Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Journal of Utilization and Cultivation of Aquatics
Print ISSN: 2345-427X
Online ISSN: 2345-4288

انجمن علمی ماهیان زینتی ایران
Iranian Ornamental Fish Society (IOFS)

(OPEN ACCESS)

A study on the biodiversity of benthic macroinvertebrates in Baghou Stream - Gorgan Gulf basin

Elmira Ebrahimpour[1], Ziya Kordjazi[*2], Mohammad Farhangi[3], Arsalan Bahalke[4]

1. Dept. of Fisheries, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, Iran. E-mail: elmiraebrhempoor@gmail.com
2. Corresponding Author, Dept. of Fisheries, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, Iran. E-mail: ziya.kordjazi@gonbad.ac.ir; z.kordjazi@gmail.com
3. Dept. of Fisheries, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, Iran. E-mail: s.farhangi@yahoo.com
4. Dept. of Fisheries, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, Iran. E-mail: arsalan.bahalkeh@yahoo.com

Article Info

Article type:
Full Length Research Paper

Article history:
Received: 10.05.2025
Revised: 10.30.2025
Accepted: 11.24.2025

Keywords:
Abundance,
Baghou Creek,
Macrobenthos,
Species richness

ABSTRACT

Background and Objectives: The Gorgan Gulf basin, located in the southeast of the Caspian Sea, comprises forested and plain sections. Due to the short distance from the forested highlands of the basin to the Gorgan Gulf, the streams are seasonal and short, rapidly and independently discharging precipitation into the gulf. Despite the importance of the streams in the Gorgan Gulf basin for supplying water to the gulf, no report is available on the species abundance and richness of aquatic macroinvertebrates, which serve as indicators of aquatic ecosystem health, in these streams.

Materials and Methods: To assess the biodiversity (species abundance and richness) of aquatic benthic macroinvertebrates in the Baghou stream within the Gorgan Gulf basin, monthly sampling was conducted over seven occasions from November 2022 to May 2023 at four sampling stations with three replicates per station using a Surber sampler (30×30 cm). The `vegan` and `BiodiversityR` packages in the R environment were used to calculate biodiversity indices such as species abundance and richness. A Split-plot test in R software was used to evaluate the estimated biodiversity indices.

Results: The results identified a total of 4163 specimens of benthic macroinvertebrates, comprising 14 species at the family level (including 4 orders of insects and one order of oligochaetes). Three families - Chironomidae (43.5%), Simuliidae (19.7%), and Baetidae (14.2%) - had the highest abundance. The abundance of aquatic benthic macroinvertebrates did not differ significantly between the winter and spring months ($P>0.05$). Furthermore, the abundance of aquatic benthic macroinvertebrates at Station 1 was higher than them the other stations. The abundance of Chironomidae and Simuliidae was higher in winter, while the abundance of Baetidae increased in spring. Additionally, the results showed that spring rainfall in the Gorgan Gulf basin changed the composition of dominant species in the Baghou stream. For instance, the abundance of

Chironomidae and Simuliidae decreased after rainfall, whereas the abundance of Tubificidae increased at Station 1. Also, the abundance of Baetidae decreased at the forested stations. The abundance and richness of aquatic macroinvertebrates differed significantly among sampling times and sampling stations ($P<0.05$). Specifically, the abundance of aquatic macroinvertebrates in the first sampling event and the species richness in the seventh sampling event were significantly different from other sampling times. Furthermore, Station 1 had significantly the highest abundance, while a significant difference existed in the species richness of aquatic macroinvertebrates between Stations 1 and 4. The environmental variables selected based on the Variance Inflation Factor (VIF) comparison included temperature and salinity. CCA axis 1 had a positive correlation with both salinity and temperature variables, whereas CCA axis 2 had a positive correlation with salinity and a negative correlation with temperature.

Conclusion: In this study, owing to the uniform and calm water flow in the Baghou stream, the abundance of aquatic macroinvertebrates did not change. Furthermore, the occurrence of rainfall and increased water flow in the Baghou stream did not alter the abundance of aquatic macroinvertebrates, but rainfall changed the dominant aquatic species. This study emphasizes the importance of maintaining uniform water flow in streams and rivers (maintaining the water balance of aquatic ecosystems) for preserving biodiversity and sustaining the abundance of aquatic organisms.

Cite this article: Ebrahimpour, Elmira, Kordjazi, Ziya, Farhangi, Mohammad, Bahalke, Arsalan. 2026. A study on the biodiversity of benthic macroinvertebrates in Baghou Stream - Gorgan Gulf basin. *Journal of Utilization and Cultivation of Aquatics*, 15 (1), 245-263.

© The Author(s).
Doi: 10.22069/japu.2025.24135.1985
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

نشریه بهره‌برداری و پرورش آبزیان
شاپا چاپی: ۲۳٤٥-٤۲۷X
شاپا آنلاین: ۲۳٤٥-٤۲۸۸

مطالعه تنوع زیستی بزرگ بی‌مهرگان کف‌زی در نهر باغو – حوضه خلیج گرگان

المیرا ابراهیم‌پور[۱]، ضیاء کردجزی*[۲]، محمد فرهنگی[۳]، ارسلان بهلکه[٤]

۱. گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس، گنبدکاووس، ایران. رایانامه: elmiraebrhempoor@gmail.com
۲. نویسنده مسئول، گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس، گنبدکاووس، ایران. رایانامه: z.kordjazi@gmail.com؛ ziya.kordjazi@gonbad.ac.ir
۳. گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس، گنبدکاووس، ایران. رایانامه: s.farhangi@yahoo.com
٤. گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس، گنبدکاووس، ایران. رایانامه: arsalan.bahalkeh@yahoo.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱٤۰٤/۰۷/۱۳
تاریخ ویرایش: ۱٤۰٤/۰۸/۰۸
تاریخ پذیرش: ۱٤۰٤/۰۹/۰۳

واژه‌های کلیدی:
غنای گونه‌ای،
فراوانی،
ماکروبنتوز،
نهر باغو

چکیده

سابقه و هدف: حوضه آبریز خلیج گرگان در جنوب‌شرقی دریای خزر، شامل دو بخش جنگلی و جلگه‌ای است. به‌دلیل فاصله کم ارتفاعات جنگلی حوضه تا خلیج گرگان، نهرها فصلی و دارای طول کوتاهی هستند که بارش‌ها را با سرعت بالا به‌طور مستقل به خلیج گرگان سرازیر می‌کنند. باوجود اهمیت نهرهای حوضه خلیج گرگان در تأمین آب خلیج گرگان، هیچ گزارشی از فراوانی و غنای گونه‌ای بزرگ بی‌مهرگان آبزی که به‌عنوان شاخص سلامت اکوسیستم‌های آبی هستند در این نهرها در دسترس نیست.

مواد و روش‌ها: برای ارزیابی تنوع زیستی (فراوانی و غنای گونه‌ای) بی‌مهرگان کفزی آبزی در نهر باغو در حوضه آبریز خلیج گرگان، نمونه‌برداری به‌صورت ماهانه از آذر ۱٤۰۱ تا اردیبهشت ۱٤۰۲ طی هفت نوبت، در چهار ایستگاه نمونه‌برداری با سه تکرار در هر ایستگاه با استفاده از نمونه‌بردار سوربر (۳۰×۳۰ سانتی‌متر) انجام شد. برای محاسبه شاخص‌های تنوع زیستی مانند فراوانی و غنای گونه‌ای از بسته vegan و BiodiversityR در محیط R استفاده شد. برای ارزیابی شاخص‌های تنوع زیستی برآورد شده از آزمون کرت‌های خردشده (Split plot) در نرم‌افزار آر (R) استفاده شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که تعداد ٤۱٦۳ نمونه از بی‌مهرگان کفزی شامل ۱٤ گونه، در سطح خانواده (شامل ٤ راسته از حشرات و یک راسته از الیگوکیت‌ها) شناسایی شدند. سه خانواده شامل Chironomidae (٤۳/٥ درصد)، Simuliidae (۱۹/۷ درصد) و Baetidae (۱٤/۲ درصد) بیش‌ترین فراوانی را داشتند. فراوانی بی‌مهرگان کفزی آبزی در ماه‌های زمستان و بهار تفاوت معنی‌داری نداشت (P>۰/۰٥). هم‌چنین، فراوانی بی‌مهرگان کفزی آبزی در ایستگاه ۱ بیش‌تر از سایر ایستگاه‌ها بود. فراوانی Chironomidae و Simuliidae در زمستان بیش‌تر بود،

درحالی‌که فراوانی Baetidae در بهار افزایش یافت. به‌علاوه، نتایج نشان داد بارندگی بهاری در حوضه خلیج گرگان ترکیب گونه‌های غالب را در نهر باغو تغییر داد. برای نمونه، فراوانی Chironomidae و Simuliidae پس از بارندگی کاهش یافت، درحالی‌که فراوانی Tubificidae در ایستگاه ۱ افزایش یافت. هم‌چنین، فراوانی Baetidae در سایت‌های جنگلی کاهش یافت. فراوانی و غنای بزرگ‌مهرگان آبزی در بین زمان‌های نمونه‌برداری، ایستگاه‌های نمونه‌برداری تفاوت معنی‌داری داشت ($P<۰/۰۵$). به‌طوری‌که فراوانی بزرگ‌مهرگان آبزی در نمونه‌برداری اول و غنای گونه‌ای در نمونه‌برداری هفتم به‌طور معنی‌داری متفاوت از سایر زمان‌های نمونه‌برداری بود. هم‌چنین، ایستگاه ۱ به‌طور معنی‌داری دارای بالاترین میزان فراوانی بود، درحالی‌که در غنای گونه‌ای بزرگ‌مهرگان آبزی در ایستگاه ۱ و ٤ اختلاف معنی‌داری وجود داشت. متغیرهای محیطی که بر اساس مقایسه عامل تورم واریانس انتخاب شدند شامل درجه حرارت و شوری بودند. محور ۱ CCA همبستگی مثبت با متغیر شوری و درجه حرارت داشت، درحالی‌که محور ۲ CCA همبستگی مثبت با متغیر شوری و همبستگی منفی با متغیر درجه حرارت داشت.

