https://gep.ui.ac.ir/?lang=en
Geography and Environmental Planning
E-ISSN: 2252- 0910
Document Type: Research Paper
Vol. 34, Issue 1, No.89, Spring 2022, pp. 1- 4
Received: 26/04/2022 Accepted: 31/08/2022

Water Quality Zonation of Beshar River in Yasuj City

Zahra Mazlumi[1], Mohammad Nemati Varnosfaderani [2]*, Reza Modarres [3]

1- Master's student in Environmental Pollution, Faculty of Natural Resources, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran
mazlomiz@na.iut.ac.ir

2- Department of Environment, Faculty of Natural Resources, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran
nemati@iut.ac.ir

3- Department of Rangeland and Watershed Management, Faculty of Natural Resources, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran
reza.modarres@iut.ac.ir

Abstract

This study was conducted to monitor the current water quality of Beshar River by the Iranian Surface Water Quality Index (IRWQIsc). Monitoring of the river water quality was done based on sampling 12 stations along the river in October of 2021 as the period of water shortage and January of 2022 as the period of high water flow simultaneously with sampling two other stations (fish farm effluent and Yasuj wastewater treatment plant effluent) as the point source pollution entries. The results of zoning Beshar River based on IRWQIsc in the period of water scarcity showed a decrease in river water quality from the upstream to the downstream part. 41.66% of the upstream part of the river (Tang-e Tizab to Dehno) was in a relatively good condition, 8.34% of the river (entrance of Yasuj City) was in a good condition, 8.33% (middle part of the river in Shah Mokhtar Area) was in a relatively bad condition and 41.66% (downstream of the river) was in a moderate condition. Despite the increase in discharge and rainfall, no significant increase in water quality was observed in the high

*Corresponding Author
Mazloomi, Z., Nemati Varnosfaderany, M., & Modarres, R. (2022). Water quality zonation of the Beshar River, Yasuj. *Geography and Environmental Planning*, 34 (1), 1 -4.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

10.22108/GEP.2022.133344.1516
20.1001.1.20085362.1402.34.1.3.8

water flow period. In this period, 25% of the river (Tang-e Tizab, Tang-e Sorkh, and downstream of Qalat) was in a moderate condition and 75% of the river was in a relatively good condition based on IRWQIsc. Comparison of the flow rates and IRWQIsc indices showed that only during the high water flow period in the lower reaches of the river, the increased river discharge enhanced the river water quality , but no relationship between the river flow and the IRWQIsc was found at the upstream part of the river and in the period of water scarcity.

Keywords: Beshar River, IRWQIsc index, biological oxygen demand

1. Introduction

Water quantity and quality are of the most vital parts of each ecosystem that affect other parts. Therefore, evaluation of the quantity and quality of river water can indicate the status of water resources management in a watershed. Beshar River is one of the most important and water-rich rivers in Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad Province. It provides most of the water needed for drinking, industry, and agriculture, while being exposed to various pollutions. This study was conducted to monitor the current water quality of Beshar River by the Iranian Surface Water Quality Index (IRWQIsc).

2. Methodology

Monitoring of river water quality was done based on sampling 12 stations along the river from the upstream (Tang-e Tizab) to the downstream (Pataveh) parts in October of 2021 as the period of water shortage and January of 2022 as the period of high water flow simultaneously with sampling two other stations (fish farm effluent and Yasuj wastewater treatment plant effluent) as the point source pollution entries.

3. Discussion

The results of zoning Beshar River based on IRWQIsc in the period of water scarcity showed a decrease in the river water quality from the upstream to the downstream part. 41.66% of the river (upstream part of the river, Tang-e Tizab to Dehno) was in a relatively good condition, 8.34% of the river (entrance of Yasuj City) was in a good condition, 8.33% (middle part of the river in Shah Mokhtar Area) was in a relatively bad condition, and 41.66% (downstream of the river, Tange-Seriz to Pataveh) was in a moderate condition. Despite the increase in discharge and rainfall, no significant increase in water quality was observed in the high water flow period. In this period, 25% of the river (Tang-e Tizab, Tang-e Sorkh, and downstream part of Qalat) was in a moderate condition and 75% of it (Qalat, Dehno, entrance of Yasuj City, Shah Mokhtar to Pataveh) was in a relatively good condition based on IRWQIsc.

4. Conclusion

Comparison of the flow rates and IRWQIsc indices showed that the increased river discharge in the

lower reaches of the river increased the river water quality only during the high water flow period, but at the upstream part of the river and in the period of water scarcity, no relationship was seen between the river flow and IRWQIsc. Proper exploitation of Tang-e Sorkh Dam upstream of Bashar River in the near future and determining and supplying the environmental flows of the river with regard to water quality, especially at its upstream part should be taken into consideration to keep the self-purification ability of the river.

References

- Abdullah, N. and Jain, S. (2020). Multi-index summer flow regime characterization to inform environmental flow contexts, A New England case study. *Ecological Indicators* (111):15-1.

- Kareem, S., Jaber, W., Al-Maliki, L., Al-Husseiny, R., Al-Mamoori, S. and Alansari, N. (2021). Water quality assessment and phosphorus effect using water quality indices: Euphrates River- Iraq as a case study. *Groundwater for Sustainable Development* (14): 1-10.

- Marselina, M.; Wibowo, F. and Mushfiroh, A. 2022. Water quality index assessment methods for surface water: A case study of the Citarum River in Indonesia. *Heliyon* (8): 1-10.

- Matta, G.; Nayak, A.; and Kumar, A. (2020). Water quality assessment using NSFWQI, OIP and multivariate techniques of Ganga River system, Uttarakhand, India. *Applied Water Science* 10: 1-12.

- Murali, K.; Meenakshi, M. and Uma, R. N. (2020). Surface water (wetlands) quality assessment in Coimbatore (India) based on national sanitation foundation water quality index (NSF WQI). 1st International Conference on Science, Engineering and Technology: 1-7.

- Nemati Varnosfaderany, M., Mirghaffary, N., Ebrahimi, E., and Sofyanian, A.R. (2009). Water quality assessment in an arid region using a water quality index. *Journal of Water Science & Technology* (60.9): 2319-2327.

Figures and Tables

- Fig. 1: Study area of Beshar River with locations of the point sources of pollution

- Fig. 2: Study area and locations of the sample stations along Beshar River

- Table 2: IRWQIsc indices and their weights (Water Resources Quality Index, 2013)

- Table 4: Classification of surface water qualities of Iran based on IRWQIsc (Water Resources Quality)

- Table 5: The measured variables of water quality for the sample stations along Beshar River during the low water flow period

- Table 6: The measured variables of water quality in the sample stations along Beshar River during the high water flow period

- Fig. 3: IRWQIsc index of the sample stations along Beshar River and effluents of the major sources of pollutants

- Fig. 4: Changes of IRWQIsc indices along Beshar River during the high and low water flow periods

- Fig. 5: The relationship between discharge and IRWQIsc index in the studied stations (numbers of the stations from the upstream to the downstream part of Beshar River from 1 to 12, respectively)

- Supplementary Table 1: Locations of the sample stations along Beshar River and their water qualities

- Supplementary Table 2: Water quality variables and their measuring methods (Rezvanipour and Razavi Dinani, 2014)

جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی
سال ۳٤، پیاپی ۸۹، شماره ۱، بهار ۱٤۰۲، ص ٦۰- ٤٥
وصـول: ۱٤۰۱/۲/٦ پـذیرش: ۱٤۰۱/٦/۹

مقاله پژوهشی

پهنه‌بندی کیفیت آب رودخانهٔ بشار یاسوج

زهرا مظلومی، کارشناسی ارشد گروه محیط زیست ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران
mazlomiz@na.iut.ac.ir
محمد نعمتی ورنوسفادرانی *، استادیار گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران
nemati@iut.ac.ir
رضا مدرس، دانشیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران
reza.modarres@iut.ac.ir

چکیده

این پژوهش با هدف شناسایی وضعیت موجود کیفیت آب رودخانهٔ بشار از طریق محاسبهٔ شاخص کیفیت آب‌های سطحی ایران (IRWQIsc) انجام شد. پایش کیفیت آب رودخانه براساس نمونه‌برداری از ۱۲ ایستگاه در طول رودخانه هم‌زمان با نمونه‌برداری از دو ایستگاه آلودگی نقطه‌ای ورودی به رودخانه (پساب پرورش ماهی و پساب تصفیهٔ خانه فاضلاب یاسوج)، در مهرماه ۱٤۰۰ به‌عنوان دورهٔ کم‌آبی و دی‌ماه ۱٤۰۰ به‌عنوان دورهٔ پرآبی انجام شد. نتایج حاصل از پهنه‌بندی رودخانهٔ بشار براساس شاخص IRWQIsc در دورهٔ کم‌آبی، نشان‌دهندهٔ کاهش کیفیت آب رودخانه از بالادست به‌سمت پایین‌دست رودخانه است؛ به‌طوری که ٤۱/٦٦ درصد رودخانه (بالادست رودخانه در محدودهٔ تنگ تیزآب تا دهنو) وضعیت به‌نسبت خوب، ۸/۳٤ درصد رودخانه (ورودی شهر یاسوج) وضعیت خوب، ۸/۳۳ درصد (قسمت میانی رودخانه در محدودهٔ شاه مختار) وضعیت به‌نسبت بد و ٤۱/٦٦ درصد (پایین‌دست رودخانه) وضعیت متوسط داشت. در دورهٔ پرآبی با وجود افزایش دبی و میزان بارندگی، افزایش چشمگیری در کیفیت آب در بالادست رودخانه مشاهده نشد. به‌طوری که براساس شاخص IRWQIsc در دورهٔ پرآبی، ۲٥ درصد رودخانه در وضعیت متوسط (تنگ تیزآب، تنگ سرخ و پایین‌دست قلات) و ۷٥ درصد رودخانه در وضعیت به‌نسبت خوب قرار داشت. مقایسهٔ دبی و شاخص IRWQIsc نشان‌دهندهٔ آن بود که فقط در دورهٔ پرآبی در پایین‌دست رودخانه، افزایش دبی باعث افزایش کیفیت رودخانه شده است و در بالادست رودخانه و همچنین دورهٔ کم‌آبی رابطه‌ای بین دبی و شاخص IRWQIsc دیده نمی‌شود.

