

## برآورد شاخص یکپارچگی زیستی جوامع کفزی (B-IBI) و کیفیت آب تالاب شادگان با استفاده از جوامع ماکروبتنوزها

### چکیده

این پژوهش باهدف ارزیابی کیفیت آب تالاب شادگان با استفاده از شاخص یکپارچگی زیستی جوامع کفزی ماکروبتنوزها (B-IBI) انجام شد. این مطالعه در فصل بهار و تابستان سال ۱۳۹۱ در تالاب شادگان انجام شد. با توجه به منابع ورودی آلاینده و تأثیرگذار بر سلامت اکوسیستم تعداد ۶ ایستگاه انتخاب شد. نمونه‌برداری از رسوبات بستر در ۶ ایستگاه (هر یک با چهار تکرار) با استفاده از غرب پترسون با سطح مقطع ۲۲۵ سانتیمتر مربع انجام شد. از هر ایستگاه سه نمونه رسوب برای جداسازی و شناسایی درشت بی‌مهرگان کفزی، یک نمونه برای آنالیز دانه‌بندی رسوبات و سنجش میزان مواد آلی درون رسوبات برداشت شد. جهت تعیین درصد مواد آلی رسوبات از روش سوختن در کوره الکتریکی و به‌منظور آنالیز دانه‌بندی رسوبات از روش سری الک‌های استاندارد استفاده شد. پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب مانند دما، اکسیژن محلول، شوری، pH و هدایت الکتریکی با سه بار تکرار در هر مرحله از نمونه‌برداری انجام گرفت. در طول دو فصل نمونه‌برداری جمعاً ۱۶ گونه از ۵ رده جانوری ماکروبتنوزها شناسایی و شمارش شد. بیشترین درصد فراوانی مربوط به رده شکم‌پایان (۹۳/۷۹ درصد) و پس‌از آن رده دوکفه‌ای‌ها (۵/۳۵ درصد) در هر دو فصل بود. در این مطالعه از شاخص یکپارچگی زیستی جوامع کفزی (B-IBI) ده معیاره استفاده شد. نتایج آنالیز آماری شاخص B-IBI نشان می‌دهد که در فصل بهار ایستگاه ۴ با سایر ایستگاه‌ها اختلاف معنی‌داری داشت ( $P < 0.05$ ). مقایسه میانگین شاخص B-IBI در دو فصل مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری را نشان داد ( $P < 0.05$ ). بر اساس نتایج شاخص B-IBI، کیفیت آب ایستگاه‌های موردنظر در دو فصل بهار و تابستان در طبقه کیفی آسیب‌دیدگی زیاد قرار گرفت. در نهایت نتایج این پژوهش نشان داد که تالاب شادگان تحت تأثیر آلودگی‌های ناشی از فعالیت‌های انسانی بوده است. لذا به نظر می‌رسد اعمال قوانین مدیریتی منسجم و آموزش صحیح مردم منطقه می‌تواند تا حد زیادی در بهبود وضعیت این تالاب مؤثر باشد.

**واژگان کلیدی:** تالاب شادگان، بی‌مهرگان کفزی، کیفیت آب، شاخص یکپارچگی زیستی جوامع کفزی (B-IBI).

### مقدمه

در حال حاضر ارزیابی سلامت اکوسیستم یک عامل اساسی در حفاظت و پایش اکوسیستم‌ها است (Sasikala et al., 2017). امروزه استفاده از اطلاعات زیستی ماکروبتنوزها به‌صورت گسترده جهت ارزیابی‌ها در منابع آبی دنیا استفاده می‌شود، حتی برای بررسی آثار اکولوژیکی تغییرات اقلیمی نیز استفاده شده است (Daneshvar et al., 2016). درحالی‌که مطالعات در منابع آبی ایران با توجه به بحران پیشروی آب و کمبود اطلاعات مدیریتی نه‌تنها لازم بوده بلکه باید در اولویت تحقیقات قرار گیرد. بی‌مهرگان کفزی موثرترین اجزای بیولوژیکی رودخانه‌ها می‌باشند که با استفاده از ترکیب جمعیتشان و استناد به گروه‌های شاخص، شرایط کیفی آب‌ها را مشخص می‌کنند. استفاده از بی‌مهرگان کفزی بر این اصل استوار است که در مناطقی با فشار آلودگی، تنوع گروه‌های حساس به آلودگی نسبت به گروه‌های مقاوم به آلودگی کمتر می‌باشد. اجتماعات

حدیث جعفرآقایی<sup>۱</sup>

مریم محمدی روزبهانی<sup>۲\*</sup>

عبدالرحمن راسخ<sup>۳</sup>

۱ و ۲. گروه محیط‌زیست، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

\*مسئول مکاتبات:

Mmohammadiroozbahani@yahoo.com

کد مقاله: ۱۴۰۰۴۰۹۰۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۶/۰۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۱۴

این مقاله پژوهشی است و برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد است.

کف زی وضعیت عمومی محیط را در یک دوره طولانی از زمان منعکس می‌نمایند و بدون شک بهترین شاخص برای تشخیص سلامت و کیفیت محیط آبی هستند (Dizhu and Chang, 2008). استفاده از ویژگی‌های شیمیایی آب برای تعیین وضعیت اکوسیستم‌های آبی به‌منزله عکس از محیط است و فقط قادر است ویژگی همان لحظه را نشان دهد درحالی‌که پایش زیستی مانند تهیه فیلم از محیط، تمام وقایع را با جزئیات ثبت می‌کند (اعظمی و همکاران، ۱۳۹۸). لازمه تعیین آلودگی یک محیط آبی، در دست داشتن اطلاعات فیزیکی، شیمیایی و زیستی آن محیط است، این اطلاعات مکمل یکدیگر بوده و وجود همه آن‌ها برای تجزیه و تحلیل‌های صحیح، ضروری است. در این میان، بهترین گروه موجودات ساکن در اکوسیستم‌های آبی که برای ارزیابی شرایط آن استفاده می‌شوند، ماهیان و ماکروبتوزها هستند (عبدلی و همکاران، ۱۳۹۸). رابطه بین جوامع ماکروبتوز و اثر آلودگی بر آن‌ها در مطالعات متعدد بیان شده است (Saunders *et al.*, 2007). طبق مطالعه طباطبایی و همکاران (۱۳۸۸) خورهای موسی و غنم حجم عظیمی از آلاینده‌های ناشی از فعالیت‌های انسانی را دریافت می‌کند که این آلاینده‌ها موجب حذف گونه‌های حساس و حضور فراوان گونه‌های مقاوم در این مناطق می‌شود. با توجه به اینکه گونه‌های مقاوم در این مناطق کم‌تحرک و وابسته به بستر هستند بنابراین می‌توان از آن‌ها به عنوان شاخص‌های زیست‌محیطی بحران‌ها و پایش اثرات آلودگی‌ها استفاده کرد. طبق تحقیق Saunders و همکاران (۲۰۰۷)، افزایش آلودگی باعث کاهش تنوع و فراوانی گونه‌های درشت بی‌مهرگان کف زی می‌شود، در این صورت در این مناطق آلوده، گونه‌های فرصت‌طلب که شاخصی برای بیان آلودگی هستند غالب می‌شوند. بزرگ بی‌مهرگان کف زی از طریق تغییر در تنوع یا تراکم خود اثرات ناشی از آلودگی‌های محیطی را نشان می‌دهند، به همین دلیل، در سال‌های اخیر در مطالعات پایش زیستی بیشتر مورد توجه قرار گرفته‌اند (Wlosarska, Weslawski and 2001). ماکروبتوزها به دلیل تنوع و غنای گونه‌ای بالا، ساکن بودن، شناسایی آسان در سطح خانواده نسبت به جوامع پریفیتون، نمونه‌برداری آسان و چرخه زندگی طولانی، بیش از دیگر جانداران آبی در ارزیابی بوم‌شناختی اکوسیستم‌های مورد توجه قرار می‌گیرند (Balderas *et al.*, 2016). آن‌ها مقاومت متفاوتی نسبت به آلودگی‌ها از خود نشان می‌دهند و قادر هستند اثرات زیست‌محیطی پنهان را منعکس کنند. به این دلیل بی‌مهرگان کف زی به عنوان بهترین نشانگر تغییرات کیفی و سلامت منابع آبی تلقی می‌شوند و وسیع‌ترین گروه ارگانیزم‌هایی هستند که شرایط اکوسیستم‌های آبی را ارزیابی می‌کنند (Ojiza *et al.*, 2017). عوامل متفاوتی بر تراکم، پراکنش و تنوع درشت بی‌مهرگان کف زی دخیل هستند که از جمله می‌توان به ساختار بستر و میزان مواد آلی موجود در بستر، دما، شوری، اکسیژن محلول و pH و آلودگی محیط زیست اشاره نمود (صائب و همکاران، ۱۳۹۵). انتخاب زیستگاه می‌تواند نتیجه یک مجموعه پیچیده از فاکتورهای فیزیکی شیمیایی و زیستی باشد که به‌طور مشترک ساختار جوامع ماکروبتوزها را تعیین می‌کنند. به علاوه، تخمین اجتماعات ماکروبتوزها در زیستگاه‌ها می‌تواند برای پیش‌بینی تغییرات محیط و مطالعه اکوسیستم‌های کفزی دریایی مفید باشد (Armenteros *et al.*, 2018).

