



Biodiversity of freshwater fishes in the Persis and Hormuz basins

Ehsan Shatoei Gharenjeh¹ | Soheil Eagderi^{2✉} | Hadi Poorbagher³

1. Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. E-mail: ehsan.shatoei@ut.ac.ir

2. Corresponding Author, Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. E-mail: soheil.eagderi@ut.ac.ir

3. Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. E-mail: poorbagher@ut.ac.ir

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received 4 June 2026

Received in revised form 6

July 2026

Accepted 15 July 2026

Keywords:

Biodiversity,

Beta diversity,

Freshwater fishes,

Hormuz basin,

Persis basin.

ABSTRACT

The Persis and Hormuz basins in southern Iran, due to hydrological and biogeographical conditions, are among the most important habitats for freshwater fish in the country. This study aimed to investigate beta diversity patterns of freshwater fish and identify biodiversity hotspots in these two basins. Sampling was carried out using electrofishing equipment in various rivers of the two basins during 2025, and species occurrence data, after removal of duplicate records, were analyzed in the form of a presence-absence matrix. To calculate beta diversity, the Jaccard index was used, decomposed into species replacement (turnover) and richness difference components using the *adespatial* package in R software. The results showed that fish communities in the two basins exhibit high biotic heterogeneity, with both the species replacement and richness difference components playing important roles in shaping diversity patterns. The identified specimens belonged to 16 families, 34 genera, and 48 species. The species *Capoeta saadii*, present at 73 stations, was the most widespread species in the region, whereas 10 species were recorded at only a single station, indicating their restricted distributions and high vulnerability. Beta diversity attributable to species richness differences, as well as total beta diversity, exhibited the highest values in the Persis Basin and the lowest values in the Hormuz Basin, whereas the contribution of the species turnover component to total beta diversity was negligible. The results of this study indicate that hydrological differences, geographic isolation, and specific environmental conditions play a determining role in shaping the fish community structure of these basins, and that protecting the sensitive habitats of these regions is essential for preserving the freshwater fish biodiversity of Iran.

Cite this article: Shatoei Gharenjeh, E., Eagderi, S., & Poorbagher, H. (2026). Biodiversity of freshwater fishes in the Persis and Hormuz basins. *Journal of Natural Environment*, 79 (3), 427-439.

DOI: <http://doi.org/10.22059/jne.2026.415890.2919>



© The Author(s).

Publisher: University of Tehran Press.

Introduction

Freshwater ecosystems cover less than 1% of the Earth's surface but support exceptionally high biodiversity due to their hydrological complexity, seasonal flow regimes, and diverse habitats. Freshwater fishes play essential ecological roles by regulating food webs, cycling nutrients, modifying habitats, and transferring energy between aquatic and terrestrial ecosystems. Their sensitivity to environmental changes also makes them valuable indicators of ecosystem health. Southern Iran, with its diverse river systems and numerous endemic fish species, provides an ideal setting for studying freshwater biodiversity, species adaptation, and evolution. Biodiversity is commonly assessed at three levels: alpha (within-community diversity), beta (between-community diversity), and gamma (regional diversity). Beta diversity, which measures differences in species composition among habitats, consists of two main components: species turnover (replacement of species) and nestedness (differences in species richness). Turnover reflects environmental, historical, or geographical differences, whereas nestedness is often associated with habitat degradation or environmental constraints. In freshwater ecosystems, beta diversity is particularly important for understanding ecological processes, identifying endemic species, evaluating historical biogeographic patterns, and assessing the impacts of habitat destruction, dams, pollution, invasive species, and climate change. The Persis and Hormuz drainage basins in southern Iran are ecologically significant but differ markedly in hydrological and environmental conditions. The Persis Basin, including the Dalaki and Helleh rivers, supports diverse fish communities and numerous endemic species, whereas the Hormuz Basin, represented by the Kol and Mehran rivers, contains species adapted to saline waters, low discharge, and restricted habitats. Previous studies have highlighted high levels of endemism and evolutionary significance in both basins, yet comprehensive analyses of fish community structure and beta diversity remain limited. This study aims to identify biodiversity hotspots and evaluate freshwater fish biodiversity in the Persis and Hormuz basins using beta diversity analysis, providing valuable information for conservation planning and future biodiversity monitoring.

Materials and Methods

The study was conducted in the Persis and Hormuz drainage basins in southern Iran, which, together with the Zohreh and Tigris basins, form the Persian Gulf drainage system. These river systems drain the southern slopes of the Zagros Mountains into the Persian Gulf. The Persis Basin includes the Helleh, Shapur, Dalaki, and Mond rivers in Bushehr and Fars provinces, while the Hormuz Basin comprises the Kol and Mehran rivers in Hormozgan Province. The Persis Basin ranks third in freshwater fish diversity in Iran, whereas the Hormuz Basin is recognized as the country's richest basin in terms of species richness and endemism. Fish sampling was conducted during 2025 (1404) using a SAMUS 750 electrofishing device. Sampling began from downstream sections to minimize fish movement. Captured specimens were identified in the field, allowed to recover in water-filled containers, and released after exhibiting normal swimming behavior. Geographic coordinates of sampling sites were recorded using a Garmin eTrex 30X GPS. Species occurrence data, including genus, species, and coordinates, were stored in MySQL 8.0.45, and duplicate records were removed. Beta diversity was calculated from species presence-absence data. Long-format occurrence data were converted into wide-format matrices, and Jaccard dissimilarity was used to quantify community differences. Following Legendre and De Cáceres (2013), the square root transformation of the Jaccard matrix was applied to obtain Euclidean distances. All analyses were performed in R using the *adespatial* package, enabling estimation of total beta diversity and its turnover and nestedness components, as well as spatial mapping of beta diversity across the two drainage basins.

