نظارت بر سلامت رودخانه زرین گل با استفاده از شاخص زیستی SIGNAL

- **محمد قلی‌زاده***: گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، صندوق پستی: ۱۶۳
- **محمدهادی پاکروان**: گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، صندوق پستی: ۱۶۳

تاریخ دریافت: اردیبهشت ۱۳۹۶ تاریخ پذیرش: مرداد ۱۳۹۶

چکیده

تخریب و تنزل زیستگاه رودخانه‌ها موجب از دست دادن تنوع زیستی و هم‌چنین در ارتباط با سلامت بوم‌سازگان وکیفیت آب می‌باشد. یکی از روش‌های مناسب جهت تعیین سلامت و تاثیر فعالیت‌های انسانی بر کاهش کیفیت رودخانه‌ها، ارزیابی آن‌ها با استفاده از جمعیت درشت بی‌مهرگان کف‌زی می‌باشد. هدف از این مطالعه ارزیابی سلامت رودخانه زرین گل با استفاده از شاخص SIGNAL می‌باشد. نمونه‌های کف‌زی با استفاده از سوربرسمپلر با سطح پوشش ۹۰۰ سانتی‌متر مربع در فصول زمستان و بهار از ٤ ایستگاه (بالادست رودخانه، در موقعیت‌های خروجی مزارع پرورش ماهی و منطقه جنگلی) با سه تکرار گرفته شد. در مجموع تعداد ۱۹۷۱ نمونه از درشت بی‌مهرگان کف‌زی شناسایی شدند که شامل ۱۹ خانواده و ۸ راسته بودند. نتایج نشان داد که امتیاز شاخص SIGNAL در بین ایستگاه‌های نمونه‌برداری مشابه و در یک چهارم a با کیفیت مناسب قرار گرفته‌اند. اما امتیاز شاخص SIGNAL 2 در ایستگاه ٤ در یک چهارم b با آلودگی نسبی به‌دست آمد. براساس نتایج به‌دست آمده از پراکنش بزرگ بی‌مهرگان کف‌زی و شاخص زیستی، تاثیر عوامل انسانی بر روی نهر زرین گل کاملا مشهود بوده و از ایستگاه‌های دست نخورده (۱ و ۳) به طرف ایستگاه‌های (۲ و ٤) که تحت تاثیر انواع پساب مزارع پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان قرار داشتند شرایط نامطلوب‌تری را از نظر آلودگی دارا بودند.

کلمات کلیدی: جوامع بزرگ بی‌مهرگان آبزی، شاخص SIGNAL، رودخانه زرین گل

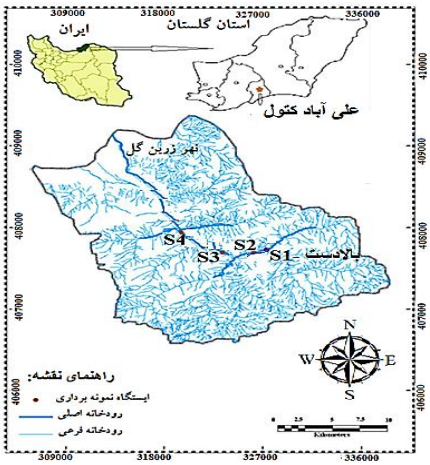
* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: gholizade_mohammad@yahoo.com

