

تاثیر عوامل مختلف محیطی بر انتخاب زیستگاه توسط *Salmo trutta* در رودخانه کرج

- **سیدمهدی مصطفوی:** گروه علوم محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، واحد علوم تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
- **محمدرضا رحمانی*:** گروه محیط زیست دریایی، دانشکده محیط زیست، کرج، ایران
- **محمد کابلی:** گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
- **اصغر عبدلی:** گروه تنوع زیستی و مدیریت اکوسیستم‌ها، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

تاریخ پذیرش: مرداد 1398

تاریخ دریافت: اردیبهشت 1398

چکیده

در بوم‌شناسی انتخاب زیستگاه عامل مهمی در پیش‌بینی توزیع و فراوانی گونه‌ها محسوب می‌شود. در خصوص ماهیان تعیین انتخاب زیستگاه به‌ویژه در مورد گونه‌های در معرض خطر، نادر، بومی یا دارای پراکنش منقطع و گونه‌های حساس به اثرات توسعه دارای اهمیت بوده و اقدام موثری در جهت حفاظت از تنوع زیستی ماهیان و برنامه‌ریزی برای کاربری اراضی محسوب می‌شود. ویژگی‌های زیستگاهی *Salmo trutta* در رودخانه کرج با تحلیل اثر متغیرهای عمق، سرعت جریان، عدد Froude، شاخص بستر، پناه بستر، پوشش دیداری، پوشش ترکیبی و مناطق استخری در ۱۶ ایستگاه با جمع‌آوری داده‌ها طی سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ با استفاده از نرم‌افزار HABSEL تعیین و محدوده‌های زیستگاه مورد استفاده و انتخاب شده این گونه با توجه به میزان دسترسی به هر متغیر مشخص شد. براساس نتایج، زیستگاه انتخابی خال قرمز در رودخانه کرج در عمق ۵۲-۴۶، سرعت جریان ۰/۴۵-۰/۴۰ متر بر ثانیه، عدد Froude ۰/۲۶-۰/۳۰، شاخص بستر ۳/۸-۳/۴، پناه بستر ۲۰-۱۰، پوشش دیداری ۶۴-۵۶، پوشش ترکیبی ۲۱-۱۷/۵ و مناطق استخری ۲۸-۲۱ می‌باشد. در بین متغیرهای مورد بررسی در رودخانه کرج، شاخص عدد Froude، سرعت جریان و عوامل بستر بیش‌ترین مطلوبیت را برای *Salmo trutta* داشتند. با وجود فراهم بودن شرایط مطلوب در برخی نقاط رودخانه کرج جهت سکونت قزل‌آلای خال قرمز، به‌نظر می‌رسد عدم حضور این گونه در آن نقاط ناشی از اختلالات انسانی بر اکوسیستم‌های آب شیرین یا تغییرات اقلیمی بسیار شدید مانند سیل باشد.

کلمات کلیدی: قزل‌آلای خال قرمز، شاخص انتخاب پذیری، متغیرهای محیطی، مطلوبیت زیستگاه

مقدمه

به حفاظت از تنوع زیستی ماهیان و برنامه‌ریزی برای کاربری اراضی می‌نماید (Porter و همکاران، ۲۰۰۰). در خصوص ماهیان می‌توان گفت استفاده انتخابی از زیستگاه، تصویری از تلاش ماهی برای روبه‌رو شدن با نیازهای زیستگاه است و ماهی به‌طور فعال به دنبال مجموعه‌ای از شرایط است که در دامنه وسیعی از محدوده‌های قابل‌تحمل وجود دارد (طباطبایی و همکاران، ۱۳۹۲؛ McCain، ۱۹۹۲). در خصوص گونه‌هایی بسیار قلمرو طلب مانند ماهی قزل‌آلای *Salmo trutta*، افرادی که به اشغال زیستگاه براساس ترجیح زیستگاهی در تراکم پایین می‌پردازند ممکن است بر اثر عواملی در یک زیستگاه با کیفیت پایین با تراکم بالا ظاهر شوند (Rosenfeld و همکاران، ۲۰۰۵). روش‌های مطالعه مطلوبیت زیستگاه با استفاده از روش‌های آماری چندمتغیره، توزیع جغرافیایی گونه‌ها را به ویژگی‌های زیستگاه

انتخاب زیستگاه جزء بسیار مهمی در بوم‌شناسی است زیرا پست‌الکترونیک نویسنده مسئول: irandoe_rahmanf@yahoo.com افزون بر تاثیر انتخاب زیستگاه بر پیش‌بینی توزیع و فراوانی جانوران (Morrison و همکاران، ۲۰۰۶)، به‌عنوان یکی از نخستین روش‌های سازواره‌های متحرک به‌منظور سازگاری با موقعیت‌های متغیر است (Morris، ۲۰۱۱؛ Railsback و همکاران، ۲۰۰۳) و این انتخاب نه تنها براساس عملکرد کیفی زیستگاه بلکه براساس دسترسی‌پذیری زیستگاه و شمار افراد گونه‌ها شکل می‌گیرد (Railsback و همکاران، ۲۰۰۳) و در تغییرات آب و هوایی اخیر به‌طور فزاینده‌ای دارای اهمیت حیاتی است. این موضوع به‌ویژه در مورد گونه‌های در معرض خطر، نادر، بومی یا دارای پراکنش منقطع و گونه‌هایی که به اثرات تجمعی کشاورزی، شهری شدن و یا جنگل‌داری حساس هستند کمک شایانی



