



## ارزیابی کیفیت آب رودخانه پروز استان چهارمحال و بختیاری با استفاده از شاخص‌های زیستی EPT و هیلسنهوف (HFBI)

مسیب کبیری، اسماعیل پیرعلی، رسول زمانی احمد محمودی\*، مهرداد فتح‌الهی

گروه شیلات و محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد

### نوع مقاله:

### چکیده

### پژوهشی

### تاریخچه مقاله:

دریافت: ۹۴/۰۷/۱۱

اصلاح: ۹۵/۰۸/۱۱

پذیرش: ۹۶/۰۱/۲۷

### کلمات کلیدی:

شاخص EPT  
شاخص هیلسنهوف  
خودپالایی  
رودخانه پروز  
لردگان

تحقیق حاضر به‌منظور تعیین میزان تأثیرگذاری پساب مزارع پرورش ماهی بر ساختار جمعیتی بزرگ بی‌مهرگان کف زی انجام شد و هم‌چنین در ارزیابی کیفیت آب رودخانه از شاخص‌های زیستی EPT و شاخص هیلسنهوف (HFBI) استفاده شده است. نمونه‌برداری از جوامع بی‌مهرگان آبی به‌صورت ماهانه در مدت یک سال از فروردین‌ماه ۱۳۹۳ تا پایان اسفندماه ۱۳۹۳ انجام شد. نمونه‌برداری از بزرگ بی‌مهرگان با استفاده از دستگاه سوربر به ابعاد  $40 \times 40$  سانتی‌متر و با سه تکرار در هر ایستگاه انجام شد. نتایج به‌دست‌آمده از شاخص زیستی در حد خانواده هلسینهوف در رودخانه پروز نشان داد، میزان این شاخص از  $4/02$  تا  $4/50$  در حال تغییر بوده است. در ماه‌های مختلف نمونه‌برداری، کیفیت آب در اردیبهشت‌ماه داری بهترین کیفیت و کمترین درجه آلودگی بود و در مابقی ماه‌ها کیفیت آب در وضعیت خوب بوده است. مقدار شاخص EPT در ایستگاه‌های مطالعاتی تفاوت معنی‌داری داشته است و ایستگاه‌های پایین‌دست به‌خصوص چهار و هفت مقدار EPT کمتری را نشان دادند. در نتیجه‌گیری کلی بر اساس شاخص‌های زیستی مطالعه شده، آب رودخانه پروز در تمامی ایستگاه‌ها به‌جز ایستگاه انتهایی، در ردیف آب‌هایی است که توان خود‌پالایی آلاینده‌ها را تا حدودی زیادی دارد.

### مقدمه

یکی از جنبه‌های کاربردی مهم آب‌های جاری و رودخانه‌ها که به دلیل نیاز فزاینده بشر به منابع پروتئینی رشد و توسعه چشمگیری داشته است، صنعت آبی‌پروری<sup>۱</sup> می‌باشد. در این میان استان چهارمحال و بختیاری به لحاظ شرایط اقلیمی و دارا بودن رودخانه‌های فراوان و چشمه‌ساران زیاد، یکی از قطب‌های پرورش ماهی قزل‌آلای کشور می‌باشد (Iranian Fisheries Organization, 2006). از سوی دیگر، منابع آب‌های فراوان و باکیفیت و تعیین ظرفیت رودخانه‌ها و ارزیابی اثرات زیست‌محیطی کارگاه‌های پرورش ماهی و رعایت اصل توسعه پایدار یک امر حساس و موردتوجه عموم مدیران و برنامه‌ریزان می‌باشد (Loch, 1996).

در حقیقت توسعه آبی‌پروری در حوضه یک رودخانه باید با توجه به اصل پایش اثرات زیست‌محیطی محدود گردد. لذا لازم است تا یک ارزیابی از فعالیت‌های مزارع پرورش و میزان و تأثیر آن‌ها بر اکوسیستم رودخانه‌ها ارائه گردد. مطالعه آب و شناسایی آلودگی رودها تنها با روش‌های رایج سنجش پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب کافی نیست، زیرا فقط اطلاعاتی را در

\* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: [rasoolzamani@yahoo.com](mailto:rasoolzamani@yahoo.com)

