

ارزیابی تغییرات مکانی کیفیت آب زیرزمینی دشت مشهد با استفاده از شاخص GQI

وحید نیک پیمان^۱، حسین محمدزاده^۲

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد هیدروژئولوژی، گروه زمین شناسی، دانشگاه فردوسی مشهد

vnikpeyman@hotmail.com

۲- دانشیار، مرکز تحقیقات آبهای زیر زمینی (متاب)، گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، کد و صندوق

پستی: ۹۱۷۷۵-۱۴۳۶

mohammadzadeh@um.ac.ir

چکیده

امروزه با گسترش فعالیت‌های انسانی، ارزیابی کیفی و کمی منابع آبی به ویژه در مناطق خشک جایگاه ویژه‌ای در مطالعات منابع آب پیدا نموده است. یکی از شاخص‌های ارزیابی کیفیت آب، اندازه‌گیری مقدار غلظت یون‌های اصلی موجود در آب می‌باشد. به منظور بررسی تغییرات مکانی، شاخص کیفیت آب زیرزمینی (GQI) که تلفیقی از پارامترهای مؤثر بر کیفیت آب می‌باشد، مورد استفاده قرار می‌گیرد. در مطالعه حاضر به منظور بررسی نحوه توزیع یون‌های اصلی و پهنه بندی کیفی دشت مشهد، شاخص GQI با استفاده از نرم افزار ArcGIS برآورد شده است. نتایج مقادیر بین ۶۰ تا ۸۹ درصد را برای این شاخص نشان می‌دهد و بیانگر این مسئله است که در مجموع آب زیرزمینی دشت از نظر شش یون اصلی مورد بررسی، کیفیتی نامناسب در بخش‌های انتهایی و کیفیتی متوسط و مناسب در ابتدا و میانه دشت دارا می‌باشند و روند تغییرات از سمت شمال غرب به سمت جنوب شرق دشت می‌باشد. همچنین میزان تغییرات کیفیت در ابتدا و انتهای دشت نسبت به قسمت‌های میانی بیشتر می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: آب زیرزمینی، شاخص کیفیت آب زیرزمینی، دشت مشهد، GIS

Application of Groundwater Quality Index (GQI) to assess the spatial variation in Mashhad Basin, Iran

Vahid Nikpeyman¹, Hossein Mohammadzadeh²

Abstract

Nowadays, with the expansion of human activities, assessing the quality and quantity of water resources, especially in arid regions, has found a special place. One of the methods to assess the quality of water is measuring the concentration of major ions in it. In this study qualitative assessment of groundwater was done and groundwater quality index (GQI), using ArcGIS, for Mashhad basin has been developed. The Results changes between 60 to 89 percent for this Index that reveals the in most part of the study area the water quality varied from poor to good and trend of variation is NW-SE. Also, groundwater quality is more variable in the upper and lower parts of the basin compared to the middle part.

Keywords: Water, Groundwater Quality Index, Mashhad Basin, GIS

۱- مقدمه

امروزه با توجه به رشد جمعیت، گسترش شهرنشینی و توسعه بخش‌های اقتصادی، تقاضای فزاینده‌ای برای تامین آب در بخش‌های شرب، کشاورزی و صنعت می‌باشد. با توجه به محدودیت‌های منابع آب شیرین، ارزیابی منابع آبی از لحاظ کیفی و کمی به‌ویژه در مناطق خشک جایگاه ویژه‌ای در مطالعات منابع آب زیرزمینی پیدا کرده است، به گونه‌ای که تامین آب مصرفی مورد نیاز با کیفیت مناسب و عاری از هر گونه آلودگی به یکی از چالش‌های بشر تبدیل شده است.

کیفیت منابع آب زیرزمینی بر اساس مقدار و نوع مواد تشکیل دهنده ی شیمیایی، بیولوژیکی، میزان رسوب و درجه حرارت مشخص می‌گردد که حد مجاز غلظت یون‌ها در آب آشامیدنی توسط سازمان بهداشت جهانی (WHO) مشخص گردیده است.

ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی به کمک شاخص کیفی GQI که بر پایه GIS استوار است توسط بابیکر و همکاران (۲۰۰۷)، ارائه شده است. در همین راستا مطالعات بسیاری در مناطق مختلف با استفاده از این شاخص کارآمد انجام پذیرفته است. جودوی (۱۳۸۸)، کیفیت آب زیرزمینی را از نظر شرب در آبخوان دشت فیض آباد در جنوب غرب مشهد از طریق برآورد شاخص GQI بررسی نموده است. عزیزی و محمدزاده (۱۳۹۱)، با استفاده از این شاخص به بررسی کیفیت آب دشت امامزاده جعفر گچساران پرداخته‌اند. هدف از این تحقیق بکار بردن روش GQI در ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی آبخوان دشت مشهد واقع در شرق ایران و مقایسه آن با روش‌های دیگر مانند نمودار شولر می‌باشد.

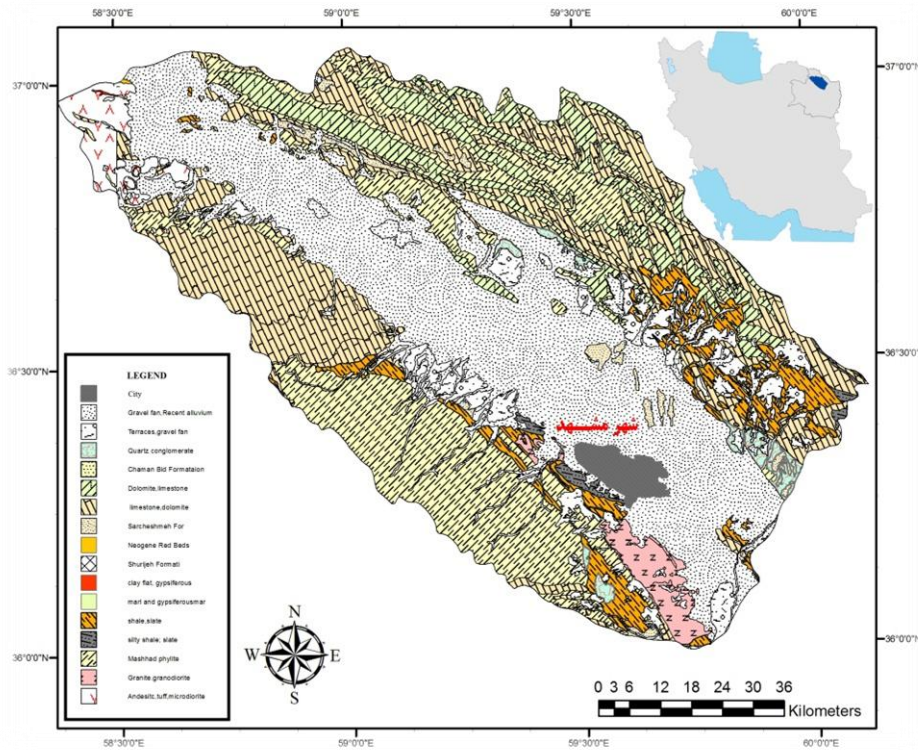
۲- موقعیت منطقه مورد مطالعه

دشت مشهد، با مساحت ۹۹۰۹/۴ کیلومتر مربع، یکی از مهمترین دشت‌های استان خراسان رضوی می‌باشد. آبخوان دشت مشهد در موقعیت طول جغرافیایی ۵۸ درجه و ۲۹ دقیقه تا ۵۹ درجه و ۵۶ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۵۸ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۳ دقیقه شمالی واقع شده است که با کشیدگی شمال غرب- جنوب شرق توسط دو زون زمین‌شناسی بینالود (غرب و جنوب غرب) و کپه داغ (شمال و شمال شرق) احاطه شده است (شکل ۱).

منابع تأمین آب زیرزمینی دشت شامل چشمه، قنات، چاه عمیق و نیمه عمیق می‌باشد. از مهمترین رودخانه‌های این دشت می‌توان به رودخانه کشف‌رود اشاره نمود که شاخه‌های مهم آن رادکان، طرqbه، جاغرق، دهبار، زشک، گلستان و دولت‌آباد می‌باشند (اکبری و همکاران، ۱۳۸۸).

