

Research Paper

Investigating the Status of Nitrates in Nahavand Drinking Water and Its Quality zoning

Eisa Solgi^{1*}, Fouzieh Beigmohammadi², Asma Moafi³

¹ Professor, Department of Environment, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer, Iran

² Ph.D Student of Environmental Pollution, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer, Hamedan, Iran

³ BSc of Environment, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer, Hamedan, Iran



[10.22125/IWE.2023.383319.1706](https://doi.org/10.22125/IWE.2023.383319.1706)

Received:

February 5, 2023

Accepted:

June 25, 2023

Available online:

December 30, 2023

Keywords:

Drinking water, Nahavand, Nitrate, Kriging, NPI index, WQI index

Abstract

Access to safe water is one of the main components of sustainable development, and monitoring of water resources used by humans is necessary and essential in this regard. In order to better understand the water quality of human societies, the analysis of physical and chemical parameters of water resources is done with the help of indicators and statistical methods. In this research, the quality of urban water resources of Nahavand was investigated and zoned with the help of nitrate parameter interpolation methods. For this purpose, 48 samples of drinking water from 16 districts and neighborhoods of Nahavand city were taken randomly and pH, EC and No₃ parameters were measured in them. Wilcox, WQI and NPI indices were used to determine the quality of water sources. The comparison of the values of the studied parameters with the WHO standard and the national standard of Iran was done by a one-sample t-test. Nitrate zoning map and WQI index in Nahavand urban water sources were also prepared by using Krijink method. Based on the obtained results, there was a statistically significant difference between the values of the investigated parameters with the national standards of Iran and WHO ($p < 0.05$). So that the average pH and No₃ were lower than the standard limits and the average EC was higher than the standard limit and according to the Wilcox classification, 44% of Nahavand city water samples were in medium salinity condition and 56% of the remaining samples were in medium salinity condition. The salinity was high. Water quality based on WQI and NPI index was estimated as excellent and without pollution. According to the zoning maps of WQI index and nitrate in Nahavand city, the southeast part has a lower quality than other parts and the concentration of nitrate in the water sources of these areas was higher. Therefore, monitoring of drinking water in Nahavand city, especially in the southeast areas, is suggested. In addition, in connection with

* Corresponding Author: Eisa Solgi

Address: Department of Environment, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer, Iran

Email: e.solgi@malayeru.ac.ir

Tel: 08133339841

the high EC of water, the necessary measures for purification and health recommendations for water consumption for the people of the region should be put on the agenda.

1. Introduction

Water is essential for life and all human activities, as well as for preserving the environment and its resources (Nurohman et al., 2021). Healthy drinking water should have appropriate quality indicators (such as physical and chemical properties) (Eslami et al., 2018). Along with statistical methods, the use of indicators to evaluate water quality can provide appropriate information to the researcher. By simplifying and reducing primary raw information, indicators can show the process of water quality changes in space and time in addition to expressing water quality (Abbasi, 2000). Hardness, pH, EC, anions such as sulfate and nitrate, cations such as sodium, potassium, calcium, etc., are among the most important parameters investigated in water quality. Long-term exposure to water with high levels of nitrates brings a variety of complications to human health (Zhang et al., 2019). Therefore, in this study, while checking the quality of drinking water in Nahavand city based on the WQI index, nitrate concentration zoning in urban water sources of the region was done.

2. Materials and Methods

In order to check the quality of Nahavand urban water sources, 16 districts and neighborhoods were sampled and at least three water samples were randomly taken from each district (48 samples in total). pH, EC and NO3 parameters were measured for each of the collected samples. To compare the parameters measured for water sources with different standards (WHO standard and the national standard of Iran), one-sample t-test was used and one-way analysis of variance was used to compare different regions in terms of pH, EC and NO3. Dunnett's T3 test was performed to compare two regions.

In order to zone nitrate for urban water sources in the present study, kerging method was used. The quality of water resources was determined using the WQI and Wilcoxon index and the water quality in terms of nitrate pollution caused by human activities was determined using the NPI index. The relations of these indicators are given in the equation 1 to 5.

$$WI = \frac{\sum_{i=1}^n Wi}{\sum_{i=1}^n Wi} \tag{1}$$

$$Qi = \frac{Ci}{Si} \tag{2}$$

$$Sli = WI \times Qi \tag{3}$$

$$WQi = \sum_{i=1}^n Sli \tag{4}$$

Where, WI is the relative weight, Wi stands for weight of each parameter, n represents number of parameters, Qi is quality rate scale, Ci denotes concentration of each parameter, Si is standard of each chemical parameter, Sli represents sub-water quality index and WQi denotes water quality index. When the WQI indices are less than 50, between 50-100, 100-200, 200-300 and more than 300, the water quality is evaluated as excellent, good, poor, very poor and unsuitable for drinking purposes, respectively. The weight and standard used for the studied parameters are presented in table 1.

Table 1- Weight and the standard used for the studied parameters (Taloor et al., 2020)

Parameter	unit	Weight
pH	-	4
EC	μS/cm	4
Na		2
K	mg/L	2
NO ₃		4

NPI is a water quality index to measure nitrate pollution caused by human activities. This is a single-parameter index (The equation 5) and nitrate is the only parameter used in its calculation (Bahrami et al., 2020).

where Cs is the concentration of nitrate in the sample, HAV is the threshold value of the human source, which is considered to be 20 mg/l. The classification of WQI index and NPI index are presented in Tables 2 and 3, respectively.

$$NPI = \frac{C_s - HAV}{HAV} \tag{5}$$

Table 2- Classification of WQI index

WQI index value	Quality
50>	Excellent
50-100	Good
100-200	weak
200-300	very weak
300<	Unsuitable for drinking purposes

Table 3- Classification of NPI (Almasi et al., 2016)

NPI class	NPI value	Interpretation of NPI
1	0>	clean
2	0-1	Low pollution
3	1-2	Moderate pollution
4	2-3	Significant contamination
5	>3	Very significant pollution

3. Results

Based on the results of one-way analysis of variance, there was a statistically significant difference between different regions in terms of pH, EC and NO₃ (P<0.05). Also, the results of the One-Sample Test showed that the average pH, EC and NO₃ in Nahavand urban water has a statistically significant difference with the WHO standards and the national standard of Iran (p<0.05) and the average of these parameters in urban water is lower than the standard values.

The results of water quality index (WQI) for the drinking water of Nahavand city showed that its value in Nahavand city water was less than one and the water quality was estimated to be excellent. Figure 1 shows the zoning map of Nahavand urban water quality based on the WQI index and the kriging method. According to this map, the southeast part of Nahavand city has lower quality than other parts.

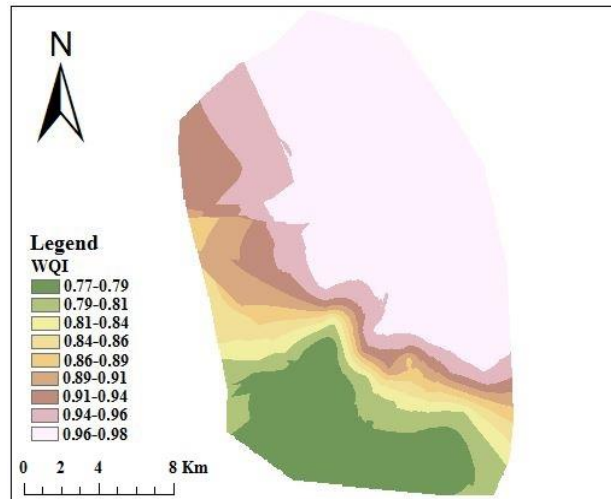


Figure 1: Nahavand city water quality zoning based on WQI index

Figure 2 shows the zoning of nitrate concentration in Nahavand urban water using kriging method. Based on these results, the concentration of nitrate in all investigated water sources is lower than the WHO standard. However, parts of the southeast have higher nitrate concentration than other parts. Therefore, probably a polluting source in the southeast part of Nahavand has caused an increase in the concentration of nitrates in this part, which should be identified while controlling its entry into water sources.

Also, based on the results of the NPI index, all the examined samples were in the 1st class of this index and are free of pollution.

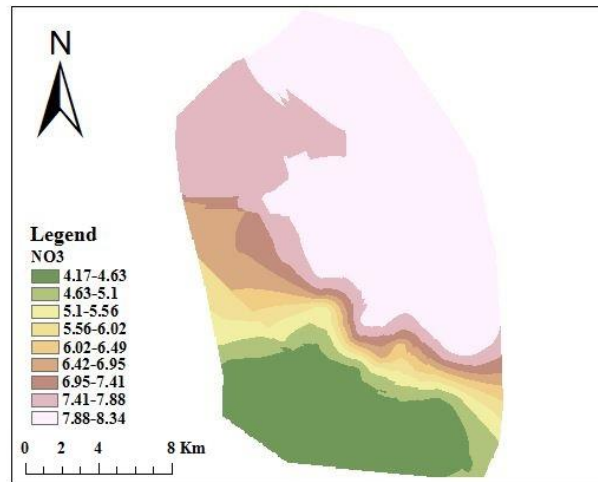


Figure 2: Nitrate concentration zoning of Nahavand municipal water by kriging method

4. Discussion and Conclusion

The average nitrate in Nahavand city water is 6.81 mg/liter, which is lower than the standard in drinking water which is 50 mg/liter as per the study of Cheraghi and Astani. (2012) which was done on the drinking water of Nahavand city is consistent. Nahavand urban drinking water was found to be free of pollution based on the NPI index, which evaluates nitrate pollution. Nitrate concentration being lower than the standard in the results of Shaibur et al. (2019); Solgi and Nasiri. (2019); Rahmani et al. (2013) and Rasolevandi et al. (2018) was also obtained.

