

ارزیابی کیفیت آب رودخانه گرمارود با استفاده از شاخص کیفیت آب بنیاد ملی بهداشت (NSFWQI)، شاخص آلودگی رودخانه (RPI)، و شاخص کیفیت وزنی حسابی آب (WAWQI)

رضا خلیلی، محمد پروین نیا و سید ابوالفضل زالی

دوره ۶، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۹، صفحات ۲۸۴-۲۷۴

Vol. 6(3), Autumn 2020, 274–284

DOI: 10.22034/jewe.2020.238090.1381

Water Quality Assessment of Garmarood River using the National Sanitation Foundation Water Quality Index (NSFWQI), River Pollution Index (RPI) and Weighted Arithmetic Water Quality Index (WAWQI)

Khalili R., Parvinnia M. and Zali A.



www.jewe.ir

OPEN ACCESS

ارجاع به این مقاله:

خلیلی ر.، پروین نیا م. و زالی ا. (۱۳۹۹). ارزیابی کیفیت آب رودخانه گرمارود با استفاده از شاخص کیفیت آب بنیاد ملی بهداشت (NSFWQI)، شاخص آلودگی رودخانه (RPI)، و شاخص کیفیت وزنی حسابی آب (WAWQI). محیط زیست و مهندسی آب، دوره ۶، شماره ۳، صفحات: ۲۷۴-۲۸۴.

Citing this paper: Khalili R., Parvinnia M. and Zali A. (2020). Water quality assessment of Garmarood River using the national sanitation foundation water quality index (NSFWQI), river pollution index (RPI) and weighted arithmetic water quality index (WAWQI). Environ. Water Eng., 6(3), 274–284. DOI: 10.22034/jewe.2020.238090.1381.

ارزیابی کیفیت آب رودخانه گرمارود با استفاده از شاخص کیفیت آب بنیاد ملی بهداشت (NSFWQI)، شاخص آلودگی رودخانه (RPI)، و شاخص کیفیت وزنی حسابی آب (WAWQI)

رضا خلیلی^۱، محمد پروین نیا^{۲*} و سید ابوالفضل زالی^۱

^۱دانشجوی کارشناس ارشد، گروه مهندسی عمران مدیریت منابع آب دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران
^۲استادیار، گروه مهندسی عمران مدیریت منابع آب دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران
 *نویسنده مسئول: mparvinnia@yu.ac.ir

مقاله اصلی

تاریخ پذیرش: [۱۳۹۹/۰۶/۰۹]

تاریخ بازنگری: [۱۳۹۹/۰۶/۰۲]

تاریخ دریافت: [۱۳۹۹/۰۴/۱۵]

چکیده

رودخانه‌ها یکی از مهم‌ترین منابع تأمین آب در بخش‌های مختلف از جمله کشاورزی، آشامیدنی و صنعتی می‌باشند؛ که در سال‌های اخیر به منبعی برای تخلیه فاضلاب شهری، صنعتی و پساب کشاورزی تبدیل شده است. با توجه به ظرفیت محدود رودخانه‌ها برای پذیرش آلاینده‌ها دارد به همین دلیل بررسی کیفیت رودخانه‌ها یک امر ضروری می‌باشد. در این پژوهش به منظور بررسی کیفیت آب رودخانه گرمارود از سه شاخص کیفیت آب بنیاد ملی بهداشت (NSFWQI)، شاخص آلودگی رودخانه (RPI) و شاخص کیفیت وزنی حسابی آب (WAWQI) برای نمونه‌های مختلف از سه ایستگاه در طی رودخانه در دو بازه زمانی تابستان و زمستان سال ۱۳۹۸ استفاده و مورد ارزیابی قرار گرفت. در این پژوهش جهت محاسبه شاخص‌های NSFWQI و RPI از پارامترهای DO، دما، BOD، کولی فرم مدفوعی، کدورت، TS، pH، نیتروژن آمونیاک و فسفات و برای محاسبه شاخص WAWQI از پارامترهای TS، نترات، کلراید، سختی کل، سولفات، منیزیم، کدورت، pH، کلسیم استفاده شد. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل پارامترها نشان داد که ارزش شاخص NSFWQI در دامنه ۷۵/۶-۵۰/۶۶-۵۰/۶۶ ارزش شاخص آلودگی رودخانه (RPI) در دامنه ۵/۵-۲۵/۲ و ارزش شاخص (WAWQI) در دامنه ۴۸/۳۳-۵۵/۹۲ قرار دارد که نتایج هر سه شاخص بیانگر کیفیت نسبتاً خوب ایستگاه شماره ۱ و کیفیت بد در ایستگاه‌های شماره ۲ و ۳ است.

واژه‌های کلیدی: رودخانه؛ شاخص NSFWQI؛ شاخص RPI؛ شاخص کیفیت وزنی حسابی آب (WAWQI).

۱- مقدمه

منابع آب و وضعیت کیفیت آب با استفاده از شاخص کیفیت آب در رودخانه ارائه شده است (Wu et al. 2018). یکی از رایج‌ترین و ساده‌ترین شاخص‌های کیفیت آب در جهان، شاخص کیفیت آب ملی بنیاد ملی بهداشت (NSFWQI) است که به دلیل توضیح ساده و قابل فهم از نتایج، در تحقیقات کیفیت آب نقش مهمی ایفا می‌کند. پس از اندازه‌گیری پارامترهای pH، اکسیژن مورد نیاز تجزیه زیست‌شیمیایی (BOD)، کل مواد جامدات معلق (TSS)، اکسیژن محلول در آب^۵، کدورت، دما، میزان فسفات، نیترات و کلی فرم مدفوعی، یک وزن یا یک مقدار عددی به هر یک از پارامترها اختصاص داده می‌شود و سرانجام از روابط ریاضی برای محاسبه شاخص نهایی استفاده می‌شود (Aazami et al. 2019). شاخص NSFQI یک شاخص با روند کاهشی است، به عبارت دیگر، ارزش شاخص با افزایش میزان آلودگی آب نسبت عکس دارد (Teimouri et al. 2018).

