تفاوت پاسخ به برخی متغیرهای محیطی در دو گونه همبوم *Garra rufa* (Heckel, 1843) و *Garra gymnothorax* Berg, 1949

مجتبی شیرزاد[1]، محمدرضا رحمانی*[2]، نعمت‌الله خراسانی[3]، محمد کابلی[3]

[1]گروه علوم محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

[2]گروه تنوع و ایمنی زیستی، پژوهشکده محیط زیست و توسعه پایدار، تهران، ایران.

[3]گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

*نویسنده مسئول rahmani@rcesd.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۴/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۶/۵

چکیده

شناخت زیستگاه مطلوب گونه‌ها به‌خصوص گونه‌های نزدیک به هم می‌تواند به مدیریت و حفاظت بهتر آن‌ها کمک شایانی نماید. بدین‌منظور در مطالعه حاضر، پاسخ دو گونه همبوم *Garra rufa* و *Garra gymnothorax* به برخی متغیرهای محیطی و تفاوت بین آن‌ها تحلیل شد. در این راستا، تأثیر شش متغیر زیستگاهی شامل عرض و عمق رودخانه، سرعت جریان آب، ارتفاع از سطح دریا، دمای آب و جنس بستر بر الگوی شاخص مطلوبیت زیستگاه در ۲۷ ایستگاه، تقریباً در کل محدوده پراکنش این دو گونه، ارزیابی شد. نتایج مطالعه نشان داد *G. rufa* در رودخانه‌هایی با عرض <۴۰ متر، عمق <۴۵ سانتی‌متر، دمای >۲۲ درجه سانتی‌گراد، بستر با شاخص ۶/۵-۳/۵ و بسته به شرایط، سرعت جریان کمتر از ۰/۴۵و یا بیشتر از ۱/۲ متر بر ثانیه که در ارتفاع بین ۶۰۰ تا ۱۰۰۰ متر واقع‌شده‌اند را برای زیست انتخاب می‌نماید؛ در حالی که گونه *G. gymnothorax* زیستگاه‌هایی با عرض <۱۰ متر، عمق <۱۵۰ سانتی‌متر، دمای >۲۴ درجه سانتی‌گراد، بستر با شاخص >۴/۵، سرعت جریان <۱/۰۵ متر بر ثانیه که در ارتفاع >۴۰۰ متر واقع شده‌اند را ترجیح می‌دهد. تحلیل‌ها نشان می‌دهد که *G. gymnothorax* برای هر شش متغیر زیستگاهی مورد مطالعه، گستره مطلوبیت کوچک‌تری نسبت به *G. rufa* دارد که به‌نوعی بیانگر آشیان اکولوژیکی محدودتر آن و آسیب‌پذیری بیشتر این گونه نسبت به تغییر شرایط محیطی است. پراکنش وسیع‌تر *G. rufa*، ممکن است به توانایی حفظ جمعیت بزرگ‌تر این گونه کمک نماید. این حضور گسترده‌تر گونه، نه‌تنها به تسهیل فرآیندهای تک‌بوم‌شناسی (Autecology) کمک می‌نماید بلکه در صورت وجود اختلالات محیطی محلی، احتمال بقا را نیز افزایش خواهد داد. نتایج این مطالعه می‌تواند در تعیین اولویت‌های حفاظتی برای هر دو گونه کمک شایانی نماید.

واژگان کلیدی: ترجیح زیستگاهی، مطلوبیت زیستگاه، آشیان اکولوژیکی، تک‌بوم‌شناسی.

مقدمه

بازسازی و حفاظت از اکوسیستم‌های رودخانه‌ای جهت تأمین بقای ماهیان در طولانی‌مدت، مستلزم شناخت نیازهای طبیعی آن‌ها است (مصطفوی و همکاران، ۱۴۰۰). این مبنای راهبردی، کاربرد وسیعی در مدیریت و حفاظت گونه‌ها دارد؛ زیرا به کمک آن، پیش‌بینی تغییرات جوامع زیستی که حاصل تغییرات محیطی است، امکان‌پذیر می‌باشد. به‌عبارتی، توزیع مکانی و زمانی ماهیان با توجه به نیازهای عملکردی آن‌ها در رابطه با طیف وسیعی از عوامل غیرزنده در محیط آن‌ها تعیین می‌شود؛ بنابراین، توزیع ماهیان اغلب بر اساس نیازهای مربوط به آشیان اکولوژیک آن‌ها است (Noble *et al.*, 2007).

برخی مطالعات نشان می‌دهد که توزیع مکانی ماهیان و ترجیحات زیستگاهی آن‌ها تابعی از مطلوبیت زیستگاه و الگوهای مهاجرت است (Lowe-McConnel, 1999; Silvano *et al.*, 2000). به‌عنوان مثال، مهاجرت ماهیان می‌تواند به‌دلیل تنوع فصلی و جستجو برای غذا یا به‌منظور تولیدمثل باشد (Belliard *et al.*, 1997; Lowe-McConnel, 1999; Silvano *et al.*, 2000). همچنین این امر می‌تواند در تسهیل دسترسی به پناهگاه به‌ویژه در اثر شکار و اجتناب از رقابت کمک نماید (Silvano et al., 2000).

نحوه پاسخ گونه‌ها به متغیرهای محیطی حائز اهمیت است. از آنجاکه تغییرات اقلیمی موجب تغییر در شرایط

محیطی خواهند شد، بنابراین تغییرات اقلیمی علاوه بر اینکه بر توزیع گونه‌ها مؤثرند، موجب می‌گردند گونه‌های مختلف پاسخ‌های متفاوتی را به شرایط محیطی از خود نشان‌دهند (طباطبائی و همکاران، ۱۳۹۳). به دلیل همین پاسخ‌های متفاوت، حضور گونه‌های متفاوت در بخش‌های مختلف از یک رودخانه بیانگر وجود تغییرات در شرایط محیطی آن بخش از رودخانه است (Mostafavi *et al*., 2021b). این اطلاعات نقش به‌سزایی در تعیین الگوی استفاده از زیستگاه و انتخاب زیستگاه یک گونه خواهد داشت. افزایش دانش و آگاهی ما در خصوص توزیع مکانی ماهیان و ارتباط آن‌ها با ساختار فیزیکی زیستگاهشان، در تعیین استراتژی‌های مدیریتی مرتبط بسیار مهم و مؤثر خواهد بود. از این رو یکی از مهم‌ترین مراحل در مطالعات زیست‌محیطی ارزیابی کیفیت زیستگاه‌ها است (Zamani-Faradonbe *et al*., 2020). با این رویکرد، کسب داده‌های حضور و فراوانی گونه به‌همراه متغیرهای محیطی منطقه، به‌منظور ارزیابی ارتباط بین یک گونه و زیستگاهش ضروری است (De Kerckhove *et al*., 2008). کمی کردن این روابط نیز اساس مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه‌ها را شکل خواهد داد (Guisan and Zimmermann, 2000).

از جمله عوامل تأثیرگذار بر رفتار انتخاب زیستگاه می‌توان به متغیرهای محیطی، قابل‌دسترس بودن زیستگاه و اندازه جمعیت یک گونه اشاره نمود (مصطفوی و همکاران، ۱۳۹۹). در زیستگاه‌های آب جاری، برآیندی از عوامل زیستگاهی انتخاب‌شده توسط ماهیان، تصویری از فرآیند انتخاب زیستگاه توسط آن‌ها در اکوسیستم‌های آبی را ارائه می‌دهد (طباطبایی و همکاران، ۱۳۹۲). بنابراین، یافتن همبستگی بین تغییرات محیطی و مطلوبیت زیستگاه و رابطه‌ای که گونه با زیستگاهش دارد، به پیش‌بینی اثرات تغییرات آب و هوایی روی جمعیت ماهی‌ها، جوامع و حتی اکوسیستم‌ها منجرخواهد شد (Huang *et al*., 2021).

