Shahid Chamran University of Ahvaz

Irrigation Sciences and Engineering (JISE)
Vol. 47, No. 3, Fall 2024, p. 107-121

Journal homepage: https://jise.scu.ac.ir

Research Paper

EXTENDED ABSTRACT

Comparative evaluation of Karoon river status based on water quality and pollution indices (case study: Bavi county)

K. Hamidi [1], M. Cheraghi[2*] and K. Almasieh[3]

1- MSc student os Ecohydrology, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan.
2- Corresponding Author, Department of Nature Engineering, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran, (Cheraghi.mitra@asnrukh.ac.ir).*
3- Department of Nature Engineering, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran.

ARTICLE INFO

Artlcle history:
Received: 27 April 2024
Revised: 20 June 2024
Accepted: 22 June 2024

Keywords:
Water Quality, NSFWQI, IRWQIsc, Liou.

TO CITE THIS ARTICLE:

Hamidi, K., Cheraghi, M., Almasieh, K. (2024). 'Comparative evaluation of Karoon river status based on water quality and pollution indices (case study: Bavi city)', *Irrigation Sciences and Engineering*, 47(3), pp. 107-121. doi: 10.22055/jise.2024.46748.2125

Introduction

Nowadays, due to the expansion of urbanization, the emergence of various industries and the increase in the level of social well-being, irreparable damage has been caused to the environment, including the loss of forests and rangelands, the discharge of urban and industrial wastewater into rivers and seas, and the lack of drinking water resources pointed out that it has caused problems for humans (Zhang et al., 2010). In terms of quantity and quality, water is one of the most important and vital parts of any ecosystem and affects all its aspects. Reducing the amount of water flow and its quality have important negative effects on the ecosystem and its organisms. Therefore, determining the flow regime and water quality of the river is an important factor determining the health of the river (Razzaghi Rezaieh et al., 2017). Water quality indicators (WQI) are one of the best and easiest ways to determine the status and conditions of water quality, which determine the quality characteristics of water without statistical and mathematical complications; used for quality and necessary decisions. (Hassan Khan et al., 2011).

Zamani et al. (2020) investigated the water quality of Beheshtabad river using the Liou pollution index measured along the river at 7 selected stations during six months. The results showed that the Liou pollution index was in a good quality range and the parameters were within the standard range. All three indicators were within the good quality of water in the study area.

Methodology

In the current research, to analyze the water quality characteristic of Karoon River in Bavi county, the methods of NSFWQI and IRWQIsc quality indicators of Liou pollution index were used and evaluated.

NSFWQI ,IRWQIsc and Liou INDEX

Equation (1) was used to calculate the NSFWQI index. This index It is based on 9 parameters such as: BOD, DO, nitrate, total phosphate, temperature change, turbidity, total solids, pH, and Fecal

Coliform. (Shokohi and Bahmani, 2021). In this equation, W_i is the weight parameter, Q_i is the quality parameters and n is the number of calculation parameters of this index and it is classified according to table (1). Equation (2) was used to calculate the IRWQIsc index based on 11 parameters. In this index, each parameter has a specific weight, and the value of each index for each parameter is obtained using its ranking curve, and the Landa value is equal to the sum of the weights (Table2) (Radwanc et al, 2019).

$$NSFWQI=\sum_{n=1}^{n} Wi\ Qi \quad (1)$$

$$IRWQIsc = \left(I_i^{Wi}\right)1/\lambda \quad (2)$$

Table 1- National Sanitation Foundation Water Quality Index (Mohseni Bandpey et al., 2014*)*

Parameters	Coluors	Value	Rank
great	blue	90-100	I
good	green	70-90	II
medium	yellow	50-70	III
bad	orange	25-50	IV
Very bad	red	0-25	V

Table 2- Classification of surface water quality of Iran based on IRWQIsc index (Mazlomi et al., 2023)

Parameters	Values
Great	85-100
Good	70-85
Relatively good	55-70
Medium	45-55
Relatively bad	30-45
Bad	15-30
Very bad	0-15

The Taiwan Environmental Protection Agency has used this index as water quality data to classify stations in order to check water quality. In equation 3, S_i is the index score for classification of pollution Table (3) and its average value is checked with four parameters (Liou and et al. 2003).

$$RPI=1/4\sum_{n=1}^{4} Si \quad (3)$$

Table 3- - Parameters and classification of River Pollution Index (Aminpour Shiani et al., 2016)

Parameters				
	No pollution	Undeniable pollution	Moderate pollution	High pollution
DO	>6.5	4.6-6.5	2-4.5	<2
BOD	<3	3-4.9	5-15	>15
TDS	<0.5	0.5-0.99	1-3	>3
NH4	<20	20-49	50-100	>100
Index score Si	1	3	6	10
Value RPI	2>	2-3	3.1-6	>6

Interpolation

ArcGIS 10.3 software and the weighted interpolation technique were used to create a spatial distribution map for measuring water quality, enabling estimation at other points with known coordinates. Inverse Distance Weighted (IDW) interpolation methods have been used (Equation 4) and its validation was investigated by using equation (5).

$$\sum_{x=1}^{n}(\mathrm{x})\ z(x) = \frac{1}{n} \quad (4)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1\ \sum_{i=n}^{N}(X_{i-}X_i)^2}{N}} \quad (5)$$

Results and Discussion

According to the Table (4), the values of the measured indicators showed that the highest and lowest values of the NSFWQI index were in November and February respectively; on average, it is placed in the average quality ranking with a value of 55. One of the most important reasons for the reduction of this index is the presence of water pumping stations of Ramin power plant and Yadgar Imam power plant to the river, which increases the pollution of this part of the river. In addition, according to the IRWQIsc index, the water quality of the Karoon River was the lowest value in September with average quality, and relatively good quality in August. Total hardness and high dissolved oxygen were ranked in the worst water quality. It is also ranked as average. Based on the LIOU pollution index, it will be more able to moderate pollution than the NSFWQI index based on Table(3). Based on this index, in July with a value of 3.8, it is relatively polluted and in October with a value of 5.1, it is also ranked as relatively polluted. Due to the presence of agricultural and industrial wastewater along the Karoon river, of the lack of high quality for drinking was verified and needs to be purified. The IDW interpolation method was found to be more accurate in estimating data. The NSFWQI index showed the highest quality of water at Kot Sayed Sultan, while the Liou index indicated medium pollution at Zargan and Ramin power plant. The IRWQIsc index showed the highest quality of water at Kot Seyed Sultan, while the green index indicated average quality at Ramin power plant. These results suggest the IDW method is more accurate in estimating water quality (Figure1).

Table 4-the numerical value of indices in Karoon river

Index	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sepr	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar
Liou	4.1	4	4.3	3.8	3.9	4.3	5	3.9	4.1	4.3	3.8	4.1
IRWQIsc	58	54	56.7	57.7	61.7	48.9	49.2	57	54.2	55.1	54	49.9
NSFWQI	58.5	58.9	54.4	56.7	59.2	55.3	54.1	59.5	53.4	53	47.1	50

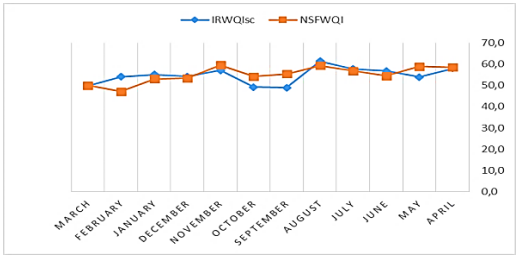

Fig 1- Monthly chart of water quality change

Conclusion

In the current research, using quality indicators and water pollution as the most important water quality indicators,the water quality of the Karoon River was ananlyzed.Due to the fact that many studies and researches have not been done to investigate the water quality of Iranian rivers in terms of quality grading, the use of NSFWQI, IRWQI and Liou techniques are suitable as simple methods for the initial knowledge of river quality and can be used by managers and engineers for quality protection planning. Regular monitoring of rivers in a targeted manner planning and appropriate design and then grading it with the method of qualitative indicators provide the possibility of access

to changes and qualitative developments and predicting pollution reduction measures in the river catchment area for managers and officials.

Acknowledgements

This article is a part of the master's thesis of Khuzestan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. Also, the authors of the article are grateful to Khuzestan Water and Wastewater Department for Cooperation in sampling and laboratory analysis.

