۸/۴	۰/۸۷
				۱۲ < ۱۳/۲	۰/۰۹
pH	۷/۳۲ < ۷/۴۴	۰/۵۷	دمای آب (°C)	۱۸ < ۱۹	۰/۷۰
	۷/۵۶ < ۷/۶۸	۰/۰۹		۱۹ < ۲۰	۰/۸۴
	۷/۶۸ < ۷/۸	۰/۲۸		۲۰ < ۲۱	۰/۰۹
	۷/۸ < ۷/۹۲	۰/۸۴		۲۱ < ۲۲	۰/۰۹
	۸/۱۶ < ۸/۲۸	۰/۰۹		۲۲ < ۲۳	۰/۸۳
				۲۴ < ۲۵	۰/۱۸
عمق (cm)	۱۸ < ۲۲	۰/۴۶	سرعت آب (m/s)	۰/۱۷ < ۰/۲۴	۰/۶۵
	۲۲ < ۲۶	۰/۶۵		۰/۲۴ < ۰/۳۱	۰/۶۶
	۲۶ < ۳۰	۰/۸۸		۰/۳۱ < ۰/۳۸	۰/۶۸
	۳۰ < ۳۴	۰/۸۵		۰/۳۸ < ۰/۴۵	۰/۷۴
				۰/۴۵ < ۰/۵۲	۰/۵۸
				۰/۵۲ < ۰/۵۹	۰/۲۴
TDS (mg/l)	۵۵۰ < ۵۸۰	۰/۰۶	EC	۲۵۰ < ۳۰۰	۰/۴۹
	۵۸۰ < ۶۱۰	۰/۸۱		۳۰۰ < ۳۵۰	۰/۸۷
	۷۳۰ < ۷۶۰	۰/۰۴		۳۵۰ < ۴۰۰	۰/۵۰
	۷۶۰ < ۷۹۰	۰/۸۰			
	۵ < ۶	۰/۹۲			
قطر متوسط سنگ بستر (cm)	۶ < ۷	۰/۵۶			
	۷ < ۸	۰/۱۸			

میلی‌گرم بر لیتر و قطر متوسط سنگ بستر کمتر از ۵-۶ سانتی‌متر است.

طبقه‌بندی SI برای هر کدام از متغیرهای محیطی در جدول ۵ ارائه شده است. این طبقه‌بندی براساس خروجی نرم‌افزار HABSEL تهیه شده است. همچنین مقدار شاخص انتخاب (SI) برای هر یک از متغیرهای زیستگاهی در جدول ۶ ارائه شده است. بر اساس این جدول، شاخص مطلوبیت زیستگاه (HSI) برای جویبارماهی کیابی ۰/۴۷ تعیین شد.

۴. بحث و نتیجه گیری

پژوهش حاضر به منظور ارزیابی زیستگاه جویبارماهی

شاخص بستر به ترتیب در ایستگاه‌های ۷ و ۳ ثبت شد، به طوری که مقدار این شاخص در ایستگاه ۷، ۴/۸ درصد و در ایستگاه ۳، ۵/۸۶ درصد به دست آمد.

۳-۱. شاخص مطلوبیت زیستگاه: در شکل ۲ رابطه

بین هر یک از متغیرهای زیستگاهی و فراوانی ماهیان نشان داده شده است. براساس نتایج، مطلوب‌ترین زیستگاه برای جویبارماهی کیابی در رودخانه دینورآب، نواحی دارای عرض رودخانه ۶-۷/۲ متر، عمق ۲۶-۳۴ سانتی‌متر، سرعت جریان ۰/۴۵-۰/۱۷ متر بر ثانیه، دمای آب ۲۲-۲۳ درجه سانتی‌گراد، مقادیر EC ۳۰۰-۳۵۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر، مقادیر pH ۷/۷-۸/۹۲، مقادیر TDS ۵۸۰-۶۱۰

جدول ۶- مقادیر شاخص انتخاب (SI) برای هر متغیر محیطی و شاخص مطلوبیت زیستگاه (HSI) برای جویبارماهی کیابی (O.