امروزه از روش‌های گوناگونی برای بررسی میزان مطلوبیت زیستگاه و نحوه پاسخ گونه‌ها نسبت به متغیرهای محیطی استفاده می‌شود. افزون بر آن، تفسیر روش انتخاب زیستگاه مطلوب توسط ماهیان نیز بسیار دشوار است؛ زیرا انتخاب زیستگاه توسط گونه‌های ماهیان از تئوری"پراکنش آزاد و ایده‌آل" تبعیت می‌نماید (Bonanno *et al*., 2014). بر اساس این تئوری، عوامل مختلفی می‌تواند در تمایل گونه برای انتخاب زیستگاه مطلوب مؤثر باشد، از این رو تفسیر زیستگاه انتخاب شده بسیار دشوار است. یکی از معیارهایی که در این راستا می‌توان از آن استفاده نمود، معیار مطلوبیت زیستگاه (Habitat **S**uitability **C**riteria=HSC) است (Bovee, 1982, 1986). این معیار، مؤلفه‌ای برای شبیه‌سازی زیستگاه فیزیکی گونه‌ها است که می‌توان به‌عنوان ابزاری برای ارزیابی زیستگاه در دسترس گونه، از آن بهره برد. معیار مطلوبیت زیستگاه در بسیاری از مطالعات برای بررسی و ارزیابی زیستگاه بسیاری از گونه‌های ماهیان مورد استفاده قرار گرفته است (Strakosh *et al*., 2003).

در مطالعه حاضر یکی از مهم‌ترین و متنوع‌ترین جنس‌های خانواده Cyprinidae در آب‌های داخلی ایران یعنی جنس *Garra* (Hamilton, 1822) مورد توجه قرار گرفت (Mousavi-Sabet *et al*., 2019). ماهیان جنس *Garra* پراکنش وسیعی در آسیا و آفریقا دارند. که بر اساس مطالعات، تعداد ۱۶ گونه از این جنس در ایران گزارش شده است (Esmaeili *et al*., 2016; Esmaeili *et al*., 2017; Zamani-Faradonbe, 2021a, b). گستره پراکنش گونه‌های جنس *Garra* در ایران، نواحی جنوبی کشور، جنوب شرقی، جنوب غربی، غرب و بخش‌هایی از مرکز کشور را در برمی‌گیرد (Esmaeili *et al*., 2018; Hashemzadeh Segherloo *et al*., 2017). با توجه به گستره وسیع پراکندگی گونه‌های این جنس در حوضه‌های آبریز مختلف در ایران، مطالعات صورت گرفته در خصوص مطلوبیت زیستگاه این گونه‌ها بسیار محدود است (مولودی صالح و همکاران، ۱۴۰۰). گونه *Gara rufa* در گستره وسیعی از غرب تا جنوب ایران ساکن است (Zamani-Faradonbe and Keivany, 2021). بررسی‌ها نشان داده جمعیت‌های این گونه از نظر ریختی در راستای شرقی- غربی یک کلاین را به نمایش می‌گذارند (Shirzad et al., 2022). همچنین گونه*Garra gymnothorax* در بخش‌هایی از

غرب و جنوب‌غرب ایران و در بخشی از محدوده پراکنش *G. rufa* حضور دارد. با توجه به درصد واگرایی اندک بین دو گونه مورد بحث (Shirzad *et al*., 2022)، تلاش گردید به این پرسش پاسخ داده شود که آیا جدایی اخیر دو گونه که در تفاوت ریخت‌شناختی و ژنتیکی مشهود است (Shirzad *et al*., 2022)، در رفتار آن‌ها نیز قابل مشاهده است؟ بدین منظور، تعیین‌کننده‌ها در انتخاب زیستگاه توسط دو گونه و تفاوت بین آن‌ها تحلیل شد. به‌عبارت دیگر، در این پژوهش تلاش گردیده، تا ضمن بررسی تعیین‌کننده‌ها در انتخاب زیستگاه توسط جمعیت‌های *Garra rufa* و *Garra gymnothorax*، به این سؤال پاسخ داده شود که چه تفاوتی بین نقش برخی متغیرهای محیطی در انتخاب زیستگاه توسط دو گونه مورد مطالعه در محدوده پراکنش آن‌ها وجود دارد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: در این مطالعه تلاش شد تا تقریباً اصلی‌ترین محدوده پراکنش *G. rufa* شامل حوضه‌های آبریز کرخه، کارون، خلیج‌فارس (مجموع حوضه‌آبریز حله و حوضه‌آبریز مُند) و زهره و محدوده پراکنش *G. gymnotorax* شامل حوضه‌های آبریز کارون، زهره و خلیج‌فارس مورد تحلیل قرارگیرند. محدوده نمونه‌های صیدشده از گونه‌های مورد مطالعه در شکل ۱ ارائه شده‌است. حوضه‌آبریز رودخانه کرخه در غرب ایران واقع شده و دارای آبراهه اصلی به‌نام رود کرخه است. آبراهه اصلی حوضه‌آبریز کارون نیز رودخانه‌ای با همان نام یعنی رود کارون بوده و رود دز آبراهه فرعی این حوضه را تشکیل می‌دهد. (Afshin, 1994).

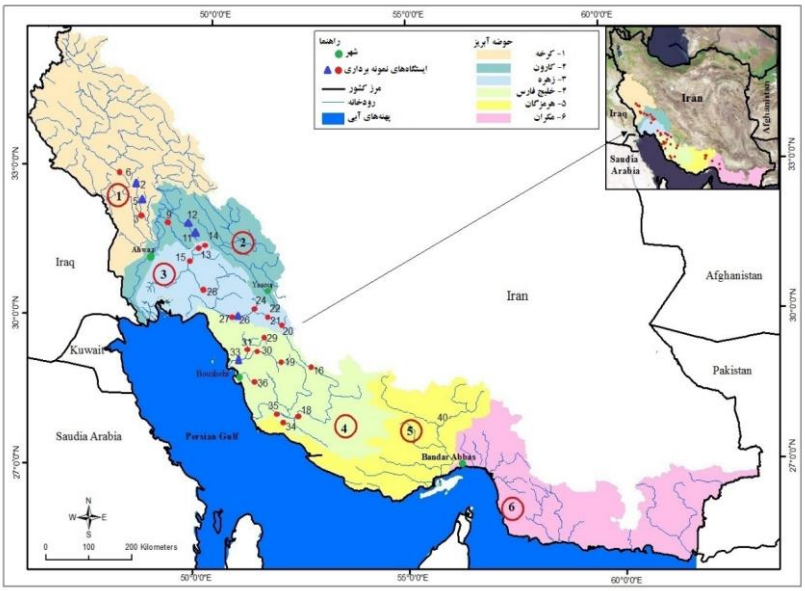
حوضه‌آبریز خلیج‌فارس که دربرگیرنده زیر حوضه‌های آبریز حله و مند می‌باشد، شرقی‌ترین سکونتگاه دو گونه مورد مطالعه می‌باشد (Esmaeili *et al*., 2016). این دو زیر حوضه به دلیل شباهت بسیار، با نام حوضه‌آبریز خلیج‌فارس درنظر گرفته شدند. از مهمترین رودخانه‌های حوضه‌آبریز خلیج‌فارس می‌توان به رودخانه‌های حله و مند اشاره نمود (Afshin,1994). حوضه‌آبریز زهره شامل زیرحوضه‌های آبریز زهره و جراحی می‌باشد. این دو زیر حوضه نیز به دلیل شباهت بسیار، یک حوضه در نظر گرفته شدند. حوضه زهره بخش عمده‌ای از استان‌های خوزستان و فارس را دربر می‌گیرد. دو رود اصلی این حوضه، جراحی و زهره هستند که به خلیج‌فارس می‌ریزند.

