ارزیابی عوامل موثر بر کیفیت شیمیایی و آلودگی نیتراته منابع آب زیرزمینی، مطالعه موردی: آبخوان دشت زیدون

محمد فاریابی[۱]

تاریخ ارسال: ۱۳۹۷/۰۲/۱۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۲/۱۶

مقاله پژوهشی

چکیده

در این تحقیق عوامل موثر بر کیفیت و آلودگی نیتراته آب زیرزمینی دشت زیدون در استان خوزستان بررسی شده است. به این منظور از ۲۵ حلقه چاه کشاورزی نمونه‌برداری شده و سپس پارامترهای شیمیایی نمونه‌های آب (شامل کل جامدات محلول، دما، کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی) اندازه‌گیری شده است. جهت بررسی عوامل موثر بر کیفیت آب زیرزمینی از دیاگرام‌های ترکیبی، شاخص اشباع کانی‌ها و روش آماری تحلیل عاملی استفاده شده است. نتایج این تحقیق نشان داد که آب زیرزمینی در بخش وسیعی از منطقه مورد مطالعه کیفیت نامناسبی دارد. به طوری که میزان شوری آب زیرزمینی در بخش‌های میانی و شمالی دشت بیش از ۳۰۰۰ میکروموهس بر سانتی‌متر می‌رسد. غلظت یون‌های سدیم و کلراید نیز در این مناطق به ترتیب بیش از ۴۰۰ و ۵۵۰ میلی‌گرم در لیتر است. از لحاظ آلودگی نیتراته، آغشتگی و آلودگی آب زیرزمینی در بخش مرکزی و شمالی منطقه مشاهده می‌شود. میزان غلظت یون نیترات در این مناطق بین ۱۵ تا ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر متغیر است. با توجه به نتایج حاصله مهمترین عوامل موثر بر کیفیت آب زیرزمینی، واکنش بین آب و سازندهای زمین‌شناسی و آلودگی توسط فعالیت‌های کشاورزی و فاضلاب‌های خانگی هستند.

واژه های کلیدی: آب زیرزمینی، کیفیت شیمیایی، آلودگی نیتراته، دشت زیدون.

[۱] نویسنده مسئول، دکتری هیدروژئولوژی، استادیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه جیرفت. آدرس: گروه مهندسی طبیعت، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه جیرفت، جیرفت، کیلومتر ۸ جاده بندرعباس، تلفن: ۰۹۱۳۳۴۹۴۶۹۴، پست الکترونیک: Faryabi753@yahoo.com

مقدمه

آب زیرزمینی بعد از یخچال‌ها و یخ‌پهنه‌ها مهم‌ترین منبع تامین آب در دنیا است. به دلیل کمبود منابع آب سطحی در مناطق خشک، آب زیرزمینی اهمیت بسیار زیادی دارد. تقریباً همه آب‌های زیرزمینی از آب باران و برفی که به درون خاک نفوذ کرده است، بوجود می‌آیند و خاک توانایی بی‌نظیری برای تغییردادن کیفیت شیمیایی آب دارد. هنگامی که آب در امتداد خطوط جریان از منطقه تغذیه به سمت منطقه تخلیه حرکت می‌کند، شیمی آن توسط انواع گوناگونی از فرآیندهای ژئوشیمیایی تحت تاثیر قرار می‌گیرد (قدیمی و همکاران، ۱۳۹۳). مهمترین عوامل موثر بر کیفیت آب زیرزمینی شامل ترکیب شیمیایی آب تغذیه‌ای، کانی شناسی و نرخ تولید گاز خاک، وضعیت توپوگرافی منطقه، میزان پوشش گیاهی و ضخامت و جنس لایه‌های زیرسطحی می‌باشند. در حقیقت این عوامل نرخ تغذیه، مسیر جریان و زمان ماندگاری آب را کنترل می‌نمایند (Alley, 1993).

در منابع مختلف، آغشتگی[1] و آلودگی[2] آب‌های زیرزمینی مترادف با یکدیگر در نظر گرفته می شوند، اما فریز و چری (۱۹۷۹) بیان نمودند که همه مواد محلولی که در نتیجه فعالیت‌های انسانی به محیط هیدرولوژیکی وارد گشته اند، صرف نظر از آنکه غلظت آنها به میزانی برسد که باعث تخریب کیفی قابل ملاحظه آب گردد، آلاینده[3] نامیده می‌شوند و واژه آلودگی[4] برای شرایطی به کار می رود که غلظت آلاینده به میزانی برسد که آب را به لحاظ کیفی غیر قابل شرب نماید.

آلودگی آب‌های زیرزمینی یکی از چالش‌های فرآروی بشر در دهه‌های اخیر بوده است. حوضه‌های آبرفتی بدلیل جذب و انتقال فاضلاب‌های خانگی، صنعتی و کشاورزی، نسبت به آلودگی بسیار آسیب‌پذیرند. بنابراین کنترل آلودگی آب و پایش کیفیت آن در این حوضه‌ها از اهمیت زیادی برخوردار است (Simeonov et al, 2003).

نیترات و فسفات دو آلاینده عمده آب های زیرزمینی هستند که منابع اصلی آنها فاضلاب های شهری و فعالیت های کشاورزی می‌باشند. به سبب قابلیت تحرک کمتر فسفات، آلودگی وسیع آب‌های زیرزمینی نسبت به فسفات کمتر گزارش گردیده است، در حالی که نیترات به عنوان شاخص آلودگی آب‌های زیرزمینی همواره مورد توجه محققان بوده است (Fetter, 2018). نیتروژن عنصری است که می تواند در هر دو فرم اکسیده و احیایی در طبیعت رخ دهد. اشکال معمول نیتروژن غیرآلی شامل نیترات، نیتریت، گاز نیتروژن، آمونیوم، وسیانید می باشند. نیترات عمده‌ترین و شایع‌ترین آلاینده آب زیرزمینی است (Fetter, 1999). نیتروژن در همه محیط‌ها وجود دارد و تبدیل آن به نیترات بخشی از اعمال طبیعی هر اکوسیستم می باشد. نیترات قابلیت انحلال و تحرک زیادی دارد که این امر جذب نیترات توسط گیاهان را تسهیل می کند، اما این ویژگی آن را برای فروشویی از زون خاک به وسیله آب های نفوذی مستعد می سازد. نیتروژن یک مؤلفه مهم در همه پروتئین ها بوده و به همین دلیل در همه مواد غذایی و فضولات حیوانی یافت می گردد. در نتیجه، منابع زیادی برای نیترات وجود دارند که می توانند باعث آلودگی آب های زیرزمینی گردند.

در زمینه بررسی کیفیت و آلودگی آب‌های زیرزمینی مطالعات زیادی در داخل و خارج از کشور انجام شده که در ادامه به برخی از آن‌ها اشاره می‌شود.

[1] Contamination
[2] Pollution
[3] Contaminant
[4] Pollutant

چیت‌سازان و همکاران (۱۳۸۵) کیفیت و پتانسیل آسیب‌پذیری آب زیرزمینی دشت‌های زویرچری و خران را بررسی کردند. نتایج این مطالعه مشخص نمود که میزان نیترات در برخی از چاه‌های این دشت بیش از حد مجاز است. همچنین نقشه آسیب‌پذیری و نقشه نیترات تطابق خوبی با هم داشته و مؤثرترین عامل در آسیب‌پذیری این دشت‌ها، محیط غیراشباع معرفی شد.

قره محمودلو و همکاران (۱۳۸۷) از مطالعات هیدروژئوشیمی برای بررسی کیفیت و تشخیص نفوذ آب شور در چاه‌های آب شهر ساری استفاده نمودند و به این نتیجه رسیدند که مقادیر کم مقاومت الکتریکی (۱ اهم متر) در زیر آبخوان و مشخص نبودن سنگ کف احتمال وجود لایه آب شور را در زیر آبخوان افزایش می‌دهد.

کلانتری و همکاران (۱۳۸۸) کیفیت آب زیرزمینی دشت میان آب با استفاده از روش‌های آماری، نمودارهای هیدروشیمیایی و منطق فازی بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که ترکیب شیمیایی آب زیرزمینی به شدت تحت تأثیر تغذیه از رودخانه، رسوبات تشکیل دهنده آبخوان و تبخیر از سطح آب زیرزمینی قرار گرفته است.

عزیزی و محمدزاده (۱۳۹۱) با استفاده از مدل DRASTIC و شاخص کیفیت آب به بررسی کیفیت آب دشت امامزاده جعفر گچساران پرداختند. نتایج این تحقیق نشان داد که آب های زیرزمینی دشت امامزاده جعفر در بیشتر نقاط دشت دارای کیفیتی عالی تا خوب و فقط در بخش های شمال غربی آن، به دلیل عبور آب از لایه‌های تبخیری سازند گچساران، دارای کیفیت بد تا خیلی بد هستند.

اصغری مقدم و همکاران (۱۳۹۴) کیفیت آب زیرزمینی دشت مهربان را بر اساس استانداردهای سازمان بهداشت جهانی (WHO) و استاندارد تحقیقات صنعتی ایران (ISIRI) بررسی کردند. نتایج این مطالعه نشان داد که آب‌های زیرزمینی از نظر کیفیت، بین رده‌های کاملاً نامطلوب تا مناسب قرار می‌گیرند.

آرانده (۱۹۹۹) همبستگی فصلی آلودگی چاه‌های آب با فاصله از مخزن فاضلاب در خلیج فلوریدا را مورد بررسی قرار داد. او ۶۰ چاه را برای تعیین کلی‌فرم‌های مدفوعی، نیترات و فسفات نمونه‌برداری نمود. نتایج نشان داد که همبستگی آماری مهمی بین افزایش غلظت‌های کلی‌فرم‌های مدفوعی، نیترات و فسفات با کاهش فاصله بین چاه‌ها و مخازن فاضلاب وجود دارد.

