Journal of Water & Wastewater Science & Engineering (jwwse)
Vol. 3, No. 1., PP. 22-34, Spring 2018
DOI: 10.22112/jwwse.2018.128117.1081

نشریه علوم و مهندسی آب و فاضلاب
سال سوم، شماره ۱، صفحات ۲۲-۳۴، بهار ۱۳۹۷

Evaluation of Water Quality in Zarrineh-rood River Using the Standard Quality Index of Iran's Surface Water Resources

Saeed Khalifeh[1*] and Ali Khoshnazar[2]
1- Department of Civil Engineering, University of Shahid Chamran, Kerman, Iran.
2- Master of Science in Environmental Engineering, Aras College of Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran.
* Corresponding Author: khalife_saeed@yahoo.com

Received: 22/4/2018
Revised: 13/7/2018
Accepted: 14/7/2018

Abstract

Zarrineh-rood River is one of the most important and longest rivers within Orumiye water basin. According to the major drinking use from the river and since the river is receiving different pollutants (natural and artificial) throughout the year, so the water quality control is of great importance. In this research a newly-developed water quality index, the IRAN Water Quality Index for Surface Water Resources-Conventional Parameters Index ($IRWQI_{SC}$ index) is used which deals with 11 parameters and presents the result in seven ranges (very bad, bad, moderately bad, medium, moderately good, good and very good). For this study, data from 16 stations in four seasons of the year is used. Results show that no station in none seasons is in range of very good and very bad, and only station 16 in spring is bad. Other results are reported to be in ranges of moderately bad, medium, moderately good and good. As approved advantages to other indices, this index is highlighting the effects of EC and is employing weighted parameters related to domestic wastewater.

Keywords: Zarrineh-rood River, Water Quality Index, Pollutant, Domestic Wastewater.

بررسی کیفیت رودخانه زرینه‌رود با استفاده از شاخص استاندارد کیفیت منابع آب سطحی ایران

سعیدخلیفه[1*] و علی خوش‌نظر[2]
۱- مربی، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه چمران کرمان، کرمان، ایران.
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران گرایش محیط زیست، پردیس بین‌المللی ارس، دانشگاه تهران، ایران.
* نویسنده مسئول، ایمیل: khalife_saeed@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۲/۰۲
تاریخ اصلاح: ۱۳۹۷/۰۴/۲۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۴/۲۳

چکیده

رودخانه زرینه‌رود از جمله مهم‌ترین و طویل‌ترین رودخانه‌های حوضه آبریز دریاچه ارومیه است که از کوه‌های چهل چشمه کردستان سرچشمه می‌گیرد و در نهایت به دریاچه ارومیه می‌ریزد. از جمله استفاده‌های عمده آن، استفاده برای شرب است که به‌دلیل آلوده شدن رودخانه در فصول مختلف با آلاینده‌های گوناگون طبیعی و انسان‌ساخت، پایش کیفی آب آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این پژوهش از شاخص پارامترهای متداول کیفیت منابع آب سطحی ایران ($IRWQI_{SC}$)، که اخیراً توسط سازمان حفاظت محیط زیست مورد پذیرش واقع شده و مبتنی بر اندازه‌گیری ۱۱ پارامتر از پارامترهای کیفی آب است و مقادیر شاخص را در هفت دسته شامل؛ خیلی بد، بد، نسبتاً بد، متوسط، نسبتاً خوب، خوب و بسیار خوب توصیف می‌کند، به‌منظور بررسی کیفی رودخانه زرینه‌رود در ۱۶ ایستگاه مطالعاتی و در چهار فصل سال استفاده و در آخر با دیگر شاخص‌های کیفی مقایسه شده است. براساس یافته‌ها، هیچ ایستگاهی در هیچ دوره‌ای در دامنه خیلی بد و بسیار خوب قرار نمی‌گیرد و تنها در فصل بهار ایستگاه شانزده در دامنه بد واقع می‌شود. از جمله مزایای تایید شده این شاخص در این مطالعه تاثیر پارامتر EC در آن و همچنین بهبود ضرایب مربوط به وزن‌دهی به پارامترهای مرتبط با فاضلاب خانگی در محاسبات آن، نسبت به شاخص‌های دیگر است.

واژه‌های کلیدی: زرینه‌رود، شاخص کیفی آب، آلاینده، فاضلاب خانگی.

۱- مقدمه

رودخانه‌ها برای تأمین آب شرب، آبیاری کشاورزی، تولید برق، حمل‌ونقل رودخانه‌ای، تهیه‌ی غذا و حمل آلودگی‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. اهمیت آب در تمام جنبه‌های زندگی انسان، گیاهان و جانوران واضح و غیرقابل انکار است. افزایش تقاضای آب و تنوع و تعدد آلاینده‌ها همگان با رشد جمعیت، تخلیه فاضلاب‌های شهری، صنعتی، کشاورزی، شیرابه محل‌های دفع زباله و روان‌آب سطحی باعث گسترش آلودگی و محدود شدن منابع آب در دسترس شده است (حسینیان و همکاران، ۱۳۸۵). افزایش کمبود آب در کشورهای در حال توسعه، ارزیابی کیفیت آب را در سال‌های اخیر مبحثی مناسب ساخته است (Anguly, 1998). کیفیت آب سطحی و زیرزمینی بر حسب پارامترهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی شناسایی می‌شود. مشکل ویژه پایش کیفی آب تعداد زیاد متغیرهای اندازه‌گیری شده آن است (Boyacioglu, 2006).

کیفیت آب در هر محل منعکس‌کننده اثر عوامل مختلف مانند زمین‌شناسی، شرایط اقلیمی و منابع آلاینده انسانی می‌باشد و پایش کیفیت منابع آب اغلب موجب تولید داده‌های پیچیده‌ای می‌شود که حاوی اطلاعات غنی درباره رفتار منابع آب هستند و نیاز به روش‌های مناسبی برای تحلیل و تفسیر دارند. در این میان طبقه‌بندی، شبیه‌سازی و تحلیل آماری داده‌ها، از مهم‌ترین بخش‌های ارزیابی کیفیت آب هستند. این شاخص‌ها ابزاری مناسب و ساده برای تعیین وضعیت و شرایط کیفیت آب هستند که در آن‌ها داده‌های چند پارامتر کیفیت آب در یک فرمول ریاضی که با یک عدد، میزان سلامتی آب را نشان می‌دهد، شرکت داده می‌شوند. این عدد با یک مقیاس نسبی که گویای کیفیت آب از بسیار بد تا عالی است، دسته‌بندی می‌شود.

شاخص‌ها با ساده‌سازی و کاهش اطلاعات خام و اولیه علاوه بر بیان کیفیت آب، روند تغییرات کیفی آب را در طول مکان و زمان نشان می‌دهند. به کمک شاخص‌های کیفی می‌توان مناطقی را که از نظر آلودگی بیشتر مورد تهدید هستند، مشخص و منابع آب را مدیریت کرد .به‌طور کلی شاخص‌های کیفیت منابع آب به دو گروه تقسیم می‌شوند، شاخص‌های آلودگی که با افزایش آلودگی، عدد شاخص آن‌ها افزایش می‌یابد مانند BCWQI. و شاخص‌هایی کیفی که با افزایش آلودگی، عدد شاخص آن‌ها کاهش می‌یابد و با نام شاخص‌های کیفی شناخته می‌شوند. ازجمله مهم‌ترین شاخص‌های کیفی منابع آب می‌توان به NSFWQI[1]، OWQI[2]، WQI[3] و IRWQI[4] اشاره کرد (شمسایی و همکاران، ۱۳۸۴).

