



ارتباط بین اجتماعات ماهیان با پارامترهای محیطی در رودخانه های زیر حوضه خراسان در استان چهارمحال بختیاری

حسن فضلی^{1*}، بهزاد رهنما¹، حسن نصراله‌زاده¹، عیسی حاجی راد کوچک¹، غلامرضا دربانبرد¹

1 - پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج جهاد کشاورزی، مازندران، ساری، ایران

چکیده: درک تأثیر عوامل غیرزیستی بر پویایی جوامع ماهیان، برای مدیریت مؤثر اکوسیستم‌های آبی اهمیت بسزایی دارد. این مطالعه با هدف بررسی اثرات پارامترهای فیزیکی و شیمیایی بر جوامع ماهیان در رودخانه‌های زیرحوضه خراسان، شامل رودخانه‌های ماربره، بشار و خراسان، در استان چهارمحال و بختیاری انجام شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از روش‌های تک‌متغیره و چندمتغیره و نرم‌افزار PRIMER انجام شد. ساختار جامعه با استفاده از مقیاس‌بندی چندبعدی نامتریک (nMDS) و مدل‌سازی خطی مبتنی بر فاصله (DistLM) ارزیابی شد. همبستگی‌های شدید میان متغیرهای محیطی از جمله بین فسفات-دمای آب، لایرس-ماسه، BOD5-pH، BOD5-NH3، COD- و DO مشاهده شد. فون ماهیان منطقه شامل 15 گونه بود و کپورماهیان غالب بودند. نتایج nMDS نشان داد ساختار جوامع ماهیان، بیش از تغییرات فصلی، تحت تأثیر ناهمگنی مکانی و ویژگی‌های اختصاصی ایستگاه‌ها قرار دارد، هرچند در زمستان و بهار، الگوهای خوشه‌بندی نسبتاً متمایزی مشاهده شد. الگوهای پراکنش وابسته به گونه نیز آشکار بود؛ به‌طوری‌که گونه‌های <i>Garra rufa</i> و <i>Capoeta trutta</i> پراکنش محدودتری داشتند، ولی <i>Chondrostoma regium</i> دامنه تحمل اکولوژیک وسیع‌تری نشان داد. بر اساس نتایج PERMANOVA فصل و ایستگاه اثر آماری معنی‌داری نداشتند که بیانگر پایداری نسبی جامعه است. همچنین، مدل DistLM اکسیژن، EC، TOM، بستر، دما، نیتрат، آمونیوم، آمونیاک و دبی آب را به‌عنوان مهم‌ترین عوامل محیطی مؤثر بر ساختار جوامع نشان داد. بطور کلی، ساختار جوامع ماهیان در زیرحوضه خراسان دارای تنوع مناسبی بوده و کپور ماهیان غالب بودند. همچنین ساختار جوامع تحت تأثیر عوامل فیزیکی و شیمیایی، بستر و دبی بود. به‌طور هم‌زمان تحت تأثیر شرایط هیدرولوژیک، مکانی و وضعیت تروفیک آب قرار دارد. تغییرات فصلی به‌طور غیرمستقیم و از طریق دگرگونی زیستگاه اثرگذارند. همچنین حضور محدود گونه غیربومی قزل‌آلای رنگین‌کمان ضرورت حفاظت از زیستگاه‌های منطقه را نشان می‌دهد. این نتایج می‌تواند به‌عنوان مبنایی برای ارزیابی‌های اکولوژیک آینده و برنامه‌ریزی‌های حفاظتی در این زیرحوضه مورد استفاده قرار گیرد.	نوع مقاله: پژوهشی اصیل
تاریخچه مقاله دریافت: 1405/03/10 پذیرش: 1405/05/04	
کلمات کلیدی: ماهی، ساختار اجتماعات، متغیرهای محیطی، آنالیز چند متغیره، ایران	نویسنده مسئول مکاتبه: حسن فضلی پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج جهاد کشاورزی، مازندران، ساری، ایران ایمیل: Hn_fazli@yahoo.com

(Gilvear *et al.*, 2002; Barakat *et al.*, 2016). با این

حال، در بسیاری از نقاط جهان، به‌ویژه کشورهای در حال توسعه، رودخانه‌ها در معرض آلودگی‌های ناشی از فعالیت‌های انسانی مانند گسترش شهری، رشد صنعتی، رواناب‌های کشاورزی و ورود فاضلاب قرار دارند (Mustapha *et al.*, 2013; Oketola *et al.*, 2013).

مقدمه

رودخانه‌ها به‌عنوان یکی از حیاتی‌ترین اکوسیستم‌های آب شیرین، نقشی اساسی در پایداری زیستی، چرخه مواد، تنظیم کیفیت آب و حفظ تنوع زیستی ایفا می‌کنند. این منابع طبیعی ضروری، علاوه بر تأمین آب شرب، کشاورزی و صنعتی، زیستگاه اصلی بسیاری از گونه‌های آبی هستند

با توجه به پیچیدگی اثرات هم‌زمان عوامل محیطی بر جوامع آبی، تحلیل‌های چندمتغیره (Multivariate Analysis) به ابزار اصلی در بوم‌شناسی آبیان تبدیل شده‌اند. این روش‌ها امکان بررسی هم‌زمان ساختار جوامع زیستی، روابط بین گونه‌ها، اثرات پارامترهای محیطی و الگوهای پراکنش را فراهم می‌کنند (Clarke and Warwick, 2001). نرم‌افزار PRIMER یکی از ابزارهای قدرتمند در این زمینه است که به‌طور گسترده در مطالعات رودخانه‌ها و مخازن سدها، از جمله در ایران، برای تحلیل تغییرات فصلی و مکانی و تأثیر پارامترهای محیطی بر آبیان استفاده شده است (Li et al., 2013; Barroso et al., 2025; Song et al., 2020; Fazli et al., 2022).

لذا، با در نظر گرفتن اهمیت رودخانه خرسان و محدودیت مطالعات پیشین در خصوص ارتباط ماهیان با پارامترهای محیطی در این منطقه، هدف اصلی این پژوهش، تعیین پراکنش مکانی (ایستگاه‌ها) و زمانی (فصول) جوامع ماهیان و مدل‌سازی تأثیر پارامترهای محیطی بر شاخص‌های تنوع گونه‌ای و ساختار جمعیت آن‌ها در رودخانه‌های زیرحوضه خرسان با استفاده از روش‌های آماری چندمتغیره می‌باشد.

مواد و روشها

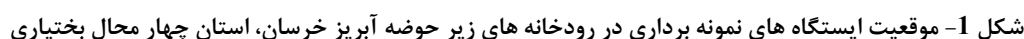
ایستگاه‌های نمونه برداری

این پژوهش بر اساس یک طرح نمونه‌برداری فصلی در پنج ایستگاه از دو شاخه اصلی ماربره و بشار و رودخانه خرسان پس از تلاقی این دو شاخه انجام شد. عوامل مورد بررسی شامل زمان در چهار فصل (پاییز و زمستان 1402، بهار و تابستان 1403) و مکان در پنج ایستگاه بود. در هر فصل، از تمام ایستگاه‌ها، نمونه‌برداری انجام شد و داده‌های حاصل برای بررسی تفاوت‌های مکانی و زمانی جوامع ماهیان و نیز ارتباط آن‌ها با متغیرهای محیطی استفاده شد.

شکل 1 موقعیت ایستگاه‌ها را نشان می‌دهد. ایستگاه 1 در زیر پل روستای آب ملخ در رودخانه ماربره، ایستگاه 2 پیش از پل روستای نارمه در امتداد رودخانه ماربره، ایستگاه 3 پس از ایستگاه فشار گاز در رودخانه بشار، ایستگاه 4 پس از محل تلاقی ماربره و بشار در رودخانه خرسان، و ایستگاه 5 پیش از محل پیشنهادی احداث سد در امتداد رودخانه خرسان قرار داشتند. ایستگاه‌ها به‌گونه‌ای انتخاب شدند که تغییرات ناشی از تفاوت در شرایط هیدرولوژیک، نوع بستر و موقعیت طولی رودخانه را پوشش دهند.