References

1. Aminpour Shiani, S., Mohamadi. M., Khaledian, M. and Mirroshandel, A., 2016. Water Quality Evaluation of Gazroudbar River Using NSFWQI and Liou Indices. *Wetland Ecobiology*, 8, 63-74 (In Persian). http://jweb.iauahvaz.ac.ir/article-1-407-fa.html.

2. Hassan Khan, H., A. Khan, S., Ahmed and J. Perrin,. 2011. GIS-based impact assessment of land-use changes on groundwater quality: study from a rapidly urbanizing region of South India. *Environmental Earth Sciences* 63(6): 1289-1302 doi:10.1007/s12665-010-0801-2

3. Liou, S. M., Lo, S. L. and Hu, C. Y., 2003. Application of two-stage fuzzy set theory to river quality evaluation In Taiwan. *Water Research*, 37(6): 1406-1416. https://doi.org/10.1016/S0043-1354(02)00479-7

4. Mazlomi, M., Hatami, A., Moridi, A., & Khalili, R., 2023. Sensitivity assessment of the NationalSanitation 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. https://doi.org/ 10.22059/jwim.2023.355941.1059

5. Mohseni Bandapay, A. Majlisi, M. Kazempour, A., 2014. Investigation of the water quality of the Gol Gol River in Ilam based on NSFWQI water quality index, *Health Quarterly in Shahid Beheshti University of Medical Sciences*, No. 4, pp. 45-53. (In Persian)

6. Radwanc, A. Abdelmoneim, M. Basiony, A and El-Alfy M,. 2019. Water pollution monitoring in Idku Lake (Egypt) using phytoplankton and NSFWQI. *Egypt. J Aqua. Bio. Fisheries*., 23(4), 465–481 doi:10.21608/ejabf.2019.57161

7. Razzaghi Rezaieh, A. Ahmadi. H, Haq Doust, N.A, Hissari, B,. 2017. Evaluating the environmental flow of the river with ecohydrology methods (case study: Mahabadcha River). *Water and Soil Conservation Research*, pp. 47-60. (In Persian). doi: 10.22069/JWSC.2019.14563.2939.

8. Shokohi. A.R and Bahmani. O., 2021. A comparative study of NSFWQI and IRWQISC indices in the quality assessment of rivers. *Journal of water and soil resources protection*, 10th year, number 3. https://sid.ir/paper/412651/fa.

9. Zamani Ahmad Mahmoudi, R. Fathi, E. Bayati, S., 2019. victim of Dashtaki, Pune. Investigating the water quality of Behesht Abad river using Liou pollution index and main watersheds. *Water and Soil Journal (Agricultural Sciences and Industries).* Volume 33, Number 3, p. 417_405. doi: 10.22067/jsw.v0i0.79102 (In Persian) .

10. Zhang J, Shen Z, Shan W, Chen Z, Mei Z, Lei Y,. 2010. Adsorption behavior of phosphate on lanthanum (III) doped mesoporous silicates material. *Journal of Environmental Sciences (China),*; 22(4): 507-11. https://doi.org/10.1016/S1001-0742(09)60141-8.

© 2024 Shahid Chamran Universiry of Ahvaz, Ahvaz, Iran. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0 license) (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

علوم و مهندسی آبیاری جلد ۴۷، شماره‌ی۳، پاییز ۱۴۰۳، مقاله پژوهشی، ص. ۱۲۱-۱۰۷

ارزیابی مقایسه‌ای وضعیت رودخانه کارون براساس شاخص‌های کیفیت آب و آلودگی (مطالعه موردی: شهرستان باوی)

کبری حمیدی[۱]، میترا چراغی[۲*] و کامران الماسیه[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد اکوهیدرولوژی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی.
۲*- نویسنده مسئول، دانشیار گروه مهندسی طبیعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی
cheraghi.mitra@asnrukh.ac.ir
۳- دانشیار گروه مهندسی طبیعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی.

دریافت: ۱۴۰۳/۰۲/۰۸ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۳/۳۱ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۴/۰۲

چکیده

رودخانه‌ها از مهم‌ترین منابع آب هستند که نقش مهمی در تأمین آب مورد نیاز فعالیت‌های مختلف مانند کشاورزی، صنعت و شرب دارند. بنابراین تعیین رژیم جریان و کیفیت آب رودخانه یک عامل مهم تعیین‌کننده سلامت رودخانه است. در این پژوهش، برای تعیین کیفیت و پهنه‌بندی آب رودخانه کارون (محدوده شهرستان باوی) با استفاده از شاخص IRWQISC، شاخص کیفی NSFWQI و شاخص آلودگی Liou، نمونه‌برداری ماهانه از آب از فروردین تا اسفند ماه ۱۴۰۲ انجام شد. استفاده از این سه شاخص و ارائه آن‌ها به‌صورت نقشه‌های پهنه‌بندی، یک رویکرد جامع برای ارزیابی و مدیریت کیفیت آب فراهم می‌کند تا امکان درک بهتر سلامت و پایداری منابع آب توسط مدیران و تصمیم‌گیرندگان صورت گیرد. بر اساس نتایج شاخص IRWQISC، کیفیت رودخانه در رده متوسط تا نسبتاً خوب بوده در حالی که بر اساس شاخص NSFWQI، آب رودخانه در طبقه کیفی بد تا متوسط و بر اساس شاخص Liou، در طبقه نسبتا آلوده قرار دارد. به نظر می‌رسد که شاخص NSFWQI و شاخص Liou سخت‌گیرانه‌تر برخورد می‌کنند اما می‌توانند شاخص‌های مناسبی برای استفاده و ارزیابی کیفیت آب برای مصارف مختلف باشند. با توجه به کاهش کیفیت آب از ایستگاه‌های بالادست به سمت پایین‌دست محدوده مورد مطالعه، تأثیر فعالیت‌های صنعتی، زه‌آب‌های کشاورزی و فاضلاب‌های شهری را نباید نادیده گرفت و پایش مداوم کیفیت آب در این محدوده ضروری می‌باشد.

کلید واژه‌ها: کیفیت آب، NSFWQI، IRWQISC، Liou .

مقدمه

امروزه به‌دلیل گسترش شهرنشینی، ظهور انواع صنایع و افزایش سطح رفاه اجتماعی، صدمات جبران‌ناپذیری به محیط زیست وارد شده که از آن جمله می‌توان به از بین رفتن جنگل‌ها و مراتع، تخلیه فاضلاب‌های شهری و صنعتی به رودخانه‌ها و دریاها، کاهش ضخامت لایه ازن و کمبود منابع آب شرب اشاره کرد که سبب ایجاد مشکلاتی برای بشر شده است (Zhang et al., 2010). از نظر کمی و کیفی، آب یکی از مهم‌ترین و حیاتی‌ترین بخش‌های هر اکوسیستم است و همه جنبه‌های آن را تحت تأثیر قرار می‌دهد. کاهش مقدار جریان آب و کیفیت آن، اثرهای منفی مهمی بر اکوسیستم و زیست‌مندان آن دارند. بنابراین تعیین رژیم جریان و کیفیت آب رودخانه یک عامل مهم تعیین کننده سلامت رودخانه است (Razzaghi Rezaieh et al., 2017). شاخص‌های کیفیت آب (Water Quality Index) یکی از بهترین و ساده‌ترین راه‌ها برای تعیین وضعیت و شرایط کیفیت آب هستند که بدون پیچیدگی‌های آماری و ریاضی، مشخصات کیفی آب را تعیین و برای ایجاد تصمیم‌های لازم مورد استفاده قرار می‌گیرد (Hassan Khan et al., 2011).