<sup>1</sup> Aquaculture

زمان نمونه‌برداری به ما می‌دهد. یکی از بهترین و کارآمدترین روش‌ها برای ارزیابی زیستی<sup>۲</sup> استفاده از موجودات ماکروبتوز می‌باشد (Karr, 1998). بی‌مهرگان کف‌زی به دلیل پراکنش جهانی مناسب، نمونه‌برداری آسان، تحرک پایین و چرخه زندگی نسبتاً طولانی در مطالعات کیفیت آب مورد استفاده قرار می‌گیرند. به همین دلیل پایش زیستی با استفاده از جانوران و به-خصوص بزرگ بی‌مهرگان آبی شاخص بهتری از وضعیت محیط آبی می‌باشد. تاکنون مطالعات زیادی در رابطه با بررسی ساختار جوامع بزرگ بی‌مهرگان آبی انجام شده است (Mesgaran Karimi et al., 2012; Hosseini et al., 2012; Sharifinia et al., 2012; Abbaspour et al., 2013; Rezaei et al., 2014; Karami et al., 2015; Khoshakhalgh et al., 2015) پساب آبی‌پروری با افزایش غلظت مواد جامد معلق و کاهش سطح اکسیژن کاهش غنای گونه‌ای و افزایش فراوانی و غالبیت موجودات مقاوم به آلودگی و تغییر ساختار جامعه زیستی را به دنبال دارد (Lenat, 1988). بنابراین یکی از مؤثرترین روش‌های مناسب برای بررسی اثر پساب مزارع پرورش ماهی بر آب‌های دریافت‌کننده پساب ارزیابی تغییرات جوامع زیستی آن است (Lenat, 1988; Stephens and Farris, 2004). ماکروبتوزهای اکوسیستم‌های آبی جانورانی بی‌مهره تحرک اندک هستند که با چشم غیرمسلح دیده می‌شوند و شاخص‌های مناسبی برای ارزیابی زیستی می‌باشند (Stephens and Farris, 2004). بدین ترتیب تحقیق حاضر به منظور تعیین میزان تأثیرگذاری پساب مزارع بر ساختار جمعیتی بزرگ بی‌مهرگان کف‌زی و گروه‌های غالب آن‌ها صورت گرفته و با استفاده از شاخص‌های زیستی EPT و شاخص هیلسنهوف<sup>۳</sup> به ارزیابی کیفیت آب رودخانه پروز پرداخته است. منابع آلاینده این رودخانه شامل پساب‌های کشاورزی و پساب‌های مزارع پرورش ماهی می‌باشند. عمده کشاورزی در حاشیه رودخانه شالی‌کاری بوده و فاضلاب‌های روستای منازل حاشیه رودخانه از قبیل روستای امام‌آباد گیساران، باغ کاج وارد رودخانه می‌شوند. این تحقیق با هدف بررسی شرایط موجود و ارزیابی اثرات پساب‌های مزارع پرورش ماهی بر کیفیت آب و تنوع بی‌مهرگان کف‌زی رودخانه پروز انجام شده است تا گامی در جهت برنامه‌ریزی و اعمال مدیریت در مسیر استفاده بهینه از این منبع آبی در اختیار مدیران و تصمیم‌گیرندگان و برنامه‌ریزان بخش شیلات برداشته شود.

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

رودخانه پروز از شاخه‌های رودخانه خرسان که در جنوب غربی مرکز شهرستان لردگان جریان دارد از کوه سه کوه با ارتفاع ۲۷۱۷ متر واقع در حدود ۱۵ کیلومتری شمال غربی شهر مال خلیفه سرچشمه می‌گیرد. این رودخانه آبادی‌های شاه نجف قلعه سوخته، شوراب، خرپشته، پروز، گیساران و باغ کاج را مشروب ساخته و در نهایت به رودخانه خرسان می‌ریزد. منبع تغذیه رودخانه نزولات جوی بوده و در جهت شمال به جنوب جریان دارد. طول رودخانه ۲۰ کیلومتر و شیب متوسط بستر آن ۳ درصد می‌باشد (National Geography Organization of Iran, 2003).

### منابع آلاینده رودخانه پروز

در بررسی میدانی انجام گرفته از رودخانه پروز منابع آلاینده این رودخانه شامل پساب‌های کشاورزی و پساب‌های مزارع پرورش ماهی می‌باشند. عمده کشاورزی در حاشیه رودخانه شالی‌کاری بوده و فاضلاب‌های روستای منازل حاشیه رودخانه از قبیل روستای امام‌آباد گیساران، باغ کاج وارد رودخانه می‌شوند. همچنین پساب‌های مزارع پرورش ماهی بدون تصفیه وارد رودخانه می‌گردد. پساب مزارع پرورش ماهی با افزایش مواد آلی محلول و جامد معلق حاصل از فضولات ماهی و غذاهای هدر رفته، باعث کاهش اکسیژن محلول در آب و ایجاد حالت بی‌هوایی و افزایش مواد سمی از قبیل نیترات، فسفات و آمونیاک می‌شود که بر جوامع بزرگ بی‌مهرگان کف‌زی اثر گذاشته و باعث افزایش گونه‌های مقاوم به آلودگی و کاهش غنای گونه و تغییر ساختار جامعه زیستی می‌شود.