رشد شهرنشینی، تغییر کاربری اراضی و احداث سدها نیز فشارهای قابل توجهی بر این اکوسیستم‌ها وارد کرده و منجر به تغییر رژیم جریان، رسوب‌گذاری و دگرگونی ترکیب جوامع زیستی شده است (Zhu et al., 2022). این تغییرات، همراه با اثرات تغییرات اقلیمی، موجب دگرگونی پارامترهای محیطی نظیر دما، کدورت، مواد مغذی و اکسیژن محلول شده و پیامدهای مستقیمی بر ساختار جوامع آبی، به‌ویژه ماهیان دارد (Zhang et al., 2019). کیفیت آب رودخانه‌ها به‌شدت تحت تأثیر فعالیت‌های حوضه آبریز، از جمله کشاورزی و صنعت، قرار دارد و مدیریت پایدار کیفیت آب امری ضروری است (Karimian et al., 2020). پایش زیستی با استفاده از جوامع آبی، به‌خصوص ماهیان، به‌عنوان رویکردی ضروری برای ارزیابی سلامت بلندمدت اکولوژیک رودخانه‌ها مطرح است؛ زیرا این جوامع، با حساسیت بالا به تغییرات محیطی، شاخص‌های ارزشمندی برای ارزیابی کیفیت آب محسوب می‌شوند (Oertel and Salánki, 2003). ماهیان، به‌عنوان سطوح بالاتر زنجیره غذایی، تغییرات تجمعی در کیفیت آب، زیستگاه، دسترسی به غذا و آلودگی‌ها را منعکس می‌کنند و به دلیل حساسیت به تغییرات دما و اکسیژن، نقش کلیدی در شبکه غذایی و شاخص مناسبی برای ارزیابی سلامت اکوسیستم هستند. در رودخانه‌های تحت فشار انسانی، کاهش تنوع ماهیان و حذف گونه‌های حساس، نشانه‌ای از افت کیفیت زیست‌محیطی است.

رودخانه خرسان و سر شاخه‌های ماربره و بشار، یکی از مهم‌ترین زیرحوضه‌های کارون در جنوب غرب ایران، به دلیل جریان دائمی، تنوع بستر و زیستگاه‌های متنوع، ظرفیت بالقوه‌ای برای میزبانی گونه‌های مختلف ماهیان دارد (Karimi et al., 2007). با این حال، این حوضه تحت تأثیر عواملی چون برداشت بی‌رویه آب، تغییرات هیدرولوژیک ناشی از احداث سازه‌های آبی و آلودگی‌های احتمالی قرار دارد که می‌تواند ساختار و تنوع جوامع ماهی را تحت تأثیر قرار دهد (Mazloomi et al., 2022). پارامترهای فیزیکی و شیمیایی مانند دما، اکسیژن محلول، مواد مغذی (مانند نیترژن و فسفر)، کدورت، هدایت الکتریکی و سرعت جریان، به‌طور مستقیم بر تنوع و فراوانی گونه‌های ماهی اثر می‌گذارند (Song et al., 2020; Liu et al., 2021; Reed et al., 2016; Wang et al., 2023; Barroso et al., 2025).



تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل تک متغیره تنوع گونه‌ها شامل شاخص غنا (d)، شاخص شانون (H') و شاخص یکنواختی (J') برای هر یک از گروه‌های زیستی با استفاده از DIVERS در بسته PRIMER محاسبه شد (Clarke & Gorley 2006). برای تجزیه و تحلیل چند متغیره، ماتریس داده

میزان کل مواد آلی بستر (TOM) به روش وزنی تعیین شد و اندازه‌دانه‌ها (شن - ماسه و لای - رس) با استفاده از روش پراکندگی سدیم هگزامتافسفات تجزیه و تحلیل گردید (Holme and McIntyre, 1984). دمای آب (W_T) با دماسنج جیوه‌ای اندازه‌گیری شد و pH و رسانایی الکتریکی (EC) با دستگاه WTW823 اندازه‌گیری و کدورت (Turb) با کدورت‌سنج تعیین گردید. اکسیژن محلول (DO) و نیاز بیولوژیکی به اکسیژن (BOD_5) با روش وینکلر تعیین شد (APHA, 2017). نیاز شیمیایی به اکسیژن (COD) با روش رفلکس بسته اندازه‌گیری شد. همچنین، مواد مغذی (شامل NH_4^+-N ، $NO_2^- -N$ ، $NO_3^- -N$ ، $PO_4^{3-} -P$) به روش رنگ‌سنجی (روش‌های آبی ایندوفنول، N-نفتیل آمین، کاهش کادمیوم و مولیبدات آمونیوم) با طیف‌سنج CE2020 آنالیز شدند (CECIL).

نمونه‌برداری از ماهیان با استفاده از الکتروشوکر با جریان مستقیم 1/7 آمپر و ولتاژ بین 300 تا 400 ولت و همچنین تور ماهی‌گیری پرتابی نایلونی 12 متری و چشمه 3 سانتی متری (Ludwig and Reynolds, 1988; Rahnama *et al.*, 2025) انجام شد. پس از صید، نمونه‌ها در محلول

تغییرات متغیرهای محیطی نشان می‌دهد که TOM در طول سال نوسان داشته و بیشترین مقدار آن در فصول پاییز و زمستان و کمترین مقدار در بهار ثبت شده است. درصد شن (Sand) در پاییز و زمستان به‌طور چشمگیری بالا بوده و نمودار جعبه‌ای نیز با میانه بالا و وجود مقادیر پرت، ناهمگونی بستر را نشان داد؛ در حالی که درصد لای و رس (S_C) در تابستان به بیشترین سهم خود رسید. دمای آب (W_T) در تابستان به بیشترین مقدار و در پاییز به کمترین مقدار رسید. کدورت (Turb) در فصل بهار افزایش بسیار شدیدی را نسبت به سایر فصول نشان داد pH در تمام فصول در محدوده‌ای تقریباً ثابت باقی ماند. اکسیژن محلول (DO) بیشترین غلظت خود را در زمستان داشت. بیشترین مقدار BOD₅ در تابستان و سپس زمستان مشاهده شد، در حالی که COD بیشترین مقدار خود را در زمستان نشان داد و طبق نمودار، نوسان و دامنه تغییرات آن بسیار بیشتر از BOD₅ بود. هدایت الکتریکی (EC) در پاییز در بالاترین سطح قرار داشت و در بهار کاهش یافت. فسفات (PO₄) بیشترین مقدار را در تابستان و بهار و کمترین مقدار را در پاییز داشت. متغیرهای نیتريت (NO₂)، آمونیوم (NH₄) و آمونیاک (NH₃) در طول دوره تغییرات نسبتاً محدودی داشتند. نیترات (NO₃) بیشترین مقدار را در زمستان و کمترین مقدار را در تابستان نشان داد. در نهایت، بیشترین مقدار دبی آب (Debi) در فصل بهار مشاهده شد.

های زیستی (فراوانی هر یک از گونه‌ها) بر اساس اندازه‌گیری شباهت Bray-Curtis و داده‌های تبدیل‌شده با ریشه مربع برای تعریف شباهت‌ها مورد استفاده قرار گرفت و سپس با MDS نتوزیع مکانی (ایستگاه‌ها) و زمانی (فصول مختلف) مورد پردازش شد (Clarke and Warwick, 2001). برای تعیین واکنش عوامل مکانی - زمانی بر ترکیب گونه‌های گروه‌های مختلف زیستی از آزمون PERMANOVA و سپس آزمون معنی‌دار با مقایسه‌های زوجی تحت 9999 جایگشت مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت (Anderson *et al.* 2008). از مدل خطی مبتنی بر فاصله DistLM (Distance-based Linear Model) برای تجزیه و تحلیل روابط بین ترکیب گونه‌ها و متغیرهای محیطی استفاده شد. قبل از تجزیه و تحلیل DistLM، متغیرهای محیطی بسیار همبسته ($r > 0.8$) حذف گردید (Clarke and Gorley 2006). براساس بهترین روش (Best)، معیار اطلاعات (AIC) و Akaike (9999 جایگشت برای آزمایش روابط معنی‌دار بین جوامع ماهیان و متغیرهای محیطی استفاده شد. تجزیه و تحلیل تک متغیره و چند متغیره با استفاده از نرم‌افزار PRIMER V.6 و PERMANOVA+ (Clark & Warwick 2001; Clarke & Gorley 2006; Anderson *et al.* 2008;) انجام شد.