انتخاب ایستگاه: به‌منظور بررسی تفاوت نقش برخی متغیرهای محیطی در انتخاب زیستگاه توسط *Garra rufa* و *Garra gymnothorax* تعداد ۴۹ ایستگاه تقریباً در کل محدوده پراکنش گونه‌های مورد مطالعه، تعیین شد. اندازه‌گیری و ثبت متغیرهای زیستگاهی در ۲۷ ایستگاه انجام پذیرفت که صرفاً مبتنی بر نقاط حضور دو گونه مورد مطالعه بود. در این پژوهش، داده‌های عدم حضور مورد تحلیل قرار نگرفت، زیرا استفاده از داده‌های عدم حضور در برخی از ایستگاه‌ها می‌تواند در نتایج اریب ایجاد کند (Hirzel *et al*., 2002).

داده‌های زیستگاهی: در هر ایستگاه، ارتفاع از سطح دریا با استفاده از دستگاه Garmin GPS3 و دمای آب با استفاده از دماسنج دیجیتال با دقت ۰/۱ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری عمق آب (cm) نیز با استفاده از یک میله مدرج با میانگین ۱۰ تکرار در هر ایستگاه نمونه‌برداری صورت گرفت. عرض رودخانه (m) نیز با استفاده از متر نواری در سه نقطه پایین‌دست، میانه و بالادست هر ایستگاه اندازه‌گیری شد و میانگین این ۳ مقدار به عنوان عرض رودخانه محاسبه شد. سرعت آب رودخانه با استفاده از روش جسم شناور محاسبه گردید. شاخص‌بستر در هر ایستگاه با مشاهد دقیق درصد ترکیبات بافت در یک مربع ۱×۱متر با چهار تکرار تصادفی ثبت شد. کلاس‌بندی بستر نیز مطابق شرح طبقه‌بندی Platts و همکاران (۱۹۸۳) در حین نمونه‌برداری انجام گرفت که تقسیم‌بندی آن بر اساس لای (ذرات کوچکتر از۰/۸ میلیمتر)، ماسه (۴/۷-۰/۸)، شن (۷۶- ۴/۸)، قلوه‌سنگ (۳۰۴ – ۷۶/۱)، تخته‌سنگ (بزرگتر از ۳۰۴ میلیمتر) و سنگ بستر است. شاخص بستر با استفاده از روش Jowett و همکاران (۲۰۰۸) و طبق معادله (۱) محاسبه گردید (Jowett and Davey, 2007):

معادله (۱)

۰/۰۸ (مساحت ناحیه سنگ‌صخره‌ای) + ۰/۰۷ (مساحت



شکل ۱- نقاط نمونه‌برداری گونه *Garra rufa* (دایره های قرمزرنگ) و گونه *Garra gymnotorax* (مثلث‌های آبی رنگ) در محدوده مورد مطالعه.

ناحیه تخته‌سنگی) + ۰/۰۶ (مساحت ناحیه قلوه‌سنگ) + ۰/۰۵ (مساحت ناحیه شنی) + ۰/۰۳۵ (مساحت ناحیه ماسه‌ای) = شاخص بستر

داده‌های زیستی: نمونه‌برداری طی پاییز سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ در چهار حوضه‌آبریز کرخه، کارون، زهره و خلیج فارس با استفاده از دستگاه ماهیگیری الکتریکی و دو تور پشتیبان با قطر چشمه ۵ میلی‌متر صورت گرفت. پس از عکس‌برداری از نمونه‌های زنده و شناسایی آن‌ها با استفاده از کلیدهای شناسایی (Esmaeili *et al*., 2016; Esmaeili *et al*., 2017) و ثبت فراوانی نمونه‌ها، بسته به جمعیت نمونه‌های صید شده در هر ایستگاه، تعدادی از نمونه‌ها در محلول mgl^{-1} ۳۰ عصاره گل میخک بی‌هوش و در فرمالین ۱۰٪ قرارداده شدند و برای تشخیص دقیق‌تر و نگهداری طولانی مدت به آزمایشگاه ژنتیک سازمان حفاظت محیط-زیست انتقال داده شدند. بقیه نمونه‌ها در آب تازه رودخانه قرارگرفته و بعد از بازیابیو اطمینان از شنای فعال، در همان محل صید به رودخانه بازگردانده شدند.

تجزیه و تحلیل‌ها: به‌منظور مقایسه متغیرهای محیطی از تحلیل ANOVA استفاده شد. شاخص به‌گزینی (SI)، باتوجه به طبقات هریک از متغیرهای زیستگاهی و فراوانی نسبی هر گونه در کل محدوده پراکنش *G. gymnothorax* و *G. rufa* با کمک نرم‌افزار Habsel (V, 1.00) (Jowett *et al*., 2008) و با استفاده از معادله (۲) محاسبه شد.

معادله (۲)

$$SI_{c,i} = \%U_{c,i} / \%A_{c,i}$$

که در آن i (فاصله از یک متغیر معین محیطیC)، $\%U_{c,i}$ (درصد استفاده ماهی از یک طبقه خاص از متغیر محیطی C) و $\%A_{c,i}$ (درصد در دسترس‌بودن آن متغیر محیطی) است (Waddle, 2012). داده‌های شاخص به‌گزینی پس از استانداردشدن مورد تحلیل قرارگرفت.

معیار مطلوبیت زیستگاه (HSC) با استفاده از معادله (۳) محاسبه گردید:

معادله (۳)

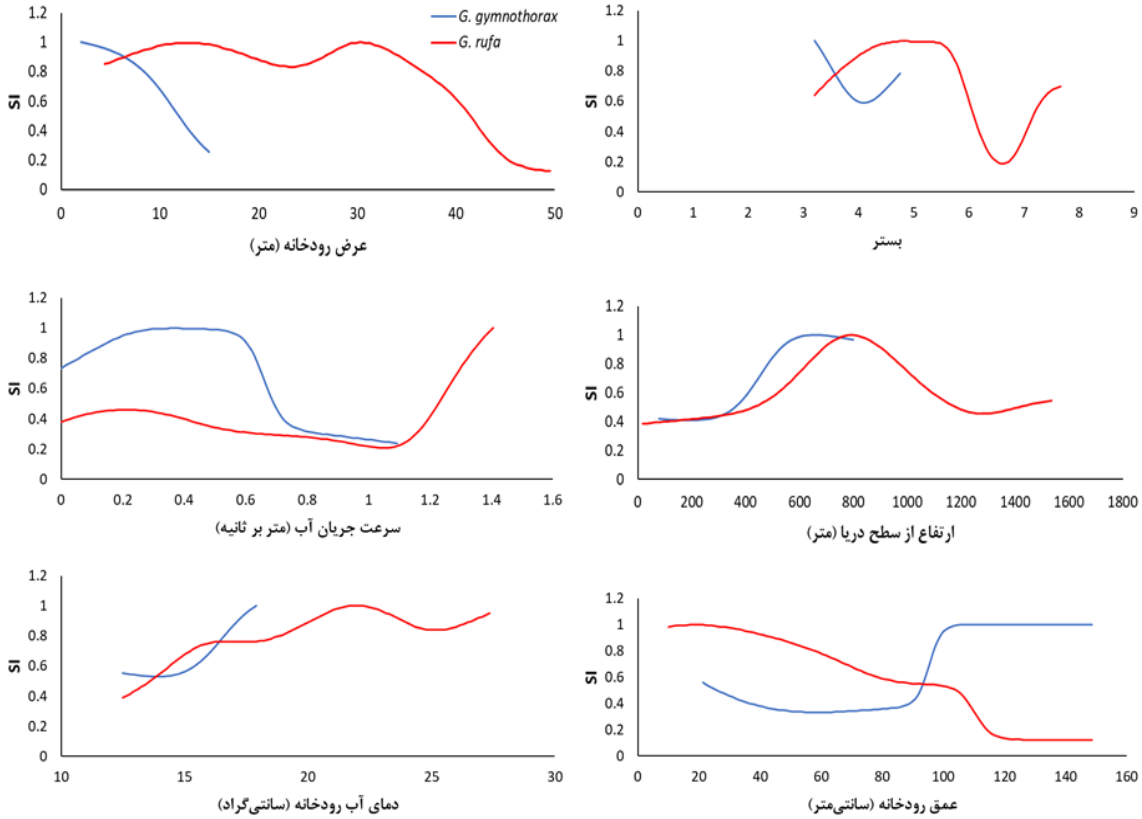
$$w_i = \frac{u_i \Big/ \sum_{i=1}^{n} u_i}{a_i \Big/ \sum_{i=1}^{n} a_i}$$