Results

After removing duplicate records, the final dataset included 48 fish species belonging to 34 genera and 16 families. Of these, 31 species were recorded from the Persis Basin, including 14 exclusive species, while the Hormuz Basin contained 34 species, including 17 exclusive species. The two basins shared 17 species. The family Cyprinidae was the most species-rich family, and *Garra* and *Paraschistura* were the most diverse genera. Sampling sites were concentrated mainly in the western part of the study area (Persis Basin). Ten species, including *Acanthopagrus arabicus*, *Amatitlania nigrofasciata*, *Capoeta*

aculeata, *Capoeta raghazensis*, *Mesopotamichthys sharpeyi*, *Oreochromis niloticus*, *Oxynoemacheilus tongiorgii*, *Paraschistura hormuzensis*, *Planiliza subviridis* and *Xiphophorus hellerii*, were each recorded at only one sampling site. In contrast, *Capoeta saadii* was the most widespread species, occurring at 73 sampling locations. Among the 48 recorded species, eight were marine or brackish-water fishes that migrate through freshwater estuaries, including *Acanthopagrus arabicus*, *Boleophthalmus dussumieri*, *Periophthalmus waltoni*, *Scartelaos tenuis*, *Planiliza subviridis*, *Chanos chanos*, *Tenualosa ilisha* and *Planiliza abu*. Spatial analysis of beta diversity showed clear differences between the two drainage basins. Richness-related beta diversity (nestedness) was highest in the western part of the study area, particularly within the Persis Basin, whereas the Hormuz Basin contained relatively few biodiversity hotspots. The lowest nestedness values were observed in the northern part of the Hormuz Basin. The turnover component of beta diversity also reached its highest values in the Persis Basin, although spatial variation was less pronounced. The central region between the Persis and Hormuz basins exhibited the lowest species turnover, indicating relatively homogeneous fish communities. Overall, turnover contributed only a small proportion of total beta diversity. Patterns of total beta diversity closely resembled those of the nestedness component, with the Persis Basin containing the highest overall diversity and the greatest concentration of biodiversity hotspots, while the transitional zone between the two basins showed consistently low beta diversity.

Discussion and Conclusion

This study revealed significant spatial variation in freshwater fish communities between the Persis and Hormuz drainage basins, with biodiversity hotspots concentrated mainly in the Persis Basin. Beta diversity was driven primarily by the nestedness (species richness) component, indicating that poorer communities were generally subsets of richer ones rather than possessing entirely different species assemblages. This pattern suggests that environmental filtering, including salinity, seasonal flow variability, and habitat degradation, is the main factor shaping fish distributions. The widespread occurrence of *Capoeta saadii* supports the idea that dispersal is possible, while environmental conditions determine species persistence. Species turnover was relatively low, reflecting the large number of shared species between the two basins, although the Hormuz Basin still supports several highly endemic species with restricted distributions. The results emphasize the conservation importance of species-rich habitats, particularly in the Persis Basin. Future studies should increase sampling effort in the Hormuz Basin and investigate the effects of climate change, habitat degradation, and human activities to improve biodiversity conservation and management.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Ethical considerations

The authors avoided data fabrication, falsification, and plagiarism, and any form of misconduct.

CRedit authorship contribution statement

All authors contributed equally to the conceptualization of the article and writing of the original and subsequent drafts.

Data availability statement

Data available on request from the authors.

Acknowledgements

The authors would like to thank anonymous reviewers for their valuable suggestions in manuscript revision.

تنوع زیستی ماهیان آب شیرین حوضه‌های آبریز پرسیس و هرمز

احسان شاطویی قارنجه^۱ | سهیل ایگدری^۲ | هادی پورباقر^۳

۱. گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: ehsan.shatoei@ut.ac.ir
۲. نویسنده مسئول، گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: soheil.eagderi@ut.ac.ir
۳. گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. رایانامه: poorbagher@ut.ac.ir

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله پژوهشی	حوضه‌های آبریز پرسیس و هرمز در جنوب ایران، به دلیل شرایط هیدرولوژیک و زیست‌جغرافیایی، از مهم‌ترین زیستگاه‌های ماهی‌های آب شیرین کشور به‌شمار می‌روند. هدف این پژوهش، بررسی الگوهای تنوع بتای ماهی‌های آب شیرین و شناسایی نقاط داغ تنوع زیستی در این دو حوضه بود. نمونه‌برداری با استفاده از دستگاه صید الکتریکی در رودخانه‌های مختلف دو حوضه در سال ۱۴۰۴ انجام شد و داده‌های حضور گونه‌ها پس از حذف موارد تکراری، در قالب ماتریس حضور-عدم حضور تحلیل گردید. برای محاسبه تنوع بتا از شاخص جاکارد و تجزیه آن به مؤلفه‌های جایگزینی گونه‌ای و تفاوت غنا با استفاده از بسته <i>adespatial</i> در نرم‌افزار R استفاده شد. نتایج نشان داد که جوامع ماهی‌ها در دو حوضه دارای ناهمگونی زیستی بالایی هستند و هر دو مؤلفه جایگزینی گونه‌ای و تفاوت غنا در شکل‌گیری الگوهای تنوع، نقش مهمی دارند. نمونه‌های شناسایی شده متعلق به ۱۶ خانواده، ۳۴ جنس و ۴۸ گونه بود. گونه <i>Capoeta saadii</i> با حضور در ۷۳ ایستگاه، فراوان‌ترین گونه منطقه بود، در حالی که ۱۰ گونه تنها در یک ایستگاه ثبت شدند که بیانگر پراکنش محدود و آسیب‌پذیری بالای آنها است. تنوع بتای ناشی از غنای گونه‌ای و تنوع بتای کل، بیشترین مقدار را در حوضه پرسیس و کمترین مقدار را در حوضه هرمز نشان دادند، در حالی که سهم مؤلفه جایگزینی گونه‌ای در تنوع بتای کل ناچیز بود. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که تفاوت‌های هیدرولوژیک، انزوای جغرافیایی و شرایط محیطی خاص، نقش تعیین‌کننده‌ای در ساختار جوامع ماهی‌های این حوضه‌ها دارند و حفاظت از زیستگاه‌های حساس این مناطق برای حفظ تنوع زیستی ماهی‌های آب شیرین ایران ضروری است.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۵/۰۳/۱۴	
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۵/۰۴/۱۵	
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۴/۲۴	
کلیدواژه‌ها:	
تنوع بتا،	
تنوع زیستی،	
حوضه پرسیس،	
حوضه هرمز،	
ماهیان آب شیرین.	

استاد: شاطویی قارنجه، احسان؛ ایگدری، سهیل؛ و پورباقر، هادی (۱۴۰۵). تنوع زیستی ماهیان آب شیرین حوضه‌های آبریز پرسیس و هرمز. محیط زیست طبیعی،

۷۹ (۳)، ۴۳۹-۴۲۷.

DOI: <http://doi.org/10.22059/jne.2026.415890.2919>



© نویسندگان.

