

مقاله علمی - پژوهشی:

مطالعه مطلوبیت زیستگاه ماهی سفید رودخانه‌ای (*Squalius namak*) در رودخانه قره‌چای، حوضه آبریز دریاچه نمک

علیرضا رادخواه^۱، سهیل ایگدری*^۱، هادی پورباقرا^۱

* soheil.eagderi@ut.ac.ir

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

تاریخ دریافت: مرداد ۱۴۰۲

تاریخ پذیرش: فروردین ۱۴۰۳

چکیده

مطالعه حاضر با هدف بررسی شایستگی زیستگاه ماهی سفید رودخانه‌ای (*Squalius namak*) در رودخانه قره‌چای واقع در حوضه دریاچه نمک انجام شد. برای این منظور، ۱۲ ایستگاه در مسیر رودخانه قره‌چای در اردیبهشت‌ماه ۱۴۰۰ با استفاده از دستگاه الکتروشوک به روش یک‌رفت مورد نمونه‌برداری قرار گرفت. علاوه بر ثبت فراوانی ماهیان، ۱۳ پارامتر فیزیکوشیمیایی در هر ایستگاه ثبت گردید. نمایه مطلوبیت زیستگاه با توجه به رابطه بین متغیرهای محیطی و فراوانی گونه مورد نظر بررسی شد. بر اساس نتایج، مطلوب‌ترین زیستگاه برای *S. namak* در رودخانه قره‌چای نواحی دارای عرض ۸-۶ متر، عمق ۳۵-۳۰ سانتی‌متر، سرعت جریان ۱/۴-۱/۲ متر بر ثانیه، دمای آب ۱۳-۱۲ درجه سانتی‌گراد، مقادیر هدایت الکتریکی (EC) ۳۶۰-۴۲۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر، مقادیر pH بین ۷/۷۰ تا ۷/۹۰-۷/۷۰، اکسیژن محلول (DO) ۸/۴-۸/۰ میلی‌گرم بر لیتر، کل مواد جامد محلول (TDS) ۴۰۰-۶۸۰ میلی‌گرم بر لیتر، قطر متوسط سنگ بستر ۱۰/۶-۹/۲ سانتی‌متر، شیب ۱/۴-۰/۵ درصد، ارتفاع از سطح دریا ۱۸۰۰-۱۶۰۰ متر، نیترات ۲/۲-۱/۰ میلی‌گرم بر لیتر و فسفات کل ۰/۳-۰/۲ میلی‌گرم بر لیتر بود. در مطالعه حاضر، مقدار کلی نمایه مطلوبیت زیستگاه (HSI) برای ماهی *S. namak* در رودخانه قره‌چای ۰/۶۵ تعیین گردید. این در حالی است که ایستگاه‌های دوم (HSI=۰/۸۱) و چهارم (HSI=۰/۷۶) از مطلوبیت زیستگاهی بالایی برخوردار بودند. در مجموع، نتایج نشان داد که به طور کلی، رودخانه قره‌چای از نظر ویژگی‌های زیستگاهی، از مطلوبیت متوسطی برای ماهی سفید رودخانه‌ای برخوردار است. با توجه به یافته‌های به‌دست آمده، فعالیت‌های انسانی که سبب تغییر در ویژگی‌های محیطی رودخانه قره‌چای به‌ویژه عرض، قطر متوسط سنگ بستر، ارتفاع و عمق رودخانه می‌شوند، می‌توانند پراکنش ماهی سفید رودخانه‌ای در این اکوسیستم آبی را تحت تاثیر قرار دهند. از این رو، از مهم‌ترین اقدامات مدیریتی و حفاظتی برای حفاظت از جمعیت این گونه در رودخانه قره‌چای می‌توان به جلوگیری از احداث موانع و سدها در مسیر رودخانه و استخراج شن و ماسه از بستر رودخانه اشاره کرد. علاوه بر این، جلوگیری از ورود فاضلاب‌های با منشأ شهری، صنعتی و کشاورزی و پساب‌های آبی‌پروری به این رودخانه نیز تاثیر به‌سزایی در بهبود شرایط اکولوژیک ماهیان از جمله ماهی سفید رودخانه‌ای خواهد داشت.

کلمات کلیدی: *Squalius namak*، عمق رودخانه، عرض رودخانه، سرعت جریان آب، نیترات

*نویسنده مسئول



Copyright: © 2023 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

مقدمه

ارزیابی کیفیت زیستگاه مهم‌ترین اقدام در تصمیم‌گیری‌های مربوط به محیط‌زیست است و کاربرد گسترده‌ای در مدیریت منابع طبیعی دارد (Armstrong et al., 2003). امروزه، بسیاری از زیستگاه‌ها در کره زمین، از جمله رودخانه‌ها، به طور جدی تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی قرار گرفته‌اند. این امر موجب شده است که تحقیقات متعددی به منظور بررسی رابطه بین عوامل زیستگاه و ساکنان آنها در نقاط مختلف جهان صورت گیرد (Mack et al., 1997). انجام این قبیل از مطالعات می‌تواند امکان پیش‌بینی تغییرات در جوامع زیستی که به واسطه تغییر شرایط محیطی ناشی از فعالیت‌های انسانی ایجاد می‌گردد، فراهم سازد (Teresa and Casatti, 2013).

زیستگاه‌های مطلوب تأثیرات قابل توجهی بر بقاء و تولیدمثل گونه‌ها دارند و در مدیریت حیات‌وحش و حفاظت آن مورد توجه قرار می‌گیرند (Mack et al., 1997; Radkhah, 2017; Radkhah and Eagderi, 2021, 2022). پراکنش گونه‌های ماهی تحت تأثیر عوامل محیطی مختلفی قرار دارد (Hackrad et al., 2011). هر یک از گونه‌های ماهی، زیستگاه خاصی را ترجیح می‌دهند که این زیستگاه با ویژگی‌های مطلوبی مانند اکسیژن کافی، دمای قابل تحمل، غذای کافی و مکان‌هایی برای مخفی شدن، شناخته می‌شوند (Thurow, 1997). از بین رفتن این زیستگاه‌ها به دلیل آلودگی، دستکاری و سایر فعالیت‌های انسانی مشکلات شایعی هستند که عملکردهای اکولوژیک را تهدید می‌کنند (Dong et al., 2013). از بین رفتن زیستگاه، از نظر کمی و کیفی، عامل مهمی برای کاهش فراوانی موجودات آبی و تهدیدی جدی برای تنوع زیستی اکوسیستم‌های آبی است. کیفیت زیستگاه‌های مختلف در یک رودخانه، برای یک گونه با فراوانی نسبی اعضاء آن تعریف می‌شود (Pourmoghadam et al., 2019). معمولاً آرگانسیم‌ها در مناطقی که کیفیت زیستگاه بالاست، فراوان‌تر هستند، این در حالی است که تعداد کمی از گونه‌ها در زیستگاه‌های ضعیف یافت می‌شوند و هیچ گونه‌ای در زیستگاه‌های نامطلوب وجود ندارد (Jowett et al., 2007, 2008). تحقیقات مختلف از جمله Vinagre و همکاران (۲۰۰۶)،

Zamani و همکاران (۲۰۱۵)، Ahmadzadeh و همکاران (۲۰۱۷) و Eagderi و همکاران (۲۰۲۲) نشان داده‌اند که با شناسایی زیستگاه مطلوب برای گونه‌ها و تمرکز بر حفاظت از آن، می‌توان از نابودی بسیاری از گونه‌های در خطر انقراض جلوگیری نمود (Vinagre et al., 2006).

شاخص مطلوبیت زیستگاه (HSI)^۱، ابزار تحلیلی است که برای نشان‌دادن ترجیح گونه‌های مختلف برای ترکیبی از متغیرها استفاده می‌شود. مدل‌های مطلوبیت زیستگاهی (HSM)^۲ برای مجموعه‌ای از شرایط زیستگاهی مورد انتظار در منطقه مورد استفاده قرار می‌گیرند (Li et al., 2009). در این مدل‌ها، تعداد ایستگاه‌های زیستگاه ارزیابی شده و شاخص مطلوبیت زیستگاه محاسبه می‌شود. هدف از این مطالعات می‌تواند تعیین ایستگاه‌های با کیفیت بالا (۷-۰/۱)، متوسط (۰/۷-۰/۳) و پایین (۰-۰/۳) (Brooks, 1997) برای یافتن زیستگاه برای بسیاری از گونه‌های آب شیرین، شور و لب‌شور باشد. به طور کلی، تعیین مطلوبیت زیستگاه یک گونه برای ارزیابی اثرات فعالیت‌های انسانی مورد توجه قرار می‌گیرد (Jowett et al., 2007).