یکی دیگر از شاخص‌های بررسی کیفیت آب رودخانه‌ها شاخص آلودگی رودخانه (RPI) به عنوان یک شاخص یکپارچه است که برای یافتن سطح آلودگی رودخانه استفاده می‌شود. RPI شامل چهار پارامتر DO، BOD، TSS و نیتروژن آمونیاک (NH₃-N) می‌باشد که هر کدام در نهایت به یک شاخص کیفیت چهارحالتی تبدیل می‌شوند (Hoseinzadeh et al. 2015). Cristable et al. (2020) به بررسی کیفیت آب رودخانه سالوران طارم بارات با استفاده از شاخص NSFQI پرداختند. آن‌ها سه نقطه نمونه برداری را در ابتدا، بخش مرکزی و انتهای رودخانه انتخاب و نمونه‌ها را مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. نتایج نشان داد که کیفیت آب در طبقه متوسط، با محدوده ارزش ۶۷/۹۲-۵۵/۰۶ طبقه بندی شده است.

رودخانه‌ها یکی از مهم‌ترین منابع تأمین و انتقال آب در بسیاری از کشورهای دنیا می‌باشند که این امر باعث شده است که بررسی کیفیت آب رودخانه‌ها برای مصارف مختلف و بهداشت عمومی بسیار حساس و مهم باشد (Tung and Yaseen 2020). از طرفی در سال‌های اخیر مداخلات انسانی از جمله تخلیه فاضلاب‌های شهری، صنعتی، کشاورزی، آبشویی محل‌های دفع زباله و همچنین فرآیندهای طبیعی، کیفیت آب‌های سطحی را تخریب کرده و استفاده از آن‌ها را برای مصارف آشامیدنی، صنعت، کشاورزی و غیره مختل کرده است (Khalili et al. 2020). به همین دلیل برنامه‌ریزی برای نظارت و کنترل آب‌های سطحی جهت شناخت و حفاظت کیفیت آب سطحی برای مصرف‌کنندگان ضروری است (Wang et al. 2020). بررسی کیفیت آب رودخانه‌ها به عنوان اولین و مهم‌ترین مرحله در مدیریت کیفیت آب سطحی محسوب می‌شود (Xiao et al. 2019). برای بررسی کیفیت آب می‌توان از شاخص‌های کیفیت آب WQI که یکی از پرکاربردترین روش‌ها برای نمایش جامع و صریح کیفیت آب سطحی و زیرزمینی می‌باشد استفاده کرد (Berry et al. 2020). مدل‌های WQI با ارائه یک عدد منفرد وضعیت کیفیت آب را از طریق ادغام چندین پارامتر میکروبیولوژیکی، فیزیکی و شیمیایی بیان می‌کند (Mukate et al. 2019).

از شاخص‌های کیفیت آب WQI به طور معمول دانشمندان آب، سیاست‌گذاران و عموم مردم برای تصمیم‌گیری، ترسیم روندهای مکانی و زمانی، ردیابی منابع آلودگی، ارزیابی دستورالعمل‌های نظارتی و سیاست‌های زیست‌محیطی و از همه مهم‌تر برای پیشنهادها توسعه آینده استفاده می‌کنند. رویکردهای مختلفی برای ارزیابی

⁴ Total Suspended Solids (TSS)

⁵ Dissolved Oxygen (DO)

^۶ River Pollution Index (RPI)

¹ . Water Quality Index

² . National Sanitation Foundation Water Quality Index

³ . Biological Oxygen Demand

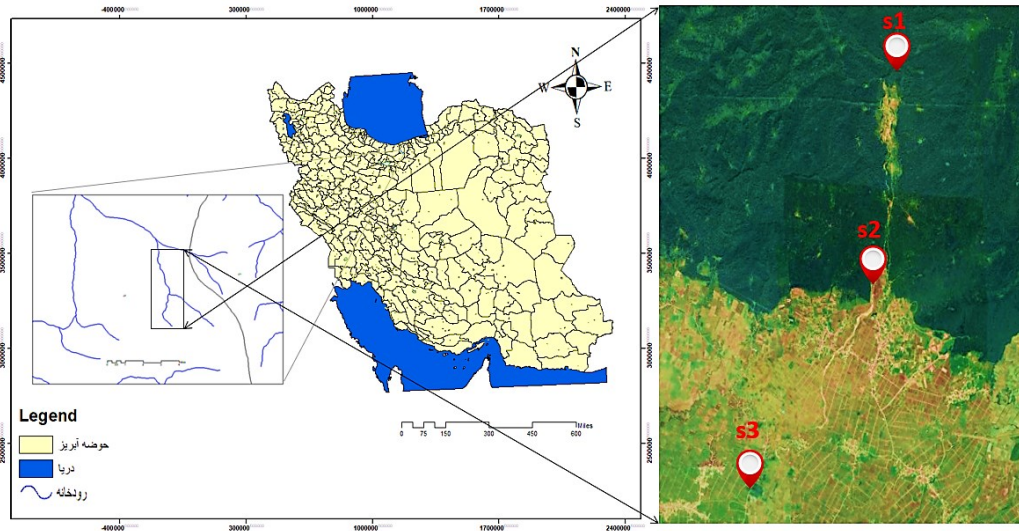
شاخص آلودگی کلیه رودخانه‌ها در دامنه ۱۱/۶ تا ۶/۶ قرار دارد و همچنین محاسبه شاخص NSFQI نشان داد که کیفیت آب رودخانه در محدوده ۲۹،۲۷-۴۸،۷۵ قرار دارد. و همچنین به منظور ارزیابی کیفیت آب‌های سطحی و زیرزمینی می‌توان از شاخص WAWQI استفاده کرد. در این شاخص جهت ارزیابی دقیق‌تر کیفیت آب علاوه بر پارامترهای بیان شده از سختی کل، منیزیم، کلراید، کلسیم و سولفات جهت ارزیابی دقیق‌تر کیفیت آب استفاده می‌شود. (Tokatli (2019) به بررسی کیفیت آب رودخانه ارژن در ترکیه با استفاده از شاخص کیفیت آب (WAWQI) پرداخت. او نمونه‌های آب را از ۳۰ ایستگاه در فصل خشک (تابستان) سال ۲۰۱۸ جمع‌آوری کرد و مورد ارزیابی قرارداد. نتایج نشان داد با وجود اینکه غلظت برخی از عناصر در بعضی از مناطق از حد مجاز بالاتر رفت، اما بیش‌تر غلظت عناصر مورد بررسی در آب آشامیدنی حوضه در محدوده استانداردهای مصرف انسانی قرار دارد. در پژوهش حاضر جهت تجزیه و تحلیل مشخصه کیفی آب رودخانه گرما رود شهر آمل، از روش شاخص‌های NSFQI و WAWQI و شاخص RPI استفاده شد و کیفیت آب این رودخانه مورد ارزیابی قرار گرفت.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

