

ارزیابی تأثیر شرایط اکولوژیکی و متغیرهای فیزیکی رودخانه دینور آب استان کرمانشاه بر شاخص مطلوبیت زیستگاه ماهی شاه کولی سلال (*Alburnus sellal* Heckel, 1843)

زهرا پیشکاه پور^۱، هادی پورباقر^{۲*}، سهیل ایگدری^۲

۱. دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

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

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۲/۷ تاریخ تصویب: ۱۳۹۸/۳/۱۸

چکیده

پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر شرایط اکولوژیکی، متغیرهای فیزیکی رودخانه و تعیین روش مناسب شاخص مطلوبیت زیستگاه ماهی شاه کولی سلال *Alburnus sellal* در رودخانه دینور آب استان کرمانشاه به اجرا درآمد. بدین منظور مطالعات میدانی اندازه‌گیری فاکتورهای اکولوژیکی، متغیرهای فیزیکی زیستگاه (عمق آب، عرض رودخانه، سرعت جریان، دمای آب، درصد سنگ بستر، قطر متوسط سنگ، نوع پوشش گیاهی بستر، مجموع ذرات جامد محلول، هدایت الکتریکی و pH) در تیرماه ۱۳۹۵ از پایین دست رودخانه به سمت بالادست در بازه ۱ کیلومتری انجام شد و تعداد ۸۵۴ قطعه ماهی در کل ایستگاه‌ها صید گردید. شاخص مطلوبیت زیستگاه هر ایستگاه به چهار روش میانگین حسابی، میانگین هندسی، حداقل و حداکثر محاسبه گردید. نتایج نشان داد مدل میانگین حسابی نسبت به سایر میانگین‌های مورد بررسی، بهترین روش برای محاسبه شاخص مطلوبیت زیستگاه در این مطالعه می‌باشد که در ایستگاه دوم با شاخص مطلوبیت زیستگاه ۰/۸، مطلوب‌ترین زیستگاه برای ماهی شاه کولی سلال می‌باشد. با به دست آوردن مساحت مطلوب زیستگاه مشخص گردید میزان ۴۰۶/۸۰۱ مترمربع از رودخانه برای زیست گونه شاه کولی سلال مناسب می‌باشد. ارزیابی شرایط زیستگاهی انتخابی این ماهی بومی می‌تواند در مدیریت اکوسیستم رودخانه دینور آب و محافظت از زیستگاه مناسب ماهی در مطالعات زیست‌محیطی منابع آب، مفید واقع شود.

واژگان کلیدی: زیستگاه، رودخانه دینور آب، مساحت قابل استفاده وزنی، مطلوبیت زیستگاه.

۱. مقدمه

در اکوسیستم‌های آبی مانند رودخانه‌ها، گیاهان و جانورانی وجود دارند که خود را با محیط آبی وفق داده و در واقع جهت تهیه غذا، پناهگاه و سایر نیازهای خود به محیط آبی وابستگی پیدا می‌کنند. مهم‌ترین عضو اکوسیستم‌های رودخانه‌ای، ماهیان می‌باشند که بسته به جنس و گونه به اکوسیستم آبی ارزش می‌دهند. اکولوژیست‌ها بیان می‌دارند که حضور گونه‌های ماهیان در یک اکوسیستم تصادفی نبوده و مجموعه شرایط زیست‌محیطی است که موجب رشد، تکثیر و افزایش تراکم بعضی گونه‌ها و حذف برخی گونه‌های دیگر می‌شود (Hickey et al., 2015; Xue et al., 2017).

امروزه توسعه صنعتی، آثار مخرب و زیان‌باری بر وضعیت محیط زیستی رودخانه‌ها گذاشته است و به دنبال آن موجب کاهش آبزیان در سراسر جهان، از جمله کشور ایران شده است (Sedighkia et al., 2017). با توجه به این‌که ایران در شمار کشورهای در حال توسعه می‌باشد، چنانچه به مسائل محیط‌زیستی توجه نشود، نه تنها توسعه اقتصادی حاصل نمی‌شود بلکه مشکلات و پیامدهای جبران‌ناپذیری را به دنبال خواهد (Naderi et al., 2018). افزایش کیفیت و بازسازی شرایط زیستگاهی ماهی تأثیر به‌سزایی در پویایی جمعیت ماهیان رودخانه‌ای دارد و نیازمند افزایش دانش بشری در زمینه فرایندهای طبیعی در محیط‌زیست به ویژه اکوسیستم رودخانه‌ای می‌باشد (Nagendra et al., 2013). در واقع شناخت روابط بین پارامترهای مختلف فیزیکی، شیمیایی و هیدرولوژیکی زیستگاه برای بازسازی اکوسیستم‌های رودخانه‌ای تغییر یافته، ضروری است (Lee et al., 2010; Moyle et al., 2017).

مدیریت و ارزیابی پیکره‌های آبی نیازمند شاخص‌های بیولوژیکی است. این شاخص‌ها می‌توانند انواعی از گیاهان یا جانوران باشند، اما در این خصوص ماهیان به دلیل حضور در اکثر منابع آبی، اشغال زیستگاه‌ها و سطوح مختلف تروفی و شناخت بیشتری که در مورد رده‌بندی، خصوصیات اکولوژیکی و گستره زندگی آن‌ها نسبت به سایر جوامع آبی وجود دارد، می‌تواند شرایط آن زیستگاه را به لحاظ زیستی معرفی

نماید (Canter and Atkinson, 2011).

