مجله بوم شناسی آبزیان

Journal homepage: http://jae.hormozgan.ac.ir

ارزیابی زیستی رودخانه جاجرود با استفاده از ساختار جمعیت ماکروبنتوزها

شیلان پروندی، اصغر عبدلی*، سیدحسین هاشمی

پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی

نوع مقاله:
پژوهشی

تاریخچه مقاله:
دریافت: ۹۴/۰۵/۲۶
اصلاح: ۹۴/۰۸/۲۹
پذیرش: ۹۴/۰۹/۱۷

کلمات کلیدی:
ارزیابی‌زیستی
ماکروبنتوز
رودخانه جاجرود
$IRWQI_{SC}$

چکیده

در این تحقیق اجتماعات کفزیان و ساختار جمعیتی آن‌ها در رودخانه جاجرود، واقع در شمال‌شرق تهران از فصل بهار تا زمستان ۱۳۹۳ در۱۲ ایستگاه بررسی گردید. ماکروبنتوزهای رودخانه به صورت فصلی با استفاده از دستگاه سوربر سمپلر با سه تکرار در هر ایستگاه نمونه برداری شدند. همچنین فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی شامل دما، pH، هدایت‌الکتریکی، BOD، کل جامدات معلق، نیترات، اکسیژن محلول، آمونیاک و کلی‌فرم مدفوعی در محل یا پس از نمونه‌برداری در آزمایشگاه اندازه گیری شدند. برای شناسایی روابط بین ماکروبنتوزها و فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی تأثیرگذار بر توزیع آن‌ها از تحلیل آماری تطبیقی متعارف استفاده گردید. براساس نتایج؛ در مجموع تعداد ۱۱۳۶ ماکروبنتوز در ۶ راسته و ۲۵ خانواده شناسایی شدند. بیشترین فراوانی این موجودات متعلق به راسته Ephemeroptera با ۵۲/۵۶ درصد فراوانی و کمترین فراوانی هم متعلق به راسته Coleoptera با ۰/۰۷ درصد فراوانی بوده است. پارامترهای دمای آب، آمونیاک و هدایت‌الکتریکی بیشترین سهم را در توزیع ماکروبنتوزها ایفا کردند. بر اساس همبستگی شاخص‌های زیستی با شاخص فیزیکی و شیمیایی $IRWQI_{SC}$، شاخص‌های مارگالف، TBI و IBI شاخص‌های مناسب‌تری برای ارزیابی کیفیت منطقه مطالعه شده هستند. در مجموع کیفیت آب در محدوده مطالعاتی به جز ایستگاه آبنیک و تله‌تنگه نامطلوب ارزیابی شد که بیانگر لزوم اعمال مدیریتی کارآمد به منظور بهبود کیفیت آب این رودخانه حفاظت شده می‌باشد.

مقدمه

بررسی ویژگی‌های کمی و کیفی منابع آبی از ارکان اساسی و مهم توسعه پایدار می‌باشد. مطالعه رودخانه‌ها و نهرها بسیار مهم بوده و نه تنها در تشخیص سلامت اکوسیستم رودخانه مؤثر است بلکه می تواند نشان دهنده‌ی فشارهای وارده از محیط اطراف باشد (Sioli, 1975). کاربرد شاخص‌های زیستی و استفاده از موجودات زنده برای طبقه‌بندی و تعیین کیفیت آب به بیش از یک قرن می‌رسد (Sharma and Moog, 1996). در این مدت روش‌های متفاوتی جهت تعیین کیفیت آب بر اساس شاخص‌های زیستی توسعه یافته است. تمام این روش‌ها تحت عنوان روش‌های ارزیابی زیستی به‌کار می‌روند. در واقع ارزیابی زیستی روش کم هزینه‌ای است که به وسایل و لوازم آزمایشگاهی کمی نیاز دارد و می تواند نتایجی با دقت قابل قبول ارائه دهد؛ همچنین امکان بررسی اثرات

* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: asabdoli@yahoo.com

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-18]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1395.6.1.3.1]

تجمعی آلاینده‌ها، قابلیت نمایش استرس‌های محیطی در طول زمان و ایجاد آلودگی کمتر برای محیط زیست در هنگام مطالعه را فراهم می‌کند (Aazami, 2015). جهت ارزیابی سلامت اکوسیستم‌های آبی از موجودات مختلفی از جمله پلانکتون‌ها، جلبک‌ها، ماهیان و ماکروبنتوزها [1]استفاده می‌شود؛ که در این بین ماکروبنتوزها از اهمیت زیادی برخوردارند (Blanchet *et al*., 2008). 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 (Cheimonopoulou *et al*., 2011; Schultz and Dibble, 2012). همچنین ماکروبنتوزها باعث استمرار چرخه مواد آلی شده و خود مورد تغذیه موجودات بالاتر قرار می‌گیرند. در نتیجه کاهش یا افزایش این موجودات در محیط آبی باعث کم یا زیاد شدن تولید نهایی اکوسیستم‌ها خواهد شد (Merz *et al*., 2005). ترکیب جمعیت ماکروبنتوزها ارتباط تنگاتنگ و نزدیکی با شرایط محیطی دارد (Smith *et al*., 2003)، به طوری‌که آشفتگی‌های فیزیکی و شیمیایی می‌توانند به طور مستقیم یا غیرمستقیم به واسطه پراکنش و حضور گیاهان آبزی تأثیر خود را بر جمعیت این موجودات اعمال نمایند (Varga, 2003; Heino, 2000). از این رو استفاده از ماکروبنتوزها به عنوان شاخص‌های زیستی و به‌کارگیری آن‌ها در ارزیابی آب‌های جاری بسیار رایج است. مطالعات متعددی در مورد مقاومت و پایداری ماکروبنتوزهای آب‌های جاری در برابر تغییرات محیطی انجام شده است؛ از آن جمله می‌توان به مطالعات Azrina و همکاران (۲۰۰۶)، که به بررسی تأثیر فعالیت‌های انسانی بر توزیع و تنوع ماکروبنتوزها و تعیین کیفیت آب رودخانه لنگت مالزی پرداختند، همچنین Tabatabaie و همکاران (۲۰۰۹)، که به ارزیابی تاثیر پساب پتروشیمی بر جوامع ماکروبنتوزی در خور موسی پرداختند؛ Kumar and Khan (۲۰۱۳)، که به بررسی تاثیر پارامترهای زیست محیطی و تغییرات فصلی بر توزیع ماکروبنتوزها پرداختند؛ Yazdian و همکاران (۲۰۱۴)، که به ارزیابی تاثیر پارامترهای فیزیکی و شیمیایی بر جمعیت ماکروبنتوزهای رودخانه کارون پرداختند؛ Ofonmbuk و همکاران (۲۰۱۴)، که به بررسی تاثیر پارامترهای فیزیکوشیمیایی بر ساختار جمعیت ماکروبنتوزهای رودخانه Ediene نیجریه پرداختند اشاره کرد. مطالعه حاضر به منظور بررسی ساختار جمعیتی ماکروبنتوزها و عوامل فیزیکی و شیمیایی مؤثر بر جمعیت آن‌ها با هدف تعیین کیفیت آب رودخانه حفاظت شده جاجرود که یکی از مهمترین منابع تامین آب شرب شهر تهران می‌باشد، انجام شده است. متذکر می‌گردد که پژوهش حاضر در ادامه مطالعه Shirchi و همکاران (۲۰۱۵)، که به ارزیابی کارایی شاخص‌های یگانه و چندگانه ماکروبنتوزها برای تعیین کیفیت آب رودخانه جاجرود در ۶ ایستگاه مطالعاتی پرداختند، انجام شده است. با این تفاوت که در این مطالعه تعداد ایستگاه‌های بیشتری مورد بررسی قرار گرفت و همچنین تاثیر پارامترهای فیزیکی و شیمیایی بر توزیع جمعیت ماکروبنتوزها نیز تعیین و مهمترین این پارامترها معرفی شدند.

