مطالعه ارتباط طول بدن گونه سیاه‌ماهی (*Capoeta gracilis*, Keyserling ۱۸۶۱) و فاکتورهای زیستگاهی انتخابی در رودخانه طالقان

- **نرگس زارعی**: گروه تنوع زیستی، دانشکده محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، صندوق‌پستی: ۱٤٥۱٥-۷۷٥
- **سهیل ایگدری***: گروه شیلات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی کرج، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، صندوق‌پستی: ٤۱۱۱
- **مظاهر زمانی‌فرادنبه**: گروه شیلات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی کرج، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، صندوق‌پستی: ٤۱۱۱
- **مرتضی نادری**: گروه محیط زیست، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اراک، اراک، ایران

تاریخ دریافت: بهمن ۱۳۹۳ تاریخ پذیرش: اردیبهشت ۱۳۹٤

چکیده

این مطالعه با هدف بررسی رابطه طول بدن گونه سیاه ماهی (*Capoeta gracilis*) (با انتخاب دو محدوده طولی بزرگ‌تر از ۱۱ سانتی‌متر و کوچک‌تر از ۱۱ سانتی‌متر) و فاکتورهای مهم زیستگاه شامل ارتفاع (متر)، عمق (سانتی‌متر)، عرض (متر)، سرعت جریان (متر بر ثانیه)، قطر متوسط متوسط سنگ غالب بستر (سانتی‌متر) و دمای آب (سانتی‌گراد) در رودخانه طالقان به‌اجرا درآمد. دامنه ویژگی‌های زیستگاهی انتخابی این گونه در دو گروه طولی با توجه به میزان در دسترس بودن هر طبقه از فاکتورهای زیستگاهی مطالعه به‌دست آمد. با توجه به نتایج، زیستگاه انتخابی دو گروه طولی سیاه ماهی در رودخانه طالقان با یکدیگر متفاوت بودند. نتایج نشان داد که زیستگاه انتخابی گروه طولی دارای طول کل بیش‌تر از ۱۱ سانتی‌متر دارای ویژگی‌هایی چون ارتفاع بیش‌تر ($p<۰/۰۵$)، عرض بیش‌تر ($p<۰/۰۱$)، سرعت جریان بیش‌تر ($p<۰/۰۱$)، سنگ‌های بستر نسبتاً درشت‌تر و دمای کم‌تر ($p<۰/۰۱$) می‌باشد. زیستگاه انتخابی گروه طولی با طول کل کم‌تر از ۱۱سانتی‌متر دارای ویژگی‌های چون ارتفاع کم‌تر ($p<۰/۰۵$)، عرض کم‌تر ($p<۰/۰۱$)، سرعت جریان کم‌تر ($p<۰/۰۱$) و دمای بالاتر ($p<۰/۰۱$) می‌باشد. وجود شرایط زیستگاهی مناسب در رودخانه طالقان باعث شده است که این رودخانه زیستگاه بسیار عالی برای گروه‌های سنی مختلف سیاه ماهی باشد.

کلمات کلیدی: مطلوبیت، فاکتورهای زیستگاهی، سیاه‌ماهی، طالقان

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: soheil.eagderi@ut.ac.ir

مقدمه

اکوسیستم‌های رودخانه‌ای نقش مهمی در نگه‌داری جوامع رودخانه‌زی، کنار رودخانه‌ای و جوامع انسانی دارند، با این وجود در سطح جهانی به‌شدت به‌وسیله انواع فعالیت‌های انسانی متأثر می‌شوند که منجر به از دست رفتن بسیاری از عملکردهای آن‌ها می‌گردد. در این راستا، حفاظت گونه‌های ماهیان رودخانه‌ای که به‌شدت به‌وسیله ویژگی‌های زیستگاه رودخانه‌ای متأثر می‌شوند (Lee و همکاران، ۲۰۰۶)، نیازمند شناخت نیازهای زیستگاهی آن‌ها می‌باشد. فاکتورهای متعددی موجودات ساکن در رودخانه‌ها را در مقیاس‌های زمانی و مکانی تحت تأثیر قرار می‌دهد (Orth، ۱۹۹۵؛ Armitage، ۱۹۸۹). در این بین فاکتورهای هیدرولیکی به‌طور مستقیم به‌وسیله تنظیم یا تعدیل جریان تأثیرگذار بوده و نقش مهمی را در الگوبندی انتخاب زیستگاه برعهده دارند. گونه‌های آبزی برای مقادیر مشخصی از فاکتورهای زیستگاهی از قبیل سرعت، عمق و اندازه اجزای بستر اولویت‌بندی‌های مشخصی را نشان می‌دهند (Statzner و همکاران، ۱۹۸۸؛ Bovee، ۱۹۸۲). برای مثال Vayghan و همکاران (۲۰۱۳) در مطالعه تعیین شاخص‌های مطلوبیت زیستگاه برای ماهی سفید دریای خزر بیان کردند که در انتخاب زیستگاه توسط این گونه فاکتورهای عمق آب و جنس بستر بسیار مهم هستند. طباطبایی و همکاران (۱۳۹۲) نیز بیان کردند که براساس معیار آکایکه (AIC) فاکتورهای زیستگاهی از قبیل ارتفاع از سطح دریا، عرض رودخانه، سرعت جریان آب و اندازه ذرات بستر عوامل تعیین‌کننده‌ای در حضور و عدم حضور ماهی *Oxynoemacheilus bergianus* در رودخانه کردان هستند.

