علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و سوم، شماره دو، اردیبهشت ماه ۱۴۰۰

الگوی توزیع مکانی کیفیت آب رودخانه پیرغار با استفاده از شاخص کیفیت آب - (NSFWQI) و سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)

رسول زمانی احمد محمودی [۱*]
rasoolzamani@yahoo.com
فاطمه قائدامینی [۲]
مریم نجفی [۳]

تاریخ دریافت: ۹۵/۸/۵ **تاریخ پذیرش: ۹۶/۵/۴**

چکیده

زمینه و هدف: با توجه به اهمیت رودخانه پیرغار و همچنین تخلیه آلاینده‌های مختلف به آن، بررسی کیفی آب رودخانه پیرغار لازم و ضروری به‌نظر می‌رسد. از طرفی پهنه‌بندی آلودگی و ارایه تصویر صحیح از وضعیت کیفی آب های سطحی توسط سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) باعث می‌گردد تا هر گونه تصمیم‌گیری مدیریتی که اثرات محیط زیستی آن به صورت مستقیم یا غیرمستقیم متوجه آب‌های سطحی کشور باشد، با آگاهی بیش‌تری اتخاذ گردد.

روش بررسی: به همین منظور نمونه‌های آب از ۵ ایستگاه در طول مسیر رودخانه در بهمن ماه ۹۴ برداشت شد و پارامترهای کیفی آب شامل:pH، کدورت، دما، DO، BOD، TS، نیترات، فسفات و کلی‌فرم مدفوعی مورد آزمایش قرار گرفت. نمونه‌برداری، آماده‌سازی و آنالیز نمونه‌ها، طبق روش استاندارد متد انجام پذیرفت. داده‌های حاصل با استانداردهای جهانی مقایسه شد و بر اساس شاخص NSFWQI مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و سپس مسیر رودخانه با استفاده از نرم‌افزار GIS پهنه‌بندی گردید.

یافته‌ها: براساس نتایج شاخص NSFWQI کیفیت آب رودخانه پیرغار در همه ایستگاه‌ها در وضعیت‌های متوسط تا خوب قرار دارد. در بهترین وضعیت، شاخص کیفی NSFWQI مربوط به ایستگاه اول با عدد ۷۸ بوده و پایین‌ترین مقدار مربوط به ایستگاه پنجم با شاخص-کیفی ۶۶ می‌باشد. درنتیجه، آلودگی از ایستگاه ۱ به سمت ایستگاه‌های بعدی بیش‌تر شده و کیفیت آب کاسته شده است.

بحث و نتیجه‌گیری: در نتیجه جهت مدیریت اصولی آب این رودخانه باید تمهیداتی اندیشیده شود و برنامه پایش کیفی آب در آن استمرار یابد.

واژه‌های کلیدی: استان چهارمحال وبختیاری، رودخانه پیرغار، GIS، NSFWQI .

۱- دانشیار گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران. * (مسول مکاتبات)
۲- کارشناسی ارشد بوم‌شناسی آبزیان، گروه شیلات و محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران
۳- کارشناسی مهندسی بهداشت محیط، شرکت آب و فاضلاب استان چهارمحال و بختیاری، ایران.

J. Env. Sci. Tech., Vol 23, No. 2, May, 2021

Spatial Distribution Pattern of Water Quality of Pireghar River with Using Water Quality Index (WQI) and Geographic Information System (GIS)

Rasool Zamani-Ahmadmahmoodi [1]*
rasoolzamani@yahoo.com
Fatemeh Ghaedamini [2]
Maryam Najafi[3]

Admission Date:July 26, 2017 Date Received: October 26, 2016

Abstract

Background and Objective: Due to the importance of Pireghar River and discharging of various pollutants in this river, investigation of quality of Pireghar River seems to be necessary. On the other hand, the pollution zoning and give a correct image about quality status of surface water by geographic information system (GIS) to make any management decision with more awareness.

Method: Water samples from 5 station along the river was collected on February 2015, and water quality parameters namely pH, turbidity, temperature, TS, BOD, DO, nitrate, phosphate, and coliforms was examined. Sampling, preparation and analysis of samples was done according to the standard methods. The resulting data was compared with world standards and then analyzed using NSFWQI index and finally path of river was zoned using GIS.

Findings: Based on NSFWQI index Pireghar river water quality was fluctuated between good and medium status at all stations. The highest NSFWQI quality index was related to the first station with quality index of 78 and lowest value was related to the fifth station with quality index of 66. As a result, pollution was increased from the first station to the next stations, and water quality has decreased.

Discussion and Conclusion: In conclusion, for regular management of the river`s water some legislation should be determined and its monitoring program should be continued.

Keywords: Chaharmahal & Bakhtiari Province, Pireghar River, GIS, NSFWQI.

1- Associate Professor, Environmental Sciences Department, Faculty of Natural Resources and Earth Science, Shahrekord University, Shahrekord, Iran *(Corresponding Authors)
2 - M.Sc., Aquatic Ecology, Department of Fisheries and Environmental Sciences, Faculty of Natural Resources and Earth Science, Shahrekord, Iran
3- B.Sc., Environmental Health Engineering, Water and Waste Water Company of Expert of Chaharmahal & Bakhtiari Province, Iran