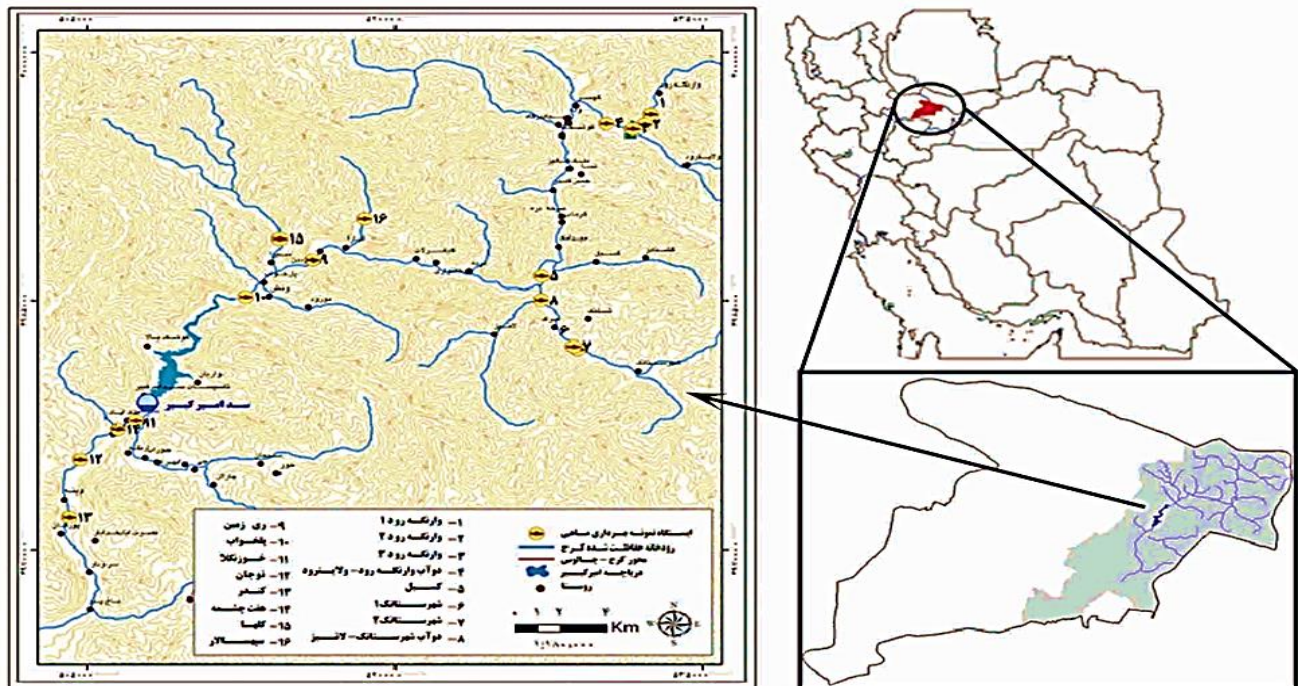
کاهش در جمعیت این گونه در رودخانه کرج گزارش گردیده است. رودخانه کرج یکی از هفت رودخانه حفاظت شده کشور است که اگرچه به دلیل تأمین آب شرب پایتخت، جاذبه گردشگری و جزو معدود زیستگاه‌های گونه ماهی قزل‌آلا خال قرمز دارای اهمیت است، اما مطالعات جامع روی آبیان این رودخانه محدود بوده و در حال حاضر به دلیل استقرار واحدهای خدماتی، اراضی کشاورزی، مراکز مسکونی روستایی، ورود انواع فاضلاب‌های شهری و کشاورزی، ایجاد سد و صید غیرمجاز حیات این گونه را تهدید می‌کند و برای جلوگیری از این موضوع باید اقدامات حفاظتی صورت گیرد و در این مسیر تعیین ویژگی‌های انتخابی این گونه به‌عنوان بهترین شرایط زیست و یا زیستگاه می‌تواند به بهسازی محیط زیست این گونه و افزایش ذخیره ژنی آن در محیط کمک نماید. لذا، هدف از انجام این پژوهش شناخت مهم‌ترین متغیرهای محیطی موثر در انتخاب زیستگاه توسط قزل‌آلای خال قرمز تعیین شد.

مواد و روش‌ها

مکان نمونه‌برداری: رودخانه کرج در منطقه مورد مطالعه در سلسله کوه‌های البرز و بین ۲۷° تا ۵۱°، ۳۵' تا ۵۱°، ۳۵' طول شرقی ۲۷° تا ۳۵°، ۱۱' عرض شمالی واقع شده که مرتفع‌ترین و پست‌ترین نقاط آن به ترتیب دارای ارتفاع ۴۲۰۰ و ۱۶۰۰ متر از سطح دریا است. طول تقریبی این رودخانه ۷۵ کیلومتر بوده و از رودخانه‌های پرآب دامنه جنوبی البرز و دائمی است که ۲۲/۳ درصد حوزه آن جز شاخه‌های فصلی است و در حدفاصل بیلقان تا دیزین واقع شده است و از ارتفاعات خرسنگ‌کوه و دو سرشاخه مهم وارنگ‌رود و ولایت‌رود سرچشمه مشروب شده و پس از عبور از شیب تند دره‌ها و صخره‌ها و با پیوستن سرشاخه‌ها در حوالی تلاقی رودخانه واریان و پس از ۶۲/۳ کیلومتر به دریاچه سد امیرکبیر به دریاچه سد امیرکبیر منتهی شده و در نهایت به دریاچه نمک در نزدیکی شهر قم می‌ریزد (شکل ۱) (خراسانی و همکاران، ۱۳۷۶).

تحت پراکنش گونه‌ها، مرتبط‌نموده و به شناسایی عوامل مؤثر بر مطلوبیت زیستگاه جهت اهداف حفاظتی و اقدامات مدیریتی کمک شایانی می‌نماید (Pearson، ۲۰۱۰). یکی از اولین روش‌ها برای ارزیابی مطلوبیت زیستگاه، استفاده از مدل‌های شاخص مطلوبیت زیستگاه (HSI) است (Johnston و Slaney، ۱۹۹۶؛ Marcus و همکاران، ۱۹۸۴). مقادیر این شاخص به‌وسیله توانایی عوامل کلیدی محیط برای تأمین نیازمندی‌های گونه انتخاب‌شده ماهی و حیات وحش تعیین می‌شود (Wanat، ۲۰۰۲). برای هر متغیر زیستگاه، دامنه مطلوبیت از صفر (نامطلوب) تا یک (حمایت کامل گونه) تعریف می‌شود (Bain و Bain، ۱۹۸۲؛ Rashleigh و همکاران، ۲۰۰۴). در واقع HSI یک نمایه عددی بوده و ظرفیت زیستگاه را برای حفاظت از گونه‌های حیات وحش نشان می‌دهد. محاسبه و به‌کارگیری شاخص مطلوبیت زیستگاه با استفاده از جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز، استنتاج HSI و تلفیق شاخص‌ها است (De Kerchhoveet و همکاران، ۲۰۰۸). توزیع بومی ماهی قزل‌آلای خال قرمز شامل اروپا، غرب آسیا و شمال آفریقا می‌شود. در ایران این ماهی در حوضه آبریز ارومیه، دریای خزر و حوضه مرکزی وجود دارد (عبدلی، ۱۳۸۷). با وجود این‌که مطالعات ارزشمندی در خصوص وضعیت رشد، مرگ و میر، تغذیه و خصوصیات زیستی این گونه در ایران به‌ویژه در حوضه دریاچه لار (اردلان و همکاران، ۱۳۸۷؛ رجبی‌نژاد و همکاران، ۱۳۸۴؛ صلواتیان و همکاران، ۱۳۹۳؛ عبدالله‌پور و همکاران، ۱۳۹۰؛ Fazli و همکاران، ۲۰۱۱) صورت پذیرفته است، اما کمتر به مطلوبیت زیستگاه این گونه توجه شده است. این گونه اگر چه در طبقه‌بندی IUCN جزو گروه دارای کمترین نگرانی، محسوب می‌شود، اما جمعیتش در ایران از وضعیت مناسبی برخوردار نیست و وضعیت حفاظتی آن در ایران، به‌شدت در آستانه انقراض ارزیابی شده است (Kiabi و همکاران، ۱۹۹۹). کاهش جمعیت و وضعیت بحرانی آن در بسیاری از حوضه‌های آبریز مشهود است (عبدلی، ۱۳۸۷). این گونه نشانگر آب‌های پاک بوده و دارای ارزش اقتصادی، خوراکی، تزئینی و صید ورزشی است (کیوانی و همکاران، ۱۳۹۵). اخیراً تغییرات





