شناسایی و بررسی کفزیان بی‌مهره بزرگ رودخانه کلارود مازندران به عنوان شاخص کیفی آب رودخانه

مریم شاپوری[1]*، عبدالرحیم وثوقی[2]، مائده بابازاده[3] و صابر وطن دوست[4]
۱- گروه منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد سوادکوه
۲ و۳- گروه شیلات، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال
۴- گروه منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد بابل

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۴/۰۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۷/۱۲

چکیده

در این تحقیق به بررسی کیفیت آب رودخانه کلارود بابل با استفاده از شناسایی جامعه بی‌مهرگان کفزی در سطح خانواده پرداخته شده است و نتایج این بررسی با شاخص دیگری به نام نسبت EPT به شیرونومیده مقایسه گردید. این مطالعه به صورت فصلی و به مدت یک سال در شش ایستگاه انجام گرفت. کفزیان رودخانه از دو شاخه بندپایان و کرم‌های پهن شامل ۴ رده ۸ راسته و ۱۱ خانواده بودند که حداکثر تنوع و تراکم در فصل بهار و حداقل تنوع و تراکم در فصل تابستان در تمام ایستگاه‌ها ملاحظه گردید. همچنین ایستگاه‌های بالادست رودخانه و ابتدای شهر بابل به ترتیب دارای بیشترین و کمترین تنوع بودند. در نتایج آنالیز آماری بین متغیرهای فیزیکی و هیدرولوژیکی مورد مطالعه با یکدیگر در فصول مختلف ارتباط‌های معنی دار بیشتری نسبت به ایستگاه های مورد مطالعه مشاهده شد (P<۰/۰۵). بررسی تغییرات شاخص HFBI طی دوره بررسی یک ساله نشان داد که حداقل این شاخص در فصل پاییز سال ۱۳۸۹ با میانگین ۳/۹۹ بوده و حداکثر در فصل بهار سال ۱۳۹۰ با میانگین ۴/۶۲ و میانگین کل در دوره تحقیق ۴/۳۳ بوده است. کیفیت آب رودخانه بر اساس راهنمای کیفی آب هیلسنهوف برای مقادیر مختلف آلودگی آلی، در بالادست دارای شرایط خوب تا متوسط (احتمال وجود آلودگی آلی در حد جزیی) و در میان دست و پایین دست با شرایط خوب ارزیابی شد.

واژگان کلیدی
کیفیت آب ، جوامع کفزیان، شاخص هیلسنهوف ، رودخانه کلارود ، مازندران

* نگارنده پاسخگو: m_shapoori @ iausk.ac.ir

مقدمه

در مجموع ۷۰ درصد آب موجود در سطح کره زمین تنها ۳ درصد به آب شیرین اختصاص دارد که از این مقدار ۷۷ درصد بصورت یخ، ۲۲ درصد آب های زیرزمینی و فقط ۱ درصد آب سطحی دسترس است (Allan & Castillo, 1995) که با مصارف شرب، شست و شو، آبیاری اراضی کشاورزی و کاربرد در صنعت، حمل و نقل، انرژی و آبزی پروری در خدمت جامعه بشری است(Spellman & Drinan,2001). بررسی ترکیب آب نهرها و رودخانه ها با توجه به جنس و نوع بستر، میزان بارش های جوی و فرسایش محیطی با حضور آبزیانی چون جلبک ها، ماهیان و بی مهرگان کفزی با ویژگی های فرابینی زیستی به عنوان DNA آب جاری شاخص بررسی نوسانان و تغییرات فیزیکی و شیمیایی و زیست محیطی حاکم بر عوامل آلاینده متمرکز و غیر متمرکز بشمار می روند که در این بین بی‌مهرگان کفزی با قابلیت های بیولوژیکی چون گستردگی تنوع گونه ای واکولوژیکی، حضور درمحیط های آلوده وغیر آلوده، واکنش پذیری در شرایط استرس زا، توان حرکتی متغیر در محیط و سازگاری بالا با محیط زندگی خود تابعیت و مشاهده با چشم غیر مسلح مستقیما شرایط کمی و کیفی آب، آشفتگی های طبیعی و دستکاری های بشر را در حوزه مورد مطالعه و نواحی اطراف آن ارزیابی و به روشنی تفسیر می کند (Pinder, 1986). رودخانه‌های یک حوزه آبخیز به عنوان شریان های حیاتی به شمار می آیند. هر گونه فعالیت بشری به صورت مستقیم یا غیر مستقیم بر روی آنها تاثیر می‌گذارد. همان طوری که مواد زاید و سمی بدن توسط رگ‌های خونی خارج می‌شود، حوزه آبخیز نیز در جهت حفظ تعادل، مواد زائد آلوده کننده را از راه رودخانه تا حدی که به بوم سازگان رودخانه صدمه وارد نشود خارج می‌نماید (Sioli, 1975). در مطالعه آثار آلودگی‌ها بر روی کیفیت آب و تنوع و پراکنش زیستی کفزیان رودخانه با نمونه‌برداری از محیط‌های آبی و کفزیان آن، می‌توان به وضعیت آب پی برد. این روش که برای اولین بار در اروپا در سال های ابتدای قرن بیستم مورد استفاده قرار گرفت، تحت عنوان پایش زیستی، مبتنی بر بررسی جانوران آبزی (مانند بی مهرگان کفزی و ماهی ها) به عنوان شاخص تعیین کیفیت آب می‌باشد(Rosenberg & Resh, 1993). Peitz در سال۲۰۰۳ تحقیقی در خصوص کیفیت آب رودخانه Pipestone Creek (یکی از انشعابات رودخانه Sioux Big که از جنوب غرب سوتا تا جنوب شرقی داکوتای جنوبی امتداد دارد) ارائه داد. در این تحقیق مقایسه ای بین کیفیت آب این رودخانه بر اساس شاخص هیلسنهوف همراه با ۵ شاخص دیگر در سال های ۱۹۹۶ و ۱۹۹۸ الی ۲۰۰۰ به عمل آمد. نتایج بررسی ها در این ۴ سال توسط شاخص هیلسنهوف نشان داد که کیفیت آب رودخانه Pipestone از خوب تا نسبتاً خوب نوسان داشته است. Yates و همکاران در سال۲۰۰۶ تحقیقی به منظور بررسی اثر سیستم زراعتی مکانیزه بر روی کیفیت آب، شرایط زیستگاهی و ساختار جمعیتی بی مهرگان کفزی در مقایسه با سیستم های زراعتی مرسوم در سی و دو حوزه آبریز کوچک در آمریکای شمالی انجام شده است. جانبازی در سال ۱۳۸۹ ارزیابی کیفیت آب رودخانه کسلیان سوادکوه را بر اساس شاخص هیلسنهوف مورد مطالعه و ارزیابی قرارداد، که کیفیت آب رودخانه کسلیان بر اساس راهنمای کیفی آب هیلسنهوف، با شرایط عالی ارزیابی کرد. یداللهی در سال ۱۳۸۹ ارزیابی کیفیت آب رودخانه سنبل رود سوادکوه را بر اساس شاخص هیلسنهوف در چهار ایستگاه مورد ارزیابی قرار داد. بر اساس نتایج به دست آمده، شرایط کیفی آب در ایستگاه بالادست، با شرایط خیلی خوب و در سایر ایستگاه ها را عالی ارزیابی کرد. عابدی در سال ۱۳۹۰ به شناسایی کفزیان دریاچه گهر در استان لرستان پرداخت. در این بررسی شرایط دریاچه تا حدودی در حد مطلوب گزارش شد. هدف از این مطالعه شناسایی گروه‌های ماکروبنتوزی و بدست آوردن شرایط کیفی آب بر اساس شاخص هیلسنهوف است.

