مقاله پژوهشی
نشریه علوم آبزی پروری

Research Article
www.aquaculturesciences.ir

ارزیابی کیفیت آب رودخانه تجن با استفاده از شاخص IRWQIsc

فائزه دلبری[۱]، کامران رضایی توابع*[۱]، علیرضا میرواقفی[۱]، احمدرضا لاهیجان‌زاده[۲]، مسعود باقرزاده کریمی[۳]، عرفان سلمرودی[۱]

[۱]گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
[۲]سازمان حفاظت محیط زیست، تهران، ایران.
[۳]مشاور شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور، تهران، ایران.
*نویسنده مسئول krtavabe@ut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۸/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۹/۱۲

چکیده

آب رودخانه‌ها بیش از آب هر منبع دیگری برای مصارف گوناگون استفاده می‌شوند. این مطالعه با هدف ارزیابی کیفیت آب رودخانه تجن توسط شاخص کیفیت آب‌های سطحی ایران ($IRWQI_{sc}$) طراحی و اجرا گردید. با توجه به استقرار منابع آلاینده در حاشیه رودخانه تجن (فاضلاب‌های مختلف کشاورزی، صنعتی، شهری و خانگی) نمونه‌برداری از ۹ ایستگاه با ۳ تکرار در دو فصل (بهمن ماه ۱۳۹۹ و تیرماه ۱۴۰۰) صورت گرفت و ۱۱ پارامتر کیفی آب شامل BOD_5، COD، آمونیوم، نیترات، فسفات، کدورت، pH، کلیفرم مدفوعی، هدایت الکتیریکی، اکسیژن محلول و سختی کل بـا استفاده از روش استاندارد در آزمایشگاه اندازه‌گیری شد. در مطالعه حاضر، مقدار متوسط BOD_5، COD، آمونیوم، نیترات، فسفات، کدورت، pH، کلیفرم مدفوعی و هدایت الکتیریکی در هر دو فصل از ایستگاه‌های بالادست به سمت پایین‌دست افزایش یافت، اکسیژن محلول در هر دو فصل از بالادست به سمت پایین‌دست کاهش پیدا کرد و سختی کل از بالادست به سمت پایین‌دست رودخانه روند منظمی نداشت. نتایج شاخص IRWQIsc نشان داد که این شاخص برای تمام ایستگاه‌های رودخانه تجن در فصل سرد بین ۲۳/۷ تا ۷۰/۰۸ و در فصل گرم بین ۶۴/۲۱ تا ۱۶/۳۵ بود. به‌طورکلی، آب رودخانه تجن در کلاس توصیفی-کیفی متوسط و بد قرار گرفت و هر چه زمین‌های کشاورزی به ایستگاه‌های مورد مطالعه نزدیک‌تر بودند، آلودگی آب نیز بیشتر بود. مهم‌ترین منشأ آلودگی در محدوده مورد مطالعه، برداشت بی‌رویه شن و ماسه، پساب کارخانه چوب و کاغذ مازندران، مزارع پرورش ماهی، دامداری، فاضلاب شهر ساری، روستاهای اطراف، پساب شالیزارها و مزارع کشاورزی بود. در این راستا، توجه به مدیریت جامع منابع آبی و ارزیابی اثرات محیط زیستی باید در اولویت قرار گیرد.

واژگان کلیدی: رودخانه تجن، شاخص IRWQIsc، توصیفی-کیفی، آلودگی.

مقدمه

امروزه اصلی‌ترین نگرانی در مورد آب‌های سطحی، مسئله کیفیت است (بانژاد و همکاران، ۱۳۸۸). به‌دلیل استفاده از مسیر رودخانه‌ها برای انتقال فاضلاب‌های شهری و صنعتی و زه‌آب های مزارع کشاورزی و باغداری، این آب‌ها در معرض آلودگی‌های گوناگونی قرار دارند (خارا و همکاران، ۱۳۹۰). رودخانه‌ها تنها منابع آبی هستند که مسیر طولانی را از میان شهرها، روستاها و مناطق صنعتی و کشاورزی طی می‌کنند و به انواع گوناگون آلاینده‌ها، آلوده می‌شوند (Shapouri *et al*., 2010) و چون آب رودخانه‌ها بیش از آب هر منبع دیگری برای مصارف گوناگون استفاده می‌شود، می‌تواند اثرات سوء گسترده‌ای بر محیط زیست داشته باشد، (Salajegheh *et al*., 2011). بنابرین لازم است تا کاربری اراضی را از جنبه‌های مختلف مورد نقد و بررسی قرار گیرد تا به درک صحیح تأثیر آن کاربری بر تغییر کیفیت آب رودخانه دست یافت (Karbasi *et al*., 2006). عمده منابع آلودگی آب‌های سطحی به‌ویژه رودخانه‌ها، منابع نقطه‌ای مانند زه‌کش‌های کشاورزی، پساب‌های

شهری و صنعتی می‌باشند (Damian and Magdalena, 2007) و کاربری‌های مختلف درجات مختلفی از خطر را با توجه به مقدار و ویژگی پساب‌ها، برای منابع آبی در برخواهد داشت (Tu, 2011). بسیاری از مطالعات نشان داده‌اند که نوع استفاده از زمین دارای یک تأثیر قوی بر کیفیت آب، و ارتباط معنی‌داری بین پارامترهای کیفیت آب و نوع استفاده از زمین وجود دارد (Laura *et al.*, 2011). آلوده‌کننده‌های آب شامل موادی هستند که خواص فیزیکی، شیمیایی و زیستی آب را تحت تأثیر قرار می‌دهند، که این مواد معمولاً در اثر فعالیت‌های انسانی ایجاد و به سه گروه عمده منابع آلوده‌کننده صنعتی، شهری و کشاورزی تقسیم‌بندی می‌شوند (سعیدی و همکاران، ۱۳۸۲؛ کاویان و همکاران، ۱۳۹۴).

امروزه جهت پایش و کنترل کیفی آب های سطحی، از شاخص‌های کیفی آب (Water Quality Index) استفاده می‌شود. شاخص‌های کیفی با ساده‌سازی و کاهش اطلاعات خام و اولیه، علاوه بر بیان کیفیت آب، روند تغییرات کیفی آن را در طول مکان و زمان نشان می‌دهد (Curtis, 2001). برای ارزیابی وضعیت کیفی و آلودگی آب در ایستگاه‌های تعیین شده از شاخص استاندارد کیفیت آب‌های سطحی ایران ($IRWQI_{sc}$) استفاده شد. شاخص کیفیت آب‌های سطحی ایران (Iran Water Quality Index for Surface Water Rocources-Conventional parameters) یک شاخص تلفیقی از NSFWQI و BCEQI می‌باشد که با وزن دهی به ۱۱ فاکتور اصلی کیفی آب و با استفاده از نمودارهای استاندارد، در دفتر آب و خاک معاونت محیط زیست انسانی سازمان حفاظت محیط زیست ایران برای منابع آب سطحی کشور بهینه‌سازی شده و وضعیت کیفیت آب را در اکوسیستم‌ها و منابع آبی به‌صورت کمی ارائه می‌کند و عدد کمی به‌دست آمده در دامنهٔ عددی ۱۰۰-۰ می‌باشد. طبق دستورالعمل این سازمان، برای هر نمونه آب در هر تکرار، ۱۱ فاکتور فیزیکوشیمیایی و میکروبی شامل BOD، COD، pH، نیترات، فسفات، اکسیژن محلول، هدایت الکتریکی، آمونیوم، کدورت، سختی کل و کلیفرم مدفوعی مورد اندازه‌گیری و آنالیز قرار گرفت (نصیراحمدی و همکاران، ۱۳۹۱). پژوهش‌های پیشـین مطالعه کیفیت آب رودخانه‌ها در ایران نشان داده است که وضعیت رودخانه‌ها در فصول و ماه‌های مختلف از نظر کیفیت متغیر است و در طبقه‌های خوب تا بد قرار گرفته‌اند و بسته به مکان، این نتایج کاملاً با یکدیگر متفاوت می‌باشند (حسین زاده و همکاران، ۱۳۹۲؛ یوسف‌زاده، ۱۳۹۲؛ شریف‌دینی، این بررسی‌ها نشان داده است که عوامل انسانی از جمله کشاورزی، تخلیه فاضلاب شهری و روستایی و استخرهای پرورش ماهی مهم‌ترین منابع آلودگی رودخانه‌های ایران است. البته عوامل طبیعی براساس تغییرات اقلیمی از جمله دما و میزان بارش و رواناب نیز در برخی موارد بر کیفیت آب‌های رودخانه‌ها مؤثر بوده است. بنابراین کنترل آب‌های سطحی و استفاده بهینه از منابع آب از اولویت بالایی برخوردار است (شریفی و شهیدپور، ۱۳۸۵). Shokoohi و همکاران (۲۰۱۱)، کیفیت آب رودخانه آیدوغموش را با اندازه‌گیری پارامترهای کیفی و شاخص ویل کوکسی بررسی کردند که نتایج آن‌ها نشان داد که فضولات دامی به‌عنوان آلاینده‌های غیرنقطه‌ای از عوامل تأثیرگذار برکیفیت آب رودخانه مورد مطالعه است. همچنین با توجه به نتایج مشخص شد که آب رودخانه برای مصارف کشاورزی بلامانع است. میرزایی و همکاران (۱۳۸۴)، با پهنه‌بندی رودخانه جاجرود به این نتیجه رسیدند که کیفیت آب به‌دلیل ورود آلاینده‌های میکروبی، ذرات معلق و افزایش کدورت، کاهش یافته است. در مطالعه صادقی و همکاران (۱۳۹۴)، به تعیین وضعیت کیفیت آب رودخانه زرین‌گل در استان گلستان پرداختند که با توجه به شاخص کیفی به‌دست آمده، کیفیت آب رودخانه برای کشاورزی مناسب بوده، ولی برای مصارف شرب باید تصفیه شود.

جدول ۱- مختصات ایستگاه‌های نمونه‌برداری.

