University of Tehran Press

Journal of Water and Irrigation Management **Online ISSN: 2382-9931**

Homepage: https://jwim.ut.ac.ir/

Sensitivity assessment of the National Sanitation Foundation Water Quality Index (NSFWQI) and IRan Water Quality Index for Surface Water Resources (IRWQIsc) on the water quality of the Neka River

Mohammad Mazlomi[1] | Ali Hatami[2] | Ali Moridi[3]✉ | Reza Khalili[4]

1. Department of Environmental Engineering, Faculty of Civil, Water and Environmental Engineering, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran. E-mail: m.mazloumimouchani@mail.sbu.ac.ir
2. Department of Environmental Engineering, Faculty of Civil, Water and Environmental Engineering, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran. E-mail: al.hatami@mail.sbu.ac.ir
3. Corresponding Author, Department of Environmental Engineering, Faculty of Civil, Water and Environmental Engineering, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran. E-mail: a_moridi@sbu.ac.ir
4. Department of Water, Wastewater and Environmental Engineering, Faculty of Civil, Water and Environmental Engineering, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran. E-mail: re_khalili@sbu.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received 24 February 2023
Received in revised form
3 April 2023
Accepted 6 June 2023
Published online 12 October 2023

Keywords:
IRWQIsc index
Nekarud River
NSFWQI index
Qualitative assessment

ABSTRACT

In recent years, the improper increase of agricultural activities along riverbanks and discharge of household, agricultural, and industrial wastewater into them has led to a significant reduction in the quality of surface water. Polluted or contaminated water sources can have a negative impact on the entire life cycle. In this study, the trend of changes in the water quality of Neka River, from its source to its connection to the Caspian Sea, has been investigated. Samples were collected at three different points along the river during different seasons in 2021 and were analyzed using IRWQIsc and NSFWQI standards. Results showed that, based on the IRWQIsc index, the river is relatively good quality, and according to the NSFWQI index, it is of moderate quality, but at station 3, the river's quality is relatively poor using both indexes. The overall water quality follows a downward trend from the source to the outlet, with greater declines in quality during warmer seasons due to increased agricultural activities in the river basin, with the largest decrease in quality observed in spring and the smallest decrease in quality in the colder seasons, especially in winter.

Cite this article: Mazlomi, M., Hatami, A., Moridi, A., & Khalili, R. (2023). Sensitivity assessment of the National Sanitation Foundation Water Quality Index (NSFWQI) and IRan Water Quality Index for Surface Water Resources (IRWQIsc) on the water quality of the Neka River. *Journal of Water and Irrigation Management*, 13 (3), 581-592. DOI: https://doi.org/10.22059/jwim.2023.355941.1059

© The Author(s).
Publisher: University of Tehran Press.
DOI: https://doi.org/10.22059/jwim.2023.355941.1059

انتشارات دانشگاه تهران

مدیریت آب و آبیاری

Homepage: https://jwim.ut.ac.ir/

شاپا الکترونیکی: ۹۹۳۱-۲۳۸۲

ارزیابی حساسیت شاخص‌های کیفیت آب بنیاد ملی بهداشت (NSFWQI) و شاخص کیفیت آب سطحی ایران (IRWQIsc) بر کیفیت آب رودخانه نکارود

محمد مظلومی[۱] | علی حاتمی[۲] | علی مریدی[۳]✉ | رضا خلیلی[۴]

۱. گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده مهندسی عمران، آب و محیط زیست، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران. رایانامه: m.mazloumimouchani@mail.sbu.ac.ir

۲. گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده مهندسی عمران،آب و محیط زیست، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران. رایانامه: al.hatami@mail.sbu.ac.ir

۳. نویسنده مسئول، گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده مهندسی عمران،آب و محیط زیست، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران. رایانامه:a_moridi@sbu.ac.ir

۴. گروه مهندسی آب، فاضلاب و محیط زیست، دانشکده مهندسی عمران،آب و محیط زیست، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران. رایانامه:re_khalili@sbu.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۰۵

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۱/۱۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۳/۱۶

تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۷/۲۰

کلیدواژه‌ها:

ارزیابی کیفی

رودخانه نکا رود

شاخص NSFWQI و IRWQIsc

چکیده

در سال‌های اخیر افزایش غیراصولی فعالیت‌های کشاورزی در مسیر رودخانه‌ها و تخلیه فاضلاب‌های خانگی، پساب‌های کشاورزی و صنعتی باعث کاهش شدید کیفیت آب‌های سطحی شده است. منابع آبی آلوده و یا در معرض آلودگی می‌توانند بر روی تمامی چرخه حیات اثر منفی بگذارند. در این پژوهش روند تغییرات کیفیت آب رودخانه نکارود از سرچشمه تا محل اتصال به دریای خزر موردبررسی قرارگرفته است. نمونه‌برداری‌ها در فصول مختلف سال ۱۴۰۰ و در سه ایستگاه در مسیر رودخانه انجام و مورد آنالیز قرار گرفت و مقادیر با استانداردهای IRWQIsc و NSFWQI موردبررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد براساس شاخص IRWQIsc رودخانه در رده کیفی نسبتاً خوب و براساس شاخص NSFWQI در رده کیفی متوسط قرار دارد، اما در ایستگاه (۳) براساس هر دو شاخص رودخانه در رده کیفی نسبتاً بد تا بد قرار دارد. کیفیت کلی آب از سرچشمه به سمت خروجی روندی کاهشی را دنبال می‌کند و کاهش آن در فصول گرم‌تر نسبت به فصول سردتر است بیش‌ترین کاهش کیفیت در فصل بهار اتفاق می‌افتد که به‌دلیل افزایش فعالیت‌های کشاورزی در حوضه رودخانه است و نیز کم‌ترین میزان در فصول سرد به‌ویژه زمستان شکل می‌گیرد.

استناد: مظلومی، محمد؛ حاتمی، علی؛ مریدی، علی؛ و خلیلی، رضا (۱۴۰۲). ارزیابی حساسیت شاخص‌های کیفیت آب بنیاد ملی بهداشت (NSFWQI) و شاخص کیفیت آب سطحی ایران (IRWQIsc) بر کیفیت آب رودخانه نکارود. *نشریه مدیریت آب و آبیاری*، ۱۳ (۳)، ۵۸۱-۵۹۲.