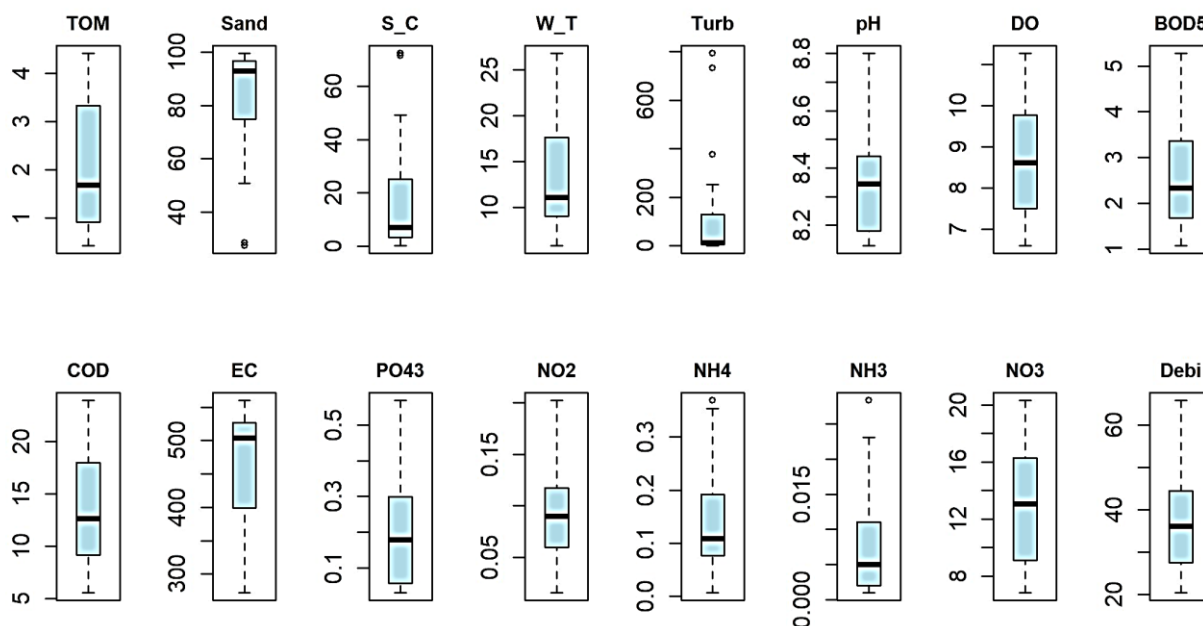
نتایج

متغیرهای محیطی

با توجه به جدول 1 و شکل ۲ (نمودار جعبه‌ای)، الگوی

جدول 1: میانگین و ($\pm$ انحراف معیار) متغیرهای محیطی در فصول مختلف در رودخانه‌های زیر حوضه خراسان. حروف انگلیسی مقایسه دودو میانگینها را نشان می‌دهد ($p < 0.05$).

متغیر محیطی	فصل				کل
	پاییز 1402	زمستان 1402	بهار 1403	تابستان 1403	
TOM	2.6 $\pm$ 1.3 ^a	2.6 $\pm$ 1.4 ^a	1.2 $\pm$ 0.5 ^a	1.8 $\pm$ 1.5 ^a	2 $\pm$ 1.3
Sand (%)	92.9 $\pm$ 9 ^a	93.3 $\pm$ 9.3 ^a	69.5 $\pm$ 28.3 ^a	67.8 $\pm$ 28.1 ^a	80.9 $\pm$ 23
S_C (%)	7.1 $\pm$ 9 ^a	6.7 $\pm$ 9.3 ^a	30.5 $\pm$ 28.3 ^a	32.2 $\pm$ 28.1 ^a	19.1 $\pm$ 23
W_T (°C)	8.3 $\pm$ 1.3 ^a	9.7 $\pm$ 2.5 ^{ab}	14.1 $\pm$ 3.5 ^b	21.9 $\pm$ 3.3 ^d	13.5 $\pm$ 6
Turb	11.9 $\pm$ 12.2 ^a	12.3 $\pm$ 3.6 ^a	476.2 $\pm$ 268.6 ^b	4.1 $\pm$ 2.6 ^a	126.1 $\pm$ 241.3
pH	8.2 $\pm$ 0.1 ^a	8.4 $\pm$ 0 ^b	8.2 $\pm$ 0.1 ^a	8.6 $\pm$ 0.1 ^c	8.4 $\pm$ 0.2
DO (mg/l)	8.7 $\pm$ 0.6 ^{ab}	10.9 $\pm$ 0.4 ^c	7.1 $\pm$ 0.8 ^a	8.3 $\pm$ 0.9 ^{ab}	8.7 $\pm$ 1.5
BOD ₅ (mg/l)	1.6 $\pm$ 0.4 ^a	3.1 $\pm$ 0.4 ^b	1.6 $\pm$ 0.3 ^a	4.4 $\pm$ 0.9 ^c	2.7 $\pm$ 1.3
COD (mg/l)	11.5 $\pm$ 5.4 ^a	21.1 $\pm$ 2.5 ^b	10.5 $\pm$ 3.1 ^a	10.9 $\pm$ 3.7 ^a	13.5 $\pm$ 5.7
EC (ms/cm)	515.2 $\pm$ 49.2 ^b	504.6 $\pm$ 45 ^b	343.4 $\pm$ 65.7 ^a	477.8 $\pm$ 58.9 ^b	460.3 $\pm$ 87
PO ₄ ³⁻ (mg/l)	0.048 $\pm$ 0.016 ^a	0.061 $\pm$ 0.02 ^a	0.289 $\pm$ 0.012 ^b	0.49 $\pm$ 0.12 ^c	0.222 $\pm$ 0.195
NO ₂ ⁻ (mg/l)	0.09 $\pm$ 0.031 ^a	0.099 $\pm$ 0.033 ^a	0.083 $\pm$ 0.078 ^a	0.087 $\pm$ 0.032 ^a	0.09 $\pm$ 0.044
NH ₄ ⁺ (mg/l)	0.208 $\pm$ 0.14 ^a	0.136 $\pm$ 0.091 ^a	0.099 $\pm$ 0.054 ^a	0.122 $\pm$ 0.076 ^a	0.141 $\pm$ 0.097
NH ₃ (mg/l)	0.005 $\pm$ 0.004 ^a	0.006 $\pm$ 0.004 ^a	0.004 $\pm$ 0.002 ^a	0.018 $\pm$ 0.01 ^b	0.008 $\pm$ 0.008
NO ₃ ⁻ (mg/l)	14.7 $\pm$ 1.3 ^b	18.8 $\pm$ 1.7 ^c	9.8 $\pm$ 1.8 ^a	8.9 $\pm$ 1.4 ^a	13 $\pm$ 4.3
Debi (m ³ /sec)	33.7 $\pm$ 9 ^a	32.2 $\pm$ 8.6 ^a	54.9 $\pm$ 8.7 ^b	29.8 $\pm$ 7.8 ^a	37.7 $\pm$ 13



شکل 2 - نمودار جعبه‌ای تغییرات متغیرهای فیزیکی، شیمیایی و رسوبی در ایستگاه‌های نمونه‌برداری رودخانه‌های زیر حوضه خرسان

این منطقه بود (جدول 2).

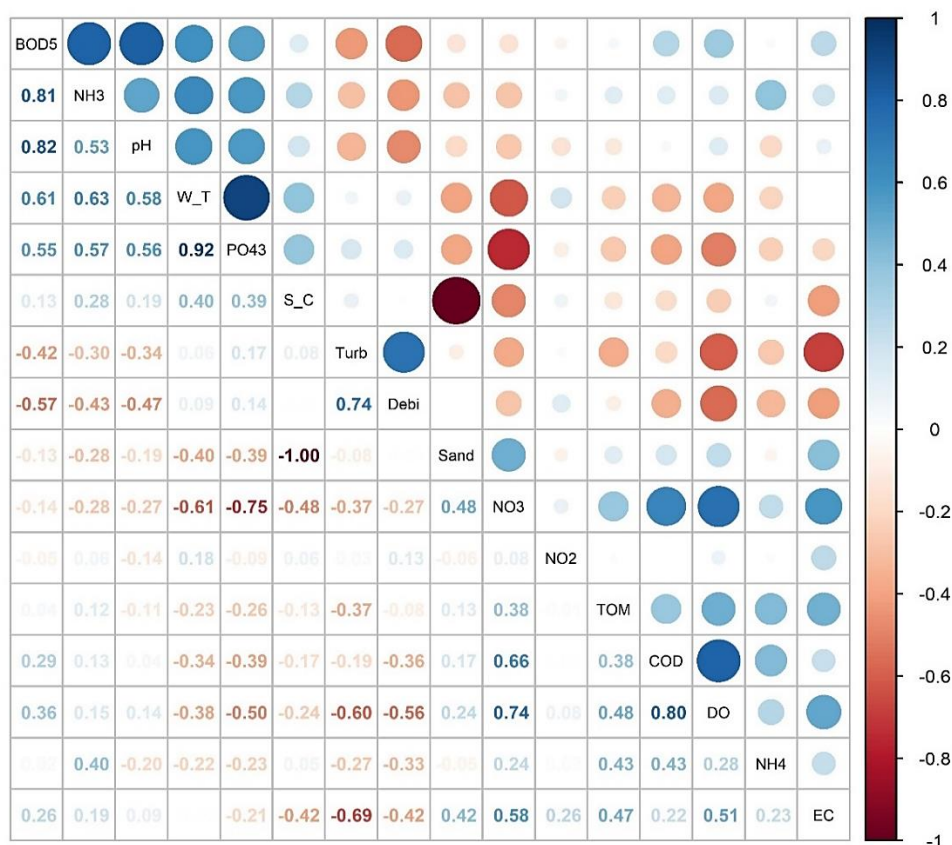
الگوی پراکنش و شباهت ساختاری جامعه ماهیان در ایستگاه‌ها و فصل‌های مختلف سال الگوهای مشخصی از تغییرپذیری را نشان داد (شکل 4). نمودار nMDS نشان می‌دهد که نمونه‌ها در فضاهای نسبتاً پراکنده قرار گرفتند و جدایی فصلی آشکار مانند گروه‌های کاملاً مجزا دیده نشد. نمونه‌های هر فصل در محدوده‌های نسبتاً هم‌پوشان قرار گرفته‌اند، موضوعی که نشان داد ترکیب جامعه ماهیان به جای تأثیر صرف عوامل فصلی، بیشتر از تغییرات مکانی و ویژگی‌های ایستگاه‌ها متأثر بود. علیرغم این هم‌پوشانی کلی، برخی الگوهای پراکنش قابل تشخیص بودند. نمونه‌های تابستان و پاییز تمایل بیشتری به قرار گرفتن در بخش مرکزی نمودار داشتند، در حالی که تعدادی از نمونه‌های زمستان و بهار در نواحی بیرونی‌تری قرار گرفتند که بیانگر تفاوت بیشتر گونه‌ای در برخی ایستگاه‌ها یا فصل‌ها بود. فاصله زیاد برخی نقاط از مرکز تجمع نمونه‌ها، به‌ویژه نمونه‌های زمستان، نشان‌دهنده تفاوت‌های قابل‌توجه در ترکیب و فراوانی گونه‌ها در این دوره بود. نتایج تحلیل خوشه‌بندی (شکل 4) نیز این الگوها را تکمیل و تأیید می‌کند. دندروگرام نشان داد که نمونه‌های فصلی الزاماً در خوشه‌های مشخص بر اساس فصل قرار نگرفتند، بلکه ایستگاه‌ها در سطوح متفاوتی از شباهت با یکدیگر گروه‌بندی شدند. این موضوع بیانگر نقش غالب تفاوت‌های مکانی در ساختار جامعه ماهیان بود.