مقدمه

مطالعه رودخانه‌ها و نهرها بسیار مهم بوده و نه تنها در تشخیص سلامت بوم‌سازگان رودخانه مؤثر است بلکه می‌تواند نشان‌دهنده فشارهای وارده از محیط اطراف باشد(Sioli، ۱۹۷۵). ارزیابی از کیفیت زیستی رودخانه‌ها و نهرها یک جنبه مهم برای تعیین اثرات استرس‌های محیطی و این‌که سلامتی چنین محیط‌های می‌تواند یکپارچگی بوم شناسی راباارائه مکان‌های طبیعی و دست‌خورده نشان دهد. یکپارچگی بوم‌شناسی ترکیبی از سه مولفه، یکپارچگی شیمیایی، فیزیکی و زیستی است. هنگامی‌که یک یا بیش‌تر از این مولفه‌ها تنزل یابند، سلامت بدنه آبی را تحت تأثیر قرار داده و در بیش‌تر موارد زندگی آبزیان که در آن‌جا ساکن هستند این کاهش در تنوع و فراوانی را منعکس می‌کنند. ارزیابی زیستی یک ابزار مهم برای سنجش شرایط کیفی از یک محیط آبی است. با شناخت اجزاء کیفیت زیستی (BQE= Biological Quality Elements) می‌توان درک درستی از گروه‌هایی از موجودات که به‌طور یکپارچه تحت تاثیر استرس‌های مختلف مانند موادمغذی غنی، اسیدیته، کاهش میزان اکسیژن محلول و تنزل زیستگاه داشت. این اجزاء کیفیت زیست‌شناختی در رودخانه‌ها و نهرها، فیتوپلانکتون‌ها، جلبک‌ها و بزرگ بی‌مهرگان کفزی و ماهیان هستند. در این بین بزرگ بی‌مهرگان آبزی کفزی از اهمیت بیش‌تری برخوردارند (Blanchet و همکاران، ۲۰۰۸). زیرا جمع‌آوری آن‌ها نسبت به سایر موجودات ساده‌تر است، با چشم غیرمسلح دیده می‌شوند، دارای چرخه زندگی نسبتاً طولانی بوده، تنوع زیادی دارند و گونه‌های مختلف آن‌ها در گستره‌های متفاوت آلودگی (از حالت تمیز تا آلودگی شدید) یافت می‌شوند(Schultz و Dibble، ۲۰۱۲).بنابراین مطالعه و بررسی ساختار جوامع کفزی در بوم‌سازگان‌های آبی جایگاه خاصی در بررسی‌های بوم‌شناسی موجودات آبزی به‌خود اختصاص داده است. اهمیت بزرگ بی‌مهرگان آبزی نه تنها به جهت حضور آن‌ها در زنجیره غذایی می‌باشد بلکه حضور یا عدم برخی از گونه‌های بزرگ بی‌مهرگان آبزی نشان‌دهنده کیفیت آب از نظر میزان آلودگی و یا عدم آلودگی می‌باشد. بزرگ بی‌مهرگان آبزی دارای تفاوت‌هایی از لحاظ مقاومت در برابر شدت آلودگی و کاهش اکسیژن با یکدیگر می‌باشد و در مورد بعضی از گونه‌ها این تفاوت بیش‌تر است (Cooper، ۱۹۸۷). برای نظارت جوامع بزرگ بی‌مهرگان کفزی به‌عنوان شاخص زیستی از سلامت رودخانه روش‌های متعددی وجود دارد. یکی از این روش‌ها، یک روش فراگیر در استرالیا، شاخص سیگنال (سطح میانگین تعداد درجه بی‌مهرگان نهر، SIGNAL) که درجات حساسیت به آلودگی برای همه گونه‌های بزرگ بی‌مهرگان کفزی در استرالیا را ارزیابی می‌کند (Chessman، ۲۰۰۳). براساس گونه‌های موجود در هر ایستگاه، درجه حساسیت بزرگ بی‌مهرگان کفزی برای محاسبه رتبه کیفیت آب نهرها یا دیگر بدنه آبی استفاده می‌شود. مطالعه حاضر به‌منظور بررسی ساختار جمعیتی بزرگ بی‌مهرگان آبزی با استفاده از شاخص سیگنال و با هدف تعیین کیفیت آب رودخانه زرین گل که یکی از منابع تأمین آب کشاورزی، هم‌چنین بوم‌سازگان مناسب جهت پرورش ماهیان سرد آبی (مزرعه‌ای در حاشیه رودخانه با ورود پساب تصفیه نشده) و طبیعت‌گردی انجام شده است. هم‌چنین مطالعه حاضر در ادامه پژوهش‌های انجام‌گرفته برای ارزیابی شاخص‌های زیستی بزرگ بی‌مهرگان آبزی برای تعیین کیفیت آب رودخانه زرین گل در ایستگاه‌های مطالعاتی انجام گرفته است. هدف از این مطالعه بررسی تغییرات زیستگاه در طول رودخانه زرین گل که اثرگذار بر تنوع جوامعی بزرگ بی‌مهرگان کفزی و تأثیرپذیر به‌وسیله خودپالایی رودخانه است.