در حال حاضر، شاخص‌های مختلفی به منظور ارزیابی نیازهای زیستگاهی گونه‌های مختلف ماهی به‌ویژه گونه‌های در معرض خطر در نظر گرفته شده است. شایستگی (مطلوبیت) زیستگاه یکی از شاخص‌های متداول در تحقیقات بوم‌شناسی آبزیان به‌شمار می‌رود که تاکنون در پژوهش‌های مختلفی مورد بهره‌برداری قرار گرفته است. از نمونه‌های بارز این تحقیقات می‌توان به بررسی مطلوبیت زیستگاه در گونه‌های مختلف از قبیل سیاه‌ماهی خزری (Capoeta gracilis, Keyserling 1861) (Zamani et al., 2015)، شاه‌کولی سلال (Alburnus sellal, Heckel 1843) (Pishkauptour et al., 2019)، جویبارماهی رودخانه‌ای (Oxynoemacheilus bergianus) (Tabatabaei et al., 2015)، سس‌ماهی (Barbus cyri, Heckel, 1843) (Asadi et al., 2016)، سیاه‌ماهی ریزلس (Capoeta buhsei, Kessler 1877) (Ahmadzadeh et al., 2017)، سیاه‌ماهیان رودخانه‌های گردان، جاجرود و طالقان

¹ Determination of habitat suitability index (HSI)

² Habitat suitability modeling (HSM)

درباره ویژگی‌های زیستی و بوم‌شناختی ماهی سفید رودخانه‌ای به عنوان یک گونه بوم‌زاد در حوضه دریاچه نمک وجود دارد. اگرچه در فهرست IUCN وضعیت حفاظتی ماهی سفید رودخانه‌ای با کمترین نگرانی گزارش شده (Khaefi et al., 2016; Froese and Pauly, 2023)، اما دامنه زیستگاهی این گونه در آبهای داخلی ایران و بسیاری از زیستگاه‌های آبی کشور تحت تاثیر فعالیت‌های مختلف انسانی از قبیل برداشت بی‌رویه آب، ورود آلودگی‌های صنعتی، تخریب زیستگاه و صید بی‌رویه در معرض تهدید قرار گرفته است (Esmaeili et al., 2018). از این‌رو، با توجه به اهمیت حفاظت از گونه‌های بوم‌زاد و نیازهای حفاظتی این گونه، لازم است که تحقیقات جامعی پیرامون خصوصیات زیستی و جنبه‌های بوم‌شناختی این گونه بوم‌زاد در ایران انجام گیرد.

با توجه به اهمیت حفاظت از گونه‌های بوم‌زاد و لزوم بررسی نیازهای زیستگاهی ماهی سفید رودخانه‌ای (*S. namak*)، پژوهش حاضر به منظور بررسی مطلوبیت زیستگاه این گونه در رودخانه قره‌چای به عنوان یکی از اکوسیستم‌های مهم در حوضه دریاچه نمک، اجرا شده است. ارائه اطلاعات از نیازهای زیستگاهی ماهی سفید رودخانه‌ای می‌تواند در راستای اجرای سیاست‌ها و برنامه‌های حفاظتی این گونه‌ی کلیدی و مهم مورد استفاده قرار گیرد.

مواد و روش کار

منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز دریاچه نمک یکی از حوضه‌های بسته ایران است که زیرمجموعه حوضه آبریز فلات مرکزی به‌شمار می‌رود. مساحت این حوضه، ۹۲۵۶۰ کیلومتر مربع بوده و شامل رودخانه‌هایی است که به دریاچه نمک سرازیر می‌شوند (Coad, 2023). رودخانه قره‌چای یکی از رودهای مهم در حوضه آبریز دریاچه نمک است. این رودخانه از ارتفاعات استان مرکزی و همدان سرچشمه گرفته است و در مسیر خود پس از عبور از استان همدان، در نهایت به دریاچه نمک در قم می‌ریزد (Department of Environment, 2023). طول تقریبی این رودخانه ۵۴۰ کیلومتر گزارش شده است (Bakhtiari, 2008).

(*Capoeta buhsei*, *C. razii* and *C. alborzensis*) (Pourmoghadam et al., 2019) و جویبارماهی کبابی (*Oxynemachilus kiabii* Golzarianpour, Abdoli & Freyhof, 2011) ساکن در رودخانه دینورآب (استان کرمانشاه) (Radkhah et al., 2021c) اشاره کرد. از شاخص مطلوبیت زیستگاه (HSI) اغلب برای تشخیص در دسترس بودن زیستگاه برای ماهی‌های آب شیرین و رودخانه‌ای استفاده شده است. این روش معمولاً به منظور پیش‌بینی آثار فعالیت‌های انسانی بر اکوسیستم‌های آبی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Guay et al. 2000). اگر چه نمایه‌های مطلوبیت (SI)^۱ معمولاً به طور جداگانه برای متغیرهای مختلف ریززیستگاه (پوشش، اندازه زیرلایه، عمق و سرعت) ایجاد می‌شوند، اما اگر زیست‌شناسان قصد داشته باشند که تغییرات موجود در کل زیستگاه را در جریان‌های مختلف پیش‌بینی کنند، این نمایه‌های مطلوبیت باید ادغام شوند (Pourmoghadam et al., 2019).

جنس *Squalius* یکی از جنس‌های مهم در خانواده کپورماهیان به‌شمار می‌رود. چهار گونه از این جنس در آبهای داخلی ایران شناسایی شده است که شامل *S. lepidus* (حوضه دجله)، *S. turcicus* (حوضه ارومیه و جنوب دریای خزر)، *S. namak* (حوضه دریاچه نمک) و *S. berak* (حوضه رودخانه دجله) هستند (Esmaeili et al., 2018). ماهی سفید رودخانه‌ای حوضه دریاچه نمک (*S. namak*) که متعلق به خانواده کپورماهیان و زیرخانواده Leuciscinae است، نوعی ماهی بنتوپلاژیک به‌شمار می‌رود که در آبهای شیرین و شور یافت می‌شود (Froese and Pauly, 2023). این گونه به طور عمده در نه‌های با اندازه کوچک تا متوسط در مناطق کوهستانی و تپه‌ای یافت می‌شود. ماهی سفید رودخانه‌ای یک گونه همه‌چیزخوار است و از منابع غذایی از کوچکترین (خرده گیاهان، بی‌مهرگان) تا بزرگترین (ماهیان کوچک) تغذیه می‌کند (Sadeghinejad Masouleh and Radkhah, 2020). این گونه دارای قدرت باروری بالا و سرعت رشد سریع است (CABI, 2023).

به رغم اهمیت گونه‌های بوم‌زاد از دیدگاه اکولوژیک، بررسی گزارش‌ها و منابع پیشین نشان می‌دهد که اطلاعات اندکی

¹ Suitability Index (SI)

عصاره میخک، با استفاده از کلیدهای شناسایی جدید و معتبر شناسایی شدند (Coad, 2018; Esmaeili *et al.*, 2018; Froese and Pauly, 2023). پس از شناسایی گونه مورد نظر و تعیین فراوانی آن در هر ایستگاه، نمونه‌های جمع‌آوری شده با نهایت احتیاط به آب بازگردانده شدند.

متغیرهای محیطی

در این مطالعه، به منظور تعیین فهرست متغیرهای موثر بر شایستگی زیستگاه گونه هدف و درجه اهمیت این متغیرها، پژوهش‌های پیشین (Tabatabaei *et al.*, 2013; Tabatabaei *et al.*, 2015; Zamani *et al.*, 2015; Asadi *et al.*, 2021c; Radkhah *et al.*, 2016) در مورد گونه‌های دیگر به طور کامل مورد بررسی قرار گرفت. دمای آب، سرعت جریان آب، عرض رودخانه، عمق آب، کل مواد جامد محلول (TDS)، قلیائیت (pH) و ویژگی‌های اجزاء 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 شده و میانگین این مقادیر بعد از ضرب کردن در ضریب اصلاحی مربوطه (۰/۹) به عنوان سرعت جریان آب (متر بر ثانیه) در ایستگاه در نظر گرفته شد (Mahdavi, 2011).

دمای آب: دمای آب در کلیه ایستگاه‌های مورد مطالعه با استفاده از دماسنج دیجیتال اندازه‌گیری شد.

کل مواد جامد محلول (TDS)، قلیائیت (pH)، هدایت الکتریکی (EC) و اکسیژن محلول (DO): به منظور اندازه‌گیری pH، DO، TDS و EC از تستر مولتی پارامتر مدل HI98131 استفاده شد.

نیتрат (NO₃) و فسفات کل (PO₄): پارامترهای مذکور با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر Hach مدل dr2800 اندازه‌گیری گردید.

