

ORIGINAL ARTICLE

Assessment of Fish Diversity and Seasonal-Spatial Changes in Fish Communities of the Kharasan River Using Ecological Indices

Behzad Rahnama^{1*}, Narges Alishah¹, Hassan Nasrollahzadeh Saravi¹, Eisa Hajiradkouchak¹, Hassan Fazli¹, Matin Shakoori¹, Rahimeh Rahmati¹

1. Department of Ecology, Caspian Sea Ecology Research Center, Iranian Fisheries Science Research Institute (IFSRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Sari, Iran.

Correspondence

Behzad Rahnama

Email: rahnama.behzad@gmail.com

How to cite

Rahnama, B., Alishah, N., Nasrollahzadeh Sarav, H., Hajiradkouchak, E., Fazli, H., Shakoori, M., & Rahmati, R. (2026). Assessment of Fish Diversity and Seasonal-Spatial Changes in Fish Communities of the Kharasan River Using Ecological Indices. *Experimental Animal Biology*, 14(55), 49-61.

ABSTRACT

In this study, the biodiversity and ecological structure of fish communities in the Kharasan River (southwest of Iran) were investigated seasonally during 1402-1403. A total of 755 fish belonging to 15 species and 5 families were identified, with the Cyprinidae family having the highest species richness with 9 species. In order to evaluate the ecological status, Shannon-Wiener, Simpson, Margalef, Berger-Parker, Fisher alpha and evenness indices were calculated. The highest Shannon index was observed at stations 3 (2.41) and 4 (2.39) and the lowest at station 2 (1.75). The Simpson index also showed the highest value at stations 3 (0.887) and 4 (0.887), indicating higher diversity and lower dominance of dominant species. Seasonal analysis of the indices showed that biodiversity and Taxa Richness were higher in spring and summer (with taxa index= 15) than in autumn and winter. The results of cluster analysis also confirmed the similarity of species structure between stations 3 and 4. The findings of the present study showed that the Kharasan River has a relatively good fish species diversity, which can be justified by the highest values of biodiversity indices in the central parts (stations 3 and 4) and in the spring and summer seasons, along with the presence of key species such as *Glyptothorax silviae*, *Squalius lepidus* and *Squalius cephalus*. However, this biodiversity may be affected by natural and anthropogenic factors. The results of this study can be used in management decisions related to habitat protection and regulation of aquatic resource exploitation in the Kharasan River.

KEYWORDS

Biodiversity, Fish, Kharasan river, Shannon Index.

نشریه علمی

زیست‌شناسی جانوری تجربی

«مقاله پژوهشی»

بررسی تنوع گونه‌ای ماهیان و تغییرات فصلی-مکانی ماهیان رودخانه خرسان با بهره‌گیری از شاخص‌های اکولوژیکی

بهزاد رهنما^{۱*} , نرگس عالیشاه^۱، حسن نصرالله‌زاده ساروی^۱، عیسی حاجی‌راد کوچک^۱، حسن فضلی^۱،
متین شکوری رحیمه رحمتی^۱

چکیده

در این پژوهش، تنوع زیستی و ساختار اکولوژیکی جوامع ماهیان در رودخانه خرسان (جنوب‌غرب ایران) طی سال‌های ۱۴۰۲ تا ۱۴۰۳ به صورت فصلی بررسی شد. در مجموع ۷۵۵ قطعه ماهی متعلق به ۱۵ گونه و پنج خانواده شناسایی شد که خانواده Cyprinidae با نه گونه بیش‌ترین غنای گونه‌ای را داشت. به منظور ارزیابی وضعیت اکولوژیکی، شاخص‌های شانون-وینر، سیمپسون، مارگالف، برگر-پارکر، فیشر آلفا و یکنواختی محاسبه شدند. بیش‌ترین مقدار شاخص شانون در ایستگاه‌های ۳ (۲/۴۱) و ۴ (۲/۳۹) و کم‌ترین مقدار در ایستگاه ۲ (۱/۷۵) مشاهده شد. شاخص سیمپسون نیز در ایستگاه‌های ۳ (۰/۸۸۷) و ۴ (۰/۸۸۷) بیش‌ترین مقدار را نشان داد که بیانگر تنوع بالاتر و سلطه کم‌تر گونه‌های غالب است. تحلیل فصلی شاخص‌ها نشان داد که تنوع زیستی و غنای گونه‌ای در فصول بهار و تابستان (با غنای گونه‌ای = ۱۵) به طور مشخصی بیش‌تر از پاییز و زمستان بود. نتایج تحلیل خوشه‌ای نیز شباهت ساختار گونه‌ای بین ایستگاه‌های ۳ و ۴ را تأیید کرد. یافته‌های مطالعه حاضر نشان داد که رودخانه خرسان از تنوع گونه‌ای ماهیان مناسبی برخوردار است که با بیش‌ترین مقادیر شاخص‌های تنوع زیستی در بخش‌های مرکزی (ایستگاه‌های ۳ و ۴) و در فصول بهار و تابستان، همراه با حضور گونه‌های کلیدی نظیر گونه *Glyptothorax silviae*، *Squalius lepidus* و *Squalius cephalus* قابل توجیه می‌باشد. نتایج این مطالعه می‌تواند در تصمیم‌گیری‌های مدیریتی مربوط به حفاظت زیستگاه‌ها و تنظیم بهره‌برداری از منابع آبی در رودخانه خرسان مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی

تنوع زیستی، رودخانه خرسان، شاخص شانون، ماهیان.

۱. گروه اکولوژی، پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران.

نویسنده مسئول:

بهزاد رهنما

رایانامه: rahnama.behzad@gmail.com

استناد به این مقاله:

رهنما، بهزاد؛ عالیشاه، نرگس؛ نصرالله‌زاده ساروی، حسن؛ حاجی‌راد کوچک، عیسی؛ فضلی، حسن؛ شکوری، متین و رحمتی، رحیمه (۱۴۰۴). بررسی تنوع گونه‌ای ماهیان و تغییرات فصلی-مکانی ماهیان رودخانه خرسان با بهره‌گیری از شاخص‌های اکولوژیکی. فصلنامه زیست‌شناسی جانوری تجربی، ۱۴(۵۵)، ۴۹-۶۱.

