

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

مهراب آقایی<sup>۱</sup>

علی حشمت پور<sup>۲\*</sup>

[Heshmatpoor@gonbad.ac.ir](mailto:Heshmatpoor@gonbad.ac.ir)

مجتبی قره محمودلو<sup>۲</sup>

سید مرتضی سیدیان<sup>۲</sup>

تاریخ پذیرش: ۹۸/۴/۵

تاریخ دریافت: ۹۷/۳/۲

### 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 چهل چای با استفاده از شاخص کیفیت آب های سطحی ایران  $IRWQI_{sc}$  انجام شده است.

**روش بررسی:** در این مطالعه از آب رودخانه چهل چای در ۷ ایستگاه مختلف در یک دوره ۶ ماهه نمونه‌برداری شد. سپس به منظور استفاده از شاخص کیفی  $IRWQI_{sc}$  میزان برخی از پارامترهای فیزیکوشیمیایی 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 نشان داد که براساس شاخص  $IRWQI_{sc}$  آب رودخانه چهل چای در رده کیفی نسبتاً خوب قرار می‌گیرد. همچنین میزان شاخص  $IRWQI_{sc}$  در جهت جریان از بالادست به سمت خروجی حوزه کاهش می‌یابد که بیانگر کاهش کیفیت 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 داد که متوسط میزان شاخص  $IRWQI_{sc}$  در فصل بهار از فصل تابستان بهتر بوده است. تغییرات دبی و شاخص  $IRWQI_{sc}$  حاکی از یک رابطه مستقیم بین آنهاست، بطوریکه با افزایش میزان جزئی دبی میزان شاخص نیز افزایش چشمگیری داشته است. مقایسه پارامترهای اندازه‌گیری شده با استانداردهای شرب و کشاورزی، نشان داد که آب رودخانه چهل چای 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 چهل چای، مدیریت منابع آب.

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشگاه گنبد کاووس

۲- استادیار دانشگاه گنبد کاووس

## **Investigation of Water Quality of Chehelchay River Using IRWQI<sub>SC</sub> Index**

**Mehrab Aghae<sup>1</sup>**

**Ali Heshmatpoor<sup>2\*</sup>**

[Heshmatpoor@gonbad.ac.ir](mailto:Heshmatpoor@gonbad.ac.ir)

**Mojtaba G. Mahmoodlu<sup>2</sup>**

**S. Morteza Seyedian<sup>2</sup>**

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<sub>SC</sub>.

**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<sub>SC</sub>, the physicochemical and biological some parameters were measured. After calculating the IRWQI<sub>SC</sub> values for each station, the changes in the IRWQI<sub>SC</sub> values were investigated along river. Then, the results of IRWQI<sub>SC</sub> 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<sub>SC</sub>. IRWQI<sub>SC</sub> 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<sub>SC</sub> and the rate of discharge so that the value of IRWQI<sub>SC</sub> increases with increasing the rate of discharge.

**Discussion and Conclusion:** The results of this study showed that the average IRWQI<sub>SC</sub> index was better than summer season in spring. Flow changes and IRWQI<sub>SC</sub> index indicate a direct relationship between them, with a slight increase in the rate of fluctuation. Comparison of parameters used in IRWQI<sub>SC</sub> 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<sub>SC</sub> 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)

## مقدمه

منابع آب سطحی در فصول و ماههای مختلف متغیر است و بسته به مکان، نتایج با یکدیگر متفاوت می‌باشد (۱۵-۱۲) رودخانه چهل چای، 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 چهل چای، 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 متغیر 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 چهل چای 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 زیرحوضه بر پارامترهای کیفیت آب متفاوت بوده و مطابق طبقه بندی با شاخص NSFQI، 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<sub>sc</sub> مورد بررسی قرار نگرفته است. از اینرو ابتدا کیفیت آب رودخانه چهل چای با استفاده از شاخص کیفی IRWQI<sub>sc</sub> مورد مطالعه قرار گرفته است و سپس روند تغییرات شاخص در طول رودخانه و در زمان بحث شده و در انتها نتایج حاصل از میزان پارامترها

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). از آنجائی که رودخانه ها به عنوان یکی از منابع مهم تامین کننده 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 درباره 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).

