اکوهیدرولوژی
دورهٔ ۸، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۴۰۰، ص ۳۶۷-۳۵۷

ارزیابی پارامترهای کیفی منابع آب زیرزمینی دشت کامیاران کردستان

اکبر سعادتمند[۱]، یونس نوراللهی[۲]، حسین یوسفی[۲*]، علی محمدی[۳]

۱. کارشناس ارشد مهندسی محیط زیست، دانشکدهٔ محیط زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران

۲. دانشیار گروه انرژی‌های نو و محیط زیست دانشکدهٔ علوم و فنون نوین، دانشگاه تهران، تهران

۳. دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آب، منابع آب، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، تهران

(تاریخ دریافت ۱۳۹۹/۰۸/۱۶، تاریخ تصویب ۱۳۹۹/۱۲/۲۸)

چکیده

آب زیرزمینی به‌عنوان بخش مهمی از آب‌های تجدیدشوندهٔ جهان محسوب شده که حدود ۶۰ درصد از منابع آب تجدیدپذیر قابل دسترس را به خود اختصاص داده است. با توجه به اهمیت کیفیت آب در مصارف شرب و کشاورزی، این مطالعه با هدف بررسی کیفی منابع آب زیرزمینی دشت کامیاران، انجام شد. به این منظور در گام نخست، در سال ۱۳۹۱، تعداد ۴۲ نمونه از چاه‌های آب این دشت برداشت شده و به‌وسیلهٔ روش استاندارد تجزیه‌وتحلیل (APHA) در آزمایشگاه آنالیز شدند. سپس شش پارامتر کلیدی و مؤثر بر تعیین کیفیت آب که در استانداردهای شرب و کشاورزی اغلب بیان شده‌اند، مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت. سپس، با بررسی مجذور میانگین مربعات خطا در دو روش درون‌یابی (روش کریجینگ و روش میانگین فاصلهٔ وزنی (IDW))، روش IDW به دلیل خطای کمتر (RMSE کمتر) برای پهنه‌بندی انتخاب شد. نتایج نشان داد عوامل هدایت الکتریکی و مواد جامد محلول، دارای بیشترین نوسان‌ها در این دشت بوده و بازهٔ آن برای EC از µmhos/cm ۱۵ هزار تا µmhos/cm ۶۰۰ و برای TDS از mg/lit ۱۰۲۰۰ تا mg/lit ۴۵ شناسایی شد. با استفاده از استاندارد کیفی آب آشامیدنی مشخص شد که غلظت پارامترهای کیفی مورد بررسی در منابع آب زیرزمینی این دشت به غیر از پارامتر pH در برخی روستاها در بازهٔ مجاز قرار دارد و بیشتر قسمت‌های شمالی و جنوبی این دشت از کیفیت کمتر آب برخوردار است. بنابراین، با مشخص شدن پهنه‌های دارای کیفیت نامطلوب در این تحقیق، مناطق اولویت‌دار برای اصلاح کیفیت آب و نیازمند مدیریت برداشت از منابع آب زیرزمینی شناسایی شد.

کلیدواژگان: آب زیرزمینی، دشت کامیاران، کیفیت آب، IDW.

* نویسندهٔ مسئول

Email: hosseinyousefi@ut.ac.ir

مقدمه

در سال‌های اخیر، فشار بر منابع طبیعی به دلیل مسائلی مانند رشد سریع جمعیت، افزایش شهرنشینی و صنعتی شدن جوامع، تبدیل به یکی از چالش‌های اساسی جامعهٔ بشری شده است. آب زیرزمینی یکی از اجزای مهم منابع طبیعی است که به عنوان یک منبع حیاتی برای تداوم بقای بشر از منظر تأمین آب آشامیدنی و کشاورزی محسوب می‌شود [۱ـ ۳]. سفرهٔ آب‌های زیرزمینی یکی از منابع مهم تأمین آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شوند. بنابراین علاوه بر کمیت، کیفیت آن نیز بسیار حائز اهمیت است [۴]. آب زیرزمینی آب سالم (بدون آلودگی) بوده و معمولاً حاوی مواد معدنی مورد نیاز بدن است [۵] اما به دلیل نفوذ آلودگی‌ها از منابعی همچون فعالیت‌های انسانی، دفن زباله‌ها و ورود موادآلایندهٔ کشاورزی کیفیت آب زیرزمینی دچار تغییرات نامطلوبی می‌شود [۶]. علاوه بر محدودیت منابع آب شیرین، توسعهٔ شدید کشاورزی و شهرنشینی در ایران سبب افزایش تقاضای تأمین آب از منابع آب زیرزمینی شده و این تقاضا در میان‌مدت می‌تواند ایران را برای تأمین آب مناسب و باکیفیت دچار مشکل کند. شایان یادآوری است که با توجه به وابستگی زیاد کشور به منابع آب زیرزمینی، پایش کیفیت منابع آب زیرزمینی باید به عنوان یکی از گام‌های اساسی مدیریت منابع آب در ایران مطرح شود. در پایش کیفیت منابع آب، پارامترهای مختلفی بررسی می‌شوند که تفسیر نتایج به‌دست‌آمده نیازمند دانش تخصصی است. بنابراین، در هر برنامهٔ پایش محیط زیستی از جمله پایش کیفی منابع آب، گزارش نتایج به مدیران و عموم جامعه از اهداف مهم آن پایش است [۷]. استفاده از سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی و پهنه‌بندی آلودگی برای ارائهٔ تصویر صحیح از وضعیت کیفی آب‌های سطحی نقش مهمی در درک توزیع فضایی کیفت آب دارد [۸] و سبب می‌شود هرگونه تصمیم‌گیری مدیریتی که آثار زیست‌محیطی آن متوجه سیستم‌های متأثر از منابع آب زیرزمینی می‌شود، با آگاهی بیشتری اتخاذ شود.

