



پایش کیفی آب در رودخانه کرج مبتنی بر ارزیابی زیستی کفزیان و بر اساس شاخص زیستی هیلسنهوف (HFBI)

نرگس مورکی^۱، مریم شاپوری^{۲*}، رضا نهاوندی^۳

۱. دانشیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، دانشکده علوم و فنون دریایی، گروه شیلات، تهران، ایران

۲. استادیار، گروه منابع طبیعی، واحد سوادکوه، دانشگاه آزاد اسلامی، سوادکوه، ایران

۳. موسسه تحقیقات علوم دامی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

تاریخ ارسال: ۱۴۰۰/۰۶/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۹/۲۴

چکیده

کفزیان در زنجیره غذایی و هرم اکولوژیک اکوسیستم‌های آبی از جایگاه ویژه‌ای برخوردارند. این مطالعه به منظور بررسی جمعیت کفزیان و کیفیت آب رودخانه کرج واقع در استان البرز انجام گرفته شده است. در این بررسی چهار ایستگاه در مسیر رودخانه انتخاب و از کفزیان آن به صورت فصلی نمونه برداری گردید. نمونه‌ها توسط فرمالین چهار درصد تثبیت و در آزمایشگاه جداسازی، شناسایی و شمارش گردیدند. در بررسی‌های انجام شده ۲۴ خانواده، ۵ رده و ۵ راسته شناسایی گردید. بیشترین تراکم کفزیان با ۱۷۷ نمونه (تعداد در متر مربع) در تابستان و کمترین تراکم کفزیان با ۱۰۵ نمونه (تعداد در متر مربع) در زمستان گزارش گردید. در بررسی ترکیب جمعیت کفزیان رودخانه کرج، دو رده *Platyhelminthes*، *Oligocheata* و راسته *Coleoptera* در همه ایستگاه‌ها دارای بیشترین تراکم بود. در طی این مطالعه میانگین شاخص تنوع گونه‌ای شانون-وینر $1/61$ محاسبه شد. بیشترین شاخص شانون در ایستگاه اول (بعد از روستای بیلقان) به میزان $1/92$ بدست آمد. بر اساس شاخص زیستی هیلسنهوف (HFBI) وضعیت کیفی آب رودخانه کرج در حد خوب و مطلوب ارزیابی شد.

واژگان کلیدی: استان البرز، رودخانه کرج، شاخص تنوع، شاخص زیستی، ماکروبن‌توز.



Water quality monitoring in Karaj River based on benthic bioassay using Hilsenhoff Biological Index (HFBI)

Nargess Mooraki¹, Maryam Shapoori^{2*}, Reza Nahavandi³

1. Associate Professor, Department of Fisheries Science, Faculty of Marine Science and Technology, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

2. Assistant Professor, Department of Natural Resources, Savadkooh Branch, Islamic Azad University, Savadkooh, Iran

3. Assistant Professor, Iranian Fisheries Science Research institute, education and extension organization, Karaj, Iran

Received: 30-Jul-2021

Accepted: 23-Aug-2021

Abstract

The role and importance of benthic organisms in the food chain and ecological pyramid of aquatic ecosystems is highly recognized. This study was conducted to investigate the benthic population and water quality of Karaj River, located in Alborz Province. In this study, a total of four stations along the river were selected and their benthic fauna were sampled seasonally. Samples were fixed with 4% formalin, isolated, identified, and counted in the laboratory. In the sampling procedure, 24 families, 5 categories and 5 orders were identified. The highest benthic density with 177 specimens (number per square meter) was reported in summer and the lowest benthic density with 105 specimens reported in winter. The benthic population and composition of Karaj River benthic was consisted of two classes of Oligocheata, Platyhelminthes and Coleoptera order and these groups had the highest density in all stations. During this study, the average Shannon-Wiener diversity index was 1.61. The highest Shannon-Wiener diversity index in the first station was 1.92, Based on the Hilsenhof Biological Index (HFBI), resulting that the water quality of Karaj River classified at the levels of good to desirable.

Keywords: Alborz Province, Karaj River, Diversity Index, Biological index, Macrobenthos.

۱. مقدمه

ماکروبن‌توزها گروهی از ارگانیسم‌ها هستند که حداقل بخشی از چرخه زندگی خود را در بستر اکوسیستم‌های آبی سپری می‌کنند و با چشم غیر مسلح قابل رویت هستند (Pazira et al., 2009). این موجودات مهم و متنوع اکوسیستم‌های آبی، در سطح یا درون رسوبات منابع آبی و مناطق نزدیک بستر حضور دارند و به دلیل نقش آن‌ها در تغذیه گونه‌های مختلف آبزیان، ساختار زنجیره غذایی یک اکوسیستم و شاخص سنجش کیفیت آب، مهم هستند (Dehghan madiseh et al., 2012). شناسایی ماکروبن‌توزها می‌تواند به عنوان ابزاری کارآمد در استفاده سیستماتیک از موجودات زنده به منظور ارزیابی کیفیت محیط زیست و سلامت اکوسیستم‌های آبی مختلف مورد استفاده قرار گیرد. از مزایای ارزیابی زیستی این است که به کمک آن‌ها می‌توان مشکلات موجود در هر زیست بوم را، ناشی از بروز آلودگی‌ها یا تخریب زیستگاه‌ها، شناسایی نمود. کفزیان به دلیل تحرک کم، طول عمر زیاد و غنای گونه‌ای بالا، با توجه به عکس‌العمل‌های متفاوت آن‌ها در برابر تغییرات عوامل محیطی، می‌توانند به عنوان شاخصی برای ارزیابی آلودگی در بوم شناختی اکوسیستم‌های آبی مطرح باشند (Mehrjo et al., 2020).