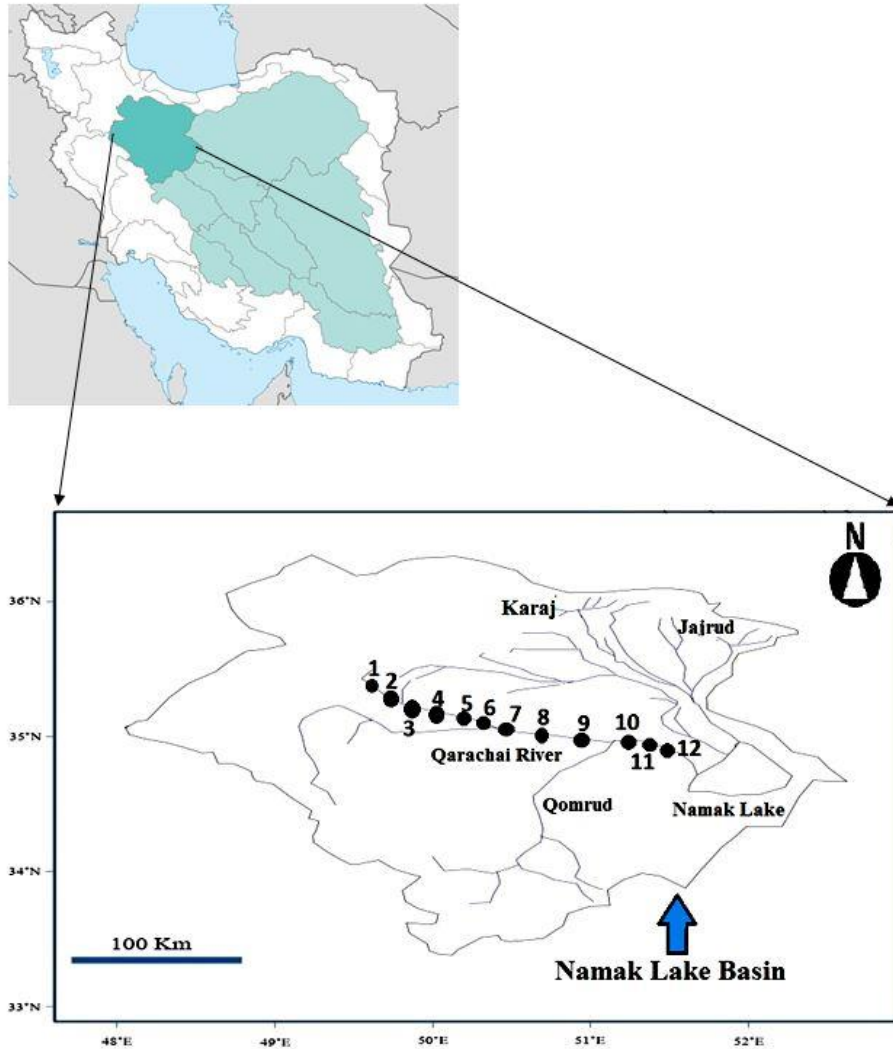
شیب: برای اندازه‌گیری شیب بستر رودخانه از مشاهدات میدانی و تصاویر ماهواره‌ای نیز استفاده شده که به صورت درصد ارائه گردید (Tabatabaei *et al.*, 2015).

تاکنون بندها و سدهای متعددی بر رودخانه قره‌چای احداث شده است که از کلیدی‌ترین آنها می‌توان به سد الغدیر (سد ساوه) اشاره کرد (Shah-heydari and Mozaffari, 2023). به طور کلی، رودخانه قره‌چای از دو رود تشکیل شده و وسعت حوزه آبریز آن حدود ۲۳۹۲۱ کیلومتر مربع گزارش شده است. شاخه جنوبی این رود از ارتفاعات نواحی سربند و راسوند و تالاب و عمارت و سراب‌های استان، عباس‌آباد، کله و نهرمیان سرچشمه می‌گیرد. این رودخانه با حرکت از جنوب به شمال به شاخه غربی قره‌چای می‌پیوندد. شاخه غربی قره‌چای از ارتفاعات الوند در استان همدان سرچشمه می‌گیرد و سرانجام به شاخه جنوبی این رودخانه می‌پیوندد و به جانب ساوه امتداد می‌یابد (Department of Environment, 2023).

جمع‌آوری ماهیان

این پژوهش طی عملیات نمونه‌برداری در اردیبهشت‌ماه ۱۴۰۰ در ۱۲ ایستگاه (با فواصل کمتر از ۵ کیلومتر، هر ایستگاه با سه تکرار و هر تکرار به طول ۳۰ متر (Lotfi, 2012)، در مسیر رودخانه قره‌چای واقع در حوضه دریاچه نمک انجام شد (شکل ۱). 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 وجود منابع آلودگی صورت گرفت (Pishkauptour *et al.*, 2019). در این مطالعه، ایستگاه‌ها به نحوی تعیین شدند که علاوه بر عدم همپوشانی با یکدیگر، متأثر از فعالیت‌های شدید انسانی در منطقه نباشند (Gillette *et al.*, 2006). مختصات جغرافیایی و ویژگی‌های ظاهری ایستگاه‌های مورد مطالعه در جدول ۱ ارائه شده است. در این مطالعه، شناسایی نوع بستر رودخانه طبق پروتوکل Platts و همکاران (۱۹۸۳) انجام گرفت.

در این مطالعه، از دستگاه الکتروشوکر (Samus Mp750) به روش یک‌گرفت و تور ساچوک به عنوان پشتیبان برای نمونه‌برداری استفاده شد. تلاش نمونه‌برداری در هر ایستگاه با طول تقریبی ۳۰ متر و با سه تکرار انجام گرفت (Radkhah *et al.*, 2021a, 2021b; Eagderi *et al.*, 2022). نمونه‌های به‌دست آمده پس از بیهوشی در محلول



شکل ۱: رودخانه قره‌چای در حوضه آبریز دریاچه نمک و موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری
 Figure 1: Qarachai River in the Namak Lake basin and the location of sampling stations

جدول ۱: موقعیت جغرافیایی و ویژگی‌های ظاهری ایستگاه‌های نمونه‌برداری

Table 1: Geographical location and appearance characteristics of sampling stations

| Station | Stream bed | Riverbank | Longitude and latitude |
|---------|----------------|----------------------------------------------|------------------------|
| 1 | Sand and stone | Rubble and reed plants | N35-05-70 E48-96-31 |
| 2 | Rubble | rocky | N35-03-83 E48-99-13 |
| 3 | Sand and stone | Stony and reed plants | N35-02-07 E49-02-58 |
| 4 | mud and sand | Gravel | N35-01-79 E49-06-34 |
| 5 | Rubble | rocky | N35-00-88 E49-10-41 |
| 6 | Sand and stone | Gravel | N35-03-77 E49-13-06 |
| 7 | Sand | Boulder and border plants | N35-07-08 E49-34-71 |
| 8 | Sand and stone | Rubble | N34-95-72 E49-56-96 |
| 9 | mud and sand | Rubble | N34-85-19 E49-74-13 |
| 10 | Rubble | Plants and meadows with plants and algae | N34-87-27 E49-96-17 |
| 11 | Sand and stone | Plants and grasslands with herbaceous medium | N34-90-17 E50-16-76 |
| 12 | Sand and stone | Plants and meadows with plants and algae | N34-91-52 E50-20-66 |

جدول ۲: طبقات قطر متوسط سنگ بستر (Mahdavi, 2011)
 Table 2: Bedrock average diameter classes (Mahdavi, 2011)

| Average diameter of bedrock (mm) | |
|----------------------------------|---------|
| Bed rock | 400< |
| Boulder | 256-400 |
| Cobble | 64-256 |
| Gravel | 2-64 |
| Sand | 2> |

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 با استفاده از فرمول ذیل (Jowett and Richardson, 1990) محاسبه شد:

$$\text{شاخص بستر} = 0.08 \times (\text{مساحت ناحیه سنگ صخره‌ای}) + 0.70 \times (\text{مساحت ناحیه تخته سنگی}) + 0.06 \times (\text{مساحت ناحیه سنگ فرش}) + 0.05 \times (\text{مساحت ناحیه ماسه‌ای}) + 0.03 \times (\text{مساحت ناحیه ماسه‌ای})$$

$$SI_{e,i} = \% U_{e,i} / \% A_{c,i}$$

C: یک متغیر محیطی، i: فاصله یا طبقه‌های آن متغیر، % $U_{e,i}$: درصد استفاده ماهی از یک طبقه خاصی از یک متغیر محیطی، % $A_{c,i}$: درصد در دسترس بودن آن متغیر محیطی.

درصد $U_{e,i}$ از یک نسبت‌گیری ساده از تعداد افراد مشاهده شده در هر طبقه به دست می‌آید. برای محاسبه درصد در دسترس بودن، درصد هر طبقه از هر پارامتر را محاسبه شده، سپس تعداد افراد در هر طبقه شمارش می‌گردد. در نهایت، یک نسبت از این شمارش‌ها را در هر درصد از طبقه پارامتر در نرم‌افزار Excel 2016 محاسبه می‌کند و به درصد $A_{c,i}$ می‌رسد.

برای استانداردسازی SI (به‌گونه‌ای که دامنه SI بین صفر و یک باشد)، بعد از Kernel smoothing مقادیر SI بر حداکثر SI تقسیم شد. در نهایت، برای ادغام SI ها از میانگین حسابی استفاده گردید. نظر به این‌که اهمیت هر یک از SI ها برای ماهی سفید رودخانه‌ای مشخص نشده

ارتفاع از سطح دریا: در این مطالعه از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GPS) برای به دست آوردن ارتفاع (متر) هر کدام از ایستگاه‌های مورد مطالعه استفاده شد. **عرض رودخانه:** برای محاسبه عرض رودخانه (متر) در ابتدا، وسط و انتهای هر ایستگاه عرض رودخانه با استفاده از متر نواری اندازه‌گیری شده و میانگین این سه عدد به عنوان عرض رودخانه در نظر گرفته شد.

عمق رودخانه: در هر ایستگاه به طور تصادفی در سه ترانسکت خطی در طول عرض رودخانه و در هر ترانسکت حدود ۲۰ مرتبه عمق به کمک شاخص متریک ثبت گشته و میانگین، به عنوان عمق رودخانه (متر) در هر ایستگاه، در محاسبات استفاده شد (Eagderi et al., 2022).

ترکیب بستر: با مشاهده دقیق ترکیب سنگی بستر در هر ایستگاه و با کمک طبقات اندازه سنگ‌ها (جدول ۲)، درصد هر یک از اجزاء بستر در هر ایستگاه ثبت گردید (Tabatabaei, 2013; Tabatabaei et al., 2015).

