



University of Tehran Press

Journal of Environmental Studies

Vol. 50, No. 2, Summer 2024

Journal Homepage: www.Jes.ut.ac.ir

Print ISSN: 1025-8620

Online ISSN 2345-6922

Gamasiab River Water Quality Assessment Using NAWQI and NIP Indexes

Maryam Ebrahimian Najafabadi¹, Alireza Ildoromi², Samar Mortazavi³, Ebrahim Mohammadimanesh⁴

1. Department of Natural Resources and Environment, University of Malayer, Iran, Email: Ebrahimian1388@gmail.com
2. Corresponding Author, Natural Engineering Department, Malayer University, Malayer, Iran, Email: a.ildoromi@malayeru.ac.ir
3. Department of Natural Resources and Environment, University of Malayer, Malayer, Iran, Email: mortazavi.s@gmail.com
4. Department of Science, Faculty of Physics, University of Malayer, Malayer, Iran, Email: e.manesh@malayeru.ac.ir

Article Info

ABSTRACT

Research Article: Research Paper

Article history:

Received 20 November 2022
Received in revised from
24 February 2024
Accepted 25 February 2024
Publish online 22 August
2024

Keywords:

*Physico- chemical,
parameters,
Pollution indexes,
Water river pollution.*

Due to the lake of water resources, rivers are known as the most important sources of water supply for various purposes. Gamasiab River is one of the largest sources of water supply for drinking, agriculture and industry in Kermanshah, Iran. The purpose of this study is to evaluate the water quality of Gamasiab River using different indicators. For this purpose, 15 stations along the Gamasiab River in 2018 were selected. Different parameters of nitrate, sulfate, phosphate, potassium, sodium, electrical conductivity, pH and total dissolved solids were measured in spring and summer. The results of the WQI index were calculated using the WHO global standard. Due to the results, WQI index in the spring and summer have been estimated 9/16 and 3/16, which were less than WHO standard and placed in the highest category of drinking water quality. Assessing WAWQI index indicated high Quality of water in the spring season for drinking, irrigation and industry (21.29). Also, the results of the WAWQI index categorized Gamasiab River in good level for drinking, irrigation and industry (27.09). According to the results of the NPI index in the spring season with a value of -0.91 and in the summer season with a numerical value of -0.9, the water of the Gamasiab River is in the clean and unpolluted category in terms of nitrates. The results of Wilcox's classification for electrical conductivity in different stations showed that in spring and summer in all stations, water salinity is average and its quality is good.

Cite this article: Ebrahimian Najafabadi, M., Ildoromi, A. R., Mortazavi, S., Mohammadimanesh, E. (2024). Gamasiab River Water Quality Assessment Using NAWQI and NIP Indexes. *Journal of Environmental Studies*, 50 (2), 131- 146.

DOI: <http://doi.org/10.22059/jes.2024.367932.1008455>

© The Author(s). **Publisher:** University of Tehran Press.



DOI: <http://doi.org/10.22059/jes.2024.367932.1008455>

Introduction

In order to carry out this research, qualitative parameters such as potassium, nitrate, sulfate, phosphate, sodium, electrical conductivity, pH, and total dissolved solids were studied and the results were analyzed with WQI, WAWQI, and NPI indexes based on this index. The water of Gamasiab River was placed in the high class and of good quality. In order to check the water salinity, Wilcox classification was used, and the results show good water quality and moderate salinity. In order to use Gamasiab river water for agriculture, it is necessary to apply management measures such as cultivating salinity-resistant crops, washing and drainage. On the other hand, due to the lack of water resources and the tensions caused by the lack of drinking water in the country, Gamasiab river water is a suitable option for domestic and drinking purposes.

Materials and methods

In 1998, during two seasons of low rainfall (summer) and high rainfall (spring), water sampling was done from the specified stations in Gamasiab river with three repetitions. A total of 45 water samples were collected from 15 stations during each season. The collected samples were stored separately in the respective containers that had the specifications of the sampling station and time. parameters of total water soluble solids (TDS), acidity (pH) and electrical conductivity (Ec) in two seasons of low water and high water in the studied stations along the Gamasiab river using a portable device model TES-8200 and water temperature (T) was measured by a portable device model TES-7031-Ed20 at the sampling site. Nitrate, phosphate, sodium, potassium, sulfate parameters were measured in the environmental laboratory of Malayer University based on the standard method 1060. The study aimed to assess water quality and to evaluate their usefulness for drinking and irrigation. To achieve this, standard methods were used for the determination of physicochemical parameters of the water samples, while using indexes (NIP, WQI, WAWQI, and Wilcox) to ascertain their suitability for drinking and irrigation.

Results and Discussion

According to the findings, the determined Physico-chemical parameters were compared to standard limits and found desirable because they were within the guidelines. Gamasiab river highest quality in the spring season is due to heavy rains and the increase in river water flow, and in the summer season, due to the sharp decrease in rainfall and the decrease in the intensity of the water flow and as a result, the water flow, has the lowest quality, also industrial wastewater and agricultural drains which directly enter the river without purification, causes the water quality of Gamasiab river to decline, especially in the low water months of summer. Based on the results obtained from the WQI index, the water quality of Gamasiab River is considered excellent. After comparing the results with the WHO global standard, this index was obtained in the spring season of 9/16 and in the summer season of 3/16. Also, based on the WAWQI index, it was found that the water quality of the Gamasiab River is in the excellent category in the spring season and in the good category in the summer season for drinking, irrigation and industry. In the spring season, the value of this index was equal to 21.29 and in the summer season it was equal to 27.09. The low quality of water in summer compared to spring in Gamasiab River based on WAWQI index can be due to the high concentration of parameters in the water of Gamasiab River and the decrease in water volume due to increased exploitation and evaporation in summer season.

Conclusion

In order to carry out this research, qualitative parameters such as potassium, nitrate, sulfate, phosphate, sodium, electrical conductivity, pH, and total dissolved solids were studied and the results were analyzed with WQI, WAWQI, and NPI indexes based on this index. The water of Gamasiab River was placed in the high class and of good quality. In order to check the water salinity, Wilcox classification was used, and the results show good water quality and moderate salinity. In order to use Gamasiab river water for agriculture, it is necessary to apply management measures such as cultivating salinity-resistant crops, washing and drainage. On the other hand, due to the lack of water resources and the tensions caused by the lack of drinking water in the country, Gamasiab river water is a suitable option for domestic and drinking purposes.



ارزیابی کیفیت آب رودخانه گاماسیاب با استفاده از شاخص‌های WAWQI و NPI

مریم ابراهیمیان نجف‌آبادی^۱، علیرضا ایلدرمی^۲✉، ثمر مرتضوی^۳، ابراهیم محمدی‌منش^۴

۱. گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران، رایانامه: Ebrahimian1388@gmail.com
۲. نویسنده مسئول، گروه مهندسی طبیعت، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران، رایانامه: a.ildoromi@malayeru.ac.ir
۳. گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران، رایانامه: mortazavi.s@gmail.com
۴. گروه فیزیک حالت جامد، دانشکده علوم پایه، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران، رایانامه: e.manesh@malayeru.ac.ir

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله پژوهشی تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۲۹ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۱۲/۰۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۰۶ تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۰۶/۰۱	رودخانه گاماسیاب به‌عنوان یکی از بزرگترین منابع تامین آب جهت شرب، کشاورزی و صنعت در استان کرمانشاه می‌باشد. هدف از این پژوهش ارزیابی کیفیت آب رودخانه گاماسیاب با استفاده از شاخص‌های مختلف و طبقه‌بندی کیفی آن برای مصارف شرب، کشاورزی و صنعت می‌باشد؛ لذا بدین‌منظور در سال ۱۳۹۸ از ۱۵ ایستگاه در طول رودخانه گاماسیاب در دو فصل بهار و تابستان در سه تکرار، نمونه‌برداری انجام شد. پارامترهای مختلف نیترات، سولفات، فسفات، پتاسیم، سدیم، هدایت الکتریکی، pH و کل جامدات محلول بر اساس روش‌های استاندارد اندازه‌گیری شد. نتایج حاصل از شاخص WQI با استفاده از استاندارد جهانی WHO در فصل بهار ۱۶/۹ و در فصل تابستان ۱۶/۳ محاسبه شد که آب رودخانه گاماسیاب از لحاظ کیفیت آب آشامیدنی در طبقه عالی قرار گرفت. نتایج به دست آمده از شاخص WAWQI نشان داد که در فصل بهار مقدار این شاخص ۲۱/۲۹ و در تابستان ۲۷/۰۹ می‌باشد که به ترتیب آب رودخانه از لحاظ شرب، آبیاری و صنعت در طبقه عالی و خوب قرار دارد. بر اساس نتایج حاصل از بررسی شاخص NPI در فصل بهار با مقدار ۰/۹۱- و در فصل تابستان با مقدار عددی ۰/۹- آب رودخانه گاماسیاب در طبقه پاک و بدون آلودگی از نظر نیترات قرار دارد. نتایج حاصل از طبقه‌بندی ویلکاکس برای هدایت الکتریکی در ایستگاه‌های مختلف نشان داد که در فصل بهار و تابستان در تمامی ایستگاه‌ها، شوری آب متوسط و کیفیت آن خوب است در نتیجه آبیاری گیاهان قابل تحمل به نمک معمولاً بدون کنترل شوری بلامانع می‌باشد.