مواد و روش‌ها

رودخانه زرین گل یکی از سرشاخه‌های گرگان‌رود است و موقعیت جغرافیایی رودخانه(طول جغرافیایی '۵۷ °۳۷و عرض جغرافیایی '۵۲ °۳۶) می‌باشد. این رودخانه از دامنه‌های شمالی البرز شرقی سرچشمه می‌گیرد. حداکثر دبی آب رودخانه ۱۰۶ × ۱۵۰ مترمکعب و حداقل دبی آب ۱۰۳ × ۷۵ مترمکعب است و طول رودخانه ۲۲ کیلومتر با بستر سنگی- شنی می‌باشد (افشین، ۱۳۶۳؛ وزارت نیرو، ۱۳۷۰). مساحت حوزه آبریز آن در حدود ۳۴۲/۸۲ کیلومتر و حداکثر ارتفاع حوزه ۲۸۰۰ متر و حداقل ارتفاع آن ۲۸۰ متر می‌باشد. این رودخانه با توجه به دانه‌بندی ذرات بستر از جمله رودخانه‌هایی با بستر درشت دانه است و در فاصله ۱۲ کیلومتری جنوب‌شرقی شهرستان علی‌آباد کتول در استان گلستان واقع می‌باشد (شکل۱).



شکل۱ : ایستگاه‌های نمونه‌برداری از رودخانه زرین گل علی‌آباد کتول، استان گلستان، ایران

نمونه‌برداری در ۲ فصل (۶ ماه) زمستان و بهار (فعالیت بالای مزارع به‌علت مناسب‌بودن عوامل آب و فراوانی بیش‌تر بزرگ بی‌مهرگان کفزی در فصل بهار به‌علت زمان تولیدمثل این‌گونه‌ها) به‌صورت ماهیانه در ۴ ایستگاه صورت گرفت. نمونه‌برداری از درشت بی‌مهرگان کفزی، از نمونه‌بردار سوربر (۰/۰۹ مترمربع) با چشمه تور ۶۳ میکرون استفاده شد. در هر ایستگاه مطالعاتی از ۳ نقطه کناره‌ها و وسط رودخانه نمونه‌برداری صورت گرفته و نمونه‌های باقی‌مانده بعد از شستشو در الک، به‌داخل دبه یک لیتری ریخته و با فرمالین ۴ درصد تثبیت شد. هم‌چنین نمونه‌ها جهت شناسایی به آزمایشگاه بوم‌شناسی دانشگاه گنبدکاووس انتقال داده شد. شناسایی موجودات جداسازی شده با کمک لوپ آزمایشگاهی (بزرگ‌نمایی ۱۰ تا ۴۰) و کلید شناسایی معتبر در حد خانواده استفاده گردید (احمدی و نفسیی، ۱۳۸۰؛ محبوبی صوفیانی و نادری، ۱۳۷۹).

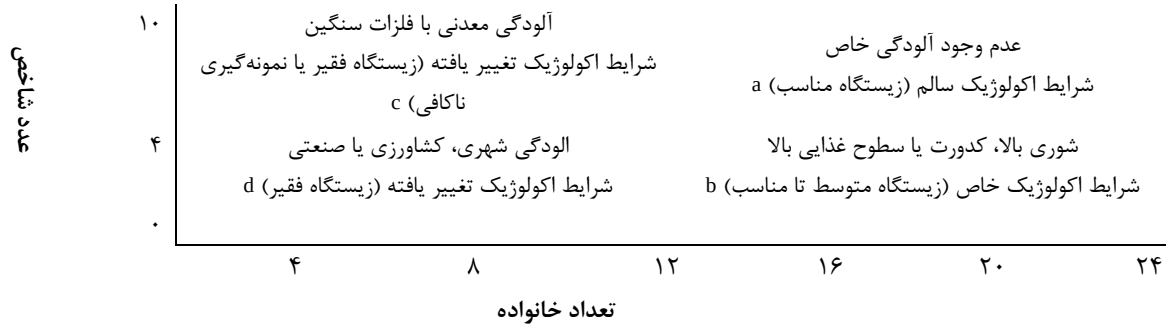
شاخص SIGNAL (Stream Invertebrate Grade Number Average Level) استرالیا: شاخص زیستی سیگنال توسط Chessman (۲۰۰۳) برای ارزیابی سلامت آب در استرالیا تعیین گردید. شاخص مذکور، کیفیت آب را از ۱ (مقاوم به آلودگی) تا ۱۰ (حساسیت به آلودگی) ارزیابی می‌کند و به هر خانواده براساس حساسیت آن به آلودگی، امتیازی بین صفر تا ده می‌دهد. هرچه امتیاز خانواده بیش‌تر باشد، حساسیت خانواده به آلودگی بیش‌تر است.

