

بررسی کیفیت آبهای زیرزمینی دشت خرمآباد
سیروس طهماسیان، ذبیح الله خانی تملیه و جواد بهمنش

دوره ۳، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۶، صفحات ۳۴۱-۳۵۲

Vol. 3(4), Winter 2018, 341 – 352

**Evaluation of Groundwater Quality of
Khorramabad Plain**

Tahmasian S., Khani Temeliyeh Z. and
Behmanesh J.



www.jewe.ir

OPEN  ACCESS

ارجاع به این مقاله: طهماسیان س.، خانی تملیه ذ.، بهمنش ج. (۱۳۹۶). بررسی کیفیت آبهای زیرزمینی دشت خرمآباد. محیط زیست و مهندسی آب، دوره ۳، شماره ۴، صفحات: ۳۴۱ – ۳۵۲

Citing this paper: Tahmasian S., Khani Temeliyeh Z. and Behmanesh J. (2018). Evaluation of groundwater quality of Khorramabad plain. J. Environ. Water Eng., 3(4), 341– 352

بررسی کیفیت آب‌های زیرزمینی دشت خرم‌آباد

سیروس طهماسیان^۱، ذبیح‌الله خانی‌تملیه^{۲*} و جواد بهمنش^۳

^۱ کارشناسی ارشد، گروه مهندسی منابع آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

^۲ دانشجوی دکترا، گروه مهندسی منابع آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

^۳ دانشیار، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

* نویسنده مسئول: z.khani1060@yahoo.com

مقاله اصلی

تاریخ دریافت: [۱۳۹۶/۰۶/۳۰]

تاریخ پذیرش: [۱۳۹۶/۰۹/۱۷]

چکیده

آب‌های زیرزمینی در طول مسیر حرکت خود، تحت تأثیر عوامل مختلفی محیطی قرار می‌گیرند. بر همین اساس مواد به شکل املاح، انگل، میکروب و یا ناخالصی‌های مختلف وارد آب شده که سبب تغییرات کیفیت آن می‌شود. لذا بررسی و تحقیقات در این زمینه جهت شناخت عوامل مؤثر بر کیفیت آب، برای مصارف مختلف ضروری است. در این تحقیق محدوده وسیعی از منابع آب‌های زیرزمینی شهرستان خرم‌آباد نمونه‌برداری و خصوصیات کیفی این آب‌ها از جمله pH، EC، کاتیون‌های محلول کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم، آنیون‌های محلول کلر، سولفات، بیکربنات، فسفات و نترات، نسبت جذبی سدیم و نیز فلزات سنگین کادمیوم و آرسنیک مورد بررسی قرار گرفت. سپس نقشه پراکنش هر یک ترسیم شد. نتایج نشان داد که غلظت اکثر پارامترهای مورد بررسی از ارتفاعات به سمت نواحی جنوب غرب خرم‌آباد متناسب با خروجی حوزه‌های آبریز شهرستان روند افزایشی دارند. پارامترهای مورد بررسی در محدوده کیفی مناسبی قرار داشته و از بین پارامترها، غلظت نترات محلول در نواحی جنوب غرب خرم‌آباد بیشتر از حد استاندارد به دست آمد. میانگین غلظت نترات در نمونه‌ها ۱۳/۶۹ میلی‌گرم در لیتر با حداقل ۱/۵۳ و حداکثر ۴۹/۵۵ میلی‌گرم در لیتر تعیین شد. به‌طور کلی، ۵۰ درصد از کل داده‌های کیفی آب‌های زیرزمینی دارای غلظت نترات بیش از ۱۱/۲ میلی‌گرم در لیتر و ۱۰ درصد دارای غلظت بالای ۲۴ میلی‌گرم در لیتر بودند. در صورتی که حد استاندارد ۴۵ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: آب‌های زیر زمینی؛ آنیون؛ کاتیون؛ دشت خرم‌آباد

۱- مقدمه

مدیریت نامناسب منابع آب زیرزمینی باعث کاهش کیفیت منابع آب و خاک در برخی از مناطق و عدم امکان استفاده از آنها برای کشاورزی شده است (Hillel 1980). در مطالعات هیدروژئوشیمیایی، نواحی با کیفیت مناسب آب زیرزمینی با اهداف شرب، کشاورزی و صنعت مشخص می‌شود. (2002) Ahmed et al. کیفیت آب زیرزمینی دو دشت شهر راجشاهی^۱ در هندوستان را با استاندارد سازمان جهانی بهداشت طبقه‌بندی و مقایسه کردند.

Anbazhagan and Nair (2004) با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی تغییرات مکانی عناصر شیمیایی آب زیرزمینی را در دشت پانول^۲ بررسی کردند. مطالعات دیگری که در این زمینه انجام گرفته است، ازجمله: (1999) Saleh et al ماتریس همبستگی را بین خصوصیات فیزیکی شامل میزان کلریت، دولومیت، گچ و هالیت در آب زیرزمینی و خصوصیات شیمیایی شامل اسیدیته و نسبت جذبی سدیم آب زیرزمینی ارائه دادند. آن‌ها بر تأثیر فعالیت‌های کشاورزی روی غلظت آب زیرزمینی تأکید کردند. Ford and Tellam (1994) با ارزیابی زمانی آلودگی در نمونه‌های جمع آوری شده آب، افزایش معنی‌دار غلظت آلودگی در آب زیرزمینی را اثبات کردند. در تحقیقی که توسط Bronswijk and Prins (2001) انجام شد، تغییرات غلظت نترات را بررسی کردند. آن‌ها با استفاده از سن آب زیرزمینی برای تفسیر غلظت نترات در چاه‌های کشاورزی رابطه‌ای بین زمان نفوذ و نسبت آلودگی نترات آب زیرزمینی پیدا کردند. نتایج آنها با افزایش نترات مشاهده‌ای در ۳۰ سال گذشته مطابقت خوبی داشت. Hallberg and Keeney (1993) اثبات کردند که روند تغییرات کیفیت آب زیرزمینی را با استفاده از اطلاعات عمق، می‌توان تشخیص داد. این پدیده در مناطق برداشت آب از سفره‌های زیرزمینی به طور مشخصی واضح است. (2006) Nazarizadeh et al. سه پارامتر کیفی شامل EC، آنیون‌های