شکل ۱: موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری در رودخانه حفاظت‌شده کرج

ثبت متغیرها اقدام گردد. در هر نقطه عمق رودخانه اندازه‌گیری شد. سرعت جریان (متر بر ثانیه) به صورت نقطه‌ای با استفاده از دستگاه سرعت‌سنج (مولینه) در هر مکان از صید گونه قزل‌آلا خال قرمز اندازه‌گیری گردید و عدد فرود (Froude number) هر موقعیت از طریق معادله ذیل محاسبه می‌گردد (Gordon و همکاران، ۲۰۰۴):

$$Fr = \frac{0.5}{V/(g \times D)} \quad (1)$$

که در آن V: سرعت ستونی آب، g: شتاب جاذبه و D: عمق آب است.

در هر ایستگاه، نوع بستر (Substrate type)، پناه بستر (Substrate shelter)، پوشش گیاهی آویزان (Overhanging vegetation)، گیاهان آبی (Aquatic vegetation)، برش زیرین کناره (Undercut banks)، بریده‌های چوب (Wood debris)، ترکیب پوشش گیاهی و بریده‌های چوب (Combination of vegetation and woody debris)، زیر آبشار (Under cascade) و مناطق استخری (pool) در هر یک متر در طول ایستگاه به وسیله یک کوادرات یک متر مربع و به صورت عمود به جریان در هر ایستگاه ثبت شد تا پس‌از آن به شاخص‌های بستر (Substrate Index)، پوشش دیداری (Visual cover) و پوشش ترکیبی (Combined coverage) تبدیل گردند. کلاس‌بندی بستر مطابق شرح طبقه‌بندی Platts و همکاران (۱۹۸۳) در حین نمونه‌برداری انجام گردید که تقسیم‌بندی آن بر اساس لای (silt)، ذرات کوچکتر از ۰/۸ میلی‌متر)، ماسه (sand، ۴/۷ - ۰/۸ میلی‌متر)، شن (gravel، ۷۶ - ۴/۸ میلی‌متر)، قلوه‌سنگ (cobble، ۳۰۴ - ۷۶/۱ میلی‌متر) و تخته‌سنگ (boulder، بزرگتر از ۳۰۴ میلی‌متر) و

جمع‌آوری نمونه: در زمانی که مشاهده حضور گونه

دشوار است یا بنا به دلایل تاریخی حتی در صورت مناسب بودن زیستگاه، گونه حضور ندارد و یا این‌که زیستگاه حقیقتاً برای گونه نامساعد است، استفاده از داده‌های عدم حضور می‌تواند در نتایج اریب ایجاد کند و در نتیجه استفاده از روش‌هایی مبتنی بر نقاط حضور نتیجه مطلوب‌تری خواهد داشت (Hirzel و همکاران، ۲۰۰۲). به همین دلیل در این مطالعه صرفاً از داده‌های حضور استفاده گردید. به منظور افزایش دقت مطالعات، نمونه‌برداری طی دو سال (سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶) با انتخاب ۱۶ ایستگاه در محدوده ارتفاعی ۱۵۲۲ تا ۲۴۲۸ متر با حداکثر عمق ۴۶/۱۳ سانتی‌متر و عرض ۲۱/۸۷ متر با ثبت مختصات جغرافیایی برای هر ایستگاه انجام پذیرفت. پیش از نمونه‌برداری، بالا و پایین هر ایستگاه با تور بسته (Zippin، ۱۹۵۶) و طول یکسانی از هر رودخانه به وسیله الکتروفیشینگ DC ۲۲۰۰W دستی با سوخت بنزینی و همچنین دو ساچوک پشتیبان با چشمه شش میلی‌متری با افراد مشخص و در آخر تابستان در تاریخ و مکان یکسان هر سال توسط حداقل یک گروه چهار نفره نمونه‌گیری شد. فراوانی نمونه‌های صید شده ثبت و سپس در آب تازه رودخانه قرار گرفته و بعد از بازیابی قدرت‌شنای مجدد، به رودخانه بازگردانده شدند. به منظور برآورد فراوانی ماهی‌ها در هر ایستگاه، تعداد تلاش صیادی (به صورت نقطه‌ای و با در نظر گرفتن هر تلاش در یک متر مربع) ثبت گردیده و میزان فراوانی ماهی در ۱۰ متر مربع به دست آمد.

داده‌های زیستگاه: به منظور ثبت متغیرها در هر مکان از

صید ماهی، یک میله ۶۰ سانتی‌متری با ثبت شماره نقطه در بستر قرار داده شد تا پس از نمونه‌برداری نسبت به بازیابی و



که در این معادله c، یک متغیر محیطی، i فاصله یا طبقه‌های آن متغیر، %Uc,i درصد استفاده ماهی از یک طبقه خاصی از یک متغیر محیطی و %Ac,i درصد در دسترس بودن آن متغیر محیطی است (Guay و همکاران، ۲۰۰۰؛ Waddle، ۲۰۱۲). پس از تعیین شاخص انتخاب پذیری، شاخص مطلوبیت زیستگاه (HSI) طبق رابطه ۴ محاسبه گشت:

$$HSI = \sqrt[n]{SIV_1 \times SIV_2 \times SIV_3 \times \dots \times SIV_n} \quad (۴)$$

که در آن SIV شاخص انتخاب‌پذیری متغیرها می‌باشد.