نتیجه‌گیری: در این مطالعه، به دلیل جریان یکنواخت و آرام آب در نهر باغو، فراوانی بی‌مهرگان بزرگ آبزی تغییر نکرد. هم‌چنین، حتی وقوع بارندگی و افزایش جریان آب در نهر باغو، فراوانی بی‌مهرگان بزرگ آبزی را تغییر نکرد، اگرچه بارندگی گونه‌های آبزی غالب را تغییر داد، این مطالعه بر اهمیت حفظ جریان یکنواخت آب در نهرها و رودخانه‌ها (حفظ تعادل آب اکوسیستم‌های آبی) در حفظ تنوع زیستی و حفظ فراوانی آبزیان تأکید می‌کند.

استناد: ابراهیم‌پور، المیرا، کردجزی، ضیاء، فرهنگی، محمد، بهلکه، ارسلان (۱۴۰۵). مطالعه تنوع زیستی بزرگ بی‌مهرگان کف‌زی در نهر باغو - حوضه خلیج گرگان. *نشریه بهره‌برداری و پرورش آبزیان*، ۱۵ (۱)، ۲۶۳-۲۴۵.
Doi: 10.22069/japu.2025.24135.1985

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
© نویسندگان.

مقدمه

رودخانه‌ها از منابع مهم آب شیرین در جهان هستند که در چرخه حیات در کره زمین نقش حیاتی دارند؛ اما به دلیل رویکرد انسان‌محور در مدیریت آب از طریق ذخیره‌سازی آب در پشت سدها و آب‌بندان‌ها و هم‌چنین برداشت مستقیم آب از رودخانه‌ها جهت مصارف کشاورزی، نوسانات شدیدی در دبی آب رودخانه‌ها در میان دست و پایین‌دست رودخانه‌ها در طول سال مشاهده می‌شود (۱). با کاهش دبی آب رودخانه و کاهش قدرت خودپالایی رودخانه‌ها، با ورود فاضلاب‌های صنعتی و خانگی به رودخانه‌ها بار آلودگی در پایین‌دست رودخانه افزایش می‌یابد (۲، ۳). در مقابل، با یک رویکرد اکوسیستم‌محور در مدیریت آب جریان پیوسته و مداوم آب شیرین در رودخانه‌ها برقرار می‌گردد که با جریان پیوسته مواد مغذی به پایین‌دست رودخانه‌ها، فراوانی جانوران کف‌زی و تولیدات ثانویه در رودخانه حفظ می‌شود (٤، ٥).

بزرگ بی‌مهرگان کفزی از موجودات ساکن و غیرمهاجر رودخانه‌ها و مصب‌ها هستند که به دلیل اندازه آن‌ها، نمونه‌برداری و بررسی، شناسایی و شمارش آن‌ها با چشم غیرمسلح آسان است (٦). هم‌چنین، به‌دلیل تحرک و جابجایی محدود این آبزیان، شاخص تنوع و فراوانی بزرگ بی‌مهرگان آبزی در آب می‌تواند معیار سلامت رودخانه‌ها ارزیابی گردد. بزرگ بی‌مهرگان آبزی که در سطوح پایین زنجیره غذایی قرار دارند، در تولید ثانویه زنجیره غذایی و تجزیه مواد آلی مؤثر هستند (۷، ۸). هم‌چنین، این آبزیان به‌دلیل حساسیت بالای به تغییرات و تنش‌های محیطی به‌عنوان شاخص آلودگی اکوسیستم آبی بکار می‌روند (۹، ۱۰)؛ و درنهایت، به‌دلیل نقش بزرگ بی‌مهرگان آبزی بر چرخه مواد معدنی و گازها در بستر، می‌توانند روی خصوصیات بستر مؤثر باشند (۱۱، ۱۲).

تاکنون مطالعات زیادی در زمینه بررسی تنوع بزرگ بی‌مهرگان آبزی در نهرها و رودخانه‌های استان گلستان مانند رودخانه‌های حوضه گرگانرود (۱۳، ١٤، ۱۵)، رودخانه قره‌سو (١٦، ۱۷، ۱۸) و رودخانه اترک (۱۹) انجام شده است. برای نمونه، مقادیر شاخص‌های تنوع زیستی بزرگ بی‌مهرگان کفزی در رودخانه زرین‌گل در حوضه گرگان‌رود نشان داد در ایستگاه پایین‌دست این رودخانه که تحت فعالیت‌های کشاورزی بود پایین‌تر از تنوع زیستی بزرگ بی‌مهرگان کفزی در ایستگاه‌های دست‌نخورده بالادست رودخانه بو (۱۵). هم‌چنین، علیزاده و همکاران (۱۹) گزارش کردند بیش‌ترین تنوع و فراوانی بی‌مهرگان آبزی در رودخانه اترک در فصل پاییز مشاهده شد.

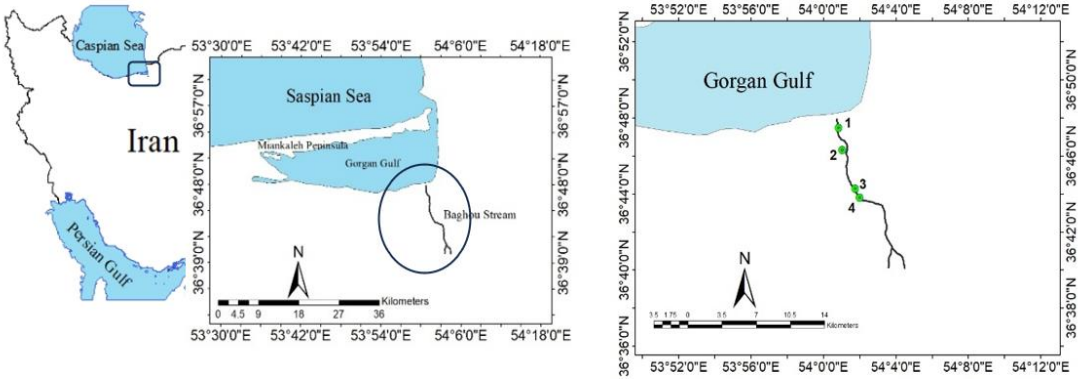
چهارمین حوضه آبی استان گلستان، حوضه آبریز خلیج گرگان است که نهرهای جاری در این حوضه فصلی هستند. حوضه آبریز خلیج گرگان که یکی از زیرحوضه‌های دریای خزر است ۱۵۰۰۰ کیلومترمربع وسعت دارد (۲۰). حوضه آبریز خلیج گرگان در جنوب‌شرقی این دریا در دو استان گلستان (بخش شرقی) و مازندران (بخش غربی) قرارگرفته است که حوضه شرقی آن به مساحت ۳٤۰ کیلومترمربع؛ ۱/٦ درصد استان گلستان را در بر گرفته است. حوضه آبریز شرق خلیج گرگان که در شهرستان بندرگز قرار دارد از شمال به خلیج گرگان؛ از غرب به بخش غربی حوضه آبریز خلیج گرگان؛ از جنوب به حوضه آبریز نکارود و از شرق به حوضه آبریز قره‌سو محدود می‌شود (۲۰). بخش جنوبی حوضه خلیج گرگان از جنگل پوشیده شده است و بخش شمالی آن جلگه‌ای، شامل زمین‌های کشاورزی و مناطق روستایی و شهری است. به‌دلیل فاصله کم بخش ارتفاعات جنگلی حوضه تا خلیج گرگان، نهرهای فصلی دارای طول کوتاهی هستند که بارش‌ها را با سرعت بالا به خلیج گرگان سرازیر می‌کنند. با وجود طول نسبی کم

نهرهای حوضه خلیج گرگان، این نهرها در فصل پرآبی هر سه زون بالادست، میان‌دست و پایین‌دست نهر را دارا هستند، به‌عبارت‌دیگر، در فصل زمستان و بهار مطالعه جامع بزرگ بی‌مهرگان کفزی در این نهرها امکان‌پذیر است. نهرهای کارکنده، باغو، ولفرا، گز- وطنا، دشتی‌کلاته- جفاکنده و نوکنده از مجموعه نهرهای فصلی بخش شرقی حوضه خلیج گرگان هستند. نهر باغو تنها نهر حوضه خلیج گرگان در استان گلستان است که از یک پارک جنگلی عبور می‌کند به‌طوری‌که آب جاری در نهر برای کشاورزی برداشت نمی‌شود. آب سایر نهرهای این حوضه مانند دشتی‌کلاته- جفاکنده معمولاً به‌سوی آب‌بندان‌های ذخیره کشاورزی هدایت می‌شود، یا توسط کشاورزان برداشت می‌شود به‌طوری‌که جریان آب در این نهرها پس از آب‌بندان‌ها و در منطقه جلگه‌ای قطع می‌شود.