The condition of the examined samples based on Wilcox's classification for electrical conductivity showed that 44% of Nahavand city water samples are in medium salinity and 56% of the remaining samples are in high salinity. Therefore, in the samples examined in this study, the number of dissolved solids was high, which is mainly caused by the high amount of sodium dissolved in water (Shammi et al., 2019). The salinity of drinking water is one of the factors affecting blood pressure, which itself is the main cause of cardiovascular diseases (Shammi et al., 2019; Talukder et al., 2016; Khan et al., 2014). In addition, water salinity is one of the important and effective parameters in water purification, so that the removal efficiency of metals, including iron, decreases with increasing water salinity (Podgórní, 2014 and Rzaşa).

Based on the results obtained in Nahavand city water, electrical conductivity is higher than the WHO standard, so according to the Wilcoxon index, it is in two classes of medium and high salinity. Also, nitrate zoning and WQI index showed that the quality of drinking water in the southeastern regions is lower. Therefore, periodic monitoring of drinking water in Nahavand city, especially in the southeast areas, is suggested. In addition, in connection with the high EC of water, necessary measures should be taken for purification and health recommendations to the people of the regio

5. The most important references

- 1) Abbasi, S.A., 2002. Water Quality Indices, State of the Art Report. Scientific Contribution Published by INCOH, National Institute of Hydrology, Roorkee, p. 73.
- 2) Almasi, A., Shokri, R., Momenzadeh, R., Rezaei, S., Jamshidi, A., & Yazdizadeh, R. (2016). Distribution of groundwater nitrate in Dehloran, Iran: A case study using GIS. *Journal of Advances in Environmental Health Research*, 4(3), 155–160.
- 3) 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.
- 4) Cheraghi, M. Astani, S. (2012). Investigation and measurement of nitrates in underground drinking water (a case study of Nahavand city, Hamadan province). The second environmental planning and management conference. <https://civilica.com/doc/148152> (In Persian)

- 5) Eslami H, Tajik R, Esmaeili M, Esmaeili A, Mobini M. Assessment of the Quality of Rafsanjan Drinking Water Resources using Water Quality Index (WQI) Model in 2018: A Descriptive Study. JRUMS 2020; 18 (10) :996-985 **(In Persian)**
- 6) Khan, A.E., Scheelbeek, P.F.D., Shilpi, A.B., Chan, Q., Mojumder, S.K., Rahman, A., Haines, A. and Vineis, P., 2014. Salinity in drinking water and the risk of (pre) eclampsia and gestational hypertension in coastal Bangladesh: a case-control study. PLoS One, 9(9), p.e108715.

Conflict of Interest

Authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

Thanks to the Laboratory of Department of Environment of Malayer University that cooperated with the authors in all stages of this research.



بررسی وضعیت نیترات در آب آشامیدنی شهر نهاوند و پهنه بندی کیفیت آن

عیسی سلگی^۱، فوزیه بیگ محمدی^۲، اسما معافی^۳

تاریخ ارسال: ۱۴۰۱/۱۱/۰۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۰۴

مقاله پژوهشی

چکیده

دسترسی به آب سالم از مولفه‌های اصلی توسعه پایدار بوده و پایش دوره‌ای منابع آب مورد استفاده انسان در این راستا لازم و ضروری است. به منظور درک بهتر جوامع انسانی از کیفیت آب، تحلیل پارامترهای فیزیکی و شیمیایی منابع آب به کمک شاخص‌ها و روش‌های آماری انجام می‌شود. در این پژوهش کیفیت منابع آب شهری نهاوند بررسی و به کمک روش‌های درون‌یابی پارامتر نیترات پهنه بندی شد. بدین منظور ۴۸ نمونه آب آشامیدنی از ۱۶ منطقه و محله از شهر نهاوند به صورت تصادفی برداشت و پارامترهای pH، EC و No₃ در آنها اندازه‌گیری شد. شاخص‌های ویلکاکس، شاخص کیفیت آب (WQI) و شاخص آلودگی نیترات (NPI) جهت تعیین کیفیت منابع آب به کار گرفته شد. مقایسه مقادیر پارامترهای مورد بررسی با استاندارد WHO و استاندارد ملی ایران توسط آزمون تی تک‌نمونه‌ای انجام شد. همچنین با استفاده از روش کریجینک نقشه پهنه بندی نیترات و شاخص WQI در منابع آب شهری نهاوند تهیه شد. بر اساس نتایج به دست آمده اختلاف آماری معنی‌داری بین مقادیر پارامترهای مورد بررسی با استانداردهای ملی ایران و WHO وجود داشت ($p < 0.05$). به طوری که میانگین pH و No₃ کمتر از حدود استاندارد و میانگین EC بالاتر از حد مجاز استاندارد بود و بر اساس طبقه‌بندی ویلکاکس ۴۴ درصد از نمونه‌های آب شهری نهاوند در وضعیت شوری متوسط و ۵۶ درصد نمونه‌های باقی مانده در وضعیت شوری بالا قرار داشتند. کیفیت آب بر اساس شاخص WQI و NPI به ترتیب عالی و بدون آلودگی برآورد شد. بر اساس نقشه‌های پهنه بندی شاخص WQI و نیترات در شهر نهاوند، قسمت جنوب شرقی از کیفیت کمتری نسبت به سایر نقاط برخوردار و غلظت نیترات در منابع آب این نواحی بالاتر بود. بنابراین پایش دوره‌ای آب آشامیدنی شهر نهاوند بخصوص در نواحی جنوب شرقی پیشنهاد می‌شود. بعلاوه در ارتباط با بالا بودن EC آب اقدامات لازم جهت تصفیه و توصیه‌های بهداشتی جهت مصرف آب به مردم منطقه باید در دستور کار قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی آب آشامیدنی، نهاوند، نیترات، کریجینگ، شاخص NPI، شاخص WQI

^۱ استاد گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران، ایمیل: e.solgi@yahoo.com (نویسنده مسول)

^۲ دانشجوی دکتری آلودگی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران ایمیل: fouzieh.b.36@gmail.com

^۳ کارشناسی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر ایران ایمیل: moafi.s@yahoo.com



مقدمه

آب برای حیات و تمام فعالیت‌های انسانی و همچنین برای حفظ محیط زیست و منابع آن ضروری است (Nurohman et al., 2021). تقریباً ۸۰ درصد از مسائل و بیماری‌های بهداشتی در سراسر جهان را می‌توان به مصرف آب آلوده برای مصارف خانگی نسبت داد (Panneerselvam et al., 2023). ارزیابی کیفیت این منابع یکی از مهم‌ترین مراحل در مدیریت پایدار منابع آب است (Lyu et al., 2021). تعیین مقادیر پارامترهای کیفی آب، به منظور تمایز بین غلظت طبیعی و غیر طبیعی، لازم و ضروری است (Gayane and Arpine, 2016). همچنین آب آشامیدنی سالم باید دارای شاخص‌های کیفی مناسب (مانند خواص فیزیکی و شیمیایی) باشد (اسلامی و همکاران، ۱۳۹۸). پارامترهای فیزیکی و شیمیایی موثر بر کیفیت آب به منظور پایش مستمر برای جلوگیری از خطرات بهداشتی قبل از استفاده از آب برای مصارف شرب، آبیاری و صنعتی ضروری هستند (Mora et al., 2017). از مهم‌ترین پارامترهای مورد بررسی در کیفیت آب می‌توان به سختی، pH، EC، آنیون‌ها همچون سولفات و نیترات، کاتیون‌ها مانند سدیم، پتاسیم، کلسیم و... اشاره کرد.

قرار گرفتن طولانی مدت در معرض آب با مقادیر بالای نیترات طیف مختلفی از عوارض را برای سلامت انسان به همراه دارد (Zhang et al., 2019). طبق گزارش آژانس حفاظت محیط زیست ایالات متحده (USEPA)، در معرض گیری نوزادان زیر ۶ ماه با آب حاوی مقادیر بیش از حد NO_3^- می‌تواند منجر به آسیب‌های تنفسی و گردش خون شدید شود که در صورت عدم درمان می‌تواند منجر به مرگ شود (Adimalla and Qian, 2019). در بزرگسالان نیز نیترات بیش از حد در آب آشامیدنی، در ایجاد انواع آسیب نقش دارد. به طوری که نیترات پس از ورود به سیستم گوارشی بدن انسان به نیتریت تبدیل شده و نیتریت به‌عنوان عامل بیماری‌ها در دستگاه گوارش و

سیستم عصبی شناخته شده است (Karunanidhi et al., 2020).

pH از مهم‌ترین پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب است که رفتار سایر پارامترهای کیفی آب و همچنین غلظت فلزات در محیط‌های آبی را کنترل می‌کند و روی فرم‌های مختلف و دستیابی زیستی فلزات آلاینده تاثیرگذار است. به طوری که در pH پایین، حلالیت فلزات بیشتر شده و مواد شیمیایی دیگر مانند سیانید و سولفید سمی‌تر می‌شوند (Saalidong et al., 2022). هدایت الکتریکی و pH علاوه بر نقشی که در حلالیت آلاینده‌ها دارند از عوامل موثر در کنترل نیترژن در آب، بخصوص در آب‌های زیر زمینی هستند (Zhang et al., 2022).

افزایش مصرف آب، کاهش ذخایر آب‌های طبیعی، آلودگی‌های محیط زیستی و افزایش نیاز آبی فعالیت‌های انسانی باعث شده تا ارزیابی کیفیت منابع آب از موضوعات مهم در سال‌های اخیر محسوب گردد (Khalaji et al., 2017). در کنار روش‌های آماری استفاده از شاخص‌ها برای ارزیابی کیفیت آب می‌تواند اطلاعات مناسبی در اختیار محقق قرار دهد. شاخص‌ها با ساده‌سازی و کاهش اطلاعات خام اولیه علاوه بر بیان کیفیت آب، روند تغییرات کیفی آب در مکان و زمان را نشان می‌دهند (Abbasi and Abbasi, 2011). در این روش اطلاعات حاصل از اندازه‌گیری‌های کیفی آب به یک عدد منفرد و بدون بعد تبدیل می‌شود که در یک مقیاس درجه بندی شده مفهوم و تفسیر کیفی تعریف شده‌ای دارد (شریف‌نیا و همکاران، ۱۳۹۱).