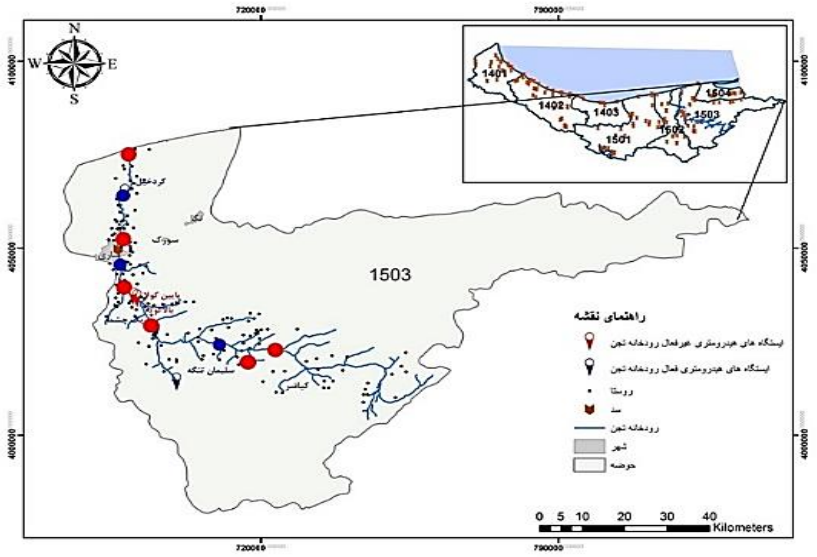
شمارهٔ ایستگاه	نام ایستگاه	مختصات محل نمونه برداری
۱	کیاسر	۳۶°۴۴/۴'۲۴"N, ۵۳°۴۷/۵'۱۲"E
۲	پایین‌دست سد سلیمان تنگه	۳۶°۱۵۲'۲۲/۵"N, ۵۳°۳۳/۲'۱۳"E
۳	علویکلا (بالادست تجن)	۳۶°۲۱'۵۰"N, ۵۳°۰۵'۲۰"E
۴	پایین‌دست کارخانه صنایع چوب و کاغذ مازندران	۳۶°۲۸'۳۷/۵"N, ۵۳°۰۵'۳۸"E
۵	سنگتراشان (بالادست شهر ساری)	۳۶°۲۹'۵۹/۸"N, ۵۳°۰۴'۵۵/۵"E
۶	میان دست تجن	۳۳°۵۴'۳۶"N, ۵۳°۰۵'۱۲"E
۷	اردشیرمحله	۳۸°۳۸'۳۵"N, ۵۳°۰۶'۲۴"E
۸	پنبه چوله (پایین دست تجن)	۳۶°۴۲'۴۲"N, ۵۳°۱۷'۰۶"E
۹	مصب رودخانه تجن (خزرآباد)	۳۶°۴۸'۴۷"N, ۵۳°۰۶'۵۴"E

تجن یکی از مهم‌ترین رودخانه‌های استان مازندران است که از نظر اقتصادی و محیط زیست اهمیت بالایی دارد، با این حال تحت تأثیر فاضلاب و سیلاب‌های مختلف قرار دارد که از جمله این فعالیت‌ها می‌توان به وجود کارخانه چوب و کاغذ در کنار این رودخانه اشاره کرد. پژوهش‌ها نشان داد که صنعت خمیر کاغذ در زمره آلوده‌کننده‌ترین صنایع دنیا قرار دارد که تصفیه آن باعث می‌شود که از مصرف آب بیشتر برای ادامه فعالیت کارخانه جلوگیری و میزان بازدهی کارخانه بالا رفته و از آلودگی محیط زیست به مقدار قابل توجهی کاسته شود (گیلانی و همکاران، ۱۳۹۲; نادری‌جلودار و همکاران، ۱۳۸۵). تقریباً از دو دهه قبل با توسعه فعالیت‌های آبزی‌پروری مطالعات بر روی منابع آبی و رودخانه‌ها توسط مراکز تحقیقاتی و دانشگاهی کشور به شکل کاربردی و تحقیقاتی شروع گردیده است. این مطالعه با هدف ارزیابی کیفیت آب رودخانه تجن توسط شاخص کیفیت آب‌های سطحی ایران ($IRWQI_{SC}$) با توجه به‌وجود فعالیت‌های کشاورزی، تفریحی، پرورش ماهی، کارخانه چوب و کاغذ مازندران و برداشت بی‌رویه شن و ماسه در اطراف این رودخانه طراحی و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

رودخانه تجن واقع در استان مازندران با طول حدود ۱۲۰ کیلومتر و حوضه آبریز با وسعت حدود ۲۰۰۰ کیلومترمربع از ارتفاعات البرز سرچشمه گرفته و به دریای خزر منتهی می‌شود. این حوضه آبریز در فاصله ۳۶ درجه تا ۳۶ درجه ۲۲ دقیقه عرض شمالی از مدار استوا و ۵۳ درجه تا ۵۳ درجه ۲۷ دقیقه طول شرقی قرار دارد (محمدلو، ۱۳۸۹). رودخانه تجن یکی از مهم‌ترین رودخانه‌های استان مازندران می‌باشد که نقش اساسی در تأمین آب بخش مهمی از اراضی کشاورزی و آب‌بندان‌های منطقه دارد و همچنین از زیستگاه‌های مهم ماهیان بومی و مهاجرتی می‌باشد.

بر اساس اصول لیمنولوژیک و هیدرولوژیک (قدرت خودپالایی، دبی رودخانه) و همچنین استقرار منابع الایندهٔ کلان حاشیه و حریم رودخانهٔ تجن، از تاریخ ۱۸ بهمن تا ۲۳ بهمن ۱۳۹۹ و ۲۷ خرداد تا ۲ تیر ماه ۱۴۰۰ نمونه‌برداری از ۹ ایستگاه از بالادست (کیاسر) تا پایین‌دست (پنبه‌چوله) و مصب این رودخانه صورت گرفت (شکل ۱ و جدول ۱).



شکل ۱- موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری و نقشه منطقه مطالعاتی.

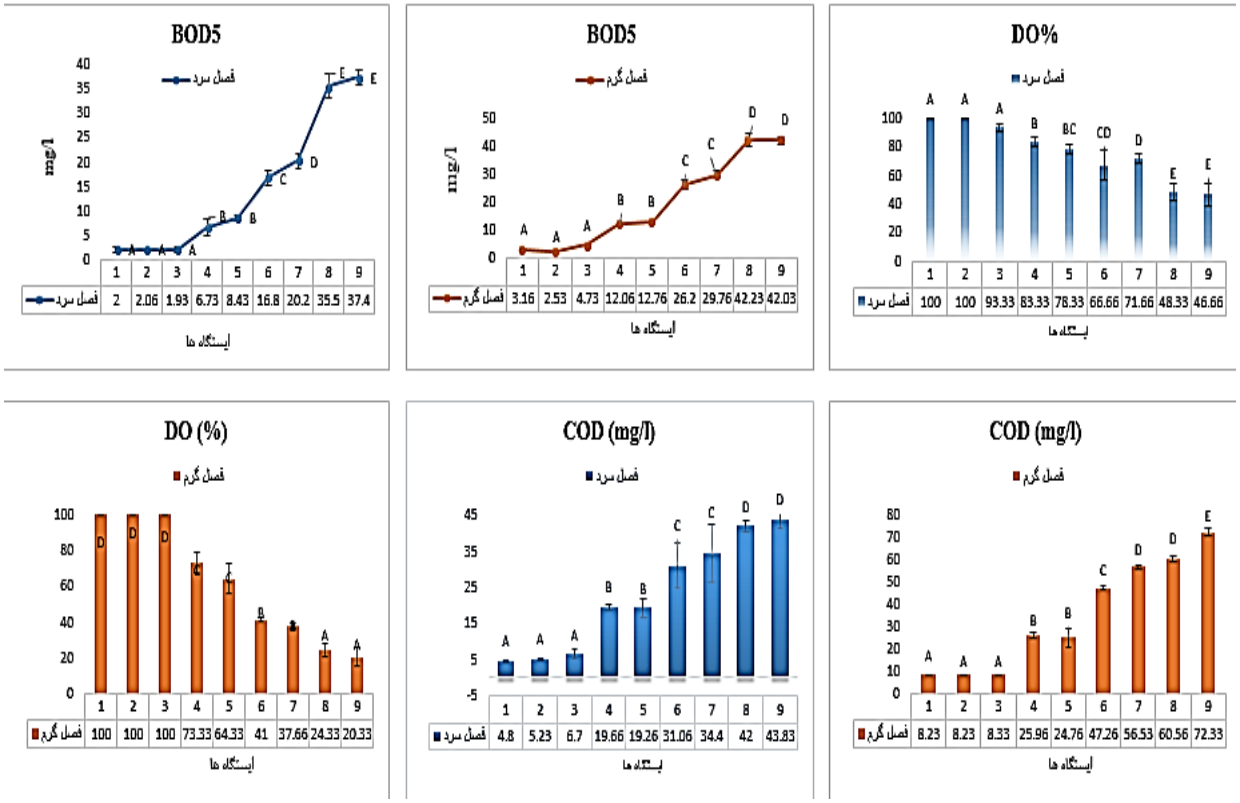
جدول ۲- پارامترهای مورد استفاده در شاخص $IRWQI_{sc}$..