با وجود اهمیت نهرهای حوضه خلیج گرگان در تأمین آب خلیج گرگان هیچ گزارشی از بزرگ بی‌مهرگان آبزی و ماهیان این نهرها که به خلیج گرگان می‌ریزند در دسترس نیست. در این مطالعه از داده‌های نمونه‌برداری بستر نهر باغو در حوزه خلیج گرگان در زمستان ۱۴۰۱ و بهار ۱۴۰۲ که دوره پرآبی این نهر است، برای بررسی و مطالعه فراوانی و غنای گونه‌ای بزرگ بی‌مهرگان کفزی استفاده شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در نهر باغو در بخش شرقی حوضه خلیج گرگان، در دو فصل زمستان و بهار که دوره پرآبی نهر بود انجام گرفت. نهر باغو که در جهت جنوبی به شمالی در جریان است پس از عبور از پارک جنگلی باغو، زمین‌های کشاورزی بخش جلگه‌ای و ناحیه مسکونی روستای محمدآباد بندرگز به خلیج گرگان می‌ریزد. در این مطالعه چهار ایستگاه نمونه‌برداری در نظر گرفته شد: ایستگاه (۱) در منطقه مسکونی- روستایی محمدآباد، ایستگاه (۲) در منطقه کشاورزی در محدوده جاده سراسری گرگان- ساری ایستگاه (۳) در ابتدای ناحیه جنگلی و ایستگاه (٤) در درون جنگل قرار داشت (شکل ۱). بین ایستگاه ۳ و ٤ پارک جنگلی باغو قرار دارد. نمونه‌برداری به‌صورت ماهانه از آذر ۱۴۰۱ تا اردیبهشت ۱۴۰۲ انجام شد (جدول ۱).



شکل ۱- نقشه منطقه مورد مطالعه در نهر باغو در جنوب‌شرقی خلیج گرگان که ایستگاه‌های نمونه‌برداری در آن نمایش داده شده است.

Figure 1. Map of the study area in Baghou stream in the southeast of Gorgan Gulf, showing the location of sampling stations.

جدول ۱- زمان‌های نمونه‌برداری از بستر و آب نهر باغو.

(*) زمان‌هایی را نشان می‌دهد که نمونه‌برداری انجام شد. (-) زمان‌هایی را نشان می‌دهد که نمونه‌برداری انجام نشد.

Table 1. Surveys/sampling dates from Baghou stream bed and water.
(*) denote times in which sampling was conducted, and (-) denote surveys in which sampling was not conducted.

نوع نمونه Sample type	زمان‌های نمونه‌برداری Sampling surveys						
	آذر ۱۴۰۱ ۰۱/۰۹/۰۲ 23 Nov. 2022 (T1)	دی ۱۴۰۱ ۰۱/۱۰/۱۱ 01 Jan. 2023 (T2)	بهمن ۱۴۰۱ ۰۱/۱۱/۰۹ 29 Jan. 2023 (T3)	اسفند ۱۴۰۱ ۰۱/۱۲/۰۸ 27 Feb. 2023 (T4)	فروردین ۱۴۰۲ ۰۲/۰۱/۰۶ 26 March 2023 (T5)	اردیبهشت ۱۴۰۲ ۰۲/۰۲/۰۴ 24 April 2023 (T6)	اردیبهشت ۱۴۰۲ ۰۲/۰۲/۲۸ 18 May 2023 (T7)
بستر Riverbed	*	*	*	*	*	*	*
آب سطحی River surface water	-	*	*	*	*	*	*

در هر نمونه‌برداری از هر ایستگاه ۳ نمونه (تکرار) با سوربر سمپلر ۳۰*۳۰ از بستر گرفته شد. بزرگ بی‌مهرگان آبزی موجود در هر نمونه پس از شستشو و جداسازی با الک ریز چشمه (۶۰ میکرومتر)، در قوطی‌های جداگانه ریخته شدند و با فرمالین ٤ درصد فیکس شدند. مشخصات هر نمونه شامل نام نهر مورد نمونه‌برداری، تاریخ نمونه‌برداری، ایستگاه نمونه‌برداری و تکرار نمونه در روی هر قوطی ثبت شد. شناسایی و شمارش بزرگ بی‌مهرگان آبزی در آزمایشگاه دانشگاه گنبد در سطح خانواده با استفاده از کلید شناسایی دابسون و همکاران (۲۱) و کلیفورد (۲۲) انجام شد. هم‌چنین، برای بررسی خصوصیات فیزیکی- شیمیایی آب، در هر نمونه‌برداری از هر ایستگاه ۳ نمونه آب برداشت می‌شود که خصوصیاتی مانند کدورت، دما، شوری آب در هر نمونه با واترچکر قابل‌حمل مدل (HACH HQ40d) اندازه‌گیری و ثبت شد.

چندین شاخص تنوع زیستی مانند فراوانی و غنا برای ارزیابی تنوع زیستی گونه‌های ماکروبنتیک استفاده شد (۲۳).

عامل تورم واریانس (VIF) برای ارزیابی تنوع مرتبط با عوامل محیطی محاسبه شد. ضریب تورم واریانس (VIF) معیاری است که برای اندازه‌گیری درجه چندخطی در مدل رگرسیون استفاده می‌شود. مقدار VIF بزرگ‌تر از ۲، بازه مقدار VIF برای تشخیص چندخطی پذیرفته‌شده جهانی نیست. هنگامی‌که VIF بزرگ‌تر از ۲ باشد ($2 < VIF$)، لازم است متغیرهای بسیار همبسته حذف شوند. توصیه می‌شود مقدار VIF کوچک‌تر از ۲ باشد. پس از دستیابی به VIF مطلوب، تجزیه‌وتحلیل متناظر کانونی (CCA) انجام شد (٢٤).

تجزیه‌وتحلیل متناظر کانونی (CCA) یک روش مرتب‌سازی مستقیم است که داده‌ها را بر اساس یک یا چند متغیر توضیحی (مانند، Do، شوری، TDS، دما) مرتب می‌کند (گاردنر، ۲۰۱٤؛ جنسن و همکاران، ۲۰۱۷). از CCA برای ارزیابی رابطه بین مجموعه‌های بیولوژیکی گونه‌ها در هر زمان نمونه‌برداری/مکان نمونه‌برداری و متغیرهای محیطی استفاده شد (۲۵).

برای محاسبه شاخص‌های تنوع زیستی مانند فراوانی و غنای گونه‌ای از بسته vegan و

BiodiversityR در محیط R استفاده شد (۲۳). برای بررسی نرمال‌بودن داده‌ها و همگنی واریانس به ترتیب از آزمون شاپیرو (Shapiro test) و آزمون لوون (Levene test) استفاده شد. درصورتی‌که داده‌ها با مفروضات مدل مطابقت نداشت، از تبدیل داده‌ها برای مناسب ساختن داده‌ها برای مدل‌سازی استفاده شد. برای ارزیابی شاخص‌های تنوع زیستی برآورد شده و خصوصیات فیزیکی- شیمیایی آب از آزمون کرت‌های خردشده (Split plot) در نرم‌افزار آر (R) استفاده شد تا تفاوت شاخص‌های تنوع زیستی برآورد شده و خصوصیات فیزیکی- شیمیایی آب در زمان‌های نمونه‌برداری، ایستگاه‌های نمونه‌برداری و تعامل بین زمان‌ها و ایستگاه‌های نمونه‌برداری آزمون گردد (۲۶، ۲۷). سپس، برای نشان‌دادن تفاوت‌ها بین میانگین‌های نمونه آزمون توکی انجام شد (۲۸).