<sup>2</sup> Bioassessment

<sup>3</sup> HFBI

## طرح آزمایش

پژوهش حاضر در بخشی از حوضه رودخانه پروز که مزارع پرورش ماهی در حاشیه آن مستقر است و شامل سه فاز مجتمع پرورش ماهی می‌باشد صورت گرفته است. از آنجاکه هدف اصلی پایش رودخانه درک کیفیت اکولوژیکی رودخانه در محل مزارع پرورش ماهی و تغییرات اعمال شده بر آن در اثر خروجی پساب مزارع است، بنابراین سعی شد انتخاب محل نمونه‌برداری و کیفیت هر نمونه برداشت شده به گونه‌ای باشد که ماهیت بخشی که ارزیابی می‌شود را به خوبی نشان دهد. در مسیر ۸ کیلومتری این رودخانه تعداد ۷ ایستگاه از سرچشمه در مناطق مختلف مشخص گردید (موقعیت جغرافیایی و خصوصیات بستر این ایستگاه‌ها در جدول (۱) و شکل (۱) ارائه شده است. نمونه‌برداری از جوامع بی‌مهرگان آبی به صورت ماهانه در مدت یک سال از فروردین‌ماه تا پایان اسفندماه ۱۳۹۳ انجام شد. نمونه‌برداری از بزرگ بی‌مهرگان کفزی با استفاده از دستگاه سوربر به ابعاد ۴۰×۴۰ سانتی‌متر و با سه تکرار در هر ایستگاه انجام شد (Sani, 1997; Sarayi, 2004). به منظور هدایت بی‌مهرگان کفزی به مخزن انتهایی سوربر دستگاه برخلاف جریان آب در رودخانه مستقر گردید. در داخل محوطه نمونه‌برداری، ابتدا سنگ‌ها به آرامی با دست شسته شده تا موجودات و مواد چسبیده به آن کنده و به همراه جریان آب به داخل توری قیفی هدایت گردد. در نهایت کف بستر رودخانه را در داخل قاب تا عمق چند سانتی‌متر به آرامی به هم زده تا موجودات به وسیله جریان آب به داخل توری قیفی هدایت و محتویات درون توری در ظروف شیشه‌ای و با فرمالین ۴٪ تثبیت شد (Jamalzar and Afraz, 1995). مواد و موجودات کفزی جمع‌آوری شده در هر نمونه از ظروف به داخل یک غربال یا الک آزمایشگاهی با قطر چشمه ۵۰۰ میکرون منتقل شده و تا شسته شدن ذرات ریز مواد آلی و فرمالین در زیر جریان آب ملایم قرار داده شد. سپس محتویات الک را به داخل سینی‌های مسطح انتقال داده و در زیر نور و لوپ جداسازی و بر اساس کلیدهای شناسایی موجودات شناسایی گردید (Ahmadi and Nafisi, 2001). در ضمن در تجزیه و تحلیل مناطق و زیستگاه‌های مورد بررسی از بعضی از نمایه‌های اکولوژیک که در پروتکل ارزیابی زیستی آژانس حفاظت محیط‌زیست ایالات متحده<sup>۴</sup> ذکر شده، استفاده شده است. شاخص‌های زیستی مورد استفاده در این تحقیق شامل شاخص فراوانی خانواده‌های راسته، افروپتترا، پلیکوپتترا، تریکوپتترا (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera) یا به عبارت دیگر تعداد مشاهده سه گروه مذکور (EPT) و شاخص هیلسنهولف (HFBI) می‌باشد. شاخص زیستی هیلسنهولف (Hilsenhof Family Biotic Index) با تکیه بر شمارش گروه‌های زیستی شاخص موجود تفاوت‌های کیفیتی آب و زیستگاه‌ها را از نظر آلودگی آلی نشان می‌دهد (Lenat, 1993). این شاخص تحمل به آلودگی (آلی) در اجتماعات موجودات کفزی را در یک عدد واحد خلاصه می‌کند. بر این اساس برای هر خانواده از ماکروبتوزها یک ارزش مقاومتی بین صفر (حساس‌ترین) و ده (مقاوم‌ترین) در نظر گرفته می‌شود. مقدار شاخص زیستی هیلسنهولف با استفاده از فرمول (۱) محاسبه شد و با توجه به جدول (۲) وضعیت آلودگی رودخانه بر اساس این شاخص محاسبه شد.

$$HFBI = \frac{\sum\{(T_v)n\}}{N}$$

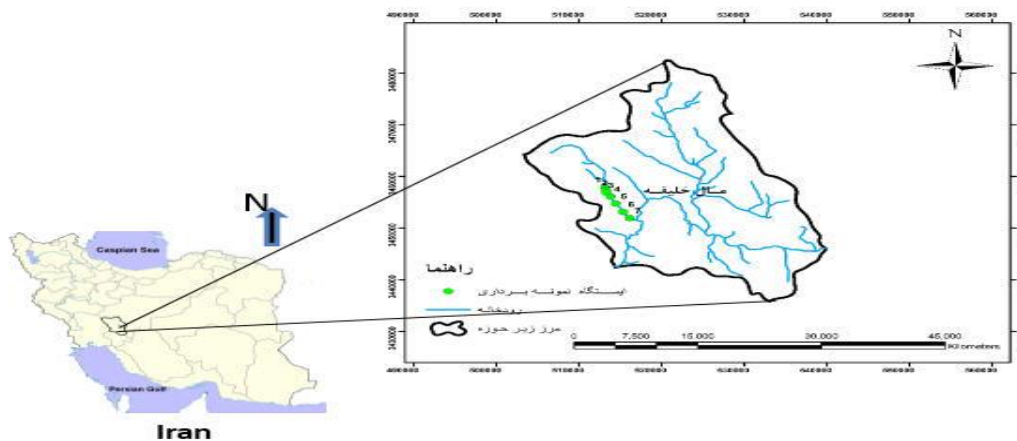
فرمول (۱) شاخص زیستی هیلسنهولف (HFBI)

