

(OPEN ACCESS)

Assessment of Biodiversity Pattern in Freshwater Fish Communities of the Urmia Lake Basin: A Bioclimatic Perspective

Hamed Shabanloo¹, Hadi Poorbagher^{*2}, Soheil Eagderi³

1. Ph.D. Graduate of Fisheries Science and Engineering, Dept. of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Tehran, Iran. E-mail: shabanloo.hamed@ut.ac.ir
2. Corresponding Author, Professor, Dept. of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Tehran, Iran. E-mail: poorbagher@ut.ac.ir
3. Associate Prof., Dept. of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Tehran, Iran. E-mail: soheil.eagderi@ut.ac.ir

Article Info	ABSTRACT
Article type: Full Length Research Paper	Background and Objectives: Freshwater ecosystems play an important role in ecological regulation and the conservation of Earth's biodiversity. In recent years, biodiversity has gained attention as a key indicator for assessing the health of ecosystems and environmental sustainability. Freshwater fishes, after amphibians, are the most threatened group of vertebrates. Freshwater fish communities are influenced by various bioclimatic parameters. In the Urmia Lake Basin, which is under pressure due to climate change and human activities, studying biodiversity patterns in freshwater fish communities is particularly important. This study aims to analyze the biodiversity patterns of fish in this region and examine the impacts of bioclimatic parameters on them. The results of this research can contribute to a better understanding of the status of aquatic ecosystems and the sustainable management of water resources. In recent years, biodiversity has been recognized as a key indicator for assessing ecosystem health and environmental sustainability. The objective of this paper was to use double principal coordinate analysis to investigate the relationship between the biodiversity of freshwater fish communities in the Urmia Lake watershed and bioclimatic parameters. Functional traits of the species were also included in this analysis.
Article history: Received: 07.12.2024 Revised: 07.27.2024 Accepted: 08.03.2024	
Keywords: Bioclimatic parameters, Canonical correspondence analysis, Fish assemblages, Freshwater fishes, Urmia lake basin	
	Materials and Methods: For this study, fish presence data, including genus, species, and geographic coordinates, were recorded in the rivers of the Urmia Lake basin, and duplicate data regarding latitude, longitude, and species were removed. Bioclimatic variables were procured from the bioclim website. The bioclimatic variables with high Pearson correlation were eliminated. The functional traits of fish present in the Urmia Lake basin were extracted from scientific sources, including habitat preferences, feeding habits, reproductive strategies, migratory patterns, tolerance to environmental conditions, and life history traits. Data related to bioclimatic parameters were ranked into five groups to better examine and visualize changes in fish traits along the gradient of each bioclimatic variable. The question of whether species distribution is independent of their functional traits was tested.

Results: Community ranking through double principal coordinates analysis at each level of bioclimatic parameters showed significant overlap among fish communities. In other words, ranking at one level of bioclimatic parameters yielded results similar to those observed at other ranks of bioclimatic parameters. The results of the present study indicated that fish species are distributed similarly along the gradients of bioclimatic parameters, and their distribution was also independent of their functional traits.

Conclusion: Bioclimatic parameters have an insignificant role in the distribution of fish in the Urmia Lake basin, and the terrestrial parameters present in the Urmia watershed may be responsible for the distribution of fish in this area.

Cite this article: Shabanloo, Hamed, Poorbagher, Hadi, Eagderi, Soheil. 2025. Assessment of Biodiversity Pattern in Freshwater Fish Communities of the Urmia Lake Basin: A Bioclimatic Perspective. *Journal of Utilization and Cultivation of Aquatics*, 14 (3), 73-89.



© The Author(s).

Doi: 10.22069/japu.2024.22619.1888

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

آنالیز الگوی تنوع زیستی ماهیان آب شیرین حوضه دریاچه ارومیه در ارتباط با پارامترهای زیست‌اقلیمی

حامد شعبانلو^۱، هادی پورباقر^{۲*}، سهیل ایگدري^۳

۱. دانش‌آموخته دکتری علوم و مهندسی شیلات، گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: shabanloo.hamed@ut.ac.ir
۲. نویسنده مسئول، استاد گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: poorbagher@ut.ac.ir
۳. دانشیار گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: soheil.eagderi@ut.ac.ir

چکیده	اطلاعات مقاله
سابقه و هدف: اکوسیستم‌های آب شیرین نقش مهمی در تنظیم اکولوژیکی و حفاظت از تنوع زیستی کره زمین ایفا می‌کنند. در سال‌های اخیر، تنوع زیستی به‌عنوان یکی از شاخص‌های کلیدی برای ارزیابی سلامت اکوسیستم‌ها و پایداری محیط زیست مورد توجه قرار گرفته است. ماهیان آب شیرین پس از دوزیستان، در معرض خطرترین گروه مهره‌داران هستند. جوامع ماهیان آب شیرین تحت تأثیر پارامترهای زیست‌اقلیمی متنوعی قرار می‌گیرند. در حوضه دریاچه ارومیه، که به دلیل تغییرات اقلیمی و فعالیت‌های انسانی تحت فشار قرار دارد، بررسی الگوهای تنوع زیستی در جوامع ماهیان آب شیرین اهمیت ویژه‌ای دارد. این مطالعه با هدف تحلیل الگوهای تنوع زیستی ماهیان در این منطقه و بررسی تأثیرات پارامترهای زیست‌اقلیمی بر آن‌ها انجام می‌شود. نتایج این پژوهش می‌تواند به درک بهتر از وضعیت اکوسیستم‌های آبی و مدیریت پایدار منابع آب کمک کند. در سال‌های اخیر، تنوع زیستی به‌عنوان یکی از شاخص‌های کلیدی برای ارزیابی سلامت اکوسیستم‌ها و پایداری محیط زیست مورد توجه قرار گرفته است. هدف مقاله حاضر استفاده از آنالیز مختصات اصلی دوگانه به‌منظور بررسی ارتباط بین تنوع زیستی جوامع ماهیان آب شیرین در حوضه آبریز دریاچه ارومیه و پارامترهای زیست‌اقلیمی بود. در این آنالیز صفات کارکردی گونه‌ها نیز گنجانیده شد.	نوع مقاله: مقاله کامل علمی-پژوهشی تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۴/۲۲ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۳/۰۵/۰۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۵/۱۳ واژه‌های کلیدی: آنالیز مختصات اصلی دوگانه، پارامترهای زیست‌اقلیمی، جوامع ماهیان، حوضه ارومیه، ماهیان آب شیرین
مواد و روش‌ها: برای انجام این مطالعه در رودخانه‌های حوضه ارومیه داده‌های حضور ماهی شامل جنس، گونه و مختصات جغرافیایی ثبت و داده‌های تکراری از نظر طول و عرض جغرافیایی و گونه حذف گردید. متغیرهای زیست‌اقلیمی از وب‌سایت bioclim دریافت شدند.	

متغیرهای زیست‌اقليمی که دارای همبستگی پیرسون بالا حذف شدند. صفات کارکردی ماهیان موجود در حوضه دریاچه ارومیه از منابع علمی استخراج شد، از جمله ارجحیت زیستگاهی، عادات غذایی، استراتژی تولیدمثلی، الگوی مهاجرتی، تحمل به شرایط محیطی و صفات تاریخ حیات. داده‌های مربوط به پارامترهای زیست‌اقليمی به ۵ گروه رتبه‌بندی گردیدند تا تغییرات صفات ماهی در گرادیان هر یک از متغیرهای زیست‌اقليمی بهتر قابل بررسی و ترسیم در نمودارها باشد. این موضوع که آیا پراکنش گونه‌ها مستقل از صفات کارکردیشان است آزمون گردید.

