Archive of SID

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و دوم، شماره پنج، مرداد ماه ۹۹

# بررسی کیفیت آب رودخانه چهل‌چای با استفاده از شاخص $IRWQI_{sc}$

مهراب آقایی[۱]
علی حشمت پور[۲]*
Heshmatpoor@gonbad.ac.ir
مجتبی قره محمودلو[۲]
سید مرتضی سیدیان[۲]

تاریخ دریافت: ۹۷/۳/۲ تاریخ پذیرش:۹۸/۴/۵

**چکیده**

**زمینه و هدف:** کیفیت آب رودخانه‌ها می‌تواند کمک شایانی به مدیریت و برنامه‌ریزی منابع آب کند. این مطالعه به منظور بررسی کیفیت آب رودخانه چهل‌چای با استفاده از شاخص کیفیت آب های سطحی ایران $IRWQI_{SC}$ انجام شده است.

**روش بررسی:** در این مطالعه از آب رودخانه چهل‌چای در ۷ ایستگاه مختلف در یک دوره ۶ ماهه نمونه‌برداری شد. سپس به منظور استفاده از شاخص کیفی $IRWQI_{SC}$ میزان برخی از پارامترهای فیزیکوشیمایی و میکروبی در این دوره شش ماه اندازه‌گیری شد. پس از محاسبه میزان شاخص برای هر ایستگاه، تغییرات آن در طول رودخانه مطالعه گردید. در نهایت نتایج شاخص کیفی $IRWQI_{SC}$ با استانداردهای موجود برای شرب و کشاورزی مورد مقایسه قرار گرفت.

**یافته‌ها:** نتایج این تحقیق نشان‌داد که براساس شاخص $IRWQI_{SC}$ آب رودخانه چهل‌چای در رده کیفی نسبتا خوب قرار می‌گیرد. همچنین میزان شاخص $IRWQI_{SC}$ در جهت جریان از بالادست به سمت خروجی حوزه کاهش می‌یابد که بیانگر کاهش کیفت آب رودخانه است. نتایج این تحقیق نشان داد که بطور کلی رابطه مستقیمی بین دبی رودخانه و شاخص $IRWQI_{SC}$ وجود دارد بطوریکه با افزایش میزان دبی رودخانه، میزان شاخص $IRWQI_{SC}$ نیز افزایش یافت.

**بحث و نتیجه‌گیری:** نتایج این تحقیق نشان دادکه متوسط میزان شاخص $IRWQI_{SC}$ در فصل بهار از فصل تابستان بهتر بوده‌است. تغییرات دبی و شاخص $IRWQI_{SC}$ حاکی از یک رابطه مستقیم بین آنهاست، بطوریکه با افزایش میزان جزئی دبی میزان شاخص نیز افزایش چشمگیری داشته‌است. مقایسه پارامترهای اندازه‌گیری شده با استانداردهای شرب و کشاورزی، نشان دادکه آب رودخانه چهل‌چای از نظر استانداردهای کشاورزی مناسب بوده و فاقد استانداردهای لازم در بخش شرب می‌باشد. نتایج نشان داد که قبل از مصرف برای شرب باید حداقل دو تصفیه فیزیکی و میکروبی بر روی آن انجام شود.

**واژه های کلیدی:** کیفیت آب، شاخص $IRWQI_{SC}$، رودخانه چهل‌چای، مدیریت منابع آب.

---

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشگاه گنبد کاووس
۲- استادیار دانشگاه گنبد کاووس

www.SID.ir

Archive of SID

*J. Env. Sci. Tech., Vol 22, No.5, July, 2020*

# Investigation of Water Quality of Chehelchay River Using IRWQIsc Index

**Mehrab Aghaee**[1]
**Ali Heshmatpoor** [2*]
Heshmatpoor@gonbad.ac.ir
**Mojtaba G. Mahmoodlu**[2]
**S. Morteza Seyedian**[2]

Admission Date:Jun 26, 2019 Date Received: May 23, 2018

**Abstract**

**Background and Objective:** Rivers water quality study can be a great help to water-resource management and planning. This study was conducted to investigate the water quality of Chehelchay River using the $IRWQI_{SC}$.

**Method:** In this study, water samples were collected from seven different stations along Chehelchay River during a period of 6 months. In order to use $IRWQI_{SC}$, the physicochemical and biological some parameters were measured. After calculating the $IRWQI_{SC}$ values for each station, the changes in the $IRWQI_{SC}$ values were investigated along river. Then, the results of $IRWQI_{SC}$ were compared drinking water and agriculture water standards.

**Findings:** The results of this study showed that Chehelchay River water was situated in a relatively good quality category based on the $IRWQI_{SC}$. $IRWQI_{SC}$ diminished in the flow direction from the upstream sampling point to the outlet of basin resulting in a reduction in water quality of river. Results also showed that there is a direct relationship between $IRWQI_{SC}$ and the rate of discharge so that the value of $IRWQI_{SC}$ increases with increasing the rate of discharge.

**Discussion and Conclusion:** The results of this study showed that the average $IRWQI_{SC}$ index was better than summer season in spring. Flow changes and IRWQISC index indicate a direct relationship between them, with a slight increase in the rate of fluctuation. Comparison of parameters used in $IRWQI_{SC}$ with drinking water and agriculture water standards showed the Chehelchay River water is suitable only for agriculture uses and it cannot be used for drinking purposes. Results showed that water purification must be performed to remove fecal coliform and reduce turbidity of water before using as a drinking water source.

**Keywords**: Water Quality, $IRWQI_{SC}$ Index, Chehelchay River, Water Resources Management.

1- M.Sc., Department of Watershed Management, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, Iran
2- Assistant Prof., Department of Watershed Management, Faculty of Agriculture and Natural *(Corresponding Authors)

www.SID.ir

Archive of SID



**مقدمه**

کیفیت آب‌های سطحی در مناطق مختلف بدلیل عوامل طبیعی نظیر تنوع سازندهای زمین‌شناسی و عوامل هیدروژئولوژیکی و انسانی شامل آلودگی ناشی از تخلیه انواع فاضلاب های شهری، صنعتی و کشاورزی، شیرابه محل های دفع زباله، رواناب‌های سطحی دائما در حال تغییر است(۱). ازآنجائی‌که رودخانه ها به عنوان یکی از منابع مهم تامین‌کننده نیاز آبی جوامع بشری در بیشتر کشورها محسوب می‌شوند بنابراین شناخت و بررسی کیفیت منابع آب در مدیریت و استفاده بهینه از آن از اهمیت بالایی برخوردار است (۲ و ۳). پایش کیفیت منابع آب اغلب موجب تولید اطلاعات مهمی دربارهٔ رفتار منابع آب می‌شود که نیاز به روش‌های مناسبی برای تحلیل و تفسیر دارند (۴). روش‌های زیادی برای آنالیز داده‌های مربوط به کیفیت آب وجود دارد که این روش‌ها با توجه به اهداف مطالعات، روش‌های نمونه‌برداری، منطقه مورد مطالعه و همچنین اندازه نمونه‌ها با یکدیگر متفاوت هستند (۵ و ۶). در این میان طبقه بندی، شبیه سازی و تحلیل آماری داده ها، از مهم ترین بخش های ارزیابی کیفیت آب بهشمار می‌روند (۴).

