

استفاده از روش هموارسازی هسته‌ای در بررسی ترجیح زیستگاهی *Capoeta damascina* (Valenciennes, 1842) سیاه‌ماهی بین‌النهرین در رودخانه سیروان

عطا مولودی صالح، سهیل ایگدری*، هادی پورباقر

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

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۶/۲۰

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۵/۱۹

چکیده

این مطالعه به منظور بررسی ترجیح زیستگاهی سیاه‌ماهی بین‌النهرین، *Capoeta damascina* در رودخانه سیروان با استفاده از روش هموارسازی هسته‌ای به اجرا درآمد. بدین منظور، در آبان‌ماه سال ۱۴۰۰ نمونه‌برداری از هشت ایستگاه هر کدام با ۳ تکرار با استفاده از دستگاه الکتروشوک صورت گرفت. در مجموع ۱۳۵ نمونه صید، شناسایی و رهاسازی شدند. تعداد ده فاکتور زیستگاهی از جمله pH، دما، کل مواد جامد محلول، هدایت الکتریکی، ارتفاع از سطح دریا، عمق رودخانه، عرض، سرعت جریان، شیب و اکسیژن محلول اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که بیشترین ترجیح زیستگاهی گونه مورد مطالعه در رودخانه سیروان در زیستگاه‌هایی است که دارای pH تقریباً ۶، دما ۹ درجه سانتی‌گراد، کل مواد جامد محلول ۲۰۰، هدایت الکتریکی ۳۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر، ارتفاع از سطح دریا ۱۱۳۰ متر، عمق ۵۰ سانتی‌متر، عرض ۹ متر، سرعت جریان ۰/۸ متر بر ثانیه، شیب ۲ درصد و اکسیژن ۹ میلی گرم بر لیتر می‌باشند. مقادیر SI مربوط به دو فاکتور ارتفاع از سطح دریا (۰/۹۲) و اکسیژن (۰/۷۹) بیشترین مقادیر را داشتند. نتایج نشان داد که رودخانه سیروان با مقدار شاخص مطلوبیت ۰/۶۹ زیستگاه مناسبی برای گونه سیاه‌ماهی بین‌النهرین است.

کلید واژگان: سیاه‌ماهی بین‌النهرین، هموارسازی هسته‌ای، ترجیح زیستگاهی، بوم‌شناختی

مقدمه

در بحث مدیریت منابع آبی، موضوع تعیین نیازهای بوم‌شناختی آبریان یک مؤلفه اصلی بوده و مدل‌های هیدرولیکی و زیستگاهی نیز ابزار مناسب جهت تحلیل آن عنوان شده است (Zhao et al., 2017; Boets et al., 2018; Naderi et al., 2019, 2021). ویژگی‌های هیدرولوژیکی و ریختی اکوسیستم‌های رودخانه‌ای عوامل مؤثر در تنوع زیستگاه، حفظ تعادل فرآیندهای بوم‌شناختی، فراوانی و تنوع ماهیان و سایر موجودات آبری می‌باشند (Koutrakis et al., 2019; De-Miguel-Gallo et al., 2019). در این راستا، مدل‌سازی و تحلیل ارتباط بین فاکتورهای زیستگاهی و آبریان در مقیاس‌های مکانی مختلف به منظور درک بهتر شرایط هیدرولوژیکی-هیدرولیکی و پویایی بوم‌شناختی توسعه یافته است (Hajiesmaeili et al., 2018). در این روش‌ها، تعیین نیاز محیطی برای حفظ شرایط پایدار اکوسیستم با ایجاد رابطه بین خواص هیدرولیکی جریان و ویژگی‌های بوم‌شناختی گونه‌های هدف تعیین می‌گردد (Hajiesmaeili et al., 2018). همچنین برای مدل‌سازی توزیع فرآیندهای زیستی از تولید جلبک تا پراکنش ماهی مناسب می‌باشد (Statzner et al., 1988; Jowett, 1997).

انتخاب زیستگاه توسط یک گونه عبارت است از بخشی از زیستگاه که حضور گونه نسبت به سایر بخش‌ها بیشتر بوده و به نحوی از لحاظ فاکتورهای زیستگاهی دارای حالت متوسط تا ایده‌آل جهت پراکنش و حضور گونه مورد نظر باشد (Rosenfeld, 2003). مطالعات مختلف مهمترین فاکتورهای مؤثر در پراکنش یا حضور گونه‌های آبری را عرض رودخانه، نوع بستر، سرعت جریان، شیب رودخانه، پوشش گیاهی و ارتفاع از سطح دریا عنوان کرده‌اند و با استفاده از این فاکتورها به ارزیابی مطلوبیت زیستگاه گونه‌های مختلف ماهیان آب شیرین پرداخته‌اند. به عنوان مثال Eagderi و همکاران (۲۰۲۱)، در مطالعه بررسی ویژگی‌های زیستگاهی قزل‌آلای خال‌قرمز (*Salmo trutta*)

