

Monitoring of Khuzistan Water Resources Quality for Use in Domestic, Industrial, and Agricultural Purposes Using IRWQIsc and NSFQI Indices

Eslam Nazari

Department of Environmental Engineering,
Ahvaz Branch, Islamic Azad University,
Ahvaz, Iran.

Aslan Egdernezhad

* Assistant Professor, Department of
Water Sciences and Engineering, Ahvaz
Branch, Islamic Azad University, Ahvaz,
Iran. (Corresponding author):
Email: a_eigder@ymail.com

Reza Jalilzadeh Yengejeh

Assistant professor, Department of Environmental
Engineering, Ahvaz Branch, Islamic Azad
University, Ahvaz, Iran.

Received: 2020/02/02

Accepted: 2020/08/16

Document Type: Research article

ABSTRACT

Background and Aim: Water quality monitoring in rivers is very important for deciding on their water use. Thus, this study was conducted to evaluate rivers' water quality in Khuzestan province.

Materials and Methods: The rivers studied included Dez, Karkheh, Marun, Karun, and Zohreh. Data were collected in 2018 from specified stations in each river. The water quality standards of Iran, WHO, and the Canadian Council of Ministers of the Environment, as well as Schoeller and Wilcox diagrams, were used. Besides, IRWQIsc and NSFQI standards were employed to categorize the river water quality.

Results: The results showed that Dez river water was corrosive for industrial use, while other rivers had scaling water for industrial use. The quality of Dez river water was better than that of other rivers in Khuzestan province, but this river had high magnesium, hardness, and chloride based on the Schoeller diagram. The water quality of this river was better than others' water quality for use in agricultural purposes. Karun river was moderately better than other rivers, and the water quality was better in the upstream than in the downstream. According to IRWQIsc, the water quality variations in Dez, Karkheh, Karun, Marun, and Zohreh rivers were 71-83, 41-52, 39-55, 33-41, and 25-32, respectively. The results of the NSFQI index for Dez, Karkheh, Karun, Marun, and Zohreh rivers showed that the values of these rivers varied in the ranges of 65-77, 55-70, 58-68, 52-60, and 36-48, respectively.

Conclusion: Dez river was in a relatively good condition. Karun and Karkheh rivers were in a moderate condition and other rivers were in a relatively poor condition. According to all indices, the water quality of the Zohreh river had poor conditions and Dez river water was in a good condition. Other rivers had moderate water quality.

Document Type: Research article

Keywords: Dez River; Karun River; Quality Index; Schoeller Diagram; Water Quality

► **Citation:** Nazari E, Egdernezhad A, Jalilzadeh Yengejeh R. Monitoring of Khuzistan Water Resources Quality for Use in Domestic, Industrial, and Agricultural Purposes Using IRWQIsc and NSFQI Indices. *Iranian Journal of Research in Environmental Health*. Summer 2020; 6(2): 117-133.

پایش کیفیت آب رودخانه‌های استان خوزستان جهت مصارف شرب، صنعت و کشاورزی با استفاده از شاخص‌های IRWQIsc و NSFQI

چکیده

زمینه و هدف: تعیین کیفیت آب رودخانه‌ها برای تصمیم‌گیری در خصوص استفاده از آنها بسیار اهمیت دارد. به همین دلیل، مطالعه حاضر با هدف بررسی کیفیت آب رودخانه‌های استان خوزستان انجام شد.

مواد و روش‌ها: مطالعه حاضر با استفاده از داده‌های برداشت شده در طول سال ۱۳۹۷ در ایستگاه‌های معین بر روی رودخانه‌های دز، کرخه، کارون، مارون و زهره انجام شد. بدین منظور، از استاندارد ایران، سازمان جهانی بهداشت و محیط زیست کانادا و دیاگرام‌های شولر و ویلکاکس استفاده شد. از شاخص‌های کیفی شرایط طبیعی بومی شاخص (IRWQIsc) و شاخص کیفی آب سازمان بهداشت ملی آمریکا (NSFWQI) نیز برای تعیین رتبه کیفی آب این رودخانه‌ها استفاده شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که آب رودخانه دز از نظر صنعتی خورنده است، در حالی که سایر رودخانه‌ها دارای آب رسوب‌گذار برای مصارف صنعتی بودند. کیفیت آب دز از نظر شرب بهتر از سایر رودخانه‌های استان خوزستان بود، ولی این رودخانه نیز بر اساس دیاگرام شولر دچار منیزیم، سختی و کلر بالا شده است. برای مصارف کشاورزی استفاده از آب این رودخانه نسبت به سایر رودخانه‌ها بهتر بود. رودخانه کارون وضعیت متوسطی نسبت به سایر رودخانه‌ها داشت و کیفیت آب در بالادست بهتر از پایین‌دست بود. بر اساس شاخص IRWQIsc دامنه تغییرات کیفیت آب رودخانه‌های دز، کرخه، کارون، مارون و زهره به ترتیب ۷۱-۸۳، ۴۱-۵۲، ۳۹-۵۵، ۳۳-۴۱ و ۲۵-۳۲ بود. نتایج شاخص NSFQI برای رودخانه‌های دز، کرخه، کارون، مارون و زهره به ترتیب نشان داد که مقدار این شاخص در رودخانه‌های مذکور بین ۶۵-۷۷، ۵۵-۷۰، ۵۸-۶۸، ۵۲-۶۰ و ۳۶-۴۸ متغیر بود.

نتیجه‌گیری: بر اساس نتایج، کیفیت رودخانه دز در وضعیت نسبتاً خوب قرار داشت. رودخانه‌های کارون و کرخه در وضعیت متوسط قرار داشتند و سایر رودخانه‌ها دارای وضعیت نسبتاً بد بودند. بر اساس کلیه شاخص‌ها، کیفیت آب رودخانه زهره در وضعیت بد و رودخانه دز در وضعیت خوب قرار داشت. سایر رودخانه‌ها کیفیت متوسطی داشتند.

کلیدواژه‌ها: دیاگرام شولر، رودخانه دز، رودخانه کارون، شاخص کیفی آب، کیفیت آب

اسلام نظری

دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی محیط زیست، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

اسلان آگدرنژاد

* استادیار، گروه علوم و مهندسی آب، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران. (نویسنده مسئول):
پست الکترونیک:

a_eigder@ymail.com

رضا جلیل‌زاده ینگچه

استادیار، گروه مهندسی محیط زیست، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۱/۱۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۵/۲۶

نوع مقاله: مقاله اصیل پژوهشی

◀ **استناد:** نظری الف، آگدرنژاد الف، جلیل‌زاده ینگچه ر. پایش کیفیت آب رودخانه‌های استان خوزستان جهت مصارف شرب، صنعت و کشاورزی با استفاده از شاخص‌های IRWQIsc و NSFQI. فصلنامه پژوهش در بهداشت محیط. تابستان ۱۳۹۹؛ ۶(۲): ۱۱۷-۱۳۳.

رودخانه‌ها به‌عنوان مهم‌ترین منابع آب، از دیرباز مورد توجه جوامع انسانی بوده است و بسیاری از فعالیت‌های انسانی در کنار آن‌ها گسترش یافته است. با گذشت زمان، گسترش این جوامع و افزایش استفاده از منابع آبی، دخل و تصرف غیرطبیعی و تغییر شرایط کیفی رودخانه‌ها افزایش یافته است (۱). رشد جمعیت و آلودگی‌های ناشی از تخلیه فاضلاب‌های شهری و صنعتی، باعث گسترش آلودگی و محدودتر شدن منابع آب در دسترس شده است (۱، ۲). کشور ما نیز از این امر مستثنی نیست؛ به‌طوری‌که کیفیت منابع آبی در کشور روز به روز در حال نزول است و در اکثر موارد، با ریختن آب‌های آلوده به‌دست آمده از زندگی روزمره صنعتی به رودخانه‌ها، آلودگی آن‌ها بیشتر شده است (۳). به‌همین دلیل، تحلیل و تفسیر داده‌های کیفی منابع آب به‌طور منظم، این امکان را فراهم می‌سازد که ضمن استفاده از آن در موارد مختلف، شیوه‌های مدیریتی صحیح و مناسب اتخاذ گردد. در بیشتر مواقع، نتایج بررسی کیفیت منابع آب چه از نظر مدیران و چه از نظر عموم مردم بسیار تخصصی بوده و حاوی جزئیات بسیاری است که حتی برنامه‌ریزی در خصوص آن، منبع آب را دچار مشکل می‌کند. بنابراین بهتر است نتایج بررسی کیفیت منابع آب به‌صورت کلی از نظر تأثیر بر سلامت عمومی و محیط زیست و مصارف کشاورزی، شرب و صنعت بیان شود (۴-۶). بدین جهت نیاز است تا از شاخص‌هایی برای بیان کیفیت آب استفاده کرد. شاخص‌های کیفی روش‌هایی هستند که در مدیریت کیفی آب می‌توان از آن‌ها به‌عنوان یک ابزار مدیریتی قوی برای تصمیم‌گیری استفاده کرد (۷، ۸).

در بین شاخص‌های معرفی شده، شاخص کیفی آب سازمان بهداشت ملی آمریکا^۱ یکی از مهم‌ترین آن‌ها می‌باشد. ارزیابی و شناخت کیفیت آب رودخانه‌ها با استفاده از طبقه‌بندی شاخص کیفیت آب NSFQI^۲ سبب ارائه نتایج دقیق‌تر و پیش‌بینی‌های سریع‌تری می‌گردد و این امکان را فراهم می‌نماید که با بیانی ساده بتوان کیفیت آب رودخانه را در ایستگاه‌های مختلف ارائه

و طبقه‌بندی نمود (۹). همچنین در ایران نیز با توجه به شرایط طبیعی بومی شاخص^۲ توسعه یافته است که عملکرد مناسبی نسبت به سایر شاخص‌ها دارد. شاخص‌های دیگری مانند دیاگرام شولر و سازمان بهداشت جهانی^۳ (۱۰) برای مصارف شرب، دیاگرام ویلکاکس (۱۱) برای مصارف کشاورزی و استاندارد محیط زیست کانادا^۴ (۱۲) برای زندگی آرزین ارائه شده است که توسط محققان مورد استفاده قرار می‌گیرد.