شاخص کیفیت آب موسسه بهداشت ملی یا NSFWQI در سال ۱۹۷۰ با حمایت موسسه ملی بهداشت آمریکا، توسط Brown et al. (1970) ارائه شد. آن‌ها در ابتدا حدود ۳۵ پارامتر آلودگی را مطرح کرده و سپس بر اساس نظر افراد متخصص حدود ۹ پارامتر را برای ایجاد شاخص اصلی انتخاب کردند (شمسایی و همکاران، ۱۳۸۴). شاخص کیفی اورگان و یا OWQI در ایالت اورگان و در ابتدا توسط یک گروه بررسی‌کننده مسائل کیفی زیست‌محیطی در سال ۱۹۷۹ برای ارزیابی شرایط و روند کیفی آب ایجاد شد. این شاخص جزء شاخص‌های مصارف آب طبقه‌بندی شده است. سادگی و در دسترس بودن پارامترهای کیفی مورد نیاز و تعیین زیر شاخص‌ها با استفاده از شکل‌ها یا روابط تحلیلی از مزایای این روش است. شاخص ساده مدیریتی کیفت آب و یا WQI توسط محیط‌زیست بریتیش کلمبیای کانادا در سال ۱۹۹۰ طراحی شده و یکی از شاخص‌های مهم و مفید برای ارزیابی آب‌های سطحی برای حفاظت از زندگی آبزیان و مصرف‌کننده‌ای آب است. این شاخص با توجه به پارامترهای فیزیکی شیمیایی و بیولوژیکی مورد نیاز، پهنه آبی را از نظر کیفی برای آشامیدن، کشاورزی، آبزیان، تفریح و سرگرمی و استفاده احشام بررسی می‌کند. لازم به ذکر است که در این شاخص محدودیت پارامتر وجود ندارد و هرچه تعداد پارامترها بیشتر باشد دقت ارزیابی بیشتر خواهد بود. شاخص کیفیت منابع آب ایران و یا IRWQI شاخصی جدید است در سال‌های اخیر توسط محققین سازمان حفاظت محیط زیست ایران ارائه شده است. این شاخص با بررسی یازده پارامتر وضعیت کیفی آب را در هفت دسته توصیف می‌کند (The Iranian Department of Environment, 2011).

در این راستا تحقیقاتی توسط محققین بر روی کیفیت آب صورت گرفته است. حیدری‌نیا و همکاران (۱۳۸۸) کیفیت آب رودخانه‌ی کارون (بازه ملاثانی تا کوت امیر) را با استفاده از شاخص کیفیت آب (NSFWQI) مورد بررسی قرار دارند و مقدار هر شاخص را برای ماهه‌ای مختلف در سال‌های ۸۶ و ۸۷ محاسبه کردند. نتایج حاصله نشان داد که کیفیت آب کارون در این بازه، در رده بد بوده و کارون در این بازه مورد تهدید جدی است. رازدار و قویدل (۱۳۸۸) کیفیت آب تالاب انزلی را با استفاده از NSFWQI و داده‌های ۱۰ ایستگاه به‌مدت یک سال مورد ارزیابی قرارداد. نتایج به‌دست آمده نشان‌دهنده کیفیت متوسط آب تالاب در سال ۱۳۸۶ بود. پوراصغر و همکاران (۱۳۸۷) در تحقیقی که بر روی شش رودخانه در استان مازندران انجام دادند، مقادیر NSFWQI برای کلیه ایستگاه‌ها محاسبه‌شده و کلیه ایستگاه‌ها در طبقه چهارم یعنی نامناسب قرارگرفته‌اند. پایین‌دست و میان‌دشت رودخانه سیاه

رود وضعیت بسیار بدتری نسبت به سایر رودخانه‌ها داشته که به‌دلیل تخلیه پساب از کارخانه‌های متعدد و بیمارستان و رواناب‌های شهری به رودخانه است. وضعیت رودخانه تجن نسبت به سایر رودخانه‌ها نسبتاً مناسب‌تر بوده که به‌دلیل کمتر بودن روستاها و شهرهای مسکونی اطراف رودخانه است.

جمشیدزاده و همکاران (۱۳۸۵) با استفاده از روش CWQI کیفیت آب رودخانه کرج را ارزیابی کردند. در این مطالعه نمونه‌های جمع‌آوری شده از سال ۱۳۸۵-۱۳۸۴ در چند ایستگاه خاص مورد بررسی قرار گرفت. پارامترهای کیفی نظیر pH، دما، کدورت و جامدات معلق مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که به‌دلیل ورود مستقیم فاضلاب‌های تولیدی، کیفیت آب در بعضی ایستگاه‌ها کاهش می‌یابد. همچنین در پژوهش‌های دیگری که بر روی رودخانه‌های کارون (هوشمند و همکاران، ۱۳۸۶)، اترک (مفتاح، ۱۳۸۹)، گرگر (نوروزی و همکاران ۱۳۹۱) و زهره (صادقی و همکاران، ۱۳۸۷) انجام گرفت، محققین به بررسی کیفیت آب این رودخانه‌ها با استفاده از NSFWQI ، CWQI و OWQI پرداختند.

در پژوهش حاضر به‌منظور بررسی مکانی و زمانی تغییرات کیفی آب، تعداد ۱۶ ایستگاه از رودخانه زرینه‌رود که طی مدت ۴ فصل مختلف برداشت شده بودند انتخاب شد و مطالعات کیفی بر روی آن‌ها بر اساس شاخص بومی با نام $IRWQI_{SC}$ که توسط سازمان محیط زیست ایران جایگزین شاخص کیفی آب NSF شده است، مورد بررسی قرار گرفت. از مزایای شاخص مورد مطالعه می‌توان به مواردی اشاره نمود از جمله؛ استفاده از پارامتر EC در آن، چراکه این پارامتر در طبقه‌بندی‌های کشاورزی آب نیز به‌کار می‌رود (مانند ویلکوکس که در آن معین خطر شوری است)، که موجب کاراتر شدن شاخص می‌شود. همچنین ضرایب مناسب هر یک از پارامترها در محاسبه شاخص با توجه به شرایط بومی ایران نیز از دیگر مزایای این شاخص است. دسته‌بندی‌های بیشتر (هفت‌گانه) برای کیفیت‌های مختلف آب و در نتیجه ایجاد تمایزهای چشمگیرتر در نمونه‌های مختلف نیز از جمله مزایای این شاخص به حساب می‌آید. باتوجه به اهمیت رودخانه زرینه‌رود که از جمله مهم‌ترین و طویل‌ترین رودخانه‌های حوضه آبریز دریاچه ارومیه است، استفاده از این رودخانه برای مصارف شرب به‌دلیل توجه به وضع کیفی آب رودخانه ازنظر میزان آلایندگی در فصول مختلف، پایش کیفی و استفاده از شاخص بومی و همچنین مقایسه با سایر شاخص‌ها، می‌توان گام موثری در این زمینه برداشت.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- روش بررسی (منطقه مورد مطالعه)

حوضه آبریز رودخانه زرینه‌رود در مختصات جغرافیایی ′۴۰ °۳۵ تا ′۳۷ °۲۸ طول شرقی و ′۴۵ °۴۵ تا ′۲۳ °۴۷ عرض شمالی واقع شده است. این رودخانه واقع در کشور ایران است (شکل ۱). جهت شیب عمومی این رودخانه از جنوب شرق به سمت شمال غربی است و حداکثر ارتفاع این حوضه ۳۳۰۰ متر از سطح دریا است. رودخانه مذکور که به رودخانه چم‌چغاتو مشهور است از جمله مهم‌ترین و طویل‌ترین رودخانه‌های حوضه آبریز دریاچه ارومیه است. شاخه‌های اولیه این رودخانه از کوه‌های پربرف چهل‌چشمه کردستان در مجاورت شاخه‌های اولیه قزل‌اوزن سرچشمه گرفته و تقریباً موازی سیمینه‌رود جریان می‌یابد و در نهایت به دریاچه ارومیه می‌ریزد. رودخانه زرینه‌رود تقریباً ۲۷۵ کیلومتر طول دارد و مساحت آن نیز تقریبا ۱۲۹۲۷۱۸ کیلومتر مربع است (The Iranian Department of Environmen, 2007).

