Journal of Research in Environmental Health
Volume10, Issue1, Spring 2024

Assessment of the Water Quality of Tajan River (Sari) Using NSFWQI and IRWQISC Quality Indices

Niusha Ketabi
Department of Environmental Engineering, Faculty of Civil, Water and Environmental Engineering, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.
Mojtaba Dadkhah
Department of Environmental Engineering, Faculty of Civil, Water and Environmental Engineering, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.
Ali Moridi
* Department of Environmental Engineering, Faculty of Civil, Water and Environmental Engineering, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran. (Corresponding Author)
a_moridi@sbu.ac.ir
Reza Khalili
Department of Water, Wastewater and Environmental Engineering, Faculty of Civil, Water and Environmental Engineering, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.

Received: 2023/08/19
Accepted: 2023/12/26
Doi: 10.22038/jreh.2024.24339

Abstract

Background and Purpose: Surface water pollution has been recognized as a severe threat to human health and the environment in recent decades, underscoring the importance of investigating water quality conditions.
Materials and Methods: This study aims to assess the water quality of the Tajan River employing the National Sanitation Foundation Water Quality Index and the Iranian Surface Water Quality Index. Twelve water quality parameters, including pH, Total Suspended Solids, Electrical Conductivity, Turbidity, Nitrate, Phosphate, Ammonia, Chemical Oxygen Demand, Biochemical Oxygen Demand, Dissolved Oxygen, Water Temperature, and Total Coliforms, were measured at three stations across four distinct seasons.
Results: According to the IRWQI-SC index, the poorest water quality was observed at the downstream station during the winter season, registering a value of 38, while the highest index value occurred at the upstream station during the spring season, reaching 84.6. Additionally, based on the NSFWQI index, the upstream station during the spring season displayed the most favorable water quality with an index value of 80.7, whereas the lowest water quality condition was noted at the downstream station in the winter season, with a value of 46.9. Both water quality indices categorized the upstream station as exhibiting good water quality suitable for various purposes. Nevertheless, water quality degradation was evident along the river course owing to the influx of agricultural and sewage effluents, with more pronounced alterations observed during winter.
Conclusion: The water quality of the Tajan River has undergone significant changes due to the influx of agricultural effluents and sewage, posing a threat to human health and environmental well-being. Addressing this issue necessitates effective wastewater management and the preservation of the Tajan River as a vital freshwater resource.

Keywords: Tajan River, Water Quality Index, NSFWQI, IRWQISC

Open Access Policy: This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. To view a copy of this licence, visit https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

Citation: Ketabi N, Dadkhah M, Moridi A, Khalili R. Assessment of the Water Quality of Tajan River (Sari) Using NSFWQI and IRWQISC Quality Indices *Iranian Journal of Research in Environmental Health*. Spring 2024; 10(1):96-109.

ارزیابی کیفیت آب‌رودخانه تجن (ساری) با استفاده از شاخص‌های کیفی NSFWQI وIRWQISC

نیوشا کتابی
دانشجوی کارشناسی‌ارشد، گروه مهندسی عمران، دانشکده عمران و محیط‌زیست، دانشگاه شهیدبهشتی، تهران، ایران.
مجتبی دادخواه تهرانی
دانشجوی کارشناسی‌ارشد، گروه مهندسی عمران، دانشکده عمران و محیط‌زیست، دانشگاه شهیدبهشتی، تهران، ایران.
علی مریدی
* استادیار، گروه مهندسی عمران، دانشکده عمران و محیط‌زیست، دانشگاه شهیدبهشتی، تهران، ایران. (نویسنده مسئول):
a_moridi@sbu.ac.ir
رضا خلیلی
دانشجوی دکترا، گروه مهندسی عمران، دانشکده عمران و محیط‌زیست، دانشگاه شهیدبهشتی، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۵/۲۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۰۵

نوع مقاله: پژوهشی

چکیده

زمینه و هدف: آلودگی آب‌سطحی در دهه‌های اخیر به‌عنوان یک تهدید جدی برای انسان و محیط‌زیست تلقی می‌شود، به همین دلیل بررسی شرایط کیفیت آب از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

مواد و روش‌ها: این پژوهش با هدف ارزیابی کیفیت آب‌رودخانه تجن با استفاده از شاخص‌های کیفی سازمان بهداشت ملی آمریکا (NSFWQI) و شاخص کیفیت آب سطحی ایران (IRWQISC) انجام گرفته است. در این مطالعه ۱۲ پارامتر کیفی آب شامل pH، مجموع مواد جامد معلق (TSS)، هدایت الکتریکی (EC)، کدورت (NTU)، نیترات، فسفات، آمونیاک، اکسیژن‌خواهی شیمیایی (COD)، اکسیژن‌خواهی بیوشیمیایی (BOD)، اکسیژن محلول (DO)، دمای آب و کلیفرم مدفوعی در چهارفصل مختلف در سه ایستگاه اندازه‌گیری شده است.

یافته‌ها: بر اساس نتایج شاخص IRWQISC ، بدترین وضعیت کیفیت آب در ایستگاه پایین‌دست و در فصل زمستان با مقدار ۳۸ و بهترین مقدار شاخص برای ایستگاه بالادست در فصل بهار با ۸۴/۶ رخ داده است. همچنین بر اساس شاخص NSFWQI ایستگاه بالادست در فصل بهار با مقدار شاخص ۸۰/۷ بهترین شرایط کیفی آب را دارد و در مقابل بدترین وضعیت کیفیت آب در ایستگاه پایین‌دست در فصل زمستان با مقدار ۴۶/۹ برآورد شده است. در محاسبه شاخص‌های کیفیت آب در هر دو شاخص کیفیت آب در ایستگاه بالادست خوب تلقی شده و از آن می‌توان در مصارف مختلف استفاده نمود. با پیشروی در طول مسیر رودخانه کیفیت آب با ورود فاضلاب و پساب کشاورزی به رودخانه افت می‌کند. این تغییرات در کیفیت آب در فصل زمستان شدیدتر بوده است.

نتیجه‌گیری: کیفیت آب‌رودخانه تجن در اثر ورود پساب کشاورزی و فاضلاب به این رودخانه دستخوش تغییرات بسیاری شده است. این موضوع علاوه بر آسیب به سلامت انسان، محیط‌زیست را نیز دچار آسیب می‌کند. حل این مسئله نیازمند مدیریت صحیح فاضلاب و همچنین حفاظت این رودخانه به‌عنوان یک منبع تامین آب شیرین می‌باشد.

کلیدواژه‌ها: رودخانه تجن، شاخص کیفیت آب، شاخص NSFWQI، شاخص IRWQISC

استناد: کتابی ن، دادخواه تهرانی م، مریدی ع، خلیلی ر. ارزیابی کیفیت آب‌رودخانه تجن (ساری) با استفاده از شاخص‌های کیفی NSFWQI وIRWQISC . فصلنامه‌ی پژوهش در بهداشت محیط. بهار ۱۴۰۳؛۱۰(۱)؛۹۶- ۱۰۹.

