ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی دشت ارومیه جهت اهداف آب شرب با استفاده از روش *GQI* در محیط نرم‌افزار *ArcGIS*

اسفندیار عباس نوین‌پور*[۱] و سعید عارف[۲]

۱ - گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم‌پایه، دانشگاه ارومیه، ارومیه
۲ - کارشناس سازمان آب منطقه‌ای استان آذربایجان غربی

نویسنده مسئول: *e.abbasnovinpour@urmia.ac.ir* *

دریافت: ۹۷/۷/۳۰ پذیرش: ۹۸/۶/۹

چکیده

امروزه رشد روز افزون جمعیت از یک طرف و محدودیت منابع آب شیرین از طرف دیگر باعث شده‌اند تا ارزیابی منابع آب از لحاظ کیفی و کمی بویژه در مناطق خشک جایگاه ویژه‌ای در مطالعات آب‌های زیرزمینی پیدا کند. بطوریکه تأمین آب مصرفی مورد نیاز جهت مصارف شرب با کیفیت مناسب و عاری از هر گونه آلودگی به یکی از چالش‌های بشر تبدیل گشته است. یکی از شاخص‌های ارزیابی کیفیت آب، مقدار غلظت یون‌های اصلی در آب می‌باشد. از جمله روش‌های متداول ارزیابی کیفی آب از نظر شرب، می‌توان از دیاگرام شولر نام برد که امکان بررسی آب را در یک نقطه خاص از منطقه مورد نظر ارائه می‌دهد. بنابراین پنج نمونه انتخابی که نماینده کل آبخوان می‌باشند، در رده کیفیت خوب قرار گرفتند. ولی به منظور بررسی تغییرات مکانی کیفیت آب از نظر شرب در کل محدوده آبخوان، از شاخص کیفیت آب زیرزمینی (*GQI*) که در سال ۲۰۰۷ توسط بابیکر و همکارانش ارائه شده است، نیز استفاده گردید. نتایج نشان داد که مقدار ۷۴ تا ۹۵ درصد آب‌های زیرزمینی دشت مورد مطالعه، از نظر استانداردهای آشامیدنی دارای کیفیتی مناسب می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: *GQI*، بهداشت، آب آشامیدنی

پیشگفتار

منابع آب زیرزمینی به دلیل عبور از لایه‌های مختلف پوسته‌ی زمین از کیفیت متفاوتی برخوردارند. از سوی دیگر، افزایش تخلیه فاضلاب‌های شهری و صنعتی مواد زائد و جامد و کاربرد سموم و کودهای شیمیایی نیز به این روند شتاب بیش‌تری بخشیده است. با توجه به روند رشد جمعیت جهان، تأمین آب آشامیدنی سالم در شهرها و روستاها ازجمله نگرانی‌های دولتمردان و ساکنان است. ازاین‌رو قرن ۲۱ را قرن استرس آبی یا استرس هیدرولوژیک نام نهاده‌اند (رجایی و همکاران، ۱۳۹۰). در این میان اهمیت منابع آب زیرزمینی به‌عنوان یک گزینه مناسب برای تأمین آب شرب با در نظر گرفتن هزینه‌های بالا در استفاده از آب‌های سطحی و هم‌چنین افزایش آلودگی آب‌های سطحی دوچندان شده است (سلمانی و همکاران، ۱۳۹۴). برای استفاده از آب‌های زیرزمینی به‌عنوان آب شرب لازم است مشخصات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی در محدودهٔ مناسبی باشد (علیزاده، ۱۳۸۶). آبی که به منزلهٔ آب آشامیدنی استفاده می‌شود، باید مطابق استانداردها باشد که از طرف سازمان‌های معتبر ملی یا جهانی ارائه می‌شود. یکی از این شاخص‌ها، مقدار غلظت یون‌های اصلی در آب می‌باشد. حد مجاز غلظت این یون‌ها در آب آشامیدنی توسط سازمان بهداشت جهانی *(WHO)* مشخص گردیده است. هدف اصلی بررسی‌های کیفی آب آشامیدنی، حفظ بهداشت عمومی و سلامت مصرف‌کنندگان است (دشتی و همکاران، ۱۳۹۳). در این میان مدیریت صحیح منابع آب و آگاهی از وضعیت و کیفیت منابع آب یکی از اهداف سازمان‌ها و متولیان این امر است، که در این راستا از علوم مختلف دیگر نظیر سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی *(GIS)* استفاده می‌شود. شاخص کیفیت آب زیرزمینی *GQI* از جمله شاخص‌هایی است که بر پایه نرم‌افزار *GIS* استوار است. این شاخص توسط بابیکر و همکارانش (۲۰۰۷) به منظور استنباط بهتر از غلظت یون‌های اصلی از کل سطح منطقه را ارائه شد. استفاده از *GIS* در صنعت آب از اواخر دهه ۱۹۸۰شروع شد و از اوایل دهه۱۹۹۰،