مقدمه

آب برای زندگی و همه فعالیت‌های انسان حیاتی است و دسترسی به آب سالم، کافی و با کیفیت مناسب از بارزترین شرایط دست‌یابی به توسعه‌پایدار است (۱). رشد جمعیت و افزایش فعالیت‌های انسانی در حوضه آبریز رودخانه‌ها، تخلیه فاضلاب‌های خانگی و صنعتی، فعالیت‌های‌کشاورزی، رواناب و شیرابه محل‌های دفع زباله باعث کاهش کیفیت آب این منابع شده است (۲). یک درک عمیق از نقش عوامل کیفی آب می-تواند در توسعه یک استراتژی مدیریت حوضه آبریز موثر باشد و برای حفاظت از منابع آب با ارزش کمک کند (۳). تعیین مقادیر پارامترهای‌کیفی آب، به منظور تمایز بین غلظت طبیعی و غیر طبیعی، لازم و ضروری است (۴). برای تحلیل و تفسیر کیفیت آب می‌توان از یک‌روش ساده و دور از پیچیدگی آماری که در مدیریت کیفی آب رودخانه به عنوان یک ابزار مدیریتی قوی است به نام شاخص کیفی آب استفاده نمود. ارزیابی و شناخت کیفیت آب رودخانه‌ها با استفاده از طبقه‌بندی شاخص کیفیت آب NSFWQ سبب ارایه نتایج دقیق‌تر و پیش‌بینی-های سریع‌تر می‌گردد و این امکان را فراهم می‌نماید که با بیانی ساده بتوان کیفیت آب رودخانه را در ایستگاه‌های مختلف ارایه و طبقه‌بندی نمود (۵و۶). شاخص‌ها با ساده‌سازی و کاهش اطلاعات خام اولیه علاوه بر بیان کیفیت آب، روند تغییرات کیفی آب را در مکان و زمان نشان می‌دهند (۷). در این روش اطلاعات حاصل از اندازه‌گیری‌های کیفی آب به یک عدد منفرد و بدون بعد تبدیل می‌شود که در یک‌مقیاس درجه-بندی شده مفهوم و تفسیر کیفی تعریف شده‌ای دارد (۸). شاخص کیفیت، یک عدد بدون واحد است که میزان کیفیت مربوط به اجماع یک‌سری از پارامترهای اندازه‌گیری شده را بیان می‌کند. از بین آن ها شاخص کیفیت سازمان بهداشت ملی آمریکا NSFWQI که مخفف National Sanitation Foundation Water Quality Index است، در سال ۱۹۷۰با حمایت بنیاد بهداشت ملی آمریکا توسط براون Brown و همکارانش ارایه گردید، یکی از ساده‌ترین و پرکاربردترین روش‌ها برای ارزیابی کیفیت آب می‌باشد (۹). استفاده از این شاخص توسط سازمان حفاظت محیط زیست ایران نیز پیشنهاد شده است (۱۰). این شاخص با استفاده از ۹ پارامتر کیفی آب شامل: اکسیژن محلول (DO[1])، کلیفرم مدفوعی[2]، PH، اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی(BOD_5[3]) ، نیترات (NO_3^-)، فسفات ($PO4^{-3}$)، تغییرات دما، کدورت و کل مواد جامد آب (TS[4]) محاسبه می‌شود (۱۰،۱۱و۱۲). از طرفی پهنه‌بندی کیفیت آب رودخانه اولین و مهم‌ترین مرحله در-مدیریت کیفیت می‌باشد زیرا دید تحلیل‌گر را نسبت به روند و چگونگی تغییرات آلودگی نسبت به زمان، مکان و شرایط خاص روشن می‌سازد. مطالعات کیفی و پهنه‌بندی آب بر اساس شاخص‌های استاندارد کیفی آب نه تنها وضعیت کیفی آب رودخانه را در حال حاضر مشخص می‌سازد بلکه به توسعه پایدار و افزایش بهره‌وری از این رودخانه مهم کمک می‌کند (۱۳). درمطالعه فدایی و همکاران که بر روی رودخانه دز درجنوب غربی ایران صورت گرفت به کاربرد هم‌زمان GIS و نظام شاخص کیفیت آب به عنوان یک ابزار مدیریتی مبادرت ورزیدند. در این بررسی، ۶ ایستگاه جهت نمونه‌برداری انتخاب گردید که نتایج به دست آمده حاکی از آن بود که دامنه شاخص کیفیت سالانه در ایستگاه‌های مختلف در محدوده ۶۴ تا ۷۵ متغیر بوده است. طبق این مطالعه، بیش‌ترین مقدار شاخص کیفیت مربوط به ایستگاه بالادست و کم‌ترین ایستگاه مربوط به پایین‌دست رودخانه حاصل شده است (۱۴). Kazuyuki و همکاران، Enrique و همکاران برای طبقه-بندی کیفی رودخانه‌های مختلف از شاخص NSFWQI استفاده نمودند که نتایج آن‌ها کارایی این روش را نشان داد (۱۵و ۱۶). با توجه به اهمیت این موضوع تحقیقات مختلفی در سطح داخلی و خارجی صورت گرفته است. در رودخانه‌های ماکوکو و کیوکسادا (برزیل) شاخص NSFWQI موردبررسی قرار گرفت. در این مطالعه پارامترهای مختلف کیفی آب تجزیه

1- Dissolved oxygen
2- Fecal Coliform
3- Biological Oxygen Demand
4- Total solids

و تحلیل شدند و نتایج نشان داد که شاخص فوق جهت پهنه-بندی مناسب می‌باشد (۱۷). میرزایی و همکاران (۱۳۸۴) به بررسی وضعیت کیفی آب رودخانه جاجرود با استفاده از شاخص NSFWQI در سه فصل تابستان، پاییز و زمستان ۱۳۸۱ به منظور پهنه‌بندی کیفیت آب رودخانه پرداختند (۱۸). همچنین نعمتی و همکاران (۱۳۸۶) برای ارزیابی کیفیت آب رودخانه زاینده‌رود از شاخص کیفیت NSFWQI استفاده کردند. در این مطالعه محققان میانگین فصلی این شاخص را برای ارزیابی ایستگاه‌های موردمطالعه محاسبه کردند و بر این اساس کیفیت آب را در طبقه متوسط قرار دادند (۱۹). Pote و همکاران (۲۰۱۲) در تحقیقی که بر روی کیفیت آب رودخانه Godavaeiانجام دادند به این نتیجه رسیدند که مقدار شاخص NSFWQI در ایستگاه‌های مختلف این رودخانه نشان‌دهنده کیفیت بد و متوسط می‌باشد و بیش‌ترین بار آلودگی ناشی از پساب‌های صنعتی و خانگی بود (۲۰).

تخلیه فاضلاب‌های شهری، صنعتی و کشاورزی به رودخانه‌ی پیرغار، تهدیدی جدی برای سلامت مصرف‌کنندگان آب آن می‌باشد. لازم به ذکر است روستای ده‌چشمه، روستای گوشه و شهر جونقان که در مسیر رودخانه قرار دارد فاقد شبکه جمع-آوری فاضلاب بوده و در برخی نقاط فاضلاب‌های خانگی مستقیماً به رودخانه تخلیه می‌شوند که کیفیت آب این رودخانه را با خطر جدی رو به رو می‌سازد. به همین لحاظ پایش و کنترل آلاینده‌های ورودی به این رودخانه جهت کنترل و حفظ کیفیت آب آن امری لازم و ضروری به نظر می‌رسد. هدف از این مطالعه بررسی کیفی وضعیت فیزیکی، شیمیایی و میکروبی رودخانه پیرغار با استفاده از شاخص کیفیت آب NSFWQI و پهنه‌بندی مسیر رودخانه با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی(GIS) می‌باشد.