در سرشاخه‌های رودخانه طالقان گزارش کردند که مطلوب‌ترین دما در دامنه ۱۲-۱۰/۵ درجه سانتی‌گراد، مطلوب‌ترین عمق در دامنه ۳۰-۲۰ سانتی‌متر، مطلوب‌ترین عرض در دامنه ۳/۰-۲/۵ متر، مطلوب‌ترین شیب در دامنه ۱/۹-۱/۶، مطلوب‌ترین سرعت در دامنه ۰/۶۲-۰/۴۱ متر بر ثانیه، مطلوب‌ترین ارتفاع در دامنه ۳۰۰۰-۲۲۵۰ متر، مطلوب‌ترین قطر سنگ بستر در دامنه ۲۰-۱۱ سانتی‌متر و مطلوب‌ترین عرض ناحیه ساحلی ۳/۶-۱/۸ متر به دست آمد. در مطالعه مشابه دیگر روی گونه سیاه‌ماهی شجریانی (*Capoeta shajariani*) در رودخانه دینورآب حوضه رودخانه کرخه نیز بیان شد که بیشترین مقدار مطلوبیت در ایستگاه شماره ۱ (از شش ایستگاه مورد بررسی) با میانگین عمق ۲۵/۵۴ سانتی‌متر، عرض رودخانه ۳/۸۶ متر، عرض ناحیه پتامل ۵/۱۶ متر، دما ۱۹/۱ درجه سانتی‌گراد، کل مواد جامد ۵۷۹، EC ۲۸۹ میکروموس بر سانتی‌متر، pH ۷/۴۷، سرعت جریان ۰/۳ متر بر ثانیه و قطر سنگ بستر ۵ سانتی‌متر مشاهده شد (Mouludi-Saleh et al., 2022a).

فون ماهیان آب شیرین ایران بر اساس مطالعات صورت گرفته، ۲۹۲ گونه پراکنده در ۱۹ حوضه آبریز داخلی عنوان شده است (Eagderi et al., 2022) که از این تعداد سهم رودخانه سیروان ۳۲ گونه می‌باشد (Mouludi-Saleh et al., 2022b). جنس سیاه‌ماهی (*Capoeta*) با سه گونه *C. damascina* (سیاه‌ماهی بین‌النهرین)، *C. trutta* (سیاه‌ماهی باله بلند) و *C. umbla* (سیاه‌ماهی تیگره) در رودخانه سیروان گزارش شده است (Mouludi-Saleh et al., 2022b). با توجه به اهمیت رودخانه سیروان به عنوان یک اکوسیستم با غنای گونه‌ای بالا، بررسی همه‌جانبه ماهیان و ترجیحات زیستگاهی آن‌ها و فقدان بررسی جامع روی گونه‌های جنس سیاه‌ماهی در این رودخانه، این مطالعه، به منظور بررسی ترجیح زیستگاهی گونه *C. damascina* با انتخاب فصل پاییز به عنوان فصل استاندارد مطالعه ترجیح زیستگاهی ماهیان رودخانه‌ای، به اجرا درآمد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی ترجیح زیستگاهی گونه *C. damascina* در آبان‌ماه ۱۴۰۰، نمونه‌برداری در ۸ ایستگاه هر کدام با سه تکرار و در مجموع ۲۴ ایستگاه با استفاده از دستگاه الکتروشوکر با شدت جریان کم و در جهت خلاف جریان از پایین دست به سمت بالادست انجام شد (جدول ۱) (Mouludi-Saleh et al., 2022a). به‌منظور دقت در فرآیند نمونه‌برداری و شمارش ماهیان جمع‌آوری شده یک تور ساچوک پشتیبان نیز استفاده شد. زیستگاه‌ها انتخاب شده کمتر تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی واقع شده و همپوشانی بین آن‌ها کم بود. شناسایی نمونه‌ها با استفاده از کلید معتبر شناسایی Esmaili و همکاران (۲۰۱۸) انجام و پس از اطمینان از بازیابی شنای فعال ماهیان در محل صید رهاسازی شدند (شکل ۱). همزمان با نمونه‌برداری فاکتورهای محیطی شامل عمق، سرعت جریان، عرض رودخانه، pH، دما، هدایت الکتریکی (EC)، کل مواد جامد محلول (TDS)، ارتفاع از سطح دریا، شیب و اکسیژن محلول اندازه‌گیری و ثبت شدند. همچنین در هر ایستگاه به تفکیک، تعداد نمونه‌ها شمارش شدند. عمق آب با استفاده از متر میله‌ای در هر ایستگاه با سه تکرار در عرض رودخانه اندازه‌گیری و میانگین عددی آن به‌عنوان عمق آب در ایستگاه در نظر گرفته شد. بر اساس Hasanli (۱۹۹۹)، سرعت جریان آب نیز با استفاده از روش جسم شناور در هر ایستگاه با سه بار تکرار اندازه‌گیری و میانگین آن‌ها به‌عنوان سرعت جریان آب در نظر گرفته شد. با استفاده از متر نواری عرض رودخانه نیز در قسمت‌های پایین، میانه و بالادست هر ایستگاه نمونه‌برداری اندازه‌گیری و میانگین آن‌ها به‌عنوان عرض رودخانه محاسبه شد. فاکتورهای دما، pH، هدایت الکتریکی (EC) و مواد جامد محلول کل (TDS) با استفاده از دستگاه (WTW) اندازه‌گیری شدند. با استفاده از کیت‌های شرکت واهب براساس روش وینکلر نیز اکسیژن محلول در هر ایستگاه ثبت شد. **مطلوبیت زیستگاه:** به‌منظور ترسیم رابطه بین هر متغیر

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

داده‌های هر متغیر مستقل در معادله محاسبه شده برای مقادیر پیش‌بینی شده به‌وسیله هموارسازی هسته‌ای قرار داده شد. با وجود مقادیر هر متغیر مستقل، مقادیر پیش‌بینی شده برای آن متغیر مستقل و با استفاده از رابطه ۱ خطای جذر میانگین مربعات (RMSE) محاسبه گردید:

$$RMSE = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \hat{x}_i)^2}{n}} \quad \text{رابطه ۱}$$

