تاثیر مزارع پرورش ماهی پالنگان بر جوامع بزرگ بی‌مهرگان کفزی رودخانه سیروان با استفاده از شاخص‌های زیستی هیلسنهوف و شانون

- **طیب ویسی***: گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
- **نصراله احمدی‌فرد**: گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
- **ناصر آق**: گروه بیولوژی و تکثیر و پرورش، پژوهشکده آرتمیا و آبزیان، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
- **مرتضی کمالی**: گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران

تاریخ دریافت: مرداد ۱۳۹۷ تاریخ پذیرش: آبان ۱۳۹۷

چکیده

در پژوهش حاضر تاثیر مزارع پرورش ماهی پالنگان بر جوامع بزرگ بی‌مهرگان کفزی در ۳ ایستگاه شامل ۱) ایستگاه بالادست، ۲) ایستگاه ۱۰۰ متری و ۳) ایستگاه یک کیلومتری بعد از مزارع پرورش ماهی از دی‌ماه ۱۳۹٤ تا خرداد ۱۳۹۵ بررسی شد. برای بررسی ایستگاه‌ها از شاخص‌های هیلسنهوف (HFBI) و تنوع شانون به‌منظور بررسی وضعیت کیفی رودخانه سیروان استفاده شد. براساس نتایج، در مجموع تعداد ٤١٤٨ نمونه بزرگ بی‌مهرگان کفزی جداسازی و شناسایی شد که به ۱۸ خانواده، ۱۳راسته و ۲۰جنس تعلق داشتند. ایستگاه‌ها به‌لحاظ شاخص‌های زیستی هیلسنهوف و تنوع شانون تفاوت معنی‌داری نشان دادند ($p<0/05$). به‌طورکلی بیش‌ترین و کم‌ترین تراکم به‌ترتیب در ماه‌های اسفند و خرداد و تنوع به‌ترتیب در در ماه‌های دی و بهمن دیده شد. بیش‌ترین فراوانی ماکروبنتوزها متعلق به ایستگاه ۱ در بالا دست وکم‌ترین فراوانی در ایستگاه ۲ در ۱۰۰ متر بعد از مزارع قرار داشت. به‌طور میانگین بیش‌ترین وکم‌ترین شاخص شانون وینر به‌ترتیب در ماه‌های خرداد و اردیبهشت، بهمن بود. به‌طور میانگین در طول ٦ ماه شاخص تنوع گونه‌ای شانون وینر ۱/۲٦ به‌دست آمد. از نظر وضعیت کیفی آب رودخانه در ایستگاه ۱ عالی و در ایستگاه ۲ به‌دلیل ورود آلودگی متوسط بود. میانگین بیش‌ترین وکم‌ترین شاخص هیلسینهوف به‌ترتیب در ماه‌های اردیبهشت و اسفند بود. به‌طور میانگین در طول ٦ ماه شاخص هیلسینهوف ٥/٩٤ به‌دست آمد. به‌لحاظ وضعیت کیفی آب رودخانه در ایستگاه ۳ عالی و در ایستگاه ۲ به‌دلیل ورود آلودگی متوسط بود.

کلمات کلیدی: پساب پرورش ماهی، کیفیت آب، بزرگ بی‌مهرگان کفزی، شاخص‌های زیستی

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: tayebweysi@yahoo.com

مقدمه

رودخانه‌ها به‌عنوان بخشی از ثروت ملی و طبیعی کشور ایران از اهمیت خاصی برخوردارند و هرگونه معضل آلودگی در رودخانه‌ها قابل تأمل و بررسی است. احداث مزارع پرورش ماهی به‌خصوص ماهیان سردآبی در کنار رودخانه‌ها و تخلیه پساب این مزارع در زیستگاه‌های طبیعی حتماً آثار سوء به‌دنبال خواهد داشت و موجب به‌هم خوردن تعادل طبیعی اکوسیستم‌های آبی می‌گردد. بنابراین از وقایع مهم در بوم‌سازگان آبی، مطالعه آثار آلودگی‌ها بر روی کیفیت آب و تنوع و پراکنش زیستی ساکنان رودخانه می‌باشد (Humpesch و Fesl، ۲۰۰۲). پساب مزارع پرورش ماهی قزل‌آلا می‌تواند دارای سه نوع آلودگی شامل ۱) باکتری‌ها، ویروس‌ها و انگل‌ها ۲) داروها و گندزداهای مورد استفاده برای کنترل انگل‌ها ۳) غذای رسوب شده و مواد دفعی می‌باشد. این سه نوع آلودگی با افزایش غلظت مواد جامد معلق و مواد آلی محلول، کاهش سطح اکسیژن محلول در آب و ایجاد حالت بی‌هوازی، افزایش غلظت نیترات و فسفات، افزایش غلظت مواد سمی مانند آمونیاک، معمولاً کاهش غنای گونه‌ای و تنوع جوامع زیستی و افزایش فراوانی و غالبیت موجودات مقاوم به آلودگی و تغییر ساختار جامعه زیستی را به‌دنبال دارد (Lenat، ۱۹۸۸؛ نادری‌جلودار و همکاران، ۱۳۸۵؛ Camargo و همکاران، ۲۰۱۰). استفاده از مطالعات هیدروبیولوژیک ازجمله مطالعات بیولوژیک در بررسی خصوصیات کیفی آب‌های جاری از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است چرا که می‌توان قضاوتی منطقی و معقول از یک اکوسیستم را ارائه داد (احمدی و نفیسی، ۱۳۸۰). رودخانه‌های زیادی در ایران و سایر کشورها براساس شاخص‌های زیستی و ترکیب جمعیت بی‌مهرگان کفزی مطالعه شده‌اند. مطالعه رودخانه کارولینای شمالی (Entrekin و همکاران، ۱۹۹۹)، رودخانه وایت (Loch و همکاران، ۱۹۹۶) و رودخانه جنوب‌غربی جورجیا (Voelker و Renn، ۲۰۰۰) در ایالت متحده و رودخانه تستا در هیمالیا (Jay و همکاران، ۲۰۱۰) نشان داد که از ایستگاه‌های بالادست به‌طرف پایین‌دست، با افزایش میزان فعالیت‌های انسانی، تنوع و تراکم کفزیان و کیفیت آب کاهش یافته بود. در مطالعه Guilpart و همکاران (۲۰۱۲) بر روی روخانه‌ای در فرانسه نتایج نشان داد که فراوانی کل بی‌مهرگان کفزی به‌طور ثابت بلافاصله در پایین‌دست محل تخلیه پساب مزارع افزایش یافت و یک همبستگی مثبت با میزان تولیدماهی در مزارع را نشان داد. هم‌چنین نسبت فراوانی گونه‌های مقاوم به آلودگی در پایین‌دست مزرعه افزایش و در مقابل نسبت غنای EPT که نشان‌دهنده گونه‌های حساس به آلودگی هستند، کاهش یافته بود. در بررسی رودخانه مدیترانه (Ortize و Puig، ۲۰۰۷) شاخص زیستی هلسینهوف بین کلاسه خیلی خوب و خوب قرار داشت. کیفیت آب ۷ رودخانه در جنوب‌شرقی نیکاراگویه براساس شاخص هیلسنهوف که به‌طور میانگین به‌مقدار عددی ۵/۴۲ نزدیک بود نسبتاً خوب ارزیابی گردید (Fenoglio و همکاران، ۲۰۰۲). کیفیت رودخانه سبزکوه در استان چهارمحال و بختیاری توسط قانع و صیادرحیم (۱۳۸۹) با استفاده از شاخص‌های زیستی خیلی خوب و نسبتاً خوب ارزیابی شد. بیش‌ترین درصد فراوانی در رودخانه بابلرود به‌ترتیب متعلق به راسته‌های Diptera و Ephemeroptera بود و با فاصله گرفتن از بالادست از کیفیت رودخانه کاسته شده است (اسحقی‌نموری و همکاران، ۱۳۹۲). در رودخانه تجن (شمال ایران) تنوع بزرگ بی‌مهرگان کفزی و غنای EPT در ایستگاه‌های پایین‌دست کاهش یافته بود (ایمان‌پورنمین و همکاران، ۱۳۹۲). نتایج مطالعه عباسپور و همکاران (۱۳۹۳) نشان دادند کیفیت آب رودخانه چشمه کیله در مسیر رودخانه تحت تاثیر پساب خانگی بوده و درصد فراوانی گروه‌های مقاوم فیلترکننده افزایش یافته و از مقدار گروه‌های حساس به‌طور نسبی کاسته شده است. هم‌چنین این محققین از شاخص‌های زیستی مختلفی ازجمله شاخص زیستی شانون برای تعیین کیفیت آب رودخانه مذکور استفاده کردند که براساس نتایج مشخص شده که به‌لحاظ این شاخص بین ایستگاه‌ها تفاوت معنی‌داری وجود نداشت و تمامی ایستگاه‌ها از وضعیت مطلوبی برخوردار نیستند و همگی آلوده می‌باشند. در مطالعه عظیمی و همکاران (۱۳۹۴) (رودخانه زارمرود ساری) در طول فصل سرد خانواده Tubificidae و در طول فصل گرم، خانواده Baetidae بالاترین میزان تراکم بزرگ بی‌مهرگان کفزی را دارا بودند. میانگین شاخص‌های زیستی رودخانه مذکور نشان می‌دهد کیفیت آب رودخانه نسبتاً ضعیف است. اثر پساب مزارع پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان بر جوامع بزرگ بی‌مهرگان کفزی رودخانه ماربر سمیرم مورد بررسی قرار داده شد (خوش‌اخلاق و همکاران، ۱۳۹۴) و نتایج حاصل نشان داد که رودخانه ماربر سمیرم از قابلیت خودپالایی مناسبی برخوردار است. نوروزی و همکاران (۱۳۹۴) رودخانه زیارت در استان گلستان را براساس فون بزرگ بی‌مهرگان کفزی مورد بررسی قرار دادند و براساس نتایجِ شاخص‌های زیستی نشان داده شد که بین ایستگاه‌های مطالعاتی به‌لحاظ شاخص‌ها تفاوت معنی‌داری وجود نداشت و رودخانه مذکور دارای وضعیت نامطلوبی می‌باشد. در مطالعات فوق با استفاده از شاخص‌های زیستی توانستند قضاوتی از کیفیت آب داشته باشند و لیکن هیچ‌گونه مطالعه‌ای در ارتباط با اثرات پساب مزارع پرورش ماهی قزل‌آلای پالنگان بر پراکنش