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

مقدمه

اکوسیستم‌های آب شیرین، با پوشش کمتر از یک درصد سطح زمین، از نظر تنوع زیستی بسیار مهم‌اند. ویژگی‌های هیدرولوژیک متنوع، جریان‌های فصلی و زیستگاه‌های متفاوت این اکوسیستم‌ها، زمینه‌ساز تکامل و سازگاری گونه‌های آبرزی شده‌است (Dudgeon et al., 2006). ماهی‌های آب شیرین به‌عنوان گروه شاخص، نقش مهمی در شبکه غذایی، چرخه انرژی و پایداری اکوسیستم‌ها دارند و حساسیت آنها نسبت به تغییرات محیطی، آنها را به شاخص‌های محیط‌زیستی ارزشمندی تبدیل کرده‌است (Balian et al., 2008; Winemiller et al., 2016). مناطق با تنوع هیدرولوژیک و زیستگاهی بالا، مانند رودخانه‌ها و تالاب‌های جنوب ایران، میزبان جوامع ماهی متنوع و گونه‌های بوم‌زاد (Endemic) هستند و مطالعه آنها به درک بهتر تنوع گونه‌ای، سازگاری و تکامل ماهی‌ها کمک می‌کند (Esmaeili, 2021). ماهی‌های آب شیرین نقشی حیاتی در سلامت و پایداری زیست‌بوم‌های داخلی ایفا می‌کنند. آنها با تنظیم شبکه‌های غذایی از طریق کنترل جمعیت گونه‌های مختلف (کنترل بالا به پایین)، جابجایی مواد مغذی مانند نیتروژن و فسفر در لایه‌های مختلف آب و بستر (چرخه مواد مغذی) و تغییر فیزیکی زیستگاه‌ها حین لانه‌سازی یا تغذیه، توازن محیط را حفظ می‌کنند. حضور این ماهی‌ها نه تنها به‌عنوان شاخص‌های زیستی برای سنجش سلامت و آلودگی آب‌ها عمل می‌کند، بلکه با انتقال انرژی بین محیط‌های آبی و خشکی، پیوندی ناگسستنی میان اکوسیستم‌های مختلف ایجاد کرده و بقای سایر جانداران وابسته را تضمین می‌کند. بنابراین، حذف یا کاهش جمعیت این ماهی‌ها می‌تواند به فروپاشی زنجیره‌های غذایی، افت کیفیت آب و تخریب کل ساختار اکوسیستم‌های آب شیرین منجر شود.

تنوع زیستی شامل تنوع گونه‌ای یا آلفا (α -diversity)، تنوع بین‌منطقه‌ای یا بتا (β -diversity) و تنوع کل اکوسیستم‌ها یا گاما (γ -diversity) است (Magurran, 2004). تنوع بتا نشان می‌دهد ترکیب گونه‌ها بین دو یا چند زیستگاه چقدر با هم تفاوت دارد و معمولاً به دو مؤلفه اصلی تقسیم می‌شود: مؤلفه جانشینی (Replacement or turnover) و مؤلفه تفاوت غنا (Richness or nestedness). مثلاً اگر یک رودخانه دارای چند گونه باشد اما رودخانه دیگر چند گونه متفاوت از رودخانه اول داشته باشد، این تفاوت ناشی از جایگزینی گونه‌هاست. اگر در رودخانه دوم زیر مجموعه‌ای از گونه‌های رودخانه اول وجود داشته باشد، این ناشی از کاهش گونه‌هاست نه جایگزین شدن آنها. جایگزینی معمولاً بازتاب تفاوت‌های محیطی، اقلیمی، تاریخی یا موانع جغرافیایی است. تفاوت در غنا به عواملی مانند تخریب زیستگاه، فشار انسانی یا شرایط محیطی محدودکننده مرتبط است. در اکوسیستم‌های آب شیرین، تنوع بتا اهمیت ویژه‌ای دارد زیرا نشان‌دهنده تفاوت ترکیب گونه‌ها میان زیستگاه‌ها و زیرحوضه‌ها است و اطلاعات ارزشمندی درباره فرآیندهای اکولوژیک، موانع طبیعی و تأثیرات انسانی ارائه می‌دهد (Legendre and De Cáceres, 2013). بررسی تنوع بتا امکان مقایسه جوامع ماهی‌ها، شناسایی گونه‌های بوم‌زاد و تحلیل پراکنش تاریخی آنها را فراهم می‌کند. همچنین بررسی آن امکان درک تأثیر عواملی مانند تخریب زیستگاه، سدسازی، آلودگی، گونه‌های مهاجم و تغییرات اقلیمی را بر ساختار جوامع فراهم می‌کند. اگر تنوع بتا کاهش یابد، نشان‌دهنده همگن شدن زیستی است که به تغییر یا از دست رفتن سازوکار اکولوژیک مناطق مختلف منجر می‌شود. در نتیجه، مطالعه تنوع زیستی و به‌ویژه تنوع بتا، ابزاری کلیدی برای برنامه‌ریزی حفاظت، مدیریت منابع آب و حفظ پایداری اکوسیستم‌های آب شیرین محسوب می‌شود.

ایران دارای تنوع بالایی از ماهیان آب‌های شیرین است (Mouludi-Saleh et al., 2022). حوضه‌های آبریز پرسیس و هرمز در جنوب ایران، بخشی از شبکه‌های رودخانه‌ای منتهی به خلیج فارس و تنگه هرمز هستند و از نظر محیط‌زیستی و زیست‌جغرافیایی اهمیت ویژه‌ای دارند. حوضه پرسیس شامل رودخانه‌های دالکی و حله است که با جریان‌های متغیر فصلی و زیستگاه‌های متنوع، میزبان جوامع ماهی غنی و گونه‌های بوم‌زاد است (Esmaeili et al., 2014). حوضه هرمز با رودخانه‌های کل و مهران، به‌دلیل شوری بالای آب، جریان کم و زیستگاه‌های محدود، گونه‌های سازگار با شرایط خاص را در خود جای داده است (Teimori and Esmaeili, 2020). تفاوت‌های هیدرولوژیک، فیزیکی-شیمیایی آب و پوشش گیاهی موجب اختلاط ترکیب جوامع ماهی میان این دو حوضه شده است. با وجود اهمیت این حوضه‌ها، بررسی جامع ترکیب جوامع ماهی، شاخص‌های تنوع زیستی و عوامل محیطی مؤثر در حوضه‌های پرسیس و هرمز تاکنون انجام نشده است. تغییرات اقلیمی، بهره‌برداری انسانی و توسعه‌های زیربنایی می‌تواند به سرعت الگوهای تنوع زیستی را تغییر دهند و تهدیدی برای گونه‌های بومی ایجاد کنند. Esmaeili و همکاران (۲۰۱۵) در مطالعه‌ای بر روی حوضه آبریز پرسیس، ۴۴ گونه ماهی آب شیرین را در ۳۴ جنس و ۱۴ خانواده گزارش کردند و نشان دادند که

