Journal of Environmental Research
Vol. 13, No. 25, Spring &Summer 2022

Journal Homepage: www.iraneiap.ir
Print ISSN: 2008-9597 Online ISSN 2008-9590

Water Quality Assessment of Surface and Ground Water Resources in Naghadeh- Oshnavieh Plain

Document Type
Research Paper

Received
2021/10/17

Accepted
2022/07/11

Manzar Mahmoudi[1], Mahdi Erfanian[2*]

1 PhD Student, Department of Watershed Management, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Iran
2 Associate Professor, Department of Watershed Management, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Iran

DOI: 10.22034/eiap.2022.158574

Abstract
Qualitative assessment of water resources is one of the main topics in hydrology. In order to evaluate the trend of water quality changes using physical and chemical parameters in 21 surface water monitoring stations and 33 groundwater resources stations using IRWQI, NSFWQI, WQI, OWQI, CWQI, DWQI and WPI quality indicators in the period Statistical analysis of 2012-2013. Water quality status according to NSFWQI, WQI, WPI and OWQI indices was the same for surface and groundwater resources and was in the middle, excellent and very poor quality classes. Also, the average quality status in $IRWQI_{SW}$ and $IRWQI_{GW}$ indices, poor condition of CWQI and DWQI indices in surface water sources and good and excellent condition in CWQI and DWQI indices for groundwater resources were evaluated, respectively. In surface water sources, Sheikhan Chai (6), Kani Rash (9), Balqachi Chay (15 and 16), Mohammad Shah (19) and Godarchai (20) stations were identified as the most polluted stations, which is the parameter of total solids. Suspended (90.4%) had the highest impact percentage in station 9 and was polluted in groundwater resources of Nizamabad (23), Farrokhzad (27), Azim Khanlu (28), Adeh (31) and Mamind (32) stations. The most stations were the phosphate parameter (58.3%), which had the greatest impact on reducing water quality in station 23. The results show that the WPI index is appropriate for estimating surface and groundwater quality.

Keywords: Pollution, Parameters, Naghadeh-Oshnavieh Plain, Water quality indicators, Water resources

* Corresponding author Email: m.erfanian@urmia.ac.ir

Extended abstract

Introduction

Qualitative assessment of water resources is one of the basic topics in hydrology. In order to evaluate the trend of water quality changes using physical and chemical parameters in 21 surface water sources monitoring stations and 33 underground water sources using quality indicators IRWQI, NSFWQI, WQI, OWQI, CWQI, DWQI and WPI in the period 1391-1392 statistics were analyzed. The quality status of water based on NSFWQI, WQI, WPI and OWQI indicators was the same for surface and underground water sources and it was placed in medium, excellent and very poor quality classes. Also, average quality status in IRWQISW and IRWQIGW indicators, poor status in CWQI and DWQI indicators for surface water sources and good and excellent status in CWQI and DWQI indicators for underground water sources were evaluated. In the surface water sources, Sheykhan Chai (6), Kani Resh (9), Balqchi Chai (15 and 16), Mohammad Shah (19) and Godarchai (20) stations were identified as the most polluted stations, and the parameter of total solids Melang (90.4%), had the highest percentage of influence in station 9 and contaminated in underground water sources of Nizam Abad (23), Farrokhzad (27), Azim Khanlu (28), Adeh (31) and Mamind (32) stations. The phosphate parameter (58.3%) was the most influential in reducing water quality at station 23. The results show the appropriateness of WPI index in estimating surface and underground water quality.

Introduction

Qualitative assessment of water resources is one of the basic topics in hydrology. One of the most important aspects of water resources management is supply and demand and establishing a balance between the two (Muridi et al., 2016). Water monitoring and control has made high quality water available to consumers for various purposes (Amin Pourshiani et al., 2015).

Research Methods

In order to evaluate the trend of water quality changes using physical and chemical parameters in 21 surface water sources monitoring stations and 33 underground water sources using quality indicators IRWQI, NSFWQI, WQI, OWQI, CWQI, DWQI and WPI in the period 1391-1392 statistics were analyzed.

Results and discussion

According to the $IRWQI_{SW}$ index, the water quality surveys conducted in the months of April, May, July and October have a relatively good condition and in the months of November, December, February, June, August and September, the water quality is average. According to the CWQI index, water quality is low in November and April and poor quality in other months. Also, according to the DWQI index, low quality is observed in November and poor quality in other months. Considering the average of different quality indicators, we will examine their spatial and temporal changes. In surface water sources, IRWQI, NSFWQI, OWQI, WQI, WPi, and CWQI indices have spatial changes, but DWQI index shows the same quality class (poor) in all sampling stations. NSFWQI, OWQI, WQI and WPI indicators show the same quality class in different months, which are located in the middle, very poor and excellent classes, respectively. But the water quality according to the IRWQI index is different at different times. According to the average indicators of $IRWQI_{SW}$, NSFWQI, OWQI, WQI and WPi in the monitoring stations of Godarchai basin, station number 1 and station number 16 have the best and worst quality conditions, respectively, and the results are the same. The general results are that most of the stations are in the good quality class according to $IRWQI_{GW}$, very poor quality class according to OWQI, in the excellent quality class according to WQI and WPI, in the good quality class according to CWQI and in the excellent quality class based on DWQI. According to NSFWQI, the water in all the sampling stations is in the medium quality class. Azim Khanlu station is located in the bad quality category in the $IRWQI_{GW}$ index and in the poor quality category in the WQI index. By examining the time changes of the indices, according to the NSFWQI index, it is good in March, average in November, June and September, according to the DWQI index, it is relatively good in November and March, and good in June and September. However, the temporal changes of the quality status were not observed in the $IRWQI_{GW}$, OWQI and CWQI indices, and the quality in all the sampling months is relatively good, very weak and low respectively. In underground water sources, IRWQI, CWQI and DWQI indicators have spatial changes and are located in different quality classes in different places, but NSFWQI, OWQI and WQI indicators have the same quality

classes in different places. to be $IRWQI_{GW}$, OWQI, WQI and WPi indices have no temporal changes, but NSFWQI and DWQI indices have different quality in the sampling months. The average of $IRWQI_{GW}$ and WQI indicators in the sampling stations of underground water resources shows that stations No. 1 and Station No. 28 have the best and worst quality conditions, respectively. The parameters of turbidity, total hardness and nitrate in the IRWQI index, nitrate, calcium, magnesium in the WQI index, phosphorus in the OWQI index and phosphate in the NSFWQI index were selected as the most effective parameters in groundwater sources.
In the surface water sources, Sheykhan Chai (6), Kani Resh (9), Balqchi Chai (15 and 16), Mohammad Shah (19) and Godarchai (20) stations were identified as the most polluted stations, and the parameter of total solids Melang (90.4%) had the highest percentage of influence in station 9 and in underground water sources of Nizam Abad (23), Farrokhzad (27), Azim Khanlu (28), Ade (31) and Mamind (32) stations.) were the most polluted stations, and the phosphate parameter (58.3%) had the most influence in reducing water quality at station 23. The results show the appropriateness of WPI index in estimating surface and underground water quality. There was a positive and significant correlation between turbidity and suspended solid particles, and a negative correlation between turbidity and electrical conductivity, total hardness, and total alkalinity. Total suspended particles and turbidity have a positive correlation with nitrite and phosphate ions and digestive coliform, and it indicates that suspended particles along with erosion and transport of organic materials containing nitrite, phosphate and coliform enter the aquatic environment. and the results obtained from the correlation between the mentioned parameters indicate the type of total suspended particles, which is more than the type of organic substances obtained from sewage and human and animal waste, as well as the presence of bacteria in them. There was a significant positive correlation between total suspended particles with BOD5 and COD. With the increase in the amount of organic materials in the total suspended solids, which is due to the occurrence of floods and the increase in the amount of erosion, the amount of these materials has increased. The amount of BOD5 and COD can also increase, thus there is a significant positive correlation between the total suspended solids and the two mentioned factors. There is a negative and significant correlation between the two factors BOD5 and COD with DO, and there is a positive and significant correlation with ammonium, nitrate, phosphate and total phosphorus ions, total hardness and alkalinity. If the origin of total hardness is caused by surface erosion of water (combined with organic matter), a strong relationship can be seen between BOD_5 and COD. The dissolved oxygen factor has a negative and significant correlation with the parameters of total hardness, total alkalinity, ammonium, nitrite, phosphate and total phosphorus. With the increase of each of the mentioned parameters, the amount of dissolved oxygen in water decreases. Ammonium ion also has a positive correlation with phosphate, nitrite and total phosphorus and a negative correlation with nitrate due to the conversion of these two ions into each other. A positive and significant correlation was observed between phosphate and total phosphorus and total phosphorus and digestive coliform due to the presence of organic substances (phosphate and nitrate) in wastewater. There was a positive and significant correlation between nitrite and phosphate and phosphorus. Due to the use of nitrogen and phosphate fertilizers, nutrients enter the surface water by washing the soil. The entry of organic matter from different sources into surface water sources can increase the amount of nitrite and phosphate. The reason for the strong positive and significant correlation between BOD_5 and COD is the existence of microorganisms and the positive effect on these two parameters. There was a positive and significant correlation between pH and ammonium ion. With the increase in pH, the amount of alkalinity (OH ion) has also increased.
In the surface water sources of Sheykhanchai (6), Kani-rash (9), Balqchichai (15 and 16), Mohammadshah (19) and Godarchai (20) stations were identified as the most polluted stations, the parameters of total solids Suspended (90.4%), temperature (6.5%), nitrate (10.5%), ammonium (46.4%), magnesium (17%) and chloride (49%) respectively had the most effective percentages in these stations and in the sources The underground water of Nizam-Abad (23), Farrokhzad (27), Azim-Khanlu (28), Ade (31) and Momind (32) stations were the most polluted stations, respectively, according to phosphate parameters (58.3 %), BOD5 and COD (6%), sulfate (52.5%), bicarbonate (8.5%) and chloride (45%) were the most effective in reducing the quality of water and in general urban polluting sources (sewage and garbage) urban), agriculture and animal husbandry (poisons and chemical and animal fertilizers) are the main polluting sources of the underground water of this plain, which are not found in the mentioned stations. They have allocated 80 percent. By examining the maximum and minimum values of water quality parameters in underground water sources, the stations that have the highest values are as follows. Parameters of nitrate, sulfate, potassium, calcium, magnesium, total hardness, total dissolved solids and electrical conductivity at Azim Khanlu station (28), total phosphate,

phosphate, and nitrite parameters at Nizam Abad station (23), temperature parameter at the station Darge Seng (30), parameters of chloride, sodium and ammonium in Mamind station (32), carbonate parameter in Ade station (31), biochemical oxygen demand parameter and turbidity in Islamabad Khanlar station (6) and chemical oxygen demand parameter in Farrukh station Zad (27) is observed. The only station that has the lowest value for most parameters is related to Shahwaneh station (5), which includes the parameters of electrical conductivity, total dissolved solids, total hardness, magnesium, potassium and bicarbonate. Also, the maximum and minimum values of quality parameters in surface water sources are such that the parameters of electrical conductivity, total dissolved solids, chemical oxygen demand, total hardness, magnesium, potassium, bicarbonate, chloride have the lowest parameter values in Godarachai station. are The maximum values of the parameters in the surface water sources stations are as follows. The parameters of biochemical oxygen demand at Qalazchai river station (2, 3 and 4), turbidity, total suspended matter, chemical oxygen demand at Shikhanchai station (5 and 6), temperature, acidity, potassium at Gardkashan station (7), nitrate , ammonium and nitrite in Balqchichai station (15 and 16), total hardness, calcium, bicarbonate and sulfate in Mohammadshah station (19), and electrical conductivity, total dissolved solids, magnesium, sodium, chloride, phosphate, total phosphorus and coliform Faeces were observed at Godarchai station.

