ارزیابی کیفیت آب رودخانه تجن با استفاده از شاخص‌های کیفی و زیستی

عیسی ابراهیمی[1*]، پژمان فتحی[1]، فاطمه قدرتی[1]، مهدی نادری[2]، احمدرضا پیرعلی[1]

[*] e_ebrahimi@cc.iut.ac.ir

۱-گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران
۲-موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، پژوهشکده اکولوژی آبزیان دریای خزر، ساری، ایران

تاریخ دریافت: اردیبهشت ۱۳۹۶ تاریخ پذیرش: آذر ۱۳۹۶

چکیده

افزایش جمعیت، توسعه صنایع، تغییر اقلیم و آلاینده‌های محیط زیستی باعث کاهش کیفیت منابع آب در دسترس گردیده است. امروزه، محدودیت منابع آب شیرین و حفظ کیفیت آنها بزرگترین چالش فرا روی مدیریت منابع آب است. به منظور بررسی کیفیت آب رودخانه تجن با استفاده از شاخص‌های NSFWQI، BMWP، ASPT و هلسینهوف، تعداد ۴ ایستگاه نمونه برداری در امتداد مسیر رودخانه انتخاب و بصورت ماهانه با تناوب ۳ تکرار در هر ایستگاه از اردیبهشت ۱۳۹۰ تا فروردین ۱۳۹۱ نمونه‌برداری در آنها انجام شد و شاخص‌های فوق براساس داده‌های حاصل محاسبه گردید. شاخص NSFWQI کیفیت آب رودخانه را در طبقه فقیر، شاخص BMWP کیفیت آب رودخانه را در دو طبقه متوسط (ایستگاه‌های ۲، ۱ و ۳) و فقیر (ایستگاه ۴)، شاخص ASPT کیفیت آب رودخانه را در دو طبقه مشکوک به آلودگی و آلودگی متوسط و شاخص هیلسنهوف کیفیت آب رودخانه را در دو طبقه کیفی نسبتا ضعیف و ضعیف قرار داد. بر اساس نتایج حاصل از این مطالعه، کیفیت آب رودخانه تجن در طبقه کیفی متوسط تا خیلی بد قرار گرفت.

کلمات کلیدی: بزرگ بی‌مهرگان کفزی، رودخانه تجن، کیفیت آب، BMWP، ASPT

* نویسنده مسئول

مقدمه

شناخت کمیت و کیفیت منابع آلاینده، تعیین وضعیت کیفی و ارایه مدل مناسب جهت بررسی تغییرات مکانی و زمانی آلاینده‌ها از مهمترین مولفه‌های مطالعات کیفی آب می‌باشند (رهبری و همکاران، ۱۳۸۵). آب‌های سطحی پتانسیل زیادی برای آلوده شدن دارند. این آب‌ها از دیر باز به طور جدی از سوی جوامع شهری و مراکز صنعتی مورد تهدید واقع شده‌اند (افیونی و عرفان منش، ۱۳۹۱). افزایش مصرف آب، کاهش ذخایر آب‌های طبیعی، آلودگی‌های محیط زیستی و افزایش نیاز آبی فعالیت‌های انسانی باعث شده تا ارزیابی کیفیت منابع آب از موضوعات مهم در سال‌های اخیر محسوب گردد (خلجی و همکاران، ۱۳۹۵). تعیین خصوصیات کیفی آب‌های جاری با استفاده از مطالعات هیدروبیولوژیک امکان‌پذیر است. این مطالعات بطور کلی در سه بخش مطالعات فیزیکوشیمیایی، باکتریولوژی و زیستی انجام می‌گیرد. در این میان مطالعات زیستی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است چرا که می‌تواند به کمک سایر مطالعات، قضاوتی منطقی و معقول از یک اکوسیستم را ارائه نماید (احمدی و نفیسی، ۱۳۸۰). اجتماعات کفزیان وضعیت عمومی محیط‌های آبی را در یک دوره طولانی از زمان منعکس و معرفی نموده و لذا از جمله شاخص‌های مناسب جهت ارزیابی اکوسیستم‌های آبی است (ابراهیمی و همکاران، ۱۳۸۳). از سوی دیگر تغییر پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب نیز می‌تواند بر جوامع کفزی اثرگذار باشد، بطوریکه تجاوز این پارامترها از حد معین می‌تواند محدود کننده حیات برخی از کفزیان باشد (James & Joel, 2003). از جمله شاخص‌های کیفیت آب می‌توان به شاخص کیفیت آب سازمان بهداشت ملی امریکا NSFWQI (National Sanitation Foundation Water Quality Index) اشاره کرد. این شاخص یکی از ساده ترین و پر کاربردترین روش‌ها برای ارزیابی کیفیت آب می‌باشد که با استفاده از ۹ پارامتر کیفی آب محاسبه می‌شود (Landwehr & Deininger, 1976).

شاخص‌های زیستی، عبارت‌های عددی هستند که مقادیر کمی تنوع گونه‌ای را با اطلاعات کیفی در مورد حساسیت‌های اکولوژیکی هر تاکسون در بین دیگران ترکیب می‌کنند (Czerniawska-Kusza, 2005). برای طبقه بندی شدت آلودگی با توجه به میزان تحمل گونه-های شاخص نسبت به مواد آلاینده یک نمره (امتیاز) به آن‌ها تعلق می‌گیرد. متداول‌ترین شاخص زیستی BMWP (Biological Monitoring Working Party) است که اولین بار در سال ۱۹۷۸ توسط کارگروه پایش بیولوژیک اداره محیط زیست انگلستان پیشنهاد شد(Wally & Hawkws, 1997). میانگین امتیاز به ازاء هر تاکسون ASPT (Average Score Per Taxon) نیز از شاخص-های زیستی پرکاربرد است که در سال ۱۹۸۳ توسط آرمیتاژ و همکاران پیشنهاد گردید (Armitage *et al.*, 1983) و به عنوان شاخص قابل اعتمادتری در مورد ارزیابی کیفیت آب رودخانه‌ها نسبت به مجموع امتیاز BMWP مورد پذیرش قرار گرفت (Czerniawska-Kusza, 2005).

شاخص زیستی هیلسینهوف HFBI (Hilsenhoff Biological Family Index) از بهترین و کم هزینه-ترین روش‌هایی است که امروزه در آمریکا و اروپا رایج می‌باشد (Huang *et al.*, 1982). این شاخص ضمن نشان دادن آلودگی‌های ناشی از مواد مغذی با استفاده از میزان مقاومت هر تاکسون نسبت به آلودگی، یک ارزیابی از تغییرات کیفیت آب برای هر ایستگاه را فراهم می‌کند (Hilsenhoff, 1988). Sanchez و همکاران (۲۰۰۶) از شاخص کیفیت آب و کمبود اکسیژن محلول به عنوان شاخص ساده‌ای برای ارزیابی آلودگی آب استفاده کردند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که شاخص کیفیت آب برای طبقه‌بندی پایش آب مفید بوده و یک رابطه خطی بین شاخص کیفیت آب و کمبود اکسیژن محلول وجود دارد (Sanchez *et al.*, 2006). شاخص‌های زیستی و تنوع جوامع بی‌مهرگان بزرگ در رودخانه راولا در شمال ایتالیا بررسی و نشان دا ه شد که ارزیابی این شاخص‌ها روشی بسیار ساده و مؤثر برای توصیف تنوع گونه‌ها در ایستگاه-های مختلف و مقایسه محیط‌های آلوده و غیر آلوده است (Ravera, 2001). بررسی شاخص‌های زیستی و فاکتورهای محیطی، اثر فعالیت‌های انسانی روی زیستگاه های رودخانه‌ای را نشان داد و ثابت کرد که افزایش فعالیت‌های انسانی سبب ایجاد تغییرات مکانی و زمانی زیستگاه‌های موجود در رودخانه شده و ایجاد تغییر در تنوع و فراوانی موجودات کفزی رودخانه‌ها را بدنبال دارد (Wang *et al.*, 2006).