<https://eab.journals.pnu.ac.ir/>

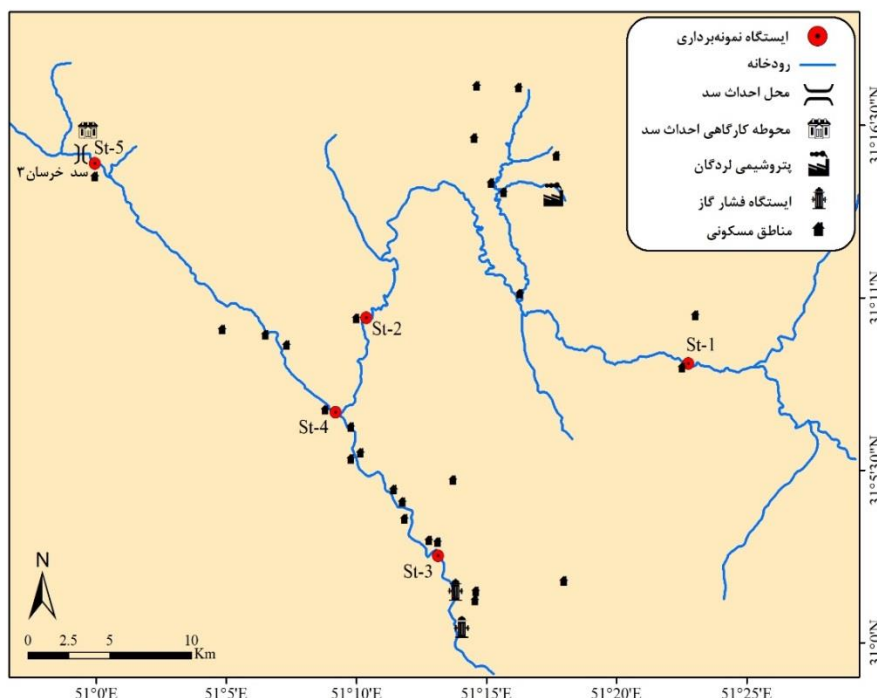
مقدمه و پیشینه پژوهش

تنوع زیستی ماهیان یکی از شاخص‌های کلیدی برای ارزیابی سلامت اکوسیستم‌های رودخانه‌ای به‌شمار می‌رود، زیرا ساختار جوامع ماهی به‌طور مستقیم تحت تأثیر شرایط هیدرولوژیکی، کیفیت زیستگاه، پوشش گیاهی حاشیه‌ای و فشارهای انسانی قرار دارد (کیوانی و همکاران، ۲۰۱۶). تغییر در ترکیب گونه‌ای، غنای گونه‌ای و یکنواختی جوامع ماهیان می‌تواند بازتابی از تغییرات زیست محیطی و ناپایداری اکولوژیکی در سیستم‌های آب شیرین باشد مطالعات پیشین نشان داده‌اند که عوامل غیرزیستی نظیر دما، سرعت جریان، نوع بستر و شرایط هیدرولوژیکی، نقش مهمی در تعیین الگوی پراکنش و فراوانی گونه‌های ماهیان دارند و این عوامل مستقیماً بر شاخص‌های تنوع زیستی از جمله غنای گونه‌ای، یکنواختی و غالبیت اثرگذار هستند (خوشناموند و همکاران، ۲۰۲۴). از این‌رو، استفاده از شاخص‌های زیستی به‌عنوان ابزارهای پایش، جایگاه ویژه‌ای در مدیریت و حفاظت از منابع آبی یافته است. ایران به دلیل موقعیت جغرافیایی خاص، تنوع اقلیمی و گستردگی حوضه‌های آبریز، از غنای قابل توجهی در جمعیت ماهیان آب‌های داخلی برخوردار است. با این حال، بسیاری از رودخانه‌های کشور، تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی نظیر احداث سدها، تغییر رژیم جریان، برداشت مصالح رودخانه‌ای، آلودگی‌های کشاورزی و تغییرات اقلیمی قرار گرفته‌اند (مصطفوی‌زاده و همکاران، ۲۰۲۵). این فشارها می‌توانند منجر به تغییر ساختار جوامع ماهیان و کاهش تنوع زیستی در مقیاس‌های مکانی و زمانی مختلف شوند. رودخانه‌های خراسان، بشار و ماربره از مهم‌ترین رودخانه‌های سطحی جنوب غرب ایران به‌شمار می‌روند که از نظر هیدرولوژیکی، زمین‌شناسی و بوم‌شناختی دارای ویژگی‌های منحصر به فردی هستند (کریمی و همکاران، ۲۰۰۷). حوضه آبریز رودخانه خراسان به‌عنوان یکی از زیرحوضه‌های مهم جنوب غرب ایران، به دلیل جریان دائمی، تنوع بستر (سنگی-ریگ دار) و وجود زیستگاه‌های متنوع، ظرفیت بالقوه‌ای برای میزبانی گونه‌های مختلف ماهیان دارد (توانپور و همکاران، ۲۰۱۷). با وجود انجام برخی مطالعات پراکنده در گذشته، بررسی‌های جامع و به‌روز که به‌طور هم‌زمان الگوهای مکانی و فصلی تنوع زیستی ماهیان را با استفاده از شاخص‌های اکولوژیکی استاندارد تحلیل کرده باشند، در این حوضه محدود است. به ویژه، اطلاعات منسجم در خصوص تغییرات فصلی

ساختار جوامع ماهیان در رودخانه خراسان همچنان با خلأ پژوهشی مواجه است. بر این اساس، پژوهش حاضر با رویکرد اکولوژیکی و با هدف بررسی ترکیب گونه‌ای، فراوانی نسبی و الگوهای مکانی و فصلی تنوع زیستی ماهیان در حوضه آبریز رودخانه خراسان انجام شد. در این مطالعه، با استفاده از شاخص‌های تنوع زیستی نظیر شانون، سیمپسون، مارگالف، فیشر آلفا، برگر-پارکر و نیز تحلیل خوشه‌ای، تلاش شد مشخص شود آیا ساختار و تنوع جوامع ماهیان بین ایستگاه‌های مختلف و فصول سال تفاوت دارد و این تفاوت‌ها تا چه اندازه می‌توانند بازتاب‌دهنده شرایط اکولوژیکی و تغییرات محیطی منطقه باشند. نتایج این پژوهش می‌تواند تصویری به‌روز از وضعیت زیستی رودخانه خراسان ارائه داده و به عنوان مبنایی علمی برای پایش اکولوژیکی، شناسایی مناطق حساس و برنامه ریزی مدیریت پایدار منابع آبی مورد استفاده قرار گیرد، همچنین این نتایج می‌تواند مبنای علمی مناسبی برای پایش بلندمدت اکوسیستم رودخانه خراسان، طراحی برنامه‌های حفاظتی و مدیریت پایدار منابع آب شیرین در منطقه فراهم آورد (یونپ، ۲۰۲۰).

روش‌شناسی پژوهش

موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه‌برداری روی نقشه در شکل (۱) نمایش داده شده است. انتخاب ایستگاه‌ها براساس معیارهایی مانند عدم همپوشانی، نوع کاربری اراضی، وضعیت حاشیه رودخانه، نوع پوشش گیاهی، و در دسترس بودن صورت گرفت، به گونه‌ای که تمامی انواع زیستگاه‌های منطقه را پوشش دهند (قلی‌زاده و حاجیلی، ۲۰۲۱). در این مطالعه نمونه‌های ماهی در هر ایستگاه، یک بازه ۵۰۰ مترمربع از رودخانه انتخاب شد. مدت زمان الکتروشوک در هر ایستگاه ۳۵ دقیقه بود. میانگین عرض رودخانه بین ۵ تا ۱۲ متر و عمق بین ۰/۴ تا ۱/۱۰ متر متغیر بود. نمونه برداری در شرایط نسبتاً مشابه هیدرولوژیکی انجام شد. با استفاده از الکتروشوک با جریان مستقیم ۱/۷ آمپر و ۳۰۰-۴۰۰ ولت و همچنین تور ماهی‌گیری (پرتابی ماهی‌گیری نایلونی ۱۲ متری و چشمه ۳ سانتی متری) (لودویگ و رینولدز، ۱۹۸۸) صید شد. به‌طور کلی در این مطالعه تعداد ۷۵۵ عدد ماهی (متعلق به ۱۵ گونه) در کل ایستگاه‌ها در چهار فصل و طی سال‌های ۱۴۰۲ تا ۱۴۰۳ صید شد (لودویگ و رینولدز، ۱۹۸۸). نمونه‌ها در فرمالین ۱۰ درصد تثبیت گردید (بگنال، ۱۹۸۷).



شکل ۱. تصویر ایستگاه‌های نمونه‌برداری روی نقشه

شاخص شانون-وینر

همچنین تنوع گونه‌ای ماهیان در ایستگاه‌های مختلف با شاخص شانون-وینر محاسبه شد (لودویگ و رینولدز، ۱۹۸۸).

$$H' = -\sum_{i=1}^n P_i \times \log P_i \quad (\text{رابطه ۱})$$

به‌طوری‌که P_i فراوانی نسبی هر گونه در ایستگاه i و n تعداد گونه است. جایی‌که H شاخص شانون-وینر می‌باشد (پیلو، ۱۹۷۴).

برای محاسبه شاخص یکنواختی، از نمایه پیلو استفاده گردید:

$$J' = \frac{H'}{\ln(S)} \quad (\text{رابطه ۲})$$

که در آن، H' مقدار نمایه شانون و S تعداد گونه در نمونه موردنظر است (لودویگ و رینولدز، ۱۹۸۸).