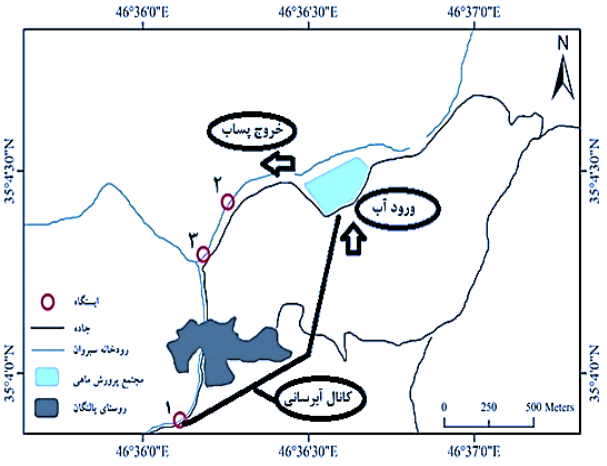
و فراوانی جوامع بزرگ بی‌مهرگان کفزی رودخانه سیروان در استان کردستان صورت نگرفته است، لذا در این تحقیق تاثیر پساب مزارع پرورش ماهی در زمستان ۹۴ و بهار ۹۵ (علت انتخاب دو فصل زمستان و بهار این است که در سایر فصول دبی آب رودخانه بعد از خروجی از مزارع خیلی کم بود و امکان انجام نمونه‌برداری در رودخانه وجود نداشت) بر روی جوامع بزرگ بی‌مهرگان کفزی مورد بررسی قرار گرفت. تاکنون بر روی رودخانه سیروان مطالعه مشابهی انجام نشده است و با توجه به این‌که در پایین‌دست رودخانه مذکور مجتمع بزرگ پرورش ماهی احداث شده است و یکی از منابع تامین‌کننده آب این مجتمع رودخانه سیروان است بنابراین بررسی وضعیت کیفی این رودخانه که به‌وسیله پساب مزارع پرورش ماهی پالنگان تغییر کرده می‌تواند کمک‌شایانی به پرورش‌دهندگان در جهت پیشبرد اهدافشان باشد.

مواد و روش‌ها

موقعیت منطقه و انتخاب ایستگاه: منطقه مورد بررسی در حد فاصل روستای پالنگان و مجتمع پرورش ماهی قرار دارد. تعداد ۳ ایستگاه، شامل ۱) ایستگاه بالادست (قبل از روستا)، ۲) ایستگاه ۱۰۰ متر بعد از خروج پساب مزارع پرورش ماهی و ۳) ایستگاه در فاصله یک کیلومتری از مزارع پرورش ماهی براساس مطالعات میدانی انتخاب شد. بعد از ایستگاه ۳ به‌علت ورود پساب‌های خانگی به رودخانه و ترکیب با پساب مزارع پرورش ماهی امکان نمونه‌برداری بیش از یک کیلومتر بعد از مزارع پرورش ماهی‌وجود نداشت. مشخصات هر یک از ایستگاه‌های نمونه‌برداری در جدول ۱ آمده است.