پارامتر	وزن	واحد
کلیفرم مدفوعی	۰/۱۴	MPN/100ml
BOD_5	۰/۱۱۷	Mg/l
نیترات	۰/۱۰۸	Mg/l
اکسیژن محلول	۰,۰۹۷	درصد اشباع
هدایت الکتیریکی	۰/۰۹۶	میکروزیمنس/cm
COD	۰/۰۹۳	Mg/l
آمونیوم	۰/۰۹	مجموع آمونیوم
فسفات	۰/۰۸۷	Mg/l
کدورت	۰/۰۶۲	NTU
سختی‌کل	۰/۰۵۹	$Mg/lcaco_3$
pH	۰/۰۵۱	واحد استاندارد

نمونه‌برداری از آب رودخانه در هر ایستگاه با سه تکرار شامل فاصلهٔ یک سوم از طرفین و وسط رودخانه انجام گرفت. جهت آنالیزهای فیزیکوشیمیایی و میکروبی کیفی آب برای هر تکرار ۲۵۰ سی‌سی نمونه‌برداری و به آزمایشگاه بوم‌شناسی آبزیان و آزمایشگاه عمومی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران منتقل شد. در این مطالعه، فاکتورهای pH، هدایت‌الکتریکی، اکسیژن محلول و کدورت با استفاده از دستگاه‌های پرتابل در محل نمونه‌برداری و سایر فاکتورها در آزمایشگاه‌های تخصصی آب و فاضلاب و عمومی دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه تهران اندازه‌گیری و آنالیز شد. برای اندازه‌گیری پارامترهای کیفی آب، طبق روش‌های استاندارد آزمایشگاهی، فاکتور pH با دستگاه HACH، اشباعیت اکسیژن محلول (DO)، اکسیژن‌خواهی بیولوژیک (Biological Oxygen Demand) به‌وسیلهٔ اکسیژن‌متر و BOD متر دیجیتال شرکت هانا آمریکا، اکسیژن‌خواهی شیمیایی (Chemical Oxygen Demand) با روش تقطیر برگشتی باز، میزان فسفات (PO_4) تحت شرایط اسیدی توسط واکنش با آمونیوم هپتامولبیدات، نیترات (NO_3) توسط احیاء با کادمیوم و سپس واکنش با سولفانیلیک اسید، رسانایی الکتریکی (EC) توسط دستگاه مولتی‌متر دیجیتال، شمارش کلیفرم مدفوعی به‌صورت رقت لوله‌ای و با

جدول ۳- طبقه‌بندی کیفی شاخص IRWQIsc.

مقدار شاخص	معادل توصیفی
کمتر از ۱۵	خیلی بد
۱۵- ۲۹/۹	بد
۳۰- ۴۴/۹	نسبتا بد
۴۵- ۵۵	متوسط
۵۵/۱- ۷۰	نسبتاً خوب
۷۰/۱- ۸۵	خوب
بیشتر از ۸۵	بسیار خوب



شکل ۲- تغییرات پارامترهای BOD_5، DO% و COD در ایستگاه‌های مطالعه در هر دو فصل.

محیط کشت EC و فاکتور سختی کل (TH) با استفاده از تیتراسیون با EDTA در آزمایشگاه عمومی میکروبیولوژی اندازه‌گیری و ارزیابی شد.

جهت محاسبه شاخص کیفی $IRWQI_{sc}$ ، ۱۱ پارامتر فیزیکی، شیمیایی و زیستی، با توجه به منحنی‌ها و وزن هر پارامتر (جدول۲)، با استفاده از رابطه‌های ۱ و ۲ به‌دست آمد:

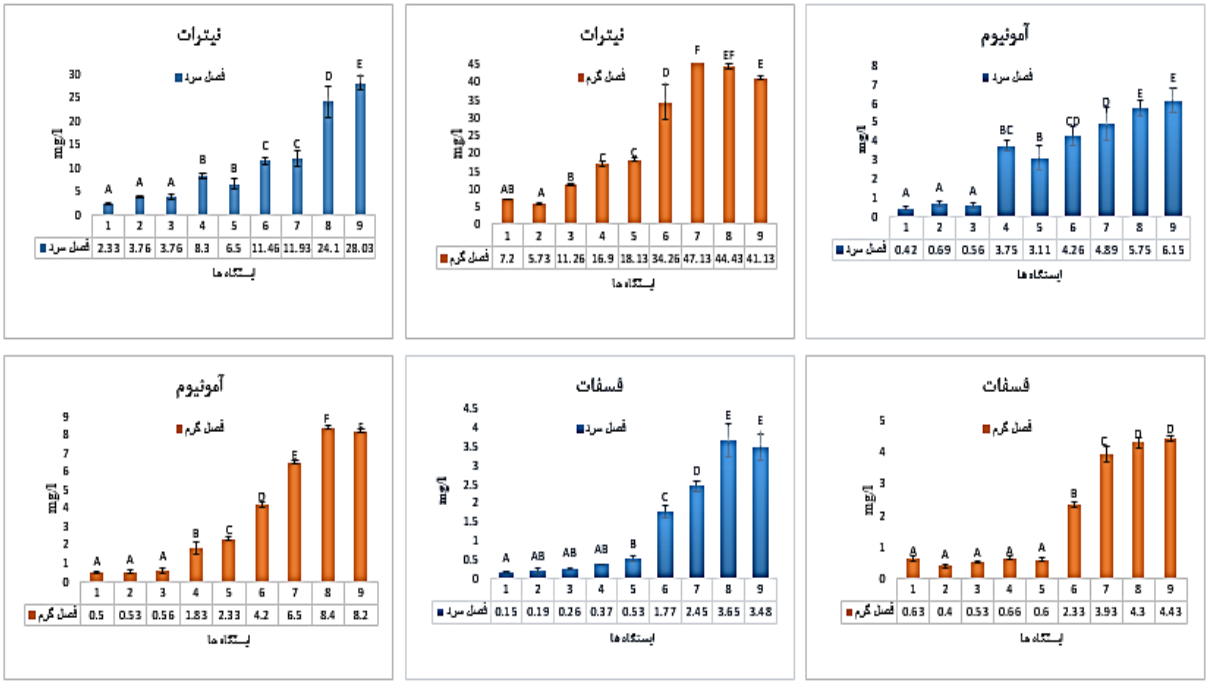
رابطه ۱ $$IRWQI_{sc} = \left[\prod_{i=1}^{n} I_i^{wi}\right]^{\frac{1}{\gamma}}$$

رابطه ۲ $$\gamma = \sum_{i=1}^{n} wi$$

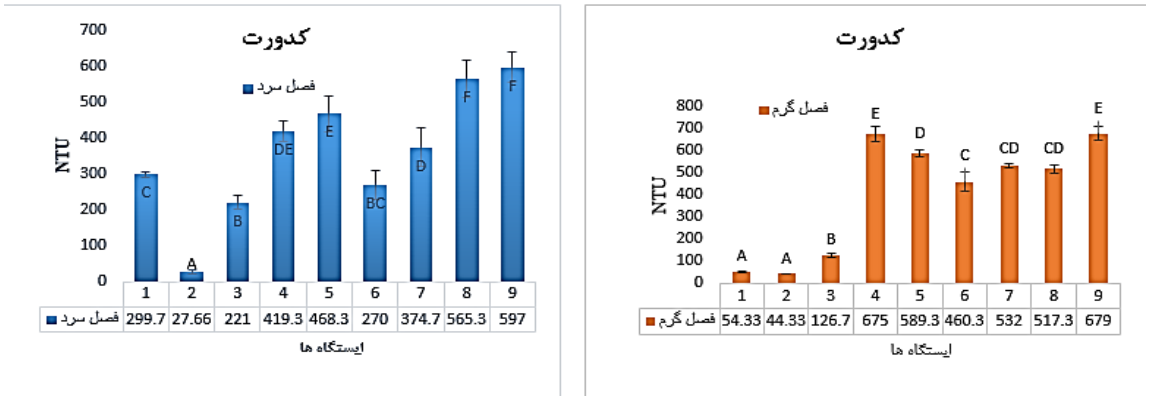
که در آن W_i، وزن پارامتر i ام، n: تعداد پارامترها و I_i: مقدار شاخص برای پارامتر i ام از منحنی رتبه بندی، می‌باشد. معادل توصیفی شاخص کیفی نامبرده و محدوده کیفیت آب در جدول ۳ ارائه شده است.

نتایج

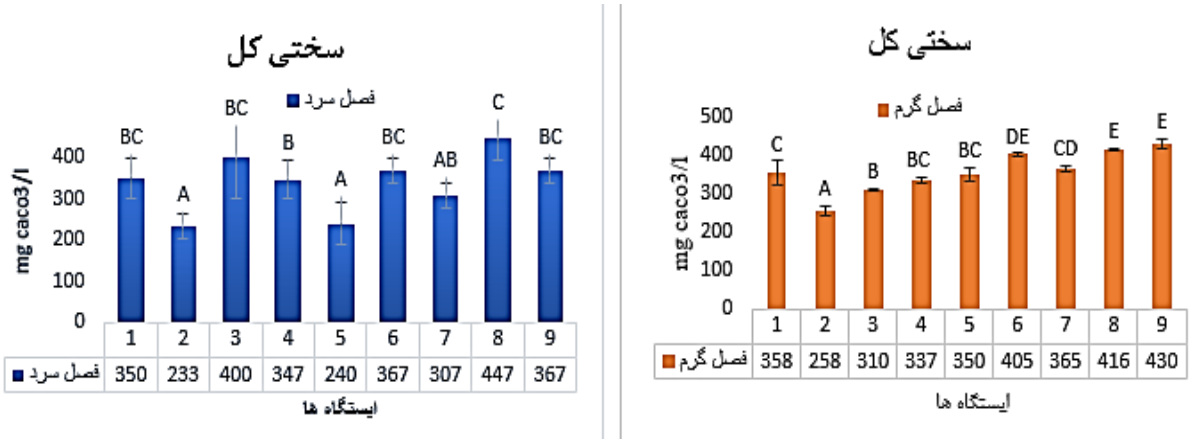
در این مطالعه، مقدار متوسط BOD_5 در هر دو فصل از ایستگاه‌های بالادست به سمت پایین‌دست افزایش یافت (شکل ۲). اکسیژن محلول در هر دو فصل از بالادست به سمت پایین‌دست کاهش پیدا کرد، در ایستگاه ۹ که تحت تأثیر بیشترین میزان آلودگی ناشی از فعالیت‌های کشاورزی و ورود آلاینده‌های شهری و صنعتی بود کمترین میزان DO و در