روش بررسی

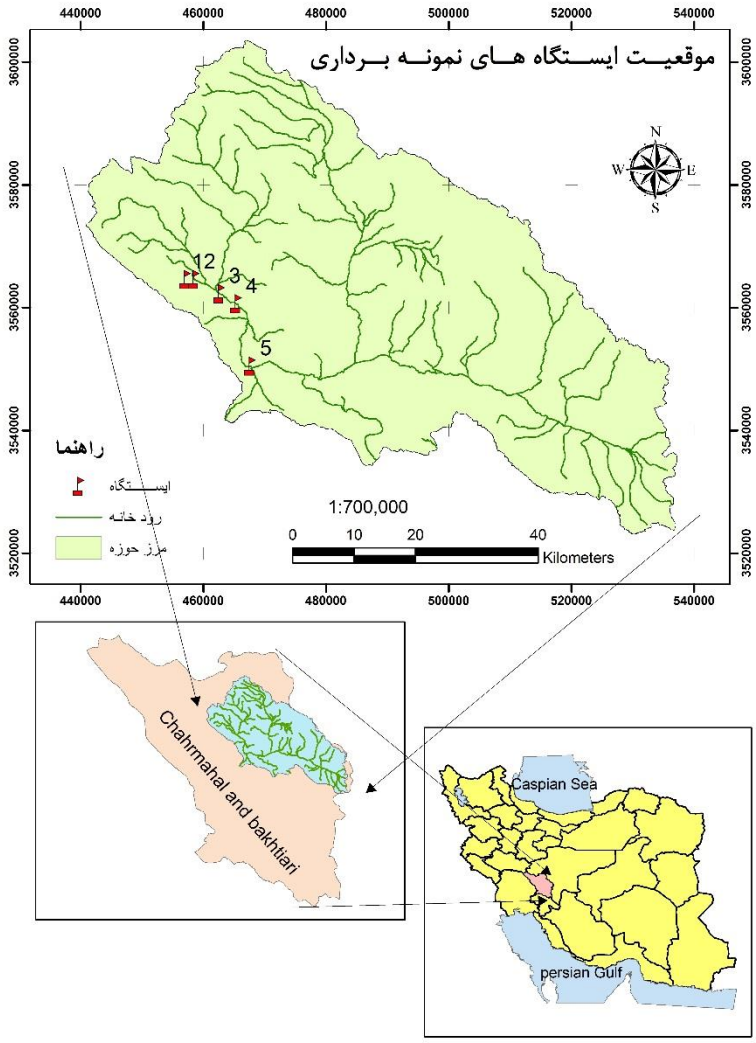
منطقه موردمطالعه رودخانه پیرغار است که در نزدیکی روستای ده‌چشمه از توابع، بخش مرکزی شهرستان فارسان در ۳۹ کیلومتری جنوب غربی شهرکرد مرکز استان چهارمحال‌و بختیاری واقع شده است (شکل۱). روستای ده‌چشمه در مختصات جغرافیایی۵۰/۳۳ درجه طول‌جغرافیایی و ۳۳/۱۳ درجه عرض جغرافیایی و در ارتفاع ۲۰۰۰متری سطح دریا قرار دارد و اقلیم این منطقه مدیترانه‌ای است (۲۱). نمونه‌برداری در بهمن ماه سال ۹۴ از ۵ نقطه رودخانه پیرغار (حدفاصل ده چشمه تا آب پیرغار) به طول ۲۴ کیلومتر انجام شد که این مکان‌ها به‌طور دقیق بر روی نقشه با استفاده از نرم‌افزار اطلاعات جغرافیایی (ArcGIS) مشخص گردید که در شکل ۱ نشان داده شده است. برای دسترسی به محدوده جغرافیایی این نقاط از موقعیت‌یاب GPS (Global Positioning System) استفاده شد که در جدول ۱ موقعیتUTM این نقاط مشخص شده و توضیحات مربوط به هر ایستگاه نیز ذکر گردیده است (۲۲).

جدول۱- موقعیت جغرافیایی ایستگاه های نمونه برداری

Table 1. Geographical position of sampling stations

شماره ایستگاه	نام ایستگاه	موقعیت جغرافیایی(UTM)
۱	چشمه پیرغار فارسان	x = ۴۵۷۰۷۵ y=۳۵۶۴۶۱۱
۲	(روستای ده چشمه)	x = ۴۵۸۴۸۵ y = ۳۵۶۴۵۹۹
۳	پل قبل از روستای گوشه	x= ۴۶۲۶۱۳ y= ۳۵۶۲۲۹۳
۴	بعد از روستای گوشه	x= ۴۶۵۳۵۴

		y= ۳۵۶۰۶۲۹
۵	بعد از جونقان (آب پیرغار)	x= ۴۶۷۶۵۱ y= ۳۵۵۰۴۹۲



شکل۱-موقعیت جغرافیایی استان چهارمحال و بختیاری، شهرستان فارسان و موقعیت مکانی ایستگاه های نمونه برداری

Figure 1. Geographical position of Chaharmahal & Bakhtiari Province, Farsan County, and spatial position of sampling station

نمونه‌برداری آب جهت انجام آزمایش‌های فیزیکی، شیمیایی و میکروبی آب در هر ایستگاه پس از ۳ بار شستشوی ظروف نمونه‌گیری پلی اتیلنی با آب رودخانه که از قبل استریل شده بودند انجام شد. در ادامه نمونه‌ها در یخ و در شرایط استاندارد به آزمایشگاه منتقل شد. استریل‌نمودن ظروف، نمونه‌برداری، حمل و نقل و نگه‌داری آن‌ها در آزمایشگاه طبق دستورالعمل ۱۰۶۰موجود در استاندارد متد انجام گرفت (۲۳و۲۴). از بین پارامترهای فیزیکوشیمیایی تعداد ۹پارامتر شامل درجه حرارت، pH، کدورت، اکسیژن‌خواهی بیوشیمیایی، درصد اکسیژن محلول، نیترات، فسفات و کل مواد جامد اندازه‌گیری شد.

همچنین پارامتر میکروبی کلی‌فرم مدفوعی طبق دستورالعمل استاندارد متد موردبررسی قرار گرفتند (۲۳). روش آزمایش مورد استفاده در جدول ۲ ارایه گردیده است (۲۳). جهت رسم نمودار از نرم‌افزار Excel استفاده شد و برای پهنه‌بندی طبقه-ی کیفی شاخص NSFWQI ازسامانه اطلاعات جغرافیایی - (GIS) بهره‌گیری شد.

