پژوهش و فناوری محیط‌زیست، ۱۴۰۳،(۱۵)۹، ۱۸۵-۱۹۹

پژوهشکده محیط زیست

پژوهش و فناوری محیط زیست

وبگاه نشریه: www.journal.eri.aceer.ir

شاپا الکترونیکی: ۲۶۷۶-۳۰۶۰

ارزیابی وپهنه‌بندی کیفیت چاه‌های آب شرب شهرستان تربت‌جام و صالح‌آباد براساس شاخص (WQI) و نرم‌افزار GIS

محمد جواد ادیبی نیا[۱]، عاطفه ناصری[۲]، حسن مسعودی[۳]، اکرم قربانی[۴*]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه محیط‌زیست و زیست فناوری، مؤسسه آموزش عالی خردگرایان مطهر، مشهد، ایران

۲- کارشناسی ارشد گروه حفاظت کیفی آب، شرکت آب منطقه‌ای استان خراسان رضوی، مشهد، ایران

۳- رئیس گروه کنترل کیفیت مرکز پایش و نظارت بر کیفیت و بهداشت آب و فاضلاب، شرکت آب و فاضلاب استان خراسان رضوی، مشهد، ایران

۴- استادیار، گروه محیط‌زیست، عضو هیئت علمی مؤسسه آموزش عالی خردگرایان مطهر، مشهد، ایران

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
پژوهشی

تاریخ دریافت:
۱۴۰۲/۰۱/۲۹

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۳/۰۸/۰۱

دسترسی آنلاین:
۱۴۰۳/۰۹/۳۰

کلید واژه‌ها:
آلودگی آب‌زیرزمینی،
WQI،
طبقه بندی،
کروسکال والیس

چکیده

هدف از این مطالعه تعیین کیفیت منابع آب شرب زیرزمینی شهرستان تربت جام و صالح آباد با استفاده از شاخص کیفی (WQI) و پهنه‌بندی آن‌ها می‌باشد. برای تعیین اندکس کیفیت منابع آب اختصاصاً نتایج آزمایشات ۹ پارامتر شامل: (PH، سختی، جامدات محلول، کلسیم، منیزیم، سدیم، نیترات، کلرور و سولفات) مورد بررسی گرفت. از تعداد ۱۱۰ چاه چشمه و قنات منطقه نمونه‌برداری شده و به آزمایشگاه مرکزی ستاد شرکت آب و فاضلاب استان خراسان که دارای گواهینامه استاندارد ۱۷۰۲۵ آزمایشات شیمیایی آب می‌باشد، انتقال داده شد و آزمایشات برابر آخرین ورژن استاندارد متد سال ۲۰۰۵ توسط دستگاه IC کروماتوگراف اندازه‌گیری شد. درمرحله پایانی با مشخص شدن وضعیت کیفی چاه‌های آب شرب، پهنه‌بندی کیفی آن‌ها در نرم‌افزار ARC GIS10.2 انجام شد. نقشه‌های پهنه‌بندی کیفیت منابع آب نشان داد که اکثر منابع آب شهرستان تربت جام از نظرشاخص WQI در محدوده کیفیت آب عالی و خوب قرار گرفته‌اند. همچنین نتایج تکنیک‌های آماری (رگرسیون چندگانه) مشخص نمود پارامتر سدیم (Na) بیشترین ضریب اثرگذاری در تعیین شاخص WQI و پس آن سولفات، سختی کل، کلرور و جامدات محلول داشتند. بررسی سطح معنی داری کاربری اراضی با شاخص کیفی با آزمون کروسکال والیس نشان دهنده تفاوت معنی‌دار بین کاربری اراضی و شاخص کیفیت آب بود.

*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: karaj.envi@gmail.com

Journal of Environmental Research and Technology

journal homepage: www.journal.eri.acecr.ir

Environmental Research institute

Online ISSN: 3060-2676

Evaluation and zoning of the quality of drinking water wells in Torbat Jam and Saleh Abad cities based on the WQI index and GIS software

Mohammad Javad Adibinia[1], Atefeh Naseri[2], Hassan Masoudi[3], Akram Ghorbani[4*]

1. MSc student, Department of Environment and Biotechnology, Kheradgerayan Motahar of Higher Education, Mashhad, Iran
2. Senior Expert, Water Quality Conservation Group, Khorasan Razavi Regional Water Company, Mashhad, Iran
3. Head of Quality Control Group of Water and Wastewater Monitoring and Sanitation Center, Khorasan Razavi Water and Wastewater Company, Mashhad, Iran
4. Assistant Professor, Department of Environment, Kheradgerayan Motahar of Higher Education, Mashhad, Iran

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received:
19/05/2024
Accepted:
16/11/2024
Available online:
20/12/2024

Keywords:
Groundwater pollution,
WQI,
Classification,
Kruskal Wallis

Abstract

The purpose of this study is to determine the quality of underground drinking water sources in Torbat Jam and Saleh Abad cities using quality index (WQI) and their zoning. In order to determine the quality index of water resources, the results of testing 9 parameters including: (PH, hardness, dissolved solids, calcium, magnesium, sodium, nitrate, chlorine and sulfate) were studied. Samples were taken from 110 spring wells and aqueducts in the region and transferred to the central laboratory of Khorasan Water and Wastewater Company headquarters, which has a standard certificate of 17025 for water chemical tests and the experiments were measured according to the latest standard version of the method in 2005 by the IC chromatograph device. In the final stage, after determining the quality status of drinking water wells, their quality zoning was done in ARC GIS10.2 software. Zoning maps of water resources quality showed that most of the water resources of Torbat Jam city are in the range of excellent and good water quality in terms of WQI index. Also, the results of statistical techniques (multiple regression) showed that sodium (Na) parameter had the highest influence coefficient in determining the WQI index, followed by sulfate, total hardness, chlorine and dissolved solids. Investigating the significance level of land use with quality index by Kruskal-Wallis test showed a significant difference between land use and water quality index.

* Corresponding author E-mail address: karaj.envi@gmail.com

مقدمه

امروزه آب زیرزمینی در بیشتر مناطق جهان از اهمیت بسیار زیادی برای تامین آب شرب برخوردار است این منابع حدود ۳۰ درصد از منابع آب شیرین جهان که تقریباً ۰/۷۶ درصد از کل آب جهان که شامل اقیانوس‌ها و یخ‌های دائمی است را تشکیل می‌دهد. افزایش جمعیت و در نتیجه آن افزایش بهره برداری از این منابع ارزشمند باعث شده است که نه تنها کمیت منابع آب زیرزمینی کاهش یابد، بلکه کیفیت این منابع نیز تحت تاثیر قرار گیرد(Kordestani et al., 2019). تعیین کیفیت آب بستگی به انبوه تعداد داده‌های کیفی آب اعم از باکتریولوژیک، شیمیایی، فلزات سنگین و عوامل بیولوژیک و ... دارد که اولا سنجش دقیق آن قابل انجام نیست و دوما جمع بندی و تحلیل آن کار بسیار پیچیده و دشواری است. تجزیه و تحلیل کیفیت آب بصورتی که ارزیابی و نظارت بر کیفیت آب‌های زیرزمینی برای استفاده پایدار را ساده نماید، حائز اهمیت می‌باشد. شاخص کیفیت آب (WQI[1]) یکی از موثرترین ابزارها برای انتقال اطلاعات در مورد کیفیت آب به شهروندان، مقامات دولتی و سیاست گذاران است (Magesh et al, 2013).

شاخص کیفیت آب WQI در دهه ۱۹۷۰ توسعه یافته و ابزاری است جهت ارزیابی و پایش میزان تغییرات زمانی و مکانی پارامترهای کیفیت آب، که می‌تواند اطلاعات بسیار مفیدی در زمینه کیفیت منابع آب در اختیار ما قرار دهد (Eslami et al., 2019).

WQI تکنیک مهمی است که برای خلاصه کردن داده‌های فراوان کیفی آب بصورت یک شاخص و به تبع آن تعیین کیفیت آب‌های زیرزمینی و مناسب بودن آب برای اهداف آشامیدنی استفاده می‌شود(Ranjbar.,Soltani, 2012) این شاخص برای فهم موضوعات کیفی آب توسط یکپارچه سازی داده‌های پیچیده و ایجاد یک عدد که پیکره کلی کیفیت آب را توصیف می‌کند، بکار می‌رود (Zareie.,Khoshamand, 2013). معتمدی راد وهمکاران ارزیابی کیفیت منابع آبی از نظر شرب، کشاورزی و صنعت در آبخوان کارستی روئین اسفراین استان خراسان شمالی را مطالعه کردند. بدین منظور نمونه برداری از منابع آب (۲۰ نمونه) به عمل آمد و کیفیت آب زیرزمینی منطقه از لحاظ شرب، کشاورزی و صنعت با استفاده از نمودار شولر، ویلکوکس و روش لانژلیه و شاخص‌های GQI[2] و WQI مورد ارزیابی قرار گرفت. با توجه به نتایج آنالیز نمونه‌های برداشت شده و نمودار شولر، بیشتر آب چشمه‌های منطقه در رده خوب برای شرب قرار گرفتند. نتایج حاصل از نمودار ویلکوکس نشان داد که فقط نمونه‌هایS7 (چشمه زرگرا)، نمونه S6 (چشمه قرنگ زوچه) و نمونه S۲۰ (رودخانه در خروجی حوضه) دارای آب شور ولی قابل استفاده برای کشاورزی و بقیه مناسب برای کشاورزی بودند. شاخص WQI نیز نشان از کیفیت مناسب تمامی نمونه‌های برداشت شده از لحاظ شرب بود. بررسی مکانی و پهنه بندی کیفیت آب شرب از شاخصGQI نیز صورت گرفت که مقدار شاخص کیفی GQI در منطقه برای نمونه‌ها از ۹۳/۴۲ تا ۹۵/۸۷ متغیر بود. Shri., Norani.(2020) به کمک شاخص (WQI)، و همچنین نرم افزار GIS[3] پهنه بندی کیفی منابع آب زیرزمینی دشت تبریز را انجام دادند. بدین منظور شاخص کیفیت آب زیرزمینی (با استفاده از پارامترهای سولفات، کلر، بی کربنات، pH، جامدات نامحلول، سختی کل، هدایت الکتریکی، پتانسیم، سدیم، منیزیم و کلسیم) برای دشت تبریز برای دو فصل تر و خشک، با استفاده از داده‌های ۸۶ چاه محاسبه شد. نتایج حاکی از آن بود که غالب دشت تبریز دارای آب با کیفیت ضعیف برای آشامیدن می‌باشد، همچنین فصول خشک کیفیت آب بهتری نسبت به فصول تر داشتند.