کلیدواژه‌ها:

آلودگی آب رودخانه،
پارامترهای فیزیکی‌وشیمیایی،
شاخص کیفیت آب

استناد: ابراهیمیان نجف‌آبادی، مریم؛ ایلدرمی، علیرضا؛ مرتضوی، ثمر؛ محمدی‌منش، ابراهیم. (۱۴۰۳). ارزیابی کیفیت آب رودخانه گاماسیاب با استفاده از شاخص‌های WAWQI و NPI. نشریه محیط‌شناسی، ۵۰(۲)، ۱۳۱-۱۴۶.

DOI: <http://doi.org/10.22059/jes.2024.367932.1008455>
DOR: 20.1001.1.10258620.1403.50.2.2.1

ناشر: انتشارات دانشگاه تهران. © نویسندگان.



DOI: <http://doi.org/10.22059/jes.2024.367932.1008455>

۱. مقدمه

رودخانه‌ها تنها منابع آبی هستند که مسیر طولانی را از میان شهرها، روستاها و مناطق صنعتی و کشاورزی طی نموده و به انواع گوناگون آلاینده‌ها، آلوده می‌شوند. عمده منابع آلودگی آب رودخانه‌ها، منابع نقطه‌ای مانند زه‌کش‌های کشاورزی، پساب‌های شهری و صنعتی و منابع گسترده مانند زهاب‌های کشاورزی می‌باشند (Kumar et al., 2020). این موارد به‌عنوان عوامل مهم تهدیدکننده کیفیت آب رودخانه‌ها شناخته شده‌اند و لزوم ارزیابی آلودگی در منابع آبی را می‌طلبند. در مقیاس ملی فعالیت‌های کشاورزی اغلب عمده‌ترین منشأ منابع آلاینده بدون کانون می‌باشند (Abdelrazek, 2016). یکی از منابع آلاینده که توسط فعالیت‌های کشاورزی به محیط وارد می‌شود کودهای شیمیایی هستند. زه‌آب کشاورزی که حاوی املاح محلول فسفر، نیتрат، مواد جامد و آلی است به آب‌های سطحی می‌پیوندد و موجبات تغییر ویژگی‌های فیزیکی آب را فراهم می‌آورد (Karandish et al., 2017). عمده‌ترین پارامترهای فیزیکوشیمیایی که برای بررسی آلودگی آب مورد بررسی قرار می‌گیرند شامل اسیدیت، هدایت الکتریکی آب، کل جامدات محلول، دما، اکسیژن محلول، میزان اکسیژن، نمک، نیترات، فسفات، سولفات، سدیم و پتاسیم می‌باشند (Mustafanejad and Hasani, 2020). نیترات و فسفات دو ترکیب مهمی هستند که توسط کودهای شیمیایی ایجاد و موجب آلودگی محیط از جمله منابع آب می‌شوند غلظت نامطلوب نیتروژن که نهایتاً به منابع آب وارد می‌شود از دو جنبه بهداشتی و بوم‌شناختی مشکل‌آفرین است (Gholizadeh and zibaei, 2020). نیترات در بدن به نیتريت تبدیل می‌گردد و نیتريت از روده جذب خون می‌شود و با هموگلوبین خون ترکیب شده که در نتیجه ظرفیت اکسیژن‌رسانی خون به بافت‌ها کاهش می‌یابد (brenner, 2020). قرار گرفتن طولانی مدت در معرض آب با مقادیر بالای نیترات طیف مختلفی از عوارض را برای سلامت انسان به همراه دارد. طبق گزارش آژانس حفاظت محیط‌زیست ایالات متحده (USEPA¹)، در معرض‌گیری نوزادان زیر ۶ ماه با آب حاوی مقادیر بیش از حد نیترات می‌تواند منجر به آسیب‌های تنفسی و گردش خون شدید شود که در صورت عدم درمان می‌تواند منجر به مرگ شود (Solgi et al., 2022). شاخص NPI² به منظور ارزیابی میزان نیترات موجود در آب استفاده می‌گردد. با توجه به مطالعات صورت گرفته در صورت عدم اعمال مراقبت‌های لازم در آینده نه چندان دور شاهد بالاتر رفتن غلظت یون نیترات از حدود استاندارد خواهیم بود. فرم انحلال‌ناپذیر فسفر عمدتاً به وجود غلظت‌های نامطلوب آن در آب زهکش مربوط می‌شود، بنابراین اثر آلوده‌کنندگی فسفات محدود به اثر غنی شدن آب‌ها می‌شود. با توجه به این که بخش عظیمی از ترکیبات فسفات و ازته توسط رواناب و زهکش کشاورزی وارد می‌شود، می‌توان انتقال مقدار زیادی از این ترکیبات را به پایین‌دست رودخانه انتظار داشت. اگر مقدار این مواد در محیط‌های آبی زیاد شود با ایجاد اختلال در تعادل زیستی، موجب ظهور ناهنجاری‌های اکولوژیک می‌گردند (Babamiri et al., 2020). در این حالت برخی از گونه‌های گیاهی نظیر جلبک‌های سبز رنگ که به‌صورت صفحات لزج سطح آب را می‌پوشانند شدیداً تکثیر می‌یابند (Hejazi et al., 2023). پارامتر دیگری که افزایش آن موجب برهم خوردن کیفیت آب می‌شود سولفات است. سولفات شکل اکسید شده گوگرد است که از منابع بالقوه بسیاری تولید می‌شود. ته‌نشست‌های اسیدی اتمسفری، انحلال گچ، اکسیداسیون مواد معدنی سولفیدی، ورودی فاضلاب و کودهای انسانی از عوامل تولید سولفات می‌باشند. سولفات ممکن است موجب طعم نامطلوب در آب و نهایتاً بروز اسهال در انسان و چهارپایان اهلی کم سن شود (Ebrahimi et al., 2020). پتاسیم در مواد معدنی متنوعی مانند میکا و رس وجود دارد. این ماده از طریق فرایندهای طبیعی به آب رودخانه و دریا وارد و در رسوبات حل می‌شود (Shrestha et al., 2023). به‌طور عمده نیترات پتاسیم، از کودهای شیمیایی محبوب به شمار می‌آید که بر اساس آمار ۹۵ درصد پتاسیم تجاری مصرفی به کودهای شیمیایی اضافه می‌شود و هنگام تخلیه در سطح آب به مواد دیگری تبدیل شده که وجود این مواد برای موجودات زنده خطرناک است و در آب به‌سختی تصفیه می‌شود (Skowron et al., 2018). ترکیبات سدیم نیز به‌صورت طبیعی به آب وارد می‌شود. نه‌تنها دریاها، بلکه رودخانه‌ها و دریاچه‌ها نیز حاوی مقادیر قابل توجهی از سدیم هستند؛ اما بسته به شرایط زمین‌شناسی و آلودگی فاضلاب، این غلظت‌ها متفاوتند. ترکیبات سدیم برای بسیاری از مقاصد مختلف صنعتی به کار می‌روند و ممکن است در نهایت از این صنایع به آب راه پیدا کنند (Xia et al., 2022). در کنار روش‌های آماری، شاخص‌ها به‌عنوان

1. U.S. Environmental Protection Agency
2. Nitrogen Pollution Index

ابزارهایی برای نشان دادن کیفیت آب مورد استفاده قرار می‌گیرند. ارزیابی اثر بوم‌شناختی انواع آلاینده‌ها با استفاده از شاخص‌های اختصاصی، در منابع آبی امری ضروری است. شاخص‌ها اطلاعاتی را که در مجموعه داده‌ها وجود دارد در یک مقدار عددی خلاصه می‌کنند (Aajibare et al., 2022) و با ساده‌سازی و کاهش اطلاعات خام و اولیه علاوه بر بیان کیفیت آب، روند تغییرات کیفی آب را در طول زمان و مکان نشان می‌دهند و مناطقی را که از نظر آلودگی بیشتر مورد تهدید می‌باشند مشخص می‌کنند (Chettri et al., 2022). از جمله شاخص‌های کیفی شناخته شده برای بررسی کیفیت آب می‌توان به شاخص کیفیت آب WQI^۱، که یکی از پرکاربردترین روش‌ها برای نمایش جامع و صریح کیفیت آب سطحی و زیرزمینی می‌باشد اشاره کرد. این شاخص با ارائه یک عدد منفرد وضعیت کیفیت آب را از طریق بررسی چند پارامتر بیان می‌کند. با استفاده از شاخص WAWQI^۲ نیز می‌توان آب را بر اساس درجه خلوص رده‌بندی نمود (Nandi et al., 2022). پژوهش‌های متعددی در دنیا با استفاده از شاخص‌ها و استانداردهای آلودگی به بررسی کیفی آب رودخانه‌ها پرداخته‌اند (Begum et al., 2023; Syeed et al., 2023; Botle et al., 2023; Larijani et al., 2023). با توجه به اهمیت بررسی کیفیت منابع آبی، تنوع زیاد گونه‌های جانوری و گیاهی در حاشیه رودخانه گاماسیاب و ارزش بالای آن از لحاظ اقتصادی و صیادی، اهمیت حفظ رودخانه گاماسیاب از آلودگی دو چندان می‌شود. لذا به منظور مدیریت پایدار آب رودخانه و حفظ کیفیت آن لازم است تا پایش مستمر بر منابع ورودی به رودخانه صورت گیرد.