بر اساس ماتریس همبستگی (شکل 3)، الگوی روابط بین متغیرهای محیطی نشان داد که برخی پارامترها دارای همبستگی‌های بسیار قوی بودند. بین فسفات (PO_4^{3-}) با دمای آب (W_T) همبستگی مثبت نسبتاً قوی مشاهده شد ($r = 0.92$). همچنین BOD_5 با pH و NH_3 به ترتیب $r = 0.82$ و $r = 0.81$ و COD با DO ($r = 0.80$) همبستگی مثبت قوی داشتند. ضمناً بین دبی آب (Debi) با کدورت (Turb) و بین DO با NO_3 نیز همبستگی مثبت نسبتاً قوی مشاهده شد ($r = 0.74$). همچنین NO_3 رابطه مثبت متوسطی با COD ($r = 0.66$) و شن ($r = 0.48$) داشت. ولی بین PO_4^{3-} و NO_3 ($r = -0.75$) و بین درصد لای و رس (S_C) با درصد شن ($r = -1.00$) همبستگی خیلی قوی منفی مشاهده شد.

توضیح: در تعیین روابط بین متغیرهای محیطی و با جوامع زیستی، چهار متغیر PO_4^{3-} ، COD، BOD_5 و S_C با توجه به مقدار همبستگی بیش از 0/8 در مدل سازی حذف شدند.

ساختار جمعیت ماهیان

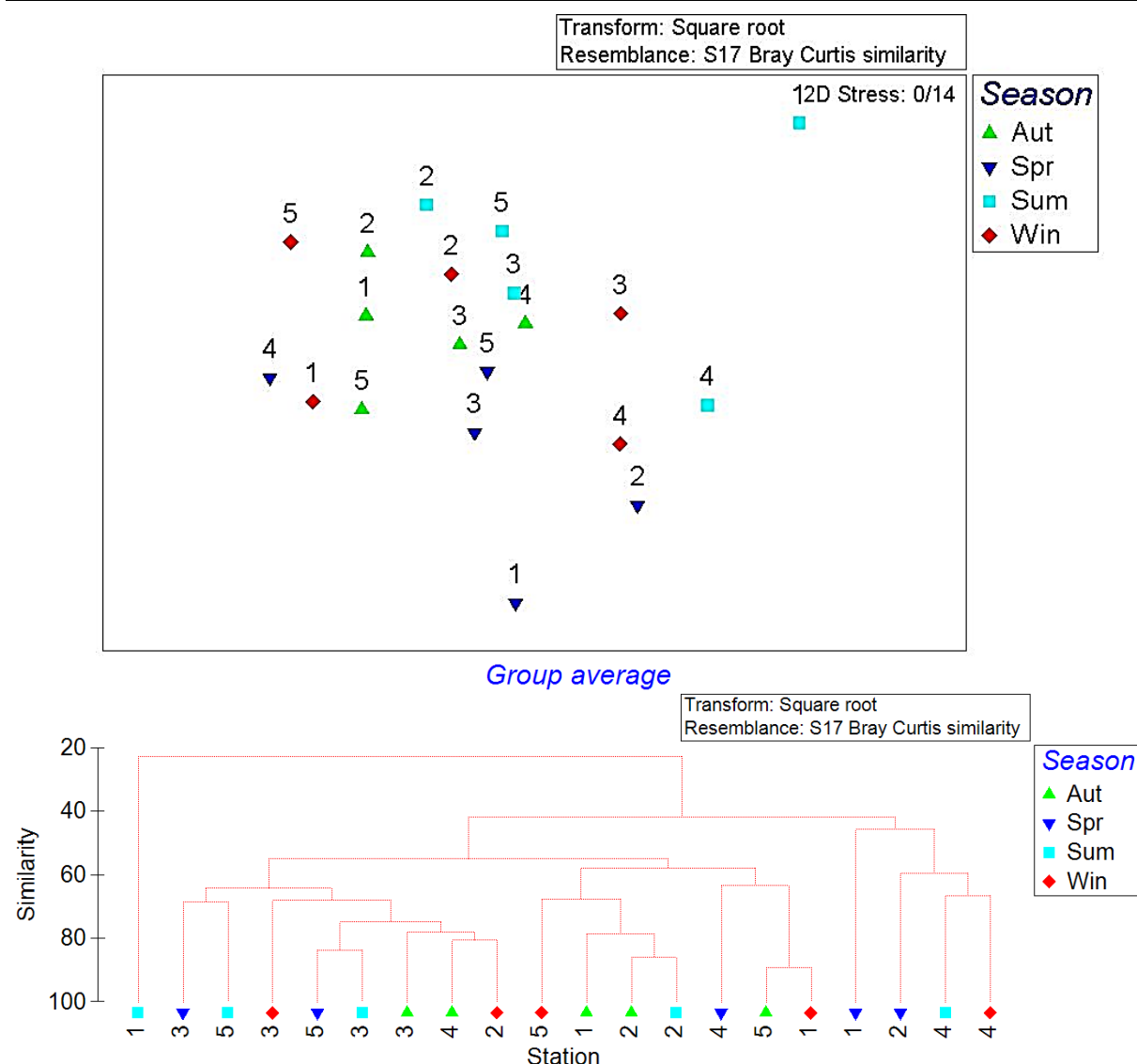
در این مطالعه ماهیان شناسایی شده به خانواده‌های کپور ماهیان (Cyprinidae) (10 گونه)، قنات ماهیان (Leuciscidae) (2 گونه)، سگ ماهیان جویباری (Nemachielidae) (1 گونه)، گربه‌ماهیان (Sisoridae) (1 گونه) و آزادماهیان (Salmonidae) (1 گونه) تعلق داشتند. همچنین گونه *Oncorhynchus mykiss* از خانواده Salmonidae تنها گونه غیر بومی (Exotic) در



شکل 3 - ماتریس همبستگی بین متغیرهای فیزیکی، شیمیایی و رسوبی در ایستگاه‌های نمونه‌برداری رودخانه‌های زیر حوضه خرسان. شدت رنگ و اندازه دایره‌ها بیانگر مقدار همبستگی و جهت آن (مثبت یا منفی) بود. همبستگی‌های معنی‌دار ($p < 0.05$) در نمودار پر رنگ نمایش داده شد

جدول 2- لیست رده‌ها، راسته‌ها، خانواده‌ها، جنس و گونه‌های کل ماهیان شناسایی شده در حوضه آبریز رودخانه خرسان

نام فارسی	جنس و گونه	خانواده
سیاه ماهی خالدار	<i>Capoeta trutta</i>	Cyprinidae کیپر ماهیان
گل چراغ - سنگ لیس	<i>Garra rufa</i>	
ماهی برزم (سس ماهیان)	<i>Luciobarbus pectoralis</i>	
ماهی برزم لب‌پهن (سس ماهیان)	<i>Luciobarbus barbuls</i>	
شاه کولی	<i>Alburnus mossulensis</i>	
ماهی بلیزم (سس ماهیان)	<i>Barbus lacerta</i>	
ماهی بوتک دهان‌بزرگ	<i>Cyprinion macrostomum</i>	
سیاه ماهی فلس‌ریز - معمولی	<i>Capoeta damascina</i>	
سیاه ماهی فلس درشت - درشت پولک	<i>Capoeta aculeta</i>	
نازک ماهی	<i>Chondrostoma regium</i>	Leuciscidae (Heckel, 1843) قنات ماهیان
ماهی سفید رودخانه‌ای	<i>Squalius cephalus</i>	
ماهی کلاور - سفید رودخانه	<i>Squalius lepidus</i>	
سگ ماهی جویباری	<i>Turcinoemachus kosswigi</i>	Nemacheilidae (Bănărescu and Nalbant, 1964) لوچ ماهیان - رفتگر ماهیان
قزل‌آلای رنگین‌کمان	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Salmonidae آزادماهیان
گربه ماهی	<i>Glyptothorax silviae</i>	Sisoridae گربه‌ماهیان