واژه‌های کلیدی: رودخانهٔ بشار، شاخص IRWQIsc، اکسیژن‌خواهی زیستی

---

*نویسنده مسؤول

مظلومی, زهرا, نعمتی ورنوسفادرانی, محمد , مدرس, رضا. (۱٤۰۱). پهنه‌بندی کیفیت آب رودخانه بشار یاسوج .*جغرافیا و برنامه ریزی محیطی*، ۳٤ (۱)، ٦۰- ٤٥ .

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

10.22108/GEP.2022.133344.1516 20.1001.1.20085362.1402.34.1.3.8

١. مقدمه

ازنظر کمی و کیفی آب، یکی از مهم‌ترین و حیاتی‌ترین بخش‌های هر اکوسیستم است و همهٔ جنبه‌های آن را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. کاهش مقدار جریان آب و کیفیت آن، اثرهای منفی مهمی بر اکوسیستم و زیستمندان آن دارند بنابراین رژیم جریان و تعیین کیفیت آب رودخانه یک عامل مهم تعیین‌کنندهٔ سلامت و یکپارچگی رودخانه است (رزاقی رضائیه و همکاران ١٣٩٧؛ Abdullah & Jain 2020). کیفیت آب رودخانه برحسب متغیرهای فیزیکی-شیمیایی و زیستی شناسایی می‌شود. عمدهٔ مشکل پایش کیفیت رودخانه، تعداد زیاد متغیرهای اندازه‌گیری‌شده است. کیفیت آب منعکس‌کنندهٔ ترکیب آبی است که تحت‌تأثیر عوامل مختلف ازجمله شرایط آب‌وهوایی، زمین‌شناسی، میزان رسوب‌گذاری و عوامل انسانی نظیر ورود انواع فاضلاب‌های شهری، صنعتی و کشاورزی، آبزی‌پروری، تفریح و سرگرمی قرار دارد. شناسایی و اندازه‌گیری این عوامل برای مدیریت منابع آب امری ضروری به حساب می‌آید (خلیفه و خوش‌نظر١٣٩٧، قلی‌زاده و حیدری ١٣٩٩).

شاخص‌های کیفیت آب (WQI) یکی از بهترین و ساده‌ترین راه‌ها برای تعیین وضعیت و شرایط کیفیت آب است. نمونه‌های رایج این شاخص‌ها عبارت است از: کیفیت آب بنیاد ملی بهداشت (NSFWQI[1])، کیفیت آب محیط‌زیست شورای وزیران کانادا (CCME WQI[2])، کیفیت آب اورگان (OWQI[3]) و کیفیت آب وزنی (WAWQI[4]) که در بسیاری از پژوهش‌های اخیر مثل Marselina et al. (2022) در رودخانهٔ سیتاروم اندونزی، Matta et al. (2020) در رودخانهٔ گنگ هند و Murali et al. (2020) در تالاب‌های کویمباتور هند به‌منظور تعیین وضعیت کیفیت آب استفاده شده است. شاخص کیفیت آب‌های سطحی ایران (IRWQIsc[5]) یک شاخص تلفیقی از NSFWQI و BCWQI[6] است که از سوی سازمان حفاظت محیط‌زیست برای شرایط منابع آب سطحی ایران بومی‌سازی شده و وضعیت کیفیت آب را به‌صورت کمی بررسی می‌کند (آقایی و همکاران ١٣٩٩، Kareem et al. 2021). تاکنون پژوهش‌های متعدد و زیادی در رابطه با ارزیابی کیفیت آب‌های سطحی کشور با استفاده از شاخص کیفیت آب‌های سطحی ایران (IRWQIsc) از زمان بومی‌شدن و قبل از آن شاخص کیفیت آب بنیاد ملی بهداشت آمریکا (NSFWQI) انجام شده است. ارزیابی کیفیت آب با استفاده از شاخص کیفیت آب IRWQIsc و NSFWQI در منابع مختلف آب‌های سطحی کشور ازجمله دریاچه (فئید و همکاران سال ١٤٠٠ دریاچه نئور اردبیل)، مخزن سد (کرد تمینی و همکاران سال ١٣٩٨ سد ماشکید سیستان و بلوچستان، طالبی و پرویشی سال ١٣٩٨ سد ارس ارومیه و کریمیان و همکاران سال ١٣٩٩ سد گاران مریوان)، تالاب (صمدی سال ١٣٩٤ تالاب چغاخور چهارمحال بختیاری و سلیمانی و سبزعلی‌پور سال ١٣٩٩ تالاب ناصری)، مخزن تأمین آب (میری سال ١٣٩٥ آب چاه نیمه‌های سیستان و بلوچستان) و رودخانه‌های مهم کشور (Nemati Varnosfaderany et al. 2009 روخانهٔ زاینده‌رود، صادقی و همکاران سال ١٣٩٤ رودخانهٔ زرین گل

1. National Sanitation Foundation Water Quality Index (NSFWQI)
2. Canadian Council of Ministers of the Environment Water Quality Index (CCMEWQI)
3. Oregon Water Quality Index (OWQI)
4 Weighted Arithmetic Water Quality Index (WAWQI)
5. Iran Water Quality Index for Surface Water Resources- Conventional Parameters (IRWQIsc)
6. British Columbia Water Quality Index (WQI)

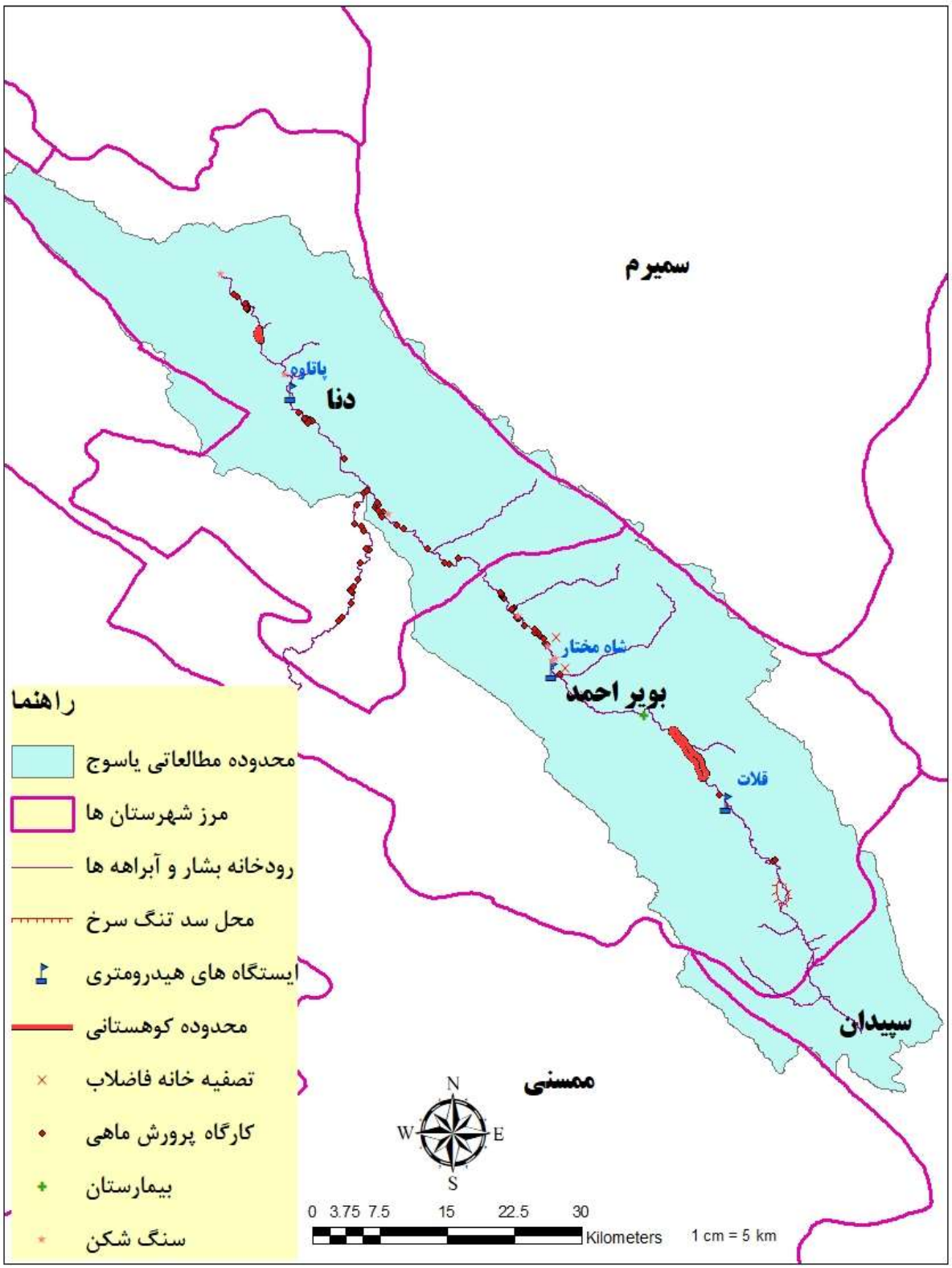
گلستان، میرزایی و همکاران سال ۱۳۹۵ رودخانه‌های استان بوشهر، شکوهی و مدبری سال ۱۳۹۷ رودخانه پسیخان گیلان، آقایی و همکاران سال ۱۳۹۸ رودخانهٔ چهل چای گلستان و خلیلی و همکاران سال ۱۳۹۹ رودخانهٔ گرمارود آمل) انجام شده است.

رودخانهٔ بشار، یکی از مهم‌ترین و پرآب‌ترین رودخانه‌های دائمی استان کهگیلویه و بویراحمد است و بخش عمده‌ای از آب موردنیاز را برای مصارف شرب، صنعت و کشاورزی این استان فراهم می‌کند. سد تنگ سرخ قرار است که در محدودهٔ استان فارس و در بالادست رودخانهٔ بشار استان کهگیلویه و بویراحمد احداث شود (شکل ۱). منابع آلایندهٔ نقطه‌ای زیادی، کیفیت رودخانهٔ بشار را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد که به تصفیه‌خانهٔ فاضلاب شهر یاسوج، کارگاه‌های پرورش ماهی، کارگاه‌های سنگ‌شکن و مراکز تفریحی اشاره می‌شود که در شکل (۱) دیده می‌شود. تاکنون پژوهشی دربارهٔ کیفیت آب رودخانهٔ بشار با استفاده از شاخص IRWQIsc گزارش نشده است؛ بنابراین پژوهش حاضر با هدف بررسی وضعیت موجود کیفیت آب رودخانهٔ بشار و منابع آلودگی نقطه‌ای عمدهٔ آن با استفاده از شاخص IRWQIsc انجام شد.