۳- مواد و روش‌ها

به منظور بررسی وضعیت کیفی آبخوان دشت مشهد از اطلاعات نمونه‌های آب ۶۰ چاه واقع در سطح دشت مربوط به سال ۱۳۹۱ استفاده شده است. همانطور که قبلاً گفته شد از روش‌های معمول ارزیابی آب از نظر شرب، نمودار شولر می‌باشد که ارزیابی کیفی آب را در نقاط منفردی از آبخوان مورد نظر ارائه می‌دهد. بنابراین ابتدا نمودار شولر نمونه آب سه چاه مربوط به ابتدا، میانه و انتهای دشت ترسیم گردید. این سه چاه در واقع به نمایندگی از کل دشت انتخاب شده‌اند. در مرحله بعدی به منظور بررسی مکانی و پهنه بندی سطح دشت از لحاظ کیفیت آب شرب، شاخص GQI برای دشت مشهد برآورد گردید. به این منظور شش پارامتر شیمیایی (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , TDS) در نظر گرفته شد، زیرا این عناصر به طور متوسط فراوانی زیادی در هر منطقه دارند، علاوه بر این از نظر تاثیرگذاری بر سلامت انسان نیز حائز اهمیت می‌باشند. سپس توسط رابطه GQI، مقادیر این پارامترها به صورت عددی به استانداردهای WHO ارتباط داده شدند.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی و نقشه زمین شناسی دشت مشهد

جهت محاسبه شاخص GQI، در ابتدا در محیط ArcGIS9.3 با درونیابی کریجینگ داده های نقطه ای، برای هر یک از شش پارامتر شیمیایی، نقشه رستری غلظت تهیه گردید. در گام بعدی برای این که داده های مختلف دارای مقیاس و معیاری مشترک شوند، با استفاده از رابطه ۱ غلظت های هر پیکسل از نقشه های رستری که در مرحله قبل ایجاد شده بودند (K)، با مقدار استاندارد WHO آن پارامتر (KWHO) ارتباط برقرار می کند (Babiker et al., 2007).

$$C = \frac{K - K_{WHO}}{K + K_{WHO}} \quad \text{رابطه ۱}$$

نتیجه این یکسان سازی مقیاس ها تولید شش نقشه جدید می باشد که ارزش پیکسل های آن ها بین ۱- و ۱ تغییر می کند. حال غلظت ها در این نقشه ها بین ۱ و ۱۰ درجه بندی می شوند تا نقشه رتبه بندی شده هر پارامتر بدست آید. در این نقشه ها رتبه ۱ نشانگر کیفیت خوب آب زیرزمینی و رتبه ۱۰ بیانگر تخریب کیفیت آب زیرزمینی می باشد. در واقع در این تبدیل واحد بایستی مقدار ۱- در نقشه تولید شده در مرحله قبل به ۱ و عدد صفر به ۵ و مقدار ۱ به ۱۰ در نقشه رتبه بندی شده تغییر کند. بدین منظور از رابطه ۲ که یک تابع چند جمله ای می باشد، برای تبدیل واحد هر پیکسل نقشه قبلی (C) به مقدار جدید (r) استفاده می شود.

$$r = 0.5 \times C^2 + 4.5 \times C + 5 \quad \text{رابطه ۲}$$

به منظور ایجاد یک نقشه که نماینده تمام شش پارامتر شیمیایی باشد و وضعیت کلی کیفیت آب زیرزمینی دشت را در مقایسه با استاندارد WHO نشان دهد، با استفاده از شاخص کیفیت آب زیرزمینی (GQI)، لایه های مربوط به پارامترها تلفیق داده می شود.

$$GQI = 100 - \left[\frac{(r_1W_1 + r_2W_2 + \dots + r_6W_6)}{6} \right] \quad \text{رابطه ۳}$$

در این رابطه، I رتبه هر پیکسل از نقشه های رتبه بندی شده و W وزن نسبی هر یک از پارامترها می باشد که برابر با مقدار میانگین کل پیکسل های نقشه رتبه بندی شده مربوطه می باشد. برای محاسبه GQI ، در واقع از پارامترهای مختلف میانگین وزنی گرفته می شود و آن پارامترهایی که مقدار بیشتری (تفاوت بیشتر با مقدار استاندارد) دارند، نتیجتاً دارای وزن نسبی بیشتر بوده و تأثیرگذاری بیشتری خواهند داشت. با توجه به اینکه مقدار سمی بودن عناصر مختلف برای انسان متفاوت است، در شرایطی استفاده از میانگین برای همه پارامترها صحیح می باشد، که مقدار سمی و خطرناک بودن آن ها برای انسان تقریباً به یک اندازه باشد و اگر یک یا چند عنصر سمی تر از دیگر عناصر باشد، فرمول بایستی کالیبره شده و ضرایب تغییر کنند.