شاخص‌های مطلوبیت زیستگاه برای تعیین، رتبه‌بندی، سنجش زیستی صفات فیزیکی و شیمیایی زیستگاه‌های آبی با هدف تعیین نیازهای زیستگاهی و مطلوبیت زیستگاه برای گونه‌های بارز استفاده می‌شوند. به‌عبارت دیگر، مطالعه مطلوبیت زیستگاه نشان می‌دهد که آیا افراد در زیستگاه مشخص حضور دارند یا نه؟ و در صورت حضور، نیازهای زیستگاهی آن‌ها چگونه می‌باشد (Stoner، ۲۰۰۳). استفاده گسترده از روش‌های آماری (کمی) برای مدل‌سازی شاخص‌های مطلوبیت زیستگاه رودخانه براساس مناسبت مدل‌های هیدرولیک زیستگاه و مدل‌های زیستگاه انتخابی می‌باشند (Nestler و همکاران، ۱۹۸۹؛ Bovee، ۱۹۸۲). این مدل‌ها بر متغیرهای پیوسته استوار هستند و در برابر مقیاس پیوسته دامنه مطلوبیت از صفر (فاقد نیازهای گونه) تا یک (انطباق کامل با نیازهای گونه) پلات می‌شوند (De Kerckhove و همکاران، ۲۰۰۸). مطابق طبقه‌بندی Varden (۲۰۱۱) طبقات شاخص مطلوبیت زیستگاه (HSI)، مقادیر ۱ نشان‌دهنده زیستگاه عالی، ۰/۷۵ بیان‌گر زیستگاه متوسط رو به بالا، ۰/۵۰ نشان‌دهنده زیستگاه متوسط، ۰/۲۵ نشان‌دهنده زیستگاه متوسط روبه پایین و مقدار صفر نشان‌دهنده زیستگاه نامطلوب می‌باشد.

با وجود این‌که شاخص‌های مطلوبیت (SI) برای هر یک از فاکتورهای زیستگاهی به‌طور جداگانه محاسبه می‌شود اما برای دست‌یابی به شاخص مطلوبیت زیستگاهی ترکیبی، این SIها نیازمند ترکیب شدن با یکدیگر هستند (Bovee، ۱۹۸۶). عموماً محققان با محاسبه میانگین هندسی SIهای موجود، HSI ترکیبی را به‌دست می‌آورند (Vinagre و همکاران، ۲۰۰۶). شاخص مطلوبیت زیستگاه ترکیبی به‌وسیله ارزیابی منحنی‌های مطلوبیت برای تعدادی از پارامترهای مرتبط با نیازمندی‌های زیستگاهی گونه (مثل بستر تخم‌ریزی، پوشش گیاهی رودخانه، کیفیت آب) تعیین می‌شود (Varden، ۲۰۱۱). این مدل‌ها به‌عنوان روش نموی یا روش اشتراک مطلوبیت زیستگاه شناخته می‌شوند (Brown و همکاران، ۲۰۰۰). این روش بر این فرض استوار هستند که متغیرهای زیستگاهی توسط ماهیان به‌طور مستقل از یکدیگر انتخاب می‌شوند. به‌طوری‌که ضرب SIهای تکی مشابه ضرب احتمالات با همدیگر است (Bovee، ۱۹۸۶).

گونه سیاه ماهی (*Capoeta gracilis*, Keyserling۱۸۶۱) متعلق به خانواده کپورماهیان (*Cyprinidae*)، از جمله فراوان‌ترین گونه بومی در رودخانه‌های حوضه جنوبی دریای خزر می‌باشد و یکی گونه‌های ارزشمند به لحاظ شیلاتی و صید ورزشی می‌باشد (Coad، ۲۰۱۴؛ عبدلی، ۱۳۷۸). در مورد ویژگی‌های زیستگاهی این گونه اطلاعات اندکی وجود دارد. از آن‌جایی‌که در اجرای طرح‌های حفاظت از اکوسیستم‌های آبی و ماهیان، وجود دانش در مورد نیازهای زیستگاهی گونه‌های آبزی اهمیت به‌سزایی دارد.

از این‌رو این مطالعه با هدف بررسی ارتباط طول بدن با انتخاب فاکتورهای زیستگاهی و نیز محاسبه شاخص‌های مطلوبیت زیستگاه انتخابی این گونه در محدوده پراکنش آن در رودخانه طالقان انجام پذیرفت. لازم به‌ذکر است که یک گونه ماهی در مراحل مختلف زندگی خود می‌تواند نیازهای زیستگاهی متفاوتی را به نمایش بگذارد، از این رو در مطالعه نیازهای زیستگاهی یک گونه، بررسی نیازهای زیستگاهی آن در اندازه‌های طولی مختلف از ضرورت‌های چنین مطالعاتی می‌باشد.

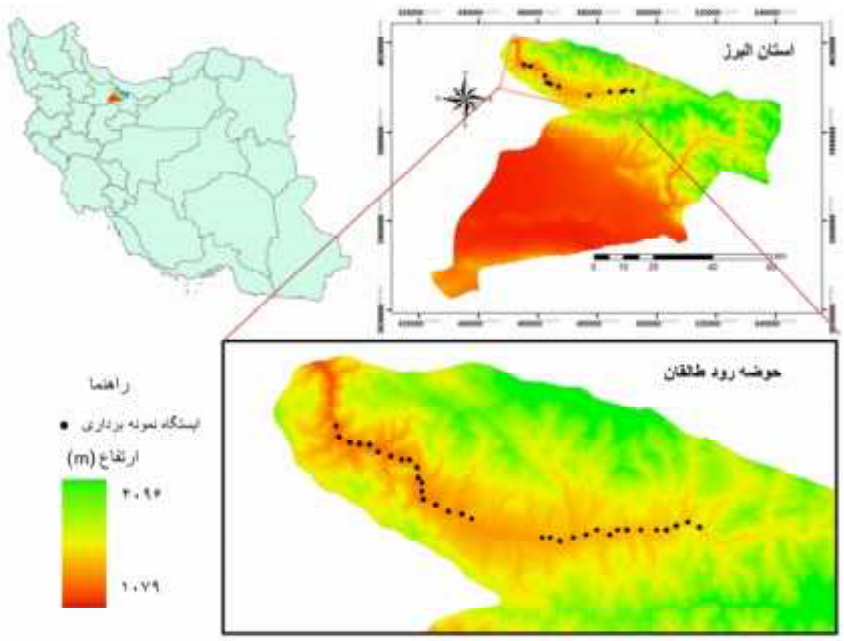
مواد و روش‌ها

رودخانه طالقان از سرشاخه‌های مهم رودخانه سفیدرود واقع در حوضه جنوبی دریای خزر است که از منطقه طالقان و ارتفاعات

