

ارزیابی و آنالیز مکانی کیفیت آب‌های زیرزمینی در محل دفن زباله با استفاده از شاخص IRWQIGC (مطالعه موردی: قائم‌شهر)

فاضل امیری*، طیبه طباطبایی و سیما ولی‌پور^۱

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۱/۱۶؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۳/۲۹)

چکیده

هدف از تحقیق، ارزیابی مکانی کیفیت آب‌های زیرزمینی در محل دفن زباله‌های شهری قائم‌شهر با استفاده از شاخص کیفیت آب زیرزمینی ایران (IRWQIGC) است. برای انجام تحقیق، از ۱۱ حلقه چاه منطقه با سه تکرار در بهمن ماه ۱۳۹۳ نمونه گرفته شد و با ارزیابی پارامترهای NO_3^- ، Ecoli، EC، pH، TH، SAR، PO_4^{3-} ، BOD_5 ، COD و DO در نمونه‌ها با روش‌های استاندارد متد اندازه‌گیری و کیفیت آب‌های زیرزمینی با استفاده از IRWQIGC تعیین شد. توصیفی آماری پارامترها در محیط SPSS صورت گرفت. نقشه تغییرات مکانی پارامترها در محیط ArcGIS ترسیم شد. نتایج شاخص IRWQIGC نشان داد که ۱۵٪ درصد از سطح منطقه در طبقه بد، ۸۸/۸۵ درصد در طبقه نسبتاً بد، ۱ درصد در طبقه متوسط قرار گرفته است. نتایج تغییرات مکانی پارامترها نشان داد که از جنوب به شمال و شمال شرق منطقه از کیفیت آب کاسته می‌شود. ارزیابی تغییرات کیفیت آب در نزدیکی محل دفن زباله نشان داد که ۲۱۴۹/۵۶ مترمربع از مساحت کل، پتانسیل نسبتاً بدی را برای تغذیه آب‌های زیرزمینی منطقه دارد.

واژه‌های کلیدی: شاخص کیفیت آب زیرزمینی ایران، محل‌های دفن زباله‌های شهری، سیستم اطلاعات جغرافیایی، قائم‌شهر

۱. گروه محیط زیست، واحد بوشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، بوشهر، ایران

*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: amiri_fazel@yahoo.com

مقدمه

در منطقه مورد مطالعه، شال‌بک‌کشت رودخانه تلار، در هفت کیلومتری شهرستان قائم‌شهر، توسعه بی‌رویه صنایع و خدمات ناکافی جمع‌آوری مواد زائد شهری (حدود ۱۸۰ تن زباله شهری در روز) در محل‌های دفن زباله، عامل مهمی در آلودگی آب‌های زیرزمینی در محل دفن زباله است. بنابراین از آنجا که آب‌های زیرزمینی منطقه مجدداً برای مصارف کشاورزی، صنعتی و خانگی روستاهای اطراف استفاده می‌شوند، لذا ارزیابی آلودگی‌های ناشی از نفوذ شیرابه زباله و صنایع به آب‌های زیرزمینی منطقه، بسیار مهم است. بنابراین شبیه‌سازی و تحلیل مکانی با استفاده از GIS، از مهم‌ترین بخش‌ها در ارزیابی کیفیت آب است که می‌توان از آن در تعیین توزیع مکانی داده‌های کیفیت آب و تهیه نقشه‌های موضوعی، تجزیه و تحلیل و شناخت منابع آلوده کنند، و از همه مهم‌تر در برنامه‌ریزی منطقه‌ای بهره جست.

رقیمی و همکاران کیفیت شیمیایی آب‌های زیرزمینی در مجاورت محل دفن مواد زائد جامد شهر گرگان را با آب چاه‌های بالادست محل دفن بررسی کردند. نتیجه این مطالعه نشان داد که جهت کلی جریان آب‌های زیرزمینی منطقه مورد مطالعه از جنوب به سمت شمال است و نفوذ شیرابه زباله‌ها به آب‌های زیرزمینی این منطقه سبب آلودگی آب چاه‌های مجاور محل دفن زباله شده است (۳).

حیدریان دانا و همکاران در ارزیابی آلودگی شیمیایی آب‌های زیرزمینی و آب‌های سطحی مناطق پایین‌دست محل دفن زباله شهرستان ساری به این نتیجه رسیدند که حجم عظیمی از شیرابه، منابع آب و خاک را در پایین‌دست منطقه آلوده می‌کند که با ورود به آب‌بندان سبب تجمع فلزات سنگین در آبزیان و گیاهان خواهد شد. نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد که چاه‌های مجاور محل دفن زباله تحت تأثیر شیرابه محل دفن زباله قرار گرفته‌اند و مقدار بیشتر پارامترهای مورد مطالعه در آب این چاه‌ها، از مقدار آن در نمونه شاهد و استانداردهای آب آشامیدنی بیشتر است (۱).

رضایی و همکاران در ارزیابی آلودگی شیمیایی منابع آب زیرزمینی مناطق پایین‌دست محل دفن زباله شهر سنندج به این

آب‌های زیرزمینی یکی از منابع مهم تأمین آب در همه کشورها دنیا محسوب می‌گردند و استفاده از آنها در آبیاری، کشاورزی و چه در مصارف شهری و صنعتی رو به افزایش است (۷). در سال‌های اخیر، رشد فن‌آوری صنعتی، جمعیت و استفاده از آب بر منابع زمین و آب تأثیر بسیار گذاشته است و در سطح محلی، کیفیت آب‌های زیرزمینی در بسیاری از نقاط جهان تخریب شده است. در میان منابع آلاینده آب‌های زیرزمینی، دفع مواد زائد جامد به روش دفن در زمین (لندفیل) از منابع عمده آلاینده است چرا که به صراحت می‌توان گفت که همه کشورهای توسعه نیافته، در حال توسعه و توسعه یافته، با آن مواجه‌اند. تحقیقات انجام گرفته نشان می‌دهد که در کل جهان این روش ۹۲ درصد دفع مواد زائد جامد شهری را به خود اختصاص می‌دهد (۸). مواد زائد جامد شهری دفن شده در زمین، خود حاوی درصد بالایی آب هستند، چنانچه آب‌های سطحی نیز به درون آن نفوذ یابد، در اثر فعل و انفعالات شیمیایی و بیولوژیکی که در درون لندفیل رخ می‌دهد نهایتاً شیرابه آلوده‌ای تولید می‌شود که حاوی انواع عناصر سمی است. نفوذ این شیرابه آلوده، می‌تواند تهدیدی جدی برای آلودگی آب و خاک مناطق اطراف لندفیل به‌شمار آید (۱۴). بنابراین با توجه به محدودیت منابع آب و نیاز بیش از پیش به آب، بایستی منابع موجود را حفاظت و با یک برنامه‌ریزی صحیح از آنها بهره‌برداری نمود. در این میان نبود سیستم صحیح مدیریت مواد زائد جامد و دفن زباله در مناطق مختلف و طراحی نامناسب باعث بروز نگرانی در مورد نفوذ شیرابه محل‌های دفن به آب‌های زیرزمینی شده است. در مناطق شمالی کشور به‌علت بالا بودن سطح آب زیرزمینی، و فعالیت مناطق صنعتی و محل‌های دفع زباله‌ها و اثرات حاصل از ورود آلودگی‌های صنعتی و ورود شیرابه‌های آنها به آبخوان‌های آبرفتی و آلودگی سفره‌های آب زیرزمینی، بسیار مورد توجه است، با ورود حجم قابل توجهی از این آلودگی‌ها به منابع آب زیرزمینی مورد استفاده جهت مصارف شرب و کشاورزی، در دراز مدت به‌صورت یک معضل اجتماعی در آمده است.

منیزیم < روی < کروم < نیکل < آرسنیک < سلنیوم < کبالت < سرب < کادمیوم است که شبیه به نمونه‌های شیرابه است (۱۲).

شیر و احمد در ارزیابی و نقشه‌برداری از آب‌های زیرزمینی برای فعالیت‌های کشاورزی و شرب در راولپندی اسلام آباد، از ۲۲ چاه منطقه نمونه‌برداری کردند و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی براساس شاخص کیفیت آب تعیین شد. نتایج نشان داد که به‌علت بهره‌برداری بیش از حد از منابع آب‌های زیرزمینی، تأثیر کشاورزی و انتشار آلاینده‌های کیفیت آب برای مصارف شرب نامناسب است. ارزیابی آب‌های زیرزمینی برای آبیاری نشان داد که آب‌های زیرزمینی مناسب برای آبیاری است (۱۶).

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

شهرستان قائم‌شهر دارای مساحت ۴۵۸/۵ کیلومتر مربع است که ۱/۹۳ درصد کل مساحت استان را به خود اختصاص داده است. منطقه مورد مطالعه بین ۲۱' ۳۶° تا ۳۸' ۳۶° عرض شمالی و ۴۳' ۵۲° تا ۳' ۵۳° طول شرقی قرار گرفته است (شکل ۱). میانگین سالیانه بارندگی ۷۴۲ میلی‌متر، میانگین سالانه دما ۱۶/۷ درجه سانتی‌گراد است. منابع آبی منطقه از تعداد ۲۵ حلقه چاه مورد بهره‌برداری قرار گرفته که بیشترین مصرف آن در زمینه کشاورزی است.