از جمله تحقیقاتی که برای تعیین کیفیت آب رودخانه‌ها انجام شده است می‌توان به مطالعات پالویی و همکاران اشاره کرد (۹). این محققان کیفیت آب رودخانه‌های سانتر و کراکات در جاکارتا را با استفاده از شاخص کیفی NSFQI^۲ مورد بررسی قرار دادند. بدین‌منظور نمونه‌برداری از بالادست رودخان، محل آبیگر و مصب آبیگر در فصول خشک و بارانی انجام شد. نتایج این محققان نشان داد که در فصول خشک شاخص NSFQI^۲ در ایستگاه‌های نام برده به‌ترتیب بین ۲۱-۴۲، ۲۰-۲۹ و ۲۱-۳۸ و در فصول بارانی به‌ترتیب بین ۳۴-۳۷، ۳۲-۵۰ و ۳۴-۴۷ متغیر بود. در تحقیقی دیگر، داسیلوا و همکار با استفاده از پارامترهای فیزیکی و شیمیایی به بررسی کیفیت آب رودخانه پارادو پرداختند (۱۳). در مطالعه سانچز و همکاران که شاخص کیفی آب NSFQI^۲ و کمبود اکسیژن محلول را در طول رودخانه گواداراما^۵ و مانزارانس^۶ مورد مطالعه قرار دادند، شاخص کیفی آب در ابتدای رودخانه گواداراما دارای مقدار عددی ۷۰ (کیفیت خوب) و در انتهای دارای مقدار عددی ۶۴ (کیفیت متوسط) بود. همچنین این شاخص برای رودخانه مانزارس در حدود ۶۵ گزارش شد (۱۴). وی و همکاران با استفاده از داده‌های ۲۰ ساله کمی و کیفی رودخانه لانسانگ^۷ در چین، قدرت خودپالایی رودخانه را قبل و بعد از

2. IRWQI_{sc}

3. WHO

4. Canadian Council of Ministers of the Environm^{ent}

5. Guadarrama

6. Manzanares

7. Lancang

1. NSFQI

سال ۱۳۹۷ استفاده شد. نمونه برداری با استاندارد ۲۳۴۷ مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران و توسط کارشناسان سازمان آب و برق خوزستان انجام شد (۱۸). برخی پارامترها مانند دما، هدایت الکتریکی و pH با استفاده از دستگاه‌های پرتابل و در همان نقطه نمونه برداری سنجیده شدند. سایر پارامترها شامل اکسیژن محلول، نیاز اکسیژن‌خواهی بیوشیمیایی، نیاز اکسیژن‌خواهی شیمیایی، کلسیم، منیزیم، سدیم، سولفات، سختی کل، کل املاح جامد، کلر، بی‌کربنات، نیتрат، فسفات و کولیفرم مدفوعی نیز با نمونه برداری از آب رودخانه و انتقال به آزمایشگاه کیفیت آب تعیین شدند. بدین منظور از بطری‌های نمونه برداری ۲ لیتری استفاده شد و نمونه‌ها بلافاصله به آزمایشگاه منتقل شده و توسط استانداردهای مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران تعیین گردیدند (۱۹-۲۵).

جدول ۱. مشخصات ایستگاه‌های نمونه برداری

نام ایستگاه	نام رودخانه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
دزفول	دز	۴۸-۲۴-۰۶	۳۲-۲۳-۵۴
بامدز	دز	۴۸-۴۱-۱۲	۳۱-۴۰-۴۹
دهملا	زهره	۴۹-۴۰-۴۲	۳۰-۲۹-۵۹
گتوند	کارون	۴۸-۴۹-۴۹	۳۲-۱۴-۵۷
ملاتانی	کارون	۴۸-۵۲-۴۰	۳۱-۳۵-۰۱
اهواز	کارون	۴۸-۴۱-۴۱	۳۱-۲۰-۱۶
سلیمانیه	کارون	۴۸-۲۱-۵۱	۳۰-۳۶-۰۱
کوت امیر	کارون	۴۸-۳۶-۱۶	۳۱-۱۳-۵۴
پای پل	کرخه	۴۸-۰۸-۵۷	۳۲-۲۴-۴۵
حمیدیه	کرخه	۴۸-۲۵-۵۱	۳۱-۲۹-۰۶
تنگ تکاب	مارون	۵۰-۲۰-۳۲	۳۰-۴۰-۲۹
چم نظام	مارون	۴۹-۵۵-۰۴	۳۰-۴۴-۵۳

برای تعیین دو شاخص IRWQISC و NSFQI، از رابطه‌های ۱ و ۲ استفاده شد. شاخص NSFQI توسط سازمان بهداشت ملی آمریکا و با نظرسنجی از متخصصان در این حوزه تهیه شد. این شاخص کیفیت آب را در ۵ دسته طبقه‌بندی می‌کند. شاخص IRWQISC نیز با توجه به دستورالعمل تهیه شاخص قبلی و برای شرایط ایران تهیه شد. بر اساس مقادیر این شاخص، کیفیت

احداث سد بررسی کردند. نتایج این محققان نشان داد که در فاصله زمانی ۷ ساله پس از احداث سد، وضعیت کیفی مخزن و همچنین آب رودخانه در فاصله اندکی پس از سد، بدتر شده، ولی پس از این دوره، وضعیت کیفیت آب در این قسمت بهبود یافت (۱۵). وو و همکاران به ارزیابی تغییرات مکانی کیفیت آب دریاچه تایهو در چین پرداختند. ارزیابی کلی این محققان نشان داد که کیفیت آب این دریاچه نسبتاً مناسب است. این محققان نشان دادند که آمونیم، نیاز اکسیژن‌خواهی شیمیایی^۱، اکسیژن محلول^۲ و نیترات بیشترین اثر را بر کیفیت آب این دریاچه داشتند (۱۶). بیرن و همکاران به ارزیابی اثر کیفیت آب و بازسازی رودخانه در اثر فعالیت‌های صنعتی بالادست آن پرداختند. این محققان نشان دادند که کیفیت آب رودخانه مورد مطالعه مناسب بود و مس تنها عامل آلاینده این رودخانه به شمار می‌رفت (۱۷).

استان خوزستان به لحاظ شرایط جغرافیایی و هیدرولوژیکی از بیشترین سهم آب‌های شیرین در کل کشور برخوردار است؛ به طوری که با دارا بودن پنج رودخانه بزرگ و پر آب ایران (کارون، کرخه، دز، مارون و زهره) حدود ۳۳٪ از کل منابع آب سطحی را به خود اختصاص داده است. این رودخانه‌ها اهمیت بسیاری بر فعالیت‌های انسانی، صنعتی و کشاورزی دارند. به همین جهت در تحقیق حاضر کیفیت آن‌ها از نظر شرب، صنعت و کشاورزی مورد بررسی قرار گرفت.

روش کار

استان خوزستان با مساحتی حدود ۶۴۳۳۶ کیلومتر مربع، بین طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۴۱ دقیقه و ۵۰ درجه و ۳۹ دقیقه شرقی و عرض‌های جغرافیایی ۲۹ درجه و ۵۸ دقیقه و ۳۳ درجه و ۴ دقیقه شمالی، در جنوب غربی ایران واقع شده است. به منظور بررسی کیفیت آب رودخانه‌های کارون، کرخه، دز، مارون و زهره، این پژوهش به روش کمی و با استفاده از نمونه‌های برداشت شده در ایستگاه‌های موجود روی این رودخانه‌ها (جدول ۱) در طول

1. COD
2. DO

$$IRWQIsc = \left[\prod_{i=1}^N I_i^{W_i} \right]^{\frac{1}{\sum_{i=1}^N W_i}} \quad (1)$$

$$NSFWQI = \frac{\sum_{i=1}^N W_i I_i}{\sum_{i=1}^N W_i} \quad (2)$$

که در این رابطه‌ها، W_i وزن هر پارامتر، I_i مقدار شاخص برای هر پارامتر با استفاده از منحنی رتبه‌بندی و N تعداد پارامترها می‌باشد. پس از تعیین مقادیر هر کدام از دو شاخص بالا و مراجعه به جدول ۲، کیفیت آب هر کدام از رودخانه‌های مورد مطالعه تعیین شد.

آب به ۷ دسته تقسیم می‌شود که نسبت به شاخص NSFQI سخت‌گیری بیشتری برای تعیین کیفیت آب دارد. در این دو شاخص، ابتدا وزن پارامترهای مورد نیاز توسط مقادیر ارائه شده در جدول ۲ تعیین می‌شود. سپس مقدار I برای هر کدام از پارامترها بر اساس منحنی‌های استاندارد رتبه‌بندی که تهیه شده است؛ مشخص می‌گردد. با توجه به محدودیت صفحات، این منحنی‌ها ذکر نشد. در نهایت، مقدار هر کدام از شاخص‌ها با توجه به رابطه ضرب یا جمع بین پارامترها و با استفاده از روابط (۱) و (۲) تعیین می‌شود.

جدول ۲. وزن پارامترهای مورد استفاده در شاخص‌های NSFQI و IRWQIsc

ردیف	پارامتر	وزن پارامتر		توضیحات
		NSFWQI	NSFWQI	
۱	کلیفرم مدفوعی	۰/۱۶	۰/۱۴۰	برحسب ml ۱۰۰/MPN
۲	BOD ₅	۰/۱۱	۰/۱۱۷	برحسب میلی‌گرم بر لیتر
۳	نیترات	۰/۱۰	۰/۱۰۸	برحسب میلی‌گرم بر لیتر
۴	اکسیژن محلول	۰/۱۷	۰/۰۹۷	برحسب درصد اشباع
۵	فسفات	۰/۱۰	۰/۰۸۷	برحسب میلی‌گرم بر لیتر
۶	کدورت	۰/۰۸	۰/۰۶۲	برحسب NTU
۷	pH	۰/۱۷	۰/۰۵۱	واحد استاندارد
۸	TDS	۰/۰۷	-	برحسب میلی‌گرم بر لیتر
۹	تغییرات دمایی	۰/۱۰	-	-
۱۰	EC	-	۰/۰۹۶	برحسب میکروزیمنس بر سانتی‌متر
۱۱	COD	-	۰/۰۹۳	برحسب میلی‌گرم بر لیتر
۱۲	آمونیم	-	۰/۰۹۰	برحسب میلی‌گرم بر لیتر
۱۳	TH	-	۰/۰۵۹	برحسب میلی‌گرم بر لیتر کربنات کلسیم

جدول ۳. طبقه‌بندی آلودگی رودخانه براساس شاخص‌های NSFQI و IRWQIsc

مقدار شاخص	معادل توصیفی NSFQI	معادل توصیفی IRWQIsc	معادل توصیفی
۲۵-۰	نسبتاً بد	< ۱۵	خیلی بد
۵۰-۲۶	بد	۲۹/۹-۱۵	بد
۷۰-۵۱	متوسط	۴۴/۹-۳۰	نسبتاً بد
۹۰-۷۱	خوب	۵۵-۴۵	متوسط
۱۰۰-۹۱	عالی	۷۰-۵۵/۱	نسبتاً خوب
-	-	۸۵-۷۰/۱	خوب
-	-	> ۸۵	بسیار خوب

و نیازاکسیژن خواهی بیوشیمیایی^۳ مشاهده نشد. پارامتر COD در طول مسیر رودخانه کارون تغییرات کمتری نسبت به اکسیژن محلول داشت، ولی BOD تغییرات متفاوت و پراکنده‌ای در این مسیر نشان داد. حداکثر مقدار این پارامتر در ایستگاه‌های گتوند، ملاتانی، دارخوین و کوت امیر به ترتیب برابر با ۳/۴۵، ۳/۲۵، ۳/۳۵ و ۳/۵۴ میلی‌گرم بر لیتر بود. مقایسه میزان نیترات در ایستگاه‌های مختلف بر روی رودخانه کارون نشان داد که تغییرات منظمی در طول مسیر و در طول زمان روی این پارامتر وجود نداشت. بیشترین مقدار این پارامتر در ایستگاه‌های گتوند، ملاتانی، دارخوین و کوت امیر به ترتیب برابر با ۷/۳، ۷/۵، ۷/۷ و ۹/۷ میلی‌گرم بر لیتر بود. کمترین نیترات در این ایستگاه‌ها نیز برابر با ۵/۶، ۷/۱، ۷ و ۶/۹ میلی‌گرم بر لیتر بود (نمودار ۱).