یکی از مهم‌ترین این شاخص‌ها می‌توان به شاخص کیفیت آب بنیاد ملی بهداشت (National Sanitation Foundation Water Quality Index) اشاره کرد. این معیار برای ارزیابی کیفی آب توسط Brown et al (1972) توسعه داده شد. اهمیت ملی و هم‌چنین به‌کارگیری ساده این شاخص، جایگاه آن را در فضای کارشناسی کیفیت آب توسعه داد تا آن‌جا که علی‌رغم گذشت زمان طولانی از توسعه این روش، هم‌چنان کارایی خود را حفظ کرده است. این شاخص شامل نه پارامتر، اکسیژن خواهی بیوشیمیایی، اکسیژن محلول، کدروت، pH، کلی‌فرم مدفوعی، فسفات، نیترات، دما و کل جامدات معلق (Total Suspended Solids) است و 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 (Shokohi and Bahmani, 2021). یکی دیگر از شاخص‌ها،

DOI: 10.22055/JISE.2024.46748.2125

شاخص آلودگی (Liou) است که توسط Liou et al (2003) یافت. این شاخص برای تعیین سلامت رودخانه بوده و در آن به پارامترهای انتخاب شده امتیاز استانداردی بر اساس منحنی‌های دسته‌بندی داده می‌شود. این شاخص شامل چهار پارامتر اکسیژن‌محلول، اکسیژن‌خواهی بیوشیمیایی، مواد جامد معلق و نیتروژن آمونیاکی است. در مطالعه Aminpour (2016) Shiani et al، کیفیت آب رودخانه گازرودبار با استفاده از شاخص کیفی NSFWQI و شاخص آلودگی Liou در طی ۱۲ ماه بررسی شد. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که میانگین شاخص کیفی در محدوده ی ۵۰ تا۶۰ و شاخص آلودگی ۱/۱ تا ۳/۸۵ قرار دارد که بر اساس شاخص کیفی در رده متوسط و بر اساس شاخص آلودگی در رده اندکی آلوده قرار گرفته است. Zamani et al. (2019) کیفیت آب رودخانه بهشت‌آباد را با استفاده از شاخص آلودگی Liou در هفت ایستگاه انتخابی در طول رودخانه به مدت شش ماه ارزیابی کردند. نتایج نشان داد که شاخص آلودگی Liou در محدوده کیفی خوب و هم‌چنین پارامترها در حد استاندارد واقع شدند.

Khalili et al. (2020) به‌منظور 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) در طی رودخانه در دو بازه زمانی تابستان و زمستان سال ۱۳۹۸ استفاده کردند که هر سه شاخص بیان‌گر کیفیت خوب آب منطقه مورد مطالعه است. Gholizdeh و Heydari (2020) به ارزیابی کیفیت آب رودخانه گرگان‌رود بر پایه شاخص‌های کیفی IRWQISC، NSFWQI و شاخص آلودگی Liou و مقایسه آن‌ها با استانداردهای جهانی پرداختند و ۱۲ پارامتر در طول رودخانه از خرداد ماه ۱۳۹۷ تا اردیبهشت ۱۳۹۸ را سنجش کردند. نتایج نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین مقادیر اکسیژن خواهی بیوشیمیایی و کلی‌فرم مدفوعی با مقادیر استاندارد وجود دارد. همچنین نتایج شاخص‌های کیفیت آب بیان‌گر تأثیرات بسیار زیاد خروجی فاضلاب‌های شهری و زباله‌های انسانی در حریم رودخانه است. بالاترین وضعیت کیفی مربوط به ایستگاه یک که دسترسی کمتری برای توسعه فعالیت‌های انسانی وجود داشت، بود. Shanmugasundharam et al. (2023) کیفیت آب رودخانه Karamana در سواحل غربی هند را با استفاده از شاخص کیفیت آب (WQI) ارزیابی کردند. اکثر ایستگاه‌ها، کیفیت آب مناسب تا خوب را نشان دادند و ایستگاه‌هایی که در آن فعالیت‌های انسانی غالب بودند، در طبقه آلوده قرار گرفتند.

Shamsaii et al. (2005)، به بررسی و پهنه‌بندی کیفیت آب رودخانه کارون در سال‌های ۱۳۸۱ تا ۱۳۸۳ پرداختند. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که وضعیت کیفی رودخانه کارون در طبقه بد تا خیلی بد قرار دارد. Salari et al. (2013) در مطالعه‌ای در فصل تابستان، کیفیت آب رودخانه کارون را در محدوده اهواز و دارخوین با استفاده از شاخص WQI، بد اعلام کردند در حالی که در تحقیق Hosseini et al (2013)، وضعیت رودخانه کارون در سه ایستگاه در شهر اهواز بر اساس شاخص WQI، متوسط اعلام شده است و Madadnia et al. (2015) نیز به نتایج مشابهی دست یافتند. Nezhadafzali et al. (2024) به پهنه‌بندی کیفیت آب رودخانه کارون در کلان شهر اهواز با استفاده از روش سنجش از دور و شاخص کیفی NSFWQI پرداختند. نتایج پهنه‌بندی این شاخص نشان داد از سال۹۲ تا ۹۴ کیفیت آب رودخانه کارون روند نزولی داشته و در رده بد قرار می‌گیرد. کیفیت آب در سال ۹۳ بهتر از سال ۹۲ بوده ولی دوباره در سال ۹۴ روند نزولی داشته است. با توجه به بررسی مطالعه‌های انجام شده در رودخانه کارون، مشاهده می‌شود که کیفیت آب رودخانه کارون در بازه‌های زمانی مختلف تحت تأثیر آلاینده‌های مختلفی از جمله زه‌آب‌های کشاورزی و فاضلاب‌های شهری و صنعتی قرار داشته است. بنابراین پایش وضعیت کیفیت رودخانه و روند تغییرات آن در طول زمان و مکان با هدف آگاهی از وضع حاکم و اتخاذ تمهیدات مورد نیاز احتمالی در آینده، ضروری به نظر می‌رسد. در موضوعات آلودگی و تعیین کیفیت آب، پایش دوره‌ای بسیار مهم است و با توجه به اینکه، شاخص‌های مختلفی در این زمینه استفاده می‌شود، از این‌رو ارزیابی مقایسه‌ای این شاخص‌ها و ارائه آن‌ها به‌صورت نقشه‌های پهنه‌بندی، یک رویکرد جامع برای ارزیابی و مدیریت کیفیت آب فراهم می‌کند تا امکان درک بهتر سلامت و پایداری منابع آب توسط مدیران و تصمیم‌گیرندگان صورت گیرد. به عبارت دیگر، شاخص‌های تعیین کیفیت و آلودگی، تصویر جامعی از وضعیت یک بدنه آبی را ارائه می‌دهند که بر اساس آن، می‌توان برای اهداف مختلفی مانند شرب، کشاورزی، ماهیگیری و ... برنامه‌ریزی کرد. تفاوت اصلی بین این شاخص‌ها در نحوه ارزیابی آلودگی، تعداد، انواع و وزن پارامترهای مورد استفاده در شاخص است. از این‌رو در پژوهش حاضر برای تجزیه وتحلیل مشخصه کیفی آب رودخانه کارون در محدوده شهرستان باوی، از روش شاخص‌های کیفی NSFWQI، IRWQIsc و شاخص آلودگی Liou استفاده شده است تا ضمن ارزیابی تغییرات زمانی و مکانی کیفیت آب این رودخانه، نقشه‌های پهنه‌بندی این شاخص‌ها برای تصمیم‌گیری و مدیریت بهینه این رودخانه ارزشمند ارائه شوند.

موقعیت جغرافیایی

رودخانه کارون از ارتفاعات زاگرس سرچشمه گرفته با طول ۹۵۰کیلومتر یکی از طولانی‌ترین رودخانه‌های ایران است که پس از عبور از زاگرس، وارد دشت ساحلی و خلیج فارس می‌شود (Azhdari and Rostami, 2005). رودخانه پس از عبور از شهر اهواز، هم‌چنان مسیر جنوبی را ادامه داده تا در نزدیکی خرمشهر به بهمن‌شیر و اروندرود متصل می‌شود (Saif and

Najmi, 2013). موقعیت ایستگاه‌های هیدرومتری در شکل (۱) نشان داده شده است.

انتخاب ایستگاه‌های مورد نظر و نمونه‌برداری

برای دست‌یابی به اهداف پژوهش، ۱۰ ایستگاه در منطقه مورد مطالعه انتخاب گردید و در طی فروردین تا اسفند ماه ۱۴۰۲ نمونه‌برداری از آب با سه تکرار انجام شد. برای نمونه‌برداری آب از ظروف یک لیتری که اسیدشوئی شده و با آب مقطر شسته شدند، استفاده شد. سپس در هر ایستگاه نمونه‌برداری، بطری نمونه‌برداری ابتدا با نمونه آب مورد نظر پر و خالی شده و سپس از آب مورد نظر پر شد. نحوه سنجش پارامترها در جدول (۱) آورده شده است. سپس با استفاده از شاخص‌های کیفیت آب و شاخص‌های آلودگی به شرح ذیل، وضعیت آب رودخانه کارون در محدوده شهرستان باوی تعیین شد.