مواد و روش‌ها

رودخانه جاجرود رودی دائمی در شمال شرق تهران است که با روند شمال غربی- جنوب شرقی و طول حدود ۱۴۰ کیلومتر جریان داشته و در مسیر خود به دریاچه سد لتیان وارد می‌شود. حداقل دبی آن ۱۱۹۷مترمکعب در ثانیه در شهریور ماه و حداکثر دبی ۲۰۸۶ متر مکعب در ثانیه در اردیبهشت ماه می‌باشد (Rey Ab Consulting Engineers, 2009). ایستگاه‌های نمونه برداری با پیمایش در مسیر رودخانه با توجه به سرشاخه‌ها و شاخه‌های فرعی رودخانه، امکان دسترسی به ایستگاه‌ها برای نمونه‌برداری در فصول مختلف و موقعیت کاربری‌های مختلف از جمله مناطق مسکونی، اماکن تفریحی و رستوران‌ها و پل‌ها و غیره (جهت بررسی اثر این کاربری‌ها بر روی کیفیت آب رودخانه جاجرود) انتخاب شدند. در (جدول۱)و (شکل۱) نام و موقعیت ایستگاه‌های نمونه برداری نشان داده شده است.

نمونه‌برداری از ایستگاه‌های مشخص شده در رودخانه به صورت فصلی و با توجه به تغییرات شاخص‌های فیزیکی و شیمیایی آب رودخانه و تغییرات جمعیت ماکروبنتوزها از بهار لغایت زمستان ۱۳۹۳ انجام شد. نمونه‌برداری از ماکروبنتوزها به کمک دستگاه

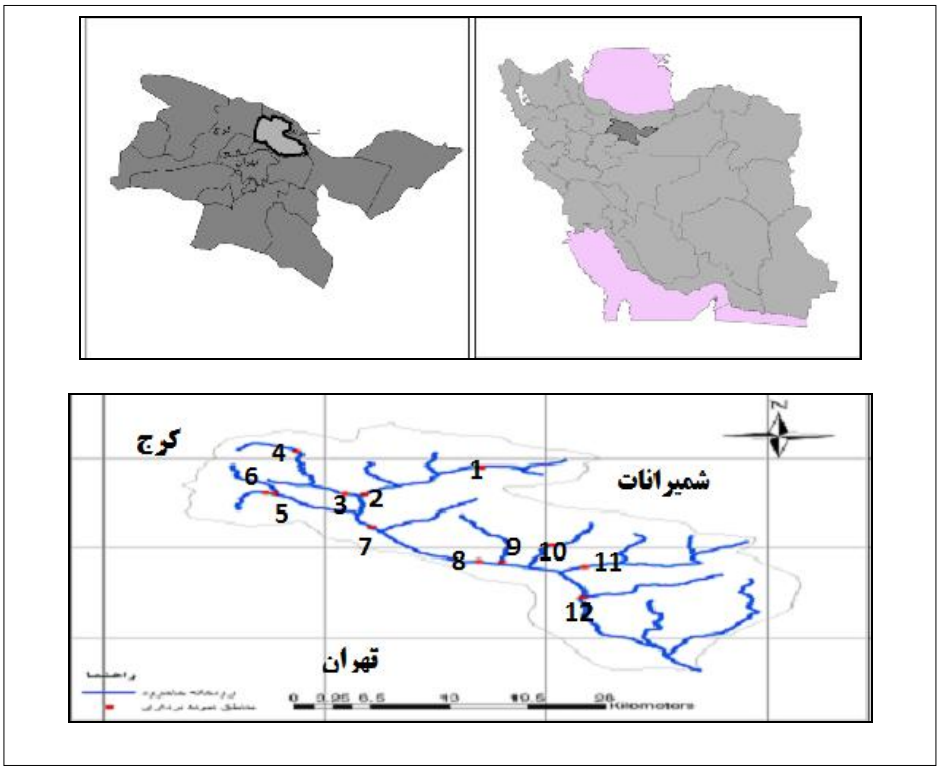
[1] macrobenthos

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-18]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1395.6.1.3.1]

جدول ١. مشخصات ایستگاه‌های نمونه‌برداری در طول رودخانه جاجرود

کدایستگاه	نام ایستگاه	طول جغرافیایی			عرض جغرافیایی		
١	آب‌نیک	٥١°	٣٧′	٦″	٣٥°	٥٩′	٤٠″
٢	فشم شاخه آب‌نیک	٥١°	٣١′	٣٦″	٣٥°	٥٥′	٤١″
٣	فشم شاخه شمشک	٥١°	٣١′	٣١″	٣٥°	٥٥′	٤١″
٤	تله‌تنگه	٥١°	٢٨′	٥٣″	٣٦°	١′	٥١″
٥	آهار شاخه شکراب	٥١°	٢٧′	٤٧″	٣٥°	٥٦′	٨″
٦	آهارشاخه توچال	٥١°	٢٧′	٤٨″	٣٥°	٥٦′	٢″
٧	حاجی‌آباد	٥١°	٣٢′	٦٢″	٣٥°	٥٢′	٥٩″
٨	قبل از دریاچه سد لتیان	٥١°	٣٦′	٥٨″	٣٥°	٤٨′	٣٨″
٩	نجارکلا	٥١°	٣٨′	٢″	٣٥°	٤٨′	٣٦″
١٠	افجه	٥١°	٣٩′	٤٨″	٣٥°	٤٩′	٤٣″
١١	برگ جهان	٥١°	٤١′	٤٨″	٣٥°	٤٨′	٢″
١٢	پل‌سعیدآباد	٥١°	٤١′	٤٠″	٣٥°	٤٤′	٢٨″



شکل ١. موقعیت نقاط نمونه‌برداری در طول رودخانه جاجرود

نمونه‌بردار سوربر[2] با مساحت ٩٠٠ سانتی‌متر مربع و اندازه مش ٢٥٠ میکرون با سه بار تکرار در هر ایستگاه انجام شد. نمونه‌ها پس از جمع‌آوری در ظروف پلاستیکی با فرمالین ٤ درصد تثبیت و به آزمایشگاه منتقل شدند. جداسازی و شناسایی تاکسون‌ها با استفاده از کلیدهای شناسایی موجود کفزیان[3] (Hartmann, 2007; Quigley, 1977) تا سطح راسته، خانواده و جنس در زیر

[2] Surber Sampler
[3] Benthoses

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-18]
[DOR: 20.1001.1.23222751.1395.6.1.3.1]

استریومیکروسکوپ انجام شد. متغییرهای فیزیکی و شیمیایی از جمله هدایت الکتریکی (میکروزیمنس برسانتی‌متر)، اکسیژن محلول (درصد اشباع) و دما (درجه سانتیگراد) با استفاده از دستگاه مولتی‌لاین P_4 (مدل HQ40d شرکت HACH- آمریکا) در هر بار نمونه‌برداری و هر ایستگاه اندازه‌گیری شد و نمونه‌های آب برای اندازه‌گیری pH (واحداستاندارد)، BOD_5 (میلی‌گرم برلیتر)، کل جامدات معلق (میلی‌گرم)، نیترات (میلی‌گرم برلیتر)، آمونیاک (میلی‌گرم برلیتر) وکلی‌فرم مدفوعی (برحسب MPN[۴]/100ml) تهیه و مقادیر آن‌ها در آزمایشگاه با استفاده از دستورالعمل‌های کتاب روش‌های استاندارد آزمایش آب و فاضلاب تعیین شد (APHA, 1999).