HFBI = شاخص زیستی در حد خانواده،  $T_v$  = ارزش مقاومتی خانواده‌های بنتیک،  $n$  = فراوانی مطلق خانواده،  $N$  = فراوانی کل موجودات بنتیک در نمونه‌های ایستگاه مورد مطالعه

<sup>4</sup> USEPA

جدول ۱. مشخصات ایستگاه‌های مطالعاتی رودخانه پروز

شماره ایستگاه	وضعیت ایستگاه و مزارع پرورش ماهی	نوع بستر	مختصات UTM (X, Y)
۱	سرچشمه پروز	سنگی و شنی	۵۱۳۱۳۶ ۳۴۵۷۹۱۸
۲	خروجی مزرعه پرورش ماهی رنگین کمان به ظرفیت تولید ۲۴۰ تن در سال	شنی و لومی	۵۱۳۲۲۵ ۳۴۵۷۳۳۷
۳	۳۰۰ متر پایین تر از خروجی فاز یک به ظرفیت تولید ۳۴۵ تن در سال	شنی و لومی	۵۱۳۳۰۹ ۳۴۵۶۸۵۱
۴	۱۵۰۰ متر پایین تر از خروجی فاز یک مجتمع	رسی و لومی	۵۱۳۸۲۱ ۳۴۵۶۱۰۸
۵	ورودی فاز دوم ۲۸۰۰ متر پایین تر از مجتمع یک	سنگی و شنی	۵۱۴۴۲۳ ۳۴۵۴۷۳۸
۶	دویست متر پایین تر از خروجی فاز دو مجتمع به ظرفیت ۵۰۳ تن در سال	شنی و لومی	۵۱۵۳۲۸ ۳۴۵۳۱۶۰
۷	ورودی فاز سوم ۲۲۰۰ متر پایین تر از مجتمع دو	شنی و سنگی	۵۱۶۱۳۴ ۳۴۵۱۹۴۳



شکل ۱. تصویری از رودخانه پروز و ایستگاه‌های نمونه‌برداری شده

جدول ۲. ارزیابی کیفیت آب رودخانه‌ها با استفاده از شاخص سطح خانواده هلسینهوف

درجه آلودگی آلی	کیفیت آب	نمایه زیستی خانواده
آلودگی آلی غیرمحمول است	عالی	۰-۳/۷۵
احتمال آلودگی به مواد آلی کم است	بسیار خوب	۳/۷۶-۴/۲۵
برخی آلودگی‌ها به مواد آلی	خوب	۴/۲۶-۵
احتمال یک آلودگی نسبی	مطلوب (متوسط)	۵/۰۵-۵/۷۵
آلودگی احتمالاً شدید	متوسط - ضعیف	۵/۷۵-۶/۵
احتمال آلودگی بسیار شدید	ضعیف	۶/۵۱-۷/۲۵
آلودگی حاد به مواد آلی	بسیار ضعیف	۷/۲۶-۱۰

## نتایج

بر اساس مطالعات انجام شده از بین ۲۵ خانواده شناسایی شده از بی‌مهرگان کفزی در رودخانه پروز ۱۸ خانواده متعلق به لارو حشرات آبی بوده است. لارو حشرات آبی در ترکیب گونه‌های بنتیک رودخانه‌ها و نه‌های کوهستانی معمولاً موجود غالب بوده‌اند. به طوری که در جدول (۳) مشخص می‌باشد؛ از ۲۵ خانواده شناسایی شده از ۱۰ راسته بزرگ بی‌مهرگان کفزی بیشترین خانواده به ترتیب مربوط به Hydropschildae از راسته بال‌مرداران (Trichoptera) با ۲۵/۳۱ درصد، (Baetidae) از راسته یک‌روزه‌ها (Ephemeroptera) با ۲۰/۹۵ درصد، خانواده (Chironomidae) از راسته دوبالان (Diptera) با ۱۷/۲۷ درصد، (Gammaridae) از راسته ناجورپایان (Amphipoda) با ۱۶/۱۳ درصد و خانواده (Simuliidae) از راسته دوبالان با ۱۰/۱۱ درصد بود.