شاخص کیفیت، یک عدد بدون واحد است که میزان کیفیت مربوط به اجماع یکسری از پارامترهای اندازه‌گیری شده را بیان می‌کند (زمانی احمد محمودی و همکاران، ۱۴۰۰). شاخص WQI علاوه بر استفاده از پارامترهای موثر در ارزیابی و مدیریت کیفیت آب، توانایی بالایی در توصیف داده‌های کیفیت آب دارد و در ارائه اطلاعات کیفیت آب به روشی آسان برای عموم مفید است (Nguyen et al., 2021).



(۱۴۰۱)؛ سلگی و همکاران (۱۴۰۱)؛ رسوله وندی و همکاران (۱۳۹۷)؛ سلگی و همکاران (۱۳۹۹)؛ (2019) Shaibur et al.؛ Olasoji et al. (2019) اشاره کرد. همچنین صفری و همکاران (۱۳۹۸)؛ فتوحی فیروزآباد و همکاران (۱۳۹۷)؛ نجف‌پور و همکاران (۱۳۹۹)؛ Sarwar et al.؛ Almodaresi et al. (2019)؛ و Aydin et al. (2021) در مطالعه خود به کمک روش‌های زمین آمار کیفیت منابع آب آشامیدنی را پهنه‌بندی نمودند. در این مطالعه ضمن بررسی کیفیت آب آشامیدنی در شهر نهاوند بر اساس شاخص WQI، پهنه‌بندی غلظت نیترات در منابع آب شهری منطقه انجام شد.

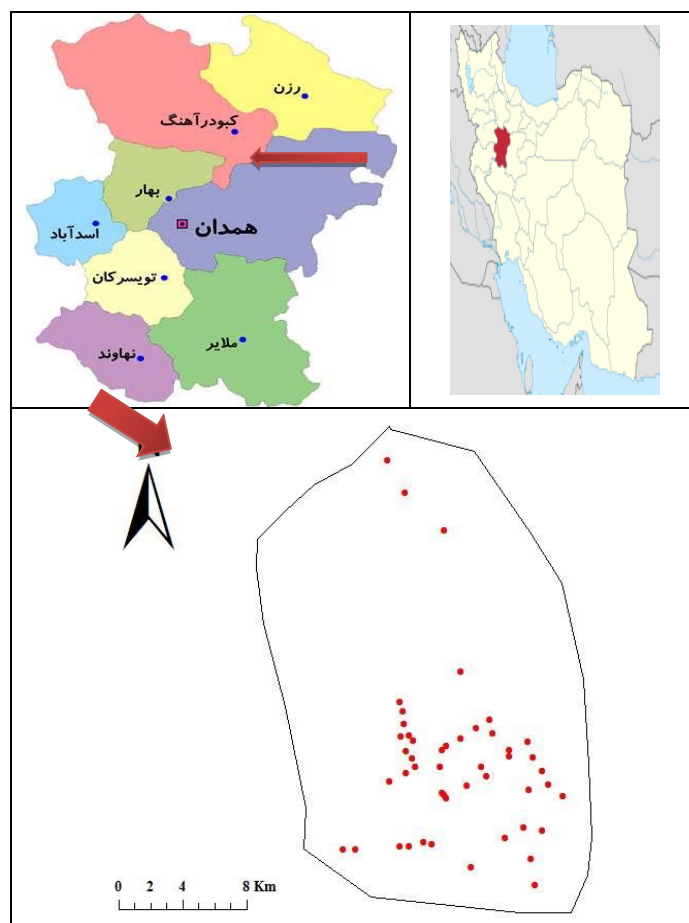
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

شهر نهاوند واقع در استان همدان به‌عنوان منطقه مورد مطالعه در این پژوهش در نظر گرفته شد و کیفیت منابع آب شهری در آن مورد بررسی قرار گرفت. موقعیت منطقه مورد مطالعه و نقاط نمونه برداری در شکل ۱ ارائه شده است.

به منظور تجزیه و تحلیل و تجسم فضاهای داده، پشتیبانی از تصمیم‌گیری در بسیاری از زمینه‌های تحقیقاتی، GIS یک محیط کارآمد و سریع برای سازماندهی و توضیح کمی حجم زیادی از داده‌ها را فراهم می‌کند (Dung et al., 2019). سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) ابزاری قدرتمند برای پیش‌بینی آلاینده‌های محیطی در منابع آب آشامیدنی و رفع مشکلات بهداشتی با توجه به شرایط منطقه مورد مطالعه است (Azeem et al., 2020). یکی از روش‌های مورد استفاده جهت تحلیل داده‌ها در GIS درون‌یابی است که بر اساس مجموعه‌ای از داده‌ها به پهنه‌بندی پارامترهای مورد نظر می‌پردازد. مدل کریجینگ از دقیق‌ترین مدل‌هایی است که در تهیه نقشه‌های پراکندگی به کار می‌رود. این مدل فاقد خطای سیستماتیک بوده و در برآوردها دارای حداقل واریانس است، بنابراین جایگاه ویژه‌ای در درون‌یابی‌ها بدست آورده است (یوسفی و همکاران، ۱۳۹۶).

پژوهش‌های مختلفی به بررسی کیفیت آب آشامیدنی به کمک شاخص‌ها و روش‌های آماری پرداخته‌اند که می‌توان به مطالعه مقدم یکتا و همکاران



شکل (۱): موقعیت منطقه و نقاط نمونه برداری

شد. pH (S.M-4500 pH-B) با استفاده از pH متر (AZ 86552) و EC (S.M-2510 EC-B) با استفاده از EC متر (AZ 86505) سنجش شد. اندازه‌گیری نیترات به روش رنگ سنجی انجام شد که پس از صاف کردن نمونه‌ها به ۵۰ میلی‌لیتر از هر نمونه، یک میلی‌لیتر اسید کلریدریک یک نرمال اضافه و در طول موج ۲۲۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتوفتومتر (DR 6000) اندازه‌گیری نیترات (S.M-4500 NO3-B) انجام گرفت

به‌منظور بررسی کیفیت منابع آب شهری نهاوند ۱۶ منطقه و محله مورد نمونه برداری قرار گرفت و از هر منطقه به صورت تصادفی حداقل سه نمونه آب از لوله کشی آب شهری برداشت شد. در مجموع ۴۸ نمونه آب از لوله کشی شهری برداشت شد (جدول ۱) و در شرایط استاندارد به آزمایشگاه منتقل شدند.

سنجش پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب

پارامترهای pH، EC و NO3 برای هر یک از نمونه‌های جمع‌آوری شده اندازه‌گیری شد. آنالیز در این پژوهش بر اساس کتاب استاندارد متد (۲۰۱۲) انجام



جدول (۱): موقعیت و مشخصات مکان های نمونه برداری شده

شماره نمونه	محل نمونه برداری	X (متر)	Y (متر)	شماره نمونه	محل نمونه برداری	X (متر)	Y (متر)
۱	شهرک شهید حیدری	۲۵۷۷۳۱	۳۷۸۹۳۸۲	۲۵	دکتر حسایی	۲۵۸۸۶۴	۳۷۸۶۶۳۰
۲	شهرک شهید حیدری	۲۵۷۲۸۳	۳۷۸۹۸۱۱	۲۶	دکتر حسایی	۲۵۸۹۳۷	۳۷۸۶۴۸۰
۳	شهرک شهید حیدری	۲۵۷۰۶۹	۳۷۹۰۱۸۸	۲۷	دکتر حسایی	۲۵۸۷۶۰	۳۷۸۶۷۹۳
۴	بلوار امام حسین	۲۵۷۲۲۲	۳۷۸۷۴۲۳	۲۸	میدان امام	۲۵۸۰۴۱	۳۷۸۵۵۳۷
۵	بلوار امام حسین	۲۵۷۹۲۱	۳۷۸۷۷۷۰	۲۹	میدان امام	۲۵۸۴۳۷	۳۷۸۵۸۶۶
۶	بلوار امام حسین	۲۵۷۲۵۸	۳۷۸۷۳۱۹	۳۰	میدان امام	۲۵۸۶۴۹	۳۷۸۵۹۹۳
۷	خیابان ۱۷ شهریور	۲۵۷۲۶۰	۳۷۸۷۱۷۵	۳۱	فرمانداری	۲۵۸۷۴۲	۳۷۸۵۶۲۶
۸	خیابان ۱۷ شهریور	۲۵۷۳۲۳	۳۷۸۷۰۴۴	۳۲	فرمانداری	۲۵۸۷۸۰	۳۷۸۵۳۳۳
۹	خیابان ۱۷ شهریور	۲۵۷۳۷۵	۳۷۸۶۹۸۳	۳۳	فرمانداری	۲۵۸۸۶۶	۳۷۸۵۹۵۸
۱۰	خیابان قصریه	۲۵۷۷۵۳	۳۷۸۶۹۱۸	۳۴	بلوار شهید حیدری	۲۵۷۹۹۶	۳۷۸۶۴۷۱
۱۱	خیابان قصریه	۲۵۷۷۰۴	۳۷۸۶۸۷۷	۳۵	بلوار شهید حیدری	۲۵۸۱۶۰	۳۷۸۶۶۸۱
۱۲	خیابان قصریه	۲۵۷۶۸۱	۳۷۸۶۶۸۴	۳۶	بلوار شهید حیدری	۲۵۸۲۸۴	۳۷۸۶۸۰۳
۱۳	خیابان حافظ	۲۵۷۴۰۲	۳۷۸۶۶۸۵	۳۷	خیابان شریعتی	۲۵۷۷۲۸	۳۷۸۶۳۶۱
۱۴	خیابان حافظ	۲۵۷۲۹۱	۳۷۸۶۶۱۶	۳۸	خیابان شریعتی	۲۵۷۷۵۲	۳۷۸۶۳۲۷
۱۵	خیابان حافظ	۲۵۷۰۹۸	۳۷۸۶۵۱۳	۳۹	خیابان شریعتی	۲۵۷۷۱۱	۳۷۸۶۳۷۹
۱۶	خیابان آزادگان	۲۵۷۲۲۴	۳۷۸۷۰۲۶	۴۰	میدان عارف	۲۵۷۴۸۷	۳۷۸۵۸۲۷
۱۷	خیابان آزادگان	۲۵۷۲۹۵	۳۷۸۶۸۶۵	۴۱	میدان عارف	۲۵۷۳۲۷	۳۷۸۵۷۷۵
۱۸	خیابان آزادگان	۲۷۷۳۶۵	۳۷۸۶۷۷۳	۴۲	میدان عارف	۲۵۷۵۹۴	۳۷۸۵۸۰۲
۱۹	خیابان گلشن	۲۵۸۲۶۱	۳۷۸۷۲۱۶	۴۳	دستغیب	۲۵۶۶۹۹	۳۷۸۵۷۳۴
۲۰	خیابان گلشن	۲۵۸۱۰۵	۳۷۸۷۱۲۴	۴۴	دستغیب	۲۵۶۵۶۲	۳۷۸۵۷۴۲
۲۱	خیابان گلشن	۲۵۷۹۲۶	۳۷۸۷۰۰۳	۴۵	دستغیب	۲۵۷۲۲۱	۳۷۸۵۷۲۲
۲۲	حسن آباد	۲۵۸۶۹۷	۳۷۸۶۹۷۵	۴۶	مهدیه	۲۵۹۱۰۹	۳۷۸۵۳۵۳
۲۳	حسن آباد	۲۵۸۴۸۸	۳۷۸۶۸۷۰	۴۷	مهدیه	۲۵۸۷۱۷	۳۷۸۶۴۱۶
۲۴	حسن آباد	۲۵۸۲۹۷	۳۷۸۷۰۶۰	۴۸	مهدیه	۲۵۸۲۲۶	۳۷۸۶۵۷۹