Conclusion

The results are that the NSFWQI index shows the average status of water quality in surface and underground water sources. The OWQI index shows the very poor condition of water quality in surface and underground water sources. WQI index shows the excellent status of water quality in surface and underground water sources. The most effective parameters in the pollution of surface water sources are COD and Mg, which are consistent with the results of Sener et al. (2017), and in underground water sources, they include nitrate and chloride. CWQI and DWQI index has poor quality status in surface water sources and good quality status in underground water sources. Two factors, turbidity and faecal coliform, have caused a decrease in the quality due to having values exceeding the standard.

Reference

Amin Pourshiani, S.; Mohammadi, M.; Khaledian, M. and Mirroshandel, A. 1394. Study of water quality of Gazrudbar river using NSFWQI quality index, the first international conference and the fourth national conference on environmental and agricultural research in Iran .(in Persian)

Muridi, A.; Karachian, R. and Vazkai, M. 2016. Analysis of the quality of water resources in Iran. Iranian Water Resources Research. Twelfth Year, No. 4, pp. 35-23 .(in Persian)

پژوهش‌های محیط‌زیست، سال ۱۳، شماره ۲۵، بهار و تابستان ۱۴۰۱، از صفحه ۳۳ تا ۵۰

ارزیابی کیفیت منابع آب سطحی و زیرزمینی دشت نقده– اشنویه

منظر محمودی[۱]، مهدی عرفانیان*[۲]

۱ دانشجوی دکتری، گروه آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ایران
۲ دانشیار، گروه آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ایران

تاریخ وصول مقاله: ۱۴۰۰/۰۷/۲۵ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۰۴/۲۰

چکیده

ارزیابی کیفی منابع آب از مباحث اساسی در علم هیدرولوژی محسوب می‌شود. به منظور ارزیابی روند تغییرات کیفیت آب با استفاده از پارامترهای فیزیکی و شیمیایی در ۲۱ ایستگاه پایش منابع آب سطحی و ۳۳ ایستگاه منابع آب زیرزمینی با استفاده از شاخص‌های کیفی IRWQI، NSFWQI، WQI، OWQI، CWQI، DWQI و WPI در دوره آماری ۱۳۹۱–۱۳۹۲ مورد آنالیز قرار گرفت. وضعیت کیفی آب بر اساس شاخص‌های NSFWQI، WQI، WPI و OWQI برای منابع آب سطحی و زیرزمینی یکسان بود و در طبقات کیفی متوسط، عالی و بسیار ضعیف قرار گرفت. همچنین وضعیت کیفی متوسط در شاخص‌های $IRWQI_{SW}$ و $IRWQI_{GW}$ وضعیت فقیر شاخص‌های CWQI و DWQI در منابع آب سطحی و وضعیت خوب و عالی به ترتیب در شاخص‌های CWQI و DWQI برای منابع آب زیرزمینی ارزیابی شد. در منابع آب سطحی ایستگاه‌های شیخان چای (۶)، کانی رش (۹)، بالقچی چای (۱۵ و ۱۶)، محمدشاه (۱۹) و گدارچای (۲۰) به عنوان آلوده‌ترین ایستگاه‌ها شناسایی شدند که پارامتر کل جامدات معلق (۹۰/۴٪)، بیشترین درصد تاثیرگذاری را در ایستگاه ۹ داشت و در منابع آب زیرزمینی ایستگاه‌های نظام آباد (۲۳)، فرخزاد (۲۷)، عظیم‌خانلو (۲۸)، آده (۳۱) و ممیند (۳۲) آلوده‌ترین ایستگاه‌ها بودند که پارامتر فسفات (۵۸/۳٪)، بیشترین میزان تاثیرگذاری را در کاهش کیفیت آب در ایستگاه ۲۳ داشت. نتایج نشان‌دهنده مناسب بودن شاخص WPI در برآورد کیفیت آب سطحی و زیرزمینی می‌باشد.

کلیدواژه‌ها: آلودگی، پارامترها، دشت نقده– اشنویه، شاخص‌های کیفیت آب، منابع آب

* نویسندهٔ مسئول: Email: m.erfanian@urmia.ac.ir
DOI: 10.22034/eiap.2022.158574
DOR: 20.1001.1.20089597.1401.13.25.3.4

سرآغاز

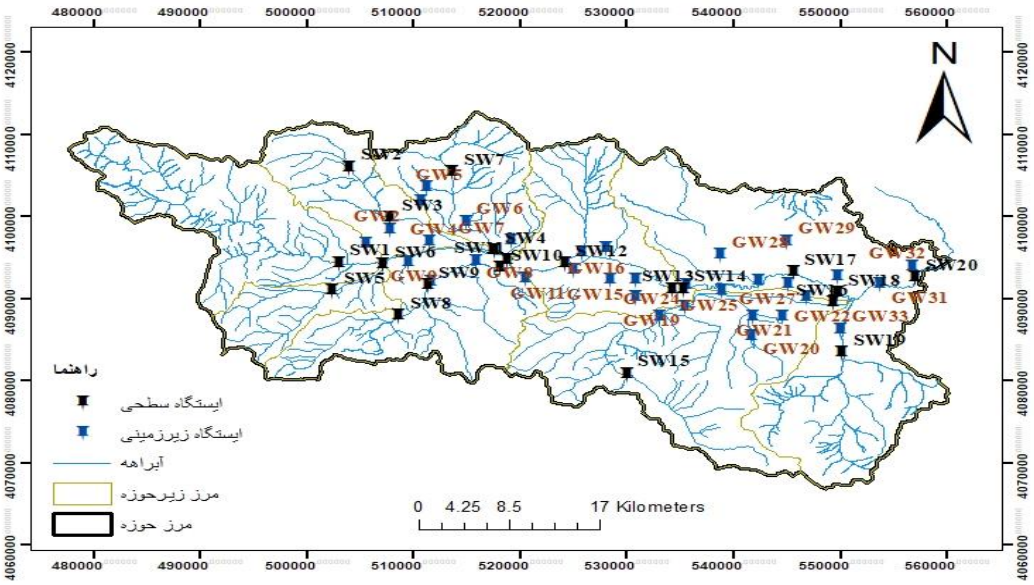
یکی از مهم‌ترین اقداماتی که سبب افزایش شناخت درباره شرایط منابع آبی می‌شود، ارزیابی منابع آب می‌باشد که به نوبه خود روی برنامه‌ریزی بهینه منابع آب تاثیرگذار می‌باشد. از مهم‌ترین جنبه‌های مدیریت منابع آب، عرضه و تقاضا و برقراری تعادل بین دو مورد ذکر شده می‌باشد (Muridi et al., 2016). شاخص‌های کیفی آب علاوه بر بیان کیفیت آب، روند تغییرات کیفی آب را در طول مکان و زمان نشان می‌دهند. پایش و کنترل آب‌ها سبب شده تا از این طریق آبی با کیفیت بالا برای مصارف مختلف در دسترس مصرف‌کنندگان قرار گیرد (Pourshiani et al., 2015) (Amin. با برداشت آب از آبخوان‌ها سطح آب آنها افت می‌کند که این امر سبب می‌شود میزان املاح افزایش یابد (Fourosani et al., 2011). در اثر مدیریت غلط و افزایش بهره‌برداری از آب زیرزمینی کیفیت این آب‌ها تغییر می‌کند. اثرات آلودگی منابع آب زیرزمینی درمناطق خشک و نیمه‌خشک بیشتر می‌باشد. بنابراین، به منظور استفاده‌ای بهینه از منابع آبی ارزیابی کیفیت آب ضرورت دارد(Amirkhizi, 2015) (. آب‌های زیرزمینی به‌عنوان راه‌حل اصلی برای مشکلات تامین آب به‌ویژه در مناطق روستایی اهمیت دارند (Yidana et al., 2010). آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی ناشی از فعالیت بشر در اراضی کشاورزی و باغات از طریق مصرف سموم، آفت‌کش‌ها و استفاده بی‌رویه انواع کودهای شیمیایی و مناطق شهری از طریق سیستم فاضلاب، مخازن آلوده‌کننده، مجراها، پسماندها و پساب‌ها، افزایش صنایع دارای پسماند شیمیایی می‌باشد. بهبود منابع آب برای حفاظت محیط‌زیست و توسعه یک کشور ضروری می‌باشد (Mirzaei et al., 2016). در بحث آلودگی منابع آب، شاخص‌های کیفیت آب WQI[1] به عنوان یک روش عملی برای مشاهده و نمایش مشکل آلودگی در آب به طور گسترده در دنیا و ایران مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای توسعه و اعتبارسنجی هر شاخص، تنها غلظت تعداد محدودی از پارامترهای کیفیت آب موردنیاز است و از طریق مقدار WQI می‌توان به درجه کیفیت آب پی برد (Akkoyunlu & Akiner., 2012). Mirmoshtaghi و همکاران در سال ۲۰۱۱ کیفیت آب را با استفاده از شاخص‌های کیفی NSFWQI و OWQI ارزیابی کردند و وضعیت به ترتیب به صورت بد و بسیار بد می‌باشد. به عقیده نامبردگان، شاخص NSFWQI به دلیل استفاده از وزن در محاسبه شاخص، دقت بیشتری دارد. Dede و همکاران در سال ۲۰۱۳ از مدل‌های شاخص کیفیت آب برای ارزیابی کیفیت آب رود کرمیر[2] واقع در کشور ترکیه استفاده کردند. آنالیز ۴۴ پارامتر برای نمونه‌های آب نشان داد که پارامترهای BOD_5, DO, فسفات، رنگ، کدورت، T. Coli, E. coli، آهن، منگنز، آرسنیک، آلومینیوم، بور و باریم اصلی‌ترین آلاینده‌های موثر بر کیفیت آب می‌باشند و دو شاخص کانادایی و اورگان بهترین نتایج را ارایه می‌دهد. Javid و همکاران در سال ۲۰۱۴ برای ارزیابی کیفیت آب رودخانه موجن در استان سمنان شاخص کیفیت آب NSFWQI را به کار بردند. نامبردگان طبق گزارش علت بدتر شدن کیفیت آب را صنعتی شدن و فعالیت‌های انسانی دانستند. با توجه به مقدار شاخص، بهترین شرایط در بالادست و بدترین وضعیت مربوط به قطب به دلیل تخلیه چندین کارخانه به آن بوده است. Effendi و Wardiatno در سال ۲۰۱۵ وضعیت کیفیت آب رودخانه سیامبولانگ[3] در استان بن تن واقع در کشور اندونزی را براساس شاخص آلودگی و NSFWQI مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که کیفیت آب رودخانه بر اساس شاخص آلودگی و NSFWQI خوب می‌باشد و جوامع ساکن در کنار رودخانه برکیفیت آب رودخانه بی‌تاثیر می‌باشند. Hoseinzadeh و همکاران در سال ۲۰۱۵ کیفیت آب رودخانه آیدوغموش را با استفاده از شاخص‌های ، NSFWQI, FWQI, RPI مورد ارزیابی قرار دادند. براساس این مطالعه نتایج NSFWQI و FWQI با یکدیگر همخوانی داشت و با نتایج RPI متفاوت بود. Şener و همکاران در سال ۲۰۱۷ شاخص کیفیت آب رود آکسو[4] واقع در کشور ترکیه را مورد بررسی قرار داد که نتایج نشان‌دهنده تمرکز بالای یون‌ها در دوره خشک بود. نامبردگان پی بردند که COD و Mg مؤثرترین پارامترها در ارزیابی کیفیت آب رودخانه آکسو می‌باشد. Safavi gerdini و همکاران در سال ۲۰۱۸ تغییر مکانی متغیرها را بررسی کردند. نتایج درون‌یابی با استفاده ز کریجینگ معمولی، کریجینگ ساده و توزین فاصله معکوس نشان داد نیم‌سنجی همه جهته برای همه متغیرها تقریبا یکسان است. همچنین اکثر چاه‌ها در محدوده مطلوب از نظر روش‌های شولر و ویل کاکس طبقه‌بندی شد و کیفیت آب زیرزمینی در مناطق غربی، جنوبی و جنوب شرقی از سایر بخش‌ها بهتر بوده است. Zhen و همکاران در سال ۲۰۲۰ با بررسی وضعیت کیفی آب با استفاده از شاخص WQI اصلاح شده به شناسایی کلاس‌های کیفیت آب و ارزیابی تغییرات مکانی و زمانی در مناطق نمونه‌برداری پرداختند و