در پایان با توجه به نتایج حاصل از نمودار شولر و شرایط هیدروژئولوژیکی دشت مشهد، نتایج حاصل از برآورد شاخص GQI استنتاج گردید. خروجی محاسبات GQI به صورت درصد نمایش داده می شود به گونه ای که مقادیر کمتر از ۶۰ درصد نشان دهنده ی کیفیت بد آب، بین ۶۰- ۸۰ درصد بیانگر کیفیت متوسط و بالاتر از ۸۰ درصد معرف کیفیت مناسب آب زیرزمینی از دیدگاه مصارف شرب می باشد (جوادی، ۱۳۸۸).

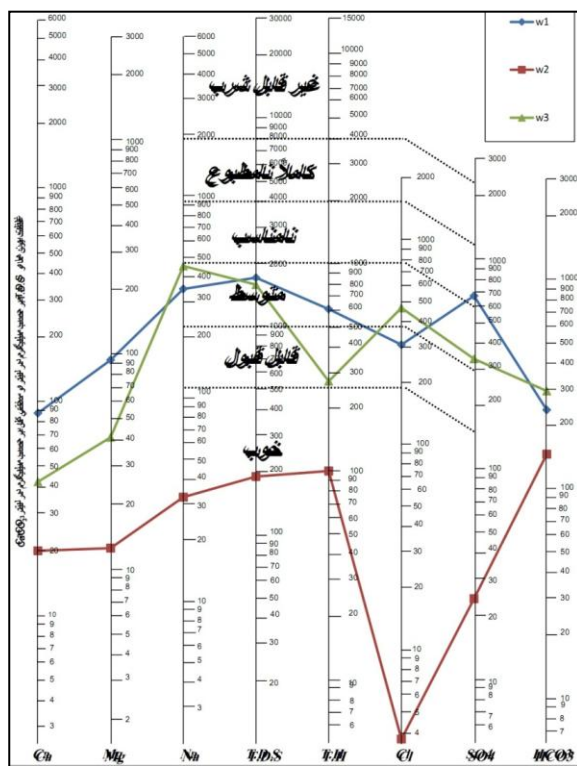
۴- بحث و بررسی

نمودار شولر و پهنه بندی مکانی هر یک از یون ها به صورت منفرد، از جمله روش های متداول بررسی کیفیت آب زیرزمینی برای مصارف شرب می باشند. نمودار شولر، یک نمودار نیمه لگاریتمی است که غلظت یون های اصلی را برحسب میلی اکی والان گرم در لیتر، نشان می دهد. این نمودار آب ها را از نظر شرب بر اساس پنج پارامتر شیمیایی سدیم، کلر، سولفات، باقیمانده خشک (TDS) و سختی، طبقه بندی می کند. در این تقسیم بندی، آب های مورد بررسی به شش گروه شامل خوب، قابل قبول، متوسط، نامناسب، کاملاً نامطبوع و غیرقابل شرب تقسیم می شود. از معایب این روش می توان به منفرد در نظر گرفتن هر یک از پارامترهای شیمیایی اشاره کرد که این موضوع احتمال اینکه در یک نمونه، پارامترهای مختلف در محدوده های کیفی متفاوتی قرار گیرند را موجب می شود و در نتیجه کاربر را در تعبیر و تفسیر با مشکل روبرو می سازد. همچنین می توان ابراز داشت که چون این نمودار امکان بررسی کیفی را فقط در یک نقطه آبخوان فراهم می کند، از آن نمی توان برای مقایسه عناصر اصلی آب با استانداردهای مختلف استفاده کرد. شکل ۲ بیانگر این موضوع می باشد. همانطور که در نمودارهای رسم شده مشاهده می شود نمونه آب دو چاه موجود در ابتدا و انتهای دشت در رده متوسط قرار دارند در حالی که کیفیت آب چاه میانی از نظر شرب مناسب می باشد.