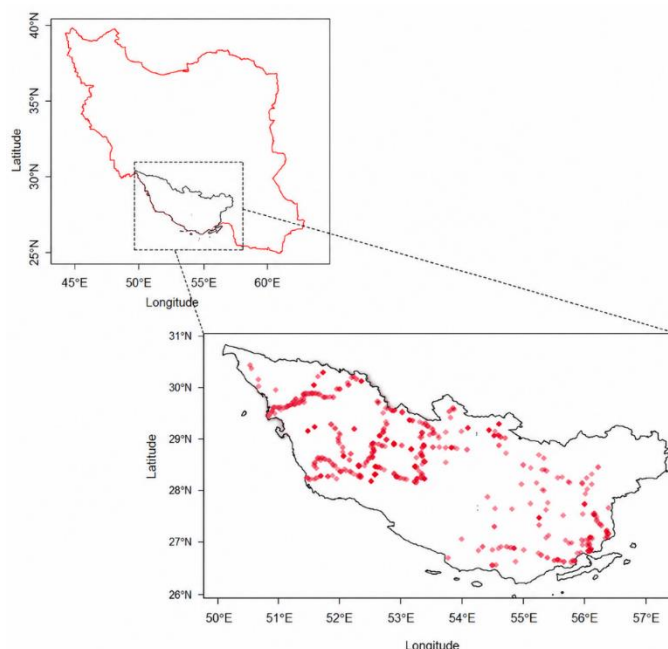
۲۵ درصد این گونه‌ها بومی‌اند؛ یافته‌ای که نقش تاریخی طولانی اتصال و جدایی آب‌های شیرین و شور، تنوع زیستگاه‌ها و نوسانات زمین‌شناختی را در شکل‌گیری این تنوع برجسته می‌کند. در حوضه هرمز نیز Teimori و Esmaili (۲۰۲۰) این حوضه را یک ریزکانون تنوع زیستی برای واگرایی خانواده Aphaniidae دانسته‌اند و بالاترین تنوع و بومی‌گرایی را در میان برخی گروه‌های ماهیان ایرانی برای آن گزارش کردند. افزون بر این، توصیف گونه‌های بومی مانند *Iranocichla persa* از زهکش‌های منتهی به تنگه هرمز (Esmaili et al., 2016) و *Garra hormuzensis* از زهکش رودخانه کل (Zamani-Faradonbe et al., 2021) نشان می‌دهد که این ناحیه از نظر تکاملی و حفاظتی اهمیت ویژه‌ای دارد. هدف اصلی این مطالعه، تعیین نقاط داغ (hotspot) تنوع زیستی و بررسی وضعیت تنوع زیستی ماهی‌های آب شیرین در حوضه‌های پرسیس و هرمز با محاسبه تنوع بتا است. نتایج این مطالعه می‌تواند برای حفاظت ماهی‌های آب شیرین و همچنین مقایسه تنوع زیستی آن در آینده با وضعیت امروز مورد استفاده قرار گیرد.

روش‌شناسی پژوهش

ناحیه مورد مطالعه: حوضه‌های آبریز پرسیس و هرمز، همراه با حوضه‌های زهره و تیگریس، سامانه آبریز خلیج فارس را تشکیل می‌دهند (شکل ۱) و رودخانه‌های دامنه‌های جنوبی رشته‌کوه زاگرس را به‌سوی خلیج فارس زهکشی می‌کنند (Coad, 2021). حوضه پرسیس شامل رودخانه‌های حله، شاپور، دالکی و مند واقع در استان‌های بوشهر و فارس و حوضه هرمز شامل رودخانه‌های کل و مهران واقع در استان هرمزگان است (Esmaili et al., 2015). حوضه پرسیس رتبه سوم تنوع زیستی ماهی‌های ایران را دارد، درحالی‌که حوضه هرمز از نظر غنای گونه‌ای و میزان بومی‌گرایی (Endemism)، غنی‌ترین حوضه آبریز ایران محسوب می‌شود (Teimori and Esmaili, 2020).

نمونه‌برداری: صید ماهی‌ها در رودخانه‌های حوضه‌های پرسیس و هرمز در سال ۱۴۰۴ با استفاده از دستگاه صید الکتریکی (SAMUS 750) انجام شد. به‌منظور جلوگیری از جابجایی ماهی‌ها، نمونه‌گیری از پایین‌دست رودخانه‌ها انجام گرفت. نمونه‌ها در محل صید براساس کلید شناسایی (Eagderi et al., 2022) شناسایی شدند و سپس در تشتی در کنار محل صید قرار گرفتند. پس از به‌هوش آمدن و نشان دادن رفتار شناکردن طبیعی، ماهی‌ها آزاد شدند. طول و عرض جغرافیایی نقاط نمونه‌گیری با استفاده از دستگاه GPS (Garmin eTrex 30X, Taiwan) ثبت شد. داده‌های مربوط به حضور ماهی، از جمله جنس، گونه و طول و عرض جغرافیایی، در برنامه MySQL (نسخه 8.0.45) وارد شد و موارد تکراری برای ترکیبی از جنس، گونه، طول و عرض جغرافیایی حذف شدند.

محاسبه تنوع بتا: داده‌های مکانی مربوط به حضور ماهی دارای ساختار طولی (Long) بودند. برای محاسبه تنوع بتا، این داده‌ها به فرم عرضی (wide) تبدیل شدند. برای محاسبه تنوع بتا، از ماتریس شباهت جاکارد بهره گرفته شد. از آنجا که این ماتریس ناقلیدسی است، Legendre و De Cáceres (۲۰۱۳) پیشنهاد کرده‌اند که قبل از محاسبه تنوع بتا، ریشه دوم این ماتریس گرفته شود تا ماتریس به فرم اقلیدسی درآید. محاسبات ماتریس جاکارد، ریشه دوم و تنوع بتا با استفاده از بسته‌های spatial adespatial انجام شد (Dray et al., 2018). به این ترتیب، مقدار تنوع ناشی از جایگزینی و تفاوت غنا برای هر دو حوضه پرسیس و هرمز و نیز نقاط نمونه‌برداری محاسبه گردید. برای ترسیم نقشه تنوع بتا در حوضه‌های مورد مطالعه از برنامه R استفاده شد (R Core Team, 2022).