۲-۲- معرفی شاخص

روش‌های مختلفی برای سنجش کیفی آب‌های سطحی در دنیا مورد مطالعه قرار گرفته است، که در میان آن‌ها شاخص‌های کیفی آب یکی از روش‌های پرکاربرد و ساده در سطح دنیا است. در روش شاخص کیفی آب تعداد زیاد اطلاعات کیفی آب به‌صورت یک عدد منفرد درآمده که با مقیاس درجه‌بندی هر روش می‌تواند مشخص کند که وضعیت کیفیت آب در کدام طبقه‌بندی انجام شده قرار داشته و وضعیت آن نسبت به مکان و زمان دیگر چگونه تغییر کرده است. گروهی از شاخص‌های کیفی آب مانند NSF در تمام مکان‌ها و زمان‌ها به تعداد محدود و مشخصی داده و پارامتر متکی هستند، این درحالی‌است که گروه دیگری از شاخص‌های کیفی آب این محدودیت و وابستگی را ندارند، مانند شاخص کیفی آب CCME، که یک ابزار علمی ارتباطی است که اطلاعات چندمتغیری کیفی آب را با مرجع کیفی آب تعیین شده به‌وسیله کاربر پایش می‌کند. شاخص $IRWQI_{SC}$ از دسته اول است. درتحقیق پیش رو شاخص پارامترهای متداول کیفیت منابع آب سطحی ایران

شکل ۱- منطقه مورد مطالعه

جدول ۱- پارامترهای مورد استفاده در شاخص $IRWQI_{SC}$

پارامتر	وزن
FC	۰/۱۴
BOD	۰/۱۱۷
NO_3	۰/۱۰۸
DO	۰/۰۹۷
EC	۰/۰۹۶
COD	۰/۰۹۳
NH_4	۰/۰۹
PO_4	۰/۰۸۷
Opacity	۰/۰۶۲
TDS	۰/۰۵۹
pH	۰/۰۵۱

جدول ۲- طبقه‌بندی کیفی آب براساس شاخص پارامترهای متداول کیفیت منابع آب سطحی ایران ($IRWQI_{SC}$)

میزان کیفیت	مقدار
بسیار بد	کمتر از ۱۵
بد	۱۵-۲۹/۹
نسبتا بد	۳۰-۴۴/۹
متوسط	۴۵-۵۵
نسبتا خوب	۵۵/۱-۷۰
خوب	۷۰/۱-۸۵
بسیار خوب	بیشتر از ۸۵

($IRWQI_{SC}$) در رودخانه زرینه‌رود مورد محاسبه و بررسی قرار گرفته اند.

۲-۳- شاخص پارامترهای متداول کیفیت منابع آب سطحی ایران ($IRWQI_{SC}$)

شاخص پارامترهای متداول کیفیت منابع آب سطحی ایران ($IRWQI_{SC}$) توسط سازمان حفاظت محیط زیست جمهوری اسلامی‌ایران مورد پذیرش قرار گرفته است. در این شاخص ۱۱ پارامتر مورد اندازه‌گیری قرار می‌گیرند که این پارامترها به‌همراه واحد اندازه‌گیری و وزن هریک در جدول ۱ ارائه شده است.

سپس این مقادیر براساس واحدهای مختص به هرکدام و با استفاده از منحنی ویژه هر پارامتر به مقادیر صفر تا صد تبدیل می‌شوند و زیرشاخص هر پارامتر به‌دست می‌آید. در نهایت این شاخص با معادله (۱) قابل محاسبه است:

$$RWQISC = (\prod_{i=1}^{n} Ii^{wi})^{\frac{1}{\gamma}} \qquad (۱)$$

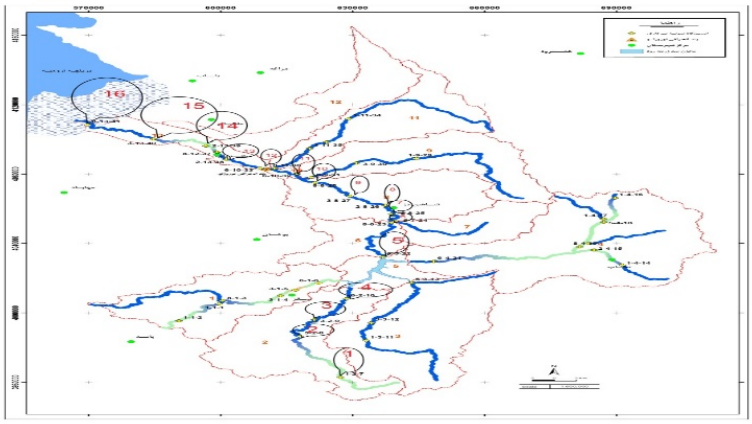
که: w_i وزن پارامتر iام، n: تعداد پارامترهایی که ممکن است از تمام ۱۱ پارامتر کمتر باشند و I_i: مقدار زیرشاخص پارامتر iام؛ هستند. سپس برای توصیف کیفیت آب با توجه به مقدار شاخص از جدول ۲ استفاده می‌شود.

۲-۴- معرفی دوره نمونه‌برداری و ایستگاه‌ها

در این تحقیق در ۱۶ ایستگاه مطالعاتی واقع بر رودخانه زرینه‌رود در فصل‌های بهار، تابستان، پاییز و زمستان (چهار دوره) پارامترهای مورد نیاز اندازه‌گیری و گزارش شده‌اند. شکل ۲ و جدول ۳ محل قرارگیری ۱۶ ایستگاه مذکور و مشخصات جغرافیایی هر یک را نشان می‌دهند.

۳- یافته‌ها

نتایج پارامترهای اندازه‌گیری شده آب مورد بررسی در ۱۶ ایستگاه مطالعاتی در چهار دوره بهار، تابستان، پاییز و زمستان در جدول ۴ آورده شده است. بر اساس مقادیر پارامترهای اندازه‌گیری شده در ایستگاه‌های مورد مطالعه در چهار فصل سال (جدول ۳) و با توجه به نمودارهای ویژه زیر شاخص‌های مربوط به هر پارامتر، شاخص $IRWQI_{SC}$ در ۱۶ ایستگاه مطالعاتی در چهار فصل مختلف با توجه به معادله مربوط به



شکل ۲- محل استقرار ایستگاه‌های نمونه‌برداری واقع بر رودخانه زرینه‌رود

جدول ۳- مشخصات جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه‌برداری واقع بر رودخانه زرینه‌رود