قطر متوسط سنگ بستر: برای اندازه‌گیری قطر سنگ‌های بستر (سانتی‌متر)، ابتدا چند نمونه سنگ به صورت تصادفی از بستر رودخانه جمع‌آوری شده و قطر سنگ‌ها با استفاده از کولیس مدرج اندازه‌گیری گردید. پس از اندازه‌گیری، میانگین قطر سنگ‌ها به عنوان مقدار تخصیص داده شده برای هر ایستگاه تعیین گردید.

محاسبه نمایه‌های انتخاب (SI) و مطلوبیت زیستگاه (HSI)

به منظور به دست آوردن نمایه مطلوبیت برای هر متغیر از نرم‌افزار تجزیه و تحلیل اطلاعات زیستگاه HABSEL version 1.00 استفاده شد (Jowett et al., 2007). به کمک این نرم‌افزار با توجه به رابطه متغیر و فراوانی ماهی سفید رودخانه‌ای، در هر ایستگاه معین، نمایه مطلوبیت (SI) برای هر متغیر محیطی به دست آمد. نمایه SI طبق رابطه ذیل محاسبه شد (Radkhah et al., 2021c):

گونه مورد نظر تعیین گردید.

نتایج

تعداد و درصد فراوانی ماهیان در هر یک از ایستگاه‌های مورد مطالعه در جدول ۳ ارائه شده است. ایستگاه‌های ۲، ۴ و ۱ به ترتیب دارای بیشترین تعداد ماهی سفید رودخانه‌ای بودند، این در حالی است که تعداد ماهیان در سایر ایستگاه‌ها به مراتب کم‌تر بود به طوری که هیچ نمونه‌ای در ایستگاه‌های ۵، ۸ و ۱۲ مشاهده نشد.

بود، همگی دارای وزن یکسان بودند.

در این مطالعه، برای محاسبه نمایه مطلوبیت زیستگاه (HSI) برای گونه مورد مطالعه از رابطه میانگین هندسی ذیل استفاده شد (Guay *et al.*, 2000):

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

در این رابطه چون اهمیت و نقش هیچ‌یک از عوامل زیستگاهی به صورت کمی مشخص نبود، عوامل به صورت یکسان با یکدیگر ترکیب شدند (Gillette *et al.*, 2006). در این مطالعه، محدوده‌های انتخابی (Selectivity) برای

جدول ۳: تعداد و درصد فراوانی ماهی سفید رودخانه‌ای (*Squalius namak*) در رودخانه قره‌چای (ST مخفف ایستگاه است)

Table 3: Number and percentage of abundance of *Squalius namak* in Qarachai River (ST: Station).

| | ST-1 | ST-2 | ST-3 | ST-4 | ST-5 | ST-6 | ST-7 | ST-8 | ST-9 | ST-10 | ST-11 | ST-12 | Total |
|---------------|-------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| Number | 16 | 68 | 1 | 31 | 0 | 2 | 5 | 0 | 2 | 3 | 7 | 0 | 135 |
| Frequency (%) | 11.85 | 50.37 | 0.70 | 22.96 | 0 | 1.40 | 3.70 | 0 | 1.40 | 2.22 | 5.18 | 0 | - |

میکروزیمنس بر سانتی‌متر، کل مواد جامد محلول (TDS) ۳۵۲۱-۴۲۵ میلی‌گرم در لیتر، میزان نیترات ۴-۱ میلی‌گرم در لیتر و فسفات کل ۰/۱-۰/۲۰ میلی‌گرم در لیتر بود. در مطالعه حاضر، درصد سنگ‌های بستر و شاخص بستر برای هر ایستگاه تعیین گردید (جدول ۵). بر اساس نتایج به دست آمده، کمترین و بیشترین مقدار شاخص بستر به ترتیب در ایستگاه‌های ۱۲ و ۳ ثبت گردید به طوری که در ایستگاه ۱۲، مقدار این شاخص ۴/۱۵ درصد و در ایستگاه سوم، ۵/۹۲ درصد به دست آمد.

در جدول ۴، مقادیر حداقل، حداکثر و میانگین متغیرهای زیستگاهی در ایستگاه‌های مورد مطالعه ارائه شده است. کمترین میزان عرض رودخانه، ۱/۶ متر و بیشترین آن ۸/۵ متر ثبت گردید. علاوه بر این، محدوده عمق رودخانه ۱۵-۳۸ سانتی‌متر، دمای آب ۱۶/۶-۱۳/۰ درجه سانتی‌گراد، سرعت جریان آب ۰/۴۰-۱/۱۰ متر بر ثانیه، قطر سنگ بستر ۶-۱۱ سانتی‌متر، شیب بستر ۱/۲۰-۶/۲۰ درصد و ارتفاع از سطح دریا ۱۶۱۸-۱۰۵۳ متر متغیر بود. نتایج نشان داد که دامنه قلیائیت (pH) ۶/۳۰-۷/۱۸، اکسیژن محلول (DO) ۸-۹ میلی‌گرم در لیتر، هدایت الکتریکی (EC) ۲۰۰۰-۷۰۰۰

جدول ۴: کمینه، بیشینه و میانگین متغیرهای محیطی در ایستگاه‌های مورد مطالعه

Table 4: The minimum, maximum and mean of each of the environmental variables in the studied stations

| Variables | Minimum | Maximum | Mean | Standard deviation (SD) |
|----------------------------|---------|---------|-------|-------------------------|
| Water temperature (°C) | 12.0 | 16.4 | 14.15 | 1.51 |
| River width (m) | 1.6 | 8.5 | 3.60 | 1.78 |
| depth (cm) | 16 | 38 | 21 | 6.73 |
| water velocity (m/s) | 0.40 | 1.30 | 0.72 | 0.25 |
| Diameter of bedrock (cm) | 5 | 12 | 7.16 | 2.12 |
| Bed index (%) | 3.86 | 5.62 | 4.62 | 0.16 |
| TDS (mg/l) | 500 | 1736 | 964 | 456 |
| pH | 7.70 | 8.50 | 8.21 | 0.26 |
| EC (µS/cm) | 370 | 805 | 551 | 138 |
| DO (mg/l) | 8 | 10 | 8.54 | 0.65 |
| River slope (%) | 1.20 | 6.20 | 3.30 | 1.90 |
| Height above sea level (m) | 1053 | 1618 | 1452 | 216 |
| Nitrate (mg/l) | 1 | 7 | 3.16 | 2.24 |
| Total phosphate (mg/l) | 0.01 | 0.50 | 0.23 | 0.17 |

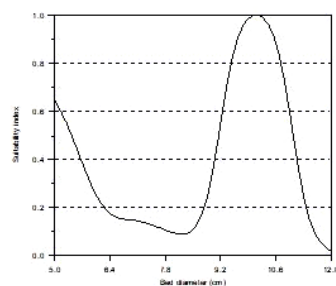
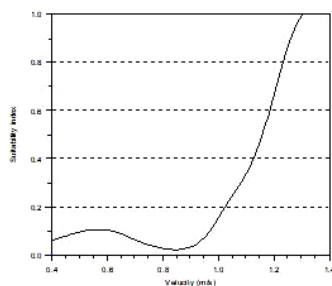
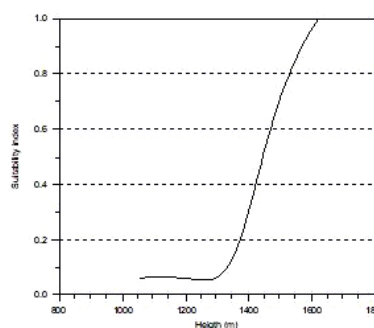
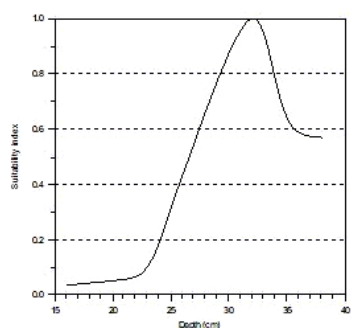
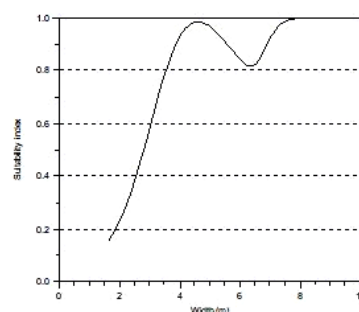
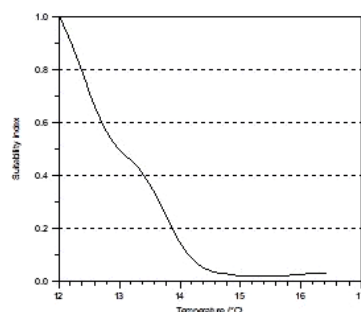
شاخص مطلوبیت زیستگاه