یافته‌ها: رج‌بندی جوامع با آنالیز مختصات اصلی در هر یک از سطوح پارامترهای زیست‌اقليمی نشان داد که همپوشانی زیادی برای جوامع ماهی وجود دارد. به عبارتی رج‌بندی در یک سطح رتبه‌بندی شده از پارامترهای زیست‌اقليمی به نتایج مشابه آن‌چه رسید که در سایر رتبه‌های پارامترهای زیست‌اقليمی مشاهده شد. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که گونه‌های ماهی تقریباً به‌صورت مشابهی در گرادیان‌های پارامترهای زیست‌اقليمی توزیع شده‌اند و هم‌چنین توزیع آن‌ها مستقل از صفات کارکردی‌شان بود.

نتیجه‌گیری: پارامترهای زیست‌اقليمی سهم اندکی در پراکنش ماهیان حوضه دریاچه ارومیه دارند و پارامترهای زمینی موجود در حوضه آبخیز ارومیه مسئول توزیع ماهیان در این ناحیه باشند.

استناد: شعبانلو، حامد، پورباقر، هادی، ایگدری، سهیل (۱۴۰۴). آنالیز الگوی تنوع زیستی ماهیان آب شیرین حوضه دریاچه ارومیه در ارتباط با پارامترهای زیست‌اقليمی. *نشریه بهره‌برداری و پرورش آبزیان*، ۱۴ (۳)، ۷۳-۸۹.

Doi: 10.22069/japu.2024.22619.1888



© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مقدمه

اکوسیستم‌های آب شیرین نقش مهمی در تنظیم اکولوژیکی و حفاظت از تنوع زیستی کره زمین ایفا می‌کنند. این اکوسیستم‌ها زیستگاه حدود ۱۰ درصد از تمام گونه‌های شناخته شده و ۴۰ درصد از گونه‌های ماهی در سطح جهان هستند در حالی که کم‌تر از ۱ درصد از سطح سیاره زمین را پوشش می‌دهند (۱). اکوسیستم‌های آب شیرین هم‌چنین به میلیارد‌ها نفر از جمله جوامع فقیر و آسیب‌پذیر خدمات ارائه می‌دهند (۲). بنابراین، این اکوسیستم‌ها برای رفاه انسان ضروری هستند. در نتیجه حفاظت و مدیریت آن‌ها برای منافع همه انسان‌ها، ملت‌ها و حکومت‌ها حیاتی است. با این حال، این میراث گرانبها دچار بحران است (۳). فعالیت‌های انسانی محیط طبیعی اکوسیستم‌های آب شیرین را با تغییر کاربری‌های زمین، قطعه قطعه شدن رودخانه‌ها توسط سدها، آلوده کردن خاک و آب، معرفی گونه‌های مهاجم، تشدید تغییر اقلیم و سایر عوامل تغییر داده است (۴). بیش از ۶۰ درصد از زیستگاه‌های آب شیرین به‌عنوان زیستگاه‌های در معرض خطر توسط فعالیت‌های انسانی طبقه‌بندی می‌شوند و ماهیان آب شیرین پس از دوزیستان، در معرض خطرترین گروه مهره‌داران هستند (۵).

ماهیان آب شیرین یک چهارم مهره‌داران جهان را تشکیل می‌دهند و کالاها و خدمات غیرقابل جایگزینی را ارائه می‌دهند (۴). ماهی منبع غذایی مهمی برای مردم دنیا است (۶). ماهی‌ها از طریق عملکردهایی از جمله مصرف موجودات زنده در سطوح تغذیه‌ای پایین‌تر و اثرات تنظیمی آن‌ها در سطح اکوسیستم، جزء مهمی از اکوسیستم‌های آبی هستند (۷). ماهی‌ها هم‌چنین به‌طور موفقیت‌آمیزی به‌عنوان شاخص‌های زیستی برای پایش و ارزیابی کیفیت محیط آبی معرفی شده‌اند (۸). در واقع به دلیل توانایی جوامع ماهیان در ادغام شدن با تنوع زیست‌محیطی در مقیاس‌های

مکانی مختلف، جوامع ماهیان به‌عنوان شاخص‌های زیستی مورد مطالعه قرار گرفته و به‌عنوان شاخص‌های جدیدی از اکوسیستم رودخانه توسعه یافته‌اند (۹). بنابراین ماهیان رودخانه‌ای مدل‌های زیستی خوبی هستند که می‌توان با آن‌ها تأثیر تغییرات اقلیمی بر اکوسیستم‌های آب شیرین را ارزیابی کرد، زیرا اکثر گونه‌های ماهی هیچ توانایی فیزیولوژیکی برای تنظیم دمای بدن خود ندارند و آن‌ها بیش‌ترین گروه موجودات آب شیرین تحت نظارت هستند (۱۰).

تغییرات قابل‌توجه در جوامع آبزیان به شدت با گرمایش جهانی مرتبط است و ماهی‌ها در برابر تغییرات اقلیمی بسیار آسیب‌پذیر هستند (۱۱). جوامع ماهیان آب شیرین تحت تأثیر پارامترهای زیست‌اقلیمی متنوعی از جمله دما، بارش و کیفیت آب قرار دارند (۱۲). اثرات مرتبط با تغییرات اقلیمی شامل تغییرات در ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آب شیرین است که می‌تواند بر عملکردهای فیزیولوژیکی حیاتی ماهیان تأثیر بگذارد (۱۳). ماهیان آب شیرین در پاسخ به محرک‌های ناشی از تغییر اقلیم، با تغییر دامنه توزیع خود، تغییر زمان مهاجرت و تخم‌ریزی و از طریق فرآیندهای جمعیتی واکنش نشان می‌دهند (۱۴). آسیب‌پذیری جوامع ماهیان آب شیرین در برابر الگوهای تغییر یافته اقلیمی با انزوا و جدا شدن آن‌ها در زیستگاه‌های خود مشخص می‌شود که معمولاً منجر به حوضه‌های رودخانه‌ای می‌شود که به‌عنوان جزایر جغرافیایی زیستی عمل می‌کنند (۱۵). مدل‌های زیست‌اقلیمی با مطالعه روابط بین حضور گونه‌های کنونی و ویژگی‌های جغرافیایی زیستی با استفاده از روش‌های آماری یا مدل‌های هوش مصنوعی عمل می‌کنند. بنابراین، تغییرات در توزیع گونه‌ها را می‌توان با ارزیابی تغییرات در رابطه بین پارامترهای زیست‌اقلیمی و حضور گونه‌ها بررسی کرد (۱۶).

است. بنابراین نیاز به مطالعات گسترده جوامع ماهیان آب شیرین در این حوضه به واسطه تأثیر تغییرات اقلیمی در آن احساس می‌شود.