Dunnett T3 انجام شد. در این مطالعه استاندارد WHO و استاندارد ملی ایران مورد استفاده قرار گرفتند. به منظور پهنه بندی نیترات برای منابع آب شهری در مطالعه حاضر از روش کرجینگ استفاده شد.

شاخص کیفیت آب

برای تعیین کیفیت منابع آب مورد بررسی مقادیر شاخص WQI بدست آمد که روابط (۱) تا (۴) برای محاسبه آن به کار گرفته می شوند. برای محاسبه این

آنالیزهای آماری

داده های به دست آمده از آنالیزهای آزمایشگاهی وارد نرم افزار SPSS شدند و آماره های توصیفی داده ها از جمله میانگین و انحراف معیار محاسبه شد. سپس توزیع نرمال داده ها با استفاده از آزمون کلموگروف اسمیرونف و همگنی واریانس داده ها با استفاده از آزمون لون انجام شد. به منظور مقایسه پارامترهای اندازه گیری شده برای منابع آب با استانداردهای مختلف، از آزمون تی تک نمونه و برای مقایسه مناطق مختلف از نظر pH، EC و NO₃ از تجزیه واریانس یکطرفه استفاده شد. مقایسه دو به دو مناطق به کمک آزمون



شاخص کیفیت آب و WQI: شاخص کیفیت آب است. وزن پارامترهای pH، EC و NO₃ عدد ۴ در نظر گرفته شد (Taloor et al., 2020). طبقه بندی شاخص WQI در جدول ۲ ارائه شده است.

شاخص آلودگی نیترات (NPI)

NPI یک شاخص کیفیت آب برای اندازه گیری آلودگی نیترات ناشی از فعالیت های انسانی است. این شاخص تک پارامتری است (رابطه ۵) و نیترات تنها پارامتری است که در محاسبه آن بکار می رود است (Bahrami et al., 2020). فرمول زیر برای محاسبه NPI بکار گرفته می شود (Obeidat et al., 2012).

شاخص ابتدا با توجه به اهمیت نسبی هر پارامتر وزنی به آن اختصاص داده می شود (جدول ۲) و پس از آن وزن نسبی با استفاده از رابطه (۱) محاسبه می شود، در مرحله بعدی مقیاس نرخ کیفیت با استفاده از رابطه (۲) به دست می آید و در نهایت شاخص WQI با استفاده از رابطه (۳) و (۴) محاسبه می شود.

$$W_i = \frac{w_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad (1)$$

$$Q_i = \frac{C_i}{S_i} \quad (2)$$

$$S_i = W_i \times Q_i \quad (3)$$

$$WQI = \sum_{i=1}^n S_i \quad (4)$$

در این روابط WI: وزن نسبی، W_i: وزن هر پارامتر، n: تعداد پارامتر، Q_i: مقیاس نرخ کیفیت، C_i: غلظت هر پارامتر، S_i: استاندارد هر پارامتر شیمیایی، S_i: زیر

جدول (۲): طبقه بندی شاخص WQI

کیفیت	مقدار شاخص WQI
عالی	کمتر از ۵۰
خوب	۵۰-۱۰۰
ضعیف	۱۰۰-۲۰۰
بسیار ضعیف	۲۰۰-۳۰۰
نامناسب برای اهداف آشامیدن	بیشتر از ۳۰۰

محاسبه شده برای NPI معمولاً ۵ طبقه تعریف می شود که در جدول ۳ این طبقه بندی آمده است.

که در آن Cs غلظت نیترات در نمونه، HAV مقدار آستانه منبع انسانی که ۲۰ میلی گرم در لیتر در نظر گرفته می شود. بر اساس مقدار

$$NPI = \frac{C_s - HAV}{HAV} \quad (5)$$

جدول (۳): طبقه بندی NPI (Almasi et al., 2016)

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



نتایج

دامنه pH بین ۷/۱۴ تا ۸/۲۰ و برای EC بین ۶۱۵ تا ۹۲۳ میکروزیمنس بر سانتی‌متر و در مورد NO₃ این دامنه بین ۴/۱۰ تا ۸/۸۰ میلی‌گرم بر لیتر به دست آمد.

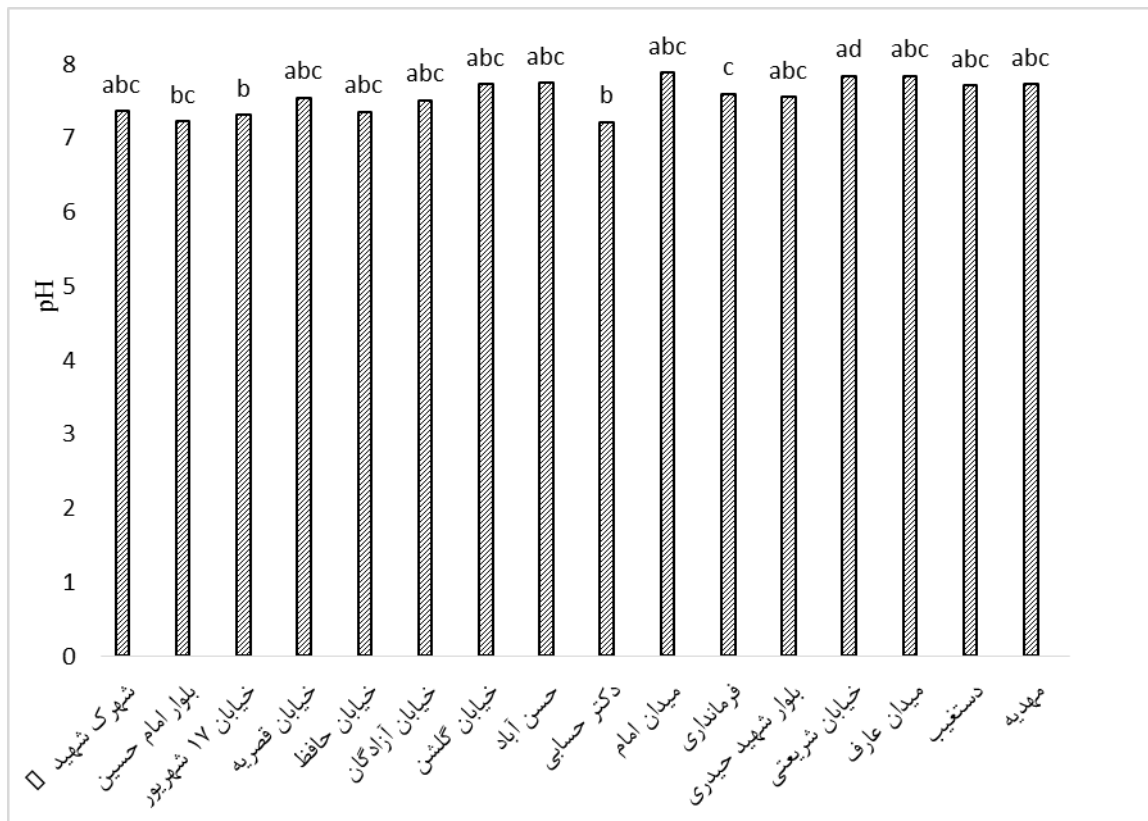
در جدول ۴ نتایج توصیفی برای پارامترهای مورد بررسی ارائه شده است. بر اساس نتایج به دست آمده بالاترین میانگین pH، EC و NO₃ به ترتیب در مناطق میدان امام، میدان عارف و دکتر حسابی مشاهده شد.