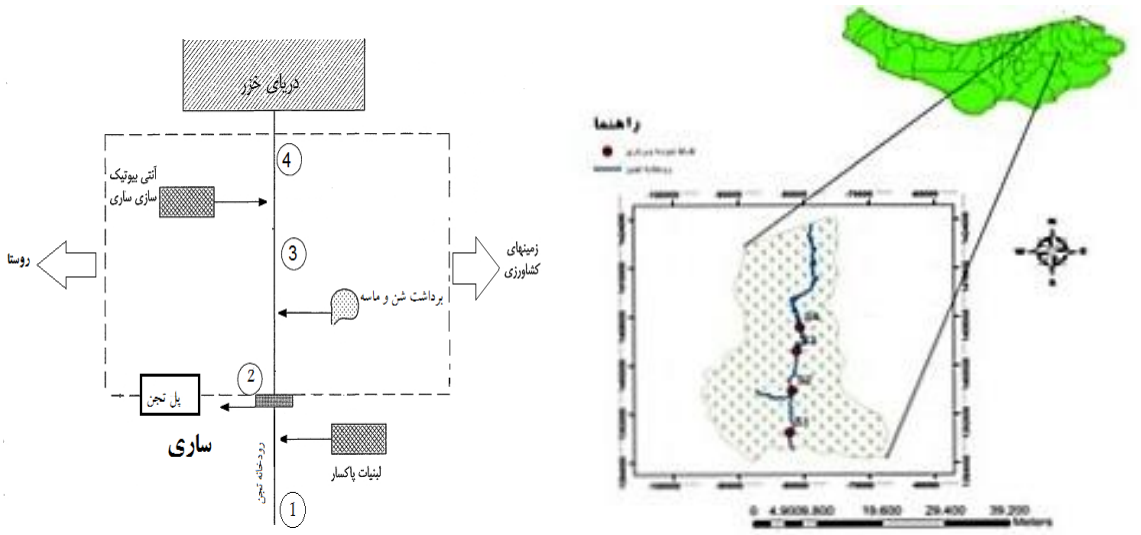
مطالعات انجام شده روی رودخانه تجن ضمن تقسیم جمعیت بزرگ بی‌مهرگان کفزی به ۶ گروه تغذیه‌ای شامل جمع‌کننده (Collector-gathering)، فیلترکننده (Collector-filtering)، شکارچی (Predator)، خراش‌دهنده/جمع‌کننده (Collector-

gathering/Scraper)، شکارچی/جمع‌کننده (Collector-gathering/Predator) و خراش‌دهنده (Scraper) نشان داد که رودخانه تجن از ناحیه بالادست به سمت ناحیه پایین دست آلوده‌تر شده و اثر عوامل استرس‌زا (پساب زمین‌های کشاورزی، مزارع آبزی‌پروری، آلودگی ناشی از اکوتوریسم و تفرج) به قدری بوده که در یک محدوده مکانی معین باعث تغییر در جوامع ماکروبنتوز و ساختار جمعیتی آن‌ها شده است. در این بررسی لارو حشرات آبزی، گروه غالب فون کفزیان رودخانه تجن را تشکیل داده بودند (شریفی‌نیا و همکاران، ۱۳۹۱). نتایج مشابه از رودخانه چافرود (قانع ساسان سرایی، ۱۳۸۲) و رودخانه لاسم نیز (کمالی و اسماعیلی، ۱۳۸۸) گزارش شده‌اند. این مطالعه با هدف ارزیابی کیفی آب رودخانه تجن و طبقه‌بندی آن با استفاده از شاخص کیفی NSFWQI و شاخص‌های زیستی BMWP، ASPT و هلسینهوف طراحی و اجرا گردید.

مواد و روش‌کار

معرفی منطقه: رودخانه تجن از کوه‌های هزار جریب در رشته کوه البرز سرچشمه گرفته و پس از طی مسافتی در حدود ۱۲۰ کیلومتر به دریای خزر می‌ریزد. حوضه آبریز این رودخانه در فاصله ۳۶ درجه و ۹ دقیقه و ۱۷ ثانیه تا ۳۶ درجه و ۲۹ دقیقه و ۴۹ ثانیه عرض شمالی و ۵۳ درجه و ۴ دقیقه و ۵۷ ثانیه تا ۵۳ درجه و ۱۸ دقیقه و ۲۶ ثانیه طول شرقی قرار دارد. سرشاخه‌های رودخانه تجن را سفید رود، گرم رود، شیرین رود و زارم رود تشکیل می‌دهند (شریفی‌نیا و همکاران، ۱۳۹۱).

نمونه‌برداری: نمونه‌برداری از آب در ۴ مرحله و به صورت فصلی (در میانه هر فصل) در هر ایستگاه با ۳ تکرار در ناحیه‌ای که اختلاط آب بطور کامل انجام می‌شد، صورت گرفت. نمونه‌برداری از بزرگ بی‌مهرگان کفزی رودخانه در ۱۲ مرحله با تناوب ۳۰ روز یکبار (از اردیبهشت ۱۳۹۰ تا فروردین ۱۳۹۱) با استفاده از نمونه‌بردار سوربر (ابعاد ۳۴×۳۴ سانتی متر و توری با چشمه ۳۰۰ میکرون) به تعداد ۳ تکرار در امتداد پروفیل عرضی عمود بر ساحل رودخانه در کناره‌ها و قسمت وسط رودخانه انجام شد. نمونه‌های کفزی جمع‌آوری شده پس از جداسازی مواد ناخواسته از روی الک استاندارد با چشمه ۶۰ میکرون، داخل ظروف مخصوص با فرمالین ۴% تثبیت و به آزمایشگاه منتقل شدند. موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری بر روی شکل شماره ۱ و مختصات جغرافیایی ایستگاه ها در جدول ۱ آورده شده است.



شکل ۱: موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری در رودخانه تجن سال ۱۳۹۰

Figure 1: Location of sampling stations in Tajan River 2011

جدول ۱: مختصات جغرافیایی ایستگاه های نمونه برداری در رودخانه تجن سال ۱۳۹۰
Table 1: Geographical coordinates of sampling stations in Tajan River 2011

نام ایستگاه	موقعیت جغرافیایی (UTM)	نوع بستر	توضیحات
۱- خارج از شهر	X=۶۸۶۵۹۴ Y=۴۱۴۹۸۱۸	سنگلاخی	خارج از شهر، محیط نسبتاً طبیعی
۲- پل تجن	X=۸۶۶۷۱۲ Y=۴۰۴۸۷۸۴	سنگلاخی	در معرض فاضلاب‌های شهری و کارخانه های لبنی
۳- اردشیر محله	X=۶۸۷۲۲۱ Y=۴۰۵۵۳۱۹	سنگلاخی	تحت تاثیر کارخانه شن و ماسه، پساب‌های روستایی و کشاورزی
۴- ماه فروز محله	X=۶۸۷۶۲۸ Y=۴۰۵۹۴۹۳	شنی-ماسه ای	تحت تاثیر پساب‌های خانگی، کشاورزی و صنعتی

شناسایی نمونه‌های بزرگ بی‌مهرگان کفزی: پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه و شستشو جهت جدا سازی مواد اضافی، نمونه ها با استفاده از لوپ و در صورت لزوم میکروسکوپ و به وسیله کلیدهای شناسایی در دسترس (خاتمی،۱۳۸۳; محبوبی و نادری، ۱۳۷۹; احمدی و نفیسی ۱۳۸۰; Elliott *et al*., 1988; Jessup *et al*., 1999; Pescador *et al*., 2004) در حد خانواده شناسایی و تعداد آن‌ها شمارش شد.