شاخص‌های کیفیت آب ابزاری مناسب و ساده برای تعیین وضعیت و شرایط کیفیت آب هستند که در برنامه‌های پایش برای ارزیابی سلامت اکوسیستم بسیار مفید بوده و می‌تواند به عنوان یک معیار برای ارزیابی موفق و مناسب در استراتژی‌های مدیریتی برای بهبود کیفیت آب استفاده شود(۷). شاخص کیفیت آب‌های سطحی ایران( Iran Water Quality Index for Surface Water Resources-Conventional Parameters: $IRWQI_{sc}$) یک شاخص تلفیقی از NSFWQI و BCEQI می‌باشد که در ایران طراحی شده و وضعیت کیفیت آب را به صورت کمی ارائه می‌کند. پارامترهای کیفی مورد استفاده در این روش شامل: نیترات، سختی کل، کدورت، هدایت الکتریکی، فسفات، آمونیاک، اکسیژن محلول، pH، COD، $BOD_5$ و کلیفرم مدفوعی است (۸). تاکنون مطالعات متعددی در خصوص ارزیابی کیفی آب‌های سطحی با استفاده از شاخص‌های مختلف و روش‌های آماری انجام شده است (۱۱-۹). نتایج این مطالعات نشان می‌دهد که کیفیت منابع آب سطحی در فصول و ماههای مختلف متغیر است و بسته به مکان، نتایج با یکدیگر متفاوت می‌باشد (۱۵-۱۲)

رودخانه چهل‌چای، یکی از رودخانه‌های پرآب استان گلستان و از سرشاخه های مهم گرگان رود می‌باشد. افزایش فعالیت‌های کشاورزی، دام پروری، پرورش ماهی و تفریحی در اطراف رودخانه چهل‌چای، باعث احتمال افزایش آلودگی آب رودخانه می شود. مطالعات انجام شده در حوزه چهل چای نشان از روند افزایش آلودگی و کاهش کیفیت آب رودخانه است که به تعدادی از آنها در ذیل اشاره می شود.

زارع کاریزی و همکاران (۱۳۹۱) با بررسی روند تغییرات بلند مدت کیفیت آب رودخانه چهل چای استان گلستان نشان دادند که از دوازده متغییر انتخابی جهت مطالعه تنها هفت متغیر سدیم، کلرید، SAR ، سولفات، پتاسیم، EC و TDS روند افزایشی معنادار داشتند و چهار متغیر بدون روند بوده و تنها متغیر بیکربنات روند کاهشی معناداری دارد. روند افزایشی متغیرها و تنزل کیفیت آب رودخانه چهلچای را ناشی از عواملی نظیر تغییر کاربری اراضی، فرسایش خاک، و ورود زائدات ناشی از فعالیتهای انسانی به رودخانه دانستند(۱۶).

شیرزاد نیا و همکاران (۱۳۹۶) به بررسی اثرگذاری زیر حوضه ها بر پارامترهای کیفیت آب رودخانه چهل چای پرداخته و اظهار داشتند که اولویت هر زیرحوزه بر پارامترهای کیفیت آب متفاوت بوده و مطابق طبقه بندی با شاخص NSFWQI، آب رودخانه چهل چای در کلاس متوسط کیفی قرار گرفته است (۱۷).

اگرچه مطالعاتی بر روی کیفیت آب رودخانه چهل چای به لحاظ هیدروشیمیایی انجام شده است(۱۸) ولی تاکنون کیفیت آب این رودخانه توسط شاخص ایرانی کیفیت آب $IRWQI_{SC}$ مورد بررسی قرار نگرفته است.از اینرو ابتدا کیفیت آب رودخانه چهل‌چای با استفاده از شاخص کیفی $IRWQI_{sc}$ مورد مطالعه قرار گرفته‌است و سپس روند تغییرات شاخص در طول رودخانه و در زمان بحث شده و در انتها نتایج حاصل از میزان پارامترها

www.SID.ir

با استانداردهای موجود برای شرب و کشاورزی مقایسه شده‌است.

## مواد و روش‌ها

حوزه آبخیز چهل‌چای با مساحتی حدود ۲۵۷۸۳.۲ هکتار و موقعیت جغرافیایی "۳۰، ´۲۲،°۵۵ الی "۳۰، ´۳۷،°۵۵ طول شرقی و "۳۰، ´۵۷،°۳۶ الی ´۱۵،°۳۷ عرض شمالی در استان گلستان قرار دارد. از شمال به شهر مینودشت، از غرب به ارتفاعات محمد زمان‌خان و دشت حلقه، از شرق به حوزه آبخیز رودخانه چهل‌چای و از جنوب به حوزه آبخیز تیل‌آباد محدود است. رودخانه چهل‌چای یکی از سرشاخه های اصلی گرگان رود بوده و به لحاظ هیدرولوژیک به پنج زیر حوضه تقسیم می شود(شکل ۱).

**شکل ۱- منطقه مورد مطالعه و موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌گیری**

Figure 1. Study area and location of sampling stations

انتخاب ایستگاه‌های نمونه‌برداری در منطقه مورد مطالعه با توجه به بررسی تغییرات وضعیت زیر حوزه‌های رودخانه و در نظر گرفتن موقعیت مناطق مسکونی انجام شده است. براین اساس از سمت بالادست تا خروجی رودخانه هفت ایستگاه مطالعاتی انتخاب شد (شکل۱). به منظور بررسی کیفیت آب رودخانه چهل‌چای، از آب رودخانه به مدت ۶ ماه به صورت متناوب هر ۱۵ روز یکبار (با سه بار تکرار) و در فاصله زمانی فروردین تا شهریور ماه ۱۳۹۶ صورت‌گرفت. برای نمونه برداری از ظروف با جنس پلی‌اتیلن شیشه‌ای استفاده شد (۱۷). به منظور آماده‌سازی ظروف، از اسیدسولفوکرومیک جهت اسیدشویی استفاده گردید. ابتدا ظروف با آب معمولی و سپس با آب مقطر شستشو داده شد. سپس ظروف در آون و در دمای ۱۸۰ درجه سلسیوس به مدت ۱ ساعت خشک شدند و برای نمونه برداری آماده شدند ( ۱۷). میزان برخی از پارامترها نظیر هدایت الکتریکی، درصد اکسیژن اشباع و pH با استفاده از دستگاه پرتابل EC متر، DO متر و pH متر در محل نمونه‌گیری اندازه‌گیری شد. بعد از انجام نمونه‌برداری، نمونه‌ها بلافاصله داخل کلمن حاوی یخ به آزمایشگاه منتقل و میزان پارامترهای فیزیکوشیمیایی و میکروبی باقی مانده نظیرنیترات، فسفات، آمونیاک، COD، BOD، سختی کل، کدروت و کلیفرم مدفوعی براساس روش‌های استاندارد (۱۹) در آزمایشگاه مرکزی دانشگاه گنبد کاووس اندازه‌گیری شد. میزان جذب پارامترهای فسفات، نیترات و آمونیاک با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر به ترتیب در طول موج‌های ۶۹۰، ۴۱۰ و ۶۴۰ نانومتر اندازه گیری شد. مقدار سختی کل به روش تیتراسیون، کدورت با دستگاه توربیدیمتر (مدل 2100N ساخت کمپانی HACH آمریکا)، اکسیژن مورد نیاز شیمیایی با دستگاه COD سنج (مدل آلمانی AL 125)، کلیفرم مدفوعی با استفاده از سواب توتال کلیفرم یکبار مصرف توسط دستگاه hygiena (Ensure plus) (مدل آمریکایی) و اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی با دستگاه BOD سنج (مدل آلمانی BD 600) تعیین گردیدند.