نتایج

با توجه به کسب نتایج تقریباً مشابه در دو سال مورد مطالعه، تحلیل‌ها روی داده‌ها تلفیق شده انجام گرفت. نتایج نشان داد که ماهی قزل‌آلا خال قرمز در رودخانه کرج در عمق ۷۰-۱۰، سرعت جریان ۰/۰-۶۵/۲، عدد Froude ۰/۰-۵/۱، شاخص بستر ۳-۷، پناه‌بستر صفر-۱۱۰، پوشش دیداری صفر-۸۰، پوشش ترکیبی صفر-۳۵، مناطق استخری صفر-۷۰ پراکنش دارد که در این بین زیستگاه انتخابی آن‌ها در عمق ۴۶-۵۲ با شاخص مطلوبیت ۰/۳۰۴، سرعت جریان ۰/۰-۴۵/۴۰ با شاخص مطلوبیت ۰/۲۵۵، عدد Froude ۰/۰-۳۰/۲۶ با شاخص مطلوبیت ۰/۳۱، شاخص بستر ۳/۴-۸/۳ با شاخص مطلوبیت ۰/۳۵۴، پناه بستر ۱۰-۲۰ با شاخص مطلوبیت ۰/۲۸۷، پوشش دیداری ۵۶-۶۴ با شاخص مطلوبیت ۰/۲۸۵، پوشش ترکیبی ۱۷/۵-۲۱ با شاخص مطلوبیت ۰/۳۵۶، مناطق استخری ۲۱-۲۸ با شاخص مطلوبیت ۰/۳۳۴ بود (جدول ۱ و شکل ۲). برای هر یک از ایستگاه‌ها شاخص مطلوبیت زیستگاه محاسبه گردید که نتایج آن در جدول ۲ قابل مشاهده است. ایستگاه‌های ۱، ۶ و ۷ دارای بالاترین میزان شاخص مطلوبیت زیستگاه می‌باشند. در بین متغیرهای مورد بررسی در رودخانه کرج، شاخص عدد Froude دارای بیش‌ترین (۰/۳۱) و پوشش ترکیبی کمترین مقدار (۰/۰۲) شاخص مطلوبیت برای گونه قزل‌آلا خال قرمز بودند (جدول ۳).

سنگ‌بستر (bedrock) است. پناه بستر به‌عنوان هر فضای در دسترس بینابینی بستر برای حفاظت ماهیان تعریف می‌شود. منظور از پوشش عناصری غیر از بستر بوده که به‌عنوان حفاظت ماهیان در برابر شکارگران و هر موقعیت ناسازگار زیست محیطی محسوب می‌گردد. انواع پوشش به‌صورت کلاس‌های گیاهان آبی یا برآمده و آویزان، بقایای چوبی، برش زیرین کناره رودخانه، پوشش ترکیبی (ترکیب گیاه و بقایای چوب) مناطق استخری و زیر آبشارهای کوچک است. طبقه‌بندی پوشش نیز این‌گونه تعریف گردید که در آن نوع پوششی که اغلب حفاظتی دیداری را در برابر شکارگرها (گیاهان برآمده و آویزان و برش زیرین‌کناره رودخانه) به‌عنوان پوشش دیداری معرفی می‌گردد. این عناصر از عناصری که دو کارکرد حفاظت دیداری و پناهگاه را در برابر سرعت خیلی زیاد جریان (گیاهان آبی، بقایای چوبی، پوشش ترکیبی و زیر آبشار کوچک) را دارند، متفاوت است که از این به بعد به‌عنوان پوشش ترکیبی معرفی می‌گردند. تمام شاخص‌های فوق به‌صورت دیداری و به‌صورت درصد ثبت گشت.

تحلیل آماری: شاخص بستر به‌روش (Jowett و همکاران، ۲۰۰۸) و طبق رابطه ذیل محاسبه گردید:

(۲)

=شاخص بستر

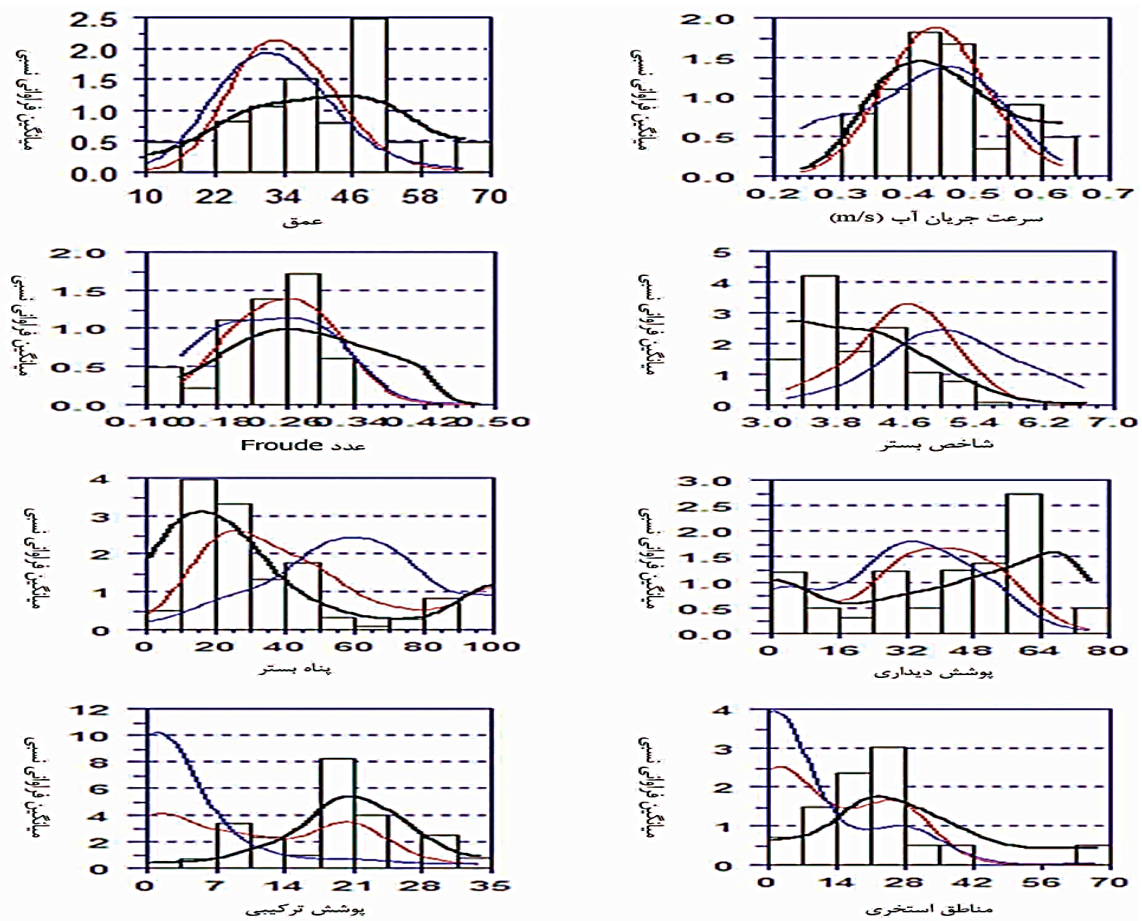
$$0.08 \times (\text{مساحت ناحیه سنگ صخره‌ای}) + 0.07 \times (\text{مساحت ناحیه تخته‌سنگی}) + 0.06 \times (\text{مساحت ناحیه قله‌سنگ}) + 0.05 \times (\text{مساحت ناحیه شنی}) + 0.035 \times (\text{مساحت ناحیه ماسه‌ای})$$