موقعیت منطقه‌ای	ارتفاع	کد ایستگاه	مختصات جغرافیایی
بعد از روستای بسطام	۱۷۳۰	۱	N : 35 °48′02″ E : 46 °24′20″
روستای طاله جر، کنار کارخانه بلوک‌زنی	۱۵۴۰	۲	N : 36°00′53.3″ E : 46°18′38.1″
نرسیده به روستای قشلاق پل	۱۴۷۵	۳	N : 36 °05′59 .7″ E : 46 °20′50 .5″
ورودی رودخانه جغاتوچای دریاچه سد بوکان	۱۴۳۵	۴	N : 36 °12′31 .5″ E : 46 °25′53 .4″
سد بوکان	۱۳۹۵	۵	N : 36 °25′30 .7 E : 46 °31′42 .5″
روستای قزکرپی	۱۳۶۵	۶	N : 36 °36′23 .1″ E : 46 °33′07 .4″
بعد از شهر شاهین دژ	۱۳۵۵	۷	N : 36 °38′52 .6″ E : 46 °33′14 .2″
بعد از شهرک صنعتی	۱۳۵۲	۸	N : 36 °41′32 .9″ E : 46 °33′52 .6″
روستای نوروزآباد	۱۳۴۶	۹	N : 36 °44′34 .2″ E : 46 °26′59 .2″
۳۶ کیلومتر مانده به شاهین‌دژ	۱۳۴۶	۱۰	N : 36 °48′49 .5″ E : 46 °21′44 .7″
روستای آیدیشه	۱۳۳۰	۱۱	N : 36 °51′35 .5″ E : 46 °18′59 .4″
روستای نوروزلو	۱۳۲۱	۱۲	N : 36 °53′27 .4″ E : 46 °13′54 .4″
روستای تقی‌آباد	۱۲۸۸	۱۳	N : 36 °56′15 .2″ E : 46 °08′15 .5″
ایستگاه مرکز تحقیقات کشاورزی	۱۳۰۰	۱۴	N : 37 °00′27 .8 E : 46 °05′11 .4″
روستای نظام‌آباد-ایستگاه هیدرومتری	۱۳۰۱	۱۵	N : 36 °23′59 .7″ E : 47 °06′13 .6″
روستای قلعه‌بزرگ	۱۲۹۱	۱۶	N : 37 °07′05 .9″ E : 45 °47′08″

جدول ۴- مقادیر اندازه‌گیری شده پارامترها در ۱۶ ایستگاه و در چهار دوره

ایستگاه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
فصل	بهار	بهار	بهار	بهار	بهار	بهار	بهار	بهار
DO (sat٪)	۷۷	۷۲	۷۴	۸۷	۶۶	۸۱	۶۰	۷۱
FC	۷۵	۲۱	۲۳	۴۳	۰	۳۳	۴۱	۳۵۰
pH	۸,۲۳	۸,۲۵	۸,۲۳	۵,۵۱	۷,۵۵	۸,۳۱	۷,۵۷	۷,۶۸
BOD	۱۳,۸	۲,۹	۴,۳	۹,۲	۲	۳	۳	۳
TEMP.	۲۲	۲۲,۸	۲۳	۲۳,۷	۱۳	۱۷,۶	۱۴,۹	۱۸
T.PHOS.	NA	NA	NA	NA	۰,۱	۰,۱	۰,۱	۰,۱
NIT.	۲,۵	۶,۸	۳,۵	۲,۷	۳,۱	۳	۳,۴	۳,۵
TUR	۹,۶	۷,۹۸	۶,۲	۳,۹۸	۲,۳۵	۲,۷۸	۲,۹۴	۳,۸۱
COD	۲۶	۸	۱۶	۳۲	۲۰	۱۴	۱۲	۱۲
EC	۷۵۶	۵۷۲	۴۷۵	۹۴۷	۳۲۳	۳۸۷	۳۵۹	۳۶۵
AMM.	۰,۸۶	۰,۷۳	۰,۶۱	۰,۷۳	NA	NA	NA	NA
فصل	تابستان	تابستان	تابستان	تابستان	تابستان	تابستان	تابستان	تابستان
DO (sat٪)	۳۹	۴۵	۵۲	۴۷	۶۴	۶۱	۸۳	۷۶
FC	۹۳	۴۳	۴۳	۵۳	۲	۲۲	۱۱۰	۱۳۰
pH	۶,۷۸	۶,۷۵	۶,۸۶	۶,۹	۶,۷	۶,۷۴	۶,۸۳	۶,۸
BOD	۹,۲	۵,۲	۵,۶	۳,۳	۲	۳	۲	۲
TEMP.	۳,۸	۴,۴	۹,۳	۸	۱۲,۸	۱۸	۲۵,۱	۲۳,۳
T.PHOS.	۰,۰۵	۰,۰۴	۰,۱۱	۰,۰۵	۰,۱۱	۰,۱	۰	۰,۰۱
NIT.	۴,۱	۲,۵	۲,۳	۱,۹	۱,۲	۱,۴	۱	۱,۴
TUR	۹,۱۱	۷,۲۵	۹,۴۱	۴,۳۵	۲,۰۴	۲,۷	۳,۶۱	۱۰,۹
COD	۴۸	۲۴	۵۱	۱۸,۵	۱۴	۱۸	۱۳	۱۲
EC	۴۹۶	۳۰۲	۲۶۳	۲۳۷	۲۸۶	۳۴۴	۲۸۵	۳۰۶
AMM.	۰,۵۱۲	۰,۵۸۶	۰,۱۹۵	۰,۳۴۲	NA	NA	NA	NA
فصل	پائیز	پائیز	پائیز	پائیز	پائیز	پائیز	پائیز	پائیز
DO (sat٪)	۶۵	۵۳	۸۰	۸۶	۷۹	۵۸	۵۳	۵۰
FC	۲۸۰	۲۴۰	۱۷۰	۲۴۰	۱,۸	۲۳	۲۰۰	۱۳۰۰
pH	۷,۲	۷,۱	۷,۲	۷,۳	۶,۹	۷,۲	۷,۲	۷,۱
BOD	۳,۵	۲,۸	۲,۱	۳,۲	۳	۵	۵	۷
TEMP.	۳,۸	۹,۱	۱۱,۶	۱۲,۳	۱۲,۱	۱۳,۵	۱۱,۱	۱۰,۸
T.PHOS.	۰,۰۲۵	۰,۰۲۵	۰,۰۲۵	۰,۰۲۵	۰,۰۲۵	۰,۰۲۵	۰,۰۲۵	NA
NIT.	۲,۲۱	۲	۱,۹۹	۲,۲۱	۰,۵	۱,۳	۱,۱	۱,۹
TUR	۲,۸۳	۵,۳۷	۲,۵۷	۵,۳۷	۸,۶۸	۹۲,۵	۱۳۱	۱۷۰
COD	۲۲,۵	۱۸,۹	۱۰	۲۹,۵	۸	۱۴	۱۶	۲۱
EC	۳۱۷	۳۷۸	۳۵۹	۳۶۲	۲۹۵	۳۱۷	۳۵۴	۴۱۶
AMM.	۰,۸	۰,۵۴	۰,۵۴	۰,۹۵	NA	NA	NA	NA
فصل	زمستان	زمستان	زمستان	زمستان	زمستان	زمستان	زمستان	زمستان
DO (sat٪)	۶۹	۶۶	۶۸	۷۴	۸۷	۸۳	۷۹	۸۱
FC	۳۰۰	۳۰۰	۲۲۰	۲۴۰	NA	۴,۵	۴,۵	۵۴۰۰

ایستگاه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
فصل	بهار	بهار	بهار	بهار	بهار	بهار	بهار	بهار
pH	۷,۱۷	۷,۱۵	۷,۶۴	۷,۴۳	۷,۳	۷,۱۷	۸,۳۲	۸,۳۹
BOD	۵	۳,۴	۲,۹۵	۴,۸۶	۳	۵	۳	۴
TEMP.	۴,۶	۳,۲	۵,۳	۸	۵	۷,۷	۷	۶,۳
T.PHOS.	۰,۰۲۵	۰,۰۸	۰,۰۲۵	۰,۰۷	۰,۰۲۵	۰,۰۲۵	۰,۰۲۵	۰,۰۲۵
NIT.	۱,۹۹	۲,۲۲	۳,۶۴	۲,۵۳	۰,۵	۱,۷	۱,۶	۱,۸
TUR	۹,۵۱	۱۴,۵	۱۱,۳	۲۹,۱	۲,۳۳	۷,۱	۱۰	۱۴
COD	۲۴,۲	۱۹,۶	۲۳,۶	۳۵	۱۱	۱۸	۱۰	۱۵
EC	۲۹۰	۲۶۸	۲۷۹	۳۰۲	۳۱۵	۳۶۵	۳۸۶	۳۹۶
AMM.	۰,۸۲	۰,۷۱	۱,۳۴	۰,۶۱	۰,۴۸	۰,۵۸	۰,۶۲	۰,۶۴
HEIGHT	۱۷۳۰	۱۵۴۰	۱۴۷۵	۱۴۳۵	۱۳۹۵	۱۳۶۵	۱۳۵۵	۱۳۵۲