www.SID.ir

Archive of SID



شاخص کیفیت آب‌های سطحی ایران (IRWQIsc) یک شاخص تلفیقی از (NSFWQI) و (BCEQI) می‌باشد. علت انتخاب این شاخص این است که، شاخص $IRWQI_{SC}$ برای مطالعه کیفی آب‌های سطحی توسط مدیریت منابع آب ایران با هدف استفاده از روش مناسب با شرایط طبیعی و مسائل و مشکلات آب ایران تهیه شده‌است و وضعیت کیفیت آب را به صورت کمی ارائه می‌کند. این شاخص، به عنوان یک ابزاری کارآمد جهت تعیین طبقه‌بندی کیفیت منابع آب طراحی شده است. بطوریکه هرچه مقدار این شاخص بیشتر باشد کیفیت آب بهتر است. برای محاسبه این شاخص، مقدار پارامترهای اندازه‌گیری شده به‌عنوان ورودی شاخص استفاده می‌شود. سپس براساس جدول ۱ به هر پارامتر، یک وزن اختصاص داده می شود. در مرحله بعد با استفاده از منحنی‌های رتبه‌بندی، غلظت هر پارامتر تبدیل به عدد شاخص آن پارامتر می‌شود و در نهایت مقدار شاخص $IRWQI_{sc}$ بر اساس روابط ۱ و ۲ تعیین می شود.

$$IRWQI_{sc} = (\Pi_{i=1}^{n} I_i^{W_i})^{(1/\gamma)} \quad (۱)$$

$$\gamma = \sum_{i=0}^{n} W_i \quad (۲)$$

که در فرمول (۲) $W_i$ وزن پارامتر $i$ ام، $n$ تعداد پارامترها، $I_i$ مقدار شاخص برای پارامتر $i$ ام از منحنی رتبه‌بندی و $\gamma$ جمع وزن پارامترها می‌باشد (۱۰).

**جدول۱-پارامترهای شاخص $IRWQI_{sc}$ و وزن آن‌ها (۱۰ و ۲۱)**

Table 1. IRWQIsc index parameters and their weights (10 and 21)

| پارامتر | وزن | پارامتر | وزن |
|---|---|---|---|
| کلیفرم مدفوعی | ۰/۱۴ | هدایت الکتریکی | ۰/۰۹۶ |
| $BOD_5$ | ۰/۱۱۷ | آمونیوم | ۰/۰۹ |
| COD | ۰/۰۹۳ | کدورت | ۰/۰۶۳ |
| pH | ۰/۰۵۱ | سختی کل | ۰/۰۵۹ |
| نیترات | ۰/۱۰۸ | فسفات | ۰/۰۸۷ |
| اکسیژن محلول | ۰/۰۹۷ | | |

بعداز تعیین میزان شاخص $IRWQI_{sc}$ براساس روابط ۱ و ۲ طبقه‌بندی کیفی رودخانه بر مبنای این شاخص با استفاده از جدول ۲ در هر ایستگاه و برای زمان های مختلف انجام شد.

**جدول۲- طبقه‌بندی آب‌های سطحی بر اساس شاخص$IRWQI_{sc}$(۲۱)**

Table 2- Surface water classification based on IRWQIsc index (21)

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

www.SID.ir

در این تحقیق ارتباط بین مقادیر شاخص $IRWQI_{SC}$، دبی و همچنین پارامترهای فیزیکوشیمیایی با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام شد. سپس مقادیر بدست آمده برای فصول پرآبی (بهار) و کم آبی (تابستان) با یکدیگر مقایسه شدند. تجزیه و تحلیل داده‌ها و شاخص $IRWQI_{SC}$ با استفاده از آنالیز واریانس کرت‌های دوبار خرد شده، یک بار خرد شده (ANOVA)، (GLM) و آزمون مقایسه چند دامنه‌ای دانکن بین ایستگاه‌ها و زمان‌های مختلف نمونه‌برداری به صورت تصادفی مورد مقایسه قرار گرفت. در این تحقیق برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SAS و برای ماتریس همبستگی پیرسون بین داده‌ها و همچنین شاخص از نرم‌افزار SPSS17 استفاده‌شد.

**یافته‌ها**

پس از نمونه‌برداری از ایستگاه‌های مورد مطالعه و انجام آزمایش بر روی نمونه‌های آب، میانگین پارامترهای فیزیکوشیمیایی و میکروبی رودخانه چهل‌چای در فصول بهار و تابستان مطابق با جدول (۳) به‌دست آمد.نتایج تحقیق نشان داد که، مقدار پارامترهای اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی، اکسیژن محلول، نیترات، فسفات، آمونیاک و سختی کل در تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه در حد استاندارد کیفیت آب آشامیدنی سازمان جهانی بهداشت (۲۰) است، و پارامترهای کدورت و کلیفرم مدفوعی در تمامی ایستگاه‌ها و pH در ایستگاه‌های سوم، پنجم، ششم و هفتم بالاتر از حد استاندارد کیفیت آب آشامیدنی سازمان جهانی بهداشت است (۲۰).