مواد و روش کار

تحقیق حاضر در بخشی از حوزه جنوبی دریای خزر واقع در رودخانه کلارود شهرستان بابل در استان مازندران انجام شد. رودخانه کلارود از شاخه های اصلی رود بابل است که از کوه‌های البرز مرکزی از ارتفاعات ۲۲۰۰ متری فیـــل بند وسنگچـال سرچشمه می‌گیرد. حوضه ی آبریز این رودخانه در منطقه دیوا، مساحت ۱۳۶/۲ کیلومتر مربع را شامل می شود. شدت جریان متوسط آن ۱/۹۴ متر مکعب در ثانیه است. این رود درمنطقه ای به نام هر دورود در کنار امام زاده قاسم با رودی دیگر به نام تر رود بهم پیوسته و یک رود را تشکیل داده و در قسمت شرق روستای دیوا به جریان افتاده و پس از پیوستن چند رود دیگر در محل پل محمد حسن

خان به بابل رود می‌ریزد. کلارود حدود ۶۰ کیلومتر طول و ۳ تا ۳۰ متر عرض دارد (جعفری، ۱۳۷۶).

در مجموع ۶ ایستگاه در مسیر رودخانه با توجه به شرایط دسترسی به رودخانه، روستاهای موجود و مناطق صنعتی انتخاب و فون کفزیان آن به صورت فصلی (از پاییز ۱۳۸۹ تا تابستان ۱۳۹۰) توسط دستگاه سوربر، با ۳ تکرار در هر ایستگاه نمونه برداری شد. نمونه های جمع آوردی شده توسط فرمالین ۴ درصد تثبیت و در آزمایشگاه دانشکده علوم و فنون دریایی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال شناسایی و شمارش گردید. ایستگاه اول در بالادست منطقه مورد بررسی با حداقل استرس های محیطی به عنوان ایستگاه شاهد انتخاب گردید. ایستگاه شماره دو در روستای دولت رودبار قسمت پشت کشتارگاه صنعتی طبرستان قرار داشت. ایستگاه شماره سه در بالا دست روستای بورا انتخاب شده و هدف، بررسی تاثیر ورود پساب کشتارگاه صنعتی طبرستان و برداشت شن و ماسه از بستر رودخانه و فاضلاب خانه ها بر روی موجودات کفزی بود. ایستگاه شماره چهار در روستای سفیدطور قرار داشت و پساب و فاضلاب از روستاهای مذکور و همچنین سم ورودی از مزارع وارد آن می شود. ایستگاه شماره پنج در روستای شوب کلا در کنار مزارع برنج قرار گرفته که پساب و فاضلاب این روستا و سموم دفع آفات نباتی مزارع وارد این قسمت می گردد. ایستگاه شماره شش در ابتدای شهر بابل، در زیر پل محمدحسن خان انتخاب شده است. موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های مطالعاتی رودخانه کلارود در جدول (۱) نشان داده شده است.

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های نمونه‌برداری رودخانه کلارود (۱۳۹۰-۱۳۸۹)

شماره ایستگاه	نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
ایستگاه ۱	دیوا	۵۲° ۳۴,۰۲۲′	۳۶° ۱۹,۰۱۴′
ایستگاه ۲	دولت رودبار	۵۲° ۳۴,۰۳۲′	۳۶° ۲۰,۰۶۷′
ایستگاه ۳	سربورا	۵۲° ۳۳,۸۲۲′	۳۶° ۲۰,۹۲۷′
ایستگاه ۴	پایین سفید طور	۵۲° ۳۵,۸۵۰′	۳۶° ۲۱,۶۷۴′
ایستگاه ۵	شوب کلا	۵۲° ۳۵,۹۰۷′	۳۶° ۲۶,۲۷۶′
ایستگاه ۶	پل محمد حسن خان	۵۲° ۳۹,۸۴۲′	۳۶° ۳۱,۴۶۸′

جهت محاسبه شاخص زیستی هیلسنهوف در سطح خانواده از فرمول زیر استفاده شد (Hilsenhoff,1988):

$$HFBI = \frac{\sum (X_i \times T_i)}{(N)} \qquad (۱)$$

در رابطه (۱)، X_i تعداد افراد در یک خانواده، T_i درجه مقاومت همان خانواده و N تعداد کل موجودات در نمونه است.

سپس از جدول (۲) که یک راهنمای کلی برای تعیین کیفیت آب رودخانه ها می‌باشد و با توجه به آن درجه آلودگی نیز به طور احتمالی مشخص می‌شود، جهت بررسی کیفیت آب رودخانه کلارود و مقدار بار آلودگی در ایستگاه-های چهار گانه استفاده شده است.

جدول ۲- کیفیت آب بر اساس شاخص زیستی هیلسنهوف در سطح خانواده

شاخص زیستی در سطح خانواده	کیفیت آب	درجه آلودگی آب
۰ – ۳/۷۵	عالی	عدم وجود آلودگی آلی
۳/۷۶ - ۴/۲۵	خیلی خوب	احتمال وجود آلودگی آلی درحد بسیارجزئی
۴/۲۶ - ۵/۰۰	خوب	احتمال وجود آلودگی آلی درحد جزئی
۵/۰۱ - ۵/۷۵	نسبتاً خوب	احتمال وجود آلودگی آلی درحد متوسط
۵/۷۶ - ۶/۵۰	نسبتاً بد	احتمال وجود آلودگی آلی درحد زیاد
۶/۵۱ - ۷/۲۵	بد	احتمال وجود آلودگی آلی درحد بسیارزیاد
۷/۲۶ - ۱۰/۰۰	خیلی بد	احتمال وجود آلودگی آلی شدید

نتایج

نتایج بررسی نشان داد که انواع مشاهده شده جامعه بی-مهرگان کفزی رودخانه کلارود شامل ۴ رده، ۸ راسته و ۱۱ خانواده می باشد. طی این مطالعات در مجموع، رده حشرات با ۵ راسته ۸ خانواده متنوع‌ترین گروه کفزیان رودخانه را به خود اختصاص داده است، که از این بین Ephemeroptera (یک‌روزه‌ها) بیشترین تنوع ، با ۱۵۸ تعداد در مترمربع و تراکم ۲۱۲ تعداد در متر مربع را نشان می‌دهد. همچنین Plecoptera (بهاره‌ها) کمترین تنوع با ۵ تعداد در مترمربع را در بین کفزیان رودخانه کلارود دارا بودند (جدول۳).