هدف مقاله حاضر استفاده از آنالیز مختصات اصلی دوگانه به منظور بررسی رابطه بین جوامع ماهیان آب شیرین در حوضه دریاچه ارومیه و پارامترهای زیستی اقلیمی به همراه ادغام صفات کارکردی گونه‌های ماهیان آب شیرین است. این مطالعه به خاطر خشک شدن قابل توجه دریاچه ارومیه بسیار مهم است. دریاچه ارومیه با کاهش قابل توجهی در سطح آب مواجه شده است که تأثیرات عمیقی بر اکوسیستم‌های آبی حوضه از جمله جمعیت‌های ماهیان داشته است. این پژوهش به حفاظت و مدیریت حوضه دریاچه ارومیه با هدف حفظ و بازسازی جوامع ماهیان آب شیرین در این اکوسیستم حیاتی کمک خواهد کرد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: حوضه آبریز دریاچه ارومیه در شمال غربی ایران بین مختصات ۴۴ درجه و ۱۳ دقیقه تا ۴۷ درجه و ۵۴ دقیقه شرقی و ۳۵ درجه و ۴۰ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۲۹ دقیقه شمالی واقع شده است. این حوضه با مساحت ۵۱۸۷۶ کیلومتر مربع در میان استان‌های آذربایجان غربی با ۴۲ درصد از وسعت حوضه، آذربایجان شرقی با ۳۷ درصد و کردستان با ۱۱ درصد از وسعت حوضه واقع شده است (۱۸). حوضه آبریز دریاچه ارومیه با آب و هوای نیمه خشک با میانگین بارندگی سالانه ۳۰ ساله تقریباً ۳۶۴ میلی‌متر مشخص می‌شود (۱۹). این حوضه در منطقه‌ای کوهستانی قرار گرفته و قبلاً حدود ۱۰ درصد آن را دریاچه پوشانده بود (۲۰). دریاچه ارومیه یکی از دریاچه‌های معروف و فوق شور در حال خشک شدن (و حتی در حال مرگ) است (۲۱). میانگین دمای سالانه دریاچه ارومیه ۹/۸ درجه سانتی‌گراد است

آنالیز مختصات اصلی دوگانه^۱ (DPCoA) یک تکنیک آماری چندمتغیره است که ویژگی‌های زیستی و متغیرهای زیست محیطی را مورد بررسی قرار می‌دهد (۱۷). این آنالیز امکان ادغام ویژگی‌های گونه‌ها را میسر ساخته، می‌تواند به درک بهتری از نحوه تأثیر این متغیرها بر توزیع و فراوانی ماهی‌ها منجر شود. DPCoA برگرفته از آنالیز مختصات اصلی (PCoA) است که امکان تحلیل هم‌زمان دو ماتریس فاصله^۲ مختلف را فراهم می‌کند. در این آنالیز یک ماتریس فاصله می‌تواند نشان‌دهنده اختلافات در ویژگی‌های گونه‌های ماهی باشد، در حالی که ماتریس دیگر می‌تواند نشان‌دهنده اختلافات در متغیرهای زیست اقلیمی در مکان‌های مختلف باشد. ماتریس سوم می‌تواند مربوط به حضور یا عدم حضور ماهی باشد. DPCoA امکان شناسایی ویژگی‌های گونه‌های ماهی را که بیش‌ترین ارتباط را با متغیرهای زیست اقلیمی دارند، فراهم می‌آورد. این اطلاعات می‌تواند برای پیش‌بینی این‌که چگونه تغییرات در شرایط محیطی ممکن است بر توزیع و فراوانی گونه‌های ماهی در آینده تأثیر بگذارد، دارای اهمیت باشد.

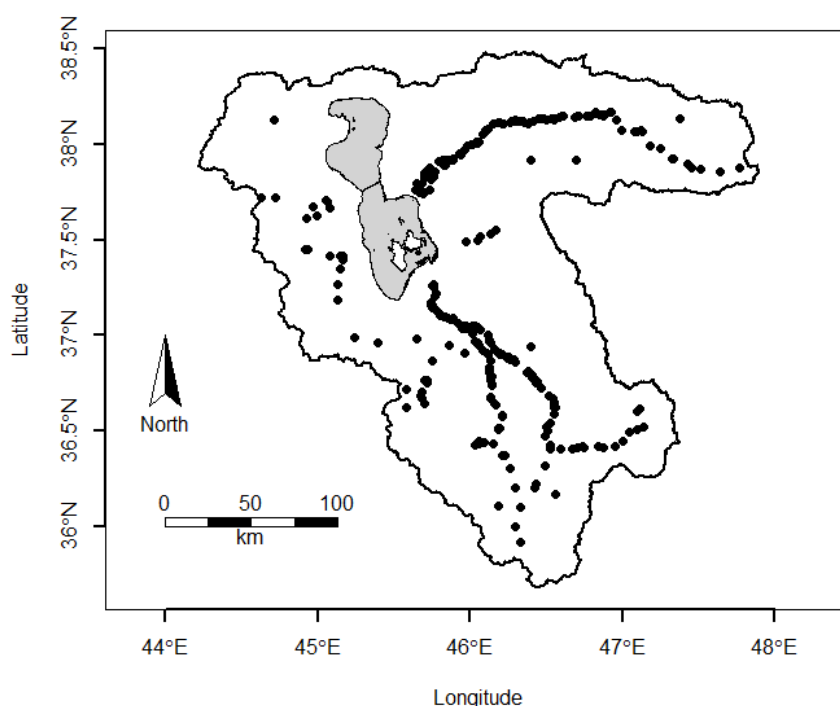
حوضه آبریز دریاچه ارومیه از اکوسیستم‌های مهم و با ارزش ایران است که رودخانه‌های جاری در آن زیستگاه گونه‌های بومزاد ماهیان می‌باشد و مطالعات جوامع زیستی آن اهمیت فراوانی دارد. رودخانه‌های این حوضه، زیستگاه‌های مناسب و مساعدی برای حضور گونه‌های متنوع آبزیان را به وجود آورده و از لحاظ بوم‌شناختی دارای اهمیت است. به دلیل این‌که حوضه ارومیه یک حوضه داخلی و کلاً ایرانی است، گونه‌هایی را در بر می‌گیرد که برخی از آن‌ها در هیچ‌کجای دیگری یافت نمی‌شوند، بنابراین یکی از حوضه‌های دارای الویت برای مطالعه جوامع ماهیان

1- Double principal coordinate analysis (DPCoA)

2- Distance matrix

مهم‌ترین رودخانه‌های این حوضه می‌توان به زرینه‌رود، سیمینه‌رود و آجی‌چای اشاره کرد (۲۴). نقاطی که نمونه‌برداری از آن‌ها صورت گرفت در شکل ۱ نشان داده شده است. این نقاط پس از حذف نقاط تکراری برای تحلیل استفاده شده‌اند. مختصات جغرافیایی نقاط نمونه‌برداری با استفاده از یک دستگاه GPS دستی ثبت گردید (GarminTrex 30X, Taiwan).

(۲۲). براساس نتایج به‌دست‌آمده، گونه‌های ماهیان آب شیرین حوضه ارومیه شامل ۳۰ گونه در ۲۵ جنس، ۷ خانواده، ۵ راسته و یک رده است (۲۳). دریاچه ارومیه توسط بیش از ۲۰ رودخانه و نهر دائمی و فصلی که به آن سرازیر می‌شوند، تغذیه می‌شود (۱۹). حوضه دریاچه شامل ۱۴ زیرحوضه اصلی است که اطراف دریاچه را احاطه کرده‌اند. از



شکل ۱- نقاط نمونه‌برداری شده (●) در حوضه دریاچه ارومیه پس از حذف نقاط تکراری. دریاچه ارومیه در تصویر به رنگ خاکستری نشان داده شده است.

Figure 1. Sampled points (●) in the Urmia Lake basin after removing duplicate points. The Urmia Lake is shown in gray in the image.

داده‌های مکانی حضور ماهی: صید ماهیان با استفاده از دستگاه الکتروفیشینگ (SAMUS 750) در رودخانه‌های حوضه دریاچه ارومیه صورت گرفت. برای این منظور، نمونه‌برداری از پایین دست رودخانه‌ها انجام شد و گونه‌ها شناسایی و مختصات آن‌ها ثبت شد. شناسایی گونه‌ها براساس مطالعه ایگدری و همکاران (۲۴، ۲۵، ۲۶، ۲۷) انجام شد. سپس نمونه‌ها در کنار رودخانه در یک تشت

پلاستیکی نگهداری شدند و پس از بهبود وضعیت، آزاد شدند. داده‌های حضور ماهی (۵۴۱ ورودی) شامل جنس، گونه و مختصات جغرافیایی، در نرم‌افزار پایگاه داده MySQL (نسخه ۸,۰,۳۱) وارد شد و مختصات تکراری برای هر گونه حذف شد. در نهایت، مجموعه داده شامل ۲۹۱ ورودی بود که شامل گونه و مختصات محل (طول و عرض جغرافیایی) حضور آن‌ها بود.