که در این رابطه wi نسبت جستجوی غذایی در طبقه ith به n طبقه زیستگاه، ui فراوانی کل در طبقه i، Σui فراوانی کل در کلیه طبقات زیستگاه، ai تعداد نمونه‌ها از طبقه i و Σai تعداد کل نمونه‌ها می‌باشد (Manly *et al*., 1993).

نتایج

جدول ۱- ویژگی‌های زیستگاهی در دسترس برای *G. rufa* و *G. gymnothorax* بر اساس ایستگاه‌های نمونه‌برداری.

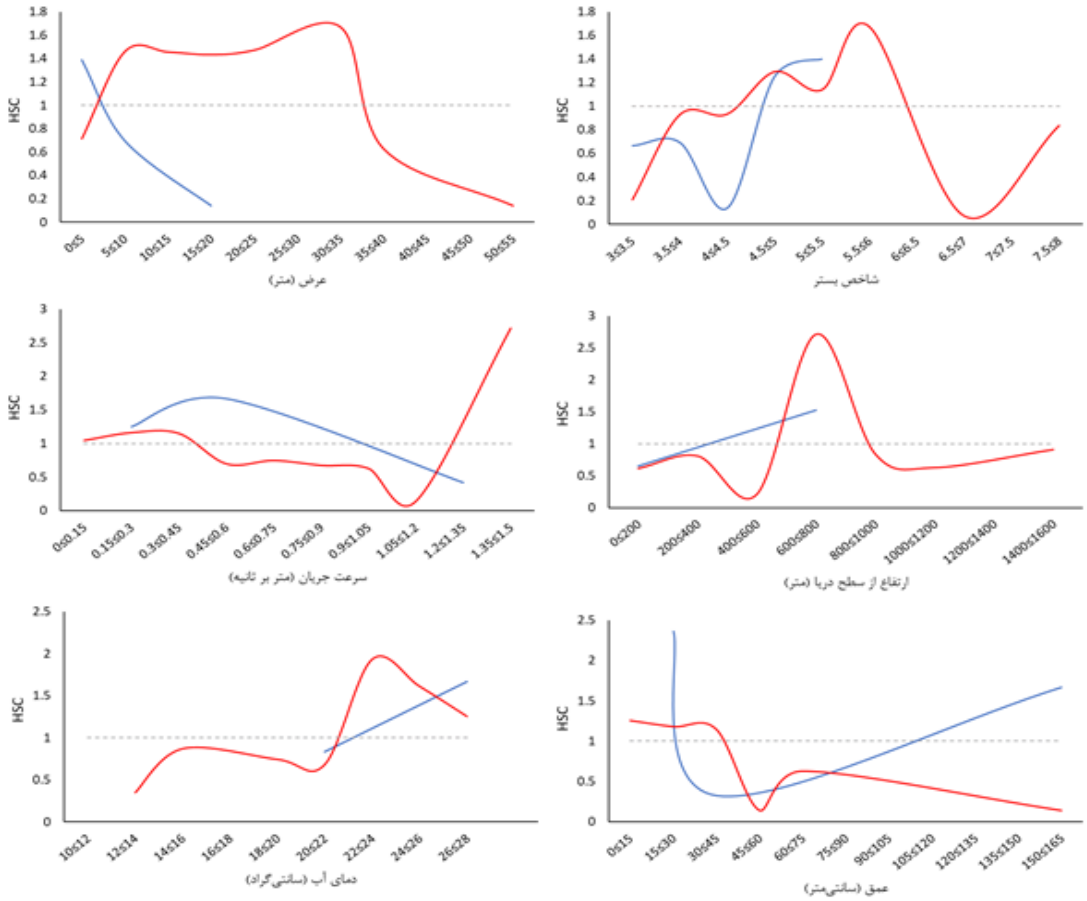
	Garra gymnothorax		*Garra rufa*		F	*P*<
	محدوده	انحراف معیار±میانگین	محدوده	انحراف معیار±میانگین		
عرض (متر)	۳-۱۵	۱۳/۵±۱۲/۶۶	۲-۵۰	۱۲/۷۹±۱۰/۸۳	۰/۰۱۹	۰/۸۹۳
عمق (سانتی‌متر)	۲۰-۱۵۰	۴۰±۱۶/۷۳	۱۰-۱۵۰	۴۴/۰۹±۳۵/۵۱	۰/۰۷۴	۰/۷۸۸
ارتفاع (متر)	۱۰۰-۸۰۰	۳۴۷/۱۶±۲۶۵/۵۲	۵۳-۱۵۵۰	۵۲۴/۸۱±۴۷۳/۳	۰/۷۶۵	۰/۳۹
دمای آب (درجه سانتی‌گراد)	۱۹/۵-۲۷	۲۲/۳۳±۳/۲۱	۵-۱۲/۲۷	۲۱/۵۶±۳/۹	۰/۱۹۳	۰/۶۶۴
سرعت جریان آب (متر بر ثانیه)	۰/۱-۱/۱	۰/۳۶۱±۰/۲۸۹	۰/۱-۱/۴۲	۰/۶۹±۰/۴	۳/۶۶۰	۰/۰۶۷
بستر	۳/۹۵-۷/۹	۴/۸۳±۱/۵۲	۳/۲-۷/۵۵	۴/۵۳±۰/۷	۰/۵۰۸	۰/۴۸۳



شکل ۲- تغییرات شاخص به‌گزینی برای دو گونه *Garra gymnothorax* (رنگ آبی) و *Garra rufa* (رنگ قرمز) مربوط به هر یک از متغیرها در کل محدوده مورد مطالعه.

ویژگی‌های زیستگاهی: نوسانات برخی متغیرهای محیطی شامل عرض رودخانه، عمق رودخانه، ارتفاع از سطح دریا، دمای آب، شاخص بستر و سرعت جریان آب رودخانه در محدوده نمونه‌برداری دو گونه مورد مطالعه، در جدول ۱ ارائه شده است. تحلیل داده‌های محیطی کل محدوده پراکنش این دو گونه نشان‌داد که به جز متغیر سرعت جریان آب (F =۳/۶۶۰، P<۰/۰۶۷) بقیه متغیرها اختلاف معنی‌داری ندارند (جدول ۱).