جدول ۳- تراکم راسته های بی مهرگان کفزی (تعداد در مترمربع) شناسایی شده در رودخانه کلارود، سال ۱۳۹۰-۱۳۸۹

رده	راسته	بهار	تابستان	پاییز	زمستان	جمع کل	میانگین	انحراف معیار
Insecta	Ephemeroptera	۸۸	۱۴	۴۰	۷۰	۲۱۲	۵۳	۲۸/۳۰
	Plecoptera	۰	۰	۵	۰	۵	۱/۲۵	۲/۱۷
	Trichoptera	۱۱	۱۸	۲۵	۲۷	۸۱	۲۰/۲۵	۶/۳۰
	Diptera	۲۴	۷	۱۱	۲۴	۶۶	۱۶/۵	۷/۶۳
	Odonata	۲۱	۰	۲	۱۳	۳۶	۹	۸/۵۱
Malacostraca	Amphipoda	۱	۰	۰	۲	۳	۰/۷۵	۰/۸۳
Oligochaeta	Lumbriculida	۱۹	۱۷	۱۴	۲۰	۷۰	۱۷/۵	۲/۲۹
Gastropoda	Planorboidae	۹	۶	۱	۴	۲۰	۵	۲/۹۲

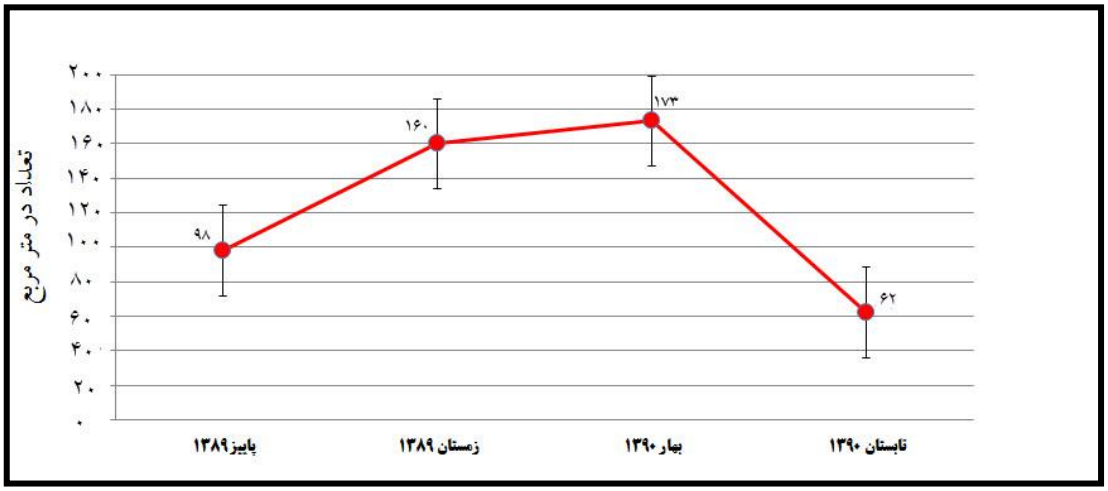
از میان کلیه انواع شناسایی شده، بیشترین تنوع و فراوانی با مجموع کل ۱۰۳ نمونه و میانگین ۲۵/۷۵ درصد متعلق به جنس *Heptagenia* از خانواده Ephemeroptera و کمترین تنوع و فراوانی با مجموع کل ۳ نمونه و میانگین ۰/۷۵ متعلق به خانواده Gammaridae از راسته Amphipoda بود. راسته Trichoptera با مجموع کل ۸۱ نمونه و میانگین ۲۰/۲۵ درصد بعد از راسته Ephemeroptera بیشترین فراوانی را دارا بود جدول (۴).

رده	راسته	خانواده	جنس	بهار	تابستان	پاییز	زمستان	جمع کل	میانگین	انحراف معیار
Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	-	۳۰	۰	۵	۱۹	۵۴	۱۳/۵۰	۱۳/۶۳
		Heptageniidae	*Rhithrogena*	۱۸	۴	۲۳	۱۰	۵۵	۱۳/۷۵	۸/۴۲
			Heptagenia	۴۰	۱۰	۱۲	۴۱	۱۰۳	۲۵/۷۵	۱۷/۰۶
	Plecoptera	Perlidae	-	۰	۰	۵	۰	۵	۱/۲۵	۲/۵۰
	Trichoptera	Hydropsychidae	-	۱۱	۱۸	۲۵	۲۷	۸۱	۲۰/۲۵	۷/۲۷
	Diptera	Tipulidae	-	۱	۰	۰	۴	۵	۱/۲۵	۱/۸۹
		Simuliidae	-	۸	۰	۸	۱۳	۲۹	۷/۲۵	۵/۳۸
		Chironomidae	-	۱۵	۷	۳	۷	۳۲	۸/۰۰	۵/۰۳
	Odonata	Agrionidae	-	۲۱	۰	۲	۱۳	۳۶	۹/۰۰	۹/۸۳
Malacostraca	Amphipoda	Gammaridae	-	۱	۰	۰	۲	۳	۰/۷۵	۰/۹۶
Oligochaeta	Lumbriculida	Lumbriculidae	-	۱۹	۱۷	۱۴	۲۰	۷۰	۱۷/۵۰	۲/۶۵
Gastropoda	Planorboidae	Physidae	-	۹	۶	۱	۴	۲۰	۵/۰۰	۳/۳۷

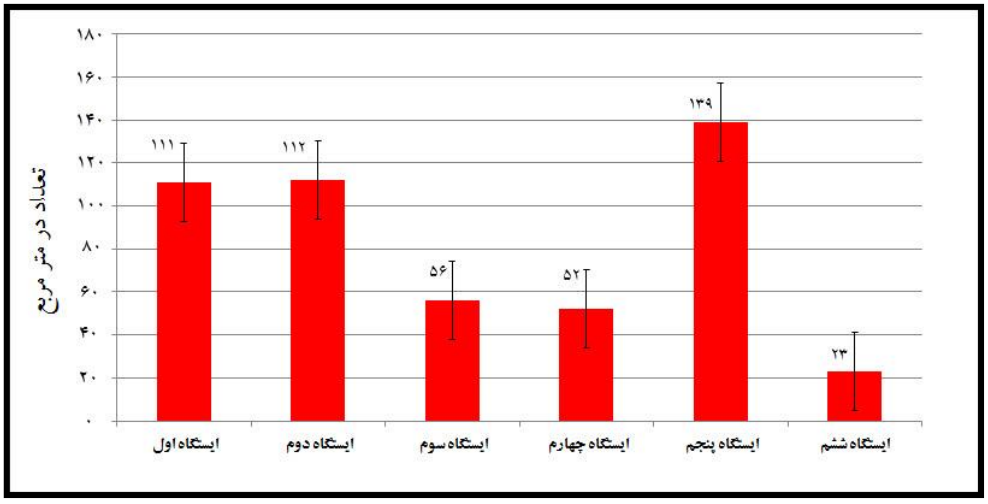
جدول ۴- تراکم گروه‌های مختلف بی‌مهرگان کفزی (برحسب تعداد در مترمربع) شناسایی شده در رودخانه کلارود، سال ۱۳۹۰-۱۳۸۹

نتایج بررسی تغییرات زمانی تنوع و فراوانی انواع ماکروفون‌ها در تناوب‌های زمانی نشان داد که فصل بهار با دارا بودن تعداد ۱۷۳ نمونه در مترمربع ، ۷ راسته و ۱۲ خانواده بیشترین تنوع و تراکم و فصل تابستان با تعداد ۶۲ عدد نمونه در متر مربع، ۵ راسته و ۶ خانواده کمترین تنوع و تراکم را دارا بوده است شکل (۱).