شکل ۱- منطقه مورد مطالعه در جنوب ایران: نقاط نمونه‌برداری در حوضه‌های پرسیس و هرمز
Figure 1. Study area in southern Iran: sampling sites in the Persis and Hormuz basins

یافته‌های پژوهش

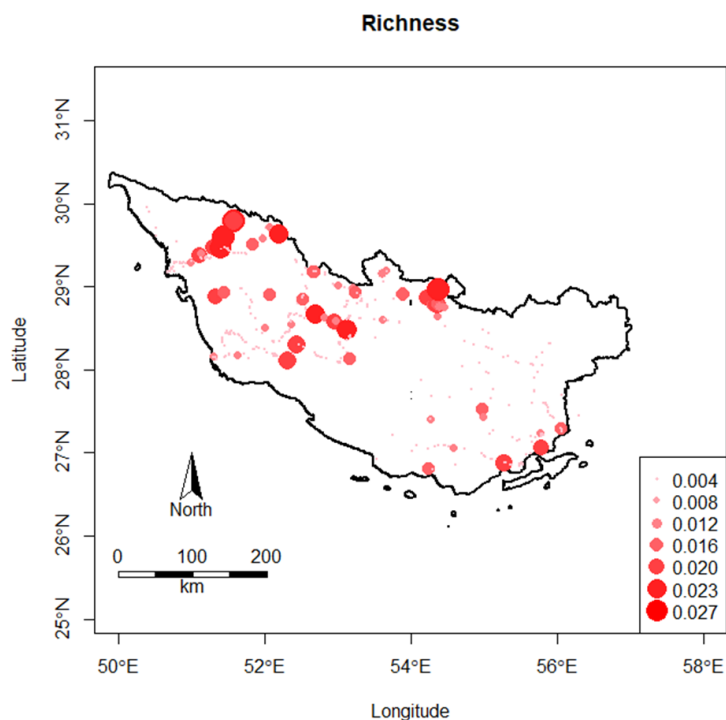
نقاطی که هر گونه در آن نمونه‌برداری گردید در شکل ۱ نشان داده شده است. این نقاط پس از حذف نقاط تکراری برای تحلیل مورد استفاده قرار گرفته‌اند. نمونه‌های شناسایی شده متعلق به ۱۶ خانواده، ۳۴ جنس و ۴۸ گونه بود. سهم حوضه پرسیس در این مطالعه ۳۱ گونه با ۱۴ گونه انحصاری و حوضه هرمز ۳۴ گونه با ۱۷ گونه انحصاری بود. تعداد گونه‌های مشترک دو حوضه نیز ۱۷ گونه بود (جدول ۱). خانواده Cyprinidae (با ۱۷ گونه) غنی‌ترین خانواده و جنس‌های *Garra* و *Paraschistura* (هرکدام با ۴ گونه) مشترکاً غنی‌ترین جنس‌ها در این مطالعه بودند. بیشترین نقاط نمونه‌برداری در غرب منطقه مورد مطالعه (حوضه پرسیس) مشاهده شد. کمترین فراوانی نقاط حضور مربوط بود به *Amatitlania nigrofasciata*، *Acanthopagrus arabicus*، *Oreochromis niloticus*، *Mesopotamichthys sharpeyi*، *Capoeta raghazensis*، *Capoeta aculeata* که فراوانی نقطه حضور آنها یک بود. فراوان‌ترین تعداد نقاط حضور مربوط به *Capoeta saadii* بود که در ۷۳ نقطه دیده شد. از مجموع ۴۸ گونه شناسایی شده، ۸ گونه شامل *Boleophthalmus dussumieri*، *Acanthopagrus arabicus*، *Planiliza subviridis*، *Paraschistura hormuzensis*، *Oxynoemacheilus tongiorgii*، *Planiliza abu* جزو گونه‌های آب شور یا لب‌شور هستند که در مصب رودخانه‌های آب شیرین و در بین زیستگاه‌های مختلف در حال مهاجرت هستند.

در شکل ۲ تنوع بتای ناشی از تفاوت غنا در حوضه‌های پرسیس و هرمز نشان داده شده است. اطلاعات موجود در تصویر برای نقاط نمونه‌برداری می‌باشد. بیشترین تنوع بتای ناشی از غنای گونه‌ای در غرب منطقه مورد مطالعه (حوضه پرسیس) مشاهده شد و حوضه هرمز دارای نقاط داغ به مراتب کمتری بود. در قسمت شمالی حوضه هرمز کمترین مقدار تنوع بتای ناشی از غنای گونه‌ای مشاهده شد.

جدول ۱- فهرست گونه‌های ماهیان شناسایی شده، پراکنش و تعداد آنها

Table 1. List of identified fish species, their distribution, and abundance

خانواده	جنس	گونه	پرسیس	هرمز
Aphaniidae	<i>Aphaniops</i>	<i>Aphaniops hormuzensis</i>	0	17
		<i>Aphaniops stoliczkanus</i>	23	1
	<i>Esmaeilius</i>	<i>Esmaeilius darabensis</i>	0	11
		<i>Esmaeilius sophiae</i>	0	6
Bagridae	<i>Mystus</i>	<i>Mystus cyrusi</i>	0	2
Chanidae	<i>Chanos</i>	<i>Chanos chanos</i>	0	7
Cichlidae	<i>Amatitlania</i>	<i>Amatitlania nigrofasciata</i>	0	1
	<i>Coptodon</i>	<i>Coptodon zillii</i>	0	3
	<i>Iranocichla</i>	<i>Iranocichla hormuzensis</i>	0	41
	<i>Oreochromis</i>	<i>Oreochromis niloticus</i>	1	0
Clupeidae	<i>Tenuulosa</i>	<i>Tenuulosa ilisha</i>	2	0
Cyprinidae	<i>Arabibarbus</i>	<i>Arabibarbus grypus</i>	38	10
		<i>Capoeta aculeata</i>	1	0
	<i>Capoeta</i>	<i>Capoeta raghazensis</i>	0	1
		<i>Capoeta saadii</i>	55	18
		<i>Carasobarbus luteus</i>	35	7
	<i>Carassius</i>	<i>Carassius auratus</i>	13	0
	<i>Cyprinion</i>	<i>Cyprinion macrostomum</i>	1	1
		<i>Cyprinion tenuiradius</i>	45	5
		<i>Cyprinion watsoni</i>	0	13
	<i>Cyprinus</i>	<i>Cyprinus carpio</i>	1	11
		<i>Garra hormuzensis</i>	0	7
	<i>Garra</i>	<i>Garra mondica</i>	32	3
		<i>Garra persica</i>	0	4
		<i>Garra rufa</i>	22	3
		<i>Luciobarbus barbulus</i>	49	1
	<i>Mesopotamichthys</i>	<i>Mesopotamichthys sharpeyi</i>	1	0
	<i>Paracapoeta</i>	<i>Paracapoeta mandica</i>	29	0
Danionidae	<i>Barilius</i>	<i>Barilius mesopotamicus</i>	27	0
Gobiidae	<i>Boleophthalmus</i>	<i>Boleophthalmus dussumieri</i>	6	8
	<i>Periophthalmus</i>	<i>Periophthalmus waltoni</i>	3	4
	<i>Scartelaos</i>	<i>Scartelaos tenuis</i>	0	2
Gobionidae	<i>Pseudorasbora</i>	<i>Pseudorasbora parva</i>	3	0
Leuciscidae	<i>Acanthobrama</i>	<i>Acanthobrama persidis</i>	20	6
	<i>Alburnus</i>	<i>Alburnus sellal</i>	53	5
Mastacembelidae	<i>Mastacembelus</i>	<i>Mastacembelus mastacembelus</i>	18	0
Mugilidae	<i>Planiliza</i>	<i>Planiliza abu</i>	10	10
		<i>Planiliza subviridis</i>	1	0
Nemacheilidae	<i>Oxynoemacheilus</i>	<i>Oxynoemacheilus persa</i>	4	1
		<i>Oxynoemacheilus tongiorgii</i>	0	1
	<i>Paraschistura</i>	<i>Paraschistura delvarii</i>	2	0
		<i>Paraschistura hormuzensis</i>	0	1
		<i>Paraschistura naumanni</i>	0	2
		<i>Paraschistura nielsenii</i>	3	0
Poeciliidae	<i>Gambusia</i>	<i>Gambusia holbrooki</i>	7	2
	<i>Xiphophorus</i>	<i>Xiphophorus hellerii</i>	0	1
Sisoridae	<i>Glyptothorax</i>	<i>Glyptothorax shapuri</i>	11	0
Sparidae	<i>Acanthopagrus</i>	<i>Acanthopagrus arabicus</i>	1	0