روش GQI چندین پارامتر مؤثر در کیفیت آب زیرزمینی را در یک شاخص خلاصه کرده و امکان مطالعه تغییرات مکانی پارامترها را در طول دشت به طور همزمان فراهم می نماید. برای برآورد شاخص GQI در دشت مشهد مطابق با مطالب گفته شده، ابتدا متوسط داده های شش پارامتر شیمیایی (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , TDS) محاسبه گردید که جدول ۱ خلاصه ای از شاخص های آماری پارامترهای فوق را نشان می دهد.

جدول ۱- شاخص های آماری شش پارامتر در دشت مشهد و حد ماکزیمم و مینیمم آنها بر اساس استاندارد WHO (بر حسب میلی گرم بر لیتر)

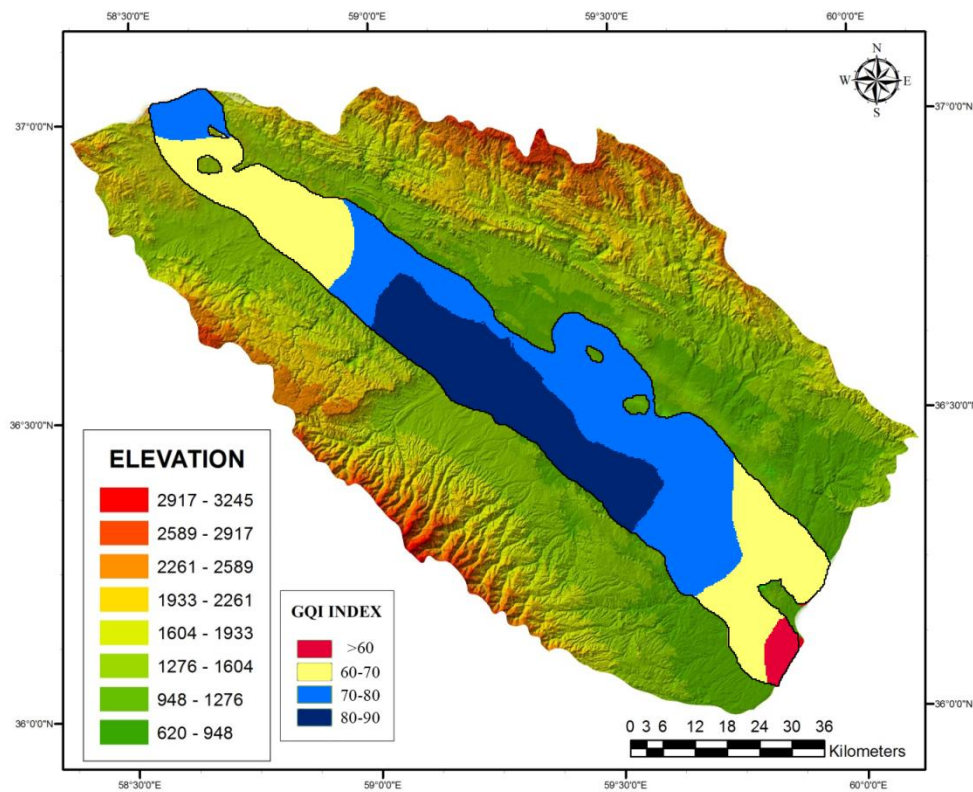
Parameter	Min	Max	Mean	WHO Standard Value
TDS	190.2	3780	1130.2	1000
So4	19.2	1348.8	370.8	250
Na	6.9	1035	230	200
Cl	17.7	1366.7	240.2	250
Mg	3.6	168	51	300
Ca	20	186	82.1	300



شکل ۲- نمودار شولر سه چاه انتخابی از دشت مشهد (به ترتیب W1, W2, W3: ابتدای، میانه و انتهای دشت)