که در آن n = تعداد متغیرهای مستقل و x_i = متغیرهای مستقل می‌باشد. برای محاسبه شاخص مطلوبیت زیستگاه (Habitat Suitability Index)، میانگین‌های حسابی، هندسی، کمینه و بیشینه SI برای هر متغیر مستقل مورد بررسی در هر ایستگاه نمونه‌برداری محاسبه گردید. رابطه بین این مقادیر و تعداد ماهی در هر ایستگاه با رگرسیون

جدول ۱- مختصات جغرافیایی نقاط نمونه‌برداری شده در طول مسیر رودخانه سیروان

ایستگاه	مختصات جغرافیایی
۱- پایین‌تر از پل ماسیدر	۳۵°۳۵'۰۳"N ۴۶°۱۸'۵۳/۷۱"E
۲- مسیر روستای گماره‌لنگ	۳۵°۳۴'۲۹"N ۴۶°۱۸'۲۸/۵"E
۳- بالاتر از پل گاران	۳۵°۳۲'۰۸/۳۵"N ۴۶°۱۸'۲۳/۷۷"E
۴- پایین‌تر از روستای چور و ننه	۳۵°۳۴'۱۳/۹"N ۴۶°۱۷'۱۵/۳۶"E
۵- روستای قلعه‌جی	۳۵°۲۱'۱۳/۲۵"N ۴۶°۱۶'۵۲/۶۹"E
۶- پایین‌تر از قلعه‌جی	۳۵°۲۰'۳۹/۸۶"N ۴۶°۱۷'۳۲/۶"E
۷- روستای رزاب	۳۵°۱۵'۵۶/۸۹"N ۴۶°۲۴'۴۵/۶۴"E
۸- پایین‌تر از سد گاوشان (مسیر سندیج- کامیاران)	۳۴°۵۹'۱۹"N ۴۶°۵۸'۱۱"E



شکل ۱- نمایی جانبی از سیاه ماهی بین‌النهرین رودخانه سیروان

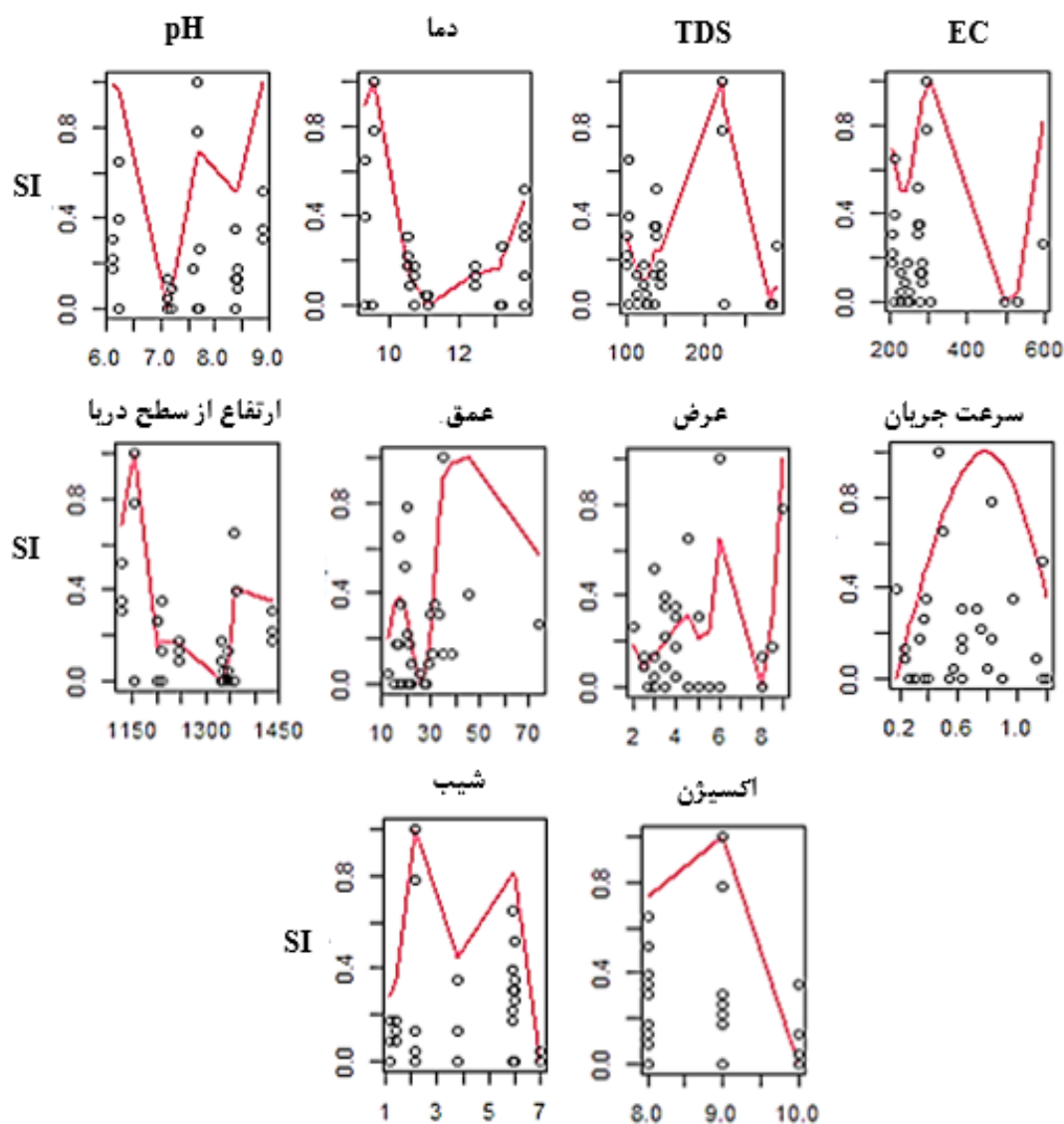
بر سانتی‌متر، ارتفاع از سطح دریا ۱۱۵۰ متر، عمق ۵۰-۴۰ سانتی‌متر، عرض رودخانه ۱۰ متر، سرعت جریان ۰/۶-۰/۸ متر بر ثانیه، شیب با نوسان ابتدا بیشترین مقدار در دامنه ۳-۱ درصد سپس کاهش و دوباره در دامنه ۶-۵ درصد افزایش و در نهایت برای فاکتور اکسیژن محلول بیشترین مطلوبیت در ۹ میلی‌گرم بر لیتر برآورد شد (شکل ۲).

