

تأثیر عوامل محیطی و انسانی بر الگوی توزیع ماهیان رودخانه کرج

سید مهدی مصطفوی^۱، محمدرضا رحمانی^{۲*}، محمد کابلی^۳ و اصغر عبدلی^۴

^۱ ایران، تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، گروه علوم محیط‌زیست

^۲ ایران، کرج، دانشگاه تهران، دانشکده محیط‌زیست، گروه محیط‌زیست دریایی

^۳ ایران، کرج، دانشگاه تهران، دانشکده منابع طبیعی، گروه شیلات و محیط‌زیست

^۴ ایران، تهران، دانشگاه شهید بهشتی، پژوهشکده علوم محیطی، گروه تنوع زیستی و مدیریت اکوسیستم‌ها

تاریخ دریافت: ۹۹/۴/۳۰ تاریخ پذیرش: ۹۹/۸/۲۸

چکیده

هرچند مطالعات کافی در خصوص فراوانی، غنا و ترکیب گونه‌ای ماهیان آب شیرین در امتداد تغییرات ارتفاع در دسترس است ولی تأثیر عوامل انسانی از جمله سد بر آن، به‌ندرت در نظر گرفته شده است. در این مطالعه تأثیر عوامل محیطی و انسانی بر الگوی فراوانی، غنا و تغییرات گونه‌ای ماهیان در راستای جریان‌های بالادست به پایین‌دست نیم‌رخ جنوبی منطقه حفاظت‌شده البرز مرکزی با استفاده از تجزیه و تحلیل کاهشی (RDA) و مدل‌های خطی تعمیم‌یافته (GLM) مورد آزمون قرار گرفت. رودخانه کرج تحت تأثیر عوامل فیزیکی، شیمیایی، ساختار زیستگاه و ترکیب گونه‌ای به سه زون تقسیم گردید. نتایج حاکی از آن است که متغیرهای شیمیایی می‌توانند در برخی شرایط از جمله تغییرات اندک ساختار زیستگاه و متغیرهای فیزیکی با کاهش ارتفاع، مؤثرتر عمل نموده و توجیهی بر فراوانی، غنا و ترکیب گونه‌ها شوند. به‌طور معمول در رودخانه‌هایی با آلودگی زیاد، عوامل شیمیایی می‌تواند توضیح مناسبی برای حضور و عدم حضور گونه‌ها باشند. اختلالات انسانی از جمله سد با کاهش دمای آب خروجی و شکل‌گیری زیستگاه‌های همگن و ساده، موجب تغییر الگوهای توزیع مورد انتظار ماهیان با کاهش ارتفاع می‌شوند. بنابراین اجرای برنامه‌های حفاظتی برای ماهیان رودخانه کرج به‌ویژه در مناطق میانی که تحت تأثیر این تهدیدها است باید در اولویت قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: فراوانی، ترکیب گونه‌ای، ساختار زیستگاه، عوامل انسانی، شیب ارتفاع

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۲۲۵۵۱۹۶۶، پست الکترونیکی: rahmani@coe.ac.ir

مقدمه

(۳۳). در نواحی بالادست رودخانه شرایط مساعدی جهت زیست قزل‌آلا فراهم است (به همین دلیل این بخش از رودخانه ناحیه قزل‌آلا نامیده می‌شود) که با کاهش ارتفاع از فراوانی آزاد ماهیان کاسته شده و بر فراوانی و غنای کپور ماهیان افزوده می‌گردد (۴۹). تغییرات رودخانه در مناطق کوهستانی از آب‌های سرد با اکسیژن و شدت جریان بالا در بالادست به سمت آب‌های گرم‌تر با کدورت بیشتر و شدت جریان ملایم‌تر در پایین‌دست است. این تغییرات به

تعیین توزیع و الگوی استفاده از زیستگاه به‌وسیله گونه‌های ماهی، کمک شایانی در بهره‌برداری پایدار و حفاظت از تنوع زیستی آنان می‌کنند و این موضوع در خصوص رودخانه‌هایی که در معرض فعالیت‌های انسانی هستند اهمیت بیشتری دارد (۳۹). عوامل زیستی و غیرزیستی گوناگون در تعیین توزیع ماهیان آب شیرین دخالت دارند (۲۸). به‌طور کلی، الگوی تغییر توزیع در اثر افزایش ارتفاع همراه با کاهش تنوع و جایگزینی گونه‌ها همراه است

تغییرات ارتفاعی و ارزیابی تأثیر متغیرهای ساختار زیستگاه، متغیرهای فیزیکی و شیمیایی با تأکید بر تأثیر تعارضات انسان‌ساخت بر غنا، فراوانی، ترکیب گونه‌ها می‌پردازد. یافته‌های این مطالعه می‌تواند در انتخاب راهبردهای حفاظتی کمک مؤثری نماید.

مواد و روشها

منطقه مورد مطالعه: رودخانه کرج در سلسله کوه‌های البرز بین ۵۱°، ۰۲' تا ۵۱°، ۳۵' طول شرقی ۳۵°، ۰۲' تا ۳۶°، ۱۱' عرض شمالی در سلسله کوه‌های البرز و در محدوده ارتفاعی ۴۲۰۰ - ۱۶۰۰ متر از سطح دریا واقع شده است. طول تقریبی این رودخانه ۷۵ کیلومتر بوده که پس از طی ۶۲/۳ کیلومتر از سرچشمه به دریاچه سد امیرکبیر منتهی شده و در نهایت به دریاچه نمک در نزدیکی شهر قم می‌ریزد. رودخانه وارنگه‌رود و شهرستانک از مهم‌ترین شاخه‌های فرعی آن است (شکل ۱). این رودخانه از سال ۱۳۴۶ تحت حفاظت سازمان حفاظت محیط‌زیست قرار گرفته است. از مهم‌ترین منابع آلاینده این رودخانه می‌توان به فاضلاب روستاها و اماکن عمومی، اماکن تفریحی و ویلایی، پادگان‌های نظامی، زمین‌های کشاورزی، تأسیسات سد، دام‌های بومی و مهاجر و کشتارگاه‌ها اشاره نمود.

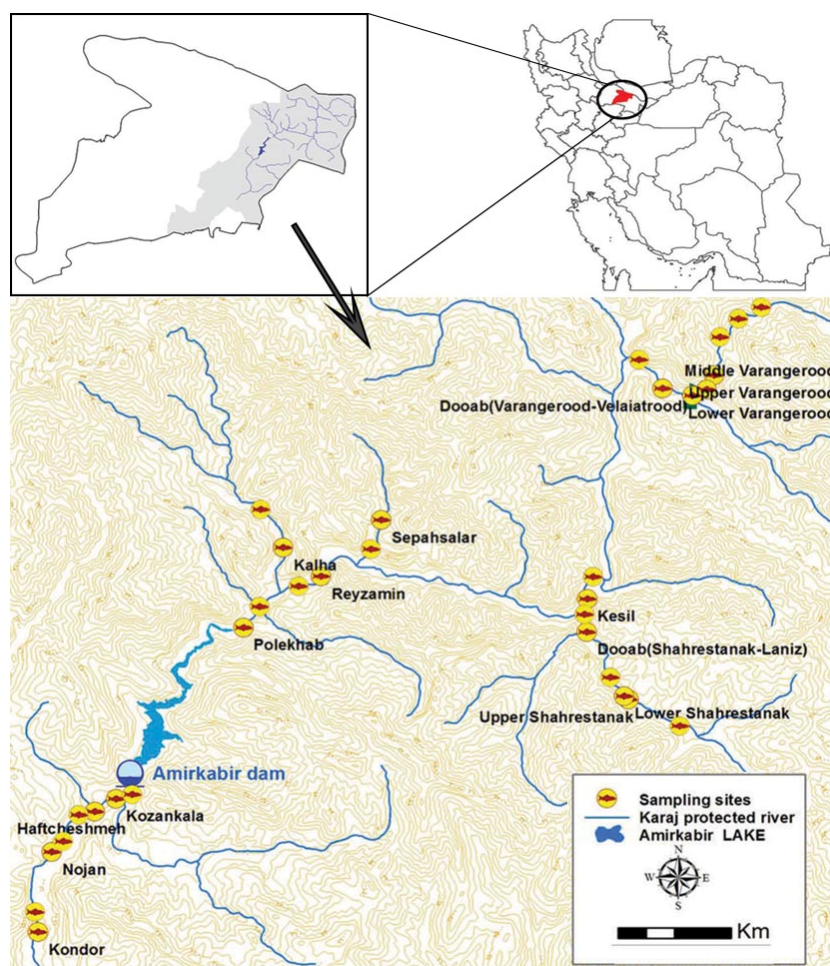
مدل‌سازی: داده وابسته به فراوانی به دلیل تأکید بر روی عملکرد گونه در مقیاس محلی اطلاعات دقیق‌تری را در مقابل داده حضور، عدم حضور در جوامع اکولوژیک ارائه می‌دهد (۴۳). همچنین در زمانی که مشاهده حضور گونه دشوار است، استفاده از داده‌های عدم حضور می‌تواند در نتایج اریب ایجاد کند و استفاده از روش‌هایی مبتنی بر نقاط حضور نتیجه مطلوب‌تری خواهد داشت (۲۵). به دلایل گفته‌شده، در این مطالعه از داده‌های حضور استفاده شد و نمونه‌برداری در آخر تابستان سال ۱۳۹۶ توسط حداقل یک گروه چهار نفره ثابت انجام گرفت.

همراه مورفولوژی و زیستگاه مورد استفاده ماهیان، توضیح‌دهنده ساختار و ترکیب جوامع ماهیان است (۳۰). عوامل مختلفی در چگونگی شکل‌گیری چنین الگویی نقش دارند (۳۵). این الگو می‌تواند با بررسی تغییر اندازه رودخانه، پیچیدگی زیستگاه، سرعت جریان آب، عمق، هدایت جریان الکتریکی و درجه حرارت (۴۰ و ۴۶) تغییر ارتفاع و فاصله از سرشاخه اصلی (۱۶)، کاهش دسترسی به مناطق و پیچیدگی محیطی، کاهش در دسترسی به منابع متنوع و کاهش در تولید اولیه با افزایش ارتفاع (۲۷) و البته برآیند ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی فوق با محیطی در مقیاس زیستگاه محلی (۵۰) و همچنین میزان شدت شرایط آب و هوایی تعیین گردد (۲۷). داده‌ها از این منظر که تأثیر هم‌زمان عوامل محیطی در تعیین توزیع گونه‌ها را مدنظر قرار دهد، کمتر در دسترس می‌باشد.