در ارتباط با تغییرات مکانی مشخص گردید که ایستگاه پنج بیشترین تراکم را با ۱۳۹ تعداد نمونه، ۱۰ خانواده و ۶ راسته نسبت به سایر ایستگاه‌ها دارا بوده وکمترین تراکم و تنوع را نیز ایستگاه شش با ۴ خانواده، ۳ راسته و تعداد کل ۲۳ نمونه به خود اختصاص داده است و علاوه بر آن بیشترین تنوع در ایستگاه (۱) مشاهده شد شکل (۲).



شکل ۱- تراکم جمعیت بی مهرگان کفزی رودخانه کلارود ، سال ۱۳۹۰-۱۳۸۹ (آنتنک ها نشان دهنده انحراف معیار است)



شکل۲- تراکم جمعیت بی مهرگان کفزی در ایستگاه‌های رودخانه کلارود طی دوره تحقیق، سال۱۳۹۰-۱۳۸۹ (آنتنک ها نشان دهنده انحراف معیار است)

در جدول های (۵ و ۶) تراکم جمعیت بی‌مهرگان کفزی شناسایی شده در ایستگاه‌های رودخانه کلارود در طی سال۱۳۸۹ الی ۱۳۹۰ مشاهده می‌گردد. راسته Ephemeroptera در بین تمامی ایستگاه ها دارای بیشترین تراکم و راسته Amphipoda کمترین تراکم را نشان داده‌اند.

جدول ۵- تراکم جمعیت بی‌مهرگان کفزی (برحسب تعداد در مترمربع) شناسایی شده در ایستگاه‌های رودخانه کلارود، سال ۱۳۸۹-۱۳۹۰

رده	راسته	ایستگاه ۱	ایستگاه ۲	ایستگاه ۳	ایستگاه ۴	ایستگاه ۵	ایستگاه ۶	میانگین	انحراف معیار
Insecta	Ephemeroptera	۴۱	۵۸	۲۲	۴۱	۴۱	۹	/۳۳ ۳۵	/۲۱ ۱۷
	Plecoptera	۰	۵	۰	۰	۰	۰	۰/۸۳	۲/۰۴
	Trichoptera	۲۴	۱۶	۱۷	۲	۲۲	۰	/۵۰ ۱۳	/۱۵ ۱۰
	Diptera	۲۰	۵	۹	۶	۲۰	۶	/۰۰ ۱۱	۷/۱۰
	Odonata	۱۱	۱۳	۵	۰	۷	۰	۶/۰۰	۵/۴۴
Malacostraca	Amphipoda	۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۵۰	۱/۲۲
Oligochaeta	Lumbriculida	۱۱	۸	۳	۰	۴۰	۸	/۶۶ ۱۱	/۴۳ ۱۴
Gastropoda	Planorboidae	۱	۷	۰	۳	۹	۰	۳/۳۳	۳/۸۳

در جدول ۷ میزان متغیرهای فیزیکی و هیدرولوژیکی در فصول مختلف در رودخانه کلارود در سال۱۳۸۹ الی ۱۳۹۰ مورد بررسی قرار گرفته است.

نتایج آنالیز های آماری (همبستگی پیرسون) مقایسه شده در فصول مختلف (زمانی)، همبستگی زیاد بین عمق و سرعت آب (R^2 =۰/۹۶۹)، عمق و عرض رودخانه (R^2 =۰/۹۹۴)، عمق و دبی آب (R^2 =۰/۹۹۰)، سرعت آب و عرض رودخانه (R^2 =۰/۹۸۱)، سرعت آب و دبی (R^2 =۰/۹۷۸) و همچنین عرض رودخانه و دبی (R^2 =۰/۹۷۸) را نشان می-دهد.

جدول ۶- تراکم گروه های مختلف بی مهرگان کفزی با تفکیک خانواده و جنس شناسایی شده در ایستگاه های شش گانه در رودخانه کلارود سال ۱۳۹۰-۱۳۸۹

راسته	خانواده	جنس	ایستگاه ۱	ایستگاه ۲	ایستگاه ۳	ایستگاه ۴	ایستگاه ۵	ایستگاه ۶	جمع کل	میانگین	انحراف معیار
Ephemeroptera	Baetidae	-	۷	۱۷	۵	۷	۱۳	۵	۵۴	۹	۴/۹۰
	Heptageniidae	*Rhithrogena*	۱۰	۱۷	۹	۱۱	۴	۴	۵۵	۹/۱۶	۴/۸۸
		Heptagenia	۲۴	۲۴	۸	۲۳	۲۴	۰	۱۰۳	/۱۶ ۱۷	۱۰/۵۲
Plecoptera	Perlidae	-	۰	۵	۰	۰	۰	۰	۵	۰/۸۳	۲/۰۴
Trichoptera	Hydropsychidae	-	۲۴	۱۶	۱۷	۲	۲۲	۰	۸۱	۱۳/۵	۱۰/۱۵

Diptera	Tipulidae	-	۳	۰	۰	۰	۲	۰	۵	۰/۸۳	۱/۳۳
	Simulidae	-	۱۵	۰	۶	۰	۸	۰	۲۹	۴/۸۳	۶/۰۸
	Chironomidae	-	۲	۵	۳	۶	۱۰	۶	۳۲	۵/۳۳	۲/۸۰
Odonata	Agrionidae	-	۱۱	۱۳	۵	۰	۷	۰	۳۶	۶	۵/۴۴
Amphipoda	Gammaridae	-	۳	۰	۰	۰	۰	۰	۳	۰/۵	۱/۲۲
Lumbriculida	Lumbriculidae	-	۱۱	۸	۳	-	۴۰	۸	۷۰	۱۴	۱۴/۸۲
Planorboidae	Physidae	-	۱	۷	۰	۳	۹	۰	۲۰	۳/۳۳	۳/۸۳

جدول ۷- میزان متغیرهای فیزیکی و هیدرولوژیکی در فصول مختلف در رودخانه کلارود سال ۱۳۹۰-۱۳۸۹

متغیر فیزیکی و هیدرولوژیکی	پاییز ۸۹	زمستان ۸۹	بهار ۹۰	تابستان ۹۰
عرض (متر)	۷/۸۳	۹/۰۰	۶/۳۳	۴/۸۳
دما (سانتی گراد)	۹/۸۳	۷/۲۵	۱۱/۰۰	۱۹/۶۰
عمق (سانتی متر)	۲۴/۱۶	۳۰/۸۳	۱۹/۱۶	۱۳/۵۰
سرعت (متر بر ثانیه)	۰/۸۵	۰/۹۳	۰/۶۴	۰/۵۷
دبی (مترمکعب بر ثانیه)	۱/۵۹	۲/۵۱	۰/۷۶	۰/۳۵