جدول Error! No text of specified style in document.۱: مشخصات ایستگاه‌های مورد مطالعه در محدوده رودخانه سیروان

شماره ایستگاه	مختصات جغرافیایی		ارتفاع از سطح دریا (متر)	عمق رودخانه (سانتیمتر)	دبی(لیتر بر ثانیه)	جنس بستر	ظرفیت تولید مزارع پرورش ماهی (بر حسب تن)	تعداد مزارع پرورش ماهی
	عرض	طول						
۱	۴۶۳۵۷۱	۳۵۳۴۸۴	۱۰۰۵	۶۰	۴۰۰۰	سنگی		
۲	۴۶۳۶۱۲	۳۵۴۲۷۴	۹۹۶	۷۰	۵۰۰۰	قلوه‌سنگی، گلی	۵۴۰	۵۴
۳	۴۶۳۶۲۳	۳۵۴۱۸۴	۹۸۶	۵۰	۴۵۰۰	سنگی، قلوه‌سنگی		



شکل۱: موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های مطالعاتی

نمونه‌برداری: نمونه‌برداری در طول مدت ۶ ماه از دی‌ماه ۱۳۹۴ تا خرداد ماه ۱۳۹۵ از هر ایستگاه به‌صورت تصادفی و عمود برجریان آب ۳ بار صورت گرفت(نمونه‌برداری به‌صورت ماهانه و در هر ماه یک‌بار انجام شد).در بسترهای با سنگ‌های کوچک از سوربر (به ابعاد ۳۰/۵ در ۳۰/۵ سانتی‌متر و با تور چشمی ۵۰۰ میکرون) برای نمونه‌برداری استفاده شد. در بسترهای دارای سنگ‌های بزرگ از طریق اندازه‌گیری طول و عرض سنگ به‌عنوان مبنای مساحت استفاده شد(Schwoerbel، ۱۹۷۰).نمونه‌های جوامع کفزی جمع‌آوری شده و بعد از تثبیت در فرمالین ۴ درصد به آزمایشگاه منتقل شدند. نمونه‌ها در آزمایشگاه شستشو داده شدند و در الکل اتیلیک ۷۰ درصد جهت شناسایی نگه‌داری شدند. با استفاده از کلیدهای شناسایی (احمدی و نفیسی، ۱۳۸۰؛ محبوبی‌صوفیانی و نادری، ۱۳۹۳؛Elliott، ۱۹۸۸؛Engelhardt، ۱۹۷۷؛Gislason و همکاران، ۱۹۹۴؛ Milligan، ۱۹۹۷؛ Rasmussen و Pescador، ۲۰۰۲؛ Sladecek، ۱۹۷۳؛ Wegl، ۱۹۸۳)نمونه‌ها در زیر لوپ با بزرگ‌نمایی ۱۰ تا ۴۰ در حد جنس شناسایی شدند. بعد از شناسایی نمونه‌ها، از شاخص‌های زیستی برای مقایسه ایستگاه‌ها در ماه‌های مختلف استفاده شد.

شاخص‌های زیستی مورد بررسی

شاخص (HFBI): شاخص HFBI (Hilsinhoff Family Biotic index) که به شاخص هیلسنهوف معروف است یک تکنیک ارزیابی سریع زیستی بر مبنای سطح خانواده بوده که براساس فرمول زیر قابل محاسبه است. n تعداد افراد در یک تاکسون (خانواده)، Tv میزان تحمل آلودگی برای هر تاکسون (خانواده)، N تعداد کل

موجودات جمع‌آوری شده در نمونه می‌باشد. ارزیابی کیفیت آب به‌وسیله شاخص زیستی هیلسنهوف در حد جنس به شرح جدول ۲ می‌باشد (Hilsinhoff، ۱۹۸۸):

$$HFBI = \sum\left[\frac{(Tv)n}{N}\right]$$

جدول Error! No text of specified style in document.۲: تعیین کیفیت آب براساس شاخص هیلسنهوف (Hilsinhoff، ۱۹۸۸)

میزان آلودگی آلی	کیفیت آب	اعداد داده شده (به عنوان نمره کیفیت آب)
عدم وجود مواد آلی	عالی	۰ -۳/۷۵
مواد آلی جزیی	بسیار خوب	۳/۷۶ -۴/۲۵
مقداری مواد آلی	خوب	۴/۲۶-۵
میزان متوسط موادآلی	متوسط	۵/۰۱ -۵/۷۵
مقدار زیاد مواد آلی	نسبتاً ضعیف	۵/۷۶ -۶/۵۰
میزان بسیار زیاد مواد آلی	ضعیف	۶/۵۱ -۷/۲۵
آلودگی آلی شدید	بسیار ضعیف	۷/۲۶-۱۰

شاخص تنوع شانون (Shanon Index): این شاخص تنوع گونه‌ای که به‌صورت تصادفی نمونه‌برداری شده است را تعیین می‌کند. تعداد بیش‌تر گونه‌ها و توزیع بیش‌تر آن‌ها در هر ایستگاه سبب افزایش تنوع می‌گردد که با H' نمایش داده می‌شود و براساس فرمول زیر محاسبه می‌گردد (Washington، ۱۹۸۴) که در آن ni فراوانی افراد گونه i ام در نمونه، ln لگاریتم پایه نپرین، n فراوانی کل افراد گونه‌ها در نمونه و H' شاخص تنوع گونه‌ای شانون می‌باشد. الگوی طبقه‌بندی کیفی آب براساس شاخص شانون به صورت جدول ۳ است (Washington، ۱۹۸۴). لازم به ذکر است در جهت استفاده از شاخص‌های مارگالف و سیمپسون باید شناسایی در حد گونه انجام بگیرد و به‌دلیل عدم امکان شناسایی در این حد شرایط لازم برای استفاده ازشاخص‌های مذکور وجود نداشت.

$$H^{-} = -\sum Ln\left(\frac{ni}{n}\right)\left(\frac{ni}{n}\right)$$

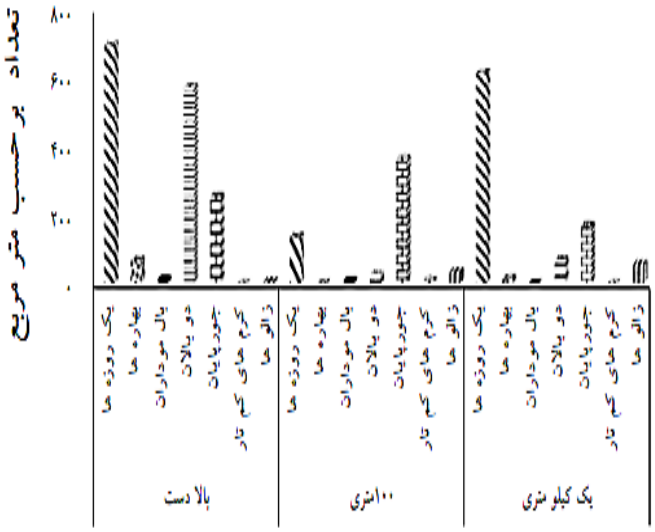
جدول ۳: الگوی طبقه‌بندی کیفی آب بر اساس شاخص شانون (Hilsinhoff، ۱۹۸۸)

شاخص شانون	نتیجه
$H'<1$	منطقه با آلودگی بالا
$1<H'<3$	منطقه با آلودگی متوسط
$3<H'$	منطقه فاقد آلودگی

روش‌های تجزیه و تحلیل آماری: میانگین داده‌های جمع آوری شده در مدت زمان ۶ ماه در هر ایستگاه با میانگین داده‌های ۶ ماهه ایستگاه‌های بعدی مورد مقایسه قرار گرفتند. بعد از بررسی نرمالیته داده‌ها (با آزمون کلموگروف - اسمیرنوف) از آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها و برای بررسی اختلاف بین میانگین داده‌ها از آزمون دانکن در نرم‌افزار SPSS ویرایش ۲۱ استفاده گردید (گلدسته و همکاران، ۱۳۷۷). نتایج به‌دست آمده در نرم‌افزار Word ثبت و توسط نرم‌افزار Excel نمودارهای مربوطه رسم شدند.