الگوهای شاخص به‌گزینی (SI) و مطلوبیت زیستگاه: منحنی‌های شاخص به‌گزینی برای هر متغیر زیستگاهی محاسبه شد. نتایج بیانگر این است که *G. rufa* عمدتاً در عرض ۲ تا ۵۰ متر، عمق۱۰تا۱۵۰ سانتی‌متر، ارتفاع ۵۳ تا۱۵۵۰ متر، دمای ۱۲/۵ تا ۲۷ درجه سانتی‌گراد، سرعت جریان ۰/۱ تا ۱/۴۲ متر بر ثانیه و شاخص‌بستر ۳/۲ تا ۷/۵۵ پراکنش دارد. گستره پراکنش گونه *G. gymnothorax* نیز در عرض ۳ تا ۱۵ متر، عمق ۲۰ تا ۱۵۰ سانتی‌متر، ارتفاع ۱۰۰ تا ۸۰۰ متر، دمای ۱۹ تا ۲۷/۵ درجه سانتی‌گراد و سرعت جریان ۰/۱تا ۱/۱ متر بر ثانیه و شاخص بستر ۳/۹۵ تا ۷/۹ است (شکل ۲).



شکل ۳- معیار مطلوبیت زیستگاه دو گونه *Garra gymnothorax* (رنگ آبی) و *Garra rufa* (رنگ قرمز) در کل محدوده مورد مطالعه. (نقطه‌چین خاکستری نشان‌دهنده HSC=1 است).

نتایج حاصل از معیار مطلوبیت زیستگاه نشان می‌دهد که زیستگاه‌های دارای بستر با شاخص ۶/۵- ۳/۵، محدوده دمایی > ۲۲ درجه سانتی‌گراد برای *G. rufa* مطلوب بوده است. تحلیل عمق رودخانه در منطقه مورد مطالعه نیز نشان داد که با کاهش عمق (< ۴۵ سانتی‌متر)، میزان شاخص مطلوبیت افزایش خواهد یافت. معیار مطلوبیت زیستگاه در خصوص نوسانات سرعت جریان، عرض رودخانه و ارتفاع از سطح دریا حاکی از آن است که رودخانه‌های دارای سرعت جریان کمتر از ۰/۴۵و یا بیشتر از ۱/۲ متر بر ثانیه با عرض <۴۰ متر که در محدوده ارتفاعی ۶۰۰ تا ۱۰۰۰ متر واقع شده‌اند، زیستگاه مناسبی برای *G. rufa* می‌باشند. در مقایسه نتایج حاصل از معیار مطلوبیت زیستگاه برای *G. gymnothorax* نشان می‌دهد محدوده‌های دارای بستر با شاخص > ۴/۵ و گستره دمایی > ۲۴ درجه سانتی‌گراد برای گونه اخیر مطلوب‌تر است. همچنین رودخانه‌های با عمق > ۱۵۰ سانتی‌متر (محدوده اعماق کمتر از ۱۵۰ سانتی‌متر که HSC آن‌ها کمتر از یک می‌باشد، به‌دلیل عدم وجود داده‌های کافی می‌باشد)، عرض >۱۰ متر با سرعت جریان > ۱/۰۵ متر بر ثانیه که در ارتفاع >۴۰۰ واقع شده‌اند، برای گونه *G. gymnothorax* مطلوب‌تر به نظر می‌رسند (شکل ۳).

بحث و نتیجه‌گیری

انتخاب زیستگاه یکی از ناشناخته‌ترین فرآیندهای بوم‌شناختی است (Seebacher *et al.*, 2016). بسیاری از مطالعات بر فاکتورهای فیزیکی به‌عنوان تعیین‌کننده‌های اصلی در انتخاب زیستگاه توسط گونه‌ها اشاره کرده‌اند (زمانی فرادنبه و همکاران، ۱۳۹۳؛ وردی پور و همکاران، ۱۳۹۵؛ Tabatabai *et al.*, 2014; Zamani-Faradonbe *et al.*, 2014; Mostafavi *et al.*, 2021b). بررسی‌ها نشان داده است که فاکتورهای هیدرولیکی از جمله سرعت و عمق بر

انتخاب زیستگاه در بسیاری از گونه‌های ماهیان تأثیر به‌سزایی دارند (Jowett *et al*., 2008; Tesfay *et al*., 2019). با این وجود نمی‌توان منکر اثر متغیرهای منطقه‌ای (دما و ارتفاع) و برخی متغیرهای محلی (برای مثال بستر و عرض) شد. به نظر می‌رسد دو گونه مورد مطالعه در پاسخ به دو متغیر اخیر (سرعت و عمق) به ویژه در خصوص متغیر سرعت جریان آب، متفاوت عمل می‌نمایند. سرعت جریان آب تحت تأثیر دو عامل عمق و عرض رودخانه تغییر می‌نماید و به‌واسطه پراکنش مواد غذایی و تأمین اکسیژن مورد نیاز حائز اهمیت است (Chan, 2001; Wood and Bain, 1995; Motta *et al*. 1995; Langerhans *et al*., 2007) چراکه می‌تواند در شکل‌گیری الگوی انتخاب ماهیان به‌طور قابل ملاحظه‌ای مؤثر باشد (Langerhans *et al*., 2007).

گونه *G. rufa* بر خلاف *G. gymnothorax* شدت جریان بالا را ترجیح می‌دهد. البته این تفاوت رفتاری در اعماق بالا نیز قابل مشاهده است. تفاوت پاسخ به متغیر عمق در دیگر گونه‌های جنس *Garra* پیش‌تر توسط Teferi و همکاران (۲۰۱۳) گزارش گردیده بود. با وجودی که متغیرهای سرعت و عمق تأثیر زیادی بر رفتار انتخاب زیستگاه ماهیان دارند اما متغیرهای دما، ارتفاع، عرض و شاخص بستر نیز به نوبه خود تأثیرگذار می‌باشند (Tesfay *et al*., 2019). Bimodal و trimodal نمودار به‌گزینی در ماهیان می‌تواند حاصل تأثیر فاکتورهای محیطی از جمله میزان جریان آب، عمق و عرض رودخانه (Pont *et al*., 2021) با شدت بیشتر و همچنین بستر و دمای آب با شدت کمتر باشد (مصطفوی و همکاران، ۱۴۰۰).

هر دو گونه زیستگاه‌هایی با دمای بیش از ۲۲ درجه سانتی‌گراد را ترجیح می‌دهد. برخلاف یافته‌های این پژوهش، مولودی صالح و همکاران (۲۰۲۲) دمای ترجیحی گونه *G. rufa* را ۱۸ تا ۱۹ درجه سانتی‌گراد اعلام نموده‌اند. البته شایان ذکر است که نویسندگان نمونه‌هایی از این گونه را در زیستگاه‌های با دماهای کمتر از ۱۵ درجه سانتی‌گراد نیز صید نموده‌اند، اما انتخاب زیستگاه‌های گرم برای این گونه، ارجحیت دارد. شاید یکی از دلایل تفاوت ترجیحی دما در جنس *Garra*، جبر زیستن در زیستگاه‌های متفاوت باشد که نهایتاً منجر به تفاوت‌های ریختی جمعیت‌ها این گونه در زیستگاه‌های مختلف گردیده است (Shirzad *et al*., 2022). دیگر متغیر ناحیه‌ای مؤثر بر ترجیح یک زیستگاه توسط ماهیان، ارتفاع است. هر دو گونه مورد مطالعه در این پژوهش، بازه ۶۰۰ تا ۸۰۰ متر را ترجیح می‌دهند.