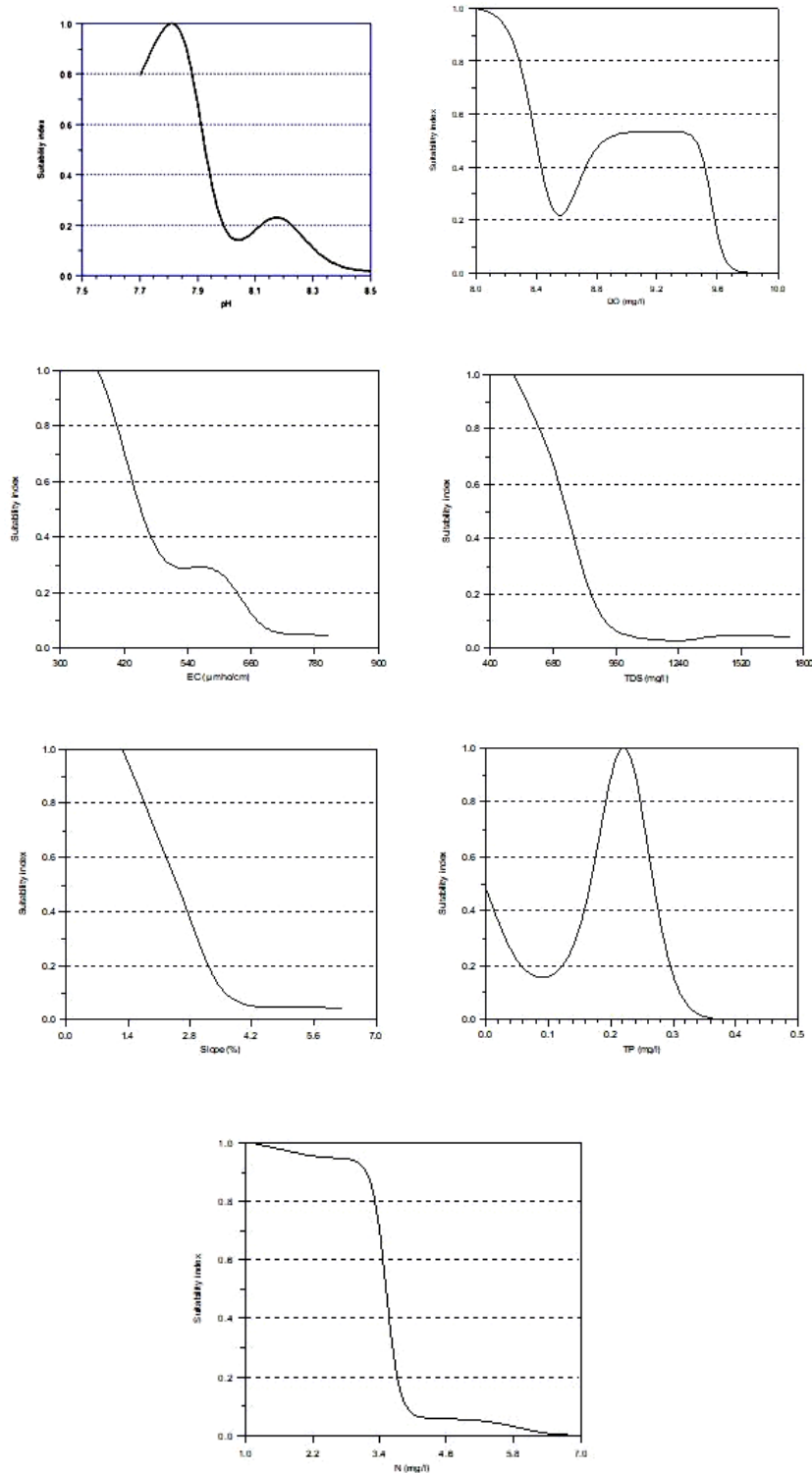
در شکل ۲ رابطه بین هر یک از متغیرهای زیستگاهی و فراوانی ماهیان نشان داده شده است. بر اساس نتایج، مطلوب‌ترین زیستگاه برای ماهی سفید رودخانه‌ای در رودخانه قره‌چای نواحی دارای عرض رودخانه ۶-۸ متر، عمق ۳۰-۳۵ سانتی‌متر، سرعت جریان ۱/۴-۱/۲ متر بر ثانیه، دمای آب ۱۲-۱۳ درجه سانتی‌گراد، مقادیر EC ۳۶۰-۴۲۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر، مقادیر pH ۷/۹۰-۷/۷۰، مقادیر DO ۸/۴-۸/۰ میلی‌گرم در لیتر، مقادیر TDS ۴۰۰-۶۸۰ میلی‌گرم در لیتر، قطر متوسط سنگ بستر ۹/۲-۱۰/۶ سانتی‌متر، شیب بستر ۱/۰-۲/۲ درصد، ارتفاع از سطح دریا ۱۶۰۰-۱۸۰۰ متر، نیترات (N) ۱/۲-۰/۲ میلی‌گرم در لیتر و فسفات کل (TP) ۲/۳-۰/۰ میلی‌گرم در لیتر است.

جدول ۵: درصد سنگ‌های بستر و شاخص بستر در هر ایستگاه

Table 5: Percentage of bedrock and bed index in each station

| Stations | Boulder | Cobble | Gravel | Sand | Bed index |
|----------|---------|--------|--------|------|-----------|
| 1 | 15% | 45% | 15% | 25% | 5.40% |
| 2 | 20% | 25% | 45% | 10% | 5.60% |
| 3 | 40% | 30% | 25% | 5% | 5.92% |
| 4 | 15% | 30% | 45% | 10% | 5.32% |
| 5 | 5% | 5% | 70% | 20% | 4.85% |
| 6 | 30% | 35% | 15% | 20% | 5.35% |
| 7 | 10% | 20% | 30% | 40% | 4.80% |
| 8 | 15% | 45% | 30% | 10% | 4.25% |
| 9 | - | 40% | 55% | 5% | 4.35% |
| 10 | - | 10% | 65% | 25% | 4.55% |
| 11 | - | 30% | 25% | 45% | 4.45% |
| 12 | - | 30% | 30% | 40% | 4.15% |





شکل ۲: نمودارهای رابطه مقادیر مطلوبیت زیستگاه و متغیرهای محیطی در رودخانه قره‌چای. در این نمودار، N و TP به ترتیب نیترات و فسفات کل را نشان می‌دهند.

Figure 2: Graphs of the relationship between the values of habitat suitability and environmental variables in Qarachai River. N and TP represent nitrate and total phosphate, respectively.

۰/۶۵ تعیین گردید. همچنین در بین متغیرهای محیطی، عرض رودخانه، قطر متوسط سنگ بستر، ارتفاع و عمق به ترتیب با داشتن مقدار نمایه‌های ۰/۸۴، ۰/۷۸، ۰/۷۸ و ۰/۷۵ بیشترین نقش را در مطلوبیت زیستگاهی ماهی سفید رودخانه‌ای در رودخانه قره‌چای نشان دادند.

در جدول ۶، طبقه‌بندی SI برای هر کدام از متغیرهای محیطی ارائه شده است. این طبقه‌بندی براساس خروجی نرم‌افزار HABSEL تهیه شده است. در جدول ۷، مقدار شاخص انتخاب (SI) برای هر یک از متغیرهای زیستگاهی ارائه شده است. با توجه به جدول، شاخص مطلوبیت زیستگاه (HSI) در کل رودخانه قره‌چای برای ماهی سفید رودخانه‌ای

جدول ۶: طبقه‌بندی متغیرهای محیطی در ایستگاه‌های مورد مطالعه بر اساس مقدار شاخص انتخاب (SI)

Table 6: Classification of environmental variables in the stations based on the selection index (SI)

| environmental variables | Classification | SI | environmental variables | Classification | SI |
|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|------|---------------------------------------|----------------|------|
| Width (m) | 0-<2 | 0.11 | Water Temperature (°C) | 12-<13 | 0.75 |
| | 2-<4 | 0.60 | | 13-<14 | 0.32 |
| | 4-<6 | 0.90 | | 14-<15 | 0.10 |
| | 6-<8 | 0.92 | | 15-<16 | 0.03 |
| pH | 7.7-<7.9 | 0.75 | Velocity (m/s) | 0.4-<0.6 | 0.09 |
| | 7.9-<8.1 | 0.43 | | 0.6-<0.8 | 0.07 |
| | 8.1-<8.3 | 0.13 | | 0.8-<1.0 | 0.10 |
| | 8.3-<8.5 | 0.09 | | 1.0-<1.2 | 0.42 |
| Depth (cm) | 15-<20 20-<25 25-<30 30-<35 35-<40 | 0.03 | EC (µS/cm /cm) | 360-<420 | 0.96 |
| | | 0.17 | | 420-<480 | 0.04 |
| | | 0.60 | | 480-<540 | 0.03 |
| | | 0.74 | | 540-<600 | 0.74 |
| | | 0.58 | | 720-<780 | 0.08 |
| TDS)mg/l(| 400-<680 680-<940 960-<1240 1240-<1520 | 0.80 | DO (mg/l) | 8.0-<8.4 | 0.70 |
| | | 0.34 | | 8.4-<8.8 | 0.45 |
| | | 0.05 | | 8.8-<9.2 | 0.51 |
| | | 0.04 | | 9.2-<9.6 | 0.31 |
| Average diameter of bedrock or A.B.D (cm) | 5.0-<6.4 6.4-<7.8 7.8-<9.2 9.2-<10.6 10.6-<12.0 | 0.41 | Height above sea level or HASL (m) | 1000-<1200 | 0.08 |
| | | 0.15 | | 1200-<1400 | 0.20 |
| | | 0.35 | | 1400-<1600 | 0.60 |
| | | 0.78 | | 1600-<1800 | 0.95 |
| | | 0.50 | | | |
| Slope (%) | 0.5-<1.4 1.4-<2.8 2.8-<4.2 4.2-<5.6 | 0.75 | Total phosphate (mg/l) | 0.0-<0.1 | 0.33 |
| | | 0.65 | | 0.1-<0.2 | 0.60 |
| | | 0.13 | | 0.2-<0.3 | 0.58 |
| | | 0.05 | | 0.3-<0.4 | 0.08 |
| Nitrate (mg/l) | 1.0-<2.2 2.2-<3.4 3.4-<4.6 4.6-<5.8 5.8-<7.0 | 0.95 | | | |
| | | 0.77 | | | |
| | | 0.34 | | | |
| | | 0.06 | | | |
| | | 0.02 | | | |