مطالعات انجام شده درباره جوامع ماهیان رودخانه‌ها نشان می‌دهد فاکتورهای زیستی (فراوانی ماهی، بنتوزها و فیتوپلانکتون‌ها) و غیر زیستی (دما، سرعت جریان آب و نوع بستر رودخانه) در پراکنش و فراوانی گونه‌های ماهیان مختلف مؤثر بوده و روی غنای گونه‌ای، تنوع گونه‌ای و تولیدات ماهیان بسیار مؤثر است (Dolatpour et al., 2016; Zamani Faradonbe et al., 2017; Sedighkia et al., 2018). انتخاب زیستگاه و پراکنش گونه‌ها حاصل پاسخ افراد یک گونه به عواملی نظیر نیازهای تغذیه‌ای، متغیرهای اقلیمی، خطر طعمه‌خواری، فعالیت‌های انسانی و عوامل محیطی است (Hackradt et al., 2011; Sedighkia et al., 2018). روابط زیستگاه و گونه، پیش‌فرض‌های به کار گرفته شده در ساخت مدل‌های شاخص مطلوبیت زیستگاه است، که به شناخت اهمیت عوامل زیستگاهی در زندگی جانوران کمک می‌کند (Xue et al., 2017; Ashtab et al., 2017). در تعیین ارتباط میان یک گونه و ویژگی‌های محیطی، بایستی اطلاعات مربوط به حضور گونه، فراوانی آن و متغیرهای محیطی در آن ناحیه در نظر گرفته شود (De Kerckhove et al., 2015). با چنین اطلاعاتی می‌توان استفاده از زیستگاه مناسب و انتخاب زیستگاه یک گونه را مشخص نمود. زیستگاه‌های آب جاری معمولاً وابسته به فیزیک زیستگاه است و ویژگی‌های فیزیکی زیستگاه، عمق آب، دما، سرعت جریان، شیب، شاخص کف کانال، برای رشد و بقای گونه‌های ماهی در مراحل مختلف زندگی مهم هستند (Eloranta et al., 2015; Zarei et al., 2016; Sedighkia et al., 2017). از این‌رو نیاز به روش‌هایی است که به کمک آن‌ها بتوان زیستگاه‌ها را ارزیابی و در طول زمان، کاهش کیفیت آن‌ها را بررسی نمود.

در پراکنش ماهیان ویژگی‌های هیدروبیولوژیکی رودخانه نقش به‌سزایی دارد و متغیرهای فیزیکی زیستگاه در ترجیح و اولویت انتخاب زیستگاه ماهیان در اکوسیستم‌های آبی دخیل هستند (Ahmadzadeh et al., 2018). شاخص مطلوبیت زیستگاه (Habitat Suitability Index: HSI) معمول‌ترین شاخص استفاده شده در بررسی‌های

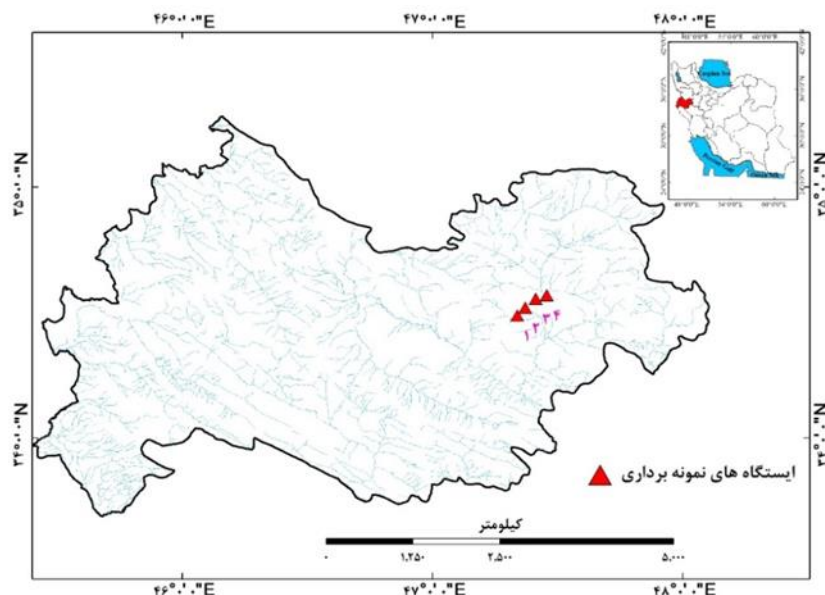
شده است و نیز پراکنش بالایی در حوضه آبریز دجله نیز دارد (Biukani *et al.*, 2013). شاه کولی سلال دارای بدنی کشیده و دوکی شکل با دهان انتهایی و بدون سیبک بوده و دارای فلس‌هایی متوسط می‌باشد (Esmaeili *et al.*, 2014). شاه کولی سلال در نهرها و دریاچه‌ها زندگی می‌کند و دامنه دمایی بالایی را تحمل می‌کند. این گونه از جلبک، حشرات آبی، دیاتومه‌ها، گیاهان در حال پوسیدن و سخت‌پوستان تغذیه می‌کند و می‌توان آن را یک گونه همه چیزخوار به حساب آورد (Esmaeili *et al.*, 2014) و به لحاظ فراوانی بالا و پراکنش وسیع در ایران از نقطه نظر اکولوژیک حائز اهمیت است. مطالعاتی در زمینه شناسایی و زیست‌شناسی این گونه در رودخانه گاماسیاب کرمانشاه (Mousavi Sabet *et al.*, 2013)، رودخانه گاماسیاب شهرستان نهاوند در استان، چشمه قدمگان استان فارس (Esmaeili *et al.*, 2007) و رودخانه کارون در استان چهارمحال و بختیاری (Coad, 2009) انجام شده است.

بروز تغییرات در شرایط طبیعی رودخانه سبب شده است زیستگاه ماهیان دستخوش تغییراتی گردد و در نتیجه آن مطلوبیت زیستگاه نیز کاهش یابد. بنابراین بایستی با استفاده از طرح‌های بهبود زیستگاه و از بین بردن عوامل محدود کننده، مطلوبیت زیستگاه را به میزان قابل توجهی افزایش داد. همچنین از مدل‌های زیستگاهی به منظور بهبود زیستگاه گونه‌های بومی کشور که دارای ارزش اقتصادی، اکولوژیکی، ورزشی و زیبایی‌شناسی هستند، استفاده گردد. با توجه به نیازهای اکولوژیکی این ماهی بومی و ضرورت‌های بیان شده و به دلیل شناخت تاثیر شاخص‌های اکولوژیکی و هیدرولیکی، مطالعه حاضر با هدف بررسی عملکرد تکنیک آماری هموارسازی هسته‌ای برای تبیین رابطه بین متغیرهای مختلف در برازش شاخص مطلوبیت زیستگاه در اکوسیستم رودخانه دینورآب، اجرا شده است. مطالعه حاضر در نظر دارد عملکرد چهار روش میانگین حسابی، هندسی، حداقل و حداکثر برای محاسبه شاخص مطلوبیت زیستگاه با استفاده از هموارسازی هسته‌ای را مورد بررسی قرار داده و در این راستا، به تحلیل ویژگی‌های مختلف زیستگاهی نیز پرداخته می‌شود.

میکروزیستگاهی است. این شاخص عددی بین صفر و یک می‌باشد که صفر نشان‌دهنده نامطلوب بودن زیستگاه از لحاظ پارامترهای موردنظر (سرعت جریان، عمق و غیره) می‌باشد و با نزدیک شدن به یک مطلوبیت زیستگاه افزایش می‌یابد (Hickey *et al.*, 2015; Zhang *et al.*, 2016).