**جدول۳-میانگین پارامترهای فیزیکوشیمیایی و میکروبی رودخانه چهل‌چای در فصول بهار و تابستان**

Table 3- The average of physicochemical and microbial parameters of Chehelchay River in spring and summer seasons

| پارامتری شاخص $IRWQI_{SC}$ | ایستگاه های نمونه گیری | | | | | | | میانگین | ماگزیمم | مینیمم |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | اول | دوم | سوم | چهارم | پنجم | ششم | هفتم | | | |
| کلیفرم مدفوعی(RLU) | ۶۵ | ۱۰۸ | ۱۹۴ | ۱۲۷ | ۲۱۳/۵ | ۱۴۳/۵ | ۴۹۵ | ۱۹۲ | ۴۹۵ | ۶۵ |
| $BOD_5(mg/L)$ | ۰/۸۵ | ۰/۷ | ۰/۹ | ۱/۲ | ۱/۳ | ۱/۴۵ | ۱/۸ | ۱/۱۷ | ۱/۸ | ۰/۷ |
| COD(mg/L) | ۱/۸ | ۱/۷ | ۲/۱ | ۲/۶ | ۲/۸ | ۳/۱ | ۳/۹ | ۲/۵۹ | ۳/۹ | ۱/۷ |
| pH | ۸/۴۵ | ۸/۴ | ۸/۵۵ | ۸/۴۵ | ۸/۵۵ | ۸/۵۵ | ۸/۵ | ۸/۴۶ | ۸/۵۵ | ۸/۴ |
| $NO_3(mg/L)$ | ۰/۳۴ | ۰/۷۰۷ | ۰/۵۷۸ | ۰/۴۶۰ | ۰/۳۰۱ | ۰/۵۳۳ | ۰/۵۵۹ | ۰/۴۹۶ | ۰/۷۰۷ | ۰/۳۰۱ |
| DO(mg/L) | ۹/۲۵ | ۸/۶۵ | ۹/۱ | ۹/۱۵ | ۸/۸۵ | ۸/۹۵ | ۹/۳ | ۹/۰۳ | ۹/۲۵ | ۸/۶۵ |
| $EC(\mu s/cm^2)$ | ۶۰۱/۶۵ | ۹۷۲/۸۵ | ۷۳۶/۷ | ۱۰۸۷/۳۵ | ۴۲۷/۲ | ۱۰۱۱/۳۵ | ۷۴۶/۶۵ | ۷۹۷/۶۶ | ۱۰۸۷/۳۵ | ۴۲۷/۲ |
| $NH_3(mg/L)$ | ۰/۰۰۶ | ۰/۰۱۳ | ۰/۰۱۱ | ۰/۰۱۳ | ۰/۰۱۱ | ۰/۰۱۴ | ۰/۰۲۳ | ۰/۰۱۳ | ۰/۰۲۳ | ۰/۰۰۶ |
| کدورت(NTU) | ۱۴/۸ | ۹۱/۴۵ | ۲۹/۸ | ۱۸/۷۵ | ۱۷/۳ | ۱۹/۳۵ | ۴۰/۰۵ | ۳۲/۸۶ | ۹۱/۴۵ | ۱۴/۸ |
| $TH(mgCaCo_3/L)$ | ۲۷۷/۹ | ۳۳۲/۸ | ۲۹۹/۴ | ۳۵۵/۱ | ۲۶۵/۲ | ۳۴۰/۹ | ۲۹۳/۵ | ۳۰۸/۵ | ۳۵۵/۱ | ۲۶۵/۲ |
| $PO_4(mg/L)$ | ۰/۰۱۹ | ۰/۱۲۴ | ۰/۰۹۵ | ۰/۱۱۳ | ۰/۰۷۹ | ۰/۱۰۴ | ۰/۱۴۱ | ۰/۰۹۶ | ۰/۱۴۱ | ۰/۰۱۹ |

TH: سختی کل COD: اکسیژن مورد نیاز شیمیایی $BOD_5$: اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی

در این تحقیق به دلیل نرمال بودن داده‌های حاصل از آزمایشات انجام شده، و همچنین به منظور بررسی همبستگی بین فراسنجه‌های مختلف و شاخص $IRWQI_{SC}$ از ضریب ماتریس همبستگی پیرسون استفاده شد. نتایج حاصل از این بررسی در جدول ۴ ارائه شده است.

www.SID.ir

Archive of SID



**جدول ۴- ماتریس همبستگی بین پارامترهای کیفی آب و شاخص $IRWQI_{SC}$ در مراحل نمونه‌برداری در رودخانه چهل‌چای**

Table 4.Correlation matrix between water quality parameters and IRWQISC index in sampling stages in Chehelchay River

| | نیترات | آمونیاک | فسفات | COD | DO | EC | pH | $BOD_5$ | FC | WQI |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $NO_3$ | ۱ | | | | | | | | | |
| $NH_3$ | ۰/۱۶۱ | ۱ | | | | | | | | |
| $PO_4$ | ۰/۲۹۵** | ۰/۳۹۱** | ۱ | | | | | | | |
| COD | ۰/۲۸۱** | ۰/۴۳۶** | ۰/۵۵۰** | ۱ | | | | | | |
| DO | -۰/۱۲۰ | ۰/۰۵۶ | -۰/۱۳۵ | -۰/۱۸۱ | ۱ | | | | | |
| EC | ۰/۲۱۰ | ۰/۱۶۸ | ۰/۴۲۹** | ۰/۲۷۰* | -۰/۳۲۴** | ۱ | | | | |
| PH | -۰/۱۳۷ | -۰/۱۴۲ | -۰/۳۰۴** | -۰/۲۱۸* | ۰/۵۲۱** | -۰/۴۶۲** | ۱ | | | |
| $BOD_5$ | ۰/۲۴۷* | ۰/۴۱۰** | ۰/۴۹۶** | ۰/۹۶۶** | -۰/۰۸۸ | ۰/۲۰۶ | -۰/۱۸۴ | ۱ | | |
| FC | ۰/۰۲۷ | ۰/۱۱۰ | ۰/۲۶۳* | ۰/۴۶۷** | -۰/۱۳۳ | ۰/۰۱۵ | -۰/۰۴۲ | ۰/۴۱۹** | ۱ | |
| WQI | -۰/۲۸۸** | -۰/۳۲۰** | -۰/۳۱۰** | -۰/۶۱۸** | ۰/۳۹۱** | -۰/۲۳۳* | -۰/۲۶۲* | -۰/۵۹۸** | -۰/۲۳۱* | ۱ |