رودخانه کرج، به علت نزدیکی به شهر کرج و به عنوان یک منطقه گردشگری، به شدت تحت تأثیر انواع منابع آلاینده اعم از مسکونی، صنعتی و تولیدی، کشاورزی و خدماتی قرار دارد و از این رو پایش دوره‌ای وضعیت این اکوسیستم، مبنی بر ارزیابی تغییرات در تنوع و فراوانی بی‌مهرگان کفزی آن یک کار ارزشمند در ارتباط با پایش‌های زیستی و برنامه‌های مدیریتی، محسوب می‌شود. این رودخانه، رودخانه‌ای دائمی است که ۲۲/۳ در صد حوضه آن متعلق به شاخه‌های فصلی است. رژیم کلی هیدرولوژیک رودخانه کرج را می‌توان در طبقه‌بندی برفی- بارانی قرار داد. این رودخانه به عنوان یکی از پرآب‌ترین رودخانه‌های دامنه جنوبی البرز در ردیف

رودخانه‌های تحت حفاظت سازمان محیط زیست قرار گرفته است (Musavi and Pourebrahim., 2019). مطالعات گوناگونی توسط محققان روی رودخانه‌های مختلفی انجام شده است. در سال Khatami و همکاران (۲۰۰۷) مطالعه‌ای روی رودخانه کرج انجام دادند که طی آن ماکروبن‌توزهای شناسایی شده متعلق به ۲۸ خانواده از پنج راسته و سه رده بودند که در تمامی ایستگاه‌ها خانواده‌های دیده شده Chironomidae و Baetidae, Planariidae گزارش شدند. نتایج مطالعه Ardalan و Shokripour (۲۰۱۷) نشان داد که حشرات آبزی، جمعیت غالب جانداران کفزی رودخانه کرج بودند، و در فصل زمستان رده‌های Clitellata, Gastropoda, Turbellaria, Insecta از بیشترین تراکم و تنوع نسبت به سایر Malacostraca برخوردار بودند، در حالی که، فصل بهار کمترین تراکم و تنوع ماکروبن‌توزها را در تمام سال نشان داد. در مطالعه Sarafian و همکاران (۲۰۲۰) جوامع بنتیک بخش ابتدائی رودخانه کن در استان تهران در سال ۱۳۹۴ بررسی شد و ۱۰ جنس شناسایی شد که نه جنس متعلق به رده Insecta و یک جنس متعلق به رده Oligochaeta بود. بنابراین، بیشترین تنوع مربوط به Insecta و کمترین تنوع متعلق به رده Oligochaeta گزارش گردید. همچنین Taban و همکاران (۲۰۱۸) در بررسی تنوع زیستی و اثر برخی عوامل محیطی بر پراکنش کفزیان رودخانه‌های جاجرود و کرج عنوان کردند که از راسته تریکوپترا دو خانواده Hydroptiloidea و Hydropsychidae در رودخانه جاجرود وجود دارند و خانواده‌های Hydropsychidae و Rhyacophilidae در رودخانه کرج شناسایی شده‌اند. با توجه به نیاز پایش وضعیت سالانه تنوع زیستی بی‌مهرگان آبزی در رودخانه‌های ایران و ارزیابی تغییرات کیفی آب به طور سالانه، این ارزیابی در رودخانه کرج انجام گرفت. لذا، هدف از پژوهش حاضر شناسایی، تعیین فراوانی و بررسی وضعیت تنوع جامعه زیستی کفزیان این رودخانه با دیدگاه کنترل کیفی رودخانه بود.