مقدمه

منابع آب سالم پیش‌نیاز اصلی و ضروری برای حفظ محیط‌زیست و گسترش و پیشرفت اقتصادی، اجتماعی و سیاسی کشور می‌باشد. رودخانه‌ها به‌عنوان یکی از مهم‌ترین منابع سطحی تامین و انتقال آب برای مصارف کشاورزی، صنعتی و شهری به‌حساب می‌آیند. حفظ کیفیت منابع آب در راستای تامین آب شرب، ایجاد اکوسیستم ایمن برای آبزیان و حیات‌وحش، سلامت خاک و گیاهان ارتباط مستقیم باکیفیت آب رودخانه‌ها دارد، زیرا آب به‌دلیل قدرت حلالیت بالایی که دارد تمام عناصر موجود در مسیر رودخانه‌ها را در خود حل کرده و تا فواصل دور و غیرقابل‌پیش‌بینی منتقل می‌کند. امروزه در راستای مدیریت موارد ذکر شده از شاخص-های کنترل کیفی آب استفاده می‌شود که ازجمله شاخص‌های کیفی پرکاربرد و ساده در حال حاضر در دنیا، شاخص NSFWQI است که به دلیل قابل‌فهم بودن نقش بسیار مهمی در بررسی کیفی آب‌ها ایفا می‌کند (۱). مبنای اصلی این شاخص تنها بر پایه‌ی اندازه‌گیری ۹ پارامتر است. شاخص NSFWQI نخستین بار در سال ۱۹۷۰ مطرح شد و استفاده از آن همواره دید مناسبی از وضعیت کیفی آب‌های سطحی و رودخانه‌ها به ما می‌دهد.

میرزایی و همکاران در سال ۲۰۱۶ تحقیقی بر روی کیفیت آب‌های سطحی با استفاده از شاخص NSFWQI و ارزیابی خط آلودگی با شاخص WRASTIC انجام دادند که نتایج نشان داد کیفیت آب رودخانه مورد بررسی تنها در ایستگاه ۱ (مورکان) در رده‌ی متوسط بوده و در سایر ایستگاه‌ها در تمام فصول دارای کیفیت بد است (۲).

آقاجان‌لو و همکاران در سال ۱۴۰۰ به بررسی کیفیت رودکارون با استفاده از شاخص NSFWQI پرداختند. نتایج حاکی از آن بوده است که شاخص رودخانه در تمامی ماه‌های سال متوسط بوده اما در ماه‌های فروردین، اردیبهشت، آبان و دی ۱۳۹۲ به رده‌ی بد نزول کرده است. همچنین نتایج نشان داد به دلیل سیستم‌های بهداشتی نامناسب، تخلیه فاضلاب‌های تصفیه‌نشده و حضور کنترل‌نشده دام‌ها در حاشیه رودخانه میزان کلیفرم مدفوعی به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای نسبت به استاندارد سازمان جهانی بهداشت[1] افزایش دارد (۳).

در تحقیقی که توسط شکوهی و همکاران به‌منظور بررسی کیفیت آب دریاچه سد آیدغموش و تعیین میزان غلظت نیترات، نیتریت، فسفات و آمونیاک و تعیین بیلان انجام شده است، نتایج حاصل از محاسبه بیلان موادمغذی نشان داد که غلظت نیترات، نیتریت، فسفات و آمونیاک در ورودی بیشتر از خروجی سد است. آب‌دریاچه سد آیدغموش برای مصارف مختلف مناسب دانسته شد (۴).

گودرزی در یک مطالعه بر روی رودخانه‌ی قره‌چای واقع در استان مرکزی و جمع‌آوری داده‌ها بر اساس شاخص‌های کیفیت IRWQI, NSFWQI, OWQI و استفاده از شبکه عصبی مصنوعی، شش ایستگاه پایش آلودگی شناسایی شد که به دلیل انباشته شدن آلودگی‌ها این ایستگاه‌ها در پایین‌دست قرار دارند. نتایج به‌دست‌آمده به مدیران کمک کرده تا با دقت بیشتر و هزینه‌ی کمتری عملیات پایش رودخانه را انجام دهند (۵).

سیلوا و همکاران در مطالعه‌ای بر منابع آب‌سطحی و زیرزمینی در حوضه رودخانه دوئرو[2] در اسپانیا به بررسی کیفیت شیمیایی ۹۷ منبع آبی در فصل خشک پرداخت. در این مطالعه شاخص NSFWQI برای ۳۵ سایت آب‌سطحی استفاده شد. بر اساس این شاخص آب تمامی چشمه‌ها به‌جز چشمه‌ی کاراپان[3] آلوده و غیرقابل آشامیدن شناسایی شد. به دلیل فعالیت‌های کشاورزی ۷۵ درصد از سایت‌ها آلوده و سایر آن‌ها کمی آلوده معرفی شده‌اند. مقایسه غلظت نیترات طی ۲۰ سال گذشته نشان‌دهنده‌ی افزایش چشم‌گیر موادمغذی در رودخانه است. نتیجه‌ی نهایی حاکی از آن است که علی‌رغم بیلان مثبت، بدترشدن روزافزون کیفیت آب رودخانه منجر به بهره‌برداری بیش از حد از سفره آب‌زیرزمینی خواهد شد (۶).

یدو و همکاران به بررسی سلامت اکولوژیکی رودخانه کامبال[4] در هند توسط شاخص‌های NSFWQI, CTSI, SDI پرداختند. نتایج نشان داد که سلامت اکولوژیکی در محدوده ۲-۱ و خوب بوده پس می‌توان از آن برای مصارف آبیاری و

[1] World Health Organization (WHO)
[2] Duero
[3] Carapan
[4] Chambal

پرورش آبزیان و غیره به‌جز مصارف شرب استفاده کرد. سلامت اکولوژیکی فعلی رودخانه نیز باعث جذب تعداد زیادی از پرندگان و آبزیان غیربومی شده است (۷).

دهقانی و همکاران به ارزیابی کیفیت آب‌رودخانه قهرود کاشان با استفاده از شاخص NSFWQI در ۵ ایستگاه مختلف از مهر ۱۳۹۳ تا شهریور ۱۳۹۴ و پهنه‌بندی آن توسط GIS پرداختند. نتایج نشان داد که شاخص در هر ایستگاه در تابستان کمتر از سایر فصول است و همچنین با افزایش فاصله بین منبع رودخانه و ایستگاه آلودگی افزایش میابد. قابل ذکر است که این منطقه در بهار یک تفرجگاه محسوب شده و از اطراف رودخانه به‌عنوان مرتع استفاده می‌شود پس بررسی کیفیت آب در این بازه‌ی زمانی موضوع بسیار مهمی است (۸).

آلفایو و همکاران محققانی هستند که برای اولین بار از شاخص NSFWQI برای بررسی کیفیت آب‌رودخانه Ruvu در تانزانیا استفاده کرده‌اند. شاخص کلی به‌دست‌آمده ۵۳/۲ بود که کیفیت آب‌رودخانه را در محدوده متوسط قرارداد. همچنین مشخص شد به‌دلیل تخلیه‌ی فاضلاب‌های خانگی و صنعتی تصفیه‌نشده پارامترهای DO, BOD, FC بیشتر از سایر پارامترها تحت تأثیر قرارگرفته‌اند، درنتیجه مدیریت منطقه‌ای و تصفیه‌ی پساب‌های صنعتی و خانگی پیشنهاد شد (۹).

درویشی و همکاران در پژوهشی به بررسی کیفی رودخانه تالار در مازندران در سه ایستگاه بالادست میان‌دست و پایین‌دست در دو دوره فصول مرطوب و فصول خشک با استفاده از سه شاخص مختلف OWQI, NSFWQI, Wilcox پرداختند. نتایج در این سه شاخص متفاوت بود. شاخص OWQI نشان داد مقادیر در هر ۳ ایستگاه و هر دو دوره در رده کیفیت خیلی بد قرارگرفته و غیرقابل‌شرب می‌باشد. بر اساس NSFWQI بهترین وضعیت مربوط به ایستگاه بالادست در دوره‌ی مرطوب و بدترین وضعیت مربوط به پایین‌دست در دوره‌ی مرطوب بوده است. همچنین نتایج شاخص Wilcox حاکی از آن بود که کیفیت آب در هر دو دوره از ایستگاه بالادست به پایین‌دست بهتر می‌شود و طبق طبقه‌بندی کیفیت آب پایین‌دست کیفیت خوبی را نشان داده و برای کشاورزی مناسب است (۱۰).