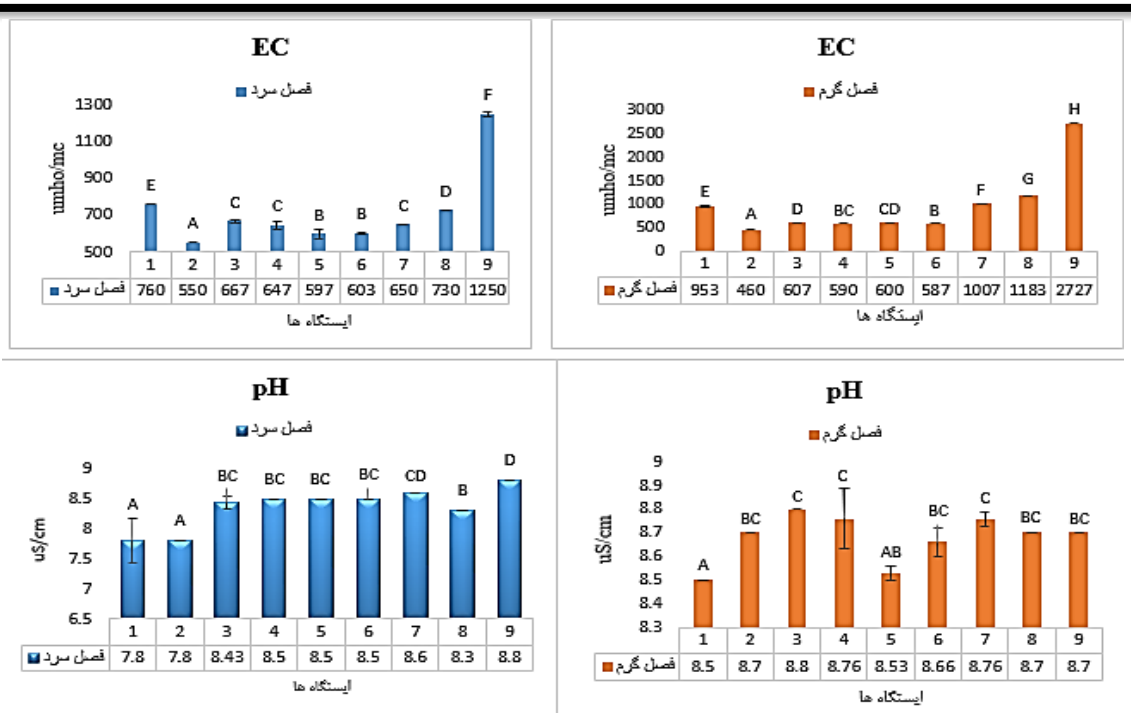
شکل ۳- تغییرات پارامترهای نیترات، آمونیوم و فسفات در ایستگاه‌های مورد مطالعه در هر دو فصل.



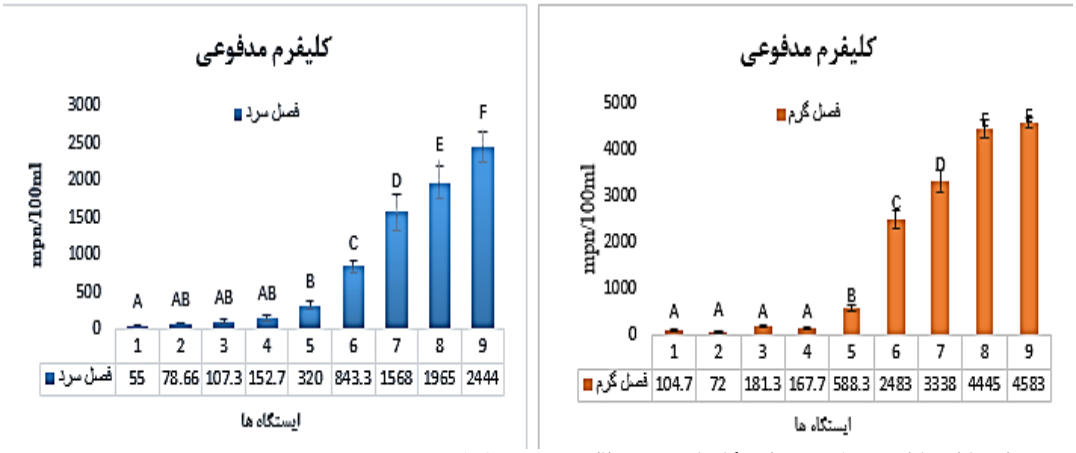
شکل ۴- تغییرات پارامتر کدورت در ایستگاه‌های مورد مطالعه در هر دو فصل.



شکل ۵- تغییرات پارامتر سختی‌کل در ایستگاه‌های مورد مطالعه در هر دو فصل.



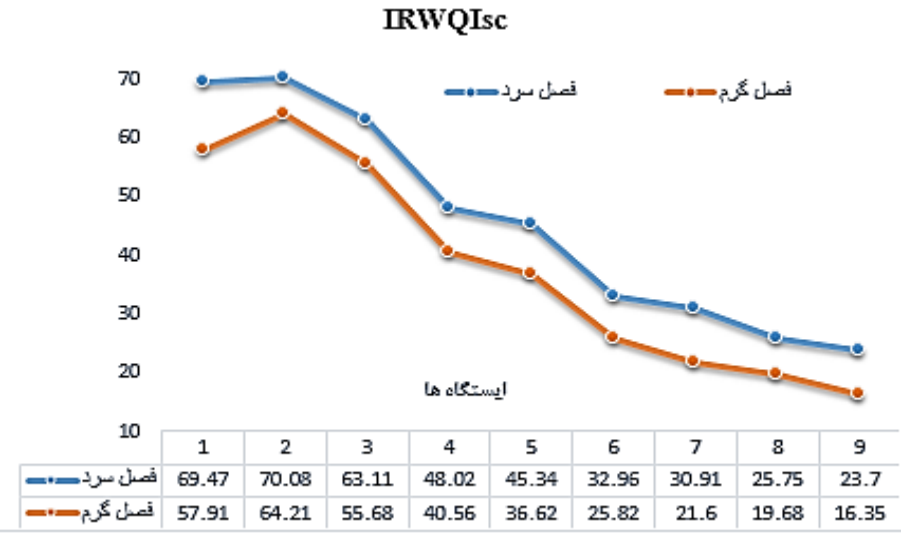
شکل ۶- تغییرات پارامترهای pH و EC در ایستگاه‌های مورد مطالعه در هر دو فصل.



شکل ۷- تغییرات پارامتر کلیفرم‌مدفوعی در ایستگاه‌های مورد مطالعه در هر دو فصل

ایستگاه‌های بالادست (کیاسر، پایین‌دست سد سلیملن تنگه و بالادست تجن) رودخانه به‌علت افزایش جریان و تلاطم آب بیشترین مقدارDO مشاهده شد. اندازه‌گیری COD برای تصفیه کردن آب مهم است. میزان COD در ایستگاه‌های کیاسر، پایین دست سد سلیمان تنگه و ایستگاه بالادست تجن در هر دو فصل در کمترین مقدار و در ایستگاه مصب رودخانه تجن در بیشترین مقدار قرار داشت (شکل ۲).

ورود فاضلاب‌ها، بارندگی و استفاده از کودها در زمین‌های کشاورزی در طول سال متغیر هستند، بنابراین ممکن است منجر به تغییر غلظت اندازه‌گیری شده مواد مغذی نیتروژنی در ۲ فصل شوند (Wetzel, 2001). بیشترین مقدار نیترات در فصل سرد در ایستگاه مصب رودخانهٔ تجن و کمترین مقدار آن در ایستگاه کیاسر مشاهده شد که از بالادست رودخانه به سمت پایین‌دست با یه شیب تقریباً یکسان افزایش یافته بود. در فصل گرم بیشترین مقدار نیترات مربوط به ایستگاه اردشیرمحله (پایین‌دست شهر ساری) و کمترین آن مربوط به ایستگاه پایین‌دست سد سلیمان‌تنگه بود. مقدار آمونیوم همانند نیترات از بالادست به سمت پایین‌دست افزایش یافت و در فصل گرم بیشتر از فصل سرد بود. علت وجود این نوسانات و افزایش مقادیر نیترات در رودخانه تجن به‌خصوص



	1	2	3	4	5	6	7	8	9
فصل سرد	69.47	70.08	63.11	48.02	45.34	32.96	30.91	25.75	23.7
فصل گرم	57.91	64.21	55.68	40.56	36.62	25.82	21.6	19.68	16.35

شکل ۸- تغییرات شاخص IRWQIsc در ایستگاه‌های مورد مطالعه.

در ایستگاه‌های پایین‌دست و همچنین افزایش کمی این مقادیر در فصل گرم ورود فاضلاب‌های کشاورزی و فاضلاب‌های شهری و روستایی و افزایش نشت عوامل آلاینده بود. در فصل گرم به‌علت افزایش دما و افزایش کشاورزی و افزایش استفاده از کودهای نیتراته این مقادیر نسبت به فصل سرد افزایش یافت، افزایش دما باعث افزایش حلالیت نیترات در آب می‌شود. (شکل ۳). بیشترین مقدار فسفات همانند نیترات مربوط به ایستگاه‌های پایین‌دست رودخانه و کمترین مقدار آن مربوط به ایستگاه‌های بالادست بود. در فصل گرم، مقادیر کمی فسفات نسبت به فصل سرد کمی افزایش یافت. علت این افزایش در ایستگاه‌های پایین‌دست ورود فاضلاب‌های صنعتی، شهری، روستایی و کشاورزی، بقایای کودها، سموم شیمیایی و نشت فاضلاب به رودخانه است و همواره بیشتر از حداکثر مجاز ۰/۲ ppm بود (استاندارد ملی ایران ۱۰۵۳، ۱۳۸۸). رودخانه تجن با معضل ورود انواع پساب‌های کشاورزی و فاضلاب‌های شهری و صنعتی مواجه است (دریکوند و فرجی سینا، ۱۳۸۹). بعد از نمونه‌برداری از مسیر رودخانه مشاهده شد که میزان کدورت (Turbidity) در فصل گرم به‌طور میانگین افزایش یافته بود. در فصل سرد حداقل میزان کدورت ۲۷/۶۶ NTU مربوط به ایستگاه ۲ (پایین‌دست سد سلیمان تنگه) و حداکثر مقدار آن ۵۹۷ NTU، ایستگاه ۹ (مصب رودخانه تجن) بود. در فصل گرم حداقل میزان کدورت ۴۴/۳۳ NTU مربوط به ایستگاه ۲ و حداکثر مقدار آن ۶۷۹ NTU در ایستگاه مصب رودخانه تجن بود. به‌طورکلی میزان کدورت آب رودخانه تجن از استاندارد آب شرب WHO بالاتر رفته بود (شکل ۴).