استفاده از شاخص‌های زیستی به‌منظور ارزیابی کیفیت آب تالاب‌ها بر اساس میزان حساسیت هر خانواده از درشت بی‌مهرگان کف زی نسبت به آشفتگی‌های محیطی در بسیاری از مطالعات صورت گرفته است، که از آن جمله می‌توان به Dorche و همکاران (۲۰۱۹)؛ Ghani و همکاران (۲۰۱۸)؛ Bhat و همکاران (۲۰۱۷) و Etemi و همکاران (۲۰۲۰) اشاره کرد. شاخص یکپارچگی زیستی جوامع کف زی (B-IBI) با استفاده از ویژگی‌های جامعه ماکروبتوزها برای ارزیابی تمامیت زیستی اکوسیستم به کار می‌رود. شاخص چندگانه یکپارچگی زیستی، برای ارزیابی سلامت و کیفیت زیستی اکوسیستم آبی مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای اینکه خصوصیتی معین از موجود بی‌مهره به عنوان یک معیار در این شاخص گنجانده شود، آن خصوصیت باید در طول یک شب از آشفتگی‌های انسان‌ساخت، به طور قابل پیش‌بینی پاسخ داده شود. محاسبه این شاخص مستلزم شناخت کامل جوامع ماکروبتیک و داشتن اطلاعات کافی در زمینه‌ی عادات رفتاری و طول عمر آن‌ها است. با داشتن اطلاعات مستند در رابطه با عادات رفتاری (تغذیه‌ای و انتخاب زیستگاه) و آگاهی از چرخه زندگی بزرگ بی‌مهرگان کف زی، نسبت به محاسبه این شاخص اقدام شده است. این شاخص شرایط اکولوژیکی یک نمونه را از طریق مقایسه خصوصیات جوامع کف زی در آن نمونه با خصوصیات جوامع کف زی مورد انتظار در زیستگاه‌های مشابه که تحت شرایط تخریب نبوده‌اند، ارزیابی می‌کند و سنتزی از اطلاعات بیولوژیکی است که به‌صورت عددی روابط بین شرایط فیزیکی شیمیایی و ویژگی‌های بیولوژیکی را نشان می‌دهد. شاخص B-IBI شاخصی است که مقادیر تنوع گونه‌ای، مقاومت و حساسیت گونه‌ها، ساختار تغذیه‌ای و درجه آلودگی آن‌ها را به شرایط بیولوژیکی رودخانه باهم ترکیب می‌کند. این شاخص شامل ۵ و ۱۰ معیار می‌باشد که ده معیار B-IBI بازتاب دقیق تری از سطوح تأثیر را نسبت به پنج معیار نشان می‌دهد (Karr and Dudley, 1981). در این روش به هر متریک

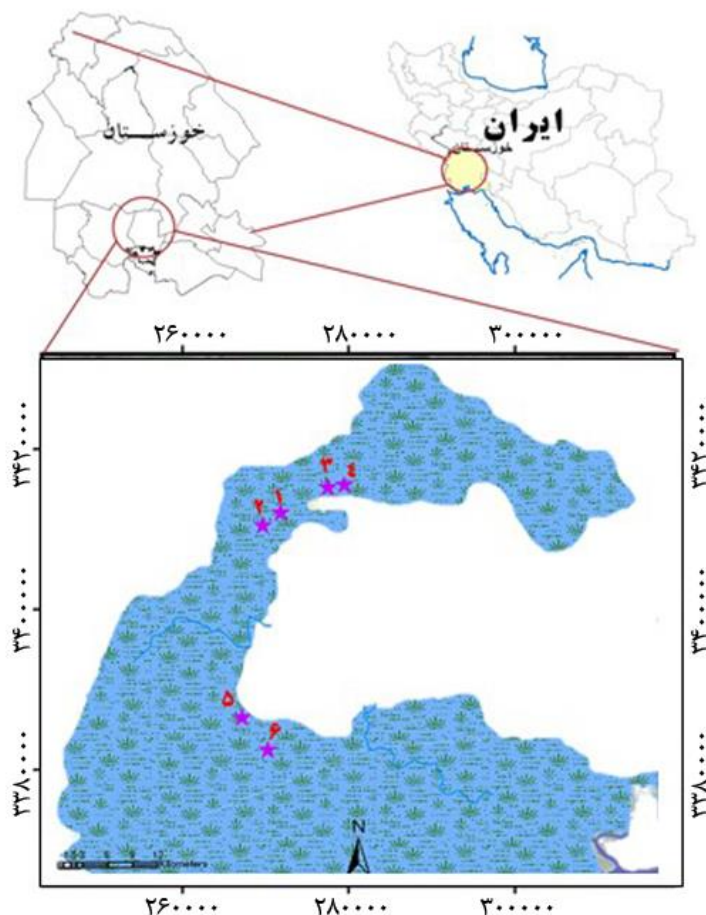
نمرات ۱، ۳ و ۵ داده می‌شود. نمره ۵ به شرایط بدون تخریب، امتیاز ۳ به شرایط متعادل و امتیاز ۱ به شرایط تخریب شدید داده می‌شود (Kerans and Karr, 1994). نمره نهایی شاخص در نهایت از میانگین نمرات به دست می‌آید و کلاس‌های کیفیت آب برحسب نمره نهایی تعیین می‌شود. تفسیر نمرات B-IBI پنج سطح از وضعیت را نشان می‌دهد (سالم، نسبتاً سالم، آسیب‌دیده، آسیب‌دیدگی زیاد، آسیب‌دیدگی بحرانی). با توجه به اینکه شاخص‌های اکولوژیکی و بیولوژیکی متعددی برای تشخیص سطوح مختلف کیفیت اکولوژیکی محیط‌های آبی بکار می‌رود شاخص B-IBI به دلیل استفاده از ماکروبتوزها به‌عنوان نشانگر زیستی دارای مزایایی مانند تنوع زیستی، حساسیت شدید و واکنش سریع بسیاری از تاکسون‌ها به آلودگی است (فراشی و همکاران، ۱۳۹۸).

مطالعات مشابه توسط محققان غیر ایرانی با استفاده از شاخص (B-IBI) و بررسی جوامع ماکروبتیک به‌وسیله این شاخص انجام شده است از آن جمله Fohn و همکاران (۲۰۱۱) وضعیت نهرهای شهرستان Kitsap را با ارزیابی زندگی بی‌مهرگان کف زی نهرها و محاسبه این شاخص بررسی کرده‌اند. مطالعه‌ای توسط Lynn در سال (۲۰۰۶) به بررسی شاخص B-IBI در جنوب رودخانه Trinity در امریکا پرداخته شد. Ghetu و Costin (۲۰۱۱) در تالاب‌های جیجیا و میلین شاخص B-IBI را بررسی کردند. Morley در سال (۲۰۰۰) در نهرهای پایین Puget Sound شاخص (B-IBI) را محاسبه و به بررسی جوامع کف زی نهرها پرداختند. از معدود بررسی‌های صورت گرفته در زمینه ارزیابی کیفیت آب اکوسیستم‌های آبی با استفاده از شاخص (B-IBI) در ایران در مطالعه‌ای مشابه توسط روغنی زادگان و همکاران (۱۳۹۲) کیفیت رودخانه دز با استفاده از شاخص یکپارچگی زیستی جوامع کف زی (B-IBI) مورد بررسی قرار گرفت. همچنین در مطالعه‌ای توسط فراشی و همکاران (۱۳۹۸) به بررسی سلامت رودخانه کارده با استفاده از شاخص یکپارچگی زیستی جوامع کف زی (B-IBI) پرداخته شد. متأسفانه در تالاب شادگان پژوهشی مشابه با مطالعه حاضر با استفاده از شاخص B-IBI انجام نشده است و این مطالعه اولین پژوهش صورت گرفته در تالاب شادگان با استفاده از شاخص B-IBI می‌باشد و از این نظر دارای نوآوری است. از جمله پژوهش‌های انجام شده در تالاب شادگان می‌توان به مطالعه هاشمی و همکاران (۱۳۹۸) با استفاده از شاخص‌های تنوع زیستی ماهیان و شانون و سیمپسون و ارتباط این شاخص‌ها با پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب در تالاب شادگان اشاره کرد. نصیریان (۲۰۱۴) کیفیت آب تالاب‌های شادگان و هورالعظیم را با استفاده از شاخص‌های زیستی، BMWP، EPT، ASPT، FBI، (Family Biotic Index)، Plecoptera، Ephemeroptera، Tricoptera مورد بررسی قرار داد (Nasirian, 2014). خدادادی و همکاران (۱۳۹۶) به بررسی تنوع زیستی کف زیان تالاب شادگان با تأکید بر گونه‌های غالب در بهار و تابستان و محمدی روزبهانی و همکاران (۱۳۹۲) با استفاده از شاخص‌های زیستی HFBI و BMWP به ارزیابی کیفی آب تالاب شادگان بر اساس میزان حساسیت ماکروبتوزها نسبت به آفتگی محیطی اشاره کرد. تالاب‌ها به‌عنوان یکی از حساس‌ترین زیست‌بوم‌های کره زمین، همواره در گسترش گاه خود با تحولات متعددی روبرو هستند. علیرغم اینکه تالاب‌ها به‌عنوان غنی‌ترین اکوسیستم، بیشترین تنوع زیستی را به خود اختصاص داده و از اهمیت بالایی برخوردارند، با این وجود از جمله اکوسیستم‌های در معرض تهدید در جهان هستند که تحت تأثیر آلودگی‌ها، تجزیه و تخریب زیستگاه‌ها، تغییرات اقلیمی، بهره‌برداری بیش از حد، تهاجم گونه‌ها قرار می‌گیرند (نوروزی و رضایی منش، ۱۳۹۹). با توجه به اهمیت تالاب‌های داخلی ایران، در این پژوهش تالاب شادگان مورد بررسی قرار گرفت. تالاب بین‌المللی شادگان با بیش از ۵۰۰ هزار هکتار وسعت در جنوب خوزستان قرار دارد که بزرگ‌ترین تالاب ثبت‌شده کشور در فهرست تالاب‌های بین‌المللی است. تالاب بین‌المللی شادگان از شمال به شادگان، از جنوب به رودخانه بهمنشیر و از سمت غرب به جاده دارخوین، آبادان و آب‌های خور موسی محدود می‌شود. سه شهر شادگان، آبادان و ماهشهر در اطراف این تالاب و دو روستای صراخیه و رگبه در درون این تالاب قرار دارد. موقعیت خاص این دو روستا آن‌ها را به محل مناسبی جهت گردشگری تبدیل کرده است. این تالاب از طریق خورهای متعدد به خلیج فارس متصل می‌شود که با آب شیرین، لب شور و آب شور، محیطی مناسب برای زیست‌انواع آبزیان، پرندگان، جوندگان و حیوانات اهلی و وحشی است. تالاب شادگان همه ساله در فصل پاییز میزبان انواع پرندگان آبی و کنار آبی مهاجر از مناطق سردسیر سبیری، روسیه، آسیای میانه و مناطق داخلی ایران است. (بیات و همکاران، ۱۳۹۵؛ صادقی راد و همکاران، ۱۳۹۶). از سال ۱۳۸۰ آب زهکش