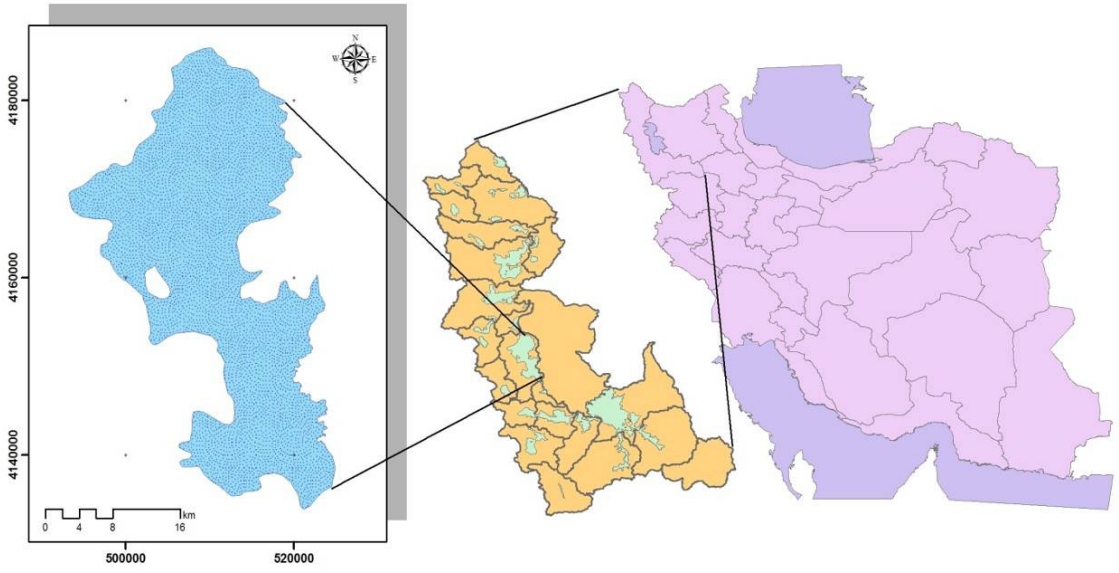
در صنعت آب از *GIS* در تولید نقشه‌ها، مدل‌سازی، مدیریت امکانات و برنامه‌های نگهداری و بهره‌برداری استفاده می‌شود. طبق گزارش‌های انجمن امور آب آمریکا حدود ۹۰درصد از فعالیت‌های مربوط به آب تا اواخر سال ۲۰۰۰ در آمریکا از فناوری *GIS* استفاده کرده است (باقوند و همکاران، ۲۰۱۰). طی دو دهه اخیر، مطالعات زیادی در خصوص کیفیت منابع آب زیرزمینی و تحلیل و تفسیر آن صورت گرفته است. به‌عنوان‌مثال در کشور پرتغال در مطالعه دو منطقه، به‌منظور گویاتر کردن نتایج، از نقشه‌های کیفی استفاده شد و مشخص شد که کیفیت آب در آبخوان‌های با عمق کم، پایین بوده و فعالیت‌های کشاورزی بر روی کیفیت منابع آب تأثیر دارد (اوبیدات و همکاران، ۲۰۰۸). در مطالعه دیگری توسط بالاکیشنان و همکاران در سال۲۰۱۱، در کشور هند با استفاده از نرم‌افزار *GIS*، نقشه‌های کیفی آب‌های زیرزمینی تهیه و تفسیر شد (شمسی، ۲۰۰۵). جمشیدزاده و میرباقری در سال ۲۰۱۱، بر روی یک آبخوان در بخش مرکزی ایران کمیت و کیفیت آب‌های این منطقه را بررسی کرده و پارامترهای کیفی آب‌های منطقه را توسط نرم‌افزار *GIS* پهنه‌بندی نموده و تفسیر کردندکه طبق نتایج آن‌ها اکثر نمونه‌های آب، آشامیدنی نیست (ستیگر و همکاران، ۲۰۰۶). در پژوهش دیگری ناس *(Nas)* اقدام به تهیه نقشه کیفی آب‌های زیرزمینی شهر قونیه در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی نمود و نشان داد که آب‌های زیرزمینی بخش جنوب‌غربی شهر قونیه دارای بالاترین کیفیت هستند (بالک‌ریشنان و همکاران، ۲۰۱۱).