مطابق استانداردهای بین‌المللی بهداشت حد مجاز سختی‌کل برای آب آشامیدنی ۵۰۰ و حد مطلوب آن ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر بر حسب کربنات کلسیم می‌باشد. مقدار سختی‌کل در فصل سرد بین ۲۳۳/۳۳ تا ۴۴۶/۶۶ میلی‌گرم در لیتر و در فصل گرم بین ۲۵۷/۶۶ تا ۴۳۰/۳۳ میلی‌گرم در لیتر متغیر بود. سختی کل از بالادست به سمت پایین‌دست رودخانه روند منظمی نداشت. تأسیسات، برداشت شن و ماسه، ورود فاضلاب‌های صنعتی، مزارع پرورش ماهی، کشاورزی، شالیزارها، فاضلاب‌های شهری و روستایی علت افزایش مقادیر کلسیم و منیزیم در رودخانه تجن بود (شکل ۵). هدایت الکتیریکی به‌شدت به دما حساس است و در دماهای بالاتر هدایت الکتیریکی بیشتر می‌شود. در مدت بررسی اختلاف معنی‌داری را نشان داد. مقدار EC در فصل سرد بین ۵۵۰ تا ۱۲۵۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر و در فصل گرم بین ۴۶۰

تا ۲۷۲۶/۶۶ میکروزیمنس بر سانتی‌متر متغییر بود (شکل ۲). در مطالعه حاضر، پارامتر pH در فصل سرد بین ۷/۸ تا ۸/۸ و در فصل گرم بین ۸/۵ تا ۸/۸ و در بازه قلیایی قرار داشت (شکل ۶). در اکثر ایستگاه‌ها اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. بر اساس استاندارد سازمان جهانی بهداشت، آب شرب باید فاقد هر گونه آلودگی به کلیفرم و کلیفرم مدفوعی در هر ۱۰۰ میلی‌لیتر نمونه باشد. بار آلودگی کلیفرم در طول رودخانه تجن در محدوده مورد مطالعه دارای نوسان بود و از بالادست به پایین‌دست افزایش یافت و در ایستگاه مصب در فصل سرد ۲۴۴۴ و در فصل گرم ۴۵۸۳,۳۳ MPN در ۱۰۰ میلی‌لیتر بود (شکل ۷). میزان کلیفرم مدفوعی در فصل گرم نسبت به فصل سرد افزایش یافته است.

نتایج حاصل از مطالعه شاخص IRWQIsc نشان داد که این شاخص برای تمام ایستگاه‌های رودخانه تجن در فصل سرد بین ۲۳/۷ تا ۷۰/۰۸ بوده و ایستگاه‌های بالادست رودخانه (کیاسر و بالا دست تجن) در کلاس توصیفی نسبتاً خوب (۷۰-۵۵/۱)، ایستگاه پایین‌دست سد سلیمان‌تنگه در کلاس توصیفی-کیفی خوب (۸۵-۷۰/۱)، ایستگاه‌های پایین‌دست کارخانه صنایع چوب و کاغذ مازندران و سنگتراشان در کلاس توصیفی متوسط (۵۵-۴۵)، ایستگاه‌های میان‌دست تجن و اردشیرمحله در کلاس توصیفی نسبتاً بد (۴۴/۹-۳۰) و ایستگاه‌های پایین‌دست رودخانه (پایین‌دست تجن و مصب رودخانه تجن) در کلاس توصیفی بد (۲۹/۹-۱۵) قرار گرفتند. در فصل گرم شاخص IRWQIsc بین ۶۴/۲۱ تا ۱۶/۳۵ بوده و ایستگاه‌های بالادست رودخانه (کیاسر، پایین‌دست سد سلیمان‌تنگه و بالادست تجن) در کلاس توصیفی نسبتاً خوب (۷۰-۵۵/۱)، ایستگاه‌های پایین‌دست کارخانه صنایع چوب و کاغذ مازندران و سنگتراشان در کلاس توصیفی نسبتاً بد (۴۴/۹-۳۰)، ایستگاه‌های میان‌دست تجن، اردشیر محله، پایین‌دست تجن و مصب رودخانه تجن در کلاس توصیفی بد (۲۹/۹-۱۵) قرار گرفتند. از بالادست رودخانه به سمت پایین‌دست عدد شاخص در هر دو فصل گرم و سرد روند نزولی داشت و شرایط عمومی کیفی رودخانه کاهش یافته بود. به‌طور کلی رودخانه تجن در فصل گرم در شرایط کیفی نامناسب‌تری نسبت به فصل زمستان قرار داشت زیرا در فصل گرم به‌علت افزایش دما، کاهش اکسیژن محلول، افزایش BOD، کدورت و افزایش ورود آلاینده‌های کشاورزی و شالیزارها قدرت خودپالایی رودخانه کاهش یافته بود (شکل ۸). علت قرارگیری آب رودخانه تجن در طبقه توصیفی-کیفی متوسط و بد و کاهش شاخص IRWQIsc، پارامترهای BOD، سختی کل، کدورت، نیترات، فسفر، هدایت الکتیریکی و کلیفرم مدفوعی بود. نتایج نشان داد که مقدار بالای BOD، مواد مغذی به‌خصوص فسفات و وجود کلیفرم مدفوعی ناشی از زه‌آب‌های کشاورزی (ناشی ازکاربرد کودهای شیمیایی و حیوانی)، دامداری، فعالیت‌های تفرجی و کارخانه پرورش ماهی در اطراف رودخانه روی کیفیت آب رودخانه تأثیرگذار است؛ به‌طوری که در ایستگاه‌های بالادست کیفیت مناسب‌تری مشاهده شد. همچنین بیشترین میزان آلودگی به‌دلیل فعالیت بیشتر صنعتی، ورود فاضلاب‌ها و پساب‌های شهر ساری به رودخانه در ایستگاه‌های انتهایی (۸ و ۹) بود.

بحث

عواملی مانند وجود مناطق بکر، غلظت کم اکثر پارامترها، شیب زیاد و فرسایش بیشتر خاک در نقاط بالادست و افزایش جمعیت، توسعهٔ صنعت و کشاورزی و تخلیهٔ فاضلاب در نقاط پایین‌دست ممکن است موجب افزایش آلاینده‌ها در نقاط انتهایی در مقایسه با نقاط ابتدایی رودخانه شده باشد (علیزاده و همکاران، ۱۳۹۶؛ Sakizadeh, 2015). این نتیجه با نتایج مطالعات قبلی (باطنی و همکاران، ۱۳۹۵؛ صادقی و همکاران، ۱۳۹۴؛ فرزاد کیا و همکاران، ۱۳۹۴؛ ملایی و همکاران، ۱۳۹۵؛ Sun *et al.*, 2016) مبنی بر سیر نزولی کیفیت آب از

بالادست منطقهٔ مطالعاتی به‌سمت پایین رودخانه همخوانی دارد. تمام این مطالعات بیان داشته‌اند که ممکن است با حرکت از بالادست به سمت پایین‌دست رودخانه به دلیل افزایش منابع آلاینده در مسیر رودخانه بر مقدار آلاینده‌ها اضافه شود و مقدار آلاینده‌ها در طی مسیر حالت تجمعی پیدا کنند به شکلی که قدرت خودپالایی رودخانه توان کاهش میزان آلودگی را به‌نحو مطلوب نداشته باشد. از این‌رو، در این مطالعه میزان آلودگی بیشتر در نقاط میانی و انتهایی علاوه بر دلایل ذکرشده قبلی می‌تواند به‌دلیل فعالیت‌های کشاورزی، صنعتی و تخلیهٔ فاضلاب باشد

نتایج تقریباً مشابهی در سایر مطالعات نیز گزارش شده است؛ به‌عنوان مثال زهتابیان و همکاران (۱۳۸۲)، بعد از مشخص کردن رودهای اصلی و فرعی موجود در دشت، اقدام به نمونه‌گیری آب در طول مسیر رودخانه جاجرود کردند. نتایج نشان داد که هر چه به سمت جنوب دشت می‌روند، از کیفیت آب رودخانه کاسته می‌شود که این موضوع به‌دلیل فاضلاب‌های کشاورزی، صنعتی، شهری و سازند های تبخیری بود. سپهرنیا و همکاران (۱۳۹۵) با بررسی ۱۸ پارامتر کیفی آب شرب شهرستان ری به نتیجه رسیدند که هفت پارامتر سختی کل، منیزیم، نیترات، سدیم، کلر و سولفات غلظت‌هایی بیش از حد مجاز استاندارد ملی ایران داشتند. طی مطالعه دیگر، صادقی و همکاران (۱۳۹۴)، با بررسی ۱۱ پارامتر کیفی آب در طول ۹ ایستگاه نمونه‌برداری به ارزیابی کیفیت آب رودخانهٔ زرینگل در استان گلستان با استفاده از شاخص‌های کیفی NSFWQI و IRWQIsc پرداختند. نتایج مطالعهٔ نشان داد که تمام ایستگاه‌ها طبق شاخص NSFWQIدر ردهٔ متوسط و طبق شاخص IRWQIsc در دو ردهٔ متوسط و نسبتاً خوب قرار گرفتند و کیفیت آب رودخانه برای کشاورزی مناسب بوده ولی برای مصارف شرب باید تصفیه شود که با نتایج این مطالعه تقریباً همخوانی ندارد. پارامترهای تأثیرگذار در کاهش مقدار شاخص NSFWQI پارامترهای کیفی TDS، FC، نیترات، کدورت، فسفر و درجه حرارت بودند و دلیل قرارگیری کیفیت آب در طبقهٔ متوسط مقدار نسبتاً بالای مواد مغذی به‌خصوص نیترات و FC بودند که از زه آب‌های کشاورزی، فعالیت‌های تفریحی، پرورش ماهی و دامداری در بالادست ایستگاه پایش منشأ گرفته‌اند. علیزاده و همکاران نیز (۱۳۹۶)، با بررسی پارامترهای pH ، DO، BOD و نیترات در ۶ ایستگاه در طول رودخانهٔ کن مشاهده کردند که میزان DO در طول رودخانه از ایستگاه ۱ تا ۶ به‌دلیل وجود توسعهٔ صنعتی و شهری مرتباً روند کاهشی، و میزان BOD به دلیل ورود خروجی‌های فاضلاب به رودخانه روند افزایشی داشته است. همچنین، غلظت نیترات به سمت ایستگاه‌های میانی افزایش و مجدداً به سمت ایستگاه‌های انتهایی کاهش یافته که نتایج مطالعات نامبرده تا حدود زیادی با نتایج این تحقیق همخوانی دارد. در مطالعه صباحی و همکاران (۱۳۸۹)، در زمینه بررسی تأثیر فعالیت‌های کشاورزی بر کیفیت آب رودخانه سیکان، همانند نتایج این مطالعه مقدار افزایشی در پارامترهای کیفی آب مانند BOD ، COD، فسفات و نیترات مشاهده شد. آن‌ها فعالیت‌های کشاورزی را به عنوان دلیل اصلی افزایش نسبی عوامل ذکر شده معرفی کردند. طبق مطالعه‌ای که مفتاح هلقی (۱۳۹۰) روی رودخانه اترک انجام داد، همانند رودخانه تجن اکسیژن محلول از بالادست به سمت پایین‌دست کاهش پیدا کرده بود.