الموت و البرز در شمال استان البرز سرچشمه گرفته و بعد از طی مسیری طولانی و پیوستن به رودخانه قزل‌اوزن در منطقه منجیل و سرانجام بعد از پیوستن به رودخانه سفیدرود، وارد دریای خزر می‌شود (سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، ۱۳۸۲). برای انجام این مطالعه در پاییز ۱۳۹۲ از پایین‌دست مسیر رودخانه طالقان به سمت بالادست در ۳۳ ایستگاه (جدول ۱) به‌کمک دستگاه الکتروشوکر (Samus Mp۷۵۰) نمونه‌برداری انجام شد (شکل ۱). نمونه‌گیری در زیستگاه‌های مختلف موجود در رودخانه، در سه مسیر با حدود ۳۰ متر و در خلاف جهت جریان انجام شد (Johnson و Arunachalam، ۲۰۰۹). در کلیه ایستگاه‌ها از تورهای پشتیبان در بالادست و پایین‌دست هر ایستگاه برای جلوگیری از فرار ماهیان و صید کامل آن‌ها استفاده شد (Price و Peterson، ۲۰۱۰). نمونه‌ها (در کل ۵۰۸ قطعه نمونه شامل ۱۶۹ نمونه نابالغ و ۳۳۹ نمونه بالغ) بعد از جمع‌آوری، در محلول گل میخک ۰/۱ درصد بی‌هوش شدند. شناسایی نمونه‌های صید شده به‌کمک کلیدهای شناسایی (Coad، ۲۰۱۴؛ عبدلی، ۱۳۷۸) انجام و تعداد آن‌ها ثبت شد. سپس از نیم‌رخ چپ بدن آن‌ها به‌منظور اندازه‌گیری طول کل و گروه‌بندی طولی عکس‌برداری گردید. در پایان، کلیه نمونه‌ها بعد از اطمینان از بازیابی قدرت شنا، به رودخانه بازگردانده شدند. فاکتورهای محیطی مورد سنجش در این مطالعه شامل ارتفاع ایستگاه (متر)، عرض رودخانه (متر)، عمق آب (سانتی‌متر)، سرعت جریان آب (متر بر ثانیه)، دمای آب (سانتی‌گراد) و قطر متوسط سنگ غالب بستر (سانتی‌متر) بودند که بلافاصله بعد از نمونه‌گیری مورد سنجش قرار گرفتند. در کلیه ایستگاه‌ها موقعیت جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا به کمک دستگاه موقعیت‌یاب جهانی (GPS) ثبت شد. با استفاده از متر نواری عرض رودخانه هر ایستگاه در سه نقطه پایین‌دست، وسط و بالادست ایستگاه اندازه‌گیری شد و میانگین آن‌ها به‌عنوان عرض رودخانه در هر ایستگاه در نظر گرفته شد (Freeman و همکاران، ۱۹۹۷؛ Aadland، ۱۹۹۳). در هر ایستگاه عمق رودخانه در ۲۰ نقطه اندازه‌گیری شد و میانگین این اعداد به‌عنوان عمق رودخانه در نظر گرفته شد (Aadland، ۱۹۹۳). به کمک الگوی جسم شناور (حسن‌لی، ۱۳۷۹) در هر ایستگاه سرعت جریان رودخانه سه بار اندازه‌گیری و میانگین آن‌ها به‌عنوان متوسط سرعت جریان (متر بر ثانیه) در نظر گرفته شد (لطفی، ۱۳۹۱). دما نیز در هر ایستگاه به‌طور تصادفی در سه نقطه از ایستگاه به‌کمک دستگاه الکترونیکی قابل حمل (WTW) ثبت شد و متوسط این سه عدد به‌عنوان دما در هر ایستگاه در نظر گرفته شد. قطر متوسط سنگ غالب بستر با میانگین‌گیری از اندازه قطعات سنگ بستر به‌طور تصادفی در طی ۲۰ کوادرات (با ابعاد ۵۰ در ۵۰ سانتی‌متر) ثبت شد (Freeman و همکاران، ۱۹۹۷؛ Aadland، ۱۹۹۳). با کمک عکس‌های تهیه شده، طول کل تمامی نمونه با استفاده از نرم‌افزار ImageJ با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر اندازه‌گیری شدند و ماهیان صید شده براساس طول در سن بلوغ (طباطبایی و همکاران، ۱۳۹۳؛ Shamekhi Ranjbar و همکاران، ۲۰۱۲) به دو گروه طولی بزرگ‌تر از ۱۱ سانتی‌متر (<۱۱) و کوچک‌تر از ۱۱ سانتی‌متر (≥۱۱) تقسیم شدند. فراوانی هر یک از گروه‌های طولی در تمامی ایستگاه‌ها به‌طور جداگانه محاسبه و وارد آنالیزهای بعدی شدند. همبستگی و معنی‌داری رابطه بین متغیرهای زیستگاهی و شاخص‌های مطلوبیت آن‌ها برای هر یک از دو گروه مورد بررسی براساس رگرسیون خطی در نرم‌افزار Habsel (نسخه ۱/۰) محاسبه شد (Consulting، ۲۰۱۴).