مقادیر معیار اطلاعاتی آکائیکه بر اساس چهار روش میانگین‌های حسابی، هندسی، روش حداقل و حداکثر برای گونه سیاه‌ماهی بین‌النهرین مورد مطالعه در رودخانه سیروان در جدول ۲ ارائه شده است. بر اساس نتایج، هر کدام که مقادیر کمتری داشته باشد بهترین روش برای بیان مطلوبیت زیستگاه است که روش میانگین حداقل (۶۴/۳۲۲-) نسبت به سه روش دیگر مناسب‌تر برآورد شد. مقادیر مربوط شاخص مطلوبیت زیستگاه در هر چهار روش میانگین هندسی، حسابی، حداقل و حداکثر به تفکیک هر زیستگاه (هر تکرار) در جدول ۳ ارائه شده است. بر اساس

خطی محاسبه و مقدار معیار اطلاعاتی آکائیکه (Akaike Information Criterion) برآورد گردید و به‌عنوان شاخص مطلوبیت هر ایستگاه منظور شد. همچنین به‌منظور بیان مطلوبیت هر فاکتور محیطی در کل ایستگاه‌های مورد مطالعه از نرم‌افزار HABSEL استفاده شد. تمام آنالیزهای آماری در بستر نرم‌افزار R نسخه ۲/۷، HABSEL نسخه ۱/۰ و Excel نسخه ۲۰۱۶ صورت گرفت.

نتایج

تحلیل مطلوبیت زیستگاه سیاه‌ماهی بین‌النهرین در رودخانه سیروان در فصل پاییز نشان داد که مطلوب‌ترین دامنه هر یک از فاکتورهای زیستگاهی به‌شرح زیر می‌باشد: فاکتور pH دارای دو نقطه اوج بود به‌طوری که در اوج اول (۶-۶/۵) بیشتر سپس با شیب زیاد کاهش و در دامنه ۹-۸/۵ افزایش یافت. بیشترین فاکتور دما در دامنه ۹-۸ درجه سانتی‌گراد، بیشترین مقدار TDS در حدود ۲۰۰، EC در ۳۰۰ میکروموس



شکل ۲- نمودار HSI مربوط به فاکتورهای محیطی مورد بررسی گونه *Capoeta damascina* در رودخانه سیروان

جدول ۲- مقادیر معیار اطلاعاتی آکائیکه مربوط به محاسبه HSI گونه *Capoeta damascina* در رودخانه سیروان

شاخص آکائیکه			
روشن‌تر	روشن‌تر	میانگین	میانگین
حداکثر	حداقل	هندسی	حسابی
-۳۵/۰۳۶	-۶۴/۳۲۲	-۲۶/۳۲۲	-۲۹/۴۷۴

بیشترین مطلوبیت بستر برای گونه مورد مطالعه بسترهای قله‌سنگی بزرگ و پوشش حاشیه‌ای بوته‌ای و بیدی بود. نتایج نشان داد که رودخانه سیروان با مقدار شاخص مطلوبیت زیستگاه (مربوط به کل فاکتورهای مورد بررسی) ۰/۶۹ به دست آمد که بیان‌کننده مناسب بودن رودخانه سیروان برای زیست این گونه می‌باشد (جدول ۴).

نتایج، روش HSI حداکثر بهتر توانست مطلوبیت زیستگاه را در هر ایستگاه نشان دهد. مقادیر شاخص مطلوبیت زیستگاه برای یک از فاکتورهای محیطی گونه *C. damascina* در جدول ۴ ارائه شده است که بیشترین SI مربوط به ارتفاع از سطح دریا (۰/۹۲) و کمترین مقدار مربوط به فاکتور سرعت جریان (۰/۵۹) بود. همچنین بر اساس مطالعات میدانی

جدول ۳- مقادیر HSI محاسبه شده با ۴ روش میانگین‌های حسابی، هندسی، مینیمم و ماکزیمم ماهی *Capoeta damascina* در رودخانه سیروان