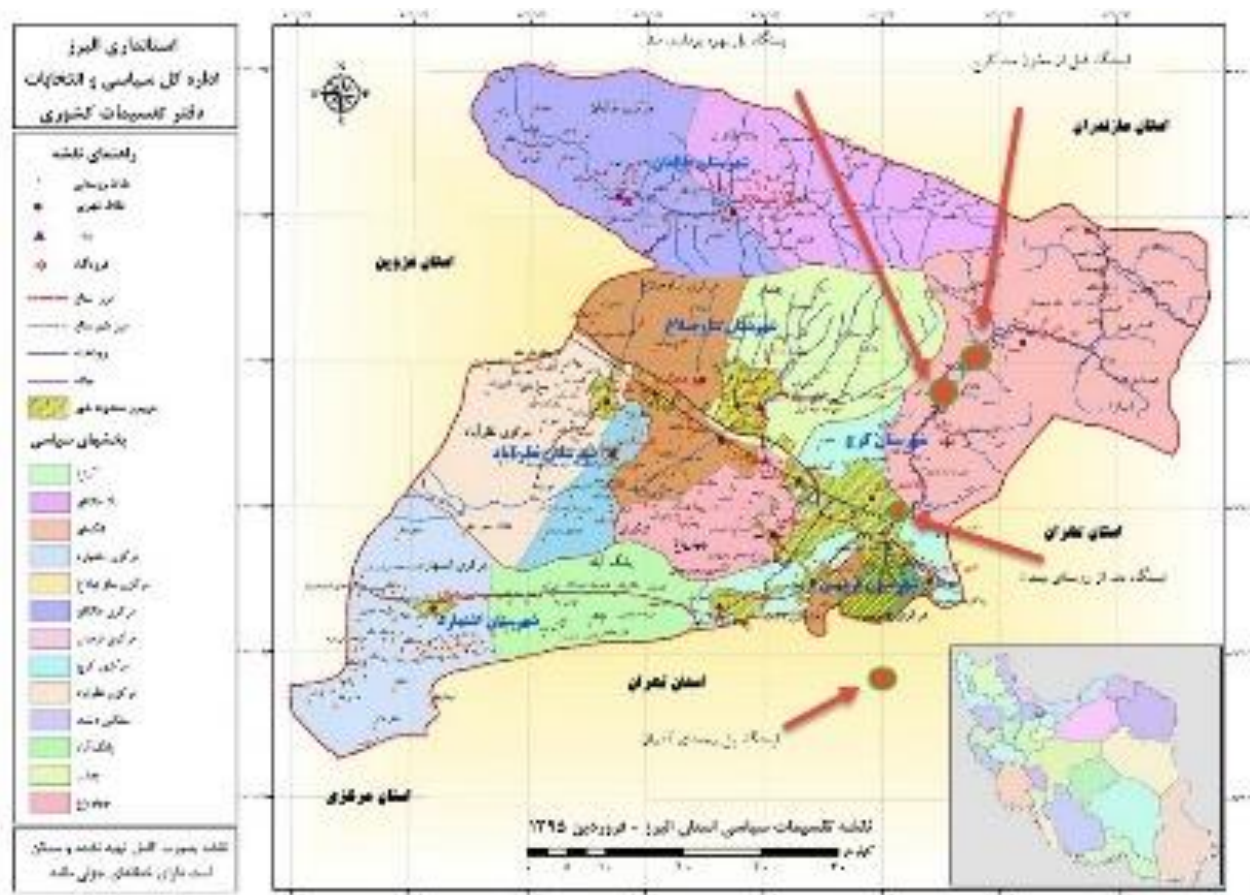
۲. مواد و روش‌ها

۲.۱. تعیین ایستگاه‌ها و نمونه برداری

این تحقیق روی رودخانه کرج که یکی از رودخانه‌های مهم دامنه جنوبی البرز است، در سال ۱۳۹۹-۱۳۹۸ انجام شد. پس از بازدید اولیه از منطقه با توجه به عوامل طبیعی و یا مصنوعی موثر در وضعیت رودخانه مانند دسترسی به شهر، روستا، پساب‌های آلاینده، امکان تفریحی و توریستی ایستگاه‌ها مشخص شدند (شکل ۱). لذا، با پهنه‌بندی رودخانه کرج، ۴ ایستگاه مطالعاتی با مختصات جغرافیایی زیر (جدول ۱) مشخص شدند و جوامع کفزیان و شاخص‌های فیزیکی-شیمیایی آن با توجه نقش تاثیرگذار عوامل دما، اکسیژن و pH بر ماکروبتوزها به مدت یک سال به طور فصلی بررسی شدند. نمونه‌برداری در هر

۲.۲. شاخص‌های کیفی آب

در هر نوبت نمونه‌برداری شاخص‌های محیطی مانند دما، اکسیژن، پی‌اچ و هدایت الکتریکی (EC) به ترتیب با استفاده از دما سنج جیوه‌ای، اکسیژن متر، پی‌اچ سنج دیجیتال و هدایت سنج دیجیتالی با استفاده از روش استاندارد متد (Clesceri *et al.*, 1989) اندازه‌گیری گردید. نمونه‌های کفزیان یا بنتوزها، جمع‌آوری شد و در ظروفی قرار گرفت و مشخصات ایستگاه، محل و تاریخ نمونه‌برداری روی آنها ثبت شد، و توسط فرمالین ۴ درصد تثبیت شدند.



شکل ۱- نقشه منطقه و ایستگاه‌های مورد مطالعه در رودخانه کرج.

جدول ۱- مختصات ایستگاه‌های نمونه برداری در رودخانه کرج

مختصات جغرافیایی		نام ایستگاه	شماره ایستگاه
عرض شرقی (E)	طول شمالی (N)		
"۴۱۴' ۲۱° ۵۱"	"۲۷۱' ۷۶° ۳۵"	بعد از روستای بیلقان	۱
"۵۹۵' ۰۶° ۵۱"	"۵۱۶' ۹۳° ۳۵"	پل روستای آدران	۲
"۱۰۶' ۰۸° ۵۱"	"۳۵۷' ۹۴° ۳۵"	پل بهره برداری سد	۳
"۲۷۲' ۰۹° ۵۱"	"۲۵۰' ۹۶° ۳۵"	قبل از مخزن سد کرج	۴

۲.۳. شناسایی نمونه‌ها

پس از جمع‌آوری، نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل و در آزمایشگاه جداسازی و به کمک کلید شناسایی معتبر (Clifford, 1991) در حد گونه مورد شناسایی قرار گرفتند. به منظور بررسی شرایط و کیفیت آب رودخانه از شاخص هیلسنهوف (رابطه ۱) و همچنین از شاخص‌های شانون وینر (رابطه ۲) استفاده شد.

$$H' = \sum_{i=1}^s \frac{N_i}{N} \ln \frac{N_i}{N} \quad (1)$$

در رابطه ۱، H' شاخص تنوع گونه‌ای شانون، N_i جمعیت هر گونه، S تعداد کل گونه‌ها و N تعداد کل نمونه در هر گونه است (shi و همکاران، ۲۰۱۷).

$$HFBI = \sum \frac{(TV_i)N_i}{N} \quad (2)$$

در رابطه ۲، N تعداد کل نمونه در هر گونه، TV_i مقاومت نمونه در هر گونه که در جدول مشخص مربوط به این شاخص آمده است و N_i تعداد هر نمونه در هر گونه است (Hilsenhoff, 1982).

۲.۴. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

در بررسی داده‌ها از آنالیز واریانس یک‌طرفه در قالب نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶ استفاده گردید. شاخص‌های

هیلسنهوف و تنوع گونه‌ای شانون توسط نرم افزار در فصول مختلف بررسی شد و نتایج حاصل با هم مقایسه گردید.

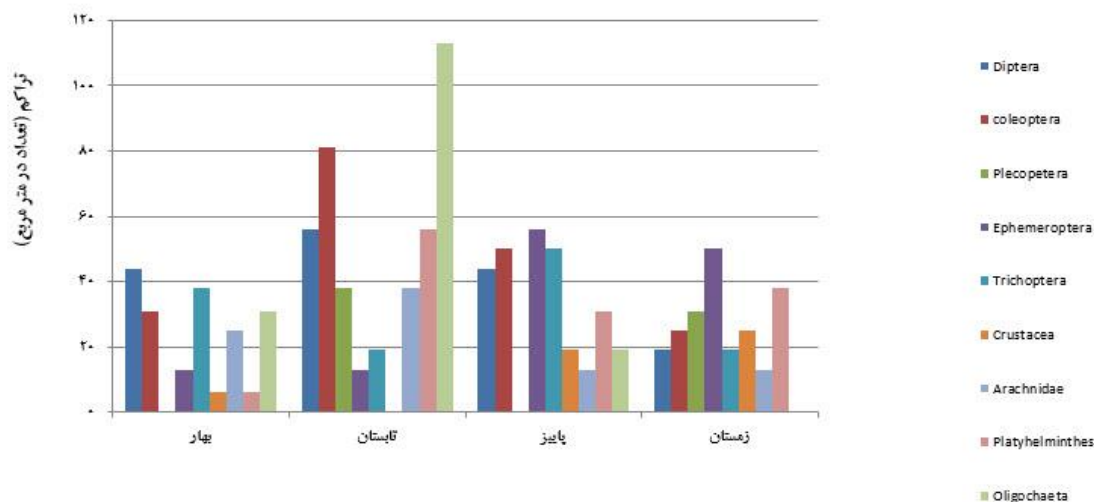
۳. نتایج

شاخص‌های فیزیکی- شیمیایی آب در فصول مختلف در جدول ۲ گزارش شده است. در این بررسی بیشترین میزان اکسیژن محلول آب در فصل زمستان (۹/۹ میلی‌گرم در لیتر) در ایستگاه قبل از مخزن سد کرج و کمترین در فصل بهار (۶/۲ میلی‌گرم در لیتر) در ایستگاه بعد از روستای بیلقان مشاهده شد. pH آب از یک روند یکنواخت و بدون تغییرات زیاد برخوردار بود، بطوریکه کمترین pH مربوط به فصل پاییز (۶/۳) در ایستگاه پل روستای آدران و بیشترین pH مربوط به فصل بهار (۷/۹) در ایستگاه قبل از مخزن سد کرج ثبت شد. بیشترین دمای آب در فصل تابستان (۲۲ درجه سانتی‌گراد) و کمترین در فصل زمستان (۲ درجه سانتی‌گراد) اندازه‌گیری شد.