(kiabi)

متغیرها	عرض رودخانه	عرض پوتامال	ق.م.س.ب	عمق	سرعت آب	دمای آب	EC	TDS	pH	HSI
شاخص انتخاب (SI)	۰/۴۷	۰/۴۰	۰/۵۵	۰/۷۵	۰/۵۲	۰/۴۵	۰/۶۲	۰/۴۲	۰/۳۷	۰/۵۱

نکته: ق.م.س.ب مخفف «قطر متوسط سنگ بستر» است.

کیابی (*O. kiabii*) در رودخانه دینورآب انجام گرفت. نتایج نشان داد که متغیرهای عمق، هدایت الکتریکی، سرعت جریان آب و قطر متوسط سنگ بستر به ترتیب بیشترین تأثیر را بر نمایه مطلوبیت زیستگاه جویبارماهی کیابی در رودخانه دینورآب داشتند.

در بین متغیرهای محیطی، فاکتور عمق تأثیر زیادی در مطلوبیت زیستگاه گونه مورد نظر داشت، به طوری که مقدار نمایه انتخاب برای این متغیر ۰/۷۵ به دست آمد. در بیشتر پژوهش‌های صورت گرفته با هدف بررسی ویژگی‌های زیستگاهی مؤثر بر پراکنش و فراوانی ماهیان، فاکتورهای سرعت جریان و عمق در مقایسه با پارامترهای دیگر مانند عرض رودخانه و دمای آب، اهمیت بیشتری در پراکنش و فراوانی ماهیان داشته‌اند (Radkhah et al., 2020).

بر اساس نتایج، جویبارماهی کیابی در محدوده سرعت جریان ۰/۴۵ - ۰/۱۷ متر بر ثانیه از بیشترین شایستگی زیستگاه برخوردار است. بنابراین می‌توان ترجیح زیستگاهی این گونه را در بخش‌های آرام و مناطقی با جریان آب آهسته تعیین کرد. Eagderi و همکاران (۲۰۲۱) در تأیید این موضوع بیان کردند که این گروه از ماهیان در مناطق مُرده و فاقد جریان آب، در بین سنگ‌ها و ریشه گیاهان یافت می‌شوند. آنها بیان کردند که با افزایش سرعت جریان آب تا حدی از فراوانی جویبارماهیان کاسته می‌شود. بر اساس پژوهش‌ها، گونه‌هایی مانند جویبارماهی کیابی که در آب‌های کم‌عمق و با جریان آهسته حضور دارند، در

انتخاب شرایط زیستگاهی بسیار تخصصی عمل می‌کنند. Teresa و Casatti (۲۰۱۳) بیان کردند که جویبارماهیان به احتمال زیاد به تغییر شرایط هیدرولیک بسیار حساس‌اند. Tabatabaei و همکاران (۲۰۱۵) در بررسی ویژگی‌های زیستگاهی جویبارماهی سفیدرود (*Oxynoemacheilus bergianus*) در رودخانه گردان (حوضه دریاچه نمک) بیان داشتند که سرعت جریان مطلوب برای زیستگاه این گونه در رودخانه گردان بین ۱/۱-۱/۲ متر بر ثانیه است که این نتایج با یافته‌های پژوهش حاضر تفاوت داشت. در پژوهشی دیگر، Zamani و همکاران (۲۰۱۷) در بررسی ترجیح زیستگاهی جویبارماهی سفیدرود (*O. bergianus*) در رودخانه طالقان (حوضه رودخانه سفیدرود)، مقدار بهینه سرعت جریان آب برای این گونه را ۰/۹-۱/۲ متر بر ثانیه برآورد کردند که از مقدار بهینه سرعت جریان آب برای جویبارماهی کیابی (*O. kiabii*) در رودخانه دینورآب بیشتر است. مقایسه یافته‌های تحقیقات Tabatabaei و همکاران (۲۰۱۵) و Zamani و همکاران (۲۰۱۷) با نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد که جویبارماهی کیابی در مقایسه با جویبارماهی سفیدرود اغلب نواحی دارای جریان آهسته‌تر رودخانه‌ها را ترجیح می‌دهد. با این حال، با تغییر شرایط اکولوژیکی رودخانه‌ها، رفتار گونه‌های ماهی در انتخاب زیستگاه نیز ممکن است تغییر یابد که این موضوع در مورد جویبارماهی سفیدرود (O. *bergianus*) در پژوهش‌های Tabatabaei و