نتایج

حضور و فراوانی: طی ۶ ماه نمونه‌برداری در منطقه مورد مطالعه حدود ۴۱۴۸ نمونه جانور کفزی جداسازی و شناسایی شد که به ۱۳راسته، ۱۸ خانواده و ۲۰ جنس تعلق داشتند. بالاترین درصد تراکم و فراوانی متعلق به راسته Ephemeroptera بود. لازم به‌ذکر است که‌بعد از راسته Ephemeroptera بالاترین درصد تراکم به‌ترتیب متعلق به راسته‌های Diptera، Isopoda، Hirudinea، Pelecoptera، Trichoptera و Oligochaeta بودند. راسته‌های Ephemeroptera، Diptera، Isopoda و Hirudinea در تمامی ایستگاه‌های نمونه‌برداری مشاهده شدند. شکل‌های ۲و۳ به‌ترتیب نحوه پراکنش و درصد پراکنش بزرگ بی‌مهرگان کفزی در ایستگاه‌های مختلف نمونه برداری نشان می‌دهند.



شکل ۲: نحوه پراکنش و حضور بزرگ بی‌مهرگان کفزی در ایستگاه‌های مختلف نمونه‌برداری

جدول ۴: نحوه پراکنش بزرگ بی‌مهرگان کفزی در ایستگاه‌های مختلف مطالعاتی

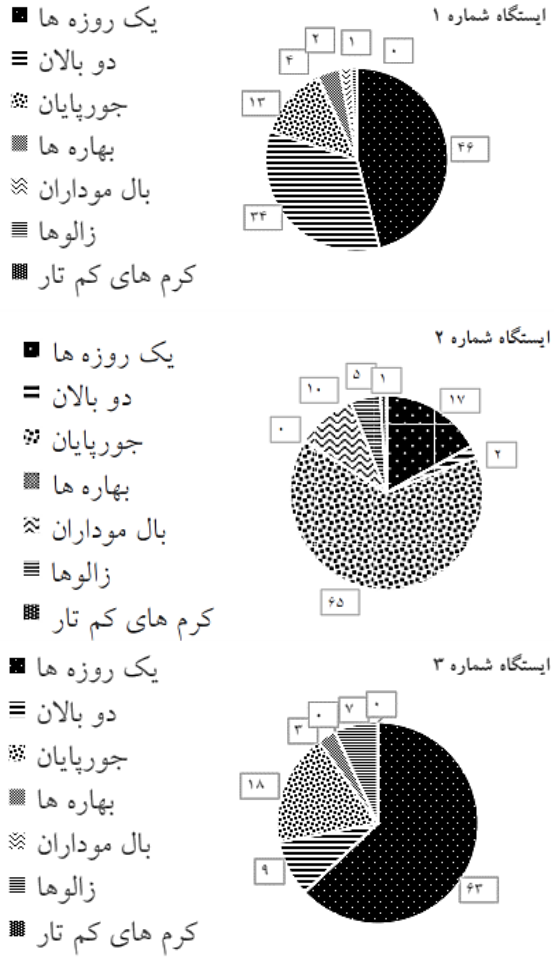
راسته	خانواده	جنس	ایستگاه ۱	ایستگاه ۲	ایستگاه ۳
Cloeptera	Haliptidae	*Haliptus*	✓	✓	✓
Diptera	anthomyiidae	*Limnopher*	–	–	–
	Chironomidae	–	✓	✓	✓
	Limoniidae	*Dicratana*	✓	✓	✓
	Simuliidae	*Similium*	✓	–	✓
	Tabanidae	*Tabanus*	✓	✓	–
Ephemeroptera	Baetidae	*Baetis*	✓	✓	✓
	–	*Epeorus*	✓	-	✓
	Baetidae	*Cloeon*	✓	✓	✓
	Caenidae	*Caenis*	–	✓	–
	Ecdionoridae	*Heptagenia*	✓	✓	✓
Plathylminthe	planariidae	*Phagocata*	✓	✓	✓
Plecoptera	Leuctridae	*Leuctra*	✓	–	✓
Trichoptera	Hydropsuchidae	*Hydropsyche*	✓	✓	✓
Prosobranchiata	Viviparide	*Viviparus*	✓	✓	✓
Lumbricida	lumbriculidae	*Lumbricullus*	–	✓	✓
Lumbriclida	Haplotaxidae	–	–	✓	✓
Isopoda	Aselidus	*Aselus*	✓	✓	✓
Hirudinea	Gloiphonidae	*Glossiphonia*	✓	✓	✓
Oligochaeta	Tubificidae	*Tubifex*	–	✓	✓
Oligochaeta	Haplotaxidae	–	–	✓	✓
Pulmonata	Physidae	*Physa*	–	–	✓
Odanata	Coenagrionidae	*Coenagrion*	–	–	✓

نتایج شاخص‌های زیستی:

جدول۵ : نتایج شاخص‌های زیستی در ایستگاه‌ها و زمان‌های نمونه‌برداری

شاخص	ایستگاه	زمان نمونه‌برداری: دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد
هیلسنهوف	۱	۴/۷۷	۶/۵۴	۵/۷۶	۵/۶۰	۵/۲۲	۵/۰۶
	۲	۶/۲۵	۷/۰۸	۶/۳۸	۷/۱۸	۷/۳۴	۷/۳۰
	۳	۵/۱۴	۴/۹۲	۴/۶۳	۶/۲۰	۵/۸۹	۵/۶۷
شانون	۱	۱/۵۰	۱/۴۱	۱/۲۸	۱/۴۹	۱/۶۶	۱/۷۱
	۲	۱/۳۱	۰/۷	۱/۵۲	۰/۸	۰/۷	۱/۲۹
	۳	۱/۰۴	۰/۸	۱/۴۴	۱/۱۱	۱/۳۲	۱/۶۸