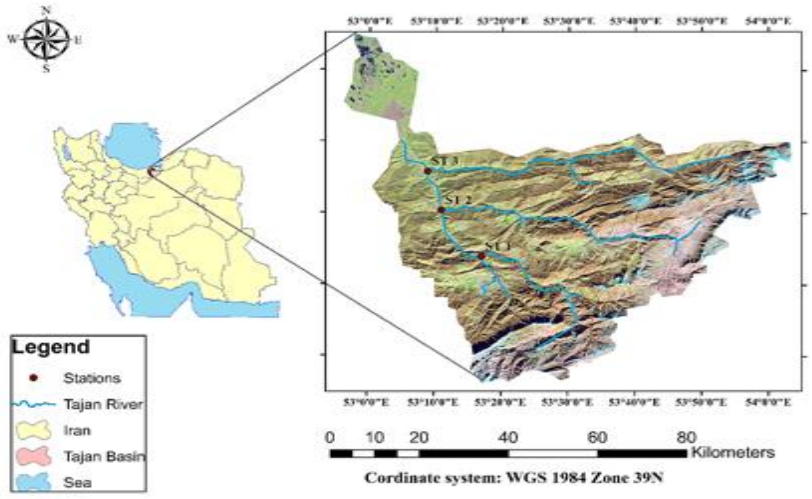
رودخانه تجن ازجمله مناطقی است که به دلایل متعددی و در راستای ضرورت حفظ و تکثیر گونه‌های گیاهی و جانوری در لیست مناطق حفاظت‌شده استان مازندران قرارگرفته است. فاضلاب برخی مناطق تفریحی از این شهرستان و برخی مناطق روستایی بالادست و پایین‌دست بدون هیچ‌گونه تصفیه‌ای به درون رودخانه ریخته و به‌صورت مستقیم یا غیرمستقیم کیفیت آب این رودخانه را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. از دیگر عوامل آلاینده حاضر در حومه‌ی رودخانه تجن بزرگراه ۷۰ آسیا بوده که در همسایگی رودخانه قرارگرفته و همچنین جاده‌ی سیاهکل رود مازندران می‌باشد که از روی رودخانه عبور کرده است. عبور و مرور تعداد زیادی از مسافران و وسایل نقلیه‌ی سنگین از این نواحی و بعضاً تخلیه‌ی عمدی یا غیرعمدی زباله‌ها و تولید شیرابه، تهدیدی جدی برای سلامت و کیفیت این منبع آب سطحی می‌باشد. لذا در این تحقیق، کیفیت آب‌رودخانه تجن با استفاده از شاخص‌های (NSF)WQI و (IR)WQI$_{SC}$ بررسی شده است و منابع آلاینده‌ی احتمالی نیز مشخص گردیده تا در مطالعات آینده یا توسط ارگان‌های اجرایی مورد استفاده قرار گیرد.

روش‌کار

موقعیت منطقه مورد مطالعه

این مطالعه در منطقه حفاظت‌شده رودخانه تجن، واقع در استان مازندران انجام شد. این رودخانه که از رودخانه‌های دائمی است، از شمال به دریای خزر، از شرق به حوزه رودخانه دارابکلا و نکاءرود، از جنوب به استان سمنان و از غرب به حوزه سیاه‌رود و رودخانه تالار محدود است. طول شاخه اصلی رودخانه ۱۷۲ کیلومتر است و سه‌شاخه اصلی آن دودانگه، چهاردانگه و ظالم‌رود نام دارند که سد مخزنی شهید رجایی (سلیمان‌تنگه) و سد خاکی فریم بر روی شاخه دودانگه احداث شده‌اند. این رودخانه در مسیر خود جمعا از ۲۸ روستا و همچنین شهر ساری عبور می‌کند که یکی از روستاها گرماب بوده و به همین دلیل این رودخانه در زبان محلی گرماب نیز نامیده می‌شود. قابل توجه است که بخشی از آب‌رودخانه به مصرف کشاورزان رسیده و عمدتا فاضلاب‌های متصل به آن به دریا می‌ریزد. رژیم این رودخانه برفی-بارانی بوده و میزان آبدهی سالیانه آن ۴/۲۰۷ میلیون مترمکعب و دبی متوسط آن ۲۰ مترمکعب در ثانیه می‌باشد. در این مطالعه، پس از

تهیه نقشه محدوده مطالعاتی (**شکل۱**) با استفاده از نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی[1] جهت ارزیابی کیفیت آب-رودخانه تجن نمونه‌برداری از سه ایستگاه ثابت در بالادست، میان‌دست و پایین‌دست، در یک سال آبی به‌صورت فصلی انجام شد. نقاط نمونه‌برداری در **شکل ۱** و **جدول ۱** نشان داده شده است.



شکل ۱- محدوده موردمطالعه و موقعیت منطقه نمونه‌برداری

جدول ۱. موقعیت مکانی منطقه نمونه‌برداری

ایستگاه	طول جغرافیایی (درجه-دقیقه-ثانیه)	عرض جغرافیایی (درجه-دقیقه-ثانیه)	ارتفاع (متر)
۱	۳۶-۱۵-۲۶	۵۳-۱۳-۳۷	۶۴۲
۲	۳۶-۲۷-۳۲	۵۳-۰۷-۳۴	۱۷۴
۳	۳۶-۳۶-۴۶	۵۳-۰۵-۲۵	۱۰

تعیین پارامترهای فیزیکی و شیمیایی

نمونه‌برداری از آب‌رودخانه تجن از عمق ۲۰ سانتی‌متر در سه ایستگاه ذکر شده در چهارفصل مختلف توسط بطری‌های نانسن انجام شد و نمونه‌ها در مجاورت یخ و دمای زیر ۴ درجه سانتی‌گراد و در کمتر از ۲۴ ساعت به آزمایشگاه منتقل شدند تا آزمایشات موردنظر مطابق با روش‌های کتاب متد استاندارد ۲۰۰۵ صورت بگیرند. در هر فصل از هر ایستگاه یک نمونه به حجم یک لیتر برداشته شد. با استفاده از نمونه‌های اندازه-گیری شده و وزن اختصاص داده‌شده به هر پارامتر بر اساس روش‌های NSFWQI و $IRWQI_{sc}$ شاخص کیفی محاسبه شد. وزن‌های پارامترهای مختلف مربوط به هر روش در **جداول ۲ و ۳** آورده شده‌اند. هرکدام از پارامترهای دما، pH و DO در محل اندازه‌گیری شده که به ترتیب از ترمومتر، pH متر و DO متر برای این کار استفاده شد. کل مواد جامد[2] به روش گراویمتریک در دمای ۱۰۵ تا ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد به دست می‌آید. غلظت نیترات و فسفات کل با اسپکتروفوتومتر تعیین می‌گردد همچنین کدورت نیز با استفاده از روش نفلومتریک با کدورت سنج قابل‌اندازه‌گیری می‌باشد. دبی رودخانه نیز با استفاده از جریان‌سنج اندازه‌گیری و مقدار کلیفرم مدفوعی (FC) با استفاده از فیلتر غشایی، برحسب کلنی در ۱۰۰ میلی‌لیتر در آزمایشگاه محاسبه می-گردد. پارامتر هدایت الکتریکی در محل توسط EC متر و درنهایت BOD_5 نیز به‌وسیله BOD متر در آزمایشگاه

[1] Geographic Information Systems (GIS)

[2] Total Dissolved Solids (TDS)

اندازه‌گیری شده است. برای برخی پارامترهای مورد اندازه‌گیری در محل از مولتی پارامتر HACH استفاده شد.