داده‌های زیست‌اقلیمی: در این مطالعه، متغیرهای زیست‌اقلیمی از وب‌سایت bioclim دریافت شدند (جدول ۱). این متغیرها با استفاده از همبستگی پیرسون برای خطی بودن بررسی شدند و متغیرهایی که همبستگی بالایی داشتند حذف شدند. به این شکل که از

بین دو متغیری که دارای همبستگی پیرسون ۰/۹ یا بالاتر بودند، متغیری که بیش‌ترین مجموع همبستگی با سایر متغیرها را داشت حذف شد (زار و همکاران، ۲۰۰۷). برای این منظور، از تابع findCorrelation در بسته caret در نرم‌افزار R استفاده گردید (۲۹).

جدول ۱- پارامترهای زیست‌اقلیمی مورد استفاده در مطالعه حاضر قبل از بررسی همخطی.

همگی پارامترها دارای رزولوشن ۰/۰۰۸ در ۰/۰۰۸ درجه می‌باشند.

Table 1. Bioclimatic parameters used in the present study before assessing collinearity.
All parameters have a resolution of 0.008° by 0.008°.

شماره	حروف اختصاری	پارامتر	ترجمه فارسی
Number	Acronym	Parameter	Persian translation
۱	AMT	Annual Mean Temperature	میانگین دمای سالانه
۲	MDR	Mean Diurnal Range	میانگین دمایی روز (میانگین ماهیانه (بیش‌ترین دما - کم‌ترین دما))
۳	Iso	Isothermality	هم‌دمایی
۴	TS	Temperature Seasonality	دمای فصلی
۵	MTWM	Max Temperature of Warmest Month	بیش‌ترین دمای گرم‌ترین ماه
۶	MTCM	Min Temperature of Coldest Month	کم‌ترین دمای سردترین ماه
۷	TAR	Temperature Annual Range	میانگین دمای سالانه
۸	MTWeQ	Mean Temperature of Wettest Quarter	میانگین دمای مرطوب‌ترین فصل سال
۹	MTDQ	Mean Temperature of Driest Quarter	میانگین دمای خشک‌ترین فصل سال
۱۰	MTWaQ	Mean Temperature of Warmest Quarter	میانگین دمای گرم‌ترین فصل سال
۱۱	MTCQ	Mean Temperature of Coldest Quarter	میانگین دمای سردترین فصل سال
۱۲	AP	Annual Precipitation	بارش سالانه
۱۳	PWM	Precipitation of Wettest Month	بارش در شرجی‌ترین ماه
۱۴	PDM	Precipitation of Driest Month	بارش خشک‌ترین ماه
۱۵	PS	Precipitation Seasonality	بارش فصلی
۱۶	PWeQ	Precipitation of Wettest Quarter	بارش مرطوب‌ترین فصل سال
۱۷	PDQ	Precipitation of Driest Quarter	بارش خشک‌ترین فصل سال
۱۸	PWaQ	Precipitation of Warmest Quarter	بارش گرم‌ترین فصل سال
۱۹	PCQ	Precipitation of Coldest Quarter	بارش سردترین فصل سال

الگوهای مهاجرتی^۵، تحمل به شرایط محیطی^۶ و صفات تاریخیچه حیات^۷ مورد استخراج قرار گرفتند (جدول ۲). سپس داده‌ها به صورت عدد (ترتیب) تبدیل شدند.

داده‌های صفات کارکردی^۱ ماهی: با بررسی و مرور کتابخانه‌ای، صفات ماهی از منابع استخراج گردید. صفات ارجحیت زیستگاه^۲، عادات غذایی^۳، استراتژی تولیدمثلی^۴،

- 5- Migratory pattern
- 6- Tolerance to environmental condition
- 7- Life-history trait

- 1- Functional traits
- 2- Habitat preference
- 3- Feeding habit
- 4- Reproductive strategy

جدول ۲- صفات گونه‌های مختلف. صفت اول صفت ارجح می‌باشد.

Table 2. Traits of different species. The first trait is the preferred trait.

صفات تاریخ حیات Life-history trait	تحمل به شرایط محیطی Resistance to environmental condition	الگوی مهاجرتی Migratory pattern	استراتژی تولیدمثلی Reproductive strategy	عادات غذایی Feeding habits	ارجحیت زیستگاهی Habitat preference
رشد متوسط Medium growth	متوسط Medium	مهاجر Migratory	تخمگذار Oviparous	همه‌چیزخوار omnivore	رودخانه، دریاچه River, lake
رشد زیاد، زندگی کوتاه Rapid growth, short lifespan	زیاد Large	غیرمهاجر Non-migratory	زنده‌زا Viviparous	گوشتخوار carnivore	رودخانه، جویبار River, stream
				گیاهخوار Herbivore	دریاچه، آبگیرها Lake, wetland
				حشره‌خوار Insectivore	دریاچه، رودخانه Lake, river
					دریاچه، آبگیرها، جویبار Lake, wetland, stream
					رودخانه، جویبار، دریاچه River, stream, lake

تعیین تغییرات صفات ماهی در طول گرادیانی از هر یک از متغیرهای اقلیمی رتبه‌بندی شده از تابع s.class از بسته ade4 (۱۷) در R استفاده شد. برای بررسی این که آیا پراکنش گونه‌ها مستقل از صفات کارکردیشان است، از تابع rantest برای آزمودن این فرض استفاده شد.

نتایج

۲۸ گونه در این مطالعه مورد شناسایی قرار گرفتند که در جدول ۳ نشان داده شده‌اند.

تحلیل داده‌ها: برای تحلیل داده‌ها از آنالیز مختصات اصلی دوگانه استفاده گردید (۱۷). پس از حذف پارامترهایی که همبستگی بالایی با هم نشان دادند، پارامترهای Iso، TS، MTQM، TAR، MTWeQ، MTDQ، MTCQ، AP، PDM، PS و PWaQ باقی ماندند که در آنالیز، مورد استفاده قرار گرفتند. چون داده‌های زیست‌اقلیمی از نوع پیوسته بودند، با استفاده از تابع cut در R به ۵ گروه رتبه‌بندی گردیدند تا تغییرات صفات ماهی در گرادیان هر یک از متغیرهای زیست‌اقلیمی بهتر قابل بررسی در نمودارهای ترسیم شده باشد. برای این منظور، یعنی

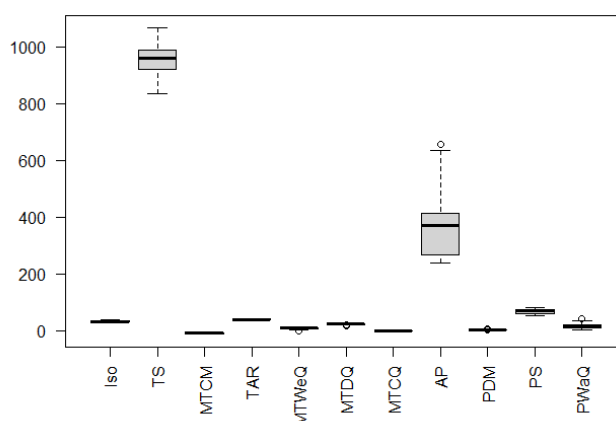
جدول ۳- گونه‌های شناسایی شده در مطالعه حاضر از حوضه آبخیز دریاچه ارومیه.

Table 3. Identified species in the present study from the Urmia Lake watershed.