**معنی‌دار در سطح ۱٪ *معنی‌دار در سطح ۵٪، FC:

**کلیفرم مدفوعی**

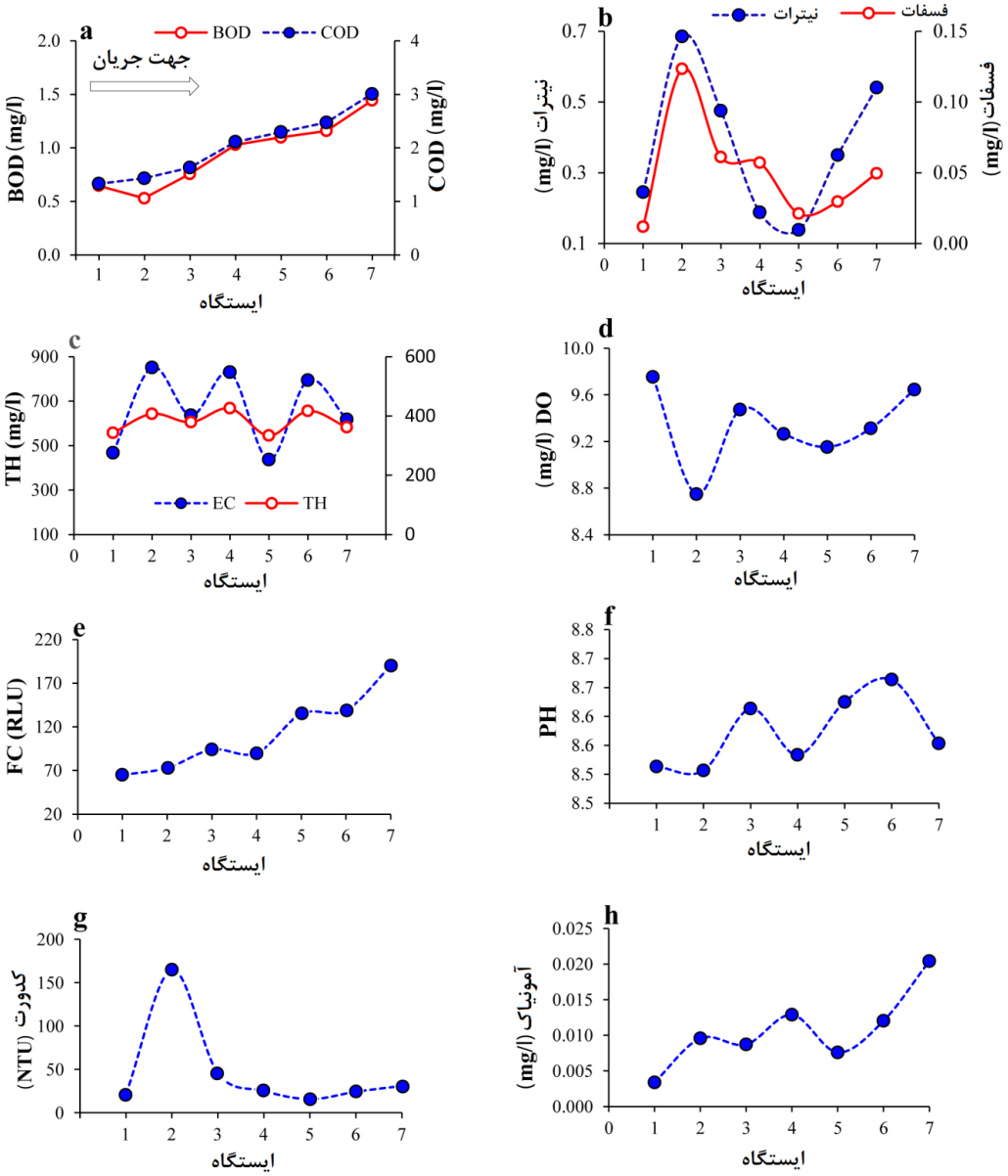
با توجه به جدول ۳، بیشترین میزان همبستگی مثبت بین پارامترهای $BOD_5$ و COD و بیشترین میزان همبستگی منفی بین شاخص کیفیت آب مورد مطالعه و COD مشاهده شده است. همبستگی مثبت COD و $BOD_5$ نشان‌دهنده افزایش مقدار عددی هر دو پارامتر در آب است چون بین COD و $BOD_5$ رابطه مستقیم وجود دارد. در مقابل همبستگی منفی بین شاخص کیفیت آب و COD نشان‌دهنده این است که با کاهش میزان COD، شاخص کیفیت آب افزایش پیدا می‌کند. همچنین بین شاخص کیفیت آب و اکسیژن محلول از لحاظ آماری رابطه معنی‌دار مثبت وجود دارد. بدین معنی است که با افزایش اکسیژن محلول، شاخص نیز افزایش می‌یابد و کیفیت آب در وضعیت بهتری قرار می‌گیرد. اکسیژن محلول با تمامی فاکتورها همبستگی معکوس داشته است به غیر از اسیدیته و آمونیاک که از لحاظ آماری ارتباط معنی‌داری بین آن‌ها وجود ندارد. همچنین رابطه بین پارامترهای دیگر با شاخص از نوع معنی‌دار منفی می‌باشد. این نیز بدین معنی است که با افزایش میزان پارامترهای کیفی آب، شاخص در وضعیت بد قرار می‌گیرد.

شکل (۲) روند تغییرات پارامترهای کیفی (مورد استفاده در شاخص $IRWQI_{sc}$) آب رودخانه چهل‌چای در ایستگاه‌های مطالعه شده در فصل بهار را نشان می‌دهد. براین اساس تغییرات بین $BOD_5$ و COD در جهت جریان شباهت زیادی با یکدیگر دارد شکل (۲a) این تغییرات باتوجه به همبستگی بالایی بین این دو پارامتر (۰/۹۶۶) بدیهی بنظر می‌رسد. این شباهت را می‌توان بین فسفات و نیترات و همچنین، سختی کل و هدایت الکتریکی مشاهده کرد اگرچه در هر دو مورد مقادیر همبستگی کمتر از همبستگی بین $BOD_5$ و COD است. تغییرات میزان DO در طول مسیر رودخانه روند خاصی ندارد بطوریکه در ایستگاه اول بیشترین و در ایستگاه دوم کاهش شدیدی از خود نشان می دهد. سپس در طول مسیر جریان افزایش می یابد ولی هرگز به میزان DO در ایستگاه اول نمی‌رسد (شکل ۲d).

کاهش شدید DO در این ایستگاه را می توان به وجود چندین حوضچه پرورش ماهی و مصرف این پارامتر نسبت داد. وجود برخی از تشکیلات زمین شناسی فرسایش‌پذیر نظیر مارن دلیل اصلی افزایش مواد معلق و در نتیجه میزان کدوت در این

www.SID.ir

ایستگاه می باشد. همانطوریکه انتظار می‌رود با ورود فاضلابهای کشاورزی و در برخی از موارد روستایی و همچنین فعالیت‌های تفریحی میزان کلیفرم مدفوعی در جهت جریان افزایش قابل ملاحضه‌ای داشته است(شکل e ۲). اگرچه تغییرات pH یک روند خاص نشان نمی‌باشد اما محدوده




**شکل۵- تغییرات پارامترهای کیفیت آب در ایستگاه‌های مورد مطالعه در فصل بهار**

Figure 2. Change in the water quality parameters in the stations studied in the spring

تغییرات آن بسیار ناچیز می باشد (شکل 2f). آمونیاک نیز همانند برخی از پارامترها نظیر کلیفرم مدفوعی روند افزایشی در طول مسیر جریان رودخانه دارد.