در طی بررسی در اولین ایستگاه بعد از روستای بیلقان با توجه به شکل (۲) بیشترین تعداد نمونه مربوط به رده Oligochaeta بود، که بیشترین تراکم را در فصل تابستان نشان داد. کمترین تعداد مربوط به رده Crustacea و Ephemeroptera بوده، که کمترین تراکم را در فصل بهار نشان دادند (شکل ۲).

جدول ۲- شاخص‌های فیزیکی - شیمیایی آب در فصول مختلف در رودخانه کرج.

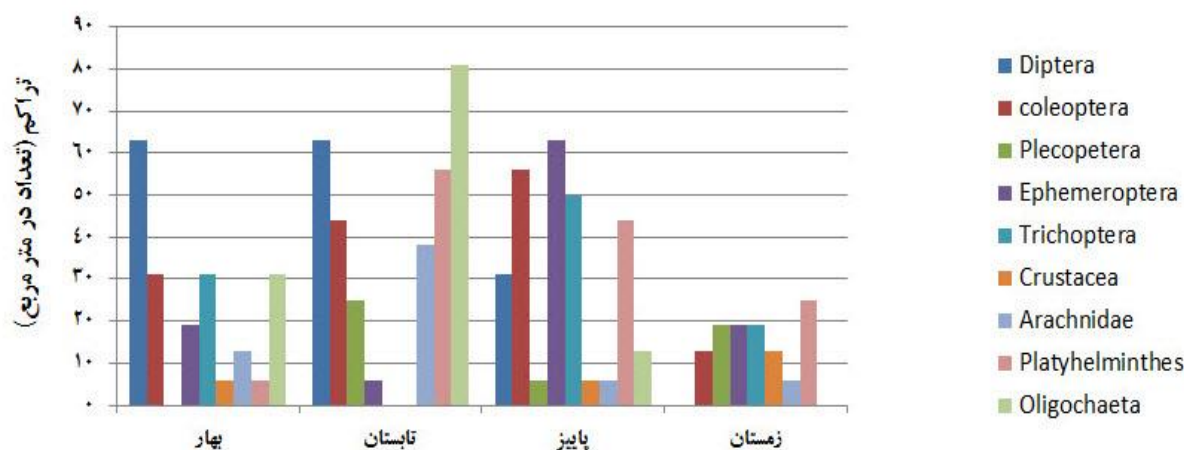
فصل نمونه برداری	اکسیژن (ppm)	pH	Ec (میکروموس بر سانتی متر)	درجه حرارت آب (درجه سانتی گراد)
بهار	۶/۲	۷/۶	۰/۲۷۹	۱۲
	۶/۴	۷/۷	۰/۳۱۱	۱۲/۲
	۶/۸	۷/۸	۰/۲۸۲	۱۳
	۶/۹	۷/۹	۰/۳۰۲	۱۵
تابستان	۷/۲	۷/۲	۰/۳۱۷	۱۵
	۷/۴	۷/۵	۰/۳۵۱	۱۷
	۷/۵	۷/۸	۰/۳۴۲	۲۰
	۷/۸	۷/۹	۰/۳۲۲	۲۲
پاییز	۹	۶/۴	۰/۴۱۵	۸
	۸/۵	۶/۳	۰/۴۵۸	۷
	۸/۷	۶/۸	۰/۴۱۲	۱۱
	۸/۱	۶/۵	۰/۴۳	۱۲
زمستان	۸/۹	۶/۸	۰/۴۱۵	۲
	۸/۷	۷/۲	۰/۴۱۲	۵/۵
	۹/۳	۶/۵	۰/۴۶۵	۸
	۹/۹	۷	۰/۴۵	۹



شکل ۲- نمودار ستونی تراکم کفزیان مختلف در ایستگاه روستای بعد از بیلقان.

کمترین تعداد به ترتیب مربوط به رده Crustacea و Arachnidae و راسته Plecopetera محاسبه شد. کمترین تراکم در فصل پاییز مشاهده گردید.

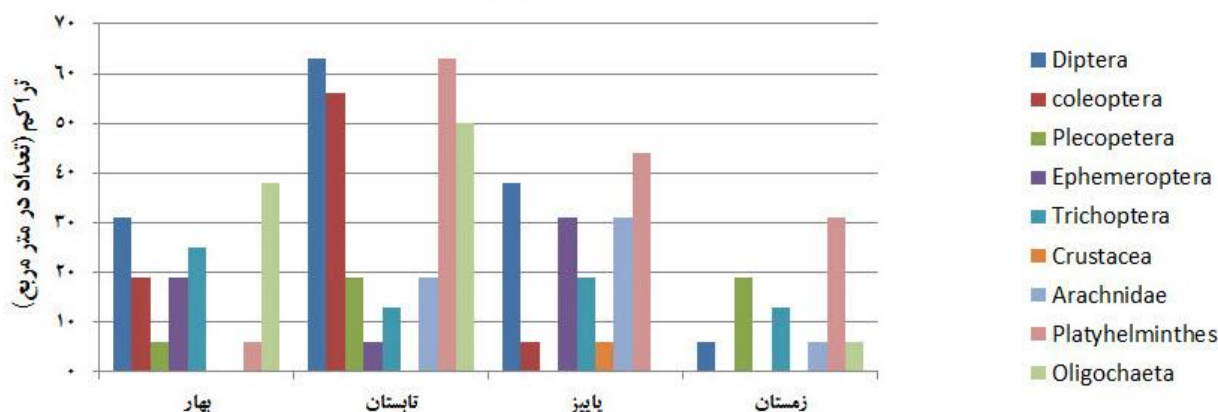
در دومین ایستگاه، پل روستای آدران، با توجه به شکل (۳) بیشترین تعداد مربوط به رده Oligochaeta بود، که بیشترین تراکم را در فصل تابستان نشان داد.