همچون دما و ارتفاع، دو گونه مورد بحث، رفتار مشابه‌ای را در خصوص بستر به نمایش می‌گذارند. هر دو گونه بستر متوسط تا درشت را انتخاب نمایند. این ترجیح جنس *Garra* قبلاً نیز توسط بسیاری از پژوهشگران گزارش گردیده است (Yu and Lee, 2002; Chuang *et al*., 2006). اما در خصوص متغیر عرض رودخانه، دو گونه رفتار متفاوتی دارند. گونه *G. gymnothorax* رودخانه‌های با عرض کم (<۱۰ متر) را ترجیح می‌دهد این درحالی است که *G. rufa* رودخانه‌هایی با عرض متوسط (۳۵-۱۰ متر) را به عنوان زیستگاه مطلوب خود برمی‌گزینند. برای بسیاری از ماهیان، زیستگاه‌های دارای عرض زیاد، مطلوبیت کمتری دارند و اکثر ماهیان ترجیح می‌دهند که در رودخانه‌های کوچک با عرض کمتر زیست نمایند (Littlejohn *et al*., 1985). فاکتورهایی مانند عمق، دما، شفافیت آب و تولید پریفیتون به‌طور غیرمستقیم تحت تأثیر فاکتور عرض رودخانه است و عرض بیشتر رودخانه سبب شدت جریان، عمق و نهایتاً پوشش جلبکی کمتر خواهدشد. برخی از محققین معتقد هستند که نواحی که دارای عرض کمتری هستند تعداد بیشتری از افراد گونه را به خود اختصاص می‌دهند (Zamani Faradonbe *et al*., 2015)، درحالی‌که برخی دیگر عرض بیشتر رودخانه در مقیاس محلی را موجب افزایش تنوع زیستگاهی دانسته که نهایتاً کاهش عمق و در نتیجه نفوذ نور بیشتر را به دنبال خواهدداشت (Pont *et al*., 2005) و حاصل این تنوع زیستگاهی و نفوذ نور، فراوانی حشرات و گیاهان آبزی خواهدبود (Wootton, 2012) که با نتایج مطالعه حاضر دارای همخوانی بیشتری می‌باشد.

در یک نگاه کلی، گونه *G. rufa* رودخانه‌هایی با عرض متوسط، بستر متوسط تا درشت و سرعت جریان تند را

برای سکونت برمی‌گزیند در حالی که *G. gymnothorax* رودخانه‌هایی با عرض کم، بستر متوسط و سرعت جریان کم را می‌پسندد. این محدوده از ترجیح متغیرها برای دو گونه مورد مطالعه، الگوی مشابهی را با برخی گونه‌های دیگر این جنس نشان می‌دهد یا به عبارت بهتر، ترجیح متغیرها برای دو گونه مورد مطالعه، در بازه ترجیحی جنس *Garra* قرار دارد (Lumouroux *et al*., 1999; Chuang *et al*., 2006; Negi *et al*., 2007; Tesfay *et al*., 2019). مشاهده چنین الگوی برای دو گونه مورد بررسی، طبیعی می‌باشد؛ زیرا معمولاً گونه‌های نزدیک، ترجیح زیستگاهی مشابهی نیز دارند (Yu and Lee, 2002; Chuang *et al*., 2006). اگرچه تفاوت‌هایی در مقدار تعیین‌کننده‌ها برای انتخاب زیستگاه در هر دو گونه مشهود است اما به نظر می‌رسد این تفاوت حداقل در محدود طبقه جنس نوسان می‌نماید. این تفاوت‌ها، احتمالاً ناشی از تفاوت اندازه، فیزیولوژی، بوم‌ریخت‌شناسی و رفتار گونه، جمعیت و حتی افراد یک گونه/جمعیت است. به‌طور کلی در جایی که ترجیحات زیستگاهی این دوگونه متمایز می‌شود (به‌ویژه در خصوص متغیر عمق) می‌تواند نشان‌دهنده جوامع محلی بر اساس ترجیحات زیستگاهی آنها باشد. به نظر می‌رسد نوع زیستگاه و میزان دسترسی به غذا می‌تواند عامل تفاوت‌ها در مقادیر ترجیحی متغیرهای زیستگاهی توسط گونه ها، جمعیت‌ها و یا افراد باشد. جالب است تفاوت فوق افزون بر ترجیح زیستگاهی در الگوی معیار مطلوبیت زیستگاه در محدوه پراکنش این دو گونه نیز قابل مشاهده است. البته این تفاوت در توافق با بازه‌ی تفاوت الگوی مطلوبیت زیستگاهی سایر گونه‌های این جنس است (Yu and Lee, 2002; Chuang *et al*., 2006; Tefer *et al*., 2013; Tesfay *et al*., 2019).

به‌طور خلاصه، همان‌طور که در نتایج ملاحظه می شود، گونه *G. gymnothorax* برای پاسخ به هر شش متغیر زیستگاهی (متغیرهای عرض، عمق، ارتفاع، دما، سرعت جریان و بستر) آستانه محدودتری دارد که در نتیجه به بازه پراکنش کمتر این گونه نسبت به *G. rufa* منجر گشته است. فارغ از تعداد و گستره نمونه‌برداری که تقریباً کل محدوده پراکنش دو گونه را شامل می‌گردد، بازه پراکنش کمتر *G. gymnothorax* به نوعی بیانگر آشیان اکولوژیکی محدودتر این گونه نسبت به *G. rufa* است که به تبع آن نشان‌دهنده آسیب‌پذیری بیشتر آن نسبت به تغییر شرایط محیطی می‌باشد. بر خلاف *G. gymnothorax* که در عرض‌های جغرافیایی محدودتر و بالاتر قرار دارد، *G. rufa* در سطح وسیع‌تری از متغیرهای زیستگاهی حضور دارد؛ بنابراین طبیعی است که این گونه در مواجهه با پدیده‌هایی نظیر تغییر اقلیم، سازگاری بیشتری نشان دهد. این بالا بودن آستانه‌ی میزان تحمل متغیرهای زیستگاهی در *G. rufa* نسبت به گونه *G. gymnothorax*، ممکن است به توانایی این گونه در حفظ جمعیت بزرگتر کمک نماید. پراکنش گسترده این گونه، نه‌تنها به تسهیل فرآیندهای تک بوم‌شناسی (Autecology) کمک می‌کند (مثل دسترسی به منابع غذایی محدود در زیستگاه)، بلکه در صورت وجود اختلالات محیطی محلی، احتمال بقای آن را نیز افزایش خواهد داد (Oyugi *et al*., 2014).

در انتها لازم به ذکر است که اجرای مطالعات مطلوبیت زیستگاه و شناسایی ابعاد مختلف زیستگاه مورد استفاده گونه‌های مختلف، می‌تواند نقش مؤثری در حفاظت از اکوسیستم‌ها ایفا نماید (مصطفوی و همکاران، ۱۳۹۹). از آنجاکه که لازمه بهره‌برداری پایدار از یک اکوسیستم طبیعی از نظر اقتصادی، مدیریتی و حفاظتی، نیازمند درک جامع تمام ابعاد وجودی یک اکوسیستم و تعیین اولویت‌های حفاظتی می‌باشد، یافته‌های این مطالعه می‌تواند در مدیریت و حفاظت مؤثر از این گونه‌ها و بررسی پاسخ آنها به شرایط محیطی کمک به‌سزایی نماید. به‌علاوه، استفاده از شاخص مطلوبیت زیستگاه می‌تواند به‌عنوان روشی استاندارد به‌منظور بررسی مطلوبیت زیستگاه سایر گونه‌های ماهیان و درنتیجه استفاده در مدیریت یکپارچه آنها مورد توجه قرارگیرد. همچنین نتایج این مطالعه می‌تواند در شناسایی زیستگاه‌های با مطلوبیت بالا برای هر دوگونه همبوم و تعیین اولویت های حفاظتی به‌خصوص برای گونه *G. gymnothorax* کمک شایانی نماید.