$$SIGNAL = \frac{\text{مجموع کل (فاکتور وزنی} \times \text{درجه حساسیت)}}{\text{مجموع کل فاکتور وزنی}}$$

نهایتاً نموداری با دو متغیر عدد شاخص در ستون عمودی و تعداد خانواده در ستون افقی رسم می‌شودکه از تقسیم سطح این نمودار به چهار قسمت میزان و منشاء تغییرات زیست‌محیطی مشخص می‌شود (جدول۴ و شکل ۲).

جدول۱: پارامتر وزنی و طبقه‌بندی سلامت اکولوژیکی آب برای محاسبه شاخص زیستی SIGNAL

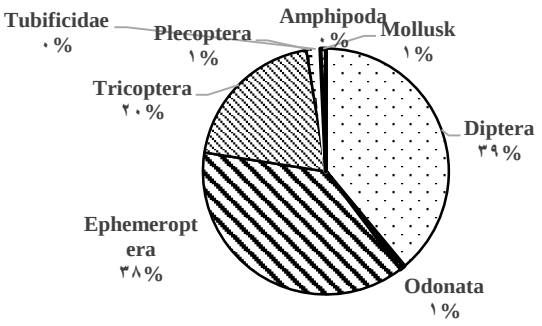
طبقه	پارامتر وزنی	تعداد نمونه	عدد شاخص	کیفیت آب
۱	۱	۱-۲	> ۷	عالی
۲	۲	۳-۵	۶-۷	آب تمیز
۳	۳	۶-۱۰	۵-۶	آلودگی کم
۴	۴	۱۱-۲۰	۴-۵	آلودگی متوسط
۵	۵	> ۲۰	< ۴	آلودگی شدید



شکل ۲: تعیین منشاء تغییرات اکولوژیک با کمک شاخص سیگنال

نتایج

در مطالعه حاضر، در مجموع تعداد ۱۹۷۱ نمونه از بزرگ بی‌مهرگان کفزی شناسایی شدند که شامل ۱۹ خانواده و ۸ راسته بودند. بیش‌ترین تعداد گونه مشاهده شده در ایستگاه ۴ (S=۱۵) و کم‌ترین آن در ایستگاه ۳ (S=۱۲) است. بیش‌ترین فراوانی ۳۸/۹۷ درصد و ۷ خانواده مربوط به راسته Diptera است که خانواده‌های Simuliidae و Chironomidae بیش‌ترین سهم را در این راسته دارند. بیش‌ترین فراوانی از این خانواده‌ها در ایستگاه‌های بعد از مزرعه پرورش ماهی (۲ و ۴) مشاهده گردید. در ایستگاه ۱، افمروپترا بیش‌ترین درصد (۵۴/۵۸) و آمفی‌پودا با ۱/۰۷ درصد کم‌ترین فراوانی را داشتند. هم‌چنین در این ایستگاه راسته Odonata و Tubificidae مشاهده نشد. نتایج نشان‌داد که بیش‌ترین فراوانی خانواده‌های EPT در ایستگاه بالادست (۱) و ایستگاه ۳ مشاهده گردید. خانواده Plecoptera فقط در ایستگاه‌های ۱ و ۳ مشاهده شد.



شکل ۳: درصد ترکیب جمعیت راسته‌های بزرگ بی‌مهرگان کفزی در ایستگاه‌های نمونه‌برداری

نتایج محاسبه شده شاخص سیگنال از رودخانه زرین گل در جدول ۴ آورده شده است. شاخص سیگنال برای ایستگاه اول نشان داد که براساس شکل ۱، در یک چهارم a قرار می‌گیرد. هم‌چنین بر اساس نتایج به‌دست آمده، شاخص سیگنال بالاتر از ۴ بوده، یعنی دیگر ایستگاه‌ها (۲، ۳ و۴) نیز در یک چهارم a قرار گرفتند. شاخص سیگنال ۲ نیز نشان داد که ایستگاه‌های اول و دوم و سوم بالاتر از ۴ بوده و در یک چهارم a قرار می‌گیرد. اما مقدار شاخص سیگنال ۲ در ایستگاه ۴، ۳/۸۹ بوده و با توجه به تعداد گونه این ایستگاه در یک چهارم b قرار می‌گیرد.