۲. پیشینه پژوهش

Fathi و همکاران (۱۳۹۷) به بررسی کیفیت آب رودخانه بهشت‌آباد واقع در استان چهارمحال و بختیاری با استفاده از شاخص کیفیت آب پرداختند. در این مطالعه ۹ پارامتر کیفی آب شامل نیترات، دما، فسفات، کدورت، اکسیژن محلول، اکسیژن - خواهی بیولوژیکی، هدایت الکتریکی، کل مواد جامد و اسیدیته در طول رودخانه در ۵ ایستگاه انتخابی به مدت سه ماه در تابستان با استفاده از روش استاندارد مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند. نتایج نشان داد که کیفیت آب طی مدت پژوهش در ایستگاه‌های نمونه‌برداری بین طبقه کیفیت متوسط و خوب در تغییر بوده است. همچنین کیفیت آب این رودخانه در هر سه ماه با کیفیت متوسط ارزیابی گردید. Zhang و همکاران (۲۰۲۱) برای بررسی آلودگی آب رودخانه‌ها به نیترات در چین، ۷۱ نمونه از ۳۰ رودخانه برداشت شد. توزیع مکانی غلظت نیترات در آب رودخانه را مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. نتایج نشان داد میزان نیترات در حدود ۷ درصد از رودخانه‌ها فراتر از حد مجاز می‌باشد. همچنین نتایج تجزیه و تحلیل همبستگی بین مصارف کود نیتروژنه با آلودگی نشان داد که غلظت نیترات آب‌های سطحی با تولید ناخالص داخلی، مصرف کود نیتروژن، تخلیه فاضلاب و جمعیت در چین رابطه مثبت دارد. Kumar و همکاران (۲۰۲۰) به بررسی فلزات سنگین سه تالاب اصلی در هند پرداختند. سپس به بررسی تکنیک‌های آماری چند متغیره مانند تحلیل خوشه‌ای و مقایسه آن با شاخص‌های آلودگی آب پرداختند. نتایج نشان داد سرب در تمام ایستگاه‌ها فراتر از حد مجاز برای آشامیدن می‌باشند. Vinther و همکاران (۲۰۱۸) به بررسی غلظت فلزات سنگین آرسنیک، سرب، کادمیوم، کروم، جیوه، مس و روی در رود ون تانگ چین پرداختند. در این پژوهش برای ارزیابی خطرات احتمالی سنگین فلزات، شاخص آلودگی فلزات سنگین (HPI^۳) و معیارهای خطر سرطان‌زایی (CR^۴) مورد استفاده قرار گرفته شده است. تمامی مقادیر (HPI) کمتر از حد بحرانی ۱۰۰ به دست آمده است که نشان‌دهنده حد قابل قبولی از لحاظ اکولوژیکی می‌باشد. از طرفی نتایج حاصل از خطر سرطان‌زایی نشان داد که در بیش از نیمی از ایستگاه‌ها خطر سرطان‌زایی به مقدار بالایی وجود دارد. لذا با توجه به خطرات بالای ناشی از وجود فلزات سنگین، کنترل آلودگی و ورود آلاینده به رودخانه دارای اهمیت می‌باشد.

۳. روش شناسی پژوهش

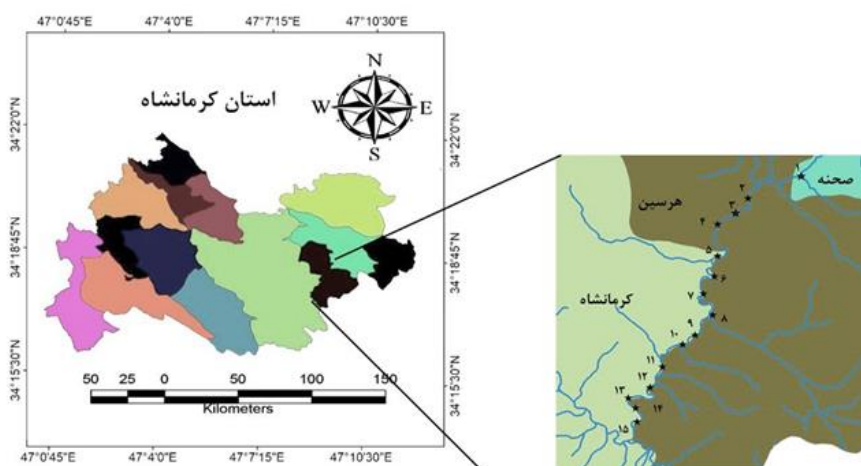
پژوهش حاضر از نظر هدف کاربردی و از نظر ماهیت و روش کار توصیفی تحلیلی می‌باشد که با استفاده از پارامترهای مختلف در رودخانه

1. Water Quality Index
2. Weighted Arithmetic Water Quality Index
3. Heavy Metal Pollution Index
4. Cancer Risk

به بررسی اولویت کاربری در منطقه می‌پردازد. روش تحقیق مشتمل بر سه بخش است. بخش اول معرفی منطقه مورد مطالعه، بخش دوم نمونه‌برداری و آماده‌سازی نمونه‌ها، بخش سوم سنجش پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب و بخش چهارم معرفی شاخص‌های مورد استفاده در این تحقیق می‌باشد.

۳-۱ منطقه مورد مطالعه

رودخانه گاماسیاب یکی از بزرگ‌ترین رودخانه‌های ایران در استان کرمانشاه و شاخه عمده و اصلی کرخه می‌باشد که پس از گذر مسیری طولانی در نهایت به تالاب هورالعظیم وارد می‌شود. به دلیل وسعت بالای این مجموعه و اهمیت بالایی که کیفیت آب رودخانه برای مصارف متفاوت داراست، بخشی از رودخانه که کاربری‌های مختلفی را شامل می‌شود، انتخاب و نمونه‌برداری به صورت تصادفی صورت گرفت. در محدوده مورد مطالعه ۱۵ ایستگاه در نظر گرفته شد، که در هر کدام از این ایستگاه‌ها آب رودخانه در معرض آلودگی‌های مختلفی قرار دارد. موقعیت جغرافیایی منطقه و ایستگاه‌های مورد مطالعه توسط GPS^۱ ثبت شد که موقعیت آن در شکل (۱) نشان داده شده است.



شکل ۱. موقعیت منطقه و ایستگاه‌های مورد مطالعه

۳-۲ نمونه برداری و آماده سازی نمونه ها

برای انجام این پژوهش جمع‌آوری بخشی از داده‌ها از طریق سایت‌های اینترنتی، مطالعات کتابخانه‌ای و سازمان‌های ذی‌ربط صورت گرفت و سایر داده‌های مورد نیاز همچون اطلاعات مربوط به غلظت آلودگی رودخانه از طریق آنالیز نمونه‌های حاصل از مطالعات میدانی به دست آمد. با توجه به مطالب بیان شده در این مطالعه، پس از مرور منابع، بررسی دقیق ایستگاه‌ها، فواصل زمانی، نوع ابزار، وسایل نمونه‌برداری، روش‌های تحلیل و پارامترهای مورد اهمیت در منطقه مطالعاتی انتخاب و مورد بررسی قرار گرفت. پس از مشخص شدن ایستگاه‌های نمونه‌برداری موقعیت و مختصات این نقاط از طریق موقعیت‌یاب جهانی GPS روی نقشه مشخص شدند. نمونه‌برداری در سال ۹۸ طی دو فصل کم بارش (تابستان) و پر بارش (بهار) از آب از ایستگاه‌های مشخص شده در رودخانه گاماسیاب با سه تکرار صورت گرفت. در مجموع از ۱۵ ایستگاه طی هر فصل ۴۵ نمونه آب برداشت گردید و بعد از بررسی پارامترهای فیزیکی با استفاده از دستگاه قابل حمل، مقدار یک میلی‌لیتر از اسید نیتریک خالص به هر بطری پلی‌اتیلن اضافه شد. ۱۵ نمونه با استفاده از بطری شیشه‌ای به منظور بررسی پارامترهایی مانند نیترات برداشت و بدون اضافه کردن اسید در یخ قرار گرفت. نمونه‌های برداشت شده به طور جداگانه در ظروف مربوطه که دارای مشخصات ایستگاه و زمان نمونه‌برداری بودند، نگهداری شدند. سپس کلیه ظروف در یخدان با دمای کمتر از ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری و به آزمایشگاه منتقل شدند. لازم به ذکر است که برای جلوگیری از هرگونه آلودگی قبل از فرآیند نمونه‌برداری، تمام تجهیزات و ظروف

1. Global Positioning System

نمونه‌برداری در اسید نیتریک ۵ درصد به مدت ۲۴ ساعت غوطه‌ور شدند. سپس با آب دو بار تقطیر شستشو و خشک شدند و آنگاه مورد استفاده قرار گرفتند.