شاخص یکنواختی تنوع

شاخص یکنواختی تنوع، نسبت تنوع واقعی یک جامعه به حداکثر تنوع ممکن آن است. این شاخص معمولاً با استفاده از شاخص‌هایی مانند شانون (Shannon) محاسبه می‌شود و عددی بین صفر و ۱ به‌دست می‌دهد. اگر همه گونه‌ها افراد برابری داشته باشند، یکنواختی کامل است و اگر نزدیک صفر باشد، بیش‌تر جمعیت متعلق به یک یا چند گونه است و تنوع کم می‌باشد (پیلو، ۱۹۷۴).

$$E = \frac{H}{\ln S} \quad (\text{رابطه ۳})$$

نمونه‌های تثبیت‌شده در داخل ظروف پلاستیکی به آزمایشگاه ماهی‌شناسی انتقال داده شدند، و در آنجا پارامترهای ریخت‌شناختی و مورفومتریک نظیر طول، وزن، جنسیت و سن ماهی‌ها اندازه‌گیری و با استفاده از کلیدهای شناسایی معتبر، گونه‌ها شناسایی شدند (برگ، ۱۹۴۹؛ نلسون، ۱۹۹۴؛ عبدلی، ۱۹۹۹). برای شناسایی دقیق گونه‌ها، از اطلس ماهیان آب‌های داخلی ایران استفاده شد (کیوانی و همکاران، ۲۰۱۶) و پارامترهای زیستی مانند دستگاه گوارش و سایر ویژگی‌های مربوطه نیز براساس روش مطالعه لودویگ و رینولدز (۱۹۸۸) موردبررسی قرار گرفت. نمونه‌برداری از ماهیان در فصول مختلف در ایستگاه‌های شماره ۱، ۲، ۳، ۴، ۵ انجام شد.

مطالعات شاخص‌های تنوع زیستی

غناي گونه‌ای (Taxa_S)

شاخص غناي گونه‌ای (Taxa Richness) بیانگر تعداد کل گونه‌های مشاهده‌شده در هر ایستگاه یا فصل است. مقادیر بالاتر این شاخص نشان‌دهنده حضور تعداد بیش‌تری از گونه‌ها بوده و بیانگر غناي گونه‌ای بیش‌تر جامعه ماهیان است.

$$S = \text{Number of species}$$

شاخص معکوس سیمپسون

1/D

رابطه ۶)

در این حالت، مقدار بالاتر به معنای تنوع بالاتر است و حداقل مقدار برابر ۱ (وقتی فقط یک گونه وجود دارد) است.

فیشر آلفا (Fisher_alpha)

به منظور محاسبه شاخص از فرمول زیر استفاده می‌شود (فیشر و همکاران، ۱۹۴۹).

$$S = \alpha \cdot \ln \left(1 + \frac{N}{\alpha} \right)$$

رابطه ۷)

که در آن، S تعداد گونه‌های شناخته شده در نمونه، N تعداد کل واحدهای نمونه (مانند تعداد کل افراد)، α همان فیشر آلفاست که باید برای هر نمونه محاسبه شود.

برگر-پارکر (Berger-Parker)

$$d = \frac{N_{max}}{N_{total}}$$

رابطه ۸)

که در آن، d شاخص برگر-پارکر (شاخص غلبه)، تعداد افراد مربوط به بیش‌ترین گونه در نمونه N_{max} و کل تعداد افراد تمامی گونه‌ها در نمونه N_{total} است.

در مطالعات زیست‌محیطی و به‌ویژه ماهی‌شناسی رودخانه‌ای، شاخص‌های آماری مختلفی برای بررسی ساختار جمعیتی و وضعیت اکولوژیکی جوامع ماهیان به کار می‌روند. این شاخص‌ها نه تنها غنای گونه‌ای، بلکه یکنواختی، سلطه‌گری و تنوع زیستی را از جنبه‌های مختلف بررسی می‌کنند. جدول (۱) اهداف و کاربردهای هر یک از این شاخص‌ها را توضیح می‌دهد (فیشر و همکاران، ۱۹۴۳؛ کریس، ۱۹۹۹).

که در آن، H شاخص شانون (Shannon Diversity Index)، S تعداد کل گونه‌ها و E شاخص یکنواختی پیلو (Pielou's Evenness) می‌باشد.

شاخص مارگالف

شاخص مارگالف فقط بر پایه تعداد گونه‌ها و تعداد کل نمونه‌ها بنا شده است و میزان تنوع یک جامعه را با توجه به تعداد گونه‌های مشاهده شده در مقایسه با کل جمعیت اندازه‌گیری می‌کند. این شاخص فراوانی نسبی گونه‌ها را در نظر نمی‌گیرد؛ فقط تعداد گونه‌ها نسبت به اندازه نمونه را بررسی می‌کند. مقدار شاخص مارگالف هیچ بازه ثابتی ندارد (برخلاف شانون یا سیمپسون) هرچه مقدار شاخص بالاتر باشد غنای گونه‌ای بیش‌تر است (مارگالف، ۱۹۵۸).

$$DMg = S - \frac{1}{\ln(N)}$$

رابطه ۴)

که در آن، DMg مقدار شاخص مارگالف، S تعداد گونه‌های شناسایی شده (species)، N تعداد کل افراد (total individuals) و $\ln(N)$ لگاریتم طبیعی پایه (e) می‌باشد.

شاخص سیمپسون

شاخص سیمپسون یکی از شاخص‌های مهم در اندازه‌گیری تنوع زیستی است که نه تنها تعداد گونه‌ها (richness)، بلکه فراوانی نسبی آن‌ها را نیز در نظر می‌گیرد (سیمپسون، ۱۹۴۹).
فرم اصلاح شده (شاخص تنوع سیمپسون)

$$D - 1$$

رابطه ۵)

مقدار آن هرچه بیش‌تر باشد، تنوع نیز بیش‌تر است.

جدول ۱. شاخص‌های زیستی مورد استفاده

شاخص	هدف از استفاده	کاربرد اکولوژیکی
غنای گونه‌ای (Taxa_S)	سنجش غنای گونه‌ای (Species Richness)	تعداد کل گونه‌ها را نشان می‌دهد؛ شاخص پایه تنوع.
سیمپسون (Simpson)	احتمال انتخاب تصادفی دو فرد متفاوت	نشان‌دهنده تنوع بالا و سلطه کمتر گونه‌ها در صورت مقدار بالا.
شانون (Shannon)	سنجش هم‌زمان غنا و یکنواختی	شاخص استاندارد تنوع؛ مقدار بالاتر یعنی تنوع بالاتر.
یکنواختی (Evenness)	بررسی تعادل در توزیع جمعیت گونه‌ها	تشخیص غالب بودن یا تعادل گونه‌ها در جامعه زیستی.
مارگالف (Margalef)	غنای گونه‌ای نسبی تعدیل شده با اندازه نمونه	مقایسه بهتر غنا در جوامع با اندازه‌های متفاوت.
فیشر آلفا (Fisher_alpha)	شاخص تنوع کم‌حساس به اندازه نمونه	مناسب برای جوامعی با گونه‌های کمیاب زیاد.
برگر-پارکر (Berger-Parker)	اندازه‌گیری سلطه گونه غالب	تشخیص گونه‌های مزاحم یا غالب؛ مقدار کم‌تر بهتر.

آنالیزهای آماری

برای پردازش داده‌ها و ترسیم نمودارها از نرم‌افزار Microsoft Excel 2016 استفاده شد. به منظور بررسی تفاوت الگوی فراوانی گونه‌های ماهیان بین فصول و ایستگاه‌های نمونه برداری، از آزمون کای-دو (Chi-square) و در مواردی که فراوانی مورد انتظار کمتر از ۵ بود، از آزمون دقیق فیشر (Fisher's Exact Test) استفاده گردید. شاخص‌های تنوع زیستی شامل شانن-وینر (Shannon-Wiener)، سیمپسون (Simpson)، مارگالف (Margalef)، فیشر آلفا (Fisher's Alpha)، برگر-پارکر (Berger-Parker) و یکنواختی (Evenness) براساس فراوانی نسبی گونه‌های ماهیان برای هر فصل و هر ایستگاه محاسبه شدند و به صورت توصیفی برای مقایسه وضعیت تنوع زیستی مورد استفاده قرار گرفتند. از آنجاکه نمونه برداری در هر فصل و هر ایستگاه تنها یک بار انجام شد، شاخص‌های تنوع زیستی برای هر فصل و ایستگاه به صورت مقادیر توصیفی گزارش شدند و استنباط‌های آماری بیش تر براساس داده‌های فراوانی گونه‌ها انجام گرفت. کلیه محاسبات آماری و ترسیم نمودارهای اکولوژیکی با استفاده از نرم‌افزار PAST (نسخه ۴,۱۷) انجام شد. سطح معنی داری آزمون‌ها ۰/۰۵ در نظر گرفته شد. تحلیل خوشه‌ای با استفاده از ضریب شباهت Bray-Curtis و روش UPGMA در نرم‌افزار PAST انجام شد.