کلر و سولفات را در ۸۴ نقطه از اراضی سد بالارود استان خوزستان با استفاده از آمار مکانی مورد بررسی قرار دادند. در این مطالعه ملاحظه گردید که دامنه تغییرات EC از ۰/۲۷ تا ۴/۸ dSm⁻¹ متغیر است. (2008) Kannel and Lee با بررسی تغییرات زمانی -مکانی و فاکتورهای مؤثر در مدیریت آب‌های زیرزمینی در دره کاتماندو^۳ نیپال دریافتند که آلودگی مناطق روستایی کمتر از مناطق شهری است. همچنین آنها گزارش کردند که غلظت فسفر کل در آب‌های زیرزمینی مناطق روستایی بیشتر از آب‌های سطحی است. در زمینه مطالعه کیفی آب با استفاده از شاخص‌های آن، (2011) Khirollahi et al. بررسی کیفیت آب دریاچه سد کرخه با استفاده از شاخص‌های کیفی آب (W.Q.I) و سامانه GIS را مورد مطالعه قرار دادند. بر اساس نتایج حاصل از این مطالعه، شاخص NSFQI شاخص مناسبی جهت پهنه‌بندی دریاچه سد کرخه معرفی شد. (2013) Entezari et al. به بررسی کیفیت آب شرب استحصالی از منابع زیرزمینی بر بیماری‌های انسانی در دشت مشهد پرداختند. آنها نشان دادند که روند نزولی و وضعیت نامطلوب به خصوص در قسمت‌های جنوبی دشت وجود دارد. همچنین بین میزان مرگ و میرهای ناشی از بیماری قلبی عروقی با پارامتر کلر ارتباط معناداری $P < 0.05$ وجود دارد. (2013) Jabari Qarebagh et al. با بررسی کیفیت آب‌های زیرزمینی دشت ارومیه نشان دادند که اغلب نمونه‌ها دارای یون‌های اسیدی ضعیف (بی‌کربناته) می‌باشند. تغییرات هدایت الکتریکی به گونه‌ای است که در اطراف رودخانه‌های ورودی به دشت مقدار هدایت الکتریکی کاهش یافته که با توجه به کیفیت خوب آب رودخانه‌های منطقه، نشانه تغذیه دشت در آن نواحی به وسیله آب رودخانه‌ها می‌باشد. (2014) Afzali and Shahedi به بررسی روند تغییرات کمی و کیفی آب زیرزمینی دشت آمل- بابل پرداختند. نتایج حاصل نشان داد که، کاهش ناچیز سطح آب زیرزمینی و بهبود وضعیت کیفی آب زیرزمینی در منطقه مذکور شده می‌باشد. (2015) Pourakbar et al. به بررسی کیفیت منابع آب شرب زیرزمینی

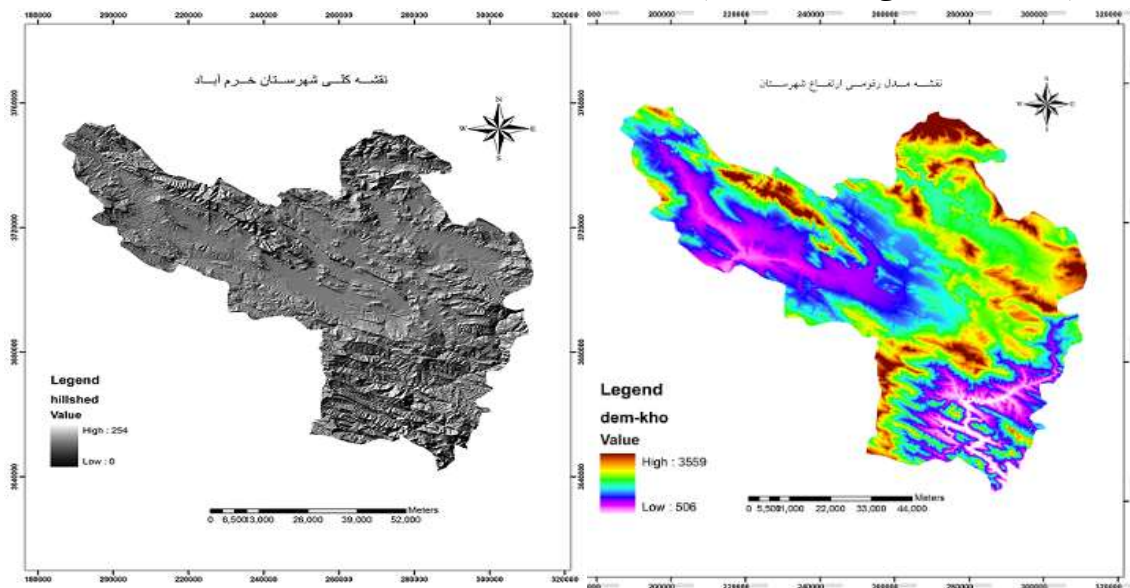
³ Kathmandu¹ Rajshahi² Panvel

گروه تقسیم شدند به گونه‌ای که گروه اول کمترین غلظت و گروه سوم بیشترین غلظت از نظر پارامترهای کیفی آب را شامل می‌شدند. از نظر کاربرد آب در بخش کشاورزی هر سه گروه در رده C_3S_1 قرار گرفتند. لذا، هدف از مطالعه حاضر، تعیین کیفیت آب زیرزمینی منطقه از نظر ماهیت و تأثیرات سازندهای زمین‌شناسی بر آن در شهرستان خرم‌آباد می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

دشت خرم‌آباد در مسیر جاده تهران - خوزستان و در حاشیه جنوب شرقی حوضه آبریز کرخه و بین $48^{\circ} 45'$ تا $48^{\circ} 15'$ طول شرقی و $33^{\circ} 15'$ تا $33^{\circ} 44'$ عرض شمالی قرار گرفته است. این دشت از شمال به دشت الشتر و استان‌های همدان و کرمانشاه، از جنوب به شهرستان پلدختر و استان خوزستان، از شرق به استان اصفهان و از غرب به استان ایلام محدود است (شکل ۱).



شکل ۱- نقشه مدل رقومی و نقشه کلی شهرستان خرم‌آباد

۱۱ رشته قنات، ۸۶ مورد انهار، ۵۲۴ مورد موتور پمپ سیار و ۳۴ مورد پمپاژ ثابت می‌باشد، که جمعاً دارای تخلیه سالانه $268/88$ میلیون مترمکعب می‌باشند. دشت‌های موجود در این ناحیه وسعت چندانی نداشته و تماماً از واریزه‌ها و آبرفت‌های حاصل از این ارتفاعات پر شده است. شیب عمومی