آنتونکوس و لامبراکیس (۲۰۰۰) پارامترهای کیفی و افزایش نیترات در آبخوان سپارتا در یونان را مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها با بررسی رابطه بین غلظت نیترات و خصوصیات آبخوان نشان دادند که حداکثر مقادیر غلظت نیترات از محور اصلی حرکت آب زیرزمینی تبعیت می کند، در حالی که مناطق تغذیه آبخوان منطبق با نواحی دارای غلظت‌های نیترات رقیق‌شده بود. آن‌ها با تهیه پروفیل‌های تکامل پارامترهای شیمیایی در مقابل عمق بیان نمودند که فرآیند اصلی مسبب افزایش نیترات آب زیرزمینی، اکسیداسیون آمونیاک ناشی از فروشویی سریع کودهای غیرآلی نواحی کشاورزی می‌باشد.

راماکریشنیها و همکاران (۲۰۰۸) از شاخص کیفیت آب برای بررسی کیفیت آب زیرزمینی در منطقه تومکور هندوستان کردند. نتایج این بررسی نشان داد که آب زیرزمینی منطقه قبل از مصرف به تصفیه نیاز دارد و لازم است به منظور جلوگیری از آلودگی جدی محافظت شود.

تستو و همکاران (۲۰۱۰) افزایش میزان شوری در خاک وآب منطقه جنوب تایلند بعد از سونامی ۲۰۰۴ اقیانوس هند را مورد بررسی قرار دادند. بر اساس نتایج بدست آمده هجوم آب شور دریا باعث افزایش میزان نمک موجود در خاک و آب منطقه و آسیب به محصولات کشاورزی گردیده‌است.

پکیالاکشمی و همکاران (۲۰۱۵) کیفیت آب زیرزمینی منطقه تامیل نادو هندوستان را با استفاده

شاخص کیفیت آب زیرزمینی (GQI) مورد مطالعه قرار دادند. این محققان بیان کردند که کیفیت آب زیرزمینی در بخش وسیعی از منطقه برای مصرف شرب نامطلوب است.

هدف از این تحقیق نیز بررسی عوامل موثر بر کیفیت آب زیرزمینی دشت زیدون در استان خوزستان است. حضور سازندها و رسوبات تبخیری، که یکی از ویژگی‌های مناطق خشک است، به طور طبیعی کیفیت آب زیرزمینی را تحت تاثیر قرار داده است. فعالیت‌های گسترده کشاورزی و استفاده از کودهای کشاورزی نیز بر کیفیت آب زیرزمینی موثر است. در این تحقیق عوامل موثر بر کیفیت و آلودگی نیتراته آب زیرزمینی مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

دشت زیدون با مساحتی در حدود ۲۵۷ کیلومترمربع در جنوب غرب شهرستان بهبهان در استان خوزستان و در فاصله ۱۸۰ کیلومتری شهر اهواز قرار گرفته است. دشت زیدون یکی از مناطق مستعد کشاورزی در جنوب شرق استان خوزستان است و در یک اقلیم گرم و بیابانی قرار گرفته است (شبانه، ۱۳۸۵). رودخانه زهره مهمترین منبع آب سطحی در این منطقه است که با روند تقریباً جنوب شرقی - شمال غربی از مرکز دشت زیدون عبور می نماید (شکل ۱).

مهمترین واحدهای سنگی احاطه کننده دشت زیدون شامل سازندهای بختیاری، آغاجاری، میشان و گچساران می‌باشند (شکل ۱). سازند بختیاری در بخش-های جنوبی و غربی منطقه رخنمون داشته و لیتولوژی عمده آن شامل کنگلومرا با سیمانی آهکی است. این سازند در اطراف دشت زیدون تحت دگرشکلی زیادی بوده و ساختارهایی همچون درزه‌ها و شکستگی‌های فراوان و گاهاً حفره‌هایی در آن به وجود آمده است. سازند آغاجاری شامل ماسه‌سنگ با میان‌لایه‌های مارنی بوده و بیشترین گسترش را در محدوده مورد مطالعه دارد. سازند میشان نیز عمدتاً از آهک تشکیل شده است. سازند گچساران در دشت زیدون شامل تناوبی از نمک‌های ضخیم، مارن‌های خاکستری، انیدریت و باندهایی از آهک می‌باشد (حیدری موسی، ۱۳۸۶).

تغذیه آبخوان دشت زیدون عمدتا شامل نفوذ آب بارندگی و نشت آب از رودخانه زهره می‌باشد. تخلیه سفره آب زیرزمینی نیز توسط برداشت از چاه‌های بهره‌برداری، چشمه‌ها صورت می‌گیرد. رودخانه زهره در بخشی از مسیر خود به صورت گیرنده عمل کرده و آبخوان را زهکشی می‌نماید. حداکثر ضخامت آبرفت در دشت زیدون حدود ۳۵۰ متر است. بیشترین ضخامت آبرفت در اطراف رودخانه زهره و در مرکز دشت مشاهده می‌شود. به سمت شمال و جنوب دشت ضخامت آبرفت کاهش می‌یابد (حیدری موسی، ۱۳۸۶). جهت جریان آب زیرزمینی نیز عمدتاً از حواشی دشت به سمت مرکز آن می‌باشد.

روش مطالعه

جهت بررسی کیفیت شیمیایی آب زیرزمینی دشت زیدون ۲۵ نمونه آب از چاه‌های کشاورزی موجود جمع-آوری شد. چاه‌های بهره‌برداری دشت زیدون پراکنش مکانی مناسبی ندارند به طوریکه بیشتر چاه‌ها در بخش مرکزی و جنوبی منطقه واقع شده‌اند و در بخش شمالی منطقه به دلیل کیفیت نامناسب آب زیرزمینی، تعداد چاه-ها بسیار کمتر است. موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری در شکل ۱ ارائه شده است. پارامترهایی مثل درجه حرارت، هدایت الکتریکی و کل جامدات محلول در محل نمونه-برداری اندازه‌گیری شد. سپس نمونه‌ها جهت اندازه‌گیری

یون‌های اصلی (کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم، کلراید، سولفات و بی‌کربنات) و نیترات و نیتریت به آزمایشگاه سازمان آب و برق خوزستان منتقل شدند. جهت بررسی نتایج حاصل از آنالیز نمونه‌های آب از نمودارهای سری مکانی، دیاگرام‌های ترکیبی، نمایه‌های اشباع و روش آماری تحلیل عاملی استفاده شده است.

دیاگرام‌های ترکیبی

نمودارهای ترکیبی ابزار مفیدی جهت شناخت منشأهای مختلف آب زیرزمینی و بررسی عوامل موثر بر کیفیت آب می‌باشند. محققان زیادی در سرتاسر دنیا از نمودارهای ترکیبی جهت شناخت فرآیندهای ژئوشیمیایی مؤثر بر کیفیت آب‌های زیرزمینی استفاده نموده‌اند (Gibbison and Randall, 2006). در این دیاگرام‌ها اغلب دو پارامتر کیفی آب در مقابل هم و در دو محور متعامد با مختصات حسابی نشان داده می‌شوند. با توجه به الگوهای مختلفی که در این نمودارها مشاهده شده، مهمترین عوامل موثر بر کیفیت آب زیرزمینی و برخی از واکنش‌های رخ داده در آبخوان تعیین شده‌اند.

تحلیل عاملی

کاربرد روش‌های آماری در تحقیقات علمی روز به روز گسترده‌تر می‌شود. هدف بسیاری از فعالیت‌های تحقیقاتی پی‌بردن به این موضوع است که کدام یک از افراد در یک مجموعه مشابه و یا متفاوت هستند. یکی از ابزارهای مفید برای این کار استفاده از روش‌های آماری است.

تحلیل عاملی یکی از روش‌های آماری است که بطور وسیعی در مطالعات کیفیت آب استفاده می‌شود. تحلیل عاملی یک روش آماری چند متغیره است که هدف آن ساده کردن روابط پیچیده و مختلفی است که بین متغیرهای قابل مشاهده وجود دارد (قدیمی، ۱۳۹۵). در مطالعات کیفیت آب، نتایج آنالیزهای شیمیایی نمونه‌های آب به عنوان متغیرهای مشاهده‌ای در نظر گرفته می‌شود. بار عاملی (Factor loading) اندازه‌ای از درجه شباهت یا نزدیکی میان متغیرها و فاکتورها است. تفسیر و تعیین منشاء هر یک از فاکتورها بر اساس بارهای عاملی، شرایط هیدروژئولوژیکی، شرایط زمین‌شناختی و فرآیندهای هیدروشیمیایی صورت می‌گیرد (رحیمی، ۱۳۸۳). در این مطالعه از روش آماری تحلیل عاملی جهت تعیین مهمترین عاوامل موثر بر کیفیت آب زیرزمینی استفاده شده است.