شاخص کیفیت آب NSFWQI و IRWQIsc

در به کارگیری شاخص، NSFWQI، از نه پارامتر اصلی که قبلاً به آن‌ها اشاره شده است، استفاده گردید. از رابطه (۱) برای محاسبه شاخص استفاده شد که در این رابطه W_i پارامتر وزن در جدول (۲) و Q_i پارامترهای کیفیت و n نیز تعداد پارامترهای مورد استفاده در محاسبه این شاخص می‌باشد و طبق جدول (۳) طبقه‌بندی می‌شود. شاخص IRWQIsc شاخصی تلفیقی از NSFWQI و BCEQI می‌باشد که بر اساس نظریات کارشناسی سازمان حفاظت محیط زیست ایران طراحی شده‌است (راهنمای محاسبه کیفیت منابع آب ایران). این شاخص از ۱۱ پارامتر که هفت تای آن‌ها پارامترهای شاخص NSFWQI را شامل می‌شود. پارامترهای آمونیوم (NH_4)، اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD)، سختی کل و هدایت الکتریکی را دارا است. در این شاخص نیز هر پارامتر وزن خاصی دارد و مقدار هر شاخص برای هر پارامتر با استفاده از منحنی رتبه‌بندی‌اش بدست می‌آید مقدار لاندا نیز برابر با مجموع وزن‌هاست (جدول۴) (Radwanc et al., 2019).

$$NSFWQI=\sum_{i=n}^{n} Wi\ Qi \qquad (۱)$$

$$IRWQIsc = \left(I_i^{Wi}\right)1/\lambda \qquad (۲)$$

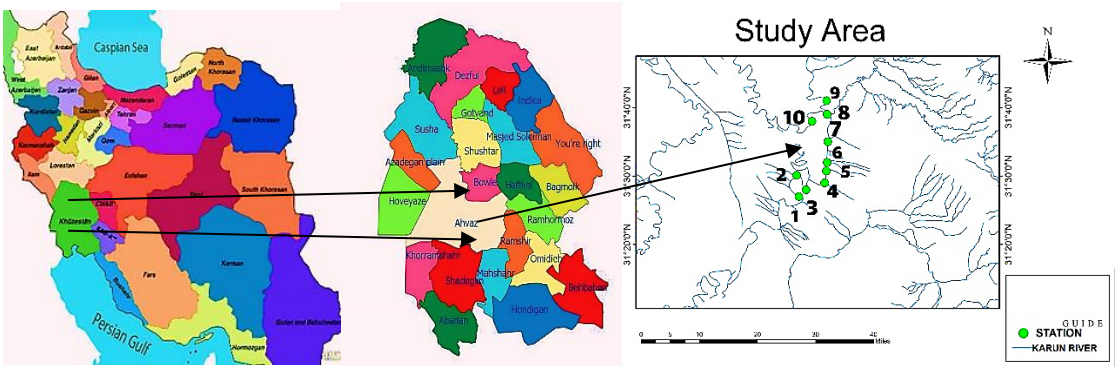

Fig. 1- Study area

شکل ۱-منطقه موردمطالعه

جدول۱- روش اندازه‌گیری پارامترها

Table 1- Method of measured parameters

parameters	Method
DO	Do meter
PO_4^{-3}, NO_4^-	Spectrophotometer
BOD, *pH*	pH meter, Weight difference
TSS	Weighing method
Fecal coliform	MPN
Temperature	Mercury Therommeter
Turbidity	Turbidity meter
EC	EC meter
NH_4^+	Spectrophotometer
COD	Titration
Total Hardness	Titration

DOI: 10.22055/JISE.2024.46748.2125

جدول۲- پارامترهای موردنیاز و وزن انتخاب شده جهت محاسبه شاخص NSFWQI (Kumar et al., 2014) و IRWQIsc (Mazlomi et al., 2023)

Table 2- Required parameters and selected weight for calculating NSFWQI (Kumar et al., 2014) and IRWQIsc index (Mazlomi et al., 2023)

INDEX	PO_4^{-3}	DO	BOD	COD	pH	TSS	FC	TH	NH_4^+	EC	TUR	TEM	NO_4^-
IRWQIsc	0.087	0.097	0.117	0.093	0.051	-	0.14	0.059	0.09	0.096	0.062	-	0.108
NSFWQI	0.1	0.17	0.11	-	0.11	0.07	0.16	-	-	-	0.08	0.1	0.1

جدول۳- شاخص کیفیت آب بنیاد ملی بهداشت (NSFWQI)(Mohseni Bandpey et al., 2014)

Table 3- National Sanitation Foundation Water Quality Index (NSFWQI) (Mohseni Bandpey et al., 2014)

parameters	coluors	value	rank
great	blue	90-100	I
good	green	70-90	II
medium	yellow	50-70	III
bad	orange	25-50	IV
Very bad	red	0-25	V

جدول٤- طبقه‌بندی کیفیت آب‌های سطحی ایران براساس شاخص IRWQIsc (Mazlomi et al., 2023)

Table 4- Classification of surface water quality of Iran based on IRWQIsc index (Mazlomi et al., 2023)

parameters	coluors	value
great		85-100
Good		70-85
Relatively good		55-70
Medium		45-55
Relatively bad		30-45
bad		15-30
Very bad		0-15

شاخص آلودگی Liou (RPI)

اداره حفاظت از محیط زیست تایوان با استفاده از داده‌های کیفیت آب (اکسیژن محلول، اکسیژن خواهی زیستی، مواد جامد معلق و نیتروژن آمونیاکی)، شاخص RPI را محاسبه کرده و از آن برای طبقه‌بندی ایستگاه‌ها و نظارت بر کیفیت آب استفاده می‌کند. نتایج به‌دست‌آمده می‌تواند مرجع ارزشمندی برای مدیریت آلودگی آب رودخانه باشد (Tien et al., 2020). در این معادله River Pollution Index ، شاخص آلودگی رودخانه، S_i نمره شاخص برای طبقه‌بندی آلودگی می‌باشد و با میانگین مقدار "S_i" برای هر چهار پارامتر ارزش شاخص RPI طبق جدول (۵) مشخص می‌شود (Liou et al., 2003, Chen et al., 2019).

$$RPI=\frac{1}{4\sum_{n=1}^{4} Si} \quad (۳)$$

درون‌یابی و تهیه نقشه توزیع مکانی

با کمک نرم‌افزار ArcGIS 10.3 و با استفاده از روش درون‌یابی وزنی، نقشه توزیع مکانی برای سنجه کیفیت آب ترسیم گردید. در زمین آمار می‌توان با داشتن مقادیر یک کمیت در مختصات معلوم، مقدار آن کمیت را در نقطه دیگری با مختصات معلوم برآورد نمود. (Hasanipak, 1998; Asakereh, 2008). در این بررسی، به‌منظور تعیین نقشه توزیع مکانی سنجه کیفیت آب از روش‌های درون‌یابی میانگین وزنی عکس فاصله (Inverse Distance Weighted- IDW) استفاده شده است رابطه (۴) و با استفاده از رابطه (۵) صحت‌سنجی آن انجام شد.

$$z(x) = \frac{1}{n}\sum_{x=1}^{n}(\mathrm{x}) \quad (۴)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N}\frac{\sum_{i=n}^{N}(X_{i-}X_{i})^2}{N}} \quad (۵)$$

جدول۵- پارامترها و طبقه‌بندی شاخص آلودگی رودخانه (Aminpour Shiyani et al., 2016)

Table 5- Parameters and classification of River Pollution Index (Aminpour Shiani et al., 2016)

Parameters	No pollution	Undeniable pollution	Moderate pollution	High pollution
DO	>6.5	4.6-6.5	2-4.5	<2
BOD	<3	3-4.9	5-15	>15
TDS	<0.5	0.5-0.99	1-3	>3
NH_4	<20	20-49	50-100	>100
Points of "i" (S_i)	1	3	6	10
RPI	<2	2-3	3.1-6	>6