اندازه‌گیری فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی آب: پارامترهای فیزیکو شیمیایی آب شامل دما، اکسیژن محلول، pH، EC و کدورت در محل ایستگاه و با استفاده از دستگاه‌های پرتابل اندازه گیری شد. دما با استفاده از دماسنج جیوه‌ای با دقت ۰/۱ درجه سانتیگراد و اکسیژن محلول با اکسیژن متر مدل WTW-OXI 196 ساخت آلمان اندازه‌گیری شد. pH و EC به ترتیب با استفاده از دستگاه‌های pH متر دیجیتال SCHOTTGERATE ساخت آلمان و EC متر دیجیتال مدل CORNING، CIBA ساخت آمریکا و کدورت سنج مدل DRT-15CE اندازه‌گیری شد. BOD5 و COD به ترتیب به روش اکسیژن باقی مانده پس از ۵ روز به وسیله دستگاه اکسیژن سنج و هضم به روش تقطیر برگشتی بسته و سپس رنگ‌سنجی اندازه گیری شد. یون نیترات به روش کالریمتری و با طیف نورسنجی بوسیله دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد، TDS به روش صاف کردن و با استفاده از دستگاه آون الکتریکی و فسفات محلول به روش رنگ‌سنجی با استفاده از اسپکتروفتومتر مدل JENWAY 6400 اندازه‌گیری شد. کلیفرم مدفوعی نیز به روش MPN ۹ لوله‌ای با ضریب رقت ۱ به ۱۰۰ توسط آزمایشگاه آب و فاضلاب قائمشهر اندازه گیری شد (APHA, 1992).

شاخص های مورد بررسی

شاخص ASPT و BMWP: همه کفزیان جمع‌آوری شده در سطح خانواده (و کم‌تاران در سطح رده) شناسایی شدند. بر اساس امتیازات در نظر گرفته شده برای هر خانواده در سیستم امتیازی BMWP اصلاح شده ۱۹۹۶ و ۱۹۹۷ به هر خانواده یک امتیاز عددی نسبت داده شد (Wally & Hawkes, 1997). در نهایت نمرات خانواده-های موجود در نمونه با هم جمع شد تا امتیاز BMWP آن ایستگاه بدست آید. محاسبه شاخص ASPT از رابطه ۱ و طبقه کیفی آب با استفاده از جداول ۲ و ۳ مشخص گردید.

رابطه (۱)

ASPT = BMWP/تعداد تاکسون موجود در نمونه

جدول ۲: طبقه بندی کیفیت آب بر اساس شاخص BMWP (Hawkes, 1997)
Table 2: Water quality classification based on the BMWP index (Hawkes, 1997)

کیفیت آب	طبقه کیفی	امتیاز کلی شاخص
آلودگی شدید	خیلی بد	۰-۱۰
آلوده یا تحت تأثیر قرار گرفته	بد	۱۱-۴۰
به صورت متوسط تحت تأثیر قرار گرفته	متوسط	۴۱-۷۰
تمیز ولی کمی تحت تأثیر قرار گرفته	خوب	۷۱–۱۰۰

جدول ۳: طبقه بندی کیفیت آب بر اساس شاخص ASPT (Armitage *et al.*, 1983)

Table 3: Water quality classification based on the ASPT index (Armitage et al., 1983)

کیفیت آب	ASPT
آب تمیز	بیشتر از ۶
آب های با کیفیت مشکوک به آلودگی	۶-۵
آب های با احتمال آلودگی متوسط	۵-۴
آب های با آلودگی شدید	کمتر از ۴

شاخص هلسینهوف

شاخص هلسینهوف با استفاده از رابطه ۲ برآورد شد و جهت ارزیابی کیفیت آب مقادیر حاصل با داده‌های جدول ۴ مقایسه گردید (Hilsenhoff, 1988).

رابطه (۲)

$$HFBI = \sum Vt \times n / N$$

N: تعداد کل نمونه در تمام خانواده‌ها

n: تعداد کل نمونه‌ها در هر خانواده

Vt: ارزش تحمل هر خانواده

جدول ۴: طبقه بندی کیفی آب براساس شاخص هیلسینهوف (Hilsenhoff, 1988)

Table 4: Water quality classification based on Hilsenhoff index (Hilsenhoff, 1988)

درجه آلودگی به مواد آلی	کیفیت آب	HFBI
بدون آلودگی	عالی	۳/۷۵-۰/۰۰
آلودگی بسیار ناچیز	خیلی خوب	۳/۷۶-۴/۲۵
آلودگی کم	خوب	۴/۲۶-۵/۰۰
آلودگی متوسط	متوسط	۵/۱-۵/۷۵
آلودگی زیاد	ضعیف	۵/۷۶-۶/۵۰
آلودگی خیلی زیاد	بد	۶/۵۱-۷/۲۵
آلودگی آلی بسیار شدید	خیلی بد	۷/۲۶-۱۰/۰۰

شاخص NSFWQI

با استفاده از پارامترهای کیفی اندازه گیری شده شامل pH، BOD5، COD، نیترات، فسفات، تغییرات دما، کدورت، مواد جامد محلول و کلیفرم مدفوعی شاخص کیفیت NSFWQI در ایستگاه‌های مختلف در هر فصل با استفاده از رابطه ۳ محاسبه و طبقه کیفی آب با استفاده از جدول ۵ مشخص گردید.

رابطه (۳)

$$NSFWQI = \sum_{i=1}^{n} WiQi$$

Q_i: زیر شاخص هر پارامتر

W_i: فاکتور وزنی هر پارامتر

جدول ۵: گروه بندی امتیاز کلی شاخص NSFWQI (Landwehr & Deininger, 1976)

Table 5: The overall ranking of the NSFWQI Index (Landwehr & Deininger, 1976)

ویژگی کیفی آب	مقدار عددی شاخص
بسیار بد	۰-۲۵
بد	۲۶-۵۰
متوسط	۵۱-۷۰
خوب	۷۱-۹۰
عالی	۹۱-۱۰۰

آنالیز آماری: تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS18 انجام شد (Zar, 1999). ابتدا نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کلموگروف- اسمیرنف (Kolmogorov–Smirnov) و یکنواختی واریانس‌ها با

استفاده از آزمون لون (Leven test) بررسی شد. به منظور بررسی اختلاف بین ایستگاه‌ها و مراحل مختلف نمونه‌برداری از آزمون تجزیه واریانس یکطرفه (ANOVA) استفاده شد. در ادامه از آزمون مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن در سطح اطمینان ۹۵% استفاده گردید. با توجه به نرمال بودن توزیع داده‌ها، به منظور بررسی همبستگی بین شاخص‌های کیفی آب با پارامترهای کیفی آب از ضریب همبستگی پیرسون (Pearson) استفاده گردید (Kotani *et al.*, 2005). در نهایت به منظور بررسی روند تغییرات مکانی و زمانی داده‌ها و دستیابی به یک دید کلی در مورد تغییرات آن‌ها در رودخانه تجن، نمودارهای باکس-ویسکر پلات (Box and Whisker plot) با استفاده از نرم‌افزار Statgraphics ترسیم گردید.

نتایج

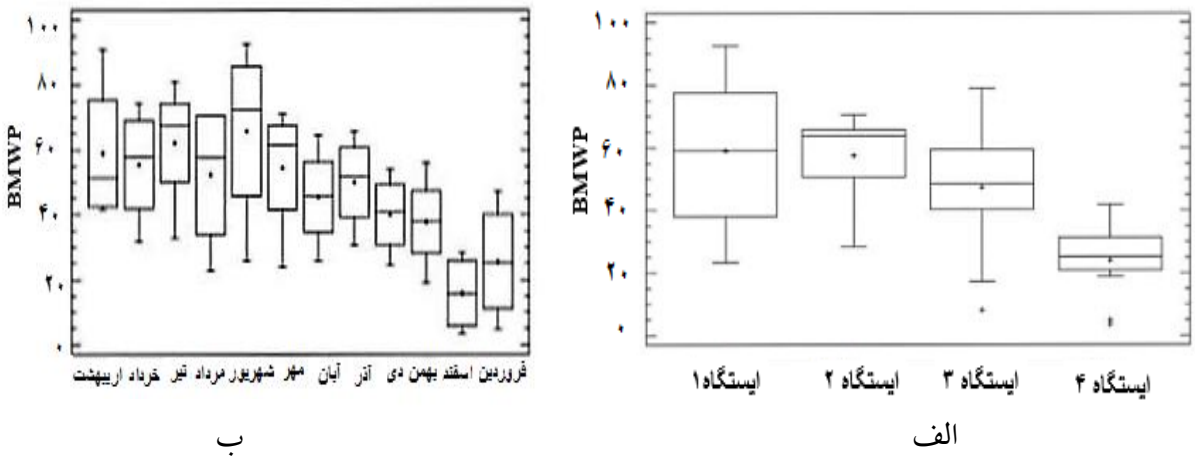
براساس نتایج حاصل از این تحقیق، در مجموع ۹ خانواده از بزرگ بی‌مهرگان کفزی متعلق به ۷ راسته و ۳ رده در رودخانه تجن شناسایی شدند. نمونه‌های شناسایی شده به همراه حضور آنها در ایستگاه‌های مختلف در جدول ۶ گزارش شده اند.