۳-۳ سنجش پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب

پارامترهای کل جامدات محلول آب (TDS)، اسیدیته (pH) و هدایت الکتریکی (Ec) در دو فصل کم‌آبی و پرآبی در ایستگاه‌های مورد مطالعه در طول رودخانه گاماسیاب با استفاده از دستگاه قابل حمل مدل TES-8200 و درجه حرارت آب (T) توسط دستگاه قابل حمل مدل TES-7031-Ed20 در محل نمونه‌برداری اندازه‌گیری شد. پارامترهای نیترات، فسفات، سدیم، پتاسیم، سولفات در آزمایشگاه محیط‌زیست دانشگاه ملایر بر اساس استاندارد متد ۱۰۶۰ مورد اندازه‌گیری قرار گرفت که در ادامه به توضیح هر روش به طور جداگانه پرداخته خواهد شد. برای اندازه‌گیری فسفات در آب از روش استاندارد S.M-4500-P D (روش رنگ‌سنجی) استفاده شد. بدین ترتیب که یک قطره فنل فتالین به ۱۰۰ میلی‌لیتر از نمونه صاف شده اضافه شد اگر رنگ محلول صورتی شد قطره قطره اسید سولفوریک جهت بی‌رنگ شدن به آن اضافه خواهد شد. در مرحله بعد به هر یک از محلول‌های استاندارد و نمونه‌ها ۴ میلی‌لیتر معرف مولیبدات آمونیوم و ۰/۵ میلی‌لیتر کلرواستانو اضافه کرده و مخلوط می‌نماییم. بعد از ۱۰ دقیقه و کمتر از ۱۲ دقیقه میزان جذب توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر مدل spekol 2000 در طول موج ۶۹۰ نانومتر در مقابل شاهد (آب مقطر) قرائت گردید. به دست آوردن غلظت سولفات از روش توریدیمتری یون سولفات در محیط اسیدی به وسیله کلریدباریم استفاده شد که در این روش یون سولفات به شکل رسوب سولفات باریم نامحلول در می‌آید که میزان نور جذب شده توسط محلول سوسپانسیون سولفات باریم، در طول موج ۴۲۰ توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر اندازه‌گیری شد و با استفاده از منحنی استاندارد غلظت سولفات به دست آمد. نمونه‌های نیترات بلافاصله بعد از نمونه‌برداری باید تعیین مقدار شوند. در غیر این صورت اگر نگهداری نیاز داشته باشد باید تا ۲ روز در ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شوند، لذا برای بررسی نیترات آب کمتر از ۲۴ ساعت بعد از نمونه‌برداری از روش استاندارد S.M-4500NO3-B (رنگ‌سنجی) استفاده شد. در این روش بعد از صاف کردن نمونه به ۵۰ میلی‌لیتر از نمونه و استانداردهای تهیه شده ۱ میلی‌لیتر اسید کلریدریک ۱ نرمال اضافه و میزان جذب نیترات در طول موج ۲۲۰ نانومتر قرائت گردید. برای اندازه‌گیری غلظت سدیم و پتاسیم، به ترتیب از نمک NaCl و KCL جهت ساخت محلول ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر استفاده شد. سپس از این محلول‌ها، محلول اصلی ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر ساخته شد و در نهایت بعد از ساخت استانداردها، تمامی نمونه‌ها، به علاوه نمونه شاهد و استاندارد طبق روش نورسنجی با شعله و دستگاه فلیم فتومتر Fater Electroni 405 قرائت شد و در نهایت پس از رسم منحنی کالیبراسیون، با توجه به معادله y غلظت نمونه‌ها به دست آمد. بعد از نمونه‌برداری و انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه آنالیزهای مورد نیاز بر روی هر پارامتر صورت گرفت. نتایج با استفاده از نرم‌افزارهای آماری SPSS 17 و Excle مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. نرمال بودن یا نبودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف بررسی شد. سپس جهت مقایسه نتایج دو فصل از مقایسه میانگین (آزمون من‌ویتنی‌یو) برای بررسی ارتباط بین پارامترها از ضریب همبستگی پیرسون استفاده شد. افزون بر این جهت ارزیابی کیفیت آب در دو فصل بهار و تابستان از شاخص WQI و شاخص WAWQI استفاده شد.

۳-۴ شاخص‌های ارزیابی کیفیت آب

۳-۴-۱ شاخص کیفیت آب WQI

در سال‌های اخیر، روش‌ها و شاخص‌های مختلف ارزیابی کیفیت آب برای ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی و سطحی به عنوان یک مدل تجزیه و تحلیل ارائه شده است. یکی از بهترین این روش‌ها می‌توان به شاخص کیفیت آب (WQI) اشاره کرد (Taloor و همکاران، ۲۰۲۰). شاخص WQI به بررسی در دسترس بودن منابع آب برای مصارف شرب و خانگی می‌پردازد. این شاخص در یک منطقه و زمان معین، داده‌ها را از پارامترهای مختلف کیفیت آب به طور منظم جمع‌آوری می‌کند و کیفیت کلی آب را برای ارزیابی سریع تأثیرات محیط‌زیستی ارائه می‌دهد (Mishra et al., 2023). از بین پارامترهای مورد بررسی هفت مورد از مهم‌ترین آن‌ها (نیترات، سولفات، پتاسیم، سدیم، هدایت الکتریکی، PH و کل جامدات محلول) در محاسبه شاخص WQI مورد استفاده قرار گرفت. برای هر پارامتر با توجه به اهمیت نسبی آن یک

وزن خاص اختصاص داده شده است که این مقادیر در جدول آمده است. در این شاخص، وزن نسبی (WI) با استفاده از رابطه (۱) برای هر پارامتر اختصاص داده شد. در این وزن‌دهی، نسبت وزنی ۱ به عنوان کمترین همبستگی و ۵ به معنی بیشترین همبستگی است. در این روابط WI وزن نسبی، W_i وزن هر پارامتر و n تعداد پارامتر مورد بررسی می‌باشد.

$$WI = \frac{W_i}{\sum_{i=1}^n W_i} \quad \text{رابطه (۱)}$$

برای محاسبه مقیاس نرخ کیفیت از رابطه (۲) استفاده می‌شود که در آن C_i غلظت و S_i استاندارد هر پارامتر شیمیایی در آب است.

$$Q_i = \frac{C_i}{S_i} \quad \text{رابطه (۲)}$$

سپس برای برآورد WQI، SI (زیر شاخصی از پارامتر n م) برای هر پارامتر با روابط (۳ و ۴) محاسبه می‌شود.

$$SL_i = W_i Q_i \quad \text{رابطه (۳)}$$

$$WQI = \sum_{i=1}^n SL_i \quad \text{رابطه (۴)}$$

در طبقه‌بندی آب بر اساس شاخص WQI آب‌های با WQI کمتر از ۵۰ در رده بسیار خوب، ۵۰ تا ۱۰۰ در رده خوب، ۱۰۰ تا ۲۰۰ در رده ضعیف، ۲۰۰ تا ۳۰۰ در رده خیلی ضعیف و بالای ۳۰۰ در رده نامناسب برای آشامیدن قرار می‌گیرند (Marselina et al., 2022).

جدول ۱. وزن نسبی پارامترهای فیزیکوشیمیایی بر اساس استاندارد WHO (میلی‌گرم بر لیتر)

پارامتر	استاندارد WHO	وزن	نسبت وزنی
نیترات	۱۰	۴	۰/۱۶
سولفات	۲۵۰	۴	۰/۱۶
پتاسیم	۱۲	۲	۰/۰۸
سدیم	۵۰	۲	۰/۰۸
هدایت الکتریکی	۲۵۰	۲/۷	۰/۰۱۶
pH	۸/۵-۶/۵	۴	۰/۱۶
کل جامدات محلول	۱۵۰۰	۵	۰/۲۱
مجموع		۲۳/۷	۰/۸۶۶

۳-۴-۲ شاخص کیفیت آب میانگین حسابی WAWQI

شاخص دیگری که در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفت شاخص کیفیت آب میانگین حسابی WAWQI می‌باشد. این شاخص با استفاده از متداول‌ترین متغیرهای اندازه‌گیری شده، آب را بر اساس درجه خلوص رده‌بندی می‌نماید. در این روش هیچ‌گونه محدودیتی در انتخاب پارامترها وجود ندارد. برای محاسبه این شاخص از رابطه (۵) استفاده می‌شود که در آن N تعداد پارامترهای کیفی، W_i وزن واحد و Q_i مقیاس درجه‌بندی کیفی برای هر پارامتر می‌باشند.

$$WAWQI = \frac{\sum_{i=1}^N Q_i W_i}{\sum_{i=1}^N W_i} \quad \text{رابطه (۵)}$$

مقیاس درجه‌بندی کیفیت آب با استفاده از رابطه (۶) محاسبه می‌شود که در آن V_i ، V_0 و S_i به ترتیب مقدار اندازه‌گیری شده، مقدار مطلوب و مقدار استاندارد اعلام شده برای پارامتر هستند. مقدار V_0 برای کلیه پارامترها به جز pH صفر در نظر گرفته می‌شود (برای pH، $V_0 = 7$ در نظر گرفته می‌شود).

$$Q_i = \frac{V_i - V_0}{S_i - V_0} \times 100 \quad \text{رابطه (۶)}$$

وزن واحد (W_i) برای هر پارامتر کیفیت آب با استفاده از روابط (۷ و ۸) محاسبه می‌شود که در آن K ثابت تناسب است.

$$W_i = \frac{K}{S_i} \quad \text{رابطه (۷)}$$

$$K = \frac{1}{\sum S_i} \quad \text{رابطه (۸)}$$

ردبندی کیفی شاخص WAWQI در جدول (۲) آمده است (Pradhan et al., 2021).