رودخانه حفاظت‌شده کرج به لحاظ تأمین آب شرب و کشاورزی همچنین گردشگری دارای اهمیت است (۳۲). این رودخانه باتوجه به ساختار بستر و مشخصه‌های هیدرولوژیکی و برخورداری از پتانسیل‌های بالقوه زیستی، نظیر قدرت خود پالایی چشمگیر و اکسیژن سرشار توانسته از لحاظ بوم‌شناختی اکوسیستمی درخور زیست انواع پرندگان آبی و کنار آبی و آبزایی که در نوع خود کم‌نظیر هستند باشند. رودخانه کرج دارای گونه‌های ارزشمندی از ماهیان از جمله قزل‌آلای خال قرمز است که بومی ایران بوده و تنها در تعداد معدودی از زیستگاه‌های آبی کشور رؤیت می‌گردد. افزون بر حضور قزل‌آلای خال قرمز، می‌توان به وجود گونه‌های دیگری از خانواده کپور ماهیان و سگ‌ماهیان جویباری در این رودخانه نیز اشاره داشت. متأسفانه در حال حاضر حیات گونه‌های ساکن در رودخانه کرج به دلیل استقرار واحدهای خدماتی، اراضی کشاورزی، مراکز مسکونی روستایی، ورود انواع فاضلاب‌های شهری و کشاورزی، مورد تهدید است (۲۱). این مطالعه موردی بر روی رودخانه کرج اولین مطالعه منسجم در این رودخانه است که به بررسی تغییرات فون ماهیان در طول

پیش از نمونه‌برداری بالا و پایین هر ایستگاه با تور بسته شد (۵۱) و نمونه‌برداری به وسیله الکتروفیشینگ 2200 W DC انجام گردید. نمونه‌های صیدشده در محلول 30 mg.l^{-1} عصاره گل میخک بی‌هوش شدند. امروزه استفاده از عصاره گل میخک به دلیل سهولت تهیه، اقتصادی بودن، کارایی بالا و نداشتن آثار سوء بر انسان و ماهی کاربرد زیادی دارد. مواد مؤثره این عصاره شامل اوژنول (2-allyl-4-methoxyphenol)، ایزواژنول (4-propenyl-2-methoxyphenol) است که ۹۰ تا ۹۵ درصد وزن آن را تشکیل می‌دهد. ماهیان پس از شناسایی براساس کتاب ماهیان آب‌های داخلی ایران (۷)، در آب تازه رودخانه قرار گرفته و بعد از بازیابی قدرت شنای مجدد، به رودخانه بازگردانده شدند.

داده‌های زیستی: ایستگاه‌های نمونه‌برداری براساس تغییرات شیب، ارتفاع از سطح دریا، پوشش گیاهی اطراف، نوع بستر، عدم همپوشانی با یکدیگر، رعایت فاصله از رودخانه اصلی، تنوع ریخت‌شناسی رودخانه و کیفیت حاشیه رودخانه از سرچشمه تا مصب انتخاب شدند (۳۶). با استفاده از روش ویتون (۴۹) و براساس متغیرهای عمق آب، شیب و نوع بستر، رودخانه به ۳ منطقه، بالایی (بیش از ۲۰۰۰ متر بالاتر از سطح دریا)، منطقه میانی (ارتفاع بین ۱۷۰۰ تا ۲۰۰۰ متر) و پایینی (ارتفاع کمتر از ۱۷۰۰ متر) تقسیم شد. در نهایت ۳۲ سایت در محدوده ارتفاعی ۱۵۲۲ تا ۲۴۲۸ متر با حداکثر عمق و عرض $46/13$ و $21/87$ متر در نظر گرفته شد و ایستگاه‌های نمونه‌برداری با استفاده از ArcGIS 9.3 بر روی نقشه مشخص گردید (شکل ۱).



شکل ۱- منطقه مورد مطالعه و ایستگاه‌های نمونه‌برداری

متغیرهای محیطی: ویژگی‌های گوناگونی به‌عنوان عامل توزیع گونه‌ها در رودخانه‌ها معرفی شده است، از جمله ساختار زیستگاه (۱۲)، متغیرهای فیزیکی و شیمیایی (۱۴). بدین منظور هم‌زمان با نمونه‌برداری، متغیرهای فیزیکی و ساختار زیستگاه در هر ایستگاه برداشت گردید. متغیرهای شیمیایی از طریق میانگین برداشت ماهانه (طی شش ماه) در هر ایستگاه و سنجش برخی از متغیرها در آزمایشگاه از طریق برداشت نمونه آب به دست آمد. در هر ایستگاه، با استفاده از دستگاه موقعیت‌یاب جهانی (GPS) ارتفاع از سطح دریا (m) و موقعیت جغرافیایی هر ایستگاه ثبت شد. در ۳۰ نقطه از هر ایستگاه، به‌طور تصادفی، عمق رودخانه اندازه‌گیری و میانگین آن به‌عنوان متوسط عمق (m) برای آن ناحیه در نظر گرفته شد. عرض رودخانه (m) در سه ناحیه ابتدا، وسط و انتهای هر ایستگاه اندازه‌گیری و میانگین آن به‌عنوان متوسط عرض رودخانه برای آن ناحیه در نظر گرفته شد. سرعت جریان (m.s-1) رودخانه با استفاده از دستگاه سرعت‌سنج (مولینه) در ۱۰ نقطه از هر ایستگاه اندازه‌گیری و میانگین آن به‌عنوان سرعت جریان هر ایستگاه در نظر گرفته شد. عدد فرود (Froude number) هر موقعیت از طریق معادله $Fr = V / (g \cdot D)^{0.5}$ (۲۲) محاسبه گردید که در آن منظور از V سرعت ستونی آب، g شتاب جاذبه و D عمق آب است. نوع بستر، پناه بستر، پوشش گیاهی آویزان، گیاهان آبی، برش زیرین کناره، بریده‌های چوب، ترکیب پوشش گیاهی و بریده‌های چوب، زیر آبشار و مناطق استخری در هر یک متر در طول ایستگاه به‌وسیله یک کوادرات یک مترمربع و به‌صورت عمود به جریان در هر ایستگاه ثبت شد تا پس‌از آن به شاخص بستر، پوشش دیداری و پوشش ترکیبی تبدیل گردند. کلاس‌بندی بستر مطابق شرح طبقه‌بندی پلتس و همکاران (۳۸) انجام گردید. پناه بستر به‌عنوان هر فضای در دسترس بینابینی بستر برای حفاظت ماهیان تعریف شد. طبقه‌بندی پوشش

طبق روش آیلن و همکاران (۱۵) انجام پذیرفت. در این طبقه‌بندی پوشش به دو طبقه دیداری، شامل عناصری که حفاظت دیداری را فراهم می‌نمایند (گیاهان آبی یا برآمده و آویزان و برش زیرین کناره رودخانه) و ترکیبی، شامل عناصری که علاوه بر کارکرد حفاظت دیداری، پناهگاهی را در برابر سرعت بالای جریان آب فراهم می‌نمایند (گیاهان آبی، بقایای چوبی، پوشش ترکیبی و زیر آبشار کوچک) تفکیک گردید. شاخص بستر (SI) طبق روش جاوت و ریچاردسون (۳۱) محاسبه گشت. دما ($^{\circ}C$)، هدایت الکتریکی ($\mu S \cdot cm^{-1}$)، اکسیژن محلول ($mg \cdot l^{-1}$) و غلظت یون هیدروژن (pH) با استفاده از دستگاه قابل‌حمل Hach sensION156 اندازه‌گیری شد. همچنین در هر ایستگاه، از آب رودخانه نمونه‌برداری شده و جهت تعیین کل جامدات محلول (TDS)، کل مواد جامد معلق (TSS)، اکسیژن موردنیاز بیوشیمیایی (BOD5)، اکسیژن موردنیاز شیمیایی (COD)، کدورت (Turbidity)، آمونیوم (NH_4^+) و نیترات (NO_3^-) به آزمایشگاه انتقال داده شد.

تجزیه تحلیل آماری: از آنجاکه داده‌ها پیوسته هستند، ابتدا از داده‌ها لگاریتم گرفته شد. سپس نرمال بودن داده‌ها با نرم‌افزار Statistical 10 مورد بررسی قرار گرفت. همچنین همبستگی بین متغیرهای محیطی ابتدا با استفاده از تجزیه و تحلیل همبستگی مورد آزمون قرار گرفت.

به‌منظور مشاهده ارتباط داده‌های زیستی و متغیرهای محیطی از روش‌های رسته‌بندی مستقیم استفاده شد. رسته‌بندی بخشی از آمار بوم‌شناسی است و به ما این اجازه را می‌دهد تا جانمایی فضایی براساس نمونه‌ها، گونه‌ها و متغیرهای محیطی انجام گرفته و نشان دهد چگونه چندین گونه با تغییرات محیط‌زیست توزیع شده‌اند (۴۷). به‌منظور بررسی چگونگی تغییرات بخش‌های مختلف جریان تحت تأثیر توصیف‌گرها (ساختار زیستگاه، متغیرهای فیزیکی و شیمیایی) همراه با تغییرات پایین دست تا بالادست و

نتایج

متغیرهای محیطی: تغییر زیادی در میان متغیرهای شیمیایی (دما، EC، کدورت، TDS، TSS، COD و NO_3^-) در طول جریان یافت شد. در مقابل، متغیرهای فیزیکی (به‌جز عرض، عمق و ارتفاع) و ساختار زیستگاه در طول جریان مشابه بود (جدول ۱).