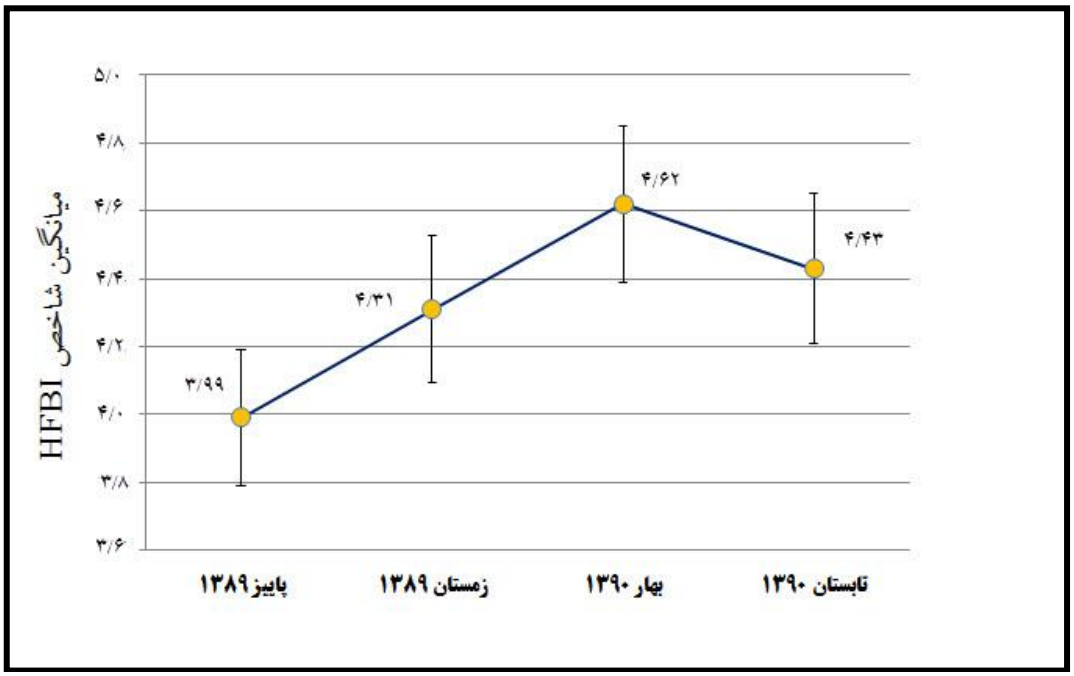
بررسی شاخص HFBI

بررسی تغییرات شاخص HFBI طی دوره بررسی یک ساله نشان داد که حداقل این شاخص در فصل پاییز سال ۱۳۸۹ با میانگین ۳/۹۹ بوده و حداکثر در فصل بهار سال ۱۳۹۰ با میانگین ۴/۶۲ و میانگین کل در دوره تحقیق ۴/۳۳ بوده است (شکل ۳ و جدول ۸) .

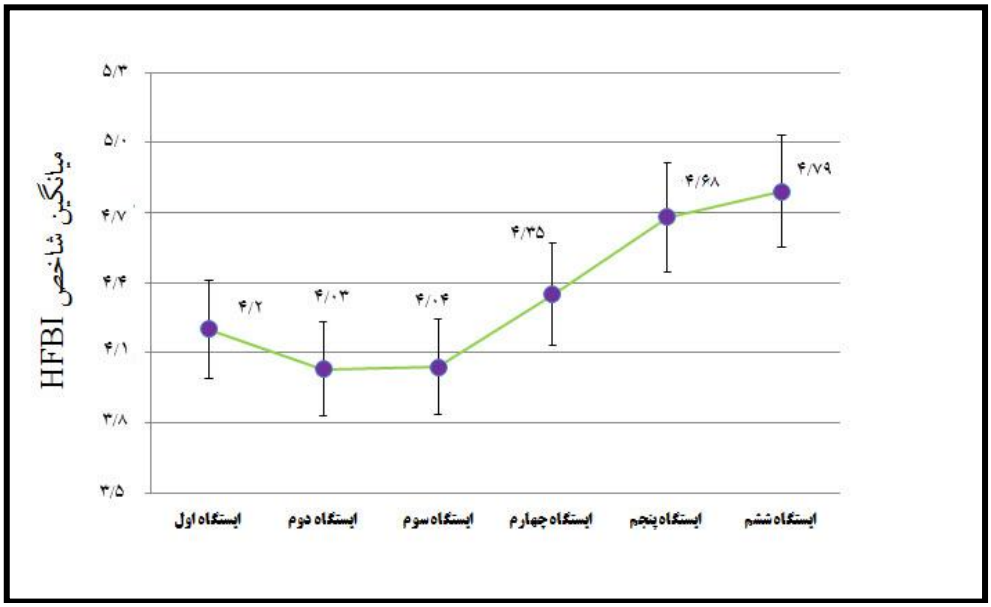
جدول ۸- تغییرات شاخص **HFBI** در ایستگاه های رودخانه کلارود طی دوره تحقیق- سال ۱۳۹۰-۱۳۸۹

ایستگاه	فصول				میانگین ± انحراف معیار
	پاییز ۸۹	زمستان ۸۹	بهار ۹۰	تابستان ۹۰	
ایستگاه اول	۴/۲۵	۴/۲۹	۴/۲۸	۴	۴/۲۰ ± ۰/۱۴
ایستگاه دوم	۳/۴	۴	۴/۰۵	۴/۷۰	۴/۰۳ ± ۰/۵۳
ایستگاه سوم	۴/۸۵	۳/۹۱	۳/۴۱	۴	۴/۰۴ ± ۰/۶۰
ایستگاه چهارم	۳/۰۸	۴/۱۴	۵/۸۵	-	۴/۳۵ ± ۱/۴۰
ایستگاه پنجم	۴/۵۴	۴/۵۴	۴/۶۰	۵/۰۴	۴/۶۸ ± ۰/۲۴
ایستگاه ششم	۳/۸۵	۵	۵/۵۴	-	۴/۷۹ ± ۰/۸۶
میانگین ± انحراف معیار	± ۰/۶۸ ۳/۹۹	± ۰/۴۰ ۴/۳۱	۴/۶۲ ± ۰/۹۲	۴/۴۳ ± ۰/۵۲	

تغییرات شاخص HFBI در رودخانه کلارود طی دوره بررسی از پاییز سال ۸۹ تا بهار سال ۹۰ افزایش و سپس در فصل تابستان کاهش پیدا کرده است. میانگین شاخص HFBI در طول رودخانه کلارود طی دوره تحقیق ۴/۳۳ برآورد شده که حداقل آن ۴/۰۳ مربوط به ایستگاه دوم و حداکثر ۴/۷۹ در ایستگاه ششم مشاهده گردید (جدول ۸ و شکل ۴).