Stations	HSI (میانگین حسابی)	HSI (میانگین هندسی)	HSI (روش حداقل)	HSI (روش حداکثر)
T1-1	۰/۳۳۳	NA	۰/۰۰۰	۰/۷۳۷
T1-2	۰/۲۲۲	NA	۰/۰۰۰	۰/۷۳۷
T1-3	۰/۳۰۸	NA	۰/۰۰۰	۰/۷۳۷
T2-1	۰/۸۹۱	۰/۸۴۶	۰/۳۰۱	۱/۰۰
T2-2	۰/۸۸۴	۰/۸۷	۰/۶۴۶	۱/۰۰
T2-3	۰/۷۵۶	NA	۰/۰۰۰	۱/۰۰
T3-1	۰/۴	NA	۰/۰۰۰	۰/۸۳۷
T3-2	۰/۳۹	NA	۰/۰۰۰	۰/۸۳۷
T3-3	۰/۳۷۸	NA	۰/۰۰۰	۰/۹۷۱
T4-1	۰/۵۹۱	۰/۵۰۳	۰/۱۶۵	۱/۰۰
T4-2	۰/۵۸	۰/۴۷۳	۰/۱۶۵	۱/۰۰
T4-3	۰/۶۲۲	۰/۵۲۹	۰/۱۶۵	۱/۰۰
T6-1	۰/۶۰۳	۰/۵۰۲	۰/۱۰۳	۰/۹۶۳
T6-2	۰/۶۱	۰/۵۵۶	۰/۲۷۳	۰/۹۶۳
T6-3	۰/۵۹۱	NA	۰/۰۰۰	۱/۰۰
T7-1	۰/۳۹۸	۰/۳۲۲	۰/۱۴	۰/۹۱۱
T7-2	۰/۴۵۹	۰/۳۷	۰/۱۴	۰/۹۹۳
T7-3	۰/۴۹۶	۰/۳۷	۰/۰۸۴	۰/۹۱۱
T8-1	۰/۲۸۷	NA	۰/۰۰۰	۱/۰۰
T8-2	۰/۲۷۳	NA	۰/۰۰۰	۱/۰۰
T8-3	۰/۲۴۷	NA	۰/۰۰۰	۱/۰۰
T9-1	۰/۵۶۳	۰/۴۸۶	۰/۱۴۲	۱/۰۰
T9-2	۰/۶۱۴	۰/۵۴۳	۰/۱۹۸	۱/۰۰
T9-3	۰/۶۱۴	۰/۵۲۸	۰/۲۰۷	۱/۰۰
T10-1	۰/۱۴۱	NA	۰/۰۰۰	۰/۵۵۷
T10-2	۰/۱۷۷	NA	۰/۰۰۰	۰/۵۵۷
T10-3	۰/۲۱۴	NA	۰/۰۰۰	۱/۰۰
T11-1	۰/۳۳۴	NA	۰/۰۰۰	۱/۰۰
T11-2	۰/۳۷۶	۰/۲۴۱	۰/۰۴۳	۱/۰۰
T11-3	۰/۴۹۷	۰/۳۷۷	۰/۰۸۴	۱/۰۰

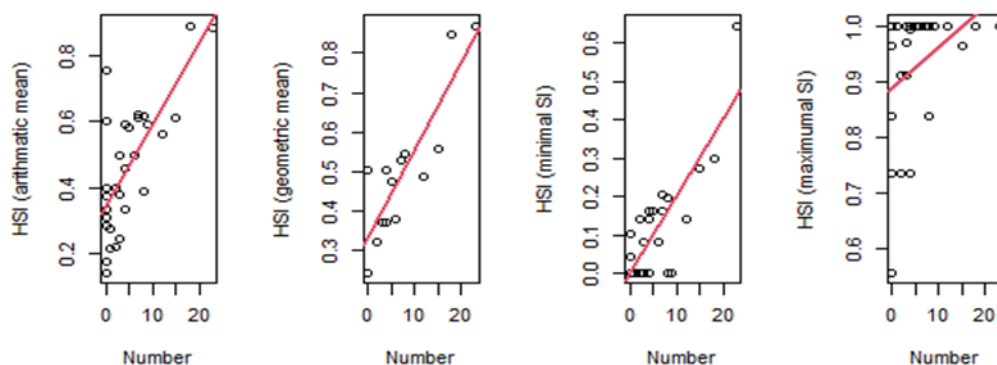
NA: وجود مقادیر صفر در میزان مطلوبیت برخی ایستگاه‌ها

جدول ۴- مقادیر شاخص مطلوبیت برای هر فاکتور و شاخص مطلوبیت کل (HSI) رودخانه سیروان برای گونه *Capoeta damascina* در فصل پاییز

HSI	اکسیژن	شیب	سرعت جریان	عرض رودخانه	عمق	ارتفاع از سطح دریا	هدایت الکتریکی	کل مواد محلول (TDS)	دما	pH	SI (پایین)
۰/۶۹	۰/۷۹	۰/۶۳	۰/۵۹	۰/۶۹	۰/۶۲	۰/۹۲	۰/۶۲	۰/۷	۰/۷۷	۰/۶۷	

محدوده خط رگرسیون نشان داده و بهتر از دو روش دیگر رابطه بین مطلوبیت زیستگاه و تعداد ماهی را نشان می‌دهد.