جدول ۱: موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه‌برداری

شماره ایستگاه	عرض جغرافیایی (N)	طول جغرافیایی (E)	شماره ایستگاه	عرض جغرافیایی (N)	طول جغرافیایی (E)
۱	۳۶-۲۶-۰۱	۵۰-۴۷-۱۴	۱۸	۳۶-۱۹-۳۹	۵۰-۶۳-۳۰
۲	۳۶-۲۵-۲۴	۵۰-۵۰-۵۱	۱۹	۳۶-۱۶-۷۸	۵۰-۷۴-۶۴
۳	۳۶-۲۵-۲۴	۵۰-۵۰-۵۱	۲۰	۳۶-۱۶-۷۰	۵۰-۷۴-۷۰
۴	۳۶-۲۵-۶۰	۵۰-۵۲-۵۷	۲۱	۳۶-۷۶-۷۸	۵۰-۷۴-۸۱
۵	۳۶-۲۵-۵۰	۵۰-۵۲-۶۰	۲۲	۳۶-۱۷-۸۹	۵۰-۸۲-۲۵
۶	۳۶-۲۵-۵۳	۵۰-۵۲-۶۳	۲۳	۳۶-۱۷-۹۰	۵۰-۸۲-۴۳
۷	۳۶-۲۲-۴۵	۵۰-۵۶-۷۶	۲۴	۳۶-۱۷-۸۵	۵۰-۸۲-۶۲
۸	۳۶-۲۴-۵۴	۵۰-۵۶-۸۹	۲۵	۳۶-۱۷-۸۸	۵۰-۸۶-۹۳
۹	۳۶-۲۴-۵۳	۵۰-۵۶-۹۵	۲۶	۳۶-۱۷-۹۳	۵۰-۸۷-۰۱
۱۰	۳۶-۲۰-۸۰	۵۰-۵۹-۷۹	۲۷	۳۶-۱۷-۹۷	۵۰-۸۷-۱۱
۱۱	۳۶-۲۰-۷۳	۵۰-۵۹-۷۶	۲۸	۳۶-۱۸-۲۱	۵۰-۸۷-۹۷
۱۲	۳۶-۲۰-۲۱	۵۰-۵۹-۷۶	۲۹	۳۶-۱۸-۲۷	۵۰-۸۸-۱۷
۱۳	۳۶-۲۰-۲۱	۵۰-۶۰-۲۵	۳۰	۳۶-۱۸-۲۷	۵۰-۸۳-۴۵
۱۴	۳۶-۲۰-۲۰	۵۰-۶۰-۲۹	۳۱	۳۶-۱۸-۲۰	۵۰-۹۰-۶۳
۱۵	۳۶-۲۰-۱۳	۵۰-۶۰-۳۶	۳۲	۳۶-۱۸-۱۸	۵۰-۹۰-۷۳
۱۶	۳۶-۱۶-۳۵	۵۰-۵۹-۱۰	۳۳	۳۶-۱۸-۱۶	۵۰-۹۰-۸۲
۱۷	۳۶-۱۸-۴۴	۵۰-۶۰-۱۵			



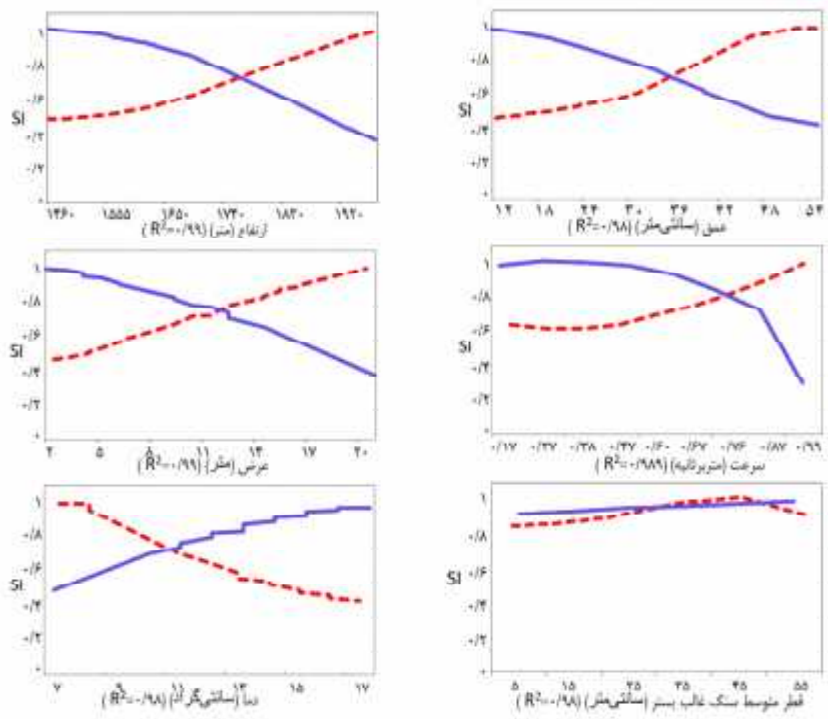
شکل ۱: موقعیت استان البرز، رودخانه طالقان و ایستگاه‌های نمونه‌برداری

دامنه مقدار مناسب هر یک از فاکتورهای زیستگاهی (شاخص مطلوبیت، SI) که فراوانی هر یک از گروه‌های طولی نمونه‌ها در ایستگاه‌های نمونه‌برداری را تحت تأثیر قرار می‌دهند و نیز طبقات هر یک از فاکتورهای زیستگاهی با در نظر گرفتن زیستگاه انتخاب شده به‌کمک نرم‌افزار HABSEL (Habitat Selection) (نسخه ۱/۰) (Consulting، ۲۰۱۴) محاسبه شد (طباطبایی و همکاران، ۱۳۹۳). سپس به‌منظور محاسبه شاخص مطلوبیت زیستگاه (HSI) ترکیبی برای گونه مورد مطالعه در رودخانه طالقان از رابطه میانگین هندسی $HSI = (SI_1 \times SI_2 \times \ldots \times SI_n)^{1/n}$ (Vinagre و همکاران، ۲۰۰۶؛ Layher و Maughan، ۱۹۸۵) استفاده شد. از آن‌جایی‌که میزان اهمیت و نقش هیچ یک از فاکتورهای زیستگاهی در الگوی توزیع و فراوانی سیاه ماهی به‌صورت کمی مشخص نشده است (Layher و Maughan، ۱۹۸۵) و به‌عبارت دیگر فاکتورها نسبت به یکدیگر وزن‌دهی نشده‌اند، در معادله محاسبه HSI به‌صورت یکسان با یکدیگر ترکیب می‌شوند (De Kerckhove و همکاران، ۲۰۰۸؛ Bovee، ۱۹۸۶). در این معادله SI_1 تا SI_n به ترتیب شاخص مطلوبیت برای هریک از فاکتورهای زیستگاهی (مستقل) مورد مطالعه می‌باشند.