پس از تعیین غلظت پارامترهای کیفیت آب، مقدار شاخص $IRWQI_{sc}$برای دو فصل بهار و تابستان در ایستگاه‌های مورد مطالعه محاسبه گردید( جدول ۵). براین اساس میزان شاخص $IRWQI_{sc}$ در فصل بهار با میانگین ۷۰/۳۰ بهتر از فصل تابستان با میانگین ۶۶/۱۲ بوده است (جدول ۵). بطورکلی میزان شاخص از بالادست جریان به سمت پایین دست در حال کم شدن است (شکل ۳). باتوجه به افزایش میزان برخی از

www.SID.ir

Archive of SID

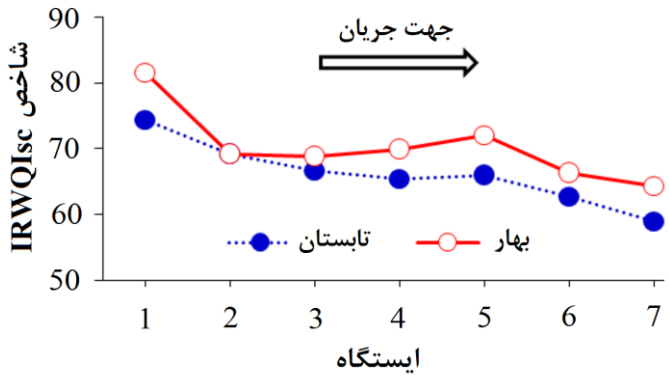


پارامترها نظیر $BOD_5$، COD، کلیفرم مدفوعی، کدورت، آمونیاک این کاهش بدیهی است. همچنین بیشترین تغییر در ایستگاه شماره ۲ بوده است. این امر بدلیل ورود پسابهای کشاورزی و فاضلاب‌های روستایی به داخل رودخانه است. بعداز آن تا ایستگاه ۵ تغییرات تقریبا یکنواخت و تا حدودی رو به بهبود می‌باشد. اما از ایستگاه ۵ به بعد مجدا میزان شاخص کاهش می‌یابد.

**جدول۵- مقدار شاخص IRWQIsc رودخانه چهل‌چای در ایستگاه‌های نمونه‌برداری در دو فصل بهار و تابستان ۱۳۹۶**

Table 5. The amount of IRWQIsc index for Chehelchay River in sampling stations for two seasons, spring and summer 2017

| ایستگاه | مقدار شاخص $IRWQI_{sc}$ | | |
|---|---|---|---|
| | فصل بهار | فصل تابستان | میانگین در هر ایستگاه |
| ۱ | ۸۱/۶۰ | ۷۴/۴۲ | ۷۸/۰۱ |
| ۲ | ۶۹/۱۳ | ۶۹/۱۳ | ۶۹/۱۳ |
| ۳ | ۶۸/۷۲ | ۶۶/۷۲ | ۶۷/۷۲ |
| ۴ | ۶۹/۸۳ | ۶۵/۴۵ | ۶۷/۶۴ |
| ۵ | ۷۲/۰۷ | ۶۵/۸۸ | ۶۸/۹۸ |
| ۶ | ۶۶/۳۳ | ۶۲/۸۰ | ۶۴/۵۷ |
| ۷ | ۶۴/۴۰ | ۵۹/۰۲ | ۶۱/۷۱ |
| میانگین کل در رودخانه | ۷۰/۳۰ | ۶۶/۱۲ | ۶۸/۳۹ |




**شکل۳-تغییرات شاخص $IRWQI_{sc}$ در ایستگاه‌های مورد مطالعه**

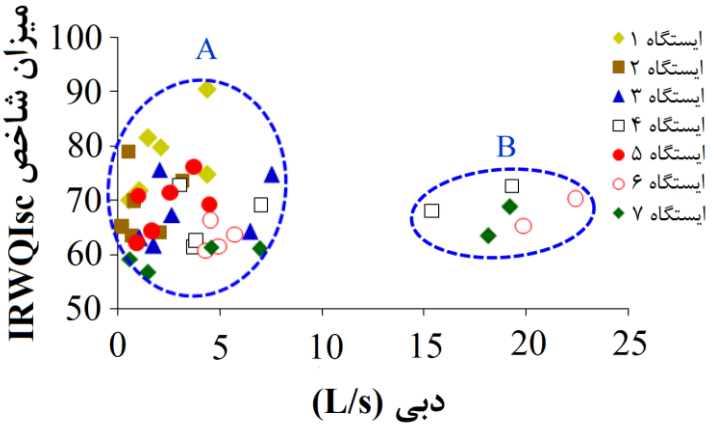
Figure 3- Changes in the IRWQIsc index in the studied stations

شکل (۴) نمودار تغییرات دبی و شاخص کیفیت آب‌های سطحی ایران ($IRWQI_{SC}$) را نشان می‌دهد. براین اساس تجمع نقاط در دو ناحیه می باشد. در ناحیه اول(A) که مربوط به ایستگاههای ۱، ۲، ۳ و ۵ می‌باشد یک رابطه مستقیم بین دبی و شاخص $IRWQI_{SC}$ وجود دارد بطوریکه با افزایش میزان جزئی دبی میزان شاخص نیز افزایش می‌یابد. ناحیه دوم (B) مربوط به ایستگاههای پایین

www.SID.ir

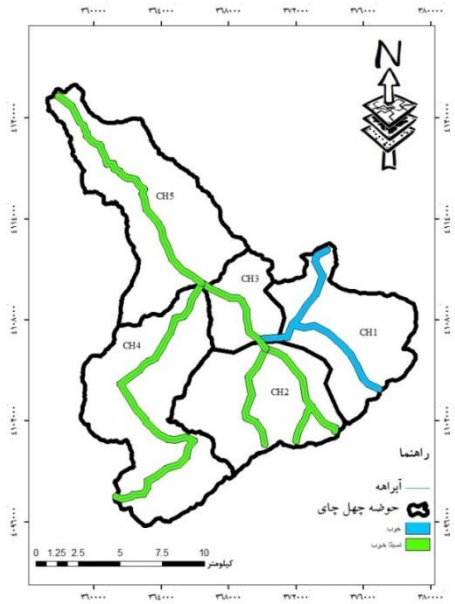
دست می باشد. تنها ۱۷ درصد از نمونه ها در این ناحیه قرار گرفته‌اند و این نمونه‌ها مربوط به فصول پر باران می‌باشند. ازاینرو در فصول پر باران در ایستگاهها مذکور با افزایش دبی تغییرات شاخص جزئی می‌باشد.

طبقه‌بندی کیفیت آب رودخانه چهل‌چای بر اساس مقادیر شاخص $IRWQI_{SC}$ در طول دوره نمونه‌برداری و با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) در شکل (۵) نشان داده شده‌است. براساس میانگین شاخص در تمامی زمان‌های نمونه‌برداری رودخانه از لحاظ کیفی در دسته آب‌هایی با کیفیت نسبتاً خوب قرار گرفته‌است. از دلایل قرارگیری رودخانه چهل‌چای در کلاس نسبتاً خوب کیفیت آب می‌توان به تأثیر پارامترهای کلیفرم، کدورت و pH اشاره نمود.