اصلی واحدهای کشت و صنعت نیشکر و صنایع جانبی که در شرق رودخانه کارون قرار دارند، به طرف تالاب شادگان منحرف شد اما عواملی چون سدسازی و تامین نشدن نیاز آبی تالاب، تخلیه پساب‌های آلوده‌ای چون مزارع نیشکر، پرورش ماهی و فولاد خوزستان، عبور لوله‌های نفتی، فعالیت سی واحد پتروشیمی و تخلیه زباله‌های شهری باعث تخریب این تالاب شده است و آن را از سال ۱۳۷۲ وارد فهرست قرمز تالاب‌های بین‌المللی (لیست مونتره) کرده است (Hashemi et al., 2019). با اقدامات انجام شده حق آبه تالاب شادگان از رودخانه کارون، زهاب نیشکر و جزر و مد آب از خلیج فارس تامین شده است. روزانه سه متر مکعب آب از رودخانه کارون به سمت تالاب شادگان پمپاژ می‌شود و مقدار مناسبی از آب نیشکر نیز به سمت تالاب رهاسازی شده است. مطالعه حاضر باهدف ارزیابی کیفیت آب تالاب شادگان با استفاده از شاخص یکپارچگی زیستی جوامع کفزی ماکروبتوزها (B-IBI) انجام شد.

### مواد و روش‌ها

پس از انجام مطالعات و بررسی‌های میدانی در منطقه، محدوده مطالعاتی مشخص شد (شکل ۱). از آنجاکه هدف اصلی تحقیق حاضر بررسی شاخص یکپارچگی زیستی جوامع کفزی (B-IBI) و کیفیت آب تالاب شادگان با استفاده از جوامع ماکروبتوزها بوده لذا سعی شد بر اساس وضعیت توپوگرافی و شکل ویژه تالاب انتخاب ایستگاه‌ها بر اساس امکان دسترسی و کاربری‌های پیرامون آن صورت گیرد تا ماهیت بخشی که ارزیابی می‌شود را به خوبی نشان دهد. در نهایت با توجه به شرایط فوق، امکانات و محدودیت‌های نمونه‌برداری تعداد ۶ ایستگاه تعیین شده بر اساس منابع آلاینده ورودی به تالاب شادگان شامل ۲ ایستگاه در محل ورود زه آب صنایع نیشکر سلمان فارسی و فارابی، ۲ ایستگاه از نهر مالخ (روستای خزعلیه) ورود فاضلاب صنایع فولاد و ۲ ایستگاه از انتهای روستای عبودی (بخش خانفره) که ورود فاضلاب شهری به تالاب است و موقعیت هریک با استفاده از دستگاه موقعیت‌یاب GPS ثبت شد. در شکل ۱ موقعیت ایستگاه‌های مورد نظر بر روی شکل و در جدول ۱ مختصات جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه‌برداری مشخص شده است. در هر ایستگاه نمونه‌برداری با چهار تکرار صورت گرفت. نمونه‌برداری با استفاده از غرب پترسون با سطح مقطع ۲۲۵ سانتی‌متر مربع انجام شد. از سه تکرار برای شناسایی و شمارش ماکروبتوزها و از یک تکرار برای تعیین دانه‌بندی و درصد مواد آلی رسوبات استفاده شد. نمونه‌های مربوط به ماکروبتوز به وسیله الک ۰/۵ میلی‌متری شستشو داده شده و به وسیله فرمالین ۵ درصد فیکس شدند. پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه از الکل اتانول ۷۰ درصد برای نگهداری نمونه‌ها استفاده گردید. جهت رنگ‌آمیزی نمونه‌ها از روش (Walton, 1984) استفاده شد. بدین صورت که از محلول ۱ گرم در لیتر رزبنگال برای رنگ‌آمیزی نمونه‌ها استفاده شد. جهت تعیین درصد مواد آلی رسوبات از روش استاندارد معرفی شده (Holme and McIntyre, 1984) و جهت آنالیز دانه‌بندی رسوبات با استفاده از روش معرفی شده (Buchanan, 1984) استفاده شد. گروه‌های جانوری مختلف با کمک استریومیکروسکوپ و کلیدهای شناسایی فون بنتیک در حد خانواده، جنس و تا حد ممکن گونه دسته‌بندی و شناسایی شدند (Jones, 1986; Barnes, 1987; Carpenter and Niemi, 1990). همچنین پارامترهای محیطی آب نظیر دما، DO، pH، EC و شوری با سه تکرار و توسط دستگاه مولتی متر اندازه‌گیری شد. جهت اطمینان بیشتر در مورد اندازه‌گیری شوری، شوری آب تالاب توسط دستگاه رفرنومتر نیز اندازه‌گیری شد. شایان ذکر است، نمونه برداری‌های انجام شده طی بررسی‌های بیشتر در سال ۱۳۹۴ نیز صورت گرفته اند.



شکل ۱: موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه در تالاب شادگان ۱۳۹۱.

جدول ۱: مختصات جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه‌برداری.

مختصات جغرافیایی		شماره ایستگاه
عرض جغرافیایی (°N)	طول جغرافیایی (°E)	
۳۰ : ۵۱ : ۵۹,۳	۴۸ : ۳۳ : ۱۴,۳	ایستگاه (۱) پساب نیشکر
۳۰ : ۵۱ : ۵۸	۴۸ : ۳۳ : ۱۵,۵	ایستگاه (۲) پساب نیشکر
۳۰ : ۵۰ : ۲۷,۷	۴۸ : ۴۰ : ۳۶,۷	ایستگاه (۳) فاضلاب فولاد
۳۰ : ۵۰ : ۲۵,۵	۴۸ : ۴۰ : ۳۷,۴	ایستگاه (۴) فاضلاب فولاد
۳۰ : ۳۷ : ۵۲,۵	۴۸ : ۳۸ : ۵۹,۳	ایستگاه (۵) فاضلاب خانگی
۳۰ : ۳۴ : ۱۱,۷	۴۸ : ۳۹ : ۴,۷	ایستگاه (۶) فاضلاب خانگی

شاخص Benthic Index of Biotic Integrity (B-IBI)، شاخص‌های چند معیاره که امروزه ابزار مهمی برای ارزیابی کیفیت اکوسیستم‌های آبی هستند، شاخص‌های انعطاف‌پذیر و ابزارهای قوی و حساسی می‌باشند که به راحتی می‌توانند برای ارزیابی کیفیت آب مورد استفاده قرار گیرند

و غالباً توانایی تمایز میان تغییرات طبیعی و انسانی را دارند (اعظمی، ۱۳۹۶). شاخص چندگانه یکپارچگی زیستی، برای ارزیابی سلامت و کیفیت زیستی اکوسیستم آبی مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای اینکه خصوصیتی معین از موجود بی‌مهره به عنوان یک معیار در این شاخص گنجانده شود، آن خصوصیت باید در طول یک شیب از آشفتگی‌های انسان‌ساخت، به طور قابل پیش‌بینی پاسخ داده شود. در جدول ۲ معیارهای زیستی ده گانه شاخص یکپارچگی زیستی جوامع کف زی اکوسیستم‌های آبی، پاسخ بی‌مهرگان کف زی به آشفتگی‌های انسان‌ساخت و امتیازهای مورد استفاده برای تعیین یکپارچگی جوامع کف زی مشخص شده است. در جدول ۳ نمرات ارزش‌نهایی و طبقه‌بندی کیفی برای این شاخص مشخص شده است. در این روش به هر متریک مطابق (جدول ۲) نمرات ۱، ۳ و ۵ داده می‌شود. نمره ۵ به شرایط بدون تخریب، امتیاز ۳ به شرایط متعادل و امتیاز ۱ به شرایط تخریب شدید داده می‌شود. نمره نهایی شاخص در نهایت از میانگین نمرات به دست می‌آید و کلاس‌های کیفیت آب برحسب نمره نهایی مطابق (جدول ۳) تعیین می‌شود. تفسیر نمرات B-IBI پنج سطح از وضعیت را نشان می‌دهد (سالم، نسبتاً سالم، آسیب‌دیده، آسیب‌دیدگی زیاد، آسیب‌دیدگی بحرانی). نکته مهم و مورد توجه در مورد شاخص B-IBI آن است که برای نتیجه‌گیری در رابطه با وضعیت کیفی ایستگاه‌های مطالعاتی نه فقط باید به نمره نهایی حاصل شده از جمع امتیاز معیارها توجه کرد بلکه باید به نمره هر کدام از معیارها در آن ایستگاه و به مجموع داده‌های خام و نکات یادداشت شده در رابطه با محل نمونه‌برداری و شرایط اطراف آن محل نیز دقت داشت تا از این طریق بتوان به نوع پیامد تاثیر گذاشته بر روی نمره نهایی آن ایستگاه مطالعاتی پی برد.