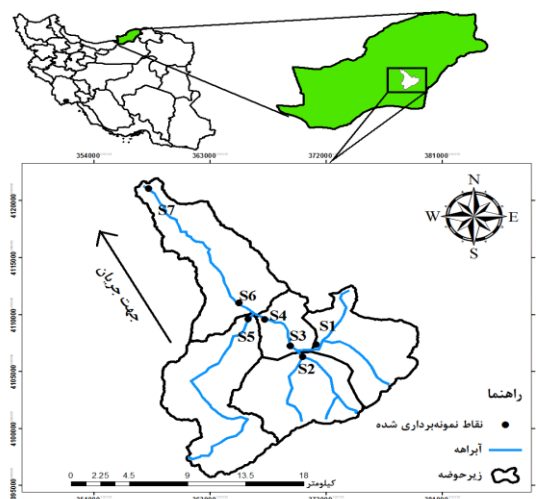
شاخص‌های کیفیت آب ابزاری مناسب و ساده برای تعیین وضعیت و شرایط کیفیت آب هستند که در برنامه‌های پایش برای ارزیابی سلامت اکوسیستم بسیار مفید بوده و می‌تواند به عنوان یک معیار برای ارزیابی موفق و مناسب در استراتژی‌های مدیریتی برای بهبود کیفیت آب استفاده شود (۷). شاخص کیفیت آب‌های سطحی ایران (Iran Water Quality Index for Surface Water Resources-Conventional Parameters: IRWQI<sub>sc</sub>) یک شاخص تلفیقی از NSFQI 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<sub>5</sub> 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 (۹-۱۱). نتایج این مطالعات نشان می‌دهد که کیفیت

گلستان قرار دارد. از شمال به شهر مینودشت، از غرب به ارتفاعات محمد زمان خان و دشت حلقه، از شرق به حوزه آبخیز رودخانه چهل چای و از جنوب به حوزه آبخیز تیل آباد محدود است. رودخانه چهل چای یکی از سرشاخه های اصلی گرگان رود بوده و به لحاظ هیدرولوژیک به پنج زیر حوضه تقسیم می شود (شکل ۱).

با استانداردهای موجود برای شرب و کشاورزی مقاسیه شده است.

### مواد و روشها

حوزه آبخیز چهل چای با مساحتی حدود ۲۵۷۸۳.۲ هکتار و موقعیت جغرافیایی  $30^{\circ}$ ،  $22^{\circ}$ ،  $55^{\circ}$  الی  $30^{\circ}$ ،  $37^{\circ}$ ،  $55^{\circ}$  طول شرقی و  $30^{\circ}$ ،  $57^{\circ}$ ،  $36^{\circ}$  الی  $37^{\circ}$ ،  $15^{\circ}$  عرض شمالی در استان



شکل ۱- منطقه مورد مطالعه و موقعیت ایستگاههای نمونه گیری

Figure 1. Study area and location of sampling stations

نمونه گیری اندازه گیری شد. بعد از انجام نمونه برداری، نمونه ها بلافاصله داخل کلمن حاوی یخ به آزمایشگاه منتقل و میزان پارامترهای فیزیکوشیمیایی و میکروبی باقی مانده نظیر نترات، فسفات، آمونیاک، COD، BOD، سختی کل، کدروت و کلیفرم مدفوعی براساس روش های استاندارد (۱۹) در آزمایشگاه مرکزی دانشگاه گنبد کاووس اندازه گیری شد. میزان جذب پارامترهای فسفات، نترات و آمونیاک با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر به ترتیب در طول موج های ۶۹۰، ۴۱۰ و ۶۴۰ نانومتر اندازه گیری شد. مقدار سختی کل به روش تیتراسیون، کدورت با دستگاه توربیدومتر (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 (مدل آمریکایی) و اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی با دستگاه BOD سنج (مدل آلمانی BD 600) تعیین گردیدند.