شکل ۳، رابطه بین تعداد ماهی و شاخص مطلوبیت زیستگاه بر اساس چهار روش حسابی، هندسی، حداقل و بیشینه را نشان می‌دهد. بر اساس نتایج، روش میانگین حسابی و حداقل براساس رگرسیون خطی، نقاط اصلی را در



شکل ۳- رابطه بین تعداد ماهی و شاخص مطلوبیت زیستگاه در گونه *Capoeta damascina* مورد مطالعه در رودخانه سیروان

بحث و نتیجه‌گیری

رودخانه‌ها با توجه به فراهم کردن پناهگاه و فرصت‌های تغذیه برای طیف گسترده‌ای از موجودات آبی زیستگاه‌های مهمی هستند (Gebrekiros, 2016) از این رو در برنامه‌های حفاظتی، بررسی شاخص مطلوبیت زیستگاه به‌عنوان ابزار مناسب در پیش‌بینی ویژگی‌های زیستگاهی یک گونه حائز اهمیت است. این مطالعه، به‌منظور بررسی ترجیح زیستگاهی گونه سیاه‌ماهی بین‌النهرین در رودخانه سیروان با استفاده از روش هموارسازی هسته‌ای به اجرا درآمد. نتایج نشان داد که با افزایش فاکتورهای دما (یک اوج، سپس کاهش و در نهایت افزایش خیلی کم)، EC، ارتفاع از سطح دریا و اکسیژن شاخص مطلوبیت زیستگاه کاهش می‌یابد. بر اساس نتایج، ترجیح زیستگاهی گونه مورد مطالعه فاکتورهای TDS، سرعت جریان و اکسیژن در آستانه متوسط می‌باشد. Asadi و همکاران (۲۰۱۴) در مطالعه عوامل تعیین‌کننده در انتخاب‌پذیری و ترجیح زیستگاه *Capoeta razzii* در رودخانه سیاهرود، ترجیح این گونه را در محدوده عمق‌های ۱۷ تا ۳۸ سانتی‌متر با کاهش حضور در عمق‌های زیاد و خیلی کم گزارش کردند و بیان داشتند که محدوده زیادی از سرعت آب بین ۰/۴۴ تا ۰/۵۶ متر بر ثانیه را انتخاب کرده و بیشتر بستر سنگلاخی را برای زیستن ترجیح می‌دهد. همچنین در مطالعه ترجیح زیستگاهی *C. razzii* رودخانه طالقان نتایج نشان داد که این گونه با انتخاب فاکتور دما در دامنه ۱۸-۱۵ درجه سانتی‌گراد، عمق ۵۰-۳۵

سانتی‌متر، سرعت آب ۰/۱۲-۰/۰۶ متر بر ثانیه، عرض رودخانه ۲۵/۰-۵/۲۲ متر با انتخاب عرض کمتر از یک متر و بستر یا قطر سنگ ۶-۶۰ سانتی‌متر با انتخاب بستر با قطر سنگ ۱۸-۴۲ سانتی‌متر زیست می‌کند (Zarei et al., 2014). Dolatpour و همکاران (۲۰۱۶)، در بررسی شاخص مطلوبیت زیستگاه *C. buhsei* بیان کردند که مطلوبیت زیستگاه این گونه بر اساس فاکتورهای سرعت جریان (۰/۶)، عمق (۱۳-۱۸ سانتی‌متر)، pH (۶/۹۸-۷/۱۷)، TDS (۳۳ درجه سانتی‌گراد)، عرض (۷/۷۲-۵/۵۲)، دما (۲۳ درجه سانتی‌گراد)، EC (۵۸۳) و Ahmdzadeh و همکاران (۲۰۱۹)، در بررسی ترجیح زیستگاهی سیاه‌ماهی مرکزی، *C. Buhsei* در رودخانه جاجرود بر اساس روش هموارسازی هسته‌ای نشان دادند که ترجیح زیستگاهی گونه مناطقی با سرعت بالای آب، با عمق و عرض زیاد، دمای پایین‌تر و بستر با قطر سنگ بستر بزرگتر بود.

در مطالعه حاضر نیز ترجیح زیستگاهی گونه سیاه‌ماهی بین‌النهرین نواحی با سرعت جریان بالا، عمق و عرض زیاد رودخانه با دمای پایین بود. مطالعات نشان داده‌اند که افزایش سرعت جریان میزان اکسیژن محلول را تا حد زیادی بالا می‌برد. از آنجا که ترجیح زیستگاهی گونه *C. damascina* در رودخانه سیروان بر اساس فاکتورهای اکسیژن محلول در محدوده ۹ میلی‌گرم بر لیتر (مقدار بالا) بود که این نیاز اکسیژنی تقریباً بالا بوده و افزایش سرعت جریان ممکن است این نیاز اکسیژنی را فراهم نماید. مطالعات تأیید کرده‌اند

C. damascina گزارش شده بودند، یا اشتباه بوده و یا این که به عنوان گونه‌های جدید توصیف شده‌اند (Esmaeili et al., 2016; Zareian and Esmaeili, 2017). با توجه به پراکنش وسیع این گونه در ترکیه، ایران، عراق و سوریه، جمعیت رودخانه سیروان توانسته‌اند به شرایط خاص زیستگاهی از جمله pH قلیایی (بالا)، عمق و عرض رودخانه زیاد و دمای و ارتفاع از سطح دریا پایین سازگار شده باشند. در بخش‌هایی از رودخانه سیروان به دلیل فعالیت‌های کشاورزی و صنعتی و افزایش فاضلاب‌های شهری، بار مواد آلی وارد شده به رودخانه سبب بالا رفتن مقادیر EC شده که ترجیح زیستگاهی سیاه‌ماهی بین‌النهرین در نقاطی که مقادیر EC بالا بود (تحت تأثیر فعالیت‌های فوق) کاهش یافته است. این افزایش بار موارد آلی در بخش‌های بالادست (پایین‌تر از سد گاران تا پایین‌تر از شهر مریوان) به مراتب بیشتر بود و این افزایش سبب کاهش حضور گونه مورد مطالعه در این ایستگاه‌ها بود. با توجه به نتایج، رودخانه سیروان برای زیست این گونه، زیستگاه متوسط تا ایده‌آل می‌باشد. بنابراین به منظور تأیید نتایج فوق، مطالعه ترجیح زیستگاهی گونه در فصل‌های مختلف مورد بررسی قرار گیرد تا تأثیر فصل نیز در انتخاب زیستگاهی مورد بحث قرار گیرد. چرا که ممکن است این گونه در فصول مختلف فاکتورهای زیستگاهی متغیری را انتخاب کند که در بحث مربوط به حفاظت زیستی و مدیریت بازسازی ذخایر این گونه می‌تواند حائز اهمیت باشد.

