JEHE Alborz University of Medical Sciences Journal of Environmental Health Engineering , 2025; 12(2):117-136 Original Article

Study of physical and chemical parameters of Arvand River based on fuzzy logic and NSFWQI index

Received: 20 October, Accepted: 27 November 2024

Azita Koshafar[1*], Mohammad Velayatzadeh[2]

[1]*Department of Environmental Science and Engineering, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran*
[2] *Master of Industrial Safety, Caspian Institute of Higher Education, Qazvin, Iran*

***Corresponding Author:**
azitakoosh1348@gmail.com

How to Cite This Article:
Koshafar A, Velayatzadeh M. Study of physical and chemical parameters of Arvand River based on fuzzy logic and NSFWQI index. Journal of Environmental Health Engineering. 2025;12(2):117-36.

DOI:
10.61186/jehe.12.2.117

ABSTRACT

Background: The quality of river water is deteriorating due to natural and human impacts. Arvandroud is a common river on the border of Iran and Iraq that irrigates many urban and rural areas and agricultural fields in Abadan and Khorramshahr regions. This research was conducted in 2022 with the aim of determining the quality characteristics of Arundroud water using NSFWQI index and fuzzy association model.

Materials and Methods: Sampling and measurement of physical, chemical and microbial parameters were done using the standard method and 60 water samples were prepared from 10 stations with 3 replications in spring and summer. The water quality of Arvand River was investigated based on NSFWQI index and fuzzy correlation model.

Results: Fuzzy correlation analysis between the measured values of the parameters in the studied stations showed that the correlation was significant with the increase of the Pearson statistic values ($P<0.05$). Based on the results of the classical correlation method, only the pH variable showed a significant correlation between the stations under study ($P<0.05$). Input functions included Pearson correlation and Sig. statistic (2 tails) and the output variable was the fuzzy correlation coefficient. For Sig. (2-tailed), 5 classes as very weak, weak, medium, strong and very strong, for Pearson's statistic 5 classes as very weak, weak, medium, strong and very strong and for phase correlation coefficient 4. The classes were determined as very weak, weak, medium and strong.

Conclusion: According to the final NSFWQI index, the quality of water in all studied stations in Arundrud is at a bad level. By inserting the calculated correlation values in each variable, the results showed that the effect of pollutants on temperature was very weak, pH and total coliform were weak, and nitrate and TSS were moderate and strong for BOD, DO, phosphate and turbidity.

Keywords: River health assessment, Water quality index, Fuzzy correlation model, Arvand River

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-02-08]

[DOI: 10.61186/jehe.12.2.117]

Copyright © 2025 The Authors.
Published by Alborz University of Medical Sciences
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International License. (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).Non-commercial uses of the work are permitted,provided the original work is properly cited.

مقاله پژوهشی

مجله مهندسی بهداشت محیط، دوره ۱۲، شماره ۲، زمستان ۱۴۰۳، صفحات ۱۱۷ تا۱۳۶

JEHE
Alborz University of Medical Sciences

بررسی پارامترهای فیزیکی و شیمیایی رودخانه اروند بر اساس منطق فازی و شاخص NSFWQI

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۷/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۹/۰۷

آزیتا کوشافر[۱]*، محمد ولایت‌زاده[۲]

[۱] گروه علوم و مهندسی محیط‌زیست، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

[۲] کارشناسی ارشد ایمنی صنعتی، موسسه آموزش عالی کاسپین، قزوین، ایران

چکیده

زمینه و هدف: کیفیت آب رودخانه ها به دلیل اثرات طبیعی و انسانی روبه وخامت است. اروندرود، رودخانه مشترک در مرز ایران و عراق می باشد که بسیاری از مناطق شهری و روستایی و مزارع کشاورزی مطنقه آبادان و خرمشهر را آبدهی می کند. این تحقیق در سال ۱۴۰۱ با هدف تعیین خصوصیات کیفی آب رودخانه اروند با استفاده از شاخص NSFWQI و مدل Fuzzy Association صورت گرفت.

مواد و روش ها: نمونه برداری و اندازه گیری پارامترهای فیزیکی، شیمیایی و میکروبی با استفاده از روش استاندارد (Standard Method) انجام شد و در فصل بهار و تابستان از ۱۰ ایستگاه با ۳ تکرار تعداد ۶۰ نمونه آب تهیه گردید. بررسی کیفیت آب رودخانه اروند بر اساس شاخص NSFWQI و مدل همبستگی فازی انجام شد.

یافته ها: تحلیل های همبستگی فازی بین مقادیر سنجش شده پارامترها در ایستگاه های مورد مطالعه نشان داد با افزایش مقادیر آماره پیرسون، همبستگی معنی دار بود (P<۰/۰۵). بر اساس نتایج حاصل از روش کلاسیک همبستگی، فقط متغیر pH همبستگی معنی داری را بین ایستگاه های مورد مطالعه نشان داد (P<۰/۰۵). توابع ورودی شامل آماره های Pearson Correlation و Sig. (2-tailed) و متغیر خروجی ضریب همبستگی فازی می¬باشد. برای آماره Sig. (2-tailed)، ۵ طبقه بسیار ضعیف، ضعیف، متوسط، قوی و بسیار قوی، برای آماره پیرسون ۵ طبقه بسیار ضعیف، ضعیف، متوسط، قوی و بسیار قوی و برای ضریب همبستگی فازی ۴ طبقه بسیار ضعیف، ضعیف، متوسط و قوی تعیین شد.

نتیجه گیری: بر اساس شاخص شاخص نهایی NSFWQI وضعیت کیفی آب در تمامی ایستگاه های مورد مطالعه در رودخانه اروند در سطح بد قرار دارند. با جای گذاری مقادیر همبستگی محاسبه شده در هر متغیر، نتایج نشان داد که تاثیر آلودگی ها بر دما بسیار ضعیف،pH و مجموع کلیفرم ضعیف، نیترات و TSS متوسط و برای BOD، DO، فسفات و کدورت قوی بوده است.

واژه های کلیدی: ارزیابی سلامت رودخانه، شاخص کیفیت آب، مدل همبستگی فازی، رودخانه اروند

***پست الکترونیکی نویسنده مسئول:**
azitakoosh1348@gmail.com

نحوه استناد به این مقاله:
Koshafar A, Velayatzadeh M. Study of physical and chemical parameters of Arvand River based on fuzzy logic and NSFWQI index. Journal of Environmental Health Engineering. 2025;12(2):117-36.

DOI:
10.61186/jehe.12.2.117

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-02-08]

[DOI: 10.61186/jehe.12.2.117]

مقدمه

منابع آب موجود، ۷۱ درصد از سطح کره زمین را پوشانده است که ۹۷ درصد کل منابع آبی در دریاها و اقیانوس‌ها قرار دارند که قابل مصرف برای انسان نمی‌باشند و فقط ۳ درصد آب شیرین در دسترس موجودات زنده است که ۰/۰۶ درصد آب شیرین موجود در دسترس قرار داد، زیرا بقیه آن شامل یخ‌های قطبی یخ زده یا یخچال‌های طبیعی و آب‌های زیرزمینی می‌شود[1]. منابع آب به‌ویژه آب شیرین، به‌دلیل شرایط طبیعی و وضعیتی که تحت تأثیر تغییرات اقلیمی می‌باشد به‌طور نابرابر در جهان توزیع شده است و بسیاری از کشورها و مناطق کمبود آب دارند[2]. سالیانه حدود ۴۲۰ میلیارد متر مکعب پساب به رودخانه‌ها و دریاچه‌ها ریخته می‌شود و ۵۵۰ میلیارد متر مکعب آب شیرین در سراسر جهان آلوده می‌شود که بیش از ۱۴ درصد کل جهان را تشکیل می‌دهد[3]. رودخانه‌ها اجزای اصلی منابع آب شیرین هستند که به‌طور جدایی‌ناپذیری با زندگی موجودات زنده مرتبط هستند. رودخانه‌ها نقش مهمی در تامین منابع آبی برای بقا و سلامت انسان و اکوسیستم‌ها را ایفا می‌کنند و مهم‌ترین منابع آبی برای آبیاری کشاورزی، تامین آب خانگی، مصارف صنعتی و ساختمانی در یک حوزه آبخیز را تشکیل می‌دهند[4]. بیشتر رودخانه‌های شهری به‌دلیل فعالیت‌های انسانی بالا، شیوه‌های شهرنشینی، فعالیت‌های کشاورزی، آبزی‌پروری و دامداری در مجاورت رودخانه وضعیت محیطی مناسبی ندارند که در نتیجه با کاهش کیفیت آب رودخانه، توسعه اقتصاد کشاورزی و همچنین تولید و کیفیت مواد غذایی و سایر محصولات کشاورزی و باغبانی به‌طور جدی تحت تأثیر قرار می‌گیرد[5]. بنابراین پیشگیری و کنترل آلودگی رودخانه با ارزیابی قابل اعتماد کیفیت آب، برای سلامت انسان و موجودات زنده ضروری می‌باشد[2].