شاخص اشباع کانی‌ها

شاخص اشباع برای یک کانی از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$SI = \log \frac{IAP}{Ksat} \qquad (۱)$$

که در آن:

SI: شاخص اشباع

IAP: اکتیویته کانی مورد نظر

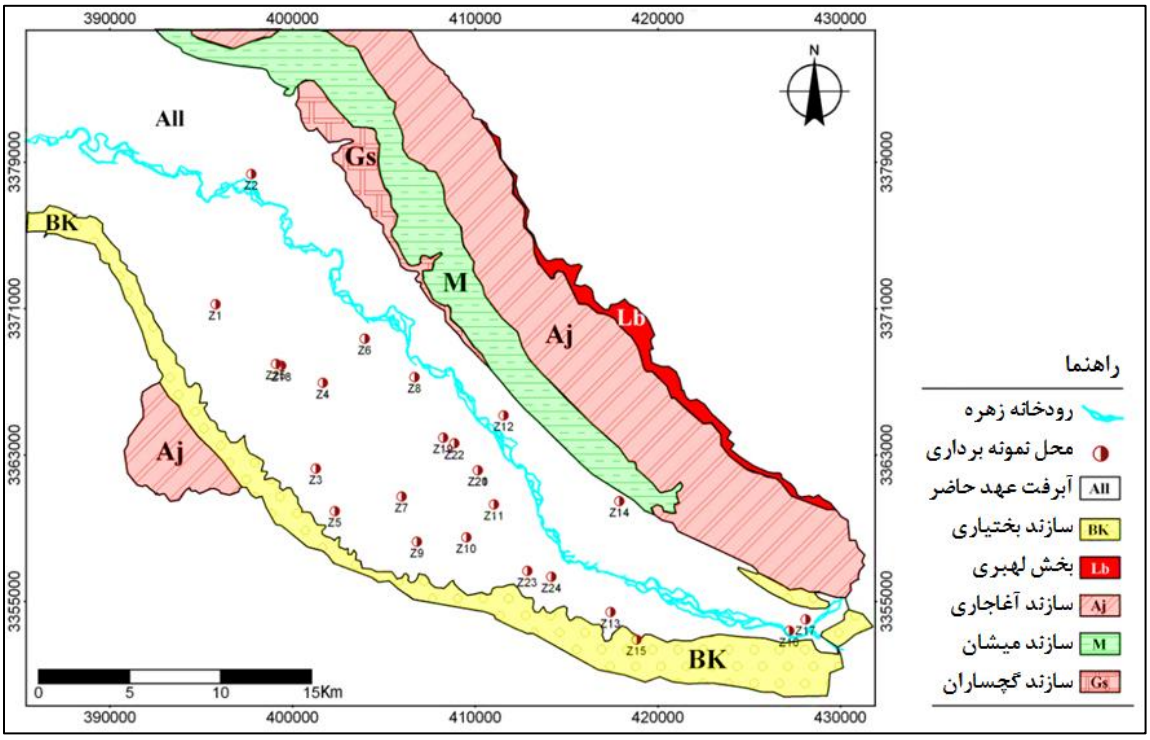
K_{sat} : ثابت انحلال کانی است.

اگر مقدار شاخص اشباع کمتر از صفر باشد، نشان‌دهنده این است که آب نسبت به کانی مورد نظر تحت اشباع است و این کانی در حال انحلال در آب است. در صورتی که شاخص اشباع کانی بزرگتر از صفر باشد، آب نسبت به آن کانی اشباع بوده و کانی مورد نظر در حال رسوبگذاری در آب است (فخری و همکاران، ۱۳۹۴).

در این مطالعه جهت محاسبه شاخص اشباع کانی‌های مختلف نمونه‌های آب زیرزمینی دشت زیدون از کد کامپیوتری PHREEQC استفاده شده است. از شاخص اشباع کانی‌های مختلف برای تعیین منشاء املاح موجود در آب زیرزمینی استفاده شده است.

نتایج و بحث

پارامترهای آماری نمونه‌های آب زیرزمینی در جدول ۱ ارائه شده است. با توجه به این جدول یون‌های پتاسیم، منیزیوم، سولفات و کلراید بیشترین تغییرات را در آب زیرزمینی نشان می‌دهند. میزان هدایت الکتریکی نمونه-های آب که معرف میزان املاح و شوری آب زیرزمینی است بین ۱۶۲۰ تا ۵۷۸۰ میکوموهس بر سانتی‌متر متغیر است. با توجه به میزان هدایت الکتریکی نمونه‌های آب، کیفیت آب زیرزمینی در بخش جنوب شرقی منطقه مورد مطالعه نسبتاً خوب است. اما در بخش‌های مرکزی و در مجاورت رودخانه زهره به علت افزایش مسیر حرکت آب زیرزمینی و حضور رسوبات و کانی‌های تبخیری حاصل از سازندهای اطراف دشت، مقدار املاح آب افزایش می‌یابد.

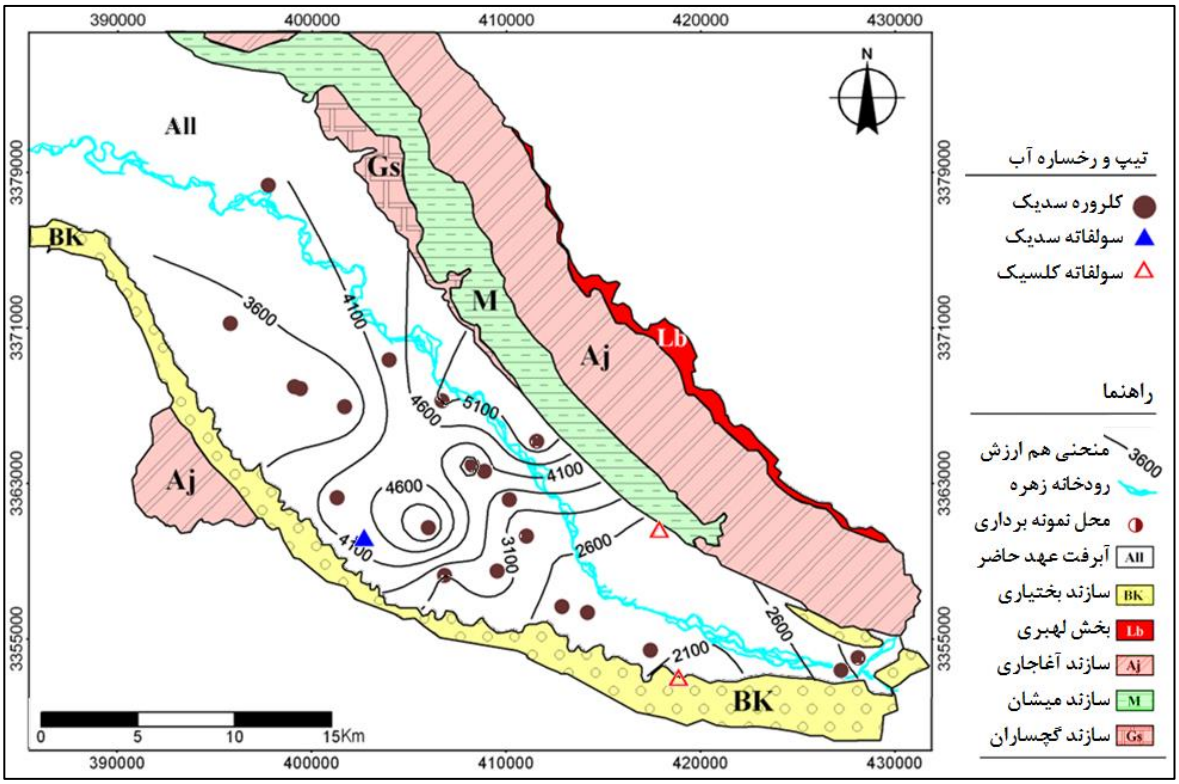


شکل(۱): نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه همراه با ایستگاه‌های نمونه‌برداری

جدول (۱): آمار توصیفی نمونه‌های آب زیرزمینی دشت زیدون (هدایت الکتریکی برحسب میکروموهس بر سانتیمتر و سایر پارامترها بر حسب میلی گرم بر لیتر)

پارامتر	EC	TDS	pH	Ca	Mg	Na	K	HCO_3	Cl	SO_4	NO_2	NO_3
میانگین حسابی	۳۵۳/۲۳	۲۱۳/۵۱	۷/۳۹	۱۷/۹۵۲	۴/۹۸۵	۵۲/۲۸	۴/۶۶	۲۰۶/۴	۸۲۱	۴۲/۰۵۵	/۰۶۵۰	۱۹/۰۹
انحراف معیار	۱۱۶/۴۱	۶۷/۸۱۶	۰/۲	۴۵/۸۳	۱/۰۶۱	۲۱/۶۷	۱/۶۳	۸۸/۰۸	۳۶/۷۰	۱۴/۳۲۰	۰/۲۵	۲۸/۴۲
ضریب تغییرات (درصد)	۳۲/۸۷	۳۱/۷۵	۲/۷۱	۲۶/۵	۲/۰۵۴	۴/۱۹۱	۳/۹۸۴	۴۲/۶۷	۴/۹۴۳	۳۳/۰۱	۳۸۴	۱۴۹
حداکثر	۶۹۶۰	۴۱۷۶	۷/۷	۳۲۲	۶۹/۶	۱۰۹۹	۷/۸	۴۵۷/۵	۱۸۵۰	۷۸/۸۸۲	۱/۲۵	۱۱۱/۲
حداقل	۱۵۶۰	۱۱۷۰	۶/۹	۱۲۶	۲۷/۶	۱۴۴	۳/۱۲	۱۴۰/۳	۱۲/۷۰	۲۶/۳۶۷	/۰۰۳۰	۲/۴۹
میانه	۳۲۳۰	۱۹۳۸	۷/۴	۱۷۲	۴۴/۴	۴۹/۶۸	۴/۶۸	۱۸۹/۱	۸۰/۹۵	۴۰/۹۶۸	/۰۰۸۰	۱۱/۲۲
دامنه تغییرات	۵۴۰۰	۳۰۰۶	۰/۸	۱۹۶	۴۲	۹۵/۴۵	۴/۶۸	۳۱۷/۲	۱۷۲۹	۵۱/۵۲۵	۱/۲۵	۱۰/۷۱۸
چولگی	۱/۳۲	۱/۵۴	۰/۸۳-	۱/۹۵	۰/۲	۰/۸۶	۰/۷۹	۲/۳۸	۰/۹۲	۱/۱۵	۴/۹۶	۲/۸۱

منحنی‌های هم ارزش هدایت الکتریکی آب زیرزمینی در شکل ۲ نشان داده شده است. همان‌گونه که در این شکل دیده می‌شود، مقدار املاح آب زیرزمینی در نمونه‌های واقع در حاشیه سازند بختیاری نسبت به نمونه‌های واقع در حاشیه سازند گچساران و میشان کمتر است. علت این امر وجود بیشتر کانی‌ها و رسوبات قابل انحلال مانند ژیپس، انیدریت وهالیت در مرکز دشت و به ویژه در مجاورت سازند گچساران است. شکل ۲ پراکندگی مکانی تیپ آب زیرزمینی در دشت زیدون را نیز نشان می‌دهد. تیپ غالب آب زیرزمینی در دشت زیدون تیپ کلروره است. البته تیپ سولفاته نیز در سه مورد از نمونه‌ها مشاهده شده است. با توجه به پراکندگی تیپ‌های آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه می‌توان گفت که سازند گچساران و رسوبات ناشی از آن مهمترین عامل طبیعی تخریب کیفی آب زیرزمینی هستند.