برای بررسی تأثیر فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی بر توزیع جمعیت ماکروبنتوزها از آزمون تحلیل تطبیقی متعارف[۵] (CCA) استفاده گردید. همبستگی بین شاخص فیزیکی و شیمیایی و شاخص‌های زیستی با استفاده از آزمون پیرسون در نرم‌افزار SPSS ویرایش ۱۹ بررسی شد. همچنین ترسیم نمودارها با بسته‌های نرم‌افزاری اکسل ویرایش ۲۰۱۳ صورت پذیرفت. در این مطالعه از شاخص‌های زیستی زیر استفاده شده است:

۱- شاخص مارگالف

شاخص مارگالف تنوع در جمعیت‌های زیستی را نشان می‌دهد و شاخص مناسبی برای مقایسه اجتماعات کفزی می‌باشد. در این فرمول D شاخص مارگالف، S تعداد گونه، و N تعداد کل افراد را نشان می‌دهد (Margalef, 1958). $D = S-1/LnN$

۲- شاخص EPT/Chironomidae

این شاخص با تقسیم مجموعه تعداد کل خانواده‌های سه راسته Ephemeroptera , Plecoptera, Trichoptera به خانواده Chironomidae محاسبه می‌شود. جامعه‌ای که دارای شرایط زیستی خوبی باشد، توزیع یکنواختی در میان این چهار گروه نشان می‌دهد (Mandaville, 2002).

۳- شاخص TBI[۶]

این شاخص با توجه به حضور شش گونه کلیدی از بی‌مهرگان کفزی و تعداد گروه‌های معرف موجود در نمونه تعیین می‌شود. بسته به تعداد گروه‌های موجود در نمونه و گونه‌های کلیدی، محدوده شاخص از صفر برای آب آلوده تا ۱۵ برای آب پاک تغییر می‌کند. برای محاسبه این شاخص به هر یک از گروه‌های موجود در نمونه با توجه به (جدول۲) امتیازی اختصاص می‌یابد و از جمع کل نمره‌های موجود، عدد شاخص کل به دست می‌آید و بر اساس (جدول۳) نمره بالاتر نشان‌دهنده کیفیت بهتر آب می‌باشد (Huggins and Moffett, 1988).

۴- شاخص چندگانه[۷] یکنواختی زیستی[۸] IBI

در این روش به هر متریک مطابق (جدول ۴) نمرات ۱، ۳ و ۵ داده می‌شود. نمره نهایی شاخص در نهایت از میانگین نمرات به دست می‌آید و کلاس‌های کیفیت آب بر حسب نمره نهایی مطابق (جدول ۵) تعیین می‌شود.

۵- شاخص فیزیکی و شیمیایی $IRWQI_{SC}$

شاخص فیزیکوشیمیایی $IRWQI_{SC}$، شاخص پارامترهای متداول کیفیت آب‌های سطحی ایران[۹] است که در این فرمول W_i وزن پارامتر i ام، n تعداد پارامترها و I_i مقدار شاخص برای پارامتر i ام منحنی رتبه بندی است. هرچه مقدار این شاخص بیشتر باشد کیفیت آب بهتر است (Hashemi *et al*., 2011).

[4] Most Probable Number
[5] Canonical Correspondense Analysis-CCA
[6] Trent Biotic Index
[7] multimetric
[8] Index of Biotic Integrity
[9] IRan Water Quality Index for Surface Water Resources-Conventional Parameters, $IRWQI_{SC}$

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-18]
[DOR: 20.1001.1.23222751.1395.6.1.3.1]

$$IRWQI_{SC} = [\prod_{i=1}^{n} I_i^{W_i}]^{\frac{1}{\gamma}}$$

جدول ۲. محاسبه شاخص زیستی TBI (Metcalfe, 1989)

گروه‌های شاخص		تعداد کل گروه‌های حاضر									
		۰-۱	۲-۵	۶-۱۰	۱۱-۱۵	۱۶-۲۰	۲۱-۲۵	۲۶-۳۰	۳۱-۳۵	۳۶-۴۰	> ۴۰
Plecoptera	بیش از یک گونه	–	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵
	تنها یک گونه	–	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴
Ephemeroptera	بیش از یک گونه	–	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴
	تنها یک گونه	–	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳
Trichoptera	بیش از یک گونه	–	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳
	تنها یک گونه	۴	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
Gammarus	عدم حضور گونه‌های بالا	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
Asellus	عدم حضور گونه‌های بالا	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱
Tubificid	عدم حضور گونه‌های بالا	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
عدم حضور گونه‌های بالا	بیشتر گونه‌های حاضر، نیازی به اکسیژن محلول ندارند	۰	۱	۲	–	–	–	–	–	–	–

جدول ۳. طبقه‌بندی کیفیت آب براساس شاخص TBI

شاخص TBI	۱۰-۱۵	۸-۹	۶-۷	۳-۵
کیفیت آب	بسیارتمیز	تمیز	مشکوک	آلوده

جدول ۴. محاسبه شاخص زیستی IBI برای ماکروبنتوزها

متریک	نمره ۱	۳	۵
غنای تاکسون‌ها	<۹	۹-۱۴	>۱۴
شاخص EPT	۴>	۴-۱۰	۱۰<
خانواده Ephemeroptera	۲>	۲-۳	۳<
خانواده Diptera	۲>	۲-۳	۳<
Ephemeroptera%	۵/۷>	۵/۷-۲۰/۳	۲۰/۳<
خانواده‌های نابردبار	۴>	۴-۸	۸<
شاخص زیستی Beak	۸>	۸-۱۲/۵	۱۲/۵<

جدول ۵. کلاس کیفیت آب بر حسب نمره نهایی شاخص IBI

شاخص IBI	۴-۵	۳-۳/۹	۲-۲/۹	۱-۱/۹
کیفیت آب	خوب	نسبتاً خوب	ضعیف	بسیار ضعیف

نتایـج

به طور کلی در مدت مطالعه و نمونه‌برداری از فون کفزیان رودخانه جاجرود در مجموع تعداد ۱۱۳۶۲ ماکروبنتوز در ۶ راسته و ۲۵ خانواده به شرح (جدول۶) شناسایی شدند. بیشترین فراوانی (۵۲/۵۶ درصد)، متعلق به راسته Ephemeroptera است که خانواده Baetidae بیشترین سهم را در این راسته دارند. براساس (شکل ۲) در ایستگاه فشم‌شمشک (کد۳) و پس از آن ایستگاه قبل از دریاچه (کد ۸)، این خانواده بیشترین فراوانی را داشته است. بعد از این راسته، راسته Diptera با فراوانی (۳۲/۸۶ درصد) و ۱۰ خانواده راسته غالب بودند و خانوادهChironomidae با بیشترین جمعیت در ایستگاه برگ‌جهان (کد ۱۱) و پس از آن ایستگاه پل سعیدآباد (کد۱۲) غالب بودند. سپس راسته Oligochaeta با فراوانی (۱۱/۰۴ درصد)، در ایستگاه آهارشکراب (کد ۵) و راسته Trichoptera با فراوانی (۲/۳ درصد) در ایستگاه تله‌تنگه (کد ۴) غالب بودند. راسته Pelecopteres نیز با فراوانی (۱/۱۷ درصد)،