جدول۲- پارامترهای فیزیکی و شیمیایی اندازه گیری شده بر حسب روش آزمایش

Table 2. Measured physicochemical parameters based on experiment method

ردیف	پارامتر	روش آزمایش مطابق استاندارد متد	دقت و حد تشخیص
۱	درجه حرارت	دستگاه ترمومتر دیجیتال	^{o}C۰/۱
۲	pH	دستگاه پرتابل HACH مدل HQ40d	۰/۰۱
۳	اکسیژن محلول	دستگاه پرتابل HACH مدل HQ40d	ppm۰/۰۱
۴	اکسیژن‌خواهی بیوشیمیایی	5210 B. 5-Day BOD Test	ppm۰/۰۱
۵	فسفات آلی	4500-P-E	ppm۰/۰۱
۶	نیترات	4500-NO3 – B. Ultraviolet Spectrophotometric Screening Method	ppm۰/۱
۷	کدورت	دستگاه پرتابل HACH مدل HQ40d	NTU۰/۱
۸	کل ذرات جامد	Total Solids Dried at 103-105°C	ppm۰/۰۱
۹	کلی‌فرم مدفوعی	تخمیر چندلوله‌ای به روش MPN	MPN/100ml

روش مورد استفاده برای محاسبه شاخص NSFWQI به این صورت است که با استفاده از منحنی‌های معیار مناسبی که برای هر یک از ۹پارامتر وجود دارد زیر شاخص آن پارامتر را استخراج کرده و به همراه وزن هر پارامترکه بیشترین وزن‌دهی مربوط به pH در آب (۰/۱۷واحد) و کم‌ترین وزن مربوط به غلظت کلی‌فرم مدفوعی (۰/۷) و با استفاده از رابطه ۱، شاخص کیفیت آب در هر ایستگاه محاسبه شد.

رابطه ۱: فرمول محاسبه شاخصNSFWQI

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

Ii: زیر شاخص i ام و wi: ضریب وزنی زیر شاخص i ام می-باشد و n تعداد پارامترها (n=9) .

براساس مقدار عددی به دست آمده از شاخص NSFWQI ، کیفیت آب طبقه‌بندی می‌شود.

یافته‌ها

نتایج حاصل از انجام آزمایش‌ها و مقایسه میانگین نتایج با استانداردهای مختلف در جدول ۳ ارایه گردیده است.

جدول۳- میانگین مقادیر پارامترهای اندازه‌گیری شده و مقایسه نتایج با استانداردهای مختلف (۲۵،۲۶و۲۷)

Table 3. Mean values of measured parameters and comparison of results with various standards (25, 26, 27)

نام پارامترهای اندازه گیری شده	میانگین مقدار پارامتر کیفی اندازه‌گیری شده	حداکثر استاندارد WHO	حداکثر استاندارد EPA	حداکثر استاندارد آبزیان CCME	واحد اندازه گیری
PH	۸/۲۱	۸/۵-۶/۵	۸/۵	۹-۶/۵	-
Temperature	۱۰/۴۲	۳۲/۳-۲۶/۳	-	-	^0C
$PO4^{-3}$	۰/۰۵	۰/۰۵	-	-	mg/L
NO_3^-	۹/۸۲	۵۰	۱۰	۱۳	mg/L
DO(%)	۱۰۳/۸۲	۵۰	-	۵۵	٪ mg/L
BOD	۲/۴۶	۵	۲	-	mg/L
TS	۲۸۸/۷۶	۱۰۰۰	-	-	mg/L
Turbidity	۶/۲۶	۵	۵	۵	NTU
Fecal Coliform	۸/۴۴	۰	۰	۰	MPN/100ML

مقدار عددی شاخص NSFWQI و فاکتور وزنی Quality Indexانتخاب شده هر پارامتر در جدول ۴ ارایه گردیده است (۱۰).

جدول ۴- پارامترهای کیفی آب در ۵ ایستگاه، فاکتور وزنی Quality Index انتخاب شده هر پارامتر جهت محاسبه شاخص NSFWQI در ایستگاه‌های نمونه‌برداری، واحد اندازه‌گیری پارامترها و میزان شاخص کیفیت آب NSFWQI در هر ایستگاه (۱۰)

Table 4.Water quality parameters in 5 stations, weighted factor of selected Quality Index of each parameters in order to calculation of NSFWQI index in sampling stations, unit of measurement of parameters and level of NSFWQI water quality index in each station (10)

پارامترهای کیفی آب	ایستگاه۱	ایستگاه۲	ایستگاه۳	ایستگاه۴	ایستگاه۵	فاکتور وزنی جهت اندازه گیری شاخص NSFWQI
PH	۹۰	۸۷	۷۸	۷۵	۵۱	۰/۱۷
Temperature	۳۸	۳۶	۴۸	۴۸	۴۵	۰/۱۶
$PO4^{-3}$	۱۰۰	۹۷	۹۷	۹۸	۹۸	۰/۱۱
NO_3^-	۵۹	۵۶	۵۰	۴۹	۴۷	۰/۱۱
DO (%)	۵۵	۹۲	۹۶	۹۶	۸۷	۰/۱۰

BOD	۱۰۰	۷۴	۸۴	۶۳	۵۸	۰/۱۰
TS	۶۳	۶۲	۶۱	۶۰	۵۹	۰/۱۰
Turbidity	۹۴	۸۲	۸۳	۸۳	۷۷	۰/۰۸
Fecal Coliform	۱۰۰	۶۹	۷۲	۸۲	۶۵	۰/۰۷
Overall Water Quality Index	۷۸	۷۴	۷۶	۷۵	۶۶	-

همچنین بر اساس گروه‌بندی امتیازات کلی شاخص (جدول ۵) می‌توان ایستگاه‌های مورد نظر را از نظر وضعیت کیفی طبقه‌بندی نمود و برای نمایش بهتر، می‌توان از رنگ‌های استانداردی که برای آن ارایه شده استفاده کرد (۲۸و۲۹).