انتخاب ایستگاه های نمونه برداری در منطقه مورد مطالعه با توجه به بررسی تغییرات وضعیت زیر حوزه های رودخانه و در نظر گرفتن موقعیت مناطق مسکونی انجام شده است. براین اساس از سمت بالادست تا خروجی رودخانه هفت ایستگاه مطالعاتی انتخاب شد (شکل ۱). به منظور بررسی کیفیت آب رودخانه چهل چای، 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 صورت گرفت. برای نمونه برداری از ظروف با جنس پلی اتیلن شیشه ای استفاده شد (۱۷). به منظور آماده سازی ظروف، از اسیدسولفوریک و میکرومیک جهت اسیدشویی استفاده گردید. ابتدا ظروف با آب معمولی و سپس با آب مقطر شستشو داده شد. سپس ظروف در آون و در دمای  $180^{\circ}$  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

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 می‌شود.

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

$$\gamma = \sum_{i=0}^n W_i \quad (2)$$

که در فرمول  $W_i$  (۲) 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).

شاخص کیفیت آب‌های سطحی ایران ( $IRWQI_{sc}$ ) 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.

#### جدول ۱- پارامترهای شاخص $IRWQI_{sc}$ و وزن آن‌ها (۱۰ و ۲۱)

Table 1.  $IRWQI_{sc}$  index parameters and their weights (10 and 21)

وزن	پارامتر	وزن	پارامتر
۰/۰۹۶	هدایت الکتریکی	۰/۱۴	کلیفرم مدفوعی
۰/۰۹	آمونیم	۰/۱۱۷	BOD <sub>5</sub>
۰/۰۶۳	کدورت	۰/۰۹۳	COD
۰/۰۵۹	سختی کل	۰/۰۵۱	pH
۰/۰۸۷	فسفات	۰/۱۰۸	نیترات
		۰/۰۹۷	اکسیژن محلول

بعد از 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 زمان‌های مختلف انجام شد.

#### جدول ۲- طبقه‌بندی آب‌های سطحی بر اساس شاخص $IRWQI_{sc}$ (۲۱)

Table 2- Surface water classification based on  $IRWQI_{sc}$  index (21)

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

## 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) به دست 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).

در این تحقیق ارتباط بین مقادیر شاخص IRWQI<sub>SC</sub>، دی 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<sub>SC</sub> با استفاده از آنالیز واریانس کورت‌های 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 پیروسون بین داده‌ها و همچنین شاخص از نرم‌افزار SPSS17 استفاده شد.