نتایج کار آنها نشان‌دهنده مفید بودن این روش برای طبقه‌بندی کیفیت آب و توصیف تغییرات مکانی و زمانی بود. WU و همکاران در سال ۲۰۲۱ با استفاده از شاخص کیفیت آب وضعیت کیفی رودخانه را تعیین و پارامترهای مهم موثر بر کیفیت آب در حوضه دریاچه چاهو[۵] واقع در چین را مورد بررسی قرار دادند. با گروه بندی صورت گرفته وضعیت کیفی در سه گروه متفاوت بوده و حداقل شاخص کیفیت آب (WQI_{min}) با شاخص WQI تفاوت معناداری نداشته و شاخص مناسبی برای تعیین ارزیابی کیفیت آب رودخانه است. جمع‌بندی تحقیقات انجام شده نشان می‌دهد شاخصی که وزن در آن به کار رفته است می‌توان در نتایجی صحیح‌تر نسبت به سایر شاخص‌های کیفیت آب ارایه نماید. اهداف اصلی این پژوهش ارزیابی میزان آلودگی با استفاده از شاخص آلودگی توسعه یافته (WPI) و مقایسه آن با سایر شاخص‌ها و شناسایی منابع آلوده‌کننده آب‌های سطحی و زیرزمینی می‌باشد. ارزیابی کیفیت آب با استفاده از شاخص‌های کیفی در منابع آب سطحی و زیرزمینی به طور جامع برای اولین بار در دشت مورد مطالعه مورد بررسی قرار می گیرد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

دشت نقده- اشنویه بین طول جغرافیایی۴۵/۱۰ تا ۴۵/۴۰ درجه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۶/۵۰ تا ۳۷ درجه شمالی و در حوضه آبخیز رودخانه گدارچای در شمال‌غربی ایران قرار دارد. رودخانه گدارچای از دامنه کوه‌های دالامپر بزرگ و بادگوله سرچشمه می‌گیرد و شاخه‌های پرآبی که در طول مسیر جریان به آن وارد می‌شود شامل رودخانه‌های قلازچای، کانی‌رش و شیخان‌چای می‌باشد. از نظر تقسیمات سیاسی- کشوری بخش عمده این حوضه آبخیز در محدوده شهرستان‌های نقده و اشنویه قرار دارد. به منظور ارزیابی منابع آب زیرزمینی تعداد ۳۳ ایستگاه پایش منابع آب زیرزمینی و همچنین تعداد ۲۱ ایستگاه نمونه‌برداری از منابع آب سطحی در محدوده حوضه در نظر گرفته شد. شکل (۱) موقعیت ایستگاه‌های پایش در حوضه آبریز گدارچای (دشت نقده- اشنویه) را نشان می‌دهد.



شکل (۱): موقعیت ایستگاه‌های پایش منابع آب سطحی و زیرزمینی دشت نقده-اشنویه

روش‌ها

جمع‌آوری و آنالیز نمونه‌ها

به منظور ارزیابی روند تغییرات کیفیت آب پارامترهای فیزیکی و شیمیایی اندازه‌گیری شده (اکسیژن محلول، اکسیژن مورد نیاز شیمیایی، اکسیژن مورد نیاز بیولوژیکی، نیترات، نیتریت، فسفات، اسیدتیه، سختی کل، هدایت الکتریکی، کل جامدات محلول، کدورت، سولفات، آمونیوم، کلراید و فسفرکل) در ۲۱ ایستگاه پایش منابع آب سطحی و ۳۳ ایستگاه نمونه‌برداری (چاه) منابع آب

زیرزمینی با استفاده از شاخص‌های کیفی IRWQI, NSFWQI, WQI, OWQI, WPI, CWQI, DWQI در دوره آماری ۱۳۹۱-۱۳۹۲ که از سازمان آب منطقه‌ای استان آذربایجان‌غربی دریافت گردیده است، مورد آنالیز قرار گرفت. بررسی آماری داده‌ها و شاخص‌های پراکندگی در تناوب‌های مکانی و زمانی با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۱ و بررسی نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگراف اسمیرنوف انجام گرفت. با توجه به عدم نرمال بودن داده‌ها از ضریب همبستگی اسپیرمن برای ارزیابی همبستگی بین پارامترها و از نرم افزار اکسل برای محاسبه شاخص‌های کیفیت آب و رسم نمودارها استفاده شد. از طریق مقادیر شاخص‌های ذکر شده، در مرحله پایانی میزان مشارکت (اهمیت یا تاثیر) هر یک از پارامترهای دخیل در محاسبه هر شاخص به تفکیک برای منابع آب سطحی و آلودگی آب سطحی و زیرزمینی مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد.

شاخص IRWQIsi

در این روش ابتدا مقدار q_i برای هر پارمتر کیفیت آب که شامل کلیفرم مدفوعی (۰/۱۴۰)، اکسیژن موردنیاز بیوشیمیایی (۰/۱۱۷)، نیترات (۰/۱۰۸)، اکسیژن محلول (۰/۰۹۷)، هدایت الکتریکی (۰/۰۹۶)، اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (۰/۰۹۳)، آمونیوم (۰/۰۹۰)، فسفات (۰/۰۸۷)، کدورت (۰/۰۶۲)، سختی کل (۰/۰۵۹) و اسیدیته (۰/۰۵۱) می‌باشد، از منحنی‌های رتبه‌بندی استخراج می‌شود، w_i وزن پارامتر iام که ذکر شده است، n تعداد پارامترهای کیفیت آب و γ مجموع وزن پارامترها می‌باشد برای محاسبه شاخص مطابق رابطه‌های (۱ و ۲) به کار می‌روند (تماب).

$$=[\prod_{i=1}^{n} q_i^{w_i}]^{\frac{1}{\gamma}} IRWQI_{si} \quad (۱)$$

$$\gamma = \sum_{i=1}^{n} w_i \quad (۲)$$

شاخص OWQI[۶]

این شاخص برای ارزیابی کیفی آب جهت مصارف مختلف (کشاورزی و تفریحی) به کار برده می‌شود. پارامترهای دخیل در محاسبه این شاخص شامل دما، اکسیژن مورد نیاز بیولوژیکی، اکسیژن محلول، فسفرکل، اسیدیته، کل جامدات، کالیفرم مدفوعی و نیتروژن آمونیاکی[۷] می‌باشد. مقدار این شاخص از رابطه (۳) محاسبه می‌شود. که در آن n تعداد پارامترها و Si امتیاز پارامتر i ام (۱۰۰-۰) است که از روی منحنی‌های رتبه‌بندی مربوط به هر پارامتر استخراج می‌شود(Cude, 2001).

$$OWQI=\sqrt{\frac{n}{\sum_{i=0}^{n}\frac{1}{SI}}} \quad (۳)$$

شاخص NSFWQI[۸]

NSFWQI با فراهم کردن روشی استاندارد برای مقایسه کیفیت آب منابع مختلف بر اساس ۹ پارامتر کیفیت آب که شامل اکسیژن محلول (۰/۱۷)، اکسیژن موردنیاز بیوشیمیایی (۰/۱۱)، فسفات (۰/۱)، نیترات (۰/۱)، دما (۰/۱)، کل جامدات (۰/۰۷)، کالیفرم مدفوعی (۰/۱۶) و کدورت (۰/۰۸) می‌باشد به کار می‌رود. مقدار نهایی شاخص از رابطه (۴) به دست می‌آید که در آن Qi زیر شاخص iام و wi ضریب وزنی پارامتر iام می‌باشد که با استفاده از نرم‌افزار آنلاین مقدار نهایی محاسبه می‌شود (Ewaid, 2017).

$$NSFWQI = \frac{\Sigma Wi\, Qi}{\Sigma Wi} \quad (۴)$$

شاخص WQI

پارامترهای مورد استفاده در محاسبه شاخص WQI در تحقیق حاضر شامل اسیدیته (۴)، کلراید (۳)، سولفات (۴)، نیترات (۵)، نیتریت (۵)، کلسیم (۲)، منیزیم (۲)، سدیم (۲) و اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (۴) می‌باشند. در مرحله نخست به هر یک از پارامترها یک عدد وزنی از یک تا پنج اختصاص داده می‌شود سپس وزن نسبی در پارامتر محاسبه می‌شود. وزن نسبی با Wi نشان داده شده است (رابطه ۵).

$$W_i = \frac{w_i}{\sum_{i=1}^{n} w_i} \quad (۵)$$

همچنین از تقسیم غلظت هر یک از پارامترها (C_i) بر مقادیر استاندارد پارامتر (S_i) شاخص آلودگی q_i به دست می‌آید (رابطه ۶).

$$*100 = \frac{C_i}{S_i}\, q_i \quad (۶)$$

شاخص آلودگی پارامتر با دخالت وزن نسبی به صورت SI_i نشان داده می‌شود (رابطه ۷) .

$$*q_i\, w_i = SI_i \quad (۷)$$

مقدار نهایی شـــاخص WQI طبق رابطه (۸) از مجموع مقادیر SI_i مربوط به پارامترهای موردنظر به‌دســت می‌آید (Şener et al., 2017).

$$WQI=\sum_{i=1}^{n} SI_i \quad (۸)$$

رابطه (۹) که در آن EW_i وزن موثرپارامتر i می‌باشد. وزن موثر در واقع سهم هر پارامتر را در تعیین مقدار شاخص WQI بیان می‌کند.

$$EW_i = \frac{SI_i}{WQI} \quad (۹)$$

شاخص $IRWQI_{GC}$[۹]

روش محاسبه شاخص مذکور همانند شاخص به کار رفته در منابع آب سطحی با این تفاوت که پارمترهای لازم برای محاسبه این شاخص شامل نیترات (۰/۱۵۱)، کلیفرم مدفوعی (۰/۱۳۴)، هدایت الکتریکی (۰/۱۲۹)، سختی کل (۰/۱۰۳)، نسبت جذب سدیم (۰/۰۸۹)، اکسیژن موردنیاز بیوشیمیایی (۰/۰۸۸)، فسفات (۰/۰۸۵)، اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (۰/۰۸)، اسیدیته (۰/۰۷۴) و اکسیژن محلول (۰/۰۶۷) است.