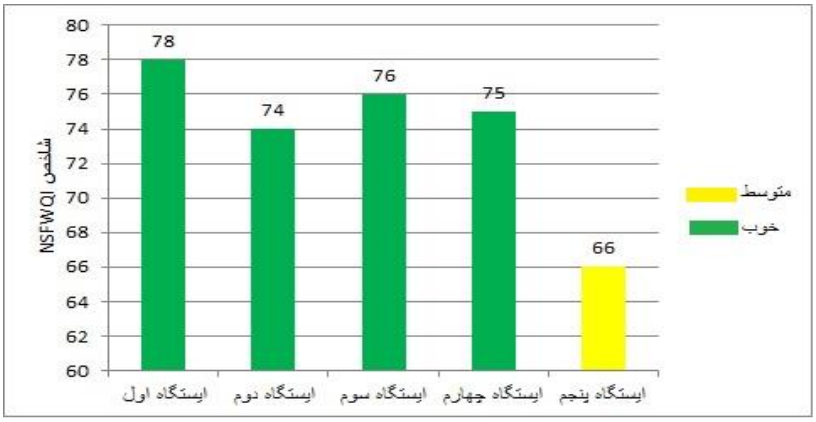
جدول۵- متوسط مقادیر شاخص کیفیت آب رودخانه وگروه‌بندی بر اساس امتیاز کلی شاخصNSFWQI (۲۸و۲۹)

Table 5.Average of water quality index values of river and grouping based on total score of NSFWQI index (28, 29)

مقدار شاخص	طبقه کیفی	رنگ‌های مربوط به مقدار عددی شاخص	کلاس بندی نوع استفاده از آب
۹۰-۱۰۰	بسیار خوب	آبی	دارای حالت طبیعی، در صورت استفاده از آن جهت تامین آب شرب نیاز به تصفیه ندارد، مناسب برای پرورش شیلات و گونه‌های حساس آبی
۷۰-۹۰	خوب	سبز	در صورت استفاده از ان جهت تامین آب شرب نیازمند تصفیه متداول است، مناسب برای پرورش ماهی و گونه‌ای حساس آبی و مناسب برای مقاصد تفریحی چون شنا
۵۰-۷۰	متوسط	زرد	در صورت استفاده از آن جهت تامین آب شرب، نیازمند تصفیه پیشرفته است، مناسب برای پرورش شیلات و گونه‌های مقاوم آبی، مناسب برای شرب حیوانات-اهلی
۲۵-۵۰	بد	نارنجی	مناسب برای آبیاری اراضی کشاورزی
۰-۲۰	خیلی بد	قرمز	برای هیچ کدام از استفاده‌های مذکور مناسب نمی‌باشد

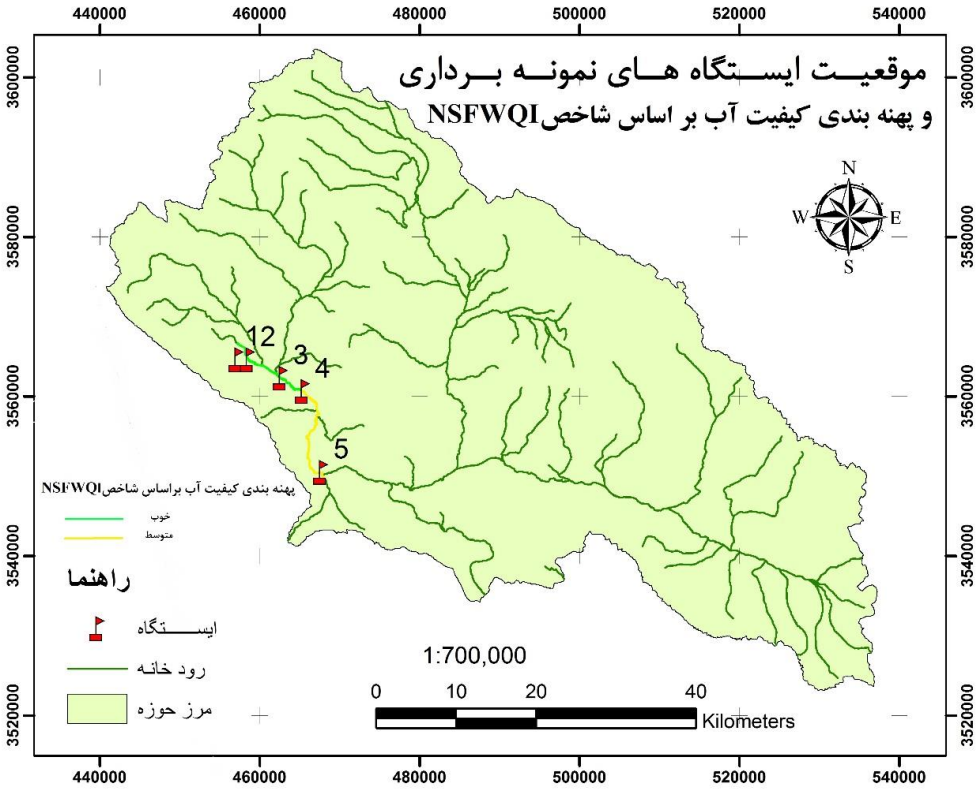
با توجه به جدول ۴ مشاهده می‌شود مقدار عددی شاخص NSFWQI در ایستگاه‌های نمونه‌برداری بین کیفیت آب متوسط و خوب در حال تغییر بوده است و مشخص گردید که بر اساس شاخص کیفیت NSFWQI در بین ایستگاه‌های مورد مطالعه، ایستگاه شماره ۱ در بهمن ماه ۹۴ با بیش‌ترین مقدار عددی شاخص برابر ۷۸، از بهترین کیفیت برخوردار بوده و طبق طبقه‌بندی جدول ۴ در دسته آب‌های با کیفیت خوب قرار گرفته است. بدترین کیفیت آب در ایستگاه شماره ۵ با مقدار عددی شاخص NSFWQI برابر۶۶ می‌باشد که براساس طبقه‌بندی صورت گرفته در دسته آب‌های با کیفیت بد قرار می‌گیرد. هر چه از ایستگاه اول به سمت ایستگاه‌های آخر حرکت می‌کنیم از کیفیت آب کاسته شده و مقدار عددی شاخص مورد مطالعه کاهش پیدا نموده است. تغییرات میزان شاخص NSFWQI در طول رودخانه پیرغار و رنگ طبقه کیفی آب هر ایستگاه در شکل ۲ آورده شده است. رنگ سبز نشان دهنده کیفیت خوب رودخانه درایستگاه‌های ۱تا۴ است. این شاخص دارای مقیاس کاهشی است به طوری که افزایش آلودگی باعث کاهش مقدار عددی آن می‌شود. شکل ۳ نیز پهنه‌بندی کیفی در رودخانه پیرغار را براساس شاخص(NSFWQI) نشان می‌دهد. بحرانی‌ترین بازه مربوط

به ایستگاه ۵ می‌باشد که میزان شاخص NSFWQI برابر۶۶ می‌باشد که در طبقه کیفی متوسط (۵۰-۷۰) قرار می‌گیرد و سایر ایستگاه‌ها در طبقه کیفی خوب (۷۰-۹۰) قرار می‌گیرند.