رودخانه گرما رود با طول حدود ۵۰ km در ۲۰' ۵۲° تا ۲۸' ۵۲° شرقی و ۱۲' ۳۶° تا ۳۰' ۳۶° شمالی واقع شده است. رودخانه گرما رود از ارتفاعات شمالی رشته کوه البرز و از منطقه‌ای به نام هلی یار سرچشمه می‌گیرد. اطراف این رودخانه دو چشمه آب معدنی اصلی به نام‌های گرو و لاله‌زار وجود دارد که باعث رونق کشاورزی، باغداری، دامداری و زنبورداری در روستاهای اطراف این رودخانه شده است. شکل (۱) موقعیت منطقه مورد مطالعه و محل‌های نمونه‌برداری را نشان می‌دهد.

(Yousefi et al. (2019) به تعیین کیفیت آب سد بابا حیدر در استان چهارمحال و بختیاری با استفاده از شاخص NSFQI پرداختند. آن‌ها هفت ایستگاه برای نمونه‌گیری انتخاب و طی سال‌های ۲۰۱۳-۲۰۱۲ مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که آب سد به‌طور کلی با کسب امتیاز در محدوده ۷۱-۹۰، در طبقه‌بندی متوسط قرار دارد و در بین کلیه ایستگاه‌ها، ایستگاه شماره ۶ بهترین شرایط را داشته زیرا در این ایستگاه فقط کلی‌فرم مدفوعی صفر یافت شده است. (Mahrooyan et al. (2018) با استفاده از شاخص NSFQI به بررسی کیفیت آب رودخانه شاهرود که یکی از مهم‌ترین رودخانه‌های استان قزوین می‌باشد پرداختند. آن‌ها نمونه‌گیری‌ها را در دو فصل آبان ماه ۹۶ (زمستان) و تیرماه ۹۷ (تابستان) در دو نوبت و سه تکرار از ۷ ایستگاه طالقان، آلاموت، رجایی دشت، رازمیان، لوشان ۱ و ۲ انجام دادند. نتایج نشان داد وضعیت کیفیت آب در فصل تابستان در ایستگاه ۱ خوب و در ایستگاه‌های دیگر در حد متوسط و در فصل زمستان ایستگاه ۱ و ۴ در محدوده خوب و در ایستگاه‌های دیگر در حد متوسط بوده است. در نتیجه، آب رودخانه شاهرود از کیفیت مطلوبی برخوردار بوده و افزایش نیترات و فسفات در این رودخانه به دلیل وجود منازل و اراضی کشاورزی در کنار رودخانه گزارش شد. (Dewata (2019) به بررسی کیفیت آب ۴ رودخانه اصلی در پادانگ کشور اندونزی، یعنی رودخانه کندیس، رودخانه هو دینگین، رودخانه کورنجی و رودخانه آرا با استفاده از شاخص RPI و شاخص NSFQI پرداختند. آن‌ها داده‌های مورداستفاده در پژوهش را از ۶ ایستگاه نمونه‌برداری برای هر رودخانه از سال ۲۰۱۵ تا ۲۰۱۸ جمع‌آوری و مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که وضعیت کیفیت آب ۴ رودخانه اصلی در شهر پادانگ از سال ۲۰۱۵ تاکنون در وضعیت متوسط بوده است و



شکل ۱- منطقه مورد مطالعه
Fig. 1 Study area

$$NSF - WQI = \sum_{I=1}^n W_i Q_i \quad (1)$$

که در رابطه (۱)، W_i : پارامتر وزن واحد با مقدار ۰-۱۰۰ موجود در جدول (۲)، Q_i : پارامترهای کیفیت با ارزش ۰ تا ۱۰۰، n : تعداد پارامترهای محاسبه NSF WQI می‌باشد. در ابتدا پارامتر Q_i با استفاده از نمودارهای مربوطه محاسبه می‌گردد و سپس با حاصل ضرب این پارامتر در مقدار وزنی W_i برای تمامی پارامترها شاخص NSF WQI به صورت یک عدد مجزا برای هر ایستگاه محاسبه می‌شود. این شاخص بین اعداد ۰ تا ۱۰۰ بوده و طبق جدول (۳) طبقه‌بندی می‌شود (Radwan et al. 2019).