در نهایت انتخاب زیستگاه، زیستگاه مورد استفاده و میزان در دسترس بودن زیستگاه برای قزل‌آلا خال قرمز با استفاده از نرم‌افزار (Habsel (version ۱/۰۰) Habitat Selection) به‌دست آمد. به‌صورتی که محدوده مربوط به هر متغیر با توجه به کلاس‌های در نظر گرفته شده و فراوانی نسبی ماهی مشخص گردید. شاخص انتخاب‌پذیری (SI) برای گونه طبق رابطه ۳ محاسبه شد:

$$SIc,i = \%Uc,i \quad (3)$$

/%Ac,i





شکل ۲: نمودارهای محدوده‌های زیستگاه مورد استفاده (منحنی قرمز رنگ)، در دسترس (منحنی آبی رنگ) و انتخاب شده (منحنی مشکی رنگ) توسط ماهی قزل آلا خال قرمز در رودخانه کرج

جدول ۱: طبقه‌بندی متغیرهای زیستگاهی و شاخص مطلوبیت هر طبقه برای گونه قزل آلا خال قرمز

عمق (سانتی متر)	SI	سرعت جریان (متر بر ثانیه)	SI	عدد فروید	SI	شاخص بستر	SI	پناه بستر	SI	پوشش دیداری	SI	پوشش ترکیبی	SI	مناطق استخری	SI
۱۰ ≤ ۱۶	۰/۰۶۱	۰/۲۵ ≤ ۰/۲۵	۰	۰/۱۰ ≤ ۰/۱۴	۰/۰۹	۳ ≤ ۳/۴	۰/۱۲۵	۰ ≤ ۱۰	۰/۰۳۶	۰ ≤ ۸	۰/۱۲۵	۰ ≤ ۳/۵	۰/۰۱۹	۰ ≤ ۷	۰/۰۷۸
۱۶ ≤ ۲۲	۰	۰/۲۵ ≤ ۰/۳	۰	۰/۱۴ ≤ ۰/۱۸	۰/۰۴	۳/۴ ≤ ۳/۸	۰/۳۵۴	۱۰ ≤ ۲۰	۰/۲۸۷	۸ ≤ ۱۶	۰/۰۵۲	۳/۵ ≤ ۷	۰/۰۲۹	۷ ≤ ۱۴	۰/۱۶۴
۲۲ ≤ ۲۸	۰/۱۰۱	۰/۳۵ ≤ ۰/۴	۰/۱۱۱	۰/۲۲ ≤ ۰/۲۶	۰/۲۰۱	۴/۲ ≤ ۴/۶	۰/۱۴۶	۲۰ ≤ ۳۰	۰/۲۴۱	۱۶ ≤ ۲۴	۰/۰۳۲	۷ ≤ ۱۰/۵	۰/۱۴۴	۲۱ ≤ ۲۸	۰/۳۳۴
۲۸ ≤ ۳۴	۰/۱۳	۰/۴ ≤ ۰/۴۵	۰/۱۵۴	۰/۲۶ ≤ ۰/۳	۰/۲۵	۴/۶ ≤ ۵	۰/۲۱۱	۳۰ ≤ ۴۰	۰/۰۹۶	۲۴ ≤ ۳۲	۰/۱۲۸	۱۰/۵ ≤ ۱۴	۰/۱	۲۸ ≤ ۳۵	۰/۰۵۵
۳۴ ≤ ۴۰	۰/۱۸۶	۰/۴۵ ≤ ۰/۵	۰/۲۵۵	۰/۳ ≤ ۰/۳۴	۰/۳۱	۵ ≤ ۵/۴	۰/۰۸۸	۴۰ ≤ ۵۰	۰/۱۲۸	۳۲ ≤ ۴۰	۰/۰۵۲	۱۴ ≤ ۱۷/۵	۰/۰۴۳	۳۵ ≤ ۴۲	۰/۰۵۵
۴۰ ≤ ۴۶	۰/۰۹۷	۰/۵ ≤ ۰/۵۵	۰/۲۳۵	۰/۳۴ ≤ ۰/۳۸	۰/۱۰۹	۵/۴ ≤ ۵/۸	۰/۰۶۴	۵۰ ≤ ۶۰	۰/۰۲۴	۴۰ ≤ ۴۸	۰/۱۳	۱۷/۵ ≤ ۲۱	۰/۳۵۶	۴۲ ≤ ۴۹	۰/۰۵۵
۴۶ ≤ ۵۲	۰/۳۰۴	۰/۵۵ ≤ ۰/۶	۰/۰۴۸	۰/۳۸ ≤ ۰/۴۲	۰	۵/۸ ≤ ۶/۲	۰/۰۰۸	۶۰ ≤ ۷۰	۰/۰۰۷	۴۸ ≤ ۵۶	۰/۱۴۴	۲۱ ≤ ۲۴/۵	۰/۱۷۱	۴۹ ≤ ۴۹	۰
۵۲ ≤ ۵۸	۰/۰۶۱	۰/۶ ≤ ۰/۶۵	۰/۱۲۷	۰/۴۲ ≤ ۰/۴۶	۰	۶/۲ ≤ ۶/۶	۰/۰۰۴	۷۰ ≤ ۸۰	۰/۰۲	۵۶ ≤ ۶۴	۰/۲۸۵	۲۴/۵ ≤ ۲۸	۰	۴۹ ≤ ۵۶	۰
۵۸ ≤ ۶۴	۰	۰/۶۵ ≤ ۰/۷	۰/۰۶۹	۰/۴۶ ≤ ۰/۵	۰	۶/۶ ≤ ۷	۰/۰۰۴	۸۰ ≤ ۹۰	۰/۰۰۶	۶۴ ≤ ۷۲	۰	۲۸ ≤ ۳۱/۵	۰/۱۰۷	۵۶ ≤ ۶۳	۰
۶۴ ≤ ۷۰	۰/۰۶۱	۰/۷ ≤ ۰/۷۵	۰/۰۶۹	۰/۵ ≤ ۰/۵	۰/۱۰۹	۷ ≤ ۷/۴	۰/۱۲۵	۹۰ ≤ ۱۰۰	۰/۱۰۲	۷۲ ≤ ۸۰	۰/۰۵۲	۳۱/۵ ≤ ۳۵	۰/۰۳۲	۶۳ ≤ ۷۰	۰/۰۵۵

جدول ۲: محاسبه مقدار مطلوبیت زیستگاه HSI برای هر یک از ایستگاهها

ایستگاه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶
HSI	0/۱۵۸	0/۱۲۲	0/۱۵۵	0/۰۹۹	0/۰۷۶	0/۱۵۸	0/۱۵۸	0/۰۹۹	0/۰۸۲	0/۰۸۳	0/۰۹۹	0/۰۹۹	0/۰۷۶	۰	۰	۰



جدول ۳: شاخص انتخاب (SI) برای هر متغیر به همراه شاخص مطلوبیت کل (HSI)