شکل۲- روند تغییرات مکانی میزان عددی شاخص NSFWQI درایستگاه های مورد سنجش و طبقه کیفی آب هر ایستگاه

Figure 2- Trend of spatial variation of numeric value of NSFWQI index in stations and water quality class of each station



شکل ۳- نقشه پهنه بندی کیفی رودخانه پیرغار بر اساس شاخصNSFWQI

Figure 3. Map of qualitative zoning of Pireghar River based on NSFWQI

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج به‌دست آمده شاخص NSFWQI نشان داد که آب ایستگاه اول دارای بیش‌ترین مقدار شاخص و طبقه کیفی خوب آب بوده است که می‌توان از دلایل آن به وجود چشمه‌ی آب پیرغار در این منطقه و همچنین عدم ورود فاضلاب‌های انسانی، صنعتی و غیره به آب در بالادست این ایستگاه اشاره کرد. کیفیت آب ایستگاه شماره ۲ پایین‌تر از ایستگاه اول بوده که از مهم‌ترین عوامل آن می‌توان به وجود استخرهای پرورش ماهی در بالادست این ایستگاه اشاره کرد که با ورود پساب این ایستگاه‌ها به داخل رودخانه کیفیت آن تنزل می‌یابد. ایستگاه ۵ دارای کم‌ترین مقدار شاخص و بدترین کیفیت آب در بین ایستگاه‌های نمونه‌برداری بود که در طبقه کیفی متوسط قرار می‌گیرد و از عوامل پایین‌آمدن کیفیت آب در این ایستگاه می‌توان به عبور رودخانه از داخل روستای گوشه در بالادست این ایستگاه و تخلیه فاضلاب‌های خانگی و سایرآلاینده‌ها به رودخانه در داخل روستا اشاره کرد. از عوامل سیر نزولی مقدار شاخص NSFWQI می‌توان به عواملی مانند کاهش‌دبی-رودخانه، افزایش دما، تخلیه فاضلاب شهری و روستایی و همچنین پساب‌های کشاورزی و مراکز پرورش ماهی اشاره کرد. بالا بودن شاخص کیفی آب دراین فصل به دلیل ترقیق آلاینده‌ها که ناشی از بارندگی‌های فصلی می‌باشد، است. با توجه به نتایج به دست آمده، شاخص نهایی به‌دست آمده از روش NSFWQI دراکثر ایستگاه‌ها به همدیگر نزدیک بوده و کیفیت آب در ۴ ایستگاه اول در طبقه کیفی خوب قرارگرفته است و تنها در ایستگاه آخر در طبقه کیفی متوسط قرار دارد. بهتر بودن شرایط در ایستگاه اول، ایستگاه سوم و چهارم به علت پایین‌تر بودن مقادیر مربوط به کدورت و کلیفرم‌های مدفوعی است. بحرانی ترین بازه مربوط به ایستگاه ۴ تا ۵ بوده و متوسط میزان شاخص NSFWQI در این بازه۶۶ می باشد. نتایج بررسی کیفیت شیمیایی آب رودخانه‌ها به طورکلی نشان می‌دهد که هرچه زمین‌های کشاورزی به منابع آب‌های سطحی موردمطالعه نزدیک‌تر باشد آلودگی آب آن‌ها بیش‌تر است. فضولات کشاورزی و سایر مواد آلوده از ارتفاعات حوضه رودخانه در اثر بارندگی و ورود آن به سرشاخه یا شاخه اصلی رودخانه می‌تواند از عوامل اصلی کاهش کیفیت نیز باشد. ورود فاضلاب‌ها به منابع آبی مورداستفاده تأثیرات سویی بر این منابع داشته و استفاده از آن‌ها را دچار مشکلاتی می‌نمایید. منابع آب‌های سطحی خصوصاً رودخانه‌ها به علت موارد استفاده بسیاری که دارند بیش از دیگر منابع در معرض خطر می-باشند(۳۰). منابع آبی رودخانه پیرغار نیز از این اصل کلی جدا نبوده و همواره در معرض آلاینده‌های متعددی قرار داشته است. آلاینده‌های رودخانه پیرغار شامل آلاینده‌های شهری و روستایی ناشی از فاضلاب‌بهداشتی و رواناب سطحی وپساب مزارع پرورش ماهی است (۳۱). بنابراین عامل انسانی مهم‌ترین عامل آلودگی رودخانه است. عوامل طبیعی مانند بارش‌کم، فصلی بودن بارش، مصرف آب برای مقاصد کشاورزی و صنعتی، توسعه زمین‌های کشاورزی، افت کیفیت پوشش گیاهی، سخت‌شدن سطح زمین و عملکرد شدید فرایند فرسایش تخریب بار آلودگی فیزیکی و شیمیایی رودخانه را افزایش داده و موجب اختلال طبیعی در قابلیت بیولوژیکی و زیستی آن می‌گردد (۳۲). جعفرآبادی و همکاران (۱۳۹۰)، در بررسی وضعیت کیفی رودخانه مارون توسط شاخص NSFWQI نشان دادند که وضعیت کیفی رودخانه در طبقه متوسط قرار دارد (۳۳). همچنین مطالعه‌ای که بر روی رودخانه جاجرود انجام گرفت نشان داد که افول شاخص کیفیت در بعضی نقاط نمونه‌برداری به علت افزایش تراکم جمعیت و درنتیجه افزایش بار آلودگی (کلی‌فرم و جامدات معلق) است که تا حدودی بامطالعه حاضر هم‌خوانی دارد (۱۸). نصیر احمدی و همکاران (۱۳۸۹) به پهنه‌بندی کیفیت آب رودخانه هراز بر اساس شاخص NSFWQI پرداختند و نشان دادند که آب این رودخانه دارای کیفیت متوسط می‌باشد درصورتی‌که در مناطق پایین‌دست میزان این شاخص باکیفیت آب ضعیف شناخته شد (۳۴). بر اساس تجزیه وتحلیل داده‌های کیفی آب، مهم‌ترین عامل موثر در کاهش شاخص کیفی آب میزان بالای کلی‌فرم مدفوعی وکدورت آب می‌باشد. کلی‌فرم بالا در این بازه، به خصوص در ایستگاه پنجم بعد از جونقان منطقه طاق سنگی به سبب تخلیه بسیار زیاد فاضلاب‌های خانگی بوده، که این مسیله