جدول ۷: مقادیر شاخص انتخاب (SI) برای هر متغیر محیطی و شاخص مطلوبیت زیستگاه (HSI) برای ماهی سفید رودخانه‌ای (S. namak) در رودخانه قره‌چای (A.B.D: قطر متوسط سنگ بستر؛ H.A.S.L: ارتفاع از سطح دریا)

Table 6: Values of selection index (SI) for each environmental variable and habitat suitability index (HSI) for Namak chub (*S. namak*) in Qarachai River (A.B.D: average bedrock diameter; H.A.S.L: height above sea level)

| Variables | Width | Depth | A.B.D | DO | Velocity | Temperature | EC | TDS | pH |
|-----------|-------|-------|-------|------|----------|-------------|------|------|------|
| SI | 0.84 | 0.75 | 0.78 | 0.76 | 0.67 | 0.64 | 0.48 | 0.53 | 0.62 |

| Variables | H.A.S.L | Slope | Phosphate | Nitrate | HSI |
|-----------|---------|-------|-----------|---------|------|
| SI | 0.78 | 0.53 | 0.50 | 0.55 | 0.65 |

۱۰ و ۱۲ از نظر کیفیت زیستگاه در وضعیت پایینی قرار داشتند. در مجموع، بررسی روند وضعیت زیستگاه از بالادست تا پایین‌دست رودخانه قره‌چای با نوسانات زیادی همراه است، با این حال، به نظر می‌رسد که وضعیت زیستگاه ماهی سفید رودخانه‌ای در مناطق بالادست رودخانه در مقایسه با مناطق پایین‌دست مطلوب‌تر است.

در جدول ۸، مقادیر نمایه مطلوبیت زیستگاه (HSI) در ایستگاه‌های مورد مطالعه ارائه شده است. بیشترین مقدار شاخص مطلوبیت زیستگاه در ایستگاه‌های ۲ و ۴ مشاهده شد. این در حالی است که پس از این ایستگاه، به ترتیب ایستگاه‌های ۱، ۷ و ۱۱ در وضعیت متوسط قرار داشتند. شایان ذکر است، در این مطالعه ایستگاه‌های ۳، ۵، ۶، ۸، ۹،

جدول ۸: مقادیر شاخص HSI در ایستگاه‌های مختلف در مسیر رودخانه قره‌چای (ST: ایستگاه)

Table 8: HSI index values at different stations along the Qarachai River (ST: Station)

| | ST-1 | ST-2 | ST-3 | ST-4 | ST-5 | ST-6 | ST-7 | ST-8 | ST-9 | ST-10 | ST-11 | ST-12 |
|-----------------|----------|------|------|------|------|------|----------|------|------|-------|----------|-------|
| HSI | 0.65 | 0.81 | 0.16 | 0.76 | 0.11 | 0.21 | 0.33 | 0.14 | 0.19 | 0.24 | 0.37 | 0.12 |
| Habitat quality | Moderate | Good | Poor | Good | Poor | Poor | Moderate | Poor | Poor | Poor | Moderate | Poor |

بحث

کردند. نتایج آنها با یافته‌های ارائه شده پیرامون مطلوبیت زیستگاهی ماهی سفید رودخانه‌ای (*S. namak*) هم‌خوانی دارد که علت آن را می‌توان به مشابهت گونه سیاه ماهی مرکزی به ماهی سفید رودخانه‌ای از نظر نیازهای زیستگاهی نسبت داد. علاوه بر این، زیستگاه‌های این دو گونه (رودخانه جاجرود و قره‌چای)، هر دو در حوضه دریاچه نمک قرار دارند و از نظر جغرافیایی فاصله اندکی با یکدیگر دارند که این امر می‌تواند منجر به مشابهت اکوسیستم‌های مورد بررسی از نظر تاثیر پارامترهای اقلیمی و محیطی شود (Wootton, 1992; Radkhah et al., 2020; Radkhah et al., 2021a).

نتایج نشان داد که ماهی سفید رودخانه‌ای، از نظر قطر متوسط سنگ بستر اغلب نواحی با قطر متوسط ۹/۲-۱۰/۶ سانتی‌متر را ترجیح می‌دهد. در مطالعه Asadi و همکاران (۲۰۱۶) زیستگاه سس ماهی (*B. cyri*) در مناطقی که اندازه متوسط سنگ بستر ۲۵-۲۰ سانتی‌متر بود، ثبت شد، این در حالی است که در تحقیق حاضر، محدوده مطلوب قطر سنگ

پژوهش حاضر به منظور ارزیابی زیستگاه ماهی سفید رودخانه‌ای (*S. namak*) در رودخانه قره‌چای انجام شده است. نتایج به دست آمده نشان داد که متغیرهای عرض، قطر متوسط سنگ بستر، ارتفاع و عمق رودخانه به ترتیب دارای بیشترین تاثیر بر نمایه مطلوبیت زیستگاه ماهی سفید رودخانه‌ای در رودخانه قره‌چای بودند.

در این تحقیق، مقدار شاخص انتخاب (SI) برای متغیر عرض رودخانه ۰/۸۴ به دست آمد. نتایج نشان داد که ماهی سفید رودخانه‌ای از نظر عرض رودخانه، در محدوده ۴-۸ متر، دارای بیشترین فراوانی بود. بر اساس نتایج، عرض رودخانه با فراوانی ماهی سفید رودخانه‌ای رابطه مستقیم داشت. به عبارت دیگر، با افزایش عرض رودخانه، فراوانی این گونه افزایش یافت. Ahmadzadeh و همکاران (۲۰۱۷) اولویت انتخاب زیستگاه را برای سیاه ماهی مرکزی (*Capoeta buhsei*) در رودخانه جاجرود، مناطقی با عرض زیاد گزارش

جریان و عمق در مقایسه با سایر پارامترها مانند عرض رودخانه و دمای آب، اهمیت بیشتری در پراکنش و فراوانی ماهیان داشتند (Radkhan et al., 2020). بر اساس نتایج، مطلوب‌ترین زیستگاه برای ماهی سفید رودخانه‌ای در رودخانه قره‌چای، نواحی از رودخانه با عمق ۳۵-۳۰ سانتی‌متر تعیین گردید، این در حالی است که Zamani و همکاران (۲۰۱۷) مطلوب‌ترین عمق را برای جویبارماهی سفیدرود (*Oxynoemacheilus bergianus*) در رودخانه طالقان ۴۰-۱۰ سانتی‌متر گزارش کردند. مقایسه نتایج مطالعه حاضر و Zamani و همکاران (۲۰۱۷) نشان می‌دهد که ماهی سفید رودخانه‌ای ساکن در رودخانه قره‌چای در مقایسه با جویبارماهی رودخانه طالقان، محدوده عمقی کوچک‌تری را برای زیست اشغال می‌کند. علت این موضوع، علاوه بر تفاوت بین گونه‌ها، می‌تواند به شرایط محیطی مختلف در رودخانه‌ها مانند میزان آب و دبی نیز مرتبط باشد (Radkhan et al., 2021b).

در تحقیق حاضر، مشاهدات میدانی نشان داد که جمعیت ماهی سفید رودخانه‌ای اغلب در نواحی برکه‌ای^۱ رودخانه قره‌چای که دارای عمق بیشتری هستند، حضور دارند. مشابه این حالت را Zamani و همکاران (۲۰۱۵) برای گونه سیاه‌ماهی (*Capoeta gracilis*) در رودخانه طالقان گزارش کرده و دامنه مطلوب عمق برای این گونه را ۵۵-۴۰ سانتی‌متر ثبت کردند. حضور ماهی سفید رودخانه‌ای در نواحی برکه‌ای رودخانه می‌تواند میزان دسترسی به مواد غذایی را برای این گونه افزایش دهد و از سوی دیگر، مکان مناسبی برای اختفا ماهیان ایجاد نماید (Light-foot and Jones, 1979). Radkhan و همکاران (۲۰۲۰) با تایید این موضوع بیان داشتند که زیستگاه‌های ماهیان را بر اساس عوامل عمق و سرعت به سه دسته ریفل^۲، کانال و ناحیه برکه‌ای^۳ تقسیم می‌نمایند. تنوع جوامع ماهی در این زیستگاه‌ها به دو متغیر مهم (عمق و سرعت جریان آب)، بستگی دارد. با توجه به این که در بخشی از نواحی رودخانه قره‌چای بستر قلوه‌سنگی و ریشه و تنه درختان نمود

بستر برای زیستگاه ماهی سفید رودخانه‌ای در مقایسه با مطالعه Asadi و همکاران (۲۰۱۶) کم‌تر بود. این یافته‌ها نشان می‌دهد که ماهی سفید در مقایسه با *B. cyri* ترجیح می‌دهد، در نواحی از بستر که قطر متوسط سنگ بستر به نسبت کوچک‌تر است، زیست نماید. حضور ماهی سفید رودخانه‌ای در این نواحی را می‌توان به امکان اختفای این گونه در بین قطعات سنگ بستر، تغذیه آن از جانوران آبی و مواد دیتریتوس و جلوگیری از شکار شدن به وسیله سایر موجودات نسبت داد. Ahmadzadeh و همکاران (۲۰۱۷) در بررسی مطلوبیت زیستگاهی سیاه‌ماهی مرکزی (*Capoeta buhsei*) در رودخانه جاجرود، بسترهای با قطر سنگ بزرگتر را به عنوان نواحی مطلوب برای زیست این گونه گزارش کردند. این نتایج با یافته‌های ارائه شده در تحقیق حاضر هم‌خوانی داشت و به گونه‌ای مشابهت رفتاری سیاه‌ماهی مرکزی و ماهی سفید رودخانه‌ای را در دو رودخانه جاجرود و قره‌چای نشان داد.