### جدول ۲: معیارهای زیستی ده گانه شاخص B-IBI

(Karr and Dudley, 1981; karr, 1999; morley, 2000)

امتیازها			پاسخ به آشفتگی‌های انسانی	معیارها
۵	۳	۱		
> ۲۸	۲۸-۱۴	۱۴-۰	کاهش	Total number of taxa
> ۷	۳/۷-۵	۳-۰/۵	کاهش	Number of Ephemeroptera (mayfly) taxa
> ۵/۳	۲/۵-۷/۳	۲-۰/۷	کاهش	Number of Plecoptera (stonefly) taxa
> ۵/۳	۲/۵-۷/۳	۲-۰/۷	کاهش	Number of Tricoptera (caddisfly) taxa
> ۸	۸-۴	۴-۰	کاهش	Number of long-lived taxa
> ۴	۴-۲	۲-۰	کاهش	Number of intolerant taxa
< ۲۷	۴۴-۲۷	> ۴۴	افزایش	% of individuals in tolerant taxa
> ۹	۴/۹-۵	۴-۰/۵	کاهش	% of predator individuals
> ۱۶	۱۶-۸	۸-۰	کاهش	Number of clinger taxa
< ۵۵	۷۵-۵۵	> ۷۵	افزایش	% dominance (3 taxa)

### جدول ۳: نمرات ارزش‌نهایی و طبقه‌بندی کیفی شاخص یکپارچگی زیستی جوامع کف زی (B-IBI)

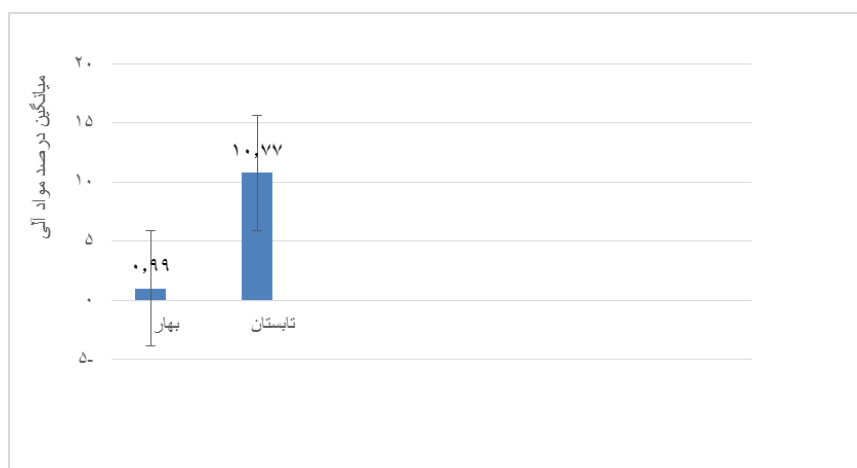
(Rossano, 1996)

شرایط رودخانه	۵ معیار	۱۰ معیار
	خانواده	گونه، جنس، خانواده
سالم	۲۵-۲۳	۵۰-۴۶
نسبتاً سالم	۲۲-۱۹	۴۴-۳۸
آسیب‌دیده	۱۸-۱۴	۳۶-۲۸
آسیب‌دیدگی زیاد	۱۳-۹	۲۶-۱۸
آسیب‌دیدگی بحرانی	۸-۵	۱۶-۱۰

جهت بررسی آماری داده‌ها، ابتدا با استفاده از آزمون کلموگروف-اسمیرنوف نرمال بودن داده‌ها بررسی شد. جهت بررسی شاخص موردبررسی در ایستگاه‌های مورد مطالعه، از آزمون آنالیز واریانس یک طرفه (ANOVA) و جهت مقایسه میانگین‌ها در فصول بهار و تابستان از آزمون  $t$ -مستقل استفاده شد. جهت بررسی همبستگی پارامترها نیز از آزمون همبستگی پیرسون با سطح معنی‌داری ۰/۰۵ و ۰/۰۱ استفاده شد.

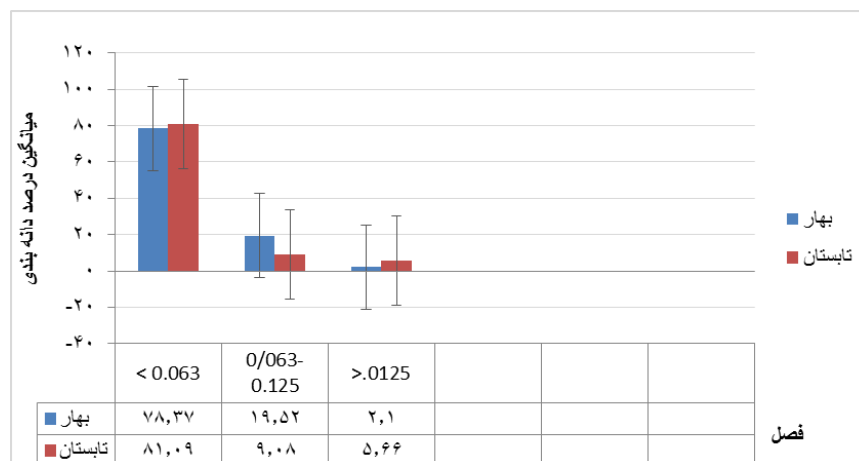
## نتایج

نتایج حاصل از بررسی‌های فیزیکی و شیمیایی نشان داد که بین ایستگاه‌های مختلف نمونه‌برداری در فصل بهار و تابستان از نظر شوری اختلاف معنی‌داری وجود ندارد ( $P > 0/05$ )، درحالی‌که پارامترهای دما، DO، pH و هدایت الکتریکی در بین ایستگاه‌های نمونه‌برداری دارای اختلاف معنی‌داری بودند ( $P < 0/05$ ). همچنین بررسی‌های آماری نشان داد که بین دو فصل از نظر پارامترهای pH، EC، DO، دما و شوری اختلاف معنی‌داری وجود دارد ( $P < 0/05$ ). در منطقه مورد مطالعه، حداکثر دمای آب در تابستان با میانگین ۴۲/۲۷ درجه سانتی‌گراد و حداقل آن در بهار با میانگین ۲۵/۵۷ درجه سانتی‌گراد ثبت شد. در بین دو فصل مقدار EC با میانگین ۲۳/۶۱ میکروزیمنس بر سانتی‌متر در فصل بهار بیشترین مقدار و در فصل تابستان با میانگین ۱۵/۹۳ میکروزیمنس بر سانتی‌متر، کمترین مقدار را به خود اختصاص داد. این میزان کاهش دارای توجیه می‌باشد چراکه با افزایش میزان آب، یون‌های محلول پراکنش بیشتری در واحد حجم آب داشته و لذا میزان EC از کاهش بیشتری برخوردار می‌شود. در بین دو فصل بالاترین مقدار شوری آب در این منطقه مربوط به فصل بهار و کمترین مربوط به تابستان است که می‌تواند متأثر از شرایط آب و هوایی، رسوب‌گذاری و جریانات بالادست رودخانه‌ای و تبخیر آب در دو فصل باشد. میزان شوری دریک محیط آبی با توجه به تغییر فصل، توپوگرافی بستر، میزان تبخیر و میزان آب ورودی تغییر می‌کند. بر اساس نتایج حاصل از درصد مواد آلی، بیشترین مقدار درصد مواد آلی رسوبات مربوط به فصل تابستان ( $10/77 \pm 10/77$ ) و پس از آن مربوط به فصل بهار ( $0/89 \pm 0/89$ ) می‌باشد. در تابستان احتمالاً به دلیل کاهش جریان آب و جریان خودپالایی تالاب و افزایش دما، تجزیه مواد آلی و میزان آن در بستر افزایش یافته است. نتایج آنالیز آماری نشان می‌دهد که در فصل بهار اختلاف معنی‌داری بین درصد مواد آلی ایستگاه ۵ با سایر ایستگاه‌های مورد مطالعه با یکدیگر وجود دارد ( $P < 0/05$ ) و در فصل تابستان ایستگاه ۱ با سایر ایستگاه‌ها اختلاف معنی‌داری دارد ( $P < 0/05$ ). با توجه به شکل ۲ بین درصد مواد آلی رسوبات در دو فصل اختلاف معنی‌داری وجود دارد ( $P < 0/05$ ).



شکل ۲: میانگین درصد مواد آلی در کل ایستگاه‌های مورد مطالعه تالاب شادگان (بهار و تابستان ۱۳۹۱).