Adimalla. (2019) در بررسی کیفیت آب زیرزمینی در منطقه‌ای از جنوب هند با محاسبه شاخص WQI برای ۱۹۴ نمونه از آبهای زیرزمینی و همچنین ارزیابی ریسک سلامت در آن منطقه توسط مشخص گردید با توجه به اینکه آب زیرزمینی

[1]-Water Quality Index
[2] -Groundwater Quality Index
[3]-geographic information system

منبع اولیه برای نوشیدن و نیازهای خانگی است، کیفیت و سلامت آن ارتباط مستقیم با سلامت انسان دارد. همچنین نتایج نشان داد دو عنصر نیترات و فلوراید در آب منطقه مورد مطالعه بالا بوده، کودکان به علت مصرف بیشتر در معرض خطر سلامتی قرار گرفته اند. در مطالعه Rabeiy, (2017) که با استفاده از WQIو GIS به بررسی کیفیت منابع آب زیرزمینی در مصر توسط پرداخته شد. نتایج نشان داد که ۲۰ درصد از نمونه‌های آب زیرزمینی عالی بودند، ۷۵ درصد برای نوشیدن خوب و ۸ درصد کیفیت بسیار پایین و ۱درصد هم برای نوشیدن نامناسب بودند.

باقرزاده و همکاران طی مطالعه‌ای در سال ۱۳۹۷ به منظور ارزیابی کیفیت آب رودخانه ماسوله رودخان با استفاده از شاخص NSFWQI به این نتیجه دست یافتند که شاخص کیفی NFSWQI بدست آمده برای رودخانه ماسوله رودخان طی دوره نمونه‌برداری در گستره بین ۳۸ تا ۶۵ و بر اساس طبقه‌بندی شاخص، ۹ ایستگاه در طبقه بد و بقیه ایستگاه‌ها در طبقه متوسط قرار دارند

شهرستان تربت جام در شمال شرقی استان خراسان رضوی واقع شده است. برداشت بی‌رویه به منظور استفاده کشاورزی وبالاخص کاشت خربزه موجب شده که منابع آب تهدید شوند. این شهرستان مرزی استان خراسان رضوی با ۱۱ هزار و ۸۵۰ هکتار سطح زیرکشت خربزه رتبه نخست پهنه کشت و بیشترین تولید این محصول را در سطح کشور دارد. حال آنکه برابر آخرین آمار سازمان آب منطقه ای از حجم کل آب تجدید پذیر منطقه برابر ۵۰۲ میلیون متر مکعب ۴۵۶ میلیون متر مکعب به کشاورزی تعلق دارد و فقط ۲۸ میلیون متر مکعب اختصاص به شرب دارد و هواشناسی منطقه نیز برابر روش دومارتن اقلیم شهر در منطقه "نیمه خشک" و در روش آمبرژه از نوع "نیمه خشک سرد" می‌باشد. تعداد ۵ شهر تربت‌جام، صالح‌آباد، نصرآباد، نیل شهر و احمدآباد صولت و ۲۵۱ روستا در منطقه وجود دارد که در روستاها جمعیتی معادل ۱۳۷ هزار نفر و شهر جمعیتی معادل با ۱۲۰ هزار نفر را در خود جای داده است آب و هوای خشک سرد، میزان کم بارندگی و برداشت بی‌رویه آب برای کشاورزی موجب شده است تا کیفیت و کمیت آب شرب تهدید جدی شود. با توجه به نتایج مطالعات مذکور این مطالعه با هدف بررسی وضعیت منابع آب شهرستانی انجام شد که در سطح استان خراسان دچار کمبود آب بوده و با خشکسالی‌های مستمر در سال‌های اخیر روبرو بوده و افزایش مصرف آب با توجه به توسعه کشاورزی مشکل را دو چندان کرده است و بسیاری چشمه‌ها و قنوات و همچنین چاه‌های کم عمق خشک شده‌اند.

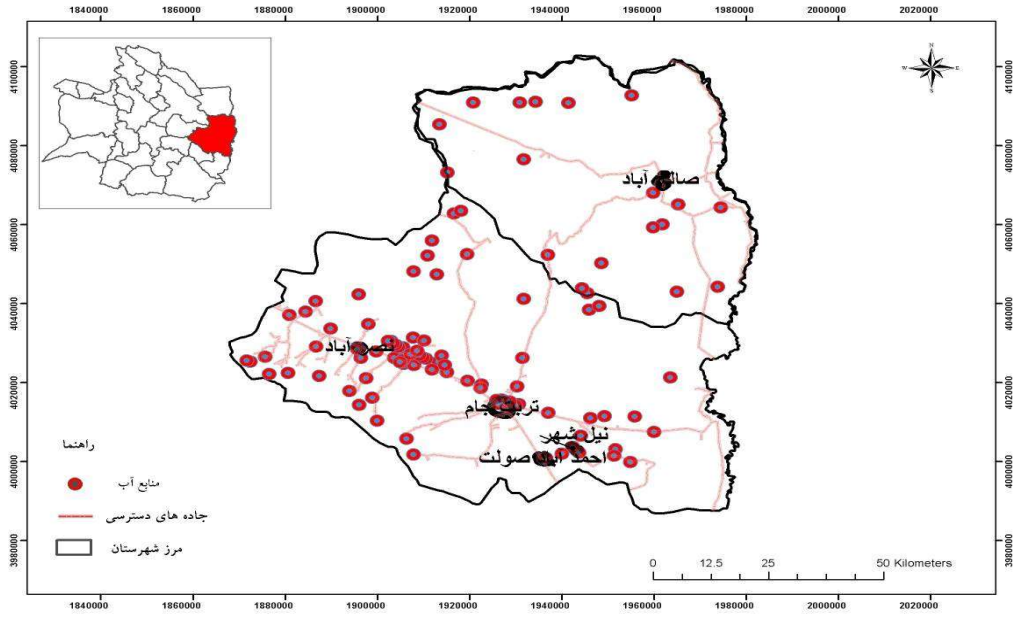
شهرستان تربت جام و صالح‌آباد از نظر منابع آب‌های سطحی بسیار فقیر است، به همین دلیل فشار عمده بر روی برداشت آب از سفره‌های زیرزمینی برای مصارف مختلف شهری، صنعتی و کشاورزی است لذا بهره‌برداری بیش حد از منابع آب زیرزمینی افزون بر کمیت، کیفیت منابع آب را نیز کاهش می‌دهد در واقع شناخت کیفیت منابع آب با استفاده از شاخص WQI، اولین گام در جهت برنامه‌ریزی، مدیریت و جلوگیری از کاهش کیفیت منابع آب است. این پژوهش با هدف ارزیابی، پهنه‌بندی، تعیین پارامترهای موثر و نقش کاربری اراضی در کیفیت منابع آب شرب شهرستان تربت جام با استفاده از مدل کیفی WQI، نرم‌افزار GIS و تکنیک‌های آماری صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

معرفی ناحیه مورد مطالعه

استان خراسان رضوی با مساحت ۱۱۸،۸۵۴ کیلومتر مربع، بر اساس آمار سرشماری عمومی نفوس و مسکن (۱۳۹۵) دارای جمعیتی برابر ۶۴۳۴۵۰۱ نفر است که دومین استان ایران از نظر جمعیت محسوب می‌شود. خراسان رضوی با یک میلیون و ۲۰۰ هزار مترمکعب اضافه برداشت از منابع آب‌های زیرزمینی رتبه نخست کشور را به خود اختصاص داده است و از ۳۷ محدوده مطالعاتی این استان، ۳۴ محدوده با افت سطح آب و ۱۵ درصد با شرایط بحرانی مواجه هستند. شهرستان‌های تربت جام و صالح

آباد در شرق استان مجاور با مرز افغانستان قرار دارند و این دو شهرستان دارای ۶ شهر و ۲۳۵ روستا با جمعیتی بالغ بر ۲۶۷۶۷۱ نفر برابر مرکز ملی آمار ایران هستند. آب شرب شهرها و روستاهای تحت پوشش توسط ۶۶ چاه عمیق، ۲۶ چشمه، ۱۲ قنات و ۶ چاه دستی تأمین می‌شود.