نتایج

نتایج نشان داد برای افراد با طول بیش‌تر از ۱۱ سانتی‌متر (نمونه‌های بالغ)، مطلوب‌ترین ارتفاع در دامنه ۲۰۵۰-۱۹۰۰ متر با شاخص مطلوبیت ۰/۴۱، مطلوب‌ترین عمق در دامنه ۵۰-۴۰ سانتی‌متر با شاخص مطلوبیت ۰/۵۵، مطلوب‌ترین عرض در مقادیر ۲۵-۲۰ متر با شاخص مطلوبیت ۰/۳۰، مطلوب‌ترین سرعت جریان در مقادیر ۱-۰/۷۵ متر بر ثانیه با شاخص مطلوبیت ۰/۳۶، مطلوب‌ترین قطر متوسط سنگ بستر در مقادیر ۳۷-۲۲ سانتی‌متر با شاخص مطلوبیت ۰/۳۹ و مطلوب‌ترین دما در مقادیر بیش‌تر از ۱۱-۸ درجه سانتی‌گراد با شاخص مطلوبیت ۰/۴۱ می‌باشد (شکل ۲ و جدول ۲).

براساس نتایج برای افراد نابالغ با طول کم‌تر از ۱۱ سانتی‌متر (نمونه‌های نابالغ)، مطلوب‌ترین ارتفاع در دامنه ۱۶۰۰-۱۴۵۰ متر با شاخص مطلوبیت ۰/۳۴، مطلوب‌ترین عمق در دامنه ۲۰-۱۰ سانتی‌متر با شاخص مطلوبیت ۰/۳۴، مطلوب‌ترین عرض در مقادیر ۵-۰ متر با شاخص مطلوبیت ۰/۴۱، مطلوب‌ترین سرعت جریان در مقادیر ۰/۵-۰/۲۵ متر بر ثانیه با شاخص مطلوبیت ۰/۳۵، مطلوب‌ترین قطر متوسط سنگ بستر در مقادیر ۶۷-۵۲ سانتی‌متر با شاخص مطلوبیت ۰/۲۸ و مطلوب‌ترین دما در مقادیر بیش‌تر از ۱۷-۱۴ درجه سانتی‌گراد با شاخص مطلوبیت ۰/۴۰ می‌باشد (شکل ۳ و جدول ۲).



شکل ۲: نمودارهای رابطه مقادیر شاخص مطلوبیت و متغیرهای زیستگاهی

(خط‌چین قرمز برای گروه >۱۱سانتی‌متر و خط ممتد آبی برای گروه <۱۱ سانتی‌متر)

مقادیر شاخص مطلوبیت هر یک از فاکتورهای محیطی برای گونه سیاه‌ماهی در رودخانه طالقان در جدول ۳ آورده شده است. در بین متغیرهای مورد بررسی، برای افراد با طول بیش‌تر از ۱۱ سانتی‌متر، قطر متوسط سنگ غالب بستر دارای بیش‌ترین (۰/۸۸۱) و دما دارای کم‌ترین (۰/۶۱۰) مقدار شاخص مطلوبیت بود، برای افراد با طول کم‌تر از ۱۱ سانتی‌متر، قطر متوسط سنگ غالب بستر دارای بیش‌ترین (۰/۹۵۰) و عرض دارای کم‌ترین (۰/۸۳۰) مقدار شاخص مطلوبیت بود. محاسبه شاخص مطلوبیت زیستگاه نشان داد که میزان HSI رودخانه طالقان برای گونه سیاه ماهی و برای گروه طولی دارای طول بیش‌تر از ۱۱ سانتی‌متر، برابر ۰/۷ و برای گروه طولی دارای طول کم‌تر از ۱۱ سانتی‌متر برابر ۰/۸۷۸ می‌باشد (جدول ۳).

نتایج هم‌چنین نشان داد که تمامی متغیرهای زیستگاهی مورد بررسی رابطه معنی‌دار و همبستگی بالایی با شاخص‌های مطلوبیت فاکتورهای زیستگاهی برای هر دو گروه طولی دارند (شکل ۲) که بیان‌گر رابطه بالای این فاکتورها با حضور و فراوانی گونه سیاه‌ماهی می‌باشد.

جدول ۲: طبقات هر متغیر و شاخص مطلوبیت (SI) هر گروه‌های طولی

فاکتور	فاصله طبقاتی	برای گروه SI <۱۱سانتی‌متر	برای گروهSI <۱۱سانتی‌متر	فاکتور	فاصله طبقاتی	برای گروه SI <۱۱سانتی‌متر	برای گروه SI <۱۱سانتی‌متر
ارتفاع (متر)	۱۴۵۰-<۱۶۰۰	۰/۱۸	۰/۳۴	عرض (متر)	۰-<۵	۰/۰۷	۰/۴۱
	۱۶۰۰-<۱۷۵۰	۰/۲۳	۰/۳۲		۵-<۱۰	۰/۱۹	۰/۲۸
	۱۷۵۰-<۱۹۰۰	۰/۱۸	۰/۳۰		۱۰-<۱۵	۰/۱۵	۰/۲۶
	۱۹۰۰-<۲۰۵۰	۰/۴۱	۰/۰۴		۱۵-<۲۰	۰/۲۹	۰/۰۳
عمق (سانتی‌متر)	۱۰-<۲۰	۰/۱۰	۰/۳۴		۲۰-<۲۵	۰/۳۰	۰/۰۲
	۲۰-<۳۰	۰/۱۳	۰/۲۴	سرعت (متر بر ثانیه)	۰-<۰/۲۵	۰/۳۲	۰/۲۸
	۳۰-<۴۰	۰/۱۸	۰/۲۰		۰/۲۵-<۰/۵	۰/۰۸	۰/۳۵
	۴۰-<۵۰	۰/۵۵	۰/۰۴		۰/۵<۰/۷۵	۰/۲۳	۰/۲۰
	۵۰-<۶۰	۰/۰۴	۰/۱۸		۰/۷۵-<۱/۰	۰/۳۶	۰/۱۷
قطر متوسط سنگ غالب‌بستر (سانتی‌متر)	۷-<۲۲	۰/۲۷	۰/۲۱	دما (سانتی‌گراد)	۸-<۱۱	۰/۴۱	۰/۰۵
	۲۲-<۳۷	۰/۳۹	۰/۲۵		۱۱-<۱۴	۰/۳۸	۰/۱۷
	۳۷-<۵۲	۰/۲۰	۰/۲۷		۱۴-<۱۷	۰/۱۲	۰/۴۰
	۵۲-<۶۷	۰/۱۴	۰/۲۸		۱۷-<۲۰	۰/۰۹	۰/۳۸