شاخص کانادایی

این شاخص انعطاف‌پذیری بیشتری را در انتخاب پارامترها به کاربران می‌دهد تعداد پارامترها در این شاخص باید حداقل ۴ عدد و تعداد اندازه‌گیری حداقل ۴ بار در سال باشد (Akkoyunlu, 2012; Sutadian, 2016). شاخص CCME به‌عنوان شاخص کیفیت آب کانادا شامل سه عامل F_1 (فاکتور بازه)، F_2 (فاکتور فراوانی) و F_3 (فاکتور دامنه) می‌باشد. روابط ریاضی جهت محاسبه این شاخص مورد استفاده قرار گرفته است (Hoseinzadeh, 2015; Lumb, 2006).

شاخص اصلاح شده DWQI

Mohebbi و همکاران در سال ۲۰۱۳ توانستند با اصلاح روش وزن‌دهی به پارامترهای کیفیت آب در شاخص کانادایی، شاخص اصلاح شده DWQI را ارایه دهند. دو زیر شاخص معرفی‌شده برای این شاخص شامل HWQI (شاخص کیفیت آب مبتنی بر سلامت) و AWQI (شاخص کیفیت آب قابل قبول) می‌باشد که پارامترهای به کار رفته در هریک از زیرشاخص‌ها متفاوت می‌باشد.

شاخص WPI

پارامترهای استفاده شده در این شاخص شامل اسیدیته، کلراید، سولفات، نیترات، نیتریت، کلسیم، منیزیم، سدیم و اکسیژن مورد نیاز شیمیایی می‌باشند. پارامترهای مذکور برای محاسبه بار آلودگی منابع آب سطحی و زیرزمینی بر اساس محدوده تعریف شده استاندارد WHO استفاده شدند. ابتدا بار آلودگی (PL_i) و سپس مقدار شاخص محاسبه می‌گردد (Hossain & Patra, 2020).

نتایج

آمار توصیفی داده‌های کیفیت آب

با بررسی مقادیر حداکثر و حداقل پارامترهای کیفیت آب در منابع آب زیرزمینی ایستگاه‌هایی که بیشترین مقدار را به خود اختصاص داده به صورت زیر می‌باشند. پارامترهای نیترات، سولفات، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، سختی کل، کل جامدات محلول و هدایت الکتریکی در ایستگاه عظیم‌خانلو (۲۸)، پارامترهای فسفات کل، فسفات، و نیتریت در ایستگاه نظام‌آباد (۲۳)، پارامتر دما در ایستگاه درگه سنگ (۳۰)، پارامترهای کلراید، سدیم و آمونیوم در ایستگاه ممیند (۳۲)، پارامتر کربنات در ایستگاه آده (۳۱)، پارامتر اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی و کدورت در ایستگاه اسلام آباد خانلر (۶) و پارامتر اکسیژن مورد نیاز شیمیایی در ایستگاه فرخزاد (۲۷) مشاهده می‌گردد. تنها ایستگاهی که کمترین مقدار را برای اکثر پارامترها به خود اختصاص داده مربوط به ایستگاه شاهوانه (۵) می‌باشد که پارامترهای هدایت الکتریکی، کل جامدات محلول، سختی کل، منیزیم، پتاسیم و بی‌کربنات را شامل شده است. همچنین مقادیر حداکثر و حداقل پارامترهای کیفی در منابع آب سطحی به این صورت است که پارامترهای هدایت الکتریکی، کل جامدات محلول، اکسیژن مورد نیاز شیمیایی، سختی کل، منیزیم، پتاسیم، بی‌کربنات، کلراید در ایستگاه گدارچای کمترین مقادیر پارامترها را به خود اختصاص داده‌اند. حداکثر مقادیر پارامترها در ایستگاه‌های منابع آب سطحی به صورت زیر می‌باشد. پارامتر اکسیژن موردنیاز بیوشیمیایی در ایستگاه رودخانه قلازچای (۲، ۳ و ۴)، کدورت، کل مواد معلق، اکسیژن مورد نیاز شیمیایی در ایستگاه شیخان‌چای (۵ و ۶)، دما، اسیدیته، پتاسیم در ایستگاه گردکاشان (۷)، نیترات، آمونیوم و نیتریت در ایستگاه بالقچی‌چای (۱۵ و ۱۶)، سختی‌کل، کلسیم، بی‌کربنات و سولفات در ایستگاه محمدشاه (۱۹)، و هدایت الکتریکی، کل جامدات محلول، منیزیم، سدیم، کلراید، فسفات، فسفر کل وکلیفرم مدفوع در ایستگاه گدارچای مشاهده شد.

آنالیز همبستگی پارامترهای کیفیت آب سطحی

براساس جدول (۱) بین کدورت و ذرات جامد معلق، همبستگی مثبت و معنادار و بین کدورت و هدایت الکتریکی، سختی کل و قلیاییت کل همبستگی منفی وجود داشت. کل ذرات معلق و

کدورت با یون‌های نیتریت و فسفات و کلیفرم گوارشی دارای همبستگی مثبت می‌باشند و نشان‌دهنده این است که ذرات معلق همراه با فرسایش و حمل موادآلی که دارای نیتریت، فسفات و کلیفرم می‌باشد به محیط آبی وارد شده و نتایج حاصل از همبستگی بین پارامترهای مذکور نشان‌دهنده نوع ذرات معلق کل می‌باشد که بیشتر از نوع مواد آلی حاصل از فاضلاب‌ها و فضولات انسانی و دامی و نیز وجود باکتری‌ها در آنها می‌باشد. بین کل ذرات معلق با BOD_5 و COD همبستگی مثبت معنادار وجود داشت. با افزایش میزان موادآلی موجود در مواد جامد معلق کل که به علت بروز سیلاب و افزایش میزان فرسایش می‌باشد، مقدار این مواد بیشتر شده است. میزان BOD_5 و COD نیز می‌تواند افزایش یابد بدین‌ترتیب بین کل جامدات معلق با دو فاکتور ذکر شده همبستگی مثبت معنادار وجود دارد. بین دو فاکتور BOD_5 و COD با DO همبستگی منفی و معنادار و با یون‌های آمونیوم، نیترات، فسفات و فسفر کل، سختی کل و قلیاییت همبستگی مثبت و معنی‌دار وجود دارد. در صورتی که منشا سختی کل ناشی از فرسایش سطحی آب (توام با مواد آلی) باشد بین BOD_5 و COD رابطه قوی قابل مشاهده است (Moradi, b. 2013). فاکتور اکسیژن محلول دارای همبستگی منفی و معنی‌دار با پارامترهای سختی کل، قلیاییت کل، آمونیوم، نیتریت، فسفات و فسفر کل است. با افزایش هر یک از پارامترهای مذکور میزان اکسیژن محلول در آب کاهش می‌یابد. یون آمونیوم نیز دارای همبستگی مثبت با فسفات، نیتریت و فسفر کل و همبستگی منفی نیترات به دلیل تبدیل این دو یون به یکدیگر می‌باشد. بین فسفات با فسفرکل و فسفرکل با کلیفرم گوارشی همبستگی مثبت و معنی‌دار به علت وجود موادآلی (فسفات و نیترات) در فاضلاب مشاهده شد. بین نیتریت با فسفات و فسفر همبستگی مثبت و معنادار وجود داشت. به دلیل استفاده از کودهای ازته و فسفاته، املاح مغذی با شسته شدن خاک وارد آب‌های سطحی می‌شود. ورود مواد آلی از منابع مختلف به منابع آب سطحی می‌تواند سبب افزایش مقدار نیتریت و فسفات شود. دلیل همبستگی مثبت و معنی‌دار قوی بین BOD_5 و COD وجود میکروارگانیسم‌ها و اثرگذاری مثبت بر روی این دو پارامتر می‌باشد. بین pH و یون آمونیوم همبستگی مثبت و معنادار وجود داشت. با افزایش میزان pH میزان قلیاییت (یون OH) افزایش می‌یابد.

جدول (۱): ضریب همبستگی بین پارامترها در حوزه آبخیز گدارچای

variable) (متغیرها	کدورت (Turbidity)	کل مواد معلق (TSS)	اسیدیته (pH)	هدایت الکتریکی (EC)	اکسیژن موردنیازشیمیایی (COD)	اکسیژن موردنیازبیوشیمیایی (BOD_5)	اکسیژن محلول (DO)	سختی کل (TH)	قلیاییت کل Total alkanity)	آمونیوم (NH_4^+)	نیتریت (NO_2^-)	نیترات (NO_3^-)	فسفات (PO_4^{-3})	فسفرکل (TP)	کالیفرم مدفوعی (Fecal coliform)
کدورت (Turbidity)	۱	۰/۹۴**	۰/۱۰	-۰/۲۸**	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۱۷	-۰/۲۹**	-۰/۳۱**	۰/۱۲	۰/۲۴**	۰/۱۰	۰/۱۵*	۰/۱۰	۰/۱۴*
کل مواد معلق (Tss)		۱	۰/۰۶	-۰/۲۷**	۰/۱۵*	۰/۱۴*	۰/۱۸	-۰/۲۸**	۰/۳۰**	۰/۱۰	۰/۲۵**	۰/۱۰	۰/۱۳	۰/۱۰	۰/۲۱*
اسیدیته (PH)			۱	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۶	-۰/۰۱	-۰/۰۱	۰/۱۶*	۰/۱۴	۰/۱۱	۰/۱۲	۰/۰۸	-۰/۱۰
هدایت الکتریکی (EC)				۱	۰/۴۲**	۰/۴۳**	-۰/۳۸**	۰/۹۸**	۰/۹۸**	۰/۴۱**	۰/۲۱**	۰/۰۳	۰/۴۸**	۰/۴۸**	-۰/۱۲
(COD) اکسیژن موردنیازشیمیایی					۱	۰/۹۹**	-۰/۲۷**	۰/۳۸**	۰/۳۹**	۰/۴۰**	۰/۲۲**	-۰/۰۳	۰/۶۲**	۰/۶۲**	۰/۱۷*
بیوشیمیایی (BOD_5) اکسیژن موردنیاز						۱	-۰/۲۸**	۰/۴۰**	۰/۴۱**	۰/۴۲**	۰/۲۳**	-۰/۰۳	۰/۶۲**	۰/۶۲**	۰/۱۵*
اکسیژن محلول (DO)							۱	-۰/۳۸**	-۰/۳۷**	-۰/۲۵**	-۰/۰۰۸	۰/۱۰	-۰/۳۲**	-۰/۳۲**	۰/۰۵
سختی کل (TH)								۱	۰/۹۸**	۰/۳۶**	۰/۱۸*	۰/۰۶	۰/۴۵**	۰/۳۸**	-۰/۱۴
قلیاییت کل (TAlkalinity)									۱	۰/۳۹**	۰/۱۷*	۰/۰۴	۰/۴۴**	۰/۳۸**	-۰/۱۲
آمونیوم (NH_4^+)										۱	۰/۴۶**	-۰/۱۸**	۰/۴۲**	۰/۵۰**	-۰/۰۰۱
نیتریت (NO_2^-)											۱	۰/۰۵	۰/۳۲**	۰/۳۰**	۰/۱۳
نیترات (NO_3^-)												۱	-۰/۰۲	-۰/۰۵	-۰/۰۴
فسفات (PO_4^{-3})													۱	۰/۷۸**	۰/۱۳
فسفرکل (TP)														۱	۰/۲۶**
کالیفرم مدفوعی (Fecal coliform)															۱