دفع زباله در شهرستان قائم‌شهر به‌صورت دفن در زمین بود که محل دفن در جاده قائم‌شهر به کیاکلا در فاصله ۷۰۰ متری در حاشیه ضلع شرقی رودخانه تلار در زمینی به مساحت تقریبی ۷ هکتار در شمال شهر قائم‌شهر واقع شده و روزانه ۱۸۰ تن زباله شهری قائم‌شهر در این مکان به‌صورت تلباری و توده‌ای دفع می‌شود.

روش تحقیق

این تحقیق طی مراحل زیر انجام شد (شکل ۲). ابتدا تعداد ۱۸

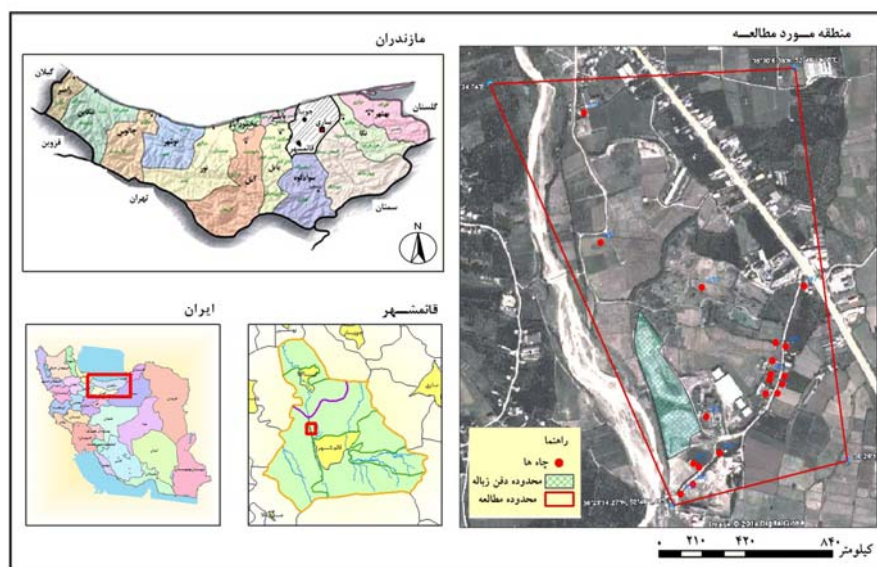
نتیجه رسیدند که آب چاه‌های منطقه مورد مطالعه به‌دلیل بالا بودن مقادیر اکثر پارامترهای شیمیایی اندازه‌گیری شده، قابل شرب نیست. ولی از لحاظ استفاده در کشاورزی و آبیاری محدودیتی ندارند (۲).

کتاتا و همکاران به‌منظور ارزیابی کیفیت آب‌های زیرزمینی و تعیین پراکنش مکانی پارامترهای تعیین کیفیت آب در آبخیز ال‌خریت در شرق تونس از شاخص کیفیت آب و سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده کردند. نقشه پارامتر نیترات (NO_3^-)، کل جامدات محلول (TDS)، اسیدیته (pH)، هدایت الکتریکی (EC)، سولفات (SO_4^{2-})، سختی (TH)، منیزیم (Mg^{+2})، کلسیم (Ca^{+2})، کربنات (HCO_3^-)، کلراید (Cl^-)، سدیم (Na^+) و پتاسیم (K^+) در GIS تهیه شد. نتایج تحقیق نشان داد که تغییرات مقادیر پارامترها از شمال غرب به جنوب شرق افزایش داشت (۹).

ماقش و همکاران در ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی در منطقه دیندیگول، تاملیل نادو هند با استفاده از شاخص WQI و تکنیک GIS، به این نتیجه رسیدند که مواد مغذی مهم مانند نیترات در آب‌های زیرزمینی از فعالیت‌های انسانی است. نتیجه آنالیز شیمیایی پارامترها در این منطقه نشان داد که با توجه به استانداردهای کیفیت آب‌های زیرزمینی، اغلب نمونه‌ها برای آب آشامیدنی مناسب بودند (۱۳).

آواوده و همکاران به‌منظور بررسی پتانسیل آب‌های زیرزمینی در توالال آشاکیف، شمال شرق اردن از سیستم اطلاعات جغرافیایی و از روش ارزیابی چند معیاری استفاده کردند. نتایج نشان داد که GIS توانایی تولید نقشه آب‌های زیرزمینی در پنج کلاس بسیار بالا، بالا، متوسط، کم و بسیار کم را داشته و ۷۰/۹۳ درصد از آب‌های زیرزمینی در حد متوسط و کلاس‌های ۴/۵۳ درصد و ۱۸/۵۶ درصد در طبقه عالی و خوب قرار گرفت (۵).

لو و همکاران در بررسی ژئوشیمیایی از آلودگی آب‌های زیرزمینی در محل دفن زباله جنوب هند، به این نتیجه رسیدند که توزیع فلزات سنگین در نمونه‌های آب زیرزمینی به صورت



شکل ۱. موقعیت نقاط نمونه برداری در منطقه مورد مطالعه

لوله‌ای، هدایت الکتریکی توسط دستگاه هدایت سنج، اسیدیته از دستگاه pH متر پورتال، اکسیژن محلول توسط دستگاه DO متر پورتال، سختی کل با دستگاه دیجیتال تیترا تور، نیترات با دستگاه اسپکتوفوتومتر اندازه‌گیری شد.

جهت تعیین درصد جذب سدیم لازم است که غلظت کلسیم، منیزیم و سدیم برآورد شود. سدیم با دستگاه فلیم فتومتر، جهت اندازه‌گیری مجموع کلسیم و منیزیم چند قطره با فرآمونیم، $0.3 - 0.4$ گرم پودر اریو کرم، بلک تی را به ۲۵ سی سی از نمونه اضافه نموده سپس با EDTA یک چهلم نرمال تیترا گردید پایان آزمایش رنگ آبی مشاهده شد. حجم مصرفی برابر با مجموع کلسیم و منیزیم است و درصد جذب سدیم با استفاده از معادله (۲) تعیین شد.

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{(Ca^{+2}) + (Mg^{+2})}{2}}} \quad [2]$$

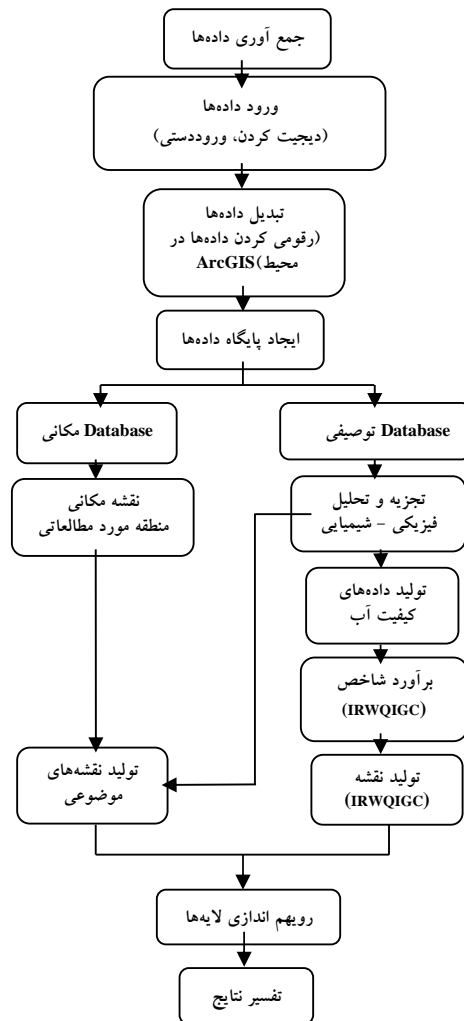
کدورت (TDS) براساس مقایسه شدت نور پراکنده شده به وسیله نمونه، با شدت نمونه فرانس استاندارد (سوسپانسیون پلیمر فورمازین)، تحت شرایط کنترل شده تعیین شد. فسفات با دستگاه اسپتروفوتومتر DR/4000 U، اکسیژن مورد نیاز بیولوژیکی با

حلقه چاه آب شرب در منطقه دفن زباله وجود دارد که با توجه به وسعت منطقه، پراکندگی چاه‌ها و براساس رابطه لو و همکاران، ۱۱ حلقه چاه جهت نمونه برداری انتخاب گردید. نمونه برداری از آب ۱۱ چاه در بالادست و پایین دست منطقه دفن زباله (منطقه بالادست و پایین دست با در نظر گرفتن نقشه طبقات ارتفاعی، شکل (۳))، و ساختار زمین شناسی و جهت جریان آب زیرزمینی منطقه، شکل (۴) تعیین گردید در بهمن ماه سال ۱۳۹۳ با سه تکرار (اول بهمن ماه، پانزدهم و بیست و نهم بهمن ماه)، انجام شد.