مرور منابع مختلف نشان می‌دهد که تحقیقات گسترده‌ای در این زمینه صورت گرفته است که نتایج بعضی از آن‌ها در ادامه بیان می‌گردد. Gholizadeh و همکاران (۲۰۱۸) در مطالعه ویژگی‌های زیستگاه سگ‌ماهی جویباری (*Paracobitis hicanica*) در رودخانه زرین‌گل بیان کردند، زیستگاه مطلوب این ماهی در نواحی با شیب کم، عرض متوسط، سرعت جریان متوسط و مناطق میانی و پایین‌دست رودخانه می‌باشد. در محاسبه شاخص مطلوبیت زیستگاه سیاه‌ماهی مرکزی (*Capoeta buhsei*) در رودخانه جاجرود بر اساس هموارسازی هسته‌ای، Ahmadzadeh و همکاران (۲۰۱۸) به این نتیجه رسیدند که اولویت انتخابی زیستگاهی، مناطقی با سرعت بالای آب، با عمق و عرض زیاد، دمای پایین و بستر با قطر سنگ بستر بزرگ می‌باشد. نتایج تحقیق Sedighkia و همکاران (۲۰۱۷) نشان داد، دسترسی به زیستگاه تولید مواد غذایی، مساحت قابل استفاده وزنی و منحنی مطلوبیت زیستگاه قزل‌آلای خال قرمز *Salmo trutta* تحت تأثیر تغییرات هیدرولیکی توزیع عمق، سرعت جریان و اندازه ذرات بستر قرار می‌گیرد. افزون بر این مطالعات متعددی به این واقعیت پی برده‌اند که فراوانی گونه‌های مختلف ماهی به توزیع زیستگاه‌های مطلوب در طول رودخانه وابسته است و با افزایش مطلوبیت زیستگاه، تعداد ماهی نیز افزایش یافته است (Dolatpour *et al.*, 2016; Ferrari *et al.*, 2018).

کپورماهیان (Cyprinidae) فراوان‌ترین ماهیان آب‌های داخلی ایران را تشکیل می‌دهند. یکی از گونه‌های این خانواده ماهی *Alburnus sellal* Heckel, 1843 است که در حوضه‌های مختلف ایران پراکنده و با عنوان شاه کولی سلال شناخته می‌شود (Mousavi sabet and Eagderi, 2016). این گونه در کل حوضه تیگریس پراکنش دارد و در حوضه‌های مهارلو، پرسیس و نواحی بالادست حوضه هرمز گزارش



شکل ۱- موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری شده در رودخانه دینورآب کرمانشاه.

۲. مواد و روش‌ها

ساجوک پشتیبان برای انجام مطالعات مطلوبیت زیستگاه صید گردید. طی نمونه‌گیری سعی شد همه نمونه‌های موجود صید شوند. سپس نمونه‌های ماهی پس از اندازه‌گیری، شمارش و بررسی خصوصیات ظاهری، به منظور حفظ و بازسازی ذخایر مجدداً در زیستگاه رودخانه رهاسازی شدند.

بلافاصله بعد از صید نمونه‌ها متغیرهای زیستگاهی اندازه‌گیری و ثبت شدند. شکل ۲ نمونه‌ای از ماهی شاه کولی جنوبی در رودخانه دینورآب استان کرمانشاه را نشان می‌دهد. در ایستگاه‌های نمونه‌برداری اندازه و تعداد ماهی (جهت تخمین سن و مرحله زندگی آن)، موقعیت جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا (با استفاده از سیستم موقعیت‌یاب جهانی)، عمق (با استفاده از خط‌کش مدرج فلزی)، عرض (با استفاده از متر نواری)، سرعت (با استفاده از مولینه) و ساختار بستر (قطر سنگ‌های غالب بستر رودخانه در پلات تصادفی)، اندازه‌گیری شده و از ساختار بستر، شکل زیستگاه و پوشش گیاهی اطراف آن، عکس‌برداری به عمل آمد. برخی پارامترهای آب شامل pH، کل مواد جامد محلول (TDS)، هدایت الکتریکی (EC) و دما، توسط دستگاه قابل حمل پرتابل کالیبره Hach، اندازه‌گیری گردید.

در مطالعه حاضر برای محاسبه شاخص مطلوبیت زیستگاه از روش ناپارامتری هموارسازی هسته‌ای (Kernel Smoothing) برای ترسیم رابطه بین هر متغیر محیطی و تعداد ماهی در هر ایستگاه استفاده

رودخانه دینورآب از شاخه‌های مهم و نسبتاً پرآب رودخانه گاماسیاب بوده و آب‌های مناطقی از بخش‌های مرکزی و صحنه کرمانشاه و شهرستان سنقر را جمع‌آوری نموده و وارد رودخانه گاماسیاب می‌نماید. رودخانه دینورآب دارای آب دائمی بوده و رژیم آبی برفی بارانی و دوران پرآبی آن، فصل بهار است. طول رودخانه ۵۲ کیلومتر و حوضه آبریز آن نسبتاً وسیع و در حدود ۲۲۰۰ کیلومتر مربع می‌باشد که قسمت بیشتر آن در مناطق کوهستانی واقع گردیده است. بستر این رودخانه آبرفتی و با مواد عمدتاً درشت دانه می‌باشد. بستر در بیشتر نقاط رودخانه دارای پوشش گیاهی بوده و شیب متوسط بستر آن کمتر از ۱ درصد است. حاشیه رودخانه را اراضی کشاورزی در بر گرفته است.

انتخاب ایستگاه در این رودخانه با پیمودن مسیر رودخانه و با توجه به عوارضی همچون پیچ‌وخم‌های مقاطع عرضی رودخانه، شیب بستر، ارتفاع، جنس بستر و همچنین وجود منابع آلودگی صورت گرفت. برای بررسی شاخص مطلوبیت زیستگاه، نمونه‌برداری از ماهیان در تیرماه ۱۳۹۵ از ۴ ایستگاه رودخانه دینورآب (شکل ۱) از پایین‌دست رودخانه به سمت بالادست صورت گرفت. مختصات جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه‌برداری در جدول ۱ آمده است. تعداد ۸۵۴ نمونه شاه کولی سلال (شکل ۲) در ۴ ایستگاه با استفاده از دستگاه الکتروشوکر (Samus MP 750) و تور

جدول ۱ - موقعیت جغرافیایی و مشخصات ایستگاه‌های نمونه‌برداری.