از دیدگاه هیدروژئوشیمیایی در شهرستان سراب پرداختند. نتایج آنها نشان داد، میانگین و دامنه EC برابر 812 و 220 تا 2990 میکروزیمنس برسانتیمتر اندازه‌گیری شده است و بالا بودن میزان املاح محلول در غرب شهرستان از نکات قابل توجه بود. همچنین نتایج نشان داد که میزان غلظت آرسنیک در دو مورد از نمونه‌ها و جیوه در یکی از نمونه‌ها بالا بود. براساس طبقه‌بندی فائو، آب زیرزمینی آبخوان دشت بیرجند برای مصارف کشاورزی به لحاظ SAR، کلر و بیکربنات دارای محدودیت زیاد، به لحاظ شوری دارای محدودیت کم و به لحاظ اسیدیته بدون محدودیت است. AbbasiTeshnizi and NouriEmamzadehe (2017) ارزیابی کیفی آب زیرزمینی دشت کبودآهنگ با استفاده از تحلیل عاملی و خوشه‌ای برای یک دوره سه ساله مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج حاصل در تحقیقشان نشان داد که، تحلیلی عاملی $81/74$ درصد تغییرات تحت تأثیر ۴ عامل قرار دارد. همچنین با انجام تحلیل خوشه‌ای بر روی ۳۰ چاه آب مورد بررسی در این منطقه، چاه‌ها به ۳

وسعت منطقه 2513 کیلومترمربع و ارتفاع متوسط 1260 متر از سطح دریا می‌باشد. رود خرم‌آباد بخش شمالی حوضه آبریز و رودخانه کاکاشرف جنوب و جنوب شرقی آن را زهکشی می‌نماید. تعداد منابع آب آماربرداری شده شامل، 228 حلقه چاه عمیق، 261 حلقه چاه نیمه عمیق، 272 دهنه چشمه،

مختلف، به منظور بررسی هم‌روندی و عدم هم‌روندی داده‌ها بهترین مدل تخمین‌گر برای هر متغیر برازش داده شد.

۴-۲- اعتبار سنجی

برای انتخاب روش مناسب درون‌یابی از روش ارزیابی متقابل استفاده می‌شود. در این روش در هر مرحله یک نقطه مشاهداتی حذف شده و با استفاده از سایر نقاط مشاهداتی، آن نقطه برآورد می‌گردد. به گونه‌ای که در آخر به تعداد نقاط مشاهداتی، برآورد وجود خواهد داشت و در پایان با داشتن مقادیر واقعی و برآورد شده می‌توان خطا و انحراف روش استفاده شده را برآورد کرد. معیارهای گوناگونی برای این کار وجود دارند از جمله میانگین خطای مطلق (MAE) و ریشه دوم میانگین مربعات خطا (RMSE) که در روابط (۱) و (۲) آورده شده‌اند (Pour Mohammadi et al. 2017).

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |Z^*(x_i) - Z(x_i)|}{n} \quad (1)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [Z^*(x_i) - Z(x_i)]^2}{n}} \quad (2)$$

در روابط مذکور n تعداد نقاط مشاهداتی، $Z^*(x_i)$ مقدار برآوردی برای نقطه i ام، $Z(x_i)$ مقدار مشاهداتی برای نقطه i ام روش‌های استفاده شده در این تحقیق دو روش کریجینگ معمولی و وزن دادن معکوس فاصله مورد استفاده قرار گرفتند.

۴-۱- کریجینگ معمولی

با فرض غلبه مؤلفه همبستگی مکانی و به کارگیری مستقیم رابطه نیمه پراش نگار (نیم تغییرنمای تجربی)، رابطه (۳)، $\gamma(h)$ به دست می‌آید:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_{i+h})]^2 \quad (3)$$

که در آن N تعداد جفت مشاهدات، Z_{x_i} و $Z_{x_{i+h}}$ مقدار مشاهدات متغیرها در نقطه‌های X_i و X_{i+h} می‌باشند. در روش درون‌یابی کریجینگ با استفاده از مؤلفه‌های تابع همبستگی نیم تغییرنما، وزن متغیرها λ_i برای پیش‌بینی متغیر Z در

توپوگرافی منطقه از تمام جهات بطرف رودخانه خرم‌آباد می‌باشد. این شیب نسبتاً ملایم به سمت رودخانه ادامه دارد. سطح آب زیرزمینی از ۲ تا ۲۳ متر متغیر و سطح برخورد آب به‌طور متوسط ۷ متر می‌باشد (Abdan Faraz 2001).

۲-۲- نمونه‌برداری

پس از تهیه عکس‌های هوایی منطقه، واحدهای کاری که کاربری متفاوت داشتند تفکیک شدند. این واحدها شامل شهری، روستا و کشاورزی می‌باشند. سپس آمار تعداد چاه‌های در حال بهره‌برداری منطقه تهیه و تعداد ۱۲۰ محل نمونه‌برداری بطوری که پراکنش مناسبی در سطح منطقه داشته و تقریباً سطح ایستایی برابری داشته باشند انتخاب شد. بدین منظور سطح منطقه شبکه‌بندی شده و در هر شبکه نمونه‌برداری صورت گرفت. پس از شناسایی نقاط نمونه‌برداری، مختصات جغرافیایی هر یک تعیین و نمونه‌برداری از آب چاه‌ها با استفاده از ظروف پلی اتیلن به آزمایشگاه منتقل شد. برخی خصوصیات کیفی نمونه‌ها از جمله قابلیت هدایت الکتریکی (EC) با کاربرد هدایت سنج الکتریکی، pH با دستگاه pH متر، آنیون NO_3^- توسط دستگاه اسپکتروفتومتر، سولفات بوسیله رسوب سنجی سولفات باریم، بیکربنات بوسیله تیتراسیون با اسید سولفوریک، کلر بوسیله تیتراسیون با نیترات نقره، کلسیم و منیزیم بوسیله تیراسیون با EDTA همچنین سدیم و پتاسیم به‌روش شعله سنجی اندازه‌گیری شد.

۲-۳- تجزیه و تحلیل داده‌ها

اطلاعات به دست آمده ابتدا به‌وسیله نرم‌افزار SPSS مورد تجزیه و تحلیل توصیفی قرار گرفت و آماده پردازش توسط نرم‌افزار Arc GIS شد. نقشه پراکنش این مواد در منطقه ترسیم و با توجه به مقادیر استاندارد معرفی شده مناطق آلوده که به عنوان مناطق هدف محسوب شده‌اند معرفی شدند. در انجام مطالعات تجزیه و تحلیل مکانی داده‌ها از روش متعدد کریجینگ معمولی، کریجینگ معمولی لوگ نرمال، کریجینگ شاخص، استفاده شد. در روش کریجینگ بعد از رسم نیم تغییرنماها آن‌ها را در جهات جغرافیایی

استفاده قرار می‌گیرند توسط (Faraji Sabokbar and Aziz 2006) ذکر شده‌اند.