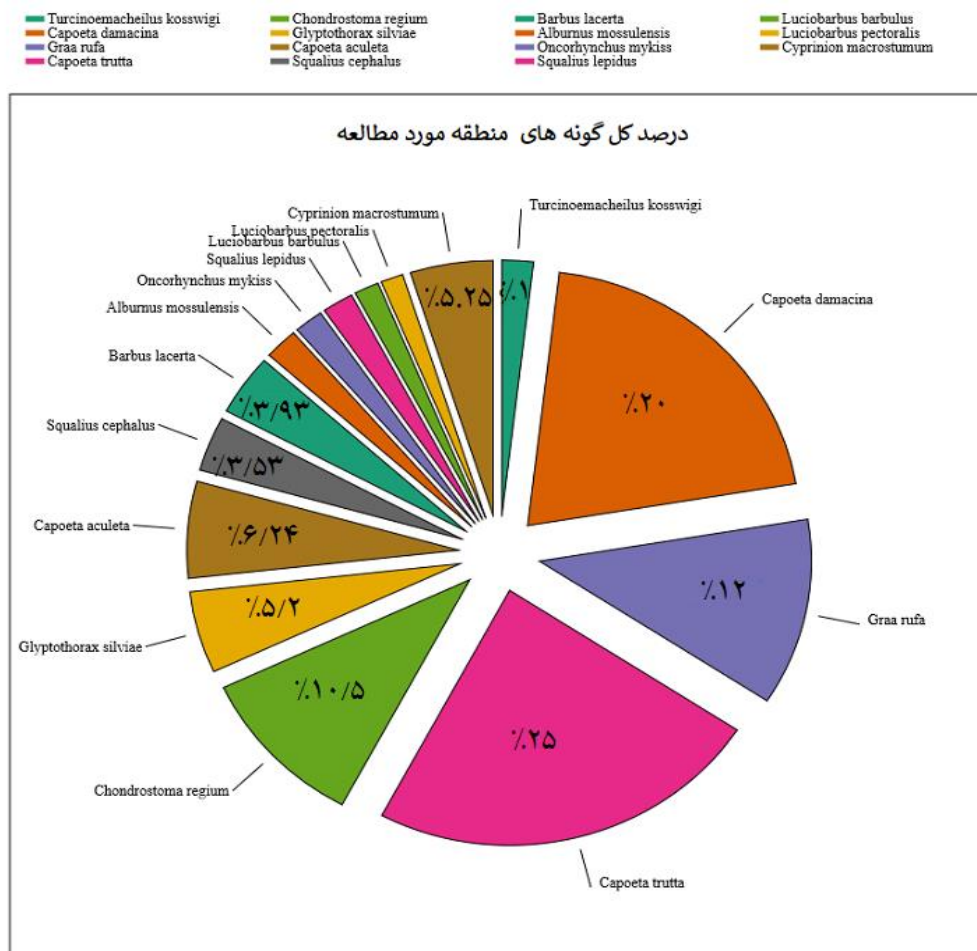
یافته‌های پژوهش

ماهیان شناسایی شده به خانواده کپور ماهیان (Cyprinidae) (نه گونه)، سر مخروطی‌ها (Nemacheilidae) (سه گونه)، سگ ماهیان جویباری (Nemachielidae) (یک گونه)، گربه ماهیان (Sisoridae) (یک گونه) و آزادماهیان (Salmonidae) (یک گونه) تعلق داشتند. گونه *Oncorhynchus mykiss* از خانواده Salmonidae تنها گونه غیربومی (Exotic) برای این منطقه محسوب می‌شود (جدول ۲).

از بین گونه‌های صیدشده ماهیان در کل دوره نمونه برداری بیش ترین درصد فراوانی مطلق بود به سیاه ماهی خالدار (*Capoeta trutta*) با ۲۴ درصد و در رتبه‌های بعدی سیاه ماهی معمولی (*Capoeta damascina*) با ۲۰ درصد و ماهی گل چراغ (*Garra rufa*) با ۱۲ درصد بوده است. لازم به ذکر است که کمتر درصد فراوانی گونه‌ای مطلق بود به سگ ماهی جویباری (*Turcinoemachelus kosswigi*)، ماهی سفید رودخانه‌ای (*Squalius cephalus*)، ماهی کاوار (*Squalius lepidus*)، شاه کولی (*Alburnus mossulensis*)، ماهی بوتک (*Cyprinion macrostomum*) و سس ماهیان (*L. pectoralis*) و *L. barbatus* با کمتر از ۲ درصد در بین ماهیان صیدشده است. همچنین گونه *Glyptothorax silviae* تقریباً در تمام ایستگاه‌ها دیده شده است که گونه بومی منطقه ایران است (نمودار ۱).

جدول ۲. لیست رده‌ها، راسته‌ها، خانواده‌ها، جنس و گونه‌های کل ماهیان شناسایی شده در حوضه آبریز رودخانه خرسان

نام فارسی	جنس و گونه	خانواده	راسته	رده
سیاه ماهی خالدار	<i>Capoeta trutta</i>	Cyprinidae کپور ماهیان	Cypriniformes	Actinopterygii
گل چراغ- سگ لیس	<i>Garra rufa</i>			
ماهی بزم (سس ماهیان)	<i>Luciobarbus pectoralis</i>			
ماهی بزم لب‌پهن (سس ماهیان)	<i>Luciobarbus barbatus</i>			
شاه کولی	<i>Alburnus mossulensis</i>			
ماهی بلیم (سس ماهیان)	<i>Barbus lacerta</i>			
ماهی بوتک دهان بزرگ	<i>cyprinion macrostomum</i>			
سیاه ماهی فلس ریز-معمولی	<i>Capoeta damascina</i>			
سیاه ماهی فلس درشت- درشت پولک	<i>Capoeta aculeta</i>			
نازک ماهی	<i>Chondrostoma regium</i>			
ماهی سفید رودخانه‌ای	<i>Squalius cephalus</i>	Leuciscidae (Heckel, 1843) قنات ماهیان		
ماهی کاوار- سفید رودخانه	<i>Squalius lepidus</i>			
سگ ماهی جویباری	<i>Turcinoemachelus kosswigi</i>			
قزل‌آلای رنگین کمان	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Salmonidae آزادماهیان	Salmoniformes	Actinopterygii
	<i>Glyptothorax silviae</i>	Sisoridae گربه ماهیان	Siluriformes	



نمودار ۱. درصد فراوانی نسبی گونه‌های ماهیان در کل ایستگاه‌های حوضه آبریز رودخانه خرسان

ایستگاه‌های ۱ و ۲ بوده است و بیش‌ترین گونه دیده‌شده در این دو ایستگاه سیاه‌ماهی فلس ریز و سیاه‌ماهی خالدار بوده است (نمودار ۲-ب).

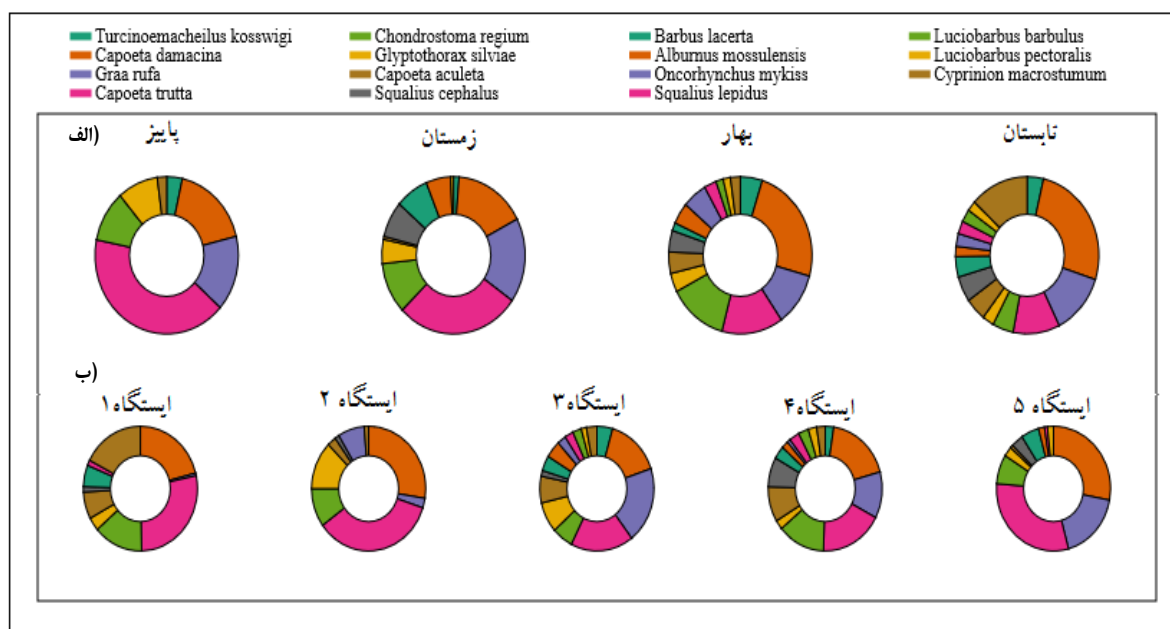
تجزیه و تحلیل شاخص‌های تنوع زیستی در ایستگاه‌های مختلف