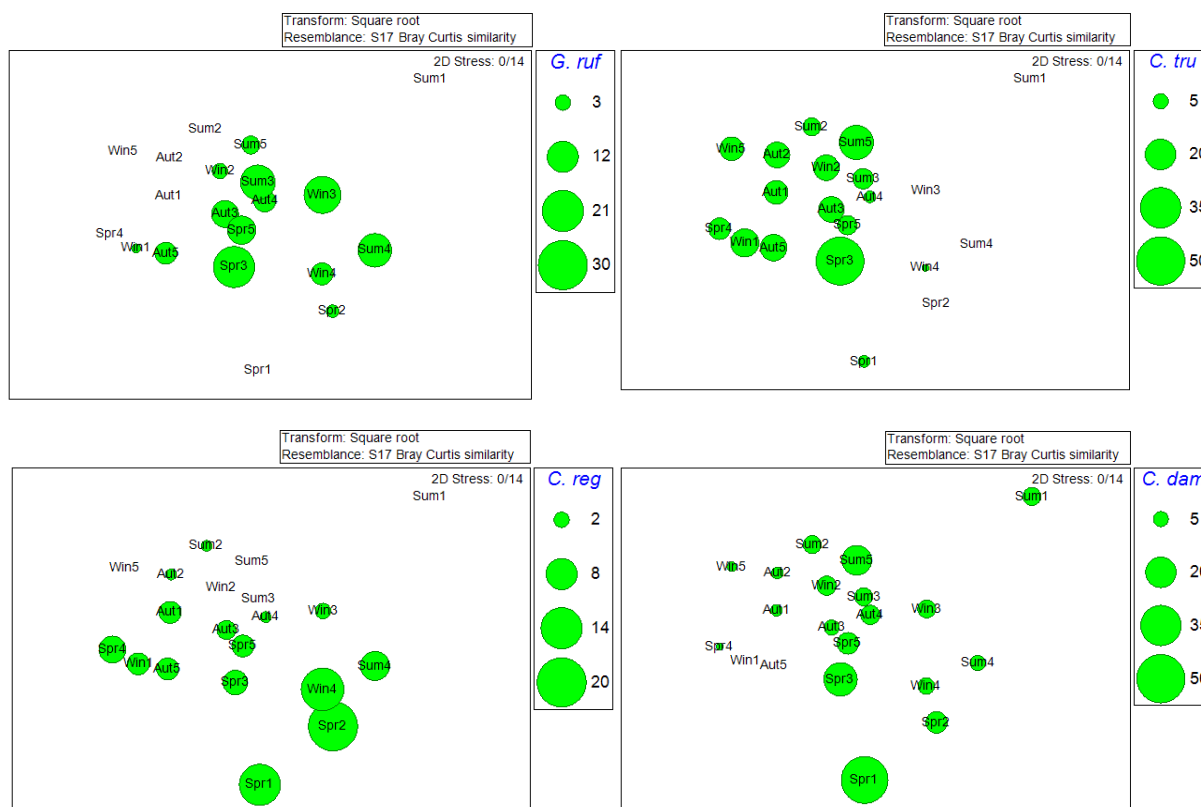
شکل 4- بالا: نمودار nMDS بر پایه شباهت بری - کرتیس و داده های تبدیل شده و پایین: خوشه بندی جوامع ماهیان فصول) پاییز Aut، زمستان Win، بهار Spr و تابستان Sum) و ایستگاه های نمونه برداری (اعداد 1 الی 5) زیر حوضه خرسان

شرایط غالب نبودند. در مقابل، گونه *Chondrostoma regium* دارای الگوی پراکنش متفاوتی بود؛ به طوریکه بیشترین فراوانی آن در نمونه مانند Spr1 و Spr2 دیده شد و همچنین در Win4 نیز افزایش قابل توجهی داشت. وجود حباب های بزرگ در بیش از یک ناحیه nMDS نشان داد که این گونه نسبت به دو گونه قبلی دامنه حضور نسبتاً وسیع تری دارد و می تواند در بیش از یک وضعیت فصلی/زیستگاهی به فراوانی زیاد برسد. در گونه *C. damacina* بیشترین فراوانی تجمع در Spr1 و نیز در نمونه های Spr2 و Spr3 دیده شد و در برخی نمونه ها مثل Sum1 نیز افزایش فراوانی قابل توجهی داشت. این الگو بیانگر آن است که این گونه گرچه می تواند در چند وضعیت

پلات های حبابی گونه های مهم ماهیان (شکل 5) نشان داد که هر یک از گونه های شاخص چگونه در میان نمونه ها توزیع شده اند و فراوانی آن ها در فضای nMDS چه الگویی داشت. گونه *Garra rufa* در چند نمونه خاص، به ویژه در فصل های بهار و تابستان فراوانی بالاتری داشت؛ به طوریکه حباب های بزرگ تر آن در بخش مشخصی از فضای nMDS متمرکز شدند (مانند Spr3، Sum4 و Win3). این الگو بیانگر آن است که *G. rufa* ترجیح زیستگاهی نسبتاً مشخصی داشته و پاسخ آن به شرایط محیطی، آب قوی تر است. فراوانی گونه *Capoeta trutta* در چند نقطه ویژه، عمدتاً Spr3 و در برخی از نمونه های تابستانی مانند Sum5 بیشتر بود. این الگو نشان داد که دو گونه مذکور در همه

محاسبه شد. اگرچه واریانس مرتبط با فصل کمی بیشتر از ایستگاه بود، اما هر دو مقدار کوچک بوده و نسبت به کل واریانس (1374/7) سهم ناچیزی داشتند. نتایج حاصل از تحلیل مدل خطی مبتنی بر فاصله (DistLM) نشان داد که فقط متغیر محیطی NO₂ دارای رابطه خطی معنادار با ماتریس شباهت زیست‌توده داشت ($p < 0.047$ ، جدول 5).

به فراوانی زیاد برسد، اما اوج‌گیری آن عمدتاً به چند نمونه مشخص محدود است و در کل، فراوانی آن نسبت به تغییرات فصلی/زیستگاهی ساختاریافته است. نتایج آزمون PERMANOVA برای ماهیان، نشان داد که هیچ‌کدام از عوامل مورد بررسی، یعنی فصل و ایستگاه، تأثیر آماری معنی‌داری بر ساختار جامعه ماهیان نداشتند ($P > 0.0$ ، جدول 4). بررسی اجزای واریانس نیز این موضوع را تأیید کرد و $S(Se) = 124.95$ و $S(St) = 96.574$



شکل 5 - پلات‌های حبابی خانواده‌های مهم ماهیان *regium*, *C. reg*; *Garra rufa*, *G. ruf* (*C. damascina*, *C. dam*; *Capoeta trutta*, *C. tru*; *Chondrostoma*) در رودخانه‌های زیر حوضه خراسان

جدول 4- نتایج آزمون PERMANOVA برای جوامع ماهیان بین فصول و ایستگاه‌های مختلف در رودخانه‌های زیر حوضه خراسان.

مقادیر معنی‌دار آزمون‌ها در سطح کمتر از 0/05 درصد پر رنگ شده است.

Source	d.f.	MS	Pseudo-F	P(perm)
فصل (Se)	3	1999/4	1/45	0/158
ایستگاه (St)	4	1761/0	1/28	0/212

جدول 5 نتایج مدل انفرادی DistLM، شامل مجموع مجذورات (SS)، آماره Pseudo-F، مقدار احتمال (p-value) و نسبت سهم

تبیین (Proportion) هر متغیر برای جوامع ماهیان در رودخانه‌های زیر حوضه خراسان

Variable	SS	Pseudo-F	P value	Proportion %
NO ₂	3046.6	2.4	0.047	11.7
EC	1978.7	1.5	0.21	7.6
Debi	1919.6	1.4	0.219	7.4
TOM	1715.7	1.3	0.255	6.6

DO	1644.1	1.2	0.316	6.3
Sand	1343.6	1	0.462	5.2
Turb	1239	0.9	0.457	4.8
NO ₃	1216.9	0.9	0.511	4.7
W_T	1056.6	0.8	0.566	4.1
NH ₄	541.98	0.4	0.845	2.1
NH ₃	448.96	0.3	0.898	1.7
pH	232.79	0.2	0.965	0.9