توزیع ماهیان: ۳۴۹ ماهی صید شده متعلق به پنج گونه بود. دو گونه از خانواده Cyprinidae (*Barbus miliaris* / *Barbus lacerta* و *Alburnus doriae* / *Alburnus atropatena*)، دو گونه متعلق به خانواده Nemacheilidae (*Paracobitis* و *Oxynoemacheilus bergianus*) و یک گونه متعلق به Salmonidae (*Salmo malapterura*) که گونه *Salmo trutta* با ۱۹۵ فرد، چیره بود. غنای ماهی در هر ایستگاه براساس محدوده ارتفاع از صفر تا چهار گونه با فراوانی ماهی صفر تا ۳۵۹/۷ ماهی در مترمربع متفاوت بود. بیشترین غنای گونه‌ای در ارتفاع‌های میانی یافت شد. در هشت ایستگاه هیچ ماهی صید نگردید (جدول ۲).

همبستگی ایستگاه‌ها براساس متغیرهای محیطی:

تجزیه و تحلیل کاهشی (RDA) برای توزیع ایستگاه‌های نمونه‌گیری براساس متغیرهای زیست‌محیطی از بالادست به پایین دست نشانگر تفاوت عمده این ایستگاه‌ها است. مطابق آنالیز کاهشی (RDA) برای دسته‌بندی جریان‌ها با توجه به متغیرهای محیطی از بالادست به پایین دست ایستگاه‌ها در سه گروه متمایز تقسیم شدند. ایستگاه‌های ۳۲ و ۳۱، ۳۰، ۲۹، ۲۸، ۲۴، ۲۱، ۱۶، ۱۵، ۱۴، ۱۳، ۱۲، ۱۱، ۸، ۵، براساس محور ۴، ایستگاه‌های ۲۶ و ۲۵، ۱۰، ۹، مطابق محور ۱ و ۳ و ایستگاه‌های ۲۷ و ۲۳، ۲۲، ۲۰، ۱۹، ۱۸، ۱۷، ۷، ۶، ۴، ۳، ۲، ۱، براساس محور ۲ تقسیم گردیدند (شکل ۲).

اجتناب از همبستگی بین متغیرها، یک تحلیل PCA (تجزیه و تحلیل مؤلفه اصلی) جهت خلاصه نمودن داده‌های محیطی (متغیر فیزیکی PC1Ph و PC2Ph، متغیر شیمیایی PC1Ch، PC2Ch، PC3Ch و PC4Ch و ساختار زیستگاه PC1St، PC2St و PC3St) و یک تحلیل CA (تجزیه و تحلیل تطبیقی) جهت خلاصه نمودن ترکیب گونه‌ای (CA1، CA2، CA3، CA4 و CA5) با استفاده از بسته 'ade4' در Studio R انجام گرفت. در نهایت آن‌ها به داده‌های مستقل (۲ محور فیزیکی، ۴ محور شیمیایی و ۳ محور ساختار زیستگاه) و داده‌های وابسته (۵ محور) تقسیم‌بندی گردیدند.

در مطالعه حاضر با توجه به اینکه همراه با داده‌های هدف، داده‌های متغیرهای محیطی (۲۱ متغیر در ۳۲ ایستگاه) نیز اندازه‌گیری (۲ متریسه بودن) گشت، به‌طور مستقیم به ارتباط بین متغیرهای محیطی و داده‌های هدف پرداخته شد و از روش‌های رسته‌بندی مستقیم استفاده شد. با محاسبه طول گرادیان کمتر از ۳ (۰/۱۹۲) با استفاده از نرم‌افزار CANOCO نسخه ۵/۴، از RDA (تجزیه تحلیل کاهشی) جهت ارزیابی ارتباط تغییرات ساختار اجتماع ماهیان با متغیرهای محیطی استفاده گردید.

مدل‌های خطی تعمیم‌یافته (GLM Gaussian family) با کمک نرم‌افزار آماری R، جهت بررسی اثرات تغییرات بالادست به پایین دست بر روی فراوانی، غنا و ترکیب گونه‌ای ماهیان بکار گرفته شد. به‌منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها، GLM در R studio در ۱۲۰ مدل مقایسه‌ای مورد استفاده قرار گرفت. از میان مدل‌های رگرسیونی ممکن به‌دست آمده، مدل خطی تعمیم‌یافته (GLMz) مورد استفاده قرار گرفت (۳۶). بهترین مدل براساس کمترین مقدار آکایکه (AIC) انتخاب گشت (۲۰). در نهایت با استفاده از بسته‌بندی 'ade4' در R Studio عوامل مؤثر بر غنا، فراوانی و ترکیب گونه‌ای شناسایی شد.

جدول ۱- مقادیر ساختار زیستگاه، متغیرهای فیزیکی و شیمیایی ۱۳۲ ایستگاه نمونه‌برداری

	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰		
نیترات (mg.l ⁻¹)	۷/۸	۹/۹	۸/۰	۹/۰	۸/۰	۹/۰	۹/۰	۹/۰	۱	۲/۲	۳/۳	۷/۰	۷/۰	۹/۰	۷/۰	۹/۰	۷/۰	۷/۰	۷/۰	۷/۰	۷/۰	
آمونیم (mg.l ⁻¹)	۰/۰۳	۰/۰۲	۳/۰	۲/۰	۳/۰	۳/۰	۳/۰	۳/۰	۳/۰	۵/۰	۸/۰	۲/۰	۲/۰	۲/۰	۲/۰	۲/۰	۲/۰	۲/۰	۲/۰	۳/۰	۳/۰	
COD (mg.l ⁻¹)	۸۱	۸۱	۶۱	۸۱	۶۱	۶۱	۶۱	۶۱	۵۱	۳۱	۶۱	۳۱	۳۱	۷۱	۷۱	۳۱	۳۱	۳۱	۷۱	۳۱	۶۱	
BOD ₅ (mg.l ⁻¹)	۷/۰	۶/۲	۷/۰	۷/۲	۶/۰	۷/۲	۱	۶/۲	۱	۱/۱	۷/۲	۱/۱	۱/۱	۱/۱	۸/۱	۱/۱	۱/۱	۱/۱	۶/۲	۱/۱	۱/۱	۶/۲
TSS (mg.l ⁻¹)	۲	۵/۴	۲	۳	۱	۳	۲	۲	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۵/۳
TDS (mg.l ⁻¹)	۶۹۱	۰/۸۱	۶۹۱	۰/۸۱	۴۹۱	۴۹۱	۰۰۲	۰۰۲	۵۹۱	۵۷۲	۰۸۱	۶۷۱	۸۱۱	۸۱۱	۴۹۱	۴۹۱	۴۹۱	۴۹۱	۴۹۱	۴۹۱	۴۹۱	۴۹۱
کلورت (NTU)	۷	۳	۳	۳	۵	۳	۷	۷	۳/۸	۷	۳	۸	۸	۳	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵/۳
pH	۷/۲۰	۸/۸۷	۵/۱۷	۵/۱۷	۱۰/۷	۶/۳۷	۰/۱۷	۰/۱۷	۷/۳۷	۵/۱۷	۰/۱۷	۱۱/۷	۱۱/۷	۱۱/۷	۱۱/۷	۱۱/۷	۱۱/۷	۱۱/۷	۱۱/۷	۱۱/۷	۱۱/۷	۱۵/۷
EC (ms.cm ⁻¹)	۲۹۱	۸۸۱	۱۰۰۳	۸۸۱	۶۰۳	۵۹۱	۵۰۳	۵۰۳	۷۰۳	۷۰۳	۶۱۳	۲۰۳	۲۰۳	۲۰۳	۲۰۳	۲۰۳	۲۰۳	۲۰۳	۲۰۳	۲۰۳	۲۰۳	۲۰۳
دمای آب (°C)	۳/۱۱	۱/۰۱	۱/۱۱	۱/۱۱	۳/۹	۶/۷	۲/۱۱	۲/۱۱	۳/۹	۳/۹	۱/۰۱	۳/۱۱	۳/۱۱	۳/۱۱	۳/۱۱	۳/۱۱	۳/۱۱	۳/۱۱	۳/۱۱	۳/۱۱	۳/۱۱	۳/۱۱
اکسیژن محلول	۵/۵۷	۷/۸۷	۶/۷	۷/۸۷	۱۳/۷	۶/۰/۷	۱۱/۷	۱۱/۷	۸/۸/۷	۵/۶/۷	۶/۶/۸	۵/۲/۷	۵/۲/۷	۵/۲/۷	۵/۲/۷	۵/۲/۷	۵/۲/۷	۵/۲/۷	۵/۲/۷	۵/۲/۷	۵/۲/۷	۵/۲/۷
مناطق استخری	۰/۰۶۳	۵/۰۲۰	۶/۰	۶/۰	۷/۰	۱۳/۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۰/۰	۱۰/۰	۱۰/۰	۱۰/۰	۱۰/۰	۱۰/۰	۱۰/۰	۱۰/۰	۱۰/۰	۱۰/۰	۱۰/۰
پوشش دیداری	۰/۰۱۴	۶/۰/۰	۵/۰/۰	۶/۰/۰	۳۰/۰	۱۳/۰	۱۰/۰	۱۰/۰	۱۰/۰	۰/۰/۰	۳/۰/۰	۸/۰/۰	۸/۰/۰	۸/۰/۰	۸/۰/۰	۸/۰/۰	۸/۰/۰	۸/۰/۰	۸/۰/۰	۸/۰/۰	۸/۰/۰	۸/۰/۰
پوشش ترکیبی	۰/۰۱۴	۶/۰/۰	۵/۰/۰	۶/۰/۰	۳۰/۰	۱۳/۰	۱۰/۰	۱۰/۰	۱۰/۰	۰/۰/۰	۳/۰/۰	۸/۰/۰	۸/۰/۰	۸/۰/۰	۸/۰/۰	۸/۰/۰	۸/۰/۰	۸/۰/۰	۸/۰/۰	۸/۰/۰	۸/۰/۰	۸/۰/۰
پناه بستر	۰/۰۷	۰/۰۱	۱/۰	۱/۰	۷/۰	۳/۰	۸/۰	۸/۰	۲/۰	۰/۰	۳/۰	۷/۰	۷/۰	۷/۰	۷/۰	۷/۰	۷/۰	۷/۰	۷/۰	۷/۰	۷/۰	۷/۰
شخص بستر	۵/۵۵	۵/۳۷	۵/۳۷	۵/۳۷	۶/۷	۶/۷	۵/۵	۵/۵	۶/۷	۶/۷	۷/۷	۳/۷	۳/۷	۳/۷	۳/۷	۳/۷	۳/۷	۳/۷	۳/۷	۳/۷	۳/۷	۳/۷
ارتفاع (m)	۲۴۲۸	۱۲۴۱	۷۶۳۱	۵۶۳۱	۶۳۳۱	۱۳۳۱	۰۰۳۱	۰۰۳۱	۵۰۳۱	۵۰۰۳	۰۰۰۳	۶۷۰۳	۸۷۰۳	۸۷۰۳	۵۷۰۳	۸۷۰۳	۸۷۰۳	۸۷۰۳	۸۷۰۳	۸۷۰۳	۸۷۰۳	۱۹۶۱
عمق (cm)	۶/۱۱	۳۵/۷۱	۷۴/۷۱	۵۸/۳۱	۰۰/۵۲	۷۴/۳۱	۳۶/۵۲	۳۶/۵۲	۳۶/۵۲	۳۶/۵۲	۱۱/۵۳	۶۶/۲۱	۶۶/۲۱	۶۶/۲۱	۶۶/۲۱	۶۶/۲۱	۶۶/۲۱	۶۶/۲۱	۶۶/۲۱	۶۶/۲۱	۶۶/۲۱	۱۱/۳۳
Froude عدد	۷/۲۰	۶۲/۰	۱۳/۰	۳۱/۰	۶۱/۰	۱۱/۰	۶۲/۰	۶۲/۰	۶۲/۰	۸۱/۰	۲/۰	۱۳/۰	۱۳/۰	۱۳/۰	۱۳/۰	۱۳/۰	۱۳/۰	۱۳/۰	۱۳/۰	۱۳/۰	۱۳/۰	۱۳/۰
سرعت (cm.s ⁻¹)	۰/۴۱	۶۳/۰	۶۳/۰	۵۳/۰	۳/۰	۵۳/۰	۸۳/۰	۵۳/۰	۵۳/۰	۶۳/۰	۷۳/۰	۸۳/۰	۸۳/۰	۸۳/۰	۸۳/۰	۸۳/۰	۸۳/۰	۸۳/۰	۸۳/۰	۸۳/۰	۸۳/۰	۸۳/۰
عرض (cm)	۶/۳۹	۱۲/۸	۳۰/۶	۶/۷	۶/۸	۶/۸	۰/۷۲۱	۰/۷۲۱	۵/۰۰۱	۳/۷/۱۱	۳/۷۲۱	۰/۲۰	۱/۲۰	۱/۲۰	۱/۲۰	۱/۲۰	۱/۲۰	۱/۲۰	۱/۲۰	۱/۲۰	۱/۲۰	۳۶/۳۱