شکل ۳- نمودار ستونی تراکم کفزیان مختلف در ایستگاه پل روستای آدران.

مشاهده گردید. کمترین تعداد مربوط به رده Crustacea و Arachnidae بوده، که کمترین تراکم را در فصل زمستان نشان داده است.

در سومین ایستگاه، پل بهره برداری با توجه به شکل ۴ بیشترین تعداد مربوط به راسته Diptera و شاخه Platyhelminthes بود و بیشترین تراکم در فصل تابستان



شکل ۴- نمودار تراکم ستونی کفزیان مختلف در ایستگاه پل بهره برداری سد.

و ۲۴ خانواده قرار دارد و در بررسی فصول در طول یک سال، بیشترین تعداد نمونه‌های کفزیان در فصل تابستان بدست آمد.

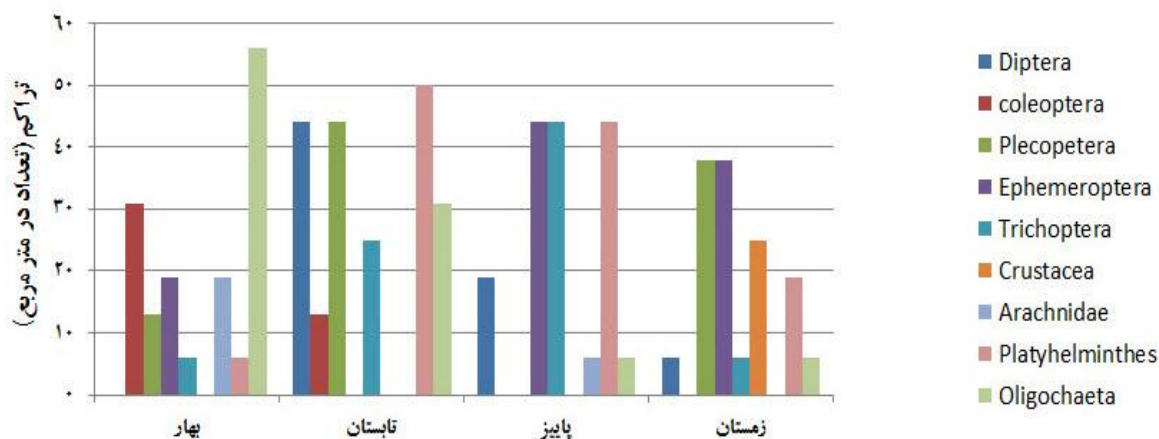
برای ارزیابی تنوع کفزیان منطقه مورد بررسی از شاخص شانون-وینر استفاده گردید. بر اساس شاخص تنوع شانون-وینر روند تغییرات تنوع کفزیان در چهار ایستگاه بسیار جزئی و اندک است (شکل ۶). در بررسی

در ایستگاه قبل از مخزن سد کرج، بیشترین تعداد مربوط رده Oligochaeta بوده، که بیشترین تراکم را در فصل بهار نشان داده اند. کمترین تعداد مربوط به راسته Ephemeroptera و Trichoptera بود، که کمترین تراکم را در فصل زمستان نشان داد.

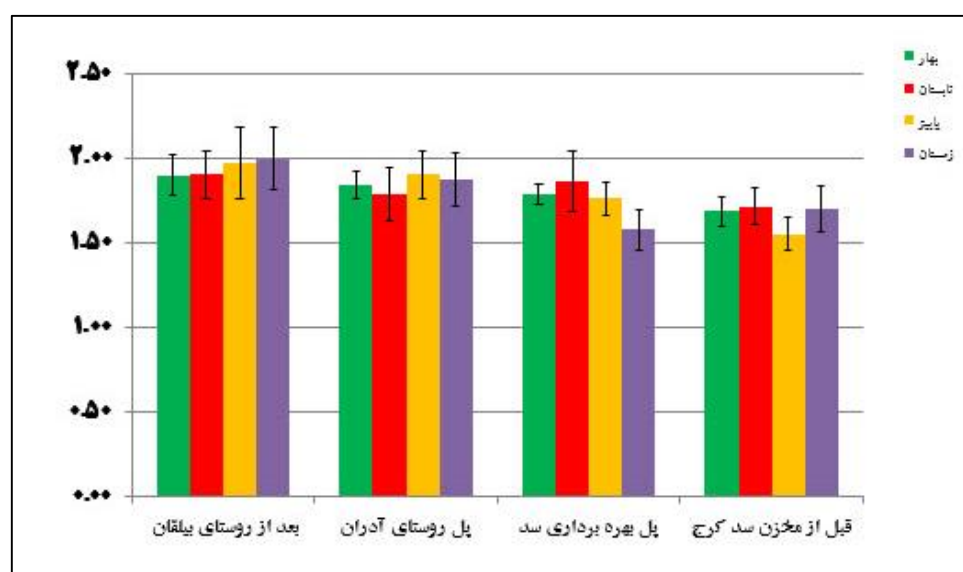
نتایج این بررسی نشان داد که جامعه کفزیان رودخانه کرج در طول یک سال نمونه برداری، در ۵ رده، ۵ راسته

داشت (۱/۸). ایستگاه‌های سوم (پل بهره برداری سد) و ایستگاه چهارم (قبل از مخزن سدکرج) از نظر شانون یکسان (۱/۶) بودند.

میانگین شاخص تنوع زیستی شانون در ایستگاه‌ها و فصل‌های مورد بررسی، بیشترین تنوع مربوط به ایستگاه اول (بعد از روستای بیلقان) بود (۱/۹۲). ایستگاه‌های دوم (پل روستای آدران) از نظر شانون در مرحله دوم قرار



شکل ۵- نمودار ستونی تراکم کفزیان در ایستگاه قبل از مخزن سد کرج.