جدول ۲- پارامترهای مورد نیاز و وزن انتخاب شده جهت محاسبه شاخص NSF WQI

Table 2 Required parameters and selected weight for calculating NSF WQI index

Parameter	Weight
DO (mg/l)	0.17
Fecal coliform (cfu/100 ml)	0.16
pH	0.11
BOD (mg/l)	0.11
Temperature (°C)	0.1
NO ₃ (mg/l)	0.1
PO ₄ (mg/l)	0.1
Turbidity (NTU)	0.08
TSS (mg/l)	0.07

۲-۲- انتخاب ایستگاه‌های نمونه برداری

محل‌های نمونه برداری در این پژوهش، پس از بررسی میدانی از رودخانه گرمارود و با در نظر گرفتن آلاینده‌های ورودی به رودخانه مثل فاضلاب‌های روستایی و پساب‌های کشاورزی در ۳ ایستگاه انتخاب و نمونه برداری در ۲ فصل تابستان و زمستان در سال ۹۸ انجام گرفت. جدول (۱) موقعیت ۳ منطقه نمونه برداری را نشان می‌دهد.

جدول ۱- موقعیت منطقه نمونه برداری

Table 1 Sampling area location

Station number	Longitude	latitude	Height, m
S1	52° 25' 25"	36° 20' 33"	251
S2	52° 25' 40"	36° 22' 50"	156
S3	52° 26' 48"	36° 24' 29"	96

۲-۲- شاخص کیفیت آب NSF WQI






پس از اندازه‌گیری پارامترهای تأثیرگذار شامل نیترات، فسفات، درصد اشباع اکسیژن محلول، BOD، کلی فرم مدفوعی، TSS، دما، کدورت و pH، در این شاخص، از نرم‌افزار آنلاین WQI Calculator جهت محاسبه این شاخص استفاده شد. همچنین جهت محاسبه شاخص NSF WQI می‌توان از رابطه (۱) استفاده کرد.

تعیین آلودگی رودخانه چهار پارامتر کیفیت آب از جمله DO, BOD, TSS و NH_3-N ارائه شده در جدول (۴) استفاده می‌شود. جهت محاسبه RPI از رابطه (۲) استفاده می‌شود.

$$RPI = \frac{1}{4} \sum_{i=1}^4 S_i \quad (2)$$

که در این معادله، "Si" نمره شاخص جهت طبقه‌بندی آلودگی می‌باشد و با میانگین مقدار "Si" برای هر ۴ پارامتر ارزش شاخص RPI طبق جدول (۴) مشخص می‌شود (Chen et al. 2019).

جدول ۳- فهرست شاخص کیفیت آب بنیاد ملی بهداشت





Domain	Score	
91-100	عالی	
71-90	خوب	
51-70	متوسط	
26-50	بد	
0-25	خیلی بد	

۳-۲- شاخص RPI

اداره حفاظت از محیط‌زیست تایوان از RPI با استفاده از داده‌های کیفیت آب برای طبقه‌بندی ایستگاه‌ها جهت نظارت بر کیفیت آب در استفاده کرد. نتایج به دست آمده از این شاخص می‌تواند مرجع ارزشمندی برای مدیریت آلودگی آب رودخانه باشد (Tien et al. 2020). جهت

جدول ۴- پارامترها و طبقه‌بندی شاخص آلودگی رودخانه

Table 4 RPI parameters and its classification

Parameter	Water pollution classification			
	بدون آلودگی No pollution	آلودگی غیرقابل چشم‌پوشی Undeniable pollution	آلودگی به میزان متوسط Moderate pollution	آلودگی زیاد High pollution
				
DO	>6.5	4.6-6.5	2-4.5	<2
BOD	<3	3-4.9	5-15	>15
NH_3-N	<0.5	0.5-0.99	1-3	>3
TSS	<20	20-49	50-100	>100
نمره شاخص (Si)	1	3	6	10
ارزش RPI	<2	2-3	3.1-6	>6

که این معادله V_i : غلظت برآورد شده از پارامتر در آب مورد تجزیه و تحلیل، V_0 مقدار ایده آل این پارامتر در آب خالص و S_i مقدار استاندارد پارامتر می‌باشد. وزن واحد (W_i) برای هر پارامتر کیفیت آب با استفاده از فرمول زیر محاسبه می‌شود

$$W_i = k/s_i \quad (5)$$

که در رابطه (۵) K نسبت متناسب است و می‌تواند با استفاده از رابطه (۶) محاسبه شود.

$$k = 1 / \sum (1/s_i) \quad (6)$$

درجه‌بندی کیفیت آب مطابق WAWQI در جدول (۵) آورده شده است (Zooalnoon and Musa 2019).

۴-۲- شاخص کیفیت WAWQI

شاخص کیفیت WAWQI با استفاده از پارامترهای کیفیت آب مورد بررسی و کیفیت آب را با توجه به درجه خلوص طبقه‌بندی می‌کند. محاسبه WAWQI با استفاده از رابطه (۳) انجام می‌پذیرد.

$$WAWQI = \sum Q_i W_i / \sum W_i \quad (3)$$

مقیاس رتبه‌بندی کیفیت (Q_i) برای هر پارامتر با استفاده از رابطه (۴) محاسبه می‌شود.

$$Q_i = 100 \times [v_i - v_0] / [s_i - v_0] \quad (4)$$






جدول ۶- روش اندازه‌گیری پارامترها

Table 6-Method of measured parameters

Parameter	Measurement tools and methods
Temperature	دماسنج جیوه‌ای
TSS	روش وزن سنجی در دمای ۱۰۷- ۱۰۵°C
NO ₃ , PO ₄	روش فتومتری با دستگاه اسپکتروفتومتری
DO	روش وین کلر (Winkler) با دستگاه متر Do
BOD	روش ستون جیوه‌ای با دستگاه هوربیا
NH ₃ -N	روش نسلر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتری
Fecal coliform	از روش احتمالی MPN
Turbidity	دستگاه کدورت سنخ مدل Lovibond
pH	pH متر مدل Metrohm
Mg, Ca	روش تیتراسیون
Hardness	روش کمپلکسومتری با استفاده از محلول استاندارد EDTA
Cl	روش آرژانتومتری