شماره ایستگاه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	جنس بستر
۱	۳۴° ۲۶' ۲۳"	۴۴° ۲۶' ۴۲"	سنگی گلی-گیاه آبی
۲	۳۴° ۳۱' ۲۸"	۴۷° ۲۲' ۴۳"	ماسه ای گلی
۳	۳۴° ۳۳' ۱۴"	۴۷° ۲۴' ۴۹"	سنگریزه
۴	۳۴° ۳۴' ۳۰"	۴۷° ۲۷' ۲۶"	سنگریزه



شکل ۲ - تصویر ماهی شاه‌کولی سال 1843، Heckel, Alburnus sellal.

می‌باشد. به منظور محاسبه میزان مطلوبیت کل رودخانه، مساحت قابل استفاده وزنی (Weighted Usable Area: WUA) در هر ایستگاه با استفاده از رابطه ۱ به دست آمد.

$$\text{رابطه (۱): } WUA = HSI \times A$$

در رابطه ۱، HSI شاخص مطلوبیت زیستگاه و A مساحت هر ایستگاه می‌باشد. در این روش مساحت هر ایستگاه محاسبه و با در نظر گرفتن میزان HSI، میزان مطلوبیت هر ایستگاه به دست آمد. مساحت به دست آمده در شاخص مطلوبیت زیستگاه هر ایستگاه ضرب گردید و با جمع‌بندی مساحت‌های مطلوب، میزان مساحتی که برای این ماهی مطلوب بود در ۴ ایستگاه از این رودخانه به دست آمد.

۳. نتایج

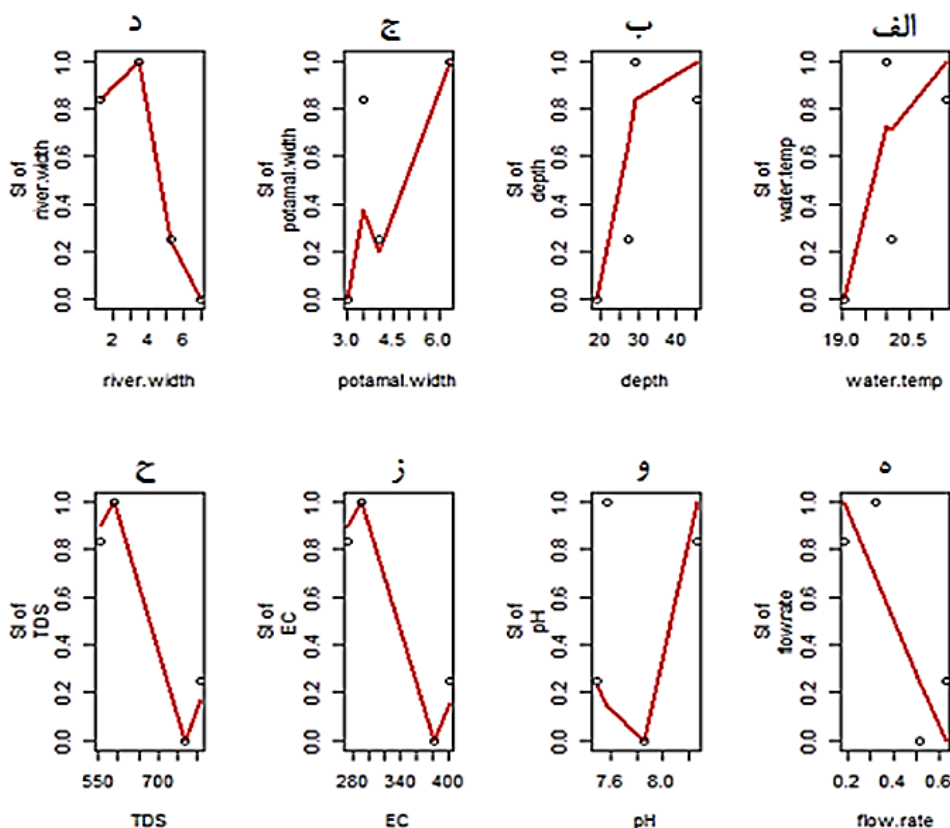
اندازه‌گیری فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی در رودخانه دینورآب استان کرمانشاه نشان داد دامنه غلظت pH از ۷/۴۸ تا ۸/۲۷ است که بیانگر این است که آب رودخانه دینورآب به‌طور عمده طبیعت قلیایی دارد. کل مواد جامد محلول بین ۲۶۱ تا ۴۸۵ میلی‌گرم بر لیتر تغییر می‌کند. بیش‌ترین میزان هدایت الکتریکی (EC)، ۴۰۲ میکروموس بر سانتی‌متر و کم‌ترین آن ۲۷۵ میکروموس بر سانتی‌متر است. دمای آب رودخانه از ۱۷/۳ تا ۲۴/۷ درجه سانتی‌گراد در ایستگاه‌های مختلف در نوسان بود. سرعت جریان آب در ایستگاه‌های مختلف ۰/۱۹ تا ۰/۶۳ متر بر ثانیه بود.

شد. این محاسبه در سه بخش محاسبه مقدار خطای جذر میانگین مربعات (RMSE)، محاسبه شاخص مطلوبیت (Suitability Index: SI)، محاسبه شاخص مطلوبیت زیستگاه انجام شد که در نهایت رابطه بین تعداد ماهی و شاخص مطلوبیت زیستگاه‌های محاسبه شده به‌صورت گراف بیان گردید. برای محاسبه شاخص مطلوبیت زیستگاه، میانگین حسابی، میانگین هندسی، حداقل و حداکثر نمودارهای مطلوبیت در نرم‌افزار R3.4.3 به‌دست‌آمد (Poorbagher, 2018) و برای هر متغیر مستقل در هر ایستگاه نمونه‌برداری محاسبه گردید. رابطه بین این مقادیر و تعداد ماهی در هر ایستگاه با رگرسیون خطی محاسبه و به‌عنوان شاخص مطلوبیت زیستگاه هر ایستگاه منظور شد. بعد از برازش رگرسیون خطی بین تعداد ماهی و شاخص مطلوبیت زیستگاه، مقدار آکائیکه (Akaike Information Criterion: AIC) به‌منظور انتخاب مناسب‌ترین استفاده شد. مدلی که دارای حداقل آکائیکه باشد به عنوان مناسب‌ترین مدل انتخاب شد. کمترین (بهترین) مقدار آکائیکه مربوط به مدل هندسی بود اما چون مقادیر صفر در SI محاسبه شد، آکائیکه به‌دست‌آمده با میانگین هندسی، مناسب نبوده و بهترین آن‌ها بر اساس آکائیکه حداقل و میانگین حسابی بودند.