نتایج و بحث

با توجه به مقادیر شاخص‌های اندازه‌گیری شده در شکل (۲) مشاهده می‌شود بیشترین مقدار شاخص NSFWQI در مرداد ماه و کمترین آن در بهمن ماه است که در رتبه‌بندی متوسط در مرداد ماه و بد در بهمن ماه قرار می‌گیرد که می‌تواند نشان دهنده‌ی ورود آلاینده‌هایی به رودخانه و بالا بودن مقدار اکسیژن محلول و کاهش درجه حرارت باشد. با توجه به جدول (۶)، آب رودخانه مناسب برای استفاده در صنعت و آبیاری است ولی برای آشامیدن نامناسب می‌باشد. یکی از مهم‌ترین علت‌های کاهش این شاخص وجود ایستگاه‌های تخلیه پمپاژ آب نیروگاه رامین و نیروگاه یادگار امام به رودخانه است که احتمالا باعث افزایش آلودگی این ناحیه از رودخانه می‌شود. هم‌چنین کیفیت آب رودخانه کارون با توجه به شاخص IRWQIsc در شهریور ماه کمترین مقدار و از کیفیت متوسط و در مرداد ماه در کیفیت نسبتاً خوب قرار می‌گیرد با توجه به این شاخص اکثر نمونه‌های آب در رده متوسط قرار می‌گیرند. در شاخص کیفی آب ایران، کلی‌فرم مدفوعی، اکسیژن خواهی بیوشیمیایی و نیز نیترات دارای بیشترین وزن می‌باشند، از این‌رو می‌توان کیفیت پایین آب رودخانه را به تأثیر مقادیر اندازه‌گیری شده این پارامترها مرتبط دانست. ایستگاه کوت سید سلطان به‌دلیل ورود فاضلاب کشاورزی و ایستگاه ویس به دلیل فاضلاب نیروگاه رامین دارای کمترین کیفیت آب هستند. با توجه به جدول (۷) و نتایج این شاخص، آب این محدوده نیز مناسب استفاده در صنعت و ابیاری زمین‌های کشاورزی می‌باشد اما برای شرب، نامناسب است. از دلایل نامناسب بودن آن، می‌توان به وجود نیروگاه رامین و هم‌چنین تخلیه فاضلاب‌های شهرستان ملاثانی به این رودخانه اشاره کرد.

بر اساس نتایج جدول (۸)، شاخص آلودگی Liou نسبت به شاخص NSFWQI قابلیت بیشتری در تعیین آلودگی دارد. کمترین میزان شاخص Liou در بهمن و تیر ماه با مقدار ۳/۸ و بیشترین میزان این شاخص، در مهر ماه با مقدار ۵/۱ می‌باشد که دارای آلودگی متوسط می‌باشند که می‌تواند به‌دلیل وجود فاضلاب‌های کشاورزی و صنعتی به خصوص نیروگاه رامین در طی مسیر رودخانه کارون باشد. لذا آب این محدوده از کیفیت بالایی برای آشامیدن برخوردار نیست و نیاز به تصفیه دارد.

برای نشان دادن وضعیت کلی کیفیت آب رودخانه کارون بر اساس شاخص های کیفی و آلودگی، نقشه‌های پهنه‌بندی ترسیم گردید که دقت و صحت روش درون‌یابی IDW با سنجه RMSE ارزیابی گردید (جدول۹). بنابراین با توجه به داده‌های به‌دست آمده می‌توان نتیجه گرفت که روش IDW تخمین صحیحی از داده‌ها داشته است. نتایج پهنه‌بندی صورت گرفته بر اساس شاخص NSFWQI، بیشترین مقدار مربوط به ایستگاه شماره سه یعنی کوت سید سلطان با رنگ زرد و کیفیت متوسط و کمترین مقدار با رنگ نارنجی مربوط به ایستگاه شماره هفت، هشت، نه و ده و کیفیت بد آب رودخانه را نشان می‌دهد. براساس نتایج پهنه‌بندی صورت گرفته بر اساس شاخص Liou بیشترین مقدار مربوط به ایستگاه شماره پنج و یک یعنی زرگان و ایستگاه پمپاژ آب نیروگاه رامین با رنگ نارنجی، آلودگی متوسط و کمترین مقدار با رنگ قرمز مربوط به ایستگاه شماره سه (کوت سید سلطان) نشان دهنده آلودگی کم آب رودخانه است. براساس نتایج پهنه‌بندی صورت گرفته بر اساس شاخص IRWQIsc بیشترین مقدار مربوط به ایستگاه شماره سه یعنی کوت سید سلطان با رنگ صورتی کیفیت نسبتاً خوب و کمترین مقدار با رنگ سبز مربوط به ایستگاه شماره چهار (پمپاژ آب نیروگاه رامین)، نشان دهنده کیفیت متوسط آب رودخانه کارون است (شکل۳).

استفاده از شاخص NSFWQI وIRWQIsc از دقت بالایی برخوردار هستند اگرچه این پارامترها به شدت به شاخص‌های آلودگی حساس هستند و با حذف هر یک از پارامترها به‌دلیل تغییر ضرایب وزنی، نتیجه به‌دست آمده تغییر قابل توجهی می‌کند. در شاخص Liou از یک تابع جمع‌بندی غیروزنی برای محاسبه شاخص کلی استفاده می‌شود. از جمله محدودیت‌های این نوع جمع‌بندی در این شاخص، تحت تأثیر قرار گرفتن شاخص کلی با زیر شاخص‌های با ارزش وزنی پایین می‌باشند. به عبارت دیگر زیر شاخص‌های مهم‌تر با شاخص‌ها با اهمیت کمتر در یک سطح قرار می‌گیرند و می‌توانند تحت تأثیر دیگر زیرشاخص‌ها نیز قرار گیرند (Sahoo and Swain, 2020)، اما در شاخص NSFWQI و IRWQIsc، وزن‌دهی به پارامترها یک مزیت محسوب می‌شود. با توجه به اینکه پارامترهای مورد استفاده در شاخص‌های مختلف از نظر تعداد و وزن با هم متفاوت هستند، لذا اختلاف در نتایج شاخص‌ها امری طبیعی می‌باشد. بنابراین لازم است که با توجه به

DOI: 10.22055/JISE.2024.46748.2125

هدف استفاده از اکوسیستم‌های آبی و حساسیت شاخص نسبت به برخی پارامترها، از شاخص مناسب استفاده کرد. به‌عنوان مثال اگر در برنامه‌ریزی برای استفاده از اکوسیستم آبی، پارامتر COD به‌عنوان یک پارامتر مهم و تأثیرگذار باشد، تنها شاخص مورد استفاده در این زمینه، شاخص IRWQIsc می‌باشد زیر دو شاخص دیگر استفاده شده در این مطالعه، به پارامتر COD توجهی نمی‌کنند.

Shamsaii et al. (2005) نیز با بررسی تطبیقی شاخص‌های کیفی رودخانه کارون و دز نشان دادند که در شرایطی که نتایج بسیار دقیق و حساس برای پایش کیفیت آب مورد نیاز نیست یا استانداردهای محلی و ملی دارای حساسیت مطلوب می‌باشند، استفاده از شاخص‌های بدون وزن‌دهی نیز می‌توانند مفید واقع شوند.

Hosseinzadeh et al. (2013) بیان کردند در شاخص NSFWQI برای منظور کردن میزان اثر هر پارامتر به هر یک از آن‌ها یک وزن یا ارزش عددی نسبت داده می‌شود. به‌کار بردن وزنی برای هر پارامتر در ساختار شاخص اصلی و یا زیر شاخص تشکیل دهنده آن باعث افزایش دقت این شاخص می‌شود. این وزن‌دهی‌ها بر اساس درجه اهمیت و میزان اثر هر پارامتر در شاخص اصلی اتخاذ می‌گردند. شاخص NSFWQI به‌دلیل استفاده از روش وزن‌دهی، سادگی، دقت بالا، وسعت کاربرد و در دسترس بودن پارامترهای موردنیاز به عنوان شاخصی مناسب برای ارزیابی کیفی آب‌های سطحی شناخته شده است.