شکل (۱) موقعیت جغرافیایی چاه‌ها، چشمه و قنوات آب شرب شهرستان تربت جام

مراحل انجام کار

مراحل انجام کار این پژوهش شامل: جمع‌آوری داده‌ها، محاسبه میانگین، انحراف معیار، حداکثر و حداقل پارامترها با استفاده از نرم‌افزار SPSS22، محاسبه شاخص WQI، پهنه‌بندی کیفیت آب شرب براساس شاخص WQI در نرم‌افزار ARC GIS و در نهایت تعیین پارامترهای موثر و سطح معنی‌داری این شاخص در تعیین کیفیت آب شرب چاه‌های مذکور می‌باشد.

جمع‌آوری اطلاعات

ابتدا اطلاعات مربوط به پارامترهای فیزیکی و- شیمیایی ۱۱۰چاه، چشمه و قنات با کاربری شرب شهرستان تربت جام در سال ۱۳۹۹ از شرکت آب و فاضلاب استان خراسان رضوی و آب منطقه‌ای خراسان رضوی و همچنین آمار مربوط به کاربری اراضی از جهاد کشاورزی خراسان رضوی جمع‌آوری شد.

تحلیل آماری

پس از بررسی اولیه اطلاعات مربوط به پارامترهای فیزیکی و شیمیایی چاه‌های آب شرب شهرستان تربت جام، ۱۱ پارامتر شامل:۱- PH، ۲- سختی، ۳-جامدات محلول، ۴-کلسیم، ۵- منیزیم، ۶- سدیم، ۷- نسبت سدیمی (SAR[1])، ۸-پتانسیم، ۹- بی‌کربنات، ۱۰- سولفات و ۱۱- کلر ابتدا انتخاب گردید. بعد از مشخص شدن پارامترها، اطلاعات مربوط به آنالیز یک ساله (۱۳۹۹) آنها، به صورت میانگین مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. برای تعیین استاندارد کیفیت آب، استاندارد ملی ایران به شماره ۱۰۵۳، آخرین راهنمای۲۰۲۲ سازمان جهانی بهداشت (WHO) مورد بررسی قرار گرفتند. برای تعیین اندکس کیفیت منابع آب اختصاصا نتایج آزمایشات ۹ پارامتر شامل:(PH، سختی، جامدات محلول، کلسیم، منیزیم، سدیم، نیترات، کلرور و سولفات) بررسی گردید. از تعداد ۱۱۰ چاه چشمه و قنات منطقه نمونه برداری شده و به آزمایشگاه مرکزی ستاد شرکت آب و

[1]-Sodium adsorption ratio

فاضلاب استان خراسان که دارای گواهینامه استاندارد ۱۷۰۲۵ آزمایشات شیمیایی آب می‌باشد، انتقال داده شد. آزمایشات برابر آخرین ورژن استاندارد متد سال ۲۰۰۵ توسط دستگاه IC کروماتوگراف اندازه گیری شد. در این پژوهش برای تعیین پارامترهای موثر یا مشارکت کننده در شاخص کیفیت آب از رگرسیون چندگانه (MLR) استفاده شد. شاخص کیفیت آب (WQI) به عنوان متغیر وابسته (Y) و هر یک از پارامترهای ۱- pH، ۲- سختی کل (TH)، ۳- جامدات محلول (TDS)، ۴- کلسیم (Ca)، ۵- منیزیم (Mg)، ۶- سدیم (Na)،۷- نیترات (NO_3)، ۸- سولفات (SO_4) و ۹-کلر (CL) به عنوان متغیر مستقل (X) در نظر گرفته شدند. سپس داده‌ها وارد نرم‌افزار SPSS 22 شده و میزان اثر پارامترها در کیفیت منابع آب (شاخص WQI)مشخص شد. ابتدا میزان نرمال بودن داده‌ها در سطح معنی‌داری پنج درصد بررسی گردید. با توجه به غیرنرمال بودن داده‌ها وبررسی پارامترهای مختلف دراین شاخص با توجه به غیرنرمال بودن داده‌ها از آزمون کروسکال - والیس استفاده شد. زمانی که داد ه‌ها در مقیاس رتبه‌ای باشند، جهت مقایسه وضعیت یک متغیر در چند گروه، از این آزمون استفاده می‌شود. آزمون کروسکال والیس، معادل تحلیل واریانس یک طرفه در آزمون‌های پارامتریک است. در مرحله پایانی با مشخص شدن وضعیت کیفی چاه‌های آب شرب، پهنه‌بندی کیفی چاه‌های آب شرب در نرم‌افزار ARC GIS10.2 با استفاده از ماژول اجرایی Topo to raster انجام گردید.

محاسبه شاخص WQI

نخست ۹ پارامتر شامل: ۱- PH، 2- سختی کل (TH)۳-جامدات محلول (TDS) 4- کلسیم، ۵- (Ca) ۶- منیزیم (Mg)، 6- سدیم(Na) 7- نیترات (NO_3)، 8- سولفات (SO_4) و ۹- کلر (CL) انتخاب شد و به هر پارامتر طبق نظر سازمان بهداشت جهانییک وزن (AW) بین ۱تا ۵ اختصاص داده شد. براساس اهمیت هر پارامتر از نظر تأثیر برکیفیت آب زیرزمینی و سلامتی انسان بیشترین وزن به پارامترهای جامدات محلول (TDS) و نیترات (NO3) و کمترین وزن به پارامترهای PH و کلسیم (Ca) اختصاص یافت.

جدول(۱) وزن اختصاص یافته به هر پارامتر

پارامتر	PH	TH	TDS	Ca	Mg	Na	NO_3	SO_4	CL	مجموع وزن
AW	1	3	5	1	4	4	5	4	2	29

تأثیر فاکتورها برکیفیت آب

محاسبه نسبت وزنی هر پارامتر

$$RW=AW/\Sigma AW$$ (رابطه ۱)

در این رابطه: RW نسبت وزنی هر پارامتر، AW وزن اختصاص یافته به هر پارامتر براساس نظرات کارشناسان در مطالعات قبلی و تجربه کارشناسان کیفی آب و فاضلاب استان، شرکت آب منطقه‌ای خراسان رضوی براساس استاندارد سازمان بهداشت جهانی برآورد شده است. این وزن‌دهی براساس بیشترین میزان تأثیر پارامترهای مذکور بر روی کیفیت آب طبق آزمایشات و بررسی‌های علمی می‌باشد.

جدول(۲) وزن نسبی هر پارامتر

پارامتر	PH	TH	TDS	Ca	Mg	Na	NO_3	SO_4	CL
RW	0.034	0.103	0.172	0.034	0.137	0.137	0.172	۱0.137	0.068

میزان کیفیت هر پارامتر

از تقسیم مقدار اندازه‌گیری شده هر پارامتر در نمونه‌های نمونه‌برداری شده بر مقدار استاندارد آن پارامتر از طریق رابطه ۲ برآورد شد.

$$Qi=(Ci/Si)*100$$ (رابطه ۲)

Qi: میزان کیفی، Ci میزان به دست آمده هر پارامتر در ایستگاه‌ها نمونه برداری (منابع آب شرب)، Si میزان گزارش شده در استاندارد جهانی مربوط به آب شرب (۱۵۰۳ و WHO). استاندارد آب شرب ۱۵۰۳ منطبق با استاندارد WHO می‌باشد.

جدول (۳) استانداردهای تعیین شده برای هر یک از پارامترها ابر اساس استاندارد ملی ایران و سازمان جهانی بهداشت

پارامتر	PH	TH	TDS	Ca	Mg	Na	No3	SO4	CL
AW	7.5	200	1000	**300**	30	200	50	250	250

اندازه گیری شاخص (WQI)

برای محاسبه WQI ابتدا با استفاده از رابطه (۳) شاخص بحرانی برای هر پارامتر محاسبه می‌شود (کیفیت نسبی هر پارامتر ضرب در وزن نسبی برای هر پارامتر در حقیقت مرحله دوم و سوم در هم ضرب شده و شاخص بحرانی هر پارامتر بدست می‌آید).

$SIi=RW*Qi$ (رابطه ۳)

از مجموع این شاخص‌های بحرانی مقدار عددی WQI برآورد می‌گردد.

$WQI=\Sigma SIi$ (رابطه ۴)

سپس وضعیت کیفی منابع آب شرب براساس شاخص یاد شده طبقه بندی می‌گردد.

جدول (۴) طبقه بندی کیفیت چاه‌های آب شرب براساس (WQI)

محدوده شاخص	کیفیت آب
کمتر از 50	عالی (بسیار خوب)
50-100	خوب
100-200	متوسط
200-300	بسیار ضعیف
بیشتر از 300	نامناسب برای اهداف آشامیدنی

پهنه‌بندی شاخص WQI

درمرحله پایانی با مشخص شدن وضعیت کیفی چاه‌های آب شرب، پهنه‌بندی در نرم‌افزار ARC GIS10.2 با استفاده از ماژول اجرایی Topo to raster انجام گردید.