DOI: https://doi.org/10.22059/jwim.2023.355941.1059

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

CC BY NC

۱- مقدمه

آب یکی از حیاتی‌ترین عناصر موجود روی کره زمین است، بدون آب موجودات قادر به ادامه حیات نیستند، تمامی تمدن‌های جهان در طول تاریخ در اطراف منابع آب شیرین شکل‌گرفته و یا راهی برای تأمین آب مصرفی خود ایجاد و یا پیدا کرده‌اند، که می‌توان به استفاده از قنات‌ها، چاه‌ها و استفاده از آب رودخانه‌ها اشاره کرد، ازاین‌رو آب در زندگی انسان از اهمیت بالایی برخوردار است (Mardani *et al*., 2022). یکی از منابع تأمین‌کننده آب شیرین مصرفی ما رودخانه‌ها می‌باشند، ازاین‌رو، تعیین کیفیت آب رودخانه برای ما از اهمیت خاصی برخوردار است چراکه آب خروجی از این رودخانه می‌تواند به‌عنوان آب شرب، آب مصرفی در کشاورزی و صنایع استفاده گردد (Tania *et al*., 2013)، طبیعتاً هرچه کیفیت این آب پایین باشد استفاده از آن برای ما دشوار تراست (Mohammadi *et al*., 2021).در سال‌های اخیر تخلیه بی‌رویه فاضلاب‌های شهری، صنعتی، شیرابه‌ها و زباله‌ها به محیط‌زیست، کاربرد وسیع کودهای کشاورزی و استفاده از آفت‌کش‌ها و حشره‌کش‌ها موجب آلودگی و کاهش کیفیت منابع آبی شده است (Abbasnia *et al*., 2019). با توجه به این‌که ایران دارای اقلیمی خشک و نیمه‌خشک می‌باشد، در تأمین آب با چالشی بزرگ مواجه است (Khalili *et al*., 2021). در کنار کمبود منابع آبی، پیشرفت صنعت سبب بهره‌برداری روزافزون از منابع آبی شده است (Haghnadri *et al*., 2018). از طرفی در سال‌های اخیر صنایع و کارخانه‌ها بدون درنظرگرفتن ملاحظات زیست‌محیطی اقدام به تخلیه پساب خود به آب‌های سطحی کرده‌اند که باعث کاهش شدید کیفیت آب رودخانه‌ها شده است (Khalili *et al*., 2021). جهت بررسی کیفیت آب رودخانه‌ها باید شاخص‌های کیفی آب ازنظر فیزیکی و شیمیایی موردبررسی قرار گیرد که یکی از این روش‌ها استفاده از شاخص‌های کیفی آب (WQI) است. شاخص کیفیت آب برای درجه‌بندی کیفی آب رودخانه‌ها به‌کار می‌رود. این روش معمولاً از مقدار پارامترهای عمومی آب شامل اکسیژن محلول، اسیدیته، سختی، مواد جامد محلول، دما، کدورت، نیترات و برخی یون‌های اصلی به‌دست می‌آید (Lobato *et al*., 2015). مطالعات زیادی در زمینه بررسی کیفیت آب در جهان انجام‌شده است که نمونه‌های آن‌ها در زیر بیان شده است.

Kheyri Soltan Ahmadi (2022) به ارزیابی تحلیلی کیفیت آب در راستای رودخانه مهاباد چای پرداختند و بعد از بررسی شاخص کیفیت آب‌های سطحی ایران (IRWQIsc) نتایج دریافت شده نشان داد که کلیفرم مدفوعی، BOD، COD، نیترات، آمونیوم و کدورت اثرپذیری بیش‌تری در تعیین این شاخص دارند. Khalili (2022) به بررسی رودخانه تالار از استان مازندران ایران پرداختند و با استفاده از ترکیب شاخص‌های کیفیت آب و مدل‌سازی چندمتغیره و استفاده از شاخص WQI به این نتیجه رسیدند که بیش‌تر آب‌های سطحی منطقه موردبررسی برای مصارف آشامیدنی مناسب نیستند. Panbehkar and Amini Rad (2022) به بررسی کیفیت آب رودخانه هراز در مازندران با استفاده از شاخص‌های $IRWQI_{SC}$ و NSFWQI پرداختند. نتیجه این بررسی نشان داد که عوامل بسیاری در کاهش کیفیت آب این رودخانه مؤثرند که از میان تمامی این عوامل فعالیت‌های انسانی در مسیر رودخانه است که بیش‌ترین تأثیر را دارد (Panbehkar and Amini Rad, 2022). به تجزیه و تحلیل کیفیت آب رودخانه دجله در کشور عراق با استفاده از شاخص کیفیت آب (WQI) و نرم‌افزار GIS پرداختند. آن‌ها از ۱۰ ایستگاه در امتداد رودخانه نمونه‌برداری انجام دادند. نتایج بررسی ۱۰ پارامتر نشان داد که وضعیت کیفیت آب رودخانه دجله در پایین‌دست به‌شدت کاهش پیداکرده است. با توجه به مطالعات انجام‌شده بر روی رودخانه‌ها در سراسر دنیا، می‌توان به اهمیت موضوع بررسی کیفیت آب سطحی پی برد. از طرف دیگر، به‌علت اقلیم خشک و نیمه‌خشک کشور ایران این بررسی‌ها از اهمیت مضاعفی برخوردار می‌شوند. با توجه به این‌که رودخانه نکارود در استان مازندران یکی از تأمین‌کننده‌های مهم آب کشاورزی و آشامیدنی شهرستان نکا می‌باشد و در این منطقه با سه ماه کمبود بارش مواجه هستیم و این آب برای بخش‌های وسیعی از اراضی زیر کشت

برنج، گندم، جو، دانه‌های روغنی، پنبه و ... استفاده می‌شود، بررسی کیفیت آب این رودخانه از اهمیت بالایی برخوردار است. در این مطالعه برای بررسی کیفیت آب این رودخانه داده‌ها از سه ایستگاه بالادست و پایین‌دست و میان‌دست رودخانه برداشت‌شده است.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- موقعیت منطقه موردمطالعه

این مطالعه بر روی رودخانه نکا واقع در استان مازندران انجام‌گرفته است. نکارود از کوه شاه البرز در جنوب گرگان سرچشمه می‌گیرد. مساحت حوضه آبریز این رودخانه چیزی در حدود ۱۹۲۲ کیلومترمربع است. این رودخانه در طول ۱۸۰ کیلومتر در این منطقه کشیده شده است. این رودخانه از چندین رودخانه کوچک و بزرگ و زیر حوضه تشکیل‌شده است که روندی شرقی- غربی را طی می‌کند. روند رودخانه در اطراف شهر نکا با یک چرخش ۹۰ درجه به‌صورت شمالی- جنوبی درمی‌آید که شهر نکا بر روی مخروط افکنه این رودخانه شکل‌گرفته است. این رودخانه از میان شهرهای گرگان، کردکوی، بهشهر، بندر گز و نکا می‌گذرد. نکارود در مختصات جغرافیایی طول شرقی ۵۳ درجه و ۳۵ دقیقه و ۵۵ ثانیه و عرض شمالی ۳۶ درجه و ۳۵ دقیقه و ۳۶ ثانیه تا طول شرقی ۵۳ درجه و ۳۴ دقیقه و ۵۱ ثانیه و عرض شمالی ۳۶ درجه و ۴۹ دقیقه و ۳۳ ثانیه واقع‌شده است.