نیازمند راهکارهای مدیریتی است. کدورت آب نیز دراین فصل به علت بارش‌های زیاد با شستشوی زمین ها و اراضی کشاورزی به شدت بالا می‌رود، که البته طی سال های اخیر با برداشت آب از سرچشمه‌ها این روند رو به فزونی گزارده است. این امر در بررسی کیفیت آب رودخانه کارون با شاخص NSFWQI توسط حیدری‌نیا و همکاران در سال های ۱۳۸۶ -۱۳۸۷ صادق بوده است، ایشان نیز کلی‌فرم مدفوعی و مقادیر TSS را از عوامل اصلی کاهش کیفیت آب این رودخانه عنوان کرده‌اند (۳۵). Samantray و همکاران در سال ۲۰۰۹ با استفاده از شاخص کیفیت NSFWQI رودخانه ماهانادی و آتارابانکی در ناحیه پارادیپ هندوستان را بررسی نمودند که برای این شاخص چهار پارامتر اکسیژن محلول، pH، اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی و کلی‌فرم مدفوعی اندازه‌گیری شدند. نتایج مطالعه نشان داد که کیفیت آب براساس شاخص مورد استفاده به دلیل فعالیت‌های انسانی و صنایع کاهش یافته است(۹). Ho و همکاران در سال ۲۰۰۳ نشان دادند که دلایل پایین آمدن کیفیت آب‌های سطحی افزایش مجوزهای تاسیس صنایع جدید، کشاورزی، تخلیه فاضلاب شهری و همچنین منابع آلاینده غیرنقطه‌ای نظیر مواد شیمیایی شسته شده از خاک‌های کشاورزی می‌باشد و در اثر همین فعالیت‌ها رودخانه-ها تا حدود زیادی قدرت خودپالایی خود را از دست می‌دهند - (۳۶). نتایج این مطالعه نشان داد که آب این رودخانه در سرچشمه دارای کیفیت خوب بوده است و به‌تدریج در طول مسیر با پساب‌های گوناگون آلوده شده و از کیفیت‌آن کاسته شده تا به حد کیفیت متوسط رسیده است (۳۷). با توجه به گروه‌بندی بر اساس امتیاز کلی شاخصNSFWQI آب رودخانه از ایستگاه ۱ تا ایستگاه ۴ در طبقه کیفی خوب قرار می‌گیرد که در صورت استفاده از آن جهت تامین آب شرب نیازمند تصفیه است، همچنین مناسب برای پرورش ماهی و گونه‌های حساس آبی و تفریحاتی شنا گردشگران است، و آب رودخانه در ایستگاه ۵ در طبقه کیفی متوسط قرار می‌گیرد که در صورت استفاده از آن جهت تامین آب شرب، نیازمند تصفیه پیشرفته است. جهت حفظ کیفیت آب برای سلامت عموم جامعه اقدامات زیر پیشنهاد می‌شود، ایجاد تصفیه‌خانه فاضلاب برای روستاهای اطراف رودخانه، نظارت مستمر بر فعالیت‌های آبزی‌پروری در حاشیه رودخانه، لایروبی رودخانه به صورت پیوسته انجام شده و از ریختن زباله در حریم رودخانه جلوگیری شود؛ آموزش مناسب به کشاورزان و باغداران در زمینه مصرف کود و سموم کشاورزی و آگاه ساختن آن‌ها و ترویج کشاورزی پاک. در نهایت با توجه به توسعه روزافزون شهرها و روستاها برنامه مستمر پایش کیفیت آب در رودخانه پیرغار به‌منظور حفظ سلامت این اکوسیستم آبی انجام گردد.

Reference

1. Srebotnjak, T., Carr, G., de Sherbinin, A. and Rickwood, C., 2012. A global Water Quality Index and hot-deck imputation of missing data. Ecological Indicators, 17, pp.108-119.
2. Ng, A.W.M., Perera, B.J.C. and Tran, D.H., 2006. Improvement of river water quality through a seasonal effluent discharge program (SEDP). Water, air, and soil pollution, 176(1-4), pp.113-137.
3. Xu, H., Zheng, H., Chen, X., Ren, Y. and Ouyang, Z., 2016. Relationships between river water quality and landscape factors in Haihe River Basin, China: Implications for environmental management. Chinese Geographical Science, 26(2), pp.197-207.
4. Arpine, H. and Gayane, S., 2016. Determination of background concentrations of hydrochemical parameters and water quality assessment in the Akhuryan River Basin (Armenia). Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C, 94, pp.2-9.
5. Dos Santos Simões, F., Moreira, A.B., Bisinoti, M.C., Gimenez, S.M.N. and

Yabe, M.J.S., 2008. Water quality index as a simple indicator of aquaculture effects on aquatic bodies. Ecological indicators, 8(5), pp.476-484.

6. Oram, PG, B., 2012 .The Water Quality, monitoring the Quality of surface waters. http:// www.water-research.net.
7. Abbasi, S.A, 2000. Water Quality Indices. Center for Pollution Control & Energy Technology Punditry University. 134 p.
8. Sharifinia, M., Imanpour, J. and Bozorgi, A., 2012. Ecological assessment of the Tajan River using feeding groups of benthic macroinvertebrates and biotic indices. Iranian Journal of Applied Ecology, 1(1), pp.80-95. (In Persain)
9. Samantray, P., Mishra, B.K., Panda, C.R. and Rout, S.P., 2009. Assessment of water quality index in Mahanadi and Atharabanki Rivers and Taldanda Canal in Paradip area, India. Journal of Human Ecology, 26(3), pp.153-161.
10. Parham, H., Jafarzadeh Haghighi fard, N., Dehghan, S., and Kiyan Ersi, F., 2007. Investigation of changes in nitrogen and phosphorus concentrations and some physical and chemical parameters in the behind the Karkheh dam and determination of its balance, Shahid Chamran University Journal of Science, 5, pp.117-125. (In Persian)
11. TAHMASEBI, S., AFKHAMI, M. and TAKDASTAN, A., 2011. Study of chemical, physical and microbial quality of Gargar River, SW, IRAN, using NSF Water Quality Index. Jundishapur Journal of Health Sciences, 3(4), pp.55-64. (In Persain)
12. Boroujerdnia, A., Nabizadeh, R., Jafarzadeh Haghighi fard, N. and Afkhami, M., 2007. Investigation of water quality of Karun River using NSFWQI software program of Wilkes University and program designed in Iran, 10th National Congress on Environmental Health, Hamedan, Hamedan University of Medical Sciences. (In Persian)
13. Shokuhi, R., Hosinzadeh, E., Roshanaei, G., Alipour, M. and Hoseinzadeh, S., 2012. Evaluation of Aydughmush dam reservoir water quality by National Sanitation Foundation Water Quality Index (NSF-WQI) and water quality parameter changes. Iranian Journal of Health and Environment, 4(4), pp.439-450. (In Persain)
14. Fadaei, A., Shariat, S.M., Jafarzadeh Haghighi fard, N. and Sakian, MR., 2006. Simultaneous use of water quality index and GIS system as a management tool (Case study: Dez River in southwestern Iran, 7th International River Engineering Conference, Ahvaz, Water and Power Organization of Khuzestan Province, Shahid Chamran University of Ahvaz. (In Persian)
15. Sato, K., Amano, K. and Yasuda, Y., 2000, September. Integrating GIS and Water Quality Model: A Case Study in a Volcanic Watershed in Japan. In 4 th International Conference on Integrating GIS and Environmental Modeling (GIS/EM 4): Problems, Prospects and Research Needs, Banff, Alberta, Canada.
16. Sánchez, E., Colmenarejo, M.F., Vicente, J., Rubio, A., García, M.G., Travieso, L. and Borja, R., 2007. Use