*و ** به ترتیب معناداری در سطح ۵ و ۱ درصد می‌باشند

تغییرات مکانی و زمانی شـــاخص‌های کیفی منابع آب سطحی

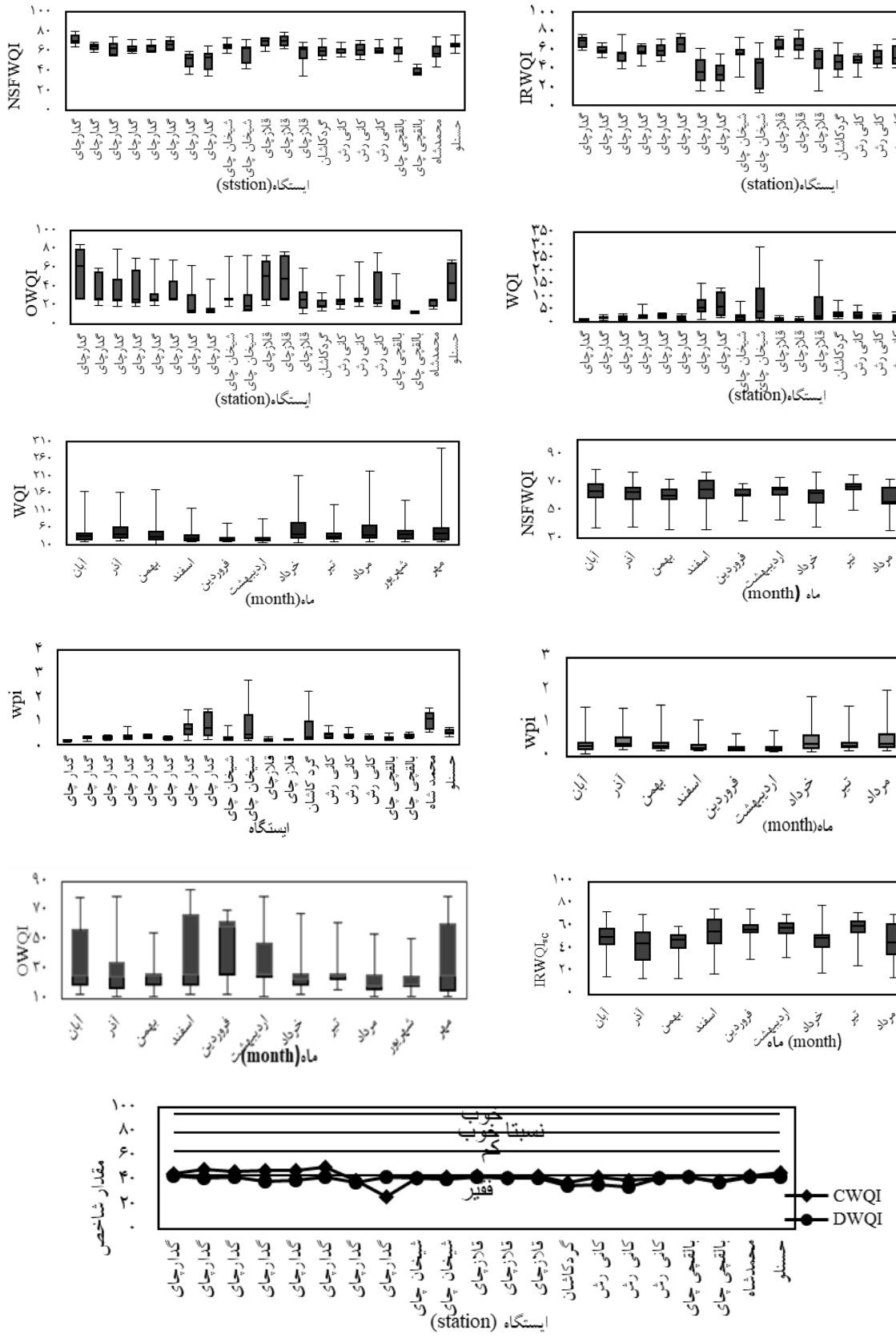
با توجه به شکل (۲) در شاخص IRWQI کمترین مقدار در ایستگاه شیخان‌چای (۶) و سپس در ایستگاه بالقچی‌چای (۱۶) مشاهده شد. ایستگاه‌های گردکاشان (۷)، کانی‌رش (۸، ۹، ۱۰)، بالقچی‌چای (۱۵) و محمدشاه (۱۹) وضعیت کیفی متوسط،

ایستگاه‌های قلازچای (۴)، شیخان‌چای (۶)، گدارچای (۱۸ و ۲۰) وضعیت کیفی نسبتا بد، ایستگاه بالقچی چای (۱۶) وضعیت کیفی بد و سایر ایستگاه‌ها دارای وضعیت کیفی نسبتا خوب می‌باشند. کمترین مقدار شاخص در ایستگاه شیخان چای (۶) در مهر مشاهده شد. کمترین مقدار میانه شاخص در ایستگاه‌های بالقچی چای (۱۶) و گدارچای (۱۸ و ۲۰) به ترتیب برابر با ۱۸/۸۳۹، ۳۵/۴، ۳۲/۴۸۵ می‌باشد که علت کاهش کیفیت در ایستگاه ۱۶ اثر پارامترهای NH_4, PO_4, EC, COD, BOD_5, DO در ایستگاه ۱۸ به دلیل پارامترهای COD, BOD_5, DO و آمونیوم و درایستگاه ۲۰ به دلیل پارامترهای COD, BOD_5, DO, T.H و آمونیوم، می‌باشد. در شاخص NSFWQI بیشترین میزان شاخص در ایستگاه گدارچای (۱) در مهر سال ۱۳۹۲و کمترین مقدار در ایستگاه قلازچای (۴) و گدارچای (۲۰) به ترتیب در مرداد و مهر سال ۱۳۹۲ مشاهده می شود. ایستگاه‌های گدارچای (۱)، قلازچای (۲ و ۳) دارای کیفیت خوب ، ایستگاه بالقچی‌چای (۱۶) دارای کیفیت بد و سایر ایستگاه‌ها دارای کیفیت متوسط می‌باشند. با توجه به نمودار (۱) تمام ایستگاه‌ها به جز ایستگاه‌های قلازچای (۴)، شیخان‌چای (۶)، بالقچی‌چای (۱۶)، گدارچای (۱۸ و ۲۰) و محمدشاه (۱۹) دارای مقادیری بین ۵۰ تا ۸۰ می‌باشند. ایستگاه‌های بالقچی‌چای (۱۶) و گدارچای (۱۸ و ۲۰) بیشترین میزان آلودگی را داشته‌اند. علت کاهش میزان شاخص درایستگاه بالقچی‌چای (۱۶) را می‌توان به پارامترهای PO_4, DO و BOD_5 در ایستگاه گدارچای (۱۸ و ۲۰) و پارامتر PO_4 مرتبط دانست. در شاخص OWQI بیشترین مقدار در ایستگاه گدارچای (۱) و کمترین مقدار نیز در ایستگاه قلازچای (۴) مشاهده می‌گردد. کمترین مقدار میانه در ایستگاه بالقچی‌چای (۱۶) با مقدار ۱۲/۴۷ و سپس به ترتیب در ایستگاه‌های گدارچای (۱۸ و ۲۰) به ترتیب با مقدار ۱۴/۰۴ و ۱۴/۰۲ می‌باشد. علت کم بودن مقدار شاخص در ایستگاه بالقچی‌چای (۱۶) پارامترهای BOD_5, DO و فسفرکل و آمونیوم، در ایستگاه ۱۸ پارامترهای BOD_5, DO و آمونیوم و در ایستگاه ۲۰ پارامترهای BOD_5, DO, TDS و آمونیوم، می‌باشد. در ایستگاه شماره ۲۰ کمترین مقدار را در آذر ۱۳۹۱ و مهر ۱۳۹۲ و در ایستگاه شماره ۱۶ بیشترین مقدار را در مهر سال ۱۳۹۲ و در ایستگاه شماره ۱۸ کمترین مقدار شاخص را در آذر ماه می‌توان مشاهده کرد. با در نظر گرفتن میانه، کل ایستگاه‌ها به جز ایستگاه شماره ۱ در طبقه کیفی بسیار ضعیف قرار می‌گیرند. با توجه به شکل (۲) کیفیت آب در تمام ماه‌های اندازه‌گیری در طبقه کیفی بسیار ضعیف قرار می‌گیرند. در شاخص WQI بیشترین مقدار شاخص که نشان‌دهنده آلودگی زیاد می‌باشد در ایستگاه شیخان چای (۶) مشاهده شد. بیشترین مقدار میانه شاخص را می‌توان به ترتیب در ایستگاه شماره ۱۶ (۱۰۶/۶۱)، ایستگاه ۱۸ (۵۷/۹۳) و ایستگاه شماره ۲۰ (۶۰/۲۳) مشاهده کرد. علت کم بودن میزان کیفیت در ایستگاه ۱۶ پارامتر COD، در ایستگاه ۱۸ پارامترهای K و COD و در ایستگاه ۲۰ پارامتر COD و Mg و مشاهده شد. در ایستگاه شماره ۱۶ در ماه‌های آبان، آذر، بهمن، و اسفند وضعیت فقیر و در فروردین و اردیبهشت وضعیت خوب و در خرداد ماه وضعیت کیفی آب به حالت فقیر رسیده است. در شهریور سال ۱۳۹۲ نیز وضعیت کیفی فقیر است. به طورکلی در ایستگاه بالقچی چای (۱۶) کیفیت آب در اوایل فصل بهار ۱۳۹۱ و مهرماه ۱۳۹۲ در طبقه کیفی خوب قرار دارد. در ایستگاه شماره ۲۰ در ماه های آذر، خرداد، تیر و مهر، وضعیت فقیر (نامناسب) آب را می‌توان مشاهده کرد. با در نظر گرفتن میانه شاخص کیفیت آب در تمام ماه‌ها در طبقه کیفی عالی قرار دارد. در شاخص WPI کیفیت خوب آب در ماه‌های خرداد، مرداد و مهر ماه وجود دارد و در سایر ماه‌ها کیفیت عالی می‌باشد ولی با در نظر گرفتن میانه در تمام ماها کیفیت عالی می‌باشد. همچنین از نظر مکانی بیشترین میزان آلودگی آب در ایستگاه ۱۶ مشاهده می‌گردد. در شاخص کانادایی CWQI ایستگاه‌های گدارچای (۱، ۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۴، ۱۷) و مخزن سد حسنلو (۲۱) در طبقه کیفی کم قرار دارد و ایستگاه‌های انتهایی این رودخانه شامل ایستگاه گدارچای (۱۸ و ۲۰) و سایر ایستگاه‌های باقی‌مانده در طبقه کیفی فقیر قرار دارند. با توجه به مقادیر شاخص کیفیت آب DWQI تمام ایستگاه‌های منابع آب سطحی در طبقه کیفی فقیر قرار گرفتند. نتایج محاسبات شاخص‌های منابع آب سطحی به این صورت است که در اکثر ایستگاه‌ها وضعیت کیفی نسبتا خوب در شاخص $IRWQI_{SW}$، وضعیت متوسط در شاخص NSFWQI، وضعیت بسیار ضعیف در شاخص OWQI، وضعیت عالی در شاخص WQI، وضعیت عالی در شاخص WPI و وضعیت فقیر در شاخص‌های CWQI و DWQI مشاهده می‌شود. ایستگاه بالقچی چای (۱۶) مطابق شاخص $IRWQI_{SW}$ و NSFWQI دارای وضعیت کیفی بد و مطابق شاخص WQI وضعیت کیفی فقیر و بر اساس شاخص WPI دارای آلودگی شدید می‌باشد. بررسی‌های انجام شده کیفیت