نام گونه	کد اختصاری
Species name	Abbreviated name
<i>Abramis brama</i>	Abr
<i>Acanthalburnus urmianus</i>	Aur
<i>Alburnoides petrubanarescui</i>	Ape
<i>Alburnus atropatenae</i>	Aat
<i>Alburnus hohenackeri</i>	Aho
<i>Alburnus ulanus</i>	Aul
<i>Barbus cyri</i>	Bcy
<i>Capoeta capoeta</i>	Ccp
<i>Capoeta razii</i>	Cra
<i>Carassius auratus</i>	Cau
<i>Carassius gibelio</i>	Cgi
<i>Ctenopharyngodon idella</i>	Cid
<i>Cyprinus carpio</i>	Cca
<i>Gambusia holbrooki</i>	Gho
<i>Hemiculter leucisculus</i>	Hle
<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	Hmo
<i>Hypophthalmichthys nobilis</i>	Hno
<i>Luciobarbus mursa</i>	Lmu
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Omy
<i>Oxynoemacheilus bergianus</i>	Obg
<i>Oxynoemacheilus elsae</i>	Oel
<i>Paracobitis malapterura</i>	Pma
<i>Pseudorasbora parva</i>	Ppa
<i>Rhodeus caspius</i>	Rca
<i>Romanogobio persus</i>	Rpe
<i>Sander lucioperca</i>	Sla
<i>Silurus glanis</i>	Sgl
<i>Squalius turcicus</i>	Stu

تغییرات پارامترهای زیست‌اقليمی مورد استفاده در مطالعه حاضر در شکل ۲ نشان داده شده است. تقریباً مقادیر تمامی پارامترها مشابه هم بود. بیش‌ترین مقادیر مربوط به دمای فصلی و بارش سالانه بود.

دو محور اول در آنالیز مختصات اصلی دوگانه حدود ۷۹ درصد از اینرسی را توصیف نمودند (جدول ۴). آنالیز مختصات اصلی دوگانه مشخص نمود که کدام گونه‌ها با یکدیگر تشابه زیستگاه را دارند (شکل ۳).



شکل ۲- نمودار جعبه‌ای پارامترهای زیست‌اقلیمی مورد استفاده در مطالعه حاضر.

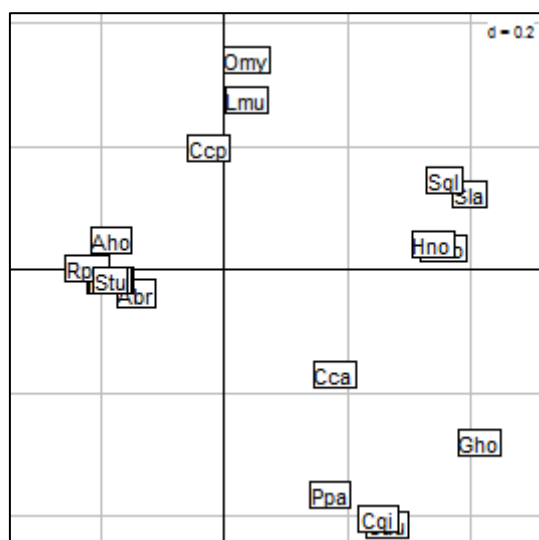
برای آگاهی از نام کامل پارامترها به جدول ۱ مراجعه نمایید.

Figure 2. Box plot of the bioclimatic parameters used in the present study.
For the full names of the parameters, refer to Table 1.

جدول ۴- ویژه‌بردارها و درصد اینرسی محاسبه شده برای محوره‌های آنالیز مختصات اصلی دوگانه.

Table 4. Eigenvalues and percentage of inertia calculated for the axes of the double principal coordinate analysis.

Ax5	Ax4	Ax3	Ax2	Ax1	
0.003618	0.006472	0.008787	0.023180	0.053922	ویژه‌بردار Engenvector
3.709	6.636	9.009	23.768	55.288	درصد اینرسی Inertia (%)



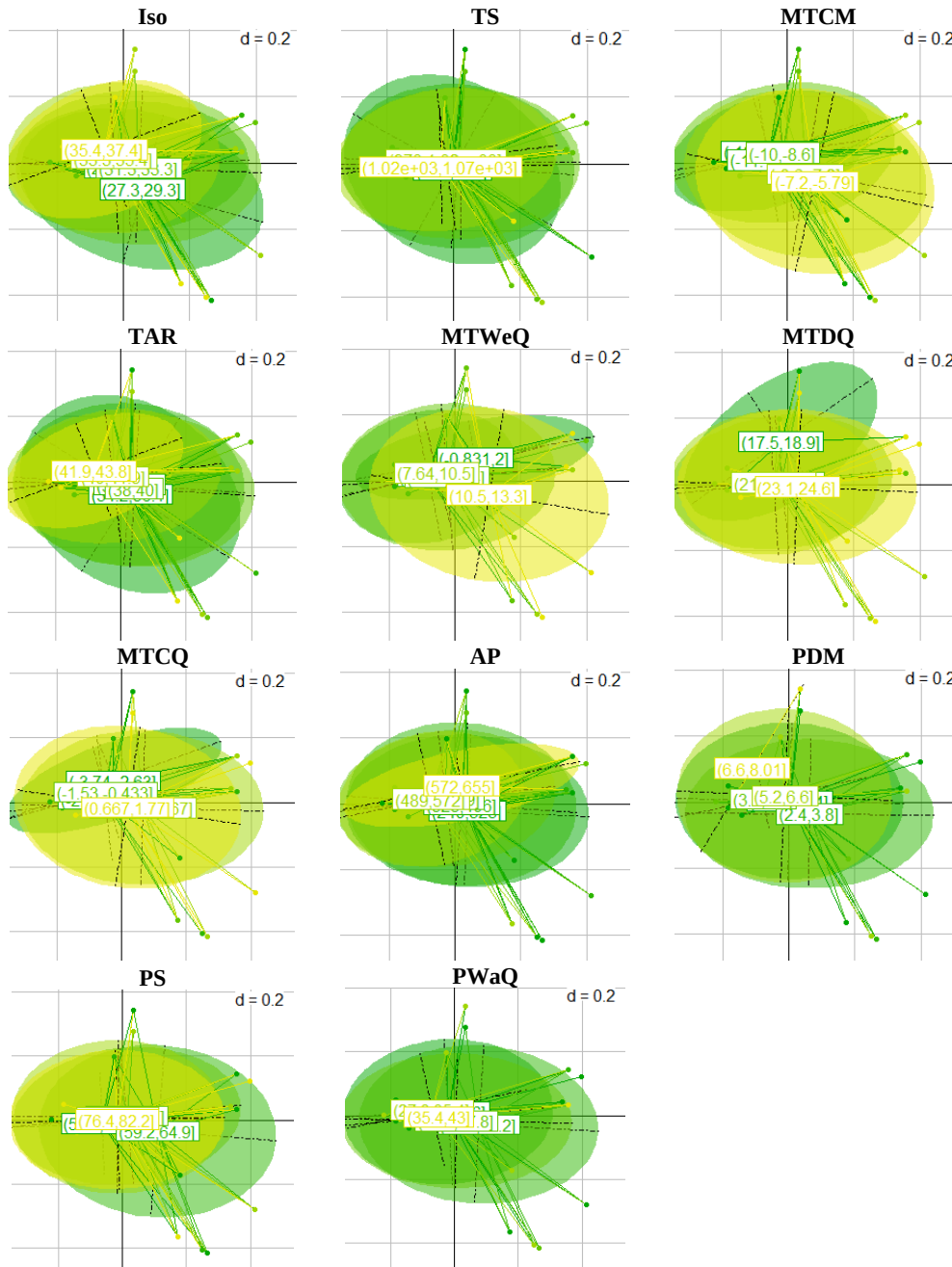
شکل ۳- جایگاه جوامع ماهی بعد از آنالیز مختصات اصلی دوگانه.

برای آگاهی از نام کامل گونه‌ها به جدول ۲ مراجعه نمایید.