متغیر (SI)	شاخص بستر	پناه بستر	پوشش دیداری	پوشش ترکیبی	مناطق استخری	HSI		
عمق (سانتی‌متر)	سرعت جریان (متر بر ثانیه)	عدد Froude	شاخص بستر	پناه بستر	پوشش دیداری	پوشش ترکیبی	مناطق استخری	HSI
۰/۱۳	۰/۲۳	۰/۳۱	۰/۲۱	۰/۲۴	۰/۱۲	۰/۰۲	۰/۰۸	۰/۷۲

بحث

تغییر در الگوی توزیع ماهیان تحت تأثیر فعالیت‌های بشر به‌خصوص در دهه‌های اخیر به‌طور چشمگیری نمایان شده است (Ferreira, 2007). به‌منظور حفاظت از ماهیان و بازسازی اکوسیستم‌های رودخانه‌ای نیازمند شناخت نیازهای طبیعی گونه‌ها هستیم تا بقای آن‌ها در طولانی‌مدت تأمین گردد (Garland و همکاران، 2002؛ Oberdorff و همکاران، 2001). در این بین شناخت نیازهای زیستگاهی دارای اولویت است (Lee و Yu، 2002) و این موضوع برای گونه‌های شاخصی از جمله قزل‌آلا خال قرمز دارای اهمیت حیاتی است. مطابق نتایج بالاترین شاخص مطلوبیت عدد Froude بود که این معیار تلفیقی از عوامل عمق و سرعت جریان بوده و تغییرات هماهنگی با یکدیگر دارند. Voos و همکاران (1988) نشان می‌دهد که این گونه در عمق و سرعت جریان نسبتاً بالای در دسترس حضور داشته که یکی از ویژگی‌های گونه‌های سردابی به‌خصوص در میان مناطق کوهستانی است. نتایج دیگر مطالعات نیز تأکید بر تأثیر زیاد این دو فاکتور بر پراکنش و فراوانی ماهیان دارد (Ross و Baker، 1981). سرعت جریان بر نرخ شستشوی بی‌مهرگان و عمق آب به‌عنوان محافظی در برابر شکارچیان خشکی و هوایی دارای اهمیت است (Guay، 2000). همچنین عواملی مانند میزان نور، دما، تراکم مواد غذایی، میزان تولید اولیه و ثانویه در زیستگاه‌های آبی تحت تأثیر این دو عامل است (Damalas و همکاران، 2010). Boets و همکاران (2018) نشان دادند که سرعت جریان، فضاهای پنهان شدن و موقعیت‌های استخری بیش‌ترین اهمیت برای زیست قزل‌آلا را دارا هستند، نتایج اخیر تاییدکننده دو عامل اول بوده اما در خصوص موقعیت‌های استخری، با توجه به این‌که تعداد زیادی از نمونه‌های این تحقیق در سایزهای کوچک‌تر بوده به‌جای مناطق استخری تمایل به زیستگاه‌هایی با موقعیت پناه بستر داشتند. اما پوشش ترکیبی کم‌ترین شاخص مطلوبیت زیستگاه برای گونه ماهی قزل‌آلا خال قرمز را داشت و این می‌تواند ناشی از این موضوع باشد که رودخانه کرج در زیستگاه‌های خود محدودیت‌های از نظر داشتن گیاهان آبی، بقایای چوبی، پوشش ترکیبی و آبشار داشته است اما در عوض پوشش دیداری که وظیفه حفاظت گونه را در برابر شکارگرها با استفاده از گیاهان برآمده و آویزان و برش زیرین کناره رودخانه داشته شاخص مهمی بود. البته ۲۷ درصد رودخانه کرج فاقد پوشش گیاهی و ۴۰ درصد آن مخلوطی از بوته‌های و گونه‌های خانواده گرامینه است و اهمیت پوشش دیداری و تخریب پوشش گیاهی در اثر چرای دام، ویلاسازی و ایجاد واحدهای خدماتی پذیرایی در حاشیه رودخانه همچنین فعالیت‌های مربوط به جادسازی تهران شمال و تأثیرات مخرب آن بر روی بستر این رودخانه می‌تواند در آینده حیات گونه را تهدید نماید. بالا بودن مطلوبیت پناه بستر که هر فضای در دسترس بینابینی بستر برای حفاظت ماهیان تعریف می‌شود، می‌تواند به‌دلیل حفاظت ماهیان در برابر تغییرات

شدید و ناگهانی دبی آبی در مناطق مرتفع همچنین تنش کاهش اثرات تنش صیادی در رودخانه کرج باشد. عامل شاخص بستر نیز به‌عنوان یک عامل قابل‌توجه در این مطالعه مورد نظر قرار گرفت. بسترهایی که دارای قطعات سنگی بزرگ به‌دلیل ایجاد سطح بزرگ‌تر پشت سنگ‌ها دارای تراکم بیش‌تر مواد غذایی است که برای این‌گونه دارای اهمیت است (Abdoli، 2000).

محاسبه شاخص مطلوبیت زیستگاه نشان داد رودخانه کرج زیستگاه مناسبی برای این گونه است هرچند این میزان با توجه به نتایج شاخص مطلوبیت بالاتر در مناطق بالادست بیش‌تر است. این موضوع نظر به این دارد چنان‌چه در زیستگاهی نیاز به معرفی مجدد این گونه است مناطق بالادست و سرشاخه‌ها از اولویت بالاتری نسبت به رودخانه اصلی برخوردارند، چرا که ملو از بی‌مهرگان بوده که غذای اصلی این گونه محسوب می‌گردد (Boets، 2018). همچنین با عنایت به محدود بودن منابع مالی جهت حفاظت گونه‌ها، در خصوص رودخانه کرج این بخش از رودخانه به‌منظور حفاظت از اهمیت بیش‌تری برخوردار است. حضور ماهی قزل‌آلا در بالادست علی‌رغم موقعیت محیطی فوق‌العاده متغیر این بخش از رودخانه نسبت به نواحی پایین‌دست که در صورت عدم تأثیر انسان‌شناختی، اغلب پایدارتر می‌باشند (Wilde و Ostrand، 2002)، می‌تواند ناشی از توانایی بالای این گونه در غلبه بر شرایط فوق، برخلاف سایر گونه‌ها باشد (Agostinho و همکاران، 2004). شایان ذکر است در سه ایستگاه علی‌رغم حاکم بودن شرایط مناسب زیستی، طی هر دو سال با تلاش‌های صورت گرفته، صیدی حاصل نگشت. در صورتی‌که پرسوجوهای محلی حاکی از حضور گونه در سال‌های گذشته دارد. این عدم حضور می‌تواند ناشی از اختلالات انسانی بر اکوسیستم‌های آب شیرین (Hariri و همکاران، 2018) یا تغییرات اقلیمی بسیار شدید مانند سیل باشد که باید از طریق برنامه‌ریزی علمی احیاء گردد. در نهایت با وجود این‌که وضعیت بوم‌شناسی رودخانه کرج به‌خصوص در مناطق بالادست شرایط مطلوبی را جهت زیست‌ماهی قزل‌آلا خال قرمز فراهم نموده، اما هر گونه تغییر در خصوصیات هیدرولوژیک رودخانه‌ها در اثر فعالیت‌های انسانی، می‌تواند تأثیر قابل‌توجهی بر بقا و موفقیت تولیدمثلی ماهیان (Ahmadi-Nedushan و همکاران، 2006؛ Rosenfeld، 2003).