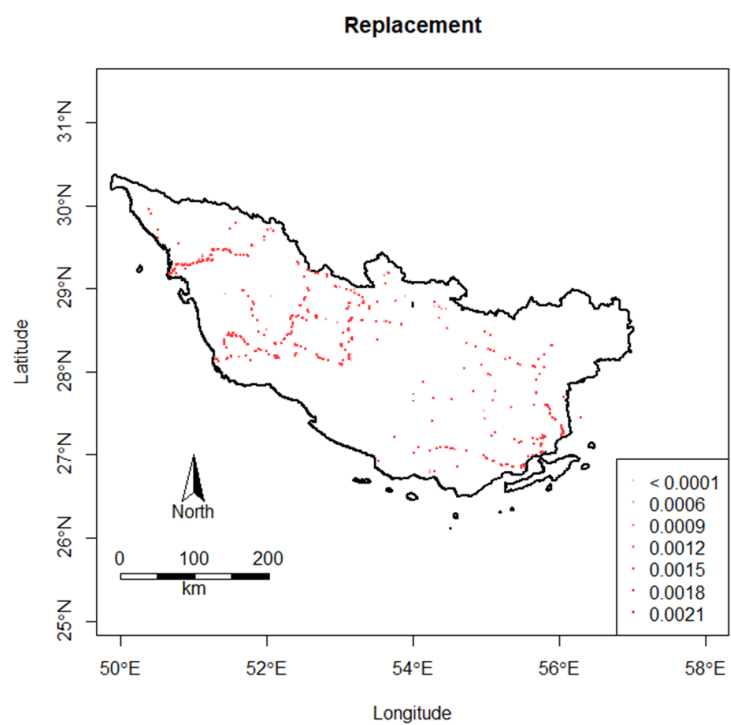


شکل ۲- تنوع بتا ناشی از تفاوت غنا در حوضه‌های پرسیس و هرمز در نقاط نمونه‌برداری

Figure 2. Beta diversity resulting from differences in species richness across the Persis and Hormuz basins at the sampling sites

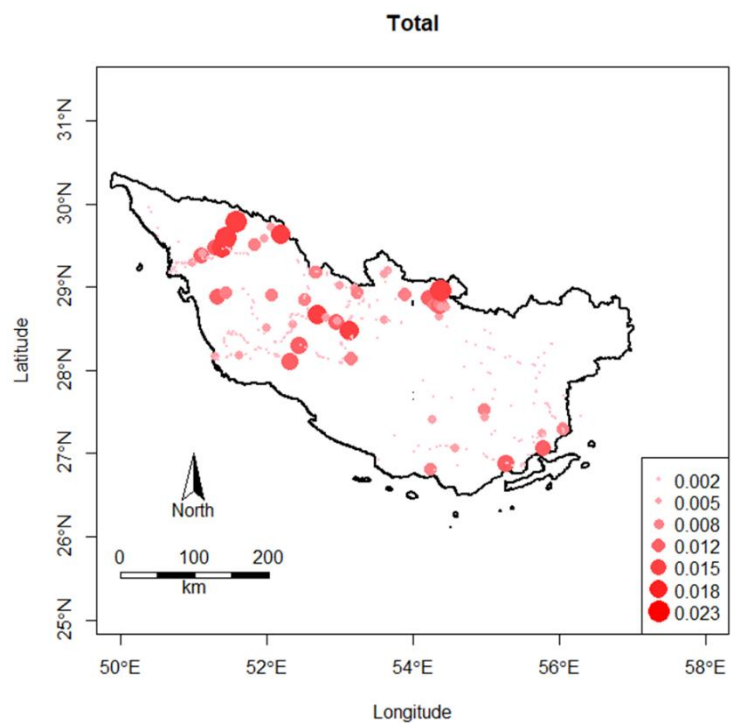
در شکل ۳ تفاوت غنای ناشی از جایگزینی گونه‌ها در حوضه‌های پرسیس و هرمز نشان داده شده‌است. اطلاعات موجود در تصویر برای نقاط نمونه‌برداری می‌باشد. درباره این مؤلفه از تنوع بتا، مناطق غربی منطقه مورد مطالعه (حوضه پرسیس) مقادیر بالاتری را نشان داد. البته این تغییر چندان محسوس نبود. ناحیه میانی منطقه مورد مطالعه یعنی حدفاصل بین حوضه‌های پرسیس و هرمز کمترین مقادیر تنوع بتا براساس جایگزینی گونه‌ها را نشان داد. تنوع بتای ناشی از جایگزینی گونه‌ها سهم بسیار اندکی از تنوع بتای کل را ایفا نمود.

در شکل ۴ مقدار تنوع بتای کل در حوضه‌های پرسیس و هرمز نشان داده شده‌است. اطلاعات موجود در تصویر برای نقاط نمونه‌برداری می‌باشد. همانند تنوع بتای ناشی از غنای گونه‌ای، ناحیه غربی منطقه مورد مطالعه (حوضه پرسیس) دارای بیشترین تنوع کل بوده و نقاط داغ تنوع بتا در این ناحیه بسیار بیشتر از ناحیه شرقی (حوضه هرمز) بود. همچنین در حدفاصل بین شرق و غرب منطقه مورد مطالعه، تنوع بتای کل بسیار پایینی مشاهده شد.