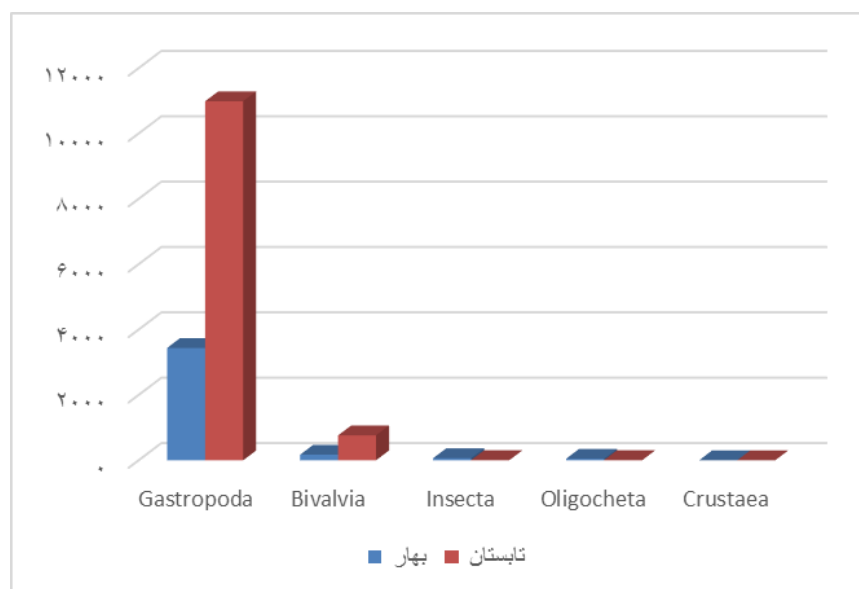
بیشترین میزان دانه‌بندی در کل سال، مربوط به سایز کوچک‌تر از  $0.063$  و کمترین میزان مربوط به سایز بیشتر از  $0.125$  می‌باشد. نتایج آنالیز دانه‌بندی رسوبات در ایستگاه‌های مورد مطالعه در فصل‌های بهار و تابستان نشان می‌دهد که بیشترین درصد دانه‌بندی در دو فصل مربوط به ذرات کوچکتر از  $0.063$  میلی‌متر می‌باشد لذا جنس بستر منطقه گلی تشخیص داده شد. میانگین درصد دانه‌بندی رسوبات در فصول مورد مطالعه در شکل 3 نشان داده شده است. با توجه به نتایج آنالیز آماری مشخص گردید که در فصل بهار ایستگاه 4 اختلاف معنی‌داری با سایر ایستگاه‌ها دارد ( $P < 0.05$ ). در فصل تابستان برای دانه‌بندی بین ایستگاه‌های مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری وجود ندارد ( $P > 0.05$ ). بین دو فصل برای پارامتر دانه‌بندی رسوبات اختلاف معنی‌داری وجود دارد ( $P < 0.05$ ).



شکل ۳: میانگین درصد مواد آلی در کل ایستگاه‌های مورد مطالعه تالاب شادگان (بهار و تابستان ۱۳۹۱).

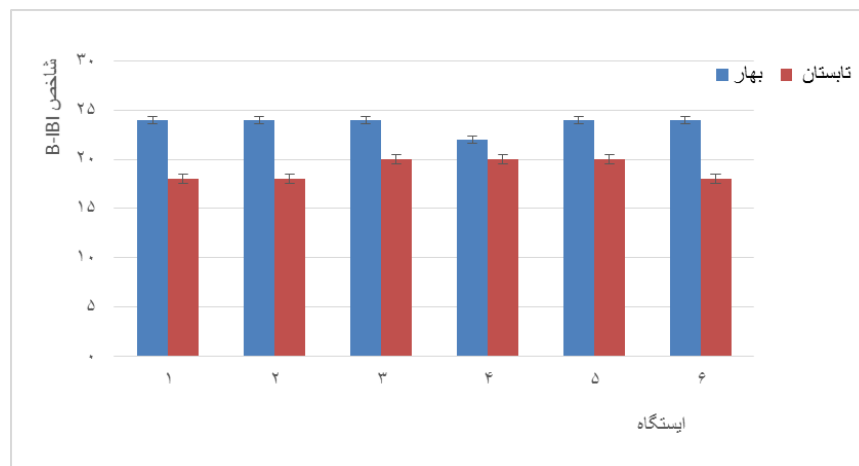
در طول دو فصل نمونه‌برداری جمعاً ۱۶ گونه از ۱۴ خانواده و ۵ رده ماکروبتیک شناسایی و شمارش شد (جدول ۴). میانگین فراوانی فصلی گروه های ماکروبتوز در تالاب شادگان در فصول مورد مطالعه در شکل ۴ نشان داده شده است. در ایستگاه تعیین شده در تالاب شادگان، مجموعاً تعداد ۱۵۴۹۰ فرد کف زی در مترمربع جمع‌آوری شد. در بین گروه‌های شناسایی شده در فصل بهار در مجموع ۳۷۲۵ فرد و در فصل تابستان در ۱۱۷۶۵ فرد از ۵ رده کفزی شمارش شد که بیشترین درصد فراوانی در دو فصل به ترتیب مربوط به شکم پایان، دوکفه‌ای‌ها، حشرات‌ها، الیگوکیت‌ها و سپس سخت‌پوستان بوده است. با توجه به نتایج آنالیز آماری مشخص گردید که در فصل بهار برای فراوانی ماکروبتوزها اختلاف معنی‌داری در بیشتر ایستگاه‌ها وجود دارد ( $P < 0.05$ ) اما در فصل تابستان اختلاف معنی‌داری در ایستگاه‌های مورد مطالعه وجود ندارد ( $P > 0.05$ ). بین دو فصل برای پارامتر فراوانی ماکروبتوزها اختلاف معنی‌داری وجود دارد ( $P < 0.05$ ). با توجه به آنالیز همبستگی پارامترها مشخص است که در فصل بهار همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح  $0.05$  بین شوری، EC، Insecta و pH وجود دارد که نشان می‌دهد بالا رفتن EC بر میزان شوری موثر است، بنابراین این دو عامل بر فراوانی Insecta تاثیر مثبت دارد. میزان جامدات محلول در آب در واحد حجم بالاتر رفته که این امر موجب بالا رفتن هدایت الکتریکی آب می‌شود و به موجب آن زیاد شدن pH و فراوانی خانواده حشرات می‌شود. در فصل تابستان همبستگی مثبت و معنادار در سطح  $0.01$  بین Bivalvia، Crustaea، Insecta وجود دارد که نشان دهنده تأثیر مثبت ماکروبتوزها بر فراوانی یکدیگر می‌باشد. همبستگی مثبت و معنادار در سطح  $0.01$  بین Bivalvia، Oligochaeta، Insecta، هدایت الکتریکی و شوری وجود دارد که نشان می‌دهد با بالا رفتن شوری، میزان جامدات محلول در آب در واحد حجم بالاتر رفته که این امر موجب بالا رفتن هدایت الکتریکی آب می‌شود و فراوانی

Bivalvia, Oligochaeta, Insecta افزایش می‌یابد. در منطقه مورد مطالعه در فصل بهار تنوع‌گونه‌ای بالاتر از فصل تابستان بوده است. این امر بدین صورت قابل توجیه خواهد بود که در فصل بهار به دلیل مناسب بودن شرایط محیطی، دمای مناسب، وجود مواد مغذی، کم بودن میزان شوری و نوع بافت بستر باعث ایجاد شرایط مطلوب برای زیست‌گونه‌های بیشتری شده است.



شکل ۴: میانگین فراوانی فصلی گروه‌های ماکروبن‌توز در تالاب شادگان (بهار و تابستان ۱۳۹۱).

مقایسه شاخص تنوع B-IBI در ایستگاه‌های نمونه‌برداری تالاب شادگان در شکل ۵ نشان داده شده است. در مطالعه حاضر شاخص B-IBI در محدوده ۱۸-۲۶ بوده است که نشان می‌دهد کیفیت آب ایستگاه‌های مورد نظر در فصول بهار و تابستان در طبقه کیفی آسیب‌دیدگی زیاد قرار داشته است. نتایج آنالیز واریانس یک طرفه شاخص B-IBI نشان داد که در فصل بهار ایستگاه ۴ اختلاف معنی‌داری با سایر ایستگاه‌ها دارند ( $P < 0.05$ ). در فصل تابستان ایستگاه‌های مورد نظر اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند.



شکل ۵: مقایسه شاخص تنوع B-IBI در ایستگاه‌های نمونه‌برداری تالاب شادگان (بهار و تابستان ۱۳۹۱).

جدول ۴: گونه‌های ماکروبتوز شناسایی شده در تالاب شادگان (بهار و تابستان ۱۳۹۱).