Kumar et al. (2014) در مطالعه‌ای مشابه به‌منظور بررسی کیفیت آب رودخانه ساب رمتی به این نتیجه دست یافتند که شاخص NSFWQI می‌تواند به‌عنوان یک ابزار مدیریتی عالی و کاربردی برای مطالعه کیفیت آب رودخانه‌ها مورداستفاده قرار گیرد. Hosseinzadeh et al., (2013) کیفیت آب رودخانه آیدوغموش را با استفاده از شاخص کیفی NSFWQI و شاخص آلودگی Liou بررسی نمودند. در این مطالعه پارامترهای کیفی آب از هشت ایستگاه مختلف، طی سال آبی ۱۳۸۹ اندازه‌گیری شد. طبق نتایج این مطالعه بر اساس شاخص NSFWQI و Liou کیفیت آب در بیشتر ایستگاه‌های مورد مطالعه در رده متوسط قرار دارد و برخلاف تفاوت‌های موجود در پارامترهای مورد استفاده و روش محاسبه این دو شاخص، نتایج هر دو روش برای ارزیابی کیفیت آب، هم‌پوشانی دارند.

Hosseini et al. (2013) کیفیت آب رودخانه کارون با شاخص کیفیت آب NSFWQI در طی سال‌های ۱۳۸۶– ۱۳۹۰ در بازه ایستگاه‌های زرگان تا کوت امیر مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصله نشان داد که کیفیت آب رودخانه کارون، از رده خوب و متوسط در سال۱۳۸۶ به رده بد در اسفند ۱۳۹۰ تنزل یافته است و رودخانه در طبقه سه نظام طبقه‌بندی سالانه کیفیت آب می‌باشد و در این بازه خودپالایی رودخانه در حد کم می‌باشد. Shokohi و Bahmani (2021) به ارزیابی کیفی رودخانه‌های استان خوزستان در سال‌های ۱۳۹۰–۱۳۹۶پرداختند. بر اساس نتایج حاصل از این مطالعه، کیفیت آب کارون در دو ایستگاه ملاثانی و اهواز با شاخص IRWQI در رده نسبتاً بد و با شاخص NSFWQIدر رده متوسط قرار می‌گیرد. Kolah Kaj et al. (2016) به‌منظور بررسی روند تغییرات کیفی آب رودخانه کارون با استفاده از پارامترهای کیفی بین ایستگاه‌های مورد مطالعه، بیش‌ترین آلودگی را ایستگاه‌های (گرگر_شوشتر و اهواز_پل پنجم) نسبت به سایر ایستگاه‌ها داشتند که حاکی از تراکم جمعیتی در این مناطق بوده طوری که فاضلاب‌های شهری بدون هیچ گونه تصفیه‌ای وارد رودخانه می‌شوند. با توجه به اینکه فاضلاب‌های صنعتی و پساب‌های کشاورزی فاکتورهای اثرگذار بر پارامترهای کیفی هستند، پیشنهاد می‌شود که این فاضلاب‌ها پس از تصفیه مناسب اجازه تخلیه به این رودخانه را داشته باشند.

در جمع‌بندی می‌توان ذکر کرد که کیفیت آب رودخانه کارون به دلیل تراکم منابع آلاینده‌های مختلف تحت تأثیر قرار گیرد و کیفیت آب رودخانه را کاهش دهد درمطالعه‌های انجام شده بر روی این رودخانه کیفیت آب معمولاً در رده بد تا متوسط قرار می‌گیرد که معمولاً تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی بوده است. کیفیت آب رودخانه کارون بر اساس نقشه‌های پهنه‌بندی شاخص‌های کیفی در رده متوسط و بر اساس شاخص آلودگی در رده آلودگی متوسط قرار می‌گیرد.

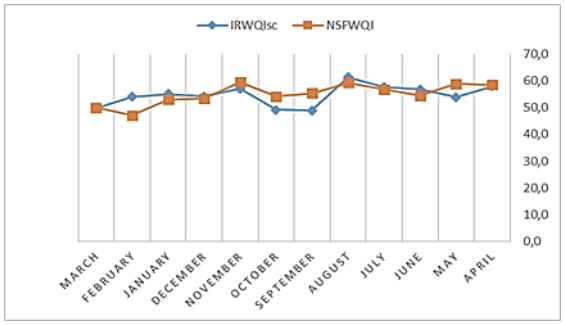

Fig. 2- Monthly chart of water quality change

شکل ۲– نمودار ماهانه تغییرات کیفیت آب

جدول٦- معادل توصیفی سنجه محاسبه شده (Hernández et al., 2012)

Table 6- Descriptive equivalent of the calculated index (Hernández et al., 2012)

Target	parameters	value
Drink, Industry, Irrigation	Great	0-25
Drink, Industry, Irrigation	Good	26-50
Industry, Irrigation	Medium	51-75
Irrigation	Bad	76-100

جدول۷- نتایج آنالیز پارامترها

Table 7- Parameter analysis results

Parameters	Apr	May	June	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Des	Jan	Feb	Mar
BOD	1.5±0.8	2.1±1.2	2.4±1.1	1.8±1.2	1.9±0.6	1.4±0.7	0.7±0.8	2.4±1	1.5±1.4	2.2±1.3	2.1±1	2.8±1.3
COD	11.7±6.7	9.9±4.3	10.2±3.8	12.9±5.2	12.5±2.5	35.8±41.6	20.3±8.9	16.4±7.4	11.2±3.1	14.4±6.6	17.5±2.9	16.3±5.3
DO (%)	70.8±17.3%	82.7±23.2%	70.7±35.2%	70.3±10.6%	70.7±1.1%	62.8±18.8%	63.6±19.3%	86.8±20.6%	63.1±14.1%	56.8±9.4%	62.5±6.8%	66.5±9.9%
EC	1665.3±751.1	1243.1±433.3	1569.7±873.7	2562.7±1134.8	1832.9±519	4310.2±2530	4335±4757	2971.6±1403	2315.5±1267	1613.6±416.6	2270.8±664	1876±,5578
FC	93.9±55.3	101.1±70.1	116.4±74.1	178.3±69.3	259.1±134.2	251±122.5	134±66.2	184.5±75.7	123.9±46.3	59.7±21.8	196.1±44	172±44.2
NH_4	0.9±0.5	0.7±0.2	1.1±0.7	0.5±0.2	0.5±0.1	0.7±0.4	1.7±1.4	0.6±0.2	0.6±0.2	0.5±0.1	0.5±0.1	0.6±0.2
NO_3	1.3±0.9	1.2±0.9	1.2±0.6	1.9±0.8	0.7±0.6	1.5±0.4	2.2±0.4	1.2±0.8	2.4±0.8	3.2±1.4	2±0.3	2.7±0.3
PO_4	0.2±0.1	0.3±0.1	0.2±0.1	0.2±0.3	0.1±0	0.3±0.1	0.2±0.1	0.2±0.1	0.2±0.1	0.1±0.1	0.1±0.3	0.1±0
TH	499.5±155.1	425.5±96.5	409.7±172.9	464.5±116.3	465.9±97.7	840.5±367	990±701.4	699±220.5	585.6±170	464.2±123.1	422±55.3	511.8±89
Tur	176.7±182.9	175.6±181.8	38.6±38.5	23.4±13.6	28.5±20	49.8±47.4	59.2±82.1	31.7±16.5	63.6±60.1	105.9±85.6	62.8±54.3	175.3±40
pH	7.8±0.4	8.0±0.6	6.6±2.7	7.8±0.5	7.9±0.2	8±0.3	7.5±0.2	7.7±16.5	8±1.5	7.5±0.2	7.5±0.2	7.5±0.2
TEM	22.5±2.2	25±4.6	28.1±1.8	25.9±3	28.9±3.5	25.3±0.5	27.3±2.2	22.1±1.4	19±0.9	18.8±8.6	17.4±1.1	20.5±2.6
TSS	709.5±337.1	459.5±1751.1	688.1±395.5	939±400.9	739.8±163.1	1121.3±803.1	1071.3±412	941.3±375.9	987.3±705	744.6±335	1043.2±358	849±283.9

جدول۸- مقدار عددی شاخص‌ها در رودخانه کارون (از زرگان تا دهستان عنافچه)

Table 8- Numerical value of indices in Karoon river (From Zergan to Anafcheh village)

Index	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sepr	Oct	November	Des	Jan	Feb	Mar
Liou	4.2	4.1	4.3	3.8	4	4.3	5.1	3.9	4.1	4.4	3.9	4.1
IRWQIsc	58	54	56.7	57.7	61.7	48.9	49.2	57	54.2	55.1	54	49.9
NSFWQI	58.5	58.9	54.4	56.7	59.5	55.3	54.1	59.2	53.4	53	47.1	50