نتایج و بحث

محاسبه شاخص WQI

درمحاسبه شاخص WQI ابتدا از نمودارهای استاندارد (تهیه شده توسط دانشگاه ویلوکس) این شاخص استفاده و برای هر کدام از پارامترها عیار آن محاسبه می‌شود. سپس با حاصل‌ضرب دوعامل Wi (جدول وزنی) و Qi و مجموع پارامترها، WQI بدست می‌آید.

در این بخش به منظور محاسبه شاخص کیفیت منابع آب (WQI)، میانگین سالانه داده‌های خام اخذ شده از شرکت آب و فاضلاب محاسبه شد. در جدول ۵ میانگین پارامترها و میزان شاخص WQI محاسبه شده است و به ترتیب میزان شاخص از ردیف ۱ تا ۱۱۰ ارائه شده است.

جدول (۵) مقادیر میانگین پارامترها و شاخص WQI برای منابع آب شرب شهرستان مورد پژوهش

ردیف	نام منبع	pH	TDS	TH	Ca	Mg	Na	NO3	SO4	CL	WQI	وضعیت
1	چشمه قلعه شیر	8.2	221.0	169.68	50.10	10.67	5.92	9.17	18.20	8.87	26.35	عالی
2	چشمه میانسرا	8.2	256.1	123.22	32.32	10.18	32.20	9.41	27.80	17.26	27.22	عالی
3	چشمه مومن اباد	8.2	226.9	173.72	40.40	17.45	8.20	4.13	23.80	9.86	28.55	عالی
4	چشمه بزد	8.5	253.5	133.32	35.55	10.67	28.38	7.11	58.80	14.79	28.58	عالی
5	چشمه کاریزان	8.2	260.0	185.84	48.48	15.51	9.60	5.35	22.00	10.85	29.33	عالی

ردیف	نام منبع	pH	TDS	TH	Ca	Mg	Na	NO3	SO4	CL	WQI	وضعیت
6	قنات فیروز کوه	8.3	297.1	206.04	71.10	14.54	18.04	18.14	51.20	14.79	37.44	عالی
7	چاه دستی بید ستان	8.3	360.1	210.08	45.25	23.27	32.00	8.05	52.14	15.70	40.34	عالی
8	چشمه رونج	8.4	322.4	220.18	44.44	26.18	15.10	3.44	81.00	15.78	40.42	عالی
9	قنات سیاه خوله	8.3	437.5	100.00	14.46	15.61	105.00	7.10	57.50	74.00	40.69	عالی
10	چشمه بیدک	8.1	398.7	213.00	56.85	17.26	53.90	8.60	49.30	31.58	40.71	عالی
11	چشمه باغک سفلی	8.1	277.6	194.04	58.61	11.41	15.80	40.10	29.80	12.77	41.09	عالی
12	چشمه کلاته اقا محمد	8.2	310.1	234.32	70.00	23.76	9.60	15.31	45.60	14.79	41.47	عالی
13	قنات درخت بید	8.3	445.6	110.00	12.85	19.02	100.00	12.60	66.80	50.00	43.62	عالی
14	قنات بنی تاک	8.4	459.0	108.00	11.25	19.51	105.00	9.90	66.50	74.00	44.74	عالی
15	چشمه حسنک	7.9	421.2	258.56	54.14	29.57	31.60	0.00	47.70	40.43	44.92	عالی
16	چاه عمیق قلعه سرخ	8.4	454.3	145.44	29.09	17.45	93.75	10.05	105.00	40.42	45.20	عالی
17	چاه عمیق کلاته بزرگ	8	366.6	226.24	48.48	25.21	32.10	10.72	86.00	22.67	45.21	عالی
18	قنات ابدال اباد	7.3	429.6	258.56	66.26	22.30	34.75	3.68	100.00	35.40	45.57	عالی
19	قنات قلعه گک	7.9	403.0	276.74	80.80	17.94	20.20	15.26	107.00	17.75	46.69	عالی
20	چاه شماره ۱۷ مجنمع امامت	8	515.0	144.00	35.20	14.20	127.00	8.70	105.00	68.00	47.84	عالی
21	چاه عمیق خیراباد	8.5	445.9	189.88	34.74	24.73	71.25	7.91	120.00	51.27	49.90	عالی
22	چاه بدال	8	459.0	213.60	50.54	21.26	60.00	19.42	82.70	52.60	50.75	خوب
23	چشمه قلعه گگ	7.8	428.4	304.00	78.40	25.90	24.30	11.96	94.12	26.88	51.09	خوب
24	چاه عمیق تقی اباد	8.2	513.5	157.56	29.88	20.36	110.50	10.58	168.00	48.30	53.38	خوب
25	چاه شماره ۶ مجنمع ولایت	7.9	421.0	180.00	32.30	22.40	132.00	7.10	118.00	90.00	53.56	خوب
26	چشمه	7.3	489.0	152.00	12.55	29.00	140.01	4.74	86.36	95.19	54.33	خوب
27	چشمه شاه توت	7.9	538.7	249.70	60.92	23.74	35.25	12.00	120.00	97.00	55.30	خوب
28	قنات۲ جنت آباد	7.7	434.8	326.40	68.54	37.21	80.00	4.20	13.55	52.40	55.64	خوب
29	چشمه جنت آباد	8.2	423.4	215.00	19.50	50.30	51.60	10.00	25.00	51.00	56.52	خوب
30	چشمه سنگ آتش	7.9	493.4	262.60	72.72	19.39	55.00	27.17	139.00	33.03	57.30	خوب
31	قنات کلاته سفید	8.2	513.5	328.68	65.74	39.44	40.00	1.26	95.00	19.64	57.32	خوب
32	چاه شماره ۵ مجنمع ولایت	7.9	530.0	224.00	24.50	23.00	148.00	8.50	133.00	51.00	58.24	خوب
33	چاه عمیق جعفر اباد	8.6	603.2	141.40	21.82	20.85	139.00	18.76	125.00	91.60	59.26	خوب
34	منبع اسماعیل اباد گرجی	8.5	640.9	159.58	32.32	18.91	153.00	11.19	162.00	76.91	59.52	خوب
35	چاه عمیق کلاته صوفی	8.2	574.6	169.68	28.28	23.76	129.00	9.46	189.00	66.06	59.65	خوب
36	چاه عمیق حاجی اباد	8.2	628.6	161.60	32.32	19.39	154.00	11.16	174.00	93.67	61.13	خوب
37	چاه عمیق کاریزنو	8.5	617.5	189.88	27.47	29.09	129.00	10.95	110.00	90.71	61.51	خوب
38	چاه عمیق بزد	8.4	640.3	159.58	31.51	19.39	153.00	11.15	210.00	75.92	62.27	خوب
39	چاه شماره ۱۸ مجنمع امامت	7.9	437.0	228.00	40.80	30.42	147.00	11.10	102.00	120.00	63.17	خوب
40	چاه عمیق حسن اباد	8.2	637.7	177.76	26.66	26.66	145.00	11.03	162.50	98.60	64.44	خوب
41	چاه شماره رامامت	7.8	483.1	260.00	31.20	43.68	99.28	11.12	98.30	70.00	65.41	خوب
42	چاه شماره ۹ مجنمع ولایت	8.2	514.0	204.00	33.60	28.90	152.00	9.20	188.00	90.00	65.46	خوب
43	قنات استای علیا	8.3	668.0	164.00	17.67	29.27	150.00	10.60	140.00	126.00	65.98	خوب
44	چاه عمیق سمنگان	8.3	659.8	185.84	25.86	29.09	150.00	13.28	140.00	115.36	67.20	خوب
45	چاه شماره ۲۰ مجنمع امامت	7.6	645.0	230.00	32.00	36.20	140.00	8.00	120.00	103.00	67.90	خوب
46	چاه شماره ۱۹ مجنمع امامت	7.7	442.2	252.00	38.40	37.44	131.20	10.93	182.24	100.00	69.84	خوب
47	چاه عمیق خرم اباد	8	638.3	246.44	51.71	28.12	119.10	10.08	246.00	83.81	70.25	خوب
48	چشمه ممیزاب	7.9	636.5	260.00	52.80	30.72	150.00	20.49	151.36	46.11	70.51	خوب
49	چشمه بشیر آباد	8	518.0	332.00	36.80	57.60	80.00	9.10	74.20	33.30	70.85	خوب