۳- یافته‌ها و بحث

۳-۱- نتایج کمی متغیرها

در این بخش تجزیه و تحلیل مکانی هر یک از متغیرها بصورت جداگانه مورد بررسی و بحث قرار خواهد گرفت. نتایج آماری کلسیم، سدیم، منیزیم، پتاسیم، کلر، سولفات و بیکربنات محلول اندازه‌گیری شده (میلی اکی والان در لیتر) از ۱۲۲ چاه نمونه‌برداری شده و خلاصه آمار استنباطی و شاخص‌های کیفی در جداول (۱) و (۲) آورده شده است. میانگین غلظت کلسیم در نمونه‌ها ۳/۶۸ میلی اکی والان در لیتر با حداقل ۰/۲ و حداکثر ۸ میلی اکی والان در لیتر تعیین گردید. به‌طور کلی، ۸۰ درصد از کل داده‌ها دارای غلظت کلسیم بیش از ۲/۵ میلی اکی والان در لیتر و ۱۰ درصد دارای غلظت بالای ۷/۲ میلی اکی والان در لیتر بودند. آنالیز نتایج نشان داد که داده‌های مربوط به غلظت بیشتر پارامترهای کیفی از توزیع نسبتاً نرمالی برخوردار می‌باشند، بطوریکه دارای انحراف معیار ۱/۴ و چولگی و کشیدگی به ترتیب ۰/۳۷ و ۰/۶۹ هستند. تابع واریوگرام (نیم تغییر نما) کلسیم بوسیله نرم افزار GS+ محاسبه و مناسب‌ترین مدل تجربی بر آن برازش داده شد. میانگین و میانه داده‌ها به ترتیب ۲/۱۵ و ۱/۹ میلی اکی والان می‌باشد که نسبتاً به هم نزدیک می‌باشند. مقادیر انحراف معیار ۱/۱ و چولگی و کشیدگی به ترتیب ۰/۸۳ و ۰/۰۰۵ - محاسبه شد. شکل (۲) واریوگرام داده‌ها به همراه مدل برازش داده شده را نشان می‌دهد. مدل نظری برازش داده شده، مدل کروی با اثر قطعه‌ای ۰/۴۳، حد آستانه ۰/۱۰۵ و دامنه ۴۳۷۰ متر می‌باشد. مدل برازش داده شده بر نیم تغییر نمای تجربی بالاترین ضریب تبیین (R^2) و کمترین میزان مجموع مربعات خطا (RSS) را نشان داد. این مقادیر به صورت ۰/۹۲ ضریب تبیین و 10^{-4} $\times$ ۱/۹ مجموع مربعات خطا به‌دست آمد. (2008) et al. Taghizadeh-Mehrjardi نشان دادند که مدل کروی می‌تواند همبستگی مکانی خصوصیات کیفی آب‌های زیرزمینی را به خوبی شبیه‌سازی کند.

نقطه نمونه‌برداری نشده بر پایه داده‌های موجود در موقعیت‌های معلوم نقطه نمونه برداری نشده، تعیین شد که در رابطه (۴) نشان داده شده است.

$$Z_{(x_0)} = \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot Z_{(x_i)} \quad \sum_{i=1}^n \lambda_i = 1 \quad (4)$$

$Z_{(x_0)}$ مقدار تخمین متغیر Z در نقطه نمونه‌برداری نشده X_0 ، Z_{x_i} مقدار مشاهداتی متغیر Z در نقطه‌های نمونه‌برداری X_i ، λ_i وزن تعلق گرفته به هر مشاهده در نقطه X_i می‌باشد.

۲-۴-۲- عکس فاصله وزن دار

پایه روش وزن دادن عکس فاصله، وزندهی بر اساس عکس فاصله تا نقطه تخمین است. در این روش مقدار متغیر در نقاط نمونه‌برداری نشده در رابطه (۵) مشخص شده است:

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^N \frac{Z_i}{d_i^m}}{\sum_{i=1}^N \frac{1}{d_i^m}} \quad (5)$$

که در آن Z مقدار برآورد متغیر در منطقه نمونه برداری نشده، d_i فاصله نقطه نمونه برداری شده تا نقطه تخمین، N تعداد کل نمونه‌ها و پارامترها m توان فاصله است، که تغییرات آن باعث قابلیت انعطاف روش IDW می‌شود، به گونه‌ای که با نزدیک شدن این پارامتر به صفر تخمین‌گر IDW رفتاری شبیه میانگین حسابی و با افزایش بیش از حد آن رفتاری شبیه میانگین حسابی و با افزایش بیش از حد آن رفتاری شبیه چند ضلعی تیسسن از خود نشان می‌دهد (Taghizadeh-Mehrjard et al. 2008).

۲-۵- مدل کردن واریوگرام

برای بهره‌گیری از کریجینگ یا (شبیه سازی بر اساس احتمال)، نیازمند تبدیل واریوگرام تجربی به یک مدل قابل قبول است. برای حل معادلات کریجینگ می‌بایست خصوصیات عددی مدل‌های استفاده شده مشخص باشند. مدل‌هایی که اکثراً مورد

جدول ۱- خلاصه آمار توصیفی متغیرهای کیفی (meq/l)

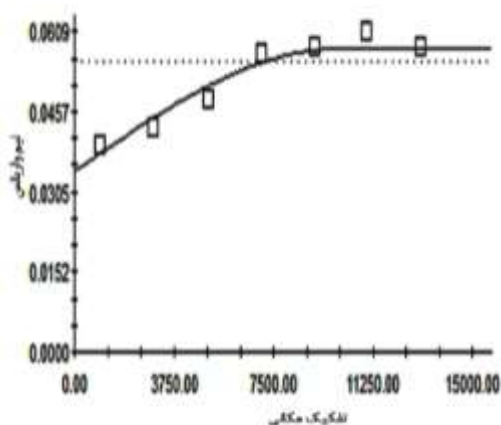
پارامترها	کلسیم	منیزیم	سدیم	پتاسیم	کلر	سولفات	بیکربنات
میانگین	۳/۶۸	۲/۱۵	۰/۵۶	۰/۱۵	۱/۳۵	۱/۹۱	۲/۶۳
میانه	۳/۷	۱/۹	۰/۴۱	۰/۰۷	۱	۱/۸۹	۲/۳۵
حداقل	۰/۲۰	۰/۲۵	۰/۰۷	۰	۰/۰۳	۰/۱۳	۰/۴
حداکثر	۸	۵/۲	۲/۵	۱/۹	۵/۱	۶/۷	۶/۴
دامنه	۷/۸	۴/۹۵	۲/۴۳	۱/۹	۵/۰۷	۶/۵۷	۶
انحراف معیار	۱/۴	۱/۱	۰/۴۴	۰/۲۶	۱/۰۳	۱/۲۷	۱/۳۳
چولگی	۰/۳۷	۰/۸۳	۲/۲۳	۴/۷۹	۱/۴۳	۱/۱۱	۰/۸
کشیدگی	۰/۶۹	-۰/۰۰۵	۵/۵۳	۲۸/۲	۱/۶۵	۱/۵۲	۰/۰۹
ضریب تغییرات	۳۸	۵۱	۷۸/۵	۱۷۳	۷۶/۲	۶۴/۵	۵۰/۵