بررسی کیفیت آب به دلیل رابطهٔ مستقیم آن با سلامتی انسان‌ها، همواره یکی از محورهای مهم بررسی منابع آب بوده است. در این راستا، به منظور تبیین اهمیت نقش آنالیز کیفیت منابع آب زیرزمینی و رویکرهای اتخاذشده پیرامون آن، در ادامه به مطالعات مهم انجام‌شده در سایر نقاط جهان و ایران اشاره می‌شود. یوسفی و همکاران [۹] در پژوهشی کیفیت منابع آب سطحی حوضهٔ آبخیز هیو دشت هشتگرد را مطالعه کردند. آنها برای این بررسی، کیفیت آب را از نظر مصارف شرب و کشاورزی مطالعه کردند و با مقایسهٔ آن با استانداردهای موجود در زمینهٔ کیفیت آب گفتند که مصرف آب این منابع برای مصارف شرب بدون مانع است. در این پژوهش از روش‌های پهنه‌بندی برای تعیین وضعیت نقاط مختلف استفاده نشده است. اشرف و همکاران [۱۰] در مطالعه‌ای که روی تأثیرات آب زیرزمینی و کیفیت محصولات کشاورزی در محیط GIS انجام دادند، میزان عناصری مانند سدیم، منیزیم، پتاسیم، کلر و هدایت الکتریکی را ارزیابی و کمیت آنها را برای استفاده در کشاورزی بررسی کردند. بنا بر تحلیل آنها، وضعیت کلی این عناصر در کشاورزی مطلوب است، ولی روند افزایشی در کمیت عناصر دیده می‌شود. یوسفی و همکاران [۱۱] در آنالیز کیفیت آب با استفاده از شاخص NSFWQI نشان دادند نوع مدیریت سد می‌تواند تعیین‌کنندهٔ کیفیت آب پایین‌دست باشد و هنگامی که حقابهٔ پایین‌دست سد کاهش پیدا می‌کند، کیفیت آب نیز کم می‌شود. بالوشا [۱۲] در تحقیقی تحت عنوان «ارزیابی شبکهٔ پایش کیفیت آب زیرزمینی با استفاده از نقشه‌های آسیب‌پذیری و ژئواستاتیستیک»، شبکهٔ پایش نیترات را بررسی کرد. نتایج به‌دست‌آمده این تحقیق نشان داد تعدادی از نواحی که آسیب‌پذیری زیادی هستند در شبکهٔ پایش وارد نشده‌اند. همچنین، اشاره شد که تعداد مکان‌های پایش و توزیع آنها کافی نیست، یک‌سری از مکان‌های نمونه‌برداری باید حذف شوند و تعدادی دیگر باید به شبکه اضافه شوند. در تحقیقی توسط مادهو و همکاران [۱۳] کیفیت منطقهٔ گوجارات هندوستان طی سال‌های ۲۰۱۵ تا ۲۰۱۶ میلادی بررسی شد. ایشان در این تحقیق پارامترهای شیمیایی مؤثر بر آب را مطالعه کردند. برای دستیابی به این هدف، ۱۸ نمونه آب از مناطق مختلف جمع‌آوری شد. نتیجهٔ آنالیز نمونه‌های آب نشان داد مقدار سرب نسبت به سال گذشته در این نقاط افزایش یافته و آفت‌کش‌های استفاده‌شده نقش مؤثری بر کیفیت آب گذاشته است.

آدیمالا و تالور [۱۴] با ترکیب سیستم اطلاعات جغرافیایی و روش شاخص کیفیت آب زیرزمینی (GWQI)

به بررسی کیفیت آب در سازند سخت پرداختند. در این تحقیق مشخص شد که غلظت نیترات در ۵۰ درصد از نمونه‌های آب بررسی‌شده بیش از استاندارد سازمان جهانی بهداشت[1] است و این موضوع استفاده از منابع آب زیرزمینی را در تولید محصولات کشاورزی و مصارف آشامیدنی با محدودیت مواجه می‌کند. در تحقیقی توسط آراوینتهاسامی و همکاران [۱۵] تعیین مرز کیفیت آب در سازندهای سخت برای مصارف کشاورزی انجام شد. در پژوهش یادشده نیز از پارامترهای مرسوم بررسی کیفیت آب از جمله pH، TDS و EC استفاده شد. در طبقه‌بندی انجام‌شده نشان داده شد ۷۲ درصد نمونه‌های آب زیرزمین شوری متوسط و زیاد دارند و در منطقهٔ مواجه با شوری، فقط کشت محصولات مقاوم به شوری توصیه می‌شود.

داپوتا و همکاران [۱۶] کیفیت آب شرب را برای منطقهٔ سیند پاکستان بررسی کردند. آنها عوامل فیزیکی از جمله بو، مزه و رنگ و از عوامل شیمیایی عواملی نظیر کربنات، منیزیم، پتاسیم را بررسی کردند. نتایج پژوهش یادشده نشان داد عوامل فیزیکی، بوی نمونه‌های آب در شرایط استاندارد قرار داشت، ولی طعم آب به علت زیاد بودن کلرید و از طرفی، کدورت نیز بیشتر از حد مجاز سازمان جهانی بهداشت بود. ولی در رابطه با کیفیت آب، بیشتر عوامل مثل سدیم، کلسیم و سختی بیشتر از مقادیر مجاز و تعیین‌شده شناخته شدند. در تحقیقی، کومار و سانگیتا [۱۷] کیفیت آب را با استفاده از شاخص (WQI) و به کمک سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی بررسی کردند. بعد از جمع‌آوری ۲۰ نمونه و بررسی پارامترهای کیفی pH, TH, Ca^{2+}, Cl^{-}, Mg^{2+}، با استفاده از روش معکوس فاصلهٔ وزنی (IDW) به پهنه‌بندی آلاینده‌ها در منطقهٔ مطالعه‌شده اقدام کردند و از این راه نقاط مناسب از منظر آب شرب شناسایی شد. با بررسی پیشینهٔ پژوهش یادشده، مشخص شد که آنالیز کیفیت آب زیرزمینی و مکان‌یابی بهترین نقاط برای برداشت آب، با توجه به محدودیت منابع آب سطحی برای مصارفی مانند شرب و کشاورزی، اهمیت زیادی دارد. بنابراین، ضرورت انجام این پژوهش را می‌توان در اهمیت شناسایی منابع آب زیرزمینی با کیفیت برای مصارف شرب و کشاورزی در دشت کامیاران و برداشت بیش از حد از منابع آب و کاهش سطح آب زیرزمینی در دشت کامیاران و درنتیجه، کاهش سالانهٔ سطح آب زیرزمینی [۱۸] که می‌تواند ویژگی‌های کیفی منابع آب را تحت تأثیر قرار دهد، بیان کرد.