ردیف	نام منبع	pH	TDS	TH	Ca	Mg	Na	NO3	SO4	CL	WQI	وضعیت
50	چشمه پلورزه	7.9	598.0	412.08	106.66	34.91	35.00	1.17	290.07	23.52	71.44	خوب
51	چاه عمیق محموداباد سفلی	8.2	729.3	175.74	27.47	25.69	177.00	12.67	210.00	129.17	72.58	خوب
52	چاه عمیق کلاته فاضل	8.3	735.8	171.70	27.47	24.73	181.00	11.84	214.00	135.08	72.59	خوب
53	چاه شماره ۴ مجتمع ولایت	7.8	666.0	284.00	36.50	20.10	182.00	9.50	233.00	98.00	73.12	خوب
54	چاه عمیق سمسرای سفلی	8.2	615.5	327.24	65.45	39.27	75.00	15.08	184.70	67.04	73.64	خوب
55	چشمه خواجه طاعون	7.2	642.5	372.00	75.20	44.16	155.00	9.89	102.40	58.69	76.96	خوب
56	چاه عمیق کاریزنو۲	8.4	726.7	238.36	40.40	32.97	162.00	14.38	194.00	131.14	77.96	خوب
57	چاه شماره ۲ مجتمع غدیر	7.5	572.0	280.00	17.00	57.00	140.00	8.40	170.00	74.00	80.03	خوب
58	چاه عمیق جنگاه	8.6	819.0	218.16	41.21	27.63	188.50	13.37	270.00	106.49	80.47	خوب
59	چاه شماره ۷ مجتمع ولایت	7.9	630.0	204.00	42.00	28.70	230.00	8.00	290.00	170.00	82.25	خوب
60	چاه شماره ۸ مجتمع ولایت	7.9	630.0	204.00	42.00	28.70	230.00	8.00	290.00	170.00	82.25	خوب
61	چاه عمیق لنگر	8.3	756.0	294.92	46.86	42.66	141.00	15.46	230.00	75.92	83.68	خوب
62	چاه شماره ۱ مجتمع غدیر	7.6	630.0	304.00	40.00	50.00	155.00	8.60	250.00	90.00	85.52	خوب
63	قنات مهدی آباد	7.3	686.8	340.00	65.60	42.24	175.00	41.25	94.04	46.11	86.24	خوب
64	چشمه تل	7.3	668.0	432.00	83.20	53.76	150.00	15.00	196.44	19.92	89.41	خوب
65	چاه شماره ۲ مجتمع ولایت	7.6	707.0	340.00	48.00	53.00	160.00	12.00	170.00	160.00	91.03	خوب
66	چاه عمیق امغان	8.2	891.8	214.12	33.94	31.03	218.40	15.56	304.00	181.42	91.72	خوب
67	چاه شماره ۳ مجتمع ولایت	7.7	707.0	340.00	32.00	62.80	170.00	14.80	210.00	120.00	97.22	خوب
68	قنات سماخون	8.3	1137.5	286.84	48.48	0.00	272.50	22.18	400.00	212.98	98.54	خوب
69	چاه دستی چنار	8.1	944.4	349.46	61.41	47.03	176.00	21.96	315.00	98.60	102.26	متوسط
70	چشمه عبدالکریم	7.4	676.7	496.00	96.00	61.44	160.00	17.22	202.80	117.37	103.63	متوسط
71	چاه محمود آباد علیا	8.2	1091.3	195.94	29.09	29.57	298.00	19.46	418.00	213.96	108.48	متوسط
72	چاه عمیق باغ سنگان علیا	8.1	1184.3	218.16	76.76	49.93	233.00	14.43	436.00	162.69	112.48	متوسط
73	چاه عمیق رحیم اباد	8.1	1082.2	351.48	69.49	42.66	207.80	16.53	385.00	211.99	113.17	متوسط
74	چشمه قلعه سرخ	7.4	1205.1	653.40	175.00	51.32	150.00	0.00	248.00	174.79	115.27	متوسط
75	چاه شماره ۱ مجتمع ولایت	7.6	804.0	400.00	48.00	67.60	230.00	13.60	300.00	170.00	115.63	متوسط
76	چشمه دوسنگ	7.4	902.2	414.00	60.00	63.40	171.00	53.00	268.00	84.30	119.05	متوسط
77	چشمه بدال	7.6	1208.6	269.60	118.72	65.40	174.30	67.95	350.42	87.42	127.96	متوسط
78	چاه شماره ۳ مجتمع انقلاب	7.5	1118.0	328.00	51.00	48.40	360.00	15.30	480.00	201.00	129.63	متوسط
79	چاه عمیق یاقوتین جدید	8.6	1371.5	286.84	42.02	43.63	355.00	18.29	475.00	258.83	133.79	متوسط
80	چاه عمیق رضااباد	8.3	1436.5	460.56	83.22	60.60	296.00		590.00	248.97	147.00	متوسط
81	چاه شماره ۳ - مجتمع کوثر	7.8	1200.0	476.00	60.00	74.00	250.00	18.00	537.00	210.00	147.58	متوسط
82	چاه اسلام آباد	8.4	1488.5	381.78	58.98	56.24	347.50	12.17	550.00	273.62	148.76	متوسط
83	چاه عمیق محمد اباد	8.3	1501.5	387.84	57.37	58.66	345.00	6.31	375.00	463.42	148.98	متوسط
84	چاه عمیق وکیل ا باد	8.1	1488.5	395.92	58.98	59.63	332.50	6.64	395.00	451.10	149.22	متوسط
85	چاه شماره ۱۰ مجتمع کوثر	7.4	1337.0	524.00	104.00	63.70	287.00	38.50	363.00	260.00	150.30	متوسط
86	چاه شماره ۹ مجتمع کوثر	7.4	1350.0	420.00	72.00	58.00	300.00	45.00	510.00	250.00	153.21	متوسط
87	چاه شماره ۸ مجتمع کوثر	7.4	1337.0	420.00	80.00	53.00	330.00	50.00	500.00	250.00	153.93	متوسط
88	چاه شماره ۱	7.2	2170.0	340.00	19.20	70.50	320.00	15.60	500.00	180.00	155.70	متوسط
89	چاه عمیق منصوریه	8.1	1475.5	448.44	67.87	66.90	312.50	10.46	545.00	320.45	156.06	متوسط
90	چاه عمیق رحمت اباد	8.6	1592.5	387.84	62.22	55.75	382.50	18.76	582.50	295.80	158.44	متوسط
91	قنات چشمه گل	8.5	1404.0	507.02	105.85	58.18	267.50	53.35	550.00	258.83	162.58	متوسط
92	چاه شماره ۲ مجتمع انقلاب	7.5	2175.0	396.00	50.00	70.00	350.00	14.40	500.00	234.00	163.22	متوسط
93	چاه عمیق رباط	8.4	1605.5	484.80	80.80	67.87	327.50	8.24	532.50	428.91	166.32	متوسط

ردیف	نام منبع	pH	TDS	TH	Ca	Mg	Na	NO3	SO4	CL	WQI	وضعیت
94	چاه شماره دو	7.6	1241.0	440.00	12.00	99.00	370.00	23.10	540.00	270.00	171.38	متوسط
95	چاه عمیق میخک	8.3	1761.5	424.20	72.72	58.18	400.00	13.74	557.50	478.21	172.38	متوسط
96	چاه شماره ۱۲ مجتمع کوثر	7.4	2121.0	454.00	64.00	71.00	330.00	22.00	570.00	270.00	172.81	متوسط
97	چاه شماره ۱۴ مجتمع کوثر	7.5	1395.0	456.00	56.00	78.50	376.00	35.00	587.00	287.00	173.40	متوسط
98	چاه شماره ۷ - مجتمع آبرسانی کوثر	7.9	1445.0	360.00	80.00	67.50	375.00	68.00	590.00	280.00	175.51	متوسط
99	چاه شماره یک	7.6	1252.0	480.00	16.00	106.00	360.00	26.20	510.00	294.00	176.90	متوسط
100	چاه شماره ۲ - مجتمع آبرسانی کوثر	7.6	1480.0	572.00	49.60	107.52	304.58	10.00	621.22	314.00	184.13	متوسط
101	چاه عمیق خلیلی	8.2	1716.0	529.24	80.80	78.54	364.00	13.39	740.00	320.45	185.10	متوسط
102	چاه شماره ۱۳ - مجتمع آبرسانی کوثر	7.8	1093.0	580.00	80.00	91.00	365.00	55.00	640.00	280.00	189.21	متوسط
103	چشمه یکه باغ	7.9	1936.3	566.00	59.00	101.70	398.00	50.86	340.20	334.50	195.29	متوسط
104	قنات ملوی علیا	8.4	2008.5	599.94	122.00	70.78	442.50	38.55	857.50	369.75	213.61	بسیار ضعیف
105	چاه عمیق احیانو	8.3	2418.0	747.40	133.32	99.38	515.00	19.00	839	626.11	252.78	بسیار ضعیف
106	چاه دستی چاه مزار علیا	7.7	2294.5	958.32	195.62	112.62	440.00	17.18	935	441.90	256.72	بسیار ضعیف
107	چاه شماره ۶ - مجتمع کوثر	7.9	1929	830.00	80.00	155.80	370.00	85.00	820.	270.00	266.44	بسیار ضعیف
108	چاه دستی موسی آباد	7.7	2489.5	928.00	150.00	132.50	529.90	70.50	1177.	421.40	304.44	نامناسب
109	چاه دستی یکه پسته	8.2	2840.5	764.28	123.55	109.30	740.	116.55	1270.	503.27	331.63	نامناسب
110	چاه دستی مزار سفلی	7.9	3100.5	1279.0	248.69	157.77	605	161.7	1240.	650.57	397.57	نامناسب

همان‌طور که در جدول مذکور مشاهده می‌گردد کمترین مقدار شاخص WQI در چشمه ی قلعه شیر(ایستگاه ۱) به میزان ۲۶/۳۵با وضعیت عالی از نظر کیفیت و بالاترین مقدار شاخص در چاه دستی مزار سفلی (ایستگاه ۱۱۰) به میزان ۳۹۷/۵۷با وضعیت نامناسب مشاهده شد . ازتعداد کل چاهها، ۲۱ عدد دارای وضعیت عالی، ۴۷ چاه موقعیت خوب، ۳۵ عدد وضعیت متوسط، ۴ چاه وضعیت ضعیف و۳ تای آنها موقعیت نامناسب دارند.