شاخه	Class (رده)	Order (راسته)	Family (خانواده)	Species (گونه)		
Mollusca	Gastropoda	Pulmonata	Ancylidae	<i>Ferrisia</i> sp..		
			Planorbidae	<i>Planorbis carinatus</i>		
			Physidae	<i>Physa fontinalis</i>		
			Lymnae	<i>Stagnicola emarginata</i>		
				<i>Lymnae peregra</i>		
			Prosobranchia	Hydrobiidae	<i>Potamopyrgus jenkinsi</i>	
				Valvatidae	<i>V. cristata</i>	
					<i>V. piscinalis</i>	
						<i>V. stenotrema</i>
					Pleurocridae	<i>Prososthenia radmanesti</i>
		Thairidae	<i>Melanoides tuberculata tuberculata</i>			
	Bivalvia	Cyrenodonta	Sphaeridae	<i>Sphaerium corneum</i>		
Arthropoda	Insecta	Diptera	Chironomidae	<i>Chironomus</i> .		
				<i>Spaniotoma</i> .		
			Tipulidae	<i>Tipula albivitta</i>		
			Tabanidae	<i>Tabanus sudeticus</i>		
	Crustaea	Amphipoda	Gammaridae	<i>Pseudomma roseum</i>		
Annelida	Oligochaeta	Tubificida	Tubificidae	<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i>		
				<i>Tubifex tubifex</i>		

### بحث و نتیجه‌گیری

استفاده از شاخص یکپارچگی زیستی (B-IBI) می‌تواند محیط‌زیست را فراتر از محدودیت‌های شاخص‌های فیزیکی - شیمیایی یا صرفاً جامعه زیستی ارزیابی کند و ارزیابی اثرات زیستگاه‌ها، ساختار جامعه، عملکرد جامعه، خانواده، جنس، گونه‌ها و سایر گونه‌های بیولوژیکی را در تمام اکوسیستم توسعه دهد؛ بنابراین، شاخص یکپارچگی زیستی جوامع کفزی یک روش مهم برای ارزیابی و مدیریت اکوسیستم رودخانه است (Li, 2020). نتایج این پژوهش نشان داد که از نظر آلودگی وضعیت تالاب شادگان با استفاده از شاخص B-IBI در دو فصل بهار و تابستان و در ۶

ایستگاه مورد مطالعه، در طبقه کیفی آسیب‌دیدگی زیاد قرار دارد که با نتایج محمدی روزبهانی و همکاران (۱۳۹۲) همسو است. در مطالعه‌ای در رودخانه دز با استفاده از شاخص B-IBI، ایستگاه‌های مورد مطالعه در دو طبقه کیفی آسیب‌دیدگی زیاد و بحرانی قرار گرفتند که با مطالعه حاضر همخوانی داشت (روغنی زادگان و همکاران، ۱۳۹۲). نصیریان نیز در سال ۲۰۱۴ کیفیت آب تالاب‌های شادگان و هورالعظیم را با استفاده از شاخص‌های زیستی، BMWP، EPT، ASPT، FBI، (Family Biotic Index)، Tricoptera، Ephemeroptera، Plecoptera نامطلوب و با احتمال آلودگی آلی شدید گزارش داد و این دو اکوسیستم آبی را تحت تأثیر استرس محیطی معرفی نمود که با نتایج این مطالعه همسو بود (Nasirian, 2014). بر اساس یافته‌های حاصل از فراشی و همکاران (۱۳۹۸)، شاخص یکپارچگی زیستی جوامع کف زی (B-IBI) محدوده مورد بررسی در دو طبقه کیفی آسیب‌دیدگی بحرانی و نسبتاً سالم قرار گرفت. طی مطالعه‌ای توسط Lynn (۲۰۰۶) در رودخانه Trinity شاخص B-IBI در محدوده ۲۶-۱۸ به دست آمد که نتیجه تحقیق، مشابه نتایج این مطالعه است. Costin و Gheteu (۲۰۱۱) در تالاب‌های جیجیا و میلین شاخص B-IBI را بررسی کردند. نتایج شاخص B-IBI نشان داد که این تالاب‌ها در محدوده ۴۴-۳۸ قرار دارند که نشان دهنده طبقه کیفی نسبتاً سالم است. در مطالعه‌ای مشابه Fohn و همکاران (۲۰۱۱) وضعیت نهرهای شهرستان Kitsap را با ارزیابی زندگی بی‌مهرگان کف زی نهرها و محاسبه این شاخص بررسی کردند، نتایج این مطالعه نشان داد که اغلب نهرها در شرایط سالم و نسبتاً سالم تا آسیب‌دیده هستند. در مطالعه Morley (۲۰۰۰) در نهرهای پایین Puget Sound نتایج نشان داد که در سرتاسر حوضه آبریز مقادیر شاخص (B-IBI) به علت افزایش شهرنشینی کاهش یافته بود و وجود قطعه زمین‌های کربدورهای ساحلی از تنوع یکپارچگی اکولوژیکی بیولوژیکی حمایت می‌کرد. طبق نتایج به دست آمده بیشترین درصد مواد آلی در فصل بهار مربوط به ایستگاه ۵ (ایستگاه تخلیه فاضلاب شهری) با ۵/۳۷ درصد و در فصل تابستان مربوط به ایستگاه ۱ (ایستگاه زهاب صنایع نیشکر، سلمان فارسی و فارابی) با ۲۰/۹۴ درصد می‌باشد. با توجه به جنس بستر تالاب شادگان و اکسیداسیون در محیط‌های آبی (رابطه مستقیم اکسیداسیون با افزایش دما) و بار آلودگی وارد شده به تالاب، می‌توان افزایش درصد مواد آلی را در ایستگاه‌های ۱ و ۵ توجیه کرد. مطالعه دانه‌بندی رسوبات در ایستگاه‌های نمونه‌برداری نشان داد بیش از ۹۸ درصد اندازه ذرات در فصول بهار و تابستان، ذرات کوچکتر از ۰/۰۶۳ می‌باشد، لذا جنس بستر گلی تشخیص داده شد. Sasikala و همکاران (۲۰۱۷) در مطالعه خود بیان داشتند که بافت بستر فاکتور اصلی اثرگذار در نوسانات ماکروبن‌توزها است، همچنین Basyuni و همکاران (۲۰۱۸) بیان داشتند که محتوای پایین رس در بستر می‌تواند منجر به افزایش فراوانی ماکروبن‌توزها بخصوص نرم‌تنان شود، زیرا رس بستر می‌تواند رشد و نمو و تراکم ماکروبن‌توزها را کاهش دهد، به علت اینکه محتوای اکسیژن قابل دسترس کاهش می‌یابد. در بسترهای گلی با ساختار رسی بالا این میزان کمتر و در بسترهای شنی میزان نفوذ اکسیژن از افزایش بیشتری برخوردار است. کمترین میزان اکسیژن محلول در کل دوره مطالعاتی (بهار و تابستان) در ایستگاه ۱ و ۲ مشاهده شد. در بالادست این ایستگاه‌ها صنایع نیشکر، سلمان فارسی و فارابی واقع شده‌اند. فاضلاب این صنایع حاوی مواد معلق بسیار و بار آلی بالایی می‌باشد که به همراه زهکش‌های کشاورزی وارد تالاب می‌شود. از آنجایی که بیشترین میزان درصد مواد آلی در رسوبات ایستگاه ۱ در فصل تابستان ثبت شد و کمترین میزان اکسیژن محلول نیز در ایستگاه ۱ در فصل تابستان ثبت شده و همچنین مقدار عددی شاخص B-IBI برای این ایستگاه عدد ۱۸ به دست آمد، میتوان نتیجه گرفت بیشترین منشا ترکیبات آلاینده آلی در این ایستگاه انسان ساخت بوده و از فاضلاب صنایع نیشکر و زهکش‌های کشاورزی ناشی شده است. از طرفی همبستگی منفی بین شاخص B-IBI و اکسیژن محلول در این مطالعه می‌تواند ناشی از مصرف اکسیژن به علت فعالیت‌های بیولوژیکی و افزایش تراکم جوامع ماکروبن‌توز در فصول گرم باشد. وجود همبستگی معنی‌دار بین میزان DO و شاخص‌های زیستی مورد بررسی در مطالعه Ghani و همکاران در سال ۲۰۱۸ بیانگر ارتباط تنگاتنگ این فاکتور محیطی با درشت بی‌مهرگان کف زی در منطقه مورد مطالعه بوده است (Ghani et al., 2018). در مطالعه حاضر بیشترین دما در فصل تابستان با میانگین فصلی (۴۱/۰±۰۶/۵۹) به ثبت رسید. بیشترین و کمترین pH به ترتیب در فصل بهار (۸/۱۱) و تابستان (۶/۹۶) مشهود بود چراکه pH تابعی از دما است و با تغییر دما مقدار یونیزه شدن آب تغییر می‌کند، بدین صورت که با افزایش دما، pH کاهش می‌یابد (Bhat et al., 2017). هدایت الکتریکی