۲. مواد و روش‌ها

۲-۱. معرفی منطقهٔ موردمطالعه

رودخانهٔ بشار، یکی از سرشاخه‌های رودخانهٔ خرسان است که در شهرستان بویراحمد و قسمتی از شهرستان اردکان جریان دارد و مهم‌ترین منبع آب جاری شهرستان بویراحمد ازجمله شهر یاسوج است (شکل ۱). رودخانهٔ بشار با مختصات جغرافیایی ۵۱ درجه و ۲۰ دقیقه تا ۵۱ درجه و ٤٨ دقیقه طول شرقی و ۳۰ درجه و ۱۸ دقیقه تا ۳۰ درجه و ۵۲ دقیقه عرض شمالی آب‌های سرشاخه‌های فرعی را جمع‌آوری کرده، با دریافت شاخهٔ فرعی شبلیز به رودخانهٔ بزرگ ماربر محلق شده، رودخانهٔ خرسان را تشکیل داده و درنهایت با طی‌کردن مسافت ۱۹۰ کیلومتر به کارون پیوسته است. اولین شاخهٔ این رودخانه از شمال غربی شهر اردکان، مرکز شهرستان سپیدان، استان فارس سرچشمه می‌گیرد و در طول مسیر از شهرهای یاسوج و دنا عبور کرده و سرشاخه‌های خرم‌ناز، مهریان، گنجه، کریک و کبگیان را دریافت می‌کند. رودخانهٔ بشار در محدودهٔ مطالعاتی یاسوج با مساحت ۲۳۱۲/٦ کیلومتر مربع جریان دارد که حوضه‌ای بسیار کوهستانی و مرتفع است. این حوضه، رژیم برفی، بارانی و دائمی دارد. متوسط بارش سالیانه ۹۰۷ میلی‌متر و میانگین دمای منطقه ۲۷/۱ درجهٔ سلسیوس است. بیش از ۹۵ درصد پوشش حوضهٔ آبخیز بشار درختان بلوط ایرانی است و کمتر از ۵ درصد را درختان بنه و درختچه‌های بومی مثل بادام تشکیل می‌دهد. با توجه به موقعیت رودخانه (عبور آن از شهر یاسوج و همچنین وضعیت اقلیمی) تقاضای آب برای صنعت، کشاورزی و شرب در طول مسیر زیاد است و از این نظر به‌خصوص کشاورزی، که دارای ۸ درصد کشت آبی و ۳۹ درصد کشت دیم در حوضهٔ رودخانه است، بسیار موردتوجه قرار دارد (سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان کهگیلویه و بویراحمد ۱۳۹۹)؛ همچنین با عبور از شهر یاسوج در مسیر آلودگی‌های نقطه‌ای ازجمله کارگاه‌های پرورش ماهی، تصفیه‌خانهٔ فاضلاب شهر یاسوج، کارگاه‌های سنگ‌شکن، مراکز تفریحی و روستاهای اطراف قرار گرفته و این عوامل باعث شده است تا وضعیت طبیعی رودخانه در این نواحی دست‌خوش تغییر شود و کیفیت رودخانه تحت‌تأثیر قرار گیرد.



شکل (۱) محدودهٔ مطالعاتی رودخانهٔ بشار و موقعیت منابع آلایندهٔ نقطه‌ای

Figure (1) The Beshar River study area with point sources pollution locations

۲-۲. نمونه‌برداری

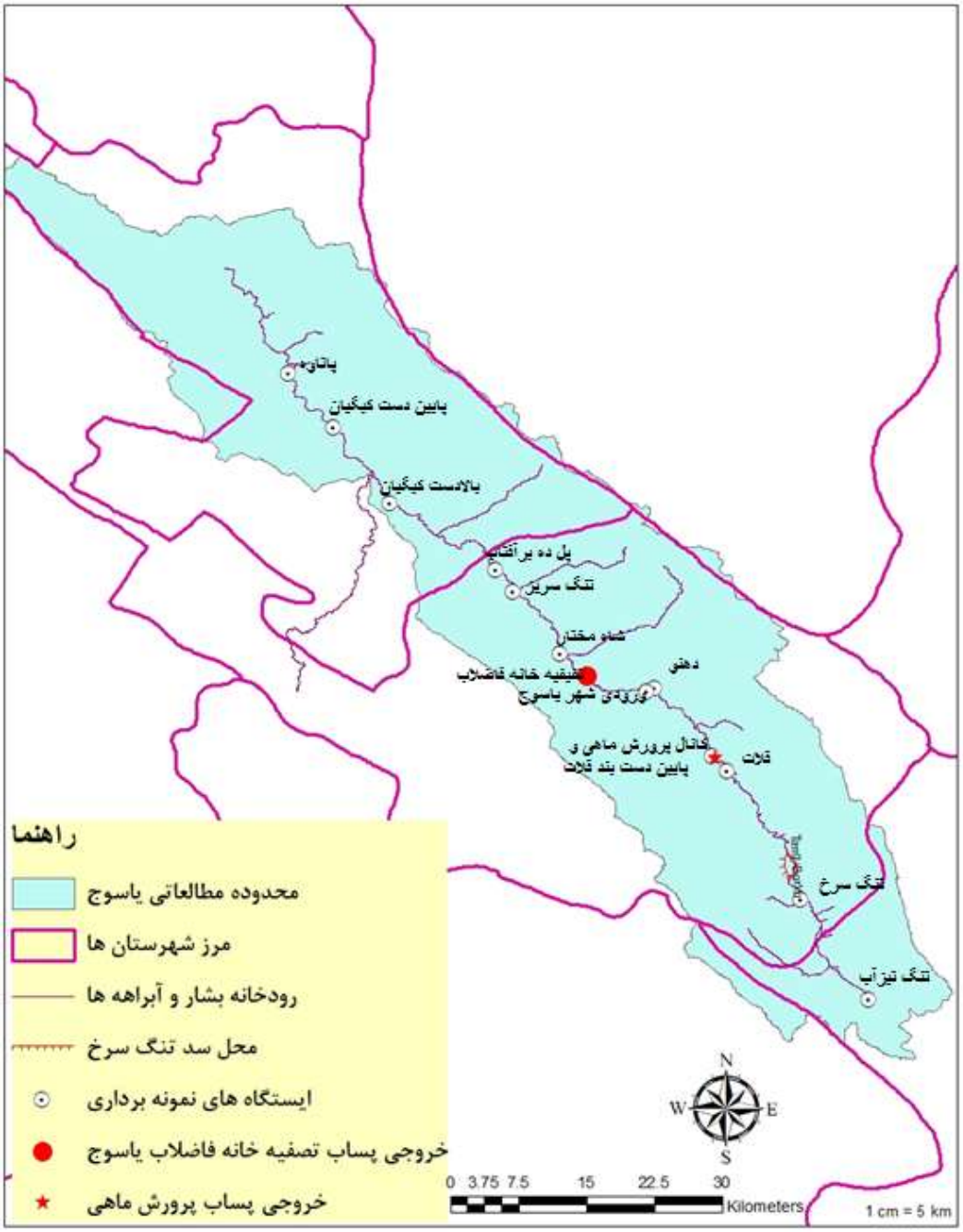
با توجه به اطلاعات مکانی و با هدف بررسی کیفیت آب رودخانهٔ بشار در شرایط کم‌آبی و پرآبی از بالادست تا پایین‌دست، ۱۲ ایستگاه نمونه‌برداری برای پایش وضعیت موجود کیفیت آب رودخانه و همچنین ۲ ایستگاه شامل خروجی پساب تصفیه‌خانهٔ فاضلاب شهر یاسوج و کانال پرورش ماهی بند قلات، که در پایین‌دست ایستگاه هیدرومتری قلات قرار داشت، برای مشخص‌شدن کمیت و کیفیت منابع آلایندهٔ اصلی ورودی به رودخانهٔ بشار نمونه‌برداری شد. در شکل (۱) محدودهٔ موردمطالعه و نقاط آلایندهٔ رودخانهٔ بشار مشاهده می‌شود که این نقاط کیفیت آب رودخانهٔ بشار را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. در جدول (۱) و شکل (۲) موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری مشاهده می‌شود. برای دورهٔ کم‌آبی در تاریخ ۱٤۰۰/۷/۲ و دورهٔ پرآبی در تاریخ ۱٤۰۰/۱۰/۱۸ نمونه‌برداری انجام شد. علاوه بر اندازه‌گیری برخی متغیرهای کیفیت آب (هدایت الکتریکی[1]، pH[2]، دما، کدورت و اکسیژن محلول) در محل با استفاده از الکترودهای قابل‌حمل، پس از نمونه‌برداری نمونه‌ها در ظروف یک لیتری پلاستیکی به آزمایشگاه مرکزی دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه صنعتی اصفهان برای اندازه‌گیری دیگر متغیرهای کیفیت آب موردنیاز شاخص $IRWQI_{SC}$ منتقل شد. دیگر متغیرهای کیفیت آب شامل کلیفرم مدفوعی[3]، جامدات معلق کل[4]، اکسیژن‌خواهی شیمیایی[5]، اکسیژن‌خواهی زیستی[6]، نیترات، فسفات، سختی کل و آمونیوم در آزمایشگاه مطابق روش‌های استاندارد موجود در کتاب تجزیهٔ شیمیایی آب و خاک، سنجش و اندازه‌گیری شد (رضوانی پور و رضوی دینانی ۱۳۹۳). با توجه به اهمیت محدودیت زمان نگهداری نمونه برای اندازه‌گیری میزان کلیفرم مدفوعی در نمونه‌های آب و پساب (حداکثر ۲٤ ساعت در دمای کمتر از ٤ درجه سانتی‌گراد)، اندازه‌گیری این متغیرها در ۲۰ نمونهٔ برداشت‌شده در ظروف شیشه‌ای استریل ۲۵۰ میلی لیتری مربوط به دو دورهٔ کم‌آبی و پرآبی، در شهر یاسوج با آزمایشگاه شرکت آب و فاضلاب انجام شد.