منابع آب رودخانه تحت تأثیر عوامل طبیعی و فعالیت‌های انسانی قرار می‌گیرد. الگوهای کاربری زمین می‌تواند تأثیر مثبت یا منفی بر پارامترهای فیزیکی و شیمیایی کیفیت آب داشته باشد. پاکسازی زمین، ضایعات دام و فعالیت‌های کشاورزی می‌توانند رسوبات، مواد مغذی، مواد آلی، فلزات سنگین و عوامل بیماری‌زا را از طریق رواناب یا آبیاری آزاد کنند[6]. آلاینده‌های حاصل از فعالیت‌های صنعتی مختلف برای پاسخگویی به نیازهای رشد جمعیت می‌توانند منجربه بدتر شدن کیفیت آب رودخانه شوند. شرایط آب و هوایی (دما و بارش) با توجه به مکان یا فصول متفاوت است که منجربه تغییرات مکانی ـ زمانی در کیفیت آب رودخانه می‌شود. همچنین رویدادهای آب و هوایی مانند خشکسالی و سیل بر ظرفیت تخلیه یا رقیق شدن نهرها و میزان موادی که به رودخانه‌ها وارد می‌شوند، تأثیر می‌گذارد[7]. علاوه بر این شرایط حوضه آبخیز و فرآیندهای حمل و نقل می‌تواند بر انتقال آلاینده‌ها به آب‌های سطحی تأثیر بگذارد. تشکیل رواناب به موقعیت توپوگرافی آن و شدت بارندگی بستگی دارد که می‌تواند این آلاینده‌ها را به بدنه‌های آبی وارد کند. شرایط بدنه آبی که با جریان و تبادل آب مشخص می‌شود نیز بر کیفیت آب رودخانه تأثیر دارد[8].

شاخص‌های کیفیت آب روش‌هایی هستند که در مدیریت منابع آبی و کنترل آلودگی‌ها می‌توان از آن‌ها به‌عنوان یک ابزار مدیریتی قوی برای تصمیم‌گیری‌های مربوطه استفاده نمود[9,10]. شاخص NSFWQI یکی از شاخص‌های مهم و کاربردی جهت طبقه‌بندی کیفیت آب‌های سطحی می‌باشد که بر اساس ۹ پارامتر دما، اکسیژن محلول، اکسیژن موردنیاز بیوشیمیایی، نیترات، فسفات، مجموع جامدات معلق، کدورت، pH و کلی‌فرم طبقه‌بندی شده است[11]. در تحقیقی شاخص NSFWQI[1] آب رودخانه پسیخان در استان گیلان مقادیر ۷۰-۴۶ را نشان داده و کیفیت متوسط را تعیین کرده است[12]. همچنین در مطالعه دیگری بر روی رودخانه زاینده‌رود شاخص NSFWQI آب این اکوسیستم را در رده پر خطر طبقه‌بندی کرد[13]. مطالعات ارزیابی کیفیت آب بر روی رودخانه گنگ[2] در کشور هندوستان[14] و رودخانه‌های پیابان‌ها[3] و دوکه[4] کشور برزیل[15,16] با شاخص NSFWQI گزارش شده است.

1.National Sanitation Foundation Water Quality Index
2.Gang river
3.Piabanha river
4.Doce river

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-02-08]

[DOI: 10.61186/jehe.12.2.117]

کیفیت آب سطحی به پارامترهای مختلفی بستگی دارد و عدم قطعیت زیادی در رفتار این پارامترها وجود دارد. منطق فازی به این عدم قطعیت‌ها می‌پردازد و با ایجاد ابهام در ماهیت، منجربه کاهش عدم قطعیت می‌شود و بر خلاف منطق کلاسیک که هر چیزی را بر اساس یک سیستم دوتایی نشان می‌دهد. منطق فازی یکی از روش‌های نسبتا جدید در علوم ریاضی محسوب می‌شود که با هدف بررسی ارتباط دو یا چند متغیر مورد استفاده قرار می‌گیرد[۱۷]. در حقیقت مدل همبستگی فازی[1] مدل همبستگی پیرسون است که با درجه-بندی میزان همبستگی بر اساس درجه عضویت در مجموعه-های فازی، نتایج بسیار دقیق‌تری از وضعیت همبستگی بین آلودگی ناشی از پساب شهری و کشاورزی و خصوصیات کیفی آب رودخانه ارائه می‌کند[۱۸]. در تحقیق دیگری کیفیت آب رودخانه لرما[2] در شهر مکزیکو در کشور مکزیک[۱۹] و منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی کشور تونس[۲۰] و کشور ایتالیا[۲۱] با استفاده از روش منطق فازی مورد بررسی قرار گرفت.

با توجه به اینکه رودخانه اروند یک رود مرزی و مشترک بین دو کشور ایران و عراق بوده و از شهرها و روستاهای بسیاری نظیر آبادان، خرمشهر، بصره و فاو گذر می‌کند، همچنین نخلستان‌ها و زمین‌های کشاورزی متعددی در کنار این رودخانه وجود دارد و این رود تحت تاثیر جنگ دو کشور نیز بوده است، این تحقیق با هدف بررسی خصوصیات کیفی آب رودخانه اروند در سال ۱۴۰۱ بر اساس شاخص NSFWQI و مدل همبستگی فازی انجام شد.

مواد و روش ها

محدوده مورد مطالعه

رودخانه اروند، رودی مرزی و مشترک حدود ۸۵ کیلومتر بین دو کشور ایران و عراق در جنوب غرب کشور در استان خوزستان می‌باشد که پس از مسافت حدود ۲۰۰ کیلومتر به شمال خلیج فارس وارد می‌شود.

سرچشمه آب اروندرود از رودخانه‌های دجله و فرات که از ترکیه سرچشمه می‌گیرند و رودخانه‌های کارون، کرخه، زاب بزرگ، زاب کوچک، دیاله، بکور، سیروان و الوند که همگی از ایران سرچشمه می‌گیرند، تأمین می‌شود. پوشش ساحلی اروند چولان ونی است و عمق نخلستان‌ها بین ۲ تا ۵ کیلومتر متغیر، که آبیاری آن‌ها به وسیله کانال و نهرهای مصنوعی عمود بر اروندرود در حالت مد است. جهت رودخانه اروند شمال به جنوب است و در کشور عراق به نام شط العرب معروف است[۲۲].

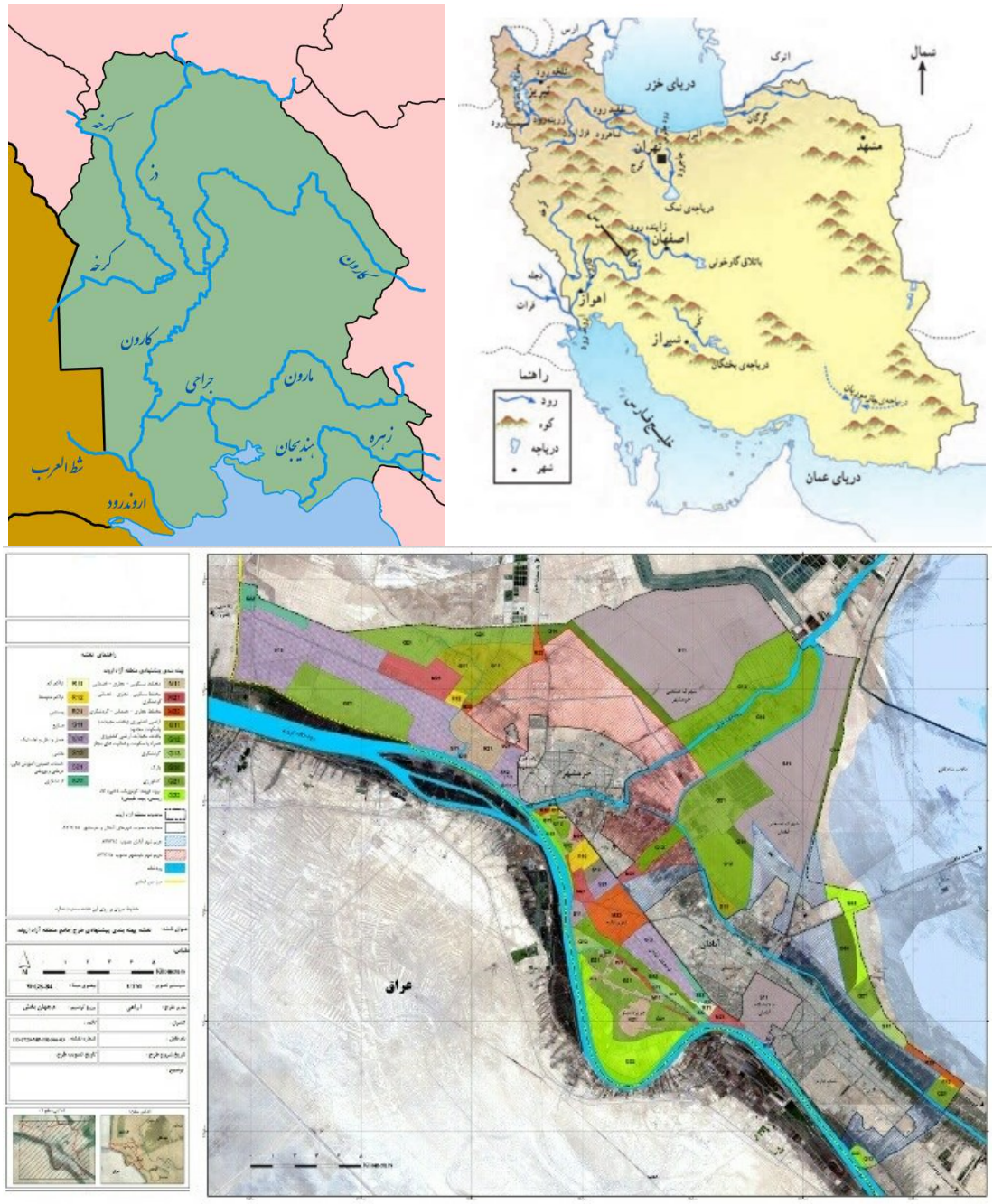
نمونه‌برداری

در این تحقیق، نمونه‌برداری با ۳ تکرار در دو دوره خرداد ماه و مرداد ماه سال ۱۴۰۱ صورت گرفت. ۶۰ نمونه از آب رودخانه اروند شامل ۳۰ نمونه در فصل بهار و ۳۰ نمونه در فصل زمستان گرفته شد. انجام نمونه‌برداری در دو مرحله با هدف افزایش صحت نتایج و هدف آن بررسی اثر متغیر زمان نبود، لذا هر دو دوره نمونه‌برداری در فصل تابستان صورت گرفت. نمونه‌برداری از مناطق تعیین شده با استفاده از روش استاندارد[3] صورت گرفت[۲۳]. به‌منظور نمونه‌برداری برای تعیین پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب رودخانه اروند از بطری-های پلی‌اتیلنی استریل به حجم ۱ لیتر استفاده شد. سپس نمونه‌ها برای آنالیز به آزمایشگاه ارسال شد. برای انجام آزمایش‌های فیزیکی، شیمیایی و میکروبی بر روی نمونه ها از روش‌های استاندارد موجود در کتاب استاندارد متد استفاده شد[۲۳]. در جدول ۱ مختصات جغرافیایی نقاط نمونه‌برداری مشخص شده است.