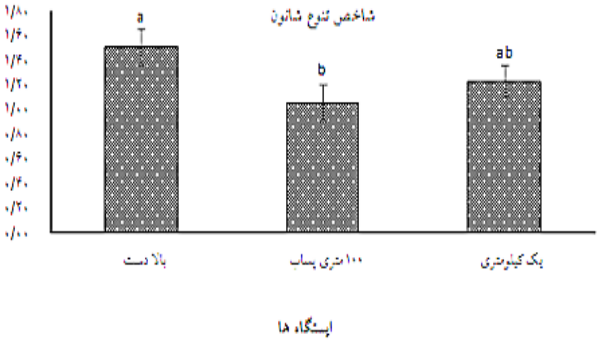
شاخص تنوع شانون: شکل ۴ روند شاخص تنوع شانون را در ایستگاه‌های مختلف مطالعاتی نشان می‌دهد. حداقل و حداکثر مقدار شاخص شانون به‌ترتیب در ایستگاه ۱۰۰ متر پس از مزارع پرورش ماهی و ایستگاه بالا دست به‌دست آمد. بررسی‌ها نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین ایستگاه‌های مورد مطالعه وجود داشته است ($p<۰/۰۵$). هم‌چنین در ایستگاه یک کیلومتری پس از مزارع پرورش ماهی به‌علت افزایش شاخص شانون نسبت به ایستگاه صد متر پس از مزارع پرورش ماهی، وضعیت خودپالایی و کیفی رودخانه سیروان در حد مطلوب و قابل قبولی می‌باشد.



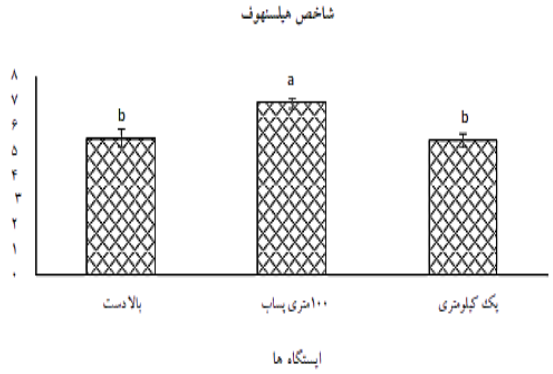
شکل۳: درصد پراکنش و حضور بزرگ بی‌مهرگان کفزی در ایستگاه‌های مختلف نمونه‌برداری

شاخص هیلسینهوف : شکل ۵ نتایج شاخص هیلسینهوف در ایستگاه‌های مختلف را نشان می‌دهد. حداقل و حداکثر مقدار شاخص هیلسینهوف به‌ترتیب در ایستگاه یک کیلومتری و ایستگاه صدمتری پس از مزارع پرورش ماهی به‌دست آمد. بررسی‌ها نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین ایستگاه‌های مورد مطالعه وجود داشته‌است ($p<۰/۰۵$). هم‌چنین به‌علت کاهش شاخص هیلسینهوف

در ایستگاه یک کیلومتری پس از مزارع پرورش ماهی نسبت به ایستگاه ۱۰۰ متری پس از مزارع رودخانه به لحاظ وضعیت کیفی در حد مطلوبی قرار گرفت که نشان‌دهنده خودپالایی مناسب رودخانه مذکور می‌باشد. براساس زمان نمونه‌برداری در طی دو فصل زمستان و بهار اقدام به نمونه‌برداری شد و از نظر شاخص‌های زیستی شانون و هیلسینهوف در جهت تعیین کیفیت آب رودخانه سیروان تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد ($p>0/05$).



شکل ۴: مقایسه شاخص شانون در ایستگاه‌های نمونه‌برداری



شکل ۵: مقایسه شاخص هیلسنهوف در ایستگاه‌های نمونه‌برداری

بحث

اهمیت بزرگ بی‌مهرگان کفزی نه تنها به جهت حضور آن‌ها در زنجیرهٔ غذایی می‌باشد بلکه وجود یا عدم وجود برخی از گونه‌های کفزی نشان‌دهندهٔ کیفیت آب از نظر میزان آلودگی و یا عدم آلودگی می‌باشد. رودخانهٔ سیروان به‌دلیل سرعت جریان و دبی زیاد همراه با طغیان آب در ماه‌های پرآب سال که منجر به گل آلودگی شدید آن می‌شود دارای تراکم کفزی نسبتاً کمی بود. طی ۶ ماه نمونه‌برداری در منطقه مورد مطالعه حدود ۴۱۴۸ نمونه جانور کفزی جداسازی و شناسایی شده که به ۱۳راسته، ۱۸ خانواده و ۲۰ جنس تعلق داشتند. بالاترین درصد تراکم و فراوانی متعلق به راسته Ephemeroptera بود. لازم به‌ذکر است که بعد از راسته Ephemeroptera بالاترین درصد به‌ترتیب تراکم متعلق به راسته‌های Diptera، Isopoda، Hirudinea، Tricoptera، Pelecoptera و Oligochaeta بودند. در تمامی ایستگاه‌های نمونه‌برداری راسته‌های Ephemeroptera، Diptera، Isopoda و Hirudinea مشاهده شد. در پژوهش حاضر لارو حشرات آبزی، موجودات غالب فون کفزیان رودخانه سیروان را تشکیل دادند. از آن‌جایی‌که محققین زیادی (اسحقی‌نیموری و همکاران، ۱۳۹۲؛ جرجانی و همکاران، ۱۳۸۷؛ شاپوری‌وهمکاران، ۱۳۸۹؛قانع، ۱۳۹۲؛ قانع و صیادرحیم، ۱۳۸۹؛ کمالی‌و اسماعیلی‌ساری، ۱۳۸۸؛ مهدوی، ۱۳۸۹؛ ملازاده، ۱۳۹۳) به غالبیت حشرات آبزی در مناطق کوهستانی اشاره کرده‌اند، واقع شدن رودخانه سیروان در مناطق کوهستانی و دارا بودن جریان سریع و دبی زیاد، به احتمال زیاد از دلایل ازدیاد حشرات آبزی با اندازه بزرگ در این رودخانه می‌باشد. نتایج به‌دست آمده از شاخص هیلسنهوف نشان می‌دهد که ایستگاه بالادست دارای کیفیتِ متوسط می‌باشد. وضعیت کیفی آب ایستگاه ۱۰۰ متری از مزارع پرورش ماهی دارای سطوح کیفی نسبتاً ضعیف است. ایستگاه یک کیلومتری به‌لحاظ وضعیت کیفی آب دارای سطح کیفی متوسط است. ایستگاه ۱۰۰ متری پس از مزارع پرورش ماهی نیز به‌علت فاصله اندک با پساب پرورش ماهی و تحت تاثیر قرار گرفتن بیش از حد با پساب از آلوده‌ترین ایستگاه مطالعاتی می‌باشد. اثر منابع نقطه‌ای بر تعداد بزرگ بی‌مهرگان کفزی رودخانه مدیترانه مطالعه شد که شاخص هلسینهوف رودخانه بین ۴/۱۵ تا ۴/۸۰ یعنی بین کلاسه کیفی خیلی خوب و خوب قرار داشت (Ortize و Puig، ۲۰۰۷). با تحقیقی که بر روی کیفیت آب ۷ رودخانه در جنوب‌شرقی نیکاراگویه صورت گرفت، نتایج شاخص هیلسنهوف در این ۷ رودخانه به‌طور میانگین ۵/۴۲ بوده است که کیفیت آب این رودخانه نسبتاً خوب ارزیابی گردید (Fenoglio و همکاران،۲۰۰۲). کیفیت رودخانه سبزکوه در استان چهارمحال و بختیاری با استفاده از شاخص هیلسنهوف بررسی شده است و کیفیت آب رودخانه را در حد خیلی خوب و نسبتاً خوب ارزیابی کرده‌اند (قانع و صیادرحیم، ۱۳۸۸). براساسِ مطالعه عظیمی و همکاران(۱۳۹۴) میانگین شاخص هیلسنهوف رودخانه زارمرود(ساری-مازندران) ۰/۸۷±۵/۷۷به‌دست آمد که نشان‌دهنده کیفیت آب نسبتاً ضعیف رودخانه بود. براساس نتایج حاصل از پژوهش حاضر شاخص هیلسنهوف در ایستگاه‌های پایین‌دست کاهش یافت که نشان‌دهنده وضعیت کیفی مطلوب آب نسبت به سایر ایستگاه‌ها می‌باشد، بنابر این نتایج پژوهش حاضر با نتایج پژوهش‌های انجام شده در بالا مطابقت دارد. هم‌چنین ایمان‌پورنمین و