در مطالعه حاضر، به منظور بررسی وضعیت تنوع زیستی ماهیان در پنج ایستگاه نمونه‌برداری، از مجموعه‌ای از شاخص‌های تنوع استفاده شد. این شاخص‌ها شامل شاخص‌های شانون، سیمپسون، مارگالف، برگر-پارکر، فیشر آلفا و شاخص‌های یکنواختی بودند. شاخص شانون (Shannon Index) که ترکیبی از غنای گونه‌ای و یکنواختی پراکنش است، بیش‌ترین مقدار خود را در ایستگاه‌های ۳ (۲/۴۱) و ۴ (۲/۳۹) شان داد. این موضوع حاکی از تنوع زیستی بالا و توزیع متعادل گونه‌ها در این

نتایج به‌دست‌آمده از بررسی فراوانی گونه‌های در چهار فصل نشان می‌دهد که در فصل تابستان و بهار گونه‌ها از فراوانی بیش‌تر (نتایج آزمون کای دو نشان داد توزیع فراوانی ماهیان بین فصول مختلف سال دارای تفاوت معنی‌دار است ($\chi^2=195/75$ ، $df=42$ ، $P<0/001$) و نسبت به دو فصل پاییز و زمستان این فراوانی گونه‌ها کم‌تر می‌باشد. به‌طور کلی گونه *C. damascina* در فصول گرم سال (تابستان و بهار) گونه *C. trutta* در فصول سردتر (پاییز و زمستان) به‌ترتیب دارای بیش‌ترین و کم‌ترین فراوانی می‌باشند (نمودار ۲ الف). همچنین نتایج آزمون کای دو نشان داد توزیع فراوانی گونه‌های ماهیان بین ایستگاه‌های نمونه‌برداری تفاوت معنی‌داری دارد ($\chi^2=220/61$ ، $df=56$ ، $P<0/001$). در بررسی فراوانی گونه‌های در بین ایستگاه‌های نمونه‌برداری نشان داد که ایستگاه‌های ۳ و ۴ بالاترین تنوع گونه‌ای دارد و بیش‌ترین تراکم گونه‌ای برای این دو ایستگاه گونه‌های *C. damascina*، *C. trutta* و *G. rufa* می‌باشد. در طرف مقابل کم‌ترین تنوع گونه‌ای برای

کم‌تر گونه‌ای در این مناطق می‌باشد. شاخص برگر-پارکر (Berger-Parker Index) میزان سلطه گونه غالب را اندازه‌گیری می‌کند که مقدار کم‌تر نشان‌دهنده تنوع بالاتر است. ایستگاه‌های ۳ (۰/۱۹۸) و ۴ (۰/۱۸۲۷) دارای کم‌ترین مقادیر بودند، درحالی‌که ایستگاه ۲ با مقدار ۰/۳۵ بیش‌ترین سلطه را نشان داد. شاخص فیشر آلفا (Fisher's Alpha) نیز در ایستگاه‌های ۳ (۳/۷۴۴) و ۴ (۳/۷۰۹) بیش‌ترین مقدار را داشت که باز هم نشان‌دهنده غنای بالایی گونه‌ای است. کم‌ترین مقدار در ایستگاه ۱ (۲/۴۴۸) مشاهده شد. شاخص یکنواختی (Evenness) که نشان‌دهنده توزیع متوازن جمعیت بین گونه‌های مختلف است در ۳ (۰/۷۴۴۶) و ۴ (۰/۷۲۷۳) بیش‌ترین مقدار و در مقابل، ایستگاه ۵ کم‌ترین مقدار یکنواختی (۰/۵۷۴۱) را نشان داد که نشان‌دهنده عدم تعادل در فراوانی گونه‌هاست (جدول ۳).

ایستگاه‌هاست. در مقابل، ایستگاه ۲ (۱/۷۵۱) دارای کم‌ترین مقدار بوده که نشان‌دهنده تنوع کم‌تر یا سلطه یک یا چند گونه خاص است. شاخص سیمپسون (Simpson Index) که احتمال انتخاب تصادفی دو فرد از گونه‌های متفاوت را اندازه‌گیری می‌کند، در ایستگاه‌های ۳ و ۴ نیز بیش‌ترین مقدار (به‌ترتیب ۰/۸۸۶۶ و ۰/۸۸۶۸) را داشت که نشان‌دهنده وضعیت مطلوب در این ایستگاه‌هاست. ایستگاه ۲ با مقدار ۰/۷۷۸۷ کم‌ترین تنوع را از این منظر داشت. شاخص مارگالف (Margalef Index) که نمایانگر غنای گونه‌ای (Species Richness) است، در ایستگاه ۳ (۲/۶۳۷) و ایستگاه ۴ (۲/۶۳۳) بیش‌ترین مقدار را نشان داد. این امر بیانگر تعداد بالایی گونه‌ها نسبت به جمعیت نمونه‌برداری شده است. مقادیر پایین‌تر در ایستگاه‌های ۱ (۱/۸۱۳) و ۲ (۱/۸۳۴) نشان‌دهنده غنای



نمودار ۲. الف) بررسی فراوانی بین فصول مختلف سال؛ ب) بررسی فراوانی بین ایستگاه‌های مختلف حوضه آبریز رودخانه خرسان

جدول ۳. بررسی شاخص‌های تنوع زیستی بین ایستگاه‌های مختلف در حوضه آبریز رودخانه خرسان

ایستگاه					شاخص
۵	۴	۳	۲	۱	
۱۱	۱۵	۱۵	۹	۱۰	غنای گونه‌ای (Taxa_S)
۰/۷۹۳	۰/۸۸۷	۰/۸۸۷	۰/۷۷۹	۰/۸۳۴	سیمپسون (Simpson)
۱/۸۴۳	۲/۳۹	۲/۴۱۳	۱/۷۵۱	۱/۹۱۴	شانون (Shannon)
۰/۵۷۴	۰/۷۲۷	۰/۷۴۵	۰/۶۴۰	۰/۶۷۸	یکنواختی (Evenness)
۲/۰۹۶	۲/۶۳۳	۲/۶۳۷	۱/۸۲۶	۱/۸۱۳	مارگالف (Margalef)
۲/۹۶۶	۳/۷۰۹	۳/۷۴۴	۲/۶۰۳	۲/۴۴۸	فیشر آلفا (Fisher_alpha)
۰/۳۰۵	۰/۱۸۳	۰/۱۹۸	۰/۳۵۰	۰/۲۸۰	برگر-پارکر (Berger-Parker)