جدول ۳. فهرست ماکروبنتوزهای شناسایی شده در هفت ایستگاه رودخانه پروز

راسته	خانواده	درصد مشاهده
دوبالان Diptera	Culicidae	۰/۰۸
دوبالان Diptera	Simuliidae	۱۰/۱۱
دوبالان Diptera	Stratiomyidae	۰/۰۲
دوبالان Diptera	Tabanidae	۰/۱۳
دوبالان Diptera	Tipulidae	۰/۱۲
دوبالان Diptera	Chironomidae	۱۷/۲۷
دوبالان Diptera	Blephariceridae	۰/۰۵
یک‌روزه‌ها Ephemeroptera	Baetidae	۲۰/۹۵
یک‌روزه‌ها Ephemeroptera	Caenidae	۰/۰۵
یک‌روزه‌ها Ephemeroptera	Heptageniidae	۰/۲۸
بهاره‌ها Plecoptera	Nemoura	۰/۰۱
بهاره‌ها Plecoptera	Chloroperlidae	۰/۰۲
بهاره‌ها Plecoptera	Perlidae	۰/۰۱
بال‌مرداران Trichoptera	Hydropsychidae	۲۵/۳۱
بال‌مرداران Trichoptera	Limnophilidae	۰/۲۲
بال‌مرداران Trichoptera	Rhyacophilidae	۰/۸۷
بال‌مرداران Trichoptera	Phelicotomastida	۰/۰۱
بال‌مرداران Trichoptera	Belostomatidae	۳/۲۳
سخت بال پوشان Coleoptera	coleoptera	۰/۰۳۵
سخت بال پوشان Coleoptera	Elmidae	۰/۰۷
زالوها Hirudinea	Psicullidae	۴/۶۶
کرم‌های حلقوی Oligochaeta	Lumbricidae	۰/۳۴
طیاره ماندها Odonata	odonata	۰/۰۲
سوسک‌ها Coleoptera	Dytiscidae	۰/۰۲
ناجور پایان Amphipoda	Gammaridae	۱۶/۱۳

نتایج آنالیز به دست آمده از شاخص EPT در ایستگاه‌های مطالعاتی رودخانه پروز به شرح در جدول (۴) آورده شده است. در سال ۱۹۹۶ در ایالات متحده اثر پساب مزارع پرورش ماهیان سردابی بر رودخانه‌های کارولینای شمالی با استفاده از پارامترهای جمعیتی ماکروبنتوزها، بخصوص شاخص EPT بررسی شد و نتایج به دست آمده اعتبار این روش را برای قضاوت نشان می‌دهد (Loch, 1996). در رودخانه پروز مقدار این شاخص به خصوص در ماه‌های گرم سال بعد از ایستگاه ۴ یعنی بعد از خروجی فاز

یک مجتمع پرورش ماهیان سردابی پرور با تولید اسمی ۳۴۵ تن، کمترین مقدار بوده است که نشانگر نامساعد بودن شرایط و تراکم فشار وارده در این منطقه می‌باشد. مقدار شاخص EPT در ایستگاه‌های مطالعاتی تفاوت معنی‌داری داشته است و ایستگاه‌های پایین دست بخصوص چهار و هفت مقدار EPT کمتری را نشان دادند. بنابراین می‌توان از این نظر ایستگاه‌های پایین دست را از مناطق حساس و آسیب‌پذیر دانست.

جدول ۴. آنالیز نتایج به دست آمده از شاخص EPT در یک سال مطالعات رودخانه پرور

ایستگاه ۷	ایستگاه ۶	ایستگاه ۵	ایستگاه ۴	ایستگاه ۳	ایستگاه ۲	ایستگاه ۱	نمایه (ماه)
۲/۶۷ ± ۰/۵۷	۲/۶۷ ± ۰/۵۷	۲/۶۷ ± ۰/۵۷	۳ ± ۰/۰۰	۲/۶۷ ± ۰/۵۷	۲/۶۷ ± ۰/۵۷	۲/۳۳ ± ۰/۵۷	EPT (فروردین)
۲/۳۸ ± ۰/۰۰	۳ ± ۰/۰۰	۲ ± ۰/۰۰	۲ ± ۰/۰۰	۲/۶۷ ± ۰/۵۷	۳ ± ۰/۰۰	۲ ± ۰/۰۰	EPT (اردیبهشت)
۲/۳۸ ± ۰/۰۰	۲ ± ۰/۰۰	۲ ± ۰/۵۷	۲ ± ۰/۰۰	۲ ± ۰/۰۰	۳ ± ۱	۳ ± ۱	EPT (خرداد)
۲/۵۲ ± ۰/۰۰	۲ ± ۰/۰۰	۲ ± ۰/۵۷	۳ ± ۰/۰۰	۳/۳۳ ± ۱/۵۲	۳ ± ۱	۲ ± ۰/۰۰	EPT (تیر)
۲/۳۸ ± ۰/۰۰	۳ ± ۰/۰۰	۴ ± ۱	۲ ± ۰/۰۰	۲ ± ۰/۰۰	۲ ± ۰/۰۰	۲/۳۳ ± ۰/۵۷	EPT (مرداد)
۲/۲۴ ± ۰/۵۷	۲/۳۳ ± ۰/۵۷	۲/۳۳ ± ۰/۰۰	۲ ± ۰/۰۰	۲ ± ۰/۰۰	۲ ± ۰/۰۰	۳ ± ۰/۰۰	EPT (شهریور)
۲ ± ۰/۰۰	۲/۶۷ ± ۰/۵۷	۲ ± ۰/۰۰	۲/۶۷ ± ۰/۵۷	۳ ± ۰/۰۰	۲ ± ۰/۰۰	۲ ± ۰/۰۰	EPT (آذر)
۲/۶۷ ± ۰/۵۷	۲ ± ۰/۰۰	۲ ± ۰/۰۰	۲/۶۷ ± ۰/۵۷	۲ ± ۰/۰۰	۲ ± ۰/۰۰	۲/۶۷ ± ۰/۵۷	EPT (بهمن)
۲/۶۷ ± ۰/۳۳	۲/۳۳ ± ۰/۵۷	۲/۳۳ ± ۰/۵۷	۲/۶۷ ± ۰/۵۷	۳ ± ۱	۳/۶۷ ± ۰/۵۷	۱/۶۷ ± ۱/۵۷	EPT (اسفند)