جدول ۲. وزن اختصاص داده‌شده به هر یک از پارامترها بر اساس شاخص NSFWQI

پارامتر	وزن	واحد اندازه‌گیری برای محاسبه در شاخص NSF
کلیفرم مدفوعی(FC)	۰/۱۶	Colonies/100 ml
جامدات کل (Solids Total)	۰/۰۷۵	ppm
اکسیژن محلول (DO)	۰/۱۷	%sat
pH	۰/۱۱	-
کدورت (Turbidity)	۰/۰۷۵	NTU
BOD_5	۰/۱۱	ppm
نیترات (Nitrate)	۰/۱	ppm
فسفات کل	۰/۱	ppm
دما	۰/۱	c

جدول ۳. وزن اختصاص داده‌شده به هر یک از پارامترها بر اساس شاخص IRWQISC

پارامتر	وزن	واحد اندازه‌گیری برای محاسبه در شاخص $IRWQI_{SC}$
کلیفرم مدفوعی	۰/۱۴۰	MPN/100 ml
BOD5	۰/۱۱۷	میلی‌گرم بر لیتر
نیترات	۰/۱۰۸	میلی‌گرم بر لیتر
اکسیژن محلول	۰/۰۹۷	درصد اشباع
هدایت الکتریکی	۰/۰۹۶	میکروزیمنس بر سانتی‌متر
COD	۰/۰۹۳	میلی‌گرم بر لیتر
آمونیم	۰/۰۹۰	مجموع آمونیم
فسفات	۰/۰۸۷	میلی‌گرم بر لیتر
کدورت	۰/۰۶۲	NTU
سختی کل	۰/۰۵۹	میلی‌گرم بر لیتر کربنات کلسیم
pH	۰/۰۵۱	واحد استاندارد

محاسبه شاخص کیفی $IRWQI_{SC}$

شاخص $IRWQI_{SC}$ که تلفیقی از شاخص‌های NSFWQI و BCEQI می‌باشد، متناسب شرایط طبیعی و مشکلات آب-های سطحی ایران توسط هاشمی و همکاران و نظرات کارشناسی حفاظت محیط‌زیست ایران در سال ۱۳۹۱ طراحی و استفاده شده که محاسبه مقدار شاخص با استفاده از معادله زیر صورت می‌گیرد:

$$IRWQI_{SC} = [\prod_{i=1}^{n} Ii^{Wi}]^{1/\gamma} \quad (۱)$$

که در آن:

$$\gamma = \sum_{i=1}^{n} Wi \qquad (۲)$$

ام از منحنی رتبه‌بندیi: مقدار شاخص برای پارامتر Ii: تعداد پارامترها، n ام، i: وزن پارامتر Wi

ابتدا رتبه شاخص هر پارامتر بر اساس مقدار کیفی آن بین ۱ تا ۱۰۰ طبق منحنی‌های مربوط به معادله، رتبه‌بندی می‌شوند (رتبه ۱۰۰ برای کیفیت عالی، رتبه ۱ برای بدترین کیفیت) سپس از میانگین هندسی رتبه پارامترها بر اساس وزنی که به هریک از آن‌ها تعلق می‌گیرد (**جدول ۳**) شاخص کیفیت آب محاسبه می‌شود (۱۱). طبق دستورالعمل محاسبه کیفیت منابع آب حتی اگر تعداد پارامترهای اندازه‌گیری‌شده کمتر از ۱۱ پارامتر موجود در جدول ۳ باشد این رابطه قابل‌استفاده است و نیازی به تصحیح نخواهد داشت اما برای دستیابی به نتایج مناسب بهتر است حداقل از ۶ متغیر استفاده شود. نهایتا بر اساس **جدول ۴** کیفیت آب از عالی تا بد طبقه‌بندی می‌شود که برای تهیه نقشه پهنه‌بندی آلودگی برای هر کیفیت یکرنگ معادل نیز تعریف شد.

جدول ۴. طبقه‌بندی کیفیت آب بر اساس شاخص IRWQIsc

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

محاسبه شاخص کیفی NSFWQI

در این مطالعه از شاخص NSFWQI نیز برای پهنه‌بندی کیفی رودخانه تجن استفاده شد و برای تهیه نقشه پهنه‌بندی آلودگی به هر معادل توصیفی رنگی تعلق گرفته است (**جدول ۵**). در ایجاد این شاخص هم برای منظورکردن میزان تاثیر هر پارامتر و یا زیر شاخص مربوط به آن، به هریک از پارامترها یک وزن نسبت داده شد. پس از اندازه‌گیری نه پارامتر موردنظر ابتدا باید با استفاده از گراف‌های زیر شاخص هر پارامتر، مقدار زیرشاخه‌ها (qi) محاسبه شود و نهایتا با استفاده از رابطه ۲ شاخص کیفت آب مشخص شود. قابل ذکر است که به‌منظور دقت بیشتر و همچنین سرعت بالاتر انجام محاسبات در این پژوهش از نرم‌افزار آنلاین NSFWQI Calculator استفاده شد.

$$\text{NSFWQI} = \sum_{i=1}^{n} Wi\ qi \qquad (۳)$$

که در آن:Wi : فاکتور وزنی هر پارامتر (۰-۱) ، qi: زیر شاخص هر پارامتر (۰ تا ۱۰۰) ، n: تعداد پارامترها

دول ۵. طبقه‌بندی کیفیت آب بر اساس میزان شاخص NSFWQI

محدوده شاخص	کیفیت آب	کلاس‌بندی نوع استفاده از منبع آبی
۰-۲۵	خیلی بد	برای هیچ‌کدام از استفاده‌های مذکور مناسب نمی‌باشد و تنها توانایی حمایت تعداد محدودی از اشکال آبزیان وجود دارد.
۲۵-۵۰	بد	مناسب برای آبیاری اراضی کشاورزی.
۵۰-۷۰	متوسط	در صورت استفاده ازآن‌جهت تأمین آب شرب نیازمند تصفیه پیشرفته است، مناسب برای پرورش شیلات و گونه‌های مقاوم آبی، مناسب به‌عنوان آب شرب حیوانات اهلی.
۷۰-۹۰	خوب	در صورت استفاده ازآن‌جهت تأمین آب شرب نیازمند تصفیه متداول است، مناسب برای پرورش ماهی و گونه‌های حساس آبی، مناسب برای مقاصد تفریحی مثل شنا.
۹۰-۱۰۰	عالی	دارای حالت طبیعی، در صورت استفاده ازآن‌جهت تأمین آب شرب نیاز به تصفیه ندارد. مناسب برای پرورش شیلات و گونه‌های حساس.

تحلیل آماری

در این بخش، به بررسی رابطه‌ی پارامترهای کیفی آب و شاخص‌های IRWQI و NSFWQI می‌پردازیم. بر این اساس تاثیر مثبت و منفی هر یک از پارامترها درنتیجه نهایی شاخص‌ها نمایش داده می‌شود. روش تحلیل آماری استفاده شده در این بخش بررسی میزان همبستگی[1] بین هر یک از پارامترها و شاخص موردنظر است. میزان همبستگی از طریق رابطه‌ی زیر قابل محاسبه می‌باشد:

$$Cov = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})(y_i - \overline{y}) \qquad (۴)$$

$$std = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2} \qquad (۵)$$

$$\text{Correlation Coefficient} = \frac{Cov_{(x,y)}}{std_x \times std_y} \qquad (۶)$$

در روابط بالا Cov به معنی کوواریانس هر پارامتر و شاخص موردنظر است. همچنین std، انحراف معیار هر یک از پارامترها می‌باشد و در نهایت، ضریب همبستگی از طریق رابطه (۶) محاسبه شد.