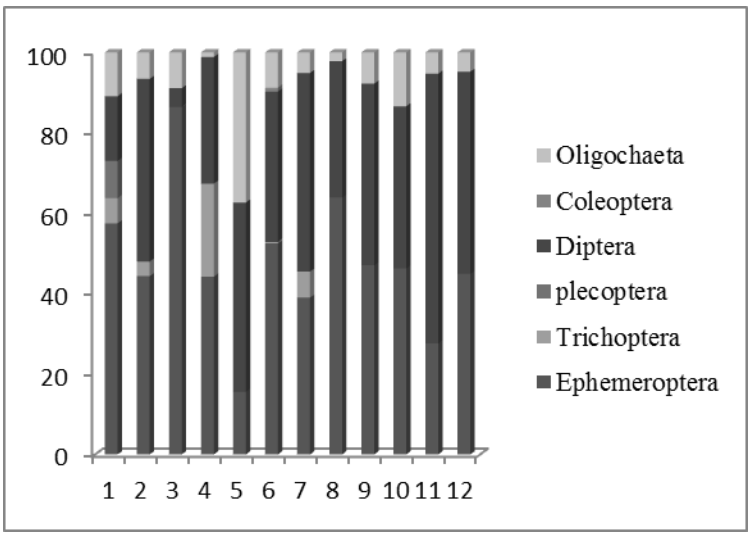
[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-18]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1395.6.1.3.1]

فقط در ایستگاه آبنیک (کد۱) یافت شد و راسته Coleoptera هم کمترین جمعیت (با ۰/۰۷ درصد فراوانی) فون کفزیان محدوده مطالعاتی را تشکیل می‌دادند.

نتایج CCA برای بررسی رابطه فراوانی ماکروبنتوزها با پارامترهای فیزیکی و شیمیایی در طول ۴ فصل نمونه برداری در (شکل۳) نشان داده شده است. با توجه به (شکل ۳)و (جدول۷)، اجزا مولفه‌ی CCA1 که به ترتیب اهمیت شامل دمای آب، NH3 و EC می‌باشد که به خوبی ایستگاه‌ها را طبقه‌بندی کرده است و سبب شده ایستگاه ۱ در یک سو (سمت چپ نمودار قسمت پایین) با بیشترین اختلاف نسبت به ایستگاه‌های ۱۱ و ۱۲ قرار گیرد، اجزاء مؤلفه CCA2 نیز شامل نیترات، pH و کلی‌فرم مدفوعی می‌باشد. پارامترهای مولفه‌هایCCA1 و CCA2 حدود ۷۷ درصد (جدول۸) از توزیع حشرات را توجیه می‌کند. علاوه بر جزییات نتایج CCA، از طول بردار هر متغییر می‌توان به شدت تاثیر آن بر توزیع جوامع بزرگ بی‌مهرگان کفزی نیز پی برد. زمانی‌که طول بردارها در توزیع تقریباً یکسان باشد (همانند اجزاء مؤلفه CCA1) بیانگر آن است که توزیع اکثر گونه‌ها از همه مولفه‌ها تاثیر می‌پذیرند؛ با این وجود گونه‌هایی نیز هستند که تاثیر بیشتری گرفتند. در (شکل۴) تغییرات فصلی تراکم و فراوانی ماکروبنتوزها نشان داده شده است. که فصل تابستان با ۴۳ درصد فراوانی و فصل بهار با ۱۰ درصد فراوانی، به ترتیب بیشترین و کمترین فراوانی ماکروبنتوزها را تشکیل می‌دهند.

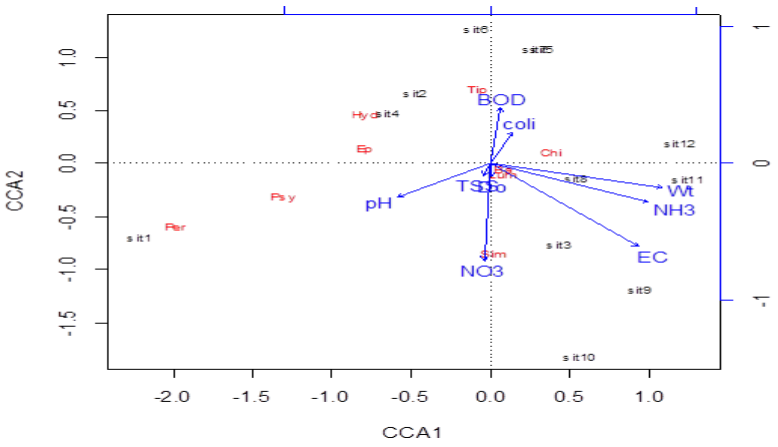
با استفاده از فراوانی گروه‌های به دست آمده از فون کفزیان، مقادیر شاخص‌های زیستی ماکروبنتوزها محاسبه شد. میانگین نتایج این شاخص‌ها و شاخص فیزیکی و شیمیایی به تفکیک ایستگاه‌های مطالعاتی در (جدول۹) آورده شده است. براساس این جدول کمترین مقدار شاخص مارگالف مربوط به ایستگاه ۱۲ با مقدار ۰/۴۲؛ کمترین مقدار شاخص EPT/c مربوط به ایستگاه ۳ با مقدار ۰/۴۳؛ کمترین مقدارشاخص TBI مربوط به ایستگاه ۱۱ با مقدار ۳؛ کمترین مقدار شاخص IBI مربوط به ایستگاه‌های ۳ و ۱۲ با مقدار۱/۶۹ و کمترین مقدار شاخص $IRWQI_{SC}$ مربوط به ایستگاه ۹ با مقدار ۴۹/۶۸ می‌باشد. اما بیشترین مقدار شاخص‌های ذکر شده، مربوط به ایستگاه ۱ می‌باشد. در (جدول۱۰)میانگین نتایج شاخص‌ها براساس فصل‌های نمونه‌برداری ارایه شده است. بررسی روند تغییرات مقادیر شاخص نشان دهنده بهبود کیفیت آب در فصل‌های پاییز و زمستان می‌باشد. در (جدول۱۱) همبستگی بین شاخص‌ها با استفاده از آزمون پیرسون نشان داده شده است. براساس این جدول بین شاخص فیزیکی و شیمیایی $IRWQI_{SC}$ با شاخص‌های زیستی IBI، TBIو مارگالف در سطح ۹۹ درصد همبستگی معنی‌داری وجود دارد. در شاخص‌های زیستی بیشترین میزان همبستگی بین شاخص‌های مارگالف و TBI با مقدار معنی‌داری ۰/۹۶ و بعد از آن همبستگی TBI و IBI با مقدار معنی‌داری ۰/۹۳ در سطح ۹۹ درصد می‌باشد. شاخص EPT/c با شاخص فیزیکی و شیمیایی $IRWQI_{SC}$ همبستگی معنی داری ارائه نمی‌کند.