آب مطابق شاخص $IRWQI_{SW}$ در ماه‌های فروردین، اردیبهشت، تیر و مهر دارای وضعیت نسبتا خوب و در ماه‌های آبان، آذر، بهمن، خرداد، مرداد و شهریور وضعیت متوسط کیفیت آب را شامل شده است. کیفیت آب مطابق شاخص CWQI در آبان و فروردین کم و در سایر ماه‌ها کیفیت فقیر می‌باشد همچنین در شاخص DWQI کیفیت کم در آبان و کیفیت فقیر در سایر ماه‌ها مشاهده می‌شود. با در نظر گرفتن میانه شاخص‌های کیفی مختلف به بررسی تغییرات مکانی و زمانی آنها می‌پردازیم. در منابع آب سطحی شاخص‌های IRWQI, NSFWQI, OWQI, WQI, WPi و CWQI دارای تغییرات مکانی می‌باشند اما شاخص DWQI در تمام ایستگاه‌های نمونه‌برداری طبقه کیفی یکسان (فقیر) را نشان می‌دهد. شاخص‌های NSFWQI, OWQI, WQI و WPI طبقه کیفی یکسان را در ماه‌های مختلف نشان می‌دهند که به ترتیب در طبقات متوسط، بسیار ضعیف و عالی واقع شده‌اند. اما کیفیت آب مطابق شاخص IRWQI در زمان مختلف متفاوت است. با توجه به متوسط شاخص‌های $IRWQI_{SW}$, NSFWQI, OWQI, WQI و WPi در ایستگاه‌های پایش حوضه گدارچای، ایستگاه شماره ۱ و ایستگاه شماره ۱۶ به ترتیب بهترین و بدترین وضعیت کیفی را دارند و نتایج یکسان می‌باشد شکل (۲).

تغییرات مکانی و زمانی شاخص‌های کیفی منابع آب زیرزمینی

با توجه به تغییرات مکانی شاخص‌ها در شکل (۳) و تغییرات زمانی در شکل (۴) در شاخص IRWQI کمترین مقدار در ایستگاه عظیم‌خانلو (۲۸) و دارای وضعیت کیفی بد مشاهده می‌شود. این ایستگاه دارای کمترین مقدار میانه یعنی ۱۸/۷۲ می‌باشد سپس ایستگاه ممیند (۳۲)، نظام‌آباد (۲۳) و آده (۳۱) به ترتیب با مقادیر ۳۰/۷۰۷ و ۳۴/۱۸۸ و ۳۷/۲۰۹ کمترین مقادیر یا کیفیت پایین‌تری را به خود اختصاص داده‌اند. با توجه به مقادیر این شاخص ایستگاه‌هایی که دارای کیفیت بد می‌باشند شامل ایستگاه عظیم خانلو (۲۸) در تمام ماه‌ها، ایستگاه بیگم قلعه (۲۰) و ایستگاه نظام آباد درخرداد ماه می‌باشد. با در نظر گرفتن میانه کیفیت آب در تمام ماه‌های نمونه‌برداری در طبقه کیفی نسبتا خوب واقع شده است. به طور کلی کیفیت آب چاه‌های دشت اشنویه خوب و نسبتا خوب و در انتهای حوضه در محدوده دشت نقده به دلیل چاه‌های مرغداری‌ها و ... کاهش کیفیت آب چاه‌ها رخ داده است. در شاخص NSFWQI ایستگاه نظام‌آباد با مقدار ۵۵ و ایستگاه خانلر با مقدار ۶۴/۵ پایین‌ترین میزان میانه را به خود اختصاص داده‌اند. به طورکلی با در نظر گرفتن میانه تمام ایستگاه‌ها در طبقه کیفی متوسط قرار گرفته‌اند همچنین این شاخص در اسفند ماه در طبقه کیفی خوب و در ماه‌های آبان، خرداد و شهریور در طبقه کیفی متوسط واقع شده است. در شاخص OWQI کمترین مقدار در ایستگاه نظام آباد مشاهده می‌گردد. در ایستگاه‌های انتهایی میزان کیفیت کاهش یافته است. با در نظرگرفتن میانه شاخص میزان کیفیت آب در تمام ماه‌های نمونه‌برداری در وضعیت بسیار ضعیف قرار گرفته است. در شاخص WQI ایستگاه عظیم خانلو دارای بیشترین مقدار و آلوده ترین ایستگاه می‌باشد. این ایستگاه با مقدار ۱۵۱/۱ وضعیت کیفی فقیر، ایستگاه ممیند با مقدار ۸۱/۶۲ وضعیت خوب و سایر ایستگاه‌های باقی‌مانده وضعیت کیفی عالی را دارا می‌باشند. با در نظر گرفتن میانه شاخص در تمام ماه‌های نمونه‌برداری کیفیت آب در طبقه عالی قرار گرفته است. در شاخص CWQI و DWQI کیفیت فقیر در ایستگاه عظیم‌خانلو (۲۸) و کیفیت کم در ایستگاه ممیند مشاهده می‌شود. در شاخص DWQI کیفیت فقیر در ایستگاه‌های خانلر (۶)، گوران آباد قزاق (۱۵)، چیانه (۱۷)، نظام‌آباد، عظیم خانلو و ممیند، مشاهده می‌شود. از نظر تغییرات زمانی شاخص CWQI درتمام ماه‌های نمونه‌برداری کیفیت کم را نشان می‌دهد و شاخص DWQI در ماه‌های آبان و اسفند کیفیت نسبتاخوب و خرداد و شهریور کیفیت خوب را نشان می‌دهد. به طورکلی کمترین مقدار میانه شاخص $IRWQI_{GC}$ و بیشترین میزان میانه شاخص WQI که نشان‌دهنده میزان آلودگی می‌باشد در ایستگاه عظیم خانلو و کمترین مقدار میانه شاخص‌های NSFWQI و OWQI در ایستگاه نظام‌آباد وجود دارد. پارامترهایی که بیشترین مقدار میانه در ایستگاه ۲۸ و ۲۳ را به خود اختصاص داده‌اند به ترتیب شامل TH, TDS، Ca، NO_3, Mg, و T.P, PO_4, DO K می‌باشند. نتایج کلی این است که اکثر ایستگاه‌ها در طبقه کیفی خوب مطابق $IRWQI_{GW}$، طبقه کیفی بسیار ضعیف در OWQI، در طبقه کیفی عالی مطابق WQI و WPI در طبقه کیفی خوب مطابق CWQI و در طبقه کیفی عالی بر اساس DWQI قرار گرفته است و کیفیت آب در کل ایستگاه‌های نمونه‌برداری طبق NSFWQI در طبقه کیفی متوسط واقع شده است. ایستگاه عظیم خانلو در شاخص $IRWQI_{GW}$ در طبقه کیفی بد و در شاخص WQI در طبقه کیفی فقیر واقع شده



شکل (۲): تغییرات مکانی و زمانی شاخص‌های کیفی منابع آب سطحی

است. با بررسی تغییرات زمانی شاخص‌ها، کیفیت آب مطابق شاخص NSFWQI در اسفند ماه خوب، در آبان، خرداد و شهریور متوسط، مطابق شاخص DWQI در آبان و اسفند نسبتا خوب، در خرداد و شهریور خوب می‌باشد. اما تغییرات زمانی وضعیت کیفی در شاخص‌های $IRWQI_{GW}$، OWQI و CWQI مشاهده نشد و کیفیت در کل ماه‌های نمونه‌برداری به ترتیب نسبتا خوب، بسیار ضعیف و کم می‌باشد. در منابع آب زیرزمینی شاخص‌های IRWQI, CWQI و DWQI دارای تغییرات مکانی می‌باشند و در مکان‌های مختلف در طبقات کیفی مختلفی واقع شده‌اند اما شاخص‌های NSFWQI، OWQI و WQI دارای طبقات کیفی یکسان در مکان مختلف می‌باشند. شاخص‌های ,$IRWQI_{GW}$ OWQI, WQI و WPi بدون تغییرات زماتی اما شاخص NSFWQI و DWQI دارای کیفیت مختلف در ماه‌های نمونه‌برداری می‌باشد. متوسط شاخص‌های $IRWQI_{GW}$ و WQI در ایستگاه‌های نمونه‌برداری منابع آب زیرزمینی نشان می‌دهد که ایستگاه‌های شماره ۱ و ایستگاه شماره ۲۸ به ترتیب بهترین و بدترین وضعیت کیفی را دارند. پارامترهای کدورت، سختی کل و نیترات در شاخص IRWQI، نیترات، کلسیم، منیزیم در شاخص WQI، فسفر کل در شاخص OWQI و فسفات در شاخص NSFWQI در منابع آب زیرزمینی به عنوان موثرترین پارامترها انتخاب شد (شکل ۳ و ۴).