جدول۳: آنالیز داده‌های بزرگ بی‌مهرگان کفزی با استفاده از شاخص سیگنال در رودخانه زرین گل

راسته	خانواده	فراوانی				امتیاز	امتیاز
		S1	S2	S3	S4	Signal	Signal 2
Diptera	Chironomidae	۲۱	۱۴۲	۱۶	۱۳۳	۱	۳
	Ceratopogonidae	۲	۵	۰	۴۰	۶	۴
	Simuliidae	۲۲	۱۵۰	۴۵	۱۶۶	۵	۵
	Tipulidae	۰	۳	۰	۷	۵	۵
	Tabanidae	۰	۰	۰	۲	۵	۳
	Athericidae	۰	۲	۰	۰	۵	۳
	Blephariceridae	۲	۰	۲	۳	۷	۳
Odonata	Anisoptera	۰	۲	۰	۰	۱۰	۱۰
	zigoptera	۰	۷	۰	۵	۵	۲
Ephemeroptera	Caenidae	۱۰۴	۴۰	۹۱	۳۰	۷	۴
	Heptageniidae	۷۶	۱۶	۵۹	۱۱	-	-
	Baetidae	۱۲۴	۲۲	۱۳۰	۴۲	۵	۵
Tricoptera	Glossosomatidae	۹۰	۳۵	۵۴	۴۰	۸	۹
	Leptoceridae	۱۰	۰	۱۰	۴	۷	۷
	Hydropsychidae	۷۰	۲۰	۴۱	۲۰	۵	۶
Plecoptera	Perlidae	۱۸	۰	۱	۰	-	۳
Tubificidae	Naididae	۰	۵	۰	۶	۱۰	۸
Amphipoda	Gammaridae	۶	۰	۱	۰	۲	۲
Mollusk	Gasteropoda	۱۲	۰	۱	۲	-	۱۰

جدول۴: نتایج شاخص سیگنال از ۴ ایستگاه و ۲ فصل نمونه برداری از رودخانه زرین گل.

ایستگاه‌های نمونه برداری	شاخص SIGNAL		شاخص SIGNAL 2	
	زمستان	بهار	زمستان	بهار
ایستگاه ۱	۵/۵۳	۵/۶۲	۴/۱۲	۴/۴۹
ایستگاه ۲	۵/۱۶	۵/۰۲	۴/۲۸	۴/۰۱
ایستگاه ۳	۵/۲	۵/۱۱	۴/۷۶	۴/۶۱
ایستگاه ۴	۴/۸۸	۴/۷۹	۴/۰۹	۳/۸۹

بحث

در مطالعه حاضراثرات پساب ۲کارگاه پرورش قزل‌آلای با مقیاس متوسط بر روی کیفیت آب با استفاده از شاخص سیگنال و جوامع بزرگ بی‌مهرگان کفزی در طول فصول زمستان و بهار در نهر زرین گل مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان داد که لارو حشرات آبزی، موجودات غالب فون کفزیان رودخانه زرین گل را تشکیل دادند