جدول ۵- فهرست شاخص کیفیت وزنی حسابی آب

Table 5 WAWQI

Domain	Score
0-20	عالی 
26-50	خوب 
51-75	بد 
76-100	خیلی بد 
>100	غیرقابل شرب 

۳- یافته‌ها و بحث

پس از نمونه‌برداری، نمونه‌ها با استفاده از بطری‌های پلی‌اتیلن تمیز جمع‌آوری شد؛ و از نظر خصوصیات شیمیایی و فیزیکی بلافاصله پس از جمع‌آوری مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و جهت رسم نمودار تغییرات پارامترهای کیفی از نرم‌افزار Origin pro 2019 استفاده شد. جدول (۶) روش اندازه‌گیری و دستگاه‌هایی که برای انجام پژوهش به کاررفته و جدول (۷) پارامترهای اندازه‌گیری شده در این مطالعه را نشان می‌دهد.

جدول ۷- نتایج آنالیز پارامترها

Table 7 Parameter analysis results

Parameter	analysis results		
	S1	S2	S3
TSS (mg/l)	152±32	201±19	293±28
NO ₃ (mg/l)	0.5±0.09	1.1±0.01	1.6±0.08
DO (mg/l)	6.52 ±0.85	5.28±0.45	4.25 ±0.25
BOD (mg/l)	1.5±0.14	2.4±0.2	3.07±0.32
PO ₄ (mg/l)	0.018±0.004	0.03±0.005	0.05±0.003
کلی فرم مدفوعی (cfu/100 ml)	77 ±23	220±25	420±32
کدورت (NTU)	0.1±0.03	0.25±0.02	0.41±0.03
pH	8±0.1	7.5±0.1	6.9±0.2
دما (°C)	8.2±2	14.7±2.2	21±3.1
SO ₄ (mg/l)	0.02±0.01	0.11±0.09	0.17±0.04
سختی کل (mg/l)	12.5±2.1	17.6±2.2	22.35±3
کلور (mg/l)	41±3	61±4.5	67.5±2.2
کلسیم (mg/l)	1±0.21	4.1±0.24	4.6±0.34
NH ₃ -N (mg/l)	0.5±0.02	1.01±0.04	1.51±0.08

جهت محاسبه مقادیر NSFQI از ۹ پارامتر (DO)، اختلاف دما، BOD، کلی فرم مدفوع، کدورت، TSS، pH و فسفات) استفاده و برای دقت در محاسبات از نرم‌افزار آنلاین WQI Calculator استفاده شد و نتایج محاسبات

پارامترهای شاخص NSF-WQI در جدول (۸) نشان

داده شده است.

جدول ۸- مقادیر محاسبه شده شاخص کیفیت آب بنیاد ملی بهداشت در ایستگاه‌های رودخانه گرما رود

Table 8 Calculated values of NSFQI in Garmarood River stations

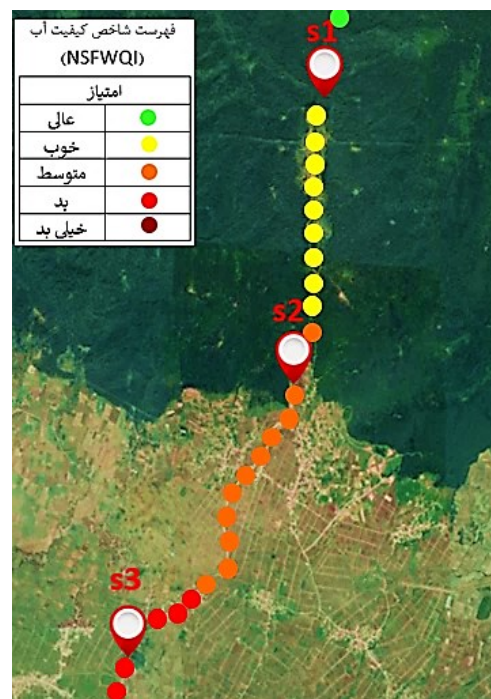
Parameter	unit	Weight factor	Quality Index		
			S1	S2	S3
TSS	mg/l	0.07	80	70	59
NO3	mg/l	0.1	97	93	87
DO	mg/l	0.17	6	5	3
BOD	mg/l	0.11	90	76	62
PO4	mg/l	0.1	99	97	96
کلی فرم مدفوعی	CFU/100 ml	0.16	50	35	25
کدورت	NTU	0.08	99	97	95
pH	mg/l	0.11	93	72	53
دما	°C	0.1	68	42	28
NSFWQI			75.6	65.7	50.66

وضعیت کیفی رودخانه را به شدت کاهش داده است. ارزش بالاتر شاخص NSFQI برای ایستگاه ۱ به دلیل مقادیر کم BOD و کلی فرم مدفوعی و همچنین اکسیژن محلول بالاتر از ایستگاه‌های دیگر می باشد. همچنین ضایعات دام به عنوان یکی از منابع عمده آلودگی رودخانه می باشد که باعث افزایش کلی فرم مدفوعی در ایستگاه‌های پایین دست شده است. زباله‌های دامی دارای نیتروژن آمونیاک می باشد که با مصرف اکسیژن محلول در آب باعث کاهش کیفیت آب می شود و با توجه به این که NSFQI نیتروژن آمونیاک را شامل نمی شود و با توجه به وجود زباله‌های دامی در مسیر رودخانه، از شاخص RPI جهت بررسی کیفیت آب این رودخانه استفاده شد که در این مورد RPI بیش تر قادر به تعیین آلودگی نسبت به شاخص NSFQI می باشد. در جدول (۹) مقادیر RPI هر ایستگاه نشان داده شده است.