## جدول ۳- 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

مینیمم	ماکزیمم	میانگین	ایستگاه‌های نمونه‌گیری						پارامتری شاخص IRWQI <sub>SC</sub>	
			هفتم	ششم	پنجم	چهارم	سوم	دوم		اول
۶۵	۴۹۵	۱۹۲	۴۹۵	۱۴۳/۵	۲۱۳/۵	۱۲۷	۱۹۴	۱۰۸	۶۵	(RLU) کلیفرم مدفوعی
۰/۷	۱/۸	۱/۱۷	۱/۸	۱/۴۵	۱/۳	۱/۲	۰/۹	۰/۷	۰/۸۵	BOD <sub>5</sub> (mg/L)
۱/۷	۳/۹	۲/۵۹	۳/۹	۳/۱	۲/۸	۲/۶	۲/۱	۱/۷	۱/۸	COD(mg/L)
۸/۴	۸/۵۵	۸/۴۶	۸/۵	۸/۵۵	۸/۵۵	۸/۴۵	۸/۵۵	۸/۴	۸/۴۵	pH
۰/۳۰۱	۰/۷۰۷	۰/۴۹۶	۰/۵۵۹	۰/۵۳۳	۰/۳۰۱	۰/۴۶۰	۰/۵۷۸	۰/۷۰۷	۰/۳۴	NO <sub>3</sub> (mg/L)
۸/۶۵	۹/۲۵	۹/۰۳	۹/۳	۸/۹۵	۸/۸۵	۹/۱۵	۹/۱	۸/۶۵	۹/۲۵	DO(mg/L)
۴۲۷/۲	۱۰۸۷/۳۵	۷۹۷/۶۶	۷۴۶/۶۵	۱۰۱۱/۳۵	۴۲۷/۲	۱۰۸۷/۳۵	۷۳۶/۷	۹۷۲/۸۵	۶۰۱/۶۵	EC(μs/cm <sup>2</sup> )
۰/۰۰۶	۰/۰۲۳	۰/۰۱۳	۰/۰۲۳	۰/۰۱۴	۰/۰۱۱	۰/۰۱۳	۰/۰۱۱	۰/۰۱۳	۰/۰۰۶	NH <sub>3</sub> (mg/L)
۱۴/۸	۹۱/۴۵	۳۲/۸۶	۴۰/۰۵	۱۹/۳۵	۱۷/۳	۱۸/۷۵	۲۹/۸	۹۱/۴۵	۱۴/۸	کدورت(NTU)
۲۶۵/۲	۳۵۵/۱	۳۰۸/۵	۲۹۳/۵	۳۴۰/۹	۲۶۵/۲	۳۵۵/۱	۲۹۹/۴	۳۳۲/۸	۲۷۷/۹	TH(mgCaCO <sub>3</sub> /L)
۰/۰۱۹	۰/۱۴۱	۰/۰۹۶	۰/۱۴۱	۰/۱۰۴	۰/۰۷۹	۰/۱۱۳	۰/۰۹۵	۰/۱۲۴	۰/۰۱۹	PO <sub>4</sub> (mg/L)

TH: سختی کل COD: اکسیژن مورد نیاز شیمیایی BOD<sub>5</sub>: اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی

همبستگی پیروسون استفاده شد. نتایج حاصل از این بررسی در جدول ۴ ارائه شده است.

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<sub>SC</sub> از ضریب ماتریس

جدول ۴- ماتریس همبستگی بین پارامترهای کیفی آب و شاخص IRWQI<sub>sc</sub> در مراحل نمونه برداری در رودخانه چهل چای

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 <sub>5</sub>	FC	WQI
NO <sub>3</sub>	۱									
NH <sub>3</sub>	۰/۱۶۱	۱								
PO <sub>4</sub>	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 <sub>5</sub>	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

\*\* معنی دار در سطح ۱٪، \* معنی دار در سطح ۵٪، FC:

#### کلیفرم مدفوعی

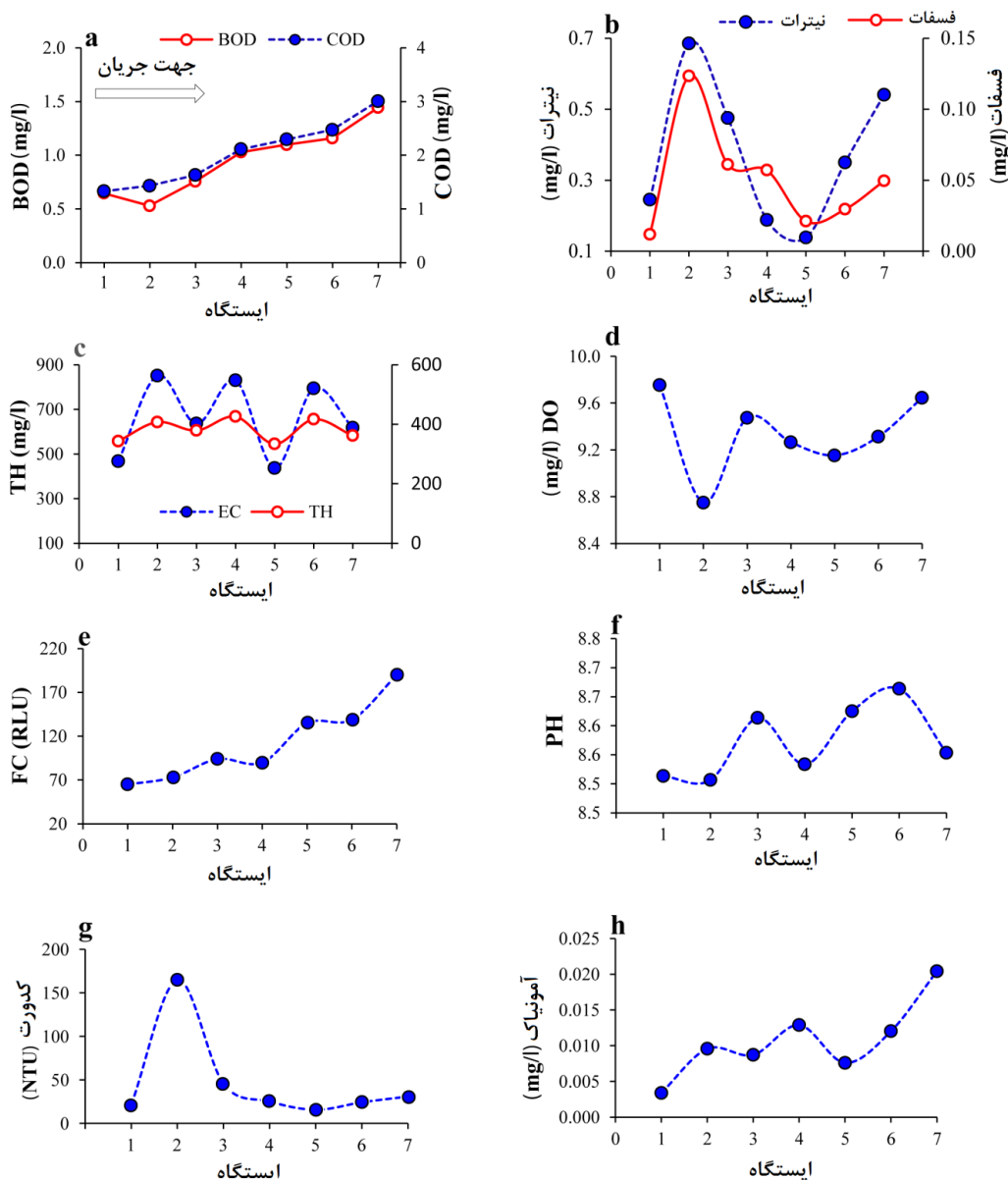
شکل (۲) روند تغییرات پارامترهای کیفی (مورد استفاده در شاخص IRWQI<sub>sc</sub>) آب رودخانه چهل چای در ایستگاههای مطالعه شده در فصل بهار را نشان می دهد. براین اساس تغییرات بین BOD<sub>5</sub> و COD در جهت جریان شباهت زیادی با یکدیگر دارد شکل (۲a) این تغییرات باتوجه به همبستگی بالایی بین این دو پارامتر (۰/۹۶۶) بدیهی بنظر می رسد. این شباهت را می توان 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<sub>5</sub> 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 نمی رسد (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 فرسایش پذیر نظیر مارن دلیل اصلی افزایش مواد معلق و در نتیجه میزان کدوت در این

با توجه به جدول ۳، بیشترین میزان همبستگی مثبت بین پارامترهای BOD<sub>5</sub> و COD و بیشترین میزان همبستگی منفی بین شاخص کیفیت آب مورد مطالعه و COD مشاهده شده است. همبستگی مثبت COD و BOD<sub>5</sub> نشان دهنده افزایش مقدار عددی هر دو پارامتر در آب است چون بین COD و BOD<sub>5</sub> رابطه مستقیم وجود دارد. در مقابل همبستگی منفی بین شاخص کیفیت آب و COD نشان دهنده این است که با کاهش میزان COD، شاخص کیفیت آب افزایش پیدا می کند. همچنین بین شاخص کیفیت آب و اکسیژن محلول از لحاظ آماری رابطه معنی دار مثبت وجود دارد. بدین معنی است که با افزایش اکسیژن محلول، شاخص نیز افزایش می یابد و کیفیت آب در وضعیت بهتری قرار می گیرد. اکسیژن محلول با تمامی فاکتورها همبستگی معکوس داشته است به غیر از اسیدیته و آمونیاک که از لحاظ آماری ارتباط معنی داری بین آنها وجود ندارد. همچنین رابطه بین پارامترهای دیگر با شاخص از نوع معنی دار منفی می باشد. این نیز بدین معنی است که با افزایش میزان پارامترهای کیفی آب، شاخص در وضعیت بد قرار می گیرد.