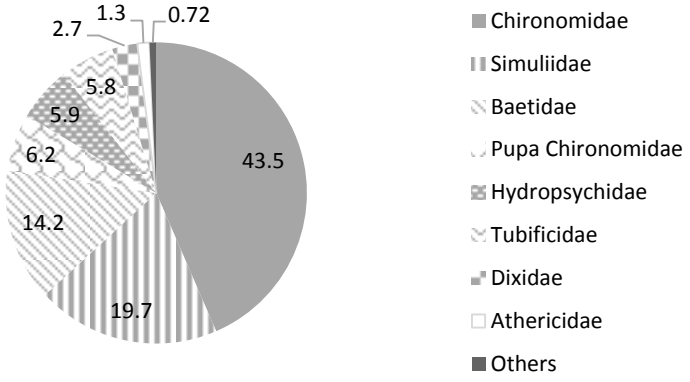
نتایج

ماکروبنتوزهای شناسایی‌شده در نهر باغو به ۱۴ خانواده (شامل ٤ راسته از حشرات و یک راسته از کرم‌های کم‌تار (الیگوکیت)) تعلق داشتند (جدول ۲). در این میان سه خانواده Chironomidae (٤۳/۵ درصد)، Simuliidae (۱۹/۷ درصد) و Beatidae (۱٤/۲ درصد) دارای بیش‌ترین فراوانی بودند (شکل‌های ۲، ۳ و ٤؛ جدول‌های ۳ و ٤). هم‌چنین، شش خانواده فقط در یک زمان و ایستگاه نمونه‌برداری مشاهده شدند که به ترتیب ۵ خانواده Caenidae، Capniidae، Chloroperlidae، Tabanidae و Tipulidae در نمونه‌برداری هفتم- ایستگاه دوم و خانواده Ephyridae در نمونه‌برداری سوم- ایستگاه چهارم دیده شدند (جدول‌های ۳ و ٤).

جدول ۲- ماکروبنتوزهای شناسایی‌شده در سطح راسته و خانواده در نهر باغو در زمستان ۱٤۰۱ و بهار ۱٤۰۲.

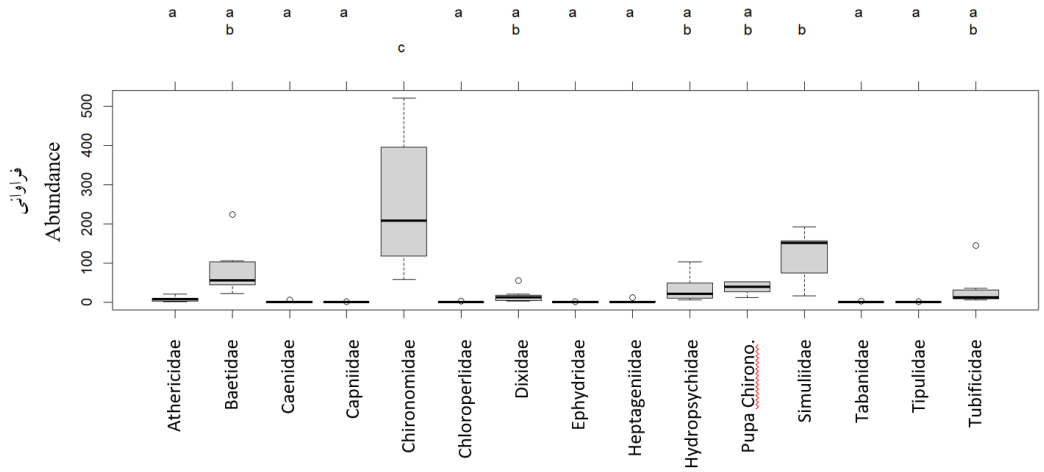
Table 2. Identified macrobenthos in Baghou Stream in winter and spring 2023.

حشرات (Insects)				کرم کم‌تار (Oligochaeta)	
راسته Order	خانواده Family	راسته Order	خانواده Family	راسته Order	خانواده Family
Diptera	Athericidae	Ephemeroptera	Baetidae	Tubificida	Tubificidae
	Chironomidae		Caenidae		
	Dixidae		Heptageniidae		
	Ephydridae				
	Simuliidae	Plecoptera	Capniidae		
	Tabanidae		Chloroperlidae		
	Tipulidae	Coleoptera	Hydropsychidae		



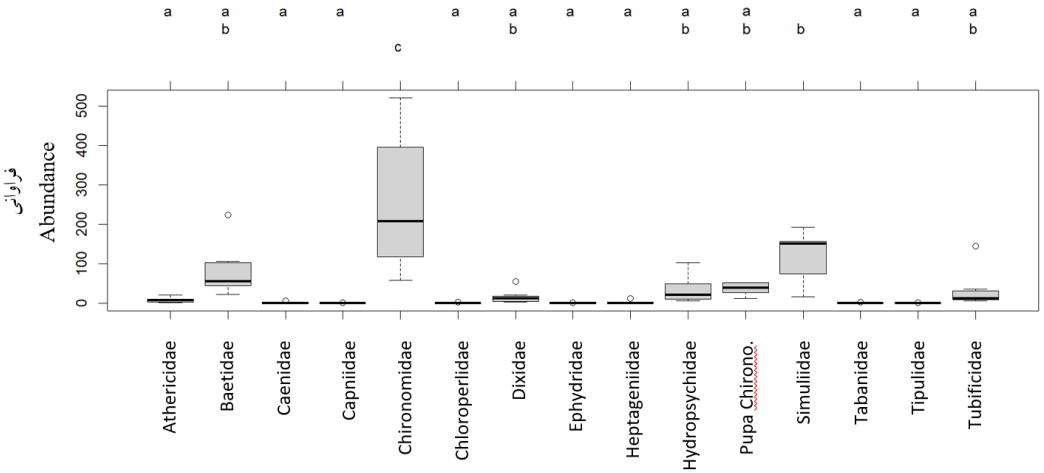
شکل ۲- درصد فراوانی بزرگ بی‌مهرگان کفزی مشاهده‌شده در نهر باغو.

Figure 2. Abundance of observed macrobenthic invertebrates in Baghou Stream.



شکل ۳- فراوانی بزرگ بی‌مهرگان آبزی در زمان‌های نمونه‌برداری در نهر باغو در زمستان ۱۴۰۱ و بهار ۱۴۰۲.

Figure 3. Abundance of macrobenthic invertebrates during sampling surveys in Baghu Stream in winter and spring 2023.



شکل ٤- فراوانی بزرگ بی‌مهرگان آبزی در ایستگاه‌های نمونه‌برداری در نهر باغو در زمستان ۱۴۰۱ و بهار ۱۴۰۲.

Figure 4. Abundance of macrobenthic invertebrates in sampling sites in Baghu Stream in winter and spring 2023.

جدول ۳- فراوانی (تعداد در ۰/۰۹ مترمربع) ماکروبنتوزهای شناسایی‌شده زمان‌های نمونه‌برداری در یک مطالعه شش‌ماهه در نهر باغو.

Table 3. Abundance (Number/0.09 m^2) of identified taxa in the sampling surveys conducted in a six-month study in Baghou stream.

Tubificidae (Tubificida)	Tipulidae (Diptera)	Tabanidae (Diptera)	Simuliidae (Diptera)	Pupa Chironomidae (Diptera)	Hydropsychidae (Coleoptera)	Heptageniidae (Ephemeroptera)	Ephydridae (Diptera)	Dixidae (Diptera)	Chloroperlidae (Plecoptera)	Chironomidae (Diptera)	Capniidae (Plecoptera)	Caenidae (Ephemeroptera)	Baetidae (Ephemeroptera)	Athericidae (Diptera)	زمان نمونه‌برداری Sampling survey
27	0	0	156	39	20	0	0	20	0	57	0	0	22	12	T1
6	0	0	108	52	12	3	0	5	0	521	0	0	43	1	T2
35	0	0	158	50	60	0	0	15	0	339	0	0	55	7	T3
11	0	0	150	12	8	11	1	11	0	452	0	0	45	3	T4
5	0	0	193	52	6	0	0	2	0	208	0	0	99	1	T5
12	0	0	16	16	37	0	0	4	0	147	0	0	224	8	T6
144	1	3	39	38	103	2	0	55	2	87	1	5	105	21	T7

جدول ٤- فراوانی (تعداد در ۰/۰۹ مترمربع) ماکروبنتوزهای شناسایی‌شده ایستگاه‌های نمونه‌برداری در یک مطالعه شش‌ماهه در نهر باغو.

Table 4. Abundance (Number/0.09 m^2) of identified species in the sampling sites conducted in a six-month study in Baghou stream.