جدول (۴): میانگین و انحراف معیار خصوصیات آب برای مناطق نمونه برداری

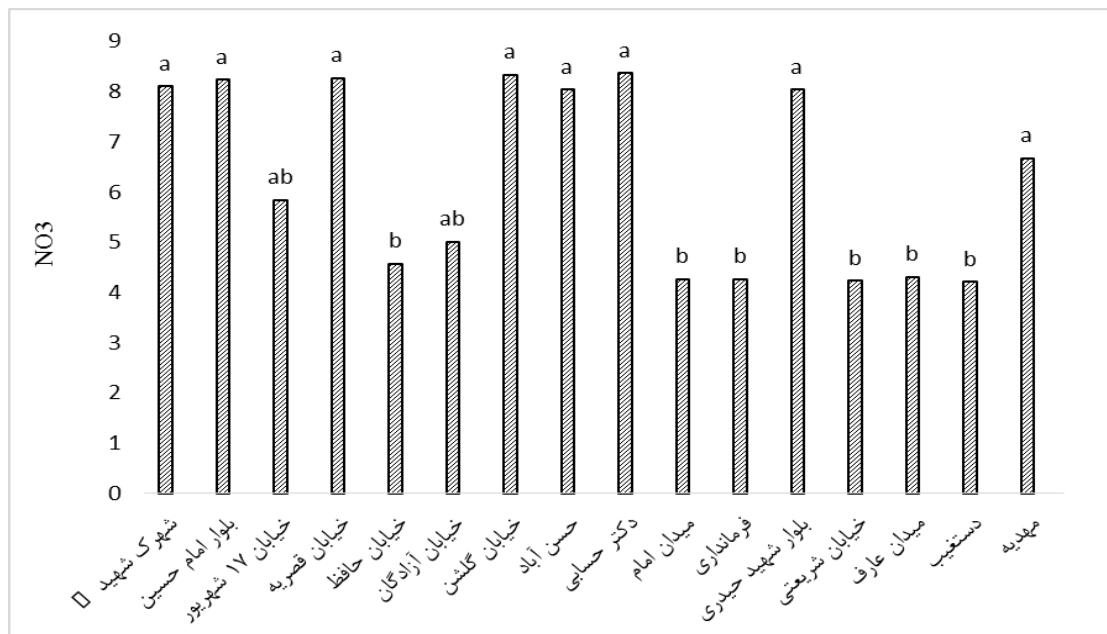
محل نمونه‌برداری	pH	EC (μS/cm)	نیترات (mg/L)
شهرک شهید حیدری	۷/۶۳ ± ۰/۲۰	۸۶۶ ± ۲/۶۴	۸/۱۰ ± ۰/۲۰
بلوار امام حسین	۷/۲۲ ± ۰/۰۷	۸۹۸/۳۳ ± ۹/۰۷	۸/۲۳ ± ۰/۱۱
خیابان ۱۷ شهریور	۷/۳۰ ± ۰/۰۲	۷۱۷/۶۶ ± ۱۴۸/۴	۵/۸۳ ± ۲/۲۲
خیابان قصریه	۷/۵۴ ± ۰/۱۳	۸۶۷ ± ۳/۶۰	۸/۲۶ ± ۰/۲۰
خیابان حافظ	۷/۳۵ ± ۰/۰۹	۶۱۸ ± ۱	۴/۵۶ ± ۰/۲۰
خیابان آزادگان	۷/۵۰ ± ۰/۱۷	۶۶۸ ± ۷۸/۲۵	۵ ± ۱/۳۸
خیابان گلشن	۷/۷۲ ± ۰/۲۳	۸۶۷/۶۶ ± ۵/۵۰	۸/۳۳ ± ۰/۴۱
حسن آباد	۷/۷۴ ± ۰/۳۰	۸۸۱/۳۳ ± ۳۳/۰۵	۸/۰۳ ± ۰/۲۰
دکتر حسابی	۷/۲۱ ± ۰/۰۴	۸۸۷ ± ۴/۳۵	۸/۳۶ ± ۰/۲۰
میدان امام	۷/۸۸ ± ۰/۴۷	۶۳۳/۳۳ ± ۶/۴۲	۴/۲۶ ± ۰/۰۵
فرمانداری	۷/۵۹ ± ۰/۰۵	۶۱۸/۶۶ ± ۲/۰۸	۴/۲۶ ± ۰/۰۵
بلوار شهید حیدری	۷/۵۵ ± ۰/۱۹	۸۸۳/۳۳ ± ۴/۰۴	۸/۰۳ ± ۰/۱۵
خیابان شریعتی	۷/۸۳ ± ۰/۰۳	۶۱۹/۶۶ ± ۸/۰۸	۴/۲۳ ± ۰/۱۵
میدان عارف	۷/۸۳ ± ۰/۳۰	۹۲۱/۳۳ ± ۲/۰۸	۴/۳۰ ± ۰/۱۷
دستغیب	۷/۷۰ ± ۰/۲۹	۶۲۵/۶۶ ± ۱۰/۶۹	۴/۲۰ ± ۰/۰۱
مهدیه	۷/۷۳ ± ۰/۳۰	۷۹۸/۳۳ ± ۰/۲۹	۶/۶۶ ± ۲/۱۳
میانگین برای شهر نهاوند	۷/۷۵ ± ۰/۲۷	۸۰۲/۷۳ ± ۱۳۲/۷۶	۶/۸۱ ± ۱/۸۸

نتایج آزمون Dunnett T3 جهت مقایسه میانگین بین مناطق مختلف برای پارامترهای مورد بررسی آورده شده است

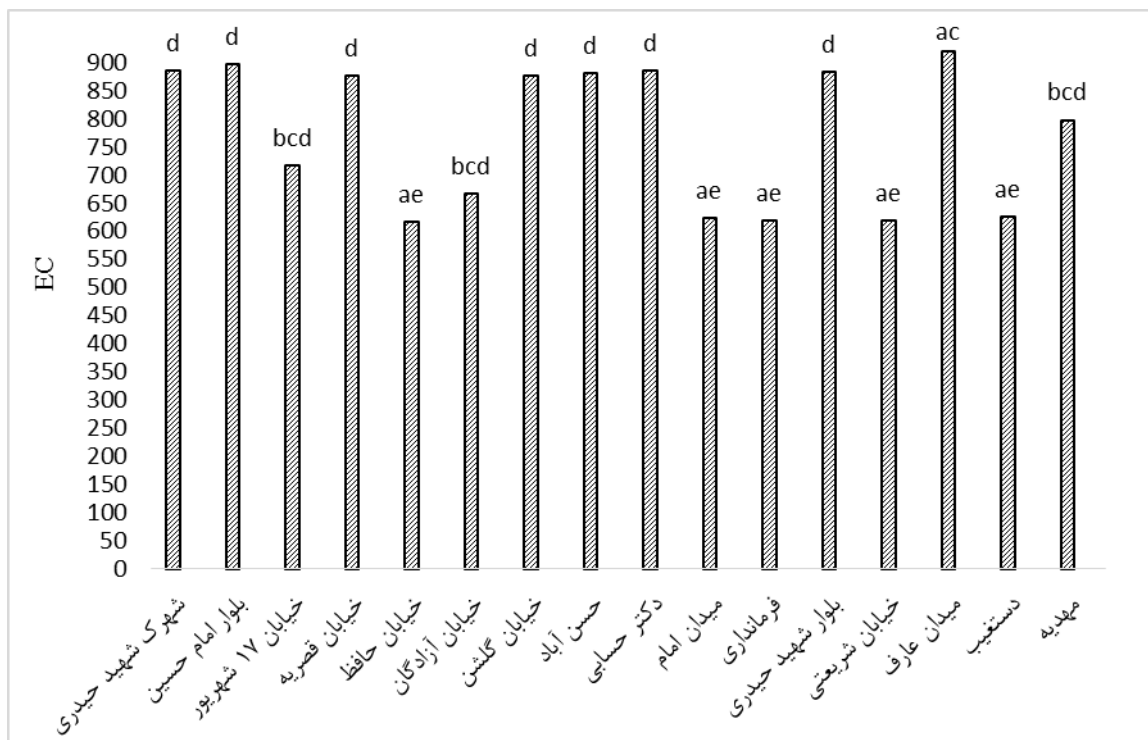
بر اساس نتایج آزمون تجزیه واریانس یکطرفه بین مناطق مختلف از نظر pH، EC و NO₃ اختلاف آماری معنی‌داری وجود داشت (P < 0.05). در شکل ۲ تا ۴



شکل (۲): مقایسه مناطق نمونه برداری شهر نهاوند از نظر میزان pH در آب شرب شهری



شکل (۳): مقایسه مناطق نمونه برداری شهر نهاوند از نظر میزان NO3 در آب شرب شهری



شکل (۴): مقایسه مناطق نمونه برداری شهر نهاوند از نظر میزان EC در آب شرب شهری

داری وجود دارد ($p < 0.05$) و میانگین این پارامترها در آب شهری کمتر از مقادیر استانداردهای مورد بررسی است

در جدول ۵ نتایج آزمون One-Sample Test ارائه شده است. بر اساس این نتایج بین میانگین pH، EC و NO₃ در آب شهری نهاوند با استانداردهای WHO و استاندارد ملی ایران اختلاف آماری معنی-

جدول (۵): مقایسه میانگین پارامترهای مورد بررسی با استاندارد آب آشامیدنی

سطح معنی داری برای مقایسه با استاندارد ایران	استاندارد ایران	سطح معنی داری برای مقایسه با استاندارد WHO	استاندارد WHO	واحد	
۰/۰۴۷	۶/۸-۵/۵	۰/۰۴۷	۶/۸-۵/۵	-	pH
-	-	۰/۰۰	۵۰۰	(µS/cm)	EC
۰/۰۰	۵۰	۰/۰۰	۵۰	(mg/L)	نیترات

همچنین بر اساس نتایج شاخص NPI تمام نمونه‌های مورد بررسی در طبقه ۱ این شاخص قرار داشتند و بدون آلودگی می‌باشند (جدول ۶).

نتایج شاخص کیفیت آب (WQI) برای آب شرب شهر نهاوند نشان داد که مقدار آن در آب شهری نهاوند کمتر از یک بود و کیفیت آب عالی برآورد شد.