1- Fuzzy Association
2- Lerma river
3- Standard Method

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-02-08]

[DOI: 10.61186/jehe.12.2.117]



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی رودخانه اروند در جنوب غرب ایران

جدول ۱. مختصات جغرافیایی نقاط نمونه‌برداری رودخانه اروند

ایستگاه نمونه برداری	نام محل	طول و عرض جغرافیایی
۱	گمرک خرمشهر	30.434429, 48.153979
۲	ورودی رود کارون	30.428054, 48.164677
۳	اسکله شهید رجایی	30.423367, 48.168509
۴	یادمان شهدای غواص	30.403764, 48.182146
۵	پالایشگاه آبادان	30.338123, 48.269935

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-02-08]

[DOI: 10.61186/jehe.12.2.117]

۶	اسکله آبادان	30.327130, 48.284738
۷	خسروآباد	30.158005, 48.409927
۸	اروند کنار	30.060720, 48.448634
۹	یادمان شهدای اروند	29.982909, 48.484632
۱۰	مصب رودخانه	29.941758, 48.604420

شاخص NSFWQI

پس از دریافت نتایج حاصل از آزمایشات، خصوصیات کیفی ذکر شده در دو بازه زمانی و ایستگاه‌های مورد سنجش بر اساس شاخص NSFWQI تعیین و بر مبنای روش‌های آماری، مورد مقایسه قرار گرفت. استفاده از شاخص NSFWQI بسیار متداول بوده و می‌توان از آن برای بررسی کیفیت آب رودخانه‌ها و منابع آبی استفاده نمود. شاخص‌های کیفی آب روش‌هایی هستند که در مدیریت کیفی آب می‌توان از آن‌ها با ساده‌سازی و کاهش اطلاعات خام و اولیه علاوه بر بیان کیفیت آب روند تغییرات کیفی آب را در طول زمان و مکان نیز بررسی نمود و مناطقی را که از نظر آلودگی بیشتر مورد تهدید می‌باشند مشخص و منابع آب آن‌ها را مدیریت نمود[۹]. شاخص NSFWQI با استفاده از رابطه ۱ به‌دست آمد[۱۱]:

رابطه ۱:

$$NSFWQI = \sum W_i I_i$$

در رابطه ۱، I_i زیر شاخص i ام و W_i ضریب وزنی شاخص i ام هستند. پس از اندازه‌گیری مشخصه‌های فوق، زیر شاخص هر یک از آن‌ها از روی منحنی‌های تبدیل به‌دست آمدند که با استفاده از این منحنی‌ها پارامترها به معیارهای ۱۰۰-۰ تبدیل شدند. در این روش برای محاسبه شاخص نهایی هر یک از زیر شاخص‌های به‌دست آمده از منحنی‌های مربوطه در فاکتور وزنی خود ضرب شده (جدول ۲) و از حاصل جمع آن‌ها طبق رابطه ۱ شاخص نهایی به دست آمد و بر اساس جدول ۳ طبقه‌بندی شدت آلودگی بررسی شد.

جدول ۲. فاکتور وزنی پارامترهای شاخص NSFWQI[۱۱]

پارامتر	فاکتور وزنی
pH	۰/۱۱
BOD (mg/L)	۰/۱۱
TSS(mg/L)	۰/۰۷
نیترات (mg/L)	۰/۱۰
دما (°C)	۰/۱۰
فسفات (mg/L)	۰/۱۰
اکسیژن محلول (٪)	۰/۱۷
FC (mpn/100m)	۰/۱۶
کدورت (NTU)	۰/۰۸

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-02-08]

[DOI: 10.61186/jehe.12.2.117]

جدول۳. رنگ‌بندی و تعاریف به کار رفته در پهنه‌بندی آلودگی به روش NSFWQI[11]

رنگ	مقدار عدد شاخص	کلاس	تعریف
قرمز	۰-۲۵	E	بسیار بد
نارنجی	۲۶-۵۰	D	بد
زرد	۵۱-۷۰	C	متوسط
سبز	۷۱-۹۰	B	خوب
آبی	۹۱-۱۰۰	A	عالی

مدل همبستگی فازی

برای تحلیل همبستگی فازی بین متغیرهای مورد بررسی دو متغیر تصادفی x و y (مقادیر پارامتر در ایستگاه‌های مورد سنجش) را با انحراف معیارهای σx و σy در نظر گرفته و ضریب همبستگی این دو را با ρ نشان داده که به صورت رابطه ۲ تعریف شد[18]:

رابطه ۲:

$$\left[\rho_{x,y} = \frac{\operatorname{cov}(x,y)}{\sqrt{(\operatorname{var} x)(\operatorname{var} y)}} = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x \sigma_y}\right]$$

برای برآورد پارامتر ρ نمونه تصادفی (x_1 و y_1)، (x_1 و y_1) و ..... (x_1 و y_1) را در نظر گرفته که برای این که ρ با روش گشتاوری برآورد شد سپس σx، σy و σ_{XY} به کمک آماره رابطه‌های ۳، ۴ و ۵ محاسبه شدند[18]:

رابطه ۳:

$$\hat{\sigma}_x^2 = s_x^2 = \frac{1}{n}\sum (x_i - \bar{x})^2 = \overline{x^2} - \bar{x}^2$$

رابطه ۴:

$$\hat{\sigma}_y^2 = s_y^2 = \frac{1}{n}\sum (y_i - \bar{y})^2 = \overline{y^2} - \bar{y}^2$$

رابطه ۵:

$$\hat{\sigma}_{xy} = s_{xy} = \frac{1}{n}\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) = \overline{xy} - \bar{x}\bar{y}$$

برآورد گشتاوری ρ را که به ضریب گشتاوری پیرسون شهرت دارد بر اساس رابطه ۶ درنظر گرفته شد[18]:

رابطه ۶:

$$R = \frac{s_{xy}}{s_x s_y}$$

و بر اساس نمونه تصادفی یافته‌های تحقیق، یافته متغیر تصادفی R با r نشان داده شد (رابطه ۷):

$$r = \frac{s_{xy}}{s_x s_y}$$

رابطه ۷:

برای توزیع تقریبی برآوردگر R از تبدیل فیشر استفاده شد (رابطه ۸):

$$W = \frac{1}{2} Ln \frac{1+R}{1-R}$$

رابطه ۸:

تجزیه و تحلیل یافته‌ها

در این پژوهش تحلیل آماری داده‌ها به کمک نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۰ انجام شد. خروجی تجزیه و تحلیل آماری نتایج شامل آمارهای توصیفی بود. آزمون کلموگروف ـ اسمیرنوف به‌منظور تعیین نوع آزمون مورد نیاز بر حسب پارامتری و غیرپارامتری انجام شد. برای رسم جداول از نرم‌افزار اکسل ۲۰۰۷ استفاده گردید. محاسبات همبستگی فازی در محیط نرم‌افزار MATLAB صورت گرفت. برای تعیین

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-02-08]

[DOI: 10.61186/jehe.12.2.117]

رابطه بین مقادیر سنجش شده رودخانه از از مدل تلفیقی ضرایب همبستگی پیرسون با مدل همبستگی فازی استفاده شد.

یافته‌ها

مقادیر پارامترهای کیفی آب شامل دما، اکسیژن محلول، BOD، نیترات، فسفات، TSS، کدورت، pH و فیکال کلیفرم روخانه اروند در دو دوره نمونه‌برداری بهار و تابستان به همراه آماره‌های توصیفی شامل میانگین، انحراف معیار، واریانس، ضرایب چولگی و کشیدگی در جدول‌های ۴ و ۵ نشان داده شده است.

برای تعیین نوع آزمون در تحلیل واریانس یکطرفه، باید نوع توزیع داده‌ها تعیین شود. بدین منظور از آزمون نرمالیته کلموگروف ـ اسمیرنوف استفاده شد که در جدول ۶ نشان داده شده است. فرض صفر مبنی بر توزیع نرمال داده‌ها و فرض ۱، عدم توزیع نرمال داده‌ها است. سطح معنی‌داری در این آزمون ۹۵٪ است. با توجه به اینکه مقدار P در تمامی متغیرها بیشتر از ۰/۰۵ است، لذا فرض صفر مبنی بر توزیع نرمال داده‌ها برای تمامی متغیرها تایید شد و از آزمون پارامتری ANOVA استفاده گردید.

پس از تحلیل‌های آماری، مقادیر شاخص نهایی NSFWQI محاسبه شد. عیارهای مربوط به هر پارامتر در دو دوره نمونه‌برداری در جدول ۷ و وضعیت نهایی شاخص در ایستگاه‌ها و دوره‌های نمونه‌برداری در جدول ۸ نشان داده شده است. ابتدا عیارهای مربوط به هر پارامتر تعیین شد. سپس شاخص نهایی کیفیت آب در هر ایستگاه در دو دوره نمونه‌برداری تعیین شد. بر این اساس وضعیت کیفی آب در تمامی ایستگاه های مورد مطالعه در رودخانه اروند در سطح بد قرار دارند. به منظور انجام تحلیل‌های همبستگی فازی، در گام اول بین مقادیر سنجش شده پارامترها در ایستگاه‌های مورد مطالعه گرفته شد. با افزایش مقادیر آماره پیرسون، همبستگی معنی‌دار بود ($P<۰/۰۵$). بر اساس نتایج حاصل از روش کلاسیک همبستگی، فقط متغیر pH همبستگی معنی‌داری را بین ایستگاه‌های مورد مطالعه نشان داد ($P<۰/۰۵$) (جدول ۹).