با توجه به کاهش سطح آب دریاچه ارومیه در دهه اخیر، توجه به دشت‌های مجاور از جمله دشت ارومیه از حساسیت بیش‌تری برخوردار است و توجه بیش‌تر پژوهشگران و اساتید را به بررسی کیفیت منابع آب مصرفی برای مصارف مختلف بخصوص مصرف شرب جلب کرده است، بنابراین در این پژوهش هدف ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی دشت ارومیه با استفاده از شاخص *GQI* و پهنه‌بندی در محیط *GIS* می‌باشد.

مواد و روش‌ها

موقعیت منطقه مورد مطالعه

آبخوان دشت ارومیه، در شمال‌غرب کشور بین طول‌های جغرافیایی ۴۴/۹۲ تا ۴۵/۲۸ درجه شرقی و عرض‌های جغرافیایی ۳۷/۳۵ تا۳۷/۸۲ درجه شمالی واقع شده است وسعت این آبخوان ۷۴۸/۹۶ کیلومترمربع است. رودخانه‌های جاری در این محدوده، شامل رودخانه‌های نازلوچای و روضه‌چای می‌باشند. حداکثر ارتفاع محدوده مطالعاتی حدود ۲۰۰۰ متر و حداقل آن حدود ۱۲۷۰ متر (در حاشیه دریاچه ارومیه) می‌باشد. از شهرهای مهم در داخل این محدوده مطالعاتی می‌توان به ارومیه اشاره نمود. شکل ۱ جانمایی آبخوان دشت ارومیه را نشان داده است.



شکل ۱. جانمایی آبخوان دشت ارومیه واقع در ایران و استان آذربایجان‌غربی

در این پژوهش از داده‌های مربوط به نمونه‌های آب ۶۳ منبع کیفی انتخابی در دشت ارومیه مربوط به سال آبی ۹۴-۹۳ که دارای داده‌های کامل‌تری بود، استفاده شد. از آنجا که دیاگرام شولر از جمله روش‌های معمول ارزیابی آب از نظر شرب است که ارزیابی کیفی آب را، در نقاط منفردی از آبخوان را ارائه می‌دهد. بنابراین ابتدا دیاگرام شولر مربوط به میانگین سال آبی نمونه آب ۵ پیزومتر ترسیم گردید. برای ترسیم این دیاگرام‌ها از برنامه هیدروشیمی شرکت مدیریت منابع آب ایران که در نرم افزار *Excel* نوشته شده است، استفاده شد. این ۵ پیزومتر در واقع به نمایندگی از کل دشت انتخاب شده‌اند. در مرحله بعدی به منظور بررسی مکانی و در واقع پهنه‌بندی سطح دشت از لحاظ کیفیت آب شرب، شاخص *GQI* برای آبخوان دشت ارومیه برآورد گردید. به این منظور شش پارامتر شیمیایی *(Ca2+,Mg2+,Na+,Cl-,SO42-, TDS)* در نظر گرفته شد، زیرا این عناصر فراوانی زیادی در منطقه داشته و هم‌چنین از نظر تأثیرگذاری بر سلامت انسان نیز حائز اهمیت می‌باشند. سپس توسط روش *GQI*، مقادیر این پارامترها به صورت عددی به استانداردها (۲۰۰۴) *WHO* ارتباط داده شد.