جدول ۲- خلاصه آمار توصیفی متغیرهای کیفی

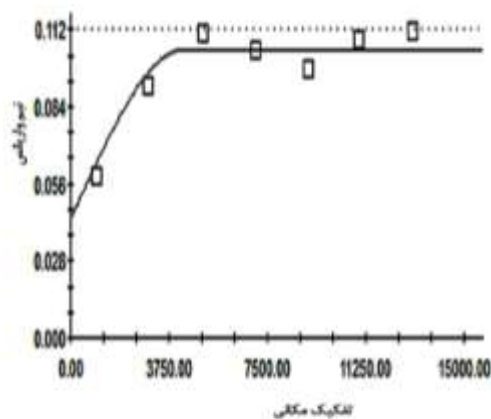
پارامترهای کیفی و آماری	کادمیوم $\mu\text{g l}^{-1}$	آرسنیک $\mu\text{g l}^{-1}$	نیتрат mg l^{-1}	pH	EC $\mu\text{mho cm}^{-1}$	SAR	TDS mg l^{-1}
میانگین	۱۶/۰۰	۱/۹۵	۱۳/۷	۷/۵	۶۰۷	۰/۳۲	۳۵۷
میانه	۱۶/۰۶	۱/۷۲	۱۱/۲	۷/۵	۶۰۰	۰/۲۶	۳۲۳
حداقل	۱۱/۷۴	۰/۳۱	۱/۵۳	۶/۱	۱۵۹	۰/۰۱	۳/۴
حداکثر	۱۹/۵۲	۴/۴۶	۴۹/۵۵	۸/۳	۱۵۶۷	۱/۰۳	۹۶۳
دامنه	۷/۷۸	۴/۱۵	۴۸/۰۲	۲/۲	۱۴۰۸	۱/۰۲	۹۵۹
انحراف معیار	۱/۳۷	۱۰/۳	۸/۲	۰/۴	۲۱۲/۱	۰/۲۱	۱۸۶/۷
چولگی	-۰/۰۶	۰/۶۵	۱/۶	-۱/۰۷	۰/۸۹	۱/۰۷	۱/۱۱
کشیدگی	۰/۲۷	-۰/۳۷	۳/۰۵	۱/۲	۲/۳	۰/۹	۱/۵۴
ضریب تغییرات	۸/۵	۰/۵۳	۵۹/۸	۵	۳۵	۶۵/۶	۵۲

واریوگرام ایزوتروپیک سدیم

واریوگرام ایزوتروپیک کلسیم



Spherical model ($C_0 = 0.03430$; $C_0 + C = 0.05770$; $A_0 = 9920.00$; $r^2 = 0.948$; $RSS = 2.729E-05$)



Spherical model ($C_0 = 0.0431$; $C_0 + C = 0.1059$; $A_0 = 4370.00$; $r^2 = 0.924$; $RSS = 1.923E-04$)

شکل ۲- نیم تغییرنمای داده‌های کلسیم و سدیم

نسبت اثر قطعه‌ای به آستانه یا $(C_0/C+C_0)$ در این واریوگرام داده شده، مدل کروی با اثر قطعه‌ای $0/061$ ، حد آستانه $0/123$ و دامنه 5000 متر می‌باشد. مدل برازش داده شده بر نیم تغییر نمای تجربی ضریب تبیین (R^2) $0/54$ و میزان مجموع مربعات خطا (RSS) $0/0022$ به دست داد.

تابع واریوگرامی منیزیم (شکل ۲) نشان داد که مدل نظری برازش داده شده، مدل کروی با اثر قطعه‌ای $0/061$ ، حد آستانه $0/123$ و دامنه 5000 متر می‌باشد. مدل برازش داده شده بر نیم تغییر نمای تجربی ضریب تبیین (R^2) $0/54$ و میزان مجموع مربعات خطا (RSS) $0/0022$ به دست داد.

جدول ۳- نوع و خصوصیات مدل برازش داده شده بر واریوگرام متغیرهای مورد بررسی

مدل	کلسیم	منیزیم	سدیم	پتاسیم	کلر	سولفات	بیکربنات
مدل	کروی	کروی	کروی	کروی	کروی	کروی	نمایی
واریانس قطعه‌ای (Nugget)	$0/043$	$0/06$	$0/034$	$0/0001$	$0/05$	$0/09$	$0/011$
آستانه (Sill)	$0/105$	$0/122$	$0/058$	$0/0277$	$0/132$	$0/133$	$0/143$
Nugget/Sill	$0/590$	$0/504$	$0/406$	۱	$0/617$	$0/324$	$0/919$
شعاع تأثیر متر (Range)	4370	5000	9920	3480	5100	21000	10290
ضریب همبستگی مکانی R^2	$0/92$	$0/54$	$0/95$	$0/69$	$0/79$	$0/48$	$0/88$
RSS	$0/0002$	$0/002$	$0/000027$	$0/00026$	$0/0023$	$0/0009$	$0/0011$

جدول ۴- نوع و خصوصیات مدل برازش داده شده بر واریوگرام متغیرهای مورد بررسی

مدل	کادمیوم	آرسنیک	نیترات	pH	EC	SAR
مدل	کروی	کروی	کروی	کروی	نمایی	نمایی
واریانس قطعه‌ای (Nugget)	$0/1863$	$0/0267$	$0/187$	$0/048$	$0/053$	$0/012$
آستانه (Sill)	$1/02$	$0/162$	$0/387$	$0/164$	$0/128$	$0/026$
Nugget/Sill	$0/154$	$0/165$	$0/517$	$0/704$	$0/589$	$0/543$
شعاع تأثیر متر (Range)	1015	13620	3510	5510	4960	4950
ضریب همبستگی مکانی R^2	$0/62$	$0/87$	$0/65$	$0/84$	$0/69$	$0/99$
RSS	$0/192$	$0/002$	$0/0057$	$0/0013$	$0/0017$	$0/000007$