جدول ۲. رده‌بندی کیفیت آب در روش WAWQI

مقدار شاخص عددی	رده‌بندی کیفی WAWQI	هدف
۰-۲۵	کیفیت آب عالی	شرب، آبیاری و صنعت
۲۶-۵۰	کیفیت آب خوب	شرب آبیاری و صنعت
۵۱-۷۵	کیفیت آب ضعیف	آبیاری و صنعت
۷۶-۱۰۰	کیفیت آب خیلی ضعیف	آبیاری
>۱۰۰	نامناسب برای شرب و آبیاری	تصفیه مناسب قبل استفاده لازم است.

۳-۴-۳ شاخص آلودگی نیترات (NPI)

NPI یک شاخص کیفیت آب برای اندازه‌گیری آلودگی نیترات ناشی از فعالیت‌های انسانی است. این شاخص تک پارامتری است (رابطه ۵) و نیترات تنها پارامتری است که در محاسبه آن به کار می‌رود (Bahrami et al., 2020). رابطه (۹) برای محاسبه NPI به کار گرفته می‌شود (Obeidat et al., 2012).

که در آن Cs غلظت نیترات در نمونه، HAV مقدار آستانه منبع انسانی که ۲۰ میلی‌گرم در لیتر در نظر گرفته می‌شود. بر اساس مقدار محاسبه شده برای NPI معمولاً ۵ طبقه تعریف می‌شود که در جدول (۳) این طبقه‌بندی آمده است.

$$NPI = \frac{C_s - HAV}{HAV} \quad \text{رابطه (۹)}$$

جدول ۳. طبقه‌بندی NPI (Almasi et al., 2016)

تفسیر NPI	مقدار NPI	کلاس NPI
پاک (بدون آلودگی)	<۰	۱
آلودگی کم	۰-۱	۲
آلودگی متوسط	۱-۲	۳
آلودگی قابل توجه	۲-۳	۴
آلودگی بسیار قابل توجه	>۳	۵

جدول (۴) طبقه‌بندی ویلکاکس برای هدایت الکتریکی را نشان می‌دهد که با استفاده از آن می‌توان کیفیت آب و وضعیت آن برای آبیاری را به دست آورد (Wilcox, 1955).

جدول ۴. طبقه‌بندی ویلکاکس برای هدایت الکتریکی

وضعیت برای آبیاری	کیفیت	نوع آب	دامنه
مناسب برای آبیاری انواع محصولات زراعی و انواع خاک در صورت وجود مقدار متوسط آبشویی، می‌توان از آن استفاده کرد. گیاهان قابل تحمل به نمک معمولاً بدون کنترل شوری قابل رشد هستند.	عالی	شوری کم	<۲۵۰
	خوب	شوری متوسط	۲۵۰-۷۵۰
نامناسب برای خاک‌هایی با زهکشی محدود	مشکوک	شوری بالا	۷۵۰-۲۲۵۰
برای آبیاری نامناسب است	نامناسب	شوری بسیار	<۲۲۵۰

۴. یافته‌های پژوهش

آگاهی از کیفیت آب و تغییرات آن نقش مهمی در برنامه‌ریزی‌های آینده و مدیریت مناسب منابع آب دارد. نتایج حاصل از محاسبه پارامترهای کیفی آب رودخانه گاماسیاب در فصل بهار و تابستان در جدول (۵) نشان داده شده است.

جدول ۵. میانگین غلظت پارامترهای کیفی آب رودخانه گاماسیاب در فصول مختلف

پارامتر	میانگین انحراف معیار	
	بهار	تابستان
نیترات (میلی‌گرم بر لیتر)	۱/۶۲۱±۰/۲۳۷	۱/۷۱۵۶±۰/۶۱
فسفات (میلی‌گرم بر لیتر)	۱/۰۷۴±۰/۴۷	۰/۴۲۷۴±۰/۱۴
سولفات (میلی‌گرم بر لیتر)	۳۱۲/۲۲±۲/۶	۲۵۸/۹۶۴±۲۹/۷۷
پتاسیم (میلی‌گرم بر لیتر)	۰/۷۴±۰/۳۱	۱/۸۳۵۶±۰/۶۸
سدیم (میلی‌گرم بر لیتر)	۱۳/۳۳۳±۴/۹۶	۲۵/۳۸۸۹±۵/۵
هدایت الکتریکی (EC)	۴۵۴/۸±۶/۸۹	۵۵۱/۱۷۷±۲/۴۵
pH	۸/۲۶±۱۹/۴۴	۸/۳۴۵۸±۰/۱۷
دما	۱۷/۵۵±۲/۰۹	۲۰/۷۷۷۸±۱/۱۲
کل جامدات محلول (میلی‌گرم بر لیتر)	۲۹۹/۲۹±۴/۵۹	۳۱۳/۷۱۱±۴/۳۷

جدول (۶ و ۷) به ترتیب همبستگی پارامترهای کیفی رودخانه گاماسیاب در فصل بهار و تابستان را نشان می‌دهد.

جدول ۶. نتایج حاصل از همبستگی پیرسون در فصل بهار (**همبستگی در سطح ۰/۰۱ و *همبستگی در سطح ۰/۰۵)

پارامتر	دما	pH	EC	نیترات	فسفات	سولفات	سدیم	پتاسیم
دما	۱							
PH	۰/۴۲**	۱						
EC	۰/۸۳۴**	۰/۳۴۲*	۱					
نیترات	۰/۷۴**	۰/۲۶۹	۰/۷۷۷**	۱				
فسفات	-۰/۵۴۲**	-۰/۰۷۶	-۰/۵۲**	-۰/۳۷۶*	۱			
سولفات	۰/۲۵۹	۰/۲۱۷	۰/۱	۰/۰۵	-۰/۰۰۶	۱		
سدیم	۰/۶۴۳	۰/۲۵۵	۰/۸۰۴**	۰/۷۲۳**	-۰/۲۳۶	۰/۱۳۶	۱	
پتاسیم	۰/۷۰۳**	۰/۲۶۶	۰/۶۶۵**	۰/۶۵۳**	-۰/۳۴۲*	۰/۲۲۸	۰/۷۵۶**	۱

جدول ۷. نتایج حاصل از همبستگی پیرسون در فصل تابستان (**همبستگی در سطح ۰/۰۱ و *همبستگی در سطح ۰/۰۵)

پارامتر	دما	pH	EC	نیترات	فسفات	سولفات	سدیم	پتاسیم
دما	۱							
PH	۰/۲۱۵	۱						
EC	-۰/۲۸	-۰/۱۸۱	۱					
نیترات	-۰/۳۹۴**	۰/۳۲۷*	-۰/۲	۱				
فسفات	۰/۲۱۳	۰/۱۴۹	-۰/۱۱۸	۰/۵۱۲**	۱			
سولفات	۰/۰۵۵	-۰/۰۰۲	۰/۰۴۴	-۰/۰۴۹	-۰/۲۱۳	۱		
سدیم	-۰/۳۲*	۰/۱۹۹	۰/۱۸	-۰/۵۶۲**	-۰/۱۹۹	۰/۱۵۵	۱	
پتاسیم	۰/۰۶۸	-۰/۱۱۲	۰/۲۳	-۰/۵۷**	-۰/۴۹۹**	۰/۰۰۷	۰/۲۸۹	۱

نمونه‌های مورد بررسی بر اساس طبقه‌بندی ویلکاکس برای هدایت الکتریکی در ایستگاه‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از آن نشان داد که در فصل بهار و تابستان تمامی ایستگاه‌ها شوری آب متوسط و کیفیت آن خوب است. به طور کلی نتایج حاصل از بررسی غلظت پارامترهای کیفی مختلف در رودخانه گاماسیاب نشان می‌دهد که رودخانه گاماسیاب در فصل بهار به دلیل بارش‌های شدید و افزایش دبی آب رودخانه، بالاترین میزان کیفیت و در فصل تابستان به دلیل کاهش شدید بارندگی و کاهش شدت جریان آب و در نتیجه کاهش دبی آب، کمترین میزان کیفیت را دارد و فاضلاب صنایع و زه‌آب‌های کشاورزی که بدون تصفیه مستقیماً وارد رودخانه می‌شوند، موجب افت کیفیت آب رودخانه گاماسیاب به ویژه در ماه‌های کم آب تابستان می‌شود. Talkhablou و همکاران (۲۰۱۹) نیز در بررسی کیفی آب رودخانه کارون نشان دادند که رودخانه کارون در فصل بهار شرایط کیفی بهتری را نسبت به فصل تابستان دارد که با نتایج حاصل از این پژوهش مطابقت دارد.