رودخانه کرخه

مقادیر اکسیژن محلول در رودخانه کرخه در نمودار ۲ نشان داده شده است. بر اساس این نتایج، در فصل تابستان کمترین مقدار اکسیژن محلول در ایستگاه پای پل و در فصل بهار کمترین مقدار این پارامتر در ایستگاه حمیدیه مشاهده شد. مقادیر این پارامتر برای ایستگاه‌های اشاره شده به ترتیب برابر با ۶/۳ و ۶/۵ میلی‌گرم بر لیتر بود. بنابراین آب این رودخانه بر اساس این پارامتر جهت پرورش آبزیان مناسب بود. حداکثر مقدار این پارامتر برای ایستگاه‌های پای پل و حمیدیه به ترتیب برابر با ۸/۶ و ۷/۹ میلی‌گرم بر لیتر بود. مقایسه این نتایج با رودخانه دز نشان داد که ایستگاه دزفول کیفیت آب بهتری نسبت به دو ایستگاه موجود بر روی رودخانه کرخه داشت. کمترین و بیشترین مقدار BOD برای ایستگاه پای پل به ترتیب برابر با ۳/۷ و ۲/۴ میلی‌گرم بر لیتر و برای ایستگاه حمیدیه به ترتیب برابر با ۳/۷ و ۲/۴ میلی‌گرم بر لیتر بود. حداقل و حداکثر مقادیر COD برای ایستگاه پای پل به ترتیب برابر با ۱۲/۴ و ۲۱/۲ و برای ایستگاه حمیدیه به ترتیب برابر با ۲۱/۳ و ۲۴ میلی‌گرم بر لیتر بود (نمودار ۲).

علاوه بر دو شاخص فوق، استاندارد ایران، دیاگرام شولر و رهنمودهای سازمان بهداشت جهانی^۱ برای مصارف شرب و صنعت، دیاگرام ویلکاکس برای مصارف کشاورزی و استاندارد محیط زیست کانادا^۲ برای زندگی آبزبان نیز مورد استفاده قرار گرفت. در استانداردهای کشور ایران، سازمان بهداشت جهانی و محیط زیست کانادا جدولی برای تعیین بازه هر کدام از پارامترهای مورد مطالعه قرار دارد. در این جداول حداقل و حداکثر مجاز مقادیر پارامترهای ذکر شده است که خروج از این بازه به منزله کاهش کیفیت آب است. در دیاگرام ویلکاکس، کیفیت آب بر اساس دو شاخص SAR و EC به ۱۶ گروه تقسیم‌بندی می‌شود. در این دیاگرام، مقادیر SAR < ۱۰، ۱۰ < SAR < ۲۶، SAR < ۲۶ و SAR > ۲۶ به ترتیب به عنوان کم (S1)، متوسط (S2)، زیاد (S3) و خیلی زیاد (S4) و مقادیر EC < ۲۵۰، ۲۵۰ < EC < ۷۵۰، ۷۵۰ < SAR < ۲۲۵۰ و SAR < ۲۲۵۰ (میکروموس بر سانتی‌متر) به ترتیب به عنوان کم (C1)، متوسط (C2)، زیاد (C3) و خیلی زیاد (C4) مشخص شده است. در شاخص شولر، ۸ پارامتر کلسیم، منیزیم، سدیم، کل املاح جامد، سختی کل، کلر، سولفات و بی‌کربنات مورد استفاده قرار می‌گیرد و بر اساس مقادیر آن‌ها، کیفیت آب به ۶ گروه خوب، قابل قبول، متوسط، نامناسب، کاملاً نامطبوع و غیرقابل شرب تقسیم می‌شود.

نتایج

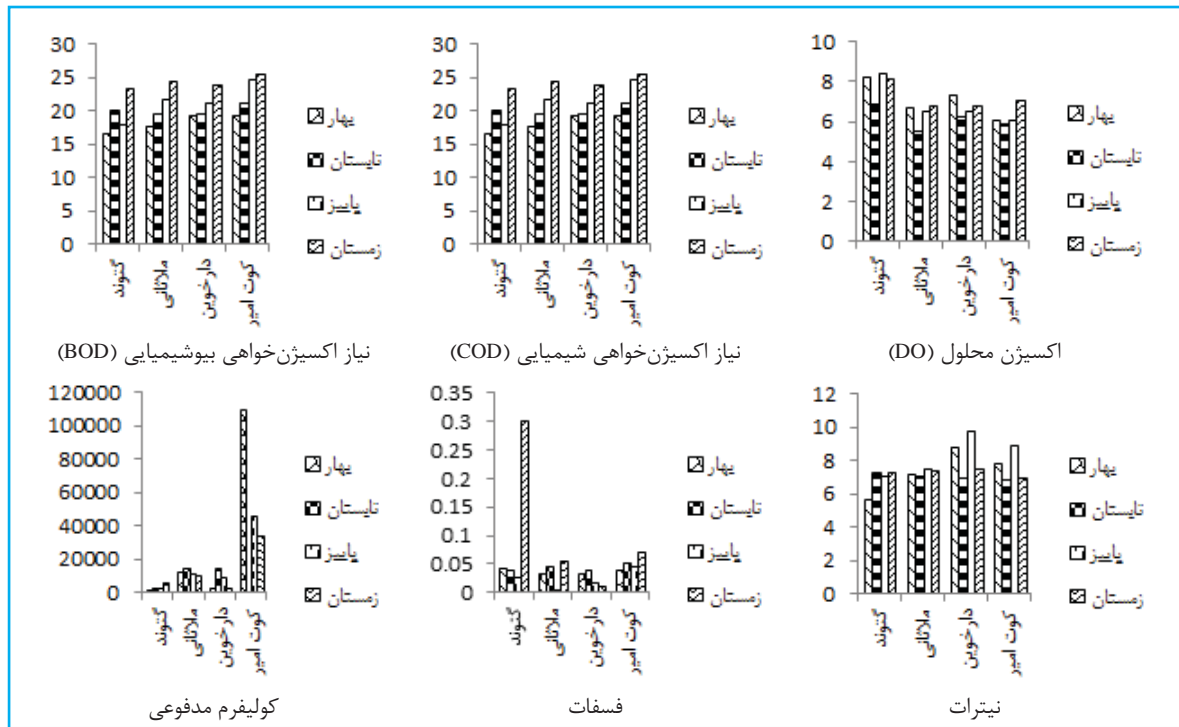
رودخانه کارون

تغییرات اکسیژن محلول در رودخانه کارون در نمودار ۱ نشان داده شده است. بر اساس این نتایج، مقدار اکسیژن محلول در تمام ایستگاه‌های مورد مطالعه در فصل تابستان کمترین مقدار را داشت. تغییرات مکانی این پارامتر در طول مسیر رودخانه کارون متغیر بود؛ به طوری که در ایستگاه ملاتانی به پایین‌ترین حد خود رسید و دوباره در طول مسیر افزایش نسبی در مقدار اکسیژن محلول مشاهده شد. این تغییرات برای دو پارامتر COD

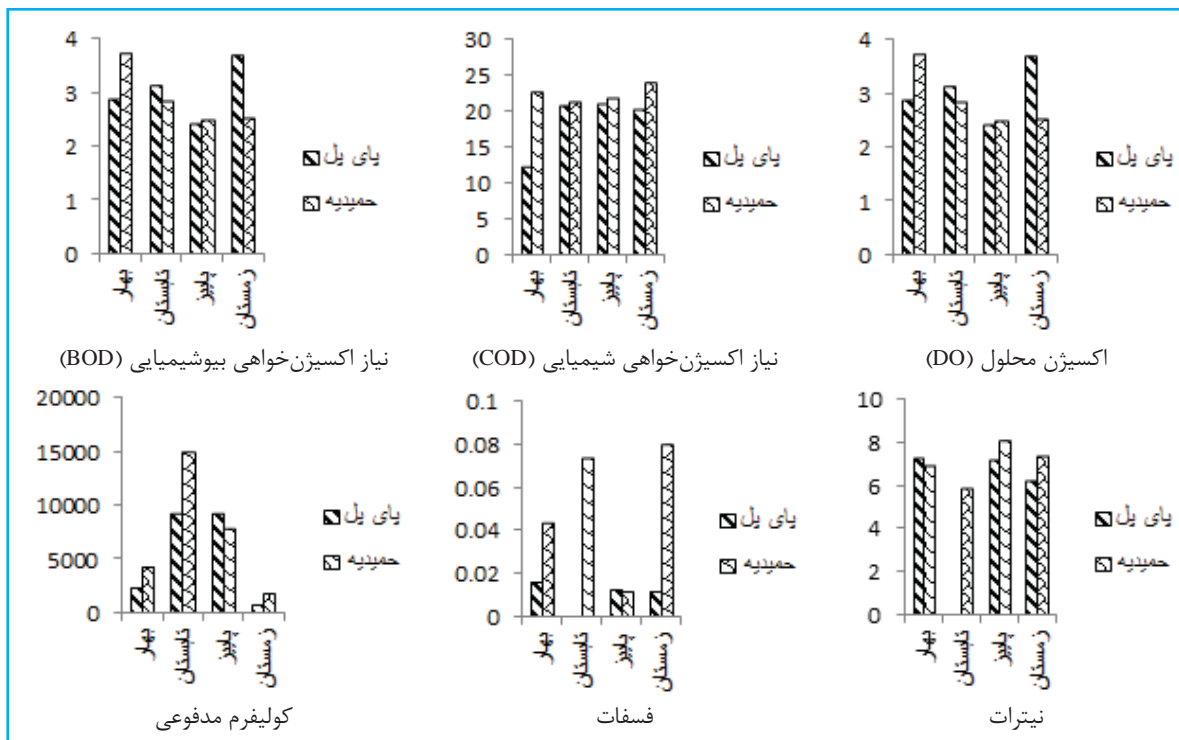
1. WHO

2. Canadian Council of Ministers of the Environment

3. BOD



نمودار ۱. نتایج کیفیت آب رودخانه کارون؛ DO، COD، BOD، نیترات و فسفات بر حسب میلی‌گرم بر لیتر و کولیفرم مدفوعی بر حسب تعداد در هزار واحد است.