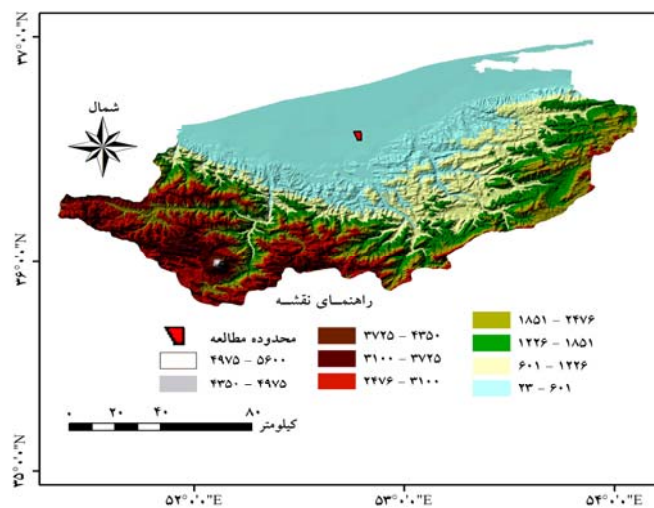
$$N = \frac{Z^2 \times P \times Q}{E^2} \quad [1]$$

در این رابطه؛ N تعداد نمونه، Z از جدول مقادیر Z (که از جدول آماری و میزان دقت و خطا نیز برحسب سطحی که برای اطمینان در نظر گرفته ایم محاسبه می شود)، P صحت مورد انتظار، Q از معادله $Q = 1 - P$ و E مقدار خطا قابل قبول در سطح خطا ۵ درصد و سطح اطمینان ۹۵ درصد مقدار صحت مورد انتظار ۸۰ درصد است.

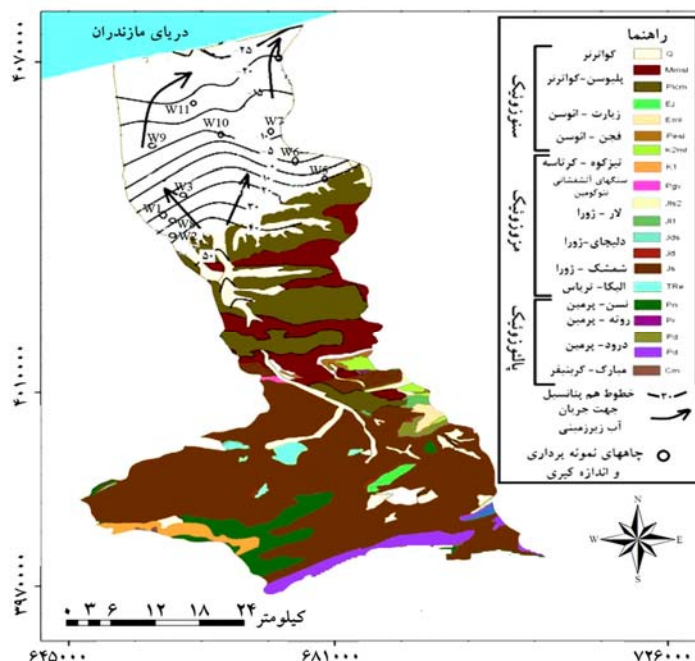
کلیفرم با روش شناسایی کلیفرم‌های گرمایای به روش چند



شکل ۲. مدل مفهومی مراحل انجام تحقیق



شکل ۳. نقشه طبقات ارتفاعی منطقه



شکل ۴. نقشه زمین شناسی، موقعیت چاه‌ها و نقشه میانگین تراز آب زیرزمینی منطقه

جهانی (GPS) به نرم‌افزار ArcGIS انتقال داده شد و پارامترهای مؤثر در شاخص IRWQI_{GC} (Iran Water Quality Index for Groundwater Resources-Conventional Parameters) (۱۵) در مناطق نمونه‌برداری اندازه‌گیری شد (جدول ۱). سپس تبدیل، پردازش و تجزیه و تحلیل آمار توصیفی داده‌ها و تهیه لایه‌های هر پارامتر به فرمت رقومی انجام شد. وزن هر پارامتر براساس مقادیر وزن ارائه شده در جدول (۱) تعیین و مقدار شاخص هر پارامتر با استفاده از منحنی‌های رتبه‌بندی تعیین (شکل ۵) و نقشه وزن‌دهی شده هر شاخص تهیه شد. در نهایت مقدار شاخص IRWQI_{GC} با استفاده از معادله (۳) محاسبه شد.

$$IRWQI_{GC} = \left[\prod_{i=1}^n I_i^{W_i} \right]^{\frac{1}{r}} \quad [3]$$

در این رابطه؛ I_i مقدار شاخص برای پارامتر i ام تعیین شده از منحنی رتبه‌بندی، n تعداد پارامترهای اندازه‌گیری شده، W_i وزن پارامتر i ام که از معادله (۴) تعیین شد و برای تعیین معادل توصیفی شاخص محاسبه شده، از طبقات ارائه شده جدول (۲) استفاده شد.

دستگاه BOD سنج و اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD) به‌وسیله دستگاه اسپکتوفوتومتر اندازه‌گیری شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

جهت تجزیه تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SPSS استفاده شد. توزیع آماری داده‌ها با روش گلوگراف اسمرینوف تعیین شد. به‌منظور حذف داده‌های پرت، قبل از انجام آنالیز ژئواستاتستیک، حداکثر و حداقل مجموعه داده‌ها تعیین و با در نظر گرفتن سه برابر \pm انحراف معیار داده‌ها ($\bar{x} \pm 3$)، داده‌های پرت حذف شد. بنابراین همه آنالیزها بر مبنای نرمال بودن داده‌ها انجام شد. از آزمون دانکن برای تعیین سطح معنی‌داری داده‌ها استفاده شد. برای بررسی تغییرات مکانی داده‌ها از روش زمین‌آمار، از اکستنشن ژئواستاتستیک در محیط نرم‌افزار ArcGIS استفاده شد.

نقشه‌های پارامترهای مورد مطالعه

موقعیت مکانی محل‌های نمونه‌برداری از سیستم موقعیت‌یاب

جدول ۱. پارامترهای شاخص IRWQI_{GC} و وزن‌های آنها

پارامتر	وزن	واحد اندازه‌گیری
نیتрат	۰/۱۵۱	میلی‌گرم بر لیتر
کلیفرم مدفوعی	۰/۱۳۴	MPN/100ml
هدایت الکتریکی	۰/۱۲۹	میکروزیمنس بر سانتی‌متر
سختی کل	۰/۱۰۳	میلی‌گرم کربنات کلسیم بر لیتر
SAR	۰/۰۸۹	واحد استاندارد (وات بر کیلوگرم)
BOD _۵	۰/۰۸۸	میلی‌گرم بر لیتر
فسفات	۰/۰۸۵	میلی‌گرم بر لیتر
COD	۰/۰۸	میلی‌گرم بر لیتر
pH	۰/۰۷۴	-
اکسیژن محلول	۰/۰۶۷	درصد

اندازه‌گیری شده متغیر مورد نظر و n تعداد داده‌ها است (۱۰).

$$r = \sum_{i=1}^n W_i \quad [4]$$

نتایج و بحث

نتایج توزیع آماری پارامترها (حدافل، حداکثر، میانگین و انحراف معیار) در جدول (۳) ارائه شده است. نتایج آزمون کولمورگوف اسمیرونوف نشان داد که توزیع کلیه پارامترهای مورد مطالعه در سطح ۰/۰۵ آماری نرمال است.

ساختار مکانی

نتایج برازش سمی واریوگرام برای کیفیت فیزیکی شیمیایی چاه‌های محل دفن زباله در جدول (۴) آورده شده است. پارامترهای ارائه شده در این جدول اثر قطعه‌ای (C_۰)، آستانه واریوگرام (C_۰+ C)، میانگین خطای تخمین (Mean)، میانگین دامنه همبستگی مکانی (α) و RMSs است. مقادیر RMSs در سطح معنی‌داری ۰/۰۵، نشان می‌دهد که مدل‌های سمی واریوگرام برازش داده شده، به‌درستی بیان‌کننده پراکنش مکانی داده‌های مورد مطالعه است. دامنه تغییرات توزیع مکانی پارامترهای سختی کل، اکسیژن مورد نیاز بیولوژیکی، اکسیژن مورد نیاز شیمیایی و فسفات در طبقه وابستگی مکانی قوی واقع شده است، این بدان معنی است که مقادیر این پارامترها منشأ بیرونی ندارد. نسبت اثر قطعه‌ای به آستانه واریوگرام برای

روش‌های زمین‌آمار

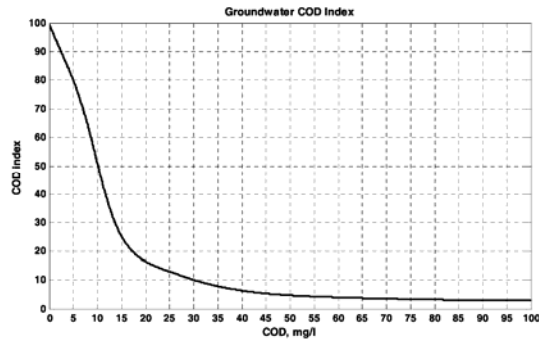
برای برازش مدل‌های زمین‌آمار و انتخاب مدل مناسب جهت تهیه نقشه پهنه‌بندی از اکستنشن ژئواستاتستیک در محیط نرم‌افزار ArcGIS استفاده شد. جهت تعیین همبستگی مکانی پارامترها در مدل‌های برازش داده شده از نسبت اثر قطعه‌ای (C_۰) به آستانه واریوگرام (C_۰+C) (RNS; Ratio of nugget to sill) به‌عنوان معیاری برای طبقه‌بندی وابستگی مکانی داده‌ها استفاده شد (۶، ۱۰ و ۱۸). در صورتی‌که این نسبت کمتر از ۰/۲۵ باشد وابستگی مکانی قوی، ۰/۲۵-۰/۷۵ وابستگی مکانی متوسط، بیش از ۰/۷۵ وابستگی مکانی ضعیف است (۱۷).