اندازه‌گیری دبی ایستگاه‌های نمونه‌برداری از روش جزء مقطع با استفاده از سرعت‌سنج (مولینه) انجام شد. برای اندازه‌گیری سرعت ابتدا از عرض رودخانه عبور کرد؛ چون عمق و سرعت آب کم بود، یک طناب به دو طرف ساحل رودخانه بسته شد؛ به‌گونه‌ای که به شکل افقی درآمد. این مسیر طی‌شده مستقیم و عمود بر جهت جریان بود. با استفاده از میلهٔ سرعت‌سنج که به‌طور کامل قائم نگه داشته شده و محور پروانه که عمود بر جهت جریان بود، تعداد دور در ثانیه در عمق ٦۰ درصد هر نقطه قرائت شد. در دورهٔ پرآبی رودخانه، برای برداشت دبی از تلهٔ فریک موجود در ایستگاه‌های هیدرومتری استفاده شد. درنهایت دبی با استفاده از رابطهٔ زیر محاسبه شد.

$$Q = \sum_{i=1}^{n} S_i V_i$$

که در آن Si مساحت مقطع جزئی، V_i سرعت میانگین و n تعداد کل مقاطع است.

1 Electrical conductivity (EC)
2 Power of Hydrogen (pH)
3 Fecal coliform
4 Total suspended solid (TSS)
5 Chemical Oxygen demand
6 Biological Oxygen demand



شکل (۲) محدودهٔ مطالعاتی و موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری در رودخانهٔ بشار

Figure (2) Study area and location of sampling station in the Beshar River

۲-۳. محاسبهٔ شاخص کیفیت آب

شاخص کیفیت IRWQIsc به‌عنوان یک شاخص کیفی برای آب‌های سطحی ایران به کار می‌رود. مراحل انجام کار به این صورت است که ابتدا غلظت متغیرهای اصلی و مورداستفاده برای اندازه‌گیری شاخص کیفیت منابع آب‌های سطحی ایران (IRWQIsc) که در جدول (۱) آورده شده است، با استانداردهای موجود اندازه‌گیری شد و بعد از

محاسبه، این متغیرها به‌عنوان ورودی شاخص IRWQIsc انتخاب و به هر متغیر یک وزن مطابق جدول (۲) اختصاص داده شد. در ادامه، با استفاده از منحنی‌های رتبه‌بندی، غلظت هر متغیر تبدیل بـه عـدد شـاخص آن متغیـر و درنهایـت مقدار شاخص IRWQIsc براساس روابط ۱ و ۲ تعیین شد. جدول (۲) نشان‌دهندهٔ روش اندازه‌گیـری و دسـتگاه‌هـای لازم برای متغیرهای موردنیاز شاخص IRWQIsc است. جدول (۱) حـاکی از وزن متغیرهـای موردنیـاز و جـدول (۲) طبقه‌بندی کیفیت آب براساس شاخص IRWQIsc است.

جدول (۱) متغیرهای شاخص IRWQIsc و وزن آن‌ها (شاخص کیفیت منابع آب کشور ۱۳۹۲)

Table (1) IRWQIsc index variables and their weight (Water Resources Quality Index 2013)

متغیر	وزن	متغیر	وزن	متغیر	وزن
کلیفرم مدفوعی	۰/۱۴۰	آمونیوم	۰/۰۹۰	COD	۰/۰۹۳
BOD_5	۰/۱۱۷	فسفات	۰/۰۸۷	هدایت الکتریکی	۰/۰۹۶
نیترات	۰/۱۰۸	کدورت	۰/۶۲	pH	۰/۰۵۱
اکسیژن محلول	۰/۹۷	سختی کل	۰/۰۵۹		

$$IRWQIsc = (\prod_{i=1}^{n} i_i^{w_i})^{(1/y)}$$ رابطهٔ ۱:

$$y = \sum_{i=0}^{n} w_i$$ رابطهٔ ۲:

در رابطهٔ ۲ wi وزن متغیر iام، n تعداد متغیرها، Ii مقدار شاخص برای متغیرهای iام از منحنی رتبه‌بندی و y جمـع وزن متغیرهاست.

جدول (۲) طبقه‌بندی کیفیت آب‌های سطحی ایران براساس شاخص IRWQIsc (شاخص کیفیت منابع آب کشور ۱۳۹۲)

Table (4) Classification of surface water quality of Iran based on IRWQIsc (Water Resources Quality Index 2013)

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

۳. نتایج و بحث

به‌منظور تعیین کیفیت آب رودخانهٔ بشار، محاسـبهٔ شـاخص کیفیـت IRWQIsc در ۱۲ ایسـتگاه انتخـابی در طـول رودخانه (از بالادست تنگ تیزاب تا پایین‌دست پاتاوه) با استفاده از داده‌های حاصل از پایش ۱۱ متغیر ذکرشـده در دو دورهٔ کم‌آبی و پرآبی صورت گرفت؛ همچنین ۲ ایستگاه آلودگی نقطه‌ای (شامل کانال خروجی یک مجموعـهٔ پـرورش ماهی و کانال خروجی پساب تصفیه‌خانهٔ فاضلاب شهر یاسوج) برای بررسی میـزان ورود آلـودگی‌هـا بـه رودخانـه از منابع آلاینده اندازه‌گیری شد. نتایج حاصل از اندازه‌گیری متغیرهای کیفیت آب ایستگاه‌های نمونـه‌بـرداری در دو دورهٔ کم‌آبی و پرآبی به‌ترتیب در جداول (۳) و (٤) دیده می‌شود.

نتایج به‌دست‌آمده نشان‌دهندهٔ آن بود که مقدار متغیرهای هدایت الکتریکی، pH، اکسیژن اشباع (DO)، سختی کـل،

کلیفرم مدفوعی و کدورت در همهٔ ایستگاه‌های موردمطالعه با استاندارد کیفیت آب‌های ایران (۱۳۹۲) تطابق داشته است و برای تمامی مصارف استفاده می‌شود. مقادیر متغیرهای BOD_5، COD، نیترات، فسفات و آمونیوم در بیشتر ایستگاه‌های موردمطالعه در رودخانهٔ بشار تنها بیشتر از حد استاندار کاربری شرب است و از این نظر برای مصرف شرب بدون تصفیه محدودیت دارند.

جدول (۳) متغیرهای اندازه‌گیری‌شدهٔ کیفیت آب ایستگاه‌های نمونه‌برداری رودخانهٔ بشار در دورهٔ کم‌آبی

Table (3) Measured variables of water quality in Beshar river sampling stations during low water flow period

ایستگاه	کلیفرم مدفوعی MPN/100ml	دما (°C)	pH	EC ($\mu S\ cm^{-1}$)	PO_4 ($mg\ L^{-1}$)	COD ($mg\ L^{-1}$)	BOD_5 ($mg\ L^{-1}$)	سختی کل ($mg\ L^{-1}$)	کدورت	NH_3 ($mg\ L^{-1}$)	NO_3 ($mg\ L^{-1}$)	DO (درصد اشباع)
تنگ تیزاب	۱۸	۱۵/۵	۸/٤۳	۲۸۵	۰/۰۲۷	۱۱/۳٤	۹/۹	۱۹۱/۷۱	۰/۹	۱/۲	۲/۲٤	۱۰۲/۵
تنگ سرخ	۲۱	۱۸/۲	۸/٦۲	۳٦۰	۰/۰۲۲	۳٤/۳٤	۱۱/۷٦	۱۹۱/۷۱	۰/۹	۱/۸۲	۰/۷۹	۱۰۰
قلات (ایستگاه هیدرومتری)	۲٦	۱۷/۹	۷/۹	۳۱۸	۰/۰٦۵	۱۲/۰۱	۱۰/٦۲	۱۷۱/۵۳	۲/۷۳	۲/٦٦	۲/۹۲	۱۰۷/۵
کانال پرورش ماهی بند قلات	۱۵/٦	۷/۹۳	۳۳۷	۰/۲۱۹	۲۰/٦۷	۲۰/٦۷	۱۱/۰٤	٦/۵	۲/٦۳	۰/۷	۳/۰۹	۹۳
پایین‌دست بند قلات	۲٦	۱۵/۹	۷/۹۳	۳٤۲	۰/۰۵۹	۲٤/۳٤	۱۵/۳	۱۸۳/٦۳	۳/۰۷	۱/۱۲	۳/۰۲	۸۹/۵
دهنو	۱۱	۱۸/۲	۸/۳۲	۳۳٦	۰/۰۹۰	۲۷/۵۱	۱۰/۹۸	۱۸۱/٦۲	۰/۹	۰/۷	۲/٦۹	۱۰۳/۷
بالادست شهر یاسوج	۳۲	۱۷/۱	۸/۱۸	۳٤۲	۰/۰۳٦	٦/۳٤	٤/۱۸	۱۷۳/۵٤	۳/۷۱	۰/۹۸	۲/۸۱	۱۰۸/۹
تصفیه‌خانه	۲۲/۱	۷/٤۵	۱۱۳۰	۸/۹۳	۸٦/۳٤	۸٦/۳٤	٤۱/۵۲	۲۸	۸/۸٦	۳۷/۲٤	۱٦/۲	۷۱/۵
شاه مختار (ایستگاه هیدرومتری)	۲٦	۱۹/۳	۷/۹۳	٤۹۰	۱/۲۹	۳۲/٦۷	۲٦/۱۳	۲۳٤/۰۸	۳/۸۲	۱/۸۲	۱٤/٤٦	۹۷/۲
تنگ سریز	۲٦	۱۵/۵	۸/۲۳	٤۹٤	۰/۱۷٤	۱۲/٦۷	۱۱/۲۲	۲۷٦/٤٦	۳/۹۲	۱/٤	۱۳/۵۰	۹۰
پل ده برآفتاب	۱۷	۱۹/٤	۸/۱۱	٤٦٦	۰/۱۲۸	۱۲/۰۱	۱۰/۵۹	۲٤۲/۱٦	٤/٦۱	۱/۲٦	۱۲/۰٦	۱۱۰
بالادست کبگیان	۲٦	۲۰/۸	۸/۲	۵۱۷	۰/۰۸۳	۱۵/۷۸	۵/۰۱	۲۲۸/۰۳	۷/۰۲	٤/۷٦	۸/۸٦	۱۳٤/۱
پایین‌دست کبگیان	۲۲	۲۰/۸	۸/۷	۵۲۳	۰/۰۸۱	۹/۰۱	۸/۱۰	۲۳٦/۱۰	۳/۲۲	۱/۵٤	٦/۰۹	۱۲۰
پاتاوه (ایستگاه هیدرومتری)	۲۱	۱۸/۳	۸/۰۱	۵٦۲	۰/۰۲۹	۱۲/٤۸	۹/۵۱	۲۷۸/٤۸	۳/۰۷	٤/۹	٦/۰۲	۱۱۱
حداقل	۱۷	۱۵/۵	۷/٤۵	۲۸۵	۰/۰۲۲	۵/۰۱	٤/۱۸	۱۷۱/۵۳	۰/۹	۰/۷	۰/۷۹	۹۰
حداکثر	۳۲	۲۰/۸	۸/٦۲	۵٦۲	۱/۲۹	۳٤/۳٤	٤۱/۵۲	۲۷۸/٤۸	۷/۰۲	٤/۹	۱٤/٤٦	۱۳٤/۱
میانگین	۲۳/۳	۱۸/۰۷	۸/۱۳	٤۱۹/۵۸	۰/۱۷	۱٦/۳۹	۱۲/٦۹	۲۱۵/۷۵	۳/۱۵	۲/۰۸	٦/۲۹	۱۰٦/۲
ضریب تغییرات	۵/۵٦	٦/۷۲	۰/۲۸	۲۰٤/۸٤	۲/۲۷	۲۰/۱۷	۸/٤٦	۳٦/۵۹	۲/۱۵	۹/۱٦	٤/٤۸	۱٤/٤۱