جهت محاسبه شاخص *GQI*، در ابتدا در محیط نرم‌افزار *ArcGIS* و با استفاده از توابع درون‌یابی کریجینگ داده‌های نقطه‌ای، برای هریک از شش پارامتر شیمیایی، نقشه رستری توزیع مکانی در محدوده آبخوان دشت ارومیه تهیه گردید. داده‌های مذکور شامل میانگین ریاضی از داده‌های شش پارامتر شیمیایی در سال آبی ۹۴-۹۳ می‌باشد. در گام بعدی برای این که داده‌های مختلف دارای مقیاس و معیاری مشترک شوند، با استفاده از فرمول زیر غلظت‌های هر پیکسل از نقشه‌های رستری *(K)* که در مرحله قبل ایجاد شده بودند، با مقدار استاندارد *WHO* آن پارامتر ارتباط *(KWHO)* برقرار می‌کند (بابیکر و همکاران، ۲۰۰۷).

$$C = \frac{K - K_{WHO}}{K + K_{WHO}}$$

نتیجه این یکسان‌سازی مقیاس‌ها، تولید شش نقشه جدید می‌باشد که ارزش پیکسل‌های آن‌ها بین ۱ و ۱- تغییر می‌کند.

حال غلظت‌ها در این نقشه‌ها بین ۱ و ۱۰ درجه‌بندی می‌شوند تا نقشه رتبه‌بندی‌شده[1] هر پارامتر بدست آید. در این نقشه‌ها رتبه ۱ نشانگر کیفیت خوب آب زیرزمینی و رتبه ۱۰ بیانگر تخریب کیفیت آب زیرزمینی می‌باشد. در واقع در این تبدیل واحد، بایستی مقدار ۱- در نقشه تولید شده در مرحله قبل به ۱ و ۰ به ۵ و ۱ به ۱۰ در نقشه رتبه‌بندی شده تغییر کند. بدین منظور از رابطه زیر که یک تابع چند جمله‌ای می‌باشد، برای تبدیل واحد هر پیکسل نقشه قبلی *(C)* به مقدار جدید *(r)* استفاده می‌شود.

$$r = 0.5 \times C^2 + 4.5 \times C + 5$$

نقشه‌های رتبه‌بندی شده، مناطق بحرانی آبخوان را نسبت به هریک از این پارامترها نشان می‌دهند. 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 بدهد با استفاده از شاخص کیفیت آب زیرزمینی، لایه‌های مربوط به پارامترها، تلفیق داده می‌شود.

$$GQI = 100 - \left[\frac{(r_1 w_1 + r_2 w_2 + \ldots + r_6 w_6)}{6} \right]$$

در این فرمول r رتبه هر پیکسل از نقشه‌های رتبه‌بندی شده و w، وزن نسبی هر یک از پارامترها می‌باشد که برابر با مقدار میانگین کل پیکسل‌های نقشه رتبه‌بندی شده مربوطه، می‌باشد. برای محاسبه *GQI* در واقع از پارامترهای مختلف، میانگین وزنی گرفته می‌شود و آن پارامترها، با مقدار بیش‌تر (تفاوت بیش‌تر با مقدار استاندارد) در واقع دارای وزن نسبی بیش‌تر و در نتیجه تأثیرگذاری بیش‌تری دارند. با توجه به اینکه مقدار سمی بودن عناصر مختلف برای انسان متفاوت است، بنابراین در شرایطی استفاده از میانگین برای همه پارامترها صحیح می‌باشد که مقدار سمی و خطرناک بودن آن‌ها برای انسان تقریباً به یک اندازه باشد و اگر یک یا چند عنصر، سمی‌تر از دیگر عناصر باشد، فرمول بایستی کالیبره شده و ضرایب تغییر کنند.