مواد و روش‌ها

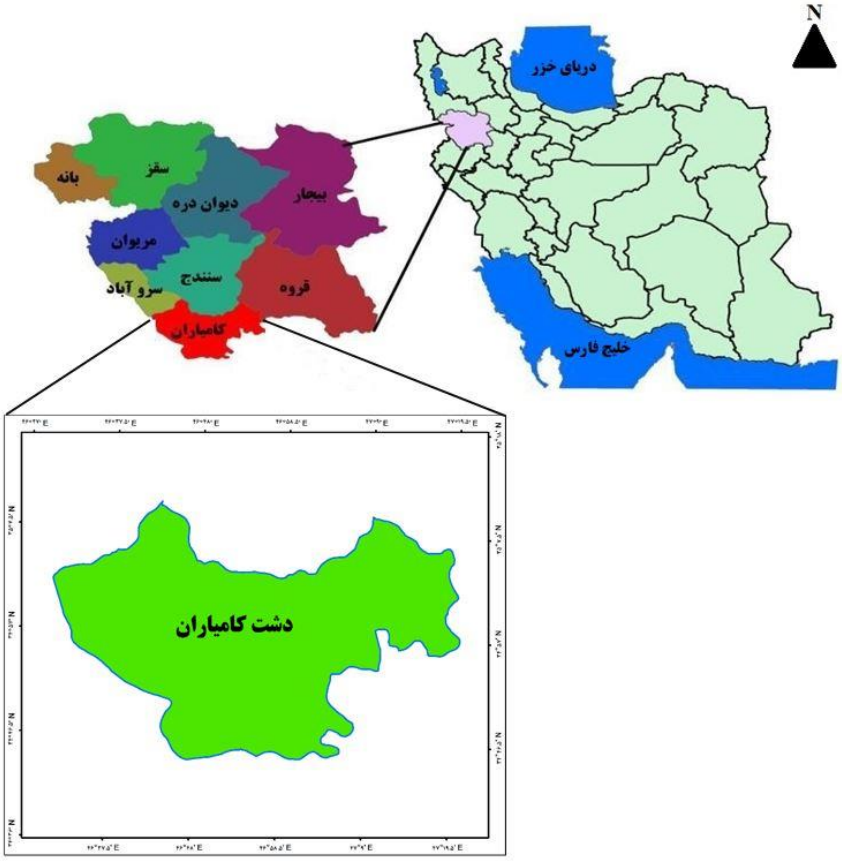
منطقهٔ مطالعه‌شده

دشت کامیاران واقع در جنوب استان کردستان در ۶ درجه و ۵۴ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ و ۳۴ درجه و ۴۷ دقیقهٔ عرض جغرافیایی و در فاصلهٔ ۶۵ کیلومتری سنندج واقع شده است (شکل ۱). موقعیت مناسب شهر که در مسیر جادهٔ کاروانی قدیمی شمال غرب به سمت جنوب غربی است، موجب رونق و توسعهٔ شهر کامیاران شده است. این دشت با مساحت ۱۸۵۲ کیلومتر مربع حدود ۷/۶ درصد از مساحت استان کردستان را شامل می‌شود و این دشت از شمال به سنندج، از شمال غرب به مریوان، از غرب و جنوب غربی به روانسر و از جنوب به استان کرمانشاه، از شمال شرقی به دشت قروه و قسمتی از دشت سنقر در استان کرمانشاه محدود می‌شود. ارتفاع دشت کامیاران از سطح دریا ۱۴۶۴ متر است.

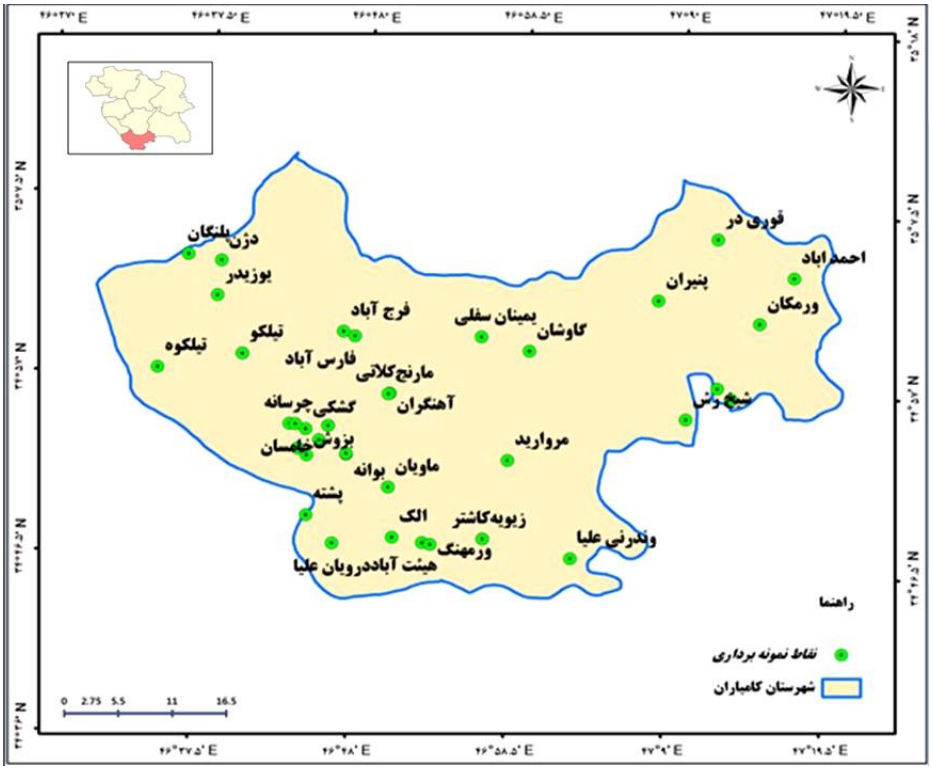
در این مطالعه برای بررسی کیفیت آب دشت کامیاران، از چاه‌های روستاهای واقع در این دشت (شکل ۲)، ۴۲ نمونه آب در سال ۱۳۹۱ برداشت شد. به منظور بررسی روند تغییرات پارامترهای کیفی آب در محدودهٔ مطالعه شده با توجه به تعداد زیاد پارامترهای کیفی آب، شش پارامتر مهم که در همهٔ استانداردهای بهداشت، شرب و کشاورزی و شرب دام مشترک بوده است، انتخاب شد و بررسی روند تغییرات این پارامترها بررسی شد. سعی شد تا نمونه‌برداری به گونه‌ای باشد که پراکنش جغرافیایی مناسب داشته باشد و در فصول مختلف سال انجام شود. محل نمونه‌برداری به‌وسیلهٔ جی‌پی‌اس[2] مشخص شده و به نقشهٔ پایه اضافه شد. نمونه‌ها به‌وسیلهٔ روش استاندارد تجزیه‌وتحلیل (APHA) در آزمایشگاه آنالیز شدند. به منظور انجام این تحقیق، شش پارامتر هدایت الکتریکی آب (EC) - مجموع املاح محلول (TDS) - اسیدیته (pH) - نسبت جذب سدیم (SAR) - سختی کل (TH) و کلراید (CL) آزمایش و بررسی شدند.