جدول (۶): کیفیت آب شهری نهاوند از نظر شاخص WQI و NPI

شاخص	مقدار عددی شاخص	طبقه کیفیت
WQI	۰/۹۲	کیفیت عالی
NPI	۰/۶۵	بدون آلودگی

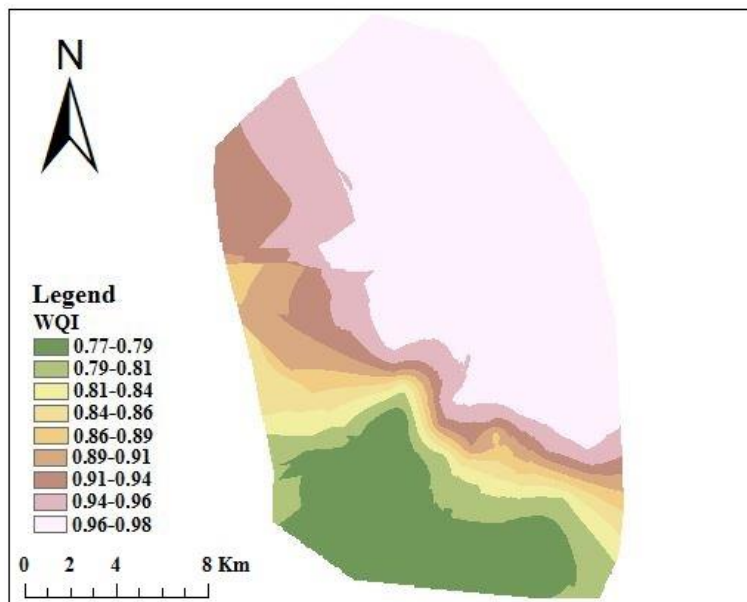


جدول (۷): کیفیت نمونه‌های مورد بررسی بر اساس طبقه‌بندی ویلکاکس برای هدایت الکتریکی

دامنه	نوع آب	کیفیت	وضعیت برای آبیاری	تعداد نمونه‌ها	درصد نمونه‌ها
۲۵۰<	شوری کم	عالی	مناسب برای آبیاری انواع محصولات زراعی و انواع خاک	-	-
۲۵۰-۷۵۰	شوری متوسط	خوب	در صورت وجود مقدار متوسط آبشویی، می‌توان از آن استفاده کرد. گیاهان قابل تحمل به نمک معمولاً بدون کنترل شوری قابل رشد هستند	۲۲	۴۴
۷۵۰-۲۲۵۰	شوری بالا	مشکوک	نامناسب برای خاک‌هایی با زهکشی محدود	۲۸	۵۶
۲۲۵۰<	شوری بسیار	نامناسب	برای آبیاری نامناسب است	-	-

اساس نقشه پهنه بندی در شهر نهاوند قسمت جنوب شرقی از کیفیت کمتری نسبت به سایر نقاط برخوردار هستند.

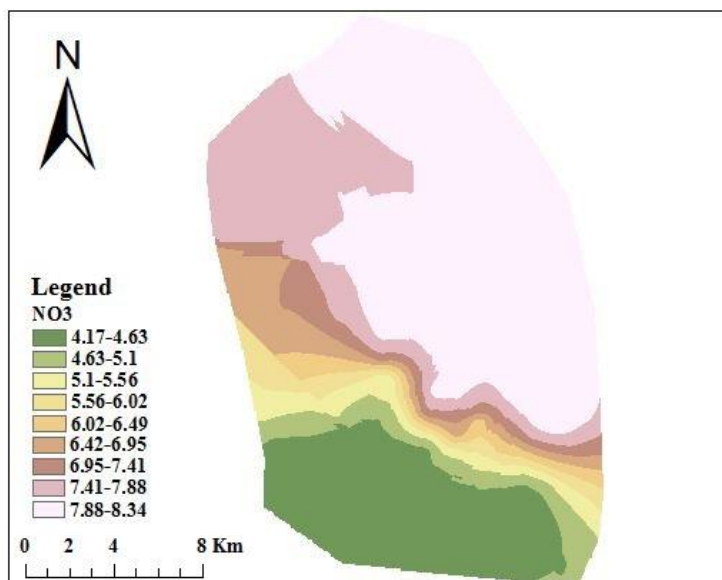
در شکل ۵ نقشه پهنه بندی کیفیت آب شهری نهاوند بر اساس شاخص WQI و به روش کریجینگ ارائه شده است. بر اساس طبقه بندی این شاخص تمام نمونه‌های مورد بررسی در طبقه عالی قرار دارند. بر



شکل (۵): پهنه بندی کیفیت آب شهری نهاوند بر اساس شاخص WQI

کمتر از استاندارد WHO است. با این وجود بخش‌های از جنوب شرقی نسبت به سایر نقاط از غلظت نیترات بالاتری برخوردار هستند.

در شکل ۶ پهنه بندی غلظت نیترات آب شهری نهاوند به روش کریجینگ ارائه شده است. بر اساس این نتایج غلظت نیترات در تمام منابع آب مورد بررسی



شکل (۶): پهنه‌بندی غلظت نیترات آب شهری نهاوند به روش کریجینگ

مقدار میانگین pH در مطالعه حاضر (۷/۷۵) به نظر می‌رسد در نمونه‌های مورد بررسی کربنات‌های محلول عمدتاً به شکل HCO_3 هستند (and Varol, 2015). بیشتر منابع آب شرب شهری در ایران قلیایی هستند و با نتایج این بررسی همخوانی دارند که در این زمینه می‌توان به نتایج اسلامی و همکاران (۱۳۹۸)؛ رسولوندی و همکاران (۱۳۹۷)؛ Şener et al. (2017) و Shaibur et al. (2019) اشاره کرد.

میانگین هدایت الکتریکی در نمونه‌های آب مورد بررسی در شهر نهاوند $۸۰۲/۷۳$ میکروزیمنس بر سانتی‌متر است که بالاتر از حد استاندارد WHO می‌باشد. در واقع آب شهری نهاوند شور محسوب می‌شود و بر اساس طبقه‌بندی ویلکاکسون ۴۴ درصد از نمونه‌های آب شهری نهاوند در وضعیت شوری متوسط و ۵۶ درصد نمونه‌های باقی مانده در وضعیت شوری بالا قرار دارند. این نتایج مخالف نتایج پژوهش رسولوندی و همکاران (۱۳۹۷) و موافق با نتایج Şener et al. (2017) و اسلامی و همکاران (۱۳۹۸) می‌باشد. مقدار مواد جامد محلول در آب، هدایت الکتریکی را تعیین می‌کند و رسانایی الکتریکی در واقع یون‌های محلولی را اندازه‌گیری می‌کند که آن را قادر به انتقال جریان می‌کند (Mohsin et al., 2013). بنابراین بر اساس

بحث

شبکه‌های توزیع آب شهری سیستم‌های پیچیده بزرگی هستند که دارای نقاط دسترسی زیادی هستند که این نقاط دسترسی منجر به پتانسیل آلودگی تصادفی یا عمدی می‌شوند (حریف و همکاران، ۱۴۰۱). بر اساس نتایج آزمون One-Sample Test بین میانگین پارامترهای pH، EC و NO_3 با استانداردهای WHO و استاندارد ملی ایران اختلاف آماری معنی داری وجود داشت. میانگین pH در نمونه‌های مورد بررسی ۷/۷۵ است که در محدوده استانداردهای مورد نظر قرار دارد و با مطالعه ناصری و همکاران (۱۳۹۴) که روی آب شهر نهاوند انجام شده است، همخوانی دارد. pH در ارزیابی مناسب بودن آب برای آشامیدن مهم است (Abdulrazzaq and Mohammed, 2018). معمولاً pH به طور مستقیم روی سلامتی اثر ندارد ولی یک پارامتر بسیار مهم در تعیین کیفیت منبع آب است که می‌تواند روی محلول و نامحلول بودن بسیاری از آلاینده‌ها در منابع آب اثر گذار باشد (اسلامی و همکاران، ۱۳۹۸). pH از عوامل موثر بر غلظت کربنات‌های محلول در آب است (Logeshkumaran et al., 2015). بنابراین بر اساس



2004). نیترات به عنوان آخرین مرحله اکسیداسیون ترکیبات نیتروژن دار محسوب می‌شود، که عامل بیماری متهموگلوبینمیما در نوزادان است و احتمال تشکیل ترکیبات سرطانزای نیتروزامین از آن به عنوان یکی از شاخص‌های شیمیایی آلودگی آب به فاضلاب‌ها و پسماندهای جامد مورد توجه است (WHO, 2006).

کیفیت آب شهری نهاوند بر اساس شاخص WQI در طبقه یک و عالی برآورد شد. در مطالعات زیادی از این شاخص جهت تعیین کیفیت آب استفاده شده است که به چند مورد که منابع آب شرب شهری را بررسی نمودند اشاره می‌شود. اسلامی و همکاران (۱۳۹۸) بر اساس این شاخص کیفیت آب شهر رفسنجان را خوب تخمین زدند و جنگجو و همکاران (۱۳۹۹) برای منطقه ۱۹ تهران کیفیت آب را متوسط ارزیابی نمودند؛ همچنین Wanda et al. (2012) کیفیت منابع آب شهری Mzuzu در شمال مالاوی را خوب و بسیار خوب عنوان نمودند.

نتایج آزمون تجزیه واریانس یکطرفه جهت مقایسه میانگین بین مناطق مختلف شهر نهاوند برای پارامترهای pH، EC و NO₃ نشان داد بین مناطق مختلف اختلاف آماری معنی‌داری از نظر پارامترهای مورد بررسی قرار دارد. این اختلاف بین مناطق مختلف در مورد pH کمتر و در مورد NO₃ و EC بیشتر است به طوری که اکثراً مناطق از pH مشابه برخوردار هستند اما در مورد نیترات و EC مناطق شهرک شهید حیدری، بلوار امام حسین، خیابان قیصریه، خیابان گلشن، حسن آباد، دکتر حسابی، بلوار شهید حیدری و مهدیه با سایر مناطق دارای اختلاف آماری معنی‌دار هستند و از بیشترین مقادیر نیترات و EC برخوردار می‌باشند. این مناطق از نظر موقعیت در جنوب شرقی شهر نهاوند واقع شده‌اند و از مناطق قدیمی شهر نهاوند محسوب می‌شوند و قدیمی بودن تاسیسات انتقال آب در این مناطق می‌تواند از عوامل کاهش کیفیت آب باشد.