جدول ۸. کیفیت آب رودخانه گاماسیاب از نظر شاخص‌های WQI، WAWQI و NPI

شاخص	مقدار عددی شاخص	کیفیت
WQI	بهار ۱۶/۹	عالی
	تابستان ۱۶/۳	عالی
WAWQI	بهار ۲۱/۲۹	عالی
	تابستان ۲۷/۰۹	خوب
NPI	بهار -۰/۹۱	پاک و بدون آلودگی
	تابستان -۰/۹	پاک و بدون آلودگی

بر اساس نتایج به دست آمده از شاخص WQI کیفیت آب رودخانه گاماسیاب عالی ارزیابی می‌شود. به این صورت که پس از مقایسه نتایج با استاندارد جهانی WHO، این شاخص در فصل بهار ۱۶/۹ و در فصل تابستان ۱۶/۳ به دست آمد. همچنین بر اساس شاخص WAWQI مشخص شد که کیفیت آب رودخانه گاماسیاب در فصل بهار در طبقه عالی و در طبقه تابستان در طبقه خوب برای شرب آبیاری و صنعت قرار دارد. در فصل بهار مقدار این شاخص معادل ۲۱/۲۹ و در فصل تابستان معادل ۲۷/۰۹ به دست آمد. پایین بودن کیفیت آب در تابستان نسبت به بهار در رودخانه گاماسیاب بر اساس شاخص WAWQI می‌تواند به دلیل بالا بودن غلظت پارامترها در آب رودخانه گاماسیاب و کاهش حجم آب به دلیل افزایش بهره‌برداری و تبخیر در فصل تابستان باشد.

۵. بحث

پژوهش‌های بسیاری به بررسی کیفیت آب آشامیدنی با استفاده از شاخص‌های مربوط پرداخته‌اند که می‌توان به مطالعه (Moghadamyekta et al., 2019; Solgi et al., 2022; Olasoji et al., 2019) اشاره کرد. در این پژوهش نتایج حاصل از شاخص ویلکوکس نشان داد که در فصل بهار و تابستان در تمامی ایستگاه‌ها شوری آب متوسط و کیفیت آن خوب است. به این صورت که در صورت وجود مقدار متوسط آب‌شویی، می‌توان از آن استفاده کرد و گیاهان شورپسند معمولاً بدون کنترل شوری قابل رشد هستند. جهت مقایسه نتایج پارامترهای مختلف در دو فصل از مقایسه میانگین (آزمون من‌ویتنی‌یو) استفاده شد. نتایج حاصل از آزمون من‌ویتنی‌یو برای نیترات نشان داد که بین غلظت نیترات در دو دوره اختلاف معنی‌داری در سطح ۹۵ درصد وجود دارد و میانگین غلظت نیترات در فصل تابستان بیشتر از بهار است. در فصل بهار پارامتر نیترات با دما، هدایت الکتریکی، سدیم و پتاسیم در سطح معنی‌داری ۰/۰۱ و با فسفات در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ همبستگی دارد. در فصل تابستان نیز پارامتر نیترات با دما، فسفات، سدیم و پتاسیم در سطح معنی‌داری ۰/۰۱ همبستگی دارد. بر اساس نتایج حاصل از بررسی شاخص NPI در فصل بهار با مقدار -۰/۹۱ و در فصل تابستان با مقدار عددی -۰/۹ آب رودخانه گاماسیاب در طبقه پاک و بدون آلودگی از نظر نیترات قرار دارد. پایین بودن غلظت نیترات از حد استاندارد در نتایج (Shaibur et al., 2019) نیز حاصل شد. نتایج مطالعات مشابه در سایر مناطق کشور که نشان‌دهنده روند رو به رشد غلظت این یون در منابع آب می‌باشد، در صورت عدم اعمال مراقبت‌های لازم در آینده نه چندان دور شاهد بالاتر رفتن غلظت یون نیترات از حدود استاندارد خواهیم بود (Azeem et al., 2020). نیترات

از جمله آبیون‌های محلول در آب و تأثیرگذار روی سلامت است که حضور آن در آب بیشتر ناشی از پساب‌های کشاورزی و فاضلاب‌های انسانی می‌باشد (Pang et al., 2013). نتایج حاصل از مقایسه میزان غلظت فسفات در آب رودخانه گاماسیاب در دو فصل بهار و تابستان با استفاده از آزمون من‌ویتنی‌یو نشان می‌دهد بین غلظت فسفات در دو دوره اختلاف معنی‌داری در سطح ۹۵ درصد وجود دارد و میانگین غلظت فسفات در فصل بهار بیشتر از تابستان است. احتمال افزایش غلظت بالای فسفات آب در فصل بهار را می‌توان به علت تجمع مناطق صنعتی و کشاورزی در اطراف رودخانه گاماسیاب دانست. از طرفی افزایش استفاده از کودهای فسفاته در مزارع و شستشوی آن‌ها توسط رواناب از جمله مهم‌ترین عوامل افزایش این آلاینده در آب رودخانه می‌باشند. گفتنی است که ورود فاضلاب‌های شهری حاوی مواد شوینده و تجزیه مواد آلی و زباله‌های خانگی نیز می‌تواند از جمله این عوامل به شمار رود. نتایج این مطالعه با پژوهش‌های (Abbaspour et al., 2020) مطابقت دارد. در فصل بهار پارامتر فسفات با دما و هدایت الکتریکی در سطح معنی‌داری ۰/۰۱ و با نیترات و پتاسیم در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ همبستگی دارد. در فصل تابستان پارامتر فسفات با نیترات و پتاسیم در سطح معنی‌داری ۰/۰۱ همبستگی دارد. نتایج حاصل از مقایسه میزان غلظت سولفات در آب رودخانه گاماسیاب در دو فصل بهار و تابستان با استفاده از آزمون من‌ویتنی‌یو نیز نشان داد که بین غلظت سولفات در دو دوره اختلاف معنی‌داری در سطح ۹۵ درصد وجود دارد و میانگین غلظت سولفات در فصل بهار بیشتر از تابستان است. افزایش مقدار سولفات را می‌توان به دلیل تأثیر کاربری‌های اراضی و ورود شاخه‌های فرعی آلوده به شاخه اصلی دانست. با این وجود عوامل متعددی مانند پوشش زمین و کاربری‌های موجود، شرایط آب و هوایی، نزولات جوی، تراکم جمعیت، تراکم دام، سنگ‌شناسی و خاک‌شناسی حوزه و سایر متغیرهای محیطی بر روی افزایش سولفات آب‌های سطحی اثر گذارند. نتایج این مطالعه با پژوهش‌های (Marselina et al., 2022) مطابقت دارد.