Hatami و همکاران (2011) گزارش دادند خروجی مزارع تولید بالا با افزایش گروه‌های مقاوم به آلودگی نظیر Simuliidae, Chironomidae و Oligochaete و کاهش گونه‌های حساس به آلودگی نظیر Ephemeroptera و Trichoptera همراه بود و یکی از مؤثرترین روش‌های مناسب برای بررسی اثر پساب مزارع پرورش ماهی بر آب‌های دریافت‌کننده پساب پیش تغییرات جوامع زیستی آن است. همچنین Jorjani و همکاران (2008) با تعیین تنوع و تراکم بزرگ بی‌مهرگان کفزی و ارائه شاخص زیستی به ارزیابی میزان آلودگی نهر مادرسو در پارک ملی گلستان پرداختند و مشاهده نمودند که تنوع و تراکم درشت بی‌مهرگان کفزی تحت شرایط محیطی و دبی آب در فصول مختلف تغییر می‌نماید. همچنین Naderi Jolodar و همکاران (2011) در بررسی پاسخ بزرگ بی‌مهرگان کفزی رودخانه هراز به پساب مزارع پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان نشان دادند بزرگ بی‌مهرگان کفزی مقاوم به آلودگی آلی در ایستگاه‌های بلافاصله بعد از هر مزرعه نسبت به قبل آن‌ها درصد فراوانی بیشتری را تشکیل دادند.

نتایج به دست آمده از شاخص زیستی در حد خانواده هلسینهوف در رودخانه پرور در جدول ۵ نشان داده شده است. میزان این شاخص از ۴/۰۲ تا ۴/۵۰ در حال تغییر بوده است. مطابق با جدول ۵ شاخص زیستی در حد خانواده هلسینهوف کیفیت آب رودخانه را در همه ایستگاه‌ها در مرتبه خوب و درجه آلودگی آب در این حد است که برخی آلودگی‌ها به مواد آلی در رودخانه وجود دارد.

جدول ۵. میزان شاخص زیستی هلسینهوف به تفکیک برای ایستگاه‌های مطالعاتی رودخانه پرور

ایستگاه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
میزان شاخص هلسینهوف	۴/۲۴	۴/۱۷	۴/۲۹	۴/۱۹	۴/۱۱	۴/۵۰	۴/۰۲
کیفیت آب	خوب	خوب	خوب	خوب	خوب	خوب	خوب
درجه آلودگی (آلی)	آلودگی‌ها به	آلودگی‌ها به	آلودگی‌ها به	آلودگی‌ها به	آلودگی‌ها به	آلودگی‌ها به	آلودگی‌ها به
	مواد آلی	مواد آلی	مواد آلی	مواد آلی	مواد آلی	مواد آلی	مواد آلی

در بررسی شاخص زیستی هلسینهوف مطابق با جدول ۶ ایستگاه‌های مطالعاتی برای مدت دوازده ماه در فصل کاری رتبه‌بندی محاسبه شد. در ماه‌های مختلف نمونه‌برداری، اردیبهشت در بهترین حالت کیفیت آب در حد بسیار خوب و درجه آلودگی آن در حد احتمال آلودگی به مواد آلی کم و در مابقی ماه‌ها کیفیت آب در وضعیت خوب با درجه آلودگی (برخی آلودگی‌ها به مواد آلی) بوده است.

جدول ۶. آنالیز نتایج به‌دست‌آمده از شاخص زیستی در حد خانواده هلسینهوف (HFBI) یک سال مطالعات رودخانه پروز (mean±sd)