را می‌توان یکی از مهم‌ترین متغیرهایی دانست که نقش مهمی در تبیین پراکنش درشت بی‌مهرگان کف زی در منابع آبی دارد (Etemi *et al.*, 2020). از نظر هدایت الکتریکی، بیشترین میزان EC در فصل بهار و تابستان در ایستگاه شماره ۲ (ایستگاه زهاب صنایع نیشکر، سلمان فارسی و فارابی) و کمترین آن در فصل بهار و تابستان در ایستگاه ۶ (تخلیه فاضلاب شهری) به ثبت رسید. بیشترین میزان شوری در فصل بهار و تابستان مربوط به ایستگاه شماره ۲ (ایستگاه زهاب صنایع نیشکر، سلمان فارسی و فارابی) و کمترین آن در فصل بهار و تابستان در ایستگاه ۶ (تخلیه فاضلاب شهری) ثبت شد. با افزایش فاصله از ایستگاه‌های بالادست و سهولت دسترسی انسان به رودخانه، میزان پساب و آلاینده‌ها نیز افزایش می‌یابد و تاثیر های آن، به‌صورت معنی‌داری در ایستگاه‌ها و شاخص‌ها قابل مشاهده است (عبدلی و همکاران، ۱۳۹۸). در منطقه مورد مطالعه در فصل بهار تنوع گونه‌ای بالاتر از فصل تابستان بوده است. این امر بدین صورت قابل توجیه خواهد بود که در فصل بهار به دلیل مناسب بودن شرایط محیطی، دمای مناسب، وجود مواد مغذی، کم بودن میزان شوری و نوع بافت بستر باعث ایجاد شرایط مطلوب برای زیست گونه های بیشتری شده است که با مطالعه هاشمی و همکاران (۱۳۹۸) در تالاب شادگان همسو بود. شکم پایان در فصل بهار و تابستان در تمام ایستگاه‌ها شناسایی شدند که بالاترین فراوانی (تعداد در مترمربع) را در مقایسه با سایر رده ها داشتند. چنین نتیجه‌ای در تحقیقات خدادادی و همکاران (۱۳۹۶) روی تنوع کف زیان تالاب شادگان نیز به دست آمد که شکم پایان بالاترین تراکم را در مقایسه با سایر رده های کف زی داشتند. در تحقیق حاضر حضور شکم پایان در همه ایستگاه‌ها با پروژه طرح جامع شادگان (۱۳۸۹) (هاشمی و همکاران، ۱۳۹۱) همخوانی دارد. در مناطق آلوده، گروه‌های حساس به آلودگی (EPT) کاهش و بر عکس گروه‌های مقاوم شامل راسته Diptera افزایش می‌یابند و تغییراتی که در ترکیب جمعیت بی‌مهرگان کف زی رخ می‌دهد در پاسخ به عوامل محیطی و تنش های محیطی بوده و در جهت حفظ تعادل اکولوژیکی می‌باشد (عبدلی و همکاران، ۱۳۹۷). در نتیجه گروه‌های مقاوم به آلودگی غالب شده و تنوع گونه‌ای کاهش می‌یابد. در این مطالعه بیشترین تراکم کم تاران در ورودی تالاب شناسایی و جداسازی شدند. ورودی تالاب شادگان محل دریافت حجم بالایی از فاضلاب است که این امر خود عاملی بر بالا بودن جمعیت گروه های کم تاران است. بر اساس نتایج بیشترین تراکم کم تاران در فصل بهار در ایستگاه ۲ (ایستگاه زهاب صنایع نیشکر، سلمان فارسی و فارابی) و در فصل تابستان مربوط به ایستگاه ۶ (تخلیه فاضلاب شهری) می‌باشد که این نشان دهنده ورود فاضلاب‌ها به تالاب و افزایش تراکم گروه‌های مقاوم به آلودگی و بالا رفتن بار آلودگی تالاب است. این دو منبع آلودگی باهم سبب ایجاد شرایط نامساعد زیستی و حذف جمعیت‌های حساس ماکروبتیک شده است. عدم حضور تاکسهای Ephemeroptera, Plecoptera و Trichoptera در محدوده مورد مطالعه و ایستگاه‌های مورد بررسی که تاکس‌هایی حساس هستند، نشان دهنده نامساعد بودن شرایط زیستگاهی اکوسیستم آبی در این محدوده است، حضور تعداد زیادی از گونه های Chironomus, Tubifex tubifex و Lymnaea peregra در ایستگاه‌های ۲ و ۶ نشان دهنده کیفیت ضعیف آب (عموما ناشی از اکسیژن محلول کم و مواد مغذی بالا) است. افزایش حضور گروه کم تاران و پر تاران در ارتباط با افزایش بار آلودگی در مطالعات Sarker و همکاران (۲۰۱۶) در بنگلادش نیز بیان شده است. در رابطه با نتایج حاصل از شاخص B-IBI، مقدار عددی محاسبه شده برای ایستگاه ۲ در فصل بهار (عدد ۲۴) و ایستگاه ۶ در فصل تابستان (عدد ۲۲) و کل دوره مطالعاتی (۲۱/۲±۱۶/۵) در این دو ایستگاه خود تاییدی بر وضعیت شرح داده شده می‌باشد. از سال ۱۳۸۰ آب زهکش اصلی واحدهای کشت و صنعت نیشکر و صنایع جانبی همچون پرورش ماهی و فولاد خوزستان، عبور لوله‌های نفتی، فعالیت سی واحد پتروشیمی و تخلیه زباله‌های شهری باعث تخریب این تالاب شده است (Hashemi *et al.*, 2019).

با این حال عامل اصلی آلودگی تالاب شادگان ورود پساب‌های خانگی روستاهای اطراف تالاب و همچنین در درجه بعدی اهمیت زهاب‌های صنایع نیشکر و فولاد می‌باشد و از آنجایی که گسترش تاسیسات شهری و صنعتی و ورود فاضلاب‌های شهری و کشاورزی منجر به برهم خوردن تعادل زیستی می‌گردد، منطقه مورد نظر نیازمند کنترل اکولوژیکی و زیست محیطی بیشتری می‌باشد. براساس مطالعاتی که توسط محققان زیادی در کشورهای پیشرفته در زمینه شاخص‌های زیستی مورد آزمایش قرار گرفته، ثابت شده است که شاخص‌های چندگانه، نسبت به شاخص‌های یگانه

در بازتاب شرایط محیطی ابزار دقیق‌تر و قابل اعتمادتری می‌باشند (Couceiro et al., 2012; Helson and Nguyen et al., 2014; Williams, 2013)؛ زیرا شاخص‌های یگانه تحت تاثیر تغییرپذیری‌های فصلی و سالیانه قرار می‌گیرند، اما شاخص‌های چندگانه مانند B-IBI از آنجاکه ترکیبی از متریک‌هایی هستند که هر یک توصیف‌کننده یکی از اجزای کیفیت اکوسیستم اند و با توجه به ویژگی‌های هیدرولوژیکی و اکولوژیکی منطقه توسعه می‌یابند و پارامترهای زیادی را جهت تعیین طبقه‌بندی کیفی در نظر می‌گیرد، ارزیابی دقیق‌تر و مناسب‌تری از یکپارچگی اکوسیستمی تالاب را فراهم می‌کنند (Lucke and Johnson, 2009; Shirchi et al., 2015; Maloney and Feminella, 2006). در نهایت نتیجه‌گیری می‌شود که شاخص B-IBI با حساسیتی بالا منطقه مورد نظر را ارزیابی نموده است.

## منابع

- اعظمی، ج.، ۱۳۹۶. محاسبه شاخص‌های زیستی ماکروبتوزها جهت ارزیابی سلامت اکولوژیکی اکوسیستم‌های آب. مجله بهره‌برداری و پرورش آبزیان، ۶ (۳): صفحات ۱۵-۱.
- اعظمی، ج.، مراد پور، ح.، زمانی، ع.، ۱۳۹۸. استفاده از شاخص‌های زیستی ماکروبتوزها در تعیین سلامت اکولوژیکی آب مطالعه موردی: (حوضه آبخیز بختگان). مجله علوم و تکنولوژی محیط‌زیست، ۲۱ (۱۰): صفحات ۱۷۳-۱۶۱.
- بیات، ر.، جعفری، س.، قرمز چشمه، ب. و چرخابی، ا. ح. ۱۳۹۵. مطالعه تأثیر ریزگردها بر تغییرات پوشش گیاهی (مطالعه موردی: تالاب شادگان، خوزستان) مجله سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۷ (۲): صفحات ۱۷-۲۲.
- خدادادی، م.، داعی نژاد، پ. و رجب‌زاده قطرمی، ا.، ۱۳۹۶. بررسی تنوع زیستی کف زیان تالاب شادگان با تاکید بر گونه‌های غالب در بهار و تابستان ۱۳۹۴. مجله اقیانوس‌شناسی، ۸ (۲۹): صفحات ۸۵-۷۵.
- محمدی روزبهنی، م.، جعفری صیادی، م. و روغنی زاده گان، ن.، ۱۳۹۲. ارزیابی سلامت رودخانه دز با استفاده از شاخص یکپارچگی زیستی جوامع کف زی (BIBI). سومین کنفرانس بین‌المللی برنامه‌ریزی و مدیریت محیط‌زیست. ۱۲ ص.
- صائب، ک.، تقوی، ل. و کاظمیان، ح.، ۱۳۹۵. برآورد شاخص زیستی آلودگی و کیفیت آب رودخانه هراز با استفاده از جوامع ماکروبتوزها. نشریه اکوهیدرولوژی، ۳ (۱): صفحات ۵۳-۴۵.
- صادقی راد، ا.، جعفری، س. ک. و لله گانی، ب. ۱۳۹۶. بررسی وضعیت پوشش گیاهی تالاب بین‌المللی شادگان با شاخص NDVI با استفاده از سنجنده مودیس سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵ میلادی. دوازدهمین همایش علوم و فنون دریایی، مشهد، انجمن علوم و فنون دریایی ایران- موسسه آموزش عالی خاوران انجمن سنجش‌ازدور ایران، ۱۱ ص.
- طباطبایی، ط.، امیری، ف. و پذیرا، ع.، ۱۳۸۸. پایش ساختار و تنوع اجتماعات ماکروبتیک به عنوان شاخص‌های آلاینده‌گی در خورهای موسی و غنام. مجله علمی پژوهشی شیلات، ۴ (۳): صفحات ۲۹-۴۰.
- عبدلی، ا. ح.، مغنی زاده، ر. و ملوندی، ح.، ۱۳۹۷. ارزیابی کیفیت آب رودخانه دهباز با استفاده از شاخص‌های زیستی. فصلنامه علمی پژوهشی محیط‌زیست جانوری، ۱۰ (۱): صفحات ۳۹۰-۳۸۱.
- عبدلی، ا. ح.، خضری، ک.، حسن‌زاده کیابی، ب.، ولیخانی، ح. و اعظمی، ج.، ۱۳۹۸. ارزیابی یکپارچگی اکولوژیکی رودخانه جاجرود با استفاده از سنجش‌های ماهیان و ماکروبتوزها. فصلنامه علوم محیطی، ۱۷ (۳): صفحات ۲۲۴-۲۰۹.
- فراشی، آ.، سرگلزایی، س. و صفری، ا.، ۱۳۹۸. بررسی سلامت اکوسیستم با استفاده از شاخص یکپارچگی زیستی مطالعه موردی (رودخانه کارده). چهاردهمین همایش ملی علوم و آبخیزداری منابع طبیعی ایران.
- نوروزی، ح. و رضایی منش، م.، ۱۳۹۹. استفاده از شاخص‌های زیستی BMWP و ASPT به منظور ارزیابی کیفیت آب تالاب هشیلان (کرمانشاه، ایران). نشریه علمی اکو بیولوژی تالاب، ۱۲ (۴۳): صفحات ۶۴-۴۷.
- هاشمی، م.، افخمی، م.، مولا، ع. و خلفه نیل ساز، م.، ۱۳۹۱. گزارش هم‌نهاد سنتز مطالعات سیستم منابع آب‌و خاک و اکوسیستم حوضه آبریز تالاب شادگان. سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران. ۲۰۸ ص.