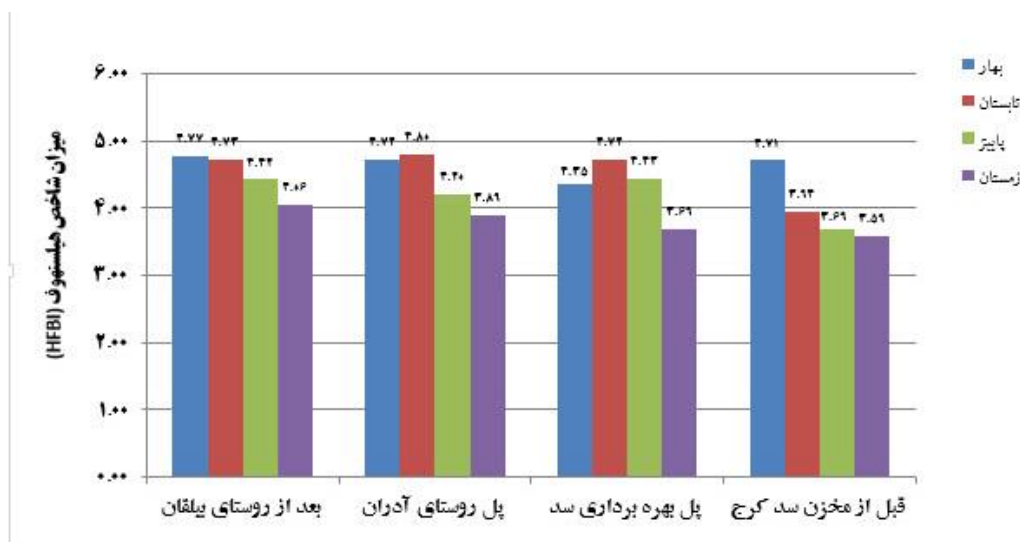


شکل ۶- نمودار شاخص شانون در ایستگاه‌های نمونه برداری در فصول مختلف.

هیلاسنهوف، این شاخص نشان دهنده شرایط مطلوب و خوب رودخانه است (Hilsenhoff, 1982). بررسی تغییرات شاخص HFBI طی دوره بررسی یک ساله نشان دهنده حداقل این شاخص در فصل زمستان با عدد ۳/۵۹۱ و

شاخص HFBI در تمامی ایستگاه‌ها و فصول در نمودار شکل ۷ نشان داده شده است. همانطور که میانگین این شاخص در فصول مختلف نشان می‌دهد، میزان این شاخص‌ها بین ۳/۵ تا ۴/۸۰ بود. بر اساس جدول استاندارد

حداکثر در فصل تابستان با عدد ۴/۸۰ است (شکل ۷).



شکل ۷- نمودار شاخص هیلسنهوف در ایستگاه‌های نمونه برداری در فصول مختلف.

۴. بحث و نتیجه گیری نهایی

مطالعه رودخانه‌ها در میان منابع آب به دلیل رفع نیازهای بشر از اهمیت بالایی برخوردار است و باید ضمن شناخت آنها، اقدامات صحیح جهت حفاظت این منابع مهم صورت پذیرد (Bordalo et al., 2001). شناخت و پایش مداوم اثرات متغیرهای محیطی بر تنوع، فراوانی، ساختار و ترکیب گونه‌ای کفزیان می‌تواند ما را در حفاظت بهتر این منابع محدود یاری نماید. فاکتورهای محیطی و زیستی بسیاری بر زیست‌مندان رودخانه موثرند که تعداد و میزان اثر آنها در مکان و زمان متفاوت است (Berger et al., 2017).

در بررسی نتایج بدست آمده، تراکم کفزیان در ایستگاه‌ها و فصول مختلف، در ایستگاه دوم در فصل بهار با ۲۰۰ تعداد در متر مربع دارای بیشترین و در ایستگاه سوم با ۱۴۴ تعداد در متر مربع کمترین میزان تراکم را دارا بوده است. شاید علت کم شدن تراکم کفزیان در فصل بهار را در ایستگاه سوم وجود سد و تاثیرات آن منطقه دانست. نتایج مشاهده شده در تابستان و پاییز نشان داد بیشترین تراکم کفزیان در ایستگاه اول به ترتیب ۴۱۴ و

۲۸۲ عدد در متر مربع و کمترین تراکم در ایستگاه چهارم به میزان ۲۰۷ و ۱۶۳ عدد در متر مربع بدست آمده است. همچنین در فصل زمستان بیشترین تراکم در ایستگاه اول با ۲۲۰ عدد در متر مربع و کمترین تراکم در ایستگاه سوم با ۸۱ عدد در متر مربع مشاهده شده است. تغییرات در تراکم کفزیان را می‌توان به عواملی چون شرایط سیلابی یا بارندگی رودخانه، افزایش تولیدات اولیه، وضعیت سیلابی یا بارندگی جریان آب رودخانه نسبت داد که در کم و زیاد شدن تراکم کفزیان تاثیر به سزایی دارند (Motaghi Darabi et al., 2017).

در نتایج بدست آمده از راسته‌های شناسایی شده، در ایستگاه اول (بعد از روستای بیلقان) در فصل بهار، راسته Diptera دارای بیشترین فراوانی، راسته Plecoptera و Crustacea دارای کمترین فراوانی بوده‌اند. در فصل تابستان راسته Oligochaeta دارای بیشترین فراوانی و راسته Ephemeroptera و Crustacea کمترین فراوانی را نشان داده‌اند. در نتایج فصل پاییز Trichoptera بیشترین و Plecoptera کمترین فراوانی را داشته‌اند. در زمستان Ephemeroptera دارای بیشترین و Oligochaeta