تحلیل فصلی شاخص‌های تنوع زیستی ماهیان

به‌منظور بررسی تغییرات تنوع زیستی در طول سال، مقادیر شاخص‌های متداول تنوع برای چهار فصل پاییز، زمستان، بهار و تابستان مورد ارزیابی قرار گرفت. شاخص‌هایی از جمله تعداد گونه‌ها، شانون، سیمپسون، یکنواختی، فیشر آلفا و مارگالف تحلیل شدند تا دید جامع‌تری از وضعیت اکولوژیکی در هر فصل ارائه شود (جدول ۴). تعداد گونه‌ها (Taxa_S) مشاهده‌شده از هفت گونه در پاییز به ۱۱ گونه در زمستان و سپس به ۱۵ گونه در بهار و تابستان افزایش یافته است. این روند افزایشی نشان‌دهنده بهبود شرایط زیستی و حضور فعال‌تر گونه‌های مختلف در فصل‌های گرم‌تر سال است. شاخص شانون (Shannon-Wiener Index) از ۱/۶۳۶ در پاییز به ۲/۴۰۳ در بهار افزایش یافته است که نشان‌دهنده ترکیب متعادل‌تر جمعیت گونه‌ها در این فصل می‌باشد. تابستان نیز مقدار مشابهی دارد که نمایانگر پایداری اکولوژیکی نسبی است. شاخص سیمپسون (Simpson's Index) از ۰/۷۵۶۵ در پاییز به ۰/۸۲۰ در بهار رسیده است. این افزایش بیانگر کاهش سلطه گونه‌های خاص و افزایش تنوع است. مقدار شاخص یکنواختی (Evenness) در پاییز ۰/۷۳۳۸ بوده که نشان از توزیع متعادل جمعیت دارد. در زمستان کاهش یافته (۰/۶۹۸۱) و سپس در بهار به ۰/۷۳۷۱ رسیده است که نمایانگر تعادل بیش‌تر گونه‌ها در این فصل است. شاخص فیشر آلفا (Fisher's Alpha Index) نیز از مقدار ۲/۴۰۳ در پاییز به ۴/۷۳۷ در بهار افزایش یافته که بیانگر تنوع گونه‌ای بالا در این فصل است. تابستان با مقدار ۴/۶۳۳ نیز نشان از غنای بالا دارد. شاخص مارگالف (Margalef Index) از ۱/۴۴۲ در پاییز به ۲/۶۶۰ در بهار و ۲/۶۰۷ در تابستان رسیده است. این روند افزایشی، نشان‌دهنده افزایش غنای گونه‌ای در فصل‌های گرم‌تر و کاهش آن در پاییز است. پاییز دارای کم‌ترین مقدار بوده که می‌تواند ناشی از شرایط محیطی کم‌تر مطلوب باشد.

شاخص تنوع زیستی شانون برای فصل‌های مختلف نمودار (۳-الف) و ایستگاه‌های نمونه‌برداری نمودار (۳-ب) رسم شده است. در نمودار (۳-الف)، محور افقی نشان‌دهنده فراوانی گونه‌ای هر فصل و محور عمودی نمایانگر مقدار شاخص شانون است. شاخه‌ها نشان می‌دهند که تنوع زیستی ماهیان در طول فصل‌ها متغیر است. مقدار بیش‌تر شاخص شانون بیانگر تنوع بالاتر و ساختار اکولوژیکی پیچیده‌تر در آن فصل است. تفاوت مشاهده‌شده بین فصول می‌تواند ناشی از عوامل مختلف اکولوژیکی آبریان باشد. در نمودار (۳-الف) بالاترین

مقدار شاخص در فصل بهار و تابستان است و کم‌ترین مقدار به فصل پاییز تعلق دارد. در این نمودار (۳-ب)، محور افقی شامل فراوانی گونه‌ای ایستگاه‌های نمونه‌برداری شده و محور عمودی مقدار شاخص شانون است. تفاوت بین شاخه‌ها بیانگر تفاوت در شرایط اکولوژیکی بین ایستگاه‌هاست. ایستگاه‌هایی با شاخص بالاتر احتمالاً زیستگاه‌هایی متعادل‌تر با تنوع بیش‌تر گونه‌ای دارند (ایستگاه‌های ۳ و ۴)، درحالی‌که ایستگاه‌های با شاخص پایین‌تر ممکن است تحت تأثیر فشارهای انسانی یا شرایط محیطی خاص قرار داشته باشند (ایستگاه‌های ۲ و ۵ به‌ترتیب کم‌ترین مقدار شاخص را دارند).

شاخص معکوس سیمپسون به‌گونه‌ای طراحی شده است که با افزایش تنوع، مقدار آن افزایش می‌یابد. این رابطه مستقیم باعث می‌شود که نتایج به‌سادگی قابل‌درک و مقایسه باشند. شاخص معکوس سیمپسون می‌تواند به‌عنوان تخمینی از تعداد مؤثر گونه‌ها تعبیر شود. شاخص معکوس سیمپسون بیان می‌کند که تنوع موجود در یک جامعه معادل چند گونه با فراوانی یکنواخت است. هرچه مقدار $D/1$ بیش‌تر باشد تنوع گونه‌ای بیش‌تر است. سلطه یک گونه بر سایر گونه‌ها کم‌تر است (نمودار ۴).

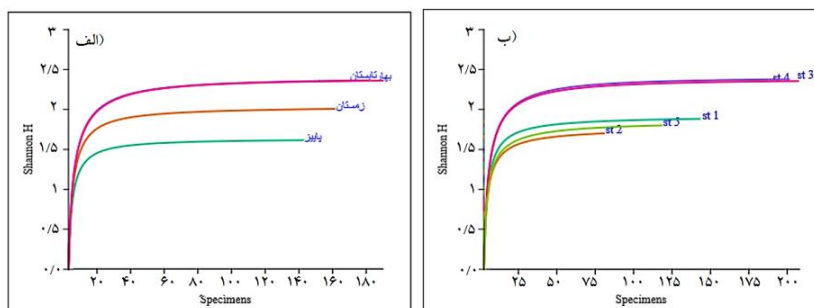
همچنین توزیع گونه‌ها متوازن‌تر است. اگر یک یا چند گونه غالب باشند (یعنی تعدادشان خیلی بیش‌تر باشد)، این شاخص کاهش می‌یابد. در نمودار (۴-الف) فصل بهار بالاترین مقدار شاخص را دارد و پاییز پایین‌ترین مقدار را به خود اختصاص داده است. اما به‌طور کلی فصل‌های بهار و تابستان فاصله با سایر فصول پیدا کرده است. در نمودار (۴-ب) دو ایستگاه ۳ و ۴ بیش‌ترین مقدار شاخص را از خود نشان داده‌اند و با فاصله زیادی در این ایستگاه‌ها توزیع گونه‌ها متوازن‌تر نسبت به سایر ایستگاه‌ها می‌باشد.

در این مطالعه، با استفاده از تحلیل گرافیکی، تنوع گونه‌ای ماهیان در دو بعد زمانی فصل‌ها و مکانی (ایستگاه‌های نمونه‌برداری) موردبررسی قرار گرفت (نمودار ۵). نمودار (۵-الف)، تنوع گونه‌ای ماهیان را بین فصل‌های مختلف (بهار، تابستان، پاییز، زمستان) نمایش می‌دهد. نقاط پراکنده در فضا نشان‌دهنده ترکیب گونه‌ای در هر فصل می‌باشند. سه شاخه متمایز قابل تشخیص هستند که می‌توانند به‌ترتیب نشان‌دهنده سه فصل سال باشند و هم‌پوشانی شدید بین فصل بهار و تابستان از لحاظ گونه‌ای است. نزدیکی یا فاصله بین شاخه‌ها، میزان شباهت یا تفاوت ترکیب گونه‌ای را مشخص می‌کند. نمودار (۵-ب)، پراکنش تنوع گونه‌ای در بین ایستگاه‌های مختلف نمونه‌برداری را نمایش می‌دهد. برخی از نقاط در

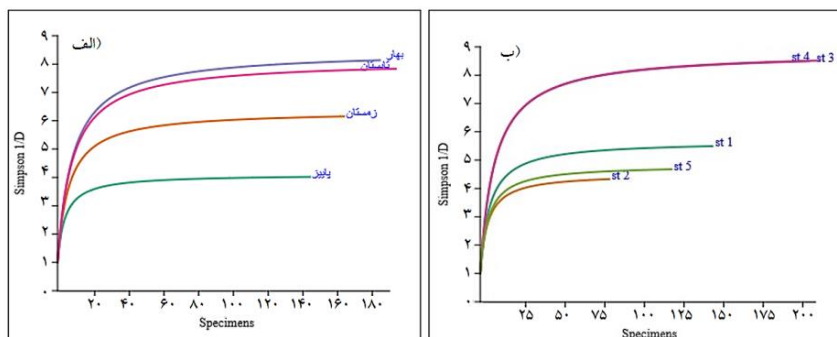
گروه‌هایی به هم نزدیک شده‌اند که نشان‌دهنده تشابه ترکیب گونه ای بین آن ایستگاه‌هاست. در ایستگاه‌های ۳ و ۴ تشابه به‌صورت کامل قابل رؤیت است. در مقابل، نشان‌دهنده ایستگاه‌هایی با تنوع زیستی منحصر به فرد است.