جدول ۹- مقادیر محاسبه شده شاخص کیفیت آلودگی رودخانه (RPI) در ایستگاه‌های رودخانه گرما رود (برحسب mg/l)

Table 9 Calculated values of RPI in Garmarood river stations (as mg/l)

Parameter	Si		
	S1	S2	S3
TSS	16	10	10
DO	1	3	6
NH ₃ -N	1	3	3
BOD	1	1	3
RPI	2.25	4.25	5.5

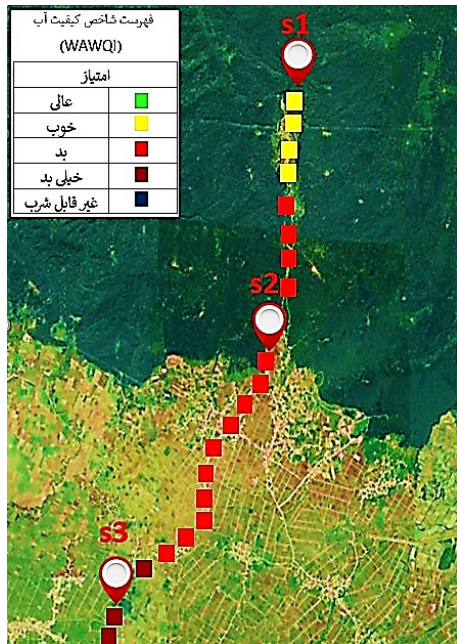


شکل ۲ شماتیک وضعیت کیفی آب رودخانه گرما رود بر اساس شاخص NSFQI

Fig. 2 Schematic of Garmarood river water quality status based on NSFQI index

با توجه به جدول (۸) و شکل (۲) نتایج نشان داد که بر اساس شاخص NSFQI، وضعیت کیفیت آب در ایستگاه ۱ در شرایط خوب، در ایستگاه ۲ در وضعیت متوسط و در ایستگاه ۳ در وضعیت بد قرار دارد. یکی از مهم ترین علت های کاهش شاخص NSFQI در این رودخانه تخلیه زباله، پساب های خانگی و کشاورزی به رودخانه است که

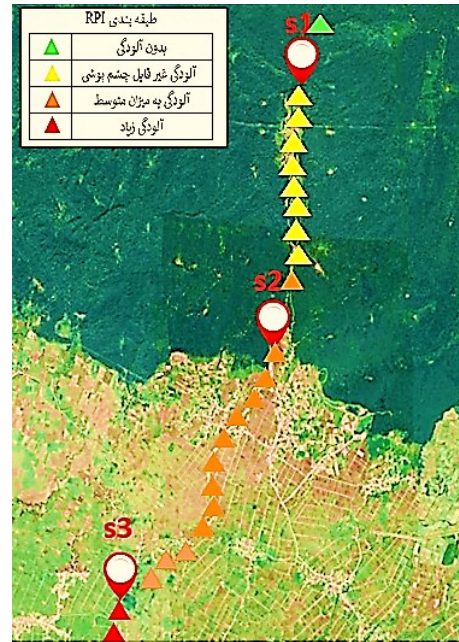
غیرقابل چشم‌پوشی، ایستگاه‌های ۲ و ۳ در طبقه آب‌های با آلودگی متوسط قرار دارد. با توجه به نزدیک بودن مقادیر شاخص ۲ و ۳ برای بررسی دقیق‌تر کیفیت آب رودخانه گرمارود از شاخص WAWQI استفاده گردید. جدول (۱۰) پارامترهای محاسبه‌شده شاخص WAWQI برای ۳ ایستگاه را نشان می‌دهد.



شکل ۴- شماتیک وضعیت کیفی آب رودخانه گرمارود بر اساس شاخص WAWQI

Fig. 4 Schematic of Garmarood river water quality status based on WAWQI index

همان‌طور که در جدول (۱۰) و شکل (۴) مشاهده شد شاخص آلودگی رودخانه در دامنه ۴۸/۳۳-۵۵/۹۲ قرار دارد. نتایج نشان داد کیفیت آب رودخانه گرمارود در ایستگاه شماره ۱ در شرایط خوب قرار دارد و با توجه به این‌که مقدار عددی نزدیک به شرایط بد را دارد برآورد می‌شود که آب این رودخانه بعد از گذشتن از ایستگاه ۱ به شرایط بد تبدیل شود، اما کیفیت آب رودخانه گرمارود در ایستگاه‌های شماره ۲ و ۳ در رده کیفیتی بد قرار گرفته است. با توجه به آنالیزهای به‌دست‌آمده دما در ایستگاه ۱ به دلیل وجود پوشش جنگلی و مقدار کمی آلودگی نسبت به دو ایستگاه دیگر در شرایط مطلوب کیفیتی بوده اما بعد از گذشتن از ایستگاه ۱ به علت خروج از منطقه جنگلی و تخلیه پساب افزایش‌یافته است. مقادیر پارامتر کدورت در سه ایستگاه نشان داد که ایستگاه ۱ که در ابتدای رودخانه قرار دارد، نسبت به دو ایستگاه دیگر از مقدار کدورت بسیار



شکل ۳- شماتیک وضعیت کیفی آب رودخانه گرمارود بر اساس شاخص RPI

Fig. 3 Schematic of Garmarood river water quality status based on RPI

جدول ۱۰- مقادیر محاسبه‌شده شاخص کیفیت وزنی حساسی آب در ایستگاه‌های رودخانه گرما رود

Table 10 Calculated values of water quality index (WAWQI) in Garmarood river stations