از عوامل محیطی و شرایط استرس زا و حفظ تعادل اکولوژیکی است (Shokriopour and Ardalan, 2017). بطور کلی می توان گفت عواملی چون فشارهای محیطی بر اکو سیستم رودخانه و برخی از ویژگی های فیزیکی آب مانند سرعت، دبی و سیلابی بودن رودخانه بر جایگاه و جمعیت کفزیان تاثیرگذار است (Hilsenhoff, 1982). در سایر مطالعات انجام شده گروه های متنوعی از بی مهرگان کفزی به خصوص حشرات آبی شنا سایی شده اند. در مطالعه رودخانه سرخورد لارو حشرات آبی غالب کفزیان را تشکیل می دهد. خانواده های Hydropsychida, Baetida Simulidae غالب ترین گروه های تشکیل دهنده کفزیان این رودخانه محسوب می شوند (Abbaspour et al., 2017). در بررسی رودخانه جاجرود با استفاده از جوامع بنتیکی نشان داده شد که کیفیت آب رودخانه جاجرود در پایین دست مطلوب نبوده و برای بهبود کیفیت آب این رودخانه می بایست اقدامات مدیریتی مناسبی انجام گردد. در بررسی شاخص شانون در ایستگاه های مطالعاتی رودخانه جاجرود تفاوت معنی داری را نشان نداد (Mehtjo et al., 2020). در مطالعه Shokriopour و Ardalan (۲۰۱۷)، حشرات آبی جمعیت غالب جانداران کفزی رودخانه کرج را تشکیل می دهد. در این بررسی Simulium از راسته Diptera با فراوانی ۸۷۹ عدد در متر مربع دارای بیشترین تعداد بوده است. در طی این تحقیق میانگین شاخص تنوع گونه ای شانون $1/73$ محاسبه شده است. کیفیت آب ایستگاه های مورد بررسی در سه طبقه کیفی عالی، خیلی خوب و خوب ارزیابی شد. در گزارش دیگری که توسط Taban و همکاران (۲۰۱۸) بر روی کفزیان رودخانه جاجرود و کرج صورت گرفته نشان داده شد که خانواده Batidae در رودخانه جاجرود و خانواده Simulidae در رودخانه کرج دارای بیشترین فراوانی بوده است. مقادیر شاخص شانون در طول چهار دوره نمونه برداری در رودخانه کرج بین $2/04$ تا $2/5$ متغیر بوده است. نتایج حاصله از مطالعه Motaghi Darabi و همکاران (۲۰۱۷) بر روی رودخانه گاماسیاب و بیستون در استان کرمانشاه، راسته Diptera

Arachnidae دارای کمترین فراوانی بوده اند. این شرایط با توجه به حضور جنس های حساس به آلودگی (Ephemeroptera و Trichoptera) نشان دهنده شرایط مناسب رودخانه است (Ehlinger et al, 2003). ایستگاه اول بعد از روستای بیلقان در تمام طول سال بیشترین تنوع و تراکم را نسبت به سایر ایستگاه ها نشان داد. در این ایستگاه به دلیل وجود بستر قلوه سنگی که بهترین نوع بستر برای رشد و ازدیاد گونه های بنتیک می باشد، بیشترین تنوع گونه ای مشاهده شد. محققین معتقد هستند که جنس رسوبات به عنوان یکی از عوامل تعیین کننده در پراکندگی و تراکم موجودات بنتیک محسوب می گردد (Hilsenhoff, 1982). در ایستگاه دوم (پل روستای آدران) در فصل بهار راسته Diptera در فصل تابستان Oligochaeta، در پاییز راسته Ephemeroptera و در زمستان Platyhelminthes بیشترین فراوانی را به خود اختصاص داده اند. در این ایستگاه در تمامی طول سال راسته Crustacea, Trichoptera, Plecoptera و Arachnidae کمترین فراوانی را داشته اند. در بررسی ایستگاه (سوم) سد در فصل بهار راسته Oligochaeta، تابستان، راسته Diptera و Platyhelminthes، پاییز و زمستان Platyhelminthes دارای بیشترین فراوانی بوده اند. این مساله خود نشان دهنده افزایش گروه های مقاوم و غیر حساس به آلودگی در منطقه در فصل گرم سال به دلیل سکون و کم بودن جریان آب و افزایش شاخه کرم های پهن در فصل پاییز و زمستان است. این گروه شاخص شرایط مطلوب و نسبتا مناسب آب به دلیل جریان بودن رودخانه در این فصول می باشد. در بررسی ایستگاه قبل مخزن سد کرج، در فصل بهار Oligochaeta، تابستان Platyhelminthes و Plecoptera، پاییز Ephemeroptera و Trichoptera و در زمستان Ephemeroptera و Plecoptera دارای بیشترین فراوانی بوده که خود بیانگر شرایط کیفیت مطلوب رودخانه در این ایستگاه است. طی دوره تحقیق تنوع و تراکم کفزیان از ایستگاه اول به سمت ایستگاه چهارم روند کاهش داشت. تغییراتی که در ترکیب کفزیان رخ می دهد ناشی

اخیر در تمام نقاط دنیا به عنوان یک شاخص زیستی برای پایش سریع کیفیت آب رودخانه‌هایی که در مناطق مختلف و با شرایط اقلیمی متفاوت (معتدله-گرمسیری سردسیری) قرار دارند استفاده می‌شوند. در سال ۲۰۰۲ توسط Fenoglio و همکاران تحقیقی بر روی کیفیت آب ۷ رودخانه (به عنوان رودخانه‌های مناطق معتدله) در جنوب شرقی نیکاراگوئه (ریسون جون) صورت گرفت که علاوه بر شاخص HFBI از ۶ شاخص دیگر نیز با هدف ارزیابی کیفیت آب استفاده شد. نتایج شاخص HFBI در این ۷ رودخانه از مقدار عددی ۴/۷۲ تا ۷/۸۰ متغیر بوده و به طور میانگین از مقدار عددی ۵/۴۲ کیفیت آب این رودخانه نسبتاً خوب ارزیابی گردید. در این بررسی ایستگاه اول رودخانه کرج (روستای بیلقان) بر اساس HFBI (۴/۴۹۵) در محدوده کیفیت آب خوب می‌باشد. همچنین ایستگاه دوم (روستای آدران) بر اساس شاخص HFBI (۴/۴۰۲) و ایستگاه سوم (پل بهره برداری سد) بر اساس شاخص HFBI (۴/۲۹۷) نیز در محدوده کیفیت آب خوب شناخته شد. نتایج حاصله از شاخص HFBI در ایستگاه ۴ (قبل مخزن سد کرج) نشان داده شد که این منطقه دارای بهترین شرایط از نظر کیفیت آب می‌باشد (۳/۹۸). ایستگاه ۴ با وجود اینکه در مجاورت سد کرج واقع شده و دارای پراکنش و تنوع کم موجودات کفزی می‌باشد، اما دارای بالاترین کیفیت آب نسبت به سایر ایستگاه‌ها است. بررسی کیفیت رودخانه آب کرج به کمک شاخص HFBI که در بین شاخص‌های بیولوژیک به گونه‌ای طراحی شده که بازتاب منطقی دقیق‌تری از میزان بار آلودگی آلی دارد، نشان داد که کیفیت آب این رودخانه به طور میانگین مناسب و مطلوب می‌باشد.