همکاران (۱۳۹۲) اثرات مزارع پرورش ماهی را بر جوامع بزرگ بی‌مهرگان کفزی و کیفیت آب رودخانه تجن (شمال ایران) در طول مدت یک‌سال و در ۵ ایستگاه بررسی کردند. بر این اساس، شاخص هیلسنهوف در ایستگاه‌های پایین‌دست به‌طور معنی‌داری افزایش پیدا کرده بود. که با نتایج حاصل از این پژوهش حاضر مطابقت ندارد. براساس نتایجِ شاخص شانون، ایستگاه بالادست بالاترین تنوع و ایستگاه ۱۰۰ متری پایین‌ترین تنوع را نشان دادند و بنابراین بین ایستگاه‌های مختلف مطالعاتی رودخانه سیروان اختلاف معنی‌داری وجود دارد. علت تنوع کم ایستگاه ۱۰۰ متری را می‌توان در فاصله اندک این ایستگاه نسبت به پساب پرورش ماهی و تحت تاثیر قرار گرفتن این ایستگاه به‌وسیله پساب مزارع پرورش ماهی بیان کرد. ایستگاه بالادست به‌لحاظ وضعیت کیفی دارای وضعیت متوسطی است و علت می‌تواند مربوط به سرعت زیاد جریان آب، دبی زیاد آب عدم تاثیر این ایستگاه از پساب مزارع پرورش ماهی باشد. ایستگاه یک کیلومتر پس از مزارع پرورش ماهی نیز نسبت به ایستگاه صد متر بعد از مزارع دارای میزان شاخص تنوع شانونِ بیش‌تری می‌باشد که این نتیجه نشان می‌دهد که رودخانه سیروان پس از طی مسافتی بعد از پساب مزارع پرورش ماهی وضعیت مطلوب اولیه را به‌دست آورده و از خودپالایی مناسبی برخوردار است. براساس نتایج بین ایستگاه‌های مطالعاتی رودخانه سیروان به‌لحاظ شاخصِ زیستی شانون تفاوت معنی‌داری وجود دارد. عباسپور و همکاران (۱۳۹۳) براساس شاخص زیستی شانون در ارزیابی جوامع بزرگ بی‌مهرگان کفزی رودخانه چشمه کیله بیان کردند که تمامی ایستگاه‌ها در وضعیت کیفی نسبتاً آلوده قرار دارند. میررسولی و همکاران (۱۳۹۱) در بررسی اثر پساب مزارع پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان بر روی بزرگ بی‌مهرگان کفزی رودخانه زرین‌گل (استان گلستان) به این نتیجه رسیدند که براساس شاخص شانون بین ایستگاه‌های مختلف اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. بنابراین نتایج پژوهش‌های انجام شده با نتایج پژوهش حاضر مطابقت ندارند. در مطالعه فراوانی گونه‌های حساس به آلودگی در ایستگاه یک کیلومتری که در پایین‌دست مزارع پرورش ماهی قرار دارد نسبت به ایستگاه ۱۰۰ متری افزایش یافت که این نتایج نشان می‌دهد که رودخانه سیروان از وضعیت کیفی و خودپالایی خوبی برخوردار است. با فاصله گرفتن از پساب در ایستگاه یک کیلومتری، فراوانی گونه‌های مقاوم به آلودگی به شدت کاهش یافت و بنابر این ایستگاه یک کیلومتری بعد از مزارع پرورش ماهی نسبت به سایر ایستگاه‌ها به‌لحاظ کیفی از وضعیت مطلوبی برخوردار است که این وضعیت نشان می‌دهد که با طی مسافتی بار آلودگی رودخانه سیروان به‌تدریج کاهش یافته است. براساس پژوهشی که بر روی رودخانه‌ها در کشور فرانسه انجام گرفت، فراوانی گونه‌های مقاوم به آلودگی در پایین-دست مزارع افزایش یافته بود و بالعکس گونه‌های حساس به آلودگی در بالادست رودخانه‌ها کاهش یافته بود که این نتایج نشان داد که وضعیت کیفی رودخانه‌های مطالعاتی نامطلوب ارزیابی شد (نوروزی و همکاران، ۱۳۹۴؛ Guilpart و همکاران، ۲۰۱۲). بنابراین نتایج پژوهش حاضر با مطالعات انجام شده مذکور مطابقت ندارد. به لحاظ زمانی به‌صورت ماهانه و فصلی هم پژوهش انجام شد اما نتایج به‌دست آمده معنی‌دار نبود و بنابراین تنها نتایج معنی‌دار به‌صورت ایستگاهی نشان داده شد. لازم به‌ذکر است که تخلیه پساب به‌درون رودخانه سیروان به‌صورت پیوسته می‌باشد زیرا میزان بیومس و تولیدات هر یک از مزارع و هم‌چنین دوره پرورش آن‌ها نسبت به همدیگر متفاوت می‌باشد.

مطالعه و بررسی ساختار جوامع بزرگ بی‌مهرگان کفزی در اکوسیستم‌هایِ آبی جایگاه خاصی در بررسی‌های اکولوژیک موجودات آبزی به‌خود اختصاص داده است. پساب مزارع پرورش ماهی در کنار سایر مواد شیمیایی حاصل از سم پاشی مزارع و باغ‌ها موجب به‌خطر افتادن حیات موجودات ساکن در رودخانه‌ها خواهند شد. براساس نتایج نهایی، رودخانه سیروان از نظر کیفیت آب در حد مطلوب و قابل قبولی قرار دارد به‌طوری‌که با فاصله گرفتن از مزارع پرورش ماهی کیفیت آب تا حدی روند بهبودی را نشان داد و می‌توان اظهار داشت که پساب مزارع پرورش ماهی بعد از یک کیلومتر بر روی رودخانه سیروان تاثیر چندانی ندارد و با طی مسافت نه چندان طولانی از بار آلودگی رودخانه به‌تدریج کاسته می‌شود.