که چنین نتیجه‌ای در رودخانه چافرود (قانع‌ساسان‌سرایی، ۱۳۸۳)، در رودخانه گرگان رود (شمالی و عبدالملکی، ۱۳۷۵) و در رودخانه شفارود (جمالزاده و افراز، ۱۳۸۶) نیز به‌دست آمد. در تحقیق حاضر، بیش‌ترین فراوانی و تنوع جوامع بزرگ بی‌مهرگان کف‌زی در بین فصول مورد مطالعه، در فصل بهار مشاهده شد که به‌علت فراهم شدن شرایط محیطی مناسب مانند تغذیه و تولیدمثل، تولید فیتوپلانکتونی افزایش و در نتیجه مواد غذایی بیش‌تری در اختیار بزرگ بی‌مهرگان کف‌زی قرار می‌گیرد. بزرگ بی‌مهرگان کف‌زی شاخص‌های خوبی برای تعیین کیفیت آب می‌باشند. جمعیت بزرگ بی‌مهرگان کف‌زی تحت تأثیر شرایط محیط‌زیست ازجمله ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آب قرار دارند. نوع رسوبات (Bode و همکاران، ۲۰۰۲) و ساختار بستر رودخانه‌ها نیز نقش مهمی در انتشار، فراوانی و تراکم بزرگ بی‌مهرگان آبزی ایفا می‌کند (Camargo و همکاران، ۲۰۱۱). نتایج تحقیق حاضر به‌طورکلی نشان‌دهنده کاهش غنای گونه‌های Plecoptera و Ephemeroptera در ایستگاه ۲ تحت تأثیر فعالیت پرورش ماهی نسبت به ایستگاه یک است که نشان‌دهنده تأثیر پساب بر گونه‌های حساس به آلودگی در جوامع کف‌زی رودخانه، افزایش مواد آلی و احتمالاً کاهش اکسیژن بستر می‌باشد (Hynes، ۱۹۷۰) و هم‌چنین فراوانی گونه‌های مقاوم به آلودگی مخصوصاً راسته Diptera که نشان‌دهنده کاهش کیفیت آب در این ایستگاه است. هم‌چنین خانواده‌های شیرونومیده و سیمولیده بیش‌ترین فراوانی را به خود اختصاص دادند که از بزرگ بی‌مهرگان کف‌زی مقاوم به آلودگی می‌باشند، افزایش نسبی بزرگ بی‌مهرگان کف‌زی مقاوم نشانگر اثر فشارهای محیطی بر بوم سازگان رودخانه و در نتیجه تغییر در ترکیب جمعیت کف‌زیان در جهت مصرف و جبران آشفتگی می‌باشد. در تأیید این نتیجه‌گیری مطالعات زیادی افزایش فراوانی و غالبت گروه‌های مقاوم به آلودگی را در نتیجه پساب آبزی‌پروری گزارش نموده‌اند (Yokoyama و همکاران، ۲۰۰۷).

بیشتر بودن میانگین درجه SIGNAL از ایستگاه های ۱و۲و ۳ در مقایسه با کم‌تر بودن امتیاز این شاخص در ایستگاه ۴ نشان می‌دهد که تعداد بیش‌تری از گونه‌های حساس به آلودگی مانند Perlidae، Baetidae و Leptoceridae در محیط‌های طبیعی زیست می‌کنند. هم‌چنین نتایج نشان داد که ایستگاه ۲ که در معرض خروجی پرورش ماهی قرار دارد مقدار شاخص SIGNAL کاهش نداشته و این می‌تواند به‌علت سرعت جریان بالای رودخانه، میزان اکسیژن محلول و وجود مواد مغذی برای کف‌زیان دانست. این شاخص پیشنهاد می‌کند که گونه‌های حساس مانند Trichoptera و Ephemeroptera می‌توانند در مکان‌هایی که در معرض آلودگی آلی نسبی با شرایط محیطی مناسب نیز زیست کنند. براساس نتایج شاخص سیگنال، تمام ایستگاه‌ها در یک چهارم a قرار گرفته‌اند، بدین معنی که تنوع زیستگاه فیزیکی بالا بوده و هم‌چنین فاکتورهای استرس‌زا مانند سموم شیمیایی ناشی از فعالیت‌های کشاورزی و شریط فیزیکی نامطلوب وجود نداشته است. به‌طورکلی، می‌توان گفت رودخانه‌ها و نهرهایی که در مکان‌های دست نخورده به‌صورت طبیعی هستند در یک چهارم a این شاخص قرار می‌گیرند. نتایج برای شاخص سیگنال ۲ نشان داد که اکثر ایستگاه‌ها در یک چهارم a واقع شده که نمایان‌کننده تنوع در زیستگاه فیزیکی رودخانه و عدم وجود فعالیت‌های انسانی و مخاطرات طبیعی می‌باشد. اما در ایستگاه ۴ مقدار این شاخص از ۴ کم‌تر بوده، و در یک چهارم b قرار گرفته است. بدین معنی که این ایستگاه در معرض آلودگی ازجمله کدورت بالا و مواد مغذی غنی در محیط طبیعی بوده است. هم‌چنین دلیل آن را مزرعه پرورش ماهی دانست که پساب تصفیه نشده آن وارد محیط شده و باعث ایجاد شرایط استرس‌زا برای بزرگ بی‌مهرگان کف‌زی شده است. به‌طورکلی همه شاخص‌های استفاده شده یک نوع مشابه از کلاس کیفیت آب با توجه به مقدار شاخص زیستی محاسبه شده می‌دهد و این مطالعه مشخص کرد که شاخص سیگنال ۲، دقت و صحت بالاتری نسبت شاخص دیگر دارد. نتیجه‌گیری کلی نشان داد که ترکیبی از این شاخص‌های زیستی ممکنه به‌طور مناسب به‌عنوان ابزاری موثر در هزینه و زمان برای ارزیابی کیفیت آب از رودخانه‌ها و نهرها باشد.