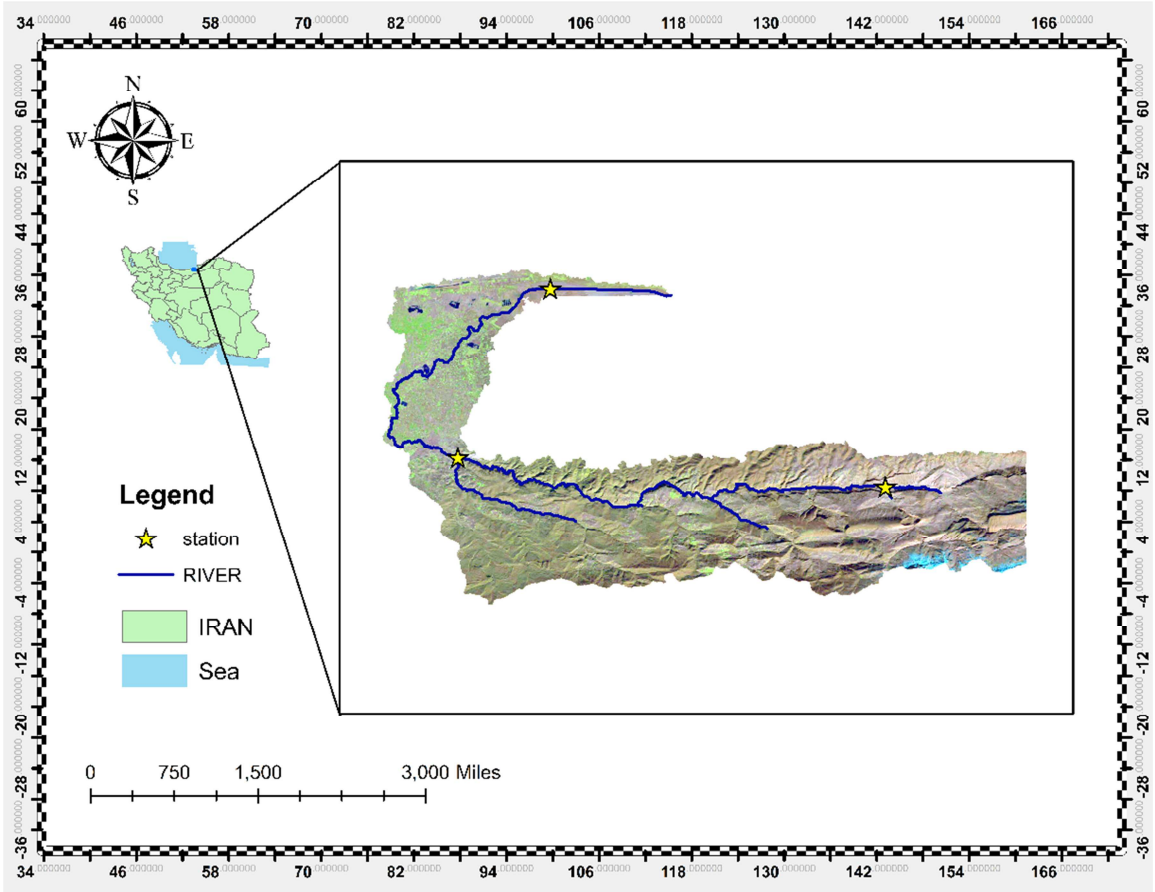

Figure 1. Study area and sampling points

آب‌وهوای منطقه‌ای که نکارود از آن عبور می‌کند در فصول گرم سال معتدل و مرطوب و در فصول سرد سال نسبتاً سرد و خشک می‌باشد (Mardani *et al*., 2022). این منطقه زمستان‌های نسبتاً سرد و طولانی را تجربه می‌کند. در سال‌های اخیر سردترین و گرم‌ترین دمای ثبت‌شده در این منطقه به‌ترتیب ۱۲- و ۴۰+ بوده است.

۲-۲- محل نمونه‌برداری

نمونه‌برداری‌ها از سه ایستگاه در طول رودخانه در یک سال آبی (مهرماه ۱۳۹۹ تا شهریورماه ۱۴۰۰) به‌صورت فصلی انجام شده است. اولین ایستگاه (S1) نمونه‌برداری در سرچشمه در نظر گرفته شد، به‌علت ورود کم‌ترین میزان آلودگی، ایستگاه دوم (S2) در اواسط مسیر رودخانه واقع‌شده که در محدوده شهر نکا قرارگرفته است و احتمال ورود آلاینده‌ها از منطقه مسکونی به داخل رودخانه وجود دارد. ایستگاه سوم (S3) در پایین‌دست مسیر رودخانه در نزدیکی خروجی رود در نظر گرفته‌شده که احتمال وجود بیش‌ترین مقدار آلودگی در آن وجود دارد. جدول (۱) موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه را ارائه داده است.

Table 1. Location of sampling areas

Height (m)	Latitude (degrees-minutes-seconds)	Longitude (degrees-minutes-seconds)	Station
987	36-36-05	53-50-01	St1
58	36-38-11	53-19-47	St2
-29	36-50-03	53-26-20	St3

۲-۳- تعیین پارامترهای فیزیکی و شیمیایی

نمونه‌برداری‌ها در این پژوهش از بخش میانی مقطع رودخانه از عمق ۲۰ سانتی‌متری، در ساعات ابتدایی روز انجام گرفت. نمونه‌ها با بطری‌های شیشه‌ای استریل برداشت و به آزمایشگاه منتقل‌شده است. پارامترهای بررسی‌شده در این مقاله شامل PH، اکسیژن محلول (DO)، رسانایی الکتریکی (EC)، کدورت، NH_3^-، NO_3^-، اکسیژن بیوشیمیایی BOD_5، مد جامد معلق (TSS)، COD، کلیفرم مدفوعی، دمای آب (WT) و PO_4^{-3} است. T، DO، EC و کدورت با استفاده از ابزار الکترونیکی قابل‌حمل در محل نمونه‌برداری اندازه‌گیری شد. نمونه‌های آب برای NO_3^-، NH_3^- و PO_4^{-3} با استفاده از طیف DR 2800^{TM} اسپکتروفتومتری اندازه‌گیری شد. BOD_5 به روش ستون جیوه‌ای با دستگاه هوربیا، TSS به روش وزن سنجی در دمای ۱۰۵-۱۰۷ درجه سانتی‌گراد مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

۲-۴- شاخص کیفیت آب سطحی ایران (IRWQIsc)

IRWQIsc یک شاخص جهت بررسی کیفیت آب سطحی می‌باشد که توسط سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران و با استفاده از شاخص FWQI توسعه پیداکرده است (Ghamarnia *et al*., 2023). IRWQIsc براساس روابط (۱) و (۲) محاسبه می‌شود که در زیر ارائه شده است:

$$IRWQI_{sc} = [\Pi_{i=1}^{n} I_i^{W_i}]^{\frac{1}{\gamma}}$$ رابطه ۱)

$$\gamma = \sum_{i=1}^{n} W_i$$ رابطه ۲)

که در این روابط، I_i: کیفیت آب و W_i: وزن هرکدام از داده‌های برداشته‌شده است که وزن مربوطه به هر پارامتر طبق جدول (۲) به‌دست می‌آید که در زیر ارائه شده است.