جدول ۶: فهرست بزرگ بی‌مهرگان کفزی شناسایی شده در ایستگاه های چهارگانه رودخانه تجن سال ۱۳۹۰

Table 6: List of Macroinvertebrates identified in four stations of Tajan River in 2011

رده	راسته	خانواده	۱	۲	۳	۴
Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	+	+	+	+
		Caenidae	+	+	+	+
	Plecoptera	Nemouridae	+	+	+	+
	Trichoptera	Hydropsychidae	+	+	+	+
	Diptera	Chironomidae	+	+	+	+
Gastropoda	Pulmonata	Physidae	+	+	+	+
	Porosobranchiata	Valvatidae	+	+	+	
Oligochaeta	Tubificida	Tubificidae	+	+	+	+
		Naididae		+	+	+

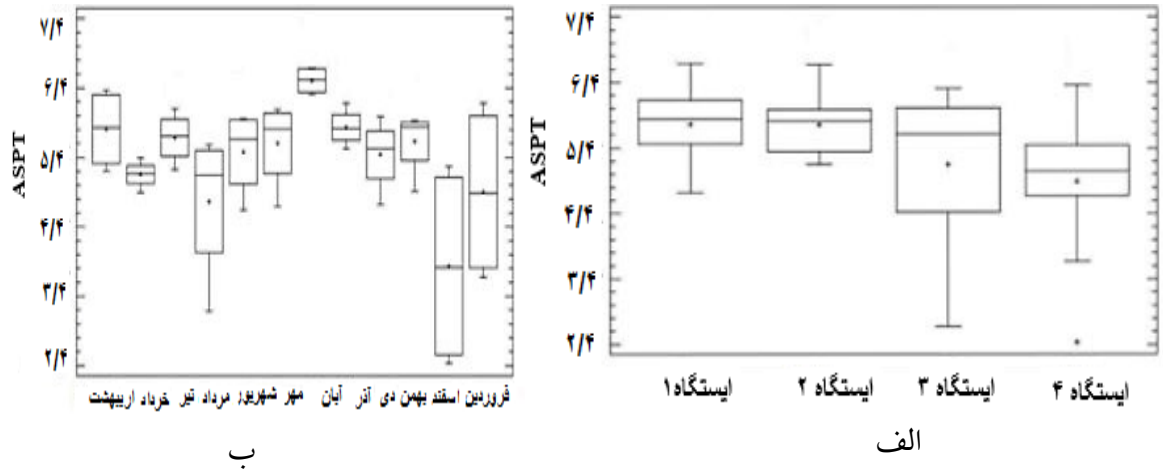
تغییرات شاخص BMWP در ایستگاه‌ها و زمان‌های مختلف نمونه‌برداری در شکل ۲ نشان داده شده است. همان گونه که مشاهده می‌شود، مقایسه میانگین‌ها اختلاف معنی داری (p=۰/۴۰۲) را در مقادیر این شاخص بین ایستگاه‌های مختلف نشان نداد. بیشترین و کمترین مقادیر این شاخص که در حقیقت نشان دهنده تعداد خانواده‌های کفزیان شناسایی شده است به ترتیب در ایستگاه های ۱ و ۴ مشاهده شدند.



شکل ۲: تغییرات شاخص BMWP در ایستگاه‌ها (الف) و زمانهای (ب) نمونه برداری در رودخانه تجن سال ۱۳۹۰

Figure 2: Changes in the BMWP index at stations (A) and sampling times (b) in Tajan River 2011

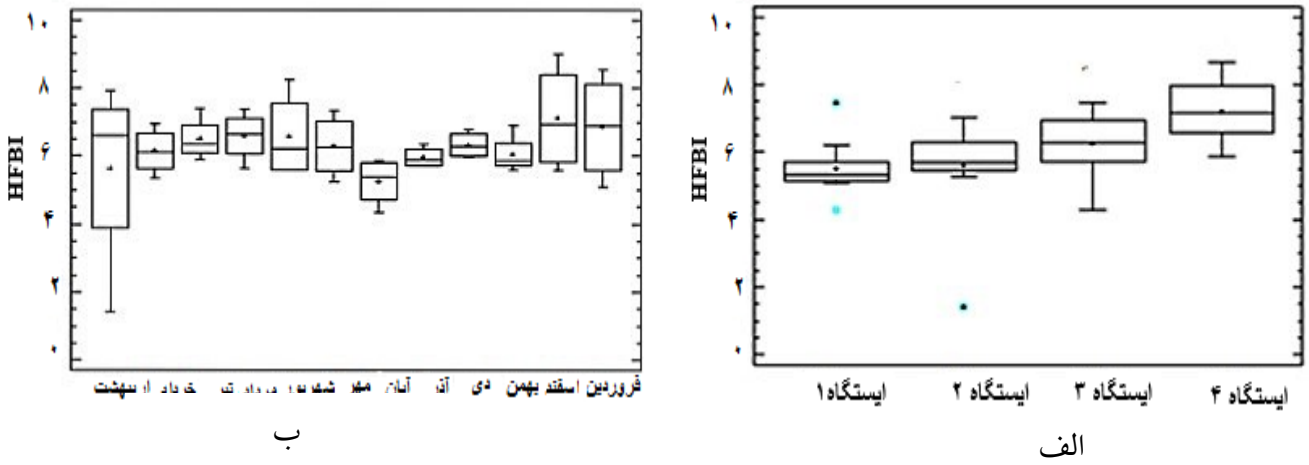
همچنین بین مراحل مختلف نمونه برداری نیز تفاوت معنی‌داری (p=۰/۴۶۵) مشاهده نشد (شکل ۲-ب). در این نمودار کاهش تعداد خانواده‌های بزرگ بی‌مهرگان کفزی در ماه‌های سرد سال مشاهده شد. روند تغییرات شاخص ASPT در ایستگاه‌های نمونه‌برداری در شکل (۳ الف) نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود، اختلاف معنی داری (p<۰/۰۵) در میزان میانگین شاخص ASPT بین ایستگاه‌های مورد مطالعه وجود دارد. بیشترین میزان این شاخص در ایستگاه های ۱ و ۲ و کمترین آن در ایستگاه ۴ برآورد شد.



شکل ۳: تغییرات شاخص ASPT در ایستگاه‌ها (الف) و زمان‌های (ب) نمونه برداری در رودخانه تجن سال ۱۳۹۰

Figure 3: The changes of the ASPT index in stations (A) and sampling times (b) in the Tajan River in 2011