**شکل۴- رابطه بین دبی و شاخص $IRWQI_{SC}$ در ایستگاه‌های مورد مطالعه**

Figure 4. Relationship between discharge and $IRWQI_{SC}$ in the studied stations




**شکل ۳- تغییرات متوسط شاخص $IRWQI_{SC}$ در طول رودخانه چهل‌چای(CH: زیر حوزه)**

Figure 3. Changes in average $IRWQI_{SC}$ along Chehelchay River(CH:subwatershed)

www.SID.ir

Archive of SID



شاخص $IRWQI_{SC}$ در ابتدای رودخانه چهل‌چای (زیرشاخه CH1:۱) دارای کیفیت خوب و در انتهای آن از کیفیت شاخص کاسته شده است (شکل ۵).

نتایج مقایسه میانگین پارامترهای کیفی آب رودخانه چهل‌چای مورد استفاده برای محاسبه شاخص $IRWQI_{SC}$ با استاندارد سازمان بهداشت جهانی (WHO) و همچنین استاندارد سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (FAO) در جدول (۶) ارائه شده است. بر این اساس پارامترهای $BOD_5$، pH، نیترات، هدایت الکتریکی، آمونیاک و سختی کل در حد استاندارد آب شرب (WHO) می‌باشند و پارامترهای کلیفرم مدفوعی و کدورت بالاتر از حد استانداردهای آب شرب می‌باشند. گرچه بیشتر پارامترهای کیفی آب رودخانه‌چهل‌چای با استانداردها آب شرب مطابقت دارد، ولی بالابودن پارامترهای کلیفرم مدفوعی و کدورت یک مسئله جدی در بخش شرب بوده و نیاز به تصفیه آبرودخانه دارد. میانگین هدایت الکتریکی در رودخانه چهل‌چای کمتر از میزان استاندرد سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (FAO) می باشد.

علیرغم این موضوع که مقایسه وضعیت کیفیت آب در نقاط مختلف و با روشهای مختلف قابل مقایسه با هم نیستند اما بررسی کیفیت آب با گذر زمان در حوزه چهل چای در مطالعات شیرزاد نیا (۱۳۷۹) و زارع کاریزی (۱۳۹۱) حاکی از کاهش کیفیت آب رودخانه بوده و نتایج مشابهی را با نتایج این تحقیق گزارش داده‌اند. بطورکلی پارامترهای فراوانی در تعیین کیفیت آب برای شرب و کشاورزی نقش دارند ولی باتوجه به پارامترهای اندازه‌گیری شده در این تحقیق و استانداردهای شرب و کشاورزی، آب رودخانه چهل‌چای از نظر این استانداردها تنها برای کشاورزی مناسب می‌باشد و نمی‌تواند در بخش شرب مورد استفاده قرار گیرد. از اینرو شاخص $IRWQI_{SC}$ نمی‌تواند معیار مناسبی طبقه‌بندی آب برای شرب باشد.

**جدول ۶- مقایسه پارامترهای کیفیت آب با استانداردهای آب شرب سازمان بهداشت جهانی (WHO) و سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (FAO) در رودخانه چهل‌چای**

Table 6. Comparison of water quality parameters with World Health Organization (WHO) and food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) in Chehelchay River

| پارامتر | میانگین | استاندارد WHO حداکثر مجاز | استاندارد FAO حداکثر مجاز | مقایسه پارامتر کیفی با استاندارد WHO | مقایسه پارامتر کیفی با استاندارد FAO |
|---|---|---|---|---|---|
| کلیفرم مدفوعی (RLU) | ۱۹۲ | ۰ | - | بالاتر از استاندارد آب شرب | در حد استاندارد آب کشاورزی |
| BOD(mg/l) | ۱/۵۷ | ۵ | - | در حد استاندارد آب شرب | - |
| pH | ۸/۴۶ | ۶/۵ – ۸/۵ | - | در حد استاندارد آب شرب | در حد استاندارد آب کشاورزی |
| $NO_3$ (mg/l) | ۰/۴۹۶ | ۵۰ | - | در حد استاندارد آب شرب | - |
| EC ($\mu s/cm^2$) | ۷۹۷/۶۶ | - | حداقل ۷۰۰ | در حد استاندارد آب شرب | در حد استاندارد آب کشاورزی |
| $NH_3$(mg/l) | ۰/۰۱۳ | ۰/۰۵ | - | در حد استاندارد آب شرب | - |
| کدورت (NTU) | ۳۲/۸۶ | ۵ | - | بالاتر از استاندارد آب شرب | در حد استاندارد آب کشاورزی |
| TH($mgCaCo_3/l$) | ۳۰۸/۵ | ۵۰۰ | - | در حد استاندارد آب شرب | - |

**بحث و نتیجه‌گیری**

www.SID.ir

ارزیابی و شناخت کیفیت آب رودخانه ها با استفاده از طبقه‌بندی $IRWQI_{SC}$ ایـــن امکان را فـــراهم می‌نماید که با بیانی ساده بتوان کیفیت آب رودخانه را در نقاط مختلف طبقه بندی نمود. تعیین میزان غلظت آلاینده‌های موجود در آب گام مهمی در تعیین کیفیت آب رودخانه چهل‌چای بر اساس شاخص $IRWQI_{SC}$ محسوب می‌شود. روند تغییرات پارامترهای کیفی مورد استفاده در شاخص $IRWQI_{sc}$ آب رودخانه چهل‌چای نشان داد که تغییرات برخی از پارامترها نظیر $BOD_5$ و COD، فسفات و نیترات و همچنین سختی کل و هدایت الکتریکی در جهت جریان شباهت زیادی با یکدیگر دارد. این تغییرات با توجه به همبستگی بالایی بین این جفت پارامتر بدیهی بنظر می‌رسد. سپس در طول مسیر جریان افزایش می یابد ولی هرگز به میزان DO در ایستگاه اول نمی‌رسد. فعالیت‌های آبزی پروری نظیر حوضچه‌های پرورش ماهی سبب مصرف این پارامتر و کاهش شدید DO در ایستگاه شماره۲ شده‌است. بررسی‌های صحرایی وجود تشکیلات زمین شناسی فرسایش‌پذیر نظیر مارن را زیرحوزه شماره ۲ به اثبات رسانده‌است که می‌تواند دلیل اصلی برای افزایش مواد معلق در ایستگاه شماره ۲ باشد. همانطوریکه انتظار می رود با ورود فاضلابهای کشاورزی و در برخی از موارد روستایی و همچنین فعالیت‌های تفریحی میزان کلیفرم مدفوعی در جهت جریان افزایش قابل مالاحضه‌ای داشته است. اگرچه تغییرات یک روند خاص نشان نمی‌باشد آمونیاک نیز همانند برخی از پارامترها نظیر کلیفرم مدفوعی روند افزایشی در طول مسیر جریان رودخانه دارد. رنج تغییرات pH در طول مسیر جریان بسیار ناچیز می باشد.