با توجه به طبقه‌بندی آب‌های سطحی ایران براساس شاخص IRWQIsc (جدول ۲)، در دورهٔ کم‌آبی از بالادست رودخانهٔ ایستگاه‌های تنگ تیزآب تا دهنو ازنظر کیفیت آب در طبقهٔ به‌نسبت خوب قرار دارد و ورودی شهر یاسوج (بیمارستان) در وضعیت خوب قرار گرفته است (شکل ۳ و ٤). متغیرهای BOD_5، آمونیوم، نیترات، COD و فسفات شاخص کیفیت IRWQIsc را کاهش داده و در طبقهٔ به‌نسبت خوب و خوب قرار داده است. در پایین‌دست رودخانهٔ بشار ایستگاه شاه مختار در طبقه‌بندی به‌نسبت بد قرار داشته و درنهایت ایستگاه‌های تنگ سریز تا پاتاوه شاخص کیفیت IRWQIsc متوسط است. در همهٔ ایستگاه‌ها متغیرهای BOD_5، آمونیوم، نیترات، COD و فسفات باعث افت شاخص IRWQIsc شده است.

جدول (٤) متغیرهای اندازه‌گیری‌شدهٔ کیفیت آب در ایستگاه‌های نمونه‌برداری رودخانهٔ بشار در دورهٔ پرآبی

Table (6) Measured variables of water quality in Beshar river sampling stations during the high water flow period

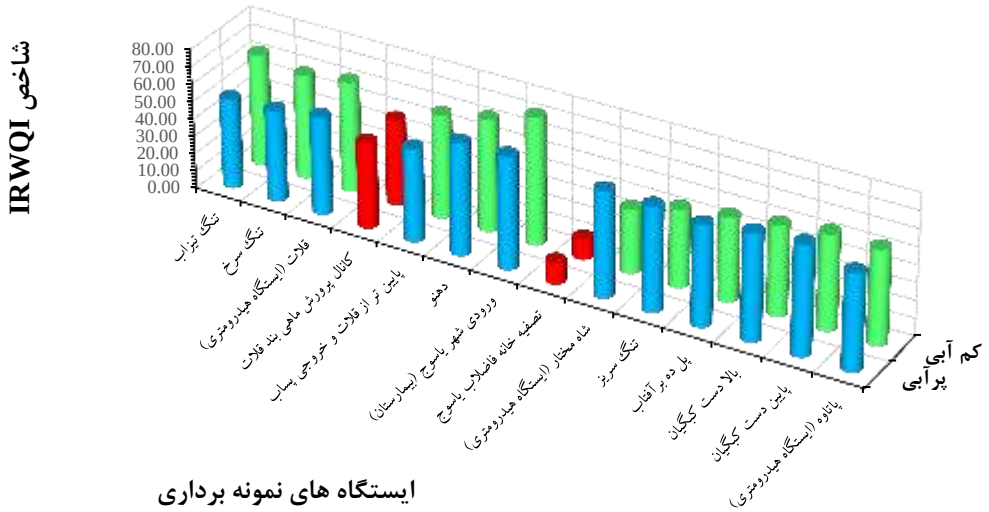
ایستگاه	کلیفرم مدفوعی MPN/100ml	دما (°C)	pH	EC ($\mu S\ cm^{-1}$)	PO_4 ($mg\ L^{-1}$)	COD ($mg\ L^{-1}$)	BOD_5 ($mg\ L^{-1}$)	سختی کل ($mg\ L^{-1}$)	کدورت	NH_3 ($mg\ L^{-1}$)	NO_3 ($mg\ L^{-1}$)	DO (درصد اشباع)
تنگ تیزاب	۹	۷	۸/۳۳	۳۷۷	۰/۰۵	٦/۲۰	٤/۵	۱۲۷/۱۳	۵۵	۰/۵۵	۳/۳۸	۷۱/٤
تنگ سرخ	۱۷	۷/۷	۸	٤۷۵	۰/۰٤	۸/۰۱	٦/۵	۱۲۵/۱۲	٤/۹	۰/۸٤	۳/٤۵	۷۳/۵
قلات(ایستگاه هیدرومتری)	۲۲	۸/۵	۸/۱۲	۲۹۹	۰/۰٤	۱۲/۱۰	۸/۱	۹۰/۸۱	٦	۰/۷	۳/٤٦	۹۱/٤
کانال پرورش ماهی بند قلات	۱۷	۸/۲	۸/٦۹	۳۸٦	۰/۰۱	۱۳/٤۰	۹/۷۹	۱۵۳/۳۷	٤/۸۱	۰/۸٤	۳/۷۹	۸۷/۸
پایین‌دست بند قلات	۳۳	۸	۸/٦	۳۸۵	۰/۰۲	۱۲/۳۰	۹/۷	۱۰۰/۹۰	۸	۰/۸٤	۳/۷۷	۸۵/۲
دهنو	۲۱	۷	۸/۵۸	۳٦۹	۰/۰۳	۱۲/۵۰	۸/۲	۱۳۱/۱۷	٤/۷۲	۰/۹۸	۳/۷٤	۸٦/۷
بالادست شهر یاسوج	٤۷	۷/۱	۸/۱۹	۳۸۱	۰/۰۳	۱۱/۲۰	۸/٤۷	۱۱۰/۹۹	۵/۳۹	۰/۵٦	۲/۵۹	۸۱/٦
تصفیه‌خانه	۳۰	۱۰/۱	۷/۵۷	۱۰۰۲	۱۱/۵۰	۵۱/۳٤	٤۱/۰٤	۲۱۷/۹٤٤	۲٦/۱	۳۸/۵	۱۲	۳۸/۳
شاه مختار (ایستگاه هیدرومتری)	۱۷	۱۰/٤	۷/۸۵	۳۹۱	۰/۱۵	۱۵/۳۰	۸/۵	۱۱۰/۹۹	٦/۰۱	۰/۸٤	٤/۵٦	۸۷/۳
تنگ سریز	۳٤	۹/۹	۸/۳۳	٤۲۷	۰/۱٤	۱۵/۳۰	۹/۳۷	۱٤۳/۲۸	۷/٤٤	۰/۸٤	٤/۱۷	۸۰/٦
پل ده برآفتاب	۲٦	۹/۵	۸/۰٤	٤۳۸	۰/۱۸	۱۵/۳٤	۹/۵٤	۱۳۵/۲۰	۳٦	۱/٤	٤/۰۲	۸۳/۲
بالادست کبگیان	۳۳	۹/٤	۸/۱۹	۵۲۰	۰/۱۲	۱۰/۰۱	۹/۹٦	۱۷۹/٦۰	۹	۰/۷	٤/۳۵	۸۷/۹
پایین‌دست کبگیان	۸/۲	۱۰/٤	۸/۱۷	٤۹٦	۰/۰۸	۱۰/۳٤	۹/۸٤	۱۳۱/۱۷	۵/۷۷	۰/۸٤	٤/۳۰	۸۵/۵
پاتاوه (ایستگاه هیدرومتری)	۳۲	۱۰/۷	۸/۱٦	٤۹۸	۰/۰۵	۱۲/۳٤	۹/۹٦	۱۵۷/٤۰	٦٦/۲	۰/۷	۵/٦۰	۷٦
حداقل	۸/۲	۷	۷/۵۷	۲۹۹	۰/۰۲	٦/۲	٤/۵	۱۰۰/۹	٤/۷۲	۰/۷	۳/۳۸	۸۰/٦
حداکثر	٤۷	۱۰/۷	۸/٦۹	۵۲۰	۰/۱۸	۵۱/۳٤	٤۱/۰٤	۱۷۹/٦۰	٦٦/۲	۱/٤	۵/٦۰	۹۱/٤
میانگین	۲۷/۳۲	۷/۷٦	۸/۲۰	٤۲۱/۳۳	۰/۸۹	۱۰/٤۸	۱۰/۹۵	۱۳٦/۷۹	۱۷/۵۲	۳/۵۱	٤/۱۲	۷۹/۷٤
ضریب تغییرات	۱۰/۲۹	۱/۳٦	۰/۲۵	٦۳/۱۸	۲/۹٤	۱٤/٦۹	۸/٤۷	۳۱/۸۳	۱۹/۸۰	۹/۷۰	۰/٦۸	۱۲/۷۹

افت شاخص کیفیت IRWQIsc در ایستگاه شاه مختار ناشی از متغیرهای BOD_5، نیترات، COD، فسفات و آمونیوم است که به دلیل تخلیهٔ پساب تصفیه‌شدهٔ تصفیه‌خانهٔ فاضلاب شهر یاسوج در بالادست این ایستگاه است. در ایستگاه‌های تنگ سریز تا پاتاوه علاوه بر متغیرهای BOD_5 و آمونیوم، نیترات شاخص کیفیت IRWQIsc را پایین نگه داشته است. در پایین‌دست رودخانه با وجود اضافه‌شدن سرشاخه‌های فرعی (مهریان، گنجه‌ای و کریک و کبگیان) و افزایش جریان آب، شاخص کیفیت آب IRWQIsc در دورهٔ کم‌آبی افزایش نیافته است. به عبارت دیگر، پیش‌بینی می‌شد، با افزایش دبی ناشی از شاخه‌های فرعی و اثر رقیق‌کنندگی آب در کاهش غلظت آلاینده‌ها، کیفیت آب بهبود یابد؛ ولی این‌گونه نبود.