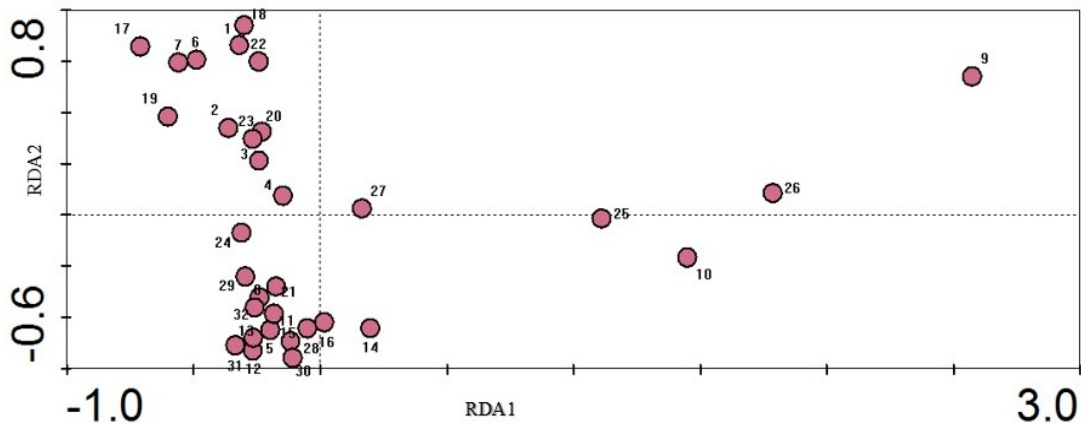
ادامه جدول ۱

نیترات (mg.l ⁻¹)	۴/۶	۵/۳	۶/۴	۵/۳	۶/۲	۵/۲	۶/۱	۷/۲	۶/۲	۳/۲	۵/۲	۶/۲	۷/۳	۸/۳	۷/۲	۵/۲	۳/۳	۷/۳	۵/۳
آمونیم (mg.l ⁻¹)	۰/۵۵	۰/۴۰	۰/۶۰	۰/۵۵	۰/۵۵	۰/۵۵	۰/۵۵	۰/۶۰	۰/۶۰	۰/۵۵	۰/۵۵	۰/۵۵	۰/۶۰	۰/۶۰	۰/۶۰	۰/۶۰	۰/۶۰	۰/۶۰	۰/۶۰
COD (mg.l ⁻¹)	۱۲	۳۱	۲۱	۳۱	۳۱	۳۱	۵۱	۳۱	۳۱	۵۱	۳۱	۶۱	۵۱	۵۱	۵۱	۶۱	۳۱	۳۱	۵۱
BOD ₅ (mg.l ⁻¹)	۳/۸	۶/۸	۲/۱	۶/۲	۱/۱	۲/۸	۳/۸	۱/۱	۳/۸	۱/۱	۳/۸	۵/۸	۳/۸	۳/۸	۵/۸	۳/۸	۳/۸	۳/۸	۳/۸
TSS (mg.l ⁻¹)	۵	۳	۵	۳	۲	۲	۵/۲	۵/۲	۲/۲	۲	۳	۵/۲	۲	۲	۵/۲	۲	۳	۳	۳
TDS (mg.l ⁻¹)	۲۶۰	۲۶۲	۵۵۲	۲۵۲	۷۵۲	۳۰۲	۳۶۱	۲۰۲	۲۰۲	۷۷۱	۵۰۲	۷۶۱	۲۰۲	۲۰۲	۵۱۱	۱۰۲	۲۰۲	۲۰۲	۲۳۲
کلورت (NTU)	۴	۳	۳۱	۳	۳	۷	۳	۸	۷	۳	۷	۳	۷	۵/۳	۷	۳	۶	۳	۴
pH	۵/۵/۷	۶۵/۷	۵۳/۷	۵/۵/۷	۷۸/۷	۳۳/۷	۰/۸/۷	۰/۸/۷	۰/۸/۷	۰/۸/۷	۰/۸/۷	۰/۸/۷	۰/۸/۷	۰/۸/۷	۰/۸/۷	۰/۸/۷	۰/۸/۷	۰/۸/۷	۰/۸/۷
EC (ms.cm ⁻¹)	۴۲۴	۲۰۳	۶۲۴	۷۶۴	۶۶۲	۱۶۲	۱۶۲	۳۰۳	۳۰۳	۲۶۰	۵۰۳	۵۶۲	۰۰۳	۰۰۳	۰۰۳	۰۰۳	۰۰۳	۰۰۳	۰۰۳
دمای آب (°C)	۲۱	۲۳	۲۱	۲۱	۲۱	۲۱	۲۱	۲۱	۲۱	۲۱	۲۱	۲۱	۲۱	۲۱	۲۱	۲۱	۲۱	۲۱	۲۱
اکسیژن محلول	۹/۵۰	۷۳/۷	۶۷/۷	۳۰/۷	۶۵/۷	۷۸/۷	۷۸/۷	۱۵/۷	۱۵/۷	۵۲/۷	۷۸/۷	۱۳/۷	۱۰/۷	۱۰/۷	۱۰/۷	۱۰/۷	۱۰/۷	۱۰/۷	۱۰/۷
مناطق استخری	۰	۰	۵۱/۰	۰	۶۶/۰	۰	۰	۶۳/۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
پوشش ترکیبی	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
پوشش دیداری	۶/۰۵۶	۰/۰۵۰	۶۵/۰	۱۵۰/۰	۷۵/۰	۰/۰۵۰	۱۱۰/۰	۱۱۰/۰	۱۱۰/۰	۱۱۰/۰	۱۱۰/۰	۱۱۰/۰	۱۱۰/۰	۱۱۰/۰	۱۱۰/۰	۱۱۰/۰	۱۱۰/۰	۱۱۰/۰	۱۱۰/۰
پناه بستر	۶/۰۹۴	۳۵/۰	۸۸/۰	۳۰/۰	۰/۰۱۰	۵۲/۰	۰/۰۱۰	۰/۰۱۰	۰/۰۱۰	۰/۰۱۰	۰/۰۱۰	۰/۰۱۰	۰/۰۱۰	۰/۰۱۰	۰/۰۱۰	۰/۰۱۰	۰/۰۱۰	۰/۰۱۰	۰/۰۱۰
شاخص بستر	۴/۷۴	۸۵/۵	۷۲/۵	۶/۵	۶/۵	۶/۵	۷۶/۵	۸۴/۵	۷/۵	۷/۵	۶/۵	۱۰/۶	۶/۴	۰/۴	۰/۴	۱/۵	۶/۴	۶/۴	۱۶/۴
ارتفاع (m)	۱۶۲۱	۲۸۶۱	۲۰۷۱	۱۰۷۱	۴۱۶۱	۳۱۶۱	۸۶۵۱	۶۶۵۱	۱۰۰۶	۱۰۰۶	۲۱۵۱	۴۱۵۱	۱۰۰۶	۱۰۰۶	۵۰۶۱	۳۷۷۱	۶۷۷۱	۳۰۰۲	۸۰۰۲
عمق (cm)	۳۸۷۳	۸۸/۶۲	۶۱/۲۲	۳۶/۴۴	۰۴/۴۳	۴۵/۳۰	۰۰/۶۳	۳۱/۶۳	۳۷/۳۳	۶۷/۵۲	۲۵/۵۲	۴۶/۱۲	۱۷/۱۲	۱۰/۳۲	۱۰/۳۲	۶۳/۸۳	۳۰/۸۳	۳۰/۸۳	۳۰/۸۳
عدد Froude	۷/۱/۰	۸۸/۰	۳۳/۰	۷۸/۰	۱۸/۰	۷/۱/۰	۳۸/۰	۳۸/۰	۵۲/۰	۸۸/۰	۸۸/۰	۶۱/۰	۶۱/۰	۶۱/۰	۶۱/۰	۶۱/۰	۶۱/۰	۶۱/۰	۶۱/۰
سرعت (cm.s ⁻¹)	۰/۳۴	۶۳/۰	۵۵/۰	۰/۵۰	۳۳/۰	۶۳/۰	۷۳/۰	۵۵/۰	۵۵/۰	۱۳/۰	۲۵/۰	۳۸/۰	۳۸/۰	۳۸/۰	۳۸/۰	۳۸/۰	۳۸/۰	۳۸/۰	۳۸/۰
عرض (cm)	۱۴/۵۳	۳۶/۴۱	۸۰/۶۱	۶۳/۴۱	۰۷/۶۱	۳۱/۶۱	۷۸/۶۱	۸۷/۶۱	۸۷/۶۱	۸۷/۶۱	۸۷/۶۱	۸۷/۶۱	۸۷/۶۱	۸۷/۶۱	۸۷/۶۱	۸۷/۶۱	۸۷/۶۱	۸۷/۶۱	۸۷/۶۱