به‌خصوص گونه مورد مطالعه گذارد. شواهد و قرائن حاکی از آن است که مشکلاتی از جمله برداشت بی‌رویه و غیراصولی‌شن و ماسه، تصرفات غیرمجاز بستر و حریم رودخانه، ورود آلاینده‌های زیست‌محیطی و اثرات ناشی از احداث آذراه تهران شمال روی عوامل فیزیکی و ساختاری زیستگاه‌های رودخانه کرج و ماهیان آن اثر گذاشته و باید نسبت به رفع موارد یادشده اقدام شود. به‌منظور کنترل عوامل فوق و افزایش مطلوبیت زیستگاه این گونه به‌خصوص تأثیر مطلوب بر روی عواملی هم- چون عمق، سرعت جریان، بستر و پوشش دیداری، احیای

12. **Bain, M.B. and Bain, J.L., 1982.** Habitat suitability index models: Coastal stocks of striped bass U.S. Fish and Wildlife Service. Office of biological services, Washington D.C. 29 p.
13. **Baker, J.A. and Ross S.T., 1981.** Spatial and temporal resource utilization by southeastern cyprinids. *Copeia*. Vol. 1981, No. 1, pp: 178-189.
14. **Boets, P.; Gobeyn, S.; Dillen, A.; Poelman, E.; Goethals, P.L.M. and Bobee B., 2018.** Assessing the suitable habitat for reintroduction of brown trout (*Salmo trutta forma fario*) in a lowland river: A modeling approach. *Ecology and Evaluation*. Vol. 8, pp: 5191-5205.
15. **Damalas, D.; Maravelias, C.D.; Katsanevakis, S.; Karageorgis, A.P. and Papaconstantinou, C., 2010.** Seasonal abundance of non-commercial demersal fish in the easter Mediterranean Sea in relation to hydrographic and sediment characteristics. Vol. 89, No. 1, pp: 107-118.
16. **De Kerckhove, D.T.; Smokokowski, K.E. and Randall, R.G., 2008.** A primer on fish habitat models, Canadian Technical. Report of Fisheries and Aquatic Sciences. No. 2817, pp: 71.
17. **Fazli, H.; Azari, H.; Moghim, M.; Kor, D.; Nabavi Jelodar, E. and Taleshian, H., 2011.** Growth and mortality of brown trout, *Salmo trutta fario* in Lar dam, Iran. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*. Vol. 11, No. 1, pp: 37-47.
18. **Ferreira, K.M., 2007.** Biology and ecomorphology of stream fishes from the Rio Mogi-Guaçu basin, Southeastern Brazil. *Neotropical Ichthyology*. Vol. 5, No. 3, pp: 311-326.
19. **Garland, R.D.; Tiffan, K.F.; Rondorf, D.W. and Clark, L.O., 2002.** Comparison of subyearling fall Chinook salmon's use of riprap revetments and unaltered habitats in Lake Wallula of the Columbia River. *North American Journal of Fisheries Management*. Vol. 22, No. 4, pp: 1283-1289.
20. **Gordon, N.D.; McMahon, T.A.; Finlayson, B.L.; Gippel, C.J. and Nathan, R.J., 2004.** Stream Hydrology: An Introduction for ecologists, second ed. Wiley and Sons Inc.
21. **Guay, J.C.; 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*. Vol. 57, pp: 2065-2075.
22. **Hariri, M.; Mirvaghefi, A.; Farahmand, H.; Taghavi, L. and Shahabinia, A., 2018.** In situ assessment of Karaj River genotoxic impact with the alkaline comet assay and micronucleus test, on feral brown trout. *Environmental Toxicology and Pharmacology*. Vol. 58, pp: 59-69.
23. **Hirzel, A.H.; Hausser, J.; Chessel, D. and Perrin, N., 2002.** Ecological Niche Factor Analysis: How to compute habitat suitability maps without absent data? *Ecology*. Vol. 83, pp: 2027-2036.
24. **Johnston, N.T. and Slaney, P.A., 1996.** Fish habitat assessment procedures. Watershed restoration technical circular No. 8. University of British Columbia. 97 p.
25. **Jowett, I.G. and Richardson, J., 2008.** Habitat use by New Zealand fish and habitat suitability models. *NIWA Science and Technology Series*. No. 55, pp: 148.
26. **Kiabi, B.H.; Abdoli, A. and Naderi, M., 1999.** Status of the fish fauna in the South Caspian Basin of Iran. *Zoology in the Middle East*. Vol. 18, pp: 57-65.
27. **Marcus, M.D.; Hubert, W.A. and Anderson, S.H., 1984.** Habitat suitability index models: Lake trout (exclusive of the Great lakes). *U.S. Fish Wild. Serv.* 12 p.
28. **McCain, M.E., 1992.** Comparison of Habitat Use and Availability for Juvenile Fall Chinook salmon in A Tributary of the Smith River, CA. *Fish Habitat Relationship (FHR) Technical Bulletin*. No. 7, pp: 1-9.
29. **Morris, D.W., 2011.** Adaptation and habitat selection in the eco-evolutionary process. *Proc. R. Soc. B Biol. Sci.* Vol. 278, pp: 2401-2411.
- پوشش گیاهی حاشیه رودخانه با گیاهان بومی منطقه، پایش بیش-تر منطقه به‌خصوص در مناطق بالادست به‌دلیل جلوگیری از هر دست اندازی، تخلیه نخاله و پسماند، جلوگیری از چرای دام در مناطق بالادست به جهت پیشگیری از تخریب مراتع و سیل‌های محتمل و لایروبی اصولی با دید بوم‌شناسی الزامی است. در انتها باید متذکر شد که این نوع مطالعات می‌تواند به درک ارتباط بین تغییرات منغیرهای زیستگاه و شرایط جوامع ماهیان و ارائه طرح‌های حفاظتی به مدیران کمک نماید و چنان‌چه این قبیل مطالعات با تفکیک رده‌های سنی انجام گیرد، شناخت عمیق‌تری از تفاوت مطلوبیت زیستگاه بین ماهیان بالغ و نابالغ به‌دست می‌دهد و مدیریت و حفاظت از منابع را بهینه می‌نماید.
- ### منابع
1. **اردلان، م.؛ رحمانی، م.ر. و کاوه، ع.، 1387.** بررسی تنوع مورفولوژیکی جمعیت‌های قزل‌آلای خال قرمز (*Salmo trutta*) در سه حوضه ابریز دریاچه نمک، ارومیه و خزر. پانزدهمین کنفرانس سراسری و سومین کنفرانس بین‌المللی زیست‌شناسی ایران. دانشگاه تهران. صفحات 81 تا 82.
 2. **خراسانی، ن.، 1376.** بررسی و مدیریت زیست‌محیطی منابع آب و خاک استان تهران. جلد اول، بررسی چگونگی مدیریت زیست محیطی منابع آبی رودخانه کرج. سازمان حفاظت محیط‌زیست.
 3. **رجبی‌نژاد، ر.؛ آذری‌تاکامی، ق.؛ اسماعیلی‌ساری، ع. و نیکویان، ع.ر.، 1384.** ارتباط بین تغذیه طبیعی ماهی قزل‌آلای خال قرمز (*Salmo trutta fario*) با تراکم زی‌توده کف زیان دریاچه سد لار. مجله بیولوژی دریا. سال 2، شماره 8، صفحات 37 تا 79.
 4. **صلواتیان، م.؛ عباسی، ک.؛ آذری‌تاکامی، ق.؛ مرادی، م. و بختیارآق‌مسجد، ش.، 1393.** بررسی وضعیت رشد ماهی قزل‌آلای خال قرمز (*Salmo trutta fario*) در حوزه دریاچه سد لار. فصلنامه زیست‌شناسی جانوری دانشگاه آزاد اسلامی واحد دامغان. سال 7، شماره 2، صفحات 35 تا 48.
 5. **طباطبایی، س.ن.؛ ایگدری، س.؛ کابلی، م.؛ جوائشیر، ا. و هاشم‌زاده، ا.، 1392.** بررسی فاکتورهای محیطی مؤثر در پراکنش سگ‌ماهی جویباری در رودخانه کردان. نشریه شیلات، مجله منابع طبیعی ایران. شماره 2، صفحات 159 تا 171.
 6. **عبدالله‌پور، ح.؛ صلواتیان، م.و. و عباسی، ک.، 1390.** گزارش نهایی بررسی خصوصیات زیستی قزل‌آلای خال قرمز رودخانه-های حوزه جنوبی دریای خزر (حویق، شفارود، تنکابن و لار). انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد تالش. 738 صفحه.
 7. **عبدلی، ا.، 1378.** ماهیان آب‌های داخلی ایران. تهران. موزه طبیعت و حیات وحش دارآباد. 378 صفحه.
 8. **کیوانی، ی.؛ نصری، م.؛ عباسی، ک. و عبدلی، ا.، 1395.** اطلس ماهیان آب‌های داخلی ایران. جهاد دانشگاهی، واحد استان البرز (خوارزمی). 218 صفحه.
 9. **Abdoli, A., 2000.** The Inland Water Fishes of Iran. Tehran: Iranian Museum of Nature and Wildlife. pp: 377. (In Persian).
 10. **Agostinho, A.A.; Gomes, J.C. and Latini, J.D., 2004.** Fisheries management in Brazilian reservoirs: lessons from/for South America. *Interciencia*. Vol. 29, pp: 334-338.
 11. **Ahmadi-Nedushan, B.; ST-Hilare, A.; Berube, M., Robichaud, E.; Thiemonge, N. and Bobee B., 2006.** A review of statistical methods for the evaluation of aquatic habitat suitability for instream flow assessment. *River Research and Applications*. Vol. 22, pp: 503-523.