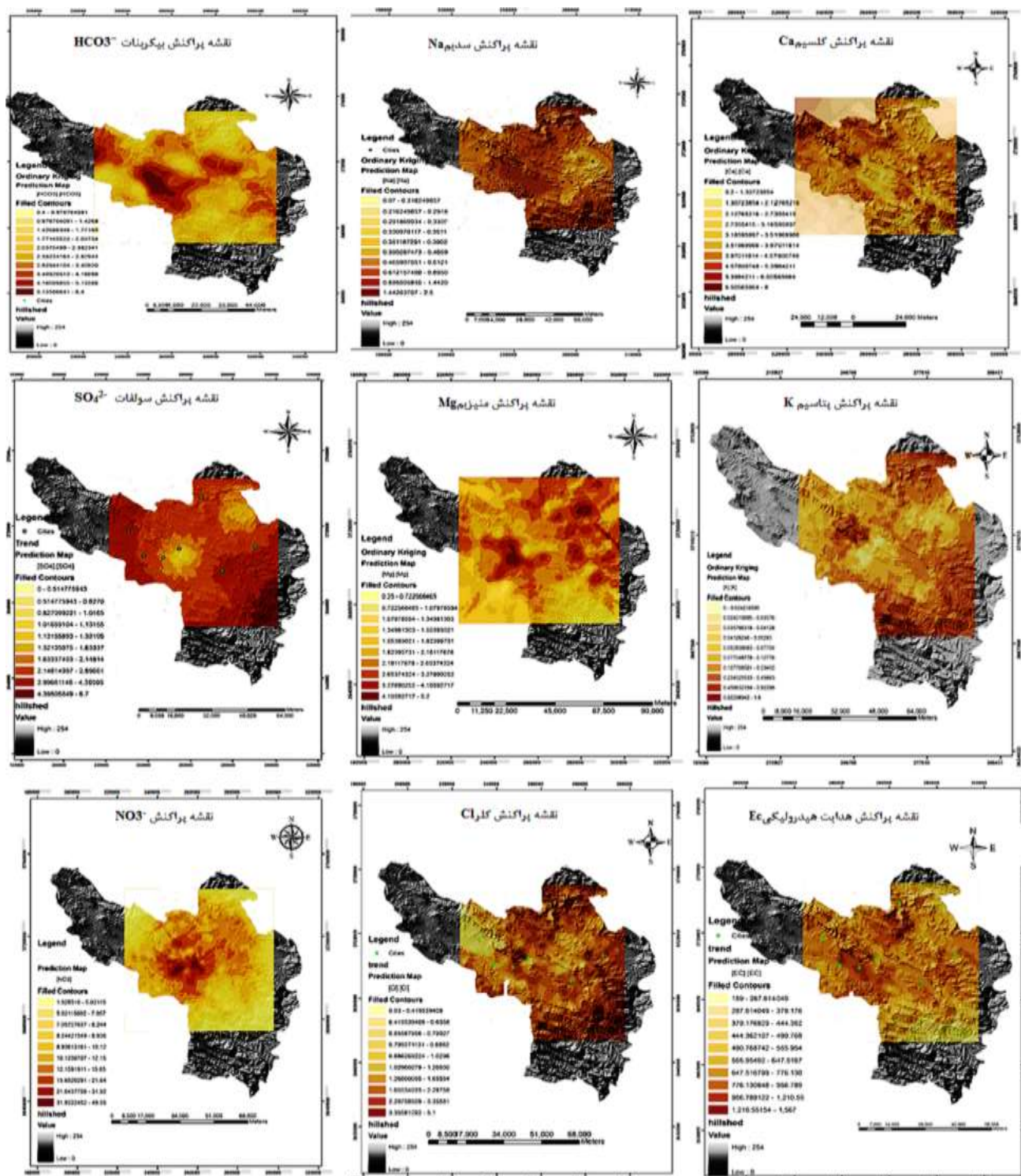
نسبت اثر قطعه‌ای به آستانه یا $(C_0/C+C_0)$ شاخصی از قدرت ساختار مکانی در متغیرها می‌باشد. چنانچه این نسبت کمتر از $0/25$ گردد، نشان دهنده همبستگی مکانی قوی می‌باشد. اگر این نسبت بین $0/25 - 0/75$ قرار بگیرد بیانگر وابستگی مکانی متوسط و چنانچه این نسبت بزرگ‌تر از $0/75$ گردد، نشان دهنده وابستگی مکانی ضعیف خواهد بود

نسبت اثر قطعه‌ای به آستانه یا $(C_0/C+C_0)$ شاخصی از قدرت ساختار مکانی در متغیرها می‌باشد. چنانچه این نسبت کمتر از $0/25$ گردد، نشان دهنده همبستگی مکانی قوی می‌باشد. اگر این نسبت بین $0/25 - 0/75$ قرار بگیرد بیانگر وابستگی مکانی متوسط و چنانچه این نسبت بزرگ‌تر از $0/75$ گردد، نشان دهنده وابستگی مکانی ضعیف خواهد بود

۳-۲- پراکنش پارامترهای کیفی

نقشه پراکنش پتانسیم آب‌های زیرزمینی در شکل (۳) آورده شده است. شکل (۳) نشان می‌دهد که کمترین میزان پتانسیم در دشتها و مراکز کشاورزی متمرکز شده و به طرف نقاط مرتفع میزان پتانسیم محلول افزایش می‌یابد. میانگین خطای مطلق (MAE) به دست آمده از اعتبارسنجی ۰/۰۰۱۷ می‌باشد. نواحی مرکزی شهرستان دارای اراضی کم ارتفاع‌تر بوده که به قسمت‌های کم ارتفاع غربی شهرستان منتهی می‌گردد. این نواحی مراکز اصلی کشاورزی شهرستان بوده و خروجی حوضه نیز محسوب می‌گردد. نتایج نشان می‌دهد که، این نواحی دارای حداقل میزان کلسیم بوده و غلظت‌های بالای کلسیم در ارتفاعات شهرستان قابل مشاهده می‌باشد. میانگین خطای مطلق (MAE) به دست آمده از اعتبارسنجی ۰/۰۳۷ می‌باشد. با مقایسه نقشه پهنه‌بندی سولفات و پتانسیم می‌توان چنین استنباط کرد که روند پراکنش سولفات و پتانسیم کاملاً بر هم منطبق بوده و در مناطق پست مرکزی که مراکز اصلی کشاورزی شهرستان می‌باشند، غلظت این عناصر در حداقل مقدار خود می‌باشد و با افزایش ارتفاع سطوح این عناصر در آب‌های زیرزمینی افزایش نشان می‌دهد. دلیل این امر می‌تواند وجود حجم عظیمی از منابع آب‌های زیرزمینی در نواحی پست و تغذیه این منابع توسط رودخانه‌ها باشد. میانگین خطای مطلق (MAE) به دست آمده از اعتبارسنجی ۰/۰۲ می‌باشد. سدیم همانند کلسیم و منیزیم محلول مدل کروی برازش بهتری نسبت به مدل‌های دیگر نشان داده است. این موضوع هم جهت با یافته‌های می‌باشد که نشان دادند مدل کروی می‌تواند همبستگی مکانی خصوصیات کیفی آب‌های زیرزمینی را به خوبی شبیه‌سازی کند. میزان اثر قطعه‌ای مدل ۰/۰۳۴، میزان آستانه ۰/۰۵۸ و میزان دامنه به دست آمده ۹۹۲۰ متر محاسبه شد.