Tubificidae (Tubificida)	Tipulidae (Diptera)	Tabanidae (Diptera)	Simuliidae (Diptera)	Pupa Chironomidae (Diptera)	Hydropsychidae (Coleoptera)	Heptageniidae (Ephemeroptera)	Ephydridae (Diptera)	Dixidae (Diptera)	Chloroperlidae (Plecoptera)	Chironomidae (Diptera)	Capniidae (Plecoptera)	Caenidae (Ephemeroptera)	Baetidae (Ephemeroptera)	Athericidae (Diptera)	ایستگاه نمونه‌برداری Sampling site
193	0	0	519	99	45	5	0	42	0	883	0	0	115	21	S1
41	1	3	150	77	26	2	0	30	2	176	1	5	157	9	S2
5	0	0	75	47	98	3	0	22	0	354	0	0	130	13	S3
1	0	0	76	36	77	6	1	18	0	398	0	0	191	10	S4

تنوع زیستی

فراوانی: آنالیز واریانس کرت‌های خردشده (Split plot) نشان داد که فراوانی بزرگ‌مهرگان آبزی در بین زمان‌های نمونه‌برداری، ایستگاه‌های نمونه‌برداری و هم‌چنین کنش متقابل بین زمان و مکان نمونه‌برداری تفاوت معنی‌داری داشت ($P<0.05$، جدول ۵). به‌طوری‌که فراوانی بزرگ‌مهرگان آبزی در نمونه‌برداری اول اختلاف معنی‌داری با سایر زمان‌های نمونه‌برداری

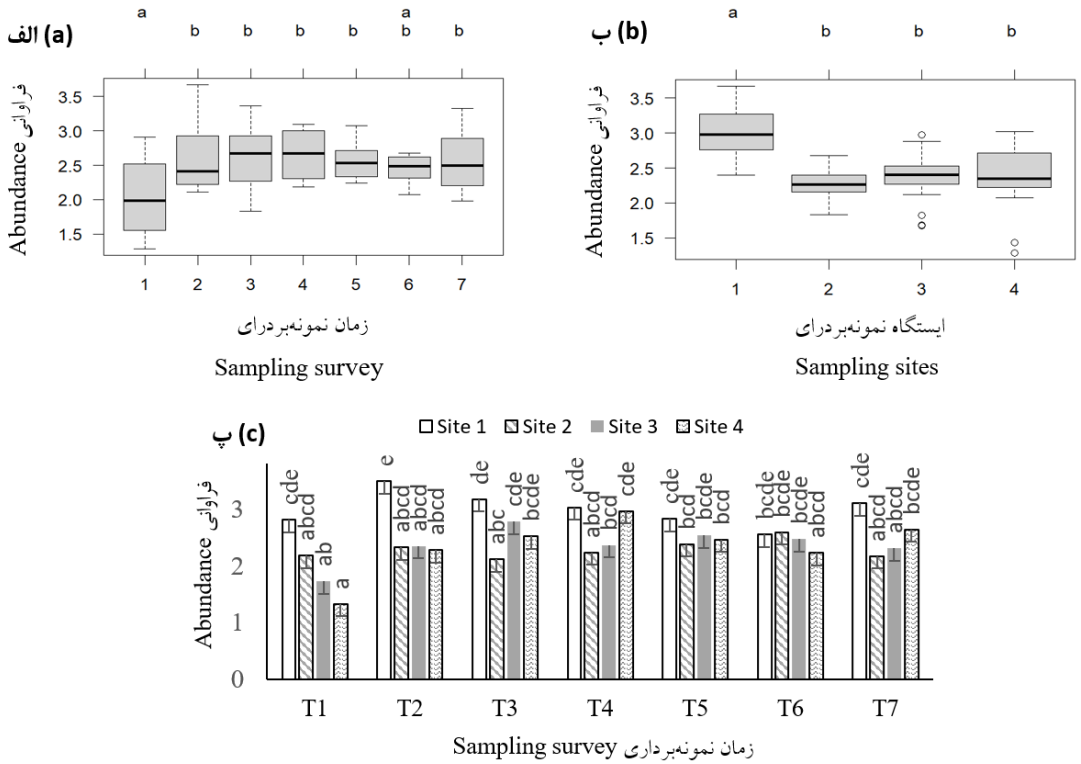
داشت (شکل ۵- الف). هم‌چنین، ایستگاه ۱ به‌طور معنی‌داری دارای بالاترین میزان فراوانی بود (شکل ۵- ب)، که این روند به‌طورکلی در همه زمان‌های نمونه‌برداری تکرار شد (شکل ۵- پ).

جدول ۵- آنالیز واریانس فراوانی بزرگ بی‌مهرگان کفزی در نهر باغو.

Table 5. Analysis of variance of abundance of macrobenthic invertebrates in Baghou stream.

Pr(>F)	F value	Mean Sq	Sum Sq	Df		
0.077	2.7269	0.38454	0.7691	2	تکرار	Replicate
0.002 **	4.2734	0.60263	3.6158	6	زمان نمونه‌برداری	Survey
2.83E-07***	16.6461	2.34738	7.0421	3	ایستگاه نمونه‌برداری	Site
0.839	0.5881	0.08293	0.9952	12	کنش متقابل تکرار: زمان	Replicate:Survey
0.036 *	1.9666	0.27732	4.9918	18	کنش متقابل زمان: ایستگاه	Survey:Site

کدهای سطوح معنی‌داری : 0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1



شکل ۵- فراوانی گونه‌ای بزرگ بی‌مهرگان آبزی در بین زمان‌های نمونه‌برداری، ایستگاه‌های نمونه‌برداری و کنش متقابل بین زمان و مکان نمونه‌برداری در نهر باغو.

Figure 5. Abundance of macrobenthic invertebrates among sampling surveys, sampling sites, and the interaction between sampling surveys and sites in Baghou stream.

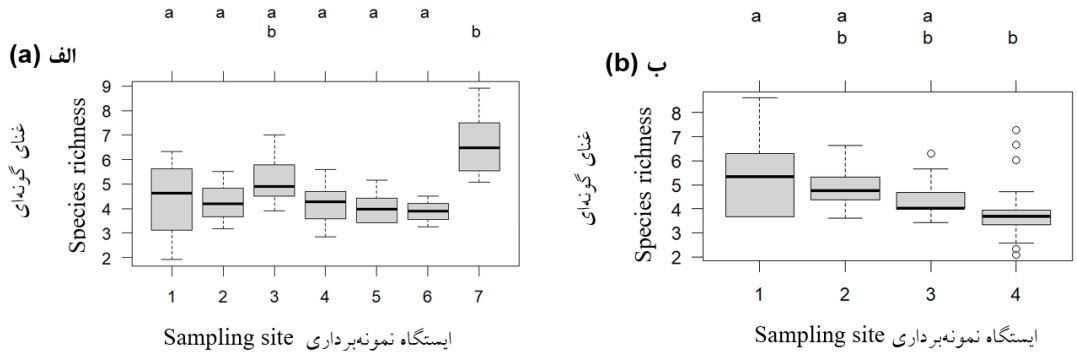
غنای گونه‌ای: آنالیز واریانس کرت‌های خردشده (Split plot) نشان داد که غنای گونه‌ای بزرگ‌مهرگان آبزی در بین زمان‌های نمونه‌برداری، ایستگاه‌های نمونه‌برداری تفاوت معنی‌داری داشت (P<۰/۰۵، جدول ٦)، به‌طوری‌که فراوانی بزرگ‌مهرگان آبزی در نمونه‌برداری هفتم اختلاف معنی‌داری با سایر زمان‌های نمونه‌برداری داشت (شکل ٦- الف). هم‌چنین، ایستگاه ۱ به‌طور معنی‌داری دارای بالاترین میزان فراوانی بود (شکل ٦- ب). برخلاف فراوانی بزرگ‌مهرگان آبزی، در آنالیز واریانس غنای گونه‌ای بزرگ بی‌مهرگان کفزی در نهر باغو کنش متقابل زمان و مکان نمونه‌برداری اختلاف معنی‌داری را نشان نداد.

جدول ٦- آنالیز واریانس غنای گونه‌ای بزرگ بی‌مهرگان کفزی در نهر باغو.

Figure 6. Analysis of variance of species richness of macrobenthic invertebrates in Baghou stream.

Pr(>F)	F value	Mean Sq	Sum Sq	Df		
0.984816	0.0153	0.0357	0.071	2	تکرار	Replicate
0.000985***	4.6871	10.9365	65.619	6	زمان نمونه‌برداری	Survey
0.013912 *	3.9796	9.2857	27.857	3	ایستگاه نمونه‌برداری	Site
0.932171	0.4498	1.0496	12.595	12	کنش متقابل تکرار: زمان	Replicate:Survey
0.797355	0.6939	1.619	29.143	18	کنش متقابل زمان: ایستگاه	Survey:Site

0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1 : کدهای سطوح معنی‌داری



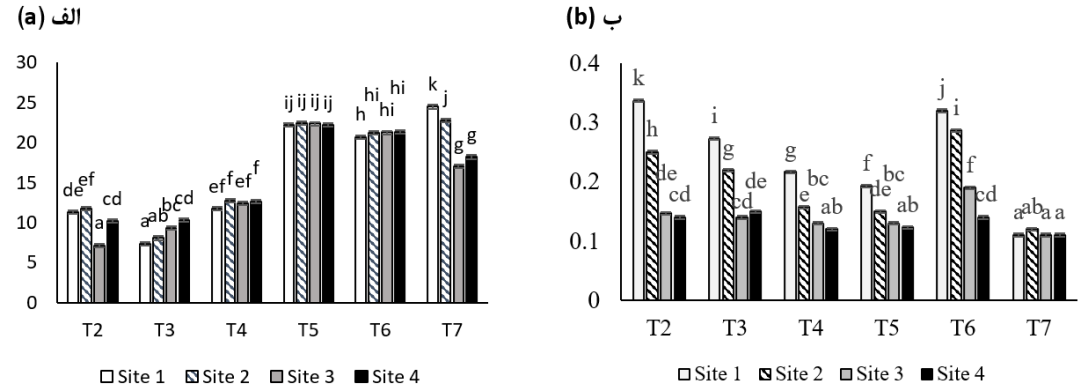
شکل ٦- غنای گونه‌ای بزرگ بی‌مهرگان آبزی در بین زمان‌های نمونه‌برداری و ایستگاه‌های نمونه‌برداری در نهر باغو.