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-02-08]

[DOI: 10.61186/jehe.12.2.117]

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-02-08]

جدول ۴. میانگین مقادیر پارامترهای فیزیکی، شیمیایی و میکروبی آب رودخانه اروند در فصل بهار ۱۴۰۱

ایستگاه	pH	BOD (mg/L)	TSS (mg/L)	نیترات (mg/L)	دما (°C)	فسفات (mg/L)	اکسیژن محلول (٪)	FC (mpn/100m)	کدورت (NTU)
۱	۷/۹۳	۶/۵۶	۴۰۷/۲	۳/۷۱	۲۵/۴	۰/۱۱	۳۹/۳	۲۲۱۱۳	۵۲/۱
۲	۷/۸۶	۵/۷۰	۴۰۱/۸	۳/۶۶	۲۵/۴	۰/۱۲	۳۸/۹	۲۳۷۴۰	۵۴/۶
۳	۷/۸۴	۶/۰۷	۴۰۹	۳/۲۳	۲۵/۴	۰/۱۰	۳۹/۱	۲۲۴۵۵	۴۸/۹
۴	۶/۷۶	۷/۱۹	۳۹۲/۴	۴/۸۴	۲۵/۴	۰/۱۲	۳۹	۲۱۸۶۷	۵۱/۶
۵	۷/۸۰	۷/۲۵	۴۲۳/۱	۴/۶۵	۲۵/۳	۰/۱۲	۳۷/۵	۱۹۹۵۱	۵۴/۷
۶	۷/۸۱	۲۸/۰۱	۴۵۵/۶	۱۱/۷۲	۲۵/۳	۰/۱۳	۲۹/۷	۱۵۸۰۸	۵۶/۸
۷	۷/۵۵	۱۷/۵۲	۴۵۲/۳	۶/۶۴	۲۵/۴	۰/۱۲	۳۱/۶	۱۶۰۷۸	۵۳/۲
۸	۷/۷۰	۱۵/۱۲	۴۵۸/۷	۷/۳۹	۲۵/۵	۰/۱۲	۳۵/۲	۱۷۲۲۷	۵۱/۹
۹	۷/۷۲	۱۸/۳۷	۴۴۴/۸	۸/۷۱	۲۵/۴	۰/۱۱	۳۴/۶	۱۵۷۱۰	۵۲/۵
۱۰	۷/۶۹	۱۸/۰۶	۴۳۵/۱	۷/۹۲	۲۵/۴	۰/۱۲	۳۵/۸	۱۷۴۴۳	۵۲/۴
میانگین	۷/۷۶	۱۲/۹۸	۴۲۸	۶/۲۴	۲۵/۳۹	۰/۱۱	۳۶/۰۷	۱۹۲۳۹/۲	۵۲/۸۷
انحراف معیار	۰/۱۰۷	۷/۵۵	۲۴/۴۹	۲/۷۲	۰/۰۵۶	۰/۰۰۸	۳/۳۶	۳۱۲۲/۷۸	۲/۱۳
واریانس	۰/۰۱۱	۵۷/۱۴۱	۵۹۹/۸۷	۷/۴۴۹	۰/۰۰۳	۰	۱۱/۳۱	۹۷۵۱۷۹۳/۷۳	۴/۵۷
چولگی	-۰/۵۸	۰/۷۷۷	-۰/۰۹۱	۰/۸	-۰/۰۹۱	-۰/۸۰۶	-۰/۸۷۴	۰/۱۶۸	۰/۰۸۴
کشیدگی	۰/۷۵۳	-۰/۲	-۱/۷۳۴	۰/۰۷۸	۱/۴۹۸	۱/۲۳۷	-۰/۲۶۹	-۱/۹۲۱	۰/۹۹۳

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-02-08]

جدول ۵. میانگین مقادیر پارامترهای فیزیکی، شیمیایی و میکروبی آب رودخانه اروند در فصل تابستان ۱۴۰۱

ایستگاه	pH	BOD (mg/L)	TSS (mg/L)	نیترات (mg/L)	دما (°C)	فسفات (mg/L)	اکسیژن محلول (٪)	FC (mpn/100m)	کدورت (NTU)
۱	۷/۷۵	۶/۲۹	۴۲۱/۲	۳/۵۳	۲۵/۸	۰/۱۲	۳۸/۴	۲۴۵۵۸	۵۳/۴
۲	۷/۹۰	۶/۰۳	۴۱۹/۵	۲/۹۶	۲۵/۸	۰/۱۱	۳۸/۱	۲۴۲۰۵	۵۴/۱
۳	۷/۵۵	۶/۴۹	۴۰۸/۷	۳/۰۷	۲۵/۸	۰/۱۱	۳۸/۵	۲۳۹۷۰	۵۲/۸
۴	۷/۵۶	۶/۸۶	۴۰۰/۵	۳/۵۵	۲۵/۸	۰/۱۳	۳۸/۸	۲۴۰۸۲	۵۳/۷
۵	۷/۸۰	۷/۲۵	۴۱۵/۷۸	۳/۷۸	۲۵/۸	۰/۱۲	۳۸/۳	۲۲۱۳۹	۵۳/۵
۶	۷/۹۴	۱۳/۶۵	۴۳۸/۳	۶/۱۶	۲۵/۸	۰/۱۵	۳۰/۵	۱۹۸۷۳	۵۸/۱
۷	۸/۰۶	۱۲/۷۰	۴۴۹/۲	۵/۸	۲۵/۸	۰/۱۲	۳۳/۴	۱۹۲۱۱	۵۶/۴
۸	۷/۷۳	۱۴/۶۸	۴۴۲/۶	۵/۹۴	۲۵/۸	۰/۱۴	۳۴/۹	۲۰۲۰۴	۵۵/۴
۹	۷/۶۵	۱۳/۲۹	۴۶۸/۳	۷/۲	۲۵/۸	۰/۱۵	۳۴/۷	۱۹۸۶۲	۵۲/۱
۱۰	۷/۷۱	۱۵/۷۳	۴۱۸/۸	۶/۳۷	۲۵/۷	۰/۱۱	۳۲/۹	۱۹۳۱۵	۵۳/۵
میانگین	۷/۷۶	۱۰/۲۸	۴۲۸/۲۸	۴/۸۳۶	۲۵/۷۹	۰/۱۲۶	۳۵/۸۵	۲۱۷۴۱/۹	۵۴/۳
انحراف معیار	۰/۱۶۴	۳/۹۹	۲۰/۷۴	۱/۵۹	۰/۰۳۱	۰/۰۱۵	۲/۹۵	۲۲۶۷/۷۱	۱/۸۱
واریانس	۰/۰۲۷	۱۵/۹۹۶	۴۳۰/۳۵	۲/۵۵۱	۰/۰۰۱	۰	۸/۷۶۱	۵۱۴۲۵۲۳/۶۵۶	۳/۲۹۳
چولگی	۰/۴۱۵	۰/۱۲۵	۰/۶۸۹	۰/۱۲۸	-۳/۱۶۲	۰/۶۲	-۰/۵۸۳	۰/۱۶۶	۱/۱۴۹
کشیدگی	-۰/۴۶۹	-۲/۲۱۲	-/۱۰۸	-۱/۹۵۱	۱۰	-۱/۱۵۹	-۱/۰۳۳	-۲/۱۹۱	۰/۸۸۳

[DOI: 10.61186/jehe.12.2.117]

جدول ۶. نتایج آزمون نرمالیته کلموگروف ـ اسمیرنوف

پارامتر	pH	BOD	TSS	نیترات	دما	فسفات	اکسیژن	FC	کدورت
Z آماری	۰/۳۹۴	۱/۱۸۹	۰/۶۲۷	۰/۷۹۹	۱/۳۰۳	۱/۳۲۲	۰/۹۲۱	۰/۵۸۰	۰/۵۷۲
Sig	۰/۹۹۸	۰/۱۱۸	۰/۸۲۶	۰/۵۴۵	۰/۰۶۷	۰/۰۶۱	۰/۳۶۴	۰/۸۹۰	۰/۹۰۰

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-02-08]

[DOI: 10.61186/jehe.12.2.117]

[DOI: 10.61186/jehe.12.2.117] [Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-02-08]

جدول ۷. عیار پارامترهای فیزیکی، شیمیایی و میکروبی آب رودخانه اروند در فصل بهار و تابستان ۱۴۰۱