نتایج این تحقیق نشان داد که متوسط میزان شاخص $IRWQI_{SC}$ در فصل بهار (با میزان ۷۰/۳۰) بهتر از فصل تابستان (با میزان ۶۶/۱۲) بوده است. همچنین میزان عددی شاخص کیفیت آب از بالادست جریان به سمت پایین دست در حال کم شدن است. بررسی نمودار تغییرات دبی و شاخص $IRWQI_{SC}$ نشان‌داد که یک رابطه مستقیم بین دبی و شاخص $IRWQI_{SC}$ در حدود ۸۳ درصد داده وجود دارد بطوریکه با افزایش میزان جزئی دبی میزان شاخص نیز افزایش چشمگیری داشته‌است. اگرچه در حدود ۱۷ درصد از نمونه ها با افزایش میزان دبی تغییرات شاخص جزئی می‌باشد. ضمنا نتایج نشان‌داد که با کاهش دبی میزان کل مواد جامد محلول افزایش یافته‌است که این افزایش برای فصل تابستان نسبت به فصل بهار قابل توجه بود، این نتیجه با نتایج تحقیق حشمت پور و همکاران (۲۱) مطابقت داشت.

باتوجه به پارامترهای اندازه‌گیری شده در این تحقیق و مقایسه آنها با استانداردهای شرب و کشاورزی، می‌توان نتیجه گرفت که آب رودخانه چهل‌چای از نظر استانداردها مذکور تنها برای کشاورزی مناسب می باشد نمی‌تواند در بخش شرب مورد استفاده قرار گیرد. از اینرو شاخص $IRWQI_{SC}$ نمی‌تواند به تنهایی معیار مناسبی برای طبقه بندی آب جهت مصرف در بخش شرب باشد و برای جمع بندی دقیق تر باید از دیگر شاخص‌ها نظیر شاخص بیولوژیک استفاده شود.

## References


1. Miroofi S, and Meghlouli Bayat R, 2009, Investigating the chemical quality of Karaj river water, 5th National Conference on Watershed Manage. Sciences and Eng. (Sustainable Manage. of Natural Disasters). (In Persian)
2. Atafar Z, Almasi A, Sarkhosh M, et al, 2015, MicrobiologicalQuality Trend of Drinking Water in Rural Areas ofKermanshah during 2004-2013, J Environ Health Eng; 4(1): 70-81. (In Persian)
3. Wang Q, Wu X, Zhao B, et al, 2015, Combined multivariatestatistical techniques, Water Pollution Index (WPI) andDaniel trend test methods to evaluate temporal and spatial variations and trends of water quality at Shanchong River in the Northwest Basin ofLake Fuxian, China. Plos One; 10(4):117.


www.SID.ir

Archive of SID


4. Sadeghi H, Ruhollahi S, 2007, Study of Ardabil Drinking Water Physicochemical Parameters, J Ardabil U Med Sci;7(1): 52-6. [In Persian].
5. Boyacioglu, H, 2006, Surface water quality assessment using factor analysis, Water Science andTechnology. 32(3): 389-394.
6. Boyacioglu, H, 2007, Surface water quality assessment by environ metric methods, EnvironmentalMonitoring and Assessment. 131(1-3): 371-376.
7. Rickwood, C.J., Carr, G.M, 2009, Development and sensitivity analysis of a global drinking water quality index, Environmental Monitoring and Assessment. 156(1-4): 73-90.
8. Hashemi, S.H., Pourasghar, F., Nasrabadi, T., Ramezani, S., Khoshrou, Gh, 2012, Guide to Iran Water Quality Index for Surface Water Resources-Conventional Parameters, Research Project. Institute of Environmental Science, Shahid Beheshti University. 117 p). (In Persian)
9. Munna G M, Chowdhury M M I, Masrur Ahmad A A, Chowdhurys, Alom M M, 2013; (( A Canada WaterQuality Guideline-Water Quality Index(CCME-WQI) based assessment study of water quality in Surma River)),Jurnal of Civil Enginering and Construction Technology, 4, 81-89,Canada.
10. Sadeghi M, Bay A, Bay N, et al, 2015, The survey of Zarin-Gol River water quality in Golestan Province using NSF-WQI and IRWQI. Health Field; 3(3): 27-33.
11. Sun W, Xia C, Xu M, et al, 2016, Application of modified water quality indices as indicators to assess the spatial and temporal trends of water quality in the Dongjiang River. Ecol Indicat; 66: 306–12.
12. Halaghi M, 2011, Use of Different Water Quality Indexes for Puriification of Water, Case Study: Atrak river. Water Soil Cons; 18(2): 211-20. (In Persian)
13. Rohani N, Asadollah Fardi G, 2013, Detemining of water quality indices, Case Study: Inlet and outlet water treatment plant in Isfahan province, The 1th Conference and Exhibition on Environmental Energy & Clean Industry; Tehran: Tehran University. (In Persian)
14. Akkoyunlu A, Akiner ME, 2012, Pollution evaluation in streams using water quality indices: A case study from Turkey's Sapanca Lake Basin. Ecol Indicat; 18: 501–11.
15. Nabizadeh R, Valadi Amin M, Alimohammadi M, et al, 2013, Development of innovative computer software to facilitate the setup and computation of water quality index, J Environ Health Sci Eng; 11(1): 1-10.
16. Zareh Karizi, A., SadodinT A., Sheikh, V., Mahini, A., 2012, Long-term trend analysis of water quality variables for the Chehelchay River (Golestan province), Iran Water Research, 6 (10).
17. Shirzadniya, G., Heshmatpoor, A., Fath abadim A., Akbari, R., 2018, The role of sub-basins in the water quality parameters of the Chehelchay River, J. of Environment and water engineering, Vol. 3 (4), p.378 – 390
18. Ghare Mahmoodlu M, Tahmasebi A, Raghimi M, Safarzadeh A, 2007, Checking of temporal changes in chemical quality of Chehel-Chay river

www.SID.ir

in Lazorah hydrometric station, The first regional conference of underground water of Islamic Azad University. (In Persian)

19. APHA, AWWA, EWF, 2008, Standardmethods for the examinationofwaterandwastewater, USA.
20. World Health Organization (WHO), 2004, Guidelines for Drinking – Water Quality, 3rd edition. World Health Organization (WHO), Geneva.
21. Heshmatpoor, A., Mohammadi,A., Ghare Mahmodloo, M., Mohaghegh, M. (2008), Investigation of water quality in gharasoo watershed in Golestan province, Research report No 87-5-122, Gorgan University of Agriculture Science and Natural Resources.

www.SID.ir