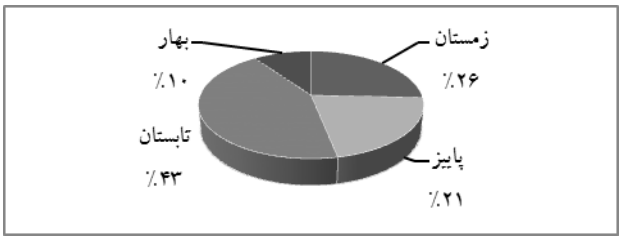
شکل ۲. ترکیب جمعیت راسته‌های ماکروبنتوزها در ایستگاه‌های مطالعاتی

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-18]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1395.6.1.3.1]



شکل ۳. توزیع ماکروبنتوزها براساس پارامترهای فیزیکی و شیمیایی (علایم اختصاری گونه‌ها در نمودار عبارتند از: Ba- Baetidae، Epeorus- Ep، Hyd-Hydropsyches، Per-Perlodidae، Chi-Chironomidae، Sim-Simuliidae، Tip-Tipulidae، Psy-Psychodidae، Lum-Lumbericidae).



شکل ۴. فراوانی ماکروبنتوزها در طول ۴ فصل سال ۱۳۹۳

جدول ۶. ماکروبنتوزهای شناسایی شده در رودخانه جاجرود

راسته	خانواده	جنس
Ephemeroptera (زودمیران)	Baetidae	*Acenterella*
	Baetidae	*Baetis*
	Heptageniidae	*Epeorus*
		Ecdyonurus
	Caenidae	*Caenis*
Trichoptera (بال‌موداران)	Hydropsychidade	*Hydropsyches*
	Hydroptilidae	*Hydroptila*
	Polycentropodidae	
	limnephidae	
plecoptera (بهاره‌ها)	Perlodidae	
	Chloroperidae	*Siphonoperla*
	Taeniopterygidae	*Brachyptera*
Diptera (دوبالان)	Ceratopogonidae	
	Chironomidae	*Chironomus*
	Tipulidae	
	Simuliidae	
	Empididae	*Hemerodromiinae*
		Pesdiciini
	Limoniidae	*Limoniini*
	f. stratiomyidae	
	blephariceridae	*blepharicera*
	Psychodidae	
Coleoptera (قاب‌بالان)	Dytiscidae	*Agabus*
	Dytiscidae	*dytiscus*
	Elmidae	
	Hydraenidae	*Limnebus*
Oligochaeta (کرم‌های کم‌تار)	Lumbericidae	
	Tubificidae	

جدول ۷. همبستگی پیرسون بین فراوانی ماکروبنتوزهاو پارامترهای فیزیکی‌و شمیایی ضریب همبستگی

پارامترهای فیزیکی‌وشیمایی	پیرسون	
	CCA1	CCA2
pH	-۰/۰۹	-۰/۲۳*
NO3	-۰/۰۱	-۰/۶۷*
کلیفرم مدفوعی	۰/۲۰	۰/۲۱*
BOD	۰/۲۳	۰/۳۴
NH3	۰/۷۸**	-۰/۲۶
دمای آب	۰/۸۲**	-۰/۲۱
DO	۰/۱۴	-۰/۱۲
EC	۰/۷۰**	-۰/۶۶*
TSS	-۰/۱۹	-۰/۰۵

* معنی‌داری در سطح ۹۵ درصد، ** معنی‌داری در سطح ۹۹ درصد

جدول ۸. درصد توجیه واریانس داده‌های شکل ۳

مولفه	CCA1	CCA2	کل
میزان ویژه	۰/۱۷	۰/۰۹	۰/۲۶
درصدواریانس توجیهی	۰/۵۰	۰/۲۷	۰/۷۷

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-18]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1395.6.1.3.1]

جدول ۹. میانگین و انحراف معیار شاخص‌های زیستی و فیزیکی و شیمیایی در ایستگاه‌های مطالعاتی رودخانه جاجرود

ایستگاه	Margalef	EPT/C	TBI	IBI	$IRWQI_{SC}$
۱	۲/۱۶±۰/۹۷	۸/۱۶±۴/۷۲	۱۵±۷/۵	۳/۲۵±۰/۸۴	۶۲/۲۵±۳/۳۰
۲	۱/۰۴±۰/۰۶	۳/۵۷±۳/۸۷	۶/۲۵±۲/۸۹	۲/۱۵±۰/۴۹	۵۷/۷۵±۱۳/۱
۳	۰/۷±۰/۱۶	۰/۴۳±۰/۴	۵/۴۲±۴/۶۹	۱/۶۹±۰/۷۲	۶۱/۱۵±۲/۹۴
۴	۱/۰۴±۰/۰۳	۳/۶۳±۱/۲۲	۱۰/۵۸±۱/۴	۲/۵۶±۰/۲۹	۵۹/۸۹±۱/۲۴
۵	۰/۷۰±۰/۱۶	۱±۱/۸۵	۴/۵±۱/۱۴	۱/۷۳±۰/۴۸	۵۶/۶۸±۴/۵۹
۶	۱±۰/۲۹	۱/۹۲±۲/۲۵	۶/۹۲ ±۱/۳۷	۲/۴۱±۰/۵۲	۵۷/۰۵±۷/۶۵
۷	۱/۰۳±۰/۲۳	۲/۰۱±۱/۳	۹/۴۲±۲/۹	۲/۴۸±۰/۴۵	۵۸/۸۸±۹/۲۲
۸	۰/۶±۰/۶۱	۱/۸۹±۱/۳۳	۴/۱۷±۲/۸	۱/۹۷±۰/۴۶	۵۴/۶۳±۶/۱۹
۹	۰/۶۱±۰/۴۴	۲/۲۹±۳/۲۲	۴/۵۸±۲/۳۶	۱/۹۴±۰/۸۳	۴۹/۶۸±۴/۲۰
۱۰	۰/۶۶±۰/۳۴	۱/۴۷±۱/۸	۵/۰۸±۱/۲۶	۲/۲۳±۰/۵	۴۹/۷۵±۷/۰۶
۱۱	۰/۵۱±۰/۲	۱/۵۲±۱/۴	۳±۲/۹	۱/۷۹±۰/۴۶	۴۹/۹۰±۷/۰۶
۱۲	۰/۴۲±۰/۳۲	۰/۷۶±۰/۶۹	۳/۷۵±۲/۵	۱/۶۹±۰/۱۴	۴۹/۸۸±۴/۶۸

جدول ۱۰. میانگین و انحراف معیار مقادیر شاخص‌های زیستی و فیزیکی و شیمیایی در سال ۱۳۹۳

فصل	مارگالف	EPT/c	TBI	IBI	IRWQIsc
بهار	۰/۵۷±۰/۴۳	۱/۸۸±۲/۱۷	۴/۶۷±۳/۵۷	۱/۹۴±۰/۴۰	۵۶/۸۴±۹/۳۳
تابستان	۱/۳۲±۰/۳۰	۲/۸۶±۳/۱۹	۶/۵۳±۳/۳۹	۲/۲۹±۰/۵۳	۵۴/۱۱±۱۵/۴۱
پاییز	۱/۰۹±۰/۵۷	۳/۲۷±۴/۲۰	۷/۶۹±۶/۰۲	۲/۳۳±۰/۸۶	۵۵/۱۵±۵/۵۵
زمستان	۱/۰۷±۰/۷۹	۱/۵۴±۲/۱۹	۸/۴۱±۶/۵۴	۲/۰۵±۰/۷۴	۵۶/۳۹±۸/۴۰

جدول ۱۱. همبستگی شاخص‌های زیستی و فیزیکی و شیمیایی

شاخص‌ها	Margalef	EPT/C	TBI	IBI	IRWQIsc
Margalef	۱				
EPT/C	۰/۹۱**	۱			
TBI	۰/۹۶**	۰/۹۰**	۱		
IBI	۰/۸۹**	۰/۸۷**	۰/۹۳**	۱	
$IRWQI_{SC}$	۰/۷۴**	۰/۴۹	۰/۷۰**	۰/۵۴**	۱