تحلیل آماری

جدول زیر مقادیر آماری شامل حداقل، حداکثر، میانگین، انحراف معیارو نتایج آزمون رگرسیون پارامترهای شاخص کیفیت آب را در منطقه مورد پژوهش نشان می‌دهد.

جدول (۶) مقادیر آماری و تحلیل رگرسیون چندگانه پارامترهای اندازه گیری شده آب در منطقه مورد پژوهش

ردیف	پارامتر	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار	رتبه	Sig	خطای استانداردSE	ضریب استاندارد شدهBeta
1	PH		86	7.98	0.37	7	0.01	3.56	0.002
2	TDS	221	3100.5	927	611	5	0.00	2.67	0/019
3	Ca	11.25	248	57.7	37.28	6	0.01	3.49	0.011
4	Mg	10.67	157.77	45.88	30.34	8	0.00	1.04	0.001
5	Na	5.92	740	196.29	142.06	1	0.00	8.94	0.073
6	Cl	8.87	650.57	155.68	129.13	4	0.00	1.68	0.027
7	No_3	1.25	161.7	19.88	22.91	9	0.00	5.67	0.00
8	So_4	13.55	1270	300.14	265.3	2	0.00	9.91	0.058
9	TH	100	1279	331	192.2	3	0.00	1.22	0/056

با توجه به اینکه سطح معناداری (Sig) ۹ پارامتر یاد شده از ۰/۰۵ کمتر می‌باشد نشان دهنده این امر هست که ۹پارامتر یاد شده بر متغیر شاخص کیفیت آب تاثیر داشته اند. نتایج تحلیل رگرسیون در جدول فوق نشان داده شده است. ضریب استانداردشده

Beta این آماره نشان دهنده ضریب رگرسیونی استاندارد شده هر یک از متغیرهای مستقل بر روی متغیر وابسته تحقیق می‌باشد و با استفاده از آن می‌توان سهم نسبی هر متغیر مستقل را در مدل مشخص کرد. به عبارت دیگر هر چه مقدار ضریب بتای یک متغیر بیشتر باشد نقش آن در پیش بینی تغییرات متغیر وابسته بیشتر است. باید توجه داشته باشیم که ضریب رگرسیونی استانداردشده براساس مقادیر انحراف معیار استاندار سنجیده می‌شود که در تفسیر باید آن را رعایت کنیم. به عنوان مثال ضریب بتای (۰/۰۷۳) نشان می‌دهد که تغییر یک انحراف استاندارد در متغیر سدیم باعث تغییر (۰/۰۷۳) انحراف استاندارد در متغیر وابسته شاخص کیفیت آب می‌شود. به همین دلیل است که تفسیر ضریب رگرسیون استاندارد شده نسبت به استاندارد نشده ارجحیت داد. به همین ترتیب ضریب بتای (۰/۰۵۸) نشان می‌دهد که تغییر یک انحراف استاندارد در متغیر سولفات باعث تغییر (۰/۰۵۸) انحراف استاندار در متغیر وابسته شاخص کیفیت آب می‌شود. با توجه به نتایج بالا می‌توان گفت پارامتر نیترات با ضریب بتای (۰/۰۰۰) به عنوان یکی از ۹ پارامتر تاثیرگذار کمترین تاثیر را بر شاخص کیفیت آب دارد و پارامترهای سدیم و سولفات بیشترین اثر را بر متغیر وابسته مورد نظر در مطالعه یاد شده دارند. نتایج این بخش با نتایج اسلامی و همکاران (۱۳۹۷) مطابقت دارد. تحلیل آماری آنان با استفاده از رگرسیون چندگانه نشان می‌دهد که پارامترEC، TDS، آمونیاک، سدیم و منیزیم پارامترهای موثر در پایش کیفیت آب منطقه هستند. همچنین در مطالعات اسلامی و همکاران (۱۳۹۴)، پارامترهای کلرور، سدیم، سختی و قلیائیّت جزء پارامترهای موثر در شاخص کیفیت آب بودند.

نتایج آزمون کروسکال والیس

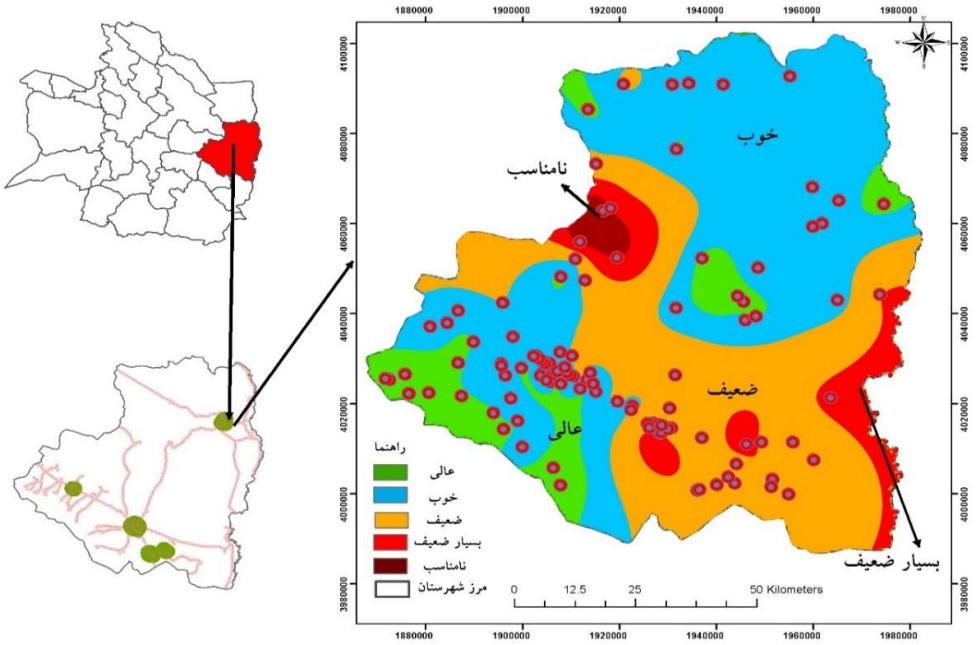
یکی از پیش فرض‌های آزمون کروسکال- والیس این می‌باشد که توزیع داده‌های متغیر وابسته باید غیرنرمال بوده برای پی بردن به نرمال بودن یا نبودن داده‌ها از آزمون کولموگروف- اسمیرنف استفاده گردید. در جدول فوق نتایج مربوط به آزمون نرمال بودن توزیع متغیر شاخص کیفیت آب در بین کاربری اراضی آروده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود شاخص کیفیت آب در بین کاربری اراضی از حالت غیرنرمال برخوردار است و فرض نرمال بودن توزیع رد می‌شود (sig≤0.00). جهت بررسی معنی دار بودن شاخص کیفیت آب با انواع کاربری اراضی منطقه آزمون کروسکال-والیس استفاده شد. با توجه به اینکه سطح معنادار (Sig) کمتر از ۰/۰۵ می‌باشد نشان دهنده تفاوت معنی دار بین کاربری اراضی و شاخص کیفیت آب می‌باشد. بدین ترتیب نقش کاربری اراضی در کیفیت آب محسوس می‌باشد. نتایج حاصل ازاین آزمون با نتایج نصرتی و همکاران (۱۳۹۸) مطابقت دارد آنها نیز در تحقیق خود نشان دادند بین کاربری اراضی و تغییرات کمی و کیفیت منابع آب زیرزمینی در شهرستان ملارد رابطه معنی داری وجود دارد.

جدول (۷) آزمون کروسکال والیس بررسی معنی دار بودن شاخص کیفیت آب با انواع کاربری

ردیف	کاربری اراضی	تعداد چاه	میانگین رتبه	Sig
۱	مراتع غیرمتراکم	14	41/07	0.00
۲	اراضی کشاورزی آبی	45	60	
۳	مناطق مسکونی یا شهری	6	63	
۴	جنگل‌های نیمه انبوه	4	41	
۴	مراتع تنک و فقیر	21	51	
۵	اراضی زراعی دیم	16	50	
۶	جنگل‌های تنک	1	86	
۷	مراتع متراکم	3	25	

پهنه بندی شاخص WQI در نرم افزار GIS

در مرحله پایانی با مشخص شدن وضعیت کیفی چاه‌های آب شرب، پهنه‌بندی در نرم افزار ARC GIS10.2 با استفاده از ماژول اجرایی Topo to raster انجام گردید.