نواحی‌ای از رودخانه که مقادیر هدایت الکتریکی (EC) بین ۳۰۰ تا ۳۵۰ است، وجود دارد و قبل و پس از این محدوده، فراوانی و حضور ماهیان کاهش می‌یابد. یافته‌ها نشان داد که با افزایش مقدار EC به دلیل افزایش بار آلاینده‌های ناشی از فعالیت‌های کشاورزی و فاضلاب شهری اطراف رودخانه (Naderi *et al.*, 2018; Pishkahpour *et al.*, 2019) شرایط زیستگاه برای جویبارماهی کیابی نامطلوب خواهد بود. در پژوهش Zamani و همکاران (۲۰۱۷)، مقدار بهینه هدایت الکتریکی برای جویبارماهی سفیدرود (*O. bergianus*) بین ۶۳۰ تا ۷۴۰ تعیین شد که در مقایسه با پژوهش حاضر، نشان می‌دهد که جویبارماهی کیابی و جویبارماهی سفیدرود ترجیح زیستگاهی مختلفی نسبت به یکدیگر دارند که با توجه به تفاوت بین گونه‌ها و زیستگاه‌ها (رودخانه دینورآب و رودخانه طالقان) توجیه‌پذیر است.

نتایج نشان داد که جویبارماهی کیابی، از نظر قطر متوسط سنگ بستر اغلب نواحی شنی و ماسه‌ای را ترجیح می‌دهد که در آنها قطر متوسط سنگ بستر کمتر (بین ۶-۵ سانتی‌متر) است. این نتایج با یافته‌های پژوهش Asadi و همکاران (۲۰۱۶b) در زمینه بررسی شاخص مطلوبیت زیستگاه سگ‌ماهی جویباری (*O. bergianus*) در رودخانه توتکابن (از سرشاخه‌های حوزه سفیدرود) اندکی متفاوت بود. در پژوهش Asadi و همکاران (۲۰۱۶b) زیستگاه ماهی جویباری در مناطقی که اندازه متوسط سنگ بستر بین ۲۰ تا ۲۵ سانتی‌متر بود ثبت شد، درحالی که در تحقیق حاضر، اندازه متوسط سنگ بستر بسیار کمتر بود. این یافته‌ها نشان می‌دهد که جویبارماهی کیابی (*O. kiabii*) در مقایسه با *O. bergianus* ترجیح می‌دهد در نواحی‌ای از بستر که قطر متوسط سنگ

همکاران (۲۰۱۵) و Zamani و همکاران (۲۰۱۷) در دو زیستگاه مختلف (رودخانه‌های کردان و طالقان) صادق است.

براساس نتایج، مطلوب‌ترین زیستگاه برای جویبارماهی کیابی در رودخانه دینورآب، مناطق دارای عمق ۲۶-۳۰ سانتی‌متر تعیین شد، درحالی که Zamani و همکاران (۲۰۱۷) مطلوب‌ترین عمق برای جویبارماهی سفیدرود در رودخانه طالقان را ۴۰-۱۰ سانتی‌متر گزارش کردند. مقایسه نتایج پژوهش حاضر و تحقیق Zamani و همکاران (۲۰۱۷) نشان می‌دهد که جویبارماهی کیابی ساکن رودخانه دینورآب در مقایسه با جویبارماهی رودخانه طالقان، محدوده عمقی کوچک‌تری را برای زیست اشغال می‌کند. علت این موضوع، افزون بر تفاوت بین گونه‌ها، ممکن است شرایط محیطی مختلف در رودخانه‌ها مانند مقدار آب و دبی نیز باشد (Radkhan *et al.*, 2021b).