Figure 3. Position of fish communities after dual principal coordinates analysis.
For the full names of the species, refer to Table 2.

زیست‌اقليمی تغيير بزرگی را نشان نداده و بیضوی‌های مربوط به هر سطح از متغیرهای زیست‌اقليمی با هم همپوشانی داشتند.

رج‌بندی جوامع ماهی با آنالیز مختصات اصلی در شکل ۴ نشان داده شده است. در تمامی پارامترهای زیست‌اقليمی، صفات گونه‌ها در گرادانی از پارامترهای

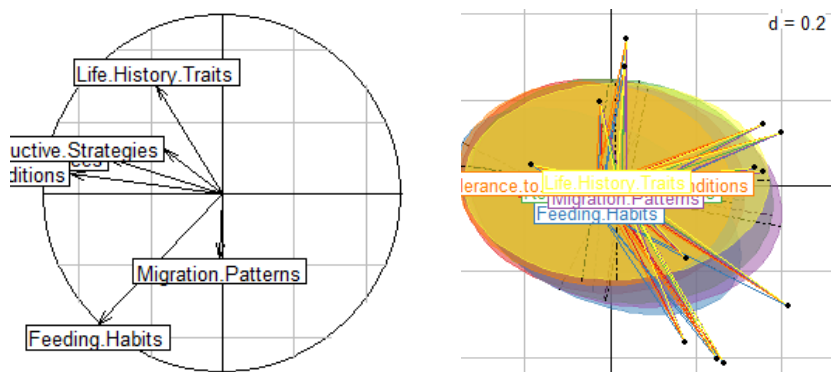


شکل ۴- رج‌بندی جوامع با آنالیز مختصات اصلی. هر یک از پارامترهای زیست‌اقليمی به پنج سطح دسته‌بندی شدی و نتیجه رج‌بندی جوامع در هر یک از سطوح پارامترهای زیست‌اقليمی ترسیم گردید. همپوشانی بیضی‌ها نشان‌دهنده عدم تفاوت در توزیع جوامع در سطوح پارامتر زیست‌اقليمی است. برای آگاهی اسم کامل متغیرهای زیست‌اقليمی به جدول ۱ مراجعه کنید.

Figure 4. Community ordination through principal coordinates analysis. Each of the bioclimatic parameters was categorized into five levels, and the results of community ranking at each level of the bioclimatic parameters are illustrated. The overlap of the ellipses indicates no difference in the distribution of communities at the levels of the bioclimatic parameters. For the full names of the bioclimatic variables, refer to Table 1.

زیستگاهی و تحمل به پارامترهای محیطی همبستگی مثبت با هم داشتند. گونه‌هایی که با صفات، گروه‌بندی شده بودند دارای جایگاه مشابهی بودند.

همبستگی اسپیرمن نشان داد که صفات تاریخیچه حیات و عادات تغذیه‌ای مستقل از هم هستند (شکل ۵، سمت چپ). استراتژی‌های تولیدمثلی، ارجحیت‌های



شکل ۵- سمت چپ: همبستگی اسپیرمن بین صفات ماهی. شکل سمت راست: جایگاه گونه‌ها در طول دو محور اصلی که از نظر صفات، گروه‌بندی شده‌اند.

Figure 5. Left panel: Spearman correlation between fish traits. Right panel: Position of species along the two principal axes grouped by traits.

صفات کارکردیشان است، این فرض رد نکرد $(P=0/094)$.

آزمونی مبتنی بر این فرض صفر که پراکنش گونه‌ها در حوضه آبخیز دریاچه ارومیه مستقل از

برخی از جابجایی‌های پیش‌بینی شده شوند (۳۲). موجودات آبی معمولاً به دلیل محدودیت‌های تحمل شده توسط ساختار مکانی شبکه‌های هیدروگرافی، وجود موانع طبیعی یا انسانی برای پراکندگی و جهت‌گیری جریان‌های نامتقارن آب، از نظر قابلیت‌های پراکندگی محدود هستند (۳۳). مطالعه حاضر از این رو درصد برآمد تا معین کند گونه‌هایی از ماهی که دارای صفات کارکردی مختلف هستند چه واکنشی به تغییرات پارامترهای زیست‌اقليمی نشان می‌دهند.

یافته‌های این مطالعه نشان داد که تقریباً همه گونه‌های ماهیان آب شیرین در حوضه دریاچه ارومیه بدون توجه به گرادیان‌های پارامترهای زیست‌اقليمی پراکنده شده‌اند. به عبارت دیگر پارامترهای زیست‌اقليمی تأثیر اندکی بر پراکنش این ماهیان داشتند. این یافته ممکن است نشان‌دهنده این باشد که گونه‌های ماهیان

بحث

تغییرات اقلیمی یکی از مسائل مهم زیست‌محیطی حال حاضر و بزرگ‌ترین چالش پیش روی جهان است (۳۰). اکوسیستم‌های آب شیرین به دلیل تأثیرات تغییرات اقلیمی به‌طور فزاینده‌ای در معرض تهدید قرار گرفته‌اند (۳۱). هیچ‌یک از متغیرهای زیست‌اقليمی در نظر گرفته شده در این مطالعه، اثرات بالقوه افزایش تغییرات اقلیمی را در نظر نگرفت. به عنوان مثال، میانگین بارش به عنوان یک متغیر جایگزین برای توصیف جریان رودخانه استفاده شد، اما تشدید تغییرات هیدرولوژیکی نیز ممکن است اثرات زیادی بر جوامع ماهیان رودخانه داشته باشد. اکنون به خوبی مشخص شده است که ممکن است بسیاری از عوامل دیگر که در مقیاس‌های مکانی یا زمانی متفاوت عمل می‌کنند، بر توزیع گونه‌ها تأثیر بگذارند و مانع از

این منطقه به شدت تحمل‌پذیر شرایط محیطی مختلف هستند و قادر به رشد در طیف وسیعی از گرادیان‌های زیست‌اقلیمی هستند. به عبارتی ممکن است گونه‌های ماهیان این منطقه به شکلی تکامل یافته باشند تا به شدت انعطاف‌پذیر بوده و در انواع محیط‌ها بتوانند زنده بمانند، که این توانایی به آن‌ها اجازه می‌دهد جمعیت خود را در سراسر حوضه حفظ کنند. این یافته دارای پیامدهای مهمی برای تلاش‌های حفاظتی و مدیریتی است. اگر گونه‌های ماهیان بتوانند در طیف وسیعی از گرادیان‌های زیست‌اقلیمی رشد کنند، ممکن است تمرکز بر روی انواع خاصی از زیستگاه‌ها یا میکرو زیستگاه‌ها برای تلاش‌های حفاظتی، کم‌تر اهمیت داشته باشد. به جای آن، ممکن است برای حفاظت، رویکردی کلی‌تر لازم باشد، که کل حوضه و اتصال آب‌های سطحی آن را در نظر بگیرد. علاوه بر این، این یافته هم‌چنین می‌تواند دارای پیامدهای مهمی برای درک آشیان اکولوژیکی این گونه‌های ماهیان باشد. اگر آن‌ها بتوانند در طیف وسیعی از گرادیان‌های زیست‌اقلیمی زیست نمایند، این یافته ممکن است نشان‌دهنده این امر باشد که آشیان اکولوژیکی آن‌ها گسترده‌تر از آنچه قبلاً تصور می‌شد است و آن‌ها قادر به اشغال طیف وسیعی از فضاها محیطی هستند.