جدول ۲- توزیع گونه‌های ماهی رودخانه کرج بر اساس محدوده ارتفاعی و فراوانی آنها

گونه	مناطق بالادست															
	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶
<i>S. trutta</i>	۲۲	۱۴	۹	۱۱	۱۴	۲	۲۲	۱	۵	۳۲	۱۸	۶	۸	۰	۵	
<i>A. atropatena</i>	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	
<i>O. bergianus</i>	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	
<i>P. malapterura</i>	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	
<i>B. lacerta</i>	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	

گونه	مناطق میانه				مناطق پایین دست											
	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰	۲۱	۲۲	۲۳	۲۴	۲۵	۲۶	۲۷	۲۸	۲۹	۳۰	۳۱	۳۲
<i>S. trutta</i>	۲	۱	۰	۲	۱	۱	۳	۰	۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
<i>A. atropatena</i>	۴۸	۱۱	۱۱	۳۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
<i>O. bergianus</i>	۰	۱	۳۴	۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
<i>P. malapterura</i>	۰	۰	۱	۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
<i>B. lacerta</i>	۸	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰



شکل ۲- RDA نشان‌دهنده توزیع ۳۲ ایستگاه با توجه به ساختار زیستگاه، متغیرهای فیزیکی و شیمیایی بالادست به پایین دست

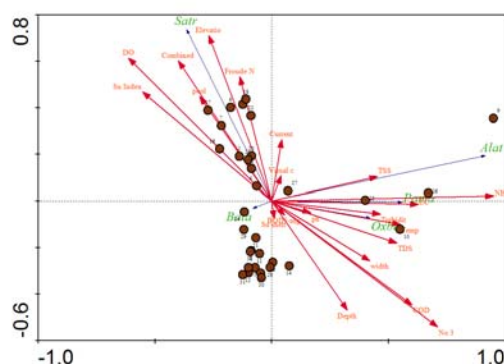
سه محور از چهار محور RDA، توضیح‌دهنده ۷۹/۳٪
 ترکیب گونه در اجتماع ماهیان است. محور ۲ توضیح
 حضور *S. trutta*، محور ۱ توضیح *A. doriae* / *A.*
O. bergianus و محور ۴ توضیح‌دهنده *B. lacerta* / *B. miliaris*
 محور ۳ توضیح‌دهنده *P. malapterura* / *A. atropatena*
 است (جدول ۳).

۱۱۷

جدول ۳- مقادیر ویژه و درصد واریانس توضیحی چهار محور نخست RDA ماتریس گونه‌ها با بارگذاری عوامل متناظر مربوطه

محور ۱	محور ۲	محور ۳	محور ۴	
۰/۴۹۷۵	۰/۱۸۶۳	۰/۱۰۹۷	۰/۰۰۶۵	مقادیر ویژه
۴۹/۸	۶۸/۸	۷۹/۳	۸۰/۰	واریانس درصد تجمعی داده‌های مربوط به هرگونه
-۰/۳۶۴۲	۰/۷۲۸۶	۰/۰۷۹۳	۰/۰۰۰۲	<i>Salmo trutta</i>
۰/۹۱۷۸	۰/۱۹۰۱	-۰/۰۹۹۰	۰/۰۰۱۶	<i>A. doriae / A. atropatenae</i>
۰/۴۱۷۱	۰/۰۶۶۱	۰/۷۸۰۷	-۰/۰۰۱۳	<i>O. bergianus</i>
۰/۵۵۳۵	۰/۰۱۲۱	۰/۲۶۱۵	-۰/۰۰۵۸	<i>P. malapterura</i>
-۰/۰۷۹۳	-۰/۰۲۸۸	۰/۰۳۲۲	۰/۸۳۴۰	<i>B. miliaris / B. lacerta</i>

زیستگاه‌هایی با درجه حرارت، NH_4^+ ، پوشش بصری، کدورت، NO_3^- ، پوشش ترکیبی و استخر بالا دوری می‌جویند (شکل ۳، جدول ۴).



شکل ۳- RDA نشان‌دهنده توزیع گونه با توجه به ساختار زیستگاه، متغیرهای فیزیکی و شیمیایی بالادست به پایین دست (نام گونه‌ها از ترکیب دو حرف اول جنس و گونه تشکیل شده است)

ارزیابی مهم‌ترین متغیرهای مؤثر: براساس GLM صرفاً سه متغیر (عرض، عمق و ارتفاع) از ۵ متغیر فیزیکی و هفت متغیر از ۱۲ متغیر شیمیایی مورد بررسی جهت توضیح فراوانی ماهی‌ها مورد توجه بودند. در این خصوص، اثر ترکیبی متغیر فیزیکی به ترتیب شدت اثر عرض، عمق، ارتفاع و سرعت جریان در سطح اطمینان ۹۵٪ ($P < 0/05$)، $t = 2/283$) و ترکیب متغیرهای شیمیایی NH_4^+ ، NO_3^- ، DO ، TDS و EC و همچنین ترکیبی از عامل شیمیایی شامل دما، DO ، NO_3^- و NH_4^+ به ترتیب شدت

همبستگی توزیع گونه‌ها و متغیرهای محیطی: RDA، عواملی که دارای همبستگی مثبت و منفی بر حضور گونه‌ها بودند، را نشان داد. *S. trutta* به انتخاب زیستگاه‌هایی با پوشش ترکیبی، زیستگاه استخری، عدد Froude، ارتفاع، سرعت جریان، پوشش دیداری، شاخص بستر و DO بالاتر پرداخته و از مناطقی با ویژگی‌های pH ، EC ، دمای آب، پناه بستر، BOD_5 ، TDS ، کدورت، NH_4^+ ، COD ، TSS ، عرض، عمق و NO_3^- بالا حذر می‌نماید. دو گونه *P. malapterura* و *A. doriae / A. atropatenae* در مناطق میانی و در زیستگاه‌هایی با NH_4^+ ، NO_3^- ، کدورت، عرض، TSS ، EC ، درجه حرارت آب، عمق، TDS ، COD ، BOD_5 ، پوشش دیداری، سرعت جریان، pH و پناه بستر بالاتر زیست نموده و از زیستگاه‌هایی با مشخصاتی همچون DO ، ارتفاع، عدد Froude، پناه بستر، زیستگاه استخری و پوشش ترکیبی بالاتر حذر می‌کنند. گونه *O. bergianus* در مناطق میانی با ویژگی‌هایی NH_4^+ ، کدورت، عدد Froude، پوشش ترکیبی، TSS ، NO_3^- ، سرعت جریان، پوشش دیداری، عرض، EC ، شاخص زیستگاه، ارتفاع، COD ، TDS و DO زیست نموده و از زیستگاه‌هایی با ویژگی‌هایی نظیر عمق، درجه حرارت آب، pH ، پناه بستر و زیستگاه استخری دوری می‌نماید و گونه *B. miliaris / B. lacerta* در زیستگاه‌هایی با TSS ، عرض، BOD_5 ، سرعت جریان، عمق، TDS ، EC ، پناه بستر، عدد Froude، pH ، ارتفاع و DO بالا زیست نموده و از

اثر در سطح اطمینان ۹۹٪ ($t=3/392, P<0/01$) بر فراوانی گونه‌ها مؤثر بود.

جدول ۴- مقادیر ویژه و همبستگی بین مجموعه‌ای از ساختار زیستگاه، متغیرهای فیزیکی و شیمیایی با چهار محور نخست

رسته‌بندی نهایی RDA				
محور ۴	محور ۳	محور ۲	محور ۱	n=۳۲
۰/۰۰۶	۰/۱۰۵	۰/۱۹۱	۰/۴۹۶	مقادیر ویژه
۰/۰۹۰	۰/۰۳۲	-۰/۱۲۶	۰/۲۰۷	عرض (cm)
۰/۰۷۱	۰/۰۶۳	۰/۰۶۰	۰/۰۱۰	سرعت جریان آب (cm.s ⁻¹)
۰/۰۲۴	۰/۱۲۳	۰/۱۵۸	-۰/۰۴۰	عدد Froude
۰/۰۶۲	-۰/۰۵۶	-۰/۱۳۰	۰/۰۹۰	عمق (cm)
۰/۰۰۱	۰/۰۰۹	۰/۱۰۳	-۰/۰۳۹	ارتفاع (m)
۰/۰۰۰۸	۰/۰۰۱	۰/۰۲۹	-۰/۰۲۹	اکسیژن محلول در آب
-۰/۰۰۲	-۰/۰۱۲	-۰/۰۱۶	۰/۰۹۲	دمای آب (°C)
۰/۰۵۱	۰/۰۲۶	-۰/۰۰۲	۰/۰۹۴	هدایت الکتریکی (μs.cm ⁻¹)
۰/۰۰۴	-۰/۰۰۲	-۰/۰۰۱	۰/۰۰۴	pH
-۰/۰۷۵	۰/۱۲۷	-۰/۰۲۸	۰/۲۳۶	کدورت (NTU)
۰/۰۵۳	۰/۰۰۵	-۰/۰۲۵	۰/۰۷۴	کل مواد جامد محلول (mg.l ⁻¹)
۰/۱۴۱	۰/۰۸۱	-۰/۰۳۴	۰/۱۵۰	کل مواد جامد معلق (mg.l ⁻¹)
۰/۰۷۹	-۰/۰۶۷	-۰/۰۲۴	۰/۰۲۲	BOD ₅ (mg.l ⁻¹)
۰/۰۱۶	۰/۰۰۸	-۰/۰۵۱	۰/۰۶۹	COD (mg.l ⁻¹)
-۰/۰۰۶	۰/۴۱۱	-۰/۰۳۴	۱/۴۹۹	آمونوم (mg.l ⁻¹)
-۰/۱۰۷	۰/۰۶۸	-۰/۳۱۸	۰/۴۱۸	نیترات (mg.l ⁻¹)
-۰/۰۰۴	۰/۰۱۵	۰/۰۴۷	-۰/۰۵۶	شاخص بستر
۰/۰۳۰	-۰/۰۶۳	-۰/۰۱۸	۰/۰۰۲	پناه بستر
۰/۰۲۵	۰/۰۳۷	۰/۰۵۰	۰/۰۱۹	پوشش دیداری
-۰/۲۴۰	۰/۰۸۸	۰/۷۵۰	-۰/۴۹۸	پوشش ترکیبی
-۰/۲۴۴	-۰/۰۲۷	۰/۶۰۰	-۰/۴۱۲	مناطق استخری