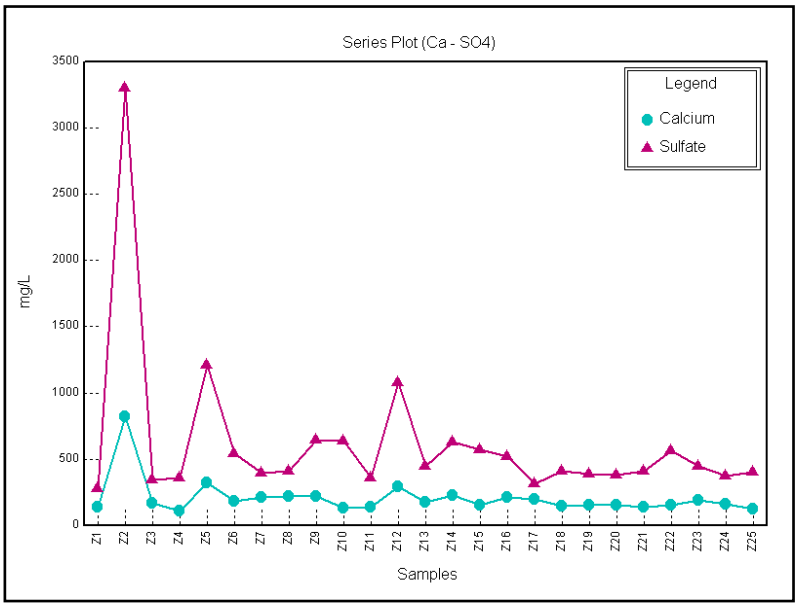


شکل (۲): نقشه تغییرات هدایت الکتریکی و تیپ آب زیرزمینی دشت زیدون

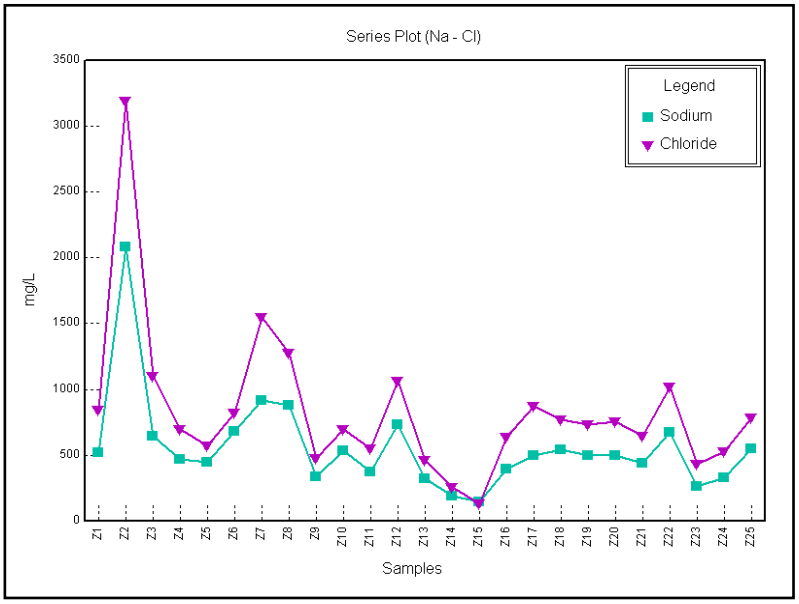
عوامل موثر بر کیفیت آب زیرزمینی

سری مکانی یون‌های کلسیم و سولفات در شکل ۳ ارائه شده است. با توجه به این شکل، تغییرات سولفات بیشتر از کلسیم است. تغییرات این یون در محدوده‌ای بین ۲۸۰ تا بیش از ۳۲۹۸ میلی‌گرم در لیتر قرار می‌گیرد. الگوی تغییرات یون کلسیم بسیار مشابه با یون سولفات است. این موضوع نشان‌دهنده فرآیند انحلال سولفات‌های کلسیم دار (ژیپس و انیدریت) در آب‌زیرزمینی است. الگوی تغییرات سدیم و کلر نیز تقریباً مشابه است (شکل ۴). این الگوی مشابه نشان‌دهنده منشاء مشترک این یون‌ها (انحلال هالیت) است، اما غلظت یون سدیم کمتر از یون کلراید است که دلیل آن وقوع فرآیند تبادل یونی معکوس است. این فرآیند هنگامی رخ می‌دهد که آب‌های شور در مجاورت کانی‌های رسی غنی از کلسیم قرار گیرند. این واکنش سبب آزاد شدن کلسیم و کاهش سدیم می‌شود. فرآیند تبادل یونی معکوس طبق واکنش زیر انجام می‌شود (Zaidi et al., 2015):

$$Ca\text{-clay} + 2Na^{+} === Ca^{2+} + Na_2\text{-Clay} \qquad (۲)$$



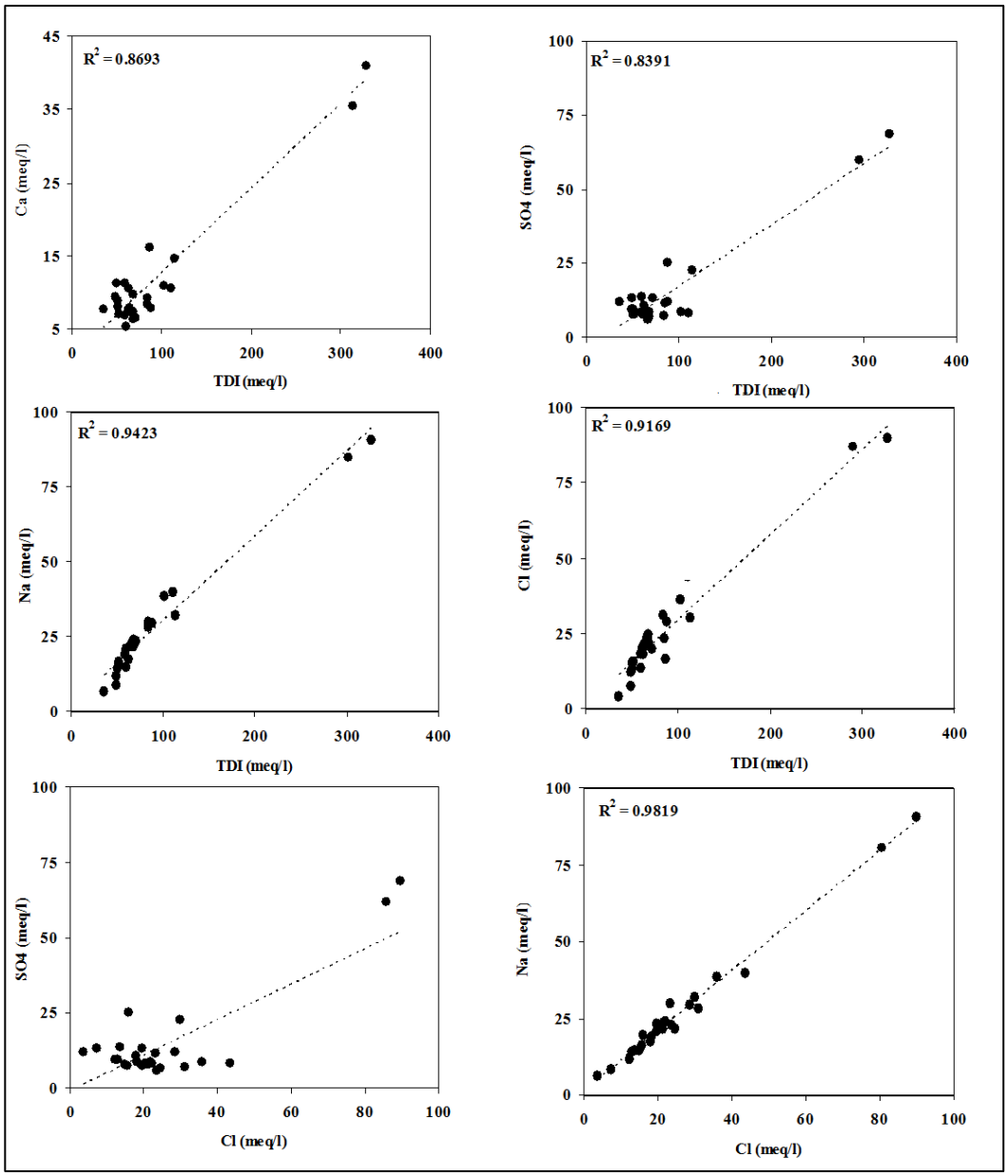
شکل (۳): سری مکانی کلسیم و سولفات نمونه‌های آب زیرزمینی دشت زیدون



شکل(۴): سری مکانی سدیم و کلر نمونه‌های آب زیرزمینی دشت زیدون

نمودارهای ترکیبی پارامترهای کیفی آب زیرزمینی در شکل ۵ ارائه شده است. در این نمودارها دو دسته مجزا از نمونه‌های آب زیرزمینی دیده می‌شوند. این الگو بیانگر این است که آب زیرزمینی در دشت زیدون دارای دو منشاء متفاوت است. دشت زیدون توسط سازند کنگلومرای بختیاری در جنوب و سازند گچساران و میشان در شمال دشت تغذیه می‌شود. وضعیت لیتولوژیکی این دو سازند باعث تفاوت ترکیب آب زیرزمینی می‌شود.