Figure 6. Species richness of macrobenthic invertebrates among sampling surveys and sampling sites in Baghou stream.

خصوصیات فیزیکی آب (درجه حرارت و شوری آب): تغییرات درجه حرارت و شوری آب در این مطالعه شش‌ماهه در چهار ایستگاه نمونه‌برداری در شکل ۷ نشان داده می‌شود. درجه حرارت آب در نمونه‌برداری فصل زمستان کم‌تر از نمونه‌برداری‌های فصل بهار بود که یک موضوع بدیهی به نظر می‌رسد. نکته قابل‌توجه این است که فقط در نمونه‌برداری هفتم، درجه حرارت آب در ایستگاه‌های ناحیه جلگه‌ای (یعنی، ایستگاه ۱ و ۲) به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از درجه حرارت آب در ایستگاه‌های ناحیه

جنگلی (یعنی، ایستگاه‌های ۳ و ٤) بود (P<۰/۰۵). درحالی‌که در سه نمونه‌برداری چهارم تا ششم تفاوت معنی‌داری در درجه حرارت آب در ایستگاه‌های جنگلی و جلگه‌ای وجود نداشت (شکل ۷- الف).

هم‌چنین، یک روند کاهشی در شوری آب با گذر زمستان به بهار در هر ایستگاه مشاهده شد، به‌طوری‌که شوری آب در ایستگاه‌های جنگلی کم‌تر از ایستگاه‌های جلگه‌ای بود (شکل ۷- ب). درحالی‌که شوری آب در نمونه‌برداری ابتدای اردیبهشت (T6) در همه ایستگاه‌ها افزایش یافت، در نمونه‌برداری آخر ماه اردیبهشت (T7) شوری آب در همه ایستگاه‌ها کاهش یافت؛ به‌طوری‌که تنها در این نمونه‌برداری اختلاف معنی‌داری در شوری آب ایستگاه‌های (جنگلی و جلگه‌ای) مشاهده نشد.



شکل ۷- درجه حرارت آب به سانتی‌گراد (الف) و شوری آب به گرم در لیتر (ب) در زمان نمونه‌برداری دوم تا هفتم (T2 تا T7) در چهار ایستگاه نمونه‌برداری (Site 1 تا Site 4) در نهر باغو در زمستان ۱٤۰۱ و بهار ۱٤۰۲.

Figure 7. Water temperature in Celsius (a) and water salinity in grams per liter (b) during the second to seventh sampling surveys (T2 to T7) at four sampling sites (Site 1 to Site 4) in Baghou Stream in winter and spring 2023.

عامل تورم واریانس و تحلیل متناظر کانونی (CCA): عامل تورم واریانس (VIF) برای ارزیابی تنوع مرتبط با عوامل محیطی محاسبه شد. زمانی که چهار متغیر محیطی در مدل استفاده شدند، مقدار VIF برای یک یا دو عامل، برای نمونه درجه شوری و هدایت الکتریکی، بزرگ‌تر از ۲ به دست آمد (جدول ۷). ازآن‌جایی‌که بازه مقدار VIF بزرگ‌تر از ۲ برای تشخیص چندخطی (multicollinearity) پذیرفته‌شده نیست، هنگامی‌که VIF برای یکی از متغیرها بزرگ‌تر از ۲ شد (VIF > 2)، ابتدا یکی از متغیرهای بسیار همبسته (یعنی، هدایت الکتریکی) حذف شد؛ و سپس مدل دوباره با سه متغیر اجرا شد که در این مدل نیز مقدار VIF یک متغیر بزرگ‌تر از ۲ گردید. با اجرای مدل با دو متغیر، مقدار VIF کم‌تر از ۲ شد که مطلوب بود. در مدل ۲، مقدار VIF برای متغیرهای شوری و درجه حرارت برابر ۱/۰۵؛ و در مدل ۳، مقدار VIF برای متغیرهای درجه حرارت و شوری برابر ۱/۷۵ به دست آمد.

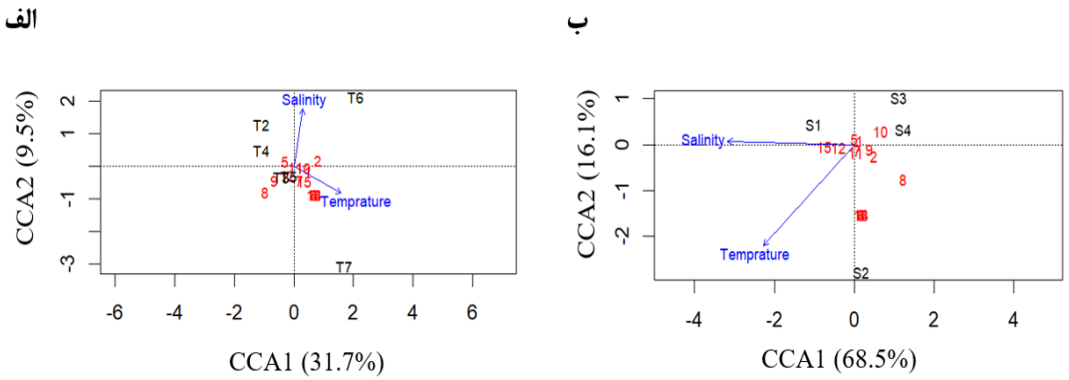
جدول ۷- مقایسه عامل تورم واریانس (VIF) برای تعیین تعداد فاکتورهای محیطی مطلوب در ٦ دوره نمونه‌برداری (مدل ۱ و ۲)؛ و در ٤ ایستگاه نمونه‌برداری (مدل ۳) که در آن مقدار ارزش ویژه و واریانسِ محورهای ۱ و ۲ CCA مدل‌ها نشان داده شده است.

Table 7. Comparison of variance inflation factor (VIF) for determining the number of desirable environmental factors in 6 sampling periods (Models 1 and 2); and in 4 sampling stations (Model 3), where the eigenvalue and variance of axes 1 and 2 of the CCA models are shown.

مدل Model	عامل تورم واریانس Variance Inflation Factor				محورهای ۱ و ۲ CCA CCA axes 1 and 2		
	شوری Salinity	درجه حرارت Temperature	هدایت الکتریکی Conductivity	مقاومت الکتریکی Resistance	نمودار Graph	محور ۱ Axis 1	محور ۲ Axis 2
مدل ۱ Model 1	1338.95	1.82	1329.47	11.06	-	-	-
مدل ۲ Model 2	1.05	1.05	-	-	ارزش ویژه Eigenvalue	0.160	0.048
					واریانس Proportion Explained	0.317	0.095
مدل ۳ Model 3	1.75	1.75	-	-	ارزش ویژه Eigenvalue	0.126	0.03
					واریانس Proportion Explained	0.685	0.161

در تحلیل تناظر کانونی (CCA) که رابطه میان بزرگ بی‌مهرگان آبزی و عوامل محیطی (درجه حرارت، شوری) را در ٦ دوره نمونه‌برداری نشان می‌دهد، ارزش ویژه برای محورهای ۱ و ۲ تحلیل تناظر کانونی (CCA) به ترتیب ۰/۱٦۰ و ۰/۰٤۸ بود؛ محور ۱ و ۲ به ترتیب ۳۱/۷ درصد و ۹/۵ درصد واریانس را توضیح می‌دهند (جدول ۷). متغیرهای محیطی که بر اساس مقایسه عامل تورم واریانس انتخاب شدند شامل درجه حرارت و شوری بودند. محور ۱ CCA همبستگی مثبت با متغیر شوری و درجه حرارت داشت، درحالی‌که محور ۲ CCA همبستگی مثبت با متغیر شوری و همبستگی منفی با متغیر درجه حرارت داشت (نمودار ۸- الف).

بزرگ بی‌مهرگان آبزی که دارای بالاترین و کم‌ترین نمره بر روی محور ۱ بودند به ترتیب Baetidae (۰/۷۹۵) و Ephydridae (-۰/۹۷۲) بودند (شکل ٦- الف). در زمان ٦اُم نمونه‌برداری شوری و درجه حرارت بالا در فراوانی بزرگ بی‌مهرگان آبزی مانند Baetidae (شماره ۲) نقش داشت، درحالی‌که در نمونه‌برداری ۷اُم درجه حرارت بالا در فراوانی Tubificidae تأثیر داشت (شکل ۸- الف).