که عمق آب روی فاکتورهای دما، نور، تراکم مواد غذایی و میزان تولیدات اولیه و ثانویه تأثیر به‌سزایی دارد، بنابراین ترجیح زیستگاهی این گونه در عمق‌های بالا را می‌توان مرتبط با نیازهای تغذیه‌ای عنوان کرد. افزایش دما کاهش مطلوبیت گونه را نشان داد با توجه به اینکه افزایش دما تأثیر مستقیمی روی حلالیت اکسیژن دارد، بنابراین این گونه مناطق با دمای (به دلیل نیاز اکسیژنی بالا) پایین را ترجیح می‌دهد.

Abbaszadeh و همکاران (۲۰۱۹)، ترجیحات زیستگاهی گونه سیاه‌ماهی رازی در سنین مختلف را در رودخانه زارم مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که در سنین مختلف ترجیحات زیستگاهی مختلفی در فاکتورهای عمق، سرعت جریان و بستر غیرزنده مشاهده شد. ترجیح زیستگاهی سیاه‌ماهی شجریانی نیز در رودخانه دینور آب نیز نشان داد که متغیرهای محیطی انتخابی گونه در عمق ۳۰-۲۶ سانتی‌متر، عرض رودخانه ۷/۲-۶ متر، عرض پتامل ۶-۴/۸ متر، دما ۱۹-۱۸ درجه سانتی‌گراد، کل مواد جامد ۶۱۰-۵۸۰ EC، ۳۹۰-۳۱۰ میکروموس بر سانتی‌متر، pH ۷/۴۴-۷/۲۲-۷، سرعت جریان ۰/۳۱-۰/۲۴ متر بر ثانیه و قطر سنگ بستر ۵/۵-۵ سانتی‌متر بود (Mouludi-Saleh et al., 2022a). لازم به ذکر است که براساس مطالعات قبلی (Mouludi-Saleh et al., 2022b) گونه سیاه‌ماهی بین‌النهرین تنها در رودخانه سیروان ایران یافت می‌شود و سایر گونه‌هایی که قبلاً تحت عنوان گونه

References

- Abbaszadeh, M.M., Vatandost, S., Manoocheri, H., Mostafavi, H., Hoseinifar, S.M., 2019. Analyzing habitat preferences of *Capoeta razii* (Teleostei: Cyprinidae) at different ages in the Zarem stream, Iran. Iranian Journal of Ichthyology 6(4), 302-308.
- Ahmdzadeh, M., Poorbagher, H., Eagderi, S., 2019. Calculating the habitat suitability index of Siahmahi (*Capoeta buhsei*, Kessler 1877) using the kernel smoothing in the Jajrood River, Namak basin of Iran. Aquaculture Sciences 6(2), 99-108. (In Persian)
- Asadi, H., Sattari, M., Eagderi, S. 2014. The

- determinant factors underlying habitat selectivity and preference for Black fish *Capoeta capoeta gracilis* (Keyserling 1891) in Siyahrud River (a tributary of Sefidrud River basin). Iranian Scientific Fisheries Journal 23(3): 1-9. (In Persian)
- Boets, P., Gobeyn, S., Dillen, A., Poelman, E., Goethals, P.L., 2018. Assessing the suitable habitat for reintroduction of brown trout (*Salmo trutta forma fario*) in a lowland river: A modeling approach. Ecology and Evolution 8(10), 5191-5205.
- De-Miguel-Gallo, M., Martinez-Capel, F., Muñoz-Mas, R., Aihara, S., Matsuzawa, Y., Fukuda, S., 2019. Habitat evaluation for