فصل	ایستگاه	pH	BOD (mg/L)	TSS (mg/L)	نیترات (mg/L)	دما (°C)	فسفات (mg/L)	اکسیژن محلول (٪)	FC (mpn/100m)	کدورت (NTU)
بهار	۱	۸۶	۴۸	۴۶	۷۶	۳۲	۹۶	۲۹	۸	۳۸
	۲	۸۸	۵۲	۴۶	۷۷	۳۲	۹۶	۲۹	۸	۳۶
	۳	۸۹	۵۰	۴۶	۸۵	۳۲	۹۵	۲۹	۸	۴۰
	۴	۹۰	۴۵	۴۸	۶۶	۳۲	۹۶	۲۹	۸	۳۸
	۵	۹۰	۴۵	۴۵	۶۷	۳۲	۹۶	۲۷	۸	۳۶
	۶	۹۰	۶	۳۹	۴۸	۳۲	۹۶	۱۸	۹	۳۵
	۷	۹۲	۱۵	۳۹	۵۹	۳۲	۹۶	۲۰	۹	۳۷
	۸	۹۰	۲۰	۳۸	۵۷	۳۲	۹۶	۲۴	۹	۳۸
	۹	۹۱	۱۴	۳۹	۵۴	۳۲	۹۶	۲۳	۹	۳۸
	۱۰	۹۲	۱۵	۴۲	۵۶	۳۲	۹۶	۲۴	۹	۳۸
تابستان	۱	۹۱	۵۰	۴۴	۷۹	۳۱	۹۵	۲۸	۸	۳۷
	۲	۸۷	۴۸	۴۴	۹۰	۳۱	۹۵	۲۸	۸	۳۷
	۳	۹۲	۴۹	۴۵	۸۹	۳۱	۹۵	۲۸	۸	۳۷
	۴	۹۲	۴۷	۴۷	۷۹	۳۱	۹۵	۲۸	۸	۳۷
	۵	۹۰	۴۵	۴۵	۷۴	۳۱	۹۵	۲۸	۸	۳۷
	۶	۸۶	۲۴	۴۳	۶۰	۳۱	۹۵	۱۹	۸	۳۴
	۷	۸۲	۲۶	۴۰	۶۱	۳۱	۹۵	۲۱	۸	۳۵
	۸	۹۱	۲۱	۴۰	۶۲	۳۱	۹۵	۲۳	۸	۳۶
	۹	۹۲	۲۴	۳۷	۵۷	۳۱	۹۵	۲۳	۸	۳۸
	۱۰	۹۰	۱۹	۴۴	۵۹	۳۱	۹۵	۲۱	۸	۳۸

جدول ۸. نتایج نهایی شاخص **NSFWQI** در آب رودخانه اروند در سال ۱۴۰۱

ایستگاه	بهار	وضعیت	تابستان	وضعیت
۱	۴۷/۶۱	بد	۴۸/۰۴	بد
۲	۴۸/۲۳	بد	۴۸/۵	بد
۳	۴۹/۱۱	بد	۴۹/۱	بد
۴	۴۶/۸۱	بد	۴۸/۰۲	بد
۵	۴۶/۱۷	بد	۴۶/۹۲	بد
۶	۳۷/۶۵	بد	۴۰/۶۷	بد
۷	۴۰/۵۳	بد	۴۰/۷۹	بد
۸	۴۱/۴۱	بد	۴۱/۶۱	بد
۹	۴۰/۴۰	بد	۴۱/۴۹	بد
۱۰	۴۱/۱۳	بد	۴۱/۱۱	بد

جدول ۹. ضرایب همبستگی پیرسون پارامترهای فیزیکی، شیمیایی و میکروبی آب رودخانه اروند

پارامترها	نوع همبستگی	داده های آماری
pH	Pearson Correlation	۰/۷۷۵
	Sig. (2-tailed)	۰/۰۴۲
BOD	Pearson Correlation	۰/۱۵۶
	Sig. (2-tailed)	۰/۶۶۶
نیترات	Pearson Correlation	۰/۴۳۷
	Sig. (2-tailed)	۰/۲۰۶
TSS	Pearson Correlation	-۰/۵۰۸
	Sig. (2-tailed)	۰/۱۳۴
دما	Pearson Correlation	۰/۹۵۵
	Sig. (2-tailed)	۰/۰۰
فسفات	Pearson Correlation	۰/۲۴۷
	Sig. (2-tailed)	۰/۴۹۲
اکسیژن محلول	Pearson Correlation	-۰/۳۴۷
	Sig. (2-tailed)	۰/۳۲۶
FC	Pearson Correlation	۰/۵۳۷
	Sig. (2-tailed)	۰/۱۰۹
کدورت	Pearson Correlation	۰/۱۹۲
	Sig. (2-tailed)	۰/۵۹۵

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-02-08]

[DOI: 10.61186/jehe.12.2.117]

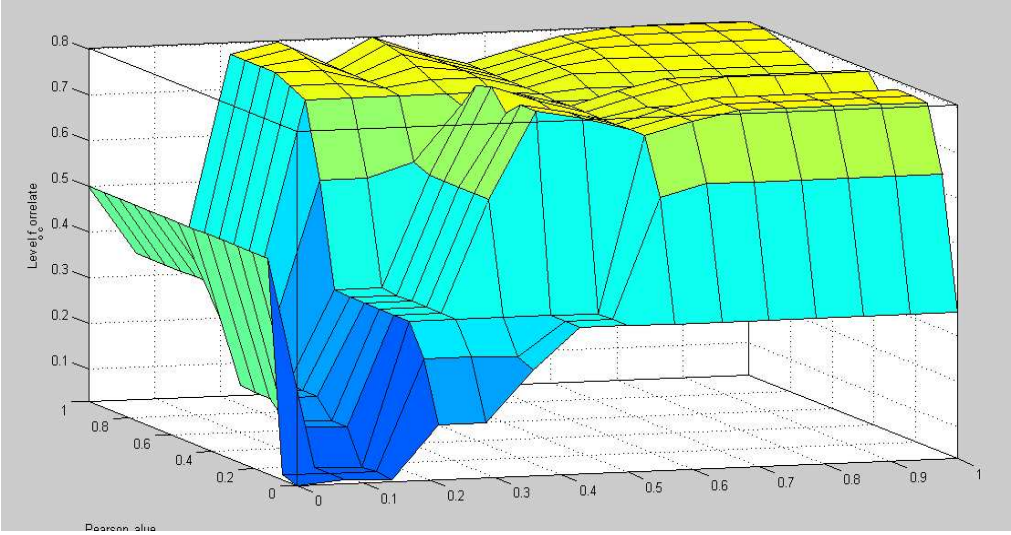
در تحقیق حاضر بر حسب نوع فازی‌سازی، تابع مثلثی انتخاب گردید. نمایه‌های ورودی و خروجی در سیستم فازی در این تحقیق در جدول ۱۰ ارائه شده‌اند. توابع ورودی شامل آماره‌های Pearson Correlation و Sig. (2-tailed) و متغیر خروجی، ضریب همبستگی فازی بود. به ازای هر یک از متغیرهای ورودی و خروجی طبقات فازی و معادل فازی آن‌ها تعیین شد. برای آماره Sig. (2-tailed) ، ۵ طبقه بسیار ضعیف، ضعیف، متوسط، قوی و بسیار قوی، برای آماره پیرسون ۵ طبقه بسیار ضعیف، ضعیف، متوسط، قوی و بسیار قوی و برای ضریب همبستگی فازی ۴ طبقه بسیار ضعیف، ضعیف، متوسط و قوی تعیین شد. بخش اصلی در سیستم استنتاج فازی، ساختن پایگاه قانون است. هدف از نوشتن این قوانین، تعریف گذاره‌های مختلف و متنوع است که از ترکیب احتمالات مختلف تعریف شده برای هر نمایه (ورودی‌ها و خروجی) به‌دست می‌آید. این گزاره‌ها با جملات شرطی (اگر..... آنگاه....) تعریف می‌شوند. در واقع ملاک تصمیم‌گیری بر اساس اگر یا آنگاه است، در اینجا "اگر" مقدم و "آنگاه" نتیجه خوانده می‌شود. آخرین گام از فرآیند استنتاج، خروجی فازی است. برای استفاده عملی و امکان بکارگیری آن در ارزیابی کیفیت آب و تصمیم‌گیری، لازم است که خروجی از حالت فازی به مقدار قطعی برگردانده شود. این قسمت از فرآیند استنتاج که به نافازی‌سازی معروف است، در واقع واحدی است که به‌صورت یک تابع از یک مجموعه فازی به یک مقدار قطعی عمل کرده است. روش‌های متنوع و زیادی برای نافازی‌سازی خروجی فازی فرآیند استنتاج نیز توسعه یافته‌اند، همچون روش‌های مرکز ثقل، مرکز مجموع‌ها، ارتفاع، مرکز بزرگترین سطح و متوسط بیشینه که در این تحقیق از روش مرکز ثقل استفاده شد (شکل ۳).

جدول ۱۰. طبقات توابع ورودی و خروجی و معادل فازی پارامترهای آب رودخانه اروند

		طبقه	معادل فازی
توابع ورودی	Sig. (2-tailed)	-۲ , ۰ , ۰/۱	بسیار ضعیف
		۰/۰۵ , ۰/۱۱ , ۰/۲	ضعیف
		۰/۱۵ , ۰/۲۶ , ۰/۴	متوسط
		۰/۳۳ , ۰/۴۴ , ۰/۵۵	قوی
		۰/۵ , ۱ , ...	بسیار قوی
	Pearson Value	-۲ , ۰ , ۰/۱	بسیار ضعیف
		۰/۰۵ , ۰/۱۱ , ۰/۲	ضعیف
		۰/۱۵ , ۰/۲۵ , ۰/۳۵	متوسط
		۰/۳ , ۰/۴۵ , ۰/۶	قوی
		۰/۵ , ۱ , ...	بسیار قوی
تابع خروجی	Fuzzy Association level	-۰/۲ , ۰ , ۰/۱	بسیار ضعیف
		۰/۰۵ , ۰/۱۵ , ۰/۲۵	ضعیف
		۰/۲ , ۰/۳۵ , ۰/۵	متوسط
		۰/۴ , ۱ , ...	قوی

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-02-08]

[DOI: 10.61186/jehe.12.2.117]



شکل ۳. ارتباط فازی ایجاد شده بین نمایه‌های ورودی و نمایه خروجی

با جای‌گذاری مقادیر همبستگی محاسبه شده در هر متغیر، نگاشت غیرفازی برای هر متغیر محاسبه شد. این نتایج نشان می‌دهد که تاثیر آلودگی‌ها بر دما بسیار ضعیف، pH و مجموع کلیفرم ضعیف، نیترات و TSS متوسط و برای BOD، DO، فسفات و کدورت قوی بوده است (جدول ۱۱).