Table 2. Weighting table of parameters for IRWQI sc index

Weight	Parameters
0.140	Faecal coliform
0.117	BOD^5
0.108	Nitrate
0.097	Dissolved oxygen saturation
0.096	Electrical conductivity
0.093	COD
0.087	Phosphate
0.059	PH

جدول طبقه‌بندی شاخص مقادیر به‌دست‌آمده IRWQIsc در جدول (۳) در هفت طبقه ارائه شده است.

Table 3. Descriptive classification table of IRWQI sc index (Gholizadeh & Heydari, 2020)

Classification	Index value
Very bad	<15
Bad	15-29.9
Relatively bad	30-44.9
Moderate	45-55
Relatively good	55.1-70
Good	70.1-85
Very good	>85

۲-۵- شاخص کیفیت آب بنیاد ملی بهداشت NSFWQI

شاخص کیفیت آب بنیاد ملی بهداشت (NSFWQI) برای به‌دست‌آوردن کیفیت آب رودخانه از وزن‌دهی به پارامترهای DO، BOD، TDS، کدورت، نیترات، فسفات، دما، PH و کلیفرم مدفوعی استفاده می‌کند (Khamidun, 2022). جهت محاسبه شاخصNSFWQI از رابطه (۳) و با استفاده از وزن‌های جدول (۴) محاسبه می‌شود.

$$NSFWQI = \sum W_i I_i$$ رابطه ۳)

که در اینجا مانند شاخص IRWQIsc مقدار I_i همان مقادیر به‌دست‌آمده محاسبات برای هر یک از مقادیر نمونه‌برداری شده است و W_i نشان‌دهنده وزن هرکدام از این پارامترها در محاسبات است که این وزن دهی‌ها برای هرکدام از نُه پارامتر موردبررسی برای شاخص NSFWQI در جدول (۴) ارائه شده است.

Table 4. Weighting table of parameters for NSFWQI index

Weight	Parameters
0.08	Turbidity
0.11	BOD^5
0.17	DO
0.16	Faecal coliform
0.1	Nitrate
0.11	PH
0.1	Temperature
0.07	TDS
0.1	Phosphate

مقدار نهایی شاخص NSFWQI بین صفر تا ۱۰۰ است که بر مبنای جدول ارائه‌شده در کلاس‌های عالی، خوب، متوسط، بد و خیلی بد قرار می‌گیرد.

Table 5. Descriptive classification table of NSFWQI index (Teimouri *et al*., 2018)

Classification	Index value
Excellent	90.1-100
Good	70.1-90
Modrate	50.1-70
Bad	25.1-50
Very bad	0-25

۳- نتایج و بحث

نتایج تجزیه و تحلیل پارامترها فیزیک و شیمیایی در جدول (۶) نشان داده شده است. کم‌ترین دما در آب رودخانه نکا در ایستگاه S1 (بالادست رودخانه) و بیش‌ترین دما در ایستگاه S3 (پایین‌دست رودخانه) اندازه‌گیری شد. بیش‌ترین دما در فصول گرم سال مقدار میانگین ۲۲/۳ درجه سانتی‌گراد و کم‌ترین دما در فصول سرد سال مقدار میانگین ۱۱/۶ درجه سانتی‌گراد ثبت شد که می‌توان در کنار تفاوت معنادار این دو دما و متغیربودن آب‌وهوای منطقه موردمطالعه به این موضوع هم اشاره کرد.

pH یکی از مهم‌ترین پارامترهای بررسی کیفیت آب می‌باشد که براساس نتایج مشاهده شد که میانگین pHهای رودخانه در سه ایستگاه بررسی‌شده در حد استاندارد قرار دارند. و کم‌ترین مقدار در ایستگاه آخر مشاهده شد که ممکن است به فعالیت استحمام، شست‌وشو، خروجی سرویس‌های بهداشتی در امتداد رودخانه مربوط باشد. اکسیژن محلول (DO) یک عامل بسیار مهم در زندگی آبزیان است و هم‌چنین به‌عنوان معیاری برای پایداری اکولوژیکی مورداستفاده قرار می‌گیرد (Afifah *et al*., 2020). مقدار DO بسیار وابسته به غلظت نمک‌های محلول در آب، دمای آب و فرایندهای بیولوژیکی درون آب است. اکسیژن تولیدشده توسط انجام فرایند فتوسنتز گیاهان و باکتری‌های داخل آب می‌تواند اکوسیستم‌های آبی را از اکسیژن غنی کند (Qu *et al*., 2019). براساس نتایج مقدار DO در مسیر رودخانه در بازه ۶/۵ الی ۹ میلی‌گرم در لیتر بوده که مطابق استانداردهای اعلام شده است. میزان اکسیژن محلول در بالادست رود بسیار بیش‌تر از مقادیر ثبت‌شده در میان دست و پایین‌دست رود است که با توجه عوامل مؤثر بر کاهش PH، بقایای آن فعالیت‌ها مواد آلی را حمل کرده و توسط میکروارگانیسم‌ها تجزیه می‌شود. این فرایند هم‌چنین اکسیژن مصرف کرده و دی‌اکسیدکربن آزاد می‌کند. پارامتر BOD شاخص مهم آلودگی آلی در آب است. این پارامتر در واقع نشان‌دهنده مقدار اکسیژن موردنیاز میکروارگانیسم‌ها برای تخریب بیولوژیکی مواد آلی در آب است (Effendi *et al*., 2021). هرچه مواد آلی در آب بیش‌تر باشند مقدار BOD نیز افزایش می‌یابد (Irham *et al*., 2017). براساس داده‌های تحلیل‌شده بیش‌ترین مقدار این پارامتر در ایستگاه سه و کم‌ترین مقدار آن در ایستگاه (۱) ثبت شده است که این خود نشان‌دهنده افزایش مواد آلی داخل آب است که می‌تواند به‌دلیل ورود فاضلاب‌های شهری، صنایع کشاورزی و یا صنایع کاغذی موجود در منطقه موردمطالعه باشد. پارامتر EC (هدایت الکتریکی) بسیار به میزان جامدات محلول در آب وابسته است که هرچه این مقدار بیش‌تر باشد نشان‌دهنده بیش‌تر بودن جامدات محلول در آب هستند. در کنار این موضوع نمک‌های محلول در آب نیز هرچه بیش‌تر باشند مقدار EC بیش‌تری را شاهد خواهیم بود. رودخانه موردبررسی دارای مقدار میانگین EC ۷۴۸/۹۱ (µs/cm) است که در بازه استاندارد قرار می‌گیرد، اما از بالابودن مقدار EC در ایستگاه (۳) می‌توان نتیجه گرفت که شوری آب و البته مواد جامد محلول در آب زیاد است و این موضوع می‌تواند برای میکروارگانیسم‌های داخل آب کشنده و برای تخم‌گذاری ماهیان مشکلاتی را ایجاد کند که خود بر اکوسیستم منطقه تأثیر بسیاری دارد. از دلایل این اتفاق می‌تواند به وجود زمین‌های کشاورزی در اطراف رودخانه، وجود جاده‌های فراوان در مسیر رودخانه و یا فرسایش خاک حاصل از حذف درختان به هدف تغییر کاربری اراضی اطراف رود اشاره کرد. از طرف دیگر بیش‌ترین EC برای ایستگاه سه در فصل تابستان ثبت‌شده است که از دلایل آن می‌تواند آبیاری بیش‌تر زمین‌های کشاورزی و کاهش بارندگی در تابستان را نام برد. پارامترهای NO_3^-، PO_4^{-3} و NH_4^+ همگی در بازه‌های استاندارد و مطلوب قرار دارند و اختلاف چشم‌گیری بین داده ایستگاه‌ها در فصول بهار، پاییز و زمستان دیده نمی‌شود. این پارامترها معمولاً توسط آب باران، مواد زائد خانگی و البته عمده کودهای کشاورزی به رودخانه منتقل شوند (Saboktakin