بررسی غلظت سدیم در رودخانه گاماسیاب نشان داد که میانگین غلظت سدیم در فصل تابستان بیشتر از فصل بهار است که این با نتایج (Noori & Malekian, 2016) مطابقت دارد. غلظت سدیم در آب با افزایش آبیاری و دبی جریان آب کاهش می‌یابد. همچنین در فصل تابستان با افزایش زمان ماندگاری برای آب و واکنش‌های بیشتر بین آب و سنگ، غلظت سدیم بالا می‌رود (Solgi et al., 2022). در فصل بهار پارامتر سدیم با هدایت الکتریکی، نیترات و پتاسیم در سطح معنی‌داری ۰/۰۱ همبستگی دارد. در فصل تابستان پارامتر سدیم با نیترات در سطح معنی‌داری ۰/۰۱ و با دما در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ همبستگی دارد. نتایج حاصل از مقایسه میزان غلظت پتاسیم در آب رودخانه گاماسیاب در دو فصل بهار و تابستان با استفاده از آزمون من‌ویتنی‌یو نشان داد که بین غلظت پتاسیم در دو دوره اختلاف معنی‌داری در سطح ۹۵ درصد وجود دارد و میانگین غلظت پتاسیم در فصل تابستان بیشتر از بهار است که این نتیجه با مطالعات (Noori & Malekian, 2016) مطابقت دارد. با توجه به نتایج می‌توان گفت که غلظت پتاسیم در فصل بهار به علت افزایش دبی آب و افزایش حجم آب کاهش می‌یابد. از طرفی بارندگی موجب ته نشست پتاسیم به درون خاک می‌شود. پس از بررسی نتایج حاصل از مقایسه میزان درجه حرارت در آب رودخانه گاماسیاب در دو فصل بهار و تابستان با استفاده از آزمون من‌ویتنی‌یو مشخص شد بین درجه حرارت در دو دوره اختلاف معنی‌داری در سطح ۹۵ درصد وجود دارد که این می‌تواند موجب شود که عوامل مؤثر بر پارامتر دمای آب رودخانه در تمام نقاط واقع در محدوده مطالعاتی متفاوت عمل کند. تغییرات دمای آب رودخانه به نسبت زیادی تحت تأثیر دمای محیط قرار می‌گیرند. نتایج حاصل از بررسی درجه حرارت در آب رودخانه با مطالعات (Abbaspour et al., 2020) مطابقت دارد. افزایش دما در فصل تابستان موجب تغییر در چگالی آب و تغییر سایر پارامترها می‌شود که این افزایش دما موجبات تبخیر بیشتر آب و در نتیجه افزایش آلودگی را فراهم می‌آورد. نتایج حاصل از مقایسه میزان pH در آب رودخانه گاماسیاب در دو فصل بهار و تابستان با استفاده از آزمون من‌ویتنی‌یو نشان داد بین pH در دو دوره اختلاف معنی‌داری در سطح ۹۵ درصد وجود دارد و میانگین اسیدیته در فصل تابستان بیشتر از بهار است که این نتیجه با مطالعات (Farzi et al., 2022) مطابقت دارد. این کاهش در فصل بهار احتمالاً می‌تواند ناشی از کاهش فعالیت‌های بیولوژیکی جانداران آبی و جلبک‌ها در بهار، راه‌یابی آلاینده‌ها با پایه اسیدی به وسیله رواناب‌های صنعتی و کشاورزی به رودخانه، افزایش یون‌های کربنات، اسیدهای معدنی، نمک‌های حاصل از اسیدهای قوی و بازهای ضعیف ناشی از فعالیت‌های صنعتی و راه‌یابی نمک‌های کربناته (کربنات کلسیم و منیزیم) به واسطه شست‌وشو از لایه‌های زمین‌شناسی از جنس کربناته باشد (Varol et al., 2022). افزایش میزان هدایت الکتریکی در فصل تابستان به واسطه افزایش یون‌های املاح مختلف در طول فصل تابستان، کم بودن جریان آب، بالا بودن تبخیر نسبی آب در این

فصل و راه‌یابی نمک‌های محلول از زمین‌های مجاور بوده است و در فصل بهار با افزایش جریان آب و رقیق شدن نمک‌های محلول، در مجموع شاخص هدایت الکتریکی کاهش یافته است. مطالعه انجام شده توسط Noori & Malekian (2016) مؤید آن است که میزان هدایت الکتریکی در فصول کم‌آبی بیشتر از فصول پرآبی (ماه گرم سال) در ایستگاه‌های مورد بررسی در رودخانه سیمره بوده است، که نتایج آن داده‌های این مطالعه را تأیید می‌کند. نتایج حاصل از مقایسه میزان هدایت الکتریکی در آب رودخانه گاماسیاب در دو فصل بهار و تابستان با استفاده از آزمون من‌ویتنی‌یو نشان داد بین هدایت الکتریکی در دو دوره اختلاف معنی‌داری در سطح ۹۵ درصد وجود دارد و میانگین هدایت الکتریکی در فصل تابستان بیشتر از بهار است که این نتیجه با مطالعات Majlesi و همکاران (2019) مطابقت دارد. غالباً افزایش و کاهش مقدار هدایت الکتریکی در طول مسیر رودخانه، ناشی از ورود فاضلاب‌های شهری، صنعتی و کشاورزی است. نوسانات موجود در مقدار هدایت الکتریکی در رودخانه گاماسیاب، می‌تواند ناشی از ورود فاضلاب کارخانه‌های متعدد در ابعاد کوچک و بزرگ در اطراف رودخانه و ورود سرشاخه‌های فصلی و دائمی به داخل رودخانه باشد. کاهش نزولات جوی در فصل تابستان می‌تواند موجب افزایش میزان املاح آب گردد که این موضوع افزایش هدایت الکتریکی را به همراه دارد (Ebrahimi et al., 2020). از طرفی کاهش مقدار آن در فصل بهار می‌تواند به دلیل رقیق شدن نمک‌های ناشی از افزایش حجم و جریان آب باشد.

۶. نتیجه‌گیری و پیشنهادات

استفاده بهینه از منابع آبی از مهم‌ترین اصول توسعه پایدار هر کشور به شمار می‌آید. امروزه افزایش مصرف آب سبب کاهش کیفیت و کمیت آب‌های قابل استحصال شده و بنابراین ارزیابی دقیق منابع موجود جهت پاسخ به تقاضای بخش‌های مختلف ضروری است. این پژوهش با هدف ارزیابی کیفیت آب رودخانه گاماسیاب در استان کرمانشاه و بررسی استفاده از آب جهت مصارف شرب، کشاورزی یا صنعت انجام شد. به منظور انجام این پژوهش پارامترهای کیفی همچون پتاسیم، نیترات، سولفات، فسفات، سدیم، هدایت الکتریکی، pH و کل جامدات محلول مورد مطالعه قرار گرفت و نتایج حاصل از آن با شاخص‌های WQI، WAWQI و NPI تحلیل شد بر اساس این شاخص‌ها آب رودخانه گاماسیاب در طبقه عالی و کیفیت مناسب قرار گرفت. به منظور بررسی میزان شوری آب از طبقه‌بندی ویلکاکس استفاده شد که نتایج حاصل بیانگر کیفیت خوب آب و شوری متوسط می‌باشد. جهت استفاده از آب رودخانه گاماسیاب برای کشاورزی، اعمال تمهیدات مدیریتی از جمله کشت محصولات مقاوم به شوری، انجام آب‌شویی و زه‌کشی ضروری است. از طرفی با توجه به کمبود منابع آبی و تنش‌های ناشی از کمبود آب شرب در کشور آب رودخانه گاماسیاب گزینه مناسبی جهت مصارف خانگی و شرب می‌باشد که نتایج حاصل از این پژوهش با نتایج Mohammadi Ghalehi & Kardan moghadam (2020) بر رودخانه سفید رود مطابقت دارد. بر اساس نتایج حاصل از پژوهش Nazari و همکاران (2020) بر روی رودخانه کارون، کیفیت آب رودخانه کارون از نظر شرب در طبقه نامناسب قرار گرفت. پیشنهاد می‌شود با توجه به کمبود منابع آب در دسترس برای مصارف شرب و خانگی با پایش و کنترل ورود آلاینده‌ها به محیط رودخانه در جهت حفظ و مدیریت این منابع مهم گام برداریم.

۶. منابع

- Abbaspour, M., Javid, A. H., Mashinchian, A., & Habibi, A. (2017). Study of some physical & chemical properties of water of Khersan River & analysis the statistical relations thereof. *Journal of environmental science and technology*, 19(3), 1-15. (in Persian)
- Abdelrazek, S. 2019. Monitoring irrigation water pollution of Nile Delta of Egypt with heavy metals. *Alexandria Science Exchange Journal*. 441-450.
- Ajibare, A., Ogungbile, P. and Ayeku, P., 2022. Evaluation of water pollution monitoring for heavy metal contamination: A case study of Agodi Reservoir, Oyo State, Nigeria. *Environmental Monitoring and Assessment* 194(10):675- 693.
- Ansari, M. R., & yusefi, A. (2023). Trend Analysis of Water Quality Changes of the Karun River Using the Mann-Kendall Test and Geographic Information System (GIS). *Water and Soil Management and Modelling journal*. (in Persian)