نتایج مطالعه رودخانه تجن مشخص نمود، به‌دلیل ورود فاضلاب‌های شهری و روستایی، آلودگی تولیدی مربوط به دام‌ها و فضولات دامی و ورود فاضلاب کشاورزی، شالیزارها و کارخانه صنایع چوب و کاغذ مازندران دارای کلیفرم مدفوعی بالایی بود و کیفیت میکروبیولوژیکی مطابق استانداردهای آب شرب سازمان جهانی بهداشت نمی‌باشد و جهت شرب، آبیاری و سایر مصارف انسانی خطرناک است

(مهندسین مشاور طراحان البرز سبز، ۱۳۸۸). بنابراین مصرف و نوشیدن آب رودخانه تجن می‌تواند سلامت مصرف‌کنندگان را تهدید کند و موجب بروز بیماری‌های انتقالی از آب در میان ساکنین منطقه شود. سازمان‌های تأمین‌کننده آب باید اقدامات لازم جهت تأمین آب شرب فاقد آلودگی و جلوگیری از شیوع بیماری را به‌عمل آورند. نتایج این بررسی با مطالعه زرولی و همکاران (۱۳۹۲)، برای تعیین میزان آلودگی کلیفرم مدفوعی منابع آب برخی روستاهای شهرستان ساری مطابقت داشت. تغیرات غلظت نیترات در این تحقیق خلاف مطالعه Yin و همکاران (۲۰۰۰) و Harrisson و همکاران (۲۰۱۰) بیان داشتند که غلظت نیتریت و نیترات در فصل زمستان احتمالاً به‌دلیل بارندگی افزایش می‌یابد. نتایج تغییرات فسفات با نتایج حاجیان‌نژاد و رهسپار (۱۳۸۹)، که بر روی رودخانه زاینده‌رود در شهر اصفهان انجام داده بودند مطابقت داشت. با توجه به نتیجه پژوهش جداری عیوضی و همکاران (۱۳۸۹)، کدورت آب رودخانه کر بسیار کمتر از رودخانه تجن بوده است. دلیل افزایش کدورت آب رودخانه تجن را می‌توان ورود فاضلاب‌های شهری و روستایی و صنعتی مخصوصاً کارخانجات فصلی و پساب‌های کشاورزی و از همه مهم‌تر برداشت شن و ماسه از رودخانه بیان کردند. در بررسی شاخص کیفیت آب زیرزمینی در ایالت کارانتاکا نشان داد که در این آب‌ها مقدار منیزیم، کلرید و کل مواد جامد محلول (TDS) زیاد است و آب، "سخت " محسوب می‌شود (APHA, 2005). طبق مطالعه عبادتی (۱۳۹۳)، متوسط بی‌کربنات در آب رودخانه دز در ایستگاه‌های آب‌سنجی دزفول ۱۵۷/۸۲ میلی‌گرم در لیتر است که براساس مقایسه با استاندارد سازمان جهانی بهداشت، ۷/۸۲ میلی‌گرم یا ۰/۵ درصد از حد مجاز بیشتر است. در رودخانه‌ها سختی کل با ورود سرشاخه‌هایی که آب‌های زیرحوضه‌های دیگر را جمع می‌کنند، تغییر می‌کند (Fujivara *et al.*, 1988). ورود یون‌های مختلف در پسماند فاضلاب‌ها به رودخانه تجن باعث افزایش رسانایی الکتریکی در ایستگاه‌ها شد. این نتایج خلاف مطالعه نادری جلودار (۱۳۸۵) بر روی آلودگی ناشی از کارگاه‌های پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان روی پارامترهای کیفی آب رودخانه هراز بود، EC در منطقه مورد مطالعه در رودخانه هراز در محدوده نرمال بوده و منبع آلاینده‌های صنعتی در آن وجود ندارد. سلیمانی ساردو و همکاران (۱۳۹۲)، نشان دادند که در رودخانه چم‌انجیر خرم‌آباد، متغیرهای هدایت الکتریکی، سختی‌کل و کل مواد جامد محلول دارای روند صعودی و معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد می‌باشند. شکری و همکاران (۱۳۹۳)، در رودخانه گرگر نشان دادند که هدایت الکتریکی و کل مواد جامد محلول دارای روند صعودی و معنی‌دار بوده‌اند. مقدار متوسط هدایت الکتریکی آب رودخانه کارون در ملاثانی طبق مطالعه نامداری (۱۳۹۸)، از مقدار مجاز استاندارد سازمان بهداشت جهانی بیشتر بوده است که دلیل آن قرارگیری سازند زمین‌شناسی گچساران در بالادست رودخانه کارون به‌خصوص در محدوده سدهای گتوندعلیا و شهید عباسپور است. ترابی پوده و همزه‌زاده (۱۳۹۷)، در بررسی کیفیت شیمیایی آب و روند تغییرات پارامترهای کیفی در حوزه کشکان مقدار متوسط هدایت الکتریکی را ۵۷۶/۴۹ میکروموس بر سانتی‌متر گزارش کردند. عبدالهی و همکاران (۱۳۹۴)، دامنه تغییرات pH آب رودخانه تیره را بین را ۷/۲۸ تا ۸/۲۵ به‌دست آوردند. روندیابی سختی کل، هدایت الکتریکی و کل مواد جامد محلول بیانگر افزایش مقدار آن‌ها در طول دوره آماری است. pH رودخانه کارون در محدوده ملاثانی با متوسط ۷/۹۷ همانند اکثر رودخانه‌های ایران و جهان دارای خاصیت بازی اندکی است. یوسفی و همکاران (۱۳۹۵)، متوسط pH منابع آب سطحی حوزه هیو را ۷/۳ بیان کردند. متوسط pH آب رودخانه دز در محدوده شهر دزفول ۸/۰۲ است که نشان‌دهنده قلیایی بودن آب رودخانه است. براساس استاندارد سازمان جهانی بهداشت دامنه تغییرات مقدار pH آب رودخانه تجن در اکثر ایستگاه

ها در محدوده مطلوب قرار ندارد. Cheng (۲۰۰۸)، معتقد است که یکی از علل افزایشpH ، افزایش استفاده از آلکالین دترجنت‌ها و مواد آلکالین از فاضلاب‌های صنعتی است؛ ولی در محدودهٔ مطالعاتی شهر ساری احتمالا افزایش pH به‌دلیل وجود مناطق وسیع کشاورزی و استفاده از مواد شیمیایی مانند دترجنت‌ها است که از این نظر با نتایج Cheng تطابق مناسبی وجود دارد (Cheng *et al*., 2008). میزان pHدر فصل تابستان همواره بیشتر از زمستان است که بیانگر این است که افزایش دما و تبخیر آب و نیز کاهش دبی، pH آب را افزایش می‌دهد.

نتایج مطالعه حاضر در این زمینه با نتایج جاوید و همکاران (۲۰۱۴)، تحت عنوان ارزیابی وضعیت کیفی دریاچه سد دز با استفاده ازشاخص WQI مطابقت داشت. تحقیقات انجام شده Teraoka و Ogawa (۱۹۸۴) و Miller و همکاران (۱۹۸۴)، در مورد تغییرات کیفی آب رودخانه‌های تاکاهاشی و کاکیوکا در ژاپن و آمازون ویوکان در برزیل و همچنین جریان سطحی در ایالت نوادای آمریکا با استفاده ازشاخص NSFWQI نشان دادند که نحوه استفاده از زمین‌های اطراف رودخانه‌ها بر نوع و مقدار آلودگی و تغییرات آن اثرات قابل ملاحظه‌ای دارد. مطالعات زیادی در خصوص بررسی کیفیت آب رودخانه‌های متعدد در ایران و جهان انجام شده است که از جمله آن‌ها می‌توان به مطالعات زیر اشاره کرد: Samantray و همکاران (۲۰۰۹) با استفاده از شاخص NSFWQIکیفیت رودخانه‌های ماهانادیا و آتاوابانکی در هندوستان را بررسی نمودند. نتایج مطالعه نشان داد که کیفیت آب براساس شاخص مورد استفاده به‌دلیل فعالیت‌های انسانی و صنایع کاهش یافته است. ارزیابی و شناخت کیفیت آب رودخانه‌ها با استفاده از طبقه‌بندی شاخص مدیریت کیفیت آب IRWQIsc سبب ارائه نتایج دقیق‌تر و پیش‌بینی‌های سریع‌تر می‌گردد و این امکان را فراهم می‌نماید که با بیانی ساده بتوان کیفیت آب رودخانه را در ایستگاه‌های مختلف ارائه و طبقه‌بندی نمود (حسینی و همکاران، ۱۳۹۲).