Radkhan و همکاران (۲۰۲۰) زیستگاه‌های ماهیان را براساس فاکتورهای عمق و سرعت به سه دسته ریفل (riffle)، کانال و ناحیه آبیگیر (pool) تقسیم کردند. تنوع جوامع ماهی در این زیستگاه‌ها به دو متغیر مهم یعنی عمق و سرعت جریان آب بستگی دارد. با توجه به اینکه در بخشی از نواحی رودخانه دینورآب، بستر قلوه‌سنگی و ریشه و تنه درختان نمود بیشتری داشت، می‌توان اظهار کرد که در شرایط نامساعد و در هنگامی که به دلیل باران‌های سیل‌خیز حجم آب رودخانه افزایش می‌یابد، ماهیان می‌توانند از مناطق ریفل به‌عنوان مکانی برای زیست استفاده کنند.

در پژوهش حاضر، مقدار نمایه انتخاب برای هدایت الکتریکی ۰/۶۲ تعیین شد. براساس نتایج، بیشترین میزان ترجیح زیستگاهی جویبارماهی کیابی در

دامنه قرار دارد. منحنی مطلوبیت زیستگاه این گونه (شکل ۲) نشان می‌دهد که کاهش pH، به نامساعد شدن شرایط زیستگاه منجر می‌شود. از آنجا که رودخانه دینورآب تحت تأثیر پساب‌های کشاورزی و شهری قرار دارد، ورود آلاینده‌ها از قبیل نیترات، فسفات و مواد آلی به محیط این رودخانه ممکن است به کاهش اکسیژن محلول آب و همچنین کاهش مقدار pH بینجامد که این مسئله توسط Pishkauptour و همکاران (۲۰۱۹) تأیید شده است. با توجه به اینکه جویبارماهی کیابی اغلب آب‌های تمیز را به‌عنوان زیستگاه انتخاب می‌کند، می‌توان کاهش حضور و فراوانی آن را در نواحی با pH پایین توجیه نمود.

حداکثر فراوانی و حضور جویبارماهی کیابی (*O. kiabii*) از نظر فاکتور TDS، در محدوده ۶۱۰-۵۸۰ میلی‌گرم بر لیتر ثبت شد. نتایج نشان داد که محدوده‌های زیستگاهی مورد استفاده و در دسترس این گونه از نظر فاکتور TDS مشابهت زیادی داشتند، درحالی که محدوده زیستگاهی انتخاب‌شده برای جویبارماهی کیابی (*O. kiabii*) در رودخانه دینورآب تفاوت زیادی با محدوده‌های دیگر داشت. این یافته‌ها نشان می‌دهد که وجود مواد جامد محلول به مقدار اندک برای گونه مورد نظر ضروری است، اما افزایش این فاکتور ممکن است سبب برهم خوردن نیازهای زیستگاهی این گونه شود. افزایش مواد جامد محلول در آب زمینه‌ساز افزایش بار مواد میکروبی و فعالیت‌های تجزیه‌کنندگی در اکوسیستم است که در نتیجه این پدیده، اکسیژن محلول آب که از پارامترهای حیاتی برای موجودات آبی از جمله ماهیان است کاهش می‌یابد. با توجه به این موضوع، کاهش حضور جویبارماهی کیابی در بخش‌هایی از

بستر کوچک‌تر است زیست کند. حضور جویبارماهی کیابی در این نواحی را می‌توان به امکان اختفای این گونه در بین ذرات ریز بستر و جلوگیری از شکار شدن توسط موجودات دیگر نسبت داد. این مسئله در مورد دیگر گونه‌های جویبارماهی مانند *Nemacheilus evezardi* نیز تأیید شده است (Pati & Agrawal, 2002).