Parameter	Wi	QiWi		
		S1	S2	S3
TSS		1.07	0.178	0.138
			5	8
NO3	0.012	1.12	0.771	0.279
	9			5
Cl	0.207	1.14	0.99	0.479
				4
Total hardness	0.61	0.33	0.26	0.127
				2
SO4	0.034	0.081	0.064	0.016
	5	3		
Mg	0.011	0.085	0.062	0.033
Turbidity	0.025	0.325	0.26	0.11
	9			
pH	0.051	51.5	50.64	46.56
	8			
Ca	0.02	0.16	0.103	0.51
$\sum QiWi$	0.998	55.81	53.32	48.25
WAWQI		55.92	53.42	48.33

مقادیر RPI محاسبه‌شده در جدول (۹) و شکل (۳) نشان داد که شاخص آلودگی رودخانه در دامنه ۵/۵-۲/۲۵ قرار دارد. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده بر اساس طبقه‌بندی RPI، کیفیت آب در ایستگاه ۱ در طبقه‌بندی آلودگی

۴- نتیجه گیری

بررسی آلودگی رودخانه‌ها، با وجود توسعه‌های شهری و روستایی و ورود آلودگی‌ها، در مقیاس بزرگ پیچیده و دارای اهمیت بسیار می‌باشد. در این پژوهش جهت بررسی دقیق‌تر از سه شاخص NSFQI، RPI و WAWQI برای ارزیابی کیفیت کلی رودخانه استفاده شد. نتایج مطالعه حاضر نشان می‌دهد:

۱- آلودگی آب با افزایش فاصله از ایستگاه شماره ۱ تا ایستگاه شماره ۳ افزایش یافته که باعث کاهش کیفیت آب در هر سه شاخص NSFQI، RPI و WAWQI شده است.

۲- با توجه به اینکه منطقه مورد مطالعه منطقه‌ای تفریحی می‌باشد، فاضلاب و دفع زباله با افزایش تعداد گردشگران و خانواده‌ها افزایش می‌یابد و شرایط کیفیت آب را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

۳- به‌طور کلی زباله‌های حیوانی مربوط به دامداری منطقه، ورود پساب‌های کشاورزی و ورود فاضلاب‌های خانگی در این رودخانه باعث کاهش کیفیت آب در ایستگاه‌های شماره ۲ و ۳ شده است.

۴- آب رودخانه گرمارود از نظر کیفیت در شرایط مطلوبی قرار ندارد و برای تهیه آب آشامیدنی از این رودخانه نیاز به تصفیه می‌باشد. ولی ایستگاه شماره ۱ برای پرورش ماهی و اهداف تفریحی مانند شنا مناسب می‌باشد.

کمی برخوردار است. این امر می‌تواند ناشی از موقعیت ایستگاه شماره ۱ باشد که در آن فعالیت‌های انسانی زیادی در محیط اطراف وجود ندارد. مقادیر پارامتر pH در ایستگاه ۱ در شرایط مطلوب نزدیک به pH آب قابل شرب می‌باشد اما در ایستگاه‌های ۲ و ۳ به علت تخلیه فاضلاب در رودخانه به سمت شوری رفته و pH بالاتری را نشان می‌دهد. اکسیژن محلول در آب سالم ۸۰٪ یا بیش‌تر از این مقدار می‌باشد (Dash et al. 2020). مقادیر پارامتر اکسیژن محلول در آب رودخانه گرما رود در حدود ۶۵٪-۴۵٪ می‌باشد که نمی‌توان آن را در طبقه آب‌های سالم دانست اما در بین ۳ ایستگاه مورد مطالعه، ایستگاه ۱ در شرایط مطلوب‌تری قرار دارد. مقادیر پارامتر BOD بیانگر ورود پساب‌های آلی کشاورزی به رودخانه بعد از ایستگاه ۱ می‌باشد. مقادیر پارامتر نیترات در طول رودخانه گرمارود با افزایش یافته که (Merchán et al (2020 نشان دادند که فضولات انسانی و حیوانی در کنار رودخانه‌ها باعث افزایش میزان نیترات در آب می‌شود و نتایج بیانگر وجود کلی فرم مدفوعی و افزایش آن در طی رودخانه می‌باشد دلیل این امر را می‌توان وجود فعالیت‌های دام‌پروری در کنار رودخانه‌ها و وضعیت نامناسب سیستم مخزن سپتیک ساکنان روستاهای هم‌جوار رودخانه دانست که ممکن است باعث نشت محتوای کلی فرم مدفوعی شود. باکتری‌های کلی فرم مدفوعی در صورت ورود به بدن انسان خطرناک است، زیرا باعث بیماری‌هایی مانند اسهال، سرطان، اسپاسم معده و تورم روده است.

References

- Aazami J., KianiMehr N., Zamani A., Abdolahi Z., Zarein M. and Jafari N. (2019). Water quality assessment of Ghezelozan River in Zanjan Province using NSFQI, IRWQI and Liou. J. Environ. Health Eng., 6(4), 385–400.
- Berry L., Steffy Y. and Shank K. (2020). Development of a water quality index (WQI) for the Susquehanna River basin. S.R.B.C., New York. U.S.A.
- Chen K., Jang S. and Chou Y. (2019). Assessment of spatiotemporal variations in river water quality for sustainable environmental and recreational management in the highly urbanized Danshui river basin. J. Environ. Monit. Assess., 191(2), 100-107.
- Cristable M., Nurdin E. and Wardhana W. (2020). Water quality analysis of Saluran Tarum Barat, West Java, based on national sanitation foundation-water quality index (NSF-WQI). IOP conference series. Earth Environ. Sci., 481(1), 12068.
- Dash S., Borah S., Singh R. and Kalamdhad S. (2020). Seasonal and Spatial variation of DO and BOD for assessment of the