1. WHO

2. GPS



شکل ۱. موقعیت محدودهٔ مطالعه‌شده



شکل ۲. محدودهٔ نقاط نمونه‌برداری آب

بعد از اندازه‌گیری پارامترهای بررسی‌شده، برای دو روش درون‌یابی وزنی معکوس فاصله و کریجینگ مقدار جذر میانگین مربعات خطا بر اساس رابطهٔ ۱ بررسی شد [۱۹] تا از بین این دو روش، هر یک که RMSE کمتری دارند، برای پهنه‌بندی این عوامل استفاده شود. به این منظور، در ادامه مبانی نظری این دو روش تشریح می‌شود.

$$RMSE = \left(\sum_{i=1}^{n} (Z(x_i) - Z(x_i) \right) / n)^{1/2} \quad (۱)$$

روش درون‌یابی کریجینگ

در این روش فرض بر این است که فاصله و جهت بین نقاط نمونه روی همبستگی مکانی تأثیر می‌گذارد. این روش وقتی بهترین کارایی را دارد که وجود همبستگی فاصله‌ای یا چولگی جهتی داده‌ها مشخص باشد. کریجینگ نوعی روش تخمین است که بر منطق میانگین متحرک وزن‌دار استوار بوده و بهترین تخمینگر خطی غیراریب است. معادلهٔ حاکم بر این روش همانند رابطهٔ ۲ است [۲۰]:

$$Z(S_0) = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i Z(s_i) \quad (۲)$$

که در آن $Z(s_i)$ مقدار اندازه‌گیری‌شدهٔ متغیر در i امین موقعیت، λ_i، وزن نامشخص برای مقدار اندازه‌گیری‌شده در i امین موقعیت، S_0، موقعیت پیش‌بینی و n تعداد مقادیر اندازه‌گیری‌شده است. این نوع کریجینگ را کریجینگ خطی می‌نامند، زیرا ترکیب خطی از n داده است.

روش درون‌یابی وزنی معکوس فاصله (IDW)

این روش از جمله روش‌های درون‌یابی است که برآورد براساس مقادیر نقاط نزدیک به نقطهٔ برآورد که بنا بر عکس فاصله، وزن‌دهی می‌شوند، انجام می‌گیرد. به بیان دیگر، در مقایسه با نقاط دورتر، به نقاط نزدیک به نقطهٔ برآورد وزن بیشتری داده می‌شود. این روش به خلاف روش کریجینگ از فرضیات مربوط به ارتباط مکانی بین داده‌ها پیروی نمی‌کند (واریوگرام ندارد) و فقط بر این فرض متکی است که نقاط نزدیک‌تر به نقطهٔ برآورد، شباهت بیشتری به آن دارند تا نقاط دورتر. در این روش اغلب توانی برای عکس فاصله در نظر گرفته می‌شود که به‌طور معمول بین ۱ تا ۵ است، ولی اغلب از توان ۲ استفاده می‌شود، یعنی عکس مجذور فاصله. مشخصهٔ جالب این روش این است که وزن به‌کاررفته با افزایش فاصله به‌سرعت کاهش می‌یابد، در نتیجه درون‌یابی در این روش کاملاً مجازی است و چون وزن‌های به‌کاررفته هیچ‌گاه صفر نمی‌شوند، بنابراین هیچ‌گونه انقطاع و عدم پیوستگی در برآوردها رخ نمی‌دهد. اما نقص روش یادشده این است که به خلاف روش کریجینگ، نقشهٔ خطای برآورد تولید نمی‌کند. از عیوب دیگر این روش این است که شکل قرارگیری نمونه‌ها را در نظر نمی‌گیرد، در نتیجه وزنی که به دو یا چند نمونه که به‌صورت خوشه در کنار هم و با جهت و فاصلهٔ تقریباً برابر از نقطهٔ برآورد قرار گرفته‌اند، داده می‌شود، برابر با وزنی خواهد بود که به یک نمونهٔ تنها داده می‌شود که با همان فاصله ولی در جهتی دیگر نسبت به نقطهٔ برآورد قرار گرفته است. در حالی که این مشکل در روش کریجینگ به علت خاصیت خوشه‌زدایی آن اتفاق نمی‌افتد. از آنجا که در این حالت کریجینگ وزن را براساس عکس تعداد نمونه‌ها محاسبه می‌کند، در نقشه‌های برآوردشده به این روش به خلاف روش کریجینگ، حداقل و حداکثر متغیر برآوردشده در محل نمونه‌های اولیه قابل مشاهده است. روش محاسبهٔ IDW به صورت رابطهٔ ۳ است [۲۱]:

$$Z(n) = \frac{1}{N}\left[\sum Z(x_I)\right] \quad (۳)$$

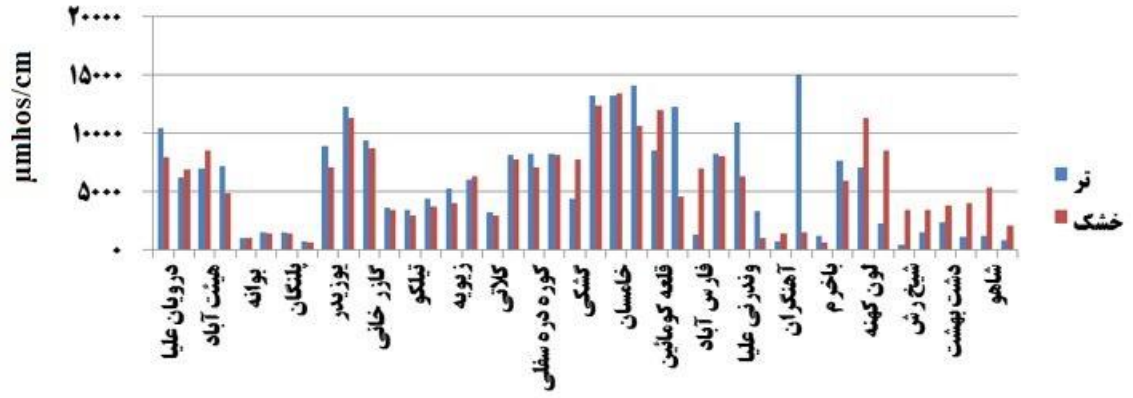
که در آن $Z_{(n)}$، مقدار برآوردشده در موقعیت n، $Z(x_i)$، مقدار اندازه‌گیری‌شده در موقعیت x_i و N تعداد کل ایستگاه‌ها است.

بحث و نتایج

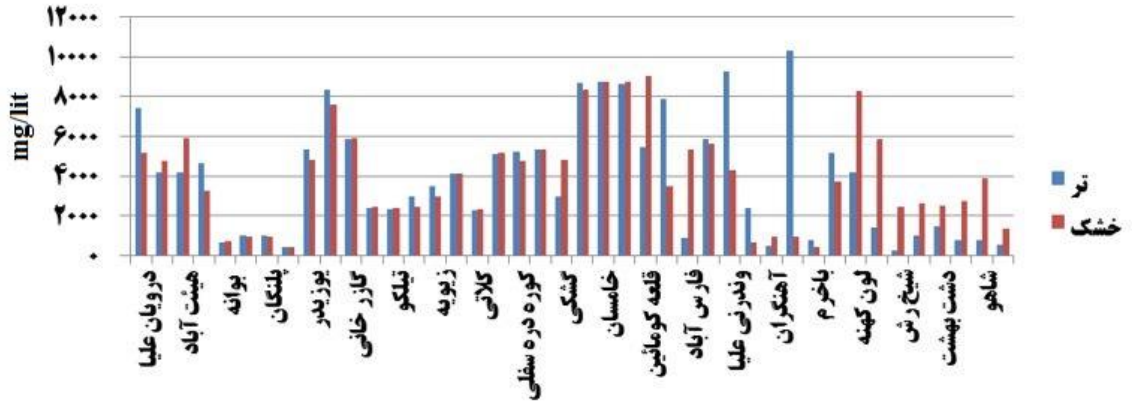
تحلیل پارامترهای کیفی

در این بخش، سه پارامتر کیفی از منابع آب زیرزمینی دشت کامیاران که به‌تفکیک در فصل‌های تر (بارش بیش از میانگین) و خشک (بارش کمتر از میانگین) اندازه‌گیری شدند، مورد بررسی قرار گرفت. از منظر هدایت الکتریکی آب (EC)، اگرچه طی دورهٔ آماری، مقدار هدایت الکتریکی در نوسان بوده، ولی هدایت الکتریکی آب در چاه‌های اطراف روستای آهنگران برای ماه‌های تر و روستای خامسان در ماه خشک دارای بیشترین میزان بوده است (شکل ۳). دیگر شاخص بررسی‌شده، مجموع مواد جامد محلول (TDS) است و نتایج این بررسی نوسان‌های زیاد را