این ضریب مقادیر بازه‌ی (۱ ، ۱-) را در برمی‌گیرد، که هرچه این ضریب به ۱- نزدیک‌تر باشد رابطه‌ی بین پارامتر و شاخص‌ها خطی و عکس است. به این معنی که هرچه میزان پارامتر افزایش یابد، میزان شاخص موردنظر کاهش می‌یابد. مشخصا هرچه این ضریب به ۱ نزدیک‌تر باشد رابطه مستقیم برقرار است. مدل‌سازی نهایی و نمودارهای خروجی توسط Python به‌دست‌آمده است.

یافته‌ها

کیفیت رودخانه بر اساس شاخص‌های NSFWQI و IRWQIsc مورد بررسی قرارگرفته که هرکدام از آن‌ها بر اساس پارامترهای مربوطه و وزن دهی شاخص‌ها، کیفیت آب را تعیین کرده‌اند. در مواردی در صورت نبود پارامتر مقدار آن پارامتر در فرمول شاخص‌ها استفاده نشده است. مقادیر شاخص‌ها در هر ایستگاه در **جدول ۶** آورده شده است و وضعیت کیفی رودخانه توصیف شده است.

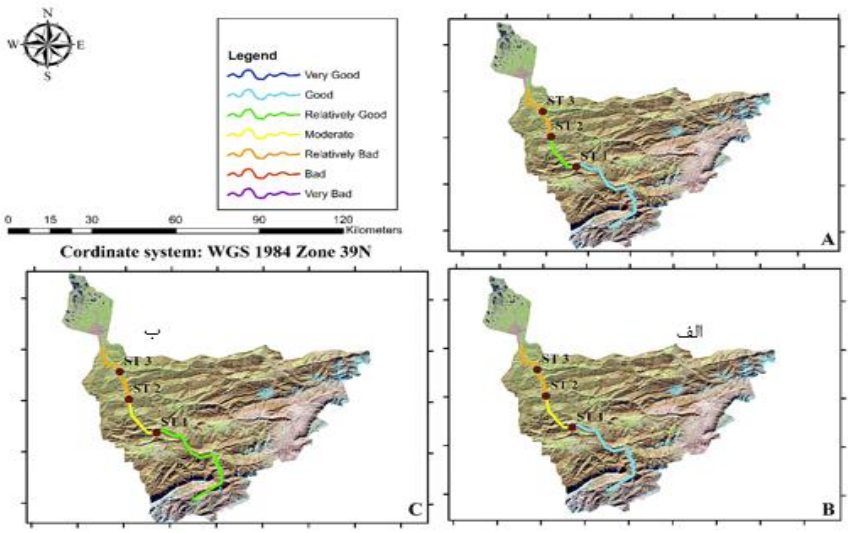
[1] Pearson Correlation Coefficient

جدول ۶. شاخص‌های کنترل کیفیت آب و وضعیت کیفیت آب در هر ایستگاه

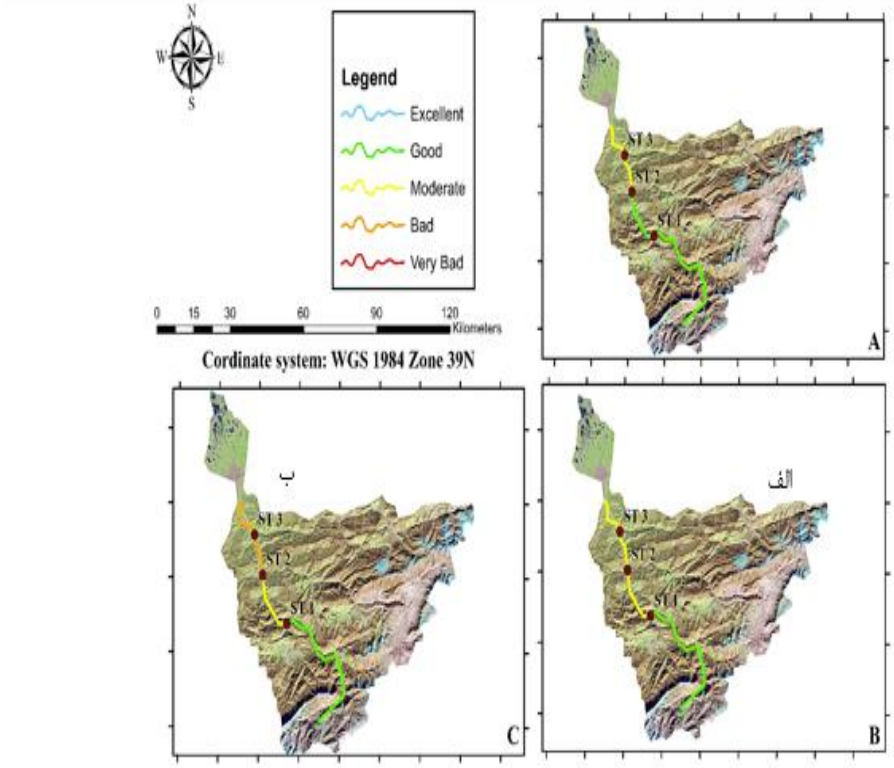
شاخص	ایستگاه	فصل			
		بهار	تابستان	پاییز	زمستان
IRWQISC	۱	۸۴/۶	۷۲/۹	۷۹/۳	۶۵
		خوب	خوب	خوب	نسبتاً خوب
	۲	۶۸/۶	۵۵/۴	۵۱/۸	۵۲/۳
		نسبتاً خوب	نسبتاً خوب	متوسط	متوسط
	۳	۴۲/۶	۴۴/۵	۳۵/۵	۳۸/۰
		نسبتاً بد	نسبتاً بد	نسبتاً بد	نسبتاً بد
NSFWQI	۱	۸۰/۷	۷۴/۴	۷۳/۵	۷۶/۹
		خوب	خوب	خوب	خوب
	۲	۷۴/۸	۶۵/۳	۶۵/۰	۶۶/۸
		خوب	متوسط	متوسط	متوسط
	۳	۶۱/۷	۵۷/۱	۵۶/۴	۴۶/۹
		متوسط	متوسط	متوسط	بد

وضعیت کیفی آب رودخانه تجن طبق شاخص IRWQISC در ایستگاه بالادست، در فصول بهار، تابستان و پاییز نسبت به زمستان بهتر ارزیابی شد. از دلایل اصلی این تفاوت کیفیت می‌توان به بارش‌های بیشتر و طغیان رودخانه در فصل زمستان اشاره کرد. این اتفاق می‌تواند بر پارامترهایی همچون کدورت، ذرات معلق موجود در آب و هدایت الکتریکی آن تاثیر منفی بگذارد و نهایتا منجر به پایین آمدن کیفیت آب‌رودخانه شود. از دیگر دلایل کاهش کیفیت آب ایستگاه بالادست در فصل زمستان نسبت دیگر فصول، ورود بارش به زمین‌های کشاورزی و همراه شدن مواد نیترات‌دار و فسفات‌دار با آب و در ادامه ورود این آب به رودخانه است. در ایستگاه پایین‌دست طبق این شاخص وضعیت در تمامی فصول مشابه هم و نسبتا بد برآورد شده که با توجه به طی نمودن مسافت توسط آب و ورود آلاینده‌های طبیعی و انسانی به آب این امر طبیعی است. در مورد ایستگاه میان‌دست کیفیت آب در فصل‌های بهار و تابستان بهتر از دو فصل دیگر است. آب برف ذوب‌شده که در فصل‌های گرم سال وارد رودخانه می‌شود از کیفیت بهتری نسبت به آب حاصل از بارش، برخوردار است. بارش، مواد محلول و معلق زیادی را با خود همراه و وارد رودخانه می‌کند ولی آب برف به‌آرامی وارد رودخانه شده و ناخالصی کمتری دارد. این اتفاق می‌تواند کیفیت بالاتر آب در فصل‌های گرم سال (بهار و تابستان)، در ایستگاه میان‌دست را توجیه کند. بالاترین مقدار شاخص مربوط به ایستگاه بالادست در فصل بهار است که مقدار این شاخص برابر با ۸۴/۶ بود، همچنین پایین‌ترین مقدار این شاخص در ایستگاه پایین‌دست و در فصل پاییز با مقدار ۳۵/۵ برآورد شد. وضعیت کیفی آب رودخانه تجن در **شکل ۲** مشخص شده است.