نمودار ۲. نتایج کیفیت آب رودخانه کرخه؛ DO، COD، BOD، نیترات و فسفات بر حسب میلی‌گرم بر لیتر و کولیفرم مدفوعی بر حسب تعداد در هزار واحد است.

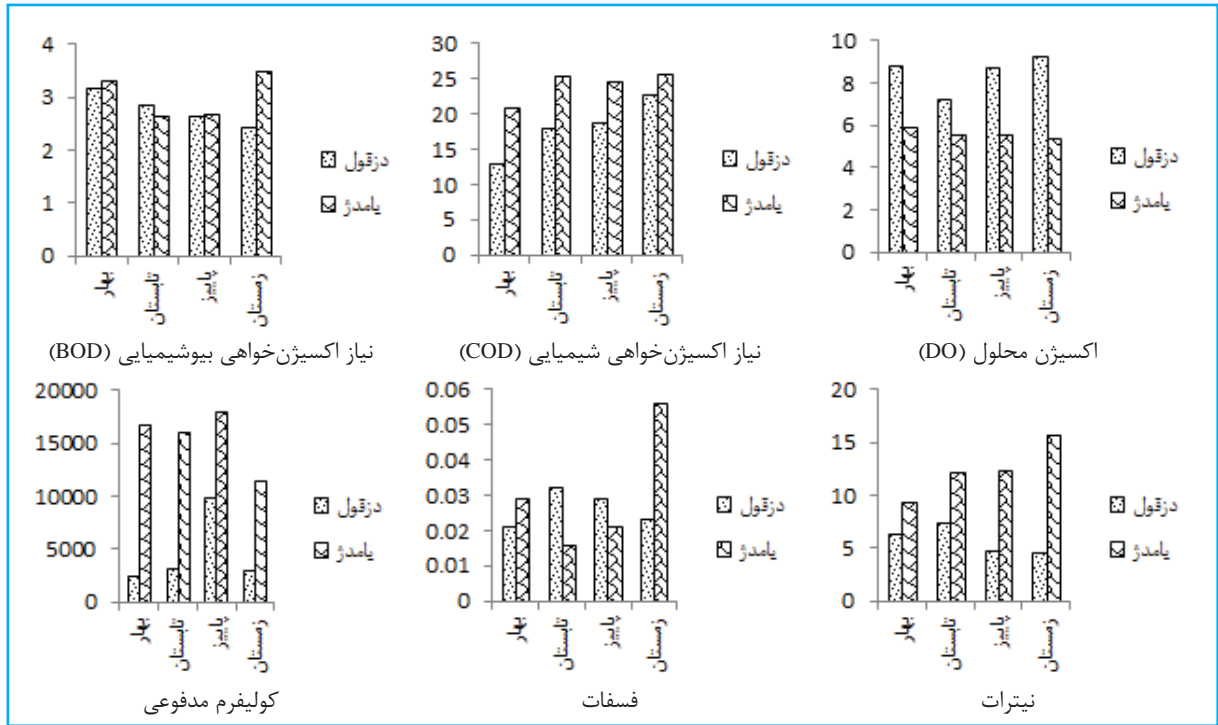
رودخانه دز

نیترات، فسفات و کولیفرم مدفوعی در رودخانه دز در هر دو ایستگاه مورد مطالعه برای فصول مختلف سال در نمودار ۳ نشان داده شده است. بر اساس این نتایج، میزان اکسیژن محلول در ایستگاه دزفول بسیار بیشتر از ایستگاه بامدژ بود. برای ایستگاه دزفول، بیشترین و کمترین میزان اکسیژن محلول به ترتیب برابر با $9/2$ و $7/2$ میلی گرم بر لیتر بود. در این ایستگاه، میزان اکسیژن محلول در تابستان از سایر فصول سال کمتر بود؛ به طوری که اختلاف آن با بیشترین مقدار این پارامتر برابر با 21% بود. میزان اکسیژن محلول در ایستگاه بامدژ نیز در طول فصول مختلف سال تغییر کرد و کمترین مقدار آن در فصل تابستان و برابر با $5/36$ میلی گرم بر لیتر مشاهده شد. بیشترین مقدار این پارامتر نیز در فصل بهار و برابر با $5/92$ میلی گرم بر لیتر مشاهده شد. اختلاف بین اکسیژن محلول در تابستان برای ایستگاه بامدژ کمتر از دزفول بود؛ به طوری که اختلاف بین حداقل و حداکثر مقدار این پارامتر در این ایستگاه برابر با $6/5\%$ بود. مقدار این پارامتر برای پرورش آبزیان مناسب بود. تغییرات پارامتر BOD در دو ایستگاه دزفول و بامدژ نشان داد که تغییرات چندانی بین مقادیر این پارامتر در این دو ایستگاه وجود نداشت. تنها تفاوت عمده در فصل زمستان مشاهده شد؛ به طوری که غلظت این پارامتر از $2/4$ میلی گرم بر لیتر در ایستگاه دزفول به $3/5$ میلی گرم بر لیتر در ایستگاه بامدژ افزایش یافت. اختلاف بین بیشترین و کمترین مقدار BOD در ایستگاه دزفول برابر با $9/7\%$ و در ایستگاه بامدژ برابر با $23/9\%$ بود. در ایستگاه دزفول، بیشترین مقدار این پارامتر در فصل بهار و کمترین مقدار آن در فصل زمستان مشاهده شد. تغییرات BOD برای ایستگاه بامدژ نیز از $2/64$ میلی گرم بر لیتر در تابستان به $3/48$ میلی گرم بر لیتر در زمستان تغییر کرد. تغییرات پارامتر COD در رودخانه دز در دو ایستگاه مورد مطالعه در شکل ۷ نشان داده شده است. بر اساس این نتایج، مقدار این پارامتر در ایستگاه دزفول بسیار کمتر از ایستگاه بامدژ بود. بیشترین و کمترین مقدار این پارامتر برای ایستگاه دزفول به ترتیب برابر با 13 و $22/8$ میلی گرم بر لیتر و برای ایستگاه بامدژ به ترتیب برابر با $20/8$ و $25/7$ میلی گرم بر لیتر بود. بیشترین و کمترین مقدار نیترات برای ایستگاه

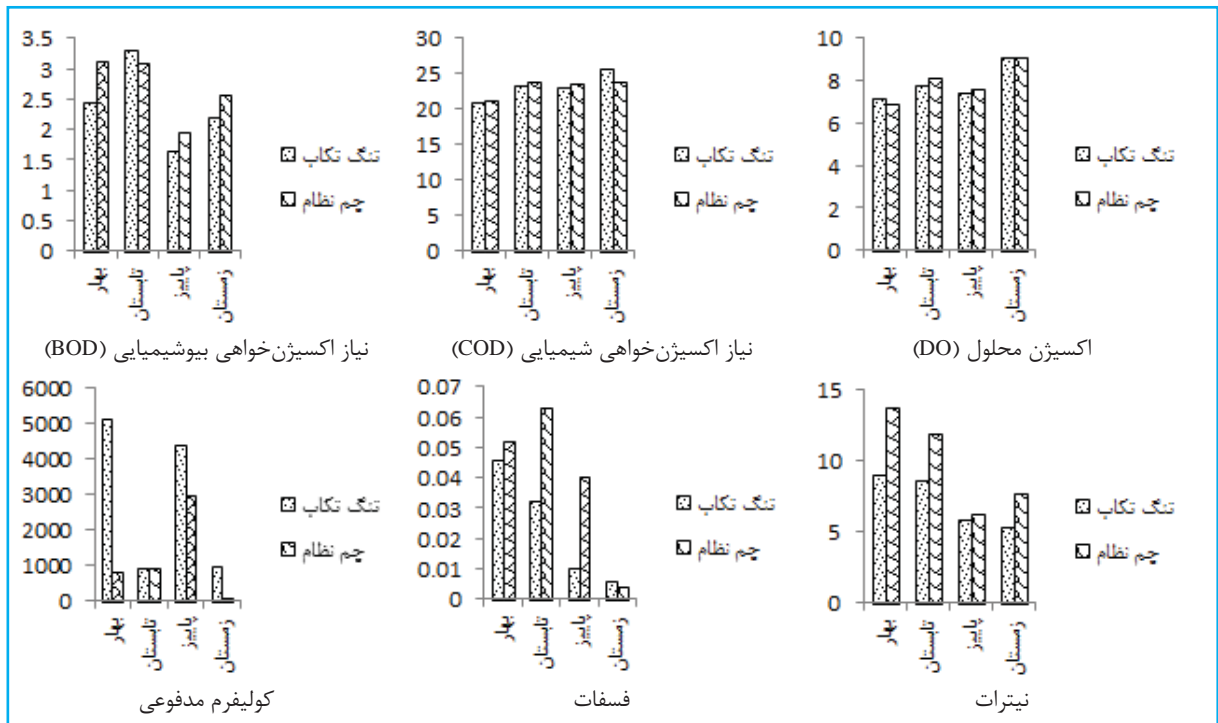
دزفول به ترتیب برابر با $7/4$ و $4/6$ میلی گرم بر لیتر بود. این مقادیر به ترتیب در فصول تابستان و زمستان به دست آمد. بیشترین و کمترین مقدار نیترات در ایستگاه بامدژ نیز به ترتیب برابر با $15/7$ و $9/2$ میلی گرم بر لیتر بود. این مقادیر به ترتیب در فصول زمستان و بهار مشاهده شد. مقایسه دو ایستگاه نشان داد که مقادیر نیترات در ایستگاه دزفول بسیار کمتر از ایستگاه بامدژ بود. در ایستگاه دزفول، در فصول پاییز و زمستان مقدار نیترات کاهش یافت، در حالی که این عمل در ایستگاه بامدژ به صورت عکس اتفاق افتاد. میزان فسفات دو ایستگاه بامدژ و دزفول نیز نشان داد که در ایستگاه دزفول میزان فسفات در تابستان افزایش یافت، در حالی که در ایستگاه بامدژ افزایش نیترات در فصل زمستان اتفاق افتاد. بیشترین و کمترین مقدار نیترات در ایستگاه دزفول به ترتیب برابر با $0/32$ و $0/21$ میلی گرم بر لیتر و در ایستگاه بامدژ به ترتیب برابر با $0/56$ و $0/15$ میلی گرم بر لیتر بود. مقایسه این نتایج با یکدیگر نشان داد که تغییرات آلودگی در ایستگاه بامدژ بسیار بیشتر از ایستگاه دزفول بود. بیشترین و کمترین مقدار کولیفرم مدفوعی در ایستگاه دزفول به ترتیب برابر با 9866 و 2366 و در ایستگاه بامدژ به ترتیب برابر با 1800 و 11433 بود. این نتایج نشان داد که این رودخانه در طی مسیر خود به شدت تحت تأثیر آلودگی های میکروبی قرار گرفته است، به همین دلیل در طول مسیر کیفیت آن کاهش یافته و برای شرب غیرقابل استفاده می شود (نمودار ۳).