دارای بیشترین فراوانی بوده و بعد از این راسته Ephemeroptera (یک روزه‌ها)، Gasteropoda (شکم پایان) و Amphipoda (جور پایان) در رده‌های بعدی قرار گرفته‌اند. Dadgar و همکاران (۲۰۱۴) در نتایج بدست آمده بر روی سرشاخه‌های رودخانه شاهرود به بیشترین فراوانی خانواده Chironomidae از راسته دوبالان با میانگین فراوانی ۱۱/۶ عدد در متر مربع اشاره نموده است. در این تحقیق با توجه به یافته‌های بدست آمده از فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی منطقه و نقش استخر پرورش ماهی در سرشاخه‌های رودخانه، مزارع پرورش ماهی بر کیفیت شاخه اصلی رودخانه شاهرود تاثیر منفی نداشته‌اند. محققین به منظور ارزیابی اثرات آلودگی مواد آلی بر روی ساختار جمعیتی منابع آب عنوان کردند که هرگاه شاخص تنوع شانون-ونیر کمتر از یک باشد اکوسیستم شدیداً آلوده، بین یک تا سه اکوسیستم در وضعیت نسبتاً آلوده و هرگاه بیشتر از سه باشد غیر آلوده است (Shi et al., 2017). در مطالعات انجام شده در رودخانه کرج و بررسی شاخص شانون در طول مدت مطالعه نشان داد که تمام ایستگاه‌ها در تمام فصول در وضعیت نسبتاً آلوده به سر می‌برند. نتایج حاصله نشان که فقط ایستگاه اول (بعد از روستای بیلقان) دارای شاخص با میانگین عددی ۱/۹۲ است و بقیه ایستگاه‌ها دارای عدد کمتری بوده و این ارزیابی بیانگر شرایط نامناسب رودخانه کرج از نظر تنوع بی مهرگان در ایستگاه‌های مورد بررسی است (Shi et al., 2017).

با توجه به نتایج مشخص شد که میانگین جمعیت کفزیان در طول رودخانه کرج طی دوره بررسی از ایستگاه اول به سمت دوم روند افزایش و سپس تا ایستگاه چهارم روند کاهش را نشان داد. کاربرد شاخص HFBI در دو دهه

۵. منابع

References

- Abbaspour, F., Mirdar Harijani, J., Gharaei, Iezadi, G.H., 2017. Biological assessment of the Tang Sorkh River (Iran) using benthic macroinvertebrates. *Iranian Journal of Fisheries Sciences* 16(3), 1008-1020

- Berger, E., Haase, P., Kuemmerlen, M., Leps, M., Schäfer, R.B., Sundermann, A., 2017. Water quality variables and pollution sources shaping stream macroinvertebrate communities. *Journal of Science of the Total Environment* 1(10), 578-588.
- Bordalo, A., Nilsumranchit, W., Chalermwat, K., 2001. Water quality and uses of the Bangpakong River (Eastern Thailand). *Journal of Water Research* 35(15), 3635-3642.
- Clesceri, L.S., Greenberg, A.E., Trussell, R.R., 1989 Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 17th Edition, American Public Health Association, Washington DC.
- Clifford, H.F., 1991. Aquatic invertebrates of Alberta: an illustrated guide. University of Alberta.
- Dadgar, S., Chehrzad, F., Razmi, K., 2014. Study of qualitative effects of Rainbow Trout farms on Shahroud River using Hilsenhoff macrobenthic rapid bioassessment index. *Journal of Animal Environment* 6(3), 143-152.
- Dehghan Madiseh, S., Esmaily, F., Marammazi, J.G., Koochaknejad, E., Farokhimoghadam, S., 2012. Benthic invertebrate community in Khur-e-Mussa creeks in northwest of Persian Gulf and the application of the AMBI (AZTI's Marine Biotic Index). *Journal of Fisheries Sciences* 11(3), 460-474.
- Ehlinger, B.R., 2003. Biological Assessment of Stream water quality- the Example of the Reka River. *Acta Carsologica* 15, 201-202.
- Fenoglio, S., Badino, G., Bona, F., 2002. Benthic macroinvertebrate communities as indicators of river environment quality: an experience in Nicaragua. *Revista de biología tropical* 50(3), 1125-1131
- Hilsenhoff, W.L., 1982. Using a biotic index to evaluate water quality in streams (No. 132). *Madison, WI:* Department of Natural Resources.
- Khatami, S.H., Riyazi, B., Modiri Asari, S.A., 2007. Assessing the quality of Karaj River based on diversity families of macroinvertebrates. *Journal of Environmental Science and Technology* 9(1), 71-78. (In Persian)
- Mehrjo, F., Hashemi, S.H., Abdoli, A., Hosseinabadi, F., 2020. Taxonomy of benthic macroinvertebrates in Jajrud River for water quality assessment. *Environmental Resources Research* 8(1), 1-10.
- Motaghi Darabi, H., Shapoori, M., Moghaddasi, B., 2017. Evaluation of distribution pattern of Macrobenthos in the Gamasyab and Biston's river in Kermanshah province. *Journal of Animal Environment* 9(3), 411-416.
- Musavi, M., Pourebrahim, S., 2019. Water quality assessment based on biological monitoring of the Karaj River (Alborz province) using benthic macroinvertebrates. *Journal of Animal Environment* 11(3), 335-344.
- Pazira, A., Emami, M., Koohgardi, A., Vatandoost, S., Akrami, R., 2009. The effect of the environmental parameters on biodiversity of macrobenthos in Dalaki and Helle river of Boushehr. *Journal of Fisheries* 2(4), 65-70. (In Persian).
- Sarafian, M., Eidi, M., Ashja Ardalan, A., 2020. Identification of macrobenthos in the proximal part of the Kan River, Tehran province. *Journal of Animal Environment* 12(2), 389-400.
- Shi, X., Liu, J., You, X., Bao, K., Meng, B., Chen, B., 2017. Evaluation of river habitat integrity based on benthic macroinvertebrate-based multi-metric model. *Ecological Modelling* 353(-), 63-76.
- Shokripour, Z., Ashja ardalán, A., 2017. Identify and evaluate the diversity of Macrobenthos in Karaj River. *Journal of Animal Research (Iranian Journal of Biology)* 29(4), 442-453.
- Taban, P., Abdoli, A., Khorasani, N., Aazami, J., 2018. Biodiversity Study and the Effect of Some Environmental Factors on Distribution of Macrobenthos in Jajrood and Karaj Rivers. *Journal of Animal Environment* 10(4), 477-488.