ارزیابی صحت مدل‌های برازش شده

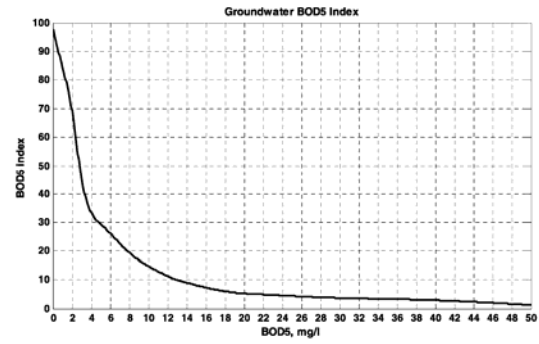
با روش تعیین اعتبار (Cross validation) و با استفاده از تابع RMSs (Root-Mean-Square Standardized)، صحت مدل‌های برازش شده و نقشه‌های تولیدی با استفاده از میانگین قدر مطلق مقادیر واقعی و برآوردی محاسبه شد.

$$RMSs = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |P(x_i) - M(x_i)| \quad [5]$$

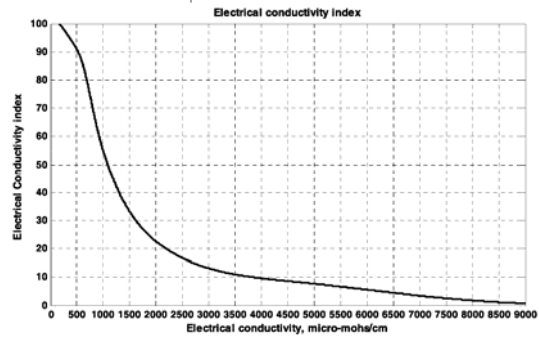
در این رابطه؛ P(x_i) مقدار برآورد شده متغیر مورد نظر، M(x_i) مقدار



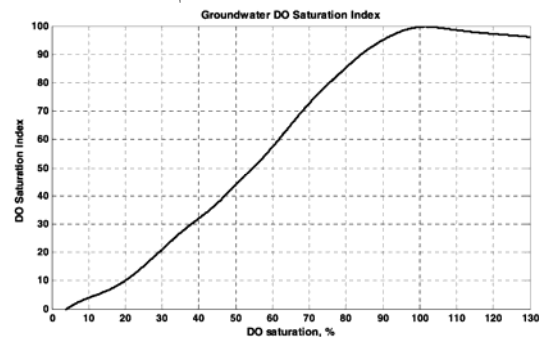
مقدار شاخص برای COD بیش از ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر در نظر گرفته شود.



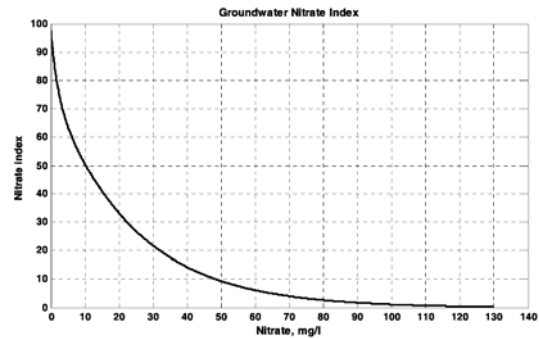
مقدار شاخص برای BOD₅ بیش از ۵۰ میلی‌گرم در نظر گرفته می‌شود.



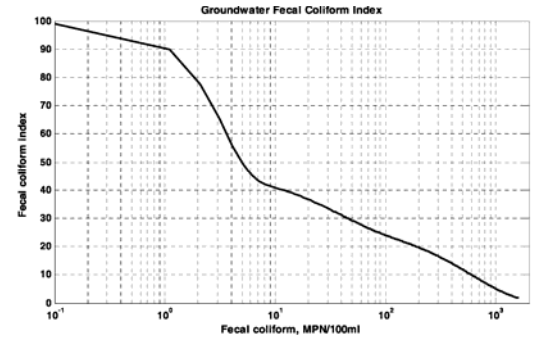
مقدار شاخص برای هدایت الکتریکی بیش از ۸۵۰۰ میکروزمینس بر سانتی‌متر یک در نظر گرفته شود.



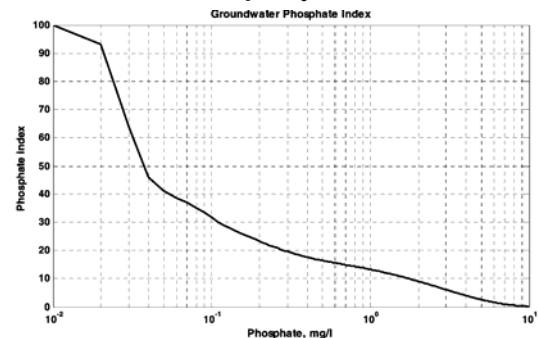
مقدار شاخص برحسب درصد بیش از ۱۳۰ درصد ۹۰ در نظر گرفته شود.



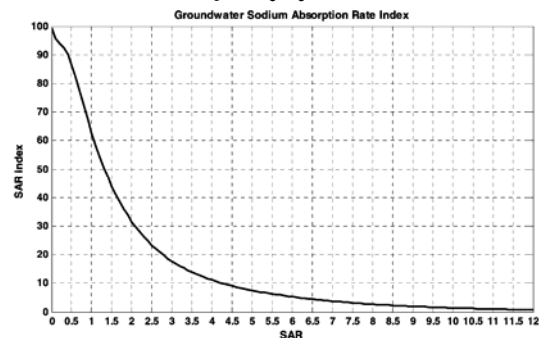
مقدار شاخص برای نیترات بیش از ۱۲۰ میلی‌گرم بر لیتر یک در نظر گرفته شود.



مقدار شاخص برای کلیفرم بیش از ۱۶۰۰ عدد بر ۱۰۰ میلی‌متر یک در نظر گرفته شود.

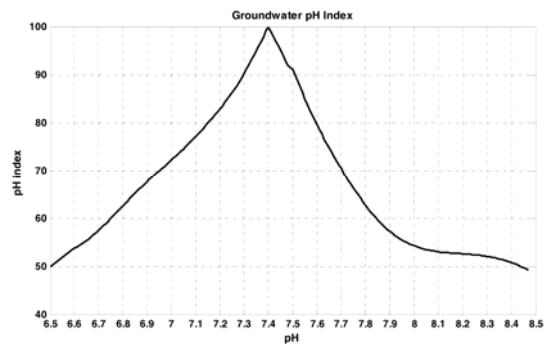
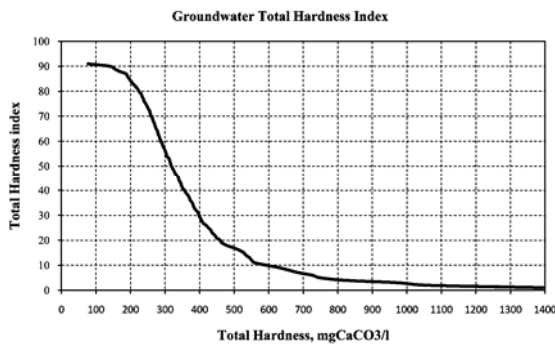


مقدار شاخص فسفات بیش از شش میلی‌گرم بر لیتر معادل یک در نظر گرفته شود.



مقدار شاخص برای SAR بیش از ۱۲ در نظر گرفته شود.

شکل ۵. منحنی‌های رتبه‌بندی جهت تعیین مقدار شاخص هر پارامتر



برای سختی کل بیش از ۱۴۰۰ میلی‌گرم کربنات کلسیم بر لیتر مقدار شاخص معادل یک و برای مقادیر کمتر از ۵۰ میلی‌گرم در لیتر کربنات کلسیم بر لیتر مقدار شاخص معادل ۱۰۰ در نظر گرفته شود.

مقدار pH بیش از ۹ و کمتر از ۶ معادل یک در نظر گرفته شود.