شکل ۳- تنوع بتا ناشی از جایگزینی در حوضه‌های پرسیس و هرمز در نقاط نمونه‌برداری

Figure 3. Beta diversity resulting from species turnover across the Persis and Hormuz basins at the sampling sites



شکل ۴- مقدار تنوع بتا کل در حوضه‌های پرسیس و هرمز در نقاط نمونه‌برداری

Figure 4. Total beta diversity across the Persis and Hormuz basins at the sampling sites

بحث و نتیجه‌گیری

این مطالعه نشان داد که ترکیب جوامع ماهی‌های آب شیرین دارای تفاوت‌هایی در منطقه مورد مطالعه هستند به این صورت که مناطق داغ تنوع زیستی ماهی‌های آب شیرین بیشتر در غرب منطقه مورد مطالعه (حوضه پرسیس) متمرکز بوده‌اند. این تفاوت‌ها بیشتر از طریق تنوع بتای ناشی از غنای گونه‌ای قابل مشاهده بود. وقتی مؤلفه غنا غالب است، یعنی جوامع ماهی‌ها در زیرحوضه‌ها یا رودخانه‌های مختلف بیشتر به صورت الگوی زیرمجموعه‌ای (Nestedness) سازمان یافته‌اند. به این معنا که برخی سایت‌ها نسخه فقیرتر سایت‌های غنی‌تر هستند، نه اینکه ترکیب کاملاً متفاوتی از گونه‌ها داشته باشند. چنین وضعیتی معمولاً نشان‌دهنده این است که فیلترهای محیطی (شوری، دما، دبی، خشکی فصلی) باعث حذف تدریجی برخی گونه‌ها شده‌اند. همچنین تخریب زیستگاه یا فشار انسانی موجب کاهش تعداد گونه‌ها در برخی مناطق شده‌است. افزون بر این، اتصال بین رودخانه‌ها اجازه داده ترکیب گونه‌ای مشابهی شکل بگیرد، اما همه گونه‌ها در همه جا قادر به بقا نبوده‌اند. این برداشت تا حدی توسط یافته‌های Esmaeili و همکاران (۲۰۱۵)، مبنی بر اینکه کپورماهی‌ها فون غالب این منطقه هستند، قابل توجیه است. در مطالعه حاضر هم خانواده کپورماهیان و در رأس آن گونه *Capoeta saadii* پراکنش مکانی وسیعی داشتند. این مطلب اشاره به امکان جابجایی گونه‌ها در این منطقه را داشت و این ایده را پیشنهاد داد که بیشتر شرایط محیطی محدودکننده حضور گونه‌ها در این منطقه است. تنوع بتای بالاتر ناشی از غنای گونه‌ای در غرب منطقه مورد مطالعه (حوضه پرسیس) می‌تواند با تنوع بیشتر زیستگاهی، جریان‌های فصلی متغیر و شبکه رودخانه‌ای گسترده‌تر این حوضه توضیح داده شود. حوضه پرسیس با ۳۱ گونه شناسایی شده نشان داد از پیچیدگی ساختاری بالایی برخوردار است که این امر می‌تواند در تنوع بتای محاسبه شده بازتاب پیدا کرده باشد. در مقابل، رژیم هیدرولوژیک ناپایدار و شوری بالای آب در حوضه هرمز منجر به غربال محیطی شدیدتر و جوامع ماهی ساده‌تری شده است (Teimori and Esmaeili, 2020).

تنوع بتا ناشی از جایگزینی گونه‌ای در سراسر منطقه مورد مطالعه اندک بود. این پایین بودن می‌تواند نشان‌دهنده این باشد که گونه‌هایی که بین شرق و غرب منطقه کاملاً متمایز باشند چندان زیاد نیستند یعنی گونه‌های مشترک زیادی در سراسر این منطقه وجود دارند. همچنین، موانع فیزیکی شدیدی در منطقه مورد مطالعه وجود نداشته که منجر به جدایی جغرافیایی و تکامل جداگانه تعداد زیادی از گونه‌ها در شرق و غرب این منطقه شود. نکته جالب توجه این است که با وجود پایین بودن تنوع بتای ناشی از جایگزینی، بومی‌گرایی در این منطقه وجود دارد. بخش شرقی منطقه (حوضه هرمز) با در اختیار داشتن چهار گونه انحصاری از خانواده Aphaniidae دارای بالاترین نرخ بومی‌گرایی در میان حوضه‌های ایران است (Teimori and Esmaeili, 2020). در این رابطه مطالعه حاضر هم نشان داد که برخی از گونه‌ها دارای پراکنش بسیار محدود بوده و منحصر به یک نقطه نمونه‌برداری بودند نظیر *C. raghazensis* و *P. hormuzensis*. این گونه‌ها احتمالاً زیستگاه‌های تخصصی دارند که آنها را در برابر تغییرات محیطی آسیب‌پذیر می‌سازد. بنابراین کم بودن تنوع بتای ناشی از جایگزینی به معنای عدم وجود بومی‌گرایی نیست. مسئله دیگری که می‌تواند بر نتایج به دست آمده تأثیر گذار باشد تراکم نقاط نمونه‌برداری در بخش غربی منطقه مطالعاتی (حوضه پرسیس) است که تا حدی ناشی از دسترسی آسان‌تر به زیستگاه‌های این ناحیه بود. به دست آوردن نمونه بدون تورش علاوه بر طرح آزمایش و برنامه‌ریزی‌های ابتدایی، متأثر از عوامل لجستیکی نیز می‌باشد. دورافتادگی نقاط نمونه‌برداری در حوضه هرمز و دشواری رسیدن به آنها بعید نیست که بر برآورد تنوع بتا در مطالعه حاضر تأثیر گذار باشد. نمونه‌برداری گسترده‌تر در مناطق شرقی (حوضه هرمز) برای درک کامل‌تر الگوهای تنوع در این منطقه برای مطالعات آتی پیشنهاد می‌شود.