of the water quality index and dissolved oxygen deficit as simple indicators of watersheds pollution. Ecological indicators, 7(2), pp.315-328.

17. Dos Santos Simões, F., Moreira, A.B., Bisinoti, M.C., Gimenez, S.M.N. and Yabe, M.J.S., 2008. Water quality index as a simple indicator of aquaculture effects on aquatic bodies. Ecological indicators, 8(5), pp.476-484.
18. Mirzai, M., Nazari, A. and Yari, A., 2005. The Quality Classification of Jajrood River's Area, Journal of Environmental Studies, 31(37), pp.17-26. (In Persain)
19. Nemati, M., 2007, Zoning of water quality and diversity of macroinvertebrates of Zayandehroud River, MSc Thesis in Environmental science, Faculty of natural science, Isfahan University of Technology, p. 125. (In Persian)
20. Pote, S.E., Singal, S.K. and Srivastava, D.K., 2012. Assessment of surface water quality of Godavari River at Aurangabad. Asian Journal of Water, Environment and Pollution, 9(1), pp.117-122.
21. Rahimi, D. and RANJBAR, D.M., 2012. Prioritization of Eco-tourism Attractions (The target villages of Charmahal O Bakhtiar province). Journal Urban - Regional Studies and Research, 4(14), pp.131-149. (In Persain)
22. Tiner, R.W., 1999. Vegetation sampling and analysis for wetlands, wetland indicators. A guide to wetland identification, delineation, classification and map in Boca Raton, CRC Press LLC. 248 p.
23. P.H.A., A.W.W.A., W. E. f., 2009. Standard Method for the examination of Water and Waste. A.D. Eaton, L. S. Clesceri and A. E. Greenberg (eds.), 20th edition. American Health Association, Washington, D.C.
24. Clesceri, L.S., Greenberg, A.E. and Eaton, A.D., 1998. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA. AWWA, WEF, Monrovia, USA. 20th ed. United States of America: American Public Health Association. 34-38.
25. Canadian Council of Ministers of the Environment, 2007. Canadian water quality guidelines for the protection of aquatic life: Summary table. Canadian Council of Ministers of the Environment, Winnipeg .Manitoba.
26. WHO., 2004 .World Health Organization Guidelines for Drinking-Water Quality3th Edition Word Health Organization (WHO) Geneva, pp. 49-64.
27. EPA., 1996. Quality Criteria for Waters, Washington D. C. Landsape to Rivers capes: bridging the gap between research and conversation of stream fishes, Biosciences, 52, pp.483-498.
28. Ebrahimpour, S., Mohammadzadeh, H. and Mohammadi, E., 2011. Investigation of water quality of Zarivar wetland lake and its zoning using NSFWQI and OWQI quality indices and using geographical system, 4th Iran Water Resources Management Conference, Amirkabir University of Technology , PP. 1-11. (In Persian)
29. Dehghanzadeh, R., Aslani, H.A.S.A.N., Shams, A.F. and

Ghoraishi, B., 2010. Giving Alternatives for Improvement of Qualitative Features of Mehran River in Tabriz for Reuse. Iranian Journal of Health and Environment, 3(2), pp. 227-238. (In Persain)

30. Karimian, A., Jafarzadeh, N., Nabizadeh, R. and Afkhami, M., 2009. Application of GIS in river water quality zoning (case study, Zohre River), Journal of Environmental Sciences and Technology, 11(1), pp. 244-250. (In Persian)
31. Ghazizadeh, N., Shehnizadeh, B., Shokoh, D. and Savari, S., 2011. Evaluation of Maroon River based on NSFWQI water quality index system, 5th conference and exhibition of environmental engineering, 2011, Tehran University, pp. 1-6. (In Persian)
32. Ramezani, M., Amirnezhad, R. and Asgharnia, H., 2012. Investigation of water quality of Talar River of Ghaemshahr using NSFWQI, Journal of Wetland Ecobiology, 4(14). pp. 31-43. (In Persian)
33. Ranjbar Jafarabadi, A., Amushahi, S. and Pourkhabaz, H., 2011. Evaluating water quality of Maroon River using NSFWQI and presenting solutions for decreasing pollution, 5th conference of environmental engeniring, Iran. (In Persian)
34. Nasirahmadi, K., Yousefi, Z. and Tarassoli, A., 2012. Zoning of water quality on Haraz river bases on national sanitation foundation water quality index. Journal of Mazandaran University of Medical Sciences, 22(92), pp. 64-71. (In Persain).
35. Heydarinia, M., Moazed, H. and Hosseini Zarei, N., 2009. Classification of water quality of Karoon River from Molasani to Kootamir using with NSFWQI, 8th international conference of river engineering, Ahvaz, Iran. (In Persian)
36. Ho, K.C., Chow, Y.L. and Yau, J.T.S., 2003. Chemical and microbiological qualities of The East River (Dongjiang) water, with particular reference to drinking water supply in Hong Kong. Chemosphere, 52(9), pp.1441-1450.
37. Karimian, A., Jafarzadeh, N., Nabizadeh, R., Afkhami, M., 2006. Zoning water quality of Zohre River based on NSFWQI index, case study, Zohre River, International Journal of Water Engineering, pp. 18-24.