ادامه شکل ۵. منحنی‌های رتبه‌بندی جهت تعیین مقدار شاخص هر پارامتر

جدول ۲. پارامترهای تعیین مقادیر کمی و کیفی شاخص IRWQIGC

مقدار شاخص	معادل توصیفی
کمتر از ۱۵	خیلی بد
۱۵-۲۹/۹	بد
۳۰-۴۴/۹	نسبتاً بد
۴۵-۵۵	متوسط
۵۵/۱-۷۰	نسبتاً خوب
۷۰/۱-۸۵	خوب
بیشتر از ۸۵	بسیار خوب

قسمت‌های شمالی و مرکزی دارای شرایط نسبتاً یکسانی است. تغییرات پارامتر هدایت الکتریکی برآزش داده شده با مدل Rational Quadratic نشان می‌دهد که توزیع این پارامتر در چاه ۶ با کمترین مقدار در قسمت مرکزی محل دفن زباله و چاه ۱ با بیشترین مقدار در قسمت جنوب غربی واقع شده است. تغییرات پارامتر سختی کل برآزش داده شده با مدل Exponential نشان می‌دهد که توزیع این پارامتر در قسمت‌های شمال غرب و جنوب شرقی محل دفن زباله کمتر است و در قسمت‌های شمالی، مرکزی و جنوب شرقی دارای بیشترین مقدار است. تغییرات نسبت جذب سدیم برآزش داده شده با مدل k-Bessel نشان می‌دهد که توزیع این پارامتر در قسمت‌های مرکزی بیشتر و در بخش‌های جنوب شرقی و

نیترات، نسبت جذب سدیم و اکسیژن محلول در طبقه وابستگی مکانی متوسط و برای کلیفرم مدفوعی، هدایت الکتریکی و اسیدتیه بیش از ۰/۷۵ وابستگی مکانی ضعیف واقع شده است که مقادیر این پارامترها تأثیر عوامل بیرونی است.

نقشه توزیع مکانی پارامترها

نقشه تغییرات پارامتر نیترات برآزش داده شده با مدل Gaussian نشان می‌دهد چاه‌های ۱ و ۲ که در قسمت جنوب غربی واقع شده، بیشترین مقدار و چاه ۳ با کمترین مقدار در قسمت غرب واقع شده است. تغییرات پارامتر کلیفرم مدفوعی برآزش داده شده با مدل J-Bessel که توزیع این پارامتر در قسمت‌های شمال غرب و جنوب شرقی محل دفن زباله کمتر است و در

جدول ۳. نتایج آمار توصیفی داده‌ها

آمار توصیفی							واحد	علامت	پارامتر
کولمورگوف	اسمیرنوف	کشدگی	چولگی	واریانز (درصد)	انحراف معیار	میانگین	دامنه		
۰/۰۵۹	۰/۷	۱/۱	۱۸۹/۵	۱۳/۷	۲۷/۴	۹/۲-۵۹/۳	mg/L	NO ₃	نیترات
۰/۰۶۲	۰/۹۵	۱/۶	۸۰۸/۱	۸۹/۸	۵۳/۴	۳-۲۴۱	MPN/۱۰۰ml	Ecoli	کلیفرم مدفوعی
۰/۰۷۷	۱/۱	۱/۱	۲۵۹/۹	۱۶۱/۲	۱۰۶۶	۸۲۷-۱۴۵۵	dsm/m	EC	هدایت الکتریکی
۰/۳۸۳	-۰/۴۸	-۰/۶۹	۱/۷۶	۰/۰۵	۴۱۳/۷	۳۳۰-۴۶۵	mg CacCo ₃ /L	TH	سختی کل
۰/۵۳۴	۰/۴۰	۰/۷۴	۰/۰۶	۰/۲۴	۰/۶۹	۰/۴-۲/۱	watt/kg	SAR	نسبت جذب سدیم
۰/۲۲۰	-۱/۱	-۰/۴۳	۱/۵	۱/۲	۲/۶	۴/۱-۰/۳	mg/L	BOD ₅	اکسیژن مورد نیاز بیولوژیکی
۰/۱۱۷	۰/۷۸	۱/۲۴	۰/۰۲	۰/۱۶	۰/۳۲	۰/۷۲-۰/۱۷	mg/L	PO ₄ ^{-۳}	فسفات
۰/۲۵۸	۰/۶۳	۰/۲۶	۴/۰۸	۲/۰۲	۵/۶	۱۰-۱/۷	mg/L	COD	اکسیژن مورد نیاز شیمیایی
۰/۲۳۵	-۰/۵۸	۰/۴۷	۰/۰۳	۰/۱۸	۷/۳	۷-۷/۷	-	pH	اسیدیته
۰/۲۳۴	-۱/۵	-۰/۰۰۳	۹/۵	۳/۱	۲۶/۵	۳۱-۲۲	%	DO	اکسیژن محلول

۰/۰۵ >K-S نشان‌دهنده نرمال بودن داده‌ها است

جدول ۴. نتایج آنالیز همبستگی مکانی پارامترها و مدل‌های برازش داده شده

RMSs	میانگین	(km) α	(m) α	$C_0 / (C_0 + C)$	(C+C ₀)	آستانه (C)	قطعه (C ₀)	مدل	پارامتر
۰/۸۷	۰/۰۷۶	۰/۰۰۶۳	۶۳/۱۰	۰/۵۳	۲۴۰/۶۵	۱۱۲/۰۱	۱۲۸/۶۴	Gaussian	NO ₃ ⁻
۰/۹۷	-۰/۶۲	۰/۰۸۵۵	۸۵۴/۷۵	۰/۹۱	۸۷۹۸/۵۱	۷۸۰/۳۱	۸۰۱۸/۲	J-Bessel	Ecoli
۰/۸۹	۰/۱۳۸	۰/۰۰۶۶	۶۶/۳۶	۰/۷۶	۳۱۲۲۲/۳	۷۳۹۲/۳	۲۳۸۳۰	Rational Quadratic	EC
۰/۹۸	-۱/۴۶	۰/۰۸۲۶	۸۲۵/۸۶	۰/۰۰۸	۰/۰۱۲۷	۰/۰۱۲۶	۰/۰۰۰۱	Exponential	TH
۰/۹۹	۰/۰۱۳	۰/۰۶۶۸	۶۶۷/۶۰	۰/۳۸	۰/۰۸۵۴	۰/۰۵۳۲	۰/۰۳۲	k-Bessel	SAR
۰/۹۹	۰/۲۶	۰/۱۳۸۲	۱۳۸۲/۴۶	۰/۰۶	۰/۵۵۹۰	۰/۵۲۵۵	۰/۰۳۳	Rational Quadratic	BOD ₅
۰/۹۰	۰/۰۰۳	۰/۰۶۳۷	۶۳۶/۶۲	۰/۲۳	۰/۰۲۹۴	۰/۰۲۲۵	۰/۰۰۷	Hole Effect	PO ₄ ^{-۳}
۰/۹۶	۰/۰۵۳	۰/۰۵۲۰	۵۱۹/۸۴	۰/۰۳	۰/۸۷۲۵	۰/۸۴۵۴	۰/۰۲۷	Hole Effect	COD
۰/۹۷	۰/۰۰۳	۰/۱۰۳۲	۱۰/۵۲	۰/۹۳	۰/۰۲۷۲	۰/۰۰۲۰	۰/۰۲۵	stable	pH
۰/۸۲	۰/۰۳۱	۰/۱۳۲۲	۱۳۲۲/۲۸	۰/۳۹	۰/۰۱۲۹	۰/۰۰۸۷	۰/۰۰۵	Hole Effect	DO

شاخص WQI و تکنیک GIS نشان دادند که بیشتر نمونه‌ها در کلاس متوسط تا فقیر قرار گرفت (۱۳). سادات نوری و همکاران در ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی با استفاده از شاخص کیفیت آب (WQI) و GIS به این نتیجه رسیدند که بیش از ۶۵ درصد از نمونه‌های آب منطقه نامناسب شرب می‌باشد (۱۴). لاتا و راتو در خصوص کیفیت آب‌های زیرزمینی هند با استفاده از شاخص WQI نتیجه گرفتند که کیفیت آب زیرزمینی این منطقه به‌طور عمده متوسط و مقادیر WQI در فصل تابستان در محدوده ۱۴ تا ۵۷ و در فصل باران‌های موسمی ۱۹ تا ۶۷ بود. غلظت مواد جامد محلول در نمونه‌های موسمی پس از آزمایشگاه‌های کیفیت آب در مقایسه با فصل تابستان پایین‌تر است. که دلیل آن، که نشت و حرکت آب زیرزمینی بیشتر پس از باران‌های موسمی است (۱۱).