شکل ۳- میانگین و انحراف معیار شاخص **HFBI** در فصول مختلف رودخانه کلارود طی سال ۱۳۹۰- ۱۳۸۹ (آنتنک ها نشان دهنده انحراف معیار است)

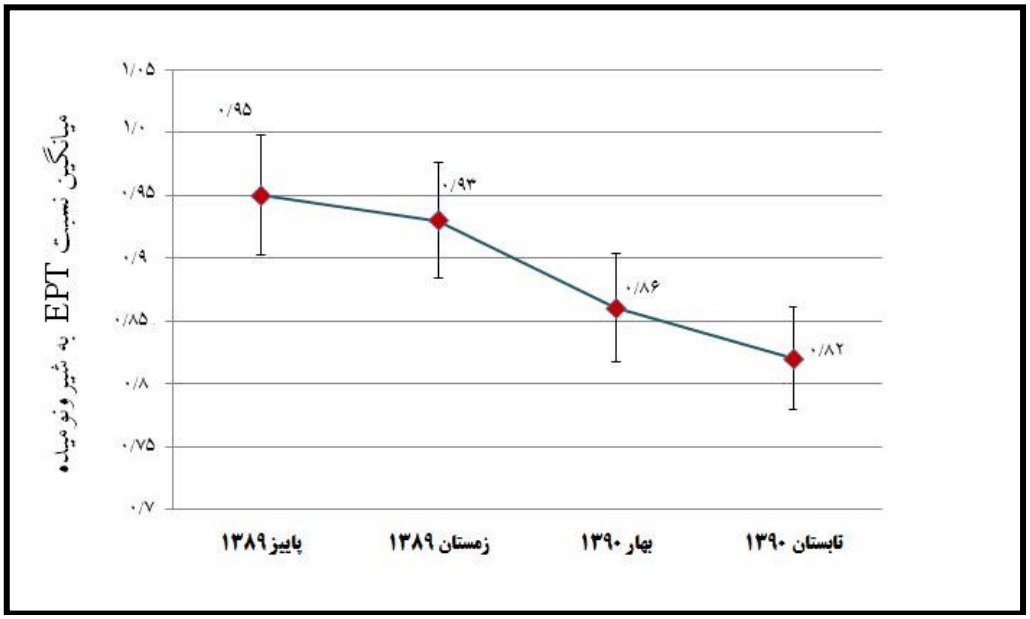


شکل ۴- میانگین و انحراف معیار شاخص **HFBI** در ایستگاه های مختلف رودخانه کلارود طی سال ۱۳۹۰-۱۳۸۹ (آنتنک ها نشان دهنده انحراف معیار است)

در این مطالعه تغییرات شاخص نسبت EPT به شیرونومیده نیز جهت ارزیابی کیفیت آب رودخانه کلارود مورد بررسی قرار گرفت تا امکان مقایسه این شاخص با شاخص HFBI فراهم شود. در این مطالعه مقادیر شاخص نسبت فراوانی سه راسته EPT به فراوانی خانواده شیرونومیده حداکثر در فصل پاییز با (۰/۹۵) و حداقل در فصل تابستان با (۰/۸۲) و با میانگین ۰/۸۹ محاسبه شد (جدول ۹ و شکل ۵). همچنین تغییرات این شاخص از پاییز ۱۳۸۹ تا تابستان ۱۳۹۰ به صورت روند کاهشی بود.

جدول ۹- تغییرات شاخص نسبت **EPT** به شیرونومیده در فصول مختلف در رودخانه کلارود طی سال ۱۳۹۰- ۱۳۸۹

تاکسون	بهار	تابستان	پاییز	زمستان	میانگین ± انحراف معیار
Ephemeroptera	۸۸	۱۴	۴۰	۷۰	۵۳/۰۰ ± ۳۲/۶۸
Plecoptera	۰	۰	۵	۰	۱/۲۵ ± ۲/۵
Trichoptera	۱۱	۱۸	۲۵	۲۷	۲۰/۲۵ ± ۷/۲۷
Chironomidae	۱۵	۷	۳	۷	۸/۰۰ ± ۵/۰۳
EPT+Chironomidae	۱۱۴	۳۹	۷۳	۱۰۴	۸۲/۵۰ ± ۳۳/۸۵
EPT/(EPT +Chironomidae)	۰/۸۶	۰/۸۲	۰/۹۵	/۹۳	۰/۸۹ ± ۰/۰۶

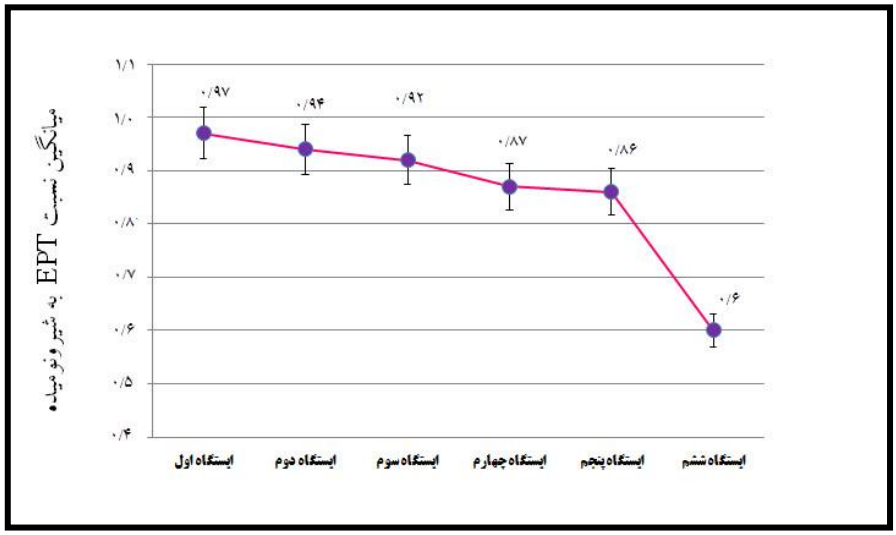


شکل ۵- میانگین نسبت **EPT** به شیرونومیده در فصول مختلف رودخانه کلارود طی سال ۱۳۹۰-۱۳۸۹ (آنتنک ها نشان دهنده انحراف معیار است)

در طول مسیر مورد تحقیق در رودخانه کلارود حداکثر مقدار شاخص EPT به شیرونومیده در ایستگاه اول، ۰/۹۷ و حداقل، ۰/۶ در ایستگاه ششم و میانگین آن در تمام ایستگاه‌ها برابر ۰/۷۱ تعیین شد (جدول ۱۰ و شکل ۶).

جدول ۱۰- تغییرات میانگین شاخص نسبت **EPT** به شیرونومیده در ایستگاه های رودخانه کلارود طی سال ۱۳۹۰- ۱۳۸۹

تاکسون	ایستگاه اول	ایستگاه دوم	ایستگاه سوم	ایستگاه چهارم	ایستگاه پنجم	ایستگاه ششم	میانگین ± انحراف معیار
Ephemeroptera	۴۱	۵۸	۲۲	۴۱	۴۱	۹	۳۵/۳۳ ± ۱۷/۲۱
Plecoptera	۰	۵	۰	۰	۰	۰	۰/۸۳ ± ۲/۰۴
Trichoptera	۲۴	۱۶	۱۷	۲	۲۲	۰	۱۳/۵۰ ± ۱۰/۱۵
Chironomidae	۲	۵	۳	۶	۱۰	۶	۵/۳۳ ± ۲/۸۰
EPT+Chironomidae	۶۷	۸۴	۴۲	۴۹	۷۳	۱۵	۵۵/۰۰ ± ۲۴/۹۶
EPT/(EPT +Chironomidae)	۰/۹۷	۰/۹۴	۰/۹۲	۰/۸۷	۰/۸۶	۰/۶	۰/۸۶ ± ۰/۱۳



شکل ۶- میانگین شاخص نسبت **EPT** به شیرونومیده در ایستگاه های مختلف رودخانه کلارود طی سال ۱۳۹۰-۱۳۸۹
(آنتنک ها نشان دهنده انحراف معیار است)