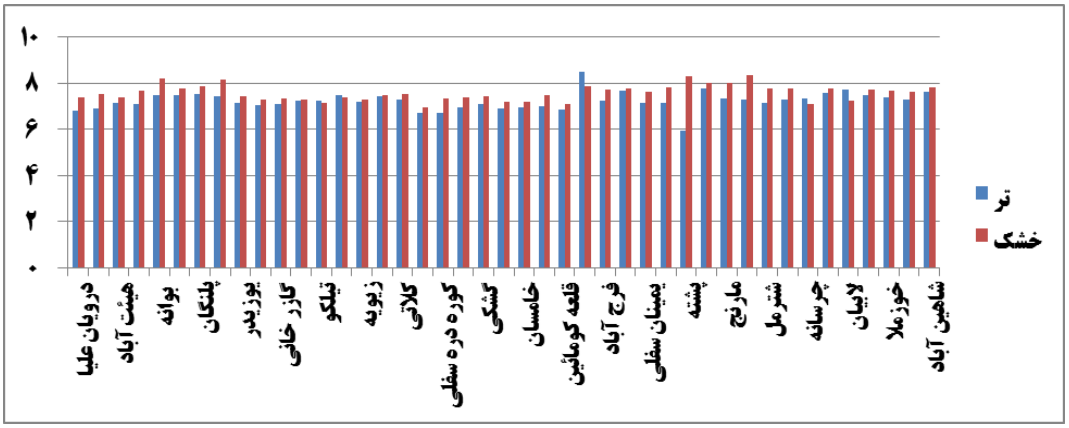
میان نقاط بررسی‌شده نشان داد. به این شکل که مقدار مجموع مواد محلول به‌ترتیب در چاه‌های اطراف روستای مارنج و قلعه کومیان بیشترین مقدار را داشته و در چاه‌های اطراف روستاهای دژن و شیخ رش کمترین میزان را داشته است (شکل ۴). در چاه‌های اطراف روستاهایی که تفاوت درخور توجهی در مقدار شاخص‌های EC و TDS ملاحظه می‌شود، علت را می‌توان در برداشت زیاد از منابع آب زیرزمینی یا نوع سازند آن مناطق جستوجو کرد. این در حالی است که اسیدیتهٔ آب (pH) تغییرات یکنواخت در منطقهٔ مطالعه‌شده داشته است (شکل ۵). بنابراین، می‌توان با توجه به شکل‌های ارائه‌شده، گفت که مقدار دو پارامتر کیفی TDS و EC آب از یک الگوی تغییر تبعیت می‌کنند.



شکل ۳. مقادیر هدایت الکتریکی در نمونه‌های آب چاه‌های اطراف روستاهای دشت کامیاران در سال ۱۳۹۱



شکل ۴. مقادیراملاح محلول در نمونه‌های آب چاه‌های اطراف روستاهای دشت کامیاران در سال ۱۳۹۱



شکل ۵. میزان اسیدیته در نمونه‌های آب چاه‌های اطراف روستاهای دشت کامیاران در سال ۱۳۹۱

با توجه به شکل‌های ۳ تا ۵، مشاهده می‌شود که تفاوت غلظت پارامترهای کیفی آب این دشت در فصل تر و خشک، تفاوت چشمگیری ندارد. از این‌رو، در بررسی‌ها، ارائهٔ مقادیر پارامترها و پهنه‌بندی شاخص‌ها، تقسیم‌بندی فصل تر و خشک انجام نشده و فقط نقشه‌ها و مقادیر مرتبط با فصل تر ارائه شده است.

نتایج ارزیابی پارامترهای کیفی آب در کلیهٔ چاه‌ها

به منظور تعیین وضعیت کلی دشت کامیاران از منظر پارامترهای کیفی بررسی‌شده، مقدار متوسط هر یک از پارامترها برای چاه‌ها، طی دورهٔ آماری با روش میانگین‌گیری محاسبه شد. خلاصهٔ نتایج در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱. مقادیر متوسط پارامترهای کیفی آب در دشت کامیاران (تمام چاه‌های نمونه‌برداری‌شده)

پارامتر	میانگین	حداقل	حداکثر
EC (µmhos/cm)	۷۷۱۲/۸	۴۰۲/۲	۱۵۰۲۳/۴
TDS (mg/lit)	۵۲۵۵/۵	۲۶۴/۱	۱۰۲۴۷
pH	۶/۸	۵/۹	۷/۷
K (meq/lit)	۰/۶۵	۰/۰۲	۱/۲۹
Na (meq/lit)	۳۴/۴	۶	۶۲/۸
HCO_3 meq/lit ()	۳/۷۵	۰/۶	۶/۹

پهنه‌بندی پارامترهای کیفی آب

برای پهنه‌بندی هر یک از عناصر باید یکی از روش‌های کریجینگ و معکوس فاصلهٔ زمانی استفاده شود. از این‌رو، با استفاده از روش مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE) برای سال ۱۳۹۱ به صورت نمونه استفاده شد. برای تعیین مناسب‌ترین روش، از میان‌یابی استفاده شد. نتایج نشان داد روش معکوس فاصلهٔ زمانی با روش کریجینگ تفاوت محسوسی نداشت (جدول ۲)، اما با توجه به RMSE کمتر روش معکوس فاصلهٔ وزنی، نقشه‌های پهنه‌بندی ویژگی‌های آب زیرزمینی با این روش در محیط GIS تهیه شد. در اینجا برای تشخیص روش، به بررسی شش عامل بسنده شده است.