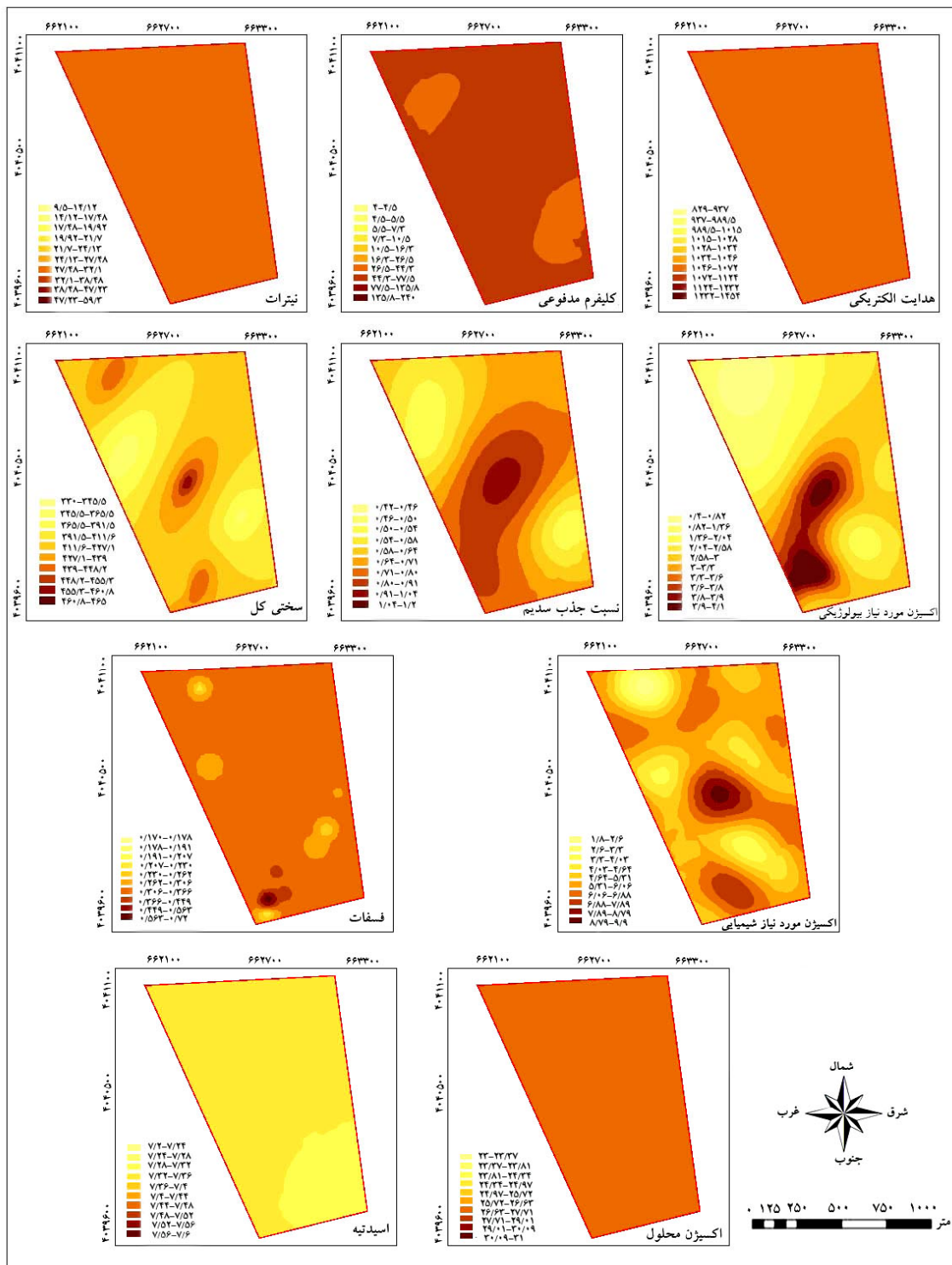
حوزه آبریز قائم‌شهر در ارتفاعات، در بیشتر موارد از سازندهای آهکی، مارنی و دولومیتی و در دشت از مخروط افکنه‌ها که از رسوبات دانه درشت و نفوذپذیر و به سمت مرکز دشت از رسوبات دانه ریز ماسه‌ای، سیلتی و رسی (رسوبات جدید خزر) و در زیر آن رسوبات تشکیلات آبشرون که از رس، مارن، ماسه سخت نشده، کنگلومرا تشکیل شده است. با توجه به وضعیت زمین شناسی منطقه، روند منحنی‌های تراز در کل حوزه از یک نظم خاص تبعیت کرده که متأثر از مورفولوژی سطح زمین، سازندهای زمین‌شناسی و رژیم تغذیه آبخوان از مناطق جنوبی است. رقوم منحنی‌های تراز آب زیرزمینی بین ۲۵- (ساحل دریای خزر) و ۶۰ متر (در کوهپایه‌ها) متغیر و از جنوب به شمال کاهش می‌یابد. جهت جریان آب زیرزمینی در این دشت از جنوب به شمال و شمال شرقی است (شکل ۳). نتایج کیفی نشان می‌دهد فعالیت‌های انسانی از جمله کشاورزی، صنعتی و دفن زباله بر کیفیت آب تأثیر سویی داشته است، که از بین چاه‌های مورد مطالعه به‌علت موقعیت چاه‌های ۱ (در پایین‌دست محل دفن زباله) و ۱۰ (در جهت جریان آب زیرزمینی) از لحاظ کیفیت در طبقه بد قرار گرفته و شرایط نامطلوبی داشته‌اند و جهت استفاده در شرب و کشاورزی

شمال غربی مقدار آن کمتر است. تغییرات پارامتر اکسیژن مورد نیاز بیولوژیکی برآزش داده شده با مدل Rational Quadratic نشان می‌دهد که توزیع این پارامتر در قسمت‌های جنوبی و مرکزی محل دفن زباله بیشتر است و چاه ۹ و ۱۱ با کمترین مقدار در قسمت شمال غربی واقع شده است. تغییرات پارامتر فسفات برآزش داده شده با مدل Spherical نشان می‌دهد که چاه ۱ در قسمت جنوب غربی بیشترین مقدار و چاه ۶ و ۱۱ با کمترین مقدار در قسمت‌های شمال غربی و جنوب شرقی واقع شده است. تغییرات مکانی پارامتر اکسیژن مورد نیاز شیمیایی برآزش داده شده با مدل Hole Effect نشان می‌دهد، چاه ۱۰ با بیشترین مقدار در قسمت مرکزی واقع شده و کمترین مقدار این پارامتر در شمال غربی و جنوب شرقی منطقه است. تغییرات پارامتر اسیدیته برآزش شده با مدل Stable نشان می‌دهد که در قسمت‌های جنوب شرقی کمتر و در شمال، شمال غربی و جنوب شرقی به یک نسبت پراکنده شده است. تغییرات پارامتر اکسیژن محلول برآزش شده با مدل Hole Effect نشان می‌دهد در قسمت جنوبی و مرکزی با کمترین مقدار و دیگر بخش‌ها دارای پراکندگی بیشتری است (شکل ۶).

کیفیت آب منطقه براساس شاخص IRWQI_{GC}

نتایج درصد فراوانی شاخص کیفیت آب چاه‌های منطقه مورد مطالعه نشان داد که به‌ترتیب ۶۳/۶ و ۱۸/۲ در گروه‌های نسبتاً بد، متوسط و بد قرار گرفت (جدول ۵).

نقشه پهنه‌بندی شاخص IRWQI_{GC} نشان داد که ۰/۲۱ هکتار (۰/۱۵ درصد) از سطح منطقه در طبقه بد، ۱۳۹/۴۷ هکتار (۹۸/۸۵ درصد) در طبقه نسبتاً بد، ۱/۴۱ هکتار (۱ درصد) در طبقه متوسط قرار گرفته است (شکل ۷). علیا و همکاران از شاخص کیفیت آب و سیستم اطلاعات جغرافیایی جهت ارزیابی کیفیت آب منطقه سفره‌های آب دی‌جفری در جنوب شرقی تونس استفاده کردند و سطح منطقه را در چهار طبقه کیفیت عالی، خوب، متوسط و فقیر طبقه‌بندی کردند (۴). ماکش و همکاران در ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی با استفاده از



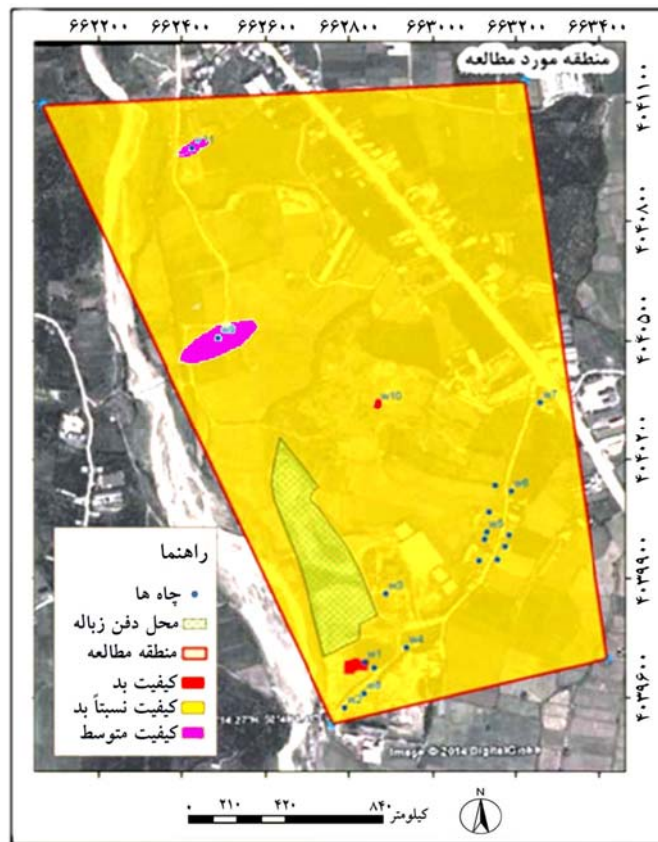
شکل ۶. توزیع مکانی پارامترهای مورد مطالعه