et al., 2022) که منبع اصلی پارامترهای NO_3^- و NH_4^+ نیز کودهای مورداستفاده در کشت برنج هستند که با توجه به نتایج بیش‌ترین مقدار در فصل تابستان دیده شد (Gao *et al*., 2020). کدورت ناشی از ذرات معلق یا مواد کلوئیدی است که از انتقال نور در آب جلوگیری می‌کند. این شرایط ممکن است به‌دلیل یک ماده آلی، معدنی و یا ترکیبی از هر دو ایجاد شود (Ahmed *et al*., 2020; Gao *et al*., 2020). این پارامتر با واحد کدورت نفلومتریک (NTU) اندازه‌گیری می‌شود که مقدار بیش‌تر از ۴ NTU به چشم غیرمسلح قابل‌مشاهده است (Prasad *et al*., 2020). کم‌ترین مقدار کدورت در ایستگاه یک و بیش‌ترین مقدار در میان دست رودخانه یعنی ایستگاه دو اندازه‌گیری شده است که می‌توان نزدیک‌بودن مناطق مسکونی به میان‌دست رودخانه و ورود فاضلاب شهری را از علت‌های آن دانست. هم‌چنین هیچ‌کدام از ایستگاه‌ها حتی نزدیک به شرایط مطلوب کدورت نیز نیستند و بیش‌تربودن مقدارشان از ۲۵ میلی‌گرم بر لیتر نشان‌دهنده متوسط‌بودن شرایطشان نسبت به استانداردهای ارائه شده است. کودهای کشاورزی به‌طور عمده به‌دلیل آب‌وهوای بارانی و شیب وارد این رودخانه شده و این شرایط را رقم می‌زنند که عمده این کودها دارای ترکیبات ازته و فسفر می‌باشند. افزایش غلظت این نوع ترکیبات و ترکیبات معدنی دیگر در آب، کیفیت آب را کاهش می‌دهد. این شرایط که جزء آلودگی‌های اولیه محسوب می‌شود شرایط را برای نوعی آلودگی ثانویه، یعنی اوتروفیکاسیون، هموار می‌کند (Han *et al*., 2020). این شرایط تنوع زیستی در آب را تهدید و باعث کاهش ظرفیت یکپارچگی اکوسیستم می‌شود. داده‌های مربوط به‌کلیفرم مدفوعی افزایش چشم‌گیر آن را در طی مسیر رودخانه نشان می‌دهد که این می‌تواند ناشی از صنایع کشاورزی، صنایع کاغذ، تخلیه بی‌رویه فاضلاب‌های شهری و یا رواناب‌های حاصل از طوفان باشد که میانگین بالای این پارامتر و افزایش چشم‌گیر آن از ایستگاه (۱) به ایستگاه (۳) نشان‌دهنده این است که این پارامتر، در کاهش کیفیت آب رودخانه تأثیر بسیار چشم‌گیری دارد و برای بهبود کیفیت رودخانه باید اقداماتی برای کنترل این پارامتر در رودخانه نکا اتخاذ شود.

Table 6. Statistical summary of physical and chemical parameters in the study area

Parameter	Unit	Statistical characteristics	Station 1	Station 2	Station 3	Total values
PH	-	Domain	8.12 - 8.38	8.16 - 8.32	5.93- 8.12	5.93 - 8.38
		Average	8.23±0.82	8.26±0.82	7.02±0.81	7.16±0.81
EC	(µs.cm)	Domain	52 - 60	532 - 595	1350 - 2108	52 - 2108
		Average	55.75±5.57	564.25±56.42	1734.75±173.47	784.91±78.49
Turbidity	(NTU)	Domain	20 - 61	25 - 112	32 - 64	20 - 112
		Average	37.25±3.72	65.75±6.57	46.5±4.65	49.83±4.98
BOD^5	(Mg.L)	Domain	1 - 4	1.5 - 6	3 - 7	1 - 7
		Average	2±0.2	3.62±0.36	5.5±0.55	3.7±0.37
NO_3^-	(Mg.L)	Domain	0.23 - 0.78	0.01 - 3.85	1.89 - 4.83	0.01 - 4.83
		Average	0.38±0.038	1.03±0.1	3.25±0.32	1.55±.0.15
PO_4^{-3}	(Mg.L)	Domain	0 - 0.17	0 - 0.24	0.2 - 1.09	0 - 1.09
		Average	0.09±0.009	0.07±0.007	0.43±0.043	0.19±0.019
COD	(Mg.L)	Domain	1 - 9	3 - 10	5 - 15	1 - 15
		Average	3.5±0.35	5.25±0.52	10.5±1.05	6.41±0.64
DO	(Mg.L)	Domain	7.6 - 9	6.8 - 8.8	6.5 - 8.2	6.5 - 9
		Average	8.4±3.34	8.07±0.8	6.17±0.71	7.21±1.62
Temperature	C	Domain	11 - 23	12 - 24	11 - 26	11 - 26
		Average	16.5±1.65	17.75±1.77	18.5±1.85	17.58±1.75
NH_4^+	(Mg.L)	Domain	0.01 - 0.15	0.03 - 0.19	0.09 - 1.7	0.01 - 1.7
		Average	0.06±0.006	0.07±0.007	0.89±0.08	0.34±0.03
Fecal Coliforms	No.100ML	Domain	45 - 460	480 - 1100	1000 - 2400	45 - 2400
		Average	288.75±28.87	915±91.5	1375±137.5	859.58±85.95