شکل (۳) موقعیت منابع آب شرب و پهنه بندی کیفی چاه‌های آب شرب شهرستان تربت جام در سال ۱۳۹۹

علت پایین بودن کیفیت آب در بخش شمال غربی به دلیل قرار گرفتن چاه‌های دستی با عمق پایین می‌باشد که زمین در ورود آلاینده‌ها نتواسته است نقش فیلتر بودن خود را ایفا کند و همچین همانطور که در نقشه‌های پهنه بندی تغییرات پارامترها مشاهده گردید میزان پارامترهای اندازه گیری شده در نواحی که کیفیت آب پایین می‌باشد در برخی موارد بالاتر ازحد استاندارد است. افت سطح آب منابع زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه نیز یکی از عوامل موثر در پایین آمدن کیفیت آب می‌باشد. با توجه به رده بندی کیفی صورت گرفته برای سال ۱۳۹۹، ۱۹/۰۹ درصد از چاه‌ها در رده عالی، ۴۲/۷۲ درصد از چاه‌ها در رده خوب، ۳۱/۸۱ درصد از چاه‌ها در رده متوسط، ۳/۶۳درصد از چاه‌ها در رده صعیف و 2/72درصد از چاه‌ها در رده نامناسب برای آشامیدنی قرار دارند). نتایج این بخش با نتایج مطالعات Kia et al , (2019) مطابقت دارد. آنها در ارزیابی تغییرات مکانی و زمانی کیفیت آب زیرزمینی با استفاده از WQI طی دو دهه در آبخوان استان گلستان به این نتیجه رسیدند که براساس شاخص مذکور اکثر چاه‌ها یا منابع آب زیرزمینی در وضعیت بسیار خوب و خوب قرار دارد و مابقی در وضعیت کیفی صعیف و نامناسب می‌باشند. Eslami et al , (2018) در مطالعه خود به این نتیجه رسیدند که اکثر نمونه‌ها (منابع آب زیرزمینی) در گروه‌های بسیار خوب و خوب قرار دارند. براساس نتایج تحقیق Ranjbar et al, (2013) در دشت اشتهارد نیز شاخص کیفیت آب (WQI) در ۵ رده عالی، خوب، ضعیف، خیلی ضعیف و نامناسب طبقه بندی گردید. Magesh et a.,(۲۰۱۳) در ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی در منطقه دیندیگوئل، تامیل نادو هند با استفاده از این شاخص و تکنیک‌های مربوطه به این نتیجه رسیدند که وجود نیترات در آب‌های زیرزمینی ناشی از فعالیت‌های انسانی است. آنالیز شیمیایی پارامترها در این منطقه نشان داد که با توجه به استانداردهای کیفیت آب‌های زیرزمینی، اغلب نمونه‌ها برای آب آشامیدنی مناسب هستند. علاوه بر این Kumar et al, (2014)، به پهنه بندی کیفیت آب زیرزمینی بوکاروکلفیلد در هند با استفاده از شاخص WQI پرداختند و نتایج نشان داد که درجات مختلفی از کیفیت آب در منطقه وجود دارد و ۷۹ درصد از منطقه در وضعیت عالی تا خوب و ۲۱ درصد در وضعیت ضعیف قرار دارد. همچنین Kalpana et al (2014)، در مطالعاتی که به کمک WQI و ارزیابی کیفی منابع آب به ترتیب در شهر ویدیاناگار و رانچی ایالت جارکند هند پرداختند، نتایج آنها حاکی از آن بود که اکثر نقاط (منابع آب زیرزمینی) دارای کیفیت بسیار خوب و خوب بودند.

نتیجه‌گیری

جهت بررسی کیفیت منابع آب زیرزمینی با استفاده از شاخص WQI در شهرستان تربت جام، آمار و اطلاعات کیفی منابع تامین

آب شرب (چاه، چشمه و قنوات) در سال ۱۳۹۹ مورد تحقیق قرار گرفت. به این منظور میانگین سالانه پارامترهای کیفی ۱- pH، ۲- سختی کل (TH)، ۳- جامدات محلول (TDS)، ۴-کلسیم (Ca)، ۵-منیزیم (Mg)، ۶- سدیم (Na)،۷ – نیترات (NO_3)، ۸- سولفات (SO_4) و ۹-کلرور جهت تهیه نقشه شاخص کیفیت منابع آب مورد استفاده قرار گرفتند.

نتایج حاصل از شاخص WQI نشان داد منابع آب شرب شهرستان تربت جام در ۵ رده بندی کیفی ۱- عالی،۲- خوب، ۳- متوسط، ۴- ضعیف و ۵- نامناسب قرار دارند. میزان درصد قرار گیری چاه‌های آب شرب در رده بندی‌های یاد شده به شرح ذیل می‌باشد: ۱۹/۰۹درصد از چاه‌ها در رده عالی، ۴۲/۷۲درصد از چاه‌ها در رده خوب، ۳۱/۸۱درصد از چاه‌ها در رده متوسط، ۳/۶۳ درصد از چاه‌ها در رده ضعیف و ۲/۷۲ درصد از چاه‌ها در رده نامناسب برای آشامیدنی قرار دارند. همچنین شاخص WQI نشان داد که وضعیت کیفی اکثر چاه‌های آب شرب شهرستان یاد شده در وضعیت کیفی عالی (بسیارخوب)، خوب و متوسط و مابقی در بخش ضعیف و نامناسب قرار دارند. بنابراین ۹۳/۶۵ درصد چاه‌های شهرستان برای مصرف شرب مناسب بوده و شاخص WQI یکی از شاخص‌های کیفی عالی برای ارزیابی کیفیت آب می‌باشد. چاه‌های دستی مزار سفلی، یک پسته و موسی آباد به ترتیب با میزان شاخص محاسبه شده 397/57، 331/63 و 304/44 دارای بیشترین میزان شاخص WQIبوده و نتایج نیز نشان می‌دهد که اغلب پارامترها بیش از دو یا چند برابر حداکثر مجاز می‌باشند. آب در مناطق مذکور سطحی و سنگ بستر بالا بوده و میزان کمی آب برداشت می‌شود و لذا با توجه به فقر آبی بسیار زیاد منطقه پیشنهاد انتقال آب از جامرود در فاصله حدود ۲۰ کیلومتری که در حال اجرا است، می‌باشد. نقش پارامتر موثر یا مشارکت کننده در شاخص WQI با استفاده از رگرسیون چندگانه محاسبه گردید. سپس با استفاده از آزمون کروسکال- والیس سطح معنی داری شاخص WQI با کاربری اراضی مورد بررسی قرار گرفت. بررسی پارامترهای موثر در کیفیت منابع آب با رگرسیون چندگانه نشان داد به ترتیب پارامتر سدیم (Na)، سولفات (SO_4)، سختی کل (TH)، کلرور (CL) و کل جامدات محلول (TDS) بیشترین اثر را در مدل پیش بینی شاخص کیفیت آب منطقه دارند. پهنه بندی نتایج آزمایشات و شاخص WQI مشخص نمود که برابر نقشه‌های پهنه بندی ارائه شده در میزان پارامترهای pH، سدیم (Na)، سولفات (SO_4)، سختی کل (TH)، کلرور (CL) ،کل جامدات محلول (TDS) منیزیم (Mg) و نیترات (NO_3) نشان می‌دهد این عوامل با میزان شاخص WQI انطباق دارند. همچنین کاربری زمین‌ها بررسی شد و میانگین شاخص WQI مورد ارزیابی قرار گرفت و نتایج حاصل از آزمون کروسکال- والیس نشان داد بین کیفیت منابع آب و کاربری اراضی رابطه معنی داری وجود دارد. با توجه به اینکه پارامترهای سدیم، سختی کل، جامدات محلول بیشترین تاثیر را در مقدار شاخص WQI داشتند، فرآیندهای تصفیه و اقدامات کنترلی جهت کاهش اثرات این پارامترها ضروری می‌باشد. با توجه به میزان بالای شاخص WQIمنبع تامین آب سه روستای موسی آباد، یکه پسته و مزار سفلی به دلیل سطحی بودن بالاتر از حد استاندارد بوده و همچنین به علت بالا بودن سنگ بستر امکان کف شکنی چاه‌ها و دسترسی بهتر به استحصال آب با دبی بیشتر وجود ندارد . این موضوع دسترسی مردم روستاهای آن منطقه را به آب شرب سالم و بهداشتی و به لحاظ کمی با چالش روبرو کرده است لذا طرح انتقال آب با کیفیت در محدوده استاندارد به این روستاها طرح شد و اجرای پروژه از در دستور کار قرار گرفت.

سپاسگزاری

از شرکت آب منطقه ای خراسان رضوی و شرکت آب و فاضلاب شهرستان تربت جام بابت در اختیار قرار دادن پارامترهای موردنیاز تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

اسلامی، فاطمه.، شکوهی، رضا.، مظلومی، سجاد.، درویش متولی، محمد.، و سلاری، مهدی. (۱۳۹۶) .ارزیابی شاخص کیفیت آب(WQI) منابع آب زیرزمینی استان کرمان در سال ۱۳۹۴. مجله سلامت محیط کار، ۳ (۱) :۴۸-۵۸.

اسلامی،هادی.، رضوان، تاجیک.، اسماعیلی، مهدیه.، اسماعیلی، عباس.، و مبینی، محمد. (۱۳۹۸). ارزیابی کیفیت منابع آب آشامیدنی شهر رفسنجان با استفاده از مدل شاخص کیفیت آب در سال: ۱۳۹۷ یک مطالعه توصیفی. مجله دانشگاه علوم پزشکی رفسنجان، ۱۸: ۹۸۵-۹۹۶.

بهرامی، فرشته.، دستورانی، مهدی. (۱۳۹۸). ارزیابی کیفی آب زیرزمینی دشت سرایان با استفاده از شاخص. نشریه آبیاری و زهکشی ایران، ۴(۱۳): ۱۰۶۴-۱۰۷۴.

حسینی،هاشم.، شاکری، عطا.، رضایی، محسن.، دشتی برمکی، مجید.، و شهرکی، مهدی .(۱۳۹۷). کاربرد شاخص کیفیت آب WQIو هیدروژئوشیمی در ارزیابی کیفی آب سطحی، مخازن چاه نیمه استان سیستان و بلوچستان. مجله سلامت محیط زیست، ۱۱(۴): ۵۷۵-۵۸۶.