مدل‌سازی زیستگاه رودخانه اطلاعات موجود در مورد ساختمان فیزیک رودخانه، سرعت و ترازهای سطح آب را با استفاده از معیارهای مطلوبیت زیستگاه، به یک شاخص کمی زیستگاه قابل استفاده، تغییر می‌دهد. این شاخص زیستگاه مساحت قابل استفاده وزنی

جدول ۲ - میانگین پارامترهای محیطی اندازه‌گیری شده در ایستگاه‌های نمونه‌برداری رودخانه دینور آب.

ایستگاه ۴	ایستگاه ۳	ایستگاه ۲	ایستگاه ۱	واحد	پارامترهای محیطی
۵/۳	۷	۱/۳۲	۳/۵۵	متر	عرض رودخانه
۲۷/۳۵	۱۸/۸۳	۴۵/۵	۲۹/۳۹	سانتی‌متر	عمق
۲۰/۱	۱۹/۰۵	۲۱/۳	۱۹/۹۸	درجه سانتی‌گراد	دمای آب
۰/۶۳	۰/۵۲	۰/۱۹	۰/۳۳	متر بر ثانیه	سرعت جریان
۸۰۸/۱۷	۷۶۸/۵	۵۵۲	۵۸۶/۶۷	میلی‌گرم بر لیتر	مواد جامد محلول کل
۴۰۲	۳۸۴	۲۷۵	۲۹۲/۵	میکروموس بر سانتی‌متر	هدایت الکتریکی
۷/۴۸	۷/۸۶	۸/۲۷	۷/۵۷	-	pH



شکل ۳ - نمودارهای رابطه مقادیر شاخص مطلوبیت و متغیرهای زیستگاه.

ماهیانی نواحی است که عرض کمتر از ۶ متر دارند. گراف مربوط به درجه حرارت (شکل ۳ الف)، نشان‌دهنده‌ی این است که ماهیان بیش‌ترین پراکنش را در دمای ۲۱ درجه سانتی‌گراد دارند. نتایج نشان داد که ماهی‌ها بهترین مطلوبیت و پراکنش را در عمق ۳۰ سانتی‌متری دارند (شکل ۳ ب)، نتایج مربوط به TDS (شکل ۳ ج) نشان‌دهنده این است که بازه‌هایی با TDS، ۵۵۰ میلی‌گرم بر لیتر برای ماهی مناسب‌تر می‌باشد. شکل ۳ ز نشان‌دهنده این است که مناطق با EC، ۲۸۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر، بهترین زیستگاه برای ماهی است. همچنین شکل ۳ و نشان داد که

پارامترهای اندازه‌گیری شده در ایستگاه‌های نمونه‌برداری در جدول ۲ آمده است.

منحنی‌های مطلوبیت برای متغیرهای عرض رودخانه، عرض پایین‌دست رودخانه، عمق، دما، سرعت جریان، pH، هدایت الکتریکی و کل مواد جامد محلول در نرم افزار R3.4.3 به‌دست آمد (شکل ۳). مطلوب‌ترین مقدار جایی است که مقدار SI برابر یک باشد. نتایج نشان داد در ایستگاهی که عرض رودخانه ۳ متر است (نمودار ۳ د)، بیشترین ماهی حضور دارد و همچنین گراف مربوط به عرض، بیانگر این است که در پایین‌دست رودخانه (شکل ۳ ج)، شرایط مطلوب برای

جدول ۳ - مقادیر آکائیکه مربوط به مقادیر شاخص مطلوبیت زیستگاه.

شاخص آکائیکه			
HSI (روش حداکثر)	HSI (روش حداقل)	HSI (میانگین هندسی)	HSI (میانگین حسابی)
-۰/۰۵۲۹۳۶۴	-۰/۶۶۸۷۹۳	-Inf ¹	-۳/۰۵۲۹۰۴۶

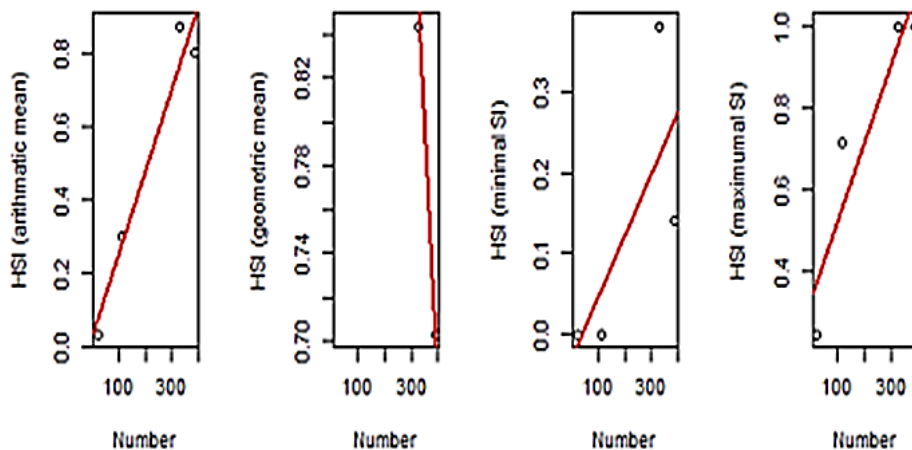
¹ به علت وجود مقادیر صفر در میزان مطلوبیت برخی ایستگاه‌ها، مقدار میانگین هندسی قابل محاسبه نبود

جدول ۴ - مقادیر شاخص مطلوبیت زیستگاه محاسبه شده با ۴ روش میانگین حسابی، هندسی، حداقل و حداکثر.

ایستگاه	HSI (میانگین حسابی)	HSI (میانگین هندسی)	HSI (روش حداقل)	HSI (روش حداکثر)
۱	۰/۷۹۹۴۱۰۱۱	۰/۷۰۲۸۴۵۴	۰/۱۴۲۲۲۶۸	۱
۲	۰/۸۷۶۷۴۰۸۹	۰/۸۴۳۸۳۴۸	۰/۳۸۰۷۰۵۹	۱
۳	۰/۰۳۰۴۴۸۲۶	NA	.	۰/۲۴۳۵۸۶۱
۴	۰/۲۹۷۰۵۸۷۸	NA	.	۰/۷۱۴۵۱۳۱

جدول ۵ - مساحت ناحیه مطلوب در بازه‌های رودخانه.