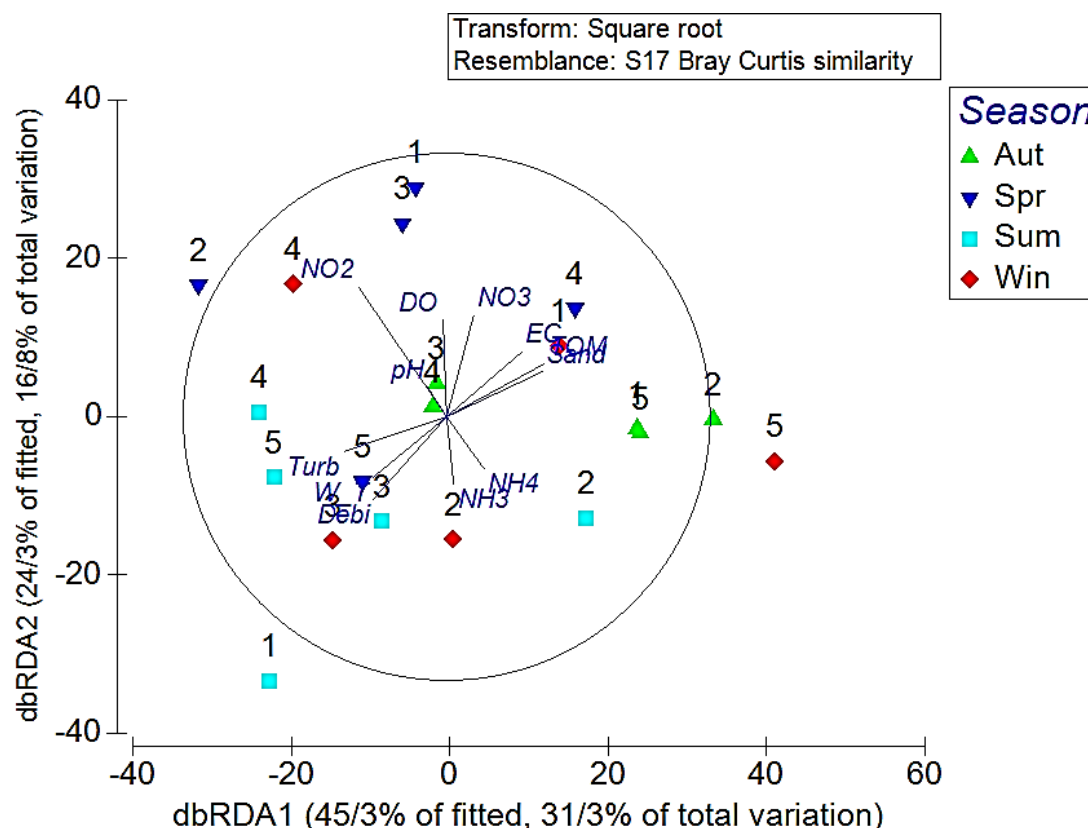
ولی DistLM با استفاده از روش BEST و ترکیب های مختلفی از متغیرها نشان داد بهترین مدل نهایی مدلی است که مقدار $AIC = 142.02$ و $R^2 = 0.69$ بوده و شامل ده متغیر EC, DO, EC, Debi, NH₄, TOM, Sand, NO₂, NH₃, W_T باشد. این مدل حدود 69٪ از تغییرات قابل توضیح در ساختار جامعه ماهیان را تبیین کرده و از نظر تعادل بین قدرت تبیین و تعداد متغیرها، بهینه ترین مدل تشخیص داده شد (جدول 6).

جدول 6 - خلاصه انتخاب مدل DistLM بر اساس معیار AIC برای ماهیان در رودخانه های زیرحوضه خرسان

تعداد متغیر	AIC	R ²	RSS	متغیرهای انتخاب شده
1	144.9	0.117	22990	NO ₂
2	145.3	0.187	21170	NO ₂ , Debi
3	144.9	0.277	18807	NO ₂ , DO, EC
4	144.4	0.364	16553	Debi, TOM, DO, NO ₂
5	143.8	0.440	14577	Debi, TOM, Sand, DO, NO ₂
6	143.4	0.505	12891	Debi, TOM, Sand, DO, EC, NO ₂
7	143.6	0.547	11786	Debi, TOM, Sand, DO, EC, NO ₂ , NH ₄
8	142.2	0.598	10472	Debi, TOM, W_T, DO, EC, NO ₂ , NH ₄ , NH ₃
9	142.7	0.644	9258	Debi, TOM, W_T, DO, EC, NO ₂ , NH ₄ , NH ₃ , NO ₃
10	142.0	0.689	8076	Debi, TOM, Sand, W_T, DO, EC, NO ₂ , NH ₄ , NH ₃ , NO ₃

در شکل dbRDA (شکل 6)، الگوی پراکنش نمونه ها و جهت گیری بردارهای محیطی کاملاً با نتایج DistLM و ضرایب همبستگی سازگار بود و نشان داد که ساختار جامعه ماهیان تحت تأثیر چند گرادیان محیطی اصلی قرار داشت. محور اول (dbRDA1) که 31٪ از کل تغییرات را توضیح داد، همبستگی مثبت با متغیرهای TOM، Sand و EC را نشان داد (به ترتیب 0/37، 0/30 و 0/19). ولی با متغیرهای Debi، NO₂ و W_T همبستگی منفی داشت (0/32، -0/32 و -0/21). بنابراین، نمونه های قرار گرفته در سمت راست محور اول با مقادیر بالاتر متغیرهای TOM، Sand و EC و نمونه های سمت چپ محور با Debi، NO₂ و W_T همبستگی مثبت داشتند.

محور دوم (dbRDA2) که 16/8٪ از کل تغییرات را تبیین کرد و عمدتاً گرادیانی افزایشی (DO (r = 0.47، NO₃ (r = 0.45)، NO₂ (r = 0.44) و EC (r = 0.39) را نشان داد. در مقابل، این محور با Debi، Turb و NH₃ همبستگی منفی داشت (به ترتیب -0/33، -0/32 و -0/28). بر این اساس، بخش بالایی محور دوم بیشتر با شرایط دارای DO، NO₂ و NO₃ و EC بالاتر مرتبط بود، در حالی که بخش پایینی محور دوم به Debi، Turb و NH₃ بالاتر گرایش داشت.



شکل 6 - نمودار dbRDA بر اساس شباهت Bray-Curtis که ارتباط بین ساختار جامعه ماهیان و متغیرهای محیطی در رودخانه‌های زیر حوضه خرسان را نشان می‌دهد. نمادها نشان‌دهنده ایستگاه‌های نمونه‌برداری (1 تا 5) در فصول مختلف (پاییز Aut، زمستان Win، بهار Spr و تابستان Sum) هستند. بردارها جهت و میزان تأثیر متغیرهای محیطی مؤثر بر الگوی آرایش نمونه‌ها را نشان می‌دهند

غیربومی یعنی قزل‌آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) از خانواده Salmonidae بود. ورود گونه‌های غیربومی به اکوسیستم‌های آب شیرین می‌تواند پیامدهای بوم‌شناختی قابل توجهی داشته باشد، زیرا این گونه‌ها ممکن است از طریق رقابت برای منابع غذایی، شکار گونه‌های بومی، انتقال بیماری‌ها یا تغییر در ساختار زیستگاه بر جوامع بومی اثر بگذارند (Lin et al., 2021; Stefani et al., 2020). با این حال، میزان تأثیر گونه‌های غیربومی به شدت وابسته به فراوانی و گستره پراکنش آن‌ها است و در برخی اکوسیستم‌های رودخانه‌ای حضور محدود این گونه‌ها تأثیر چشمگیری بر ساختار کلی جامعه ایجاد نمی‌کند.

تحلیل چندبعدی غیرمتریک (nMDS) و خوشه بندی نشان داد که نمونه‌ها در فضای دو بعدی به صورت نسبتاً پراکنده قرار گرفته‌اند و جدایی فصلی مشخصی میان اجتماعات ماهیان مشاهده نشد و نتایج آنالیز PERMANOVA این یافته‌ها را تایید می‌کند. بنابراین

بحث

نتایج این مطالعه نشان داد که جامعه ماهیان رودخانه‌های زیرحوضه خرسان از تنوع گونه‌ای قابل توجهی برخوردارند و ساختار آن تحت تأثیر ترکیبی از عوامل محیطی و هیدرولوژیکی قرار دارد. براساس نتایج به دست آمده، ماهیان شناسایی شده به چند خانواده اصلی تعلق داشتند که در میان آن‌ها خانواده کپور ماهیان با بیشترین تعداد گونه غالب بود. غالبیت کپور ماهیان در بسیاری از اکوسیستم‌های رودخانه‌ای به ویژه در مناطق کوهستانی و نیمه خشک پدیده‌ای رایج است، زیرا این گروه از انعطاف پذیری اکولوژیکی بالایی برخوردار بوده و قادرند دامنه وسیعی از شرایط محیطی را تحمل کنند (Huang et al., 2019; Yang et al., 2023). رودخانه‌های ایران نیز نشان می‌دهد که خانواده کپور ماهیان معمولاً بخش عمده ترکیب گونه‌ای ماهیان آب‌های داخلی کشور را تشکیل می‌دهد (Yazdani Moghaddam et al., 2015; Zare Shahraki et al., 2022). یکی از یافته‌های مهم این پژوهش، حضور تنها یک گونه

محیطی به صورت غیرمستقیم بر جامعه اثر گذاشت. این موضوع با دیدگاه های جدید در بوم شناسی جوامع ماهیان همخوانی دارد که بر نقش environmental filtering و local habitat conditions در کنار محدودیت های پراکنش تأکید می کنند (Xia et al., 2023). به این ترتیب، به نظر می رسد که در زیرحوضه خرسان، فرآیندهای بوم ساختی محلی و کیفیت محیطی، بیش از گرایان های صرفاً فصلی، ساختار جامعه را تعیین کرده اند.