جدول ۲. نتایج RMSE برای برآورد کیفیت آب زیرزمینی در سال ۱۳۹۱

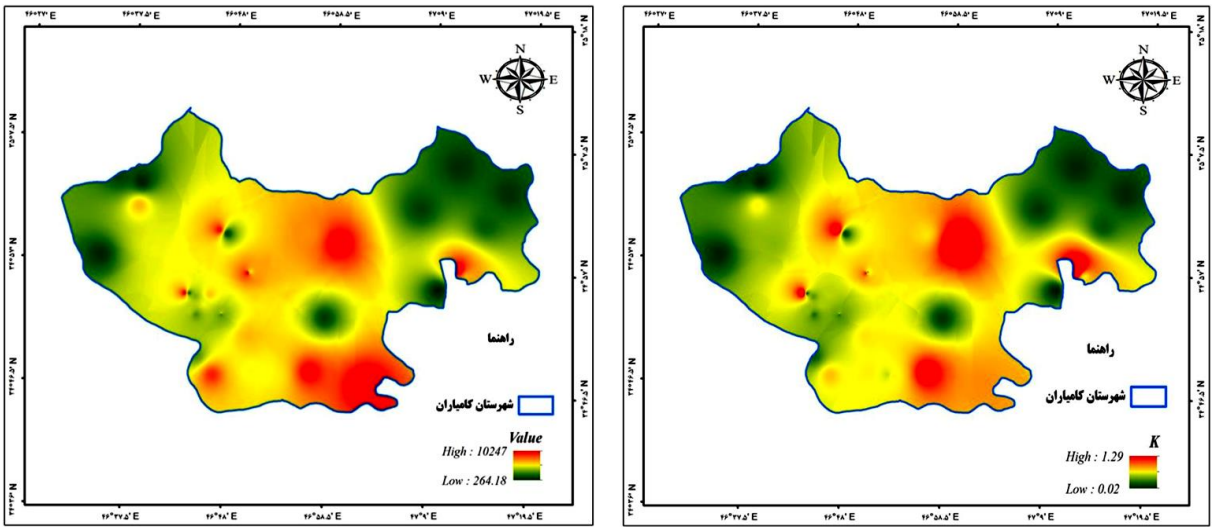
پارامترهای کیفی آب زیرزمینی	کریجینگ	معکوس فاصلهٔ وزنی
Na	۰/۹۲۵۴	۰/۹۲۰۵
K	۰/۹۲۶۱	۰/۹۱۲۳
pH	۱/۰۵۹	۱/۰۲۵
TDS	۱/۱۷۷	۱/۰۲۲
EC	۰/۹۳۶۷	۰/۹۰۴۹
HCO_3	۰/۹۴۴۱	۰/۹۱۱۵

شرط استفاده از تجزیه‌وتحلیل زمین آمار، نرمال بودن داده‌ها است. به این منظور، با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS نرمال بودن توزیع داده‌ها بررسی شد و در مواردی که انحراف از توزیع نرمال وجود داشت، با استفاده از تبدیل‌های لگاریتمی و یا روش CoxBox توزیع داده‌ها تا حد امکان به توزیع نرمال نزدیک شد. نقشه‌های مربوط به مدل‌سازی پارامترهای مواد جامد محلول و توزیع غلظت پتاسیم در شکل ۶، توزیع غلظت سدیم و پهنه‌بندی اسیدیته در شکل ۷ و پهنه‌بندی غلظت بی‌کربنات و مقدار هدایت الکتریکی در شکل ۸ نشان داده شده است.

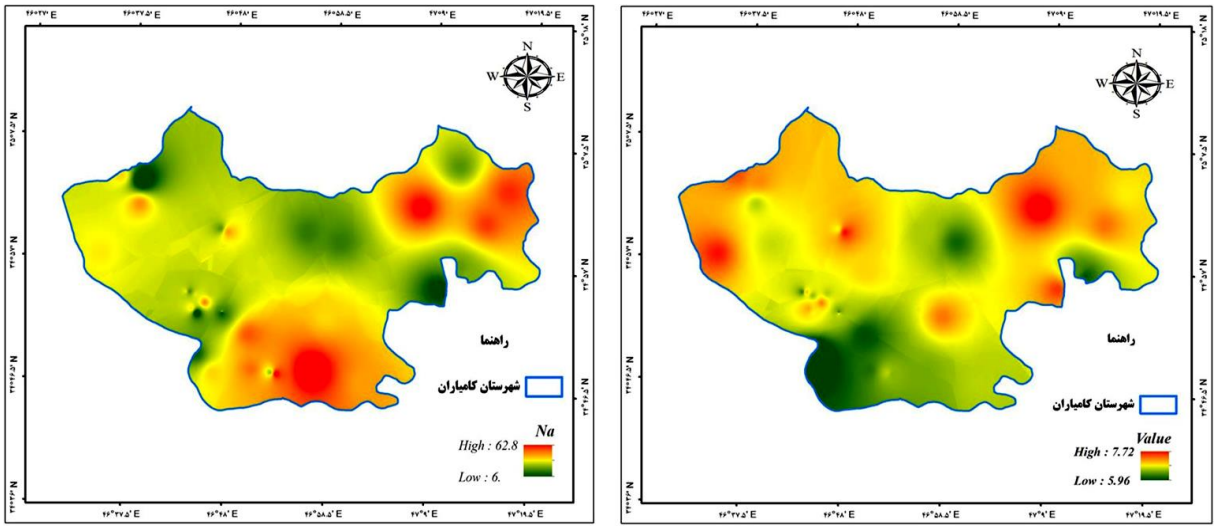
با توجه به استاندارد ۱۰۵۳ کیفیت آب شرب ایران [۲۲]، غلظت مجاز مواد محلول در آب تا ۱۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر است و بر این اساس و با توجه به شکل ۶، غلظت مواد جامد محلول در کل محدوده در حد استاندارد بوده اما به طور کلی، در مناطق شمال غربی و شرقی (مانند روستاهای احمدآباد، ورمکان، دژن و پلنگان)، مقادیر این پارامتر کم و در مناطق شمالی و جنوبی (مانند روستاهای گاوشان، ورمهنگ و الک) زیاد است، ولی با این وجود در این مناطق نیز غلظت مواد جامد محلول از مقادیر استاندارد تعریف‌شده تجاوز نکرده است. در شکل ۶ و برای عنصر پتاسیم، محدودهٔ مطلوبی در

استاندارد موجود ذکر نشده است، ولی از لحاظ پراکنش غلظت پتاسیم در محدودهٔ مطالعاتی، شرایط پراکنش غلظت مانند پارامتر قبلی بوده به این شکل که بیشترین غلظت در مناطق شمالی و جنوبی و کمترین در مناطق شمال غرب و شمال شرقی دشت کامیاران وجود دارد.