مقادیر محاسبه‌شده برای شاخص کیفیت آب ایران (IRWQIsc) برای سه ایستگاه موردبررسی در چهار فصل سال، در شکل (۲) و مقادیر محاسبه‌شده برای شاخص (NSFWQI) در شکل (۳) ارائه شده است.

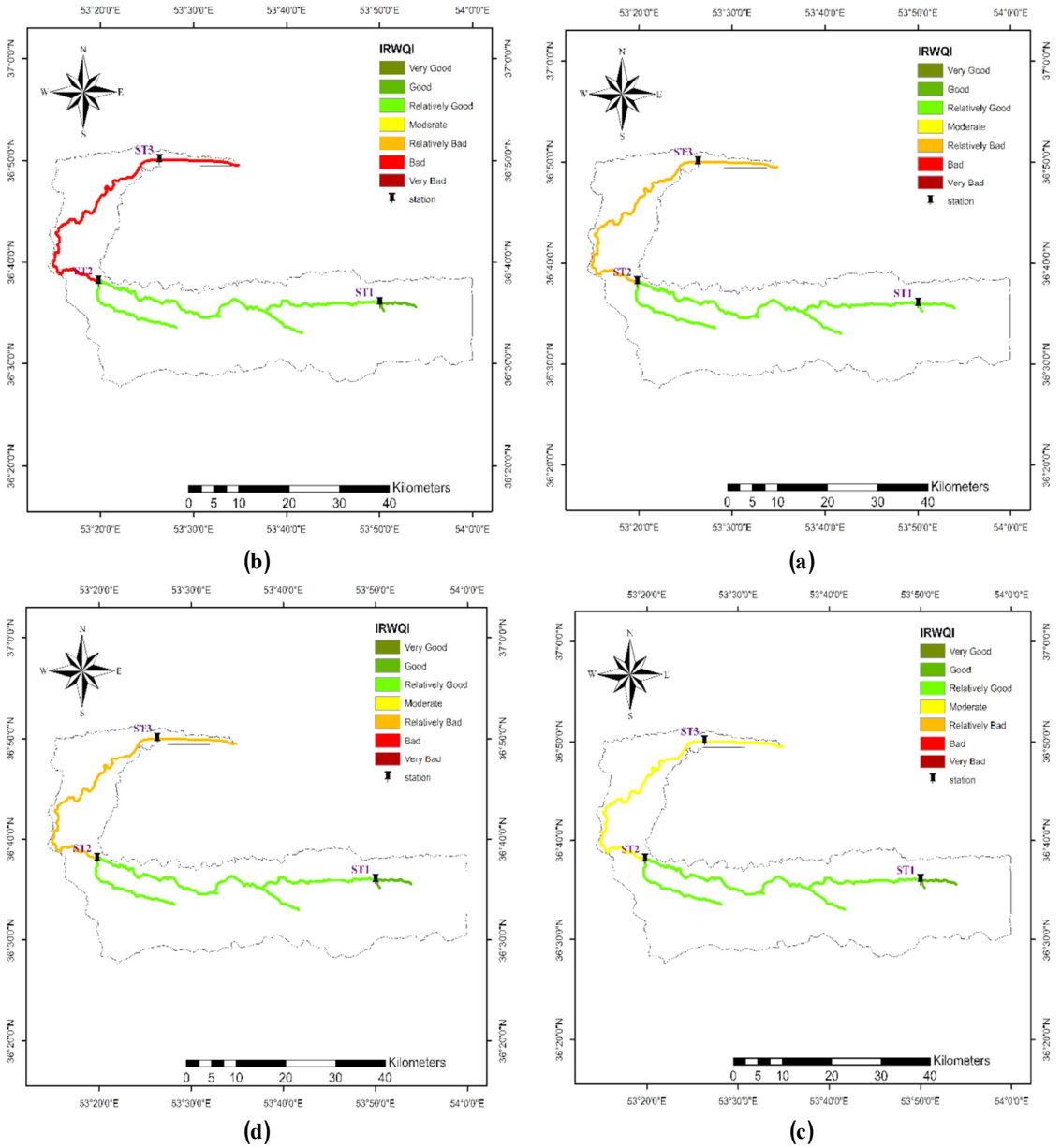

Figure 2. Quality conditions of the river based on the IRWQI sc index in (a) spring, (b) summer, (c) autumn and (d) winter

با توجه به شکل‌های (۲) و (۳) شاخص‌های IRWQIsc و NSFWQI در ایستگاه یک شرایط خوب و نسبتاً خوب را نشان می‌دهد که نشان‌دهنده کیفیت خوب آب در سرچشمه‌ها می‌باشد که این کیفیت به‌علت دوربودن از مناطق مسکونی، کشاورزی و صنعتی می‌باشد. هم‌چنین با توجه به وجود گردشگر و عدم رعایت ملاحظات زیست‌محیطی براساس شاخص IRWQIsc در فصل بهار کیفیت رودخانه در رده نسبتاً خوب قرارگرفته است، اما در ایستگاه (۲) با عبور رودخانه از مناطق شهری و روستایی و متمرکزبودن زمین‌های کشاورزی در اطراف این رود براساس شاخص NSFWQI در پاییز و زمستان شاخص شرایط کیفی متوسط مشاهده شد که دلیل قرارگیری کیفیت آب در طبقه متوسط مقدار نسبتاً بالای مواد و وجود کلیفرم گرماپای می‌باشد که ناشی از زه آب‌های کشاورزی و فعالیت‌های تفریحی و پرورش ماهی و

دامداری در منطقه می‌باشد و هم‌چنین در فصول بهار و تابستان، ایستگاه (۲) شرایط کیفی بد مشاهده شد که علت آن می‌توان افزایش فعالیت‌های کشاورزی و افزایش گردشگر در منطقه باشد، اما براساس شاخص IRWQIsc در ایستگاه (۲) شرایط کیفی نسبتاً خوب دیده شده است که این تفاوت می‌تواند را به حساسیت کم‌تر این شاخص بر تغییرات دما و کل جامدات نسبت داد. هم‌چنین شاخص‌های IRWQIsc و NSFWQI شرایط کیفی رودخانه در ایستگاه (۳) در فصول بهار و تابستان در طبقه کیفی بد و نسبتاً بد قرارگرفته و فصول پاییز و زمستان به‌دلیل کاهش فشار بر روی منابع آب سطحی در رده کیفی خوب و متوسط قرارگرفته است.