نتایج و بحث

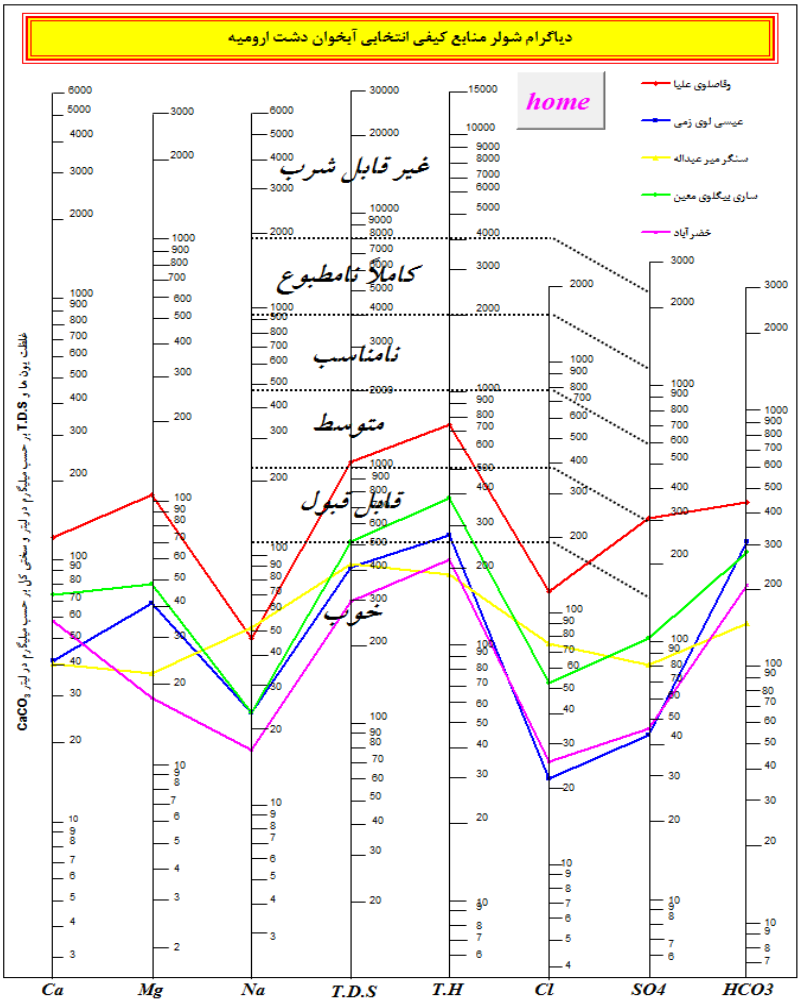
متغیرهای زیادی در کیفیت آب‌های زیرزمینی تأثیر دارد که همه آن‌ها قابل تجزیه و تحلیل نیست. در این پژوهش

[1] *rank map*

شش متغیر کلسیم، منیزم، سدیم، کلر، سولفات و کل جامدات محلول برای تولید شاخص کیفیت آب‌های زیرزمینی و نیز از استاندارد سازمان بهداشت جهانی بای مقایسه استفاده شده است. کلسیم و منیزیم در تمام آب‌های طبیعی به مقدار قابل ملاحظه‌ای وجود دارند. وجود کلسیم در آب باعث افزایش نفوذ آب به داخل خاک می‌شود. منیزیم رفتاری مشابه به کلسیم در آب و خاک دارد. عنصر سدیم نیز در آب بسیار محلول بوده و لذا در تمام آب‌های طبیعی به مقدار کم یا زیاد موجد است. کلر آنیونی که در تمام آب‌های طبیعی یافت می‌شود، اگر غلظت آن در آب زیاد باشد به لحاظ رشد گیاه سمی خواهد بود و آنیون سولفات هم در تمام آب‌های طبیعی به مقدار فراوان یافت می‌شود (علیزاده، ۱۳۸۹). شش پارامتر کلسیم، منیزیم، سدیم، کلر، سولفات، و کل مواد جامد محلول در دسته ترکیبات شیمیایی مشتق شده از آلاینده‌هایی که می‌توانند، مزه، بو یا ظاهر آب را تغییر دهند، قرار می‌گیرند (دشتی برمکی و همکاران، ۱۳۹۳).