مقدار شاخص انتخاب (SI) برای متغیر عرض رودخانه ۰/۴۷ به‌دست آمد. نتایج نشان داد که گونه مورد نظر از نظر عرض رودخانه در محدوده ۶-۷/۲ متر بیشترین فراوانی را دارد. براساس نتایج، عرض رودخانه با فراوانی جویبارماهی کیابی رابطه مستقیم دارد. به‌عبارت دیگر، با افزایش عرض رودخانه، فراوانی این گونه افزایش یافت. افزایش عرض رودخانه، سبب کاهش عمق نیز می‌شود (Radkhan et al., 2020). از این‌رو، عرض و عمق رودخانه 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 آبی برای تغذیه این گونه شود (Wootton, 1992).

براساس نتایج، ترجیح زیستگاهی گونه مورد بررسی در مقدار pH ۷/۷-۸/۹۲ مشاهده شد. با توجه به پژوهش Radkhan و همکاران (۲۰۲۱a)، ماهیان جویباری اغلب شرایط آبی نزدیک به بافری و قلیایی را برای زیست ترجیح می‌دهند. بنابراین محدوده بهینه pH برای جویبارماهی کیابی نیز که نزدیک به حالت بافری قرار دارد، با یافته‌های Radkhan و همکاران (۲۰۲۱a) همخوانی دارد. محدوده مورد نیاز pH برای ماهیان بین ۶/۵-۸/۵ است که مقدار pH بهینه برای زیست جویبارماهی کیابی نیز در این

(Mercado-Silva *et al.*, 2008)، با توجه به دوره محدود نمونه برداری و تنوع ویژگی‌های زیستگاهی در هر ایستگاه، ممکن است بر کارایی روش نمونه‌گیری تأثیر بگذارد (Asadi *et al.*, 2016a). با توجه به اینکه ترجیح زیستگاهی یک گونه تحت تأثیر مجموعه‌ای از عملکردهای اکولوژیک، فیزیولوژیک و رفتاری است (Asadi *et al.*, 2016a)، الگوهای استفاده از زیستگاه ماهی ممکن است با تغییر شرایط محیطی متفاوت باشد و تحت تأثیر الگوهای فصلی قرار گیرد. Rosenfeld (۲۰۰۳)، Rosenfeld و Hatfield (۲۰۰۶) و Gillette و همکاران (۲۰۱۶) نیز این موضوع را تأیید کرده‌اند. بنابراین توصیه می‌شود که با بررسی نمایه مطلوبیت زیستگاه برای جویبارماهی کیابی در فصول و دوره‌های مختلف، اطلاعات دقیق‌تر و جامع‌تری از نیازهای زیستگاهی این گونه و ارتباط آن با شرایط محیط زیستی فراهم شود.

رودخانه که با افزایش TDS همراه است، توجیه می‌شود (Radkhan *et al.*, 2021b). در مجموع، نتایج محاسبه نمایه مطلوبیت زیستگاه (HSI) نشان داد که به‌طور کلی رودخانه دینورآب از نظر ویژگی‌های زیستگاهی در مقایسه با دیگر گونه‌های ماهیان مانند شاه‌کولی سلال (*Alburnus sellal*) (Pishkhaipour *et al.*, 2016)، مطلوبیت متوسطی برای گونه جویبارماهی کیابی دارد. با توجه به یافته‌ها، فعالیت‌های انسانی که سبب تغییر ویژگی‌های محیطی رودخانه دینورآب به‌ویژه عمق، سرعت جریان، هدایت الکتریکی و بستر رودخانه می‌شوند، می‌توانند پراکنش جویبارماهی کیابی در این رودخانه را تحت تأثیر قرار دهند. بنابراین از مهم‌ترین اقدامات مدیریتی - حفاظتی برای حمایت از جمعیت این گونه در رودخانه دینورآب می‌توان به جلوگیری از استخراج شن و ماسه از بستر رودخانه و همچنین ورود پساب‌های صنعتی و کشاورزی اشاره کرد. محدودیت‌های استفاده از دستگاه الکتروشوکر