بر اساس نقشه‌ی پهنه بندی شاخص WQI در شهر نهاوند قسمت جنوب شرقی از کیفیت کمتری نسبت به

بالا بودن هدایت الکتریکی در نمونه‌های مورد بررسی در این مطالعه، میزان جامدات محلول بالا بوده که عمدتاً ناشی از میزان بالای سدیم محلول در آب است (Shammi et al., 2019). شوری آب آشامیدنی از عوامل تاثیرگذار بر میزان فشار خون در جمعیت انسانی مصرف کننده است که خود عامل اصلی بیماری‌های قلبی عروقی است (Shammi et al., 2019؛ Talukder et al., 2016؛ Khan et al., 2014). افزون بر این شوری آب از پارامترهای مهم و تاثیر گذار در تصفیه آب است به طوری که کارایی حذف فلزات از جمله آهن با افزایش شوری آب کاهش می‌یابد (Rzasa and Podgórn, 2014).

میانگین نیترات در آب شهری نهاوند ۶/۸۱ میلی‌گرم بر لیتر است که از استاندارد آن در آب آشامیدنی که ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد کمتر است که با مطالعه چراغی و استانی (۱۳۹۱) که روی آب شرب شهر نهاوند انجام شده است همخوانی دارد. آب شرب شهری نهاوند بر اساس شاخص NPI که آلودگی نیترات را ارزیابی می‌کند بدون آلودگی تشخیص داده شد. پایین بودن غلظت نیترات از حد استاندارد در نتایج Shaibur et al. (2019)؛ سلگی و نصیری (۱۳۹۸)؛ رحمانی و همکاران (۱۳۹۲) و رسوله وندی و همکاران (۱۳۹۷) نیز حاصل شد. نتایج مطالعات مشابه در سایر مناطق کشور که نشان دهنده 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 (چراغی و استانی، ۱۳۹۱). نیترات از جمله آنیون‌های محلول در آب و تأثیرگذار روی سلامت است که حضور آن در آب بیشتر ناشی از پساب‌های کشاورزی و فاضلاب‌های انسانی می‌باشند (Pang et al., 2013). آب‌ها به طور طبیعی و در صورت عدم آلودگی دارای مقدار کمتر از یک میلی‌گرم بر لیتر نیترات هستند (محمدی و همکاران، ۱۳۹۰). بالا بودن غلظت نیترات در آب نشان دهنده وقوع آلودگی است که می‌تواند آلودگی میکروبی نیز به همراه داشته باشد (Hammer,



با این وجود از نظر هدایت الکتریکی نمونه‌های مورد بررسی از استاندارد WHO تجاوز نموده بطوری که با توجه به شاخص ویلکاکسون در دو طبقه شوری متوسط و بالا قرار دارند. همچنین پهنه‌بندی نیترات و شاخص WQI نشان داد آب آشامیدنی در نواحی جنوب شرقی از کیفیت پایین‌تری برخوردار است. بنابراین پایش دوره‌ای آب آشامیدنی شهر نهاوند بخصوص در نواحی جنوب شرقی پیشنهاد می‌شود. بعلاوه در ارتباط با بالا بودن EC آب اقدامات لازم جهت تصفیه و توصیه‌های بهداشتی جهت مصرف آب به مردم منطقه باید در دستور کار قرار گیرد.

سایر نقاط برخوردار هستند و نتایج پهنه بندی نیترات در منابع آب شهری نهاوند نشان داد اگر چه غلظت نیترات در تمام منابع آب مورد بررسی کمتر از استاندارد WHO است. با این وجود در بخش‌های جنوب شرقی غلظت نیترات بالاتر از سایر مناطق است. بنابراین احتمالاً یک منبع آلوده کننده در قسمت جنوب شرق نهاوند موجب افزایش غلظت نیترات در این بخش شده است که باید ضمن شناسایی آن اقدام به کنترل ورود آن به منابع آب نمود.

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج به دست آمده از شاخص WQI کیفیت آب آشامیدنی شهر نهاوند عالی ارزیابی می‌شود.

تقدیر و تشکر

از آزمایشگاه گروه محیط زیست دانشگاه ملایر که در تمام مراحل اجرای این پژوهش با ما همکاری داشتند کمال تشکر را داریم.

منابع

- اسلامی، ه.، ر. تاجیک، م. اسمعیلی، ع. اسماعیلی و م. مبینی. ۱۳۹۸. ارزیابی کیفیت منابع آب آشامیدنی شهر رفسنجان با استفاده از مدل شاخص کیفیت آب در سال ۱۳۹۷: یک مطالعه توصیفی. مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی رفسنجان، شماره ۱۸، دوره ۱۰، ص ۹۸۵-۹۹۶.
- جنگجو، م.، ر.، م. زعیم دار، س. ع. جوزی، ه. فهمی و ر. مرنودی. ۱۳۹۹. مدیریت کیفیت منابع آب جنوب شهر تهران جهت تولید محصولات کشاورزی (مطالعه موردی منطقه ۱۹ شهری تهران). سلامت و بهداشت، شماره ۱۱، دوره ۳، ص ۳۱۱-۳۲۴.
- چراغی، م و س. آستانی. ۱۳۹۱. بررسی واندازگیری نیترات در آب های شرب زیر زمینی (مطالعه موردی شهرستان نهاوند در استان همدان). دومین کنفرانس برنامه ریزی و مدیریت محیط زیست، تهران، <https://civilica.com/doc/148152>
- حریف، س.، غ. عزیزیان، م. گیوه چی و م. دهقانی درمیان. ۱۴۰۱. تحلیل و ارزیابی ابزارهای مدیریت کیفی در شبکه های توزیع آب در مقابل ورود آلودگی در شبکه آب شرب شهر زاهدان، نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران، شماره ۱۲، دوره ۳، ص ۴۳۷-۴۵۰.
- رحمانی، ز.، م. غلامی، آ. غلامی خوشنویس زاده و ر. رضایی کلانتری. ۱۳۹۲. بررسی کیفیت منابع آب شرب شهرستان بوئین زهرا با استفاده از روش GWQI. نشریه علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی البرز. شماره ۳، دوره ۲، ص ۱۴۷-۱۵۵.



- رسوله وندی، ط.، ح. مرادی، ح. آذربیرا، ا. محوی، ر. عالی، ز. سرلک، م. قربانپور، م. صادقی پور و ع. عطا ملکی. ۱۳۹۷. بررسی غلظت نیترات، نیتريت و سایر پارامترهای فیزیکوشیمیایی منابع آب شرب شهر ساوه در سال ۱۳۹۷. فصلنامه پژوهش در بهداشت محیط. شماره ۲، دوره ۴، ص ۱۴۰-۱۴۵.
- زمانی احمد محمودی، ر.، ف. قائدامینی و م. نجفی. ۱۴۰۰. الگوی توزیع مکانی کیفیت آب رودخانه پیرغار با استفاده از شاخص کیفیت آب (NSFWQI)- و سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)، فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست، شماره ۲، دوره ۲۳، ص ۷۳-۸۶.
- سلگی، ع و م. نصیری. ۱۳۹۸. پهنه بندی برخی پارامترهای کیفی آب شرب با استفاده از GIS (مطالعه موردی: شهر ملایر)، نشریه مهندسی آبیاری و آب ایران، شماره ۴، دوره ۹، ص ۱۹۰-۱۷۷.
- سلگی، ع، ف. بیگ محمدی، ز. روزبهانی، ش. قیاسوند. ۱۴۰۱. ارزیابی کیفیت منابع آب سطحی و زیرزمینی دشت ملایر از نظر شرب و کشاورزی، علوم و مهندسی آبیاری، شماره ۳، دوره ۴۵، ص ۹۷-۱۱۱.
- سلگی، ع، م. ملک محمدی و ف. بیگ محمدی. ۱۳۹۹. ارزیابی کیفیت منابع آب آثار طبیعی ملی دهلران با استفاده از شاخص کیفیت آب (WQI)، نشریه آبیاری و زهکشی ایران. شماره ۶، دوره ۱۴، ص ۲۱۲۴-۲۱۱۲.
- شریفی نیا، م.، ج. ایمانیورنمین و ا. بزرگی ماکرانی. ۱۳۹۱. ارزیابی بوم شناختی رودخانه تجن با استفاده از گروه‌های تغذیه ای بزرگ بی مهرگان کفزی و شاخص های زیستی. بوم شناسی کاربردی، شماره ۱، دوره ۱، ص ۹۵-۸۰.
- صفری، ف.، ا. شهبازی و ح. کتابچی. ۱۳۹۸. تحلیل وضعیت کیفیت و پهنه‌بندی نیترات منابع آب زیرزمینی استان البرز (دشت هشتگرد)، مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، شماره ۵، دوره ۲۶، ص ۱۳۰-۱۱۳.
- فتوحی فیروزآباد، ف.، م. ر. اختصاصی، م. سفید و ع. مروتی شریف آبادی. ۱۳۹۷. پهنه‌بندی و مقایسه ویژگی‌های مؤثر بر کیفیت چاه‌های آب آشامیدنی در محدوده شهر یزد با کاربرد زمین‌آمار. نشریه علمی - پژوهشی مرتع و آبخیزداری، شماره ۱، دوره ۷۱، ص ۲۲۳-۲۴۰.
- محمدی ح.، ا. یزدانبخش، غ. بنیادی نژاد، ا. شیخ محمدی، ق. قنبری و ع. علینژاد. ۱۳۹۰. بررسی غلظت نیتريت و نیترات در آب آشامیدنی مناطق تحت پوشش دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی در استان تهران. مجله تحقیقات نظام سلامت، شماره ۷، دوره ۶، ص ۷۸۹-۷۸۲.
- مقدم یکتا، ن.، م. رفعتی، ع. ر. کریمی و ن. سجادی. ۱۴۰۱. بررسی کیفیت آب رودخانه شهری و ارزیابی تناسب آن‌ها با کاربری حفاظت از محیط‌زیست (مطالعه موردی رودخانه کن). محیط زیست و مهندسی آب، شماره ۳، دوره ۸، ص ۷۳۸-۷۵۲.
- ناصری، ن.، ا. خدادادی، و ع. منصوری. ۱۳۹۴. بررسی کیفیت آب زیرزمینی شهرستان نهاوند با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، اولین کنگره بین المللی زمین، فضا و انرژی پاک، اردبیل، <https://civilica.com/doc/456633>
- نجف پور، ن.، ح. ترابی پوده و ح. یونسی، ۱۳۹۹. بررسی اثر تغییرات کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی بر آلودگی آبخوان (مطالعه موردی: دشت لنجان، اصفهان). پژوهش های محیط زیست، شماره ۲۱، دوره ۱۱، ص ۲۳۳-۲۴۸.
- یوسفی، ح.، ع. ا. آل شیخ و م. مینایی. ۱۳۹۶. پهنه بندی کیفیت منابع آب زیرزمینی شهر ساوه با استفاده از آنالیزهای زمین آمار. نشریه علمی ترویجی مهندسی نقشه برداری و اطلاعات مکانی، شماره ۱، دوره ۹، ص ۴۲-۳۳.