در نمودارهای ترکیبی شکل ۵ با افزایش کل یون‌های محلول (TDI)، غلظت سولفات به طور خطی افزایش می‌یابد. این رابطه خطی بین یون‌های سولفات و کلسیم نیز وجود دارد. افزایش خطی منیزیم با افزایش TDI نیز مشاهده می‌شود و روند آن مشابه با یون کلسیم است. این روندها نشان دهنده انحلال سولفات‌های کلسیم‌دار و منیزیوم‌دار در آبخوان می‌باشد. الگوی غالب یون‌های سدیم و کلراید در مقابل TDI بصورت خطی است. روند خطی بسیار خوبی نیز در نمودار سدیم در مقابل کلراید مشاهده می‌شود که این موضوع نشان‌دهنده انحلال هالیت و رسوبات نمکی در آبخوان است.



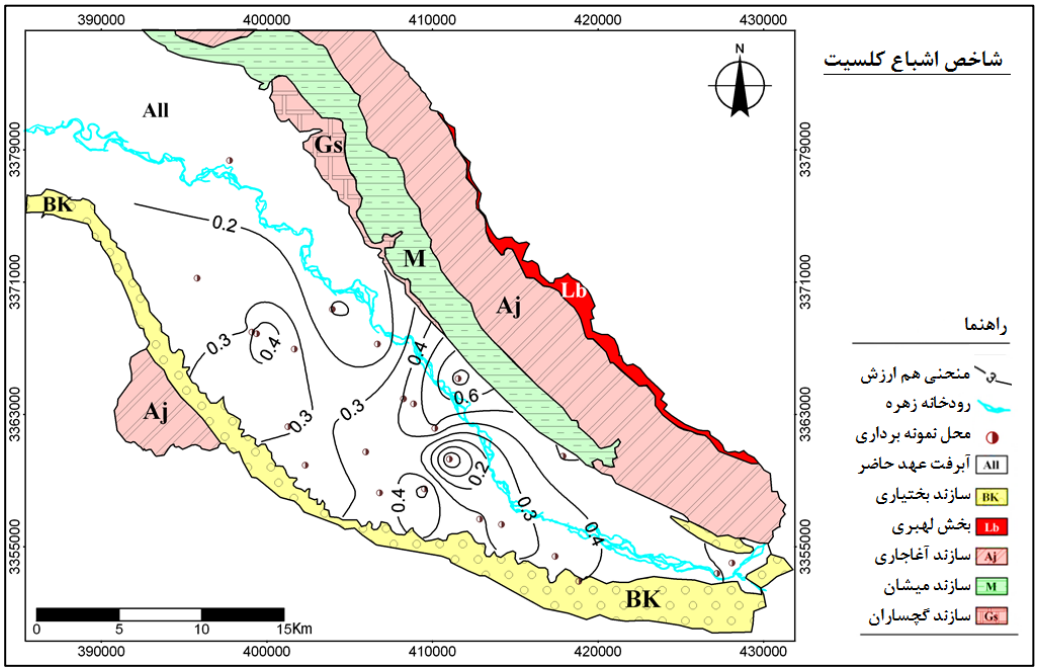
شکل (۵): نمودارهای ترکیبی پارامترهای کیفی نمونه‌های آب زیرزمینی

مقادیر شاخص‌های اشباع کانی‌های آراگونیت کلسیت، دولومیت، ژیپس و هالیت نمونه‌های آب زیرزمینی محاسبه شده و خلاصه آن در جدول ۲ ارائه شده است. با توجه به این جدول اغلب نمونه‌های آب زیرزمینی نسبت به کلسیت، آراگونیت و دولومیت اشباع و فوق اشباع می‌باشند. آب زیرزمینی دشت زیدون نسبت به ژیپس، انیدریت و هالیت تحت اشباع است.

شکل ۶ تغییرات مکانی شاخص‌اشباع کانی کلسیت را نشان می‌دهد. الگوی تغیرات مکانی شاخص اشباع کانی آراگونیت نیز مشابه با کانی کلسیت است. بیشترین مقدار شاخص اشباع کانی کلسیت و آراگونیت در بخش‌های حاشیه-ای دشت مشاهده می‌گردد. علت این موضوع قرار گرفتن این بخش‌ها در منطقه تغذیه آبخوان است. بخش جنوبی تحت تاثیر تغذیه از سازند بختیاری و بخش شمالی تحت تاثیر تغذیه از سازند میشان است. بیشترین میزان شاخص اشباع دولومیت در مجاورت سازند میشان مشاهده می‌شود. در مرکز دشت در دو ناحیه آب زیرزمینی نسبت به دلومیت تحت اشباع است که این امر را می‌توان به اثر تغذیه کنندگی رودخانه زهره در این مناطق نسبت داد. با توجه به اینکه حداکثر مقدار شاخص اشباع کانی‌های کلسیت، آراگونیت و دلومیت در مجاورت سازند میشان مشاهده می‌شود و میزان شاخص اشباع این کانی‌ها نیز به سمت سازند میشان افزایش می‌یابد، این سازند را می‌توان به عنوان مهمترین منشاء یون‌های کلسیم و منیزیوم در آب زیرزمینی در نظر گرفت.

جدول (۲): مقادیر شاخص اشباع کانی‌های مختلف در آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه

نام کانی		کلسیت	آراگونیت	دلومیت	ژیپس	انیدریت	هالیت
شاخص اشباع	میانگین	۰/۳۵	۰/۲	۰/۵۲	-۰/۸۷	-۱/۱	-۵/۱۴
	حداکثر	۰/۷۴	۰/۵۹	۱/۴۷	۰/۰۴	-۰/۱۵	-۳/۹۶
	حداقل	-۰/۱۲	-۰/۲۶	-۰/۴۶	-۱/۱۸	-۱/۴	-۶/۳۵



شکل (۶): نقشه هم ارزش شاخص اشباع کلسیت آبخوان دشت زیدون

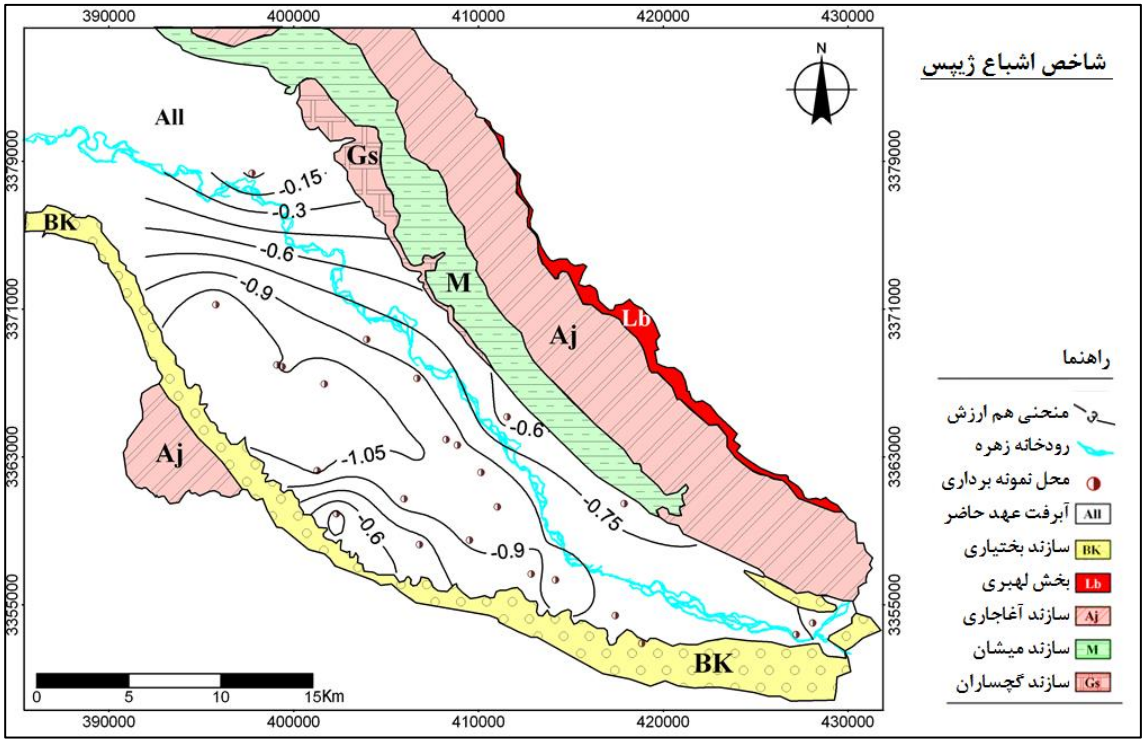
نقشه هم میزان شاخص اشباع ژیپس دشت زیدون در شکل ۷ ارائه شده است. کمترین میزان شاخص اشباع ژیپس در مجاورت سازند بختیاری در بخش غربی منطقه مورد مطالعه و حداکثر آن در مجاورت سازند گچساران دیده می‌شود، الگوی تغییرات مکانی شاخص اشباع کانی انیدریت نیز مشابه با کانی ژیپس است. با توجه به رخنمون سازند گچساران در مناطق شمالی دشت این روند پذیرفتنی است. بیشترین مقدار شاخص اشباع هالیت در منطقه مورد مطالعه نیز در حاشیه سازند گچساران مشاهده می‌شود (شکل ۸). با توجه به روند افزایشی شاخص اشباع کانی‌های ژیپس، انیدریت و هالیت به سمت سازند گچساران، این سازند را می‌توان به عنوان مهمترین منشاء یون‌های سولفات و کلراید آب زیرزمینی در نظر گرفت.