نتیجه‌گیری

طبق استانداردهای آبزی‌پروری فقط ایستگاه‌های بالادست رودخانه تجن دارای مقادیر استاندارد تعیین شده بودند (دریکوند و فرجی سینا، ۱۳۸۹). شاخص کیفی IRWQIsc در اکثر موارد کمتر از ۷۰ اندازه-گیری شد. ایستگاه پایین‌دست سد سلیمان‌تنگه در زمستان و تابستان به‌علت مطلوب‌تر بودن مقادیر کدورت، DO، BOD و کلیفرم مدفوعی نسبت به دیگر ایستگاه‌ها وضعیت بهتری (خوب و نسبتاً خوب) داشت. ایستگاه‌های کیاسر و بالادست تجن در هر دو فصل و پایین‌دست سد سلیمان‌تنگه در فصل گرم دارای شرایط کیفی نسبتاً خوب بود. در ایستگاه پایین‌دست کارخانه صنایع چوب و کاغذ مازندران و سنگتراشان آب رودخانه در فصل سرد از سال کیفیت متوسط داشت. ایستگاه‌های ۴ و ۵ در فصل گرم و ایستگاه‌های ۶ و ۷ در فصل سرد در شرایط کیفی نسبتاً بد قرار گرفتند. ایستگاه‌های ۸ و ۹ در فصل سرد و ایستگاه‌های ۶، ۷، ۸ و ۹ در فصل گرم دارای وضعیت بد بودند. نتایج بررسی کیفیت شیمیایی آب رودخانه، به‌طورکلی نشان داد که هر چه زمین‌های کشاورزی به منابع آب‌های سطحی مورد مطالعه نزدیک‌تر باشند، آلودگی آب بیشتر است. مطالعه آلودگی‌های زیست‌محیطی در محدوده مورد مطالعه نشان داد که مهم‌ترین منشأ آلودگی در محدوده مورد مطالعه پساب کارخانه چوب وکاغذ مازندران، مزارع پرورش ماهی، فاضلاب شهر ساری، روستاهای اطراف و همچنین پساب شالیزارها، مزارع کشاورزی که حامل کودها و سموم دفع آفات نباتی است و برداشت بی‌رویه شن و ماسه از رودخانه بود و به‌علت حضور مواد آلی، اکسیژن محلول نیز کاهش می‌یابد. رودخانه‌ها تا حدی توان خودپالایی دارند که این مسئله می‌تواند باعث از بین رفتن بسیاری از آلاینده‌ها شود. بنابراین باید اقداماتی صورت گیرد که این توان خودپالایی رودخانه تجن احیاء شده و افزایش یابد، که جز با حفظ و

نگهداری این منبع ارزشمند و جلوگیری از آلودگی آن به‌خصوص با پساب‌های کشاورزی و فاضلاب‌های خانگی و صنعتی و جلوگیری از برداشت بی‌رویه شن و ماسه از رودخانه امکان‌پذیر نیست. درصورتی که برنامه بلند مدتی جهت اصلاح الگوی مصارف صنعتی و کشاورزی و دفع پساب‌های صنعتی، شهری و کشاورزی و جلوگیری از برداشت مصالح رودخانه‌ای تمهیدات و فرهنگ‌سازی لازم تحقق نیابد، علاوه بر تخریب منابع زیستی، بهداشت و سلامت مردم جامعه نه تنها در استان مازندران بلکه در بسیاری از استان‌های دیگر به‌دلیل صدور محصولات کشاورزی و صیادی به خطر خواهد افتاد.

.

منابع

استاندارد ملی ایران، ۱۰۵۳ . آب آشامیدنی-ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی. ۱۳۸۸ .موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. تجدید نظر پنجم.

باطنی ف.، فاخران اصفهانی س.، سفیانیان ع.ر.، میرغفاری ن. ۱۳۹۵. اثر تغییرات الگوی مکانی سیمای سرزمین بر کیفیت آب رودخانه زاینده رود. نشریه محیط زیست طبیعی. ۶۹(۱): ۲۰-۱.

بانژاد ح.، عبدالصالحی س.ا.، زارع ابیانه ح. ۱۳۸۸. مطالعه و بررسی کیفی و کمی آب رودخانه قزل‌اوزن (استان زنجان)، از نظر توانایی تشکیل رسوب و خورندگی و ارائه راهکارهایی جهت استفاده در بخش کشاورزی،یازدهمین کنگره ملی خوردگی ایران، تهران.

ترابی پوده ح.، همه زاده پ. ۱۳۹۷. بررسی کیفیت شیمیایی آب و روند تغییرات پارامترهای کیفی در حوضه ی کشکان. اکوهیدرولوژی. ۵(۱): ۳۶-۲۳.

جاوید ا.ح.، میرباقری س.ا.، کریمیان آ. ۱۳۹۳. ارزیابی وضعیت کیفی آب دریاچه های سدهای بزرگ با استفاده از شاخص WQIو TSI (مطالعه موردی دریاچه سد دز). نشریه اکوبیولوژی تالاب. ۶(۳): ۳۸-۲۷.

جداری عیوضی ج.، مقیمی ا.، یمانی م.، محمدی ح.، عیسایی ا. ۱۳۸۹ .تأثیر عوامل اکوژئومورفولوژیک بر کیفیت شیمیایی آب (مطالعه موردی: رودخانه کر و دریاچه سد درودزن). مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی. ۳۰: ۵۵.

حاجیان نژاد م.، رهسپار ا. ۱۳۸۹ .بررسی تأثیر روان آب ها و پساب تصفیه‌خانه فاضالب بر پارامترها کیفی آب رودخانه زاینده‌رود. مجله تحقیقات نظام سلامت. ۶: ۴۵۰.

حسین زاده ه، خرسندی ح، رحیمی ن، حسین زاده س.، علیپور م. ۱۳۹۲. ارزیابی کیفیت آب آبدوقموش با استفاده از شاخص های کیفیت (NSFWQI) و شاخص آلودگی لیو. مجله مطالعات علوم پزشکی.۲۴(۲): ۱۶۲-۱۵۶.

حسینی پ.، ایلدرومی ع.ر، حسینی ع.ر. ۱۳۹۲. بررسی کیفیت آب رودخانه ی کارون با استفاده از شاخص NSFWQI در بازه زرگان تا کوت امیر (طی ۵ سال). فصلنامه انسان و محیط زیست. ۱۱(۲): ۱۱-۱.

خارا ح.، مظلومی ش.ع.، نظامی ع.، اکبرزاده س.، قلی‌پور م. ۱۳۹۰. کیفیت آب رودخانه اشمک (استان گیلان). نشریه فن آوری‌های نوین در توسعه آبزی‌پروری. ۵(۳): ۴۱-۵۴.

دریکوند ا.، فرجی سینا ک، ۱۳۸۹. بررسی و مطالعه کیفیت آب رودخانه سفیدرود از دیدگاه توان خودپالایی رودخانه، چهارمین همایش و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط زیست، تهران، صفحات ۹-۲ و ۵-۳.

ززولی م.ع.، برافراشته پور م.، قلندری و. ۱۳۹۲. تغییرات زمانی و مکانی غلظت نیترات و نیتریت منابع آب آشامیدنی شهرستان کهگیلویه با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی .(GIS) مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران. ۲۳(۱۰۹): ۲۶۳-۲۵۸.

زهتابیان غ.، رفیعی امام ع.، علوی پناه س.ک.، جعفری م. ۱۳۸۲. بررسی کیفیت آب رودخانه جاجرود در ورامین. بیابان. ۸(۲): ۱۷۷-۱۶۴.

سپهرنیا ب.، نبی زاده ر.، محوی ا.ح.، ناصری س. ۱۳۹۵. تجزیه و تحلیل کیفیت آب آشامیدنی شبکه‌های توزیع شهرستان ری با استفاده از نرم افزار IWQIS. فصلنامه سلامت و محیط زیست، ۹(۱): ۱۱۴-۱۰۳.

سعیدی م.، کرباسی ع.، مهردادی ن. گیتی پور س.، حاجی زاده ذاکر ن. ۱۳۸۲. رفتار Fe و Zn , Pb , Cd , Ni , Co , Mn و Cu در رسوبات بستر و ذرات معلق رودخانه تجن هنگام اختلاط با آب دریای خزر. نشریه محیط شناسی. ۳۱: ۳۱-۲۱.

سلیمانی ساردو م.، و ولی ع.، قضاوی ر.، سعیدی گراغانی ح. ۱۳۹۲. آنالیز و روندیابی پارامترهای کیفیت