- Azeem, A., A. Shah Hussainy, R.A. Sajid, K. Sherdil and A. Ejaz. 2020. GIS-based assessment of drinking water distribution infrastructure of Bahawalpur. *Pak J Engg Appl Sci*, 26: 85-92.
- Babamiri, O., Marofi, S., & Azari, A. (2020). An Investigation into Self-Purification and Modeling of Changes in Nitrogen and Phosphor along Dez River (The Distance between Dez Dam and Band Ghir Bridge). *Journal of Environmental Science and Technology*, 22(3), 301-315. (in Persian)
- Bahrami, M., Zarei, A.R. and Rostami, F., 2020. Temporal and spatial assessment of groundwater contamination with nitrate by nitrate pollution index (NPI) and GIS (case study: Fasarud Plain, southern Iran). *Environmental Geochemistry and Health*, 42(10), pp.3119-3130.
- Begum, W., Goswami, L., Sharma, B. B., & Kushwaha, A. (2023). Assessment of urban river pollution using the water quality index and macro-invertebrate community index. *Environment, Development and Sustainability*, 25(8), 8877-8902.
- Botle, A., Salgaonkar, S., Tiwari, R., Ambadekar, S., & Barabde, G. R. (2023). Brief status of contamination in surface water of rivers of India by heavy metals: a review with pollution indices and health risk assessment. *Environmental Geochemistry and Health*, 45(6), 2779-2801.
- Brender, J. D. (2020). Human health effects of exposure to nitrate, nitrite, and nitrogen dioxide. Just enough nitrogen: Perspectives on how to get there for regions with too much and too little nitrogen, 283-294.
- Chettri, U., Chakrabarty, T. K., & Joshi, S. R. (2022). Pollution index assessment of surface water and sediment quality with reference to heavy metals in Teesta River in Eastern Himalayan range, India. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, 18, 100742.
- Doulat Abadi, A., Zolfaghari, G., & Osmani, N. (2022). Investigation of nitrate and phosphate concentrations in some plants along the Kal-e-Shor River in Sabzevar. *Journal of Environmental Science Studies*, 7(1), 4468-4477. (in Persian)
- Ebrahimi, S. K., JAMAL, O. M., & SARMAJ, J. (2020). Distribution of Phytoplankton and Physicochemical Parameters Impact on Their Propagation in the River Gilan Bijar.(in Persian)
- Farzi, R., Tabasinezhad, N., Ahmadi, A., Mosavi-Sabet, H., & Imanpour Namin, J. (2022). Study of the water quality parameters of the inlet and outlet water of a rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) farm on the water quality parameters in Masouleh River, Guilan province. *Journal of Renewable Natural Resources Research*, 13(1), 13-23. (in Persian)
- Fathi, E., Zamani-ahmadmahmoodi, R., & Zare Bidaki, R. (2018). Water Quality Assessment of Beheshtabad River at the intersection of Shalamzar Spring with Koohrang River. *Environment and Water Engineering*, 4(2), 178-183. (in Persian)
- Gholizadeh, M., & Zibaei, M. (2020). Hydrochemical assessment of Chehelchai river water, Golestan province for drinking and agricultural purposes. *Iranian Journal of Health and Environment*, 13(2), 283-298.(in Persian)
- Hejazy, M., Norouzi, R., Abdi, F., & Javid, F. (2023). The impact of aquaculture activities on nitrogenous and phosphorous pollution of water resources in northern Iran. *Arabian Journal of Geosciences*, 16(4), 255.
- Ivrih, B. R., Abbasnejad, A., & Peyrowan, H. (2016). POTENTIAL OF JEIRUOD PHOSPHATE MINE RUN-OFF ON JEIRUOD RIVER POLLUTION. *Journal of Fundamental and Applied Sciences*, 8(2S), 1410-1417.(in Persian)
- Karandish, F., Darzi-Naftchali, A., & Asgari, A. 2017. Application of machine-learning models for diagnosing health hazard of nitrate toxicity in shallow aquifers. *Paddy and Water Environment*, 15(1): 201-215.
- Kumar, V., Sharma, A., Kumar, R., Bhardwaj, R., Kumar. 2020. Assessment of heavy-metal pollution in three different Indian water bodies by combination of multivariate analysis and water pollution indices. *Human and ecological risk assessment*. 26.1:1-16.
- Iarijani, S., kavian, A., & ziaei, A. N. (2023). Water Quality of HAEAZ River by Using the Sanitation, Pollution, weight and Social Accounting Water Quality index (Case study: Panjab to upstream of Haraz dam). *Irrigation and Water Engineering*, 13(13), 369-387.(in Persian)
- Majlesi, M., Alavi, N., Atamaleki, A., Seyyed, M., & Soheili, N. (2019). Investigation of physicochemical and microbial parameters of Doogh River water and the effect of adjacent felman wells on decreasing these parameters in Kalaleh City during 2012-2016. *Journal of Environmental Health Engineering*, 7(1), 29-41.(in Persian)

- 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(7).
- Mishra, M., Singhal, A., & Srinivas, R. (2023). Effect of urbanization on the urban lake water quality by using water quality index (WQI). *Materials Today: Proceedings*.
- Moghadam Yekta, N., Rafati, M., Karimi, A., & Sadjadi, N. 2022. Investigation of Water Quality of Urban Rivers and Assessing their Suitability to Protect the Environment (Case Study: Kan River, Tehran City). *Environment and Water Engineering*, 8(3), 738-752.
- Mohammadi Ghaleni, M., & Kardan Moghaddam, H. (2022). Introducing a New Drinking Water Quality Index for Surface Water Resources Using Multivariate Analysis (Case Study: Sefidroud River). *Water and Soil*, 36(4), 439-458. (in Persian)
- Mustafanejad, F., & Hasani, A. H. (2020). An investigation on pollution caused by the changes of physico-chemical characteristic of Saqqez River. *Sustainability, Development & Environment*, 1(3), 13-23.(in Persian)
- Nandi, I., Pokharia, C., Chaturvedi, V., & Shah, K. (2022). Developing a Robust Tool for Quality Health Assessment of Rivers Using Optimized Weighted Arithmetic Water Quality Index Method: A Study on River Ganges at Varanasi in India: Health Assessment of River Ganga using WAWQI Method. *International Journal for Research in Applied Sciences and Biotechnology*, 9(3), 7-20.
- Nazari, E., EGDERNEZHAD, A., & JALILZADEH, Y. R. (2020). Monitoring of Khuzistan water resources quality for use in domestic, industrial, and agricultural purposes using IRWQIsc and NSFQI indices.(in Persian)
- Noori, Z., & Malekian, A. (2016). The Effective Factors on Water Quality of Seimareh and Kashkan Rivers in Ilam and Lorestan Provinces. *Journal of natural environment*, 69(2), 549-564.(in Persian)
- Obeidat, M. M., Al-Ajlouni, A., Al-Rub, F. A., & Awawdeh, M. (2012). An innovative nitrate pollution index and multivariate statistical investigations of groundwater chemical quality of Umm Rijam Aquifer (B4). North Yarmouk River Basin: INTECH Open Access Publisher, Jordan.
- Olasoji, S.O., N.O. Oyewole, B. Abiola and J.N. Edokpayi. 2019. Water quality assessment of surface and groundwater sources using a water quality index method: A case study of a peri-urban town in southwest, Nigeria. *Environments*, 6(2): 1-23.
- Pang, Z., L. Yuan, T. Huang, Y. Kong, J. Liu and Y. Li. 2013. Impacts of human activities on the occurrence of groundwater nitrate in an alluvial plain: a multiple isotopic tracers approach. *J Earth Sci*, 24 (1): 111-24.
- Pradhan, S., Banerjee, G., Majumder, A., & Majumder, A. (2021). Water quality assessment of lower Ganga River near Haldia applying water quality index method. *J Indian Chem Soc*, 97(12B), 2777-2782.
- Shil, S., Singh, U. K., & Mehta, P. (2019). Water quality assessment of a tropical river using water quality index (WQI), multivariate statistical techniques and GIS. *Applied water science*, 9, 1-21.
- Shrestha, A. K., Rai, M., Pokhrel, J., Karki, S., Poudel, D., Karki, S., & Shah, B. R. (2023). A preliminary assessment of spatial variation of water quality of Ratuwa River. *Plos one*, 18(5), e0285164.
- Skowron, P., Skowrońska, M., Bronowicka-Mielniczuk, U., Filipek, T., Igras, J., Kowalczyk-Juško, A., & Krzepińko, A. (2018). Anthropogenic sources of potassium in surface water: The case study of the Bystrzyca river catchment, Poland. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 265, 454-460.
- Solgi, E., Beigmohammadi, F., Rozbhani, Z., & Ghiasvand, S. (2022). Water quality assessment of surface and groundwater sources used for drinking and agriculture. *Irrigation Sciences and Engineering*, 45(3), 97-111.(in Persian)
- Solgi, E., Bigmohammadi, F., Rozbhani, Z., & Ghiasvand, S. 2022. Water quality assessment of surface and groundwater sources used for drinking and agriculture. *Irrigation Sciences and Engineering*, 45(3), 97-111.
- Syed, M. M., Hossain, M. S., Karim, M. R., Uddin, M. F., Hasan, M., & Khan, R. H. (2023). Surface water quality profiling using the water quality index, pollution index and statistical methods: A critical review. *Environmental and Sustainability Indicators*, 100247.

- Talkhablou, M., Kianpour, M., & Fatemi Aghda, S. M. (2019). ArcGIS fuzzy modeling to assess the relationship between seismic wave velocity and electrical resistivity with limestone mass quality (case study: Asmari Formation, southwest Iran). *Modeling Earth Systems and Environment*, 5, 1025-1035.
- Taloor, A.K., Pir, R.A., Adimalla, N., Ali, S., Manhas, D.S., Roy, S. and Singh, A.K., 2020. Spring water quality and discharge assessment in the Basantar watershed of Jammu Himalaya using geographic information system (GIS) and water quality Index (WQI). *Groundwater for Sustainable Development*, 10, p.100364.
- Vinther, F., Pinelo, M., Brøns, M., Jonsson, G., & Meyer, A. S. 2014. Mathematical modelling of dextran filtration through hollow fibre membranes. *Separation and Purification Technology*, 125: 21-36.
- Wilcox, L.V. (1955). Classification and Use of Irrigation Waters, US DA, Circular 969, Washington.
- Xia, C., Liu, G., Meng, Y., & Jiang, F. (2022). Reveal the threat of water quality risks in Yellow River Delta based on evidences from isotopic and hydrochemical analyses. *Marine Pollution Bulletin*, 177, 113532.
- Zhang, X., Zhang, Y., Shi, P., Bi, Z., Shan, Z., & Ren, L. 2021. The deep challenge of nitrate pollution in river water of China. *Science of the Total Environment*, 770, 144674.