در جهت حصول به نتایج صحیح‌تر تعداد ایستگاه‌ها بیش‌تر و فاصله این ایستگاه‌ها کم‌تر شود. با توجه به این که بیومس، شرایط مدیریتی و... مزارع پرورش ماهی پالنگان با یکدیگر تفاوت دارد لذا پیشنهاد می‌شود جهت حصول به نتایج دقیق‌تر در مزارع هم ایستگاه‌هایی تعیین شود و مطالعات را در مزارع به‌صورت جزئی انجام داد تا اثراتی که هر یک از مزارع به‌صورت جداگانه بر روی رودخانه دارند بررسی شود و در این صورت می‌توان قضاوت صحیح‌تری انجام داد. هم‌چنین پیشنهاد می‌شود در جهت دست‌یابی به نتایج دقیق‌تر نمونه‌برداری‌ها را در طول یک‌سال با فاصله‌های زمانی هر ماه دو بار و در تعداد ایستگاه‌های بیش‌تری انجام داد. البته باید در آینده تمهیداتی درنظر گرفته شود تا این مقدار اثر اندک هم کاهش یابد. باید از ورود بیش از حد سموم حاصل از مزارع کشاورزی به‌داخل رودخانه جلوگیری شود و هم‌چنین اجازه احداث مزارع پرورش ماهی خانگی بدون مجوز در اطراف رودخانه

که می‌تواند کیفیت آب رودخانه را تحت تاثیر قرار بدهد داده نشود. البته مطالعه بزرگ بی‌مهرگان کفزی این رودخانه تا سطح گونه و اندازه‌گیری نیترات، فسفات، فلزات سنگین،BOD، COD در مطالعات آینده اطلاعات جامع‌تری از وضعیت آب این رودخانه می‌دهد.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از اعضاء هیات علمی و تمامی کارشناسان و کارکنان پژوهشکده مطالعات دریاچه ارومیه، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی تربیت مدرس و هم‌چنین دانشگاه کردستان برای در اختیار قراردادن تمامی امکانات تشکر و قدردانی به‌عمل می‌آید.

منابع

۱. **احمدی، م. و نفیسی، م.، ۱۳۸۰.** شناسایی موجودات شاخص بی‌مهره آب‌های جاری. انتشارات خبیر. ۲۴۰ صفحه.

۲. **اسحقی‌نیموری،م.؛ پاتیمار،ر.؛نادری‌جلودار،م.؛ جعفریان، ح. و قربانی‌نصرآبادی، ر.، ۱۳۹۲.** ارزیابی کیفیت آب رودخانه بابلرود براساس شاخص زیستی هیلسنهوف. اولین همایش سراسری کشاورزی و منابع طبیعی پایدار. ۷ صفحه.

۳. **ایمان‌پورنمین، ج.؛ شیفی‌نیا، م. و بزرگی‌ماکرانی، ا.، ۱۳۹۲.** ارزیابی پساب مزارع پرورش ماهی بر روی بزرگ بی‌مهرگان کفزی براساس شاخص‌های زیستی در رودخانه تجن (شمال ایران). مجله علوم زیستی کاسپین. دوره ۱، شماره ۱۱، صفحات ۲۹ تا ۳۹.

۴. **جرجانی، س.؛ قلیچی، ا.؛ اکرمی، ر. و خیرآبادی، و.، ۱۳۸۷.** ارزیابی شاخص زیستی آلودگی و فون کفزیان نهر مادرسو پارک ملی گلستان. مجله علمی شیلات ایران. دوره ۱، شماره ۲، صفحات ۴۲ تا ۵۱.

۵. **خوش‌اخلاق، م.؛ کامرانی، ا.؛ ابراهیمی‌درچه، ع. و سوری نژاد، ا.، ۱۳۹۴.** اثر پساب مزارع پرورش ماهی قزل‌آلا بر بزرگ بی‌مهرگان کفزی رودخانه ماربر سمیرم. مجله بوم‌شناسی آبزیان. دوره ۱، شماره ۵، صفحات ۱۰۳ تا ۱۱۲.

۶. **شاپوری، م.؛ ذوالریاستین، ن. و آذرباد، ح.، ۱۳۸۹.** ارزیابی سریع کیفیت آب رودخانه گرگانرود بر پایه شاخص‌های زیستی. فصلنامه علوم و فنون منابع طبیعی. دوره ۵، شماره ۳، صفحات ۱۱۶ تا ۱۲۹.

۷. **عباسپور، ر.؛ هدایتی‌فرد، م.؛ علیزاده‌ثابت، ح.ر.؛ حسن زاده، ح. و مسگران‌کریمی، ج.، ۱۳۹۳.** برآورد شاخص‌های زیستی و کیفی آب رودخانه چشمه کیله تنکابن با استفاده از جوامع درشت بی‌مهرگان کفزی و فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی آب. مجله علوم و مهندسی محیط زیست. دوره ۱، شماره ۲، صفحات ۵۹ تا ۷۳.

۸. **عظیمی،ا.ا.؛امیرنژاد، ر.؛ نصراله‌زاده‌ساروی، چ. و سلیمانی رودی، ا.، ۱۳۹۴.** طبقه‌بندی کیفی رودخانه زارمرود (ساری مازندران) با استفاده از شاخص زیستی هیلسینهوف. مجله اکولوژی تالاب. دوره ۱، شماره ۷، صفحات ۳۹ تا ۴۸.

۹. **قانع، ا.، ۱۳۹۲.** ترکیب جمعیت ماکروبنتوزها و توسعه آبزی پروری در رودخانه زاینده رود. نشریه توسعه آبزی‌پروری. دوره ۷، شماره ۴، صفحات ۵۸ تا ۶۵.

۱۰. **قانع، ا. و صیادرحیم، م.، ۱۳۸۸.** ارزیابی کیفی رودخانه سبز کوه در استان چهار محال و بختیاری با استفاده از شاخص‌های زیستی کفزیان. تنش‌های محیطی در علوم زراعی. دوره ۲، شماره ۲، صفحات ۱۸۵ تا ۱۹۷.

۱۱. **کمالی، م. و اسماعیلی‌ساری، ع.، ۱۳۸۸.** ارزیابی زیستی رودخانه لاسم با استفاده از ساختار جمعیت بزرگ بی‌مهرگان کفزی. مجله علوم زیستی واحد لاهیجان. دوره ۳، شماره ۲، صفحات ۵۱ تا ۶۱.

۱۲. **گلدسته، ا.؛ خدارحمی، م.؛ ترابی، م. و اصغری، ر.، ۱۳۷۷.** راهنمای کاربران Spss. جلدسوم. مرکز فرهنگی انتشارات حامی. ۴۵۵ صفحه.