جدول۳: مقادیر شاخص مطلوبیت کل برای هر متغیر و شاخص مطوبیت زیستگاه (HSI) رودخانه طالقان برای گونه سیاه ماهی

	ارتفاع (متر)	عمق (سانتی‌متر)	عرض (متر)	سرعت جریان (متر بر ثانیه)	قطر متوسط سنگ غالب بستر (سانتی‌متر)	دما (سانتی‌گراد)	HSI
برای گروه <۱۱سانتی‌مترSI	۰/۷۱۳	۰/۶۱۲	۰/۶۹۷	۰/۷۲۱	۰/۸۸۱	۰/۶۱۰	۰/۷۰۰
برای گروه >۱۱سانتی‌مترSI	۰/۸۳۲	۰/۸۵۵	۰/۸۳۰	۰/۹۲۷	۰/۹۵۰	۰/۸۷۹	۰/۸۷۸

بحث

مقادیر شاخص مطلوبیت به‌دست آمده برای فاکتور ارتفاع نشان می‌دهد که افراد با طول کل بیش‌تر از ۱۱ سانتی‌متر ارتفاعات بالاتر را ترجیح می‌دهند، در حالی‌که افراد دارای طول کل کم‌تر از ۱۱ سانتی‌متر در زیستگاه‌ها با ارتفاع کم‌تر فراوان‌تر هستند. مطالعات اثبات کرده‌اند که تغییر الگوی تنوع و پراکنش ماهیان با ارتفاع رودخانه‌ها ارتباط دارد (طباطبایی و همکاران، ۱۳۹۳). اثر مشابه ارتفاع برای تغییرات مکانی در اجتماعات ماهیان ساکن در شاخه‌های فرعی رودخانه‌ها و حتی ساکن در شاخه اصلی رودخانه‌ها گزارش شده است (Jaramillo-Villa و همکاران، ۲۰۱۰). البته فاکتور ارتفاع و دما آب رابطه معکوس دارند و مطابق نتایج افراد با طول کل بیش‌تر از ۱۱ سانتی‌متر در نواحی با دمای آب کم‌تر فراوان‌تر بوده و زیستگاه‌ها با آب سردتر را اشغال می‌کنند ولی افراد با طول کل کم‌تر از ۱۱ سانتی‌متر در نواحی از رودخانه فراوان‌تر هستند که آب دارای دمای بالاتری می‌باشد. مطالعات نشان داده است که ارتفاع و دما تأثیر چشمگیری بر توزیع مکانی ماهیان در رودخانه‌های اروپای مرکزی و امریکای شمالی برعهده دارند (Buisson و همکاران، ۲۰۰۸)، به‌طوری‌که دمای آب به‌عنوان فاکتور اصلی در تعیین مرز یا حد ارتفاع فوقانی پراکنش ماهی در رودخانه‌های امریکای شمالی گزارش شده است (Buisson و همکاران، ۲۰۰۸). هم‌چنین دما به‌عنوان فاکتور توصیفی مهم مرتبط با توزیع جوامع ماهیان ساکن در انشعابات کوهستانی رودخانه‌های نواحی شمالی امریکای جنوبی شناخته شده است (Jaramillo-Villa و همکاران، ۲۰۱۰).

نتایج نشان داد که دو گروه طولی در انتخاب دو فاکتور عرض و عمق به‌شدت عکس یکدیگر عمل می‌کنند. به‌طوری‌که افراد دارای طول کل بیش‌تر در نواحی از رودخانه فراوان‌ترند که دارای عمق و عرض بیش‌تری هستند و افراد با طول کل کم‌تر در نواحی از رودخانه که دارای عرض کم‌تر و آب کم عمق هستند، فراوان‌تر می‌باشند. این وضعیت احتمالاً به‌علت اثرگذاری فاکتور سرعت می‌باشد، به‌طوری‌که در رودخانه طالقان نواحی دارای عمق و عرض بیش‌تر دارای سرعت آب به نسبت بیش‌تری نسبت به نواحی دارای عمق و عرض کم‌تر هستند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که افراد با طول کم‌تر ترجیح می‌دهند که در نواحی با آب ساکن یا آب دارای سرعت حداقل و به نوعی در انشعابات فرعی جدا شده از رودخانه اصلی زیست کنند زیرا این نواحی دارای افراد صیاد کم‌تر بوده و نیاز انرژیتیکی کم‌تری را برای مقاومت در برابر جریان طلب می‌کند (Hedger و همکاران، ۲۰۰۵). ولی افراد بزرگ‌تر به‌علت داشتن نیاز غذایی بیش‌تر و ذخایر انرژیتیکی بیش‌تر، توان بالاتری برای مقاومت در برابر جریان بوده و ترجیح می‌دهند که در نواحی دارای عمق، عرض و سرعت بیش‌تر ساکن شوند (Hedger و همکاران، ۲۰۰۵) و هم‌چنین نواحی زیستگاهی دارای جریان آب سریع می‌تواند دامنه‌ای از جریان‌های آب مطلوب را برای افراد بزرگ جثه در برمی‌گیرد؛ هرچند که سه فاکتور محیطی عمق، عرض و سرعت جریان الزاماً با یکدیگر در ارتباط نیستند.

Voosو همکاران (۱۹۸۸) اشاره کردند که دو متغیر سرعت و عمق در ارتباط با یکدیگر تغییر می‌کنند. مطالعات اخیر اثر دسترسی به نواحی دارای سرعت و عمق مناسب بر اولویت‌بندی انتخاب زیستگاه در مطالعات جریان آبی رودخانه‌ها، اهمیت این فاکتورها در ارزیابی زیستگاه را تایید می‌کنند (Voos و همکاران، ۱۹۸۸). مطالعات نشان می‌دهند که فاکتورهایی از قبیل دسترسی به زیستگاه، سرعت، عمق و نوع بستر اثر مهمی بر ترجیح و اولویت زیستگاه انتخابی گونه‌ها دارند (Voos و همکاران، ۱۹۸۸). مطالعات هم‌چنین نشان می‌دهند که در انتخاب یک زیستگاه چندین فاکتور کمی و کیفی، فیزیکی- شیمیایی و زیستی در کنار همدیگر و با هم اثرگذار می‌باشند و تنها یک فاکتور برای توصیف استفاده از زیستگاه در اکوسیستم‌های آبی پیچیده کافی نیست (Buisson و همکاران، ۲۰۰۸؛ Hedger و همکاران، ۲۰۰۵).