رودخانه مارون

میزان اکسیژن محلول در رودخانه مارون در نمودار ۴ نشان داده شده است. بر اساس این نتایج، تغییرات این پارامتر در طول رودخانه در فصول مختلف سال بسیار نزدیک به هم بود. بیشترین و کمترین مقدار اکسیژن محلول در ایستگاه تنگ تکاب به ترتیب برابر با $9/1$ و $7/1$ میلی گرم بر لیتر بود. مقادیر این پارامتر در ایستگاه چمن نظام نیز به ترتیب 9 و $6/8$ میلی گرم بر لیتر به دست آمد. حداکثر مقادیر BOD برای دو ایستگاه تنگ تکاب و چمن نظام به ترتیب $3/29$ و $3/1$ میلی گرم بر لیتر و مقادیر COD برای این دو ایستگاه به ترتیب برابر با $25/6$ و $23/8$ میلی گرم بر لیتر بود. حداقل مقادیر COD برای این دو ایستگاه نیز به ترتیب برابر با 21



نمودار ۳. نتایج کیفیت آب رودخانه دز؛ BOD، COD، DO، نیترات و فسفات بر حسب میلی گرم بر لیتر و کولیفرم مدفوعی بر حسب تعداد در هزار واحد است.



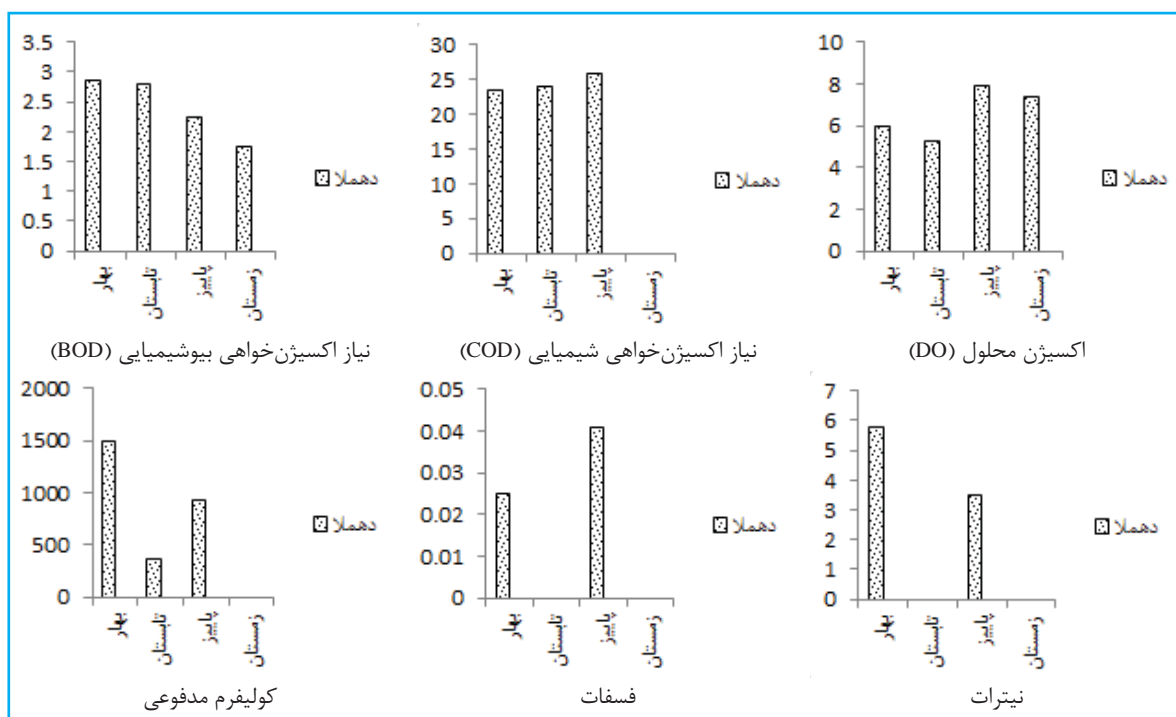
نمودار ۴. نتایج کیفیت آب رودخانه مارون؛ BOD، COD، DO، نیترات و فسفات بر حسب میلی گرم بر لیتر و کولیفرم مدفوعی بر حسب تعداد در هزار واحد است.

تنگ تکاب به ترتیب برابر با ۵۱۱۵ و ۹۱۰ و در ایستگاه چم نظام به ترتیب برابر با ۲۹۸۶ و ۹۱ بود.

رودخانه زهره

بر روی رودخانه زهره تنها یک ایستگاه مورد مطالعه قرار گرفت. میزان اکسیژن محلول در این ایستگاه در فصل تابستان کمتر از فصول دیگر بود (نمودار ۵). بیشترین میزان اکسیژن محلول نیز در فصل پاییز مشاهده شد. دامنه تغییرات این پارامتر در رودخانه زهره بین ۵/۳ و ۷/۸ میلی گرم بر لیتر، تغییرات BOD در رودخانه مارون بین ۱/۷ تا ۲/۸ میلی گرم بر لیتر و تغییرات COD بین ۱۷/۲ تا ۲۴ میلی گرم بر لیتر متغیر بود. غلظت پارامترهای نیترات و فسفات در طول سال در این رودخانه اندازه گیری نشد، به همین دلیل مقادیر مورد نیاز برای فصول تابستان و زمستان در دسترس نبود. با این وجود، در مقایسه داده های موجود با یکدیگر، غلظت این آلاینده ها در فصل پاییز کمتر از بهار بود. غلظت کولیفرم مدفوعی در این رودخانه بسیار پایین تر از رودخانه های مورد مطالعه بود. تغییرات این پارامتر در رودخانه زهره بین ۳۶۰ تا ۱۵۰۰ متغیر بود.

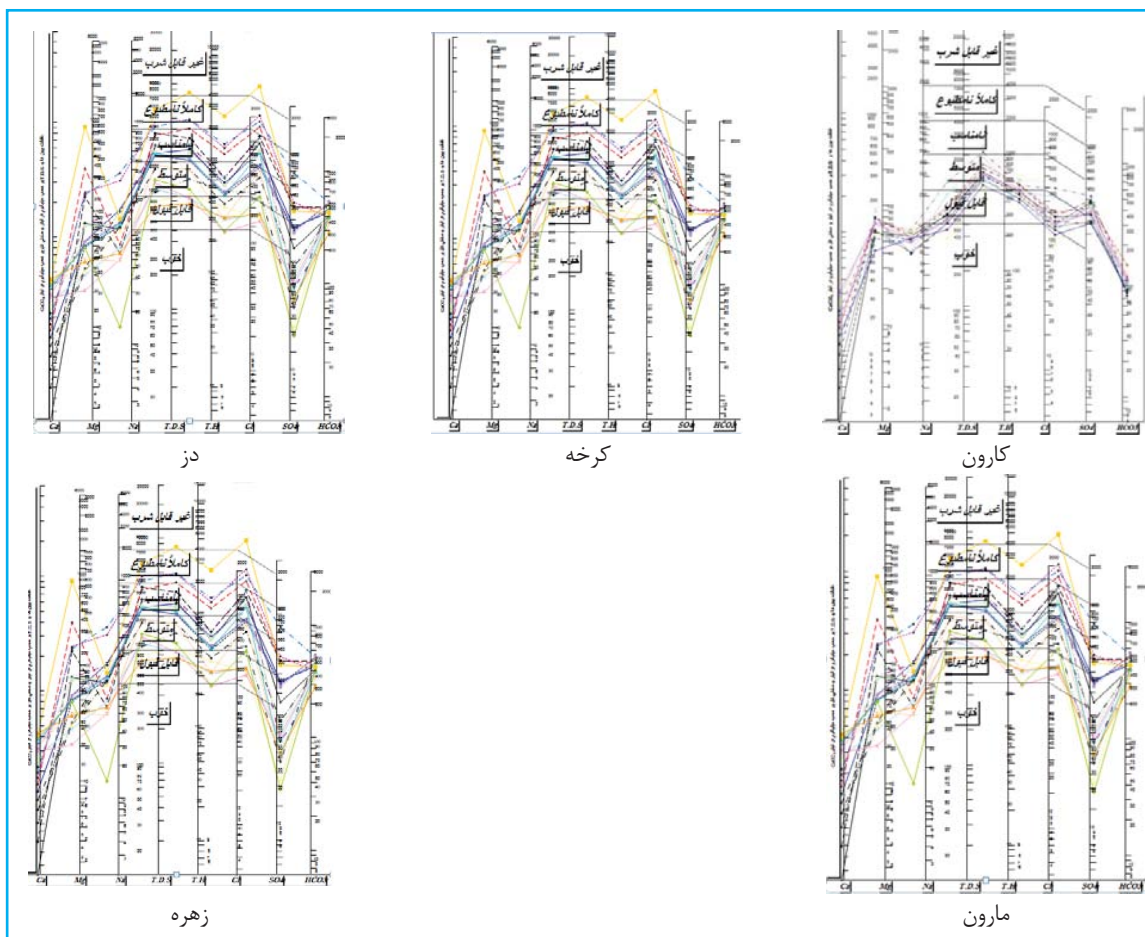
و ۲۱/۲ میلی گرم بر لیتر بود. بر اساس این نتایج، آب این رودخانه برای شرب و پرورش آبزیان کیفیت مناسبی ندارد. تغییرات نیترات در فصول مختلف برای رودخانه مارون نشان داد که بیشترین و کمترین مقدار آن در ایستگاه تنگ تکاب به ترتیب برابر با ۹ و ۵/۳ میلی گرم بر لیتر و در ایستگاه چم نظام به ترتیب برابر با ۱۳/۷ و ۶/۳ میلی گرم بر لیتر بود. بر اساس استاندارد سازمان جهانی بهداشت، کیفیت آب این رودخانه برای شرب نامناسب بود. اگرچه کیفیت آن با توجه به استاندارد ایران برای مصارف شرب مناسب می باشد. در فصول پاییز و زمستان کیفیت آب این رودخانه وضعیت بهتری نسبت به بهار و تابستان داشت. مقادیر فسفات در ایستگاه تنگ تکاب حداکثر برابر با ۰/۰۵ میلی گرم بر لیتر و در ایستگاه چم نظام حداکثر برابر با ۰/۰۶ میلی گرم بر لیتر بود. به جز در فصل زمستان، غلظت فسفات در بالادست رودخانه کمتر از پایین دست بود. مقادیر کولیفرم مدفوعی در دو ایستگاه تنگ تکاب و چم نظام در شکل ۸ نشان داده شده است. بر اساس این نتایج، بیشترین و کمترین مقدار این پارامتر در ایستگاه