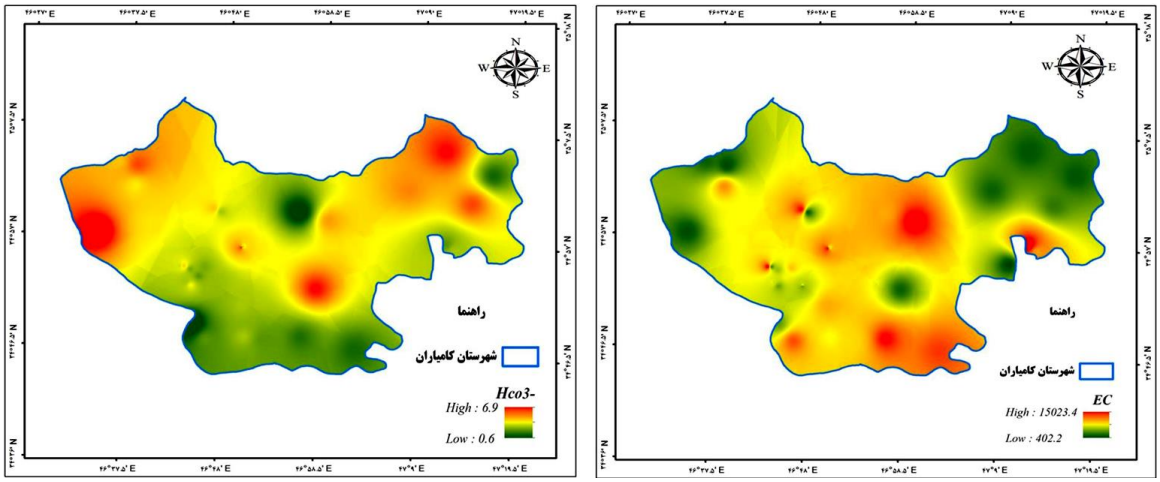
در مورد پارامتر سدیم، بر اساس استاندارد ۱۰۵۳ [۲۲]، حداکثر غلظت استاندارد ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر است که در هیچ نقطه از منطقه، غلظت آن فراتر از ۶۲/۸ میلی‌گرم بر لیتر نرفته است. بنابراین، شرایطی مطلوب از منظر این عنصر بر منطقه حکم‌فرما است. مقدار این پارامتر در ناحیهٔ شمال شرقی محدودهٔ مطالعه‌شده نسبت به سایر نقاط بسیار بیشتر است (شکل ۷). در رابطه با مقدار اسیدیته، مقدار مطلوب، ۶/۵ تا ۸/۵ است [۲۲]. طبق این تعریف، مناطق غرب، شمال غرب، شرق و شمال شرق در محدودهٔ مطلوب قرار دارد، ولی در مرکز و جنوب منطقه، اسیدیتهٔ آب نزدیک به ۵/۹ بوده که از مقدار مجاز نیز کمتر است. حالت اسیدی آب می‌تواند تبعاتی در سلامتی انسان و مشکلات زیست‌محیطی را به دنبال داشته باشد. برای افزایش pH آب می‌توان به اقداماتی از جمله افزایش آهک به منابع برداشت آب اشاره کرد.



شکل ۶. پهنه‌بندی غلظت پتاسیم برحسب meq/lit (راست) و مواد جامد محلول برحسب mg/lit (چپ) در منطقهٔ مطالعه‌شده



شکل ۷. پهنه‌بندی اسیدیته (راست) و غلظت سدیم برحسب meq/lit (چپ) در منطقهٔ مطالعه‌شده



شکل ۸. پهنه‌بندی مقدار هدایت الکتریکی برحسب µmhos/cm (راست) و غلظت بی‌کربنات برحسب meq/lit (چپ) در منطقهٔ مطالعه‌شده

براساس شکل ۸، هدایت الکتریکی و غلظت از یک الگوی مشابه تبعیت نمی‌کنند. در مورد هدایت الکتریکی، روستاهایی که در مناطق شمال غرب و شمال شرق دشت کامیاران قرار دارند مانند روستاهای قوری در و تیلکوه، با EC نزدیک به ۴۰۲ µmhos/cm شرایط مطلوبی را دارند، اما آب زیرزمینی روستاهای بخش شمالی و مرکزی دشت کامیاران EC نزدیک به ۱۵۰۰۰ µmhos/cm دارند. از منظر بی‌کربنات آب، در اغلب نقاط (روستاها)، مقدار عددی این پارامتر نزدیک ۷ است و فقط روستاهای جنوبی از جمله روستاهای پشته، ورهمنگ و وندرنی علیا و محدوده‌ای محدود در شمال دشت کامیاران شرایط مناسبی دارد. در مجموع، بررسی پارامترهای کیفی منابع آب زیرزمینی دشت کامیاران نشان داد مقدار پارامتر pH، چالش‌برانگیزترین پارامتر در محدودهٔ مطالعه‌شده است که مقدار عددی آن در برخی نقاط سبب اسیدی شدن آب شده است. بنابراین، با بهبود این پارامتر و افزایش قلیائیت آن، کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت کامیاران مطلوبیت زیادی خواهد داشت.

نتیجه‌گیری

انسان همیشه در مناطقی سکونت یافته است که دسترسی به آب آسان باشد و این آب با توجه به هدف استفاده، کیفیت مطلوبی داشته باشد. با توجه به این اصل، در این مطالعه برای بررسی کیفیت آب دشت کامیاران، در سال ۱۳۹۱ اقدام به جمع‌آوری نمونه از چاه‌های این منطقه شد و با بررسی شش عامل کلیدی در تعیین کیفیت آب، پهنه‌بندی هر عامل به‌طور جداگانه انجام شد. نتایج حاصل با توجه نمودارهای به‌دست‌آمده و نقشه‌های رقومی تهیه‌شده از منطقه، نشان داد هدایت الکتریکی در بازهٔ زمانی مطالعاتی، دارای نوسان‌های زیادی بوده که بیشترین مقدار آن مربوط به روستای آهنگران در فصل تر به مقدار ۱۵ µmhos/cm هزار و کمترین آن مربوط به روستای شیخ رش در فصل تر به مقدار تقریباً ۶۰۰ µmhos/cm بوده است. مقدار مواد جامد محلول نیز بسیار در این دو فصل متغیر بوده که بیشترین آن در روستای آهنگران در فصل تر به مقدار ۱۰۲۰۰ mg/lit و کمترین آن دوباره برای روستای برای روستای شیخ رش در فصل تر به مقدار تقریباً ۴۵mg/lit بوده است. اسیدیتهٔ آب در مجموع شرایط یکسانی داشته است، به صورتی که بیشترین آن در فصل تر برای روستای قلعه کومالین نزدیک به عدد ۸ بوده و کمترین مقدار آن در روستای پشته به مقدار ۵/۹ ثبت شده است. این شرایط نشان می‌دهد منطقهٔ یادشده اندکی آب اسیدی دارد. غلظت بی‌کربنات در نواحی غربی که شامل روستاهای تیلکوه و بوزیدر، نواحی جنوبی شامل روستاهای ورمهنگ، الک و هیئت‌آباد و شمال شرق این دشت شامل روستاهای پنیران، ورمکان و احمدآباد، مقدار بسیار زیادی داشته است. مقدار سدیم در نواحی جنوبی و شرقی که شامل روستاهای ذکر شده است، نیز زیاد بوده که با توجه به صنعتی و شهری بودن این منطقه، احتمال می‌رود زیاد بودن غلظت پارامترها در این منطقه به همین دلیل باشد. در رابطه با پتاسیم، موضوع اندکی فرق کرده است؛ به این معنا که برای روستاهای قرارگرفته در شمال شرق این دشت، غلظت زیاد