با ملاحظه روند تغییرات شاخص اشباع کانی‌ها می‌توان بیان کرد در حال حاضر در آبخوان دشت زیدون کلسیت، دلومیت و آراگونیت در حال رسوبگذاری هستند و ژیپس، انیدریت و هالیت در حال انحلال می‌باشند. انحلال این کانی‌های تبخیری باعث تخریب کیفی آب زیرزمینی شده است.

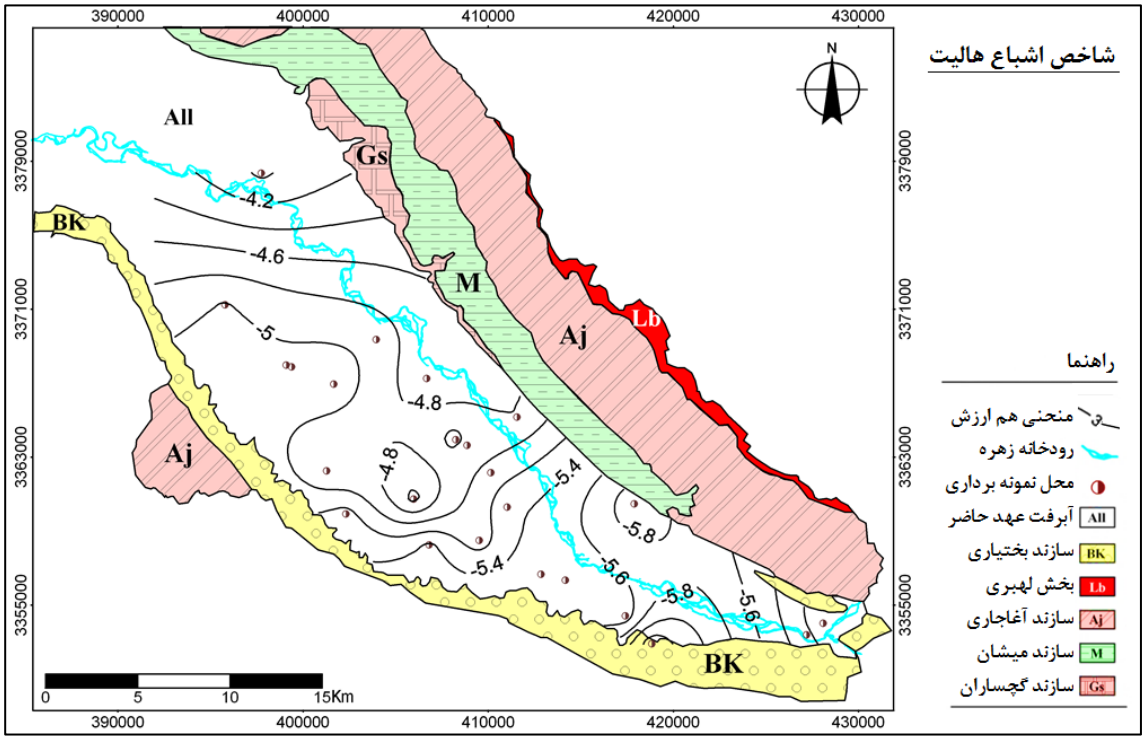
آلودگی آب زیرزمینی

تحلیل عاملی یکی از روش‌های آماری مفید برای بررسی عوامل موثر برکیفیت آب است. اولین گام در تحلیل عاملی تهیه یک ماتریس ضرایب همبستگی از تمام متغیرهای مورد مطالعه می‌باشد (جدول۳). با توجه به جدول ۳ بیشترین میزان همبستگی بین یون‌های سدیم و کلر مشاهده می‌شود، که نشان‌دهنده انحلال هالیت در آب زیرزمینی است. همبستگی خوبی نیز بین کلسیم و سولفات و همین‌طور بین کلسیم، منیزیوم، سدیم و پتاسیم وجود دارد، که این موضوع می‌تواند نشان‌دهنده منشاء مشترک آنها باشد. با توجه به جدول ۳، همبستگی چندانی بین غلظت یون نیترات و نیتریت با سایر پارامترهای کیفی آب زیرزمینی مشاهده نمی‌شود، اما همبستگی خوبی بین یون‌های نیترات و نیترات وجود دارد (R^2=۰/۶۱). این موضوع نشان‌دهنده این است که منشاء این یون‌ها با سایر یون‌های محلول در آب متفاوت است. یون نیترات و نیتریت در اثر فعالیت‌های انسانی به منابع آب زیرزمینی وارد شده‌اند، در حالیکه سایر پارامترهای کیفی ناشی از شرایط طبیعی زمین‌شناسی منطقه هستند.

نمودار حاصل از تحلیل عاملی پارامترهای کیفی آب زیرزمینی در شکل ۹ ارائه شده است. مدل عاملی بکار رفته در این تحقیق شامل سه عامل و ده متغیر است. نتایج حاصل از تحلیل عاملی نشان دهنده آن است که این عامل‌ها حدود ۸۳٪ از کل میزان اشتراک را در بر دارند. بطوریکه از این مقدار ۳۴٪ بوسیله عامل یک، ۲۷٪ توسط عامل دو و ۲۱٪ بوسیله عامل سه تعیین می‌شود. شکل ۹ مقدار بار عاملی فاکتورها برای پارامترهای کیفی آب زیرزمینی را نشان می‌دهد. بر اساس این شکل، فاکتور اول را می‌توان به انحلال کانی‌های تبخیری مانند سدیم کلراید (هالیت) و منیزیوم کلراید نسبت داد، زیرا یون‌های کلر و منیزیوم دارای بار عاملی بالایی هستند. در فاکتور دوم یون‌های سولفات و سدیم دارای بار عاملی بالایی هستند. در نتیجه این فاکتور را می‌توان به انحلال کانی‌های سولفاته مانند ژیپس و انیدریت نسبت داد. در فاکتور سوم نیترات، نیتریت و کلر بالاترین بار عاملی را نشان می‌دهند، بنابراین این فاکتور را می‌توان به آلودگی آب زیرزمینی نسبت داد.



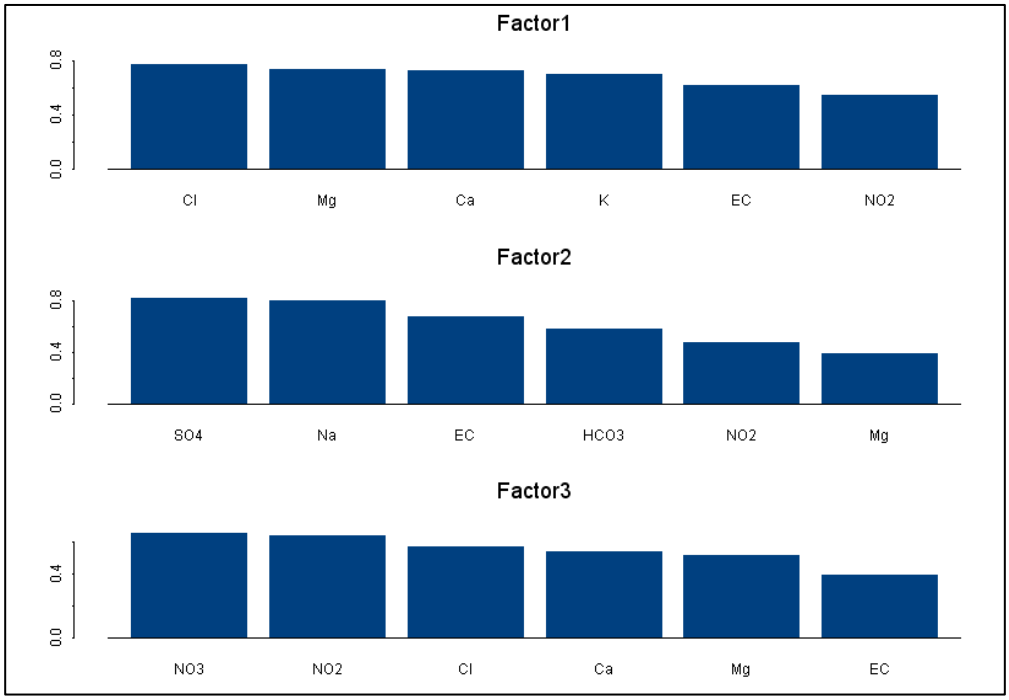
شکل (۷): نقشه هم ارزش شاخص اشباع ژیپس آبخوان دشت زیدون