شاخص NSFWQI کیفیت آب را در ایستگاه بالادست در همه‌ی سال خوب ارزیابی کرد ولی در ایستگاه میان‌دست کیفیت آب در فصل بهار نسبت به دیگر فصول بهتر بود. این اختلاف کیفیت ممکن است به دلیل فعالیت‌های کشاورزی، صنعتی یا مخاطرات طبیعی رخ داده باشد. همچنین کیفیت آب طبق این شاخص در ایستگاه پایین‌دست به‌جز زمستان متوسط ارزیابی شد که در زمستان کیفیت آب در این ایستگاه پایین‌تر آمده و نتیجه‌ی آن بد، به‌دست آمد. بالاترین مقدار شاخص NSFWQI برابر با ۸۰/۷ بوده و در ایستگاه بالادست در فصل بهار رخ داده است. بدترین کیفیت آب توسط این شاخص در ایستگاه پایین‌دست و در فصل زمستان شناسایی شد که مقدار آن برابر با ۴۶/۹ است. وضعیت کیفی آب‌رودخانه تجن بر اساس شاخص NSFWQI در **شکل ۳** آمده است.



شکل ۲. A. وضعیت کیفی آب‌رودخانه در فصل‌های بهار و تابستان B. وضعیت کیفی آب‌رودخانه در فصل پاییزC. وضعیت کیفی آب‌رودخانه در فصل زمستان بر اساس شاخص IRWQIsc



شکل ۳. A. وضعیت کیفی آب رودخانه در فصل‌های بهارB. وضعیت کیفی آب رودخانه در فصل‌های تابستان و پاییز C. وضعیت کیفی آب رودخانه در فصل زمستان بر اساس شاخص NSFWQI

بحث

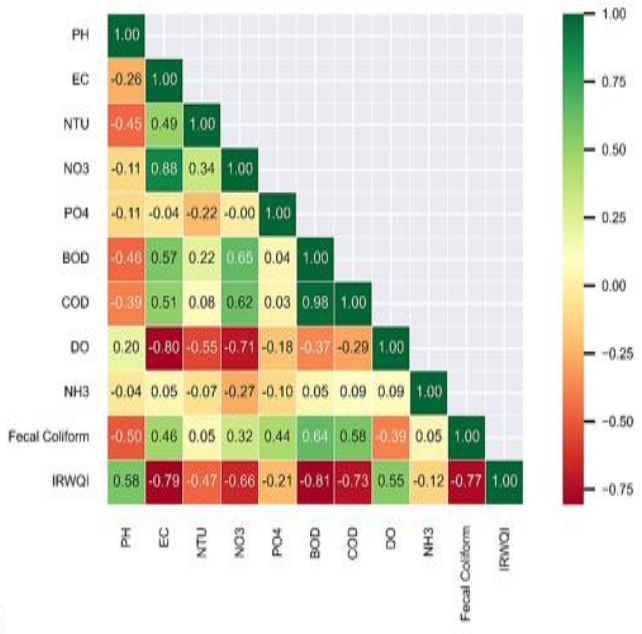
در ابتدا با توجه به پارامترهای اندازه‌گیری در فصول مختلف کیفیت رودخانه تجن مورد بررسی قرار گرفت. همان‌طورکه قابل پیش‌بینی می‌باشد دمای آب در ایستگاه بالادست(Station 1)، کم‌ترین مقدار می‌باشد و در ادامه به سمت پایین‌دست دما با توجه به فعالیت‌های کشاورزی و تخلیه پساب‌های مختلف به آب، افزایش می‌یابد. میانگین دما در ایستگاه اول در طول فصل‌های مختلف برابر با ۱۲/۹ درجه سانتی‌گراد است. درصورتی‌که این مقدار برای دو ایستگاه دوم و سوم به ترتیب برابر با ۱۷/۵ و ۲۰ درجه سانتی‌گراد است که به‌وضوح افزایش دما در طول مسیر را نشان می‌دهد. از دیگر عوامل تأثیرگذار بر دمای آب، فصول سال است که در اینجا فصل‌های گرم سال (بهار و تابستان) با میانگین دمای ۲۳/۲ درجه سانتی‌گراد دمای بیشتری را نسبت به فصل‌های سرد سال (پاییز و زمستان) با میانگین دمای ۱۰/۴ درجه سانتی‌گراد به‌ثبت رسانده است. pH آب به‌عنوان یکی از مهم‌ترین پارامترهای کیفیت آب شناخته می‌شود که به‌طور مستقیم و غیرمستقیم می‌تواند بر سلامت انسان‌ها، آبزیان و گیاهان تاثیر بگذارد. pH مناسب برای سلامت انسان در آب بین ۶ تا ۸ می‌باشد. آب‌رودخانه تجن به‌صورت کلی بازی است و دارای pH با میانگین ۸/۳ می‌باشد. pH در این رودخانه براثر فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی در طول مسیر کاهش می‌یابد و به خاصیت اسیدی آب اضافه می‌شود ولی این تغییر بسیار کم بوده و درنهایت pH در هیچ ایستگاهی و در هیچ فصلی به کم‌تر از ۸ نمی‌رسد که این موضوع مستلزم کنترل pH در صورت استفاده آب به‌عنوان شرب، است. پارامتر کدورت آب نشانگر میزان رسوبات معلق موجود در آب هستند. این رسوبات آسیب‌های زیست‌محیطی مختلفی مثل انتقال آلاینده‌های جذب‌شده و یا تحریک آبشش آبزیان را در پی‌دارند. یکی دیگر از مشکلات برآمده از کدورت زیاد، شکست نور است که از رسیدن نور به گیاهان آبزی جلوگیری کرده و برای فتوسنتز مشکل ایجاد می‌کند(۱۲). این پارامتر ماهیت دینامیکی دارد و در زمان وقوع طوفان‌ها و بارش‌های شدید این پارامتر دچار تغییرات محسوسی خواهد شد(۱۳). کدورت همانند دیگر پارامترها در طور مسیر افزایش پیدا می‌کند و این امر با توجه به حرکت آب در طول مسیر و همراه شدن رسوبات معلق با آن امری طبیعی به نظر می‌رسد و تغییرات آن چشمگیر نیست. بیشترین تغییرات این پارامتر بر اساس فصل‌ها می‌باشد جایی که در فصل‌های بارش (پاییز و زمستان) تغییرات بسیار بزرگی نسبت به دیگر فصل‌ها دارد. میانگین کدورت در پاییز و زمستان به ترتیب ۷۵۰/۳ NTU و ۳۸۹۰/۷ NTU است که نسبت به بهار و تابستان با میانگین ۵۱/۷ NTU و ۴۸ NTU با اختلاف بسیار زیاد بیشتر است. جامدات معلق در آب همانطورکه در قبل به آن اشاره شده، باعث انتقال آلاینده‌های آب‌گریز خواهند شد. از این مقادیر آن‌ها بر کیفیت آب تاثیر بسزایی دارد. موادمعلق در آب با کدورت رابطه دارند و با افزایش آن‌ها کدورت نیز افزایش پیدا خواهد کرد. این پارامتر در طول مسیر با توجه به عبور جریان از مسیر و همراه شدن جامدات نامحلول به آن، افزایش پیدا می‌کند به‌طوری‌که از ایستگاه ۱تا۳ مقدار TSS[8] به‌طور میانگین از ۴۰۶/۸ میلی‌گرم به ۱۵۶۱/۵ میلی‌گرم بر ثانیه رسیده است. در فصل‌هایی که بارش زیاد و طغیان رودخانه را داریم این مقدار همانند کدورت افزایش چشمگیری دارد و در این‌جا هم بیشترین مقادیر TSS اندازه‌گیری‌شده در زمستان بود که میانگین آن در مقایسه با فصل آرام‌تر مثل تابستان بسیار بالاتر بوده است. EC یا هدایت الکتریکی یکی از پارامترهای مهم دیگر تعیین کیفیت آب بود که با توجه به مشکلات محاسبه مقدار جامدات محلول در آب از این پارامتر می‌توان کمک گرفت. از هر دو پارامترها برای محاسبه‌ی مقدار شوری آب استفاده می‌شود(۱۴). هدایت الکتریکی رودخانه از بالادست به سمت پایین‌دست با انحلال جامدات حل‌شونده و یون‌های فلزی افزایش میابد. این پارامتر می‌تواند با تخلیه‌ی پساب‌های شامل یون‌های فلزی تغییری دچار تغییرات محسوسی شود. میانگین این پارامتر از ایستگاه ۱تا ۳ به ترتیب ۱۵۹/۵، ۵۳۵ و ۹۱۵/۸ میکرو زیمنس بر ثانیه است که افزایش آن‌را در طول مسیر رودخانه نشان می‌دهد. بیشترین مقدار آن در ایستگاه پایین‌دست در فصل‌های بهار و زمستان رخ داده است.DO به‌عنوان یکی از مهم‌ترین پارامترهای کیفیت آب مورد بررسی قرار می‌گیرد. حیات آبزیان و گیاهان دریایی به‌طور مستقیم با این پارامتر در ارتباط است. همچنین DO به‌عنوان یکی از پارامترهای