۱۳. **محبوبی‌صوفیانی، ن. و نادری، غ.ر.، ۱۳۹۳** . کلید شناسایی بی‌مهرگان نهرها و رودخانه‌ها (ترجمه) انتشارات جهاد دانشگاهی اصفهان. ۱۳۱صفحه.

۱۴. **نادری‌جلودار، م.؛ اسماعیلی‌ساری، ع.؛ احمدی،م.؛ سیف آبادی، ج. و عبدلی، ا.، ۱۳۸۵.** بررسی آلودگی ناشی از کارگاه‌های پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان بر روی پارامترهای کیفی آب رودخانه هراز. مجله علوم محیطی. دوره ۲، شماره ۴، صفحات ۱۸ تا ۲۷.

۱۵. **نوروزی، ن.؛ قربانی، ر.؛ سعدالدین، ا.؛ ملائی، م. و نعیمی، ع.ا.، ۱۳۹۴.** پایش رودخانه زیارت با بهره‌گیری از فون بزرگ بی‌مهرگان کفزی استان گلستان . مجله محیط زیست جانوری. دوره ۷، شماره ۲، صفحات ۱۴۱ تا ۱۴۸.

۱۶. **مهدوی، م.؛ بذرافشان، ا.؛ جوانشیر، ا.؛ موسوی‌ندوشن، ر. و باباپور، م.، ۱۳۸۹.** بررسی امکان تاثیر جامعه کفزیان رودخانه طالقان روی تعیین کیفیت آب. نشریه محیط زیست طبیعی، مجله منابع طبیعی ایران. دوره ۶۳، شماره ۱، صفحات ۷۵ تا ۹۱.

۱۷. **میررسولی، ا.؛ نظامی، ش.؛ خارا، ح. و قربانی، ر.، ۱۳۹۱.** تاثیر پساب کارگاه‌های پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان بر روی بزرگ بی‌مهرگان کفزی رودخانه زرین گل. مجله توسعه آبزی‌پروری. دوره ۶، شماره ۲، صفحات ۸۱ تا ۹۲.

۱۸. **ملازاده، ن.، ۱۳۹۳.** ارزیابی وضعیت کیفی رودخانه ماربر با استفاده از شاخص‌های زیستی و فون ماکروبنتوز. فصلنامه علمی اکوبیولوژی تالاب. دوره ۱۹، شماره ۶، صفحات ۴۷ تا ۵۶.

۱۹. **Camargo, L.A.; Marques Junior, J. and Pereira, G.T., 2010.** Spatial variability of physical attributes of an alfisol under different hillslope curvatures. Revista Brasileira de Ciencia do Solo. Vol. 34, pp: 617-630.

۲۰. **Elliott, J.M.; Humpesch, U.H. and Macan, T.T., 1988.** Larvae of the British Ephemeroptra: A Key with ecological notes. Fresh water Biological Association Scientific publication. Vol. 49, 152 p.

۲۱. **Engelhardt, W., 1977.** Was Lebt in Tuempel, Bach und Weiher, Kosmos, Franchsche Verlagshandlung and Stuttgart. 355 p.

۲۲. **Entrekin, S.; Gollady, S.; Ruhlman, M. and Hedman, C., 1999.** Unique steep Head stream segments in Southwest Georgia: Invertebrate diversity and biomonitoring. The University of Georgia, Athens., Georgia, Georgia Water Resources Conference. 4 p.

۲۳. **Fenoglio, S.; Badino, G. and Bona, F., 2002.** Benthic Macroinvertebrate Communities as indicators of river environment quality: an experience in Nicaragua, Review Biology Trop. Vol. 50, No. 3-4, pp: 1125-1131.

۲۴. **Gislason, G.M.; Hrofnsdottir, T. and Gardarsson, A., 1994.** Lang- term monitoring of numbers of Chironomidae and Simuliidae in the River Laxa, North Iceland. Verhandlungen Interna Verein. Limnology. Vol. 25, pp: 1492-1495.

۲۵. **Guilpart, A.; Roussel, J.M.; Aubin, J.; Caquet, T.; Marle, M. and Le Bris, H., 2012.** The use of benthic invertebrate community and water quality analyses to assess ecological consequences of fish farm effluents in rivers. Ecological Indicators. Vol. 23, pp: 356-36٥.

۲۶. **Hilsenhoff, W.L., 1988.** Rapid field assessment of organic pollution with a family -level biotic index. Journal of the North American Benthological society. Vol. 7, No. 1, pp: 65-68.

۲۷. **Humpesch, U.H. and Fesl, C., 2002.** The effect of river bed management on the habitat structure and Macro invertebrate's community of a ninth order river, in Austria. Archir fur Hydrobiology Large Rivers. Vol. 13, No. 1, pp: 29-46.

۲۸. **Jay, P.; Maharaj, B. and Pandit, K., 2010.** A macro invertebrate based new biotic index to monitor river water quality. Current Science. Vol. 99, pp: 2-25.

۲۹. **Lenat, D.R., 1988.** Water quality assessment of streams using a qualitative collection method for benthic macroinvertebrates. Journal of North American Benthological Society. Vol. 7, No. 3, pp: 222-233.

۳۰. **Loch, D.D.; West, J.L. and Perlmutter, D.G., 1996.** The effect of trout farm effluent on the taxa richness of benthic macroinvertebrates. Aquaculture. Vol. 147, pp: 37-55.

۳۱. **Milligan, M.R., 1997.** Identification manual for the aquatic Oligochaeta of Florida. Freshwater Oligochaetes. Department of Environmental Protection. Florida. Department of Environmental Protection. Tallahassee. 187 p.

۳۲. **Ortize, J.D. and Puig, M.A., 2007.** Point source effects on density, biomass and diversity of benthic macroinvertebrate in a Mediterranean stream. River Research and Applications. Vol. 23, pp: 155-170.

۳۳. **Rasmussen, A.K. and Pescador, M.L., 2002.** Guide to the megalotera and aquatic neuropteran Florida Department and Environmental Protection. Tallahassee. 45 p.

۳۴. **Schwoerbel, M., 1970.** Methods of Hydrobiology: (Freshwater Biology). Burlington : Elsevier Science, http://www.isbnsearch.org/isbn/9781483184227

۳۵. **Sladecek, V., 1973.** System of Water quality from the biological point of view, E. Schweeizerbartsche Verlagsbuchhanlung, Stuttgart.

۳۶. **Voelker, D.C. And Renn, D.E., 2000.** Benthic invertebrates and quality of streambed sediments in the White River and selected tributaries in and near Indianapolis, Indiana. United States Geological Survey Science for a Changing World. 55 p.

۳۷. **Washington, H.G., 1984.** Diversity, biotic and similarity indices: a review with special relevanceto aquatic ecosystems. Water Research. Vol. 18, pp: 653-694.

۳۸. **Wegl, W., 1983.** Index fuer die Limnosaprobitaet, Wasser und Abwasser, Herausgegeben Von der Bundesanstalt fuer wasserguete in Wien-Kaisermuehlen. Band 26.