ملاحظه‌ای داشته است (شکل e ۲). اگرچه تغییرات pH یک روند خاص نشان نمی‌باشد اما محدوده

ایستگاه می‌باشد. 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



شکل ۵- 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

مطالعه محاسبه گردید (جدول ۵). برای این اساس میزان شاخص  $IRWQI_{sc}$  در فصل بهار با میانگین  $70/30$  بهتر از فصل تابستان با میانگین  $66/12$  بوده است (جدول ۵). بطور کلی میزان شاخص از بالادست جریان به سمت پایین دست در حال کم شدن است (شکل ۳). باتوجه به افزایش میزان برخی از

تغییرات آن بسیار ناچیز می‌باشد (شکل ۲f). 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



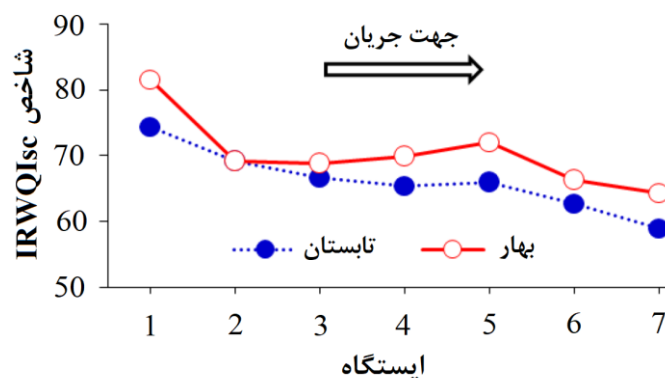
آن تا ایستگاه ۵ تغییرات تقریباً یکنواخت و تا حدودی رو به بهبود می‌باشد. اما از ایستگاه ۵ به بعد مجدداً میزان شاخص کاهش می‌یابد.

پارامترها نظیر  $BOD_5$ ، COD، کلیفرم مدفوعی، کدورت، آمونیاک این کاهش بدهی است. همچنین بیشترین تغییر در ایستگاه شماره ۲ بوده است. این امر بدلیل ورود پسابهای کشاورزی و فاضلاب‌های روستایی به داخل رودخانه است. بعد از

جدول ۵- مقدار شاخص  $IRWQI_{sc}$  رودخانه چهل چای در ایستگاه‌های نمونه‌برداری در دو فصل بهار و تابستان ۱۳۹۶

Table 5. The amount of  $IRWQI_{sc}$  index for Chehelchay River in sampling stations for two seasons, spring and summer 2017

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



شکل ۳- تغییرات شاخص  $IRWQI_{sc}$  در ایستگاه‌های مورد مطالعه

Figure 3- Changes in the  $IRWQI_{sc}$  index in the studied stations

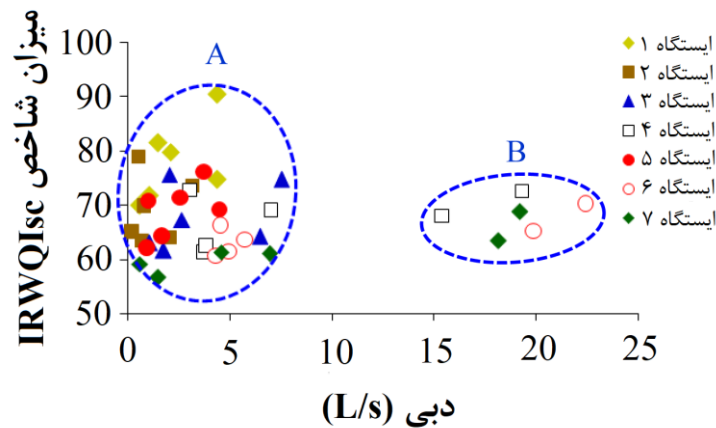
به ایستگاه‌های ۱، ۲، ۳ و ۵ می‌باشد یک رابطه مستقیم بین دبی و شاخص  $IRWQI_{sc}$  وجود دارد بطوریکه با افزایش میزان جزئی دبی میزان شاخص نیز افزایش می‌یابد. ناحیه دوم (B) مربوط به ایستگاه‌های پایین