ایستگاه	مساحت	شاخص مطلوبیت زیستگاه (HSI)	مساحت ناحیه مطلوب (WUA)
۱	۱۲۷/۷۱ مترمربع	۰/۷	۸۹/۳۹۷ مترمربع
۲	۲۷۵/۶۸ مترمربع	۰/۸	۲۲۰/۵۴۴ مترمربع
۳	۳۹/۶۰ مترمربع	۰/۰۳	۷۰/۲ مترمربع
۴	۱۳۳/۳۰ مترمربع	۰/۲	۲۶/۶۶ مترمربع



شکل ۴ - رابطه بین تعداد ماهی و شاخص مطلوبیت زیستگاه.

مطلوبیت زیستگاه محاسبه شده با ۴ روش میانگین حسابی، میانگین هندسی، مینیمم و ماکزیمم در هر یک از ایستگاه‌ها را نشان می‌دهد. روش میانگین هندسی برای دو ایستگاه قابل محاسبه نبود که به علت وجود شاخص مطلوبیت صفر در برخی ایستگاه‌ها بود.

شکل ۴ رابطه بین شاخص مطلوبیت زیستگاه و فراوانی ماهی با استفاده از ۴ روش میانگین حسابی، میانگین هندسی، حداقل و حداکثر را در نرم‌افزار R3.4.3 نشان می‌دهد که روش میانگین هندسی، حداقل و حداکثر رابطه بین شاخص مطلوبیت زیستگاه

زیستگاه‌هایی با pH، ۸ برای ماهیان مطلوب می‌باشد. شکل ۳ مربوط به سرعت جریان رودخانه، عدد ۰/۵ متر بر ثانیه را مناسب‌ترین سرعت جریان در زیستگاه رودخانه ماهیان نشان داد که بیش‌ترین حضور و فراوانی را دارند.

جدول ۳ مقادیر آکائیکه مربوط به محاسبه شاخص مطلوبیت زیستگاه از ۴ روش میانگین حسابی، میانگین هندسی، حداقل و حداکثر را نشان می‌دهد. براساس نتایج مقدار آکائیکه به‌دست‌آمده از روش میانگین حسابی از همه بهتر است. جدول ۴ مقادیر شاخص

داد که شاه کولی سلال در رودخانه دینور آب زیستگاه-هایی با سرعت ۰/۱ متر بر ثانیه را ترجیح می‌دهد و هرچه سرعت جریان کم‌تر باشد زیستگاه مناسب‌تری بوده و تعداد ماهیان افزایش یافته است. ترجیح سرعت کم در مورد سایر گونه‌ها هم گزارش گردیده است (Dolatpour, Gholizadeh *et al.*, 2018). همکاران (۲۰۱۶) بیان کردند که سیاه‌ماهی در رودخانه کردان مناطقی با سرعت جریان کم را می‌پسندد و این مناطق می‌توانند به‌عنوان پناه‌گاهی در مقابل شکارچیان و جریان‌های زیاد بهاره، باشند. در پژوهش حاضر شاخص مطلوبیت عرض رودخانه نشان داد که محدوده انتخابی برای این گونه حدود ۱ تا ۷ متر بوده است و مطلوب‌ترین زیستگاه دارای کم‌ترین عرض است. مطالعات نشان می‌دهد در مورد عرض رودخانه در ایستگاهی که رودخانه عرض بیش‌تری دارد تعداد ماهیان کم‌تر است و در ایستگاهی که عرض رودخانه کم‌تر می‌شود، ماهیان بیش‌تری حضور دارند و زیستگاه مناسب‌تری می‌باشد (Mousavi Sabet *et al.*, 2013; Eloranta *et al.*, 2015). در مطالعه حاضر نیز با افزایش عرض رودخانه، تعداد ماهیان کاهش یافت. با توجه به نتایج افزایش عمق آب از قسمت‌های فوقانی رودخانه به قسمت‌های پایین‌دست یکی از عوامل مهم افزایش تنوع گونه‌ای و تراکم آن-هاست. در مطالعه Ferrari و همکاران (۲۰۱۸)، عمق را به‌عنوان عامل اثرگذار بر تنوع و فراوانی ماهیان بیان کرده‌اند. در مطالعه حاضر ماهیان در ایستگاه ۲، با عمق ۴۵/۵ سانتی‌متر بیش‌ترین فراوانی را داشتند. در واقع محدوده‌ای که عمق بیش‌تری دارد، زیستگاه مطلوب-تری برای ماهیان است که با مطالعات Ahmadzadeh و همکاران (۲۰۱۸)، مطابقت داشت. آن‌ها بیان کردند که با افزایش عمق، میزان مطلوبیت شاخص زیستگاه و فراوانی ماهیان افزایش یافته است. با افزایش مقدار هدایت الکتریکی، پراکنش و فراوانی گونه نیز تغییر پیدا کرد و باعث تغییر در پراکنش ماهیان شد. EC یا هدایت الکتریکی که در آن غلظت اجزاء یونی آب سنجیده می‌شود و در درجه اول به زمین‌شناسی منطقه‌ای بستگی دارد که در آن آب جاری است. افزایش این پارامتر نیز ناشی از فعالیت‌های کشاورزی و فاضلاب‌های شهری اطراف رودخانه است (Naderi *et al.*, 2018). در این مطالعه شاخص pH، تغییرات

و تعداد ماهی را نشان می‌دهد که بهترین روش از طریق روش میانگین حسابی به دست آمد که این رابطه را به‌درستی نشان می‌دهد، اما روش میانگین هندسی روش مناسبی برای نشان دادن رابطه بین مطلوبیت زیستگاه و ماهی نمی‌باشد. نتایج نشان داد که ایستگاه ۲ بیش‌ترین میزان مطلوبیت از نظر زیستگاه برای ماهیان دارد. همچنین با محاسبه میزان زیستگاه مطلوب رودخانه که با استفاده از رابطه ۱، در ۴ ایستگاه رودخانه دینور آب به‌دست آمد، نتایج نشان داد که این رودخانه زیستگاه مناسبی برای شاه کولی سلال می‌باشد و میزان ۴۰۶/۸۰۱ متر مربع از مساحت نمونه‌گیری شده رودخانه به‌عنوان ناحیه مطلوب برای زیست گونه شاه کولی سلال می‌باشد (جدول ۵).