جدول ۴. بررسی شاخص‌های تنوع زیستی بین فصل‌های مختلف در حوضه آبریز رودخانه خراسان

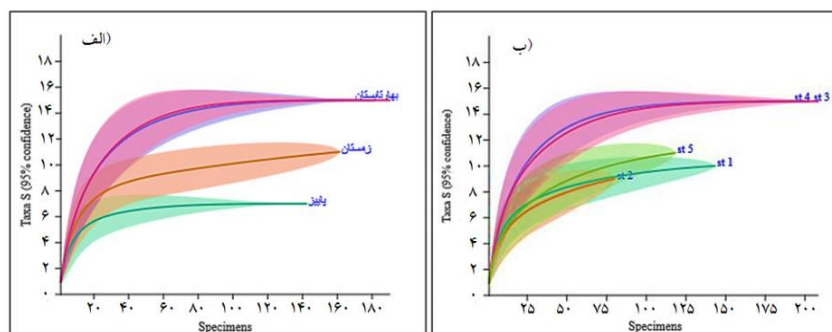
شاخص	فصل			
	تابستان	بهار	زمستان	پاییز
غناي گونه‌ای (Taxa_S)	۱۵	۱۵	۱۱	۷
سیمپسون (Simpson)	۰/۸۷۷	۰/۸۸۲	۰/۸۴۲۷	۰/۷۵۶۵
شانون (Shannon)	۲/۳۹۸	۲/۴۰۳	۲/۰۳۸	۱/۶۳۶
یکنواختی (Evenness)	۰/۷۳۳۲	۰/۷۳۷۱	۰/۶۹۸۱	۰/۷۳۳۸
مارگالف (Margalef)	۲/۶۶۸	۲/۶۹۳	۱/۹۶۸	۱/۲۱۱
فیشر آلفا (Fisher_alpha)	۳/۸۲	۳/۸۸۳	۲/۶۷۳	۱/۵۴۵
برگر-پارکر (Berger-Parker)	۰/۲۶۳۲	۰/۲۴۳۱	۰/۲۷۹۵	۰/۴۱۵۵



نمودار ۳. مقایسه شاخص تنوع زیستی شانون (Shannon). الف) بین فصول مختلف سال و ب) بین ایستگاه‌های مختلف

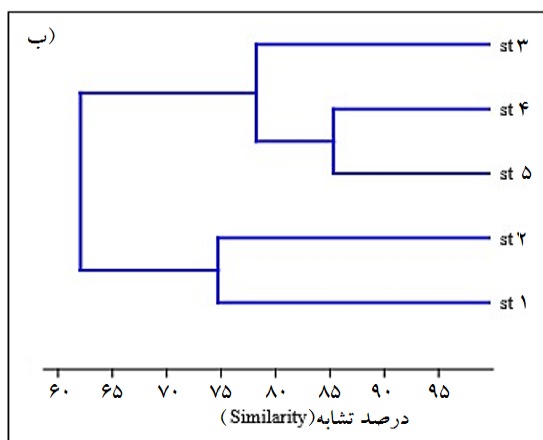
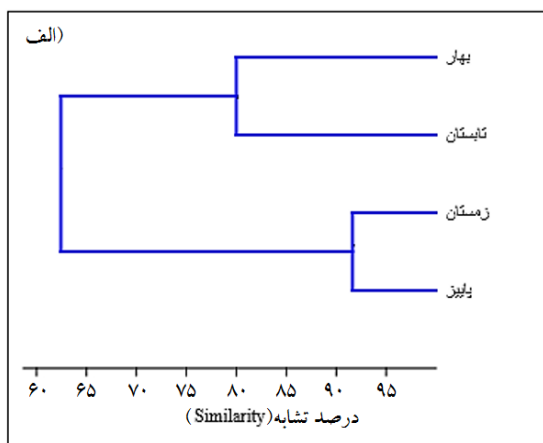


نمودار ۴. مقایسه شاخص معکوس سیمپسون (Simpson). الف) بین فصول مختلف سال و ب) بین ایستگاه‌های مختلف



نمودار ۵. مقایسه شاخص غنای گونه‌ای (Taxa). الف) بین فصول مختلف سال و ب) بین ایستگاه‌های مختلف

ساختار جامعه ماهیان است که احتمالاً ناشی از تفاوت‌های زیستگاهی و هیدرومورفولوژیک است، همچنین دارای ساختار گونه‌ای متمایز نسبت به سایر ایستگاه‌ها بود و نیاز بررسی دقیق‌تر ویژگی‌های زیستگاهی آن پیشنهاد می‌شود (نمودار ۶-ب).



نمودار ۶. آنالیز خوشه‌ای جهت تعیین حدفاصل.

(الف) بین فصول مختلف سال و (ب) بین ایستگاه‌های مختلف

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

رودخانه خرسان که از دو رود ماربره و بشار تشکیل می‌شود به دلیل تنوع زیستگاهی و شرایط هیدرومورفولوژیکی مناسب، زیستگاه مطلوبی برای گونه‌های مختلف ماهیان محسوب می‌شود. این رودخانه‌ها تحت تأثیر عواملی چون برداشت بی‌رویه آب، آلودگی، تخریب زیستگاه و احداث سازه‌های هیدرولیکی، با چالش‌های قابل‌توجهی در حفظ تنوع زیستی مواجه هستند (مظلومی و همکاران، ۲۰۲۲). بررسی‌های انجام‌شده در این منطقه نشان داده‌اند که رودخانه بشار از تنوع زیستی بیش‌تری برخوردار است؛ موضوعی که می‌تواند به

تحلیل خوشه‌ای بین فصول و ایستگاه‌ها از نظر

ساختار جمعیتی و ترکیب گونه‌های ماهیان

در آنالیز خوشه‌ای ارائه‌شده، نمایی بصری از فاصله بین فصول از نظر ساختار جمعیتی و ترکیب گونه‌های ماهیان است (نمودار ۶-الف). چنین نمودارهایی معمولاً بر پایه تحلیل‌های چند بُعدی یا تحلیل خوشه‌ای (Analysis) Cluster ترسیم می‌شوند تا شباهت یا تفاوت ساختار زیستی جوامع در شرایط مختلف را نمایش دهند. در این نمودار، موقعیت هر فصل در فضا بیانگر ویژگی‌های خاص آن فصل از نظر ترکیب گونه‌ای، فراوانی و شاخص‌های تنوع زیستی است. فصل‌هایی که در نزدیکی یکدیگر قرار دارند، دارای ساختار اکولوژیکی مشابه‌تری هستند، درحالی‌که فاصله بیش‌تر بین فصول نشان‌دهنده تفاوت‌های آشکار در جامعه زیستی آن‌هاست.

نزدیکی بهار و تابستان

حضور فصول بهار و تابستان در یک ناحیه از نمودار نشان‌دهنده آن است که جامعه ماهیان در این دو فصل از نظر تعداد گونه‌ها، تنوع، و یکنواختی بسیار مشابه‌اند. این وضعیت احتمالاً به دلیل شرایط مطلوب اکولوژیکی، دمای مناسب، دسترسی به منابع غذایی و دوره تولیدمثل بسیاری از گونه‌هاست.

فاصله زمستان و پاییز از سایر فصول

جایگاه جداگانه فصل پاییز در نمودار نمایانگر تفاوت بارز در ساختار جمعیت ماهیان است. این فصل کم‌ترین مقدار تنوع زیستی را در مقایسه با سایر فصول داشته و احتمالاً گونه‌های خاصی بر جامعه غالب بوده‌اند یا برخی گونه‌ها در این فصل حضور نداشته‌اند.