با اعمال رابطه ۱، پارامترها به استانداردهای WHO ارتباط داده می شوند. نتایج حاصل از این فرآیند منجر به تولید شش نقشه رتبه بندی با ارزش عددی بین ۱- تا ۱ گردید. سپس برای تعیین کیفیت آب (به ترتیب آب با کیفیت خوب دارای رتبه ۱ و آب با کیفیت نامناسب رتبه ۱۰) رابطه ۲ بر آنها اعمال شده است. در نهایت با استفاده از روابط ذکر شده، شش نقشه تولید شده با هم ترکیب و نهایتاً نقشه نهایی تغییرات شاخص GQI تهیه گردید است (شکل ۳). از نقشه نهایی GQI می توان در جهت بررسی چگونگی تغییرات مکانی کیفیت آب زیرزمینی استفاده

نمود. برای این کار می توان اطلاعات این نقشه را به اطلاعات حاصله از مطالعات زمین شناسی، کاربری اراضی، عمق سطح آب و پارامترهای دیگر ارتباط داد تا عوامل کنترل کننده تغییرات کیفی آب زیرزمینی مشخص گردد.



شکل ۳ - نقشه شاخص کیفیت آب زیرزمینی GQI دشت مشهد

۵- نتیجه گیری

نمودار شولر که بیانگر ارزیابی نقطه‌ای کیفیت آب آبخوان در سطح دشت می باشد برای سه چاه انتخابی از ابتدا، وسط و انتهای دشت، آب زیرزمینی را در رده های متوسط تا قابل قبول نشان می دهد. براساس نقشه‌های تهیه شده مشخص می گردد که در دشت مشهد از سمت شمال غرب به طرف جنوب شرقی به طور کلی شاخص GQI روند کاهشی دارد به طوری که در قسمت جنوب شرقی (خروجی دشت) با توجه به تمرکز صنایع و بافت شهری آب برداشتی از چاه‌ها از نظر شش پارامتر مورد بررسی قرار گرفته از کیفیت نامناسبی برخوردار می باشد که البته تعیین کیفیت دقیق تر آب این منطقه، نیازمند آزمایشات و اندازه گیری های متمرکز بیشتری می باشد. براساس شاخص GQI می توان گفت که تغییرات کیفیت آب در قسمت ابتدایی و انتهایی دشت در مقایسه با قسمت های میانی بیشتر می باشد به طوری که قسمت وسیعی از میانه دشت مشهد از کیفیت یکسانی برخوردار است.

۶- منابع

اکبری، م.، جرگه، م.ر.، مدنی سادات، ح.، (۱۳۸۸). بررسی افت سطح آب زیرزمینی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، مطالعه موردی آبخوان دشت مشهد"، مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، جلد شانزدهم، شماره ۴ صفحات ۷۸-۶۳.

جودوی، ع. (۱۳۸۸). معرفی شاخص GQI به منظور ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی جهت اهداف آب شرب، مجموعه مقالات بیست و هفتمین گردهمایی علوم زمین و سیزدهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران. رضازاده ورقچی، ف.، خاشعی سیوکی، ع. و شجاعی سیوکی، ح. (۱۳۸۹)، بررسی آلودگی آب های زیرزمینی دشت مشهد به منظور ارزیابی شاخص های آب شرب با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی، نخستین کنفرانس ملی پژوهش های کاربردی منابع آب ایران، کرمانشاه

عزیزی، ف.، محمدزاده، ح.، ارزیابی تغییرات مکانی کیفیت آب زیرزمینی آبخوان دشت امامزاده جعفر گچساران با استفاده از شاخص کیفی GWQI، همایش ملی جریان و آلودگی آب.

Babiker, I. S., Mohamed, M. A. A., Hiyama, T. (2007) Assessing groundwater quality using GIS, *Water Resources Management*, 21,699-715.

Chatterjee, R., Tarafder, G., Paul, S., (2010) Groundwater quality assessment of Dhanbad district, Jharkhand, India, *Bull Eng Geol Environ*, 69:137-141 DOI 10.1007/s10064-009-0234-

WHO, World Health Organization (2004) Guidelines for drinking-water quality, vol 1, 3rd edn, recommendations. WHO, Geneva, Switzerland.

Saedi, M., Abessi, O., Sharifi, F., Meraji, H.,(2010) Development of groundwater quality index, *Environ Monit Assess*, 163:327-335 DOI 10.1007/s10661-009-0837-5