جدول ۱۱. نتایج تاثیرپذیری زهاب خصوصیات کیفی بر اساس نتایج حاصل از تحلیل همبستگی فازی

پارامتر	همبستگی کلاسیک	معنی داری	نگاشت غیرفازی به ازای همبستگی متغیرها	درجه فازی	همبستگی کلاسیک	همبستگی فازی
pH	۰/۷۷۵	۰/۰۴۲	۰/۴ , ۰/۵ , ۰/۴	۰/۶۳	قوی	ضعیف
BOD	۰/۱۵۶	۰/۶۶۶	۰/۳ , ۰/۶ , ۰/۵	۰/۶۷	ضعیف	قوی
نیترات	۰/۴۳۷	۰/۲۰۶	۰/۲ , ۰/۴ , ۰/۳	۰/۷۵	متوسط	متوسط
TSS	-۰/۵۰۸	۰/۱۳۴	۰/۱ , ۰/۳ , ۰/۲	۰/۴۲	متوسط	متوسط
دما	۰/۹۵۵	۰/۰۰	۰ , ۰/۱ , ۰	۱	بسیار قوی	بسیار ضعیف
فسفات	۰/۲۴۷	۰/۴۹۲	۰/۳ , ۰/۶ , ۰/۵	۰/۵	ضعیف	قوی
اکسیژن محلول	-۰/۳۴۷	۰/۳۲۶	۰/۳ , ۰/۵ , ۰/۴	۰/۳۵	ضعیف	قوی
FC	۰/۵۳۷	۰/۱۰۹	۰/۱ , ۰/۲ , ۰/۲	۰/۵	متوسط	ضعیف
TURB	۰/۱۹۲	۰/۵۹۵	۰/۳ , ۰/۵ , ۰/۵	۰/۴۴	ضعیف	قوی

بحث

رودخانه‌ها و آب‌های جاری از دیرباز مورد نیاز و مورد توجه جوامع بوده‌اند. افزایش تقاضای آب، بالا رفتن سطح زندگی و گسترش آلودگی منابع آب در اثر فعالیت‌های کشاورزی، صنعتی و شهری موجب ایجاد وضع نامساعدی در مدیریت محیط‌زیستی این منابع مهم شده است[۶]. به‌طور کلی منابع آب سطحی مانند رودخانه‌ها، بیشتر در معرض آلودگی‌های موجود مانند زهاب‌های کشاورزی قرار دارند[۱]. با فرض اینکه منابع آب ساز و کار محدودی در راستای طبیعی خودپالایی دارند، اولین گام در مدیریت منابع آب، تعیین خصوصیات کیفی آب رودخانه می‌باشد[۱۴]. همچنین در کنار بررسی خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و میکروبی

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-02-08]

[DOI: 10.61186/jehe.12.2.117]

آب، شناسایی عوامل اصلی آلاینده و تعیین میزان اثر آن‌ها به منظور مدیریت محیط‌زیستی اهمیت فراوانی دارد[۸].

در این تحقیق نتایج شاخص NSFWQI نشان داد که وضعیت کیفی آب رودخانه اروند در تمامی ایستگاه‌های مورد بررسی در سطح بد قرار دارند. یکی از مهمترین چالش‌های آلودگی اروندرود مربوطه به ورود فاضلاب شهری شهرستان‌های آبادان و خرمشهر به این رودخانه است. شهرستان‌های آبادان و خرمشهر فاقد تصفیه‌خانه فاضلاب شهری هستند و پساب‌های شهری به‌طور مستقیم وارد اروندرود می‌شود[۲۳]. پساب خروجی پالایشگاه آبادان به رودخانه اروند یکی از عوامل آلوده کننده دیگر این رودخانه می‌باشد[۲۲]. کشور عراق نیز در آلودگی رودخانه اروندرود نقش بسزایی دارد. در شهر بصره چند واحد کارخانه پتروشیمی و پالایشگاه وجود دارد که پساب‌های آن‌ها به‌طور مستقیم وارد اروند می‌شود. همچنین شهر بصره نیز فاقد تصفیه‌خانه فاضلاب شهری است و همین امر یکی دیگر از معضلات مهم در آلودگی رودخانه اروند محسوب می‌شود. تحلیل همبستگی پیرسون نشان دهنده وجود همبستگی معنی‌داری بین مقادیر سنجش شده pH و دما بین ایستگاه‌های مورد مطالعه بود ($P<۰/۰۵$). وجود همبستگی معنی‌دار به معنای عدم تاثیرپذیری آلودگی‌های صنعتی و کشاورزی بر این خصوصیات است، اما این ضرایب برای سایر پارامترها، در سطح معنی‌داری نبود ($P>۰/۰۵$) که می‌تواند نشان دهنده وجود تغییرات بین مقادیر سنجش شده بین ایستگاه‌های قبل از ورودی پساب‌های صنعتی و کشاورزی و ایستگاه‌های پس از ورودی پساب‌ها باشد. کیفیت آب رودخانه اروند در ایستگاه‌های ۲ و ۵ کمتر می‌شود، زیرا در ایستگاه ۲ آب رودخانه کارون به اروندرود وارد می‌شود. رودخانه کارون از کوهرنگ استان چهارمحال و بختیاری سرچشمه می‌گیرد و با عبور از شهرها و روستاهای مختلف وارد استان خوزستان می‌شود. رودخانه کارون در پایین‌دست به‌دلیل وجود زمین‌های کشاورزی متعدد و واحدهای تولیدی و کارخانه‌های بزرگ و کوچک پذیرنده آلاینده‌های مختلفی است که در نهایت بعد از عبور از شهرهای اهواز و خرمشهر به اروندرود می‌پیوندد. چنین به‌نظر می‌رسد که آلودگی ناشی از صنایع فولاد و آهن، بیمارستان‌ها و کشتارگاه‌های دام و طیور، طرح‌های توسعه نیشکر و پساب‌های شهری و روستایی در نهایت حمل شده و به رودخانه بهمنشیر و اروندرود منتقل می‌شوند[۲۵،۲۶]. فعالیت‌های گسترده و توسعه‌های انجام شده بر روی رودخانه اروندرود در حال حاضر و اواخر قرن گذشته باعث تغییرات اساسی هیدرولوژیکی در آن شده و میزان کیفیت آب را به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر قرار داده است. رودخانه اروند ضمن دارا بودن آب شیرین یک رودخانه جزر و مدی نیز می‌باشد که از طرف مصب و رودخانه بهمنشیر تحت تاثیر پدیده جزر و مد قرار می‌گیرد، اما به‌طور کلی تاثیرپذیری آن از سمت مصب خیلی بیشتر است[۲۷].

در سامانه فازی، وضعیت همبستگی در ۴ طبقه بسیار ضعیف، ضعیف، متوسط و قوی قرار گرفت. نتایج تحلیل همبستگی فازی نشان داد که تاثیر آلودگی‌های ورودی بر دما بسیار ضعیف،pH و مجموع کلیفرم ضعیف، نیترات و TSS متوسط و برای BOD، DO، فسفات و کدورت قوی بوده است. محدودیت روش‌های کلاسیک آماری، عدم طبقه‌بندی مطلوب در سطوح معنی‌داری است[۱۸]. به‌عبارت دیگر در روش‌های کلاسیک، همبستگی بین دو متغیر یا معنی‌دار است یا معنی‌دار نیست، لذا برای تعیین میزان اثر آلاینده‌ها بر خصوصیات کیفی آب، از همبستگی فازی استفاده شد[۱۷]. بر این اساس وجود همبستگی بین ایستگاه‌های مورد مطالعه، بیانگر عدم تاثیرپذیری خصوصیات کیفی از ورود آلودگی‌ها است. ارزیابی کیفیت آب رودخانه کارون، بر اساس رویکرد فازی حاکی از کاهش کیفیت آب از بالادست به پایین‌دست حوضه آبخیز کارون داشته است که مبنی بر لزوم بازآفرینی کیفیت آب کارون برای بهبود شرایط اکولوژیکی منطقه را مطرح می‌کند[۲۸]. سیستم استنتاج فازی توسط پژوهشگران دیگر برای طراحی شاخص کیفیت آب برای رودخانه‌ها استفاده شده است[۲۹،۳۰].

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-02-08]

[DOI: 10.61186/jehe.12.2.117]

نتایج بررسی کیفی رودخانه اروندرود نشان داده که به‌دلیل مجاورت ایستگاه ۵ با مراکز صنعتی و همچنین تخلیه فاضلاب‌های شهری و کشاورزی به درون رودخانه، آلودگی متوسط را در این مناطق نشان داده است. همچنین ایستگاه ۱۰ (مصب رودخانه در دهانه خلیج فارس) از نظر کیفیت در رده متوسط قرار می‌گیرد. منابع آلاینده رودخانه اروندرود شامل سه بخش کشاورزی، شهری و صنعتی است که عمده‌ترین آلودگی‌ها به وسیله زهکش‌ها و پساب‌های کشاورزی و خروجی فاضلاب شهری در نقاط مختلف شهرها و روستاهای اطراف ایجاد می‌شود[۲۷]. تاکنون در زمینه رفع آلودگی‌های صنعتی اقدامات خوبی صورت گرفته است، به‌طوری که پالایشگاه و پتروشیمی و چند واحد صنعتی دیگر، فاضلاب خود را پس از دستیابی به حداقل استانداردهای مجاز محیط‌زیستی در رودخانه تخلیه می‌کنند. بر این اساس به‌دلیل عدم وجود تأسیسات تصفیه فاضلاب می‌توان مهم‌ترین منبع آلاینده رودخانه اروندرود را خروجی فاضلاب شهری و مجاری روباز عنوان کرد. نبود سیستم منسجم جمع‌آوری و دفع فاضلاب شهری باعث گردیده تا به خصوص در ماه‌های گرم سال که توام با مصرف بالای آب نیز هست، فاضلاب به طور مستقیم به رودخانه اروند تخلیه شود. نظام بهره‌برداری از اراضی کشاورزی نیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و بایستی مبتنی بر اصول اقتصادی و علمی باشد، به‌طوری که بتواند مسائل اقتصادی و اجتماعی مردم و فرسایش خاک در اراضی زراعی آبی را مورد توجه قرار دهد. اقداماتی چون یکپارچه نمودن اراضی، تسطیح و تراس‌بندی بر اساس مطالعات خاک شناسی و انتخاب گونه‌های مناسب گیاهی می‌تواند در کاهش ورود آلاینده‌ها به داخل رودخانه موثر باشد[۲۲،۲۴].