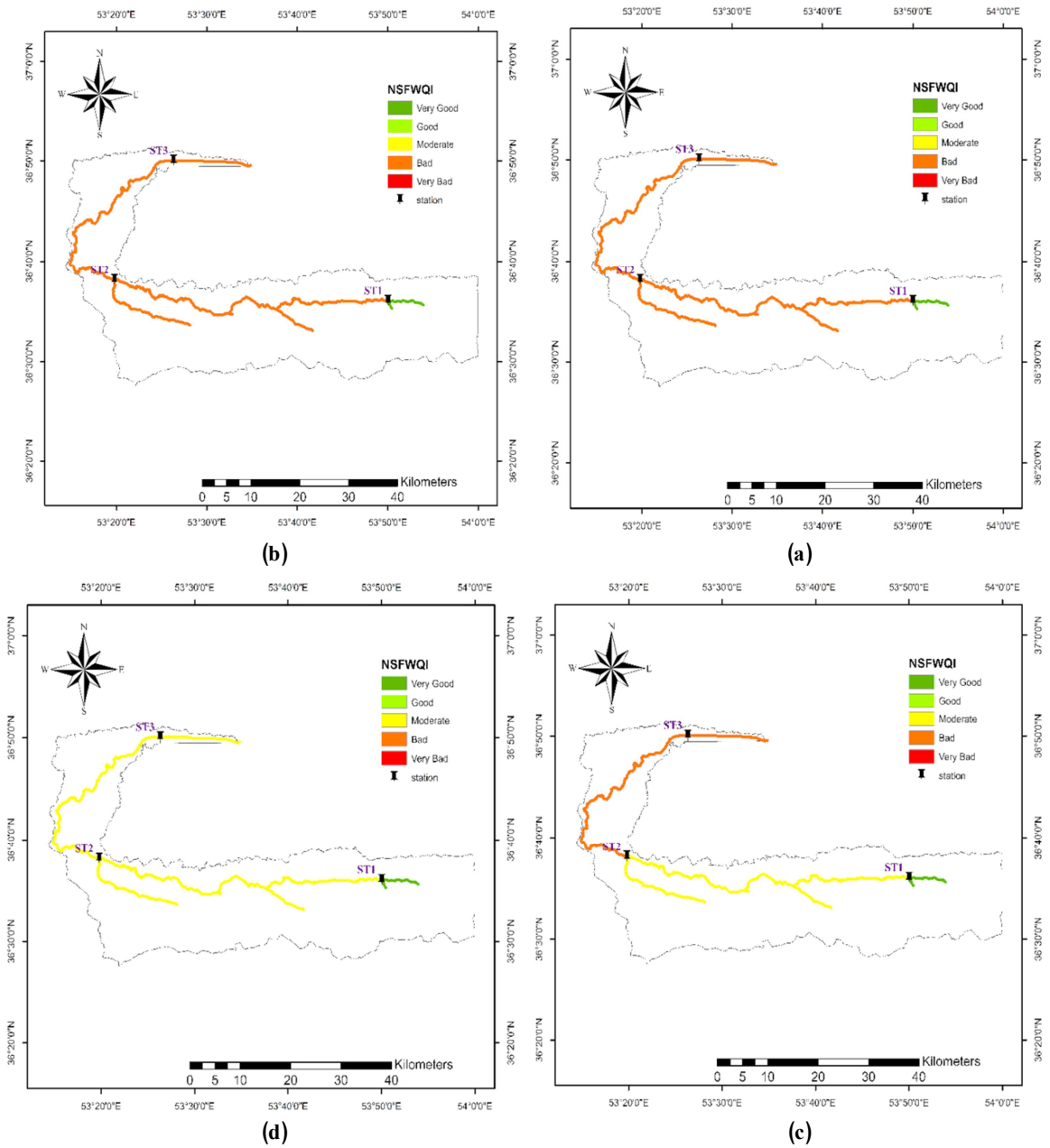

Figure 3. Quality conditions of the river based on the NSFWQI index in (a) spring, (b) summer, (c) autumn and (d) winter

۴- نتیجه‌گیری

با توجه به نرخ رشد جمعیت در سال‌های اخیر و پیش‌بینی‌های مربوطه به رشد روزافزون جمعیت در سال‌های آتی کنترل کیفیت و مدیریت منابع آب از اهمیت سرشاری برخوردار می‌شود. نکارود در منطقه‌ای حاصل خیز با شرایط کشت مناسب، آب، هوای مناسب و با تراکم جمعیت نسبتاً قابل‌توجهی قرار دارد و تأمین‌کننده آب شرب، آب مصارف کشاورزی و صنعتی زیادی است و در اکولوژی و زیستگاه منطقه نیز بسیار تأثیرگذار می‌باشد. با توجه به اهمیت این رود مدیریت و کنترل کیفیت این رود در سال‌های آتی از اهمیت دوچندانی برخوردار خواهد شد. جهت بررسی کیفیت آب این رودخانه پارامترهای کیفیت آب طی یک سال آبی از سه ایستگاه در مسیر این رودخانه برداشت و تجزیه و تحلیل‌های مطابق با شاخص‌های IRWQIsc و NSFWQI بر روی آن صورت گرفته است. نتایج به‌دست‌آمده از این بررسی‌ها شاخص IRWQIsc نشان داد که وضعیت کیفیت آب در دو ایستگاه (۱) و (۲) از حد مجاز استاندارد ملی ایران فراتر نرفته است و در ایستگاه (۳) شرایط کیفی در رده بد و نسبتاً بد قرار گرفت. اما شاخص NSFWQI به‌علت اهمیت بیش‌تر به پارامتر اکسیژن محلول، کلیفرم مدفوعی و pH به‌صورت سخت‌گیرانه‌تر کیفیت رودخانه را موردبررسی قرار داد که براساس نتایج ایستگاه‌های دو و سه در رده کیفی متوسط تا بد قرار گرفتند که از دلایل این اتفاق می‌توان به زمین‌های کشاورزی وسیع در اطراف رودخانه، صنایع کاغذی، تخلیه فاضلاب‌های شهری و روستایی و تغییر کاربری اراضی اطراف رود اشاره کرد. حفاظت منابع آب و جلوگیری از کاهش کیفیت رودخانه نکارود، شناسایی منابع آلاینده (خروجی دامداری‌ها، مرغداری و مزارع پرورش ماهی)، کنترل آلاینده‌های ورودی و هم‌چنین ترویج کشاورزی سالم (بدون استفاده از سموم و کودهای شیمیایی ازته و فسفاته برای جلوگیری از آلودگی رودخانه به مواد مغذی و جلوگیری از تغذیه‌گرایی رودخانه) و استفاده از روش‌های مبارزه بیولوژیکی و طبیعی جهت حفظ کیفیت لازم و ضروری است.