* معنی‌داری در سطح ۹۵ درصد، ** معنی‌داری در سطح ۹۹ درصد

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-18]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1395.6.1.3.1]

بحث

بیشترین فراوانی و تنوع جوامع ماکروبنتوزها در بین فصول مورد بررسی، در فصل تابستان مشاهده شد که به علت افزایش دما، تولید فیتوپلانکتونی افزایش پیدا می‌کند و با ریزش این تولیدات، مواد غذایی بیشتری در اختیار ماکروبنتوزها قرار می‌گیرد. این مسئله باعث افزایش فعالیت‌های زیستی از قبیل تغذیه و تولید مثل این موجودات می‌شود، به این ترتیب، تراکم و پراکنش آنها نیز افزایش می‌یابد (Sharbati *et al*., 2013). در این مطالعه بیشترین فراوانی متعلق به راسته Ephemeroptera می‌باشد که با نتیجه مطالعه Shirchi و همکاران (۲۰۱۵)، همخوانی ندارد. بیشتر خانواده‌های راسته Ephemeroptera جزو تاکسون‌های نسبتاً مقاوم به آلودگی محسوب می‌شوند بنابراین فراوانی بالای آن‌ها می‌تواند نشان‌دهنده‌ی شرایط زیست محیطی ضعیف آب باشد (Hall *et al*., 2006). بعد از آن خانواده شیرونومیده بیشترین فراوانی را به خود اختصاص داد که از ماکروبنتوزهای مقاوم به آلودگی می‌باشند، افزایش نسبی ماکروبنتوزهای مقاوم نشانگر اثر فشارهای محیطی بر اکوسیستم رودخانه و در نتیجه تغییر در ترکیب جمعیت کفزیان در جهت مصرف و جبران آشفتگی می‌باشد (Kamali and Esmaeeli Sari., 2009). به طور میانگین بیشترین تنوع و تعداد خانواده مربوط به ایستگاه آبنیک (کد۱) بود (شکل۲). همچنین حضور راسته plecoptera که جزو ماکروبنتوزهای حساس‌اند فقط در این ایستگاه، نشان از پاک بودن ایستگاه ۱ است و با نتایج مطالعه Shirchi و همکاران (۲۰۱۵)، همخوانی دارد. کمترین تنوع هم مربوط به ایستگاه سعیدآباد (کد۱۲) می‌باشد. با توجه به این که ایستگاه ۱۲، بعد از سد لتیان قرار دارد و سد به عنوان یک عامل فیزیکی، اکوسیستم رودخانه را به کلی تغییر داده (Li *et al*., 2013)، باعث کاهش فراوانی و تنوع ماکروبنتوزها در این ایستگاه شده است.

مطابق شکل ۳ در منطقه مورد مطالعه، دمای آب، NH3، هدایت الکتریکی و با درجه اهمیت کمتر نیترات، pH و کلیفرم مدفوعی بر توزیع ماکروبنتوزها اثر معنی‌داری نشان دادند که با نتیجه مطالعات Azrina و همکاران (۲۰۰۶)، Tabatabaie و همکاران (۲۰۰۹)؛ Kumar and Khan (۲۰۱۳)؛ Ofonmbuk و همکاران (۲۰۱۴) و Yazdian و همکاران (۲۰۱۴)، که اعلام کردند تنوع گونه‌ای و فراوانی ماکروبنتوزها به شدت تحت تاثیر پارامترهای محیطی حاکم بر اکوسیستم قرار می‌گیرد مطابقت دارد.

براساس این نمودار، دمای آب و آمونیاک به شدت با ایستگاه قبل از دریاچه (کد۸) ارتباط دارند. خانواده Perlodidae که جزو خانواده‌های حساس هستند در ایستگاه آبنیک (کد۱) بیشترین فراوانی را دارند. pH بیشترین تاثیر را بر خانواده Baetidae دارد. براساس مطالعه Marques و همکاران (۲۰۰۳)،کاهش pH موجب تغییرات شیمیایی بسیاری می‌شود که ماکروبنتوزها به دلیل ساختارهای فیزیولوژیک و رفتاری پاسخ‌های مختلفی می‌دهند (Marques *et al*., 2003). به طور کلی تحمل راسته‌های Trichoptera و Pelecoptera در شرایط اسیدی نسبت به راسته‌های Diptera و Ephemeroptera کمتر است (Berner and Morgan, 1987). هر چه به سمت ایستگاه نجارکلا (کد۹) پیش می‌رویم میزان دمای آب، آمونیاک و هدایت الکتریکی افزایش می‌یابد. افزایش هدایت الکتریکی در ایستگاه ۹ احتمالاً نشان دهنده آلودگی است. مقدار بالای هدایت الکتریکی بر یکپارچگی زیستی جریان‌های آبی اثر می‌گذارد و تراکم ماکروبنتوزهای وابسته به آب‌های باکیفیت را کاهش می‌دهد (Mattsson *et al*., 2007). براساس شکل۳ در ایستگاه آهارشکراب (کد۵) و حاجی‌آباد (کد۷) بیشترین میزان کلیفرم مدفوعی وجود دارد و این دو ایستگاه شرایط تقریباً مشابهی دارند. اما هر چه به سمت ایستگاه‌های آبنیک (کد۱) و تله‌تنگه (کد۴) می‌رویم میزان کلیفرم مدفوعی کاهش می‌یابد. همچنین براساس این شکل نیترات بیشترین تاثیر را بر خانواده Simuliidae دارد. غلظت بالای نیترات و کلیفرم مدفوعی را می‌توان به ورودی فاضلاب مناطق مسکونی و روستاهای اطراف رودخانه (Zaabar *et al*., 2015) در ایستگاه‌های مطالعاتی نسبت داد؛ که مطالعه صورت گرفته توسط Shirchi و همکاران (۲۰۱۵)، دراین حوضه تأییدی بر این مدعاست. شاخص مارگالف، غنای گونه‌ای را نشان می‌دهد. هر قدر کیفیت آب و زیستگاه در محل مورد بررسی بهتر باشد، مقدار این شاخص افزایش می‌یابد. عمدتاً شاخص غنای گونه‌ای یک اکوسیستم گویای وضعیت محیط از لحاظ شرایط مناسب زیست آنها می‌باشد، زیرا شرایط محیطی مطلوب موجب افزایش حضور گونه‌ها می‌گردد (Bagheri tavani and Jamalzadeh, 2014). براساس جدول ۹ بیشترین

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-18]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1395.6.1.3.1]