ایستگاه	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶
فصل	بهار	بهار	بهار	بهار	بهار	بهار	بهار	بهار
DO (sat٪)	۸۲	۸۰	۷۴	۷۲	۸۵	۵۰	۱۰۲	۶۳
FC	۲۳	۴,۵	۲۳	۷,۸	۲۳	۲۳۰	۳۳	۰
pH	۷,۸۶	۷,۸۳	۷,۶۸	۷,۸۴	۷,۹	۷,۶	۷,۸۵	۷,۷۶
BOD	۲	۵	۸	۷,۲	۲	۴	۲	۲
TEMP.	۲۱,۵	۲۱,۷	۱۹,۳	۲۲,۸	۲۲,۷	۱۹,۷	۲۱,۴	۲۳,۸
T.PHOS.	۰,۱	۰,۲	۰,۱	۰,۱	۰,۱	۰,۱	۰,۲	۰,۱
NIT.	۳,۲	۳,۶	۳	۰	۴,۳	۳,۶	۲	۲۲,۱
TUR	۵,۲۳	۸,۴۱	۱۰,۵۲	۳۴,۳	۳۰,۳	۲۷,۵	۳۶,۷	۲,۴۸
COD	۱۴	۳۲	۲۰	۳۸	۲۴	۳۶	۲۰	۱۸
EC	۳۶۶	۴۰۴	۴۳۸	۴۵۴	۵۱۷	۵۳۲	۹۸۲	۴۱۴۰۰
AMM.	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
فصل	تابستان	تابستان	تابستان	تابستان	تابستان	تابستان	تابستان	تابستان
DO (sat٪)	۸۵	۷۱	۹۸	۵۸	۴۵	۵۵	۵۵	۸۹
FC	۲۳	۳۳	۱۴	۱۱	۷۹	۲۳۰	۲۲۰	۱,۸
pH	۶,۹۲	۶,۷	۶,۷۷	۶,۶۹	۶,۷۱	۶,۷۷	۶,۶۷	۸,۳
BOD	۲	۲	۳	۵	۳	۲	۳	۶
TEMP.	۲۳,۸	۲۵,۶	۲۷,۴	۲۳,۹	۲۲,۱	۲۳,۴	۲۶,۱	۳۰
T.PHOS.	۰,۰۱	۰,۰۱	۰	۰	۰,۰۲	۰,۰۱	۰,۰۴	۰,۰۳
NIT.	۲,۱	۲,۳	۱,۳	۲,۳	۳	۲,۱	۱,۱	۴,۱
TUR	۳,۴۴	۵,۳۱	۱۵,۸	۵۴,۹	۳۶,۷	۱۷,۹	۲۶,۹	۱۹,۶
COD	۱۲	۱۴	۱۵	۳۲	۱۸	۱۶	۲۶	۴۸
EC	۳۷۶	۴۱۲	۴۳۳	۴۰۰	۴۳۹	۴۲۹	۵۷۶	۶۸۲۰۰
AMM.	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
فصل	پائیز	پائیز	پائیز	پائیز	پائیز	پائیز	پائیز	پائیز
DO (sat٪)	۴۰	۵۱	۶۲	۵۵	۵۵	۶۸	۵۶	۴۹

ایستگاه	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶
فصل	بهار	بهار	بهار	بهار	بهار	بهار	بهار	بهار
FC	۳۳۰	۲۳۰	۱۱۰	۲۰	۱۱۰	۱۳۰۰	۷۹	۴,۵
pH	۷	۷,۱	۷,۱	۷,۱	۷,۱	۷	۷	۷,۲
BOD	۲	۲	۱	۴	۵	۱۷	۱۱	۷
TEMP.	۷,۴	۱۰,۱	۱۲,۱	۹,۷	۱۱,۵	۱۰,۹	۱۱,۷	۱۳,۱
T.PHOS.	NA	۰,۰۲۵	NA	۰,۰۲۵	NA	۰,۰۲۵	۰,۰۷	۰,۰۲۵
NIT.	۱,۳	۱,۷	۱,۳	۲,۳	۵,۲	۲,۷	۰,۷	۰,۸۸
TUR	۱۱۳	۵۲,۵	۵۱,۹	۸۰,۶	۱۲۳	۳۴,۲	۷,۳۶	۱۷,۳
COD	۵	۴	۲	۱۱	۱۷	۴۶	۳۵	۲۲
EC	۳۹۵	۳۸۲	۴۲۹	۴۲۵	۴۵۲	۵۱۰	۵۳۹	۱۴۴۵
AMM.	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
فصل	زمستان	زمستان	زمستان	زمستان	زمستان	زمستان	زمستان	زمستان
DO (sat٪)	۵۸	۶۳	۷۰	۷۰	۷۷	۳۳	۷۸	۶۹
FC	۷۰۰	۳۳	۷,۸	۰	۴,۵	۲۴۰	۴,۵	۰
pH	۷,۰۸	۷,۳۳	۷,۴۲	۷,۲۶	۷,۱۷	۷,۰۴	۷,۲	۸,۴۲
BOD	۳	۱	۱	۲	۲	۱۹	۶	۱۰
TEMP.	۴,۷	۶	۷,۴	۶,۸	۷,۱	۷,۵	۶,۴	۸,۲
T.PHOS.	۰,۰۲۵	۰,۰۲۵	۰,۰۶	۰,۰۲۵	۰,۰۲۵	۰,۰۲۵	۰,۳	۰,۰۲۵
NIT.	۱,۵	۲,۳	۳,۸	۴,۳	۵,۶	۲,۳	۱,۶	۱,۸
TUR	۱۱,۴	۱۰	۸,۷۲	۱۶,۴	۲۲,۲	۷,۸۸	۶,۹۳	۲۲,۳
COD	۱۰	۳	۴	۷	۷	۴۶	۲۲	۳۵
EC	۴۱۳	۴۴۳	۴۹۹	۵۱۰	۵۷۴	۷۵۲	۹۲۳	۱۴۶۶
AMM.	۰,۶۲	۰,۶۲	۰,۶۳	۰,۶۲	۰,۷۴	۰,۸۲	۰,۷۵	۰,۶۳
HEIGHT	۱۳۴۶	۱۳۴۶	۱۳۳۰	۱۳۲۱	۱۲۸۸	۱۳۰۰	۱۳۰۱	۱۲۹۱

محاسبه این شاخص طبق جدول ۵ محاسبه می‌گردد.

از مهم‌ترین روش‌های بررسی کیفیت آب استفاده از شاخص‌های کیفیت آب است که این شاخص‌ها بیان‌گر خصوصیات کلی فیزیکی و شیمیایی آب هستند. جدول ۶ مقایسه شاخص کیفی مورد مطالعه با شاخص‌های دیگر نظیر NSFWQI و WQI را نشان می‌دهد.

با توجه به جدول ۶ مقادیر NSFWQI بر روی ایستگاه‌های مورد بررسی در بازه زمانی مورد مطالعه در محدوده ۴۳/۱ تا ۸۰/۴ قرار گرفته است که در محدوده متوسط تا خوب دسته بندی می‌شود. در این جدول میزان WQI قابل مشاهده است. این شاخص بین ۰ تا ۳ است. این شاخص دارای دسته‌بندی خاصی نبوده و هرچه مقدار عددی آن به ۳ نزدیک‌تر باشد آب از کیفیتی بهتری برخوردار است. حداقل آن به مقدار ۰/۴ مربوط به ایستگاه روستای قلعه بزرگ در و حداکثر مقدار آن ۳، که نرسیده به روستای قشلاق پل ۱۳۸۱ است. با توجه به این‌که این شاخص نسبت به سایر شاخص‌ها ورودی کمتری دارد، دقت کمتری نیز دارد.