پژوهش‌های قبلی نیز نشان‌دهندهٔ آن است که علت کاهش کیفیت آب رودخانهٔ بشار در پایین‌دست، قرارگرفتن شهر یاسوج در مسیر رودخانه است که بار آلودگی بیشتری را به پایین‌دست رودخانه تحمیل می‌کند و همچنین افزایش واحدهای صنعتی و مناطق تفریحی، افزایش روستاهای حاشیهٔ رودخانه و مهم‌تر از همه خروجی پساب تصفیه‌خانهٔ فاضلاب شهر یاسوج در بالادست ایستگاه شاه مختار و افزایش پساب زمین‌های کشاورزی است. در پژوهش خلیلی و همکاران (۱۳۹۸) با بررسی کیفیت رودخانه با استفاده شاخص کیفیت آب کانادا (CCME WQI) یکی از دلایل کاهش کیفیت رودخانه در پایین‌دست، پساب تصفیه‌خانهٔ فاضلاب شهر یاسوج معرفی شده است که با نتایج این پژوهش همخوانی دارد؛ همچنین بوستانی و گوهرگانی (۱۳۹۳) با بررسی کیفیت رودخانهٔ بشار با استفاده از مدل QUAL2K مشخص کردند که رودخانه در پایین‌دست و بعد از ایستگاه شاه مختار به بدترین حالت خود رسیده است و دلایل کاهش کیفیت را زهاب‌های کشاورزی، حوضچه‌های پرورش ماهی، پساب تصفیه‌خانهٔ فاضلاب شهر یاسوج و کارگاه‌های سنگ‌شکن معرفی کرده‌اند. نجیب‌زاده و همکاران (۱۳۹٦) نیز با بررسی منابع آلوده‌کنندهٔ رودخانهٔ بشار علت کاهش کیفیت رودخانهٔ بشار را پساب فاضلاب شهری، کارگاه‌های سنگ‌شکن، پساب‌های کارگاه‌های پرورش ماهی و زهاب‌های کشاورزی بیان کردند که با پژوهش حاضر همخوانی دارد.

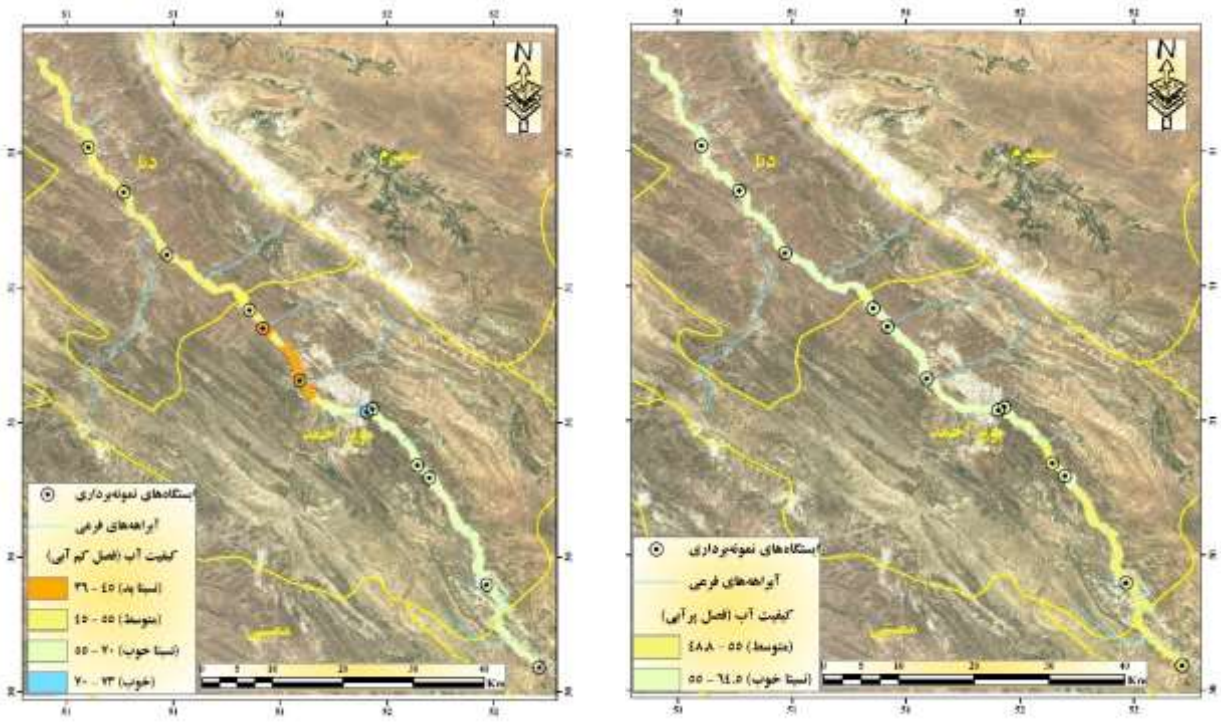
بالادست رودخانه در دورهٔ پرآبی از ایستگاه‌های تنگ تیزآب، تنگ سرخ و پایین‌تر از قلات کیفیت متوسط دارد که در مقایسه با دورهٔ کم‌آبی شاخص کیفیت آب رودخانه در این ایستگاه‌ها کاهش پیدا کرده است. علت افت شاخص کیفیت آب در ۳ ایستگاه فوق در دورهٔ پرآبی مقدار BOD_5، آمونیوم، نیترات، کدورت و اکسیژن اشباع است. در ایستگاه‌های قلات، دهنو و ورودی شهر یاسوج کیفیت رودخانه در وضعیت به‌نسبت خوب قرار دارد که در مقایسه با دورهٔ کم‌آبی با توجه به افزایش دبی رودخانه در بالادست شاخص کیفیت IRWQIsc افزایش نداشته است. در پایین‌دست رودخانه در ایستگاه شاه مختار تا پاتاوه شاخص کیفیت IRWQIsc در وضعیت به‌نسبت خوب قرار دارد که در مقایسه با دورهٔ کم‌آبی کیفیت آب رودخانه از سطح به‌نسبت بد به سطح به‌نسبت خوب رسیده است. به نظر می‌رسد، اثر رقیق‌کنندگی آب در کاهش غلظت آلاینده‌ها در ایستگاه شاه مختار، که دریافت‌کنندهٔ پساب تصفیه‌خانهٔ فاضلاب شهر یاسوج است، در دورهٔ پرآبی مؤثر بوده و افزایش دبی رودخانه ناشی از شاخهٔ فرعی تنگ مهریان باعث بهبود کیفیت آب از طبقهٔ به‌نسبت بد به طبقهٔ به‌نسبت خوب شده است؛ ولی در ایستگاه‌های پایین‌دست شاه مختار با وجود اضافه‌شدن سرشاخه‌های فرعی دیگر شامل گنجه‌ای، کریک و کبگیان به رودخانهٔ بشار و افزایش جریان آب، شاخص کیفیت در طبقهٔ به‌نسبت خوب باقی مانده است (شکل ٤ و۳). علت نرسیدن شاخص کیفیت IRWQIsc به

طبقهٔ خوب و بسیار خوب (جدول ۲) در ایستگاه‌های پایین‌دست در دورهٔ پرآبی اغلب مقادیر متغیرهای BOD_5، آمونیوم، نیترات، کدورت، فسفات و COD و اکسیژن اشباع بوده که به علت تخلیهٔ فاضلاب روستاهای حاشیهٔ رودخانه، تخلیهٔ پساب کارگاه‌هایپرورش ماهی و شست‌وشوی زمین‌های کشاورزی در اثر بارندگی است.



شکل (۳) شاخص IRWQIsc در ایستگاه‌های رودخانهٔ بشار و پساب خروجی منابع عمدهٔ آلاینده

Figure (3) IRWQIsc index in Beshar river stations and effluent of major sources of pollutants



شکل (٤) تغییرات شاخص IRWQIsc در طول رودخانهٔ بشار در پرآبی و کم‌آبی

Figure (4) IRWQIsc index changes along the Beshar River during the high and low water flow periods