30. **Morrison, M.L.; Marcot, B.G. and Mannan, R.W., 2006.** Wildlife-habitat Relationships: Concepts and Applications third ed. Island Press. Washington. 250 p.
31. **Oberdorff, T.; Pont, D.; Hugueny, B. and Chessel, D., 2001.** A probabilistic model characterizing fish assemblages of French rivers: a framework for environmental assessment. *Freshwater Biology*. Vol. 46, No. 3, pp: 399-415.
32. **Ostrand, K.G. and Wilde, G.R., 2002.** Seasonal and spatial variation in a prairie stream-fish assemblage. *Ecology of Freshwater Fish*. Vol. 11, pp: 137-149.
33. **Pearson, R.G., 2010.** Species' distribution modeling for conservation educators and practitioners. *Lessons Conserve*. Vol. 3, pp: 54-89.
34. **Platts, W.S.; Megahan, W.F. and Minshall, G.W., 1983.** Methods for Evaluating Stream, Riparian and Biotic Conditions. General Technical Report 138. US Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station, Ogden. Available at: <http://www.treesearch.fs.fed.us/pubs/29138>.
35. **Porter, M.S.; Rosenfeld, J. and Parkinson, E.A., 2000.** Predictive models of fish species distribution in the Blackwater drainage, British Columbia. *North American J of fisheries management*. Vol. 20, No. 2, pp: 349-359.
36. **Railsback, S.F.; Stauffer, H.B. and Harvey, B.C., 2003.** What can habitat preference models tell us? Tests using a virtual trout population. *Ecol. Appl.* Vol. 13, pp: 1580-1594.
37. **Rashleigh, B.; Barber, M.C.; Cyterski, M.; Johnston, J.; Pamar, R. and Mohamoud, Y., 2004.** Population Models for Stream Fish Response to Habitat and Hydrologic Alteration: The Cvi watershed tool, Environmental protection Agency, office of research & development, Athens, GA, USA.
38. **Rosenfeld, J., 2003.** Assessing the habitat requirement of stream fishes: An overview and evaluation of different approaches. *Transaction of the American Fisheries Society*. Vol. 132, pp: 953-968.
39. **Rosenfeld, J.S.; Leiter, T.; Lindner, G. and Rothman, L., 2005.** Food abundance and fish density alters habitat selection, growth, and habitat suitability curves for juvenile coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* Vol. 62, pp: 1691-1701
40. **Voos, K.A.; Lifton, W.S. and Consultants, W.C., 1988.** Development of a bivariate depth and velocity suitability function for Dolly Varden 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.
41. **Waddle, T.J., 2012.** PHABSIM for Windows user's manual and exercises: U.S. Geological survey open-file report. 288 p.
42. **Wanat, J., 2002.** Using habitat suitability models to identify essential fish habitat for the winter flounder pseudopleurone, University of New Hampshire, MSc Thesis.
43. **Yu, S.L. and Lee, T.W., 2002.** Habitat preference of the stream fish, *Sinogastromyzon puliensis* (Homalopteridae). *Zoological Studies-Taipei*. Vol. 41, No. 2, pp: 183-187.
44. **Zippin, C., 1956.** An evaluation of the removal method of estimating animal populations. *Biometrics*. Vol. 12, pp: 163-189.