جدول ۵. کیفیت چاه‌های مورد مطالعه براساس شاخص IRWQI_{6c}

DO	pH	COD	PO ₄ ⁻³	BOD ₅	SAR	TH	EC	Ecoli	NO ₃ ⁻	پارامتر	ایستگاه نمونه‌برداری
۲۳	۷/۶	۶/۸	۰/۷۲	۴	۱/۰۴۴	۴۱۶	۱۴۵۴	۲۴۰	۵۹/۳	مقدار	W1
۱۴	۸۰	۷۴	۱۵	۳۳	۵۸	۲۹	۳۵	۱۸	۷	شاخص نمودار	
۰/۰۶۷	۰/۰۷۴	۰/۰۸	۰/۰۸۵	۰/۰۸۸	۰/۰۸۹	۰/۱۰۳	۰/۱۲۹	۰/۱۳۴	۰/۱۵۱	وزن	
۱/۱۹	۱/۳۸	۱/۴۱	۱/۲۵	۱/۳۶	۱/۴۳	۱/۴۱	۱/۵۸	۱/۴۷	۱/۳۴	مقدار شاخص از منحنی عدد به‌دست آمده	
۳۱	۷/۴	۵/۲	۰/۲۵	۳/۲	۰/۸۱۲	۴۳۲	۹۹۹	۴۳	۴۶/۱	مقدار	W2
۱۹	۱۰۰	۷۶	۲۱	۴۰	۷۰	۲۶	۵۵	۳۰	۱۱	شاخص نمودار	
۰/۰۶۷	۰/۰۷۴	۰/۰۸	۰/۰۸۵	۰/۰۸۸	۰/۰۸۹	۰/۱۰۳	۰/۱۲۹	۰/۱۳۴	۰/۱۵۱	وزن	
۱/۲۲	۱/۴۱	۱/۴۱	۱/۳۰	۱/۳۸	۱/۴۶	۱/۴۰	۱/۶۸	۱/۵۸	۱/۴۴	مقدار شاخص از منحنی عدد به‌دست آمده	
۳۰	۷/۲	۶/۹	۰/۴۴	۳/۸	۰/۷۸	۴۲۰	۱۰۲۱	۹	۹/۵	مقدار	W3
۱۹	۸۳	۷۲	۱۷	۳۴	۷۰	۲۸	۵۳	۴۱	۵۲	شاخص نمودار	
۰/۰۶۷	۰/۰۷۴	۰/۰۸	۰/۰۸۵	۰/۰۸۸	۰/۰۸۹	۰/۱۰۳	۰/۱۲۹	۰/۱۳۴	۰/۱۵۱	وزن	
۱/۲۲	۱/۳۹	۱/۴۱	۱/۲۷	۱/۳۶	۱/۴۶	۱/۴۱	۱/۶۷	۱/۶۴	۱/۸۲	مقدار شاخص از منحنی عدد به‌دست آمده	
۳۰	۷/۲	۷	۰/۴۶	۳/۹	۰/۷۴۵	۴۶۰	۱۰۴۹	۹	۱۸	مقدار	W4
۱۹	۸۳	۶۰	۱۷	۳۴	۷۲	۱۸	۵۲	۴۱	۳۵	شاخص نمودار	
۰/۰۶۷	۰/۰۷۴	۰/۰۸	۰/۰۸۵	۰/۰۸۸	۰/۰۸۹	۰/۱۰۳	۰/۱۲۹	۰/۱۳۴	۰/۱۵۱	وزن	
۱/۲۲	۱/۳۹	۱/۳۹	۱/۲۷	۱/۳۶	۱/۴۶	۱/۳۵	۱/۶۶	۱/۶۴	۱/۷۱	مقدار شاخص از منحنی عدد به‌دست آمده	
۲۳	۷/۲	۴	۰/۲۱	۱/۵	۰/۵۰۶	۳۹۰	۹۳۳	۹	۲۲	مقدار	W5
۱۴	۸۳	۸۲	۲۲	۷۹	۸۵	۳۲	۶۰	۴۱	۳۰	شاخص نمودار	
۰/۰۶۷	۰/۰۷۴	۰/۰۸	۰/۰۸۵	۰/۰۸۸	۰/۰۸۹	۰/۱۰۳	۰/۱۲۹	۰/۱۳۴	۰/۱۵۱	وزن	
۱/۲۰	۱/۳۹	۱/۴۲	۱/۳۰	۱/۴۶	۱/۴۸	۱/۴۳	۱/۷۰	۱/۶۴	۱/۶۷	مقدار شاخص از منحنی عدد به‌دست آمده	
۲۹	۷/۲	۵/۴	۰/۲	۲/۷	۰/۴۲۸	۳۵۰	۸۲۹	۴	۲۵	مقدار	W6
۱۸	۸۳	۷۸	۲۲	۴۰	۹۱	۴۱	۶۲	۵۷	۲۶	شاخص نمودار	
۰/۰۶۷	۰/۰۷۴	۰/۰۸	۰/۰۸۵	۰/۰۸۸	۰/۰۸۹	۰/۱۰۳	۰/۱۲۹	۰/۱۳۴	۰/۱۵۱	وزن	
۱/۲۱	۱/۳۹	۱/۴۲	۱/۳۰	۱/۳۸	۱/۵۰	۱/۴۷	۱/۷۰	۱/۷۲	۱/۶۴	مقدار شاخص از منحنی عدد به‌دست آمده	
۲۵	۷/۴	۵/۳	۰/۳	۲/۳	۰/۶۵	۴۰۰	۹۷۸	۹	۲۹	مقدار	W7
۱۵	۱۰۰	۷۷	۲۰	۶۰	۸۱	۳۰	۶۰	۴۱	۲۲	شاخص نمودار	
۰/۰۶۷	۰/۰۷۴	۰/۰۸	۰/۰۸۵	۰/۰۸۸	۰/۰۸۹	۰/۱۰۳	۰/۱۲۹	۰/۱۳۴	۰/۱۵۱	وزن	
۱/۲۰	۱/۴۱	۱/۴۱	۱/۲۹	۱/۴۳	۱/۴۸	۱/۴۱	۱/۷۰	۱/۷۷	۱/۵۹	مقدار شاخص از منحنی عدد به‌دست آمده	
۲۵	۷/۲	۵/۳	۰/۲	۲/۳	۰/۶۲۷	۴۳۰	۱۰۴۶	۱۱	۲۹	مقدار	W8
۱۵	۸۳	۷۷	۲۲	۶۰	۸۲	۲۷	۵۲	۴۰	۲۲	شاخص نمودار	
۰/۰۶۷	۰/۰۷۴	۰/۰۸	۰/۰۸۵	۰/۰۸۸	۰/۰۸۹	۰/۱۰۳	۰/۱۲۹	۰/۱۳۴	۰/۱۵۱	وزن	
۱/۲۰	۱/۳۹	۱/۴۲	۱/۳۰	۱/۴۳	۱/۴۸	۱/۴۰	۱/۶۶	۱/۶۴	۱/۶۰	مقدار شاخص از منحنی عدد به‌دست آمده	
۲۹	۷/۶	۴	۰/۱۷	۱/۰۹	۰/۴۳۲	۳۳۰	۱۱۹۰	۹	۱۵	مقدار	W9
۱۸	۸۰	۸۳	۲۶	۷۹	۹۰	۴۸	۴۴	۴۱	۴۰	شاخص نمودار	
۱/۲۱	۱/۳۸	۱/۴۲	۱/۳۲	۱/۴۷	۱/۴۹	۱/۴۹	۱/۶۳	۱/۶۴	۱/۷۵	وزن	
۱/۲۱	۱/۳۸	۱/۴۲	۱/۳۲	۱/۴۷	۱/۴۹	۱/۴۹	۱/۶۳	۱/۶۴	۱/۷۵	مقدار شاخص از منحنی عدد به‌دست آمده	
(متوسط) ۴۸/۱۸											

ادامه جدول (۵).