پژوهشگران گزارش کردند که آلودگی رودخانه را می‌توان وجود یا نفوذ آلاینده‌هایی مانند پسماندهای شهری، پساب‌های سمی، آفت‌کش‌ها و سایر پسماندهای خطرناک تعریف کرد. منشا این آلاینده‌ها یا از منابع نقطه‌ای یا غیرنقطه‌ای از طریق ورود زمینی یا هوا به داخل اکوسیستم رودخانه است. وجود این ترکیبات می‌تواند ویژگی‌های آب رودخانه و رسوبات بستر از جمله ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مانند دما، pH، اکسیژن محلول را تغییر داده و می‌توانند میکروارگانیسم‌های مضر، انباشت فلزات سنگین، آلاینده‌های آلی پایدار و حتی گیاهان و جانوران ساکن در اکوسیستم‌های رودخانه‌ای را تحت تأثیر قرار دهند[۳۱-۳۴]. همچنین مطالعات مختلف بر روی رودخانه‌ها گزارش کردند فعالیت‌های مختلفی که به‌صورت انسانی یا طبیعی رخ می‌دهند به منابع آلودگی رودخانه تبدیل شدند[۳۵-۳۷]. منابع نقطه‌ای آلودگی رودخانه‌ها تخلیه فاضلاب از مناطق صنعتی یا تصفیه‌خانه‌های فاضلاب است. خطوط لوله تخلیه که از محل‌های صنعتی یا تصفیه‌خانه‌های فاضلاب لوله‌کشی می‌شوند به‌راحتی به‌عنوان منابع آلودگی رودخانه شناسایی می‌شوند، زیرا به‌طور دائم برای هدایت پساب فاضلاب از مکان‌هایی که معمولاً در نزدیکی سواحل رودخانه قرار دارند نصب می‌شوند[۳۸]. مطالعه مکرم و همکاران (۲۰۲۰) گزارش داد که یکی از منابع اصلی آلودگی آب رودخانه کر از صنایع پتروشیمی مجاور سرچشمه می‌گیرد. پساب صنایع حاوی فلزات سنگین خطرناک علاوه بر اینکه کیفیت آب آشامیدنی محلی را مختل می‌کند بلکه از سطوح از پیش تعیین شده این آلاینده‌ها نیز فراتر می‌رود[۳۹]. در تحقیقی بر روی رودخانه بالیخو اردبیل نیز یکی از علل کاهش کیفیت آب این اکوسیستم ورود پساب‌های شهری و روستایی اعلام شد[۴۰] که نتایج این تحقیق را تایید می‌کند. در مطالعه دیگری بر روی رودخانه قره آغاج گزارش شد که آب‌های سطحی می‌توانند در معرض شدید آلودگی‌های ناشی از فعالیت‌های کشاورزی قرار بگیرند و در نهایت با ورود پساب کشاورزی و پسماندهای آن کیفیت آب کاهش یابد[۴۱]. در تحقیقی بر روی رودخانه اروند و بهمنشیر شاخص کیفیت آب NSFWQI نشان داد که وضعیت کیفی آب در رده ضعیف قرار گرفته و همچنین شاخص هدایت الکتریکی برای تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه در دو رودخانه اروند و بهمنشیر بالای ۲۲۵۰ بوده که نشان دهنده وضعیت بد هدایت

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-02-08]

[DOI: 10.61186/jehe.12.2.117]

الکتریکی در این رودخانه ها است[۴۲] که نتایج این تحقیق را تایید می‌کند. آلاینده‌ها از محیط‌های مختلف از جمله زمین، آب و هوا وارد محیط رودخانه می‌شوند[۳۲]. در خشکی، رواناب‌های سطحی که در هنگام بارندگی شدید رخ می‌دهد، عامل اصلی ورود آلاینده‌هایی مانند پساب‌ها و پسماندهای کشاورزی، دامی و صنعتی به رودخانه‌ها است[۳۵]. علاوه بر این، فرآیند شستشو همچنین مواد سمی اعمال شده یا ریخته شده در منطقه اطراف را به سمت رودخانه هدایت می‌کند. دفع باد نیز عاملی است که آلاینده‌های سمی را وارد رودخانه می‌کند که به راحتی تبخیر می‌شوند[۲۳]. نشت نفت ناشی از نشت موتورهای خودرو یا کارگاه‌های تعمیر و نگهداری خودرو که در خشکی رخ می‌دهد، در نهایت از طریق بارش باران به مناطق رودخانه ختم می‌شود[۴۳].

نتیجه‌گیری

نتایج تحلیل همبستگی فازی نشان داد که تاثیر آلودگی‌ها بر دما بسیار ضعیف، pH و مجموع کلی فرم ضعیف، نیترات و TSS متوسط و برای BOD، DO، فسفات و کدورت قوی بوده است. نتایج حاصل از ارزیابی کلی کیفی آب با استفاده از شاخص NSFWQI نشان داد که وضعیت کیفی آب در تمامی ایستگاه‌ها در وضعیت بد قرار دارد. به طور کلی، فعالیت‌های مختلف انسانی به آلودگی رودخانه‌ها کمک می کند. با این حال، برای آلودگی نقطه‌ای رودخانه اروند، انتشار مستقیم فاضلاب تصفیه نشده از صنایع و کارخانه‌های فاضلاب یکی از عوامل اصلی آلودگی رودخانه است. این به‌دلیل عدم مسئولیت‌پذیری در جلوگیری از آلودگی رودخانه است. افراد غیرمسئول آلاینده‌ها را به‌طور مستقیم بدون توجه به اثرات نامطلوب بر منابع طبیعی به رود اروند می‌ریزند. علاوه بر این، ناکارآمدی تصفیه فاضلاب اعمال شده توسط صنایع درگیر منجربه تخلیه پسماندهای خطرناک به رودخانه اروند می‌شود. پیشنهاد می شود از همان دوران کودکی نگرش لذت بردن از محیط رودخانه را در ذهن فرد پرورش داد. با استفاده از پلتفرم‌های مختلف مانند تلویزیون، رادیو، اینترنت و رسانه‌های اجتماعی مانند فیس‌بوک، اینستاگرام، توییتر و کانال یوتیوب، کمپین‌های متعددی برای عشق و علاقه‌مندی به رودخانه برگزار گردد. انواع تابلوهای اعلانات و تبلیغات نیز برای القای داخلی زیبایی‌های رودخانه نمایش داده شوند. در نتیجه، برای مقابله با انواع آلودگی‌ها و تضمین مدیریت منابع آب یک حوضه به‌عنوان جزیی از اکوسیستم طبیعی و در ارتباط با وضعیت اجتماعی ـ اقتصادی آن‌ها، شیوه‌های مدیریت خوب رودخانه با مشارکت همه طرف‌ها در سطح جهانی ضروری است.

سپاسگزاری

این مقاله از طرح پژوهشی گروه مهندسی محیطزیست دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز استخراج شده است. نویسندگان مقاله، تشکر و قدردانی خود را در راستای انجام این تحقیق از مدیریت و معاونت پژوهشی و همکاران محترم این دانشگاه اعلام می‌نمایند.

تعارض منافع

نویسندگان هیچ‌گونه تعارض منافع با یکدیگر ندارند.

حمایت مالی

نویسندگان مقاله اعلام می‌نمایند که این تحقیق پشتیبان مالی نداشته است.

ملاحظات اخلاقی

این تحقیق بر روی موجودات زنده و انسان انجام نشده است. نویسندگان کلیه نکات اخلاقی شامل عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانه، تحریف داده‌ها و داده‌سازی را در این مقاله رعایت کرده‌اند. هم‌چنین هر گونه تضاد منافع حقیقی یا مادی که ممکن است بر نتایج یا تفسیر مقاله تاثیر بگذارد را رد می‌کنند.

مشارکت نویسندگان

نویسندگان مقاله آزیتا کوشافر و محمد ولایت زاده در مراحل مختلف انجام پژوهش شامل طراحی و ایده، نمونه برداری، عملیات آزمایشگاهی و نگارش مقاله همکاری متقابل داشتند.