در بین فاکتورهای مورد مطالعه قطر متوسط سنگ غالب بستر نیز مدنظر قرار دارد. می‌توان گفت که افراد دارای طول کل بیش‌تر تمایل به زیستگاه‌های دارای سنگ‌هایی با اندازه متوسط دارند و افراد کوچک جثه نیز تمایل به نواحی دارای سنگ بزرگ تمایل نشان دادند. انتخاب نواحی دارای سنگ

بزرگ در افراد کوچک جثه می‌تواند به‌واسطه فراهم بودن فضای مرده با سرعت جریان کم در پشت سنگ‌های بزرگ‌تر باشد.

مطالعات اثبات کرده‌اند که فاکتورهای زیستگاهی شامل ارتفاع (Pont و همکاران، ۲۰۰۵)، عرض (Pont و همکاران، ۲۰۰۵)، عمق (Mendonça و همکاران، ۲۰۰۵؛ Pont و همکاران، ۲۰۰۵) و دما (Pont و همکاران، ۲۰۰۵) سرعت جریان (Mendonça و همکاران، ۲۰۰۵) به‌عنوان فاکتورهای بسیار مهم و اثرگذار بر الگوی توزیع ماهیان رودخانه‌ها می‌باشند. با این حال اجتماعات ماهیان به‌وسیله سایر فاکتورهای زیستگاه آبی از قبیل شرایط تاریخی- جغرافیایی زیستی، دمای آب، رژیم جریان، صیادی، رقابت و بیماری‌ها نیز می‌تواند متاثر شوند (Mendonça و همکاران، ۲۰۰۵). نتایج نشان داد که زیستگاه انتخابی سیاه ماهیان با طول بدن آن‌ها و در نتیجه با سن افراد در ارتباط است و به نوعی می‌توان بیان داشت که افراد یک گونه در اندازه‌های (سنین) مختلف، زیستگاه‌های متناسب با شرایط خاص آن طول بدنی (سن) را ترجیح می‌دهند. در این مطالعه اثبات شد که زیستگاه انتخابی سیاه‌ماهی (*C. gracilis*) دارای طول بدنی بیش‌تر از ۱۱ سانتی‌متر دارای ارتفاع بیش‌تر، عرض بیش‌تر، سرعت جریان بیش‌تر، سنگ‌های بستر نسبتاً درشت‌تر و دمای کم‌تر می‌باشد. زیستگاه انتخابی سیاه‌ماهی (*C. gracilis*) دارای طول بدنی کم‌تر از ۱۱ سانتی‌متر نیز دارای ارتفاع کم‌تر، عرض کم‌تر، سرعت جریان کم‌تر ودمای بالاتر می‌باشد. در دسترس بودن کلیه این شرایط در رودخانه طالقان باعث شده‌اند که رودخانه طالقان زیستگاه بسیار عالی برای زیست سیاه ماهی فراهم نماید.

منابع

۱. **حسن‌لی، ع.م.، ۱۳۷۹.** روش‌های گوناگون اندازه‌گیری آب (هیدرومتری). انتشارات دانشگاه شیراز. ۲۶۵ صفحه.

۲. **سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح. ۱۳۸۲.** فرهنگ جغرافیایی رودهای کشور، حوضه آبریز دریای خزر. انتشارات سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح. ۳۱۲ صفحه.

۳. **شجیعی، ه.؛ فضلی، ح. و بانی، ن.، ۱۳۸۷.** بررسی بیولوژی تولیدمثل در سیاه‌ماهی *Capoeta capoeta gracilis* در سواحل جنوبی دریای خزر استان مازندران (رودخانه تجن). فصلنامه زیست‌شناسی جانوری. سال ۱، شماره ۲، صفحات ۳۱ تا ۳۵.

۴. **طباطبایی، س. ن.؛ ایگدری، س.؛ کابلی، م.؛ جوانشیر، ا.؛ هاشم‌زاده، ا. و زمانی‌فرادنبه، م.، ۱۳۹۲.** بررسی فاکتورهای محیطی مؤثر در پراکنش سگ ماهی جویباری (*Oxynoemacheilus bergianus*) در رودخانه کردان. نشریه شیلات، مجله منابع طبیعی ایران. دوره ۶۶، شماره ۲، صفحات ۱۵۹ تا ۱۷۱.

۵. **طباطبایی، س.ن.؛ هاشم‌زاده، ا.؛ ایگدری، س. و زمانی فرادنبه، م.، ۱۳۹۳.** عوامل تعیین‌کننده در زیستگاه انتخابی ماهی *Paracobitis iranica* (Nalbant and Bianco 1998)، در رودخانه کردان، حوضه دریاچه نمک. مجله بوم‌شناسی آبزیان. دوره ۳، شماره ۴، صفحات ۱ تا ۹.

۶. **عبدلی، ا.، ۱۳۷۸.** ماهیان آب‌های داخلی ایران. موزه طبیعت و حیات وحش ایران. تهران. ۳۷۸ صفحه.

۷. **لطفی، ا.، ۱۳۹۱.** راهنمای ارزیابی سریع خصوصیات محیط زیستی رودخانه‌ها. انتشارات سازمان حفاظت محیط زیست. ۱۲۰ صفحه.

8. **Aadland, L.P., 1993.** Stream habitat types: their fish assemblages and relationship to flow. North American Journal of Fisheries Management. Vol. 13, pp: 790-806.

9. **Armitage, P.D., 1989.** The application of a classification and prediction technique based on macro invertebrates to assess the effects of river regulation, in Gore, J.A. and Petts, G.E. (Eds), Alternations in Regulated River Management, CRC Press, Boca Raton. pp: 267-293.