شیمیایی آب, مطالعه موردی رودخانه چم انجیر خرم آباد. مهندسی آبیاری و آب ایران. ۳(۱۲): ۱۰۶-۹۵.
شریف دینی ن.گ.، امیر نژاد ر.، صائب ک. ۱۳۹۳. پهنه بندی کیفی آب رودخانه دوهزار تنکابن بر اساس شاخص NSFWQI با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS). مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران ۲۴(۱۱۹): ۳۹-۲۹.
شریفی م.ب.، شهیدی پور س.م.ه. ۱۳۸۵. تحلیل سیستم های منابع آب. مشهد: انتشارات دانشگاه مشهد. ۷۴۲ صفحه.
شکری س.، هوشمند ع.، معاضد ه. ۱۳۹۳. بررسی کیفیت شیمیایی آب رودخانه گرگر بوسیله روش های گرافیکی و تحلیل آماری چند متغیره. اکوبیولوژی تالاب. ۶(۲۰).
صادقی م.، بای ا.، بای ن.، سفلایی ن.، مهدی نژاد م.ه، ملاح م. ۱۳۹۴. تعیین وضعیت کیفیت آب رودخانه زرین گل استان گلستان با توجه به شاخص های کیفی آب. فصلنامه بهداشت در عرصه. ۳(۳): ۳۳-۲۷.
صباحی ح.، فیضی م.، ویسی ه.، سیلان ک.س. ۱۳۸۹. بررسی تاثیر فعالیت های کشاورزی بر کیفیت آب رودخانه سیکان. فصلنامه علوم محیطی. ۷(۴): ۲۳.
عبادتی ن.، هوشمندزاده م. ۱۳۹۳. بررسی کیفیت آب رودخانه دز در ایستگاه آب سنجی دزفول. اکوهیدرولوژی. ۱(۲): ۸۹-۶۹.
عبدالهی م.، قشلاقی ا.، عباس نژاد ا. ۱۳۹۴. هیدروژئوشیمی زیست محیطی منابع آب زیرزمینی دشت راور (شمال استان کرمان). فصلنامه محیط شناسی. ۴۱(۱): ۹۵-۸۱.
علیزاده م.، میرزایی ر.ا.، کیا س.ح. ۱۳۹۶. بررسی روند مکانی شاخص های کیفی آب در حوضه رودخانه های کن و کرج. مهندسی بهداشت محیط. ۴(۳): ۲۵۳.
فرزادکیا م، ناصری س، رضایی کلانتری ر، اصغرنیا ح.ع گوهری م.ر، اسرافیلی ع، دادبان شهامت ی، قنبری ن.ا. ۱۳۹۴. پهنه بندی کیفی آب رودخانه بابلرود بر مبنای شاخص کیفی NSFWQI و نرم افزار GIS. مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران. ۲۵(۱۳۴)، ۳۶۲-۳۵۷.
کاویان ع.، اسلامی پریخانی ه.، حبیب نژاد م. ۱۳۹۴. تغییرپذیری مکانی کیفیت آب رودخانه هراز در جهت پایین دست. مجله علوم و مهندسی آبخیزداری ایران. ۱۰(۳۲): ۸۲-۷۷.
گیلانی ف. نوروزی م. فغانی ح. ۱۳۹۲. ارزیابی فون ماکروبنتوزهای رودخانه تجن در محدوده کارخانه چوب و کاغذ مازندران، ساری. مجله شیلات. ۷(۴): ۴۴-۳۷.
محمدلو ع. ۱۳۸۹. فرآیند تصفیه آب و پساب کارخانه چوب و کاغذ مازندران. چهارمین همایش تخصصی مهندسی محیط زیست. تهران. دانشگاه تهران، دانشکده محیط زیست.
مفتاح هلقی م. ۱۳۹۰. پهنه‌بندی کیفی آب با استفاده از شاخص‌های متفاوت کیفی (مطالعه موردی: رودخانه اترک). پژوهش‌های حفاظت آب وخاک (علوم کشاورزی و منابع طبیعی). ۱۸(۲): ۲۲۰-۲۱۱.
ملایی توانی س.، گودینی ح.، مهرعلی ع.، شریفی عرب غ.، آشوری ش.، علیان نژاد ن. ۱۳۹۵. بررسی وضعیت فعلی تصفیه آب آشامیدنی با کیفیت عرضه شده به سیستم توزیع و نقش شرکت آب و فاضلاب و توزیع شبکه و بهبود کیفیت آن مطالعه موردی در شهر شاهرود. مجله مهندسی بهداشت محیط. ۳(۴): ۳۱۲-۲۹۸.
مهندسین مشاور، طراحان البرز سبز، ۱۳۸۸. مطالعات کمی و کیفی منابع آب در محدوده دشت آستانه-کوچصفهان، جلد اول و دوم.
میرزایی م.، نظری ع.ر.، یاری. ع. ۱۳۸۴. پهنه بندی کیفی رودخانه جاجرود. مجله محیط شناسی. ۳۱(۳۷): ۲۶-۱۷.
نادری جلودار م.، اسماعیل ساری ع.، احمدی م.ر.، سیف آبادی ج.، عبدلی ا. ۱۳۸۵. بررسی آلودگی ناشی از کارگاه های پرورش ماهی قزل آلای رنگین کمان بر روی پارامترهای کیفی آب رودخانه هراز. علوم محیطی. ۴(۲): ۳۶-۲۱.
نامداریف ح.، هوشمندزاده م. ۱۳۹۸. روند یابی وتحلیل آماری کیفیت آب رودخانه کارون در ایستگاه آبسنجی ملاثانی. اکوبیولوژی تالاب. ۱۱(۱): ۲۲-۵.
نصیراحمدی ک.، یوسفی ذ.، ترسلی ا. ۱۳۹۱. پهنه بندی کیفیت آب رودخانه هراز بر اساس شاخص NSFWQI. مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران. ۲۲(۹۲): ۷۱-۶۴.
یوسف زاده ع.، شمس خرم آبادی ق.ر.، گودینی ح.، حسین زاده ا.، صفری م. ۱۳۹۲. بررسی کیفیت آب رودخانه خرم رود خرم آباد با شاخص کیفیت آب (NSFWQI) و پهنه بندی آن با سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS). فصلنامه یافته. ۱۵(۵): ۹۲-۸۲.
یوسفی ح.، محمدی ع.، نورالهی ی.، ساداتی نژاد س. ۱۳۹۵. ارزیابی کیفی منابع آب سطحی حوضه‌ی آبخیز هیو. اکوهیدرولوژی. ۳(۲): ۱۴۹-۱۴۱.
APHA, Awwa. WPCF, (1995). Standard methods for the examination of water and

wastewater. American Public Health Association/American Water Works Association/Water Environment Federation, Washington DC, USA.

APHA, AWWA, WPCF. 2005. Standard Methods for Examination of Water and Waste Water, 21th Ed. American Public Health Association: Washington.

Curtis G. 2001. Oregon water quality indexes are a tool for evaluating water quality management effectiveness. *American Water Resources Association* 37(1), 76-83.

Damian A., Magdalena M. 2007. Changes in water quality and runoff in the Upper Oder River Basin. *Journal of Geomorphology* 92(3-4), 106-118.

Fujivara O., Puangmaha W., Hanaki K. 1988. River basin water quality management in a stochastic environment, *Journal of Environment Engineering* ASCE 114, 864-877.

Karbasi A., Bayati A. Nabibidhendi G. 2006. Investigated of Pollution intensity of heavy metals in The Shafaroud river sediments. *Journal of Environmental Studies* 39(32), 41-48.

Laura M.M., Casaux R., Archangelsky M., Di Prinzio C.Y., Brand C., Kutschker A.M. 2011. Assessing land-use effects on water quality, in-stream habitat, riparian ecosystems, and biodiversity in Patagonian northwest streams. *Journal of Science of the Total Environment* 409(3), 612-624.

Miller W.W., Guitjens J.C., Mahannah C.N. 1984. Water quality of irrigation and surface return flows from flood-irrigated pasture and alfalfa hay. *Journal of Environmental Quality* 13(4), 543- 54.

NSF, 2003. National Sanitation Foundation. http//www.Nsfconsumer.org/environment/ wqi. Asp.

Sakizadeh M. 2015. Assessment the performance of classification methods in water quality studies, A case study in Karaj River. *Environmental Monitoring and Assessment* 187(9), 1-12.

Salajegheh A., Razavizadeh S., Khorasani N., Hamidifar M., Salajegheh S. 2011. Land use change and its impacts on water quality in the river (case study: Karkheh basin). Journal of Environmental Studies 37(58), 81-86.

Samantray P., Mishra B.K., Panda C.R., Rout, S.P. 2009. Assessment of water quality index in Mahanadi and Atharabanki Rivers and Taldanda Canal in Paradip area, India. *Journal of Human Ecology* 26(3), 153-161.

Shapouri M., Zolriasatein N., Azaryad H. 2010. Rapid assessment of Gorgan River water quality based on biological parameters. *Journal of Sciences and Techniques in Natural Resources* 5(3), 115-129.

Shokoohi R., Hoseinzadeh E., Alipour M., Hoseinzadeh S. 2011. Evaluation Aydughmush River quality parameters changes and Wilcox index calculation. *Rasayan Journal of Chemistry* 4(3), 673-680.

Silvia F., Pesce M., Daniel A., Wunderlin M. 2000. Use of water quality indices to verify the impact of Córdoba City (Argentina) on Suquía River. *Water Research* 34(11), 2915-2926.

Sun W., Xia C., Xu M., Guo J., Sun G. 2016. Application of modified water quality indices as indicators to assess the spatial and temporal trends of water quality in the Dongjiang River. *Ecological Indicators* 66, 306-312.

Teraoka H., Ogawa M. 1984. Behavior of elements in the Takahashi, Japan River basin. *Journal of Environmental Quality* 13(3), 453-59.

Tu J. 2011. Spatially varying relationships between land use and water quality across an urbanization gradient explored by geographically weighted regression. *Journal of Applied Geography* 31(1): 376-392.

Wetzel R.G. 2001. Limnology: lake and river ecosystems. Gulf professional publishing.

Zamani M. Sadoddin A. Garizi AZ. 2013. Assessing Land Cover/ Land Use Change and its Impacts on Surface Water Quality in the Ziarat Catchment, Golestan Province-Iran. *Hydrology*: *Current Research*.

Evaluation of water quality of Tajan River using IRWQIsc index

Faeze Delbari[1], Kamran Rezaei Tavabe[*1], Alireza Mirvaghefi[1], Ahmad Reza Lahijanzade[2], Masoud Bagherzade Karimi[3]. Erfan Salmroodi[1]

[1]Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.
[2]Environmental Protection Organization, Tehran, Iran.
[3]Consultant of National Water & wastewater Engineering Company, Tehran, Iran.
*Corresponding author: krtavabe@ut.ac.ir
Received: 2022/11/18 Accepted: 2022/12/3

Abstract

River water is used for various purposes more than water from any other source. This study was designed and implemented to evaluate the water quality of the Tajan River by the Iran Surface Water Quality Index (IRWQIsc). Considering the establishment of polluting sources on the banks of the Tajan River (various agricultural, industrial, urban and domestic wastewaters), sampling was done at 9 stations with 3 repetitions in two seasons (January 2021 and June 2021), and 11 water quality parameters including; BOD5, COD, ammonium, nitrate, phosphate, turbidity, pH, fecal coliform, electrical conductivity, dissolved oxygen and total hardness were measured using standard methods in the laboratory. In the present study, the average amount of BOD5, COD, ammonium, nitrate, phosphate, turbidity, pH, fecal coliform, and electrical conductivity increased in both seasons from upstream to downstream stations, dissolved oxygen in both seasons from above It decreased downstream and the total hardness did not have a regular trend from upstream to downstream. The results of the study of the IRWQIsc index showed that this index was between 23.7 and 70.08 in the cold season and between 64.21 and 16.35 in the hot season for all the stations of the Tajan River. In general, the water of the Tajan River was placed in the descriptive-qualitative class of medium and bad, and the closer the agricultural lands were to the studied stations, the more the water pollution was. The most important source of pollution in the study area; Indiscriminate harvesting of sand and paper mills in Mazandaran, fish breeding farms, animal husbandry, sewage of Sari city, surrounding villages, effluents of paddy fields, and agricultural fields. In this regard, attention to the comprehensive management of water resources and assessment of environmental effects should be prioritized.

Keywords: Tajan River, IRWQIsc index, Descriptive-qualitative, Pollution.