DOI: 10.22055/JISE.2024.46748.2125

جدول۹-مقدار مجذور مربعات خطا (RMSE) پارامترها

Table-9 Root Mean Squared Error (RMSE) value of parameters

Parameters	NSFWQI	IRWQI	LIOU
RMSE	1.65	1.73	1.66

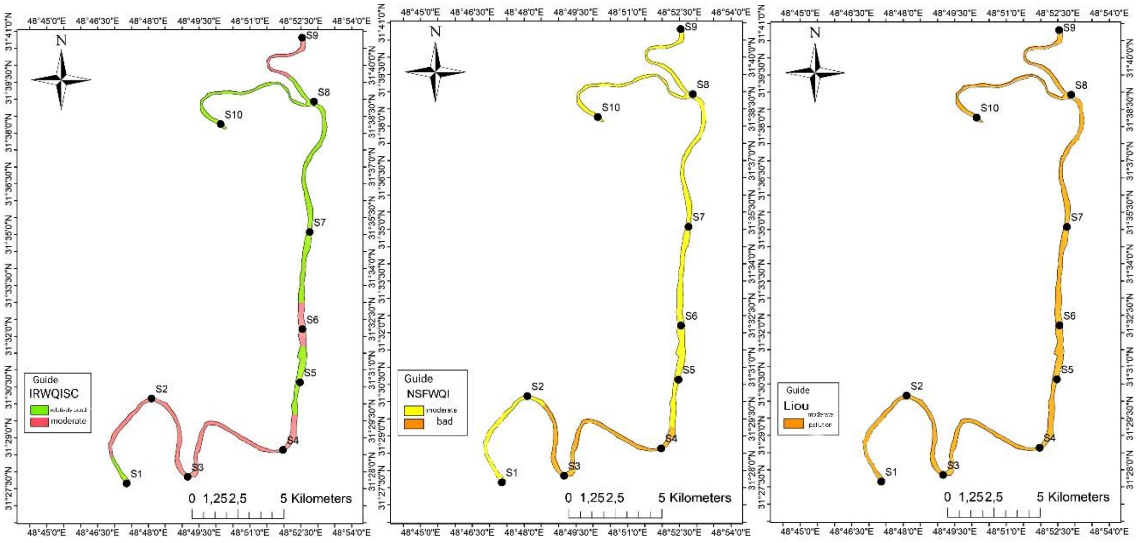

Fig. 3- Zoning of water quality changes based on indicators

شکل ۳- پهنه‌بندی تغییرات کیفیت آب بر اساس شاخص‌ها

نتیجه‌گیری

بررسی وضعیت کیفی و شناخت عوامل آلودگی رودخانه کارون با توجه به و جود منابع آلاینده عمده این رودخانه از جمله زه‌آب‌های کشاورزی و فاضلاب‌های شهری و نقش اساسی آن در پیدایش حیات روستایی در حاشیه خود از اهمیت بالایی برخوردار است. استفاده از شاخص‌های NSFWQI ، IRWQI و Liou و ارائه آن‌ها به‌صورت نقشه‌های پهنه‌بندی، به‌عنوان روش‌های کاربردی برای شناخت اولیه از کیفیت رودخانه‌ها مناسب بوده و برای مدیران و مهندسان برای برنامه‌ریزی حفاظت کیفی قابل استفاده است. پایش منظم رودخانه‌ها به‌صورت هدفمند و بر اساس برنامه‌ریزی و طراحی مناسب و سپس درجه‌بندی آن با روش شاخص‌های کیفی، امکان دسترسی به تغییرات و تحولات کیفی و پیش‌بینی اقدامات کاهش آلودگی در حوزه آبریز رودخانه را برای مدیران و مسئولان فراهم می‌سازد. در پژوهش حاضر کیفیت آب رودخانه کارون از زرگان تا دهستان عنافچه از فروردین تا اسفند ۱۴۰۲ بر اساس شاخص‌های کیفی و آلودگی آب، به‌صورت نقشه‌های پهنه‌بندی ارائه شد تا در تصمیم‌گیری و اتخاذ راهکارهای مناسب برای مدیریت بهینه این رودخانه مفید واقع شوند. با توجه به جدول (۷)، بر اساس نتایج شاخص IRWQISC، کیفیت رودخانه در رده متوسط تا نسبتاً خوب بوده در حالی که بر اساس شاخص NSFWQI، آب رودخانه در طبقه کیفی بد تا متوسط و بر اساس شاخص Liou، در طبقه نسبتاً آلوده قرار دارد. به‌نظر می‌رسد که شاخص NSFWQI و شاخص Liou سخت‌گیرانه‌تر برخورد می‌کنند اما می‌توانند شاخص‌های مناسبی برای استفاده و ارزیابی کیفیت آب برای مصارف مختلف باشند. اگر چه مطالعه حاضر و سایر مطالعه‌های مشابه نشان دادند که شاخص NSFWQI دقیق‌ترین و کم انعطاف‌ترین شاخص است اما شاخص $IRWQI_{SC}$ انعطاف پذیری بیشتری دارد و قادر است تغییرات زمانی و مکانی رخ داده در کیفیت آب را بهتر توصیف کند. بنابراین استفاده از آن می‌تواند ابزار مفیدی برای مدیران و سیاست‌گذاران داخلی باشد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود کیفیت آب رودخانه از بالادست به سمت پایین‌دست کاهش یافته است که از مهم‌ترین دلایل آن می‌توان به تمرکز بالای فعالیت‌های کشاورزی، صنعتی و نیز شهری در این محدوده اشاره کرد. همچنین فرسایش خاک و نیز افزایش رسوب رودخانه‌ها می‌تواند بر کیفیت آب رودخانه کارون تأثیرگذار باشد. از این‌رو در راستای مدیریت کیفیت آب این رودخانه لازم است که منابع آلاینده رودخانه کارون و سهم هریک از آن‌ها در کیفیت رودخانه به‌طور دقیق مشخص شود تا سیاست‌های بهتری اتخاذ شود. همچنین با توجه به وجود آلاینده‌های مختلف در منطقه، تلاش برای توسعه شاخصی که ویژگی‌های بدنه آبی مانند شرایط جغرافیایی، هیدرولوژیکی، منابع آلودگی و بارهای آلاینده در

منطقه را در نظر بگیرد، برای ثبت وضعیت کیفی واقعی سیستم‌های آبی ضروری است.

با توجه به نتایج می‌توان چنین خلاصه کرد که:

سرشاخه‌های رودخانه کارون از طرف شمال عاری از آلودگی و روند افزایش آلودگی از بالادست به پایین‌دست رودخانه مشهود است. به عبارت دیگر، کیفیت رودخانه از بالادست به سمت پایین کاهش پیدا کرده که این کاهش کیفیت آب به علت قرارگرفتن شهر ملاثانی در مسیر رودخانه است که بار آلودگی بیشتری را به پایین دست رودخانه تحمیل می‌کند و هم‌چنین افزایش واحدهای صنعتی و مناطق تفریحی، افزایش روستاهای حاشیهٔ رودخانه و مهم‌تر از همه خروجی پساب نیروگاه رامین در بالادست ایستگاه ویس و افزایش پساب زمین‌های کشاورزی اطراف بار آلودگی را بیشتر می‌کند.

آب رودخانه کارون در وضعیت کیفی متوسط قرار دارد که علت اصلی آن ورود فاضلاب‌های شهری، صنعتی نیروگاه رامین و یادگار امام و پساب‌های کشاورزی است.

آب رودخانه کارون با توجه به شاخص‌های کیفی در محدوده ۵۰-۷۰ (متوسط) قرار دارد و با توجه به شاخص آلودگی Liou در محدوده ۳-۶ (نسبتاً آلوده) قرار دارد. همچنین مقدار پارامترهای آمونیوم، کدورت و کلی‌فرم مدفوعی در ایستگاه پمپاژ نیروگاه رامین در تمام ماه‌ها بالاتر از استاندارد بوده است که کنترل و پایش پساب‌های خروجی در زمان‌های مختلف ضروری است.

تشکر و قدردانی

این مقاله جزئی از پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان است که نویسندگان مقاله بر خود لازم می‌دانند از حمایت‌های انجام شده توسط دانشگاه کمال تشکر و قدردانی را داشته باشند. همچنین نویسندگان مقاله کمال تشکر و قدردانی را از اداره آب و فاضلاب استان خوزستان برای همکاری در نمونه‌برداری و آنالیزهای آزمایشگاهی دارند.