شکل (۴) نمودار تغییرات دبی و شاخص کیفیت آب‌های سطحی ایران ( $IRWQI_{sc}$ ) را نشان می‌دهد. براین اساس تجمع نقاط در دو ناحیه می‌باشد. در ناحیه اول (A) که مربوط

شده است. براساس میانگین شاخص در تمامی زمان‌های نمونه‌برداری رودخانه از لحاظ کیفی در دسته آب‌هایی با کیفیت نسبتاً خوب قرار گرفته است. از دلایل قرارگیری رودخانه چهل‌چای در کلاس نسبتاً خوب کیفیت آب می‌توان به تأثیر پارامترهای کلیفرم، کدورت و pH اشاره نمود.

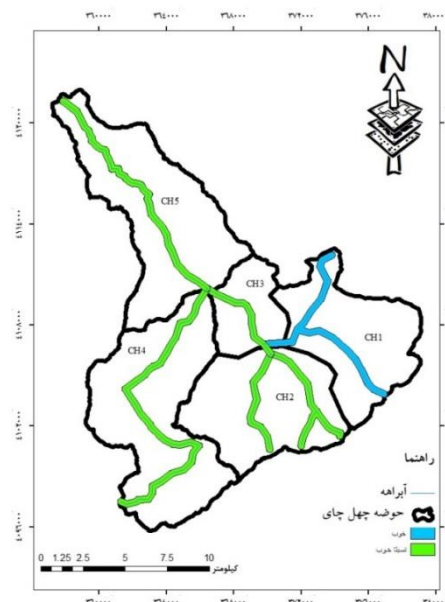
دست می‌باشد. تنها ۱۷ درصد از نمونه‌ها در این ناحیه قرار گرفته‌اند و این نمونه‌ها مربوط به فصول پر باران می‌باشند. از اینرو در فصول پر باران در ایستگاهها مذکور با افزایش دبی تغییرات شاخص جزئی می‌باشد.

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



شکل ۴- 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 حوضه)

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

کمتر از میزان استاندارد 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 داده اند. بطور کلی پارامترهای فراوانی در تعیین کیفیت آب برای شرب و کشاورزی نقش دارند ولی باتوجه به پارامترهای اندازه گیری شده در این تحقیق و استانداردهای شرب و کشاورزی، آب رودخانه چهل چای از نظر این استانداردها تنها برای کشاورزی مناسب می باشد و نمی تواند در بخش شرب مورد استفاده قرار گیرد. از اینرو شاخص IRWQI<sub>SC</sub> نمی تواند معیار مناسبی طبقه بندی آب برای شرب باشد.

شاخص IRWQI<sub>SC</sub> در ابتدای رودخانه چهل چای (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 چهل چای مورد استفاده برای محاسبه شاخص IRWQI<sub>SC</sub> 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<sub>5</sub>، pH، نیترات، هدایت الکتریکی، آمونیاک و سختی کل در حد استاندارد آب شرب (WHO) می باشند و پارامترهای کلیفرم مدفوعی و کدورت بالاتر از حد استانداردهای آب شرب می باشند. گرچه بیشتر پارامترهای کیفی آب رودخانه چهل چای 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 چهل چای

جدول ۶- مقایسه پارامترهای کیفیت آب با استانداردهای آب شرب سازمان بهداشت جهانی (WHO) و سازمان خواربار و