وزن موثر پارامترهای آلاینده منابع آب سطحی

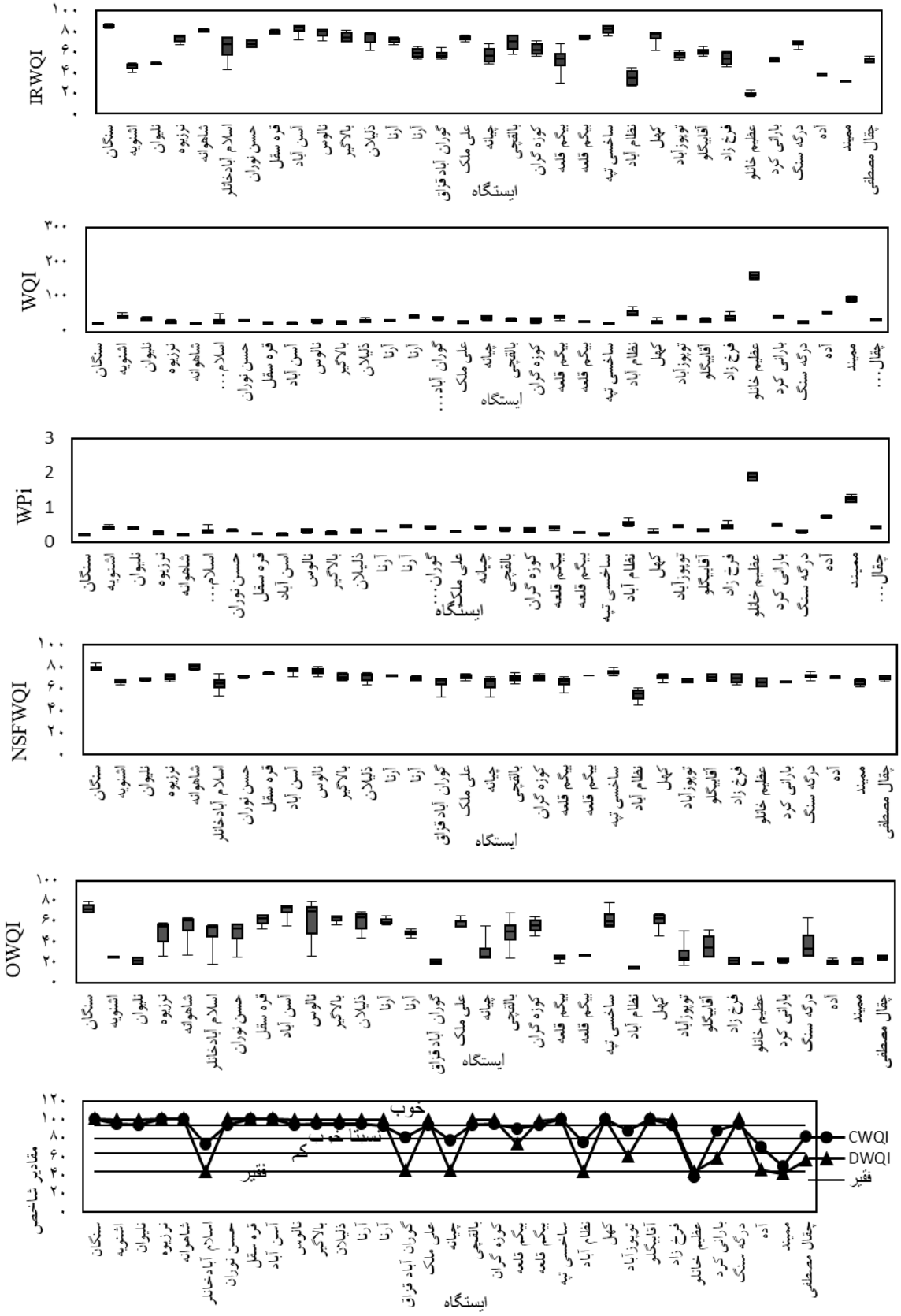
بر اساس مقادیر متوسط وزن موثر در محاسبه شاخص NSFWQI منابع آب سطحی پارامترهای DO و pH به ترتیب برابر با ۲۰٪ و ۱۶٪ می‌باشد. همچنین بیشترین وزن مربوط به اکسیژن محلول و اسیدیته به ترتیب برابر ۱۷٪ و ۱۱٪ می‌باشد. پارامترهای کل جامدات و کلیفرم مدفوعی به ترتیب با مقادیر ۵/۶۹٪ و ۶/۶۵٪ کمترین مقدار وزن موثر را به خود اختصاص دادند که به عنوان آلاینده‌ترین پارامترها از بین سایر پارامترهای مذکور در شاخص شناخته شده است. حداکثر مقدار وزن موثر در شاخص WQI در منابع آب سطحی مربوط به پارامترهای COD و Mg به ترتیب با ۴۶ ٪ و ۱۶٪ می‌باشد و این دو پارامتر به عنوان آلاینده‌ترین پارامترها مطابق این شاخص شناخته می‌شود.

وزن موثر پارامترهای آلاینده منابع آب زیرزمینی

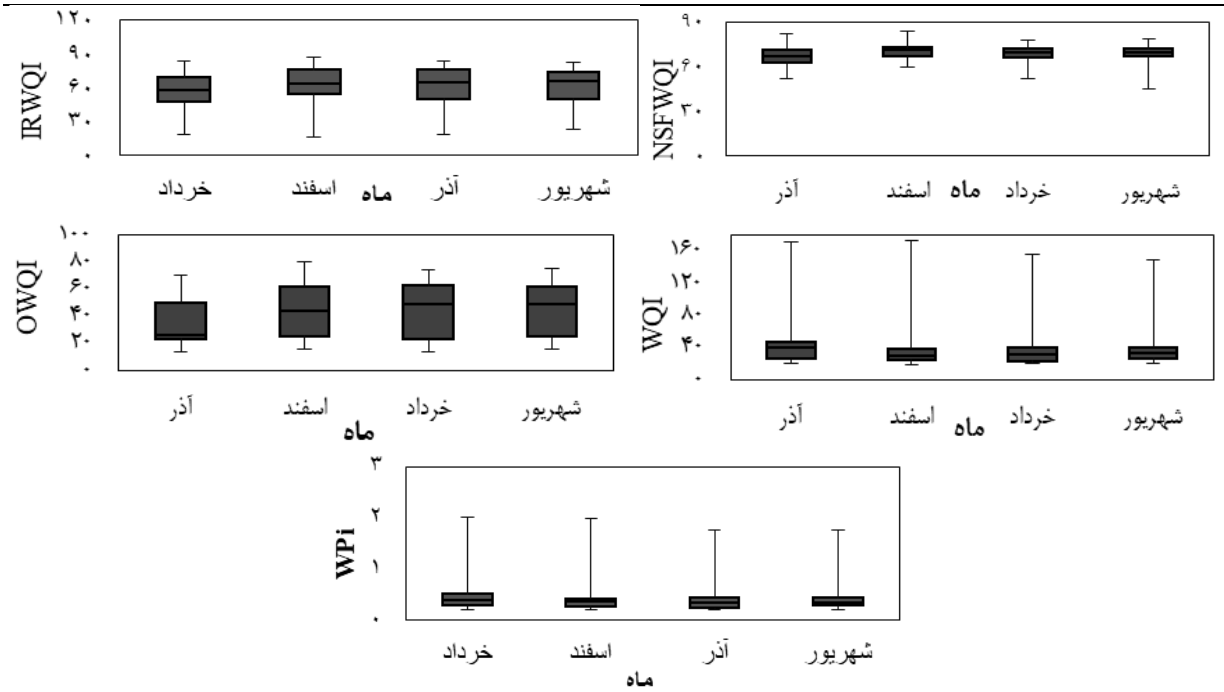
بر اساس مقادیر متوسط وزن موثر در محاسبه شاخص NSFWQI منابع آب زیرزمینی بیشترین وزن مربوط به پارامترهای F.C (کالیفرم مدفوعی) و pH به ترتیب با ۲۲٪ و ۱۴٪ می‌باشد و وزن کلیفرم مدفوع نسبت به اسیدیته کمتر می‌باشد. پارامترهای کل جامدات و درجه حرارت به ترتیب با مقادیر ۲٪ و ۴٪ کمترین مقدار وزن موثر را به خود اختصاص دادند. دو پارامتر مذکور با کمترین مقدار EW% تاثیرگذارترین پارامترها در پایین آوردن میزان کیفیت آب بودند. حداکثر مقدار وزن موثر درشاخص WQI در منابع آب زیرزمینی مربوط به پارامترهای NO_3 و CLبه ترتیب برابر با ۳۱٪ و ۲۱٪ می‌باشد همچنین وزن نسبی پارامتر نیترات بیشتر از کلراید می‌باشد. دو پارامتر مذکور با بیشترین مقدار EW % تاثیرگذارترین پارامترها در پایین آوردن میزان کیفیت آب بودند.

بحث و نتیجه‌گیری

شاخص کیفی NSFWQI نسبت به شاخص OWQI مناسب‌تر می‌باشد به این دلیل که وزن خاصی را به هر پارامتر نسبت می‌دهد اما شاخص اورگان فاقد ضریب وزنی بوده و دارای اثر یکسانی در مقدار نهایی شاخص می‌باشند و کاهش مقدار یک پارامتر سبب تاثیرگذاری بیشتری بر روی مقدار نهایی شاخص می‌شود. شاخص DWQI نسبت به شاخص CWQI به دلیل اختصاص دادن وزن به پارامترها برتری دارد. شاخص‌های CWQI و DWQI در منابع آب سطحی وضعیت یکسان کیفیت آب (فقیر) را در آلوده‌ترین ایستگاه بالقچی‌چای (۱۶) مطابق سایر شاخص‌ها و همینطور ایستگاه‌های گدارچای (۱، ۱۱، ۱۲، ۱۳،۱۴ ، ۱۷) و ایستگاه مخزن سد حسنلو (۲۱) نشان می‌دهند. در منابع آب زیرزمینی دو شاخص مذکور وضعیت مشابه کیفیت آب (فقیر) را در ایستگاه عظیم خانلو (۲۸) نشان می‌دهد اما ایستگاه نظام آباد (۲۳) که از نظر شاخص‌های NSFWQI و OWQI آلوده‌ترین ایستگاه محسوب می‌شود در شاخص کانادایی وضعیت نسبتاخوب و در شاخص DWQI وضعیت کیفی فقیر را دارد. نتایج به این صورت می‌باشد که شاخص NSFWQI وضعیت متوسط کیفیت آب را در منابع آب سطحی و زیرزمینی نشان می‌دهد که با نتایج (Ebrahimpour, 2013; Madadinia, 2014 Hoseinzadeh, 2015; Iranmanesh, 2017) مطابقت دارد. شاخص OWQI وضعیت بسیار ضعیف کیفیت آب را در منابع آب سطحی و زیرزمینی نشان