References

- Abdollahpour, Z., Rahmani, H., Abdoli, A., Jani Khalili, K., 2020. Investigation of habitat suitability index for *Ponticola cyrius* in Tajan River (Shahid Rajaei dam to Takam crossroads). *Journal of Aquatic Ecology* 10(1), 1-13. (In Persian)
- Ahmadzadeh M., Poorbagher, H., Eagderi, S., 2018. Calculating the habitat suitability index of Siahmahi (*Capoeta buhsei*, Kessler 1877) using the kernel smoothing in the Jajrood River, Namak basin of Iran. *Journal of Aquaculture Sciences* 6(9), 99-108. (In Persian)
- Asadi, H., Sattari, M., Eagderi, S., 2016a. 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.
- Asadi, H., Sattari, M., Eagderi, S., 2016b. Determination of habitat suitability index of spined loach *Oxynoemacheilus bergianus* (Derjavin, 1934) from Totkabon River (a tributary of Sefidrud River basin). *Utilization and Cultivation Aquatics* 5(1), 13-23. (In Persian)
- Azinmehr, M., Bahremand, A., Kabir, A., 2015. Simulating the effects of landuse change scenarios on flow hydrograph using the spatially distributed hydrological model, WetSpa, in the Dinvar Watershed, Karkheh, Iran. *Watershed Engineering and Management* 7(4), 500-510. (In Persian)
- Azmoudeh Ardalan, A.R., 2004. *Geographic Information System (GIS)*. Armed Forces Geographical Organization, Tehran, 228 p. (In Persian)

- Bennetsen, E., Gobeyn, S., Everaert, G. and Goethals, P., 2021. Setting priorities in river management using habitat suitability models. *Water* 13, 886.
- Bovee, K., Zuboy, J.R., 1988. Biological Report 88(11). In: Proceedings of the Workshop Development, Evaluation of Habitat Suitability, Criteria, US, Fish, Wildlife Service.
- Coad, B.W., 2021. Checklist of freshwater fishes of Iran. Available from <http://www.briancoad.com/main.asp>. Accessed 3th July 2021.
- Eagderi, S., Rahimi, T., Nasri, M., Radkhan, A.R., 2021. Habitat suitability index of Kermanshah stone loach (*Sasanidus kermanshahensis* Bănărescu and Nalbant, 1966) in Dinor River, a tributary of Gamasiab River. *Journal of Fisheries (University of Tehran)* 74(4), 497-510. (In Persian)
- Esmaeili, H.R., Sayyadzadeh, G., Eagderi, S., Abbasi, K., 2018. Checklist of freshwater fishes of Iran. *FishTaxa* 3, 1-95.
- FishBase. 2021. Iran Fish Database. Available from <http://www.fishbase.ir>. Accessed 10th September 2021.
- Froese, R. and Pauly, D., 2021. FishBase. World Wide Web electronic publication. Available from www.fishbase.org, (06/2021). Accessed 13th September 2021.
- 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 (*Salmo salar*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 57, 2065-2075.
- Jowett, I.G., Richardson, J.Y., 1990. Microhabitats of benthic invertebrates in a New Zealand river and the development of in-stream flow-habitat models for *Deleatidium* spp. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 24, 19-30.
- Jowett, I.G., Parkyn, S.M., Richardson, J., 2007. Habitat characteristics of crayfish (*Paranephoves planifrons*) in New Zealand streams using generalized additive models (GAMs). *Hydrobiologia* 291, 264-177.
- Lauria, V., Gristina, M., Attrill, M.J., Fiorentino, F., Garofalo, G., 2015. Predictive habitat suitability models to aid conservation of elasmobranch diversity in the central Mediterranean Sea. *Scientific Reports* 5, 13245. DOI: 10.1038/srep13245
- Lenntech. 2021. TDS and Electrical Conductivity. Available from https://www.lenntech.com/calculators/tds/tds-ec_engels.htm. Accessed 29th June 2021.
- Mahdavi, M., 2016. Applied Hydrology. University of Tehran Press, Tehran. Iran, 342 p. (In Persian)
- Mercado-Silva, N., Helmus, M.R., Zanden, M.J.V., 2008. The effects of impoundment and non-native species on a river food web in Mexico's central plateau. *River Research and Applications*, 25, 1090-1108.
- Morris, L., Ball, D., 2006. Habitat suitability modelling of economically important fish species with commercial fisheries data. *ICES Journal of Marine Science* 63(9), 1590-1603.
- Naderi, M.H., Zakerinia, M., Salarijazi, M., 2018. Evaluation of the Influential Factors on Water Quality Components of Qarasoo River in Golestan Province. *Iranian Journal of Irrigation and Drainage* 12(5), 1240-1252. (In Persian)
- Pati, A.K. and Agrawal, A., 2002. Studies on the behavioral ecology and physiology of a hypogean loach, *Nemacheilus evezardi*, from the Kotumsar Cave, India. *Current Science* 83(9), 1112-1116.
- Pishkhpour, Z., Poorbagher, H., Eagderi, S., 2019. Effects of Ecological Conditions and Physical Variables of the Dinvarab River in the Kermanshah Province on the Habitat Suitability Index of *Alburnus sellal* Heckel (1843). *Journal of Fisheries (Iranian Journal of Natural Resources)* 71(4), 317-328. (In Persian)
- Platts, W.S., Megahan, W.F., Minshall, G.W., 1983. Methods for evaluating stream, riparian, and biotic conditions. Gen. Tech. Rep. INT-138. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range