#### کشاورزی ملل متحد (FAO) در رودخانه چهل چای

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

مقایسه پارامتر کیفی با استاندارد FAO	مقایسه پارامتر کیفی با استاندارد WHO	استاندارد	استاندارد	میانگین	پارامتر
		FAO	WHO		
		حداکثر مجاز	حداکثر مجاز		
در حد استاندارد آب کشاورزی	بالاتر از استاندارد آب شرب	-	۰	۱۹۲	کلیفرم مدفوعی (RLU)
-	در حد استاندارد آب شرب	-	۵	۱/۵۷	BOD(mg/l)
در حد استاندارد آب کشاورزی	در حد استاندارد آب شرب	-	۶/۵ - ۸/۵	۸/۴۶	pH
-	در حد استاندارد آب شرب	-	۵۰	۰/۴۹۶	NO <sub>3</sub> (mg/l)
در حد استاندارد آب کشاورزی	در حد استاندارد آب شرب	حداقل ۷۰۰	-	۷۹۷/۶۶	EC (μs/cm <sup>2</sup> )
-	در حد استاندارد آب شرب	-	۰/۰۵	۰/۰۱۳	NH <sub>3</sub> (mg/l)
در حد استاندارد آب کشاورزی	بالاتر از استاندارد آب شرب	-	۵	۳۲/۸۶	کدورت (NTU)
-	در حد استاندارد آب شرب	-	۵۰۰	۳۰۸/۵	TH(mgCaCo <sub>3</sub> /l)

بحث و نتیجه گیری

چشمگیری داشته‌است. اگرچه در حدود ۱۷ درصد از نمونه‌ها با افزایش میزان دبی تغییرات شاخص جزئی می‌باشد. ضمناً نتایج نشان داد 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 می‌باشد 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, Microbiological Quality Trend of Drinking Water in Rural Areas of Kermanshah during 2004-2013, J Environ Health Eng; 4(1): 70-81. (In Persian)
3. Wang Q, Wu X, Zhao B, et al, 2015, Combined multivariate statistical techniques, Water Pollution Index (WPI) and Daniel trend test methods to evaluate temporal and spatial variations and trends of water quality at Shanchong River in the Northwest Basin of Lake Fuxian, China. Plos One; 10(4):117.

ارزیابی و شناخت کیفیت آب رودخانه‌ها با استفاده از طبقه‌بندی  $IRWQI_{SC}$  این امکان را فراهم 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 نترات 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 می‌یابد ولی هرگز به میزان  $DO$  در ایستگاه اول نمی‌رسد. فعالیت‌های آبی پروری نظیر حوضچه‌های پرورش ماهی سبب مصرف این پارامتر و کاهش شدید  $DO$  در ایستگاه شماره ۲ شده‌است. بررسی‌های صحرائی 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 می‌رود با ورود فاضلابهای کشاورزی و در برخی از موارد روستایی و همچنین فعالیت‌های تفریحی میزان کلیفرم مدفوعی در جهت جریان افزایش قابل ملاحظه‌ای داشته‌است. 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 می‌باشد.

نتایج این تحقیق نشان داد که متوسط میزان شاخص  $IRWQI_{SC}$  در فصل بهار (با میزان  $70/30$ ) بهتر از فصل تابستان (با میزان  $66/12$ ) بوده‌است. همچنین میزان عددی شاخص کیفیت آب از بالادست جریان به سمت پایین دست در حال کم شدن است. بررسی نمودار تغییرات دبی و شاخص  $IRWQI_{SC}$  نشان داد 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

- spatial and temporal trends of water quality in the Dongjiang River. *Ecol Indic*; 66: 306–12.
12. Halaghi M, 2011, Use of Different Water Quality Indexes for Purification 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 Indic*; 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
  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 Engineering 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

21. Heshmatpoor, A., Mohammadi, A., Ghare Mahmoodloo, 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.
  19. APHA, AWWA, EWF, 2008, Standard methods for the examination of water and wastewater, USA.
  20. World Health Organization (WHO), 2004, Guidelines for Drinking – Water Quality, 3<sup>rd</sup> edition. World Health Organization (WHO), Geneva.
- in Lazorah hydrometric station, The first regional conference of underground water of Islamic Azad University. (In Persian)