متغیر شیمیایی مورد بررسی، در تفسیر الگوی غنای ماهیان نقش مؤثرتری داشتند. در این مورد اثرات، ترکیبی از متغیرهای شیمیایی COD، NH₄⁺، NO₃⁻، DO، TDS و EC به ترتیب در سطح اطمینان ۹۹٪ ($t=3/740, P<0/001$) و همچنین ترکیبی از متغیرهای شیمیایی درجه حرارت آب، DO، NO₃⁻ و NH₄⁺ در سطح اطمینان ۹۹٪ ($t=5/560, P<0/001$) بر غنای گونه‌ای قابل مشاهده هستند.

در نهایت ۹۱ مدل GLM جهت بررسی مهم‌ترین متغیرهای مؤثر بر ترکیب گونه‌ای طراحی شد و نشان داد که تلفیق ساختار زیستگاه و متغیرهای فیزیکی-شیمیایی با کمترین معیار آکایکه به‌عنوان بهترین مدل در نظر گرفته شده است. به نظر می‌رسد ترکیبی از متغیر فیزیکی عرض، عمق و ارتفاع در سطح اطمینان ۹۹٪ ($t=-4/580, P<0/001$)، ترکیبی از متغیرهای شیمیایی COD، NH₄⁺، NO₃⁻، DO، TDS و EC در سطح اطمینان ۹۹٪ ($P<0/001$)، BOD₅، ترکیبی از عوامل شیمیایی کدورت، و pH در سطح اطمینان ۹۹٪ ($t=3/888, P<0/001$) و ترکیب ساختار زیستگاه مانند پوشش ترکیبی، زیستگاه استخری و شاخص بستر در سطح اطمینان ۹۵٪ ($P<0/05$)، در این پژوهش نقش تأثیر کلید متغیرهای ساختار زیستگاه، متغیرهای فیزیکی و شیمیایی به‌منظور تفسیر الگوی ترکیب گونه بر اساس GLM (نه متغیر از ۱۲ متغیر شیمیایی، سه متغیر از ۵ متغیر فیزیکی و سه متغیر از ۵ متغیر ساختار زیستگاه مورد مطالعه) قابل مشاهده است. مدل GLM حاکی از آن است که متغیرهای سرعت جریان، عدد Froude، پوشش دیداری، پناه بستر، TSS و دمای آب تأثیر معنی‌داری بر ترکیب گونه‌ای ندارند (جدول ۵).

بحث و نتیجه‌گیری

الگوی پراکنش گونه‌ها تحت تأثیر فاکتورهای اکولوژیک و با تأکید بر تأثیرات فعالیت‌های انسانی نیاز به مطالعه بیشتری دارد. نوسانات متغیرهای فیزیکی، شیمیایی، ساختار

بررسی مهم‌ترین متغیرهای تأثیرگذار بر غنای گونه، با در نظر گرفتن ۱۷ مدل GLM از متغیرهای شیمیایی و تأثیر هم‌زمان آن‌ها با کمترین معیارهای آکایکه، به‌عنوان بهترین مدل در نظر گرفته شد. بر این اساس هفت متغیر از ۱۱

نوسانات متغیرها در مناطق، موجب توزیع متفاوت گونه‌های مختلف ماهی در امتداد رودخانه (۱۳، ۱۷، ۴۱ و ۴۲) به صورت جایگزینی گونه‌ها ناشی از تغییرات شرایط زیستی و به صورت اضافه شدن آن‌ها در جریان پایین‌دستی می‌گردد (۱۷ و ۴۳). ساختار زیستگاه در کنار متغیرهای فیزیکی در توزیع گونه‌های ماهی نقش مهمی دارند (۱۹، ۴۵ و ۴۸). معمولاً از بررسی متغیرهای شیمیایی بر توزیع ماهیان چشم‌پوشی می‌گردد، اما به نظر می‌رسد فاکتورهای شیمیایی می‌توانند به درک بهتر ما از الگوهای شکل‌گرفته تحت تأثیر ساختار زیستگاه و متغیرهای فیزیکی کمک نمایند.

در این مطالعه غیر از گونه *Salmo trutta* که در هر سه منطقه مشاهده شد، دیگرگونه‌ها صرفاً در منطقه میانی حضور داشتند. با توجه به شباهت تعداد زیادی از ویژگی‌های ساختار زیستگاه و متغیرهای فیزیکی در بخش‌های ابتدایی و انتهایی رودخانه، تفاوت فاکتورهای شیمیایی از جمله برآیند متغیرهای COD، NH_4^+ ، NO_3^- ، DO، TDS و EC و همچنین متغیرهای دما، DO، NO_3^- و NH_4^+ در منطقه میانی، حضور گونه‌ها را توجیه می‌نماید. هرچند تأثیر عوامل فیزیکی و ساختار زیستگاه از جمله متغیرهای ارتفاع و عمق کم، عرض زیاد، سرعت بالای جریان آب، جنس بستر (۱ و ۴) و پوشش گیاهی ساحل (۵ و ۶) در انتخاب زیستگاه توسط سگ‌ماهیان و نواحی با عمق، عرض و سرعت جریان کم، سنگ‌بستر درشت (۱۰) و پوشش درختی و درختچه‌ای در ساحل (۲) در انتخاب زیستگاه توسط سس ماهی به اثبات رسیده است، اما نتایج حاصل از این پژوهش بر تأثیر ارجح‌تر عوامل شیمیایی بر عوامل فیزیکی و ساختار زیستگاه در توضیح حضور گونه‌های مورد اشاره تأکید دارد. در نتیجه ای مشابه، بارز بودن تأثیر متغیرهای شیمیایی از جمله هدایت الکتریکی، فسفر کل، نیتریت، بیکربنات و دمای آب بر عوامل فیزیکی و ساختار زیستگاه، در حضور شاه کولی موصل در رودخانه گاماسیاب (استان همدان) گزارش گردیده است

زیستگاه و زیستی رودخانه‌ها، تغییرات الگوی غنا، فراوانی و ترکیب گونه‌ای ماهیان رودخانه را در پی دارد (۱۸). نوسانات این متغیرها در مناطق کوهستانی بسیار سریع است (۲۹). این تغییر سریع و ناگهانی موجب گشت که منطقه مطالعه به سه منطقه مجزا تقسیم گردد.

جدول ۵- نتایج حاصل از GLM مربوط به فراوانی (a)، غنای گونه‌ای (b) و ترکیب گونه‌ای (c) ماهیان حاصل از اثر ساختار زیستگاه، متغیرهای فیزیکی و شیمیایی در بالادست به پایین‌دست رودخانه کرج (ns، غیر معنی‌دار، * $P < 0.05$ ، ** $P < 0.01$ ، *** $P < 0.001$)

	Estimate	SD	t	Pr(> t)
(a) فراوانی				
PC1Ph	۴/۰۲	۱/۷۶	۲/۲۸	* ۰/۰۳۲۴۴
PC2Ph	-۰/۹۷	۱/۷۲	-۰/۵۶	Ns ۰/۵۷۸۷۲
PC1Ch	-۳/۸۷	۱/۱۴	-۳/۳۹	** ۰/۰۰۲۶۲
PC2Ch	۰/۹۳	۱/۸۷	۰/۴۹	Ns ۰/۶۲۴۳۱
PC3Ch	-۰/۸۸	۱/۵۴	-۰/۵۷	Ns ۰/۵۷۳۱۱
PC4Ch	-۱۱/۰۱	۳/۳۰	-۳/۳۲	** ۰/۰۰۳۰۴
PC1St	-۰/۶۷	۲/۰۷	-۰/۳۲	Ns ۰/۷۴۷۵۱
PC2St	-۲/۴۲	۲/۴۵	-۰/۹۹	Ns ۰/۳۳۲۷۰
PC3St	۲/۵۱	۲/۳۲	۱/۰۸	Ns ۰/۲۹۱۷۵
(b) غنای گونه‌ای				
PC1Ch	-۰/۲۰	۰/۰۵	-۳/۷۴	*** ۰/۰۰۰۸۴۱
PC4Ch	۰/۶۷	۰/۱۲	۵/۵۶	*** ۰/۰۰۰۰۰۱
PC1Ch:PC4Ch	۰/۰۱	۰/۰۷	۰/۱۴	Ns ۰/۸۸۴۶۵۷
(c) ترکیب گونه‌ای				
PC1Ph	-۰/۲۵	۰/۰۵	-۴/۵۸	*** ۰/۰۰۰۱۴۶
PC2Ph	-۰/۰۶	۰/۰۵	-۱/۲۲	Ns ۰/۲۳۳۰۳۸
PC1Ch	۰/۲۳	۰/۰۳	۶/۵۷	*** ۰/۰۰۰۰۰۱
PC2Ch	-۰/۲۳	۰/۰۵	-۰۳/۸۸	*** ۰/۰۰۰۷۹۲
PC3Ch	-۰/۰۷	۰/۰۴	-۱/۵۴	Ns ۰/۱۳۵۵۷۵
PC4Ch	۰/۲۰	۰/۱۰	۱/۹۶	Ns ۰/۰۶۲۴۸۰
PC1St	۰/۱۴	۰/۰۶	۲/۲۵	* ۰/۰۳۴۱۳۹
PC2St	-۰/۰۱	۰/۰۷	-۰/۱۸	Ns ۰/۸۵۲۹۵۱
PC3St	۰/۰۹	۰/۰۷	۱/۳۰	Ns ۰/۲۰۴۷۰۲

قزل‌آلای خال قرمز برخلاف دیگرگونه‌های موجود در رودخانه کرج، قادر است بر این شرایط غلبه نماید (۱۱).