- Armenteros, M., Saladrigas, D., Gonzalez-Casuso, L., Estevez, E. D. and Kowalewski, M., 2018.** The role of habitat selection on the diversity of microbenthic communities in three gulfs of the Cuban Archipelago. *Bulletain Marine Science*, 94: 249-268.
- Buchanan, J. B., 1984. Sediment analysis In: *Methods for the study of marine benthos*. edited by N.A. Holme and A.D. McIntyre. Oxford: Blackwell Scientific Publications, c1984. 387p.
- Balderas, E. C. S., Grac, C., Berti-Equille, L. and Hernandez, M. A. A., 2016.** Potential application of macroinvertebrates indices in bioassessment of Mexican streams. *Ecological Indicators*, (61): 558-567.
- Basyuni, M., Gultom, K., Fitri, A., Susetya, I. E., Wati, R., Slamet, B., Sulistiyono, N., Yusrani, E., Balke, T. and Bunting, P., 2018.** Diversity and habitat characteristics of macrozoobenthos in the mangrove forest of Lubuk Kertang Village, North Sumatra, Indonesia. *Biodiveritas*, 19: 311-317.
- Bhat, G. A., Jauhari, R. K., Paray, M. A. and Devi, N. P., 2017.** Study the wetland water quality using biotic indexes: A case study of Asan wetland of central Himalaya, *International Journal of Zoology Studies*, 2(6): 233-238.
- Barnes, R. D., 1987.** *Invertebrate zoology*. Fifth edition, Saunders college Publishing. 893p.
- Carpenter, K. E. and Neim, V. H., 1990.** *Crabs: FAO species identification guide for fishery purposes. The living marine resources of the Western Central Pacific. Volume 2., Cephalopods, crustaceans, holothuridians and sharks.* FAO, Rome, pp, 1045-1155.
- Couceiro, S. R. M., Hamada, N., Forsberg, B. R., Pimentel, T. P. and Luz, S. L. B. 2012.** A macroinvertebrate multimetric index to evaluate the biological condition of streams in the Central Amazon region of Brazil. *Ecological Indicators*. 18: 118-125.
- Dizhu, Jianbo Chang., 2008.** Annual variations of biotic integrity in the upper Yangtze River using an adapted index of biotic integrity (IBI). *Ecological Indicators*, 8:564-572.
- Dorche, E. E., Fathi, P. and Ofogh, A. E., 2019.** Wetland water quality assessment in cold and dry regions (Case study: Choghakhor wetland, Iran). *Limnological Review*, 19(2): 57-75.
- Daneshvar, F., Nejadhashemi, A. P., Herman, M. R., and Abouali, M., 2016.** Response of benthic macroinvertebrate communities to climate change. *Ecohydrology and Hydrobiology*.
- Etemi, F. Z., Bytyçi, P., Ismaili, M., Fetoshi, O., Ymeri, P., Shala-Abazi, A., Muja-Bajraktari, N. and Czikkely, M., 2020.** The use of macroinvertebrate based biotic indices and diversity indices to evaluate the water quality of Lepenci river basin in Kosovo. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, pp.1-11.
- Fohn, S. L., Statistical Design, S. and Seattle, W. A., 2011.** Measuring the health of Kitsap county's streams and watersheds using the benthic index of biotic integrity (B-IBI).
- Gheteu, D. and Costi, H., 2011.** Water quality assessment using benthic macroinvertebrates in wetlands and ponds: Preliminary study case of Jijia and Miletin Ponds (ROSPA0042).
- Ghani, W. M. H. W. A., Kutty, A. A., Mahazar, M. A., Al-Shami, S. A. and Ab Hamid, S., 2018.** Performance of biotic indices in comparison to chemical-based Water Quality Index (WQI) in evaluating the water quality of urban river. *Environmental monitoring and assessment*, 190(5): 297.
- Holme, N. A. and McIntyre, A. D., 1984.** *Method for study of marine benthos*. Second edition, Oxford Blackwell scientific publication. 387 p.
- Hashemi, S. A. R., Bitá, S., Ghasemzade, J. and Jabaleh, A., 2019.** Fish biodiversity indicators and their relationship with water physicochemical parameters in Shadegan wetland. *Journal of Aquatic. Ecology*, 8 (4): 131-144.
- Helson, J. E. and Williams, D. D., 2013.** Development of a macroinvertebrate multimetric index for the assessment of low-land streams in the neotropics. *Ecological Indicators*, 29: 167-178.
- Jones, D. A., 1986.** *A field guide to the seashores of Kuwait and the Arabian Gulf*. University of Kuwait, Bland ford Press. 182p.
- Kerans, B. L. and Karr, J. R., 1994.** A benthic index of biotic integrity (B-IBI) for rivers of the Tennessee valley. *Ecological Applications*, 4(4):768-785.

- Karr, J. R., 1999.** Defining and measuring river health. *Freshwater Biology*, 41: 221-234.
- Karr, J. R. and D. R. Dudley. 1981.** Ecological perspective on water quality goals. *Environmental Management*, 5: 55-68.
- Lücke, J. D. and Johnson, R. K., 2009.** Detection of ecological change in stream macroinvertebrate assemblages using single metric, multimetric or multivariate approaches. *Ecological Indicators*, 9(4): 659-669.
- Li, Z. and Zeng, B., 2020.** Health assessment of important tributaries of Three Georges Reservoir based on the benthic index of biotic integrity. *Scientific Reports*, 10: 18743.
- Lynn, J., 2006.** Benthic Index of Biological Integrity (B-IBI) for the South Fork Trinity river watershed, biological sciences, the Faculty of Humboldt State University.
- Mandaville S. M., 2002.** Benthic Macroinvertebrates in Freshwaters-Taxa Tolerance Values, Metrics, and Protocols. Soil & Water Conservation Society of Metro Halifax, Project H-1.
- Morley S. A., 2000.** Effects of urbanization on the biological integrity of Puget Sound lowland streams: Restoration with a biological focus. MSc thesis, University of Washington.
- Maloney, K. O. and Feminella, J. W., 2006.** Evaluation of single-and multi-metric benthic macroinvertebrate indicators of catchment disturbance over time at the Fort Benning Military Installation, Georgia, USA. *Ecological Indicators*, 6(3): 469-484.
- Nasirian, H., 2014.** Evaluation of water quality and organic pollution of Shadegan and Hawr Al Azim wetlands by biological indices using insects. *Journal of entomology and zoology studies*, 2(5): 193-200.
- Nguyen, H. H., Everaert, G., Gabriels, W., Hoang, T. H., Goethals, P. L., 2014.** A multimetric macroinvertebrate index for assessing the water quality of the Cau river basin in Vietnam. *Limnologica Ecology and Management of Inland Waters*, 45: 16-23.
- Ojija, F Gebrehiwot, M. and Kilimba, N., 2017.** Assessing Ecosystem Integrity and Macroinvertebrates Community Structure: Towards Conservation of Small Streams in Tanzania, *International Journal of Scientific & Technology Research*, 6(2): 148-155.
- Rossano, E. M., 1996.** Diagnosis of stream Environments with Index of Biological integrity. Sankiado, Tokyo, Japan.
- Shirchi, Z., Abdoli, A. and Hashemi, H. 2015.** Evaluation of single- and multi-metric benthic macroinvertebrate indices for water quality monitoring, case study Jajrood River. *Journal of Natural Environment*, 68(1): 8393. (in Persian).
- Sasikala, V., Saravanakumar, A. and Balasubramanian, T., 2017.** Spatial and temporal distribution of macrobenthos in Point Calimere of Southeast coast of India. *Indian Journal of Geo Marine Science*, 46: 377-384.
- Saunders, J., Al Zahed, Kh. M. and Paterson, D., 2007.** The impact of organic pollution on the macrobenthic fauna of Dubai creek (UAE). *Marine pollution Bulletin*. 54(11): 1715-1723.
- Sarker, J., Tanmay, M. H., Rahman, F., Patwary, S. A. and Rima, N. N., 2016.** Macrobenthic Community Structure as A Bio-Indicator for the Assessment of Coastal Water Pollution In Greater Noakhali Bangladesh. *Journal of Coastal Zone Management*, 2: 1-7.
- Walton, S. G., 1984.** Hand book of marine science. Vol, 1. CRC Press. Cleveland. pp 117-126.
- Wlosarska, M. and Weslawski, J. M., 2001.** Impact of climate warming on arctic benthic biodiversity: a case study of two arctic glacial bays. *Journal of Climate Research*, 18: 127-132.

برآورد شاخص یکپارچگی زیستی جوامع کفزی (B-IBI) و کیفیت آب تالاب شادگان با استفاده از جوامع ماکروبنتوزها / جعفرآقایی و همکاران