نتایج آنالیز DPCoA نشان داد که گونه‌های ماهی آب شیرین با صفات کارکردی مختلف در نمودار ایجاد شده در آنالیز، همپوشانی داشتند که این امر نشان می‌دهد پراکنش آن‌ها در گرادیان‌های متغیرهای زیست‌اقلیمی یکسان است. این یافته در تضاد با این فرضیه است که گونه‌هایی با ویژگی‌های اکولوژیکی و زندگی متفاوت، در مناطق مجزایی از فضای آشیان اکولوژیک زیست‌اقلیمی قرار خواهند گرفت، حداقل در مورد ماهیان حوضه آبخیز دریاچه ارومیه. یک توضیح احتمالی برای فقدان خوشه‌بندی واضح مبتنی

بر صفات کارکردی گونه‌ها در DPCoA این است که صفات مورد بررسی، در حالی که از نظر اکولوژیکی مرتبط هستند، ممکن است عوامل تعیین‌کننده‌ای نباشند که انتظار می‌رفت بر اساس آن‌ها گونه‌ها در این آنالیز جدا شوند. دیگر صفات مرتبط برای استفاده از منابع، ترجیحات زیستگاه یا تعامل‌های زیستی ممکن است در ساختار دادن به آشیان‌های اکولوژیک واقعی این گونه‌ها مهم‌تر باشند که در این مطالعه مورد استفاده قرار نگرفته‌اند. بنابراین باید در نظر گرفت که تأکید مطالعه حاضر بر پارامترهای زیست‌اقلیمی مؤثر بر جوامع ماهیان آب شیرین به هیچ وجه به این معنا نیست که سایر ویژگی‌های شیمیایی، فیزیکی و زیستی پیکره‌های آبی، مانند غلظت مواد مغذی، pH، عمق، گونه‌های شکارچی، پوشش گیاهی، رقابت و غیره باید در درجه دوم اهمیت قرار گیرند. در واقع تعدادی از مطالعات به صراحت نشان داده‌اند که این عوامل می‌توانند به‌طور مستقیم غنای گونه‌های ماهیان را تحت تأثیر قرار دهند (۳۵، ۳۴). علاوه بر این، سن حوضه آبی، اتصالات رودخانه‌ای و به‌طور کلی، آرایش مکانی زیستگاه نقش مهمی در ساختار جوامع ماهیان آب شیرین دارد (۳۶).

رویکردی که در این‌جا مورد استفاده قرار گرفت به ما اجازه نمی‌دهد تا اثرات برهمکنش‌های زیستی بالقوه را لحاظ کنیم. از جمله نقدهای بیان شده در مورد مدل‌سازی زیست‌اقلیمی شامل عدم در نظر گرفتن فعل و انفعالات زیستی، تغییرات تکاملی و آلودگی‌های محیطی است (۳۷). درک این فرآیندها برای ارزیابی جامع اثرات تغییرات اقلیم بر اکوسیستم آبی مهم است. با این حال، مدل‌های زیست‌اقلیمی یکی از بهترین ابزارهای موجود برای پیش‌بینی تغییرات بالقوه اکولوژیکی در مقیاس بزرگ تحت سناریوهای تغییر اقلیم هستند (۱۶). استفاده از پارامترهای زیست‌اقلیمی به‌ویژه در مقیاس مکانی

خواهند بود. زیرا تغییرات مداوم یک فرآیند جهانی مانند تغییرات اقلیمی نیاز به آنالیز تأثیر در مقیاس‌های بزرگ برای برجسته کردن روند کلی اثرات و هم‌چنین تفاوت‌های منطقه‌ای دارد. شناسایی تغییرات احتمالی در ساختارهای جوامع ماهیان، تعیین اولویت‌های حفاظتی و مناطق با آسیب‌پذیری بالا را تسهیل می‌کند (۴۰). برای درک بهتر فرآیندهای ساختاردهنده جامعه ماهی، پژوهش‌های آینده می‌توانند اقدام به ادغام اندازه‌گیری فراوانی و زیتوده محلی در کنار داده‌های حضور-عدم حضور کنند. این امر امکان ارزیابی این‌که آیا تفاوت‌های مبتنی بر ویژگی بر موفقیت نسبی گونه‌ها در طول گرادیان‌های محیطی تأثیر می‌گذارد یا خیر را فراهم می‌کند. مطالعات آزمایشی که شرایط محیطی را دستکاری می‌کنند و پاسخ‌های مبتنی بر ویژگی را پایش می‌کنند نیز می‌توانند بینش‌هایی را در مورد مکانیسم‌های زیربنایی روابط ویژگی-محیط فراهم کنند.

بزرگ (مانند حوضه ارومیه) مناسب است (۳۸). در مطالعه بایسان و همکاران نیز (۳۹) عنوان شد که فعل و انفعالات گونه‌ای در ساختار جوامع ماهیان رودخانه ناچیز است از این‌رو می‌توانیم فرض کنیم که فعل و انفعالات زیستی بالقوه موجود بین گونه‌های ماهیان، پیش‌بینی‌های ارائه شده در این مطالعه را با توجه به صفات کارکردی مورد استفاده، تغییر نمی‌دهد (۳۹).

این مطالعه یکی از نخستین مطالعاتی است که اثرات بالقوه پارامترهای زیست‌اقلیمی را بر روی جوامع ماهیان حوضه ارومیه با روش DPCoA ارزیابی می‌کند. برای افزایش دقت مطالعات آینده مرحله بعدی تجزیه و تحلیل باید به تعاملات پیچیده بین عوامل متعدد (یعنی اثرات جمعی فشارهای انسانی و تغییرات اقلیمی) بپردازد. در این مطالعه پیشنهاد می‌شود برای پژوهش‌های آینده نتایج فعلی با استفاده از یک رویکرد چند مقیاسی گسترش داده شود. علاوه بر این، سری‌های زمانی به‌طور خاص برای بررسی اثرات پارامترهای زیست‌اقلیمی، ارزشمند

منابع

1. Triana, J. S. A., Chu, M. L., & Stein, J. A. (2021). Assessing the impacts of agricultural conservation practices on freshwater biodiversity under changing climate. *Ecological Modelling*, 453, 109604.
2. Tickner, D., Opperman, J. J., Abell, R., Acreman, M., Arthington, A. H., Bunn, S. E., Cooke, S. J., Dalton, J., Darwall, W., & Edwards, G. (2020). Bending the curve of global freshwater biodiversity loss: an emergency recovery plan. *BioScience*, 70(4), 330-342.
3. Dudgeon, D., Arthington, A. H., Gessner, M. O., Kawabata, Z.-I., Knowler, D. J., Lévêque, C., Naiman, R. J., Prieur-Richard, A. H., Soto, D., Stiassny, M. L. J., & et al. (2006). Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. *Biological Reviews*, 81(2), 163-182.
4. Su, G., Logez, M., Xu, J., Tao, S., Villéger, S., & Brosse, S. (2021). Human impacts on global freshwater fish biodiversity. *Science*, 371(6531), 835-838.
5. Cooke, S. J., Twardek, W. M., Lynch, A. J., Cowx, I. G., Olden, J. D., Funge-Smith, S., Lorenzen, K., Arlinghaus, R., Chen, Y., & Weyl, O. L. (2021). A global perspective on the influence of the COVID-19 pandemic on freshwater fish biodiversity. *Biological Conservation*, 253, 108932.
6. Tidwell, J. H., & Allan G. L. (2001). Fish as food: aquaculture's contribution, ecological and economic impacts and contributions of fish farming and capture fisheries. *EMBO reports*, 21, 1-6.
7. Kwon, Y. S., Bae, M. J., Hwang, S. J., Kim, S. H., & Park, Y. S. (2015). Predicting potential impacts of climate