Experiment Station, 70 p.

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., Nahavandi, R., 2021a. Study on the biological characteristics of kuhli loach (*Pangio kuhlii* Valenciennes 1846) as an ornamental fish species. Journal of Ornamental Aquatics 8(3), 1-8. (In Persian)

Radkhah, A.R., Eagderi, S.A., Poorbagher, H., 2021b. A study on the abundance and biodiversity indicators of fish in Dinor River, Kermanshah province. Iranian Scientific Fisheries Journal 30, 1-12. (In Persian)

Rosenfeld, J.S., 2003. Assessing the habitat requirements of stream fishes: an overview and evaluation of different approaches. Transactions of the American Fisheries Society 132, 953-968.

Rosenfeld, J.S., Hatfield, T., 2006. Information needs for assessing critical habitat of freshwater fish. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 63, 683-698.

Stoner, A.W., Manderson, J.P., Pessutti, J.P., 2001. Spatially explicit analysis of estuarine habitat for juvenile winter flounder: combining generalized additive models and geographic information systems. Marine Ecology Progress Series 213, 253-271.

Tabatabaei, N., 2013. Investigation of large-scale environmental factors affecting the distribution of *Oxynoemacheilus bergianus* in Kordan River. Master Thesis in Fisheries Engineering, Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj. (In Persian)

Tabatabaei, N., Eagderi, S., Hashemzadeh Sagharloo, I., Zamani, M., 2015. Analysis habitat range of Safidrud stone loach (*Oxynoemacheilus bergianus*) in Kordan River (Namak Basin, Alborz Province), in autumn. Journal of Animal Research (Iranian Journal of Biology) 28, 361-370. (In Persian)

Taleghani, M., Homauni, S., 2012. Dinevar basin flood zoning relying on the geomorphologic characteristics. Geography and Sustainability of Environment 1(1), 37-49 (In Persian).

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.

Theuerkauf, S.J., Lipcius, R.N., 2016. Quantitative validation of a habitat suitability index for oyster restoration. Frontiers in Marine Science 3(65), 3389.

Vadas, R.L., Orth, D.J., 2001. Formulation of habitat suitability models for stream fish guilds: do the standard methods work? Transactions of the American Fisheries Society 130: 217-235.

Waddle, T., 2012. PHABSIM for Windows User's Manual and Exercises. Open-File Report 2001-340. U.S. Geological Survey, Fort Collins, CO.

Wootton R.J., 1992. Fish Ecology (Tertiary Level Biology). Springer; 1992nd edition (December 31, 1991). 212 p.

Zamani, M., Poorbagher, H., Eagderi, S., 2017. Habitat suitability index of Sefidrud hillstream loach (*Oxynoemacheilus bergianus*) in Taleghani River (Sefidrud River basin: Alborz province). Journal of Natural Environment (Iranian Journal of Natural Resources) 69(3), 1017-1025. (In Persian)