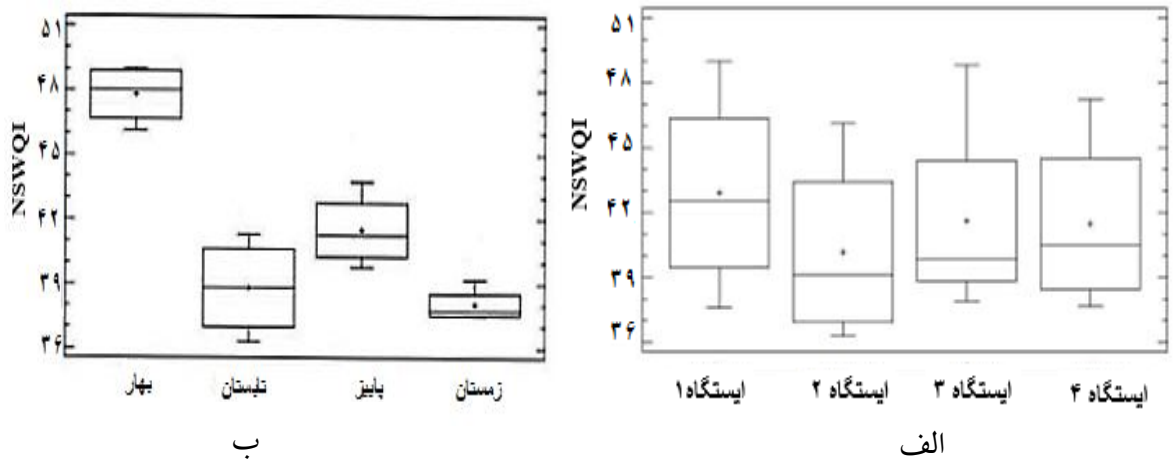
تغییرات شاخص ASPT در زمان‌های نمونه برداری شکل (۳ ب) نشان دهنده اختلاف معنی دار ($p<۰/۰۵$) بین زمان‌های نمونه‌برداری است. براساس نتایج حاصل بیشترین میزان این شاخص در ماه آبان و کمترین آن در ماه اسفند محاسبه شد. تغییرات شاخص زیستی هیلسینهوف در ایستگاه‌ها و زمان‌های نمونه‌برداری در شکل ۴ نشان داده شده است. همانگونه که مشاهده می‌شود بین ایستگاه‌ها (۴ الف) تفاوت معنی‌دار ($p<۰/۰۰۱$) وجود دارد. میانگین کمترین مقدار این شاخص در ایستگاه ۱ و بیشترین آن در ایستگاه ۴ ثبت شده است.



شکل ۴: تغییرات شاخص HFBI در ایستگاه‌ها (الف) و زمان‌های (ب) نمونه‌برداری در رودخانه تجن سال ۱۳۹۰

Figure 4: Changes in the HFBI index in stations (a) and sampling times (b) in Tajan River 2011

تغییرات این شاخص در طی ماه‌های نمونه‌برداری درشکل (۴ ب) نشان داده شده است. مقادیر این شاخص مانند شاخص BMWP از نظرآماری تفاوت معنی‌داری را بین ماه‌های مختلف نشان نداد ($p=۰/۴۵۲$). براساس شاخص هیلسنهوف کیفیت آب رودخانه در ماه آبان مناسب، در ماه‌های اسفند و فروردین ضعیف و در بقیه ماه‌های سال نسبتاً ضعیف می‌باشد. شکل ۵ تغییر مقادیر شاخص NSFWQI را در ایستگاه‌های مورد بررسی نشان می‌دهد. همانگونه که مشاهده می‌شود از ناحیه بالادست رودخانه به سمت پایین دست کیفیت آب رودخانه روند کاهشی نشان داد. این کاهش به خصوص در ایستگاه ۲ بیشتر نمایان می‌باشد. اگرچه آزمون تجزیه واریانس اختلاف معنی داری بین ایستگاه های مختلف نشان نداد ($p=۰/۸۶۶$).



شکل ۵: تغییرات شاخص NSFWQI در ایستگاه‌ها (الف) و فصول (ب) نمونه برداری در رودخانه تجن سال ۱۳۹۰
Figure 5: Changes in NSFWQI index in stations (A) and seasons (b) Sampling in Tajan River 2011

در مقابل تغییرات شاخص NSFWQI در فصول مختلف تفاوت آماری معنی داری ($p<۰/۰۵$) را بین فصول مختلف سال نشان داد (شکل ۵-ب). بر اساس این شاخص کیفیت آب رودخانه در منطقه مورد مطالعه در فصل بهار، بد و در سایر فصول سال در طبقه کیفی خیلی بد قرار گرفته است. ضرایب همبستگی شاخص‌های محاسبه شده و پارامترهای کیفی آب رودخانه تجن در این مطالعه در جدول ۷ گزارش شده است.

جدول ۷: ضرایب همبستگی شاخص‌های محاسبه شده و پارامترهای کیفی آب رودخانه تجن سال ۱۳۹۰
Table 7: Correlation coefficients of calculated indices and water quality parameters of Tajan river in 2011

پارامترهای کیفی آب	BMWP	ASPT	NSFWQI	HFBI
COD	۰/۵۱۴	-۰/۰۴۶	-۰/۳۰۵	۰/۳۷۲
BOD5	۰/۵۴۷	-۰/۰۵۹	-۰/۲۴۲	۰/۴۱۷
نیترات	-۰/۱۲۵	۰/۰۷۴	-۰/۷۶۹**	-۰/۲۴۷
فسفات	۰/۴۳۷	-۰/۱۶۶	-۰/۳۳۴	۰/۴۷۵
TDS	-۰/۹۰۸**	-۰/۳۳۱	-۰/۶۲۱*	-۰/۲۳۶
pH	-۰/۶۵۵*	-۰/۰۶۷	-۰/۳۲۸	-۰/۳۳۱
EC	-۰/۷۶۰**	-۰/۰۱۰	-۰/۳۹۲	-۰/۵۲۸
دما	۰/۶۰۰*	۰/۲۲۴	-۰/۲۰۰	۰/۰۹۶
DO	۰/۱۹۲	۰/۴۷۵	۰/۷۸۸**	-۰/۴۰۶
کدورت	-۰/۸۹۵**	-۰/۲۵۷	-۰/۵۳۷	-۰/۳۱۶
کلیفرم مدفوعی	-۰/۹۱۲**	-۰/۳۴۸	-۰/۵۶۹	-۰/۲۳۱

***معنی دار در سطح ۰/۰۵**
****معنی دار در سطح ۰/۰۱**

بحث

کاهش نزولات جوی، برداشت بی‌رویه آب در مناطق بالا دست و در نتیجه کاهش دبی رودخانه و گرم شدن هوا در فصل تابستان و همچنین ورود فاضلاب‌های شهری، کشاورزی و صنعتی به رودخانه‌ها تهدید بزرگی برای اکوسیستم پایین دست رودخانه‌ها است. مجموع این عوامل، باعث ایجاد تغییرات گسترده در ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آب از جمله کاهش اکسیژن، افزایش TDS، افزایش BOD5، COD و TDS می‌شود (جرجانی و همکاران، ۱۳۸۷; حسین پور، ۱۳۷۴; Seather, 1962;

Simeonov *et al*., 2002). شاخص BMWP (شکل ۲)، کیفیت آب رودخانه تجن را در طی مدت مطالعه در طبقه متوسط قرار داد. در بین ایستگاه‌های مورد بررسی، ایستگاه ۴ از نظر این شاخص در طبقه بد قرار داشت. علت کاهش این شاخص در ایستگاه ۴ حضور کفزیان مقاوم به آلودگی بخصوص کم تاران و دوبالان می‌باشد که به دلیل افزایش بار آلودگی ناشی از ورود مواد مغذی محلول و ذرات جامد معلق از پساب‌های خانگی، کشاورزی و صنعتی (کارخانه آنتی‌بیوتیک‌سازی ساری) حاصل شده است. افزایش تعداد گونه‌های مقاوم به آلودگی از رده کرم‌های کم تار و راسته دوبالان به دلیل ورود آلاینده‌های محیط زیستی در مطالعات مشابه به اثبات رسیده است (جرجانی و همکاران، ۱۳۸۷; Silva *et al*., 1999). از سوی دیگر کاهش شاخص BMWP در ماه‌های سرد سال (شکل ۲-ب) ناشی از تأثیرپذیری این شاخص از تعداد خانواده‌های کفزیان می‌باشد که در مورد کم‌تاران می‌تواند به دلیل کاهش دمای آب و در مورد دوبالان ناشی از چرخه زندگی آنها باشد. بر اساس این شاخص کیفیت آب رودخانه از اردیبهشت ماه تا آذرماه، متوسط و در سایر ماه‌های نمونه برداری بد ارزیابی شد. همچنین با توجه به همبستگی معنی‌دار و بسیار معنی‌دار شاخص BMWP و پارامترهای pH، دما، کلیفرم مدفوعی، کدورت، EC و TDS که نقش مهمی را در برآورد شاخص کیفیت آب (NSFWQI) دارند (جدول ۷) می‌توان نتیجه گرفت که امکان ارزیابی کیفی آب رودخانه تجن با استفاده از این شاخص وجود دارد. در مطالعات مشابه Azrina و همکاران (۲۰۰۵) با استفاده از شاخص BMWP، رودخانه Langat مالزی را دارای ۴ طبقه خوب، متوسط، بد و خیلی بد گزارش کردند (Azrina *et al*., 2005). نعمتی (۱۳۸۶) با استفاده از بررسی بزرگ بی‌مهرگان کفزی و فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی آب، ارزیابی بیولوژیکی از قسمت‌های میانی رودخانه زاینده رود انجام داد. نتایج حاصل نشان داد که شاخص BMWP ابزار مناسبی جهت بررسی وضعیت کیفی آب زاینده رود بود و محدوده مورد مطالعه را در سه طبقه کیفی مشکوک به آلودگی، احتمال آلودگی متوسط و دارای آلودگی شدید قرار داد.