بحث و نتیجه گیری

در طی مطالعه حاضر در رودخانه کلارود، لارو حشرات، بیشترین ساختار جمعیتی کفزیان را تشکیل داده بود. بررسی فون کفزی رودخانه کلارود تعلق آن ها را به ۱۱ خانواده نشان می داد. به نظر می رسد در صورت بررسی های کیفی خصوصاً در آب های حاشیه‌ای و ماناب ها تعداد گروه های کفزیان افزایش یابد. بسیاری از رودخانه‌های موجود در ایران و دنیا دارای تنوع بالایی از لارو حشرات است. به طور مثال رودخانه طالقان در غرب تهران با ۳۴ خانواده (کاظمی، ۱۳۸۲)، رودخانه سنبل رود با ۱۴ خانواده (یداللهی، ۱۳۸۹)، رودخانه چی چی یاوان در تایوان با ۳۴ خانواده(Shieh & Yang, 2000) و بسیاری از رودخانه های نیکاراگوئه با میانگین ۳۸ خانواده (Fenoglio *et al.*, 2002) نمونه هایی از این رودخانه ها هستند. در رودخانه کلارود از بین بی‌مهرگان کفزی، رده حشرات آبزی به خصوص جنس *Heptagenia* از راسته Ephemeroptera و خانواده Hydropsychidae از راسته Trichoptera به عنوان گروه‌های غالب شناسایی شد. در اکثر آب‌های جاری بیشترین تنوع و تراکم متعلق به این گروه از کفزیان می‌باشد(Navis & Gillies, 2001; Dodds *et al.*, 2013). در رودخانه کلارود طی دوره تحقیق بیشترین تنوع و فراوانی بی مهرگان کفزی در فصل بهار (۱۷۳ نمونه در متر مربع) و زمستان (۱۶۰نمونه در متر مربع) مشاهده شد. در مطالعه حاضر در فصول بهار و زمستان بیشترین تراکم متعلق به خانواده *Baetidae* با دارا بودن تعداد نمونه ۴۹ و جنس *Heptagenia*، با تعداد ۸۱ نمونه در مترمربع از راسته Ephemeroptera و خانواده Hydropsychidae از راسته Trichoptera با تعداد ۳۸ نمونه در مترمربع بوده است . نتایج مطالعات جانبازی (۱۳۸۹) نیز بیان کننده این وضعیت است. نتایج حاصل از مطالعات انجام شده بر روی پراکنش راسته یک روزه ها(Ephemeroptera)، بهاره ها (Plecoptera)، بال مو داران(Trichoptera) و دو بالان(Diptera) در برخی از رودخانه های جهان از جمله نیوزیلند نیز با نتایج بدست آمده در مطالعه حاضر مطابقت دارند(Quinn & Hickey, 1990).در فصل بهار خانواده Baetidae و جنس *Rhithrogena* نسبت به فصل زمستان، افزایش نشان می-دهد، با توجه به اینکه رژیم غذایی آنها از جلبک، پریفیتون و مواد در حال فساد است، این نوسان افزایش، ناشی از افزایش دمای آب، بالا بودن مدت زمان تابش خورشید، افزایش تولید اولیه و رشد جلبک های بستر می باشد (Ehlinier *et al.*, 2003). در رودخانه ایالت جرجیا نیز در فصل بهار حداکثر تراکم موجودات کفزی مشاهده گردید. چون دمای آب در بهار برای رشد گیاهان آبزی و جلبک ها بسیار مناسب است (Quinn & Hickey, 1990). در بررسی انجام شده، در طول رودخانه کلارود تنوع وتراکم کفزیان از ایستگاه اول تا ایستگاه چهارم کاهش نشان داد به طوری که از ۱۱۱ نمونه در ایستگاه اول به ۵۲ نمونه در ایستگاه سوم (بالا دست

روستای بورا) رسید، شواهد نشان می‌دهد آنچه که بیشترین تاثیر را در کاهش تنوع فون کفزیان دارد عملیات ساختمان سازی در کناره رودخانه و دخالت در حریم آن، خاکبرداری از بستر رودخانه و عبورو مرور از درون رودخانه به وسیله خودروهای شخصی می‌باشد. در مجموع این عوامل منجر به از بین رفتن پوشش های گیاهی اطراف و بستر رودخانه، شسته شدن کفزیان و عدم وجود زیستگاه های مناسب برای کفزیان می شود(Li *et al.*,2010) در ایستگاه پنجم (روستای شوب کلا) مجددا، کفزیان افزایش شدیدی را داشت، ایستگاه پنجم در تمام طول سال بیشترین تراکم (۱۳۹ نمونه) را نسبت به سایر ایستگاه ها نشان داد. کفزیان غالب را راسته Oligochaeta، از خانواده Lumbriculidae تشکیل می‌دهد. به نظر می‌رسد تراکم بالای کفزیان در ایستگاه پنجم ناشی از پوشش گیاهی مناسب در بستر رودخانه و نواحی کناره ها در این ایستگاه و عدم دخالت انسان در حریم رودخانه باشد. ولی در ایستگاه ششم به دلیل نزدیکی به شهر بابل و تحت تاثیر قرار گرفتن رودخانه در اثر فعالیت های انسانی، عملیات خاکبرداری و ساختمان‌سازی مجددا تعداد نمونه ها کاهش می‌یابد.

مقادیرمتغیرهای فیزیکی و هیدرولوژیکی اکوسیستم های آبی به طور عمده بازتابی از شرایط اکولوژیک در فصول مختلف و فعالیت های کشاورزی، شهری و صنعتی در مسیر رودخانه می باشد (Ehlinger *et al.*, 2003). این عوامل تاثیر قابل توجهی بر روی پراکنش و جمعیت کفزیان دارد (Dijkstra *et al.*, 2014). در این بررسی متغیرهای فیزیکی و هیدرولوژیکی شامل دما، سرعت آب، دبی و عرض رودخانه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج آماری به دست آمده در فصول مختلف، همبستگی زیاد بین عمق و سرعت آب (R^2 =۰/۹۶۹)، عمق و عرض رودخانه (R^2 =۰/۹۹۴)، عمق و دبی آب (R^2 =۰/۹۹۰)، سرعت آب و عرض رودخانه (R^2 =۰/۹۸۱)، سرعت آب و دبی (R^2 =۰/۹۷۸) و همچنین عرض رودخانه و دبی (R^2 =۰/۹۷۸) را نشان می-دهد. همچنین در ایستگاه های مختلف، همبستگی زیاد بین عرض رودخانه و دبی (R^2 =۰/۹۲۷) را نشان می‌دهد.