۴. بحث و نتیجه‌گیری

رودخانه‌ها بخشی از اکوسیستم آبی هستند که محل و مأوای بسیاری از ماهیان آب شیرین هستند. با مطالعه و شناخت محیط زیست و طرز زندگی ماهیان در رودخانه‌ها می‌توان در ایجاد شرایط لازم برای افزایش ذخایر آبی با بهره‌برداری اصولی از ماهیان در زمان و مکان‌های خاص استفاده کرد. گام نخست در تصمیم‌گیری‌های مربوط به محیط‌زیست، ارزیابی کیفیت زیستگاه است (Moyle *et al.*, 2010; De Kerckhove *et al.*, 2015). بررسی‌ها نشان داده‌اند که حضور گونه‌های مختلف در هر قسمت از رودخانه بیان‌کننده تغییرات در شرایط محیطی آن بخش از رودخانه می‌باشد (Zarei *et al.*, 2016; Zamani Faradonbe *et al.*, 2017).

در این مطالعه تأثیر پارامترهای محیطی بر ماهیان با استفاده از شاخص مطلوبیت زیستگاه و مساحت ناحیه مطلوب در رودخانه دینور آب انجام گرفته است. با توجه به نتایج مطلوبیت زیستگاه و نتایج حاصل از واریانس بین ایستگاه‌ها از نظر مطلوبیت زیستگاه، ایستگاه ۲ با داشتن ویژگی‌هایی مانند عرض ۱ متر، عمق ۴۵ سانتی‌متر، دمای ۲۱ درجه سانتی-گراد، سرعت جریان ۰/۱۹ متر بر ثانیه، کل مواد جامد محلول ۵۵۲ میلی‌گرم بر لیتر و هدایت الکتریکی ۲۷۵ میکروموس بر سانتی‌متر، دارای حداکثر میزان مطلوبیت زیستگاه در بین ایستگاه‌های نمونه‌برداری رودخانه بود. نتایج بررسی پارامترهای محیطی نشان

در مجموع برای تمامی ایستگاه‌ها، شاخص مطلوبیت زیستگاه محاسبه گردید و با توجه به نتایج، اولویت زیستگاه انتخابی برای شاه‌کولی سلال در رودخانه دینورآب، بازه‌ای است که عرض رودخانه کم-تر، سرعت جریان کمتر، دمای آب بیشتر، TDS کم‌تر، EC کم‌تر، pH قلیایی‌تر و عمق رودخانه بیشتر باشد. با مطالعه صورت گرفته، ایستگاه ۲ با شاخص مطلوبیت زیستگاه ۰/۸، دارای بالاترین مقدار برای شاه‌کولی - سلال و مناسب‌ترین زیستگاه برای این گونه در رودخانه دینورآب با کیفیت عالی شناخته شد. در مطالعه حاضر، محاسبه میزان مطلوبیت زیستگاه در تمامی ایستگاه‌ها بیانگر آن است که مساحت قابل استفاده وزنی (WUA) با شاخص مطلوبیت زیستگاه (HSI) ارتباط مستقیمی داشته و با افزایش میزان HSI، زیستگاه مطلوب شاه‌کولی جنوبی در ایستگاه ۲ به حداکثر می‌رسد و با حرکت به سمت ایستگاه‌های ۳ و ۴، به لحاظ مطلوبیت پارامترهای فیزیکی، ضعیف‌ترین شرایط را نشان می‌دهد. در نتیجه می‌توان چنین تفسیر کرد که منطقه مورد مطالعه، اکوسیستم تقریباً پایداری برای زندگی شاه‌کولی سلال باشد. بنابراین پیشنهاد می‌شود از نتایج این تحقیق در حفظ تنوع زیستی و مدیریت اکوسیستم گونه‌های ماهیان در مطالعات زیست‌محیطی منابع آب و حمایت از توسعه پایدار در حوضه آبخیز دینورآب پرداخته شود. در ضمن استفاده از میانگین وزنی برای محاسبه شاخص مطلوبیت زیستگاه به عنوان مطالعات آینده پیشنهاد می‌شود.

زیادی را نشان نداد. مطلوب‌ترین میزان pH، ۸/۲۷ می‌باشد که در طول محدوده مطالعه بیش‌ترین حد نیز بوده است. در مورد گونه شاه‌کولی سلال مطالعات انجام شده نشان داده است که این‌گونه جزء گونه‌های پر تحمل محسوب می‌شود که توانسته در بالاتر از شرایط استاندارد نیز زیست کند (Mousavi Sabet *et al.*, 2013; Mousavi Sabet and Eagderi, 2016). pH موردنیاز برای ماهیان در محدوده‌ای بین ۶/۵ تا ۸/۵ می‌باشد. این در شرایطی است که تحت تأثیر آلاینده‌ها نباشد. دما نیز یکی از پارامترهای تعیین‌کننده توزیع ماهیان رودخانه‌ای می‌باشد (Biukani *et al.*, 2013; Dolatpour *et al.*, 2016). ماهیان آب‌شیرین حساسیت بیش‌تری به درجه حرارت نشان می‌دهند، به‌طوری‌که بقا و رشدشان وابسته به دما می‌باشد. درجه حرارت بر متابولیسم، تولیدمثل، توسعه، رشد و رفتار ماهیان تأثیرگذار است. هرگونه خاصی از ماهیان، زیستگاه حرارتی را انتخاب می‌کنند که در آن سرعت رشد به ماکزیمم نزدیک باشد تا دسترسی آن‌ها به نیروی متابولیکی برای رشد، فعالیت و تولیدمثل به حداکثر ممکن برسد (Sedighkia *et al.*, 2018). با توجه به نتایج مطلوبیت زیستگاه ماهی شاه‌کولی سلال با افزایش دما، فراوانی ماهی روند رو به افزایش را نشان می‌دهد، ولی رابطه قوی مشاهده نشد. این ماهی از خانواده کپورماهیان است و معمولاً می‌تواند، درجه حرارت نسبتاً بالا (۲۰ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد) را تحمل کند (Biukan *et al.*, 2013).