شاخص ASPT (شکل ۳)، کیفیت آب رودخانه تجن را در امتداد مسیر جریان بطورکلی در دو طبقه مشکوک به آلودگی و آلودگی متوسط احتمالی قرار داد. مشخص نبودن دقیق محدوده کیفی ارزیابی شده از آنجا ناشی می شود که برخی شاخص‌های زیستی که در سطح خانواده محاسبه می‌شوند تا حدودی دارای ضعف بوده و در مشخص کردن تمایز بین مکان‌ها یا زمان‌های مختلف اشکالاتی دارند (Azrina *et al*., 2005). علاوه بر این با توجه به چرخه زندگی بزرگ بی‌مهرگان‌کفزی (حدود ۱ تا ۱/۵ سال) و مدت زمان حضور آن‌ها در بستر آب‌ها، نمی-توان با پایش‌های یکساله در مورد روند تغییرات شاخص-های زیستی بطور دقیق اظهار نظر کرد. در مجموع شاخص ASPT مانند شاخص BMWP کیفیت آب رودخانه تجن به سمت ایستگاه‌های پایین دست را کاهشی نشان داد و شرایط زیستی آن را نامطلوب برآورد نمود. این در حالی است که کیفیت آب رودخانه در طی دوره مطالعه (شکل ۳-ب و جدول ۳) در چهار طبقه، مشکوک به آلودگی، آلودگی شدید، آلودگی متوسط و تمیز قرار گرفت. این نوسانات نشان دهنده تأثیر شدید عوامل محیطی به خصوص کاربری‌های متفاوت انسانی بر کیفیت آب رودخانه تجن می‌باشد.

علاوه بر این به نظر میرسد که شاخص ASPT نسبت به شاخص BMWP از حساسیت بیشتری برخوردار بوده و تغییرات کیفی آب رودخانه را بهتر نشان داده است. در تأیید این نتیجه‌گیری Armitage و همکاران (۱۹۸۳) بیان کردند که در ارتباط با فاکتورهای محیطی شاخص ASPT نسبت به شاخص BMWP نتایج بهتری را نشان می‌دهد.

دامنه تغییرات شاخص هلسینهوف با سایر شاخص‌ها متفاوت بوده و هر چه عدد شاخص کوچکتر باشد، نشان دهنده کیفیت بهتر آب است. بر اساس داده‌های جدول ۴ و شکل ۴-ب، ایستگاه‌های ۱، ۲ و ۳ دارای کیفیت نسبتاً ضعیف و ایستگاه ۴ دارای کیفیت ضعیف می‌باشند. نتایج حاصل از بررسی شاخص هیلسنهوف نشان داد که این رودخانه به طور کلی در ایستگاه‌های مورد مطالعه از شاخص کیفیت پایینی برخوردار بوده و میانگین شاخص هلسینهوف در آن بین ۵/۷۶ و ۷/۲۰ برآورد گردید. مقدار این شاخص در مقایسه با مقادیر اندازه گیری شده در سایر رودخانه‌های منتهی به دریای خزر (کمالی و همکاران، ۱۳۸۸; قانع ساسان سرایی،۱۳۸۲) بالاتر بوده و نشان دهنده حجم بیشتر مواد آلی و آلودگی شدیدتر این رودخانه است. کریمیان و همکاران (۱۳۸۸) و همچنین نادری جلودار و همکاران (۱۳۹۰) از این شاخص در ارزیابی کیفیت آب رودخانه‌ها استفاده کرده و بیان کردند که شاخص هلسینهوف چون در ارتباط با دامنه تحمل موجودات است، از صحت بالاتری نسبت به شاخص های

دیگر برخوردار می‌باشد. شریفی نیا و همکاران (۱۳۹۱) در مطالعه بخش کوهستانی رودخانه تجن، مقدار شاخص هلسینهوف را در محدوده ۵/۵۷ تا ۴/۲۹ برآورد کردند. مهمترین دلیل پایین تر بودن مقدار این شاخص و در نتیجه کیفیت بهتر آب در تحقیق ایشان قرارداشتن ایستگاه‌های مورد بررسی در منطقه کوهستانی و تاثیر پذیری کمتر آنها از فعالیت‌های انسانی ذکر گردید.

باتوجه به شکل ۵، ایستگاه ۲ کمترین مقدار شاخص NSFWQI را نشان داد. این ایستگاه در محدوده شهر قرار گرفته و تحت تأثیر فاضلاب شهری و همچنین تخلیه فاضلاب کارخانه لبنیات پاکسار قرار دارد. به همین دلیل شاخص NSFWQI در این ایستگاه کمترین مقدار را نشان داد. از نظر این شاخص در مجموع تمامی ایستگاه‌ها در طبقه کیفی بد قرار گرفتند. در این محدوده ایستگاه ۲ با کمترین مقدار شاخص در وضعیت بدتر و ایستگاه ۱ با بالاترین مقدار در وضعیت نسبتاً بهتر قرار داشت. در مقابل تغییرات شاخص NSFWQI در فصول مختلف تفاوت آماری معنی داری را ($p<۰/۰۵$) نشان داد (شکل ۵-ب). همانگونه که بیان شد این شاخص تحت تأثیر ۹ پارامتر قرار دارد که کاهش آن در امتداد مسیر رودخانه بیشتر به علت بالا بودن نیترات و فسفات، افزایش کدورت و کلیفرم مدفوعی است. مهردادی و همکاران (۱۳۸۲) نیز با بررسی رودخانه تجن علت بالا بودن نیترات در فصل تابستان را افزایش فعالیت کشاورزی و تخلیه فاضلاب‌های شهری و صنعتی بیان کردند. سهرابیان و همکاران (۱۳۸۸) نیز علت بالا رفتن این شاخص در رودخانه کلم ایلام را افزایش برخی پارامترهای کیفی آب از جمله نیترات، فسفات و BOD5 دانستند. ورود بیش از اندازه مواد آلی حاصل از پساب‌های خانگی، کشاورزی و صنعتی به اکوسیستم های آبی بر میزان کدورت، pH، BOD5، COD و انباشت مواد آلی قابل تجزیه تاثیر گذار بوده و تغییر کیفیت بستر را باعث می‌گردد. همه این عوامل کمیت و کیفیت جوامع زیستی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. چنانچه این مواد در حد محدود وارد محیط‌های آبی شوند می‌توانند با افزایش بار مواد آلی شرایط تغذیه‌ای مطلوبی را برای برخی ارگانیسم‌های کفزی ایجاد کنند. در این صورت از طریق تغییر در ساختار بستر و احتمالاً افزایش امکان ظهور و توسعه گیاهان آبزی، زیستگاه‌های جدیدی برای جوامع زیستی فراهم می‌گردد. درمقابل چنانچه میزان مواد آلی از حد معینی بیشتر گردد (محیط‌های شدیداً آلوده) باعث محدود شدن جوامع‌زیستی شده و در این هنگام همبستگی منفی بین پارامترهای فیزیکی و شیمیایی فوق با شاخص‌های زیستی نمایان خواهد شد. این نتیجه گیری در مطالعات سایر محققین نیز به اثبات رسیده است (شریفی نیا و همکاران، ۱۳۹۱).