۵- تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافعی بین نویسندگان وجود ندارد.

۶- منابع

Abbasnia, A., Yousefi, N., Mahvi, A. H., Nabizadeh, R., Radfard, M., Yousefi, M., & Alimohammadi, M. (2019). Evaluation of groundwater quality using water quality index and its suitability for assessing water for drinking and irrigation purposes: Case study of Sistan and Baluchistan province (Iran). *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 25(4), 988-1005. (in Persian).

Afifah, A. S., Koko Suryawan, W., & Sarwono, A. (2020). Communications in science and technology microalgae production using pHoto-bioreactor with intermittent aeration for municipal wastewater substrate and nutrient removal. *In Communications in Science and Technology*, 5(2).

Ahmed, T., Zounemat-Kermani, M., & Scholz, M. (2020). Climate change, water quality and water-related challenges: A review with focus on Pakistan. *In International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(22),1-22. (in Persian).

Effendi, H., Prayoga, G., Azhar, A. R., Permadi, T., & Santoso, E. N. (2021). Pollution Index of Cileungsi-Cikeas-Bekasi River. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 744(1), 012015.

Gao, Y., Qian, H., Ren, W., Wang, H., Liu, F., & Yang, F. (2020). Hydrogeochemical characterization and quality assessment of groundwater based on integrated-weight water quality index in a concentrated urban area. *Journal of Cleaner Production*, 260, 121006.

Ghamarnia, H., Palash, Z., & Palash, M. (2023). Evaluation of Golin river quality in Kermanshah province using the standard surface water resources quality index of Iran (IRWQISC). *Journal of Applied Research in Water and Wastewater*, 10(1), 7-14 (In Persian).

Gholizadeh, M., & Heydari, O. (2020). Evaluation of Gorganrood river water quality based on surface water quality indicators in Gonbad Kavous. *Ijhe*, 13(1), 33-48.

Saboktakin, M., Montaseri, H., Eslamian, S., & Khalili, R. (2022). Evaluation of the performance of SWAT model in simulating the inflow to the dam reservoir to deal with climate change (Case study: the catchment area upstream of the ZayandehRoud Dam). *Climate Change Research*, 3(10), 83-104. (In Persian).

Haghnadri, F., Mirzaei, R., & Afzali, A. (2018). Environmental Vulnerability Assessment of Lorestan Province Using Multi Criteria Decision Analysis. *GeograpHy and Environmental Sustainability*, 7(4), 19-34 in persian.

Han, Q., Tong, R., Sun, W., Zhao, Y., Yu, J., Wang, G., Shrestha, S., & Jin, Y. (2020). Anthropogenic influences on the water quality of the Baiyangdian Lake in North China over the last decade. *Science of the Total Environment*, 701, 134929.

Irham, M., Setiawan, I., Kelautan, F., & Perikanan, D. (2017). The Study of Flow Resulting from Wave on Lhonga Beach, Aceh Besar.

Khalili, R., Sabzehmeidani, M. M., Parvinnia, M., & Ghaedi, M. (2022). Removal of hexavalent chromium ions and mixture dyes by electrospun PAN/grapHene oxide nanofiber decorated with bimetallic nickel–iron LDH. *Environmental Nanotechnology, Monitoring and Management*, 18, 100750 .

Khalili, R., Montaseri, H., & Motaghi, H. (2021). Evaluation of water quality in the Chalus River using the statistical analysis and water quality index (WQI). Water and Soil Management and Modelling. (In Persian).

Lobato, T. C., Hauser-Davis, R. A., Oliveira, T. F., Silveira, A. M., Silva, H. A. N., Tavares, M. R. M., & Saraiva, A. C. F. (2015). Construction of a novel water quality index and quality indicator for reservoir water quality evaluation: A case study in the Amazon region. *Journal of Hydrology*, 522, 674-683.

Mardani, R., Montaseri, H., Fazeli, M., Khalili, R., & Esmaeili, H. (2022). Spatio-temporal variation of meteorological drought and its relation with temperature and vegetation condition indices using remote sensing and satellite imagery in Marvdasht city. Water and Soil Management and Modelling. (In Persian).

Mohammadi, H., Khalili, R., & Mohammadi, S. (2021). Forecasting future temperature and precipitation under the effects of climate change using the LARS-WG climate generator (Case Study: South Zagros Region of Iran). *Nivar*, 45(114-115), 137-153. (In Persian).

Panbehkar, M., & Amini Rad, B. (2022). The effect of Magnesium Aminoclay (MgAC) nanomaterials on Chlorella sorokiniana pa.91 native microalgae growth in Sari culture medium. *Mdrsjrns*, 22(4), 121-156.

Prasad, S., Saluja, R., Joshi, V., & Garg, J. K. (2020). Surface Water Quality Assessment Using Multivariate Statistical Technique and Water Quality Index (Wqi) Modelling in the Upper Ganga River, India. *Poll Res*, 39(4), 1047-1060.

Qu, B., Zhang, Y., Kang, S., & Sillanpää, M. (2019). Water quality in the Tibetan Plateau: Major ions and trace elements in rivers of the "Water Tower of Asia". *Science of The Total Environment*, 649, 571-581.

Teimouri, M., Sheikh, V., & Sadoddin, A. (2018). Evaluation and comparison of water quality using gray relational analysis and NSFWQI in Shirin-darreh dam reservoir. *Iranian Journal of Health and Environment*, 11(2), 169-182 (in Persian).

Tania, M., Radu, M., Dan, V., Rodica, V., & Mihnea, M. (2013). Water quality assessment of the nadas river (romania) in terms of NSF water quality index. Analele Universitaþii Din Oradea, Fascicula Protecþia Mediului, 21.

Kheyri Soltan Ahmadi, R., Nazarnezhad, H., & Asadzadeh, F. (2022). Assessment of heavy metal pollution in surface sediments of Mahabad Chairiver. *Journal of Environmental Health Research*, 8(1), 46-58. (In Persian).