- change on freshwater fish in Korea. *Ecological Informatics*, 29, 156-165.
8. Jia, Y., Wang, L., Qu, Z., Wang, C., & Yang, Z. (2017). Effects on heavy metal accumulation in freshwater fishes: species, tissues, and sizes. *Environmental Science and Pollution Research*, 24, 9379-9386.
9. Clavel, J., Poulet, N., Porcher, E., Blanchet, S., Grenouillet, G., Pavoine, S., Biton, A., Seon-Massin, N., Argillier, C., & Daufresne, M. (2013). A new freshwater biodiversity indicator based on fish community assemblages. *PLoS One*, 8(11), e80968.
10. Tisseuil, C., Vrac, M., Grenouillet, G., Wade, A. J., Gevrey, M., Oberdorff, T., Grodwohl, J. B., & Lek, S. (2012). Strengthening the link between climate, hydrological and species distribution modeling to assess the impacts of climate change on freshwater biodiversity. *Science of the Total Environment*, 424, 193-201.
11. Last, P. R., White, W. T., Gledhill, D. C., Hobday, A. J., Brown, R., Edgar, G. J., & Pecl, G. (2011). Long-term shifts in abundance and distribution of a temperate fish fauna: a response to climate change and fishing practices. *Global Ecology and Biogeography*, 20(1), 58-72.
12. Knouft, J. H., & Ficklin, D. L. (2017). The Potential impacts of climate change on biodiversity in flowing freshwater systems. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 48(1), 111-133.
13. Servili, A., Canario, A. V., Mouchel, O., & Muñoz-Cueto, J. A. (2020). Climate change impacts on fish reproduction are mediated at multiple levels of the brain-pituitary-gonad axis. *General and Comparative Endocrinology*, 291, 113439.
14. Olusanya, H. O., & van Zyll de Jong, M. (2018). Assessing the vulnerability of freshwater fishes to climate change in Newfoundland and Labrador. *PloS one*, 13(12), e0208182.
15. Ruiz-Navarro, A., Gillingham, P. K., & Britton, J. R. (2016). Predicting shifts in the climate space of freshwater fishes in Great Britain due to climate change. *Biological Conservation*, 203, 33-42.
16. Cheung, W. W., Lam, V. W., & Pauly, D. (2008). Dynamic bioclimate envelope model to predict climate-induced changes in distribution of marine fishes and invertebrates. In: Cheung, W. W. L., Lam, V. W. Y., Pauly, D. (eds.) *Modelling Present and Climate-shifted Distribution of Marine Fishes and Invertebrates. Fisheries Centre Research Report*. 16(3).
17. Thioulouse, J., Dray, S., Dufour, A. B., Siberchicot, A., Jombart, T., & Pavoine, S. (2018). Multivariate analysis of ecological data with ade4. Springer, 329 p.
18. Ahmadaali, J., Barani, G. A., Qaderi, K., & Hessari, B. (2018). Analysis of the effects of water management strategies and climate change on the environmental and agricultural sustainability of Urmia Lake Basin, Iran. *Water*, 10(2), 160.
19. Rezapour, S., Asadzadeh, F., Nouri, A., Khodaverdiloo, H., & Heidari, M. (2022). Distribution, source apportionment, and risk analysis of heavy metals in river sediments of the Urmia Lake basin. *Scientific Reports*, 12(1), 17455.
20. Balkanlou, K. R., Mueller, B., Cord, A. F., Panahi, F., Malekian, A., Jafari, M., & Egli, L. (2020). Spatiotemporal dynamics of ecosystem services provision in a degraded ecosystem: A systematic assessment in the Lake Urmia basin, Iran. *Science of the Total Environment*, 716, 137100.
21. Feizizadeh, B., Lakes, T., Omarzadeh, D., Sharifi, A., Blaschke, T., & Karimzadeh, S. (2022). Scenario-based analysis of the impacts of lake drying on food production in the Lake Urmia Basin of Northern Iran. *Scientific reports*, 12(1), 6237-6237.
22. Ashrafi, S., Kerachian, R., Pourmoghimi, P., Behboudian, M., & Motlaghzadeh, K. (2022). Evaluating and improving the

- sustainability of ecosystem services in river basins under climate change. *Science of the Total Environment*, 806, 150702.
23. Ghasemi, H., Roudbar, A. J., Eagderi, S., Abbasi, K., Vatandoust, S., & Esmaeili, H. R. (2015). Ichthyofauna of Urmia basin: Taxonomic diversity, distribution and conservation. *Iranian Journal of Ichthyology*, 2(3), 177-193.
24. Fathian, F., Morid, S., & Kahya, E. (2015). Identification of trends in hydrological and climatic variables in Urmia Lake basin, Iran. *Theoretical and Applied Climatology*, 119, 443-464.
25. Eagderi, S., Mouludi-saleh, A., esmaeli, H. R., Sayyadzadeh, G., & nasri, M. (2022). Freshwater lamprey and fishes of Iran; a revised and updated annotated checklist-2022. *Turkish Journal of Zoology*, 46(6), 500-522.
26. Coad, B. W. (1998). Systematic biodiversity in the freshwater fishes of Iran. *Italian Journal of Zoology*, 65(S1), 101-108.
27. Coad, B. W. (1995). Fresh water fishes of Iran. *Acta scientiarum naturalium Academiae Scientiarum Bohemicae, Brno*, 29(1), 1-64.
28. Zuur, A. F., Ieno, E. N., & Smith, G. M. (2007). *Analysing ecological data*. USA: Springer.
29. Kuhn, M. (2019). The caret Package. Retrieved March 6, 2019, from <http://topepo.github.io/caret/index.html>.
30. Paul, B., Faruque, M. H., & Ahsan, D. A. (2014). Consequences of climate change on fish biodiversity in the river Turag, Bangladesh: A community perception study. *World Journal of Fish and Marine Sciences*, 6(2), 136-141.
31. Peluso, L. M., Mateus, L., Penha, J., Suárez, Y., & Lemes, P. (2023). Climate change may reduce suitable habitat for freshwater fish in a tropical watershed. *Climatic Change*, 176(4), 44.
32. Burbank, J., Gao, K., & Power, M. (2023). Factors influencing the home range of freshwater fishes. *Ecology of Freshwater Fish*, 32(4), 916-925.
33. Comte, L., & Grenouillet, G. (2015). Distribution shifts of freshwater fish under a variable climate: comparing climatic, bioclimatic and biotic velocities. *Diversity and Distributions*, 21(9), 1014-1026.
34. Pishkahpour, Z., Poorbagher, H., & Eagderi, S. (2019). Effects of ecological conditions and physical variables of the Dinvarab River in the Kermanshah Province on the habitat suitability index of *Alburnus sellal* Heckel (1843). *Journal of Fisheries*, 71(4), 317-328.
35. Shabanloo, H., Poorbagher, H., & Eagderi, S. (2021). Effects of environmental parameters on morphological traits of *Squalius namak* in the Jajrood River. *Aquaculture Sciences*, 9(1), 172-181.
36. Mancinelli, G., Mali, S., & Belmonte, G. (2019). Species richness and taxonomic distinctness of zooplankton in ponds and small lakes from Albania and North Macedonia: the role of bioclimatic factors. *Water*, 11(11), 2384.
37. Montoya, J. M., & Raffaelli, D. (2010). Climate change, biotic interactions and ecosystem services. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365(1549), 2013-2018.
38. Wiens, J. A., Stralberg, D., Jongsomjit, D., Howell, C. A., & Snyder, M. A. (2009). Niches, models, and climate change: Assessing the assumptions and uncertainties. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(supplement_2), 19729-19736.
39. Buisson, L., Thuiller, W., Lek, S., Lim, P. U. Y., & Grenouillet, G. (2008). Climate change hastens the turnover of stream fish assemblages. *Global Change Biology*, 14(10), 2232-2248.
40. Pletterbauer, F., Melcher, A. H., Ferreira, T., & Schmutz, S. (2015). Impact of climate change on the structure of fish assemblages in European rivers. *Hydrobiologia*, 744, 235-254.