بر اساس جدول ۷ شاخص BMWP با فاکتورهای TDS، EC، کدورت و کلیفرم مدفوعی همبستگی منفی در سطح ۱% و با فاکتورهای دما و اشباعیت همبستگی مثبت در سطح ۵% و با pH همبستگی منفی در سطح ۵% نشان داد. تمامی پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب از طریق تأثیر بر جوامع کفزی و تغییر در تعداد خانواده-های آنها بر میزان شاخص BMWP تأثیرگذار هستند. تحقیقات سایر محققین نیز بیان کرد که شاخص BMWP با پارامترهای کلیفرم مدفوعی، TDS، EC و BOD5 همبستگی منفی و با دو پارامتر درصد اشباعیت اکسیژن و pH همبستگی مثبت در سطح ۱% دارد (نعمتی، ۱۳۸۶). شاخص ASPT نیز با اشباعیت همبستگی مثبت در سطح ۵% نشان داد. برخی از محققین در مطالعات خود بیان کردند که شاخص ASPT با پارامترهای شیمیایی آب همبستگی منفی و با فاکتورهای فیزیکی مثل شیب، ارتفاع و دبی همبستگی مثبت دارد (Camen *et al*., 1995). شاخص هلسینهوف نیز دارای همبستگی مثبت با BOD5 و COD بود، هر چند که همبستگی معنی‌داری را نشان نداد. شاخص NSFWQI با نیترات همبستگی منفی در سطح ۱%، با DO همبستگی مثبت در سطح ۱% و با TDS همبستگی منفی در سطح ۵ % داشت. در تأیید یافته‌های این تحقیق، یافته‌های سایر محققین نیز نشان داد که شاخص NSFWQIm با پارامترهایی همچون کلیفرم مدفوعی، EC، TDS، فسفات، نیترات و BOD5 همبستگی منفی و با درصد اشباعیت اکسیژن و pH همبستگی مثبت دارد (نعمتی، ۱۳۸۶). در مجموع یافته-های حاصل از این تحقیق کیفیت آب رودخانه تجن را در منطقه مورد مطالعه، متوسط تا بد ارزیابی نمود. براین اساس ناحیه پایین‌دست رودخانه (ایستگاه ۴) از نظر مکانی و همچنین در فصل زمستان دارای پایین‌ترین کیفیت آب بود.

در عین حال در کنار توافق کلی بین شاخص‌ها در ارزیابی کیفی آب رودخانه تجن، محدودیت‌هایی در استفاده از شاخص‌های زیستی در تفسیر روند تغییرات زمانی کیفیت آب مشخص شد که علت آن‌ها را می‌توان در عواملی همچون تغییرات بستر رودخانه در طی دوره

مطالعه، مدت زمان کم دوره مطالعه با توجه به سیکل زندگی و مدت زمان حضور بزرگ بی‌مهرگان کفزی در بستر رودخانه، عدم سازگاری دقیق شاخص‌ها با شرایط ایران به دلیل نبودن مطالعات بنیادی در این زمینه و سایر عوامل اکولوژیک که می‌توانند بر ساختار جوامع بزرگ بی-مهرگان کفزی اثر گذار باشند، نسبت داد.

در مجموع یافته‌های حاصل از این تحقیق کیفیت آب رودخانه تجن را بر اساس شاخص BMWP در طبقه کیفی متوسط تا بد، بر اساس شاخص ASPT در طبقه مشکوک به آلودگی تا آلودگی متوسط و بر اساس شاخص هیلسنهوف دارای کیفیت نسبتاً ضعیف تا ضعیف ارزیابی نمود. همچنین شاخص NSFWQI در مجموع تمامی ایستگاه‌ها را در طبقه کیفی بد قرار داد. این یافته ها حاکی از این است که رودخانه تجن به طور فزاینده تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی قرار داشته و با توجه به کم بودن جریان آبی رودخانه، بهره برداری زیاد از آب در فصول کشاورزی، دریافت پساب‌های کشاورزی، تخلیه فاضلاب-های خانگی و صنعتی، کاهش کیفیت آب در این رودخانه سیر صعودی را طی نموده و چنانچه مدیریت صحیحی برای سامان‌دهی و حفظ کیفیت آن صورت نگیرد، در آینده نه چندان دور با خطر آلودگی بسیار شدید مواجه شده و حیات زیست‌مندان آن با خطر نابودی روبرو خواهد شد.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از زحمات کارشناسان محترم گروه شیلات دانشکده منابع طبیعی دانشگاه صنعتی اصفهان، آقایان مهندس ابراهیم متقی و مهندس سعید اسداله و سرکار خانم مهندس نرگس رجایی تشکر می‌نماییم.

منابع

ابراهیمی، ع.، صوفیانی محبوبی، ن. و کیوانی، ی.، ۱۳۸۳. گزارش داخلی طرح بررسی تنوع ماکروبنتوزهای رودخانه زاینده‌رود. دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان. ۷۶ صفحه.

افیونی، م. و عرفان‌منش، م.، ۱۳۹۱. آلودگی محیط زیست آب، خاک و هوا. انتشارات ارکان دانش. ۲۹۰ صفحه.

احمدی، م.ر. و نفیسی، م.، ۱۳۸۰. شناسایی موجودات بی‌مهره آب‌های جاری. انتشارات خبیر. ۲۳۴ صفحه.

جرجانی، س.، قلیچی، ا.، اکرمی، ر. و خیبرآبادی، و.، ۱۳۸۷. ارزیابی شاخص زیستی آلودگی و فون کفزیان نهر مادرسوپارک ملی گلستان. مجله شیلات. ۲(۱): ۵۲-۴۱.

حسین پور، ن.، ۱۳۷۴. بررسی منابع ماکروزئوبنتیک رودخانه‌های سیاهدرویشان و پسیخان. مجله علمی شیلات ایران، مؤسسه تحقیقات و آموزش شیلات ایران، ۴(۳): ۲۰-۸

خاتمی، س.ه.، ۱۳۸۳. بیمهرگان کفزی آب‌های شیرین (کلید شناسایی و حساسیت به آلودگی). انتشارات سازمان حفاظت محیط زیست. ۲۱۵ صفحه.

خلجی، م.، ابراهیمی. ع.، هاشمی نژاد، ه.، متقی، ا. و اسداله، س.، ۱۳۹۵. ارزیابی کیفیت آب دریاچه سد زاینده رود با استفاده از شاخص WQI. مجله علمی شیلات ایران، ۲۵(۵): ۶۴-۵۱.

رهبری، ک.، نبوی، م. و موبد، پ.، ۱۳۸۵. بررسی روشهای مختلف ارزیابی بیولوژیکی و تنو ع زیستی در کیفیت منابع آبی و محاسبه شاخص‌های تنوع بستر رودخانه کارون از بازه ملاثانی تا دارخوین. هفتمین سمینار بین المللی مهندسی رودخانه، دانشگاه شهید چمران، اهواز، ۱۲ صفحه.

رجائی، ف.، اسماعیلی ساری، ع.، سلمان ماهینی، ع.، دلاور، م. و مساح بوانی، ع.، ۱۳۹۵. مدلسازی آلودگی نیترات از منابع غیر نقطه‌ای و الویت بندی زیرحوضه‌های بحرانی برای مدیریت محیط زیستی حوضه آبخیز تجن. مجله اکوهیدرولوژی، ۳(۳): ۴۶۴-۴۵۵.

سهرابیان، ب.، جاوید، ا.ح.، عوضپور، م. و صدوقی، ز.، ۱۳۸۸. بررسی کیفیت پساب استخرهای پرورشی ماهی منطقه کلم و تأثیر آن بر آب پذیرنده با استفاده از شاخص NSF _ دوازدهمین همایش ملی بهداشت محیط ایران، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، دانشکده بهداشت، ۱۰ صفحه.

شریفی نیا، م.، ایمانپور نمین، ج. و بزرگی ماکرانی، ا.، ۱۳۹۱. ارزیابی بوم شناختی رودخانه تجن با استفاده از گروه‌های تغذیه‌ای بزرگ بی‌مهرگان کفزی و شاخص‌های زیستی. مجله اکولوژی کاربردی دانشگاه صنعتی اصفهان، ۱(۱): ۹۵-۸۰.