میزان ضریب تبیین مدل برازش داده شده ۰/۹۴۸ و میزان مجموع مربعات خطا (RSS) ۰/۰۰۰۲۷ به دست آمد. برخلاف دیگر پارامترهای اندازه گیری شده بهترین مدل برای توضیح تغییرات مکانی بیکربنات محلول آب‌های زیرزمینی مدل نمایی معرفی شد. مقادیر اثر قطعه‌ای ۰/۰۱۲، آستانه ۰/۱۴۳ و شعاع تأثیر مدل ۳۴۳۰ متر در نظر گرفته شد. نسبت اثر قطعه‌ای به آستانه در این مدل ۰/۰۸ می‌باشد که نشان‌دهنده ساختار مکانی قوی این متغیر است. بر خلاف روند تغییرات پتانسیم و سولفات آب‌های زیرزمینی تجمع بیکربنات محلول بیشتر در نواحی کشاورزی و کم ارتفاع رخ داده است. میانگین خطای مطلق (MAE) به دست آمده از اعتبارسنجی ۰/۰۲۹ می‌باشد. پهنه‌بندی مقادیر نیترات آب‌های زیرزمینی شهرستان خرم‌آباد نیز در شکل (۳) نشان داده شده است. نواحی مرکزی شهرستان دارای اراضی کم ارتفاع‌تر بوده که به قسمت‌های کم ارتفاع مرکزی و غربی شهرستان منتهی می‌گردد. این نواحی مراکز اصلی کشاورزی شهرستان بوده و خروجی حوضه نیز محسوب می‌گردد (شکل ۴). همان گونه که (et al. 2008) Taghizadeh-Mehrjardi نقشه پراکنش غلظت نیترات نشان می‌دهد این نواحی دارای حداکثر میزان نیترات بوده و غلظت‌های کمتر نیترات در ارتفاعات شهرستان قابل مشاهده می‌باشد. همانگونه که ملاحظه می‌شود دو ناحیه عمده با قابلیت هدایت الکتریکی بالا دو ناحیه کشاورزی شهرستان می‌باشند. اثر این دو ناحیه رودخانه‌های عمده شهرستان جاری بوده و شیب عمومی به گونه ایست که جهت جریان از سایر نقاط به این دو ناحیه متمرکز است. میانگین خطای مطلق (MAE) به دست آمده از اعتبارسنجی ۶/۵۳ می‌باشد. محدوده شهر اندیمشک دارای بیشترین EC گزارش شده که دلیل این امر را گسترش سازند گچساران و آغاچاری، بالابودن سطح تراز آب و ریز دانه شدن رسوبات، افزایش برداشت آب زیرزمینی و ورود فاضلاب‌های شهری و صنعتی شهرستان اندیمشک عنوان کردند. روند تغییرات آنیون کلر تابع EC آب بوده و دامنه آن از ۰/۳۵ تا ۴۶ میلی اکی‌والان در لیتر نوسان داشت.



شکل ۳- نقشه پراکنش پارامترهای کیفی

مجله محیط‌زیست و مهندسی آب، دوره ۳، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۶

۳-۳- کادمیوم

غلظت کادمیوم به‌طور میانگین برابر با ۱۶ میکروگرم در لیتر اندازه‌گیری شده است (جدول ۲). حداقل میزان کادمیوم در نواحی جنوب شرق با ۱۱/۷۴ میکروگرم در لیتر در مقابل ۱۹/۵۲ میکروگرم در لیتر در نواحی شمال غرب مشاهده شد. همانگونه که از نمودار ستونی این متغیر قابل مشاهده است، داده‌های مربوط به کادمیوم با میانه ۱۶/۰۶ و چولگی و کشیدگی بترتیب ۰/۰۶- و ۰/۲۷ دارای یک توزیع نرمال هستند. نیم تغییرنمای تجربی کادمیوم محلول در محیط Arc GIS ترسیم شد. دامنه تأثیر مدل برازش داده شده ۱۰۱۵ متر و اثر قطعه‌ای و آستانه مدل بترتیب ۰/۸۶۳ و ۱/۰۲ محاسبه شد. نسبت اثر قطعه‌ای به آستانه یا $(C_0/C+C_0)$ در این واریوگرام به میزان ۰/۱۵۴ محاسبه شد، که بیانگر ساختار مکانی قوی متغیر مورد بررسی در منطقه می‌باشد. به‌طور کلی غلظت کادمیوم در آب‌های زیرزمینی منطقه مورد مطالعه با توجه به حد مجاز غلظت کادمیوم آب‌های شرب که ۵۰ میکروگرم در لیتر است (EPA 2006)، کم بوده و منطقه از نظر غلظت کادمیوم در حد مطلوبی است. نقشه پراکنش غلظت کادمیوم آب‌های زیرزمینی دشت خرم‌آباد نشان می‌دهد اکثر نقاط دارای دامنه غلظت بین ۱۳/۵۱ تا ۱۶/۰۳ بوده و تغییرات غلظت در نقاط مختلف بسیار کم می‌باشد. غلظت‌های بالاتر کادمیوم در نواحی مرتفع شمال غرب مشاهده می‌شود. میانگین خطای تخمین میان‌یابی انجام گرفته ۰/۰۰۴۶- محاسبه شد.

۴- نتیجه‌گیری

کیفیت آب زیرزمینی نتیجه تمامی فرآیندها و واکنش‌هایی است، که از هنگام تشکیل و تراکم آب در اتمسفر تا زمانی که به‌وسیله قنات یا چشمه از زیرزمین خارج می‌شود، بر آن تأثیر گذاشته است. در این تحقیق خصوصیات شیمیایی منابع آب‌های زیرزمینی در محدوده وسیعی از شهرستان خرم‌آباد نمونه‌برداری و برخی از خصوصیات کیفی این آب‌ها از جمله pH، قابلیت هدایت الکتریکی، کاتیون‌های محلول کلسیم، منیزیم، سدیم، و پتاسیم، آنیون‌های محلول کلر، سولفات، بیکربنات، فسفات و نیترات، نسبت جدبی سدیم و نیز فلزات سنگین کادمیوم و آرسنیک مورد بررسی و تجزیه تحلیل قرار گرفت. بطور کلی می‌توان نتایج تحقیق را به‌صورت زیر خلاصه نمود:

- ۱- غلظت اکثر پارامترهای مورد بررسی از ارتفاعات به سمت نواحی جنوب غرب شهرستان متناسب با خروجی حوزه‌های آبریز شهرستان روند افزایشی دارند.
- ۲- پارامترهای کیفی مورد بررسی در منطقه مورد مطالعه بیانگر کیفیت مناسب آب‌های منطقه می‌باشد.
- ۳- غلظت نیترات محلول در نواحی جنوب غرب شهر بیشتر از حد استاندارد اندازه‌گیری شد.
- ۴- غلظت کادمیوم در آب‌های زیرزمینی منطقه مورد مطالعه کم بوده و منطقه از نظر غلظت کادمیوم در حد مطلوبی است.