منابع

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

۲. **افشین، ی.، ۱۳۶۳.** رودخانه‌های ایران. انتشارات وزارت نیرو. ۵۷۵ صفحه

۳. **شمالی، م. و عبدالملکی، ش.، ۱۳۷۵.** بررسی‌های زیستی و غیرزیستی رودخانه کرگانرود، مرکز تحقیقات. شیلات گیلان، بندر انزلی. ۶۰ صفحه.

۴. **جمالزاده، ف. و افراز، ع.، ۱۳۸۶** . گزارش بررسی زیستی و غیر زیستی رودخانه شفارود. مرکز تحقیقات شیلات گیلان، بندر انزلی. ۶۵ صفحه.

۵. **قانع‌ساسان‌سرایی، ا.، ۱۳۸۳.** شناسایی ساختار جمعیت ماکروبنتوزهای رودخانه چافرود در استان گیلان با توجه به برخی عوامل کیفی آب (در محدوده روستای اورمان ملال). پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد. دانشگاه تربیت مدرس. ۹۸ صفحه.

۶. **محبوبی‌صوفیانی، ن. و نادری، غ.، ۱۳۷۹.** کلید شناسایی بی‌مهرگان نهرها و رودخانه‌ها. انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه صنعتی اصفهان. ۱۳۱ صفحه.

۷. **وزارت نیرو. ۱۳۷۰.** مطالعات مرحله اول طرح تغذیه مصنوعی محدود رودخانه گرمابدشت زرین گل (جلد ۲) مطالعات هیدرولوژی. ۶۸ صفحه.

۸. **Blanchet, H.; Lavesque, N.; Ruellet, T.; Dauvin, J.C.; Sauriau, P.G.; Desroy, N. and De Montaudouin, X., 2008.** Use of biotic indices in semi-enclosed coastal ecosystems and transitional waters habitats implications for the implementation of the European Water Framework Directive. Ecological Indicators. Vol. 8, No. 4, pp: 360-372.

۹. **Bode, R.W.; Novakk, M.A.; Abele, L.E.; Heitzman, D.L. and Smith, A.J., 2002.** Quality assurance work plan for Biological stream monitoring in New York State. Stream Biomonitoring unit, New York State, Department of Environmental conservation. Albany. 122 p.

۱۰. **Camargo, J.A.; Gonzalo, C. and Alonso, A., 2011.** Assessing trout farm pollution by biological metrics and indices based on aquatic macrophytes and benthic macro invertebrates: a case study. Ecology Indicators. Vol. 11, pp: 911-917.

۱۱. **Cooper, C.M., 1987.** Benthos in Bear Creek, Mississippi: Effects of habitat variation and agricultural sediments. Journal of Freshwater Ecology. Vol. 4, pp: 101-113.

۱۲. **Hynes, H.B.N., 1970**. The ecology of running water. University of Toronto Press, Canada. 555 p.

۱۳. **Schultz, R. and Dibble, E., 2012.** Effects of invasive macrophytes on freshwater fish and macroinvertebrate communities: the role of invasive plant traits. Hydrobiologia. Vol. 684, No. 1, pp: 1-14.

۱۴. **Sioli, H., 1975.** Tropical rivers as expressions of their terrestrial environments. In: Golley, F.B., Medina, E. (Eds.). Tropical Ecological Systems. Springer Berlin Heidelberg. pp: 275-288.

۱۵. **Yokoyama, H.; Nishimura, A. and Inoue, M., 2007.** Macro benthos as biological indicators to assess the influence of aquaculture on Japanese coastal environment. In: Ecological and Genetic Implication of Aquaculture Activities. Springer Publications, New York City, New York, USA. pp: 407-423.