نمودار ۵. نتایج کیفیت آب رودخانه زهره؛ BOD، COD، DO، نیترات و فسفات بر حسب میلی گرم بر لیتر و کولیفرم مدفوعی بر حسب تعداد در هزار واحد است.

دیاگرام شولر

نتایج دیاگرام شولر برای رودخانه‌های مورد بررسی در نمودار ۶ نشان داده شده است. بر اساس این نتایج، کیفیت آب رودخانه کارون از نظر شرب قابل قبول بود و تنها مقدار بالایی مواد جامد محلول داشت. کیفیت آب رودخانه کرخه از نظر منیزیم، کل املاح جامد، سختی کل و کلر نامناسب بود. آب رودخانه دز از نظر منیزیم، سختی کل و کلر کیفیت نامناسبی برای شرب داشت. رودخانه مارون از نظر

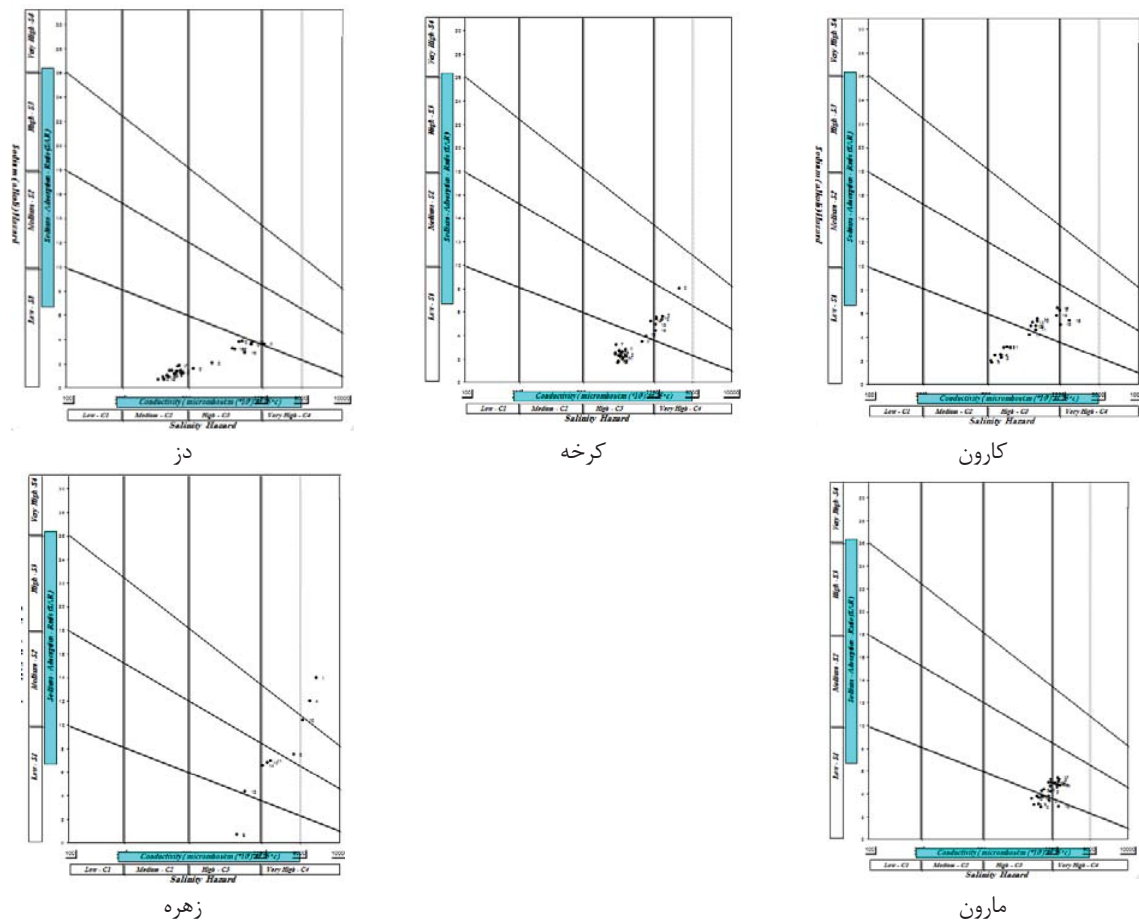


نمودار ۶. نتایج دیاگرام شولر برای رودخانه‌های مورد مطالعه

دیاگرام ویلکاکس

نتایج دیاگرام ویلکاکس برای رودخانه‌های استان خوزستان در نمودار ۷ نشان داده شده است. کیفیت رودخانه کرخه عمدتاً در کلاس‌های C3S1 و C4S2 قرار داشت، بنابراین برای کشاورزی چندان مناسب نیست. کیفیت رودخانه زهره نیز دارای شوری و قلیائیت بالایی بود و عمدتاً در کلاس‌های C4S4 و C4S2 قرار داشت. کیفیت رودخانه مارون در کلاس‌های C4S2 و C3S1 قرار داشت. رودخانه دز کیفیت بهتری نسبت به سایر رودخانه‌های استان داشت و از نظر دیاگرام ویلکاکس کیفیت آن در کلاس‌های

C2S1 و C3S1 قرار داشت. رودخانه کارون هم از نظر شوری بسیار وضعیت بدی را داشت و کلاس آن برابر با C4S1 و C3S1 بود.



نمودار ۷. نتایج دیاگرام ویلکاکس برای رودخانه‌های مورد مطالعه

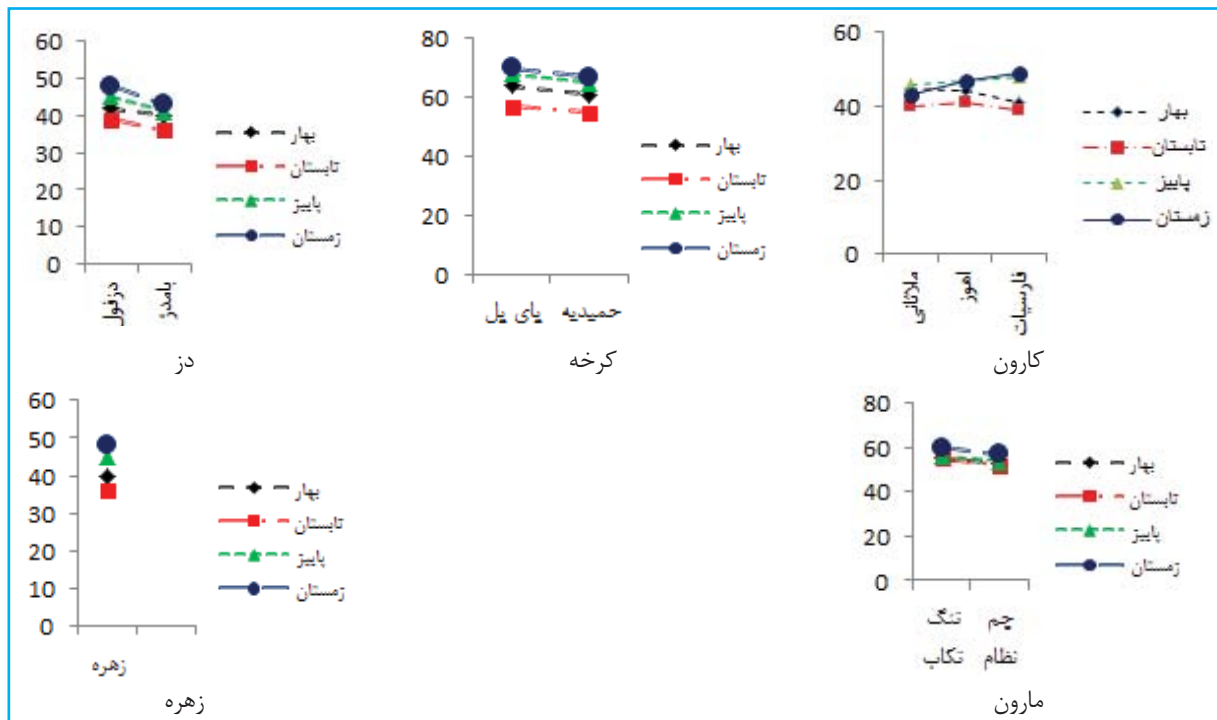
شاخص IRWQISC

مشاهده شد. با توجه به دور بودن این ایستگاه از آلودگی‌های شهری و صنعتی، کیفیت این رودخانه در وضعیت مناسب‌تری نسبت به سایر ایستگاه‌ها قرار داشت. کیفیت آب رودخانه دز از نظر شاخص IRWQISC نسبت به تمام رودخانه‌های مورد بررسی بهتر بود. مقادیر این شاخص برای رودخانه دز بین ۷۱-۸۳ متغیر بود که در بازه نسبتاً خوب قرار گرفت. در این رودخانه نیز، در فصل تابستان مقدار این شاخص به پایین‌ترین مقدار خود رسید و در فصل زمستان وضعیت کیفی این رودخانه در حالت بهتری بود. با ورود آب به پایین‌دست، کیفیت آب رودخانه دز کاهش یافت، ولی تغییرات کاهش کیفیت آن در بازه کمتری نسبت به رودخانه کارون قرار داشت. کیفیت آب