HFBI	ایستگاه ۱	ایستگاه ۲	ایستگاه ۳	ایستگاه ۴	ایستگاه ۵	ایستگاه ۶	ایستگاه ۷
(فروردین)	۴/۱۲±۰/۷۰	۴/۴۲±۰/۳۰	۴/۶۰±۰/۲۰	۴/۷۸±۰/۸۰	۳/۹۵±۰/۹۰	۴/۸۴±۰/۰۴	۴/۳۸±۰/۶۸
(اردیبهشت)	۳/۸۶±۰/۸۰	۴/۲۲±۰/۱۰	۴/۴±۰/۱۰	۴/۵۷±۰/۱۰	۳/۷۶±۰/۵۰	۲/۷۹±۰/۳۰	۴/۴۳±۰/۰۲
(خرداد)	۴/۵۸±۰/۲۰	۴/۳۰±۰/۱۰	۵/۴۴±۰/۱۰	۴/۶۰±۰/۲۰	۴/۴۰±۰/۰۹	۵/۶۳±۰/۱۰	۴/۸۸±۰/۲۰
(تیر)	۵/۳۶±۰/۰۹	۴/۳۱±۰/۲۰	۴/۹۸±۰/۱۰	۴/۲۹±۰/۱۰	۴/۶۳±۰/۱۰	۵/۱۴±۰/۰۴	۴/۴۱±۰/۲۰
(مرداد)	۴/۰۷±۰/۰۵	۵/۱۸±۰/۱۰	۴/۶۷±۰/۱۰	۴/۵۸±۰/۰۴	۴/۴۴±۰/۰۳	۴/۵۴±۰/۲۰	۴/۰۲±۰/۱۰
(شهریور)	۴/۰۷±۰/۰۱	۴/۴۶±۰/۱۰	۵/۳۱±۰/۱۰	۴/۲۰±۰/۰۳	۴/۳۸±۰/۲۰	۵/۲۱±۰/۱۰	۴/۰۴±۰/۰۷
(آذر)	۲/۳۸±۰/۶۰	۲/۶۶±۰/۲۰	۱/۲۲±۰/۳۰	۲/۰۲±۰/۳۰	۳/۰۷±۰/۹۴	۳/۰۹±۰/۵۰	۲/۹±۱
(بهمن)	۴/۳۷±۰/۹۰	۴/۲۵±۰/۱۰	۴/۶۹±۰/۴۰	۴/۶۶±۰/۷۰	۴/۲۲±۰/۰۶	۴/۶۷±۰/۷۰	۴/۲±۰/۷۰
(اسفند)	۵/۳۵±۰/۲۰	۳/۷۳±۰/۲۰	۳/۳۴±۰/۲۰	۴/۰۲±۰/۱۰	۴/۱۶±۰/۰۱	۴/۶۰±۰/۵۰	۳/۹۸±۰/۱۰

## بحث

نتایج کلی به‌دست‌آمده از ایستگاه‌ها را می‌توان با توجه به محل استقرار واحدهای تولیدکننده مواد آلی و ورود آن‌ها به آب و فاصله آن‌ها از ایستگاه‌ها تفسیر نمود. ایستگاه اول به دور از هر آلودگی با فاصله مناسب از چشمه انتخاب شده است. اگرچه ایستگاه اول دارای هیچ آلودگی با منبعی معلوم نمی‌باشد ولی به دلیل وجود تولیدات اولیه می‌توان این ایستگاه را نیز یک زیستگاهی برای بی‌مهرگان محسوب می‌شود. میزان وجود بی‌مهرگان در ایستگاه‌ها باید با توجه به زمان بررسی و میزان دما تفسیر گردد. میزان جمعیت در همه‌ی ایستگاه‌ها در ماه‌های ابتدایی یعنی فروردین و اردیبهشت با وجود شرایط متغیر بار مواد آلی و آلودگی باهم همسان بوده است که نشان از عدم وجود شرایط مناسب دمای آب برای رشد بی‌مهرگان می‌باشد. پساب ناشی از پرورش ماهی واقع در ایستگاه دو و پرورش ماهی واقع در ایستگاه سه باعث شده است تا شاخص آلودگی هلسینهوف در این دو ایستگاه در مقایسه با ایستگاه مرجع به‌صورت فزاینده بالاتر باشد. نتایج شاخص هلسینهوف در ایستگاه‌های چهارم و پنجم نشان از کاهش بار آلودگی به مواد آلی می‌دهد. ایستگاه بعدی در بعد از فاز دو مجتمع‌های پرورش ماهی منطقه یعنی ایستگاه شش و هفت، شاخص‌ها دوباره افزایش آلودگی را نشان می‌دهد. وضعیت رودخانه در نمونه‌برداری‌های انجام‌شده در ایستگاه‌های شش و هفت نشان داد که حجم آب در این ایستگاه بسیار پایین است و مصرف آن در روستای مشرف امکان‌پذیر نیست. به نظر می‌رسد با کاهش حجم آب در رودخانه و کم‌عمق شدن رودخانه شرایط برای بی‌مهرگان آبی و همه‌ی زیست‌مندان رودخانه کاملاً از حالت مطلوب خارج می‌گردد و امکان زیست زیست‌مندان مانند سایر بخش‌های رودخانه فراهم نیست. Mirrasouli و همکاران (2012) طی مطالعه‌ای در رودخانه زرین‌گل استان گلستان نشان دادند که در ایستگاه‌هایی که در پائین‌دست مزارع پرورش ماهی قرار دارند و پساب مزارع وارد رودخانه می‌شود کیفیت آب تغییر یافته و تنوع و درصد فراوانی خانواده‌های حساس به آلودگی کاهش و گروه مقاوم افزایش یافته است. بر اساس شاخص‌های زیستی مطالعه شده، آب رودخانه پروز در تمامی ایستگاه‌ها به‌جز ایستگاه انتهایی، در ردیف آب‌هایی است که توان خودپالایی آلاینده‌ها را تا حدود زیادی دارد و پرورش ماهی با رعایت اصول زیست‌محیطی امکان‌پذیر است. نتایج مطالعه حاضر نشان می‌دهد استفاده از بزرگ بی‌مهرگان کفزی به‌عنوان شاخص زیستی برای ارزیابی کیفیت آب روشی مطلوب می‌باشد. لازم به ذکر است احداث هرگونه کارگاه

پرورش ماهی در این رودخانه باید با در نظر گرفتن توان خودپالایی رودخانه و رعایت فاصله مناسب از سایر کارگاه‌های پرورش ماهی صورت گیرد.