قانع ساسان سرایی، ا.، ۱۳۸۲. شناسایی جمعیت بزرگ بی‌مهرگان کفزی در رودخانه چافرود(استان

گیلان) براساس برخی فاکتورهای کیفی آب. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.

کمالی، م. و اسماعیلی ساری، ع.، ۱۳۸۸. ارزیابی زیستی رودخانه لاسم (شهرستان آمل-استان مازندران) با استفاده از ساختار جمعیت بزرگ بی-مهرگان بنتیک. مجله علوم زیستی واحد لاهیجان، ۳(۱): ۵۶-۴۰

کریمیان، ع.، جوانشیر، آ. و قربانی، ر.، ۱۳۸۸. تعیین شاخص‌های زیستی کیفیت آب رودخانه قشلاق سنندج، ایران. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۶(۲): ۳۲-۱۹

محبوبی صوفیانی، ن. و نادری، غ.، ۱۳۷۹. کلید شناسایی بی مهرگان نهرها و رودخانه ها. جهاد دانشگاهی دانشگاه صنعتی اصفهان. ۱۳۱ صفحه.

مهردادی، ن.، صباغی، ع. و رکنی، م.ع.، ۱۳۸۲. بررسی کیفی آب رودخانه تجن و تعیین اثرات توسعه صنعتی، کشاورزی و شهری بر آن. مجله آب و فاضلاب، ۱۱(۴): ۳۱-۱۶

نادری جلودار، م.، عبدلی، ا.، میرزاخانی، م.ک. و شریفی جلودار، ر.، ۱۳۹۰. پاسخ بزرگ بی‌مهرگان کفزی رودخانه هراز به پساب مزارع پرورش ماهی قزل آلای رنگین کمان، نشریه شیلات، مجله منابع طبیعی ایران، ۶(۲): ۱۷۶-۱۶۳.

نعمتی، م.، ۱۳۸۶. پهنه بندی کیفیت آب و تنوع درشت بی‌مهرگان کفزی رودخانه زاینده رود. پایان نامه کارشناسی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، ۱۲۵ صفحه.

APHA, 1992. Standard methods for the examination of water and waste water, 18thEdition, American Public Health Association, Washington, D.C.

Armitage, P.D., Moss, D., Wright, J.F. and Furse, M., 1983. The performance of a new biological water quality score system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running-water sites. Water Research, 17: 333-347.

Azrina, M.Z., Yap, C.K., Rahim Ismail, A., Ismail, A. and Tan, S.G., 2005. Anthropogenic impacts on the distribution and biodiversity of benthic macroinvertebrates and water quality of the Langat River. Peninsular Malaysia. Ecotoxicology and Environmental Safety, 64: 337-347. DOI:10.1016/j.ecoenv.2005.04.003

Camen, Z., Carmen, S., Antonino, S. and Javier, A., 1995. Are biological indices BMWP and ASPT and their significance regarding water quality seasonally dependent? Facrors explaining their variations, 29: 285-290. DOI: 10.1016/0043-1354(94)E0125

Czerniawska-Kusza, I., 2005. Comparing modified biological monitoring working party score system and several biological indices based on macroivertebrates for water-quality assessment. Limnologica, 35: 169-176. DOI: 10.1016/j.limno.2005.05.003

Elliott, J.M., Humpesch, U.H. and Macan, T.T., 1988. Larvae of the British ephemeroptera: a key with ecological notes, freshwater biological association scientific publication. 275P.

Hawkes, H.A., 1997. Technical note: origin and development of the biological monitoring working party score system. Water Research, 32: 964-968

Huang, Y.Y., Teng, D.X. and Zhao, Z.X., 1982. Monitoring Jiyunhe estuary pollution by use of macroinvertebrate community and diversity index. Sinozoologia, 2: 133-146. DOI: 10.1007/978-94009-3091-9

Hilsenhoff, W.L., 1988. Rapid field assessment of organic pollution with a family level biotic index. Society, 7: 65-68. DOI: 10.2307/1467832

Jessup, B.K., Markowitz, A. and Stribling, J.B., 1999. Family-level key to the stream invertebrates of maryland and surrounding

arias, Maryland Department of Natural Resource. 312P.

Joel, M., Galloway, A. and James, C., 2003. Water quality and biological characteristic of the middle fork of the saline river. Arkansas. Department of environmental quality Arkansas. 198P.

Kotani, T., Hagiwara, A., Snell, T.W. and Serra, M., 2005. Euryhaline *Brachionus strains* (Rotifera) from tropical habitats: morphology and allozyme patterns. Hydrobiologia, 546: 161–167. DOI: 10.1007/S10750-005-4113-6.

Landwehr, J.M. and Deininger, R.A., 1976. A comparison of several water quality indexes. Journal of Water Pollution Control Federation, 48: 947-954.

Pescador, M.L., Rasmussen, A.K. and Harris, S.C., 2004. Identification manual for the caddisfly larvae of Florida, department of enviromental protection, entomology, center for water quality Florida A&M Univerisity Tallahassee, Florida. 32307-4100.

Ravera, O., 2001. A comparison between diversity, similarity and biotic indices applied to the macroinvertebrate community of a small stream of the Ravella river (Como Province, Northern Italy). Aquatic Ecology, 35: 97-107.

Sanchez, E., Colmenarejo, M., Vicente, J., Rubio, A., Garcia, M., Travieso, L. and Borja, R., 2006. Use of the water quality index and dissolved oxygen deficit as simple indicators of watersheds, pollution. Ecological Indicators, 7: 315-328. DOI: 10.1016/j.ecolind.2006.02.005

Seather, O.A., 1962. Larval overwintering in endochironomus fabricius. Hydrobiologia, 20: 377-381

Silva, A.M., Novelli, E.L.B., Fascineli, M.L. and Almeida, J.A., 1999. Impact of an environmentally realistic intake of water contamintants and superoxide formation on tissues of rats, 105: 243-249. DOI: 10.1016/S0269-7491(98)00213-9

Simeonov, V., Einax, J.W., Stanimirova, I. and Kraft, J., 2002. Environ metric modeling and interpretation of river water monitoring data. Analytical and Bioanalytical Chemistry, 374: 898-905. DOI: 10.1007/S00216-002-1559-5

Wally, W.J. and Hawkes, H.A., 1997. A Computer-based development of the biological monitoring working party score system incorporating abundance rating site type and indicatore value. Water Research, 15: 201-210. DOI: 0043-1354/97 S17.00 + 0.00

Wang, L., Seelbach, P.W. and Hughes, R.M., 2006. Introduction to landscape influencess on stream habitats and biological assemblages. American Fisheries Society Symposium, 48, 1-23.

Zar, J.H., 1999. Biostatistical analysis, prentice Hal, Upper Saddle River, NJ. 662P.

Assessment of Tajan River water quality with the use of biological and quality indicators

Ebrahimi E.[1*]; Fathi P.[1]; Ghodrati F.[1]; Naderi M.[2]; Pirali A.[1]

[*]e_ebrahimi@cc.iut.ac.ir

1-Department of Natural Resources, Isfahan Univesity of Technology, Isfahan, Iran
2-Fisheries Research Institute of Iran, Caspian Sea Aquatic Ecology Research Institute, Sari, Iran

Abstract

Population growth, industrial development, climate changes and environmental pollutants reduce the quality of available water resources. Nowadays, limited resources of freshwater and maintaining their qualities are the biggest challenges for the management of water resources. To investigate the water quality of Tajan River, 4 sampling stations were selected along the river. Sampling was performed montly from May 2011 to April 2012 and replicated 3 times for each station. The NSFWQI, BMWP, ASPT and HBI indices were calculated based on the obtained data. The NSFWQI indicated that the water quality of Tajan River was in the "Poor" category. The BMWP index showed that the water quality was in the "Medium" category (for station 1, 2 and 3) and in the "Poor" category (for station 4). The water quality was placed in the "Suspected of pollution" and "Moderately polluted" categories by the ASPT index. HBI index pointed out that the water quality was in the "Relatively weak" and "Weak" categories. According to the results of this study, the water quality of Tajan River ranged from medium to very bad.

Keywords: Macroinvertebrate, Tajan River, Water quality, BMWP, ASPT

*Corresponding author