تقدیر و تشکر

از جناب آقای دکتر ظهرابی، معاون وقت محیط‌زیست طبیعی و تنوع‌زیستی سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران جهت صدور مجوزهای لازم تقدیر و تشکر به‌عمل می‌آید. همچنین از کلیه مدیران، محیط‌بانان و کارشناسان ادارات‌کل حفاظت محیط‌زیست استان‌های مربوطه که در مراحل مختلف نمونه‌برداری ما را همراهی نموده‌اند، سپاسگزاریم.

منابع

زمانی فرادنبه م.، ایگدری س.، پورباقر ه. ۱۳۹۳. بررسی شاخص مطلوبیت زیستگاه سس ماهی کورا (*Barbus cyri* Filippi, 1865) در رودخانه طالقان (حوضه رودخانه سفیدرود: استان البرز). پژوهش‌های ماهی شناسی کاربردی، ۲(۲): ۵۴-۴۱.

طباطبائی س.ن.، ایگدری س.، کابلی م.، جوانشیر آ.، هاشم زاده سقرلو ا.، زمانی م. ۱۳۹۲. بررسی فاکتورهای محیطی مؤثر در پراکنش سگ‌ماهی جویباری (*Oxynoemacheilus bergianus*) در رودخانهٔ کردان. شیلات، ۶۶(۲): ۱۷۱-۱۵۹.

طباطبائی س.ن.، هاشم زاده سقرلو ا.، ایگدری س.، زمانی فرادنبه م. ۱۳۹۳. مظاهر. عوامل تعیین کننده در زیستگاه انتخابی ماهی *Paracobitis iranica* (Nalbant & Bianco, 1998) در رودخانه کردان، حوضه دریاچه نمک. مجله بوم شناسی آبزیان، ۳ (۴) :۹-۱.

مصطفوی س.م، رحمانی م.، کابلی م.، عبدلی ا. ۱۴۰۰. تاثیر عوامل محیطی و انسانی بر الگوی توزیع ماهیان رودخانه کرج. مجله پژوهش‌های جانوری، ۳۴(۲): ۱۳۴-۱۲۱.

مصطفوی س.م، رحمانی،م.، کابلی م.، عبدلی ا. ۱۳۹۹. تاثیر عوامل مختلف محیطی بر انتخاب زیستگاه توسط *Salmo trutta* در رودخانه کرج. فصلنامه محیط زیست جانوری، ۱۲(۳): ۲۵۸-۲۵۱.

مولودی صالح ع.، ایگدری س.، پورباقر،ه. ۱۴۰۰. بررسی ترجیح زیستگاهی ماهی گل چراغ (*Garra rufa*) در رودخانهٔ دینورآب، حوضهٔ رودخانهٔ کرخه. اکوهیدرولوژی، ۸(۴): ۹۶۰-۹۵۳.

وردی‌پور م.، ایگدری س.، شمس اسفندآباد ب. ۱۳۹۵. بررسی ویژگی‌های زیستگاهی ماهی *Barbus lacerta* (Heckel 1843) در رودخانه طالقان، حوزه سفیدرود. فصلنامه محیط زیست جانوری، ۸(۳): ۱۹۰-۱۸۳.

Afshin Y. 1994. Rivers of Iran. Ministry of Power. Jamab Consulting Engineers Co, Tehran. 1187 p.

Belliard J., Boet P., Tales E. 1997. Regional and longitudinal patterns of fish community structure in the Seine River basin, France. *Environmental Biology of Fishes* 50, 133–147.

Bonanno A., Giannoulaki M., Barra M., Basilone G., Machias A., Genovese S., Goncharov S., Popov S., Rumolo P., Di Bitetto M., Aronica S. 2014. Habitat selection response of small pelagic fish in different environments. Two examples from the oligotrophic Mediterranean Sea. *PLoS One* 9(7), p.e101498.

Bovee K.D. 1982. A guide to stream habitat analysis using the instream flow incremental methodology. U.S. Fish and Wildlife Service, Instream Flow Information Paper, NO 12.

Bovee K.D. 1986. Development and evaluation of habitat suitability criteria for use in the instream flow incremental methodology. U.S. Fish and Wildlife Service, Washington, D.C., Instream Flow Information Paper, NO 21, *Biological Report* 86(7).

Chan M.D. 2001. Fish ecomorphology- predicting habitat preferences of stream fishes from their body shape. PhD dissertation, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, VA: 252.

Chuang L.C., Lin Y.S., Liang S.H. 2006. Ecomorphological comparison and habitat preference of 2 cyprinid fishes, Varicorhinus barbatulus and Candidia barbatus, in Hapen Creek of Northern Taiwan *Zoological Studies* 45(1), 114-123.

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

Esmaeili H.R., Sayyadzadeh G., Eagderi S. 2016. Review of the genus *Garra* Hamilton, 1822 in Iran with description of a new species: a morpho-molecular approach (Teleostei: Cyprinidae). *Iranian Journal of Ichthyology* 3(2), 82-121.

Esmaeili H.R., Mehraban H., Abbasi K., Keivany Y., Brian W.C. 2017. Review and updated checklist of freshwater fishes of Iran: Taxonomy, distribution and conservation status. *Iranian Journal of Ichthyology* 4 (1), 1-114.

Esmaeili H.R., Sayyadzadeh G., Eagderi S., Abbasi

2021b. Determinants of fish distribution pattern and habitat preference in protected Karaj River, Iran. *Iranian Journal of Fisheries Sciences* 20(2), 410-429.

Motta P.J., Clifton K.B., Hernandez P., Eggold B.T. 1995. Ecomorphological correlates in ten species of subtropical seagrass fishes: diet and microhabitat utilization. *Environmental Biology of Fishes* 44(1-3), 37-60.

Negi R.K., Joshi B.D., Negi T., Chand P. 2007 . A study on stream morphology of some selected streams hill streams of district Nainital with special reference to its biotic communities. Proceedings of National Seminar on Limnology at Jiapur, India.

Noble R.A.A., Cowx I.G., Goffaux D., Kestemont P. 2007. Assessing the health of European rivers using functional ecological guilds of fish communities: standardising species classification and approaches to metric selection. *Fisheries Management and Ecology* 14, 381–392.

Oyugi D.O., Mavuti K.M., Aloo P.A., Ojuok J.E., Britton J.R. 2014. Fish habitat suitability and community structure in the equatorial Lake Naivasha, Kenya. *Hydrobiologia* 727, 51-63.

Platts W.S., Megahan W.F., Minshall G.W. 1983. Methods for evaluating stream, riparian, and biotic conditions. US Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range, Washington, DC.

Pont D., Hugueny B., Oberdorff T. 2005. Modelling habitat requirement of European fishes: do species have similar responses to local and regional environmental constraints?. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 62(1), 163-173.

Pont D., Valentini A., Rocle M., Maire A., Delaigue O., Jean P., Dejean T. 2021. The future of fishe-based ecological assessment of European rivers: from traditional EU Water Framework Directive compliant methods to eDNA metabarcoding-based approaches. *Journal of Fish Biology* 98(2), 354-366.

Seebacher N.A., Lane D.J., Jansson P.J., Richardson D.R. 2016. Glucose modulation induces lysosome formation and increases lysosomotropic drug sequestration via the P-glycoprotein drug transporter. Journal of Biological Chemistry 291(8), 3796-3820.

Shirzad M., Rahmani M., Kaboli M., Khorasani N. 2022. Habitat effects on morphological variation of *Garra rufa* (Heckel,1843) populations in Iran. *Survey in Fisheries Sciences* 8(2), 37-48.