مقدار شاخص مارگالف مربوط به ایستگاه ۱ و کمترین مقدار این شاخص مربوط به ایستگاه ۸ است که نشانگر افت کیفیت آب در این ایستگاه می‌باشد. یکی دیگر از شاخص‌های مورد بررسی، شاخص EPT/c بود که معمولاً در آب‌های جاری و نهرهایی که شرایط زیستی خوب و محیط غیرآشفته دارند شاهد نسبت معینی در فراوانی این چهار گروه مهم از حشرات آبزی هستیم اما افزایش غیرمتعارف تعداد شیرونومیده نسبت به موجودات گروههای حساس EPT که کاهش مقدار این شاخص را در پی دارد، نشانگر استرس محیطی می‌باشد (Barbour *et al*., 1999). نتایج به دست آمده نشان می‌دهد ایستگاه آبنیک (کد۱) و بعد از آن ایستگاه تله تنگه (کد۴) با بیشترین مقدار این نسبت، کمترین استرس محیطی و ایستگاه فشم شمشک (کد۳) با کمترین این نسبت بیشترین استرس را داشتند. نتایج حاصل از شاخص زیستی TBI کیفیت ایستگاه‌های مطالعاتی را در کلاس‌های کیفی بسیار تمیز، تمیز، نسبتاً تمیز، مشکوک و آلوده طبقه‌بندی کرد که کلاس کیفی بسیار تمیز و تمیز در ایستگاه آبنیک (کد۱) و تله‌تنگه (کد۴) و کلاس آلوده را ایستگاه نجارکلا (کد۹) و برگ‌جهان (کد۱۱) دارا بودند. شاخص مورد بررسی دیگر IBI بود، این شاخص ایستگاه‌های مطالعاتی را در ۴ کلاس خوب تا بسیار ضعیف طبقه‌بندی کرد که کلاس خوب فقط در ایستگاه ۱و۴ مشاهده شد و اکثر ایستگاه‌ها و فصول آلوده و در وضعیت ضعیف قرار داشتند. به طور کلی ایستگاه ۱ از نظر شاخص IRWQIsc در طبقه کیفی نسبتاً خوب قرار دارد و بیشترین مقدار شاخص‌های زیستی مورد بررسی را نیز دارا بود. همچنین حداکثر فراوانی سه گروه حساس EPT نیز در این ایستگاه به دست آمد که این نتیجه با فرضیه‌ای که در بسیاری از منابع علمی مطرح شده و بیان می‌کند؛ رودخانه‌هایی که تحت تاثیر عوامل آلاینده کمتری هستند گونه‌های حساس در آنجا غالبیت دارند و برعکس آن‌هایی که تحت فشار آلودگی بیشتری قرار دارند، تنوع و غنای گونه‌ای کمتر و گونه‌های مقاوم غالب‌اند، مطابقت دارد (Ortize and Puig, 2007; Fries and Bowles, 2002).

براساس جدول ۱۰ شاخص مارگالف در فصل تابستان بیشترین مقدار و در فصل بهارکمترین مقدار را دارد. شاخص EPT/c و IBI در فصل پاییز بیشترین مقدار را شامل می‌شوند که نشان دهنده‌ی بهبود کیفیت آب در این فصل است؛ که علت آن می‌تواند کاهش جمعیت گردشگران در این فصل باشد. زیرا براساس شواهد موجود و پژوهش گذشته، عامل اصلی آلودگی رودخانه در ایستگاه‌های مطالعاتی (به جز ایستگاه ۱)، تخلیه پساب‌های خانگی روستاهای اطراف به داخل رودخانه و فعالیت گردشگران به خصوص در فصل‌های بهار و تابستان در این منطقه می‌باشد (Shirchi *et al*., 2015). همچنین به علت افزایش شدت جریان آب و دبی رودخانه در بهار بیشترین مقدار شاخص IRWQIsc مربوط به این فصل است و کمترین مقدار این شاخص مربوط به تابستان است که نشان دهنده‌ی کیفیت نامطلوب آب در این فصل می‌باشد و دلیل آن می‌تواند کاهش حجم آب رودخانه باشد؛ زیرا کاهش حجم و دبی آب نه تنها خود موجب کاهش کیفیت آب می‌شود بلکه باعث می‌شود تاثیر سایر عوامل آلاینده بر اکوسیستم بیشتر شود.

براساس جدول ۱۱، شاخص‌های مارگالف، TBI و IBI رابطه معنی‌داری با شاخص فیزیکی و شیمیایی $IRWQI_{sc}$ نشان دادند. طبقه‌بندی کیفیت آب منطقه مطالعه شده براساس شاخص زیستی IBI در اکثر ایستگاه‌ها با ارزیابی به روش شاخص TBI مطابقت داشت و این دو شاخص در بیشتر ایستگاه‌ها طبقه کیفی متناسب با طبقه‌بندی کیفی شاخص فیزیکی و شیمیایی را نشان دادند. بنابراین براساس همبستگی شاخص‌های زیستی با شاخص فیزیکی و شیمیایی $IRWQI_{SC}$، شاخص‌های یگانه مارگالف و چندگانه TBI و IBI شاخص‌های مناسب‌تری برای ارزیابی کیفیت منطقه مورد مطالعه هستند. براساس مطالعاتی که توسط محققان زیادی در کشورهای پیشرفته در زمینه شاخص 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, 2012; Nguyen *et al*., 2014; Helson *et al*., 2013). زیرا شاخص‌های یگانه تحت تاثیر تغییرپذیری‌های فصلی و سالانه قرار می‌گیرند؛ اما شاخص‌های چندگانه از آنجا که ترکیبی از متریک‌هایی هستند که هریک توصیف کننده‌ی یکی از اجزای کیفیت اکوسیستم‌اند و باتوجه به ویژگی‌های هیدرولوژیکی و اکولوژیکی منطقه توسعه می‌یابند، ارزیابی دقیق‌تر و مناسب‌تری از یکپارچگی اکوسیستمی رودخانه را فراهم می‌کنند (Lücke and Johnson, 2009; Maloney and Feminella, 2006؛ Shirchi *et al*., 2015). اما به دلیل اینکه در ایران هنوز شاخص بومی برای ارزیابی اکوسیستم‌های آبی تعریف نشده، در جهت رفع این نقص سعی شده در این پژوهش با استفاده همزمان

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-18]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1395.6.1.3.1]

از شاخص‌های یگانه و چندگانه که مناطق ایجاد آن‌ها با منطقه مورد مطالعه شباهت جغرافیایی دارند، ارزیابی دقیق‌تـری از منطقـه مورد مطالعه حاصل شود.

در مطالعه صورت گرفته به دلیل کوهستانی بودن منطقه و مشکل دفع فاضلاب، کلیه پساب‌ها و فاضلاب‌های روستاهای مسیر به رودخانه جاجرود وارد می‌شود. شاخص‌ها، وضعیت کیفیت آب برای ایستگاهای آبنیک و تا حدودی تله‌تنگه را به دلیل سرشاخه بودن و دور بودن از کاربری‌های انسانی مناسب؛ اما وضعیت سایر ایستگاه‌ها را نامطلوب ارزیابی کردند. در مجموع استفاده از ساختار جمعیت ماکروبنتوزها و تحلیل داده‌های مربوط به آن‌ها که از لحاظ اقتصادی بسیار مقرون به صرفه است، ارزیابی دقیق و سریعی از کیفیت رودخانه به خصوص زمانی که تحت تاثیر استرس‌های محیطی قرار دارد فراهم می‌کند. لازم است این گونه مطالعات در سطح وسیع‌تر و با بررسی تاثیر سایر عوامل محیطی انجام شود تا به ادامه آلودگی رودخانه و وضعیت خودپالایی آن پی‌برده و براساس توان خودپالایی، مدیریتی کارآمد در جهت بهبود کیفیت آب این رودخانه حفاظت شده که از مهمترین منابع تامین آب شرب بخشی از تهران است، اعمال شود.

منابـع

Aazami, J. 2015. Feasibility of Fish and Macroinvertebrate Indices in Ecological Integrity Assessment of Tajan River and Relation to Habitat Parameters. PhD thesis. Faculty of Natural Resources. Tarbiat Modares University. 80 p. (in Persian).

APHA, A. WEF .1999. Standard methods for the examination of water and wastewater. Washington, DC.

Azrina, M.Z., Yap, C.K., Ismail, A.R., Ismail, A., Tan, S.G. 2006. Anthropogenic impacts on the distribution and biodiversity of benthic macroinvertebrates and water quality of the Langat River, Peninsular Malaysia. Ecotoxicology and Environmental Safety. 64(3): 337-347.