References

- AbbasiTeshnizi F. and NouriEmamzadehei M. R. (2017). Assessment of groundwater quality in Kaboudarahang Plain using factor and cluster analysis. J. Environ. Water Eng., 3(3), 272 – 279.
- Abdan Faraz Consulting Engineers Co. (2001). Volume I (Hydrology and Sediment Report), First Step Studies of Ioshan Reservoir,

Wastewater Management Office, Water Management Office of Lorestan Province, Khoram Abad.

Afzali A. and Shahedi K. (2014). Investigation on Trend of Groundwater Quantity-Quality Variation in Amol-Babol Plain. J. Watershed Manage. Res., 5(10), 144-156 [In Persian].

Ahmed S., Mazumder Q., Jahan C., Ahmed M. and Islam S. (2002). Hydrochemistry and classification of groundwater, Rajshahi city

- corporation area, Bangladesh. *J. Geol. Soc. India*, 60, 411–418.
- Anbazzhagan S. and Nair A. (2004). Geographic information system and groundwater quality mapping in Panvel basin, Maharashtra, India. *J. Environ. Geol.* 45, 753–761.
- Bronswijk H. and Prins H. (2001). Nitrogen inputs and nitrate concentrations in the deeper groundwater of the Netherlands. *H₂O*, 25/26, 27-29.
- Cambardella (Eds.). (1999). Water quality in Walnut Creek Watershed: nitrate–nitrogen in soils, subsurface drainage water, and shallow groundwater. *J. Environ. Qual.*, 28, 25–34.
- Entezari A., Akabri A. and Mivaneh F. (2013). Evaluation the quality of drinking water from underground. sources on the human tragedies of the last decade of Mashhad Plain. *J. Appl. Geosci. Res.*, 13(31), 172-158.
- Environmental Protection Agency of the United States. (2006). Drinking Water Standard and Health Advisorim, p:21.
- Faraji Sabokbar H. A. and Aziz Q. (2006). Evaluating the accuracy of spatial interpolation methods. Case study: Modeling of rainfall in Kardeh Mashhad Basin. *Geogr. Res.*, 58, 1-15.
- Ford M. and Tellam J. H. (1994). Source, type and extent of inorganic contamination within the Birmingham urban aquifer system, UK. *J. Hydrol.*, 156, 101–135.
- Hallberg G. R. and Keeney D. R. (1993). Nitrate. PP. 297-322. In: Alley, W.M. (Ed.), *Regional Ground-Water Quality*, Van Nostrand Reinhold, New York.
- Hillel D. (1980). *Fundamentals of Soil Physics*. Academic Press, New York, 413 pp.
- Jabari Qarebagh S., Khani Temeliyeh Z., Rezaie H. and Bateni M. (2013). Evaluation the Groundwater Quality Urmia Plain. 12th National Conference on Irrigation and Reduction of Evaporation. 27th and 28th of August.
- Kannel P. R., Lee S. and Lee Y. S. (2008). Assessment of spatial–temporal patterns of surface and ground water qualities and factors influencing management strategy of groundwater system in an urban river corridor of Nepal. *J. Environ. Manage.*, 86, 595–604.
- Khirollahi M., Javid A. and Sekhavatjoo M. (2011). -Water Quality Assessment of Lake Karkheh Dam Using Water Quality Indices (W.Q.I) and GIS System. Fourth National Conference on Environmental Health. Yazd University of Medical Sciences. 1st - 3rd of October.
- Nazari zadeh F., Ershadiyan B., Zandvakili K. and Noori Emamzadehie M. R. (2006). Investigation of spatial variations of groundwater quality in Balarood plain in Khuzestan province. The first regional conference on the exploitation of water resources of Karoon and Zayandehrud Basins. 5th - 6th of September, Shahrekord University, Shahrekord [In Persian].
- Pour Mohammadi S. (Eds.). (2017). Investigation of the effects of meteorological and hydrogeological droughts on the groundwater balance of Touyserkan Plain. *J. Watershed Eng. Manage.*, 9(1), 46-57.
- Pourakbar M., Mosafieri M., Shakeri Khatib M. and Moradi A. (2015). Investigating the quality of groundwater drinking water from the hydro-geochemical point of view (case study: Sarab city). *J. Water Wastewater*, 3, 125-116.
- Saleh A., Ruwaih A. F. and Shehata M. (1999). Hydrogeochemical processes operating within the main aquifers of Kuwait. *J. Arid Environ.* 42, 195–209
- Taghizadeh Mehrjardi R., Zareian Jahromi M., Mahmodi S. H. and Heidari A. (2008). Spatial Distribution of Groundwater Quality with Geostatistics (Case Study: Yazd-Ardakan Plain). *World Appl. Sci. J.*, 4(1):09-17.

Evaluation of Groundwater Quality of Khorramabad Plain

Siros Tahmasian¹, Zabihollah Khani Temelilyeh^{2*} and Javad Behmanesh³

¹Ms.c., Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Urmia, Iran

²PhD Scholar., Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran

³Associate Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Urmia University, Iran

*Corresponding Author: z.khani1060@yahoo.com

Original Paper

Received: September 21, 2017

Accepted: December 8, 2017

Abstract

Groundwater along with the path of its movement, is affected by various factors, such as the surrounding environment. Hence, the substance is introduced in the form of salts, parasite, microbes or various impurities, which causes changes to the quality and pollution of water. Therefore, the research in this regard is necessary for determining the factors affecting water quality in terms of determining the qualitative characteristics of water for different uses. In this research, a wide range of groundwater sources in Khorramabad city have been sampled and the qualitative properties of the water samples measured were ionic strength of hydrogen (pH), EC, soluble calcium, magnesium, sodium, potassium, and soluble anions of chlorine, sulfate, bicarbonate, phosphate, nitrate, and the sodium adsorption ratio, and heavy metals of cadmium and arsenic. Later, the distribution map of each parameter was mapped. The results showed that the concentration of most investigated parameters from the heights towards the southwest of Khorramabad regions were increased with the watershed output of the city. The investigated parameters were in the appropriate quality range, and among the parameters, the nitrate average concentration was 13.69 mg/l (the minimum and maximum were 1.52 and 49.55 mg/l respectively) in the Southern Khorramabad regions. In general, 50% of total groundwater quality data had the nitrate concentration over 11.2 mg/l and 10% had the concentration over 24/0 mg/L, while the standard rate is 45 mg/l.

Keywords: Groundwater; Anion; Cation; Khorramabad Plain