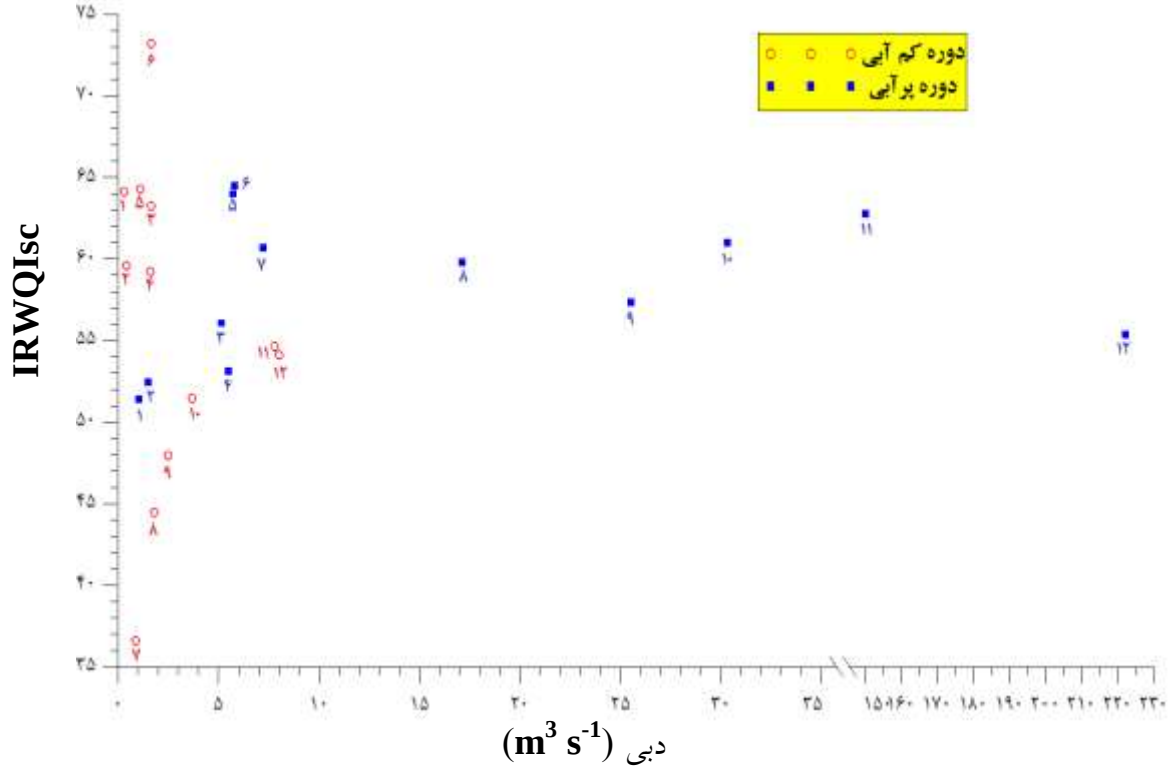
به‌طور کلی شاخص کیفیت IRWQIsc در دورهٔ پرآبی نسبت به دورهٔ کم‌آبی در بالادست کاهش پیدا کرده است؛ اما در پایین‌دست رودخانه، شاخص به‌نسبت افزایش داشته است. در بالادست رودخانه با وجود افزایش دبی در دورهٔ پرآبی، رودخانه افزایش کیفیت نداشته و این کاهش کیفیت ناشی از رواناب‌های حاصل از بارندگی، شست‌وشوی زمین‌های کشاورزی و فاضلاب‌های روستاهای حاشیه رودخانه است که بار آلودگی را به بالادست تحمیل می‌کند و شاخص کیفیت آب IRWQIsc را کاهش می‌دهد. در پژوهش آقایی و همکاران (۱۳۹۸) در بررسی کیفیت رودخانهٔ چهل چای و همچنین پژوهش شکوهی و مدبری (۱۳۹٤) در ارزیابی کیفیت رودخانهٔ پسیخان با استفاده از شاخص IRWQIsc مشخص شد که کیفیت آب رودخانه در فصل پرآبی رودخانه، بهتر از کیفیت در فصل کم‌آبی رودخانه است که با نتایج پژوهش حاضر به‌ویژه در بالادست رودخانهٔ بشار همخوانی ندارد. به‌احتمال، شستشویی زمین‌ها در بالادست رودخانه در اثر بارندگی باعث افزایش بار مواد زائد اکسیژن‌خواه ورودی به رودخانه و درنهایت کاهش کیفیت آب با وجود افزایش دبی شده است. تنها نتایج حاصل در ایستگاه‌های میانی (به‌ویژه ایستگاه شاه مختار که در پایین‌دست محل تخلیهٔ پساب تصفیه‌خانهٔ فاضلاب شهر یاسوج قرار گرفته) و پایین‌دست رودخانهٔ بشار افزایش نسبی شاخص کیفیت آب در فصل پرآبی نسبت‌به کم‌آبی مشاهده شد که با نتایج ایشان مطابقت دارد.

شاخص کیفیت IRWQIsc برای دو ایستگاه منابع آلایندهٔ نقطه‌ای که شامل تصفیه‌خانهٔ فاضلاب شهر یاسوج و پساب کارگاه‌های پروش ماهی بود، نشان از آن داشت که شاخص کیفیت IRWQIsc برای پساب تصفیه‌خانهٔ فاضلاب شهر یاسوج در وضعیت خیلی بد و برای پساب کارگاه‌های پرورش ماهی در وضعیت متوسط قرار دارد؛ بنابراین با توجه به طبقه‌بندی، تصفیه‌خانهٔ فاضلاب شهر یاسوج بار آلودگی زیادی را به رودخانهٔ بشار تحمیل می‌کند. در صورتی که کارگاه‌های پرورش ماهی بار آلودگی متوسط و به‌نسبت کمتری به رودخانه وارد می‌کند. با توجه به تعداد زیاد کارگاه‌های پرورش ماهی و پراکنش مکانی آن‌ها، که به‌طور تقریبی در همهٔ بخش‌های رودخانهٔ بشار از بالادست تا پایین‌دست مستقر است، نقش آن‌ها در کاهش کیفیت آب رودخانه زیاد می‌باشد؛ اما چون پساب همهٔ کارگاه‌ها در یک نقطه متمرکز نیست و در طول رودخانه و شاخه‌های فرعی وارد می‌شود، در بیشتر ایستگاه‌های موردمطالعه باعث نشده است، طبقهٔ کیفیت آب تغییر کند که مطابق با پژوهش حسینی و همکاران (۱۳۹۲) در رودخانهٔ ریجاب استان کرمانشاه است.

رابطهٔ بین دبی و شاخص IRWQIsc در شکل (۵) نشان‌دهندهٔ آن است که در بالادست رودخانه با افزایش دبی در دورهٔ پرآبی نسبت‌به دورهٔ کم‌آبی شاخص کاهش پیدا کرده است. در پایین‌دست رودخانه با افزایش دبی در دورهٔ پرآبی نسبت به دورهٔ کم‌آبی شاخص افزایش پیدا کرده و یک رابطهٔ خطی بین شاخص و دبی دیده می‌شود. نتایج پژوهش آقایی و همکاران (۱۳۹۸) در بررسی کیفیت رودخانهٔ چهل چای با استفاده از شاخص IRWQIsc و همچنین بررسی رابطهٔ شاخص IRWQIsc با میزان دبی رودخانه، که نشان‌دهندهٔ یک رابطهٔ خطی بود، تنها با نتایج پژوهش حاضر در پایین‌دست رودخانهٔ بشار همخوانی دارد.

بهتر است برای بهبود کیفیت آب رودخانهٔ بشار کنترل و نظارت بیشتری از سازمان‌های ذی‌ربط بر روی مصرف کود شیمیایی در کشاورزی، پساب کارگاه‌های پرورش ماهی، حذف کامل کارگاه‌های سنگ‌شکن در حاشیهٔ رودخانه،

مدیریت بهتر فاضلاب‌های روستایی و جلوگیری از نفوذ مستقیم آن‌ها به رودخانه و ایجاد ایستگاه‌های پایش مستمر برای اندازه‌گیری کیفیت رودخانه به‌صورت ماهیانه یا فصلی انجام شود. با توجه به آنکه ساخت سد تنگ سرخ قرار است در محدودهٔ استان فارس و در بالادست رودخانهٔ بشار استان کهگیلویه و بویراحمد تکمیل شود، لزوم تعیین و تأمین حقابهٔ محیط‌زیستی رودخانه با توجه به کیفیت آب به‌ویژه در بالادست رودخانهٔ بشار بسیار اهمیت دارد. نتایج پژوهش حاضر نشان‌دهندهٔ آن بود که کیفیت آب در بالادست رودخانهٔ بشار، که هنوز تحت‌تأثیر برداشت آب سد قرار نگرفته است، به‌خصوص در زمان کم‌آبی رودخانه در طبقهٔ به‌نسبت خوب و خوب قرار می‌گیرد و تنها با مدیریت کیفیت پساب تصفیه‌خانهٔ فاضلاب شهر یاسوج در کوتاه‌مدت وضعیت کیفیت آب رودخانه در کل خوب ارزیابی می‌شود.



شکل (۵) رابطهٔ بین دبی و شاخص IRWQIsc در ایستگاه‌های موردمطالعه (شمارهٔ ایستگاه‌ها به‌ترتیب از بالادست از ۱ تا ۱۲ است)

Figure (5) Relationship between discharge and IRWQIsc index in the studied stations (number of stations from upstream to downstream is from 1 to 12, respectively)

۵. نتیجه‌گیری

بررسی کیفیت رودخانه‌هایی که از مراکز شهری عبور می‌کند، با توجه به مراکز شهری، صنعتی و کشاورزی حاشیهٔ رودخانه اهمیت زیادی دارد؛ بنابراین این پژوهش با هدف بررسی شاخص کیفیت آب‌های سطحی ایران (IRWQIsc) در رودخانهٔ بشار انجام شد. روند تغییرات شاخص IRWQIsc از بالادست به‌سمت پایین‌دست نشان‌دهندهٔ آن بود که کیفیت رودخانه از بالادست به‌سمت پایین‌دست در دورهٔ کم‌آبی کاهش پیدا کرده که این کاهش کیفیت آب به علت

قرارگرفتن شهر یاسوج در مسیر رودخانه است که بار آلودگی بیشتری را به پایین‌دست رودخانه تحمیل می‌کند و همچنین افزایش واحدهای صنعتی و مناطق تفریحی، افزایش روستاهای حاشیهٔ رودخانه و مهم‌تر از همه خروجی پساب تصفیه‌خانهٔ فاضلاب شهر یاسوج در بالادست ایستگاه شاه مختار و افزایش پساب زمین‌های کشاورزی و کارگاه‌های پرورش ماهی باشد. در دورهٔ پرآبی رودخانهٔ بشار، شاخص IRWQIsc در بالادست نسبت‌به پایین‌دست و دورهٔ کم‌آبی کاهش داشته است؛ ولی در پایین‌دست به‌نسبت دورهٔ کم‌آبی شاخص کیفیت IRWQIsc افزایش داشته است. افزایش کیفیت در پایین‌دست به علت افزایش دبی و اضافه‌شدن سرشاخه‌های فرعی (سرشاخه مهریان، گنجه‌ای، کریک و کبگیان) است. در پایین‌دست یک رابطهٔ خطی بین میزان دبی و شاخص کیفیت IRWQIsc مشاهده می‌شود که با افزایش دبی میزان شاخص IRWQIsc افزایش پیدا کرده است. در هر دو دورهٔ کم‌آبی و پرآبی متغیرهای BOD_5، آمونیوم و نیترات بیشترین تأثیر را بر افت شاخص کیفیت IRWQIsc دارد. با توجه به اینکه رودخانهٔ بشار نقش عمده‌ای در توسعهٔ کشاورزی، صنعت و گردشگری حوضهٔ آبخیز یاسوج دارد، ضروری به نظر می‌رسد، توجه و نظارت بیشتری از سوی ارگان‌های ذی‌ربط به حفظ کیفیت آب رودخانه شود. با توجه به بهره‌برداری سد تنگ سرخ در بالادست رودخانهٔ بشار در آیندهٔ نزدیک، باید لزوم تعیین و تأمین حقابهٔ محیط‌زیستی رودخانه با توجه به کیفیت آب به‌ویژه در بالادست رودخانهٔ بشار مدنظر قرار گیرد؛ زیرا اگر حقابهٔ محیط‌زیستی رودخانهٔ بشار در آینده تأمین نشود، ممکن است رودخانهٔ بشار توان خودپالایی خود را از دست بدهد و مشکل کیفیت آب در بالادست رودخانه بشار دوچندان شود.