از آنجا که تنوع بتا عمدتاً ناشی از تفاوت در غنای گونه‌ای بود، مناطق یا زیرحوضه‌هایی که تعداد گونه‌های بیشتری را در خود جای داده‌اند، از اهمیت حیاتی برخوردارند. این مناطق می‌توانند پناهگاه گونه‌های نادر یا در معرض خطر باشند و حفاظت از آنها تضمین‌کننده بقای طیف وسیعی از گونه‌ها در کل حوضه است. فشارهای محیطی که منجر به کاهش غنای گونه‌ای در برخی مناطق می‌شوند، نیازمند رویکردی جامع در مدیریت کل حوضه هستند. کاهش غنای گونه‌ای در برخی مناطق می‌تواند ناشی از عملکرد انسان بوده و نشانه‌ای از تخریب زیستگاه باشد. از این رو مطالعات بعدی می‌توانند بر روی دلایل تغییرات تنوع زیستی در نقاطی که مطالعه حاضر آن را اندازه گیری کرد، تمرکز نمایند و پیشنهادهایی برای حفظ یا حتی افزایش تنوع زیستی در آن نقاط ارائه دهند. اجرای پروژه‌های احیای زیستگاه، مانند بازگرداندن جریان طبیعی رودخانه‌ها، بهبود کیفیت آب و احیای پوشش گیاهی

حاشیه رودها، می‌تواند به بازگشت گونه‌های از دست‌رفته کمک کند. درک بهتر دلایل علمی پشت این الگوهای تنوع (مانند نقش دقیق تغییرات اقلیمی، سدسازی‌ها، یا الگوهای پراکنش تاریخی گونه‌ها) می‌تواند به طراحی راهکارهای حفاظتی مؤثرتر منجر شود. حفاظت مؤثر از ماهی‌های آب شیرین نیازمند همکاری بین سازمان‌های دولتی (مانند سازمان شیلات، سازمان حفاظت محیط‌زیست و وزارت نیرو)، جوامع محلی و پژوهشگران است. افزایش آگاهی عمومی در مورد اهمیت تنوع زیستی ماهی‌ها و نقش آنها در اکوسیستم، می‌تواند به جلب حمایت برای اقدامات حفاظتی کمک کند. رویکرد به‌کارگرفته‌شده در این پژوهش، امکان تمایز میان دو مکانیسم اصلی تغییر ترکیب جوامع را فراهم ساخت و نشان داد که دو فرآیند غنای گونه‌ای و جایگزینی گونه‌ها به مقدار نامساوی در شکل‌گیری الگوهای تنوع زیستی این دو حوضه نقش دارند. این مطالعه می‌تواند به‌عنوان مبنای پایه‌ای برای پایش تأثیرات تغییرات اقلیمی، بهره‌برداری انسانی و توسعه‌های زیربنایی بر تنوع زیستی ماهی‌های این حوضه‌ها در آینده مورد استفاده قرار گیرد.

ملاحظات اخلاقی

حامی مالی

مقاله حاضر با حمایت مالی و معنوی معاونت پژوهشی دانشگاه تهران انجام شد.

مشارکت نویسندگان

نویسندگان به‌طور مساوی در کلیه مراحل طراحی و انجام پژوهش، گردآوری داده‌ها، تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها، تحلیل و تفسیر اطلاعات و نتایج، تهیه پیش‌نویس مقاله، بررسی و کنترل نتایج، اصلاح، بازبینی و نهایی‌سازی مقاله مشارکت داشتند.

تعارض منافع

بنا بر اظهار نویسندگان این مقاله تعارض منافع ندارد.

بیانیه دسترسی به داده‌ها

داده‌های پژوهش حاضر از طریق درخواست از نویسندگان (نویسنده مسئول) قابل دسترسی است.

سپاسگزاری

از داوران محترم به‌خاطر ارائه نظرات ساختاری و علمی سپاسگزاری می‌شود.

References

- Balian, E.V., Segers, H., Lévêque, C., Martens, K., 2008. The Freshwater Animal Diversity Assessment: An overview of the results. *Hydrobiologia* 595(1), 627-637.
- Coad, B.W., 2021. Freshwater Fishes of Iran. Available at: <http://www.briancoad.com> (accessed 6 July 2026).
- Dray, S., Blanchet, G., Borcard, D., Guénard, G., Jombart, T., Larocque, G., Legendre, P., Madi, N., Wagner, H.H., 2018. *adespatial: Multivariate Multiscale Spatial Analysis*. R package version 0.3-8. Available at: <https://CRAN.R-project.org/package=adespatial>
- 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., Sullivan, C.A., 2006. Freshwater biodiversity: Importance, threats, status and conservation challenges. *Biological Reviews* 81(2), 163-182.
- Eagderi, S., Mouludi-Saleh, A., Esmaeili, 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.
- Esmaeili, H.R., 2021. Checklist of freshwater fishes of southwestern wetlands of Iran. In: Richardson, C.J., Hussain, N.A. (Eds.), *Southern Iraq's Marshes: Their Environment and Conservation*. Springer, Cham, pp. 295-318.
- Esmaeili, H.R., Babai, S., Gholamifard, A., Pazira, A., Gholamhosseini, A., 2015. Fishes of the Persis region of Iran: An updated checklist and ichthyogeography. *Iranian Journal of Ichthyology* 2, 201-223.

- Esmaeili, H.R., Sayyadzadeh, G., Seehausen, O., 2016. *Iranocichla persa*, a new cichlid species from southern Iran (Teleostei: Cichlidae). ZooKeys 636, 141-161.
- Esmaeili, H.R., Teimori, A., Gholami, Z., Reichenbacher, B., 2014. Two new species of the tooth-carp *Aphanius* (Teleostei: Cyprinodontidae) and the evolutionary history of the Iranian inland and inland-related *Aphanius* species. Zootaxa 3786, 246-268.
- Legendre, P., De Cáceres, M., 2013. Beta diversity as the variance of community data: Dissimilarity coefficients and partitioning. Ecology Letters 16(10), 951-963.
- Magurran, A.E., 2004. Measuring Biological Diversity. Blackwell Publishing, Oxford.
- Mouludi-Saleh, A., Eagderi, S., Poorbagher, H., 2022. Ichthyofauna of the Iranian part of the Sirvan River drainage with the first record of *Cobitis avicenna* and *Oxynoemacheilus euphraticus*. International Journal of Aquatic Biology 10(3), 242-253.
- R Core Team, 2022. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Available at: <https://www.R-project.org/>
- Teimori, A., Esmaeili, H.R., 2020. Hormuz River System as a micro hotspot of diversification for the aphaniid fishes in Iran. Iranian Journal of Ichthyology 7, 181-196.
- Winemiller, K.O., McIntyre, P.B., Castello, L., Fluet-Chouinard, E., Giarrizzo, T., Nam, S., Baird, I.G., Arantes, C.C., Berbel-Filho, W.M., Zuanon, J., 2016. Balancing hydropower and biodiversity in the Amazon, Congo, and Mekong. Science 351(6269), 128-129.
- Zamani-Faradonbe, M., Zhang, E., Keivany, Y., 2021. *Garra hormuzensis*, a new species from the upper Kol River drainage in the Persian Gulf basin (Teleostei: Cyprinidae). Zootaxa 5052, 380-394.