شکل (۸): نقشه هم ارزش شاخص اشباع هالیت آبخوان دشت زیدون

جدول (۳): ماتریس ضرایب همبستگی پارامترهای کیفی نمونه‌های آب زیرزمینی

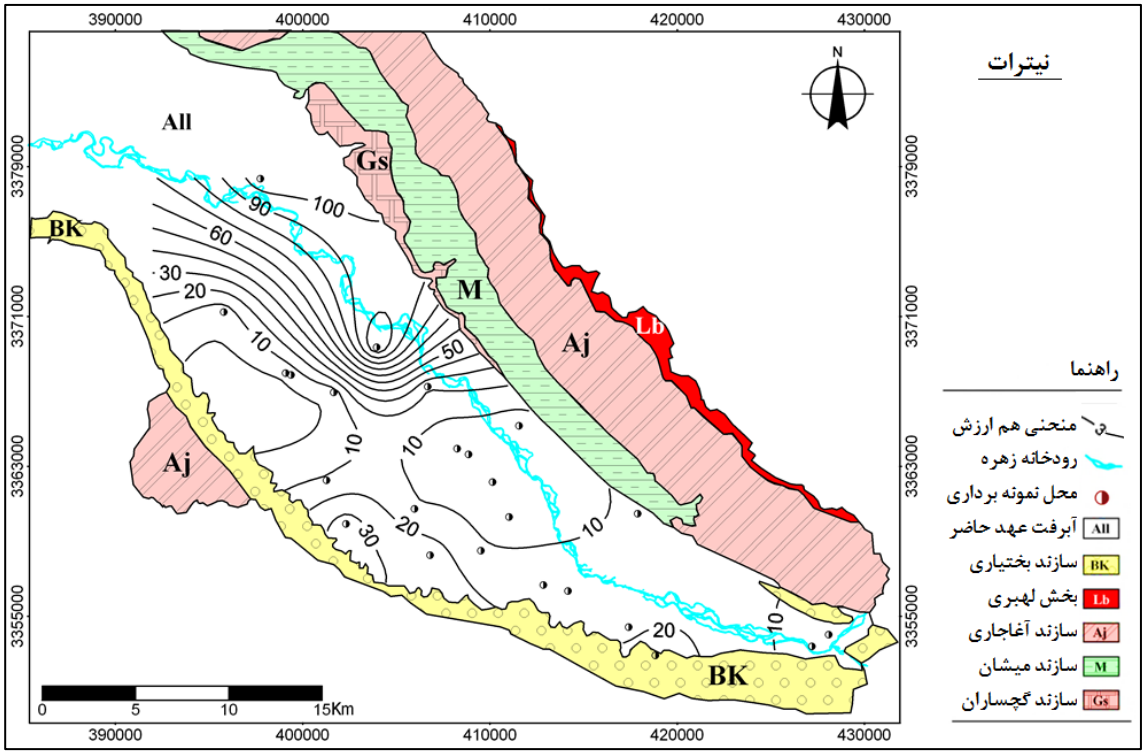
	EC	pH	TDS	Ca	Mg	Na	K	HCO_3	Cl	SO_4	NO_3	NO_2
EC	۱											
pH	-۰/۵۷	۱										
TDS	۰/۹۹	-۰/۵۸	۱									
Ca	۰/۹۱	-۰/۵۸	۰/۹۴	۱								
Mg	۰/۹۳	-۰/۴۲	۰/۹۴	۰/۹۴	۱							
Na	۰/۹۸	-۰/۵۶	۰/۹۷	۰/۸۳	۰/۸۶	۱						
K	۰/۵۹	-۰/۳۵	۰/۵۸	۰/۶۳	۰/۶۱	۰/۵۲	۱					
HCO_3	۰/۴۶	-۰/۶۸	۰/۴۳	۰/۳۱	۰/۲۶	۰/۵۲	۰/۴۱	۱				
Cl	۰/۹۷	-۰/۵۳	۰/۹۵	۰/۸۱	۰/۸۴	۰/۹۹	۰/۴۷	۰/۴۵	۱			
SO_4	۰/۸۹	-۰/۴۷	۰/۹۲	۰/۹۷	۰/۹۷	۰/۸۰	۰/۶۶	۰/۲۶	۰/۷۶	۱		
NO_3	۰/۲۰	۰/۱۳	۰/۲۴	۰/۳۲	۰/۲۴	۰/۱۴	۰/۱۵	۰/۱۶	۰/۱۱	۰/۳۱	۱	
NO_2	۰/۳	۰/۰۲	۰/۳۵	۰/۴۶	۰/۴۴	۰/۲۱	۰/۰۷	۰/۰۱	۰/۲۱	۰/۴۵	۰/۶۱	۱



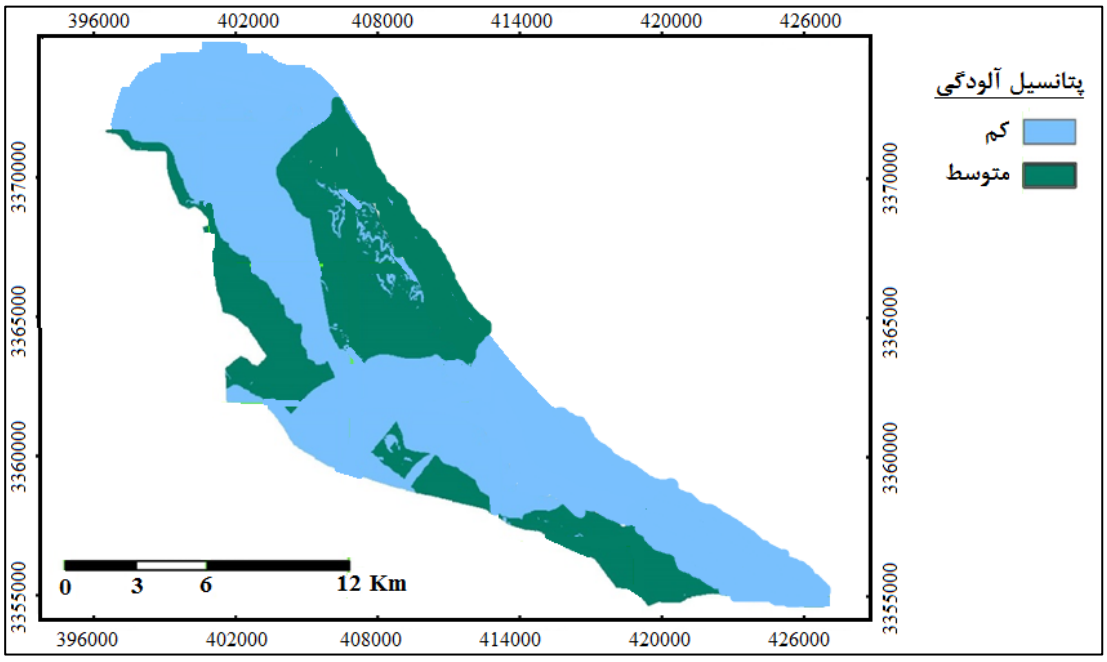
شکل (۹): نمایش بار عاملی در فاکتورهای سه‌گانه موثر بر کیفیت شیمیایی آب زیرزمینی

مزارع کشاورزی مهمترین کاربری زمین در دشت زیدون هستند. بنابراین انتظار می‌رود که مهمترین آلاینده موجود در آب زیرزمینی نیترات حاصل از فروشست این کودها از سطح خاک باشد. شکل۱۰ الگوی تغییرات مکانی نیترات در منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. کمترین مقدار نیترات در بخش جنوبی و مرکزی و بیشترین میزان آن در بخش شمالی دشت زیدون دیده می‌شود. بطوری که میزان نیترات از ۵ میلی‌گرم در لیتر در بخش جنوب شرقی دشت زیدون تا بیش از ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر در بخش شمالی منطقه مورد مطالعه می‌رسد. بیشترین مقدار نیتریت آب زیرزمینی نیز در محدوده شمالی دشت زیدون مشاهده شده است. در این مناطق غلظت نیتریت بیشتر از حداکثر مجاز آن (۰/۲ میلی‌گرم در لیتر) می‌باشد. غلظت‌های بیش از ۱۰ میلی‌گرم در لیتر نیترات به عنوان آغشتگی نیتراته و بیش از ۴۵ میلی گرم در لیتر به عنوان آلودگی نیتراته در نظر گرفته می‌شود (Fetter, 1999). بنابراین آغشتگی و آلودگی نیتراته آب زیرزمینی در بخش زیادی از دشت زیدون مشاهده می‌شود.

برای تعیین منشاء آلودگی نیتراته آب زیرزمینی، نقشه تغییرات مکانی غلظت نیترات نمونه‌های آب زیرزمینی (شکل ۱۰) و نقشه پتانسیل آلودگی آب زیرزمینی ،که توسط یارمحمدی و همکاران (۱۳۸۶) تهیه شده، مقایسه شده‌اند. این محققان از مدل DRASTIC جهت پهنه بندی پتانسیل آلودگی آبخوان دشت زیدون استفاده کردند. مدل DRASTIC تنها آلاینده‌های انتشاری مانند زمین‌های کشاورزی را برای تعیین پتانسیل آلودگی در نظر می‌گیرد. با توجه به نتایج حاصل از این مدل (شکل ۱۱) پتانسل آلودگی در بخش‌های شمالی منطقه مورد مطالعه متوسط است. ولی میزان نیترات اندازه‌گیری شده در این مناطق زیاد است. بنابراین می‌توان گفت در این مناطق فاضلاب‌های خانگی هم علاوه بر فعالیت‌های کشاورزی در آلودگی آب زیرزمینی نقش مهمی دارند. در بخش‌های شمالی دشت تعداد چاه‌های کشاورزی نسبت به سایر بخش‌ها کمتر است، ولی نیترات آب زیرزمینی بالاتر از سایر مناطق است. بنابراین غلظت غیرطبیعی نیترات در این مناطق مربوط به ورود فاضلاب‌های خانگی به آب زیرزمینی است. بالا بودن بار عاملی یون کلراید علاوه بر نیترات و نیترات در روش تحلیل عاملی (شکل ۹) نیز موید این موضوع است. زیرا غلظت کلراید، نیترات و نیترات در آب‌های زیرزمینی آلوده شده توسط فاضلاب‌های شهری بالاست (Fetter et al., 2018).