References

- Abdoli, A., Golzarianpour, K., Kiabi, B., Naderi, M., Patimar, R., 2011. Status of the endemic loaches of Iran. *Folia Zoologica* 64(4), 362-367.
- Ahmadzadeh, M., Poorbagher, H., Eagderi, S., 2018. Calculating the habitat suitability index of Siahmahi (*Capoeta buhsei*, Kessler 1877) using the kernel smoothing in the Jajrood River, Namak basin of Iran. *Journal of Aquaculture Sciences* 6(9), 99-108. (In Persian)
- Ashtab, D., Gholamalifard, M., Mahmoudi, N., 2017. Species Suitability Modeling of Caspian kutum (*Rutilus frisii kutum*) based on a Multi-Criteria Evaluation for in Southern Caspian Sea. *Journal of Animal Environmental* 9(4), 235-246. (In Persian)
- Biukani, S., Safarpouramlashi, A., Falahatkar, B., 2013. Identification of fish fauna in Gamasiab River in Kermanshah province basin. *Fisheries Science and Technology* 2(1), 1-12. (In Persian)
- Canter, L.W., Atkinson, S.F., 2011. Multiple uses of indices in cumulative effects assessment and management. *Environmental Impact Assessment Review* 31, 491-501.
- Coad, B.W., 2009. *Alburnus zagrosensis* n. sp., a new species of fish from the Zagros Mountains of Iran: (Actinopterygii: Cyprinidae). *Zoology in the Middle East* 48(1), 63-70.

- De Kerckhove, D.T., Shuter, B.J., Milne, S., 2015. Acoustically derived fish size spectra within a lake and the statistical power to detect environmental change. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 73(4), 565-574.
- 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 Natural Environmental (Iranian Journal of Natural Resources)* 69(3), 359-366. (In Persian)
- Eloranta, A.P., Kahilainen, K.K., Amundsen, P.A., Knudsen, R., Harrod, C., Jones, R.I., 2015. Lake size and fish diversity determine resource use and trophic position of a top predator in high latitude lakes. *Ecology and Evolution* 5(8), 1664-1675.
- Esmaeili, J., Izadyar, S., Karegar, I. and Gholamrezanezhad, A., 2007. Biliary atresia in infants with prolonged cholestatic jaundice: diagnostic accuracy of hepatobiliary scintigraphy. *Abdominal Imaging* 32(2), 243-247.
- Ferrari, R., Malcolm, H.A., Byrne, M., Friedman, A., Williams, S.B., Schultz, A., Jordan, A.R., Figueira, W.F., 2018. Habitat structural complexity metrics improve predictions of fish abundance and distribution. *Ecography* 41(7), 1077-1091.
- Esmaeili, H., Gholamifard, A., Vatandoust, S., Sayyadzadeh, G., Zare, R., Babaei, S., 2014. Length-weight relationships for 37 freshwater fish species of Iran. *Journal of Applied Ichthyology* 30(5), 1073-1076.
- Gholizadeh, M., Patimar, R., Harsij, M., 2018. Investigation of Selected Habitat Range of the *Paracobitis hicanica* in the Zarin-Gol River, Golestan Province. *Journal of Applied Ichthyological Research* 6(2), 1-12. (In Persian)
- Hackradt, C.W., Felix-Hackradt, F.C., Garcia-Charton, J.A., 2011. Influence of habitat structure on fish assemblage of an artificial reef in southern Brazil. *Marine Environmental Research* 72, 235-247.
- Hickey, J.T., Huff, R., Dunn, C.N., 2015. Using habitat to quantify ecological effects of restoration and water management alternatives. *Environmental Modelling & Software* 70, 16-31.
- Lee, J.H., Kil, J.T., Jeong, S., 2010. Evaluation of physical fish habitat quality enhancement designs in urban streams using a 2D hydrodynamic model. *Ecological Engineering* 36(10), 1251-1259.
- Mousavi Sabet, H., Abdollahpour, S., Salehi Farsani, A., Vatandoust, S., Langroudi, H.F., Jamalzade, H.R., Nasrollahzadeh, A., 2013. Length-weight and length-length relationships and condition factor of *Alburnus mossulensis* (Heckel, 1843) from the Persian Gulf basin. *Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation-International Journal of the Bioflux Society (AAFL Bioflux)* 6(4), 297-302.
- Mosavi Sabet, H., Eagderi, S., 2016. Garra lorestanensis, a new cave fish from the Tigris River drainage with remarks on the subterranean fishes in Iran (Teleostei: Cyprinidae). *FishTaxa* 1, 45-54.
- Moyle, P.B., Lund, J.R., Bennett, W.A., Fleenor, W.E., 2010. Habitat variability and complexity in the upper San Francisco Estuary. *San Francisco Estuary and Watershed Science* 8(3), 1-24.
- Naderi, M.H., Zakerinia, M., Salarijazi, M., 2018. Evaluation of the Influential Factors on Water Quality Components of Qarasoo River in Golestan Province. *Iranian Journal of Irrigation and Drainage* 12(5), 1240-1252. (In Persian)
- Nagendra, H., Lucas, R., Honrado, J.P., Jongman, R.H., Tarantino, C., Adamo, M., Mairota, P., 2013. Remote sensing for conservation monitoring: Assessing protected areas, habitat extent, habitat condition, species diversity, and threats. *Ecological Indicators* 33, 45-59.
- Poorbagher, H., 2018. Analyzing data in aquatic ecology with R. *University of Tehran Press* 482 p. (In Persian)
- Sedighkia, M., Abdoli, A., Ayyoubzadeh, S.A., Ahmadi, A., Gholizadeh M., 2017. Development of environmental flow assessment method for rivers in Southern Caspian Sea Basin. *Journal of Environmental Studies* 43(3), 543-560. (In Persian)
- Sedighkia, M., Abdoli, A., Ayyoubzadeh, S.A., Ahmadi, A., 2018. Modelling of thermal habitat loss of brown trout (*Salmo trutta*) due to the impact of climate warming. *Ecology and Hydrobiology* 189, 1-11.
- Xue, Y., Guan, L., Tanaka, K., Li, Z., Chen, Y., Ren, Y., 2017. Evaluating effects of rescaling and weighting data on habitat suitability modeling. *Fisheries Research* 188, 84-94.
- Zamani Faradonbe, M., Poorbagher, H., Eagderi, S., 2017. Habitat suitability index of Sefidrud hillstream loach (*Oxynoemacheilus bergianus*) in Taleghan River (Sefidrud River basin: Alborze province). *Journal of Natural Environmental (Iranian Journal of Natural Resources)* 69(3), 1017-1025. (In Persian)
- Zhang, H., Sun, T., Shao, D., Yang, W., 2016. Fuzzy logic method for evaluating habitat

- suitability in an estuary affected by land reclamation. *Wetlands* 36(1), 19-30.
- Zarei, N., Eagderi, S., Zamani Faradonbe, M., Naderi, M., 2016. Study of the relationship between body length and preferred habitat factors in Siah mahi (*Capoeta gracilis*, Keyserling 1861) in Taleghan River. *Journal of Animal Environmental* 8(1), 105-112. (In Persian)