همچنین در آنالیز خوشه اول ایستگاه‌های ۱ و ۲ در یک خوشه مشترک قرار دارند، که بیانگر شباهت بسیار بالای این دو ایستگاه از نظر ساختار گونه‌ای، فراوانی نسبی و احتمالاً شاخص‌های تنوع مانند شانون و غناست. این شباهت احتمالاً ناشی از شباهت شرایط زیستگاهی است. در خوشه دوم ایستگاه‌های ۴ و ۵ در خوشه‌ای جداگانه و مشترک قرار گرفته‌اند. این ایستگاه‌ها نیز از نظر ترکیب گونه‌ای به هم نزدیک هستند، اما با ایستگاه‌های ۱ و ۲ تفاوت بیش‌تری دارند. اختلاف می‌تواند ناشی از عوامل محیطی خاص یا تفاوت در ترکیب گونه‌های غالب باشد. جدایی ایستگاه ۳ در تحلیل خوشه‌ای نشان‌دهنده تفاوت در

شرایط بستر سنگی-ریگ‌دار، پوشش گیاهی مطلوب و هیدرولوژی پایدارتر نسبت داده شود (خلیلی و همکاران، ۲۰۲۰). نتایج مطالعه حاضر در حوضه آبریز رودخانه خرسان نشان داد که تنوع گونه‌ای ماهیان در این منطقه وضعیت نسبتاً مطلوبی دارد. ایستگاه‌های ۳ و ۴ با بالاترین مقادیر شاخص‌های شانون، سیمپسون، مارگالف و فیشر آلفا به‌عنوان مناطق با بیش‌ترین تنوع زیستی شناسایی شدند. این یافته‌ها با نتایج گلچین و همکاران (۲۰۱۹) در رودخانه بشار که تنوع بالای خانواده Cyprinidae را گزارش کردند، مطابقت داشت. تحلیل شاخص‌های اکولوژیکی نشان داد که شاخص شانون، با در نظر گرفتن هم‌زمان غنای گونه‌ای و یکنواختی پراکنش، در ایستگاه‌های مرکزی (ایستگاه ۳ و ۴) نشان‌دهنده مقدار بالاتری دارد. شاخص سیمپسون نیز در همین ایستگاه‌ها نشان‌دهنده احتمال بالای انتخاب تصادفی دو گونه متفاوت بود که نشان از ساختار متعادل جامعه زیستی دارد (یونپ، ۲۰۲۰). با توجه به بهبود تنوع و غنای گونه‌ای در بهار و تابستان نتایج این مطالعه با نتایج مطالعه احمدی و عزیزی (۲۰۱۷) در رودخانه ماربره و نیز نتایج مطالعه رهنما و همکاران (۲۰۲۵) در رودخانه سیروان مطابقت داشت، که بیان شد در فصل بهار و تابستان شرایط اکولوژیکی بهینه منجر به افزایش فعالیت و تنوع زیستی ماهیان می‌شود. مطالعه حاضر نیز این الگو را تأیید می‌کند، احتمالاً به دلیل شرایط مطلوب اکولوژیکی در این فصول در افزایش تنوع مشاهده‌شده نقش داشته است. نکته قابل توجه در این مطالعه، اگرچه ایستگاه ۳ از نظر شاخص‌های تنوع مشابه ایستگاه ۴ بود، اما ترکیب گونه‌ای آن تفاوت‌هایی داشت که موجب جدایی آن در تحلیل خوشه‌ای شد. این تفاوت در ساختار

منابع

- Bagenal, T. (Ed.). (1978). *Methods for assessment of fish production in fresh waters* (3rd ed.). Blackwell Scientific Publications.
- Berg, L. S. (1949). *Freshwater fishes of the U.S.S.R. and adjacent countries*. Academy of Sciences of the USSR.
- Clarke, K. R., & Warwick, R. M. (1994). *Change in marine communities: An approach to statistical analysis and interpretation* (2nd ed.). Plymouth Marine Laboratory.
- Fisher, R. A., Corbet, A. S., & Williams, C. B. (1943). The relation between the number of species and the number of individuals in a random sample of an animal population. *Journal of Animal Ecology*, 12(1), 42–58. <https://doi.org/10.2307/1411>
- Gholizadeh, M., & Hajili Davaji, M. (2021). A comparative analysis of biotic indices using macroinvertebrates to assess water quality in Mobarakabad River, Golestan Province. *Journal of Fisheries*, 74(4), 525–541.
- Golchin Manshadi, A., Kiamarsi, E., & Torahmi, M. (2019). Identification and study of the abundance of fish in the Bashar River of Kohkiluyeh and Boyer-Ahmad Province. *Quarterly Journal of Experimental Animal Biology*, 8(1), 67–75. <https://doi.org/10.30473/eab.2019.5982>
- Houshmandzadeh, A., & Moazed, E. (2012). Investigation of the water quality suitability of the Marbareh-e-Durood River for agriculture in the Masoudabad and Silakhor-e-Durood plains. In *First National Conference on Sustainable Agricultural Development and a Healthy Environment*. Civilica. <https://civilica.com/doc/191042>

تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

جامعه ماهیان است که احتمالاً ناشی از تفاوت‌های زیستگاهی و هیدرومورفولوژیک می‌باشد. این پدیده در مطالعات هوشمندزاده و معاضد (۲۰۱۲) در رودخانه ماربره مشاهده شد که کاهش دبی و رسوب‌گذاری باعث تنوع پایین‌تر در بخش‌های خاصی شده بود. از دیدگاه مدیریتی، شاخص‌های تنوع زیستی ابزاری مؤثر برای ارزیابی سلامت اکوسیستم و شناسایی نقاط بحرانی هستند. برای مثال، شاخص برگر-پارکر که سلطه‌گری یک گونه را نشان می‌دهد، شاخص برگر-پارکر در ایستگاه ۲ مقدار بالاتری داشت که نشان‌دهنده سلطه بیش‌تر یک یا چند گونه در این ایستگاه است. به طوریکه ایستگاه ۵ از نظر برخی شاخص‌های تنوع و یکنواختی وضعیت ضعیف‌تری نسبت به ایستگاه‌های مرکزی نشان داد. استفاده از شاخص‌های تنوع در پایش‌های طولانی‌مدت، طراحی برنامه‌های حفاظتی و مدیریت پایدار منابع آبی حائز اهمیت فراوان است.

یافته‌های این پژوهش نشان داد که رودخانه خرسان از تنوع گونه‌ای قابل‌توجهی برخوردار است، اما این تنوع ممکن است تحت تأثیر عوامل انسانی و طبیعی قرار گیرد. تحلیل شاخص‌های زیستی می‌تواند به عنوان ابزار مدیریتی برای شناسایی مناطق حساس و طراحی برنامه‌های حفاظتی به‌کار رود. پیشنهاد می‌شود نظارت مستمر، محدودسازی فعالیت‌های مخرب، بازسازی زیستگاه‌ها و مشارکت جوامع محلی در حفاظت از رودخانه‌ها در دستور کار مسئولان محیط زیست و منابع طبیعی قرار گیرد.

- 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. <https://doi.org/10.1007/s10064-006-0079-5>
- Keivany, Y., Nasri, M., Abbasi, K., & Abdoli, A. (2016). *Atlas of inland water fishes of Iran*. Department of Environment.
- Khalili, R., Parvinnia, M., & Motaghi, H. (2020). Evaluation of Bashar River water quality using CCME water quality index. *Journal of Environmental Science Studies*, 5(3), 2807–2814.
- Khoshnavand, A., Behrouzi-Rad, B., & Morshedi, J. (2024). Comparison of fish biodiversity of Kashkan and Seymareh Rivers in Poldokhtar city with Shannon-Wiener, Hill, Pielou, and Margalef methods. *Ornamental Aquatics Scientific-Promotional Journal*, 11(2), 31–44.
- Ludwig, J. A., & Reynolds, J. F. (1988). *Statistical ecology: A primer in methods and computing*. John Wiley & Sons.
- 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. <http://ijae.iut.ac.ir/article-1-1139-fa.html>
- Mostafizadeh, R., Azizi Mobaser, J., & Mirzaei, S. H. (2025). Comparison of temporal changes in flow regime components in two natural rivers and those affected by dam construction in Ardabil Province. *Hydrogeomorphology*, 12(42), 137–155.
- Rahnema, B., Hajiradkouchak, E., Fazli, H., Alishah, N., Shakoory, 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), 1–13. <https://doi.org/10.22034/jair.13.3.1>
- Shannon, C. E., & Weaver, W. (1949). *The mathematical theory of communication*. University of Illinois Press.
- Tavanpour, N., Aflatooni, M., & Nazari, N. (2017). Determination of sub-basins flow contribution to total flood in Khersan River Basin. *Journal of Hydrology and Soil Science*, 20(4), 77–88.
- United Nations Environment Programme. (2020). *Global biodiversity outlook 5*. Convention on Biological Diversity.