Bagheri Tavani, M., Jamalzadeh, H. 2014. Evaluation of ecological and macro benthos Shirud River deltaic area leading to the Caspian Sea. Journal of Marine Biology. 6(23): 81-96. (in Persian).

Barbour, M.T., Gerritsen, J., Snyder, B.D., Stribling, J.B. 1999. Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers. USEPA, Washington.

Berner, S., Morgan, J. 1987. Aquatic Chimistry. Wiley-Interscience.

Blanchet, H., Lavesque, N., Ruellet, T., Dauvin, J.C., Sauriau, P.G., Desroy, N., 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. 8(4): 360-372.

Cheimonopoulou, M.T., Bobori, D.C., Theocharopoulos, I., Lazaridou, M. 2011. Assessing ecological water quality with macroinvertebrates and fish: a case study from a small Mediterranean river. Environmental Management. 47(2): 279-290.

Couceiro, S.R.M., Hamada, N., Forsberg, B.R., Pimentel, T.P., 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.

Fries, L.T., Bowles, D.E. 2002. Water quality and macroinvertebrate community structure associated with a sportfish hatchery outfall. North American Journal of Aquaculture. 64(4): 257-266.

Hall Jr, L.W., Killen, W.D., Anderson, R.D.2006. Characterization of benthic communities and physical habitat in the Stanislaus, Tuolumne, and Merced Rivers. California. Environmental Monitoring and Assessment. 115(1-3): 223-264.

Hartmann, A. 2007. Field key for selected benthic invertebrates from the HKN region. Draft version February 2007. http://www.assess-hkh.at/downloads/Field_Key_HKH_draft.pdf. Accessed on January 2012.

Hashemi, S.H., Pourasghar, F., Nasrabadi, T., Ramezani, S., Khoshrou, Gh. 2011. Guide to Iran Water Quality Index for Surface Water Resources-Conventional Parameters. Research Project. Institute of Environmental Science, Shahid Beheshti University. 117 p. (in Persian).

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-18]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1395.6.1.3.1]

Heino, J. 2000. Lentic macroinvertebrate assemblage structure along gradients in spatial heterogeneity, habitat size and water chemistry. Hydrobiologia. 418(1): 229-242.
Helson, J.E., 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.
Huggins, D.G., Moffett, M.F. 1988. Proposed biotic and habitat indices for use in Kansas streams. Lawrence: Report No. 35, Kansas Biological Survey.
Kamali, M., Esmaeeli Sari, A. 2009. Biological assessment of Lasem River (Amol city, Mazandaran province) by using benthic macroinvertebrate population structure. Journal of Environmental Sciences, Lahijan Unit. 3 (1): 51-61. (in Persian).
Kumar, P.S., Khan, A.B. 2013. The distribution and diversity of benthic macroinvertebrate fauna in Pondicherry mangroves, India. Aquatic Biosystems. 9(1): 15.
Li, J., Dong, S., Peng, M., Yang, Z., Liu, S., Li, X., Zhao, C. 2013. Effects of damming on the biological integrity of fish assemblages in the middle Lancang-Mekong River basin. Ecological Indicators. 34: 94-102.
Lücke, J.D., 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.
Maloney, K.O., 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.
Mandaville, S.M. 2002. Benthic macroinvertebrates in freshwaters: Taxa tolerance values, metrics, and protocols (Vol. 128, p. 315). Halifax, Canada: Soil & Water Conservation Society of Metro Halifax.
Margalef, D. R. 1958. Information theory in ecology. Society for General Systems Research.
Marqués, M.J., Martínez-Conde, E., Rovira, J.V. 2003. Effects of zinc and lead mining on the benthic macroinvertebrates of a fluvial ecosystem. Water, Air and Soil Pollution. 148(1-4): 363-388.
Mattsson, B.J., Kominoski, J.S., Rashleigh, B., Eggert, S. 2007. Using Long-Term Chemical and Biological Indicators to Assess Stream Health in the Upper Oconee River Watershed. Proceedings of the 2007 Georgia Water Resources Conference, held at the University of Georgia.
Merz, J.E., Chan, O., Leigh, K. 2005. Effects of gravel augmentation on macroinvertebrate assemblages in a regulated California river. River Research and Applications. 21(1): 61-74.
Metcalfe, J.L. 1989. Biological water quality assessment of running waters based on macroinvertebrate communities: history and present status in Europe. Environmental Pollution. 60(1): 101-139.
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.
Ofonmbuk, O.I., Ekpo, I.E., Esau, E.F. 2014. Physico-Chemical Parameters and Macro-Benthos of Ediene Stream, Akwa Ibom State, Nigeria. American Journal of Biology and Life Sciences. 2(5): 112.
Ortiz, J.D., Puig, M.A. 2007. Point source effects on density, biomass and diversity of benthic macroinvertebrates in a Mediterranean stream. River Research and Applications. 23(2): 155-170.
Quigley, M. 1977. Invertebrates of streams and rivers. London: Edward Arnold.
Rey, A.B. 2009. Consulting Engineers. Report of upgrade study of pollution resources in the Basin of Jajrood River. 2end Volume: Consolidated- Revised. (in Persian).
Schultz, R., Dibble, E. 2012. Effects of invasive macrophytes on freshwater fish and macroinvertebrate communities: the role of invasive plant traits. Hydrobiologia. 684(1):1-14.
Sharbati, S., Akrami, R., Yelghi, S., Mirdar, J., Ahmadi, Z. 2013. Identification, abundance and biomass of benthic communities in south east coasts of the Caspian Sea (Golestan Province). Iranian Scientific Fisheries Journal. 21(4): 23-31. (in Persian).
Sharma, S., Moog, O. 1996. The use of Biotic index and score methods in biological water quality assessment of the Nepalese rivers; Proceedings of the Ecohydrology Conference held in ICIMOD. pp. 1-28.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-18]
[DOR: 20.1001.1.23222751.1395.6.1.3.1]

Shirchi, Z., Abdoli, A., 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): 83-93. (in Persian).

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.

Smith, G.R., Vaala, D.A., Dingfelder, H.A. 2003. Distribution and abundance of macroinvertebrates within two temporary ponds. Hydrobiologia. 497(1-3): 161-167.

Tabatabaie, T., Amiri, F., Nabavi, M.B., Fazeli, M.S., Afkhami, M. 2009. Study on the effect of sewage pollutant of Bandar Imam Petrochemical Company on benthic macrofauna community Mossa creek using biodiversity indices and bioindicators. Asian Journal of Biotechnology. 1(1): 20-28.

Varga, I. 2003. Structure and changes of macroinvertebrate community colonizing decomposing rhizome litter of common reed at Lake Fertő/Neusiedler See (Hungary). Hydrobiologia. 506(1-3): 413-420.

Yazdian, H., Jaafarzadeh, N., Zahraie, B. 2014. Relationship between benthic macroinvertebrate bio-indices and physicochemical parameters of water: a tool for water resources managers. Journal of Environmental Health Science and Engineering. 12(1): 1-9.

Zaabar, W., Zakhama-Sraieb, R., Charfi-Cheikhrouha, F., Achouri, M.S. 2015. Abundance and diversity of amphipods (Crustacea: Peracarida) on shallow algae and seagrass in lagoonal ecosystem of the Mediterranean Tunisian coast. Zoological Studies. 54(1): 1-11.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-18]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1395.6.1.3.1]