دیاگرام شولر و پهنه‌بندی مکانی هر یک یون‌ها به صورت منفرد از جمله روش‌های متداول بررسی کیفیت آب زیرزمینی برای مصارف شرب می‌باشند. دیاگرام شولر، یک دیاگرام نیمه‌لگاریتمی است که غلظت یون‌های اصلی را برحسب میلی‌اکی‌والان‌گرم در لیتر، نشان می‌دهد. در این نمودار آب‌ها از نظر شرب بر اساس پنج پارامتر شیمیایی سدیم، کلر، سولفات، باقیمانده خشک *(TDS)* و سختی، طبقه‌بندی می‌شوند. در این تقسیم‌بندی، آب‌های مورد بررسی به شش گروه شامل: خوب، قابل قبول، متوسط، نامناسب، کاملاً نامطبوع و غیرقابل شرب تقسیم می‌شود (شکل ۲). از معایب این روش می‌توان به منفرد در نظر گرفتن هر یک از پارامترهای شیمیایی اشاره کرد که این موضوع احتمال اینکه در یک نمونه، پارامترهای مختلف در محدوده‌های کیفی متفاوتی قرار گیرند را موجب می‌شود و در نتیجه کاربر را در تعبیر و تفسیر با مشکل روبرو می‌سازد. هم‌چنین می‌توان ابراز داشت که چون این دیاگرام امکان بررسی کیفی را فقط در یک نقطه آبخوان فراهم می‌کند، از آن نمی‌توان برای مقایسه عناصر اصلی آب با استانداردهای مختلف استفاده کرد. برای اثبات این موضوع دیاگرام شولر مربوط به ۵ نمونه آب پیزومتر در چهار فصل سال آبی ترسیم شده‌اند (نمودارهای ۱ تا ۵). این ۵ پیزومتر به نمایندگی از کل دشت انتخاب شده‌اند. به منظور ارزیابی کیفی آب زیرزمینی دشت ارومیه از لحاظ شرب ابتدا از روش معمول دیاگرام شولر استفاده شد. بر این اساس بجز منبع انتخابی و قاصلوی‌علیا که در شمال محدوده مورد مطالعه قرار داشته و در محدوده قابل قبول قرار گرفته، منابع عسگرمیر عبدالله، خضرآباد، عیسی لوی زمی و ساری بیگلری معین در محدوده خوب به لحاظ کیفی جهت مصارف شرب قرار گرفته‌اند. محمدپور و همکاران (۱۳۹۵) به بررسی کیفیت آب سد مخزنی مهاباد پرداختند و مقادیر را با استانداردهای جهانی مقایسه نمودند. آن‌ها نشان داده است که بیش‌تر نمونه‌های آب سرشاخه‌های بالادست از نظر شرب تمامی نمونه‌های آب ایستگاه‌ها از نظر *Cd* و در مواردی از نظر *Pb* دارای آلودگی می‌باشند و بر اساس میزان سختی کیفیت تقریبا قابل قبول تا مناسبی دارند. بیش‌ترین غلظت کل فلزات اندازه‌گیری شده در نمونه‌های آب محدوده مورد مطالعه مربوط به عناصر *Cd* و *Pb* با مقادیر به ترتیب *µg/l130* و *µg/l5/34*در ایستگاه *KDT3* است که در مقایسه با استانداردهای سازمان بهداشت جهانی به ترتیب ۲۶ و ۳/۵ برابر حد مجاز می‌باشند. علاوه بر این، کیفیت آب از نظر آبیاری در طبقه *C2S1* (شوری پایین) و کیفیت مناسب برای مصارف کشاورزی واقع شده است. نمودار پایپر نیز نشان داد که نوع آب‌های منطقه از نوع بی‌کربناته – کلسیک بوده و کیفیت آب از لحاظ مصارف صنعتی به دلیل سختی‌کل بالا نیاز به نرم‌کردن قبل از مصرف دارند. ولی در هر حال نتایج حاصل این دیاگرام مناسب نبوده و قابل تعمیم به کل دشت نمی‌باشد زیرا در آن پارامترهای شیمیایی بصورت منفرد در نظر گرفته می‌شود و احتمال دارد در یک نمونه، پارامترهای مختلف در محدوده‌های کیفی متفاوتی قرار گیرند که باعث می‌شود تعبیر و تفسیر دیاگرام برای کاربر مشکل باشد. هم‌چنین علاوه بر اینکه این دیاگرام امکان بررسی کیفی را فقط در یک نقطه آبخوان فراهم می‌کند، از آن نمی‌توان برای مقایسه عناصر اصلی آب با استانداردهای مختلف استفاده کرد. روش متداول دیگر نیز پهنه‌بندی مکانی هر کدام از شش پارامتر هیدرو شیمیایی مذکور بصورت مجزا می‌باشد که اگرچه تغییرات مکانی هر یک از