۴- بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به جدول ۵ که مربوط به مقادیر شاخص کیفی آب ملی در ۱۶ ایستگاه مطالعاتی در چهار فصل سال است می‌توان گفت که؛ در فصل بهار بیشترین عدد شاخص در ایستگاه روستای نوروزآباد و برابر ۷۱/۱۷ و کمترین مقدار آن نیز برابر

جدول ۵- مقادیر شاخص $IRWQI_{SC}$ در ۱۶ ایستگاه مطالعاتی در چهار فصل سال

ایستگاه WQI	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
IRWQI-Spring	۵۰/۵۲	۵۵/۱۲	۶۲/۴۴	۴۶	۶۸/۳۷	۶۹,۳۸	۶۴,۴۵	۶۲,۲۵
معادل توصیفی	متوسط	نسبتا خوب	نسبتا خوب	متوسط	نسبتا خوب	نسبتا خوب	نسبتا خوب	نسبتا خوب
IRWQI-Summer	۴۷,۰۷	۵۶,۹۱	۵۳,۵۳	۶۴,۹۹	۷۳,۴۴	۶۷,۹۴	۷۵,۹۱	۷۱,۵۶
معادل توصیفی	متوسط	نسبتا خوب	متوسط	نسبتا خوب	خوب	نسبتا خوب	خوب	خوب
IRWQI-Autumn	۵۹,۷۴	۶۱,۵۳	۶۹,۲۱	۶۱,۸۳	۷۹,۸۴	۶۴,۱۲	۵۹,۱۹	۴۴,۶۱
معادل توصیفی	نسبتا خوب	نسبتا خوب	نسبتا خوب	نسبتا خوب	خوب	نسبتا خوب	نسبتا خوب	نسبتا بد
IRWQI-Winter	۵۹,۸	۵۸,۹	۵۷,۶	۵۶,۳	۷۵,۰	۶۹,۴	۷۲,۴	۵۵,۲
معادل توصیفی	نسبتا خوب	نسبتا خوب	نسبتا خوب	نسبتا خوب	خوب	نسبتا خوب	خوب	نسبتا خوب
Ave-ALL YEAR	۵۴,۲۸	۵۸,۱۲	۶۰,۶۹	۵۷,۲۸	۷۴,۱۶	۶۷,۷۱	۶۷,۹۹	۵۸,۴۰
معادل توصیفی	نسبتا خوب	نسبتا خوب	نسبتا خوب	نسبتا خوب	خوب	نسبتا خوب	نسبتا خوب	نسبتا خوب

ایستگاه WQI	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶
IRWQI-Spring	۷۱,۱۷	۶۱,۶۱	۶۰,۶	۶۵,۱۲	۶۳,۳	۵۱,۹۸	۶۷,۵۶	۲۶,۶۵
معادل توصیفی	خوب	نسبتا خوب	نسبتا خوب	نسبتا خوب	نسبتا خوب	متوسط	نسبتا خوب	بد
IRWQI-Summer	۷۶,۱۹	۷۰,۸۰	۷۶,۶۲	۵۹,۵۷	۶۰,۱۸	۶۳,۸۳	۵۹,۹۴	۳۶,۸۱
معادل توصیفی	خوب	خوب	خوب	نسبتا خوب	نسبتا خوب	نسبتا خوب	نسبتا خوب	نسبتا بد
IRWQI-Autumn	۵۸,۶۶	۶۴,۷۸	۶۷,۰۲	۶۳,۱۴	۴۷,۴۶	۳۹,۶۹	۵۴,۸۵	۵۹,۷۰
معادل توصیفی	نسبتا خوب	نسبتا خوب	نسبتا خوب	نسبتا خوب	متوسط	نسبتا بد	متوسط	نسبتا خوب
IRWQI-Winter	۶۰,۰	۶۷,۸	۶۶,۱	۶۴,۳	۶۱,۰	۴۱,۰	۵۸,۸	۵۵,۱
معادل توصیفی	نسبتا خوب	نسبتا خوب	نسبتا خوب	نسبتا خوب	نسبتا خوب	نسبتا بد	نسبتا خوب	نسبتا خوب
Ave-ALL YEAR	۶۶,۵۰	۶۶,۲۵	۶۷,۵۸	۶۳,۰۳	۵۷,۹۸	۴۹,۱۲	۶۰,۲۹	۴۴,۵۶
معادل توصیفی	نسبتا خوب	نسبتا خوب	نسبتا خوب	نسبتا خوب	نسبتا خوب	متوسط	نسبتا خوب	نسبتا بد

جدول ۶- توصیف کیفیت آب ایستگاه‌های رودخانه زرینه‌رود بر اساس شاخص‌های WQI و NSFWQI

شاخص	دوره	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
NSFWQI	بهار	۵۹,۵۶	۶۹,۰۹	۶۸,۴۴	۵۸,۲۳	۷۴,۲۳	۶۹,۶۴	۶۸,۸۶	۴۳,۲۱
		متوسط	متوسط	متوسط	متوسط	خوب	متوسط	متوسط	بد
	تابستان	۶۱,۸۱	۶۸,۹	۶۶,۱	۶۷,۷	۷۳,۳	۶۹,۲	۶۵,۴	۶۲,۲
		متوسط	متوسط	متوسط	متوسط	خوب	متوسط	متوسط	متوسط
	پائیز	۵۵,۴	۵۲,۸	۶۲,۴	۵۵,۰۱	۷۴,۴	۶۳,۹	۴۷,۴	۵۱
		متوسط	متوسط	متوسط	متوسط	خوب	متوسط	بد	متوسط
	زمستان	۵۱,۴	۵۲,۷	۵۸,۵	۵۲,۵	۸۰,۴	۷۵,۹	۷۵,۳	۶۲,۰۴
		متوسط	متوسط	متوسط	متوسط	خوب	خوب	خوب	متوسط
WQI	بهار	۱,۷	۱,۸	۲,۳	۳	۲,۷	۲,۹	۲,۸	۱,۵
	تابستان	۱,۲	۱,۹	۲,۲	۲,۴	۲,۷	۲,۱	۱,۸	۱,۱
	پائیز	۱,۹	۲	۱,۱	۲,۱	۲,۵	۱,۹	۱,۵	۱,۲
	زمستان	۱,۸	۲,۲	۱,۶	۱,۸	۲,۶	۲	۲,۰۴	۰,۸۵

۲۶/۶۵ و مربوط به ایستگاه روستای قلعه بزرگ است. در فصل تابستان هم بیشترین مقدار این شاخص در ایستگاه روستای آیدیشه و برابر ۷۶/۶۲ محاسبه شده است، درحالی‌که کمترین مقدار آن برابر ۳۶/۸۱ است که در ایستگاه روستای قلعه‌بزرگ رخ داده است. فصل پاییز نیز دارای مقدار بیشینه برابر ۷۹/۸۴ در ایستگاه سد بوکان و مقدار کمینه ۳۹/۶۹ در ایستگاه ۱۴ است. وضعیت این شاخص در فصل زمستان نشان‌دهنده این مطلب است که بیشترین مقدار شاخص در ایستگاه سد بوکان و برابر ۷۵ و کمترین مقدار آن در ایستگاه مرکز تحقیقات کشاورزی و برابر ۴۱ است. همچنین کمترین مقدار عددی شاخص ملی مربوط به فصل بهار در ایستگاه روستای قلعه‌بزرگ و برابر ۲۶/۶۵ بوده است. بیشترین مقدار شاخص ملی برابر ۷۹/۸۴ در فصل پاییز در ایستگاه روستای قزکرپی اتفاق می‌افتد. همچنین در صورتی‌که در تمام ایستگاه‌ها از اعداد مربوط به چهار فصل در شاخص ملی به‌طور جداگانه برای هر پارامتر میانگین‌گیری شود،

طبق ردیف آخر جدول ۵ نتایج زیر قابل حصول است.