- water quality of Brahmaputra River. In *Recent Developments in Waste Management*, Springer, 473–83.
- Dewata I. (2019). Water quality assessment of rivers in Padang using water pollution index and NSF-WQI method. *Int. J. GEO.*, 17(64), 192–200.
- Hoseinzadeh E., Khorsandi H., Wei C. and Alipour M. (2015). Evaluation of Aydughmush River water quality using the national sanitation foundation water quality index (NSFWQI), river pollution index (RPI), and forestry water quality index (FWQI). *Desal. Water Treat.*, 54(11), 2994–3002.
- Khalili R., Parvinnia M. and Motaghi H. (2020). Evaluation of Bashar River water quality using CCME water quality index. *J. Environ. Sci. Studies*, 5(3), 2807–2814.
- Radwanc A., Abdelmoneim M., Basiony A. and El-Alfy M. (2019). Water pollution monitoring in Idku Lake (Egypt) using phytoplankton and NSF-WQI. *Egypt. J. Aqua. Bio. Fisheries.*, 23(4), 465–481.
- Mahrooyan F., Taghavi L., Sarai Tabrizi M. and Babazadeh H. (2018). Water quality assessment of Qazvin River using NSFWQI Index for water quality classification. *J. Ecobio.*, 12(1), 99-112.
- Merchán D., Sanz L., Alfaro A., Pérez I., Goñi M., Solsona F. Casali J. (2020). Irrigation implementation promotes increases in salinity and nitrate concentration in the lower reaches of the Cidacos River (Navarre, Spain). *J. Sci. Total Environ.*, 706, 135701.
- Mukate S., Wagh V., Panaskar D., Jacobs J. A. and Sawant A. (2019). Development of new integrated water quality index (IWQI) model to evaluate the drinking suitability of water. *J. Ecol. Indicat.*, 101, 348–54.
- Teimouri M., Sheikh V. and Sadoddin A. (2018). Evaluation and comparison of water quality using gray relational analysis and NSFWQI in Shirin-Darreh Dam reservoir. *J. Health Environ.*, 11(2), 169–82.
- Tien C. J., Wang Z. X. and Chen C. S. (2020). Microplastics in water, sediment and fish from the Fengshan River system: relationship to aquatic factors and accumulation of polycyclic aromatic hydrocarbons by fish. *J. Environ. Pollut.*, 265(B), 114962.
- Tokatli C. (2019). Drinking water quality assessment of Ergene River basin (Turkey) by water quality index: essential and toxic elements. *J. Sains Malaysiana*, 48(10), 2071–2081.
- Tung T. M. and Yaseen Z. M. (2020). A survey on river water quality modelling using artificial intelligence models: 2000–2020. *J. Hydrol.*, 585, 124670.
- Wang J., Sui Q., Lyu S., Huang Y., Huang S., Wang B. and Hou S. (2020). Source apportionment of phenolic compounds based on a simultaneous monitoring of surface water and emission sources: a case study in a typical region adjacent to Taihu Lake watershed. *J. Sci. Total Environ.*, 722, 137946.
- Wu Z., Wang X., Chen Y., Cai Y. and Deng J. (2018). Assessing river water quality using water quality index in Lake Taihu basin, China. *J. Sci. Total Environ.*, 612, 914–22.
- Xiao J., Wang L., Deng L. and Jin Z. (2019). Characteristics, sources, water quality and health risk assessment of trace elements in river water and well water in the Chinese loess plateau. *J. Sci. Total Environ.*, 650, 2004–2012.
- Yousefi H., Mohammadi A. and Noorollahi Y. (2019). Analyzing the water quality of Babaheydar Dam in Farsan using NSFWQI analytical method. *J. Watersh. Manage. Res.*, 9(18), 1–11.
- Zooalnoon M. O. and Musa A. (2019). Evaluation of produced water quality by using water quality indices in Heglig Area, Sudan. *J. Water Supply: Res. Technol. AQUA.*, 68(7), 607–615.

Water Quality Assessment of Garmarood River Using the National Sanitation Foundation Water Quality Index (NSFWQI), River Pollution Index (RPI) and Weighted Arithmetic Water Quality Index (WAWQI)

Reza Khalili¹, Mohammad Parvinnia^{2*} and Abolfazl Zali¹

¹M.Sc. Student, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Yasouj University, Yasouj, Iran

²Assist. Professor, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Yasouj University, Yasouj, Iran

*Corresponding author: mparvinnia@yu.ac.ir

Original Paper

Received: July 05, 2020

Revised: August 23, 2020

Accepted: August 30, 2020

Abstract

Rivers are recognized as the most important water supply resources in various sectors, including agriculture water, drinking water, and industrial water. Over recent years, however, urban, industrial, and agricultural sewage have mostly been discharged into rivers. Taking into account that rivers have a limited capacity for toleration of pollutants, river water quality assessment is indispensable. In the present study, three water quality indicators namely the National Sanitation Foundation Water Quality Index (NSFWQI), River Pollution Index (RPI), and Weighted Arithmetic Water Quality Index (WAWQI) were used to assess the quality of Garmarood River water. Sampling was performed at 3 stations along the river during summer and winter of 2019. A variety of parameters namely DO, temperature, BOD, fecal coliform, turbidity, TSS, pH, NH₃-N, and phosphate were measured to calculate NSFWQI and RPI indices. The parameters used to measure WAWQI, included TS, NO₃⁻, chloride, total hardness, SO₄²⁻, Mg, turbidity, pH, and Ca. The results obtained from analysis of the above-mentioned parameters showed that the value of NSFWQI, RPI, and WAWQI indices fall within the 50.66-75.6, 2.25-5.5 and 48.33-55.92 ranges. The results obtained from all 3 indices are indicative of relatively high quality of water at station 1 and poor quality of water at stations 2 and 3.

Keywords: NSFWQI; River; RPI; Weighted Arithmetic Water Quality Index (WAWQI).