کیفیت آب رودخانه کارون بر اساس شاخص IRWQISC بین بازه ۳۹-۵۵ قرار داشت (نمودار ۸). بر اساس این نتایج، کیفیت آب این رودخانه در گروه نسبتاً بد تا متوسط قرار داشت. نتایج به دست آمده نشان داد که در تمام ایستگاه‌ها در فصل تابستان کیفیت آب رودخانه کاهش یافت. با این وجود کیفیت آب رودخانه کارون در همه ایستگاه‌ها در فصل پاییز و زمستان وضعیت بهتری داشت. تغییرات این شاخص در طول رودخانه مدام در حال تغییر بود که علت آن به تغییرات پارامترهای کیفی رودخانه در طی مسیر رودخانه برمی‌گردد. بر اساس این نتایج، در ایستگاه سلمانیه پایین‌ترین کیفیت رودخانه در اکثر مواقع مشاهده شد. بهترین کیفیت نیز در ایستگاه گتوند

کیفیت آب رودخانه مارون نسبتاً بد تشخیص داده شد. مقدار شاخص IRWQISC برای این رودخانه بین ۳۳-۴۱ بود. در این رودخانه، دو ایستگاه تنگ تکاب و چم نظام برای بررسی روند تغییرات رودخانه انتخاب شده بود. مقادیر به دست آمده برای شاخص IRWQISC نشان داد که کیفیت آب در ایستگاه چم نظام کمتر از تنگ تکاب بود. روند زمانی تغییرات این شاخص نشان داد که در فصل تابستان کیفیت این شاخص کمتر از فصول دیگر بود. این روند برای هر دو ایستگاه مشاهده شد. رودخانه زهره نیز بدترین کیفیت را داشت و مقدار شاخص IRWQISC برای این رودخانه برابر با ۲۵-۳۲ بود. در این رودخانه تغییرات کیفیت آب تنها برای یک ایستگاه سنجیده شد. بر اساس مقادیر به دست آمده، مقدار شاخص IRWQISC برای فصل تابستان نسبت به فصول دیگر پایین تر بود.

رودخانه کرخه از نظر این شاخص در وضعیت متوسط قرار داشت. مقدار این شاخص برای رودخانه کرخه بین ۴۰-۵۲ متغیر بود. این رودخانه نیز مانند رودخانه‌های دز و کارون در فصل تابستان از نظر کیفی افت شدیدی داشت. بهترین وضعیت این رودخانه در فصل زمستان مشاهده شد و مقدار شاخص IRWQISC برای این رودخانه نزدیک ۵۲ بود. کیفیت آب این رودخانه در پایین دست مقادیر کمتری نسبت به بالادست داشت. این روند برای دو رودخانه کارون و دز نیز مشاهده شد که علت آن را می توان به افزایش دمای هوا در جنوب خوزستان و افزایش آلودگی در مسیر این رودخانه‌ها بیان کرد. با این وجود، افزایش آلودگی در رودخانه کارون بسیار بیشتر از دو رودخانه کرخه و دز بود. بنابراین مشاهده شد که وجود صنایع آلاینده و جمعیت شهری نقش مهمی در آلودگی رودخانه‌های نامبرده داشت.



نمودار ۸. نتایج کیفیت آب رودخانه‌های مورد مطالعه بر اساس شاخص IRWQISC

شاخص NSFQI

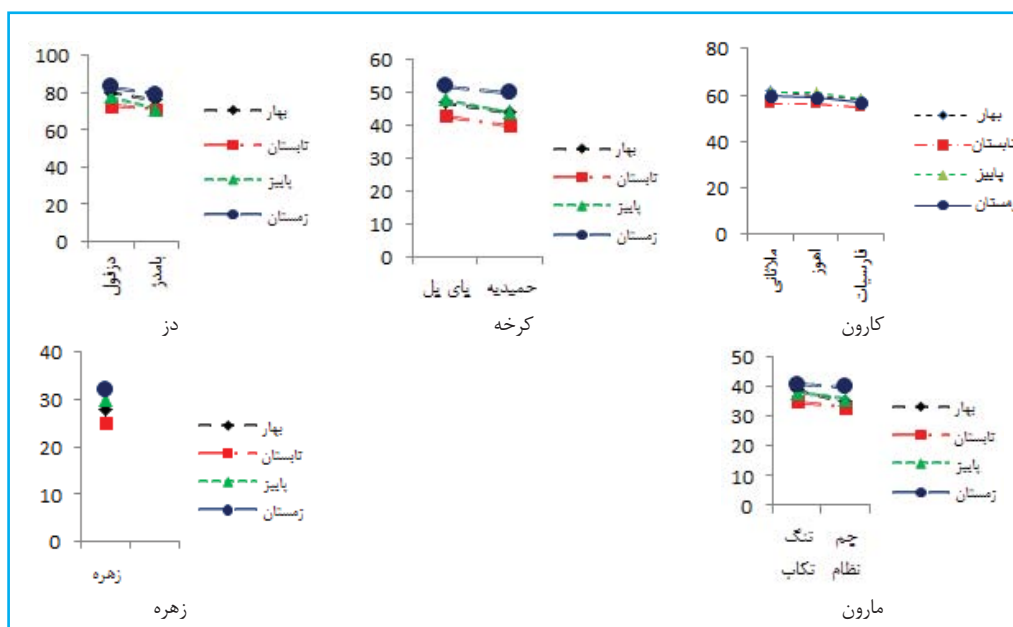
۴۸ متغیر بود (نمودار ۹). بر اساس این نتایج، کیفیت آب رودخانه زهره در وضعیت بد قرار داشت، در حالی که آب سایر رودخانه‌ها در وضعیت متوسط بود. مقایسه فصلی نتایج این شاخص برای رودخانه

نتایج به دست آمده از شاخص NSFQI برای رودخانه‌های دز، کرخه، کارون، مارون و زهره به ترتیب نشان داد که مقدار این شاخص در رودخانه‌های مذکور بین ۶۵-۷۷، ۵۵-۷۰، ۵۸-۶۸، ۵۲-۶۰ و ۳۶-

داشت. کیفیت آب رودخانه کرخه در بالادست و پایین دست آن بر اساس شاخص NSFQI در شکل ۴ نشان داده شده است. مقدار این شاخص در طول رودخانه کاهش یافت و از نظر زمانی نیز در فصل تابستان کمترین مقدار را داشت. متوسط سالیانه این شاخص در ایستگاه‌های پای پل و حمیدیه به ترتیب برابر با ۴۷/۵ و ۴۴/۵ بود. متوسط سالیانه این شاخص برای رودخانه کرخه نیز برابر با ۴۶ به دست آمد. وضعیت تغییرات شاخص NSFQI برای رودخانه مارون نیز مشابه سایر رودخانه‌های استان بود. در این رودخانه نیز با جریان یافتن آب به سمت پایین دست، مقدار این شاخص افزایش یافت. از طرف دیگر در زمان‌هایی که گرمای هوا بالا و دبی آب نیز پایین بود، مقدار این شاخص نیز کاهش یافت. متوسط شاخص NSFQI برای بالادست و پایین دست این رودخانه به ترتیب برابر با ۳۸ و ۳۶ بود. متوسط این شاخص برای رودخانه مارون نیز برابر با ۳۷ به دست آمد. بر روی رودخانه زهره تنها یک ایستگاه مطالعاتی وجود داشت، به همین دلیل امکان مقایسه کیفیت آب در بالادست و پایین دست رودخانه وجود نداشت، ولی مقایسه زمانی کیفیت آب در این رودخانه نشان داد که در فصل تابستان کیفیت آب کاهش یافت و در فصل زمستان کیفیت آن افزایش یافت.

کارون نشان داد که کیفیت آب این رودخانه در فصل تابستان پایین تر از سایر فصول بود. این نتایج برای تمام ایستگاه‌های مورد مطالعه بر روی این رودخانه مشاهده شد. متوسط سالیانه شاخص NSFQI در ایستگاه‌های گتوند، ملاثانی، اهواز، دارخوین، سلمانیه و کوت امیر به ترتیب برابر با ۶۴، ۶۰، ۶۱، ۵۹، ۵۸ و ۵۹ بود. با توجه به این مقادیر، ایستگاه دارخوین کیفیت بهتری نسبت به سایر ایستگاه‌ها داشت. بنابراین، رودخانه کارون به عنوان رودخانه‌ای طولی و تأثیرپذیر از محیط، کیفیت متوسطی داشت. متوسط شاخص NSFQI برای کل ایستگاه‌های مورد مطالعه روی رودخانه کارون نیز برابر با ۶۰/۶ به دست آمد که نشان دهنده وضعیت متوسط کیفیت آب این رودخانه است.

مقدار شاخص NSFQI در ایستگاه بامدژ کمتر از ایستگاه دز بود. این نتایج برای تمام فصول مشاهده شد، بنابراین کیفیت آب این رودخانه در ایستگاه دزفول بهتر از بامدژ بود. نتایج فصلی به دست آمده برای این شاخص نیز نشان داد که کیفیت آب رودخانه دز در فصل تابستان پایین تر از سایر فصول بود. متوسط سالیانه این شاخص برای ایستگاه‌های دزفول و بامدژ به ترتیب برابر با ۷۸/۵ و ۷۴ بود. متوسط این شاخص برای رودخانه دز نیز برابر با ۷۶ به دست آمد، بنابراین این رودخانه کیفیت مطلوبی