علی‌رغم شرایط محیطی متغیر بالادست، منطقه پایین‌دست در صورت عدم تأثیر انسان‌شناختی، معمولاً پایدارتر است (۳ و ۳۷) و انتظار می‌رود مطابق الگوهای مرسوم توزیع ماهیان، شاهد افزایش فراوانی دیگرگونه‌ها از جمله کپور ماهیان و کاهش فراوانی قزل‌آلا باشیم. اما برخلاف انتظار، در پایین‌دست و پس از سد عدم حضور سایر گونه‌ها و تنها حضور گونه *Salmo trutta* را شاهد هستیم. شکل‌گیری چنین الگویی ناشی از کاهش دمای آب در خروجی سد و عدم دسترسی به زیستگاه‌های متنوع به دلیل همگن و ساده شدن زیستگاه‌ها در مناطق پایین‌دست سد است (۱۱). دو عامل اخیر، زیست دیگرگونه‌های ماهیان را در کنار قزل‌آلا مشکل نموده (۲۳) و نهایتاً منجر به کاهش سریع فراوانی کپور ماهیان می‌گردد (۳۴).

شایان‌ذکر است در تعدادی از شاخه‌های فرعی، علی‌رغم دارا بودن شرایط مناسب زیستی مشابه شاخه‌های دیگر، نمونه‌ای یافت نشد. که می‌تواند حاصل اختلالات انسانی بر اکوسیستم‌های آب شیرین (۲۴) یا تغییرات اقلیمی بسیار شدید مانند سیل باشد. بیان این نکته ضروری به نظر می‌رسد که دو عامل اخیر می‌توانند اثراتی کوتاه مدت یا دائمی بر انقراض محلی آبزیان داشته باشند.

حفظ توزیع الگوی طبیعی ماهیان نیاز به حفاظت از شاخه‌های کوچک (۲۶)، به‌ویژه در منطقه میانی رودخانه کرج دارد (۲۴). اگرچه اغلب مناطق حفاظت‌شده به دلیل کوچک بودن مناطق، تکه‌تکه شده از شاخه‌های فرعی حوضه و یا به علت قرارگیری در حوضه کوهستانی اثربخشی محدودی بر روی حفاظت از گونه‌های ماهیان دارند (۴۴)، اما حفاظت مؤثر از مناطق حفاظت‌شده می‌تواند حداقل در کوتاه‌مدت بر روی غنا، ترکیب و فراوانی ماهیان آب شیرین مؤثر باشد. انتظار می‌رود نتایج

(۹). به‌طورمعمول در رودخانه‌هایی که میزان دست‌اندازی و آلودگی بالاتر است و عوامل شیمیایی در تجزیه و تحلیل‌ها موردنظر قرار می‌گیرند، این متغیرها می‌تواند توضیح مناسبی برای حضور گونه‌ها باشد. البته باید این نکته را مدنظر قرارداد که برهم‌کنش ساختار زیستگاه و متغیرهای فیزیکی-شیمیایی تعیین‌کننده حضور گونه‌ها می‌باشند، زیرا ارتباط این متغیرها بسیار به هم وابسته بوده و کوچک‌ترین تغییر در شرایط زیست‌محیطی یا حتی تأثیرات انسانی، بر ویژگی‌های شیمیایی، فیزیکی و ساختار زیستگاه و درنهایت بر تغییر فون ماهیان مؤثر است (۱۴).

افزون بر تمرکز گونه‌های مختلف ماهیان در منطقه میانی رودخانه تحت تأثیر نقش پررنگ‌تر متغیرهای شیمیایی، اتصال شاخه‌های فرعی در منطقه میانی رودخانه‌ها موجب افزایش حجم آب‌شده و تغییر عرض، عمق، سرعت جریان، ترکیب بستر را به همراه خواهد داشت. این تغییرات منجر به تغییر آشیان اکولوژیک گشته و درنهایت به‌عنوان عامل مؤثری بر غنای گونه عمل می‌نماید (۴۶). سه گونه از ماهی‌ها در حاشیه کناری رودخانه که سرعت آب بسیار کم بوده و بستری ماسه‌ای دارد زیست می‌نمایند، و ویژگی‌های زیستی این گونه‌ها در ایستگاه‌های میانی وجود دارد که این موضوع با نتایج محققان دیگر (۸) نیز مطابقت دارد.

روشن است عدم حضور دیگرگونه‌ها به‌غیراز ماهی قزل‌آلا در بالادست، می‌تواند ناشی از کاهش دسترسی به مناطق دارای پیچیدگی محیطی (ساختار زیستگاهی مناسب جهت زیست گونه قزل‌آلا به‌ویژه پوشش ترکیبی، زیستگاه استخری و شاخص بستر)، شدت بیشتری از سختی شرایط آب و هوایی (نوسانات متغیرهای فیزیکی و شیمیایی بالاتر از حد آستانه تحمل دیگر گونه‌ها به‌غیراز ماهی قزل‌آلا به ترتیب با تأکید بر برآیند متغیرهای عرض، عمق و ارتفاع و کدورت، BOD₅ و pH)، کاهش در دسترسی به منابع متنوع و کاهش در تولید اولیه با افزایش ارتفاع باشد (۲۷). ماهی

این مطالعه در منطقه حفاظت‌شده مورد مطالعه، گامی

هرچند اندک اما روبه‌جلو جهت حفاظت از ماهیان باشد.

منابع

۱. رستمیان، ن.، ۱۳۹۴. بررسی شاخص مطلوبیت زیستگاه گونه سگ‌ماهی جویباری خاردار کیوان (*Cobitis keyvani*) در رودخانه توتکابن با استفاده از مدل GAM (Generalized Additive Models) در نرم‌افزار Habsel. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده محیط‌زیست دانشگاه تهران، ۶۸ صفحه.
۲. زمانی، م.، ایگدری، س.، و پورباقر، ه.، ۱۳۹۳. بررسی شاخص مطلوبیت زیستگاه سس ماهی کورا (*Barbus Cyri Filippi*) در رودخانه طالقان (حوضه رودخانه سفیدرو: استان البرز)، مجله پژوهش‌های ماهی‌شناسی کاربردی، دوره ۲، شماره ۲، صفحات ۱۴-۵۳.
۳. شکری پور، ز.، و اشجع اردلان، آ.، ۱۳۹۵. شناسایی و بررسی تنوع ماکروبتوزهای رودخانه کرج، مجله پژوهش‌های جانوری (مجله زیست‌شناسی ایران)، جلد ۲۹، شماره ۴، صفحات ۴۴۲-۴۵۳.
۴. طباطبایی، س. ن.، ایگدری، س.، کابلی، م.، جوانشیر، ا.، و هاشم‌زاده، ا.، ۱۳۹۲. بررسی فاکتورهای محیطی مؤثر در پراکنش سگ‌ماهی جویباری (*Oxynemacheilus bergianus*) در رودخانه کردان، نشریه شیلات، مجله منابع طبیعی ایران، شماره ۲، صفحات ۱۵۹-۱۷۱.
۵. طباطبایی، س. ن.، ایگدری، س.، هاشم‌زاده سقرلو، ا.، و زمانی، م.، ۱۳۹۴. بررسی ویژگی‌های زیستگاهی انتخابی بزرگ‌مقیاس سگ‌ماهی جویباری سفیدرود *Oxynoemacheilus* assemblages, Upper Paraná River, Central Brazil, Neotropical Ichthyology, 7, PP: 31-38.
۶. طباطبایی، س. ن.، هاشم‌زاده سقرلو، ا.، ایگدری، س.، و زمانی، فردانبه، م.، ۱۳۹۳. عوامل تعیین‌کننده در زیستگاه انتخابی سگ‌ماهی ایرانی (*Paracobitis iranica*)، در رودخانه کردان، حوضه دریاچه نمک، نشریه شیلات، مجله بوم‌شناسی آبریزان، دوره ۲، شماره ۴، صفحات ۱-۹.
۷. عبدلی، ا.، ۱۳۹۵. راهنمای میدانی ماهیان آب‌های داخلی ایران، انتشارات ایران‌شناسی، ۲۷۶ صفحه.
۸. عبدلی، ا.، و نادری، م.، ۱۳۸۷. تنوع زیستی ماهیان حوضه جنوبی دریای خزر، انتشارات علمی آبریزان، ۲۴۴ صفحه.
۹. مرادی، م.، زرکامی، ر.، بانی، ع.، و عباسی، ک.، ۱۳۹۴. مطالعه فاکتورهای تأثیرگذار بر وقوع ماهی شاه کولی موصل Heckel, 1843 *Alburnus mossulensis* در رودخانه گاماسیاب (استان همدان) با استفاده از تحلیل مؤلفه اصلی PCA، دومین همایش ملی تغییرات اقلیم و مهندسی توسعه پایدار کشاورزی و منابع طبیعی، تهران، گروه پژوهشی بوعلی، ۱۱ صفحه.
۱۰. وردی پور، م.، ایگدری، س.، و شمس اسفند آباد، ب.، ۱۳۹۵. بررسی ویژگی‌های زیستگاهی ماهی *Barbus lacerta* در رودخانه طالقان، حوزه سفیدرود، فصلنامه علمی پژوهشی محیط‌زیست جانوری، سال ۸، شماره ۳، صفحات ۱۸۳-۱۹۰.
11. Agostinho, A. A., Gomes, J. C., and Latini, J. D., 2004. Fisheries management in Brazilian reservoirs: lessons from/for South America. *Interciencia*, 29, PP: 334-338.
12. Angermeier, P. L., and Karr, J. R., 1983. Fish communities along environmental gradients in a system of tropical streams, *Environmental Biology of Fishes*, 9, PP: 117-135.
13. Angermeier, P. L., and Winston, M. R., 1999. Characterizing fish community diversity across Virginia landscapes: prerequisite for conservation. *Ecological Applications*, 9, PP: 335-349.
14. Araújo, N. B., and Tejerina-Garro, F. L., 2009. Influence of environmental variables and anthropogenic perturbations on stream fish assemblages, Upper Paraná River, Central Brazil, *Neotropical Ichthyology*, 7, PP: 31-38.
15. Ayllón, D., Nicola, G. G., Parra, I., Elvira, B., and Almodóvar, A., 2013. Intercohort density dependence drives brown trout habitat selection, *Acta Oecologica*, 46, PP: 1-9.
16. Bistoni, M., and Hued, A., 2002. Patterns of fish species richness in rivers of the central region of Argentina. *Brazilian Journal of Biology*, 62, PP: 753-764.
17. Brunger Lipsey, T. S., Hubert, W. A., and Rahel, F. J., 2005. Relationships of elevation, channel slope, and stream width to occurrences of native fishes at the Great Plains-Rocky Mountains interface. *Journal of Freshwater Ecology*, 20, PP: 695-705.