DO	pH	COD	PO ₄ ⁻³	BOD ₅	SAR	TH	EC	Ecoli	NO ₃ ⁻	پارامتر	ایستگاه نمونه‌برداری
۲۳	۷/۴	۹/۹	۰/۳۱	۱/۴	۱/۲۰۶	۴۶۵	۱۲۰۷	۲۴۰	۲۹	مقدار	W10
۱۴	۱۰۰	۵۲	۱۹	۳۱	۵۵	۱۹	۴۴	۱۸	۲۲	شاخص نمودار	
۰/۰۶۷	۰/۰۷۴	۰/۰۸	۰/۰۸۵	۰/۰۸۸	۰/۰۸۹	۰/۱۰۳	۰/۱۲۹	۰/۱۳۴	۰/۱۵۱	وزن	
۱/۱۹	۱/۴۱	۱/۳۷	۱/۲۸	۱/۳۵	۱/۴۳	۱/۳۵	۱/۶۳	۱/۴۷	۱/۵۹	مقدار شاخص از منحنی	
						۲۹/۶۲ (بد)				عدد به‌دست آمده	
۲۵	۷/۲	۱/۸	۰/۱۰۸	۰/۴	۰/۴۶۹	۴۵۵	۱۰۲۸	۴	۲۱	مقدار	W11
۱۵	۸۳	۹۳	۳۰	۹۱	۹۰	۱۹	۵۲	۵۸	۳۲	شاخص نمودار	
۰/۰۶۷	۰/۰۷۴	۰/۰۸	۰/۰۸۵	۰/۰۸۸	۰/۰۸۹	۰/۱۰۳	۰/۱۲۹	۰/۱۳۴	۰/۱۵۱	وزن	
۱/۲۰	۱/۳۹	۱/۴۴	۱/۳۳	۱/۴۹	۱/۴۹	۱/۳۵	۱/۶۶	۱/۷۲	۱/۶۹	مقدار شاخص از منحنی	
						۴۶/۴۳ (متوسط)				عدد به‌دست آمده	



شکل ۷. نقشه پهنه‌بندی کیفیت آب‌های زیرزمینی منطقه

کشاورزی وضعیت مناسب‌تری دارند که در قسمت‌های مرکزی منطقه مورد مطالعه و بخش کوچکی از جنوب غرب وارد شده

مناسب نمی‌باشد و چاه‌های ۹ و ۱۱ شرایط متوسطی دارند که نسبت به سایر چاه‌ها در منطقه، جهت استفاده در شرب و

پیشرفته است، لذا پایش آب‌های زیرزمینی و سطحی و جلوگیری از پیشرفت آلودگی در منابع آب بسیار مهم و اساسی است.

است. استفاده از کودهای شیمیایی و فضولات حیوانی در بخش کشاورزی از عواملی است که باعث ایجاد نیترات در آب آشامیدنی این منطقه شده است. بنابراین با توجه به اینکه تصفیه آب‌های زیرزمینی و سطحی مستلزم هزینه بالا و تکنولوژی

منابع مورد استفاده

۱. حیدریان دانا، ن. ع. پرورش و م. خیادانی. ۱۳۸۶. ارزیابی آلودگی شیمیایی آب‌های زیر زمینی و آب‌های سطحی مناطق پایین دست محل قدیمی دفن زباله شهرستان ساری (سمسکنده). انجمن ملی بهداشت محیط ایران- همدان (۱۰): ۶۶-۷۸.
۲. رضایی، ر. ا. ملکی، م. صفری و ع. قوامی. ۱۳۸۹. ارزیابی آلودگی شیمیایی منابع آب زیر زمینی مناطق پایین دست محل دفن زباله شهر سنندج. مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی کردستان ۱۵: ۸۹-۹۸.
۳. رقیمی، م. م. شاه‌پسند زاده و م. سید خادمی. ۱۳۸۳. بررسی کیفیت شیمیایی آب‌های زیر زمینی در مجاورت محل دفن مواد زاید جامد شهر گرگان. مجله پژوهشی محیط شناسی ۳۵: ۸۴-۷۷.
4. Alaya, M. B., S. Saidi, T. Zemni and F. Zargouni. 2014. Suitability assessment of deep groundwater for drinking and irrigation use in the Djefara aquifers (Northern Gabes, south-eastern Tunisia). *Environ. Earth. Sci.* 71: 3387-3421.
5. Awawdeh, M., M. Obeidat, M. Al-Mohammad, K. Al-Qudah and R. Jaradat. 2014. Integrated GIS and remote sensing for mapping groundwater potentiality in the Tulul al Ashaqif, Northeast Jordan. *Arab. J. Geosci.* 7: 2377-2392.
6. Cambardella, C., T. Moorman, T. Parkin, D. Karlen, J. Novak, R. Turco and A. Konopka. 1994. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. *Soil. Sci. Soc. Am. J.* 58: 1501-1511.
7. Davraz, A. and A. Özdemir. 2014. Groundwater quality assessment and its suitability in Çeltikçi plain (Burdur/Turkey). *Environ. Earth. Sci.* 72: 1167-1190.
8. Kalra, N., R. Kumar, S. Yadav and R. Singh. 2012. Water quality index assessment of ground water in Koilwar block of Bhojpur Bihar. *J. Chem. Pharm. Res.* 43: 1782-1786.
9. Ketata, M., M. Gueddari and R. Bouhlila. 2012. Use of geographical information system and water quality index to assess groundwater quality in El Khairat deep aquifer (Enfidha, Central East Tunisia). *Arab. J. Geosci.* 5: 1379-1390.
10. Krami L. K., F. Amiri, A. Sefıyanian, A. R. B. M. Shariff, T. Tabatabaie and B. Pradhan. 2013. Spatial patterns of heavy metals in soil under different geological structures and land uses for assessing metal enrichments. *Environ. Monit. Assess.* 185: 9871-9888.
11. Latha S. P. and N. K. Rao. 2010. Assessment and Spatial Distribution of Quality of Groundwater in Zone-II and III, Greater Visakhapatnam, India Using Water Quality Index (WQI) and GIS. *Int. J. Environ. Sci.* 1: 198-212.
12. Löw F., P. Navratil, K. Kotte, H. Schöler and O. Bubenzler. 2013. Remote-sensing-based analysis of landscape change in the desiccated seabed of the Aral Sea-a potential tool for assessing the hazard degree of dust and salt storms. *Environ. Monit. Assess.* 185: 8303-8319.
13. Magesh, N., S. Krishnakumar, N. Chandrasekar and J. P. Soundranayagam. 2013. Groundwater quality assessment using WQI and GIS techniques, Dindigul district, Tamil Nadu, India. *Arab. J. Geosci.* 6: 4179-4189.
14. Sadat-Noori, S., K. Ebrahimi and A. Liaghat. 2014. Groundwater quality assessment using the water quality index and GIS in Saveh-Nobaran aquifer, Iran. *Environ. Earth. Sci.* 71: 3827-3843.
15. Saeedi M., O. Abessi, F. Sharifi and H. Meraji. 2010. Development of groundwater quality index. *Environ. Monit. Assess.* 163: 327-335.
16. Shabbir, R. and S. S. Ahmad. 2015. Use of geographic information system and water quality index to assess groundwater quality in rawalpindi and Islamabad. *Arab. J. Sci. Eng.* 40: 2033-2047.
17. Shi J., H. Wang, J. Xu, J. Wu, X. Liu, H. Zhu and C. Yu. 2007. Spatial distribution of heavy metals in soils: a case study of Changxing, China. *Environ. Geol.* 52: 1-10.
18. Zhang, C., L. Wu, Y. Luo, H. Zhang and P. Christie. 2008. Identifying sources of soil inorganic pollutants on a regional scale using a multivariate statistical approach: role of pollutant migration and soil physicochemical properties. *Environ. Pollut.* 151: 470-476.

Appraisal and Spatial Analysis of Groundwater Quality Near the Landfill Site Using the Iran Water Quality Index: (Case Study: Qaemshahr)

F. Amiri*, T. Tabatabaie and S. Valipour¹

(Received: Feb. 5-2016; Accepted: June 19-2017)

Abstract

The purpose of this paper was to assess the groundwater quality near Qaemshahr landfill site using the Iran Water Quality Index for Groundwater Resources-Conventional Parameters (IRWQIGC). In this study, samples were taken from 11 wells with three replications in February 2015 and water quality was assessed by evaluating nitrate, fecal coliform, electrical conductivity (EC), pH, total hardness, sodium absorption ratio, biological oxygen demand, phosphate, chemical oxygen demand, and dissolved oxygen parameters with the standard measuring methods; also, the quality of ground water was determined using the IRWQIGC. Statistical description of the parameters was performed using the SPSS software. Spatial extension mapping parameters were drawn using geostatistics extension with the ArcGIS software. The results of water quality assessment revealed that 0.15% of the area was classified as bad, 98.85% as relatively poor, and 1% as middle in terms of quality. The results of spatial dispersion also revealed that water quality from the South to the North and North East was reduced. Evaluating the changes in water quality near landfill sites showed that 2149.56 square meters of total area had a relatively poor potential for the region's groundwater recharge.

Keywords: Iran water quality index (IRWQIGC), Municipal landfills, Geographic Information System, Qaemshahr.

1. Dept. of Eng., Islamic Azad Univ., Branch Busheher, Busheher, Iran.

*: Corresponding Author, Email: amiri_fazel@yahoo.com