[8] Total Suspended Solid

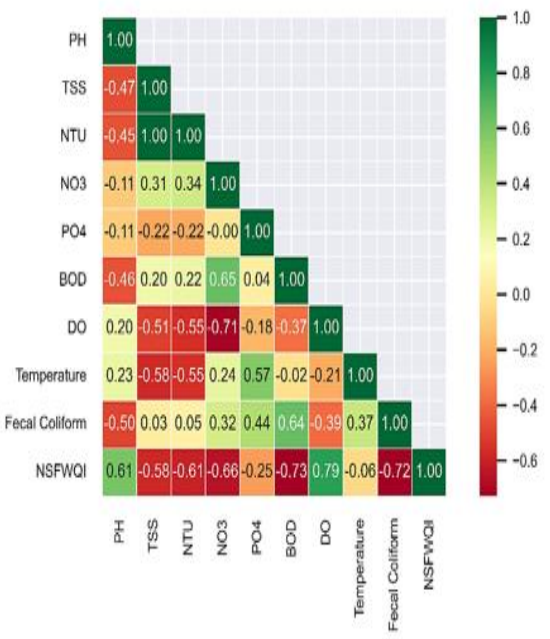
تشخص آلاینده آلی در آب حائز اهمیت می‌باشد(۱۵). در صورت وجود آلاینده آلی و میکروارگانیزم‌ها، در اثر مصرف اکسیژن توسط میکروارگانیزم‌ها مقدار اکسیژن محلول در آب کاهش یافته و حیات موجودات دریایی در معرض خطر قرار می‌گیرد که در حوضه مورد مطالعه در طول رودخانه کاهش پیدا می‌کند. دلیل اصلی این اتفاق ورود پساب‌های کشاورزی و شهری به آب می‌باشند که حاوی مقدار زیادی مواد آلی هستند، همچنین پسماندهای شهری به دلیل وجود مواد ارگانیک در آن مقدار زیادی مواد آلی دارند که در صورت ورود آن‌ها یا شیرابه‌ی آن به آب می‌تواند به‌شدت بر روی اکسیژن محلول آب تاثیر گذارد.

به‌علاوه این پارامتر به دمای آب وابسته است و در دمای پایین‌تر قابلیت حل‌شدن بهتری دارد. این موضوع باعث شده است که به‌طور میانگین مقادیر این پارامتر در زمستان بیشتر از بقیه فصل‌ها باشد. بالاترین مقدار اکسیژن محلول در حوضه مورد مطالعه در ایستگاه ۱ در فصل زمستان مشاهده شده است که مقدار آن برابر با ۱۱/۷میلی‌گرم بر لیتر است و میزان پایین‌تر آن در ایستگاه ۳ در فصل زمستان با مقدار ۱/۸ میلی‌گرم بر لیتر رخ داده است.BOD یکی از پارامترهایی تعین مقدار مواد آلی در آب است که با DO هم در ارتباط می‌باشد. BOD میزان اکسیژن‌خواهی میکروارگانیزم‌ها است که در صورت وجود مواد آلی و فعالیت آن‌ها این پارامتر افزایش می‌یابد. BOD به‌عنوان یکی از مهم‌ترین پارامترهای تشخیص کیفیت آب می‌باشد که در منطقه مورد مطالعه BOD در طول مسیر افزایش میابد که دلیل اصلی آن ورود مواد آلی به آب از منابعی همچون فاضلاب، پساب‌کشاورزی، شیرابه پسماند و لاشه جانوران است. بالاترین میزان BOD در رودخانه تجن در فصل پاییز و در ایستگاه پایین‌دست به مقدار ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر برداشت شد و کمترین آن در ایستگاه بالادست در فصل بهار به میزان ۰/۵ میلی‌گرم بر لیتر برداشت شد. نیترات و فسفات از عوامل مهم پدیده بیش پرورش (یوتروفیکاسیون) است که می‌تواند بر بو، رنگ، مزه و سلامت آب تاثیر مستقیم بگذارد. مهم‌ترین عوامل کنترل‌کننده‌ی این پدیده، فسفر است که به‌صورت فسفات (PO_4) در آب موجود است. دیگر عوامل تأثیرگذار نیتروژن است که غالباً به‌صورت نیترات (NO_3) در آب مشاهده می‌شود. منبع اصلی ورود این آلاینده‌ها به آب از طریق پساب کشاورزی است. کودهای شیمیایی حاوی مقدار زیادی از این موارد هستند که پس از آبیاری مزارع با آب همراه شده و به‌عنوان پساب کشاورزی به رودخانه می‌رسند بنابراین در فصولی که کشاورزان کودزنی انجام می‌دهند همراه با آن آبیاری به‌طور گسترده‌ای در فصل تابستان و بهار انجام می‌گیرد و مقدار این آلاینده نسبت به بقیه سال بیشتر است. بیشترین مقدار فسفات در ایستگاه پایین‌دست در فصل تابستان با مقدار ۱/۲ میلی‌گرم بر لیتر برداشت شد و بیشترین مقدار برای نیترات در پایین‌دست رودخانه در فصل بهار است که مقدار آن برابر با ۶/۸۲ میلی‌گرم بر لیتر برداشت شد.

نتایج حاصل از مدل آماری حاکی از آن است که، طبق **نمودار ۱**، موثرترین پارامترها در محاسبه‌ی شاخص IRWQI به ترتیب BOD، EC، کلیفرم مدفوعی و COD بود که همگی با شاخص مورد نظر رابطه عکس دارند. کمترین تاثیر ناشی از پارامترهای PO_4 و NH_3 بود. طبق **نمودار ۲**، موثرترین پارامترها در محاسبه‌ی شاخص NSFWQI به‌ترتیب DO، BOD و کلیفرم مدفوعی بود که DO با شاخص مورد نظر رابطه مستقیم داشته و دو پارامتر دیگر با شاخص مورد نظر رابطه عکس دارند. کمترین تاثیر ناشی از پارامترهای دما و PO_4 بود.