بیشترین مقدار میانگین شاخص ملی مربوط به ایستگاه سد بوکان و برابر ۷۴/۱۶ و کمترین مقدار آن نیز مربوط به ایستگاه روستای قلعه بزرگ و برابر ۴۴/۵۶ محاسبه شده است. با توجه به شکل ۱ ایستگاه پنجم که خروجی سد بوکان است بهترین وضعیت میانگین سالانه در شاخص را در میان ایستگاه‌های دیگر دارد. دلیل این امر را می‌توان به تقلیل پارامترهای آلاینده آب رودخانه پس از کاهش سرعت و ته‌نشینی آلاینده‌های آن قبل از خروج از سد نسبت داد. قرار گرفتن ایستگاه روستای قلعه‌بزرگ در انتهای مسیر رودخانه و آلوده شدن آب رودخانه با دلایل متعدد در مسیر رسیدن به این محل نیز در کاهش کیفیت آب این ایستگاه در شاخص نسبت به سایر ایستگاه‌ها بی‌تاثیر نیست. براساس مقادیر جدول ۵ می‌توان نتیجه گرفت که در شاخص ملی در فصل تابستان در هفت ایستگاه از مجموع ۱۶ ایستگاه در بین چهار فصل مورد بررسی بهترین وضعیت را داشته است. از طرفی در فصل پاییز بدترین وضعیت با مجموع هفت ایستگاه از ۱۶ ایستگاه در بین چهار فصل رخ می‌دهد.

عوامل موثر در روند محاسبات شاخص ملی را در مقایسه

با سایر شاخص‌های متداول پایش کیفی آب می‌توان به موارد ذیل نسبت داد؛ تعداد پارامترهای شاخص ملی برابر ۱۱ عدد بوده و موجب بالا رفتن حساسیت این شاخص خواهد شد. البته الزاما این موضوع منجر به کاهش عددی شاخص ملی نسبت به سایر شاخص‌های متداول نمی‌شود، چرا که ممکن است پارامترهای غیرمشترک دو شاخص و مربوط به ملی وضعیت مطلوبی داشته باشند و منتج به افزایش زیرشاخص پارامتر و نهایتا افزایش شاخص نسبت به سایر شاخص‌های متداول شود. از طرفی نحوه محاسبه زیرشاخص‌های مربوط به پارامترهای شاخص، به‌نحوی که پیک نمودارها، لگاریتمی بودن یا نبودن، درجه تابع نمودار زیرشاخص و ... بر این محاسبات موثر است. همچنین ضرایب متفاوت هر یک از پارامترها در محاسبه نهایی شاخص نیز در این امر اثرگذار است. به‌عنوان مثال ضریب پارامتر pH در شاخص ملی برابر ۰/۰۵۱ است، در حالی‌که این ضریب برای پارامتر FC برابر ۰/۱۴ است که در میزان اثرگذاری این پارامترها در محاسبه شاخص موثر است.

از جمله عوامل اثرگذار دیگر، معادله‌های متفاوت محاسبه هر شاخص و تاثیر متفاوت عملگرهای ضرب، توان و جمع است. به‌عنوان مثال از آنجا که روند محاسبه شاخص ملی نسبتا پیچیده بوده، در نتیجه تاثیر زیرشاخص‌ها و حساسیت شاخص به تغییرات آن‌ها بیشتر خواهد بود. مورد آخر، اعمال متفاوت ضرایب پارامترها در محاسبه شاخص‌ها است. به‌عنوان مثال در صورت عدم وجود پارامتری در شاخص ملی به‌صورت خودکار ضرایب اصلاح می‌شوند و در مواقع لازم انعطاف مورد نیاز را به این شاخص می‌دهد، و نیاز به پخش ضریب پارامتر غایب بین سایر پارامترها نیست. همچنین بر اساس انتظارات از یک شاخص کیفی آب در خصوص شاخص ملی می‌توان به نتایجی رسید. نخست این‌که به‌دلیل نحوه خاص محاسبه زیر شاخص‌ها، نحوه اعمال ضرایب در محاسبه نهایی شاخص‌ها و استفاده از عملگر ضرب در محاسبه نهایی شاخص، حساسیت شاخص ملی در برابر تغییرات مقادیر پارامترها بالا خواهد رفت، به‌نحوی که براساس جدول ۵ هیچ ایستگاهی و در هیچ فصلی در محدوده بسیار خوب واقع نمی‌شود. این امر موید واقع‌نگرانه‌تر بودن این شاخص است و به آسانی داده‌ها در محدوده‌های خوب واقع نمی‌شود. از طرفی از آنجا که بیشترین آلودگی در رودخانه‌های ایران به‌دلیل ورود فاضلاب‌های شهری ایجاد می‌شود باید به پارامترهای مرتبط با فاضلاب شهری اهمیت بیشتری داده شود. در این رودخانه نیز بیشترین آلودگی از فاضلاب‌های شهری است. این موضوع در ضرایب درنظر گرفته شده در شاخص ملی شامل فیکال کلیفرم با ضریب ۰/۱۴، BOD_5 با ضریب ۰/۱۱۷ و نیترات با ضریب ۰/۱۰۸ در مقایسه با سایر ضرایب ۸ پارامتر دیگر که همگی زیر ۰/۱ هستند، اعمال شده است.

با توجه به جدول ۴ بیشترین مقدار پارامتر FC درفصل زمستان مربوط به ایستگاه هشت و برابر ۵۴۰۰ است، درحالی‌که بهترین وضعیت را ایستگاه روستای قلعه‌بزرگ با مقدار صفر دارد. این در حالی است که بر اساس همان جدول، مقدار پارامتر EC در ایستگاه ۱۶ بیشترین مقدار در بین تمام ایستگاه‌ها است (برابر ۱۴۶۶)، اما در ایستگاه هشتم مقدار EC برابر۳۹۶ (تقریبا عددی نزدیک به سایر ایستگاه‌ها) دارد. حال آن‌که مقدار شاخص در این دو ایستگاه بسیار نزدیک به‌هم محاسبه می‌شود (۵۵/۲ و ۵۵/۱) که موید اثر صحیح ضریب بیشتر پارامتر FC نسبت به سایر پارامترها و همچنین اعمال پارامتر EC در محاسبه این شاخص است.