K. 2018. Checklist of freshwater fishes of Iran. *FishTaxa* 3(3), 1-95.

Guisan A., Zimmermann N. E.2000. Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological modeling* 135(2-3), 147-186.

Hashemzadeh Segherloo I., Abdoli A., Eagderi S., Esmaeili H.R., Sayyadzadeh G., Bernatchez L., Hallerman E., Geiger M.F., Özulug M., Laroche J., Freyhof J .2017. Dressing down: convergent reduction of the mental disc in Garra (Teleostei: Cyprinidae) in the Middle East. *Hydrobiologia* 785, 47-59.

Hirzel A.H., Hausser J., Chessel D., Perrin N. 2002. Ecological Niche Factor Analysis: How to compute habitat suitability maps without absent data. *Ecology* 83(7), 2027-2036.

Huang M., Ding L., Wang J., Ding C., Tao J. 2021. The impacts of climate change on fish growth: A summary of conducted studies and current knowledge. *Ecological Indicator*s 121.

Jowett I.G., Davey A.J.H. 2007. A comparison of composite habitat suitability indices and generalized additive models of invertebrate abundance and fish presence–habitat availability. Transactions of the *American Fisheries Society* 136(2), 428-444.

Jowett I.G., Parkyn S.M., Richardson J. 2008. Habitat characteristics of crayfish (Paranephrops planifrons) in New Zealand streams using generalised additive models (GAMs). *Hydrobiologia* 596 (1), 353-365.

Littlejohn S., Holland L., Jacobson R., Huston M., Hornung T. 1985. Habits and habitats of fishes in the Upper Mississisippi River. U.S. Fish and Wildlife Service, La Crosse, Wisconsin.

Langerhans R.B., Gifford M.E., Joseph E.O. 2007. Ecological speciation in Gambusia fishes. *Evolution* 61(9), 2056-2074.

Lowe-McConnel R.H. 1999. Ecological Study of Tropical Fish Communities. University of São Paulo, São Paulo. 534 p.

Lumouroux N., Capra H., Pouilly M., Souchon Y. 1999. Fish habitat preferences in large streams of southern France. *Freshwater Biology* 42, 673-687.

Manly B.F., McDonald L., Thomas D., McDonald T.L. 1993. Resource selection by animals: statistical design and analysis for field studies. Chapman and Hall, London. 177 p.

Mousavi-Sabet H., Saemi Komsari M., Doadrio I., Freyhof J. 2019. *Garra roseae*, a new especies from the makran region in southern Iran (Teleostei: Cyprinidae). *Zootaxa* 4671(2), 223-239.

Mostafavi M., Rahmani M., Kaboli M., Abdoli A.

Silvano R.A.M., Amaralc B.D., Oyakawad O.T. 2000. Spatial and temporal patterns of diversity and distribution of the Upper Juru'a River fish community (Brazilian Amazon). *Environmental Biology of Fishes* 57, 25–35.

Strakosh T.R., Neumann R.M., Jacobson R.A. 2003. Development and assessment of habitat suitability criteria for adult brown trout in southern New England rivers. *Ecology of Freshwater Fish* 12, 265-274.

Tesfay S., Teferi M., Tsegazeabe H.H. 2019. Habitat selectivity of fresh water fishes of two second-order tropical streams in Tigray, Northern Ethiopia. *Journal of Ecology and Environment* 43(9),1-11.

Teferi M., Declerck S.A., De Bie T., Gebrekidan A., Asmelash T., Dejenie T., Bauer H., Deckers J.A., Snoeks J., De Meester L. 2013. The ecology of the riverine Garra species (Teleostei, Cypriniformes) in reservoirs of the semi-arid highlands of northern Ethiopia: temporal dynamics of feeding activity. *Inland Waters* 3(3), 331-340.

Waddle T. 2012. PHABSIM for Windows user's manual and exercises: U.S. *Geological Survey*. Open-File Report. 2001-340.

Wood B.M., Bain M.B. 1995. Morphology and microhabitat use in stream fish. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 52(7), 1487-1498.

Wootton R.J. 2012. *Ecology of Teleost Fishes* (Vol. 1). Springer Science and Business Media.

Yu S.L., Lee T.W. 2002. Habitat preference of the stream fish, Sinogastromyzon puliensis (Homalopteridae). *Zoological Studies-Taipei* 41(2), 183-187.

Zamani Faradonbe M., Eagderi S., Zarei N. 2015. Determination of habitat suitability index of *Capoeta gracilis*, Keyserling 1861 from Taleghan River. *Iranian Scientific Fisheries Journal* 68(4): 409 -419 .

Zamani-Faradonbe M., Keivany Y., Abbasi-Jeshvaghani M., Asadi-Namavar M. 2020. Morphometric and Meristic Variation in Twelve Different Populations of Garra rufa (Heckel, 1843) from Iran. *Journal of Natural History* 7, 108-124.

Zamani-Faradonbe M., Keivany Y. 2021. Biodiversity and distribution of Garra species (Teleostei: Cyprinidae) in Iran. *Iranian Journal of Fisheries Sciences* 20(1), 276-291.

Zamani-Faradonbe M., Keivany Y., Dorafshan, S., Zhang, E. 2021a. Two new species of *Garra* (Teleostei: Cyprinidae) from western Iran. *Ichthyological Exploration of Freshwaters* 30(1), 249-270.

Zamani-Faradonbe M., Zhang E., Keivany Y. 2021b. *Garra hormuzensis*, a new species from the upper Kol River drainage in the Persian Gulf basin (Teleostei: Cyprinidae). *Zootaxa* 5052(3), 380-394.

The difference in response to some environmental variables by two sympatric species, *Garra rufa* (Heckel, 1843) and *Garra gymnothorax* Berg, 1949

Mojtaba Shirzad[1], Mohammadreza Rahmani[*2], Nematollah Khorasani[3], Mohammad Kaboli[3]

[1]Department of Environmental Sciences, Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
[2]Research Center for Environment and Sustainable Development, Department of biodiversity and biosafety, Tehran, Iran.
[3]Department of Environmental Science, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
*Corresponding author: rahmani@rcesd.ac.ir

Received: 2022/7/3 Accepted: 2022/8/27

Abstract

Understanding the optimal habitat of species, especially closely related species, can help in their better management and protection. For this purpose, in the present study, the response of two sympatric species, *Garra rufa* and *Garra gymnothorax*, to some environmental variables and the differences between them were analyzed. In this regard, the effect of six habitat variables including the width (m) and depth (cm) of the river, water current velocity (ms^{-1}), altitude (m), temperature (°C) and substrate index evaluated on the Habitat Suitability Criteria (HSC) pattern in 27 study reach, almost in the entire distribution range of these two species. The results showed that *G. rufa* lives in rivers with width <40 m, depth <45 cm, temperature >22 °C, substrate index 3.5 - 6.5, and depending on the conditions, water current velocity less than 0.45 or more than 1.2 ms^{-1}, which are located at an altitude between 600 and 1000 m, while *G. gymnothorax* prefere habitats with width <10 m, depth <150 cm, temperature >24 °C, substrate index >4.5, water current velocity <1.05 ms^{-1} located at an altitude >400 m. The analysis shows that the *G. gymnothorax* has a smaller range of favorability than *G. rufa* for all six habitat variables studied, which it somehow indicates its narrower ecological niche and the greater vulnerability of this species to changing environmental conditions. The wider distribution of *G. rufa* may contribute to the ability to maintain larger populations of this species. This wider presence of the species not only helps to facilitate autecology processes but also increases the probability of survival in case of local environmental disturbances. The results of this study can help in determining the protection priorities for both species.

Keywords: Habitat preference, Habitat suitability, Ecological niche, Autecology.