تقدیر و تشکر

این مقاله بخشی از پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد خانم زهرا مظلومی، دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه صنعتی اصفهان است که با حمایت مالی شرکت مدیریت منابع آب ایران (شمارهٔ ۰۰۵/س/۱٤۰۰ مورخ ۱٤۰۰/۰۵/۱۸ با کد ۲٤) انجام شده است. بدین وسیله از همکاری مسئولان معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه و دفتر پژوهش‌های کاربردی شرکت سهامی مدیریت منابع آب ایران قدردانی می‌شود؛ همچنین از مسئولان و کارمندان مرکز تحقیقات ژنتیک و اصلاح نژاد ماهیان سردابی شهید مطهری یاسوج به دلیل همکاری در نمونه‌برداری و تأمین وسیلهٔ نقلیه قدردانی می‌شود.

منابع

آقایی، مهراب، حشمت‌پور، علی، قره محمودلو، مجتبی، سیدیان، سید مرتضی. (۱۳۹۷). بررسی کیفیت آب رودخانهٔ چهل چای با استفاده از شاخص IRWQIsc. **علوم و تکنولوژی محیط‌زیست، ۵، ۱٦٦-۱۵۳.**

بوستانی، فردین، گوهرگانی، احسان. (۱۳۹۳). شبیه‌سازی کیفیت آب رودخانهٔ بشار در محدودهٔ شهر یاسوج با استفاده از شبیه QUAL2K. **مجلهٔ مهندسی منابع آب، ۷، ۹۸-۸۵.**

حسینی، حامد، سجادی، میرمسعود، کامرانی، احسان، سوری نژاد، ایمان، رنجبر، حسین. (۱۳۹۲). تأثیر پساب مزارع پرورش ماهی قزل آلای رنگین‌کمان بر پارامترهای فیزیک و شیمیایی آب رودخانهٔ ریجاب (استان کرمانشاه). **مجلهٔ بوم‌شناسی آبزیان ۲(٤)، ۳۹-۲۹.**

خلیفه، سعید، خوش‌نظر، علی. (۱۳۹۷). بررسی کیفیت رودخانهٔ زرینه رود با استفاده از شاخص استاندارد کیفیت منابع آب سطحی ایران. **نشریهٔ علمی ترویجی علوم و مهندسی آب و فاضلاب، ۱، ۱۳-۱.**

خلیلی، رضا، پروین‌نیا، محمد، زالی، ابوالفضل. (۱۳۹۹). ارزیابی کیفیت آب رودخانهٔ گرمارود با استفاده از شاخص کیفیت آب بنیاد ملی بهداشت (NSFWQI)، شاخص آلودگی رودخانه (RPI) و شاخص کیفیت وزنی حسابی آب (WAWQI). **محیط‌زیست و مهندسی آب، ۳، ۲۸٤-۲۷٤.**

خلیلی، رضا، پروین‌نیا، محمد، متقی، حامد. (۱۳۹۹). ارزیابی کیفیت آب رودخانهٔ بشار با استفاده از شاخص کیفیت آب CCME. **مطالعات علوم و محیط‌زیست، ۳، ۲۸۱٤-۲۸۰۷.**

رزاقی رضائیه، آیلر، احمدی، حجت، حق‌دوست، نورعلی، حصاری، بهزاد. (۱۳۹۷). ارزیابی جریان زیست‌محیطی رودخانه با روش‌های اکوهیدرولوژی (مطالعهٔ موردی: رودخانهٔ مهابادچای). **پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، ٦، ٦٥-٤٧.**

سازمان حفاظت محیط‌زیست. (۱۳۹۲). استاندارد کیفیت آب‌های ایران. دفتر آب و خاک. **معاونت محیط‌زیست انسانی سازمان حفاظت محیط‌زیست. ص ۱۵.**

https://www.doe.ir/portal/file/?692324/standard-mosavab-ver-1395.docx

سازمان حفاظت محیط‌زیست. (۱۳۹۲). شاخص کیفیت منابع آب کشور و طبقه‌بندی آن‌ها. دفتر آب و خاک. **معاونت محیط‌زیست انسانی سازمان حفاظت محیط‌زیست. ص ٤۳.**

https://www.doe.ir/portal/file/?958505/5-writebuffer.pdf

سلیمانی بابادی، فاطمه، سبزعلی‌پور، سینا. (۱۳۹٦). بررسی کیفیت آب تالاب ناصری با استفاده از شاخص‌های IRWQI و NSFWQI. **نشریهٔ علمی اکوبیولوژی تالاب، ٤٥، ۸٦-۷۱.**

شکوهی، علیرضا، مدبری، هادی. (۱۳۹۷). ارزیابی و مقایسهٔ حساسیت مدل‌های NSFWQI و IRWQIsc نسبت به پارامترهای کیفیت آب. **تحقیقات منابع آب ایران، ۵، ۱۲٤-۱۰۹.**

صادقی، مهدی، بای، ابوطالب، بای، ناصر، سفلایی، نفیسه، مهدی نژاد، محمد مهدی، ملاح، مرتضی. (۱۳۹٤). تعیین وضعیت کیفیت آب رودخانهٔ زرین گل استان گلستان با کاربرد شاخص کیفی آب (NSFWQI) و شاخص کیفیت آب‌های سطحی ایران (IRWQIsc). **فصلنامهٔ بهداشت در عرصهٔ دانشگاه علوم پزشکی دانشگاه شهید بهشتی دانشکدهٔ بهداشت،۳، ۳۳-۲۷.**

صمدی، جواد. (۱۳۹٤). بررسی تأثیر مکانی-زمانی کمی و کیفی پساب‌های کاربری اراضی بر آلودگی تالاب چغاخور با استفاده از شاخص IRWQI و روش آماری. **تحقیقات منابع آب ایران، ۳، ۱۷۱-۱۵۹.**

طالبی، سهراب، پرویشی، علیرضا. (۱۳۹٤). ارزیابی کیفی رودخانهٔ ارس با استفاده از شاخص IRWQIsc بالادست دریاچهٔ سد ارس. **مطالعات علوم و محیط‌ریست، ٤، ۲۰۱۰-۲۰۰۳.**

فئید، منیژه، بابایی، هادی، خداپرست، حجت. (۱۳۹۸). بررسی آب دریاچه براساس شاخص کیفیت آب‌های سطحی ایران (IRWQIsc) به‌منظور توسعهٔ پایدار. **فصلنامهٔ علمی محیط‌زیست جانوری، ۱، ٤۸۸-٤۸۱.**

قلی‌زاده، محمد، حیدری، امید. (۱۳۹۹). ارزیابی کیفیت آب رودخانهٔ گرگان رود بر پایهٔ شاخص‌های کیفی آب‌های سطحی در محدودهٔ شهر گنبد کاووس. **مجلهٔ سلامت و محیط‌زیست فصلنامهٔ علمی پژوهشی انجمن علمی بهداشت محیط ایران، ص ٤۸-۳۳**

کردتمینی، ایوب، بذرافشان، ادریس، نورآبادی، الهام، انصاری، حسین، کمانی، حسین. (۱۳۹۸). بررسی کیفیت آب دریاچهٔ سد ماشکید شهرستان سیب وسوران با بهره‌گیری از شاخص کیفیت آب و شاخص کیفیت آب‌های سطحی ایران. **مجلهٔ علمی علوم پزشکی تربت حیدریه، ۱، ۳۹-۲۷.**

کریمیان، عرفان، بهرامی کمانگر، برزان، محمدی، حبیب‌الله، قادری، ادریس. (۱۳۹۹). ارزیابی کیفیت آب دریاچهٔ سد گاران مریوان با استفاده از شاخص کیفی NSFWQI. **محیط‌زیست طبیعی، ۳، ۵۸۳-۵۷۱.**

میرزایی، روح‌الله، عباسی، نسترن، ساکی‌زاده، محمد. (۱۳۹۰). بررسی کیفیت آب رودخانه‌های جاری استان بوشهر با استفاده از شاخص کیفیت آب. **دو ماهنامهٔ طب جنوب پژوهشکدهٔ زیست-پزشکی خلیج فارس، ۵، ٤۸۰-٤۷۰.**

میری، محدثه. (۱۳۹۵). ارزیابی کیفیت آب چاه نیمه‌های سیستان براساس شاخص‌های کیفی NSFWQI، IRWQI و Liou. **فصلنامهٔ علمی پژوهشی اکوبیولوژی تالاب ۳٤: ۱۰۰-۸۷.**

نجیب‌زاده، عنایت‌الله، جهانتاب، اسفندیار، یگانه، حسن، کرمی بزرآبادی، رضون. (۱۳۹٦). بررسی منابع آلوده‌کنندهٔ رودخانهٔ بشار و گرایش‌های محیط‌زیستی پاسخ‌گویان در شهرستان بویراحمد. اولین کنگرهٔ آب و خاک و علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی تهران: ۹

Abdullah, N., & Jain, S. (2020). **Multi-index summer flow regime characterization to inform environmental flow contexts, A New England case study**. Ecological Indicators (111), 1-15.

Kareem, S., Jaber, W., Al-Maliki, L., Al-Husseiny, R., Al-Mamoori, S. & Alansari, N. (2021). **Water quality assessment and phosphorus effect using water quality indices: Euphrates River- Iraq as a case study**. Groundwater for Sustainable Development (14), 1-10.

Marselina, M., Wibowo, F., **&** Mushfiroh, A. (2022). **Water quality index assessment methods for surface water: A case study of the Citarum River in Indonesia**. Heliyon (8): 1-10.

Matta, G., Nayak, A., **&** Kumar, A. (2020). **Water quality assessment using NSFWQI, OIP and multivariate techniques of Ganga River system, Uttarakhand, India**. Applied Water Science 10, 1-12.

Murali, K., Meenakshi, M., **&** Uma, R. N. (2020). **Surface water (wetlands) quality assessment in Coimbatore (India) based on national sanitation foundation water quality index (NSF WQI)**. 1st International Conference on Science, Engineering and Technology: 1-7.

Nemati Varnosfaderany, M., Mirghaffary, N., Ebrahimi, E., **&** Sofyanian, A.R. (2009**). Water quality assessment in an arid region using a water quality index**. Journal of Water Science & Technology (60.9), 2319-2327.