مورد قابل ذکر دیگر این‌که در شاخص ملی در مواردی که مقادیر پارامترها از حد خاصی عبور کند، میزان زیرشاخص مربوطه به یک حداقل می‌رسد، مانند پارامتر EC که در ایستگاه ۱۶ در فصل بهار به‌دلیل افزایش بیش از حد مجاز این پارامتر به مقدار ۴۱۴۰۰ رسیده، حال آن‌که سایر پارامترها تقریبا در حد مطلوبی واقع‌اند، موجب شده مقدار شاخص ملی کمتر از سایر ایستگاه‌ها (۲۶/۶۵- بد) گزارش شود. همچنین می‌توان گفت که در محاسبه زیرشاخص‌های مربوط به پارامترهایی همچون EC با عبور از حد معینی مقدار زیرشاخص مربوط به این شاخص در حد ثابت باقی می‌ماند (مقدار یک) و دیگر کاهش نمی‌یابد، مانند وضعیت پارامتر EC در فصل تابستان در ایستگاه ۱۶ که براساس جدول ۳ برابر ۶۸۲۰۰ است، اما عدد شاخص برابر ۳۶/۸۱ (نسبتا بد) محاسبه می‌شود و تاثیری بیشتر از حالت قبل (فصل بهار همین ایستگاه) بر محاسبه شاخص نمی‌گذارد. با توجه به اعمال این شاخص در رودخانه زرینه‌رود و درحالی که نمونه‌ها به شکل منطقی در دامنه‌های توصیفی قرار گیرند، به‌نحوی که مشاهده می‌شود؛ هیچ ایستگاهی در هیچ فصلی در دامنه خیلی بد و بسیار خوب واقع نشده و تنها یک ایستگاه و آن‌هم یک بار در دامنه بد واقع می‌شود. از مزایای دیگر این شاخص می‌توان به امکان کاربری ساده در کشور و همچنین کاهش هزینه‌های آنالیز نمونه آب، نیروی انسانی و

تجهیزات لازم، با توجه به شباهت آن با پایش‌های گذشته که بر اساس NSFWQI صورت می‌گرفته و در نتیجه بخش عظیمی‌از داده‌های مورد نیاز با روش‌های معمول موجود یا قابل حصول‌اند و از طرفی کاربران نیز به سادگی قادر به انجام محاسبات آن هستند، اشاره کرد.

۵- پی‌نوشت‌ها

1- National Sanitation Foundation Water Quality Index
2- Oregon Water Quality Index
3- Canada Water Quality Index
4- Iran Water Quality Index

۶- مراجع

پوراصغر، م.، نوربخش، ج.، قنبری، ن.، یدالهی، ع.، و اشرفی‌پور، ع.، (۱۳۸۷)، «بررسی وضعیت کیفی شش رودخانه مازندران با استفاده از شاخص NSFWQI»، *دومین همایش و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط‌زیست*، دانشگاه تهران.

جمشیدزاده، ز.، (۱۳۸۵)، «ارزیابی کیفیت آب‌های سطحی بر مبنای شاخص CWQI»، *اولین همایش تخصصی مهندسی محیط زیست*، دانشگاه تهران، ۲-۵.

حسینیان، س.، موبد، پ.، حسینی زارع، ن.، یاسر، ح.، سعادتی، ن.، و کمایی، ه.، (۱۳۸۶). «طبقه‌بندی کیفیت رودخانه‌های دز و کارون در بازه گتوند تا خرمشهر و دزفول تا بام دژ با استفاده از شاخص WQI و بررسی آنتروپی‌های جداشده در این مقطع»، مجموعه *مقالات هفتمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه*، اهواز، دانشگاه شهید چمران.

حیدری‌نیا، م.، معاضد، ه.، و حسینی زارعی، ن.، (۱۳۸۷)، «طبقه‌بندی کیفیت رودخانه کارون در بازه ملاثانی تا کوت امیر با استفاده از شاخص NSFWQI»، *هشتمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه*، اهواز، دانشگاه شهید چمران.

رازدار، ب.، و قویدل، آ.، (۱۳۸۸)، «بررسی کیفیت آب تالاب انزلی با استفاده از شاخص کیفی WQI»، هفتمین مجموعه *مقالات همایش ملی الگوهای توسعه پایدار در مدیریت آب*، مشهد، ۴۵۷-۴۶۷.

شمسایی، ا.، اورعی زارع، ص.، و سارنگ، ا.، (۱۳۸۴)، «بررسی تطبیقی شاخص‌های کیفی و پهنه‌بندی کیفی رودخانه‌ی کارون و دز»، *مجله آب و فاضلاب*، ۵۵، ۳۹-۴۸.

مفتاح هلقی، م.، (۱۳۸۹)، «پهنه‌بندی کیفی آب با استفاده از شاخص‌های متفاوت کیفی، مطالعه موردی: رودخانه اترک»، *مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک*، ۱۸(۲)، ۱۳۹-۱۴۸.

نوروزی، ع.، جعفرزاده حقیقی فرد، ن. و تتر، ف. (۱۳۹۱)." ارزیابی کیفیت آب رودخانه گرگر بر اساس شاخص‌های آب NSFWQI و PRATI"، *دومین همایش ملی جریان و آلودگی آب*، تهران.

هوشمند، ع.، کابلی، ح.، و دلقندی، م.، (۱۳۸۶)، «مطالعه وضعیت کیفی آب رودخانه‌ها با استفاده از شاخص‌های کیفیت آب WQI، OWQI و CWQI، مطالعه موردی: بازه ملاثانی - اهواز رودخانه کارون»، *نهمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر*، کرمان، دانشگاه شهید باهنر، انجمن مهندسی آبیاری و آب.

Babaei Semiromi, F., Hassani, A.H., Torabian, A., and Karbassi, A.R., (2011), "Evolution of a new surface water quality index for Karoon catchment in Iran", *Water Science and Technology*, 64(12), 2483-2491.

Baghvand, A., Nasrabadi, T., Nabi Bidhendi, G.H., Vosoogh, A., Karbassi, A., and Mehrdadi, N., (2010), "Groundwater quality degradation of an aquifer in Iran central desert", *Desalination*, 260, 264-275.

Beamonte Cordoba, E., Casino Mart□nez, A., and Veres Ferrer, E., (2010), "Water quality indicators: Comparison of a probabilistic index and a general quality index: The case of the Confederacion Hidrografica del Jucar (Spain)", *Ecological Indicators*, 10, 1049-1054.

Boyacioglu, H., (2006), "Surface water quality assessment using factor analysis", *Journal of Water SA*, 23(3), 389-393.

De Rosemond, S., Duro, D.C., and Dube, M., (2008). "Comparative analysis of regional water quality in Canada using the Water Quality Index", *Environment Monitoring Assessment*, 156(1), 223-240.

Fredrick, W.K., and Tamim, Y., (2007), "Developing a standardized water quality index for evaluating surface water quality", *Journal of the American Water Resources Association*, 43(2), 533-545.

Kumar, A., and Dua, A., (2009), "Water quality index for assessment of water quality of river Ravi at Madhopur (India)", *Global Journal of Environmental Sciences*, 8(1), 49-57.

Massoud, M.A., (2001), "Assessment of water quality along a recreational section of the Damour River in Lebanon using the water quality index", *Environment Monitoring Assessment*, 184(7), 4151-4160.

Mishra, A., Mukherjee, A., Tripathi, B.D., (2009), "Seasonal and temporal variations in physico-chemical and bacteriological characteristics of river Ganga in Varanasi", *International Journal of Environmental Research*, 3(3), 395-402.

Najafpour, Sh., Alkarkhi, A.F.M., Kadir, M.O.A., and Najafpour, Gh.D., (2008), "Evaluation of spatial and temporal variation in river water quality", *International Journal of Environmental Research*, 2(4), 349-358.

Pezhman, A., (2009), "Determine of water quality index and power of self-ventilation in Haraz River", M.Sc. Thesis, Collage of Environment Engineering, University of Tehran.

Saaty, T.L., (2008), "Decision making with the analytic hierarchy process", *International Journal of Science*, 1(1), 83-98.

Shabbir, R., and Ahmad, S., (2015), "Use of Geographic Information System and Water Quality Index to assess groundwater quality in Rawalpindi and Is-

lamabad", *Arabian Journal for Science and Engineering*, 40(7), 33-47.

Tanja, S., Genevieve, C., de Alexander, S., and Rickwood, C., (2012), "Global water quality index and hot-deck imputation of missing data", *Ecological Indicators*, 17, 108-119.

The Iranian Department of Environment, (2011), "Iran water quality index for surface water resources-conventional parameters (IRWQISC)", https://www.doe.ir/Portal/file/?696074/.

The Iranian Department of Environment, (2007), "Project of reconnaissance, control and reduce of the pollution of Zarrinehrood River", *Bureau of Check of Water and Soil Pollution.*