10. **Bovee, K.D., 1982.** A guide to stream habitat analysis using the instream flow incremental methodology, Instream Flow Information Paper12. US Fish and Wildlife Service, Fort Collins. 248 p.

11. **Bovee, K.D., 1986.** Development and evaluation of habitat suitability criteria for use in the instream flow incremental methodology. Instream Flow Information Paper 21, U.S. Fish and Wildlife Service Biological Report. Vol. 86, No. 7, pp: 1-235.

12. **Brown, S.K.; Buja, K.R.; Jury, S.H.; Monaco, M.E. and Banner, A., 2000.** Habitat suitability index models for eight fish and invertebrate species in Casco and Sheep scot bays, Maine. North American Journal of Fisheries Management. Vol. 20, pp: 408-435.

13. **Buisson, L.; Blanc, L. and Grenouillet, G. 2008.** Modelling stream fish species distribution in a river network: the relative effects of temperature versus physical factors. Ecology of Freshwater Fish. Vol. 17, No. 2, pp: 244-257.

14. **Consulting, J., 2014.** Available: www.jowettconsulting.co. nz. Accessed 2/3/2014.

15. **Coad, B., 2014.** Fresh water fishes of Iran. Available from www.Briancoad.com. 279 p.

16. **De Kerckhove, D.T.; Smokorowski, K.E. and Randall, R.G., 2008.** A primer on fish habitat models (No. 2817). Department of Fisheries and Oceans, Sault Ste. Marie, ON (Canada), Great Lakes Lab. for Fisheries and Aquatic Sciences. 301 p.

17. **Freeman, M.C.; Bowen, Z.H. and Crance, J.H., 1997.** Transferability of habitat suitability criteria for fishes in warmwater streams. North American Journal of Fisheries Management. Vol. 17, pp: 20-31.

18. **Hedger, R.D.; Dodson, J.J.; Bergeron, N.E. and Caron, F., 2005.** Habitat selection by juvenile Atlantic salmon: the interaction between physical habitat and abundance. Journal of Fish Biology. Vol. 67, No. 4, pp: 1054-1071.

Escobar, F., 2010. Altitudinal variation in fish assemblage diversity in streams of the central Andes of Colombia. Journal of Fish Biology. Vol. 76, No. 10, pp: 2401-2417.

20. Johnson, J.A. and Arunachalam, M., 2009. Diversity, distribution and assemblage structure of fishes in streams of southern Western Ghats, India. Journal of Threatened Taxa. Vol. 1, No. 10, pp: 507-513.

21. Laever, C.L.; Busby, W.H. and Whistler, J.L., 2002. Testing a GIS model of habitat suitability for a declining grassland bird. Environmental Management. Vol. 30, No. 1, pp: 88-97.

22. Layher, W.G. and Maughan, O.E., 1985. Spotted bass habitat evaluation using an unweighted geometric mean to determine HSI values. Proceedings of the Oklahoma Academy of Science. Vol. 65, pp: 11-17.

23. Lee, J.H.; Jeong, S.M.; Lee, M.H. and Lee, Y.S., 2006. Estimation of instream flow for fish habitat using instream flow incremental methodology (IFIM) for major tributaries in Han River Basin. Journal Korean Society Civil Engineering. KSCE. Vol. 26, No. 2B, pp: 153-160.

24. Mendonça, F.P.; Magnusson, W.E. and Zuanon, J., 2005. Relationships between habitat characteristics and fish assemblages in small streams of Central Amazonia. Journal Information. Vol. 4, pp: 751-764.

25. Nestler, J.M.; Milhous, R.T. and Layzer, J.B., 1989. 'Instream habitat modeling techniques', in Gore, J.A. and Petts, G. E. (Eds), Alternationes in Regulated River Management, CRC Press, Boca Raton. pp: 295-315.

26. Orth, D.J., 1995. Food web influences on fish population responses to instream flow. Bull. Fr. Peche Piscicul. pp: 317-328.

27. Pont, D.; Hugueny, B. and Oberdorff, T., 2005. Modelling habitat requirement of European fishes: do species have similar responses to local and regional environmental constraints? Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. Vol. 62, No. 1, pp: 163-173.

28. Price, A.L. and Peterson, J.T., 2010. Estimation and modeling of electrofishing capture efficiency for fishes in wadeable warmwater streams. North American Journal of Fisheries Management. Vol. 30, pp: 481-491.

29. Shamekhi Ranjbar, K.; Patimar, R.; Ghorbani, R. and Azimi, A., 2012. Investigation of fecundity and its relationship with some growth indices of capoeta *Capoeta gracilis* (keyserling, 1861) in the two streams (dough and zarrin-gol) of Gorganroud River basin, Golestan province, northern Iran. World Journal of Fish and Marine Sciences. Vol. 4, No. 1, pp: 111-114.

30. Statzner, B.; Gore, J.A. and Resh, V.H., 1988. 'Hydraulic stream ecology: observed patterns and potential applications', Journal of the North American Benthological Society. Vol. 7, pp: 307-360.

31. Stoner, A.W., 2003. What constitutes essential nursery habitat for a marine species? A case study of habitat form and function for queen conch. Marine Ecology-Progress Series. Vol. 257, pp: 275-289.

32. Varden, D., 2011. Habitat Suitability Index (HSI) Model for. 24 p.

33. Vayghan, A.H.; Poorbagher, H.; Shahraiyni, H.T.; Fazli, H. and Saravi, H.N., 2013. Suitability indices and habitat suitability index model of Caspian kutum (*Rutilus frisii kutum*) in the southern Caspian Sea. Aquatic Ecology. vol. 47, No. 4, pp: 441-451.

34. 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. Vol. 82, pp: 140-149.

35. Voos, K.A.; Lifton, W.S. and Consultants, W.C., 1988. Development of a bivariate depth and velocity suitability function for Dolly Varden (*Salvelinus malma*) juveniles. In Proceedings of a workshop on the development and evaluation of habitat suitability criteria. Fort Collins, CO: US Fish and Wildlife Service Biological Report. Vol. 88, No. 11, pp: 307-319.