در تحقیق حاضر، ارتفاع نقش قابل‌توجهی در مطلوبیت زیستگاهی ماهی سفید رودخانه‌ای نشان داد به طوری که نمایه HSI برای این متغیر، ۰/۷۸ به دست آمد که عدد تقریباً^۱ بالایی را نشان می‌دهد. بر طبق نتایج، محدوده مطلوب ارتفاع برای ماهی سفید رودخانه‌ای در رودخانه قره‌چای، ۱۸۰۰-۱۶۰۰ متر تعیین گردید. این یافته‌ها نشان داد که با افزایش ارتفاع، مطلوبیت زیستگاهی و فراوانی ماهی سفید رودخانه‌ای افزایش می‌یابد. مشابه این حالت در مطالعه Asadi و همکاران (۲۰۱۶) که به بررسی مطلوبیت زیستگاهی باربوس در رودخانه توتکابن پرداخته بودند نیز مشاهده شد. آنها بیان داشتند که با افزایش ارتفاع، سرعت جریان آب افزایش می‌یابد و به تبع آن، بر فراوانی ماهی باربوس افزوده می‌شود. به طور کلی، این نتایج به دست آمده از مطالعه Asadi و همکاران (۲۰۱۶) با تحقیق حاضر هم‌خوانی داشت.

در بین متغیرهای محیطی، عامل عمق نقش قابل‌توجهی در مطلوبیت زیستگاه گونه مورد نظر داشت به طوری که مقدار نمایه انتخاب برای این متغیر ۰/۷۵ به دست آمد. در اکثر مطالعاتی که با هدف بررسی ویژگی‌های زیستگاهی موثر بر پراکنش و فراوانی ماهیان انجام شده است، عوامل سرعت

¹ Pool zone

² Riffle

³ Pool

مجموعه‌ای از عملکردهای اکولوژیک، فیزیولوژیک و رفتاری است (Brooks, 1997; Gillette *et al.*, 2006). الگوهای استفاده از زیستگاه ماهی می‌تواند با تغییر شرایط محیطی متفاوت باشد و تحت تأثیر الگوهای فصلی قرار گیرد. بنابراین، توصیه می‌شود که نمایه مطلوبیت زیستگاه برای ماهی سفید رودخانه‌ای طی فصول و دوره‌های مختلف مورد بررسی قرار گیرد تا اطلاعات دقیق‌تر و جامع‌تری از نیازهای زیستگاهی این گونه بوم‌زاد و ارتباط آن با شرایط محیط زیستی فراهم گردد.

منابع

- Ahmadzadeh, M., Poorbagher, H. and Eagderi, S., 2017.** Determining the habitat suitability index of *Capoeta buhsei* (Kessler, 1877) using nuclear smoothing in Jajroud River, Namak Lake Basin, Iran. *Journal of Aquaculture Sciences*, 6(9): 99-108. (In Persian)
- Armstrong, J.D., Kemp, P.S., Kennedy, G.J.A., Ladle, M. and Milner, N.J., 2003.** Habitat requirements of Atlantic salmon and brown trout in rivers and streams. *Fisheries Research*, 62: 143-170. DOI: 10.1016/S0165-7836(02)00160-1
- Asadi, H., Sattari, M. and 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.
- Bakhtiari, S., 2008.** Comprehensive Atlas of Gitaology. Institute of Geography and Cartography of Gitaology of Iran. The research and authorship unit of the Institute of Gitaology. Tehran Press, Tehran, 96 p. (In Persian)

بیشتری داشت، می‌توان اظهار نمود که در شرایط نامساعد و هنگامی که به دلیل باران‌های سیل‌خیز، حجم آب رودخانه افزایش می‌یابد، ماهیان می‌توانند از مناطق ریفل به عنوان مکانی برای زیست استفاده کنند (Radkhan and Eagderi, 2021).

در مجموع، نتایج حاصل از نمایه مطلوبیت زیستگاه (HSI) نشان داد که به طور کلی، رودخانه قره‌چای از نظر ویژگی‌های زیستگاهی، از مطلوبیت متوسطی ($HSI=0/65$) برای ماهی سفید رودخانه‌ای (*S. namak*) برخوردار است. در این تحقیق، ایستگاه‌های دوم ($HSI=0/81$) و چهارم ($HSI=0/76$) که در مناطق بالادست رودخانه قرار دارند، از مطلوبیت زیستگاهی بالاتری در مقایسه با سایر مناطق برخوردارند. با توجه به یافته‌های به‌دست آمده، فعالیت‌های انسانی که سبب تغییر در ویژگی‌های محیطی رودخانه قره‌چای به‌ویژه عرض، قطر متوسط سنگ بستر، ارتفاع و عمق رودخانه می‌شوند، می‌توانند پراکنش ماهی سفید رودخانه‌ای در این رودخانه را تحت تأثیر قرار دهند. بنابراین، از جمله مهم‌ترین اقدامات مدیریتی-حفاظتی برای حمایت از جمعیت این گونه در رودخانه قره‌چای می‌توان به جلوگیری از احداث موانع در مسیر رودخانه، استخراج شن و ماسه از بستر رودخانه و جلوگیری از ورود پساب‌های ناشی از فعالیت‌های شهرنشینی، صنعتی و کشاورزی و مزارع پرورش ماهی اشاره کرد (Poorebrahim, 2012) که این موضوع در تحقیقات انجام‌شده در حوضه رودخانه قره‌چای از جمله Shah-heydari و Mozaffari (۲۰۲۳) مطرح شده است. البته عوامل طبیعی از قبیل سیل نیز می‌توانند منجر به تغییر پارامترهای کلیدی (عرض، قطر متوسط سنگ بستر و عمق رودخانه)، در پراکنش ماهی سفید رودخانه‌ای شوند که این پدیده می‌تواند در نهایت بر مطلوبیت زیستگاهی این گونه در رودخانه قره‌چای تأثیرات منفی داشته باشد (Poorebrahim, 2012).

نکته حائز اهمیت در مطالعه حاضر این است که محدودیت‌های استفاده از دستگاه الکتروشوکر با توجه به دوره محدود نمونه‌برداری و تنوع ویژگی‌های زیستگاهی در هر ایستگاه، ممکن است بر کارایی روش نمونه‌گیری تأثیر بگذارد. نظر به این که ترجیح زیستگاهی یک گونه تحت تأثیر

- Brooks, R.P., 1997.** Improving habitat suitability index models. *Wildlife Society Bulletin*, 25(1): 163-167.
- CABI (Centre for Agriculture and Biosciences International), 2023.** Centre for Agriculture and Bioscience International. Squalius (European chub). CABI press, USA, New York. 32 P. DOI: 10.1079/cabicompndium.117313
- Coad, B.W., 2023.** Checklist of freshwater fishes of Iran. Available at: <http://www.briancoad.com/main.asp> (Accessed on 25 July 2023)
- Department of Environment, 2023.** Department of Environment in Markazi Province, 2023. Environmental Protection Organization - new main page of Markazi Province. Website address: <https://markazi.doe.ir> (Accessed on 15 July 2023). (In Persian)
- Dong, Z., Wang, Z., Liu, D., Li, L., Ren, C., Tang, X. and Liu, C., 2013.** Assessment of habitat suitability for water birds in the West Songnen Plain, China, using remote sensing and GIS. *Ecological Engineering*, 55: 94-100. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2013.02.006
- Eagderi, S., Rahimi, T., Nasri, M. and Radkhah, A.R., 2022.** Habitat suitability index of Kermanshah stone loach (*Sasanidus kermanshahensis* Bănărescu and Nalbant, 1966) in Dinor River, a tributary of Gamasiab River. *Journal of Fisheries (Iranian Journal of Natural Resources)*, 74(4): 497-510. (In Persian)
- Esmaeili, H.R., Sayyadzadeh, G., Eagderi, S. and Abbasi, K., 2018.** Checklist of freshwater fishes of Iran. *FishTaxa*, 3: 1-95. DOI: 10.1016/FishTaxa.2018.03.015
- Froese, R. and Pauly, D., 2023.** FishBase. World Wide Web electronic publication. Available at: www.fishbase.org (Accessed on 25 July 2023)
- Gillette, D., Tiemann, J., Edds, D. and Wildhaber, M., 2006.** Habitat use by a Midwestern USA riverine fish assemblage: effects of season, water temperature and river discharge. *Journal of Fish Biology*, 68: 14941512. DOI: 10.1111/j.0022-1112.2006.001037.x
- Guay, J., Boisclair, D., Rioux, D., Leclerc, M., Lapointe, M. and 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. DOI: 10.1139/cjfas-57-10-2065
- Hackradt, C.W., Félix-Hackradt, F.C. and García-Charton, J.A., 2011.** Influence of habitat structure on fish assemblage of an artificial reef in southern Brazil. *Marine Environmental Research*, 72(5): 235-247. DOI:10.1016/j.marenvres.2011.09.006
- Jowett, I.G. and 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. DOI:10.1080/00288330.1990.9516399
- Jowett, I.G., Parkyn, S.M. and Richardson, J., 2007.** Habitat characteristics of crayfish (*Paranephoves planifrons*) in New Zealand