نمودار ۹. نتایج کیفیت آب رودخانه‌های مورد مطالعه بر اساس شاخص NSFQI

بر اساس استاندارد سازمان جهانی بهداشت، و مقادیر نیترات در رودخانه کارون، استفاده از آب این رودخانه برای مصارف شرب نامناسب است. این وضعیت برای فسفات نیز مشاهده شد. تنها حالت غیرمنطقی در غلظت فسفات برای ایستگاه گتوند و در فصل زمستان مشاهده شد که توجیه علمی برای آن یافت نشد. به همین دلیل فرض بر این شد که ثبت این داده با خطای انسانی مواجه شده است. مقادیر کولیفرم مدفوعی بر روی این رودخانه نشان داد که ایستگاه کوت امیر آلوده‌ترین ایستگاه در طی مسیر رودخانه کارون است. ایستگاه گتوند نیز به‌عنوان سالم‌ترین ایستگاه در طی مسیر رودخانه کارون مشاهده شد. در مقایسه زمانی مقادیر کولیفرم مدفوعی، تغییرات منظمی در ایستگاه‌های مطالعاتی وجود نداشت. بر اساس مقادیر این پارامتر، آب این رودخانه در همه ایستگاه‌ها آلوده و برای مصارف شرب نامناسب بود. نتایج به دست آمده برای رودخانه کرخه نشان داد که کیفیت آب این رودخانه بر اساس پارامتر COD برای شرب اصلاً مناسب نیست. همچنین پرورش آبزیان در این رودخانه عملاً از نظر کیفیت آب توجیه‌پذیر نمی‌باشد. میزان نیترات در رودخانه کرخه در هر دو ایستگاه مورد مطالعه از ۶ میلی‌گرم بر لیتر بالاتر بود، ولی این میزان از ۸ میلی‌گرم نیز تجاوز نکرد. بنابراین کیفیت آب این رودخانه از نظر این پارامتر مناسب است. مقایسه دو ایستگاه نشان داد که در فصل پاییز و زمستان مقدار نیترات در پایین‌دست رودخانه افزایش اندکی داشت، ولی در سایر فصول سال مقدار این پارامتر در بالادست بیشتر از پایین‌دست بود. در مقایسه فسفات موجود در این رودخانه، ایستگاه حمیدیه فسفات بیشتری نسبت به ایستگاه پای‌پل داشت، بنابراین کیفیت آب این رودخانه در پایین‌دست به شدت پایین‌تر از بالادست است. میزان کولیفرم مدفوعی در دو ایستگاه مورد مطالعه در طول رودخانه کرخه در شکل زیر نشان داده شده است. بر اساس این نتایج، رودخانه کرخه در فصل تابستان در وضعیت بسیار آلوده قرار داشت. بهترین وضعیت این رودخانه از نظر این شاخص آلودگی، زمستان بود. مقایسه دو ایستگاه موجود

بر روی این رودخانه نشان داد که در اکثر مواقع ایستگاه حمیدیه وضعیت آلوده‌تری نسبت به پای‌پل داشت. نتایج به دست آمده برای رودخانه دز نشان داد که تغییرات COD در ایستگاه دزفول بسیار بیشتر از ایستگاه بامدژ بود. مقدار این پارامتر بسیار بیشتر از حد مجاز برای آشامیدن است. همچنین مقدار این پارامتر به حدی بالاست که برای پرورش آبزیان نیز مناسب نمی‌باشد. میزان نیترات رودخانه دز بر اساس استاندارد ایران برای شرب مناسب بود، اگرچه در برخی موارد مقدار نیترات این رودخانه بیشتر از ۱۱ میلی‌گرم بر لیتر بود که این عمل، بر اساس استاندارد سازمان جهانی بهداشت، امکان استفاده شرب از این رودخانه را با مشکل مواجه می‌کند. مقایسه کیفیت آب رودخانه مارون با رودخانه کرخه و دز نشان داد که رودخانه مارون از نظر آلودگی میکروبی وضعیت بهتری نسبت به دو رودخانه دیگر دارد. جمعیت کم تحت پوشش این رودخانه سبب شده است تا آلودگی میکروبی کمتری به این رودخانه وارد شود. نتایج نشان داد که کیفیت آب رودخانه زهره از نظر وجود میزان اکسیژن برای شرب و پرورش آبزیان نامناسب است. بنابراین می‌توان گفت که کیفیت آب این رودخانه نسبت به این پارامتر از سایر رودخانه‌های استان خوزستان بهتر بود. براساس استاندارد سازمان بهداشت جهانی، کلیه رودخانه‌های مورد مطالعه از نظر pH در وضعیت خوبی قرار داشتند. بر اساس این استاندارد، تنها رودخانه دز از نظر TDS کیفیت قابل قبولی داشت و سایر رودخانه‌ها مقادیر بیشتر از حد مجاز این پارامتر را داشتند. بنابراین تنها آب رودخانه دز قابل استفاده برای مصارف عمومی، شرب و پرورش آبزیان است. از نظر کدورت هیچ کدام از رودخانه‌های استان خوزستان کیفیت قابل قبولی نداشتند. از نظر هدایت الکتریکی نیز هیچ کدام از رودخانه‌های استان خوزستان در وضع مطلوبی نبودند. بر اساس استاندارد مؤسسه استاندارد تحقیقات صنعتی ایران، تمام آب‌های استان خوزستان از نظر pH در وضعیت مطلوبی بودند. بر اساس حد مجاز مواد محلول جامد توسط این مؤسسه، تنها رودخانه زهره کیفیت نامناسبی برای شرب داشت.

گرچه استانداردهای معرفی شده معمولاً فاکتورهای متعددی برای تعیین کیفیت آب در نظر می‌گیرند، ولی بر اساس پارامترهای مورد بررسی در این تحقیق، تنها آب رودخانه دز در وضعیت مطلوبی برای مصارف عمومی داشت.

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج به‌دست آمده از این تحقیق، رودخانه کارون برای مصرف شرب کیفیت نامناسبی داشت. آب این رودخانه برای کشاورزی نسبتاً مناسب بود. رودخانه‌های کرخه و مارون نیز وضعیت مشابه کارون داشتند. کیفیت رودخانه دز برای مصرف شرب نامناسب و برای کشاورزی وضعیت مناسبی داشت. کیفیت رودخانه زهره برای مصرف شرب نامناسب و برای کشاورزی نامناسب بود.

ملاحظات اخلاقی

نویسندگان کلیه نکات اخلاقی شامل عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانه، تحریف داده‌ها و داده‌سازی را در این مقاله رعایت کرده‌اند. همچنین هرگونه تضاد منافع حقیقی یا مادی که ممکن است بر نتایج یا تفسیر مقاله تأثیر بگذارد را رد می‌کنند.

تشکر و قدردانی

این مقاله بخشی از پایان نامه مقطع کارشناسی ارشد رشته مهندسی محیط زیست گرایش آب و فاضلاب با کد شناسایی ۱۰۶۵۰۵۱۵۹۷۲۰۰۴ در دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز می‌باشد. بدین وسیله از مسئولین محترم دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز جهت همکاری در انجام این پژوهش تشکر و قدردانی می‌شود.

References

- Enrique S, Manuel F, Colmenarejo JA, Angel RG, Garci LT, Borja R. Use of the water quality index and dissolved oxygen deficit as simple indicators of watersheds pollution. *Ecological Indicators*. 2007;7:315–328.
- Junubi R. Contamination of water production resources and prevention techniques. Research Project of Rural Water and Water waste Company of West Azarbayjan, Orumiyeh, Iran; [Online, cited Apr 19, 2013]; Available from: http://www.abfarwazar.ir/downloads/magale/alodegi_ab.pdf. (2004).
- Meftahhalaghi M. Gosalipor, A. Classification of Water Quality of Atrak River, Technical Report of Golestan Environmental Office. 2007; 177.
- Shih CH, Chu T J, Kuo Y Y, Lee YC, Tzeng T D, Chang WT. Environmental pre-evaluation for eco-leisure: a case study of a restored stream system in Hofanchuken Creek of Taipei county, Taiwan, *Journal of Environmental Engineering Management*. 2010;20(2):99-108.
- Tayfur G, Kirer T, Baba A. Groundwater quality and hydrogeochemical properties of Torbali region, Izmir, Turkey, *Environmental Monitoring and Assessment*. 2007; 146: 157- 169.
- Terrado M, Barcel D, Tauler R, Borrell E, Campos S. Surface-water-quality indices for the analysis of data generated by automated sampling networks. *J TrAC Trends in Analytical Chemistry*. 2010; 29(1):40-52.
- Liou S M, Lo S L, Hu C Y. Application of twostage fuzzy set theory to river quality evaluation in Taiwan. *Water Res*. 2003; 37: 1406–1416.
- Simoes F, Moreira A B, Bisinoti MC, Gimenez S, Santos M. Water quality index as a simple indicator of aquaculture effects on aquatic bodies. *Ecological Indicators*. 2008;38: 476-480.
- Palupi K, Inswiasri S, Sumengen S, Agustina L, Nunik S A, Sunarya W. River water quality study in the vicinity of Jakarta, *water Science and technology*. 2000;31(9): 17-25.
- World Health Organization (WHO). (1998). Guide lines for drinking water. 2nd Edition vol. 2 Health criteria and other information genera Switzerland. pp 281-308.
- Ayers R S, Westcot DW. (1994). Food, Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Water Quality for Agriculture, Irrigation and Drainage, Rome, Paper No. 29. Rev. 1, M-56. ISBN 92-5-102263-1.
- CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment), (2007). For the protection of aquatic life 2007. In: Canadian environmental quality guidelines, 1999, Canadian Council of Ministers of the Environment, 1999, Winnipeg.
- Dasilva M. Sacomanilisabet B. Using chemical and physical parameters to define quality of Parado river water (botucatu- sp- brazil), *Wat. Res. Journal Elsiwier sience*. 2001; 35(6):1609-1616.
- Sánchez E, Colmenarejo M, Vicente J, Rubio A, García M, Travieso L, Borja R. Use of the water indicators of watersheds pollution. *Journal of Ecological Indicators*. 2007; 7(2): 315-28.
- Wei G L, Yang Z F, Cui B S, Li B, Chen H, Bai J H, Dong S K. Impact of dam construction on water quality and water self-purification capacity of the Lancang river, China, *Water Resource Management*. 2009; 23:1763–1780.
- Wu Zh, Wang X, Chen Y, Cai Y, Deng J. Assessing river water

- quality using water quality index in lake Taihu basin, Chain. Science of the Total Environment. 2018;612: 914-922.
17. Byrne P, Hudson-Edwards K A, Brid G, Macklin M G, Brewer P, Williams R D, Jamieson H E. Water quality impacts and river system recovery following the 2014 mount polley mine tailings dam spill, British Columbia. Canada. Applied Geochemistry. 2018;91: 64-74.
 18. Institute of Standards and Industrial Research of Iran, ISIRI number 2347.
 19. Institute of Standards and Industrial Research of Iran, ISIRI numbers 1055.
 20. Institute of Standards and Industrial Research of Iran, ISIRI numbers 2351.
 21. Institute of Standards and Industrial Research of Iran, ISIRI numbers 1252.
 22. Institute of Standards and Industrial Research of Iran, ISIRI numbers 2355.
 23. Institute of Standards and Industrial Research of Iran, ISIRI numbers 2353.
 24. Institute of Standards and Industrial Research of Iran, ISIRI numbers 2356.
 25. Institute of Standards and Industrial Research of Iran, ISIRI numbers 10612.