نمودار ۱. همبستگی پارامترهای کیفی و شاخص IRWQISC



نمودار ۲. همبستگی پارامترهای کیفی و شاخص NSFWQI

نتیجه‌گیری

بررسی کیفیت آب رودخانه تجن با استفاده از شاخص‌های IRWQI-SC و NSFWQI نشان می‌دهد که وضعیت آب در ایستگاه بالادست به طور نسبتا خوبی بوده ولی با پیشروی به سمت پایین‌دست، به‌ویژه در فصول سرد سال، کیفیت آب به شدت کاهش می‌یابد. این تفاوت در وضعیت کیفیت آب بین ایستگاه‌ها به علت تفاوت در پارامترهای استفاده‌شده در هر شاخص می‌باشد. مهم‌ترین پارامترهای موثر بر تفاوت‌ها شامل هدایت الکتریکی، COD، سختی کل، جامدات معلق و دمای آب است. تحلیل آماری نشان می‌دهد که BOD و کلی‌فرم مدفوعی در محاسبه هر دو شاخص تاثیر به‌سزایی داشته‌اند، در حالی‌که میزان PO_4 کمترین تاثیر را داشته است. به‌طور کلی، نتایج بدست‌آمده از هر دو شاخص قابل اعتماد بوده و می‌توان به تفاوت‌های بین آن‌ها پی برد. این تحلیل نشان می‌دهد که با توجه به تفاوت در پارامترهای مورد استفاده و وزن‌دهی آن‌ها در هر شاخص، کیفیت آب محاسبه‌شده توسط هر دو شاخص تقریبا یکسان تلقی می‌شود. این نتایج، اعتماد پژوهش را به دو شاخص مورد استفاده تقویت می‌کند و نشان می‌دهد که می‌توان از هر دو شاخص برای ارزیابی کیفیت آب رودخانه تجن استفاده کرد.

تشکر و قدردانی: نویسندگان، از دانشگاه شهید بهشتی و وزارت نیرو که امکانات این پژوهش را فراهم نموده‌اند تشکر می‌نمایند.

تعارض منافع: هیچ تعارض منافعی در این مقاله اعلام نشده است.

حمایت مالی: این مقاله بدون هیچ گونه حمایت مالی و اعانه‌ای تهیه و تدوین شده است.

ملاحظات اخلاقی: نویسندگان اصول اخلاقی را در انجام و انتشار این اثر علمی رعایت نموده‌اند. همچنین هرگونه تضاد منافع حقیقی، حقوقی یا مادی که ممکن است بر نتایج یا
تفسیر این تحقیق تأثیر بگذارد را رد می‌کند.

مشارکت نویسندگان: دکتر علی مریدی: به عنوان نویسنده مسئول، ایشان در شکل‌گیری ایده اصلی مقاله نقش بسیار مهمی داشته‌اند و راهنمایی‌های لازم را فراهم کرده‌اند. نیوشا کتابی: مسئول نوشتن متن اصلی مقاله بوده‌اند و به تدوین و تولید محتوای اصلی مقاله کمک کرده‌اند. مجتبی دادخواه تهرانی: مسئول بخش محاسبه شاخص‌ها و تفسیر نتایج مقاله بوده‌اند و به تحلیل داده‌ها و ارائه تفسیرات مربوطه پرداخته‌اند. رضا خلیلی: مسئول بخش اصلاح متن و ویرایشی مقاله بوده‌اند و به بهبود و اصلاح محتوا و اسناد مقاله کمک نموده‌اند. این همکاری‌ها با تلاش‌های مشترک این افراد، به تولید مقاله‌ای با کیفیت کمک کرده‌اند.

References

1. Kazemi P, Sharyati F, Keshavarz Shokri A. Water quality assessment of Langrodrudkhan river using NSFWQI quality index 2018. (persian)
2. Mirzaei M, Mahini, Solgi E. Evaluation of Surface Water Quality Using NSFWQI Index and Pollution Risk Assessment Using WRASTIC Index in 2015. 2015;264-77.
3. Aghajanlo K, Hajizade E. Evaluation of water quality changes of the Karun River in Ahvaz city using the NSFWQI index. The

12th International Seminar on River Engineering. 2021. (persian)
4. Shokoohi A,Bahmani O. Comparative Evaluation of NSFWQI and IRWQISC Indicators in River Quality Assessment.2015.
5. Goudarzi F, Hedayatiaghmashhadi A, Kazemi A, Christine F. Optimal Location of Water Quality Monitoring Stations Using an Artificial Neural Network Modeling in the Qarah-Chay River Basin, Iran. 2022. Water 14:870. doi: 10.3390/w14060870.
https://doi.org/10.3390/w14060870
6. Silva J.T, Moncayo R, Ochoa R, Estrada F, Cruz-Cárdenas F, Escalera F, Villalpando F, Nava J, Ramos A, López M. Chemical Quality of Groundwater and Surface Water in the Duero River Basin, Michoacán. 2013. Tecnologia y Ciencias Del Agua.
7. Yadav N.S, Sharma M.P, Kumar A. Ecological Health Assessment of Chambal River, India. 2015. Journal of Materials and Environmental Science.
8. Dehghani R, Miranzadeh M.B, Jannat B, Akbari H, Babaei M, Kazemi Moghaddam V, Mazaheri A, Chimehi E, Takhtfiroozeh S.M, Salehi H. Study on Water Quality in the Ghohrood River of Kashan Using National Sanitation Foundation Water Quality Index (NSFWQI) and Its Zoning Using Geographic Information System (GIS). 2018. Journal of Communicable Diseases 50(4). doi: 10.24321/0019.5138.201826.
https://doi.org/10.24321/0019.5138.201826
9. Alphayo, Stephano M, Sharma M.P. Water Quality Assessment of Ruvu River in Tanzania Using NSFWQI. 2018. Journal of Scientific Research and Reports 20(3). doi: 10.9734/jsrr/2018/44324.
https://doi.org/10.9734/JSRR/2018/44324
10. Darvishi G.R, Golbabaei Kootenaei F, Ramezani M, Lotfi E, Asgharnia H.A. Comparative Investigation of River Water Quality by OWQI, NSFWQI and Wilcox Indexes (Case Study: The Talar River - Iran). 2016. Archives of Environmental Protection 42(1). doi: 10.1515/aep-2016-0005.
https://doi.org/10.1515/aep-2016-0005
11. Samadi J. Survey of Spatial-Temporal Impact of Quantitative and Qualitative of Land Use Wastewaters on Choghakhor Wetland Pollution Using IRWQI Index and Statistical Methods. 2015.
12. Colley D, R. J., Smith D. G. Turbidity Suspended Sediment, and Water Clarity: A Review 1. 2001. JAWRA Journal of the American Water Resources Association 37(5):1085-1101.
https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.2001.tb03624.x
13. Lee, Sheng C, Lee Y, Chiang H. Abrupt State Change of River Water Quality (Turbidity): Effect of Extreme Rainfalls and Typhoons. 2016. Science of The Total Environment 557-558:91-101. doi: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.02.213.
https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.02.213
PMid:26994797
14. Rusydi A. Correlation between Conductivity and Total Dissolved Solid in Various Type of Water: A Review. 2018. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 118(1):12019. doi: 10.1088/1755-1315/118/1/012019.
https://doi.org/10.1088/1755-1315/118/1/012019
15. Susilowati, Sutrisno J, Masykuri M, Maridi. Dynamics and Factors That Affects DO-BOD Concentrations of Madiun River. 2018. AIP Conference Proceedings 2049(1):020052. doi: 10.1063/1.5082457.
https://doi.org/10.1063/1.5082457