رنجبر،آرش.، سلطانی، جابر. (۱۳۹۲). ارزیابی کیفی آب زیرزمینی دشت اشتهارد با استفاده از شاخص کیفی(WQI). اولین همایش نمایشگاه تخصصی محیط زیست، انرژی صنعت و پاک، آذر ماه، دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران.

زارعی،ایمان .، خوشناموند، مهدی. (۱۳۹۱). بررسی شاخصهای کیفیی آب شرب چاه‌های عمیق (مطالعه مور ی:شهر شیراز). اولین همایش ملی حفاظت برنامه ریزی محیط زیست، اسفندماه، دانشگاه آزاد. ص ۷.

سلیمانی، سمیه.، محمودی قرائی، محمد.، قاسم زاده، فرشته.، و سیاره، علیرضا.(۱۳۹۲). بررسی تغییرات کیفی منابع آب باختر کوهسرخ با استفاده از شاخص GQIدر محیط GIS. مجله علوم زمین، ۲۳ (۸۹): ۱۷۵-۱۸۲.

شیری، ناصر.، و وحید نورانی.(۱۴۰۰). پهنه بندی کیفی منابع آب زیرزمینی دشت تبریز را با استفاده از شاخص (WQI). نشریه هیدروژئولوژی دانشگاه تبریز۳(۵): ۱۲-۱.

فتحی، پژمان. (۱۳۹۰). ارزیابی کیفیت آب تالاب چغاخور با استفاده از بزرگ بی مهرگان کفزی. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشکده منابع طبیعی، ص ۸۰.

کردستانی، مجتبی.، نوحه گر، احمد و جانی زاده، سعید. (۱۳۹۸). پهنه بندی کیفیت آب زیرزمینی با استفاده از روش و روش‌های زمین آمار (مطالعه موردی: حوزه آبخیز سیلوه). مجله علمی پژوهشی مهندسی اکوسیستم بیابان،۸ (۲۴): ۹۵-۱۰۸.

کیا، فرزانه.، قربانی، خلیل.، و سالاری جزی، میثم. (۱۳۹۸). ارزیابی تغییرات مکانی و زمانی کیفیت آب زیرزمینی با استفاده از WQI طی دو دهه در آبخوان استان گلستان. تحقیقات آب و خاک ایران ۵۰ (۱): ۴۰-۵۱.

معتمدی راد، محمد.، گلی مختاری، لیلا.، بهرامی، شهرام و زنگنه اسدی، محمد علی. (۱۴۰۰). ارزیابی کیفیت منابع آبی از نظر شرب، کشاورزی و صنعت در آبخوان کارستی روئین اسفراین استان خراسان شمالی. نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی،۲۱ (۶۲): ۷۳-۹۳.

Abbasnia, Abbas., Radfard, Majid., Mahvi, AmirHhossein., Nabizadeh, Ramin., Yousefi, Mahmood., Soleimani, Hamed., & Alimohammadi, Mahmood. (2018). Groundwater quality assessment for irrigation purposes based on irrigation water quality index and its zoning with GIS in the villages of Chabahar, Sistan and Baluchistan, Iran. Data in brief, 19:623-631.

Adimalla, Narsimha. (2019). Controlling factors and mechanism of groundwater quality variation in semiarid region of South India: an approach of water quality index (WQI) and health risk assessment (HRA). Environmental Geochemistry and Health, 1-28.

Asadi, S., Vuppala, P., Reddy, MA.(2007). Remote sensing and GIS techniques for evaluation of groundwater quality in municipal corporation of Hyderabad (Zone-V), India. International journal of environmental research and public health . 4(1):45-52.

Baghvand, A., Nasrabadi, T., Bidhendi, GN., Vosoogh A, Karbassi, A.,& Mehrdadi, N.(2010). Groundwater quality degradation of an aquifer in Iran central desert. Desalination. 260(1):264-75.

BamdadMachiani, Salman., Khaledian, MohhammaReza., Rezaei, Mojtaba., & Tajdari, Khosro. (2014). Evaluation of groundwater quality in Gilan province for agricultural and industrial uses. J, Irrigation Drain., 8(2), 246-256.

Bhardwaj, V., Singh, DS., Singh, A.(2010). Hydrogeochemistry of groundwater and anthropogenic control over dolomitization reactions in alluvial sediments of the Deoria district: Ganga plain, India. Environmental Earth Sciences. 59(5):1099-109.

Causapé, J., Auqué, L., Gimeno, MJ., Mandado, J., Quílez, D., & Aragüés, R.(2004). Irrigation effects on the salinity of the Arba and Riguel Rivers (Spain): present diagnosis and expected evolution using geochemical models. Environmental Geology. 45(5):703-15.

HosseiniMoghari, Seyed Mohammad., Ebrahimi, Kumars., & Azarnivand, Ali. (2015). Groundwater quality assessment with respect to fuzzy water quality index (FWQI): an application of expert systems in environmental monitoring. Environmental Earth Sciences, 74 (10):7229-7238.

Kalpana, G.R., Nagarajappa, D.P., Sham Sunder, K.M., &Suresh, B. (2014). Determination of Groundwater Quality Index in Vidyanagar, Davanagere city, Karnataka State, India. International Journal of Engineering and Innovative Technology(IJEIT), 3(12).
KrishanGopal, Singh., Surjee, CP., Kumar, PKGarg., Gurjar, Suman., NC, Ghosh., & Chaudhary, Anju., (2016). Assessment of Groundwater Quality for Drinking Purpose by Using Water Quality Index (WQI) in Muzaffarnagar and Shamli Districts, Uttar Pradesh, India. Hydrol Current Res; 7(227): 1-4.
Kumar, Tiwari., Ashwani, Singh Kumar., & Mukesh, Kumar Mahato .(2014). GIS-based of evaluation of warwe quality index of groundwater resources inWest Bokaro Coalfield, India. Current world Environment, 9(3):843-850.
Magesh, N., Chandrasekar.(2013). N. Evaluation of spatial variations in groundwater quality by WQI and GIS technique: a case study of Virudunagar District, Tamil Nadu, India. Arabian journal of Geosciences. 6(6):1883-98.
Milovanovic, Mimoza. (2007). Water quality assessment and determination of pollution sources along the Axios/Vardar River, Southeastern Europe. Desalination 213(1): 159-73.
Mohebbi, Mohammad Reza., Saeedi, Reza., Montazeri, Ahmad., VaghefiKooshiar, Azam., Labbafi, Sharaeh., Oktaie, Sogol., Abtahi, Mehrnoosh., & Mohagheghian, Azita. (2013). Assessment of water quality in groundwater resources of Iran using a modified drinking water quality index (DWQI). Ecolindic; 30: 28-34.
Nasrabadi T, Maedeh PA. Groundwater quality degradation of urban areas (case study: Tehran city ,Iran). International Journal of Environmental Science and Technology. 2014;11(2):293-302.
Neto, BR., Hauser-Davis, R., Lobato, T., Saraiva, A., Brandão, I & Oliveira, T.(2014). Estimating Physicochemical Parameters and Metal Concentrations in Hydroelectric Reservoirs by Virtual Sensors: A Case Study in the Amazon Region. Computer Science and Engineering. 4(2):43-53.
Pal, A., Kumari, A., Zaidi, J.(2013). Water quality index (WQI) of three historical lakes in Mahoba District of Bundelkhand Region, Uttar Pradesh, India. Asian Journal of Science and Technology. 4(10):048-53.
Rabeiy, Ragab Elsayed. (2017). Assessment and modeling of groundwater quality using WQI and GIS in Upper Egypt area. Environmental Science and Pollution Research, 25 (31): 808- 817. 14.
Ramakrishnaiah, C., Sadashivaiah, C & Ranganna, G.(2009). Assessment of water quality index for the groundwater in Tumkur Taluk, Karnataka State, India. Journal of Chemistry. 2009;6(2):523-30.
Reza, R., Singh, G.(2010). Assessment of ground water quality status by using water quality index method in Orissa, India. World Applied Sciences Journal. 9(12):1392-7.
Rizwan, Reza., Singh, Gurdeep.(2010). Assessment of Ground Water Quality Status by Using Water Quality Index Method in Orissa, India. World Applied Sciencess Journal 9(12):1392-1397.
Sánchez, E., Colmenarejo, MF., Vicente, J., Rubio, A., García, MG & Travieso, L.(2007). Use of the water quality index and dissolved oxygen deficit as simple indicators of watersheds pollution. Ecological Indicators. 7(2):315-28.
Varol, S., Davraz, A.(2015). Evaluation of the groundwater quality with WQI (Water Quality Index) and multivariate analysis: a case study of the Tefenni plain (Burdur/Turkey). Environmental Earth Sciences. 73(4):1725-44.
Vasanthavigar M, Srinivasamoorthy K, Vijayaragavan K, Ganthi RR, Chidambaram S, Anandhan P, et al. Application of water quality index for groundwater quality assessment: Thirumanimuttar sub- basin, Tamilnadu, India. Environmental monitoring and assessment. 2010;171(1-4):595-609.
Yogendra, KP.(2008). Determination of water quality index and suitability of urban water body in Shimoga Town, Karnataka. Conference Proceedings of the 12th World Lake Conference,Taal