شکل (۱۰): نقشه هم مقدار نیترات آب زیرزمینی دشت زیدون



شکل (۱۱): نقشه پتانسیل آلودگی آب زیرزمینی دشت زیدون (یارمحمدی، ۱۳۸۶)

نتیجه‌گیری

در این تحقیق کیفیت شیمیایی و آلودگی نیتراته آب زیرزمینی دشت زیدون در استان خوزستان مورد بررسی قرار گرفت. بررسی‌ها بر اساس آنالیز کیفی ۲۵ نمونه آب زیرزمینی انجام شد. این تحقیق نشان داد که آب زیرزمینی در دشت زیدون دارای دو منبع تغذیه متفاوت است (سازند کنگلومرای بختیاری در جنوب و سازند گچساران و میشان در شمال دشت). کیفیت ذاتی آب‌زیرزمینی در بخش جنوب شرقی منطقه نسبتاً خوب است، اما در بخش‌های مرکزی به علت افزایش مسیر حرکت آب زیرزمینی و حضور رسوبات و کانی‌های تبخیری کیفیت آب نامناسب است. پراکندگی تیپ‌های کلروره و سولفاته آب زیرزمینی در دشت زیدون نیز موید نقش سازند گچساران و رسوبات ناشی از آن در تخریب کیفی آب زیرزمینی است.

بر اساس نتایج حاصله، سه فاکتور اصلی تعیین کننده کیفیت آب زیرزمینی دشت زیدون می‌باشند. این فاکتورها شامل انحلال کانی‌های تبخیری مانند سدیم کلراید (هالیت) و منیزیوم کلراید، انحلال کانی‌های سولفاته مانند ژیپس و انیدریت و آلودگی آب زیرزمینی توسط کودهای کشاورزی و فاضلاب‌های خانگی هستند. آغشتگی و آلودگی نیتراته آب زیرزمینی در بخش زیادی از دشت زیدون به ویژه در بخش‌های مرکزی و شمالی آن رخ داده است. در بخش‌های شمالی دشت زیدون غلظت یون نیترات افزایش قابل ملاحظه‌ای را نشان می‌دهد.

نتایج این تحقیق نشان داد که عامل زمین‌شناسی و به خصوص حضور سازندها و رسوبات تبخیری یکی از مهمترین عوامل تخریب کیفی آب زیرزمینی در مناطق خشک و بیابانی است. مناطق مسکونی و زمین‌های کشاورزی نیز کیفیت آب زیرزمینی را تحت تاثیر قرار می‌دهند. پیشنهاد می‌شود برای تعیین دقیق منشاء آلودگی آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه از روش آنالیز ایزوتوپی اکسیژن ۱۸ (^{18}O) و نیتروژن ۱۵ (^{15}N) موجود در یون نیترات استفاده شود. با استفاده از این ایزوتوپ‌ها به راحتی می‌توان منشاء آلودگی نیتراته آب را مشخص کرد.

منابع

اصغری مقدم، ا.، ز. جوانمرد، م. ودیعتی و م. علاف نجیب.۱۳۹۴. بررسی کیفیت آب زیرزمینی دشت مهربان با استفاده از شاخص‌های GQI و FGQI. هیدروژئومرفولوژی، شماره ۲، ص ۹۸-۷۹.

حیدری موسی، م.ج. ۱۳۸۶. امکان‌سنجی اجرای پروژه‌های تغذیه مصنوعی در دشت زیدون. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه شهید چمران اهواز. ۱۷۰ص.

رحیمی، م. ح. ۱۳۸۳. بررسی هیدروژئولوژیکی دشت‌های زویرچری و خران. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه شهید چمران اهواز. ۲۲۰ص.

شبانه، م. ۱۳۸۵. امکان‌سنجی ایجاد پروژه‌های تغذیه مصنوعی در دشت‌های زویرچری و خران، استان خوزستان. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه شهید چمران اهواز. ۱۶۵ص.

عزیزی، ف. و ح. محمدزاده. ۱۳۹۱. بررسی تغییرات مکانی آسیب‌پذیری آب زیرزمینی دشت امامزاده جعفر گچساران با استفاده از مدل DRASTIC و شاخص GQI. مهندسی منابع آب. دوره ۵، شماره ۱۳، ص ۱۶-۱.

فخری، م.س.، ا. اصغری مقدم و م. نجیب. ۱۳۹۴. کاربرد آنالیزهای چندمتغیره و شاخص‌های اشباع در ارزیابی کیفی آب‌های زیرزمینی دشت مرند. نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، جلد ۲۲، شماره ۶، ص ۱۳۳-۱۱۷.

قدیمی، ف. ۱۳۹۵. کاربرد روش‌های آماری چند متغیره در تحلیل داده‌های علوم زمین و محیط زیست. انتشارات دانشگاه صنعتی اراک، ۲۵۰ ص.

قدیمی، م.، ح. احمدی، ا. مقیمی و م. جعفربیگلو. ۱۳۹۳. بررسی هیدروژئوشیمیایی چشمه های کارستی اشترانکوه در ارتباط با سازندهای زمین شناسی منطقه. مرتع و آبخیزداری، دوره ۶۷، شماره ۲، ص ۲۷۸-۲۶۳.

قره محمودلو، م.، م. رقیمی و ا. طهماسبی. ۱۳۸۷. ارزیابی نفوذ آب شور به چاه‌های آب با استفاده از مطالعات هیدروشیمی (مطالعه موردی: شهر ساری). مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دوره ۱۵، شماره ۴، ص ۲۹-۲۲.

کلانتری، ن. و م.ح. رحیمی. ۱۳۸۶. بررسی کیفیت آب زیرزمینی دشت میان‌آب با استفاده از روش‌های آماری، نمودارهای هیدروشیمی و منطق فازی. زمین‌شناسی ایران، سال سوم، شماره ۹، ص ۲۵-۱۵.

یارمحمدی، ا.، م. کرمی، س. برومندنسب و ع.ع. ناصری. ۱۳۸۶. تعیین مهمترین پارامترهای تاثیرگذار بر پتانسیل آلودگی آب زیرزمینی دشت زیدون. سومین کنفرانس مدیریت منابع آب.

Alley, W. M. 1993. Regional Groundwater quality. John Wiley, New York.

Antonakos, A. and N. Lambrakis .2000. Hydrodynamic characteristics and nitrate propagation in Sparta aquifer. Water resources research, 34(16): 3977-3986.

Arnade, L. J.1999. Season of well contamination and septic tank distance. Ground water, 37(6): 920-923.

Chitsazan, M. and Y. Akhtari. 2009. A GIS-based DRASTIC model for assessing aquifer vulnerability in Kherran plain, Khuzestan, Iran. Water Resource Management, 23: 1137-1155.

Fetter, C.W. 1999. Applied Hydrogeology. John Wiley, New York.

Fetter, C. W., T. Boving and D. Kreamer. 2018. Contaminant Hydrogeology. Waveland Press, Inc.

Freeze, R.A. and J.A. Cherry. 1979. Groundwater. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.

Gebrehiwot, A. B., N.Tadesse and E. Jigar. 2011. Aplication of water quality index to assess suitability of groundwater quality for drinking purposes in Hantebet watershed, Tigray, Northern Ethiopia. Food and Agriculture Science, 1(1): 22-30.

Gibbison, A. and J. Randall. 2006. The salt water intrusion problem and water conservation practices in southeast Georgia, USA. Water and environment journal, 2 (3): 23-31.

Packialakshmi, S., M. Deb and H. Chakraborty. 2015. Assessment of groundwater quality index in and around Sholinganallur area, Tamil Nadu. Indian Journal of Science and Technology, 8(36): 1-7.

Ramakrishnaiah, C. R., C. Sadashivaiah, and G. Ranganna. 2008. Hydrochemical analysis and evaluation of groundwater quality in Tumkur Taluk, Karnataka State, India. International journal of Environmental Research and Public Health, 5 (3): 158-164.

Simeonov, V., J. A. Stratis, C. Samara, G.Zachariadis, D.Voutsa and A. Anthemidis. 2003. Assessment of the surface water quality in Northern Greece. Water Research, 37: 4119–4124.

Zaidi, F.K., Y. Nazzal, M.K. Jafri and M. Naeem .2015. Reverse ion exchange as a major process controlling the groundwater chemistry in an arid environment: a case study from northwestern Saudi Arabia. Environmental Monitoring and Assessment, 187(10): 1-18.

Evaluation of the factors affecting chemical quality and nitrate pollution of groundwater resources, Case study: Zeidoun plain

Mohammad. Faryabi[1]

Abstract

This research investigates the factors affecting the quality and nitrate pollution of groundwater of Zeidoun plain in Khuzestan province. To this purpose, 25 agricultural wells were sampled and then the chemical parameters of water samples (including total dissolved solids, temperature, and cations and major anions) were measured. To investigate the factors influencing groundwater quality, composition diagrams, mineral saturation index and factor analysis method have been used. The results of this study showed that the groundwater has an unsuitable quality in the vast part of the study area. So that the salinity of groundwater is more than 3000 µmohs/cm in the middle and northern parts of the plain. Also, the concentration of sodium and chloride ions in these areas is more than 400 and 550 mg/l respectively. From the Nitrate pollution view point, groundwater contamination and pollution was occurred in central and northern parts of the study area. The concentration of nitrate in these regions varies from 15 to 100 mg/l. According to the results, the most important factors influencing the groundwater quality are water- rock interaction and pollution by agricultural activities and municipal wastes.

Keywords: Groundwater, Chemical quality, Nitrate pollution, Zeidoun plain.

[1]Corresponding author, Assistant professor, College of Natural Resources, University of Jiroft, Jiroft, Iran. E mail: Faryabi753@yahoo.com