18. Carrel, G., and Rivier, B., 1996. Distribution of three euryoecious cyprinids in the main channel of the Lower River Rhône, Archiv Für Hydrobiologie Supplements, 113, PP: 363-374.
19. Ferreira, C. d. P., and Casatti, L., 2006. Influência da estrutura do hábitat sobre a ictiofauna de um riacho em uma micro-bacia de pastagem, São Paulo, Brasil. Revista Brasileira de Zoologia, 23(3), PP: 642-651.
20. García, P., Arévalo, V., and Lizana, M., 2010. Characterisation of den sites of American mink *Neovison vison* in central Spain, Wildlife Biology, 16, PP: 276-282.
21. Ghasemi, Z., and Faryadi, S., 2010. Zoning of Karaj dam watershed's polluting potentials using integrated means of ecological land use evaluation, water quality and SWOT analysis, Environmental Sciences, 7, PP: 21-40.
22. Gordon, N. D., McMahon, T. A., Finlayson, B. L., Gippel, C. J., and Nathan, R. J., 2004. Stream hydrology: an introduction for ecologists, 2 Edition, John Wiley and Sons: Wiltshire. 448 pp.
23. Han, J. H., Paek, W. K., and An, K. G., 2016. Exotic species, *Micropterus salmoides*, as a key bioindicator influencing the reservoir health and fish community structure. Journal of Asia Pacific Biodiversity, 9, PP: 403-411.
24. Hariri, M., Mirvaghefi, A., Farahmand, H., Taghavi, L., and Shahabinia, A. R., 2018. In situ assessment of Karaj River genotoxic impact with the alkaline comet assay and micronucleus test, on feral brown trout (*Salmo trutta fario*), Environmental Toxicology and Pharmacology, 58, PP: 59-69.
25. Hirzel, A. H., Hausser, J., Chessel, D., and Perrin, N., 2002. Ecological niche factor analysis: how to compute habitat suitability maps without absence data? Ecology, 83, PP: 2027-2036.
26. Hubbell, S. P., 2001. The unified neutral theory of biodiversity and biogeography (MPB-32). Volume 32, Princeton University Press: Princeton, New Jersey. 375 pp.
27. Huston, M. A., 1994. Biological diversity: the coexistence of species, Cambridge University Press: Cambridge. 702 pp.
28. Jackson, D. A., Peres-Neto, P. R., and Olden, J. D., 2001. What controls who is where in freshwater fish communities the roles of biotic, abiotic, and spatial factors. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 58, PP: 157-170.
29. Jacobsen, D., 2008. Low oxygen pressure as a driving factor for the altitudinal decline in taxon richness of stream macroinvertebrates, Oecologia, 154, PP: 795-807.
30. Jaramillo Villa, U., Maldonado Ocampo, J., and Escobar, F., 2010. Altitudinal variation in fish assemblage diversity in streams of the central Andes of Colombia, Journal of Fish Biology, 76, PP: 2401-2417.
31. Jowett, I. G., and Richardson, J., 2008. Habitat use by New Zealand fish and habitat suitability models. NIWA Science and Technology Series, 55, 148 p.
32. Karyab, H., Nasser, S., Ahmadvani, R., Rastkari, N., Mahvi, A. H., Nabizadeh, R., and Yunesian, M., 2014. Determination and source identification of polycyclic aromatic hydrocarbons in Karaj River, Iran. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 92, PP: 50-56.
33. Lomolino, M. V., 2001. Elevation gradients of species density: historical and prospective views, Global Ecology and Biogeography, 10, PP: 3-13.
34. Maolin, H., Qi, H., Huiming, Z., Zhiqiang, W., and Xiaoping, W., 2015. The effect of dams on the larval abundance and composition of four carp species in key river systems in China, Environmental Biology of Fishes, 98, PP: 1201-1205.
35. Nogués Bravo, D., Araújo, M., Romdal, T., and Rahbek, C., 2008. Scale effects and human impact on the elevational species richness gradients. Nature, 453, PP: 216-219.
36. 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, 46, PP: 399-415.
37. Ostrand, K., and Wilde, G., 2002. Seasonal and spatial variation in a prairie stream fish assemblage, Ecology of Freshwater Fish, 11, PP: 137-149.
38. Platts, W. S., Megahan, W. F., and Minshall, G. W., 1983. Methods for evaluating stream, riparian, and biotic conditions. Volume 138, US Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range: Washington, DC. 70 pp.
39. Porter, M. S., Rosenfeld, J., and Parkinson, E. A., 2000. Predictive models of fish species distribution in the Blackwater drainage, British

- Columbia, North American Journal of Fisheries Management, 20, PP: 349-359.
40. Pouilly, M., Barrera, S., and Rosales, C., 2006. Changes of taxonomic and trophic structure of fish assemblages along an environmental gradient in the Upper Beni watershed (Bolivia). *Journal of Fish Biology*, 68, PP: 137-156.
 41. Quist, M., Rahel, F., and Hubert, W., 2005. Hierarchical faunal filters: an approach to assessing effects of habitat and nonnative species on native fishes. *Ecology of Freshwater Fish*, 14, PP: 24-39.
 42. Quist, M. C., Hubert, W. A., and Rahel, F. J., 2004. Elevation and stream-size thresholds affect distributions of native and exotic warmwater fishes in Wyoming. *Journal of Freshwater Ecology*, 19, PP: 227-236.
 43. Rahel, F. J., and Hubert, W. A., 1991. Fish assemblages and habitat gradients in a Rocky Mountain–Great Plains stream: biotic zonation and additive patterns of community change. *Transactions of the American Fisheries Society*, 120, PP: 319-332.
 44. Rodríguez Olarte, D., Taphorn, D. C., and Lobón-Cerviá, J., 2011. Do protected areas conserve neotropical freshwater fishes? A case study of a biogeographic province in Venezuela. *Animal Biodiversity and Conservation*, 34, PP: 273-285.
 45. Suárez, Y. R., and Petrere Júnior, M., 2007. Environmental factors predicting fish community structure in two neotropical rivers in Brazil. *Neotropical Ichthyology*, 5, PP: 61-68.
 46. Tejerina-Garro, F. L., Maldonado, M., Ibañez, C., Pont, D., Roset, N., and Oberdorff, T., 2005. Effects of natural and anthropogenic environmental changes on riverine fish assemblages: a framework for ecological assessment of rivers. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 48, PP: 91-108.
 47. Ter Braak, C. J., and Smilauer, P., 2002. CANOCO reference manual and CanoDraw for Windows user's guide: software for canonical community ordination (version 4.5).
 48. Valério, S. B., Suarez, Y. R., Felipe, T. R., Tondato, K. K., and Ximenes, L. Q., 2007. Organization patterns of headwater-stream fish communities in the Upper Paraguay–Paraná basins. *Hydrobiologia*, 583, PP: 241.
 49. Whitton, B. A., 1975. *River ecology*, Volume 2, Blackwell Scientific Publications: Oxford. 725 pp.
 50. Winemiller, K. O., Agostinho, A. A., and Caramaschi, É. P., 2008. Fish ecology in tropical streams. In: *Tropical stream ecology*. Dudgeon, D. (ed), Academic Press: London, PP: 107–146.
 51. Zippin, C., 1956. An evaluation of the removal method of estimating animal populations. *Biometrics*, 12, PP: 163-189.

Influence of environmental and human factors on fish distribution pattern of Karaj River

Mostafavi M.¹, Rahmani M.R.², Kaboli M.³ and Abdoli A.⁴

¹ Dept of Environment, Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, I.R. of Iran

² Dept of Marine Environment, College of Environment, Karaj, I.R. of Iran

³ Dept of Fishery and Environment, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, I.R. of Iran

⁴ Dept of Biodiversity and Ecosystem Management, Environmental Science Research Institute of Shahid Beheshti University, Tehran, I.R. of Iran

Abstract

Although substantial studies are available as regards the abundance, richness and composition of freshwater fish along altitudinal slopes, the impact of human factors such as dam construction are rarely considered. In this study, the effects of the environmental and human factors on longitudinal patterns of fish faunal changes, species richness and fish abundance from upstream to downstream in the southern profile of the central Alborz Protected Area were examined using Redundancy Analysis (RDA) and Generalized Linear Models (GLM). The Karaj River was divided into three zones based on habitat structure, physicochemical variables and species composition. The results indicate that chemical variables can be more effective in some conditions including small changes in habitat structure and physical variables along the altitudinal slope and can be a justification for the abundance, richness and composition of species. Typically, in highly polluted rivers, chemical agents can be a good explanation for the presence or absence of species. Human disturbances, such as dams, change the expected distribution patterns of fish along the altitudinal slope by decreasing outlet water temperature and also creating homogeneous and simple habitats. Therefore, the implementation of conservation programs should be a priority for the Karaj River fishes, especially in the middle areas which are affected by these threats.

Key words: Abundance, Species composition, Habitat structure, Human disturbances, Altitudinal slope