مقادیر شاخص HFBI در طول رودخانه کلارود طی یک سال در فصول مختلف، ایستگاه های اول (۴/۲۰)، دوم (۴/۰۳) و سوم (۴/۰۴) نزدیک به هم بوده و در کلاسه کیفی متوسط قرار دارد. ایستگاه های چهارم (۴/۳۵)، پنجم (۴/۶۸) و ششم (۴/۷۹) در کلاسه کیفی خوب قرار می گیرند. در بررسی شاخص HFBI لازم به ذکر است اگرچه در اکثر ایستگاه های مورد بررسی دستخوش تغییرات و فعالیت های انسانی قرار گرفته بودند اما این مساله بیشتر بر روی تراکم موجودات کفزی تاثیر گذار بوده است. بنابراین در محاسبه میزان شاخص HFBI اکثر موجودات تشکیل دهنده جوامع کفزی در این منطقه را کفزیان شاخص آب های کیفیت خوب و متوسط تشکیل می‌دهند. بنابراین صرف نظر از تخریب ها و آشفتگی های احتمالی در طول سال که بر تراکم موجودات کفزی این منطقه ناشی از دخالت انسان و یا نزدیکی به شهر و جاده می تواند اثر داشته باشد جوامع غالب این منطقه کیفیت خوب تا متوسط را نشان می‌دهد. میزان بالای شاخص HFBI در رودخانه حاکی از فراوانی بیشتر جمعیت کفزیان بسیار مقاوم به آلودگی آلی مانند شیرونومیده ها، کم‌تاران و زالوها بوده و بالعکس مقادیر پایین این شاخص نشانه غالبیت فون کفزیان حساس به آلودگی، مانند خانواده بهاره ها و بسیاری از خانواده های یک روزه ها و بال موداران است (Ehlinger *et al.*, 2003; Rosenberg, 2004) که در نتایج به دست آمده در این بررسی نمونه های یک روزه و یال موداران فون غالب را تشکیل می‌دهد.

بررسی کیفیت آب رودخانه کلارود از طریق شاخص EPT به شیرونومیده در طول سال بیشترین مقادیر این شاخص که به ترتیب در پاییز و زمستان ۱۳۸۹ به میزان (۰/۹۵) و (۰/۹۳) به دست آمده که حاکی از شرایط کیفیت آب می‌باشد. همچنین کمترین مقادیر آن در تابستان ۱۳۹۰ (۰/۸۲) مشاهده شده که نسبت به سه فصل قبلی کاهش را نشان می‌دهد. افزایش شاخص نسبت EPT به شیرونومیده در هر زمان و منطقه از رودخانه معیاری از شرایط مناسب زیستی و اکولوژیک می باشد. استرس، عوامل محیطی و آلودگی در جمعیت و پراکنش چهار گروه اصلی از بی مهرگان کفزی یعنی راسته های یک روزه ها، بهاره ها و بال موداران وخانواده شیرونومیده به طور مستقیم تاثیر می گذارد. در حالی که اگر جمعیت کفزیان به علت استرس محیطی دارای عدم تجانس و یکنواختی باشند، تعداد خانواده شیرونومیده نسبت به بی مهرگان کفزی حساس به آلودگی (EPT) افزایش قابل توجهی می‌یابد. این وضعیت در شاخص EPT به شیرونومیده تاثیر داشته و سبب افزایش این شاخص می شود. در نتایج بدست آمده از شاخص EPT به شیرونومیده در این بررسی، ایستگاه های اول، دوم و سوم

به ترتیب ۰/۹۷، ۰/۹۴ و ۰/۹۲ بوده که حاکی از شرایط استرس و دستخوش تغییرات است. نتایج حاصله از این مطالعه نشان داد، رودخانه کلارود به عنوان یکی از مناطق تفریحی شهر بابل از نظر کیفیت آب از درجه مطلوبیت خوب تا متوسط بهره مند است و در صورت مدیریت و نظارت بهتر می تواند در شرایط سالم و مطلوب برای ساکنین منطقه نقش به سزایی داشته باشد.

منابع

جانبـازی، ا. ۱۳۸۹. ارزیـابی کیفیـت آب رودخانـه کسـلیان سـوادکوه بـر اسـاس شـاخص هیلسـنهوف. پایـان نامـه کارشناسی ارشد در رشته شیلات، دانشگاه آزاد اسـلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، ایران.

جعفری، ع. ۱۳۷۶. رودها و رودخانه های ایران. گیتاشناسـی ایران. ایران.

عابدی،ک. ۱۳۹۰. شناسایی کفزیان بی مهره رودخانـه گهـر استان لرستان. . پایان نامـه کارشناسـی ارشـد در رشـته شیلات، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قائمشهر، ایران.

یداللهی، س. ۱۳۸۹. ارزیابی کیفیت آب رودخانه سـنبل رود سـوادکوه بـر اسـاس شـاخص هیلسـنهوف. پایـان نامـه کارشناسی ارشد شـیلات، دانشـگاه آزاد اسـلامی، واحـد علوم و تحقیقات تهران ،ایران.

Allan, J. D. & Castillo, M. M. 1995. Stream ecology. Chapman & hall. London.

Dijkstra, K. D. B., Monaghan, M. T. & Pauls, S. U. 2014. Freshwater biodiversity and aquatic insect diversification. Annual review of Entomology, 59: 143-163.

Dodds, W. K., Perkin, J. S. & Gerken, J. E. 2013. Human impact on freshwater ecosystem services: A global perspective. Environmental science & technology, 47(16): 9061-9068.

Ehlinger, T. J., Sandgren, C. D. & Dethorne, L. S. 2003. Monitoring of stream habitat and aquatic biotic integrity lincoln Creec Milwaukee Country, Wisconsin. Department of Biological Sciences University of Wisconsin-Milwaukee. USA.

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(3-4):1125-1131.

Hilsenhoff, W. L. 1988. Rapid field assessment of organic pollution with a family-level biotic index. Journal of the North American Benthological Society, 7(1):65-68.

Li, L., Zheng, B. & Liu, L. 2010. Biomonitoring and bioindicators used for river ecosystems: definitions, approaches and trends. Procedia Environmental Sciences, 2: 1510-1524.

Navis, N. &. Gillies, W. N, 2001. A comparison of a professional method and a volunteer method for assessing stream health, including discussion of an improved volunteer method. USEPA, Rapid Bioassessment Protocol II vs. West Virginia our Streams Science and Society, Number Cacapon Institute, High view WV.

Peitz , D. G. 2003. Macroinvertebrate monitoring as an indicator of water quality status report for Pipestone Creec , Pipstone National Monument. New York.

Pinder, L. C. V. 1986. Biology of freshwater Chironomidae. Annual Review of Entomology, 31(1):1-23.

Quinn, J. M, & Hickey, C. W. 1990. Characterisation and classification of benthic invertebrate communities in 88 New Zealand rivers in relation to environmental factors. New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research, 24(3): 387-409.

Rosenberg, D. M. & Resh, V. H. 1993. Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. Chapman & Hall.USA.

Rosenberg, D. M. 2004. Biological monitoring of freshwater- benthic macro invertebrate, background, diversity and biotic Index, Taxa tolerance value. Soil and Water Conservation Society of Metro Halifax (SWCSMH).

Shieh, S. H. & Yang, P. S. 2000. Community structure and functional organization of aquatic insects in an agricultural mountain stream of Taiwan: 1985-1986 and 1995-1996. Zoological Studies-Taipei-, 39(3): 191-202.

Sioli, H. 1975.Tropical rivers as expressions of their terrestrial environments, trend in terrestrial and aquatic research .Springer-Verlag Pub. New York, USA.

Spellman, F. R. & Drinan, J. 2001. Stream ecology and self-purification: An introduction. CRC Press. London.

Yates, A. G. Bailey, R. C. & Schwindt, J. A. 2006. No-till cultivation improves stream ecosystem quality. Journal of Soil and Water Conservation, 61(1): 14-19.