در مقایسه با سایر مطالعات انجام شده در ایران، نتایج حاضر با یافته های یزدانی مقدم و همکاران (2015) و زارع شهرکی و همکاران (2022 و 2025)، نیز همسو است؛ زیرا در این مطالعات نیز خانواده های کپورماهیان غالب بوده و ساختار جامعه ماهیان به طور معنی داری با شرایط محیطی و هیدرولوژیکی ارتباط داشته است (Yazdani-Moghaddam et al. 2015; Zare-Shahraki et al., 2022, 2025).

نتیجه نهائی

بر اساس تجزیه و تحلیل انجام شده، جامعه ماهیان رودخانه های زیرحوضه خرسان از تنوع گونه ای مناسبی برخوردار است و کپورماهیان به عنوان گروه غالب، سهم عمده ای در ترکیب گونه ای دارند. ساختار این جامعه عمدتاً تحت تأثیر متغیرهای محیطی و هیدرولوژیکی، از جمله اکسیژن محلول، هدایت الکتریکی، ترکیبات نیتروژنی، دما، نوع بستر و دبی قرار دارد. اگرچه الگوهای فصلی جدایی مشخصی در ترکیب جوامع ایجاد نکردند، تغییرات فصلی از طریق دگرگونی شرایط زیستگاهی به طور غیرمستقیم اثرگذار بودند. حضور محدود قزل آلا ی رنگین کمان نیز لزوم پایش مستمر گونه های غیربومی و حفاظت از کیفیت زیستگاه های رودخانه ای این زیرحوضه را برجسته می سازد.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از حمایت مالی وزارت نیرو و موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور که زمینه علمی و آزمایشگاهی مطالعه حاضر را فراهم آورد، صمیمانه تشکر و قدردانی می گردد. این گزارش یکی از پروژه تحقیقاتی می باشد که در رودخانه های زیر حوضه خرسان با کد مصوب "021029-02049-113-12-76-14" استخراج شده است.

پراکندگی ترکیب گونه ای ماهیان در طول دوره نمونه برداری نسبتاً پایدار بوده و تغییرات فصلی شدید در ساختار جامعه مشاهده نشده است. نتایج مشابهی در برخی مطالعات رودخانه ای گزارش شده است که نشان می دهد در سیستم های با شرایط محیطی نسبتاً پایدار، ترکیب گونه ای ماهیان ممکن است تغییرات فصلی شدیدی نشان ندهد (Xia et al., 2023). همچنین در برخی اکوسیستم های رودخانه ای نیز گزارش شده است که در صورت یکنواختی نسبی شرایط زیستگاهی یا اتصال هیدرولوژیکی مناسب بین بخش های مختلف رودخانه، ترکیب جوامع ماهیان ممکن است تفاوت های مکانی یا فصلی قابل توجهی نشان ندهد (Duarte et al., 2022).

نتایج dbRDA و DistLM نیز به وضوح نشان دادند که ساختار جامعه ماهیان به طور معناداری با اکسیژن محلول (DO)، هدایت الکتریکی (EC)، ترکیبات نیتروژنی به ویژه NH_4NO_3 ، درجه حرارت، نوع بستر و دبی ارتباط دارد. همبستگی مثبت محور اول با TOM، Sand و EC و همبستگی منفی آن با متغیرهای NO_2 و W_T ، حاکی از آن است که ترکیب جامعه ماهیان نه تنها از کیفیت شیمیایی آب، بلکه از پویایی هیدرولوژیک نیز اثر می پذیرد. در رودخانه های نیمه خشک و کوهستانی، افزایش دبی معمولاً با شست و شوی زیستگاه، کاهش زمان ماند آب و جابه جایی ماهیان همراه است، در حالی که شرایط پایدارتر با اکسیژن بالاتر و هدایت الکتریکی متعادل تر، برای استقرار برخی گونه ها مناسب تر است (Zare-Shahraki et al., 2022, 2025).

همچنین تحلیل dbRDA نشان دهنده پویایی فصلی در زیستگاه است بطوریکه، بهار با افزایش دبی و کدورت معرف شرایط بهینه و تابستان با افزایش دمای آب و NH_4 فاز تنش زا و کاهش تنوع گونه های حساس را نشان می دهد. زمستان تحت تأثیر غالب رژیم هیدرولوژیکی (دبی بالا) و پاییز در وضعیت گذار قرار دارد. این الگوها با یافته های Liu et al. (2021) و Khadka et al. (2025) همگرایی داشته و تأیید می کنند که پارامترهای هیدرولوژیکی و کیفیت آب، محرک های اصلی در سازمان دهی ساختار جوامع ماهیان در اکوسیستم های رودخانه ای جهان محسوب می شوند.

هرچند تغییرات فصلی در این مطالعه اثر مستقیم و کاملاً جداکننده ای در nMDS نداشت، اما از طریق تغییر شرایط

منابع

- Anderson, M.J., Gorley, R.N., & Clarke, K.R. (2008). PERMANOVA for PRIMER: Guide to Software and Statistical Methods. PRIMER-E, Plymouth, UK: 218 p.
- APHA (American Public Health Association) (2017). Standard method for examination of water and wastewater. American Public Health Association publisher, 18th edition, Washington, USA. 1113P.
- Barakat, A., E.I. Baghdadi, M., Rais, J., Aghezzaf, B., & Slassi, M. (2016). Assessment of spatial and seasonal water quality variation of Oum Er Rabia River (Morocco) using multivariate statistical techniques. *Int. Soil Water Conservation Research* 4(4), 284–292.
- Barroso, G.R., Gomez, L.N.L., & Oliveira, S.C., (2025). Planktonic Communities as indicators of water quality in a tropical reservoir, *Environmental Management*, 75, 1571-1588. doi.org/10.1007/s00267-025-02157-7
- Clarke, K.R., & Gorley, R.N. (2006). PRIMER version 6: user manual/tutorial. PRIMER-E, Plymouth, UK: 192 p.
- Clarke, K.R., & Warwick, R.M. (2001). Change in Marine Communities: An Approach to Statistical Analysis and Interpretation. 2nd edn. Plymouth, UK: PRIMER-E, 176 p.
- Duarte, C., Antão, L.H., Magurran, A.E., & de Deus, C.P. (2022). Shifts in fish community composition and structure linked to seasonality in a tropical river. *Freshwater Biology*, 67, 1737–1751.
- Esmaili, H.R., Sayyadzadeh, G., Eagdari, S. and Abbasi, & K., 2018. Checklist of freshwater fishes of Iran. *FishTaxa*, 3(3), 1-95.
- Fazli, H., Kaymaram, F., & Daryanabard, G.R. (2022). Effects of fishing and environmental parameters on the commercial bony fish assemblage in the southern Caspian Sea. *Oceanological and Hydrobiological Studies*, 51(1), 90-99.
- Gilvear, D.J., Heal, K.V., & Stephen, A. (2002). Hydrology and the ecological quality of Scottish river ecosystems. *Science of the Total Environment*, 294(1), 131–159. DOI:10.1016/S0048-9697(02)00060-8
- Giri T, Goutam U, Arya A, & Gautam S. (2022). Effect of nutrients on diatom growth: a review. *Trends in Sciences* 19(2), 1752.
- Holme, N.A., & McIntyre, A.D. (1984). Methods for study of marine benthos, second edition, Oxford, Blackwell Scientific Publication, 387P.
- Huang, J., Huang, L., Wu, Z., Mo, Y., Zou, Q., Wu, N., & Chen, Z. (2019). Correlation of fish assemblages with habitat and environmental variables in a headwater stream section of Lijiang River, China. *Sustainability*, 11(4), p.1135.
- Karimi, H., Keshavarz, T., Mohammadi, Z., & Raeisi, E. (2007). Potential leakage at the Khersan 3 Dam Site, Iran: a hydrogeological approach. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 66(3), 269-278.
- Karimian, E., Bahrami Kamangar, B., Mohammadi, H., Ghaderi E. (2020). Water Quality Assessment of the Garan dam reservoir (Marivan) using NSFQI qualitative index. *Journal of Natural Environment*, 73(3), 571-583. Doi.org/10.22059/jne.2020.300936.1958
- Keivany, Y., Nasri, M., Abbasi, K., & Abdoli, A. (2016). Fishes of Iran: Atlas of inland water. Department of Environment, Tehran, Iran.
- Khadka, R., Jha, D.K., Rai, S., & Pandit, N.P. (2025). Fish diversity with seasonal variation of water quality in fisheries reservoir, Chitwan. *Journal of Agriculture and Forestry University*, 6, 171–182.
- Li, J.P., Dong, S.K., Liu, S.I., Yang, Z.F., Peng, M.C., & Zhao, C. (2013). Effects of cascade hydropower dams on the composition, biomass and biological integrity of phytoplankton assemblages in the middle Lancang-Mekong River, *Ecological Engineering*, 60, 316-324. https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2013.07.029.
- Lin, L., Deng, W., Huang, X., Liu, Y., Huang, L. & Kang, B. (2021). How fish traits and functional diversity respond to environmental changes and species invasion in the largest river in Southeastern China. *PeerJ*, 9, p.e11824.
- Liu, C., Sun, X., Su, L., Cai, J., Zhang, L., & Guo, L. (2021). Assessment of phytoplankton community structure and water quality in the Hongmen reservoir, 56(1), 19-30. doi: 10.2166/wqrj.2021.022
- Ludwig, J., & Reynolds, J.F. (1988). Statistical ecology: a primer on methods and computing. A Niley-Interscience Publication, America. 337 p.
- Mazloomi, Z., Nemati Varnosfaderany, M. & Modarres, R. (2022). Evaluating the Environmental Flow of Beshar River, Using Tennant's Hydrological Method Based on the Biological Requirements of Indicator Fishes. *Iranian Journal of Applied Ecology*. 11(3), 1-19.
- Mustapha, A., Aris, A.Z., Juahir, H., Ramli, M.F., & Kura, N.U. (2013). River water quality assessment using environmental techniques:

- case study of Jakra River Basin. *Environmental science and pollution research international*, 20(8), 5630-5644.
- Nelson, J.S. (1994). *Cyprinid Fishes Systematics: Biology and exploitation*. Chapman and Hall, London, 667 p.
- Oertel, N. & Salanki, J. (2003). Biomonitoring and bioindicators in aquatic ecosystems. In: Ambasht, R.S. and Ambasht, N.K. (eds.), *Modern Trends in Applied Aquatic Ecology*. Kluwer Academic/Plenum Publishing, New York. pp 219-246
- Oketola, A.A., Adekolurejo, S.M., & Osibanjo, O. (2013). Water quality assessment of River Ogun using multivariate statistical techniques. *Journal of Environmental Protection* 4, 466-479.
- R Core Team. (2025). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>
- Rahnama, B., Hajiradkouchak, E., Fazli, H., Alishah, N., Shakoori, M., & Rahmati, R. (2025). Evaluation of the biodiversity structure of fish in the tributaries of the Sirvan River based on ecological indices in Kurdistan Province. *Journal of Applied Ichthyological Research*, 13(3): 01-13. [10.22034/jair.13.3.1](https://doi.org/10.22034/jair.13.3.1)
- Reed, M.L., Pinckney, J.L., Keppler, C.J., Brock, L.M., & Greenfield, D.I. (2016). The influence of nitrogen and phosphorus on phytoplankton growth and assemblage composition in four coastal, southeastern USA systems, *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 177, 71-82.
- Song, J., Hou, C., Liu, Q., Wu, X., Wang, Y., & Yi, Y. (2020). Spatial and temporal variations in the plankton community because of water and sediment regulation in the lower reaches of Yellow River. *Journal of cleaner production*, 261, 120972, 1-11
- Stefani, F., Schiavon, A., Tirozzi, P., Gomasasca, S. & Marziali, L. (2020). Functional response of fish communities in a multistressed freshwater world. *Science of the Total Environment*, 722, 137840.
- Wang, Y., Zhang, S., Sun, M., Han, J., Wang, Z., Chen, X., Chen, Z., & Qin, H. (2025). Spatial-Temporal Pattern and Stability Analysis of Zooplankton Community Structure in the Lower Yellow River in China. *Diversity*.
- Wang, Z., Li, Q., Tian, Y., Li, X., Chen, X., Tian, Y. & Xue, J. (2023). Effect of land use and environmental variables on phytoplankton community structure in high-elevation river, upper Yangtze River, China, *Frontiers in Environmental Science*, 1-16. [10.3389/fenvs.2023.1084461](https://doi.org/10.3389/fenvs.2023.1084461)
- Xia, Z., Heino, J., Yu, F., Xu, C., Lin, P., He, Y., Liu, F. & Wang, J. (2023). Local environmental and spatial factors are associated with multiple facets of riverine fish β -diversity across spatial scales and seasons. *Freshwater Biology*, 68(12), pp.2197-2212.
- Yang, J., Wen, J., Wu, H., Yang, Q., Yin, H., & Hu, M. (2023). Fish community structure and its relationships with environmental variables in subtropical headwater rivers. *Ecology of Freshwater Fish*, 32(2), 388-405.
- Yazdani-Moghaddam, F., Ghasemian, F., Ghassemzadeh, Khazae, A.R., Seifali, M., & Ghanbarifardi, M.F. (2015). The fish fauna of North and East regions of Khorasan-e-Razavi Province, Iran. *Iranian Journal of Animal Biosystematics*, 11(1), 91-100.
- Zar, J.H. (2010). *Biostatistical analysis*. 4th edition. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 946 p.
- Zare Shahraki, M., Fathi, P., Domisch, S., Bruder, A., Ebrahimi Dorcheh, E., Esmaeili Ofogh, A., & Mehner, T., (2025). Evaluating Environmental Predictors of Fish Community Composition in a Semi-Arid River System Using a Model-Based Approach. *Ecology of Freshwater Fish*, 34(3), p.e70013.
- Zare-Shahraki, M., Ebrahimi-Dorche, E., Bruder, A., Flotemersch, J., Blocksom, K. and Bănăduc, D. (2022). Fish species composition, distribution and community structure in relation to environmental variation in a semi-arid mountainous river basin, Iran. *Water*, 14(14), p.2226.
- Zhang, W., Ding, Y., Tang, Y., Han, Y., Zhu, Z., Yang, Y., & Zhu, Y. (2019). Determination of vertical and horizontal assemblage drivers of bacterial community in a heavily polluted urban river. *Water Research*, 161, 98-107. DOI:10.1016/j.watres.2019.05.107
- Zhu, X., Yang, Y., Zhang, W., Ding, Y., Tang, Y., Han, Y., Zhu, Z., & Zhu, Y. (2022). Effects of different types of anthropogenic disturbances and natural wetlands on water quality and microbial communities in a typical black-odor river. *Ecological Indicators*, 136:108613. DOI:10.1016/j.ecolind.2022.108613



Response of Fish communities to environmental parameters in the rivers of the Kharasan Sub Basin in Chaharmahal and Bakhtiari Province

Hasan Fazli*, Behzad Rahnema, Hassan Nasrollazadeh Saravi, Eisa Hajiradkouchak, Gholamreza Daryanabard

Ecology Department, Caspian Sea Ecology Research Institute, National Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Sari, Iran.

Type: Original Research Paper	Abstract: Understanding the influence of abiotic factors on fish community dynamics is crucial for effective aquatic ecosystem management. This study aimed to investigate the effects of physicochemical parameters on fish assemblages across the rivers of the Khersan sub-basin (Marbareh, Beshar, and Khersan rivers) in Chaharmahal and Bakhtiari Province, Iran. Multivariate and univariate data analyses were performed using PRIMER software. Community structure was evaluated using non-metric multidimensional scaling (nMDS) and distance-based linear modeling (DistLM). High correlations were observed between, such as phosphate and water temperature, silt–clay and sand, BOD5 and pH, BOD5 and NH3, and COD and dissolved oxygen. The ichthyofauna consisted of 15 species, with Cyprinidae being the most diverse. nMDS results indicated that fish assemblage structure was primarily driven by spatial heterogeneity and station-specific characteristics rather than seasonal variations, though some distinct clustering was observed in winter and spring. Species-specific distribution patterns were evident, with Garra rufa and Capoeta trutta showing restricted distributions, while Chondrostoma regium exhibited a broader ecological tolerance. PERMANOVA results indicated no statistically significant effect of season or station, suggesting relative temporal stability. DistLM identified dissolved oxygen, EC, TOM, substrate, temperature, nitrate, ammonium, ammonia, and water discharge as the primary environmental drivers. Overall, fish community structure in the Khersan sub-basin exhibited adequate diversity, with cyprinids being dominant. Community structure was also influenced by physicochemical parameters, substrate type, and water discharge, and was simultaneously affected by hydrological conditions, spatial factors, and trophic status. Seasonal changes exerted their influence indirectly, through habitat alteration. Additionally, the limited presence of the non-native rainbow trout highlights the need for habitat conservation in the region. These findings can serve as a baseline for future ecological assessments and conservation planning within this sub-basin.
Paper History: Received: 31-05-2026 Accepted: 26-07-2026	
Corresponding author: Hasan Fazli. Ecology Department, Caspian Sea Ecology Research Institute, National Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Sari, Iran.	
Email: Hn_fazli@yahoo.com	
Keywords: Fish, Community structure, Environmental variables, Multivariate analysis, Iran	