References

1- Aminpour Shiani, S., Mohamadi. M., Khaledian, M. and Mirroshandel, A., 2016. Water Quality Evaluation of Gazroudbar River Using NSFWQI and Liou Indices. *Wetland Ecobiology*, 8, 63-74 (In Persian). http://jweb.iauahvaz.ac.ir/article-1-407-fa.html.

2- Asakereh, H., 2008. Application of Kriging method for precipitation interception. *Geography and Development*, 12, 25-42. (In Persian). doi:10.22059/JPHGR.2019.265389.1007274.

3- Azhdari, A. and Rostami, G., 2005. Investigating the pattern of the Karun River in the area of Ahvaz city and its relationship with dynamic terrain. 24th meeting of earth sciences (In Persian).

4- Brown, R.M., McClelland, N.I., Deininger, R.A. and O'Connor, M.F., 1972. A water quality index—crashing the psychological barrier. In Indicators of Environmental Quality: Proceedings of a symposium held during the AAAS meeting in Philadelphia, Pennsylvania, (pp. 173-182). https://doi.org/10.1007/978-1-4684-2856-8_15.

5- 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. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191(2), 100- 107. doi:10.1007/s10661-019-7246-1.

6- Gholizdeh, M., Heydari. O., 2020. evaluation of the water quality of the Gorgan River based on the surface water quality indicators in the area of Gonbad Kavus city, *Journal of Health and Environment, scientific research quarterly of the Iranian Environmental Health Scientific Association*, 13th volume, 1st issue, pages 33-48. (In Persian). http://ijhe.tums.ac.ir/article-1-6340-en.html.

7- HasaniPak, A., 1998. Earth Geostatistical Stats, Tehran University, *Tehran, Iran*. pp. 314. (In Persian). doi:10.22067/JAG.V12I3.79031

8- Hassan Khan, H., A. Khan, S., Ahmed and J. Perrin,. 2011. GIS-based impact assessment of land-use changes on groundwater quality: study from a rapidly urbanizing region of South India. *Environmental Earth Sciences* 63(6): 1289-1302 doi:10.1007/s12665-010-0801-2

9- Hernández, J., Fernandez, L., Carrasco-Ochoa, J. and Martínez, J., 2012. Immediate water quality assessment in shrimp culture using fuzzy inference systems. *Expert Systems with Applications*. 39(12), 10571-10582. http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2012.02.141

10- Hosseini, P. Ildrumi, A. and Hosseini, A., 2013. Investigating the water quality of the Karun River using the NSFWQI index in the Zargan to Kot Amir area. *Human and Environment Quarterly, No. 25.* (In Persian)

11- Hosseinzadeh, A., Khorsandi, H., Rahimi, N., Hosseinzadeh, S. and Alipour, M., 2013 Evaluation of the water quality of Aydogmush river using nsfwqi quality index and liou pollution Index, *Urmia Medical Journal, Volume 24, Number 2, Pages 162-256*. (In Persian). http://umj.umsu.ac.ir/article-1-1644-en.html.

12- Khalili, R. Parvin Nia, M. and Zali, A, 2020. Evaluation of the water quality of the Garmarood River using the National Health Foundation Water Quality Index (NSFWQI), RPI and Weighted Water Quality Index (WAWQI). *Environment and Water Engineering*, 6(3): 274-284. (In Persian). doi: 10.22034/jewe.2020.238090.1381

13- Kolah Kaj, A. Panahpour, E. Gholami, A., 2016. evaluation of the quality change of some water parameters of the Karun River in a period of four years, *Specialized Quarterly Journal of Water Science and Engineering - Islamic Azad University Ahvaz Branch – 7th year, 16th issue*. . (In Persian)

14- Kumar, A., Sharma, M.P. and Yadav, N.S., 2014. Assessment of water quality changes at two locations of Chambal River: MP. *Journal of Materials and Environmental Sciences*, *5*(6):1781-1785.

15- Liou, S. M., Lo, S. L. and Hu, C. Y., 2003. Application of two-stage fuzzy set theory to river quality evaluation In Taiwan. *Water Research*, 37(6): 1406-1416. https://doi.org/10.1016/S0043-1354(02)00479-7

16- Mazlomi, M., Hatami, A., Moridi, A., & Khalili, R., 2023. Sensitivity assessment of the NationalSanitation 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. https://doi.org/ 10.22059/jwim.2023.355941.1059

17- Madadnia, M. Baqranboi.M, Karbasi, A. Rajabzadeh, E manure. M., 2015. Investigation of water quality of Karun river in Ahvaz basin using From the water quality index. *Environmental Science and Technology*, 16(1): 49-60 (In Persian). https://sid.ir/paper/87628/fa.

18- Mohseni Bandapay, A. Majlisi, M. Kazempour, A., 2014. Investigation of the water quality of the Gol Gol River in Ilam based on NSFWQI water quality index, *Health Quarterly in Shahid Beheshti University of Medical Sciences*, No. 4, pp. 45-53 (In Persian) .

19- Nezhadafzali, K. Bayatani, F., 2024. Water quality areas of the Karun River based on NSFWQI quality index and Using geographic information system. *Journal of Environmental Science Studies*, 9(2): 8251-8264 (In Persian). doi: 10.22034/jess.2023.371266.1915.

20- Radwanc, A. Abdelmoneim, M. Basiony, A and El-Alfy M,. 2019. Water pollution monitoring in Idku Lake (Egypt) using phytoplankton and NSFWQI. *Egyptian. Journal of Aquatic. Biology and Fisheries (EJABF)*, 23(4), 465–481 doi:10.21608/ejabf.2019.57161.

21- Razzaghi Rezaieh, A. Ahmadi. H, Haq Doust, N.A, Hissari, B,. 2017. Evaluating the environmental flow of the river with ecohydrology methods (case study: Mahabadcha River). *Water and Soil Conservation Research*, pp. 47-60 (In Persian). doi: 10.22069/JWSC.2019.14563.2939.

22- Sahoo, M.M. and Swain, J.B., 2020. Modified heavy metal Pollution index (m-HPI) for surface water Quality in river basins, India. *Environmental Science and Pollution Research*, *27*(13), pp.15350-15364.

23- Saif, A. and Najmi, N., 2013. Changes Detection of the Karun's Meanders by IRS and Landsat Images Satellite. *Geographical Research*, *28*(3), pp.213-228.(In Persian).

24- Salari, M., Radmanesh, F. and Zarei, H., 2013. Quantitative and qualitative assessment of Karoon River water using NSFWQI index and AHP method. *Human & Environment*, *10*(23), pp.13-22.

25- Shamsaii, A., Avraii Zare, S. and Sarang, A., 2005. Comparative analysis of quality and zoning indicators of Karun and Dez rivers. *Journal of Water and Wastewater*, *16*(3):39-48.In Persian).

26- Shanmugasundharam. A,. Akhina, S.N. Adhithya, R.P. Satheesh. D Herbert Singh, S. Krishnakumar, Water quality index (WQI)., 2023. multivariate statistical and GIS for assessment of surface water quality of Karamana river estuary, west coast of India, *Total Environment Research Themes 6 100031*. https://doi.org/10.1016/j.totert.2023.100031.

27- Shokohi. A.R. and Bahmani. O., 2021. A comparative study of NSFWQI and IRWQISC indices in the quality assessment of rivers. *Journal of Water and Soil Resources Protection*, 10 (3). 97-104

28- 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. *Environmental Pollution*, 265(B), 11496. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114962

29- Zamani Ahmad Mahmoudi, R. Fathi, E. Bayati, S., 2019. victim of Dashtaki, Pune. Investigating the water quality of Behesht Abad river using Liou pollution index and main watersheds. *Water and Soil Journal (Agricultural Sciences and Industries).* 33(3): 417_405 (In Persian) doi: 10.22067/jsw.v0i0.79102.

30- Zhang J, Shen Z, Shan W, Chen Z, Mei Z, Lei Y,. 2010. Adsorption behavior of phosphate on lanthanum (III) doped mesoporous silicates material. *Journal of Environmental Sciences (China),*; 22(4): 507-11. https://doi.org/10.1016/S1001-0742(09)60141-8.