1. Athericidae
2. Baetidae
3. Caenidae
4. Capniidae
5. Chironomidae
6. Chloroperlidae
7. Dixidae
8. Ephydridae
9. Heptageniidae
10. Hydropsychidae
11. Pupa Chironomidae
12. Simuliidae
13. Tabanidae
14. Tipulidae
15. Tubificidae

شکل ۸- تحلیل تناظر کانونی (canonical correspondence analysis (CCA)) که رابطه میان بزرگ بی‌مهرگان آبزی و عوامل محیطی (درجه حرارت Temperature، شوری Salinity) را در ٦ دوره نمونه‌برداری (الف) و ٤ ایستگاه نمونه‌برداری (ب) در نهر باغو از دی ١٤٠١ تا اردیبهشت ١٤٠٢ نشان می‌دهد.

Figure 8. Canonical correspondence analysis (CCA) showing the relationship between macrobenthic invertebrates and environmental factors (temperature, salinity) in 6 sampling surveys (a) and 4 sampling sites (b) in Baghou stream from January to May 2023.

در تحلیل تناظر کانونی (CCA) رابطه میان بزرگ بی‌مهرگان آبزی و عوامل محیطی (درجه حرارت، شوری) را در ٤ ایستگاه نمونه‌برداری نشان می‌دهد ارزش ویژه برای محورهای ١ و ٢ تحلیل تناظر کانونی (CCA) به ترتیب ٠/١٢٦ و ٠/٠٣٠ بود؛ محور ١ و ٢ به ترتیب ٦٨/٥ درصد و ١٦/١ درصد واریانس را توضیح می‌دهند (جدول ٧). متغیرهای محیطی که بر اساس مقایسه عامل تورم واریانس انتخاب شدند شامل درجه حرارت و شوری بودند. محور ١ CCA همبستگی مثبت با متغیر شوری و درجه حرارت در ٦ دوره نمونه‌برداری داشت (نمودار ٧- الف)، درحالی‌که محور ١ CCA همبستگی منفی با متغیر درجه حرارت و شوری در ٤ ایستگاه نمونه‌برداری داشت (نمودار ٧- ب).

بزرگ بی‌مهره آبزی که دارای بالاترین و کم‌ترین نمره بر روی محور ١ بودند به ترتیب Ephydridae (١/٢٢٩٧) و Tubificidae (-٠/٧٥٨٩) بودند (شکل ٨- الف). در ایستگاه ١ درجه حرارت و شوری بالا در فراوانی Tubificidae و Simuliidae نقش داشت، درحالی‌که در ایستگاه ٢ درجه حرارت بالا و در ایستگاه‌های ٣ و ٤ درجه حرارت و شوری پایین در فراوانی بزرگ بی‌مهرگان آبزی نقش داشتند (شکل ٨- ب).

فراوانی بزرگ بی‌مهرگان آبزی در زمان‌ها و ایستگاه‌های نمونه‌برداری به میزان شوری آب و درجه حرارت بستگی داشت. برای نمونه، Baetidae در نمونه‌برداری ٦ در شوری بالا و در نمونه‌برداری ٧ در درجه حرارت بالا به بالاترین فراوانی در طی این مطالعه رسید. درحالی‌که در نمونه‌برداری ٢ تا ٤، Chironomidae در شوری متوسط و درجه حرارت کم و Simuliidae در درجه حرارت متوسط و شوری کم فراوانی بالاتری داشتند. هم‌چنین، بالاترین فراوانی Simuliidae، Tubificidae در ایستگاه ١ در شوری و درجه حرارت بالا، بالاترین فراوانی

Chironomidae در ایستگاه ۱ در شوری و درجه حرارت متوسط و بالاترین فراوانی Baetidae در ایستگاه ٤ در شوری و درجه حرارت متوسط- پایین به دست آمد.

بحث و نتیجه‌گیری

در این مطالعه تنوع بزرگ بی‌مهرگان آبزی در نهر باغو در حوزه خلیج گرگان مورد مطالعه قرار گرفت. حوزه خلیج گرگان از چند نهر فصلی تشکیل شده است که در جهت جنوبی به شمالی جاری هستند. این مطالعه نشان داد از مجموع ٤١٦٣ نمونه شناسایی و شمارش‌شده، سه خانواده Chironomidae (٤٣/٥ درصد)، Simuliidae (١٩/٧ درصد) و Beatidae (١٤/٢ درصد) دارای بالاترین فراوانی بودند که در هر ٤ ایستگاه مشاهده شدند. آنالیز واریانس اسپلیت پلات نشان داد فراوانی گونه‌ای در زمستان و بهار اختلاف نداشت. هم‌چنین، ایستگاه ۱ دارای بیش‌ترین فراوانی و غنای گونه‌ای بود. به‌طورکلی، شوری آب در ایستگاه‌های جلگه‌ای بالاتر از ایستگاه‌های جنگلی بود، اما درجه حرارت آب بین ایستگاه‌های جنگلی و جلگه‌ای تفاوت نداشت. تنها بارش بهاری سبب شد درجه حرارت آب ایستگاه‌های جلگه‌ای بالاتر از ایستگاه‌های جنگلی گردد.

در دهه سوم اردیبهشت، پیش از آخرین نمونه‌برداری، بارندگی در حوضه آبریز خلیج گرگان رخ داد که موجب افزایش سرعت آب در نهر به‌ویژه در بالادست نهر در ایستگاه ٤ (ایستگاه جنگلی). هم‌چنین بستر نهر در ایستگاه ۱ (ایستگاه روستا) گلی شد؛ بنابراین، نمونه‌برداری در ایستگاه ۱ برای اولین و آخرین بار با اکمن گرب انجام شد. پس از بارندگی Tubificidae در ایستگاه ۱ دارای بالاترین فراوانی را داشت. ایستگاه ۱ که در درون روستا قرار داشت که محل ورود فاضلاب خانگی بود که فراوانی بالای Chironomidae، Simuliidae و Tubificidae در این ایستگاه احتمالاً با بالا بودن بار آلودگی در پیوند باشد. این یافته با نتایج کردجزی و همکاران (۱۷) و جمنی و همکاران (١٦) که بیش‌ترین فراوانی و غنای گونه‌ای بزرگ بی‌مهرگان آبزی را در پایین‌دست رودخانه قره‌سو را Chironomidae و Tubificidae گزارش کردند همسو است؛ به‌طوری‌که کردجزی و همکاران (۱۷) گزارش کردند Chironomidae و Tubificidae در ۳۹ نمونه از ٤٠ نمونه برداشت شده از رودخانه قره‌سو که به خلیج گرگان می‌ریزد، وجود داشت.

آنالیز واریانس کرت‌های خردشده نشان داد فراوانی بزرگ بی‌مهرگان آبزی (به‌جز نمونه‌برداری اول- در آذر) و غنای گونه‌ای بزرگ بی‌مهرگان آبزی (به‌جز نمونه‌برداری دهه سوم اردیبهشت) تغییر معنی‌داری در طول این مطالعه نداشت که احتمالاً به‌دلیل یکنواخت بودن شرایط محیطی نهر باغو در طول دوره این مطالعه بود. فراوانی بزرگ بی‌مهرگان آبزی در تنها نمونه پاییز در ماه آذر (نمونه‌برداری ۱) کم‌تر از فراوانی بزرگ بی‌مهرگان آبزی در زمستان و بهار بود. علت آن احتمالاً جاری شدن آب در نهر پس از گذشت تابستان و آغاز دوره آبی نهر بود که با یک‌روند رو به رشد به بالاترین میزان در طول دوره این مطالعه در سه ماه زمستان رسید. چنین روندی در فراوانی بزرگ بی‌مهرگان آبزی در پایین‌دست رودخانه قره‌سو که به خلیج گرگان می‌ریزد نیز گزارش شد (۲۹). هم‌چنین، ایستگاه ۱ دارای بیش‌ترین فراوانی بود که علت آن بالا بودن فراوانی بزرگ بی‌مهرگان آبزی، مانند شیرونومیده، در بستر گلی- شنی ایستگاه اول بود. ایستگاه‌های ۲، ۳ و ٤ دارای بستر قلوه‌سنگی تا قلوه‌سنگی- تخته‌سنگی بودند فراوانی یکسانی داشتند.

در این مطالعه درجه حرارت آب نهر باغو در بهار بالاتر از زمستان بود که بدیهی به‌نظر می‌رسد. هم‌چنین، اختلافی بین درجه حرارت آب در ایستگاه‌های جنگلی و جلگه‌ای در هر نمونه‌برداری مشاهده نشد. علت آن احتمالاً فاصله کم بین بخش جنگلی و جلگه‌ای حوضه آبریز خلیج گرگان و هم‌چنین جریان یکنواخت و آرام آب نهر بود؛ اما به‌دلیل ریزش باران، جریان آب از بالادست سبب کاهش درجه حرارت آب در نواحی جنگلی شد. این بارش هم‌چنین سبب کاهش شوری آب در نواحی جلگه‌ای شد. درحالی‌که در طول این مطالعه شوری آب در نواحی جلگه‌ای بالاتر از نواحی جنگلی بود، پس از بارش باران شوری آب نهر در چهار ایستگاه اختلاف معنی‌دار نداشت.