- the endangered fish species *Lefua echigonia* in the Yagawa River, Japan. *Journal of Ecohydraulics* 4(2), 147-157.
- Dolatpour, E., Poorbagher, H., Eagderi, S., Javanshir, A., 2016. A study on habitat preferences of Tuini fish (*Capoeta damascina*) using the habitat suitability index in the Kordan River. *Journal of Fisheries*, 69(3), 359-366. (In Persian)
- Eagderi, S., Mouludi-Saleh, A., Mahmoudi, M., Hakimi, F., 2021. Habitat characteristics of Brown trout (*Salmo trutta* Linnaeus, 1758) in tributaries of the Taleghan River. *Iranian Scientific Fisheries Journal* 30(5), 111-120. (In Persian)
- Eagderi, S., Mouludi-Saleh, A., Esmaeili, H.R., Sayyadzadeh, G., Nasri, M., 2022. Freshwater lamprey and fishes of Iran; a revised and updated annotated checklist-2022. *Turkish Journal of Zoology* 46(6), 500-522.
- Esmaeili, H.R., Sayyadzadeh, G., Eagderi, S., Abbasi, K. 2018. Checklist of freshwater fishes of Iran. *FishTaxa* 3(3), 1-95.
- Esmaeili, H.R., Zareian, H., Eagderi, S., Alwan, N., 2016. Review on the taxonomy of Tigris scraper, *Capoeta umbla* (Heckel, 1843) and its confirmation record from the Iranian part of Tigris River, Persian Gulf basin (Teleostei: Cyprinidae). *FishTaxa* 1(1), 35-44.
- Gebrekiros, S., 2016. Factors affecting stream fish community composition and habitat suitability. *Journal of Aquaculture and Marine Biology* 4, 00076.
- Hajiesmaeili, M., Ayyoubzadeh, S.A., Sedighkia, M., 2018. Effects of stream hydraulic characteristics on habitat suitability for rapid habitat assessment of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies* 6, 10-19.
- Hasanli, A.M., 1999. Diverse methods to water measurement (Hydrometry). Shiraz University publication. 265 p.
- Jowett, I.G., 1997. Instream flow methods: a comparison of approaches. *Regulated Rivers: Research & Management: An International Journal Devoted to River Research and Management* 13(2), 115-127.
- Koutrakis, E.T., Triantafyllidis, S., Sapounidis, A.S., Veza, P., Kamidis, N., Sylaios, G., Comoglio, C., 2019. Evaluation of ecological flows in highly regulated rivers using the mesohabitat approach: a case study on the Nestos River, N. Greece. *Ecohydrology & Hydrobiology* 19(4), 598-609.
- Mouludi-Saleh, A., Eagderi, S., Poorbagher, H., Jafari, B., 2022a. Investigation of habitat characteristics of *Capoeta shajariani* in Dinorab River, Karkheh River drainage. *Journal of Animal Research (Iranian Journal of Biology)* 35(2), 96-108. (In Persian)
- Mouludi-Saleh, A., Eagderi, S., Poorbagher, H., 2022b. Ichthyofauna of the Iranian part of the Sirvan River drainage with the first record of *Cobitis avicenna* and *Oxynoemacheilus euphraticus*. *International Journal of Aquatic Biology* 10(3), 242-253.
- Naderi, M., Jahandideh, O., Khanahmadi, E., Arab, N., Arab, A., Salarijazi, M. 2021. Analysis of Application of Hydrological and Hydromorphocological Approaches in Estimating the Ecological Water Demand and Habitat Suitability *Salmo trutta* in the Liqvanchay River. *Iranian Journal of Irrigation & Drainage* 15(3), 645-664.
- Naderi, M., Zakerinia, M., Salarijazi, M., 2019. Investigation of Ecohydraulic Indices in Environmental Flow Regime and Habitat Suitability Simulation Analysis using River2D Model with Relying on the Restoration Ecological in Zarrin-Gol River. *Iranian journal of Ecohydrology* 6(1), 205-222. (In Persian)
- Rosenfeld, J., 2003. Assessing the habitat requirements of stream fishes: an overview and evaluation of different approaches. *Transactions of the American Fisheries Society*, 132(5), 953-968.
- Statzner, B., Gore, J.A., Resh, V.H., 1988. Hydraulic stream ecology: observed patterns and potential applications. *Journal of the North American Benthological Society* 7(4), 307-360.
- Zarei, N., Eagderi, S., Naderi, Gh., 2014. Study of habitat preference of *Capoeta capoeta* in the Taleghan River (Sefidrud basin). The Second Iranian Conference of Ichthyology, 7-8 May, 2014. Karaj, Iran. (In Persian)
- Zareian, H., Esmaeili, H.R., 2017. Mitochondrial phylogeny and taxonomic status of the *Capoeta damascina* species group (Actinopterygii: Cyprinidae) in Iran with description of a new species. *Iranian Journal of Ichthyology* 4(3), 231-269.
- Zhao, C.S., Yang, S.T., Zhang, H.T., Liu, C.M., Sun, Y., Yang, Z.Y., Lim, R.P., 2017. Coupling habitat suitability and ecosystem health with AEHRA to estimate E-flows under intensive human activities. *Journal of Hydrology* 551, 470-483.

Using kernel smoothing method in evaluating habitat preference of Mesopotamian barb, *Capoeta damascina* (Valenciennes, 1842) in Sirvan River

Atta Mouludi-Saleh, Soheil Eagderi*, Hadi Poorbagher

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

*Corresponding author: soheil.eagderi@ut.ac.ir

Abstract

This study was conducted to investigate the habitat preference of *Capoeta damascina* in the Sirvan River using the kernel smoothing method. For this purpose, in November 2021, eight stations each with 3 replications were sampled using an electrofishing device. A total of 135 specimens were sampled, identified and released. Ten environmental factors, including pH, temperature, total dissolved solids, electrical conductivity, altitude, depth, width, velocity, slope and dissolved oxygen were measured. The results showed that the habitat preference of *C. damascina* in the Sirvan River based on the studied factors are habitats with pH of approximately 6, temperature 9°C, total dissolved solids 200, electrical conductivity 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$, altitude 1130m, depth 50 cm, width 9 m, velocity 0.8 m/s, slope 2% and oxygen 9 mg/liter. The SI values of altitude (0.92) and oxygen (0.79) had the highest values. The results showed, Sirvan River with HSI value of 0.69 is a suitable habitat for *C. damascina*.

Keywords: Mesopotamian barb, Kernel smoothing, Habitat preference, Ecology