شکل (۳): تغییرات مکانی شاخص‌های کیفی منابع آب زیرزمینی



شکل (٤): تغییرات زمانی شاخص های کیفی منابع آب زیرزمینی

می‌دهد که با نتایج (Mirmoshtaghi, 2011; Ebrahimpour, 2013; Al- Abdeh & Saeedi, 2015) مطابقت دارد. شاخص WQI وضعیت عالی کیفیت آب را در منابع آب سطحی و زیرزمینی نشان می‌دهد. پارامترهای موثر در ایجاد آلودگی منابع آب سطحی COD و Mg می‌باشد که با نتایج Sener و همکاران (۲۰۱۷) مطابقت دارد و در منابع آب زیرزمینی شامل نیترات و کلراید می‌باشد. شاخص CWQI و DWQI دارای وضعیت کیفی فقیر در منابع آب سطحی و وضعیت کیفی خوب در منابع آب زیرزمینی می‌باشد. دو فاکتور کدورت و کلیفرم مدفوع به علت داشتن مقادیری بیش از حد استاندارد سبب کاهش میزان کیفیت شده‌اند. به طورکلی کیفیت آب چاه‌های دشت اشنویه خوب و نسبتا خوب و در انتهای حوضه در محدوده دشت نقده به دلیل چاه‌های مرغداری‌ها، کاهش دبی و تغلیظ آلاینده‌ها کاهش کیفیت آب چاه‌ها را می‌توان مشاهده کرد. همان‌طور که در منابع آب سطحی کیفیت آب در انتهای حوضه کاهش یافته است می‌توان دلیل کاهش کیفیت آب چاه‌ها در انتهای حوضه را تغذیه منابع آب زیرزمینی از جریان‌های سطحی دانست. شاخصی که استاندارد در آن به کار رفته مناسب می‌باشد که از بین شاخص‌های مذکور تنها در شاخص‌های WQI و WPI استانداردهای جهانی در محاسبات آن ها وجود دارد که محدودیتی هم در انتخاب پارامترهای بکار رفته در محاسبات وجود ندارد اما شاخص WPI به دلیل انعطاف‌پذیری در انتخاب متغیرها توسط کاربر، موثر نبودن وزن دهی به متغیرها در محاسبات، در نظر گرفتن تاثیر تغییر مقادیر PH روی مقدار شاخص، برآورد دقیق‌تری نسبت به شاخص WQI دارد و این شاخص به عنوان بهترین شاخص برآورد وضعیت کیفی معرفی می‌گردد. با توجه به این شاخص در منابع آب سطحی ایستگاه‌های شیخان‌چای (۶)، کانی‌رش (۹)، بالقچی‌چای (۱۵ و ۱۶)، محمدشاه (۱۹) و گدارچای (۲۰) به ترتیب به علت ورود زه‌آب به منابع سطحی، ورود زه‌آب از مراتع و اراضی کشاورزی حاوی مواد معدنی، وجود اراضی کشاورزی و افزایش مساحت باغ حاشیه رودخانه، دبی بسیار پایین و ورود آب آلوده از شاخه‌های الحاقی به عنوان آلوده‌ترین ایستگاه‌ها شناسایی شدند که پارامترهای کل جامدات معلق (۹۰/۴٪)، دما (۶/۵٪)، نیترات (۱۰/۵٪)، آمونیوم (۴۶/۴٪)، منیزیم (۱۷٪) و کلراید (۴۹٪) به ترتیب در این ایستگاه‌ها بیشترین درصد تاثیرگذاری را داشتند و در منابع آب زیرزمینی ایستگاه‌های نظام‌آباد(۲۳)، فرخ زاد (۲۷)، عظیم‌خانلو (۲۸)، آده (۳۱) و ممیند (۳۲) آلوده‌ترین ایستگاه‌ها بودند که به ترتیب پارامترهای فسفات (۵۸/۳٪)، BOD_5 و COD(۶٪)، سولفات (۵۲/۵٪)، بیکربنات (۸/۵٪) و کلراید (۴۵٪) بیشترین میزان تاثیرگذاری را در کاهش میزان کیفیت آب داشتند و به

طورکلی منابع آلاینده شهری (فاضلاب و زباله‌های شهری)، کشاورزی و دامداری (سموم و کودهای شیمیایی و حیوانی) منابع آلاینده اصلی آب‌های زیرزمینی این دشت می‌باشند که در ایستگاه‌های مذکور بیشترین درصد را به خود اختصاص داده‌اند. پیشنهاد می‌گردد با استفاده از روش‌های آماری تحلیل مولفه‌های اصلی (PCA) و آنالیز تشخیص پارامترهای آلاینده و وزن هر یک از پارامترهای کلیدی مشخص گردد. با به کارگیری آنالیز خوشه‌ای و محاسبه شاخص‌های کیفیت آب به تفکیک هر گروه ممکن به مقایسه شاخص‌ها بپردازیم.

یادداشت‌ها

1. Water Quality Index
2. Kirmir
3. Ciambulawung
4. AKSU
5. Chaohu
6. Oregon Water Quality Index
7. Ammonia + Nitrate Nitrogen
8. National Sanitation Foundation, Water Quality Index
9. IRan Water Quality Index for Groundwater Resources-Conventional Parameter

فهرست منابع

Akkoyunlu, A. & Akiner, M. E. 2012. Pollution evaluation in streams using water quality indices: A case study from Turkey's Sapanca Lake Basin. Ecological Indicators, 18: 501-511.

Al-Abdeh, D. & Saeedi, M. 2015. Evaluation of water quality indicators in Jajroud river under the influence of polluting sources, Second National Conference on Water, Man, Land, Iran University of Science and Technology. (in Persian)

Amin Pourshiani, S.; Mohammadi, M.; Khaledian, M. & Mirroshandel, A. 1394. Study of water quality of Gazrudbar river using NSFWQI quality index, the first international conference and the fourth national conference on environmental and agricultural research in Iran. (in Persian)

Cude, C. G. 2001. Oregon water quality index a tool for evaluating water quality management effectiveness. JAWRA Journal of the American Water Resources Association, 37(1): 125-137.

Dede, O. T.; Telci, I. T. & Aral, M. M. 2013. The use of water quality index models for the evaluation of surface water quality: a case study for Kirmir Basin, Ankara, Turkey. Water Quality, Exposure and Health, 5(1): 41-56.

Effendi, H. & Wardiatno, Y. 2015. Water quality status of Ciambulawung River, Banten Province, based on pollution index and NSF-WQI. Procedia Environmental Sciences, 24, 228-237.

Ewaid, S. H. 2017. Water quality evaluation of Al-Gharraf river by two water quality indices. Applied Water Science, 7(7): 3759-3765.

Ebrahimpour, S. & Mohammadzadeh, H. 2013. Evaluation and zoning of water quality of Zarivar Lake using quality indicators NSFWQI, OWQI and CWQI Environmental Research, Fourth Year, Number 7, Pages 146-137. (in Persian)

Forouzani, M. & Karami, E. 2011. Agricultural water poverty index and sustainability. Agronomy for Sustainable Development, 31: 415-432.

Javid, A.; Yaghmaeian, K.; Abbasi, E. & Roudbari, A. 2014. An evaluation of water quality from Mojen River, by NSFWQI index. Journal of ecological engineering, 15(4).

Hoseinzadeh, E.; Khorsandi, H.; Wei, C. & Alipour, M. 2015. Evaluation of Aydughmush river water quality using the national sanitation foundation water quality index (NSFWQI), river pollution index (RPI), and forestry water quality index (FWQI). Desalination and Water Treatment, 54(11): 2994-3002.

Hossain, M. & Patra, P. K. 2020. Water Pollution index-A new integrated approach to rank water quality.Ecological Indicators117:106-668

Iranmanesh, S.; Etbati, A. & Zolfaghari, Q. 2017. Water quality assessment of Baba Aman river in Bojnourd using WQI water quality index, 4th International Conference on Environmental Planning and Management, 2 and 3 June. (in Persian)

Iranian Water Resources Research (Tamab). Guide for calculating the quality index of Iran's water resources. 1396, 30 pages (in Persian)

Lumb, A.; Halliwell, D. & Sharma, T. 2006. Application of CCME Water Quality Index to monitor water quality: A case study of the Mackenzie River basin, Canada. Environmental Monitoring and Assessment, 113(1-3): 411-429.

Ma, Z.; Li, H.; Ye, Z.; Wen, J.; Hu, Y. & Liu, Y. 2020. Application of modified water quality index(wqi) in the assessment of coastal water quality in main aquaculture areas of Dalian, china. Marine pollution 157: 111-285.

Mohebbi, M. R.; Saeedi, R.; Montazeri, A.; Azam Vaghefi, K.; Labbafi, S.; Oktaie, S. & Mohagheghian, A. 2013. Assessment of water quality in groundwater resources of Iran using a modified drinking water quality index (DWQI). Ecological Indicators, 30: 28-34.

Mirzaei, M.; Solgi, E. & Salman-Mahiny, A. 2016. Evaluation of Surface Water Quality by NSFWQI Index and Pollution Risk Assessment, Using WRASTIC Index. Archives of Hygiene Sciences, 5(4): 264-277.

Moradi, B. 1392. Groundwater quality monitoring instructions. Journal No. 620. (in Persian)

Madadinia, M.; Manvari, S.M.; Karbasi, A.; Nabavi, S.M.B. & Rajabzadeh, A. 2014. Karun River Water Quality Assessment in Ahvaz Basin Using Water Quality Index, Environmental Science and Technology, Volume 16, Number 1, Pages 60-51. (in Persian)

Muridi, A.; Karachian, R. & Vazkai, M. 2016. Analysis of the quality of water resources in Iran. Iranian Water Resources Research. Twelfth Year, No. 4, pp. 35-23. (in Persian)

Mirmoshtaghi, S.M.; Amirnejad, R. & Khaledian, M.R. 2011. Study of Sefidrood River water quality and its zoning using NSFWQI and OWQI quality indicators, Wetlands Quarterly, Third Year, No. 9, Pages 23-23. (in Persian)

Safavi gerdini, M.; Mohammadrezapour, O.; Bahrami, E.; Mohamadi sedigh, M. & Salarijazi, M. 2018. Geostatistical Assessment of spatial and temporal variations of ground water quality parameters in Qorveh and Dehgolan South Plain. Iranian of irrigation & water engineering, 9(33), 167-183.

Sutadian, A. D.; Muttil, N.; Yilmaz, A. G. & Perera, B. 2016. Development of river water quality indices—a review. Environmental Monitoring and Assessment, 188(1): 58

Şener, Ş.; Şener, E. & Davraz, A. 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.

Tahmourspour, A.; Kasra Kermanshahi, R. & Nohi, A. 2005. Relationship between physicochemical factors of industrial effluent with resistant microbes. Environmental Science and Technology, - (24), 43-54. (in Persian)

Telschi Amirkhizi, M. 2015. Geochemical assessment and determination of groundwater quality in Sarab plain for irrigation purposes, dissertation on irrigation and drainage, Faculty of Water and Soil, Zabol University, 105 pages. analysis. Environmental Earth Sciences, 59(7): 1461-1473

WU, Z,. Lai, X. & Li, K. 2021. Water quality assessment of rivers in lake chaohu Basin (china) using water quality index. Ecological Indicators. 121: 107-021

Zhen, Ma.; Haaixia, li.; Zhangying, ye.; Junpu, wen.; Yu, hu. & Ying, liu. 2020. Application of modified water quality index (WQI) in the assessment of coastal water quality in main aquaculture areas of Dalian, China. Marine pollution Bulletin.157: 111-285

Yidana, S. M. & Yidana, A. 2010. Assessing water quality using water quality index and multivariate