Abbasi, T. and S.A. Abbasi. 2011. Water quality indices based on bioassessment: the biotic indices. Journal of water and health, 9(2): 330-348.



Adimalla, N. and H. Qian. 2019. Groundwater quality evaluation using water quality index (WQI) for drinking purposes and human health risk (HHR) assessment in an agricultural region of Nanganur, south India. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 176: 153-161.

Almasi, A., R. Shokri, R. Momenzadeh, S. Rezaei, A. Jamshidi and R. Yazdizadeh. 2016. Distribution of groundwater nitrate in Dehloran, Iran: A case study using GIS. *Journal of Advances in Environmental Health Research*, 4(3): 155-160.

Almodaresi, S.A., M. Mohammadrezaei, M. Dolatabadi and M.R. Nateghi. 2019. Qualitative analysis of groundwater quality indicators based on Schuler and Wilcox diagrams: IDW and Kriging models. *Journal of Environmental Health and Sustainable Development*, 4(4): 903-912.

Arpine, H. and S. Gayane. 2016. Determination of background concentrations of hydrochemical parameters and water quality assessment in the Akhuryan River Basin (Armenia). *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 94: 2-9.

Aydin, H., F. Ustaoglu, Y. Tepe and E.N. Soylu. 2021. Assessment of water quality of streams in northeast Turkey by water quality index and multiple statistical methods. *Environmental forensics*, 22(1-2): 270-287.

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.

Bahrami, M., A.R. Zarei and F. Rostami. 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): 3119-3130.

Dung, B.X., K.T. Quynh, N.T.M. Linh and D.T.T. Phuc. 2019. Water quality and residuals of nitrate-nitrite in some vegetable planted in cemetery at Thanh Tri district, Hanoi, Vietnam. *Journal of Forestry Science and Technology*. (8): 85- 97.

Hammer, M.J. 2004. *Water and wastewater technology*. 5th ed. London: Prentice Hall; p. 137, 146, 147.

Karunanidhi, D., P. Aravinthasamy, P. D. Roy, R. M. Praveenkumar, K. Prasanth, S. Selvapraveen, A. Thowbeekrahman, T. Subramani and K. Srinivasamoorthy. 2020. Evaluation of non-carcinogenic risks due to fluoride and nitrate contaminations in a groundwater of an urban part (Coimbatore region) of south India. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192(2): 102.

Khalaji, M., E. Ebrahimi, E. Motaghe, S. Asadola and H. Hashemenejad. 2017. Water quality assessment of the Zayandehroud Lake using WQI index. *Iranian Scientific Fisheries Journal*, 25(5): 51-63.

Khan, A.E., P.F.D. Scheelbeek, A.B. Shilpi, Q. Chan, S.K. Mojumder, A. Rahman, A. Haines and P. Vineis. 2014. Salinity in drinking water and the risk of (pre) eclampsia and gestational hypertension in coastal Bangladesh: a case-control study. *PLoS One*, 9(9): 108715.

Logeshkumaran A., N. Magesh, P.S. Godson and N. Chandrasekar. 2015. Hydro-geochemistry and application of water quality index (WQI) for groundwater quality assessment, Anna Nagar, part of Chennai City, Tamil Nadu, India. *Appl Water Sci*; 5(4): 335-43.

Lyu, H.M., S.L. Shen and A. Zhou. 2021. The development of IFN-SPA: A new risk assessment method of urban water quality and its application in Shanghai. *Journal of Cleaner Production*, 282, p.124542.

Mohammed, S.I. and K.A. Abdulrazzaq. 2018. Developing water quality index to assess the quality of the drinking water. *Civil Engineering Journal*, 4(10): 2345-2355.

Mohsin, M., S. Safdar, F. Asghar and F. Jamal. 2013. Assessment of drinking water quality and its impact on residents health in Bahawalpur city. *International Journal of Humanities and Social Science*, 3(15): 114-128.

Mora, A., J. Mahlknecht, L. Rosales-Lagarde and A. Hernández-Antonio. 2017. Assessment of major ions and trace elements in groundwater supplied to the Monterrey metropolitan area, Nuevo León, Mexico. *Environmental Monitoring and Assessment*, 189: 1-15.



Nguyen, A.H., N.T.T. Pham, V.M.H. Tat, H.T. Truong and P.L. Vo. 2021. February. Application of Entropy weight in groundwater quality index (EWQI) and GIS for groundwater quality zoning in the Southeastern Coastal region, Vietnam. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 652(1): 1-14.

Nurohman, H., T.G. Lee and H.J. Kwon. 2021. June. Water quality investigation of the main river in Daegu, South Korea. In IOP conference series: Earth and environmental science, 789(1): 1-13.

Obeidat, M. M., A. Al-Ajlouni, F. A. Al-Rub and M. Awawdeh. 2012. An innovative nitrate pollution index and multivariate statistical investigations of groundwater chemical quality of Umm Rijam Aquifer (B4), North Yarmouk River Basin, Jordan. Vouddouris K, Voutsas D. Water Quality Monitoring and Assessment. Croatia: InTech, 169-188.

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 tracer's approach. J Earth Sci, 24 (1): 111-24

Panneerselvam, B., K. Muniraj, K. Duraisamy, C. Pande, S. Karuppannan and M. Thomas. 2023. An integrated approach to explore the suitability of nitrate-contaminated groundwater for drinking purposes in a semi-arid region of India. Environmental Geochemistry and Health, 45(3): 647-663.

Podgórní, E. and M. Rzaša. 2014. Investigation of the effects of salinity and temperature on the removal of iron from water by aeration, filtration, and coagulation. Polish Journal of Environmental Studies, 23(6): 2157-2161.

Saalidong, B.M., S.A. Aram, S. Otu and P.O. Lartey. 2022. Examining the dynamics of the relationship between water pH and other water quality parameters in ground and surface water systems. Plos one, 17(1): 1-17.

Sarwar, A., U. Ahmed, F.A. Khalil, S. Gulzar and N. Qayum. 2021. Water Quality Zoning Using GIS & Remote Sensing: A Case Study of Tehsil Matta District Swat Pakistan. Geographic Information Science for Land Resource Management. 191-208.

Şener, Ş., E. Şener and A. Davraz. 2017. Evaluation of water quality using water quality index (WQI) method and GIS in Aksu River (SW-Turkey). Science of the Total Environment, 584: 131-144.

Shaibur, M.R., M.S. Hossain and S.J. Sony. 2019. Drinking water quality of hand tube well water at sub-urban areas of Jashore Municipality, Bangladesh. Journal of Jessore University of Science and Technology, 4(1): 11-22.

Shammi, M., M.M. Rahman, S.E. Bondad and M. Bodrud-Doza. 2019. March. Impacts of salinity intrusion in community health: a review of experiences on drinking water sodium from coastal areas of Bangladesh. In Healthcare. MDPI. 7(1): 50

Taloor, A.K., R.A. Pir, N. Adimalla, S. Ali, D.S. Manhas, S. Roy and A.K. Singh. 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.

Talukder, M.R.R., S. Rutherford, D. Phung, M.Z. Islam and C. Chu. 2016. The effect of drinking water salinity on blood pressure in young adults of coastal Bangladesh. Environmental pollution, 214: 248-254.

Varol and S, A. Davraz. 2015. Evaluation of the groundwater quality with WQI (Water Quality Index) and multivariate analysis: a case study of the Tefenni plain (Burdur/Turkey). Environ Earth Sci; 73(4): 1725-44.



Wanda, E.M., L.C. Gulula and G. Phiri. 2012. Determination of characteristics and drinking water quality index in Mzuzu City, Northern Malawi. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/b/c*, 50: 92-97.

WHO? 2006. *Guidelines for drinking water quality*. 3rd ed. Geneva: WHO; p. 190-1.

Zhang, D., P. Wang, R. Cui, H. Yang, G. Li, A. Chen and H. Wang. 2022. Electrical conductivity and dissolved oxygen as predictors of nitrate concentrations in shallow groundwater in Erhai Lake region. *Science of The Total Environment*, 802: 149879.

Zhang, Q., P. Xu and H. Qian. 2019. Assessment of Groundwater Quality and Human Health Risk (HHR) Evaluation of Nitrate in the Central-Western Guanzhong Basin, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(21): 42-46.