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-02-08]

[DOI: 10.61186/jehe.12.2.117]

References

1. Kumar D, Kumar R, Sharma M, Awasthi A, Kumar M. Global water quality indices: Development, implications, and limitations. Total Environment Advances. 2024; 9:200095.
2. Agnes V, Podschun SA, Tibor E, Hein T, Beata P, Ioan-Cristian I, Adamescu CM, Almut G, Tamas G, Anita D, Milos C. Freshwater systems and ecosystem services: Challenges and chances for cross-fertilization of disciplines. Ambio. 2022;51(1):135-51.
3. Musie W, Gonfa G. Fresh Water Resource, Scarcity, Water Salinity Challenges and Possible Remedies: A Review. Heliyon, 2023; 9 (8):e18685.
4. Mianabadi A, Davary K, Mianabadi H, Karimi P. International environmental conflict management in transboundary river basins. Water Resources Management. 2020;34(11):3445-3464.
5. Zhang Z, Li Y, Wang X, Liu Y, Tang W, Ding W, Han Q, Shang G, Wang Z, Chen K, Shao J. Investigating river health across mountain to urban transitions using Pythagorean fuzzy cloud technique under uncertain environment. Journal of Hydrology. 2023; 620:129426.
6. Anh NT, Nhan NT, Schmalz B, Le Luu T. Influences of key factors on river water quality in urban and rural areas: A review. Case Studies in Chemical and Environmental Engineering. 2023; 21:100424.
7. Estrada-Rivera A, Diaz Fonseca A, Trevino Mora S, Garcia Suastegui WA, Chavez Bravo E, Castelan Vega R, Moran Perales JL, Handal-Silva A. The impact of urbanization on water quality: case study on the alto atoyac basin in puebla, Mexico. Sustainability. 2022;14(2):667.
8. Pena-Guerrero MD, Nauditt A, Munoz-Robles C, Ribbe L, Meza F. Drought impacts on water quality and potential implications for agricultural production in the Maipo River Basin, Central Chile. Hydrological Sciences Journal. 2020;65(6):1005-1021.
9. Zamani-Ahmadmahmoodi R, Aminian S, Bayati S, Chamani A. Evaluation of Water Quality Changes in Zayandehroud River Using IRWQISC Quality Index. Journal of Environmental Health Engineering. 2023; 10(4):398-411. [In Persian].
10. Rostambiek Z, Godini H, Noorisepehr M, Sayadi M. Assessment of surface and groundwater quality of Latian dam catchment using water quality index. Journal of Environmental Health Engineering. 2021; 8(4):391-411. [In Persian].
11. Yulistia E, Fauziyah F, Hermansyah H. Assessment of Ogan River Water Quality Kabupaten OKU South Sumatera by NSFWQI Method. Indonesian Journal of Fundamental and Applied Chemistry. 2018;3(2):54-58.
12. Omidi A, Shariati F. Evaluation of Pasikhan River, north of Iran using water quality index (NSFWQI). Caspian Journal of Environmental Sciences. 2021; 19(2):219-230.
13. Mirzaei M, Solgi E, Salman-Mahiny A. Evaluation of surface water quality by NSFWQI index and pollution risk assessment, using WRASTIC index in 2015. Archives of Hygiene Sciences. 2016;5(4):264-77.
14. Matta G, Nayak A, Kumar A, Kumar P. Water quality assessment using NSFWQI, OIP and multivariate techniques of Ganga River system, Uttarakhand, India. Applied Water Science. 2020;10(9):206.
15. de Andrade Costa D, Soares de Azevedo JP, Dos Santos MA, dos Santos Facchetti Vinhaes Assumpção R. Water quality assessment based on multivariate statistics and water quality index of a strategic river in the Brazilian Atlantic Forest. Scientific reports. 2020;10(1):22038.
16. Fraga MD, da Silva DD, Reis GB, Guedes HA, Elesbon AA. Temporal and spatial trend analysis of surface water quality in the Doce River basin, Minas Gerais, Brazil. Environment, Development and Sustainability. 2021;23(8):12124-50.
17. Patel A, Chitnis K. Application of fuzzy logic in river water quality modelling for analysis of industrialization and climate change impact on Sabarmati river. Water Supply. 2022 Jan 1;22(1):238-50.
18. Oladipo JO, Akinwumiju AS, Aboyeji OS, Adelodun AA. Comparison between fuzzy logic and water quality index methods: A case of water quality assessment in Ikare community, Southwestern Nigeria. Environmental Challenges. 2021 Apr 1; 3:100038.
19. Sedeno-Diaz JE, Lopez-Lopez E. Fuzzy logic as a tool for the assessment of water quality for reservoirs: a regional perspective (Lerma River Basin, Mexico). Lake Science Climate Change. 2016; 5:155-174.
20. Hajji S, Yahyaoui N, Bousnina S, Ben Brahim F, Allouche N, Faiedh H, Bouri S, Hachicha W, Aljuaid AM. Using a mamdani fuzzy inference system model (Mfism) for ranking groundwater quality in an agri-environmental context: Case of the hammamet-nabeul shallow aquifer (Tunisia). Water. 2021;13(18):2507.
21. Caniani D, Lioi DS, Mancini IM, Masi S. Hierarchical classification of groundwater pollution risk of contaminated sites using fuzzy logic: a case study in the Basilicata Region (Italy). Water. 2015;7(5):2013-2036.
22. Abdolkhanian N, Elmizadeh H, Dadolahi Sohrab A, Savari A, FayazMohammadi M. Comparing Modeling of Pollution in Arvand River in the Dry and Wet Seasons. Marine Science and Technology Journal. 2018;16 (4): 13-24. [In Persian].
23. Baird R, Rice E, Eaton A. Standard methods for the examination of water and wastewaters. Water Environment Federation, Chair Eugene W. Rice, American Public Health Association Andrew D. Eaton, American Water Works Association. 2017; 1:71-90.
24. Abdolkhanian N, Elmizadeh H, Dadolahi SA, Savari A, Fayaz MM. Spatial Analysis of Contamination in the Arvand River Using GIS. Environmental Science and Technology Quarterly. 2020;22 (7): 261-273. [In Persian].
25. Rastmanesh F, Barati-Haghighi T, Zarasvandi A. Assessment of the impact of 2019 Karun River flood on river sediment in Ahvaz city area, Iran. Environmental Monitoring and Assessment. 2020;192(10):659. [In Persian].
26. Choopani S, Rezaee P, Gharibreza MR. Geochemical data analysis and evaluation of ecological risk index of potentially toxic elements in surface sediments of Karun River, Vays to Ahvaz. Watershed Engineering and Management. 2023;15(2): 201-223. [In Persian].
27. Bari I, Savari A, and Driss, Adel and Turkpour, Shahin, 2013, Evaluation and investigation of pollution in Arvand river, National conference on flow and water pollution, Tehran, 9 P. [In Persian].
28. Golshan M, Dastoorpour M, Birgani YT. Fuzzy environmental monitoring for the quality assessment: Detailed feasibility study for the Karun River basin, Iran. Groundwater for sustainable development. 2020; 10:100324. [In Persian].
29. Lermontov A, Yokoyama L, Lermontov M, Machado MA. River quality analysis using fuzzy water quality index: Ribeira do Iguape river watershed, Brazil. Ecological Indicators. 2009;9(6):1188-97.

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-02-08]

[DOI: 10.61186/jehe.12.2.117]

30. Lu RS, Lo SL. Diagnosing reservoir water quality using self-organizing maps and fuzzy theory. Water Research. 2002;36(9):2265-74.
31. Du H, Ji X, Chuai X. Spatial differentiation and influencing factors of water pollution-intensive industries in the Yellow River basin, China. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2022;19(1):497.
32. Bhat RA, Singh DV, Qadri H, Dar GH, Dervash MA, Bhat SA, Unal BT, Ozturk M, Hakeem KR, Yousaf B. Vulnerability of municipal solid waste: An emerging threat to aquatic ecosystems. Chemosphere. 2022; 287:132223.
33. Namara I, Hartono DM, Latief Y, Moersidik SS. Policy development of river water quality governance toward land use dynamics through a risk management approach. Journal of Ecological Engineering. 2022;23(2):25-33.
34. Ansari A, Kumar A. Water quality assessment of Ganga River along its course in India. Innovative Infrastructure Solutions. 2022; 7:1-9.
35. Sahoo AK, Singh S, Nath A, Sunani SK. Chapter-2 Impact of agricultural pollutants on water resources and their management. Natural Resource Management and Environmental Security. 2021; 17:17.
36. Zakariah R, Othman N, Mohd Yusoff MA, Altowayti WA. Water pollution and water quality assessment on sungai Batang Melaka River. Egyptian Journal of Chemistry. 2022;65(3):245-54.
37. Yang W, Zhao Y, Wang Q, Guan B. Climate, CO2, and anthropogenic drivers of accelerated vegetation greening in the Haihe River Basin. Remote Sensing. 2022;14(2):268.
38. Schliemann SA, Grevstad N, Brazeau RH. Water quality and spatio-temporal hot spots in an effluent-dominated urban river. Hydrological Processes. 2021;35(1): e14001.
39. Mokarram M, Saber A, Sheykhi V. Effects of heavy metal contamination on river water quality due to release of industrial effluents. Journal of Cleaner Production. 2020; 277:123380.
40. Rasi Nezami S, Aghlmand R. Assessing the suitability of river water quality using water quality indices: A case study on Balikhlou river in northwest of Iran. Journal of Applied Research in Water and Wastewater. 2023;10(1):1-6.
41. Shahradnia H, Chamani A, Zamanpoore M, Jalalizand A. Heavy metal pollution in surface sediments of Ghareh-Aghaj River, one of the longest perennial rivers in Iran. Environmental Earth Sciences. 2021;80(3):91.
42. Haji Pour N, Heidarnejad M, Zohrabi N. Evaluation of Water Quality of the Bahmaneshir and Arvand Rivers, Iran by the NSFWQI Index. Water Harvesting Research. 2022;5(2):160-7.
43. Valipoori Goodarzi H, Fadaei Tehrani MR, Mohammad Zadeh S, Rezaei H, Karimi A, Ostad-Ali-Askari K. Investigation regarding assessment of potentially toxic elements (PTEs) contamination risk in Rasht city with emphasis on the two rivers, Goharroud and Zarjoub, Gilan province, Iran. Sustainable Water Resources Management. 2024;10(2):50.

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-02-08]

[DOI: 10.61186/jehe.12.2.117]