این پارامتر مشاهده نشده است و فقط نواحی جنوبی و غربی غلظت زیاد این پارامتر را دارند. با بررسی نتایج این تحقیق با مطالعهٔ صالحی و حقی‌زاده [۲۳] در دشت کامیاران که بازهٔ بررسی آن سال‌های ۱۳۷۰ تا ۱۳۹۱ بوده است، مشخص می‌شود که کیفیت آب منابع زیرزمینی در تمامی شاخص‌های بررسی‌شده به‌جز بی‌کربنات (HCO_3)، در سال بررسی‌شده با کاهش درخور توجه مواجه بوده است. این موضوع نمایانگر عدم مدیریت مطلوب منابع آب زیرزمینی در این دشت است. بنابراین، پیشنهاد می‌شود با توجه به کاهش کیفیت آب این دشت و ضرورت بیش از پیش مدیریت کیفی منابع آب، با در اختیار داشتن نقشهٔ توزیع پارامترهای مختلف آب‌های زیرزمینی، علاوه بر کنترل و برنامه‌ریزی برای کاهش آلودگی‌ها در منطقه، امکان کاهش تأثیرات آنها با موضوعاتی نظیر تغییر کاربری و نظارت بر دفع فاضلاب نیز فراهم شود.

منابع

[1]. Ghalib HB. Groundwater chemistry evaluation for drinking and irrigation utilities in east Wasit province, Central Iraq. Appl Water Sci. 2017. 7 (7): 3447–3467.

[2]. Mohammadi AA, Yousefi M, Yaseri M, Jalilzadeh M, Mahvi AH. Skeletal fluorosis in relation to drinking water in rural areas of West Azerbaijan, Iran. Scientific reports. 2017 Dec 11;7(1):1-7.

[3]. Yousefi M, Saleh HN, Yaseri M, Mahvi AH, Soleimani H, Saeedi Z, Zohdi S, Mohammadi AA. Data on microbiological quality assessment of rural drinking water supplies in Poldasht county. Data in brief. 2018 Apr 1;17:763-9.

[4]. Hasan MS, Rai AK. Groundwater quality assessment in the Lower Ganga Basin using entropy information theory and GIS. Journal of Cleaner Production. 2020 Nov 20;274:123077.

[5]. Nag SK, Das S. Assessment of groundwater quality from Bankura I and II Blocks, Bankura District, West Bengal, India. Applied Water Science. 2017 Oct 1;7(6):2787-802.

[6]. Singh AK, Tewary BK, Sinha A. Hydrochemistry and quality assessment of groundwater in part of NOIDA metropolitan city, Uttar Pradesh. Journal of the Geological Society of India. 2011 Dec 1;78(6):523-40.

[7]. Terrado M, Barceló D, Tauler R, Borrell E, de Campos S. Surface-water-quality indices for the analysis of data generated by automated sampling networks. TrAC Trends in Analytical Chemistry. 2010 Jan 1;29(1):40-52.

[8]. Simsek C, Gunduz O. IWQ index: a GIS-integrated technique to assess irrigation water quality. Environmental Monitoring and Assessment. 2007 May 1;128(1-3):277-300.

[9]. Yousefi, H., Mohammadi, A., Noorollahi, Y., Sadatinejad, S. Qualitative Evaluation of Surface Water Resources of Hiv basin. Iranian journal of Ecohydrology, 2016; 3(2): 141-149. [In Persian]

[10]. Ashraf S, Afshari H, Ebadi AG. Application of GIS for determination of groundwater quality suitable in crops influenced by irrigation water in the Damghan region of Iran. International Journal of Physical Sciences. 2011 Feb 18;6(4):843-54.

[11]. Yousefi H, Mohammadi A, Noorollahi Y. Analyzing the Water Quality of Babaheydar Dam in Farsan using NSFWQI Analytical Method. Journal of Watershed Management Research. 2019 Jan 10;9(18):1-1. [In Persian]

[12]. Baalousha H. Assessment of a groundwater quality monitoring network using vulnerability mapping and geostatistics: A case study from Heretaunga Plains, New Zealand. Agricultural water management. 2010 Feb 1;97(2):240-6.

[13]. Madhu D. Nathani, Dr. Mrugesh M Trivedi, "Comparative Study of Water Quality for Pre Monsoon 2015 and Pre Monsoon 2016 in and around Gandhidham, Kachchh, Gujarat, India", International Journal of Science and Research (IJSR), August 2016, 5(8): 804 – 811.

[14]. Adimalla N, Taloor AK. Hydrogeochemical investigation of groundwater quality in the hard rock terrain of South India using Geographic Information System (GIS) and groundwater quality index (GWQI) techniques. Groundwater for Sustainable Development. 2020 Apr 1;10:100288.

[15]. Aravinthasamy P, Karunanidhi D, Subramani T, Roy PD. Demarcation of groundwater quality domains using GIS for best agricultural practices in the drought-prone Shanmuganadhi River basin of South India. Environmental Science and Pollution Research. 2020 Apr 11:1-3.

[16]. Daudpota WM, Memon NU, Miano TF. DETERMINATION OF GROUND WATER QUALITY FOR AGRICULTURE AND DRINKING PURPOSE IN SINDH, PAKISTAN.(A CASE STUDY). Science International. 2016 Jan 1;28(1).

[17]. Kumar S, Sangeetha B. Assessment of ground water quality in Madurai city by using geospatial techniques. Groundwater for Sustainable Development. 2020 Apr 1;10:100297.

[18]. Seyedi, A, Normand, B, Abdullah Koukhi, R and Ramezani, E, Numerical model of groundwater flow system in Kamyaran plain in unsteady - state, 2016, 6th National Conference on Water Resources Management, Sanandaj

[19]. Webster R, Oliver MA. Geostatistics for environmental scientists. John Wiley & Sons; 2007 Oct 22.

[20]. Ali SA, Ahmad A. Analysing water-borne diseases susceptibility in Kolkata Municipal Corporation using WQI and GIS based Kriging interpolation. GeoJournal. 2019 May 7:1-24.

[21]. Nekooamal Kermani, M., Mirabbasi, R. Assessment of Interpolation Methods in Estimation of Groundwater Level (Case study: Sarkhon Plain). Hydrogeology, 2018; 2(2): 84-95. [In Persian]

[22]. Drinking water - Physical and chemical specifications standard (ISIRI.1053). Available at: http://www.environment-lab.ir/standards/water-drink-standard-1053.pdf. [In Persian]

[23]. Salehi H, Haghizadeh A. Assessment and Mapping of Groundwater Quality Using the GIS Combining with AqQA model (Case study: Kamyaran Pline). GEJ. 2016; 7 (1) :64-79. [In Persian]