- streams using generalized additive models (GAMs). *Hydrobiologia*, 596(1):353-365. DOI: 10.1007/s10750-007-9108-z
- Jowett, I.G., Hayes, J.W. and Duncan, M.J., 2008.** A guide to instream habitat survey methods and analysis. Wellington: NIWA, 121 p.
- Khaefi, R., Esmaceli, H.R., Sayyadzadeh, G., Geiger, M.F. and Freyhof, J., 2016.** *Squalius namak*, a new chub from Lake Namak basin in Iran (Teleostei: Cyprinidae). *Zootaxa*, 4169(1): 145-159. DOI: 10.11646/zootaxa.4169.1.7
- Li, F., Cai, O., Fu, X. and Liu, J., 2009.** Construction of habitat suitability models (HSMs) for benthic macro invertebrate and their applications to in-stream environmental flows: A case study in Xiangxi River of Three Gorges Reservoir region, China. *Progress in Natural Science*, 19: 359-367. DOI: 10.1016/j.pnsc.2008.07.011
- Light-foot, G.W. and Jones, N.V. 1979.** The relationship between the size of 0 group roach (*Rutilus rutilus* (L.)), their swimming capabilities and distribution in a river. In Proceedings of the First British Freshwater Conference, University of Liver pool, pp. 230-236.
- Lotfi, A., 2012.** Guideline on rapid assessment of environmental features of rivers. Environment Protection Department of Iran Publication. 120 p. (In Persian)
- Mack, E.L., Firbank, L.G., Bellamy, P.E., Hinsley, S.A. and Veitch, N., 1997.** The comparison of remotely sensed and ground-based habitat area data using species-area models. *Journal of Applied Ecology*, 34: 1222-1228. DOI: 10.2307/2405233
- Mahdavi, M., 2011.** Applied Hydrology. Tehran: University of Tehran publication (2nd ed.). 342 p. (In Persian)
- Pishkhpour, Z., Poorbagher, H. and 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. and 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, USA. 70 p.
- Poorebrahim, Sh., 2012.** Evaluation of the water quality of Qara Chai River in Markazi Province based on biological indicators and identification of polluting sources. Research Project. Central Regional Water Joint Stock Company. *Water Engineering and Hydrology*. 110 p. (In Persian)
- Pourmoghdam, M.N., Poorbagher, H., Eagderi, S. and Rezaei Tavabe, K., 2019.** Assessment of habitat suitability index of Capoeta species in the Caspian Sea and NamakLake basins, Iran. *International Journal of Aquatic Biology*, 7(3): 146-154. DOI: 10.22034/ijab.v7i3.622
- Radkhah, A.R., 2017.** Introduction to some species of *Argulus* (Crustacea: Branchiura),

- parasitic infections in the freshwater fishes. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*, 21(7): 1268-1271. DOI: 10.4314/jasem.v21i7.7.
- Radkhah, A.R., Eagderi, S., Poorbagher, H. and 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. and Nahavandi, R., 2021a.** A 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. and Poorbagher, H., 2021b.** A study on the abundance and biodiversity indicators of fish in Dinor River, Kermanshah Province. *Iranian Scientific Fisheries Journal*, 30(3): 165-173. (In Persian)
- Radkhah, A.R., Eagderi, S. and Poorbagher, H., 2021c.** Assessment of habitat suitability of *Oxydemacheilus kiabii* (Golzarianpour, Abdoli & Freyhof, 2011) in the Dinor River, Kermanshah province, Iran. *Journal of Natural Environment*, 74(3): 420-434. (In Persian)
- Radkhah, A.R., Eagderi, S., 2021.** A brief review of the geographic ranges and ecological effects of three major invasive cyprinid species in Iran. *Journal of Fisheries*, 9(3): 1-10. DOI: 10.17017/j.fish.305
- Radkhah, A.R., Eagderi, S., 2022.** Prevalence of fish lice, Argulus (Crustacea: Branchiura) in freshwater and two ornamental fishes of Iran. *Journal of Fisheries*, 10(3): 1-12. DOI: 10.17017/j.fish.383
- Sadeghinejad Masouleh, E. and Radkhah, A.R., 2020.** Study on growth characteristics and age structure of Mesopotamian chub (*Squalius berak* Heckel, 1843) in the Kashkan River, Lorestan province. *Journal of Aquatic Ecology*, 10(3): 61-72. (In Persian)
- Shah-heydari, R. and Mozaffari, J., 2023.** Investigation of sand mining potential from the Qarechai river bed. *Environmental Erosion Research Journal*, 13(2): 161-176. (In Persian)
- Tabatabaei, N., 2013.** Investigation of large-scale environmental factors affecting the distribution of *Oxydemacheilus bergianus* in Kordan river. Master Thesis in Fisheries Engineering, Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj.
- Tabatabaei, N., Eagderi, S., Hashemzadeh Sagharloo, I. and Zamani, M., 2015.** Analysis habitat range of Safidrud stone loach (*Oxydemacheilus bergianus*) in Kordan River (Namak Basin, Alborz Province), in autumn. *Journal of Animal Research*, 28: 361-370.
- Teresa, F.B. and 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. DOI:
10.1590/S1679-62252013005000009

Thurrow, 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): 1-7.

Vinagre, C., Fonseca, V., Cabral, H. and Costa, M.J., 2006. Habitat suitability index models for the juvenile soles, *Solea solea* and *Solea senegalensis*, in the Tagus estuary: Defining variables for species management. *Fisheries Research*, 82:140-149. DOI:
10.1016/j.fishres.2006.07.011

Wootton, R.J., 1992. Fish Ecology (Tertiary Level Biology). Springer, USA. 212 p.

Zamani, M., Eagderi, S. and Zarei N. 2015. Determination of habitat suitability index of *Capoeta gracilis*, Keyserling 1861 from Taleghan River. *Journal of Fisheries (Iranian Journal of Natural Resources)*, 68(3): 409-419. (In Persian)

Zamani, M., Poorbagher, H. and Eagderi, S., 2017. Habitat suitability index of Sefidrud hillstream loach (*Oxynoemacheilus bergianus*) in Taleghan River (Sefidrud River basin: Alborze province). *Journal of Natural Environmental*, 69(3): 1017-1025. (In Persian)

Study of habitat suitability of Namak chub (*Squalius namak*) in Qarachai River from Namak Lake basin

Radkhah A.R.¹; Eagderi S.^{1*}; Poorbagher H.¹

*soheil.eagderi@ut.ac.ir

1-Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

Abstract

The aim of this study was to investigate the habitat suitability of Namak chub (*Squalius namak*) in the Qarachai River from the Namak Lake basin. For this purpose, 12 stations along the Qarachai River were sampled in May 2021 using an electrofishing device. In addition to recording the abundance of fish, 13 physicochemical parameters were measured in each of the studied stations. Habitat suitability index was evaluated according to the relationship between environmental variables and fish abundance. According to the results, the most desirable habitat for *S. namak* in Qarachai River are areas with river width of 6-8 m, river depth of 30-35 cm, water flow velocity of 1.2-1.4 m/s, water temperature of 12-13 °C, EC values of 420-360 µS/cm, pH values of 7.70-7.90, DO values of 8.0-8.4 mg/l, TDS values of 400-680 mg/l, bedrock average diameter of 9.2-10.6 cm, slope 0.5-1.4%, Height above sea level 1600-1800 m, nitrate 1.0-202 mg/l and total phosphate was 0.2-0.3 mg/l. In the present study, the value of the habitat suitability index (HSI) for *S. namak* was determined to be 0.65. Meanwhile, the second station (HSI=0.81) and the fourth station (HSI=0.76) had high habitat suitability. In general, the results showed that Qarachai River has a moderate suitability for Namak chub in terms of habitat characteristics. According to the findings, human activities that cause changes in the environmental characteristics of the Qarachai River, especially the width, average diameter of bedrock, height, and depth of the river, can affect the distribution of Namak chub in this water ecosystem. Hence, one of the most important management and protection measures to protect the population of this species in the Qarachai River is to prevent the construction of barriers and dams along the river and exploit sand from the river bed. In addition, preventing the entry of urban-industrial-agricultural sewage as well as aquaculture effluents into this river will have a significant effect on improving the ecological conditions of fish, including Namak chub.

Keywords: *Squalius namak*, River depth, River width, Flow velocity, Nitrate

*Corresponding author