بررسی میدانی در این مطالعه نشان داد نهر فصلی باغو در حوضه آبریز خلیج گرگان طی دوره آبی زمستان و بهار دارای جریان آب آرام و تا حدودی یکنواخت بود؛ اما جریان آب در ماه آخر بهار و تابستان فقط محدود به بخش جنگلی نهر می‌شد، به‌طوری‌که جریان آب پس از ورود به بخش جلگه‌ای به زیر سطح زمین کشیده می‌شد که نتیجه آن خشک شدن نهر در بخش جلگه‌ای (ایستگاه‌های ۱ و ۲) بود. جریان یکنواخت و آرام آب تغییر معنی‌داری در فراوانی آبزیان در طول این مطالعه ٦ ماهه ایجاد نکرد. برای نمونه فراوانی Chironomidae و Simuliidae در زمستان بالاتر بود که در بهار رو به کاهش کرد. درحالی‌که روند فراوانی Baetidae برعکس بود و فراوانی آن در بهار افزایش یافت. تنها رخداد مهم در طی این مطالعه بارندگی در حوضه آبریز خلیج گرگان پیش از نمونه‌برداری ۷اُم (آخر) بود که سبب کاهش Chironomidae و Simuliidae و افزایش در ایستگاه ۱ شد؛ که احتمالاً تغییر بستر از شنی به گلی در نمونه‌برداری آخر شد. هم‌چنین در ایستگاه جنگلی Baetidae کاهش و Hydropsychidae از راسته (Coleoptera) افزایش یافت؛ بنابراین، جریان یکنواخت و آرام آب در نهر باغو و حتی افزایش جریان آب درنتیجه بارندگی در نهر باغو تغییری در فراوانی بزرگ بی‌مهرگان آبزی ایجاد نکرد. این مطالعه اهمیت برقراری جریان یکنواخت آب در نهرها و رودخانه‌ها (حفظ حق‌آبه اکوسیستم‌های آبی) را در حفظ تنوع زیستی و پایداری فراوانی آبزیان را برجسته می‌سازد.

منابع

1. Everard, M. (1996). The importance of periodic droughts for maintaining diversity in the freshwater environment. Proceeding of Freshwater Forum, Linnean Society, London.
2. Dittmann, S., Baring, R., Baggalley, S., Cantin, A., Earl, J., Gannon, R., Keuning, J., Mayo, A., Navong, N., & Nelson, M. (2015). Drought and flood effects on macrobenthic communities in the estuary of Australia's largest river system. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 165, 36-51.
3. Neto, J. M., Teixeira, H., Patrício, J., Baeta, A., Veríssimo, H., Pinto, R., & Marques, J. C. (2010). The response of estuarine macrobenthic communities to natural-and human-induced changes: dynamics and ecological quality. *Estuaries and Coasts*, 33(6), 1327-1339.
4. Montagna, P., Kalke, R., & Ritter, C. (2002). Effect of restored freshwater inflow on macrofauna and meiofauna in upper Rincon Bayou, Texas, USA. *Estuaries*, 25(6), 1436-1447.
5. Wetz, M. S., & Yoskowitz, D. W. (2013). An 'extreme'future for estuaries? Effects of extreme climatic events on estuarine water quality and ecology. *Marine Pollution Bulletin*, 69(1-2), 7-18.

6. Kamali M., E. S. A. (2009). Biological assessment of Lasam River (Amol County-Mazandaran Province) using the structure of macro-invertebrates populations. *Journal of Biological Sciences, Lahijan Branch*, 3(1), 51-61. [In Persian]
7. Levin, L. A., Boesch, D. F., Covich, A., Dahm, C., Erséus, C., Ewel, K. C., Kneib, R. T., Moldenke, A., Palmer, M. A., & Snelgrove, P. (2001). The function of marine critical transition zones and the importance of sediment biodiversity. *Ecosystems*, 4(5), 430-451.
8. Zharikov, Y., & Skilleter, G. A. (2003). Depletion of benthic invertebrates by bar-tailed godwits Limosa lapponica in a subtropical estuary. *Marine Ecology Progress Series*, 254, 151-162.
9. Gaston, G. R., Rakocinski, C. F., Brown, S. S., & Cleveland, C. M. (1998). Trophic function in estuaries: response of macrobenthos to natural and contaminant gradients. *Marine and Freshwater Research*, 49(8), 833-846.
10. Wildsmith, M., Rose, T., Potter, I., Warwick, R., & Clarke, K. (2011). Benthic macroinvertebrates as indicators of environmental deterioration in a large microtidal estuary. *Marine Pollution Bulletin*, 62(3), 525-538.
11. Kristensen, E., Neto, J. M., Lundkvist, M., Frederiksen, L., Pardal, M. Â., Valdemarsen, T., & Flindt, M. R. (2013). Influence of benthic macroinvertebrates on the erodability of estuarine cohesive sediments: Density- and biomass-specific responses. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 134, 80-87.
12. Savage, C., Thrush, S. F., Lohrer, A. M., & Hewitt, J. E. (2012). Ecosystem services transcend boundaries: estuaries provide resource subsidies and influence functional diversity in coastal benthic communities. *PloS one*, 7(8), e42708.
13. Kabousi, G. A., Kordjazi, Z., Farhangi, M., & Raeisi, H. (2022). Determining the appropriate site(s) for releasing hatchery-reared juvenile fish using macrobenthos diversity indices - a case study in Gorganroud river. *Journal of Animal Environment*, 14(3), 317-322. [In Persian]
14. Poursoufi, T., Ghojoghi, A., & Patimar, R. (2018). Identification and biodiversity of macrobenthos Gharehsou River - Southeast Caspian Sea *Journal of Animal Environment*, 10(2), 283-290. [In Persian]
15. Gholizade, M., & Boveyri, S. (2018). Study of the effect of environmental factors on the diversity and distribution pattern of large communities of benthic macroinvertebrates in the Zarringol River, Golestan Province. *Journal of Animal Environment*, 10(3), 369-376. [In Persian]
16. Jamani, S., Gholizadeh, M., Patimar, R., & Fathabadi, A. (2021). Identification and Abundance of Macrobenthic in Estuary of the Gharehsou River. *Fisheries*, 71(1), 31-43. [In Persian]
17. Kordjazi, Z., Foumani, A., & Gholizadeh, M. (2021). Macrobenthos diversity in the release area of hatchery-reared juvenile: A case study in the Gharesou river- Gorgan gulf. *Journal of Fisheries*, 74(2), 209-222. **https://doi.org/10.22059/jfisheries.2021.316550.1218.** [In Persian]
18. Hamed Mashhadzade, Y., Kordjazi, Z., Gholizadeh, M., & Rahman Patimar, R. (2022). A study on macrobenthic communities in the lower zone of Ghaersou river- Golestan province. *Aquaculture Sciences*, 9(2), 57-67. [In Persian]
19. Alizadeh, M., Hosseini, S. A., Jafaryan, H., Ghorbani, R., & Gholizadeh, M. (2019). Evaluation of ecological and biochemical indices of macrobenthic community in the Sari-Su River (Qarnaveh). *Aquaculture Sciences*, 6(2), 75-88. [In Persian]
20. Afshin, Y. (1998). *Rivers of Iran* (Vol. 2). Ministry of Energy. Jamab. 1187p. [In Persian]
21. Dobson, M., Pawley, S., Fletcher, M., & Powell, A. (2013). *Guide to freshwater*

invertebrates. Freshwater Biological Association. 216p.

22. Clifford, H. F. (1991). *Aquatic invertebrates of Alberta*. University of Alberta. Pp. 538.
23. Gardener, M. (2014). *Community ecology: analytical methods using R and Excel*. Pelagic Publishing Ltd. 452p.
24. Bedre, R. (2023). *How to Calculate VIF in R.* **https://www.reneshbedre.com/blog/calculate-vif-r.html.**
25. Ter Braak, C. J., & Verdonschot, P. F. (1995). Canonical correspondence analysis and related multivariate methods in aquatic ecology. *Aquatic sciences*, 57, 255-289.
26. Jayaraman, K. (1999). *A Statistical Manual for Forestry Researh*. Food And Agriculture Organization (FAO). 231p.
27. Zare Chahouki, M. R., & Bihamta, M. R. (2013). *Experimental Designes in Natural Resources Sience*. Tehran University press. 319p. [In Persian]
28. Mangiafico, S. (2016). Summary and analysis of extension program evaluation in R, version 1.15. 0. **URL https://rcompanion.org/handbook.** 908p.
29. Kordjazi, Z., Gholizadeh, M., Farhangi, M., & Mohammadi, M. (2025). Flood effects on macrobenthic communities in the lowest zone of Gharesou river- Golestan province. *Journal of Freshwater Ecology*. **https://doi.org/https://doi.org/10.1080/02705060.2025.2571178.**