### تشکر و قدردانی

این تحقیق با حمایت مالی دانشگاه شهرکرد انجام شده است.

### منابع

- Abbaspour, R., Hassanzadeh, H., Alizadehe Sabet, H.R., Hedayatifard, M., Mesgaran Karimi, J. 2013. Water Quality Assessment of Cheshmekileh River using with Community of Macroinvertebrates and Physicochemical Factors of Water. *Journal of Aquaculture Development*. 7(4): 43-56. (in Persian)
- Ahmadi, M.R., Nafisi, M. 2001. Identification of bioindicator invertebrates in running waters. Kheibar Publishing, Tehran, Iran. 240 p. (in Persian)
- Hatami, R., Mahboobi Soofiani, N., Ebrahimi, E., Hemami, M. 2011. Evaluating the Aquaculture Effluent Impact on Macroinvertebrate. Community and Water Quality Using BMWP index. *Journal of Environmental Studies*. 37(59): 43-45. (in Persian)
- Hosseini, S.A., Ostovani, H., Hosseini, S.E. 2012. Estimation of Field Biotic Index and water quality of Khong River in Sepidan Region by Using Aquatic Insects Fauna. *Plant Protection Journal*. 4: 29-36. (in Persian)
- Iranian Fisheries Organization Statistical Yearbook 2006. Iranian Fisheries Organization, Iran. 63 p. (in Persian)
- Jamalzad, F., Afraz, A. 1995. Report on biological and non biological Shafarood River, Gilan Fisheries Research Centre, Bandar Anzali. 65 p. (in Persian)
- Jorjani, S., Ghelichi, A., Akrami, R., Kheirabadi, V. 2008. Bioassessment index and Macroinvertebrates fauna of Madarsu Stream, National Park of Golestan. *Journal of Fishery*. 2(1): 41-52. (in Persian)
- Karami, A., Zamanpoore, M., Rahimi, M. 2015. A preliminary study on macroinvertebrates of Behesht-e Gomshodeh River in Fars Province, Iran. *Experimental Animal Biology*. 3(3): 31-41.
- Karr, J.R. 1998. Rivera as sentile: Using the biology of river to guide landscape management, Final Report for USEPA .28 p.
- Khoshakhalgh, M., Kamrani, A., Ebrahimi Dorche, E., Soorinezhad, I. 2015. The effect of Rainbow trout farms effluents on benthic macro-invertebrates of Marber River in Semrom. *Journal of Aquatic Ecology*. 5(1): 103-112 (in Persian)
- Lenat, D. 1993. A Biotic Index for Southeastern United States, Derivation and List of Tolerance Values with Criteria for assessing Water Quality Ratings. *Journal of the North American Benthological Society*. 12: 279-290.
- Lenat, D.R. 1988. Water quality assessment of streams using a qualitative collection method for benthic macroinvertebrates. *Journal of North American Benthological Society*. 7(3): 222-233.
- Loch, D.D. 1996. The effects of trout farm effluents on the taxa richness of the benthic macroinvertebrates. *Aquaculture*. 147: 37-55.
- Mesgaran Karimi, J., Azari Takami, GH., Khara, H., Abbaspour, R. 2012. Effect of Aquaculture wastewater on Macrobiotic Biodiversity in Dohezar River, Tonekabon. *Animal Researches*. 5(1): 37-49. (in Persian)
- Mirrasouli, E., Ghorbani, R., Abbasi, F. 2012. The Biological Assessment of the Zaringol Stream Using the Structure of Benthic Macroinvertebrates (Golestan Province). *Journal of Fishery*. Iranian Journal of Natural Resources. 64(4): 357-369. (in Persian)
- National Geography Organization of Iran. 2003. Geography dictionary of Iran's waters, Tehran, National Geography Organization of Iran. 302 p. (in Persian)
- Naderi Jolodar, M., Abdoli, A., Mirzakhani M.K., Sharifi Jolodar, R. 2011. Benthic Macroinvertebrates Response in the Haraz River to the Trout Farms Effluent. *Iranian Journal of Natural Resources*. 64(2): 163-176. (in Persian)

- Rezaei, K., Kiani, S., Moghadam, M., Pahlevani, M., Saeedpour, B. 2014. Assessment of benthic community of Jajrood River based on bioindicators. *Journal of Environmental Science and Technology*. 2(5):77-84. (in Persian)
- Sani, H. 1997. Effluent of fish farming workshop on river water quality in two thousand. MSc. thesis. Tehran University. 115 p. (in Persian)
- Sarayi, S. 2004. Identify population structure macroinvertebrate Chafrod River in Gilan province according to the water quality factors. MSc. thesis. Tarbiat Modarres University. 15 p. (in Persian)
- Sharifinia, M., Imanpour, N.J., Bozorgi, M.A. 2012. Ecological assessment of the Tajan River using feeding groups of benthic macroinvertebrates and biotic indices. *Journal of Applied Ecology*. 1(1): 80-95. (in Persian)
- Stephens, W.W., Farris, J.L. 2004. Instream community assessment of aquaculture effluents. *Aquaculture*. 231: 149-162.