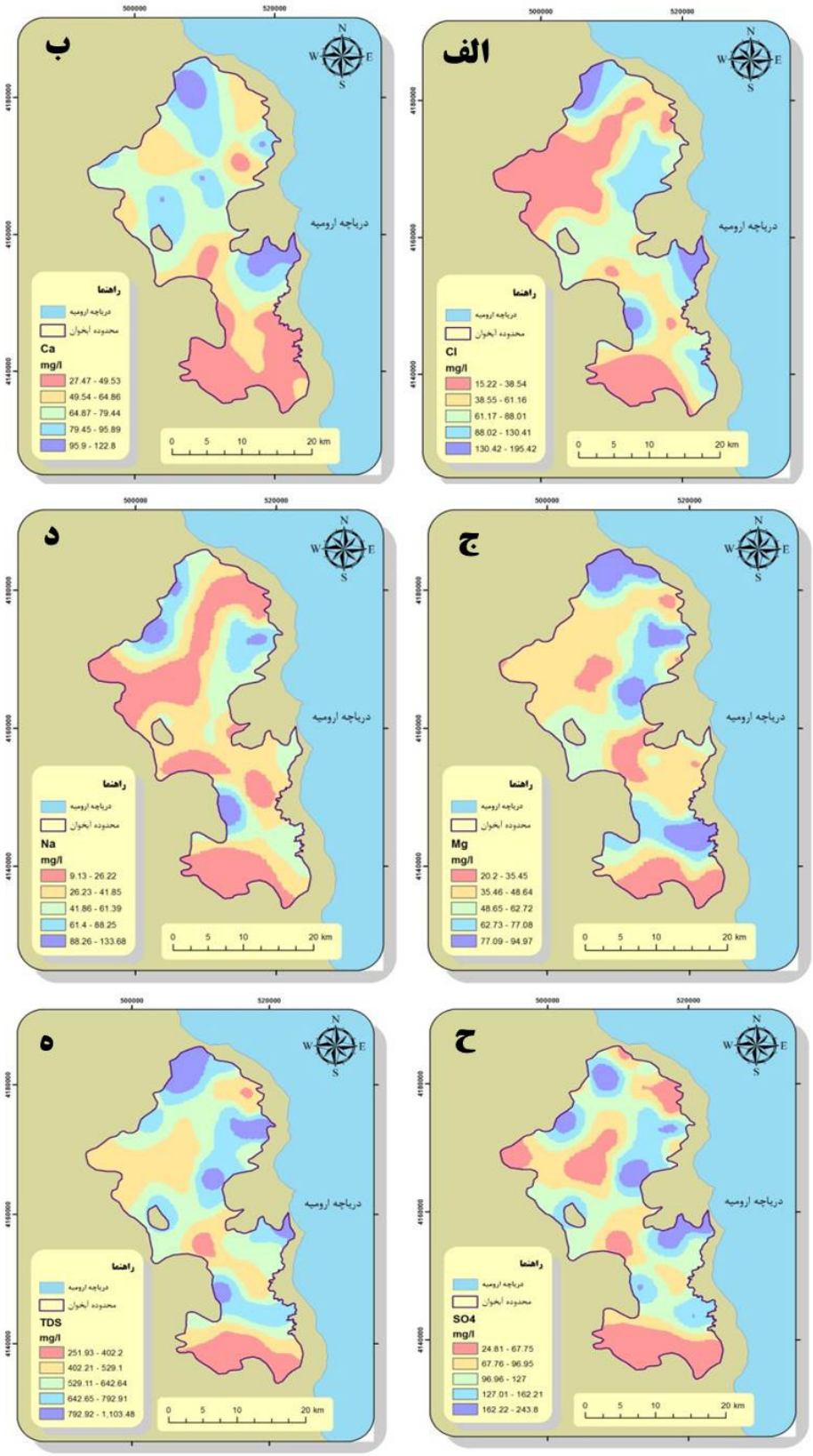
یون‌ها را در آبخوان نمایش می‌دهد ولی امکان مقایسه کلیه پارامترهای شیمیایی بصورت هم زمان، وجود ندارد. از این‌رو، از روش *GQI* برای پهنه‌بندی کیفیت آب زیرزمینی دشت ارومیه جهت مصارف شرب، استفاده شد که این روش یک راه برای خلاصه کردن چندین پارامتر مؤثر در کیفیت آب زیرزمینی، در یک شاخص و مطالعه تغییرات مکانی کیفیت در سراسر آبخوان را فراهم می‌کند. برای برآورد شاخص *GQI* مطابق روش کاری که در بالا ذکر شد ابتدا متوسط داده‌های شش پارامتر شیمیایی *(Ca2+, Mg2+, Na+, Cl-, SO42-, TDS)* در سال آبی ۹۴-۹۳ محاسبه گردید و با استفاده از توابع درون‌یابی کریجینگ، لایه رستری توزیع مکانی هر یک از آن‌ها تهیه گردید (شکل ۳). جدول ۱ مقادیر پارامترهای شیمیایی فوق را در منابع انتخابی را ارائه می‌دهد.



شکل ۲. دیاگرام شولر ۵ منبع انتخابی در آبخوان دشت ارومیه

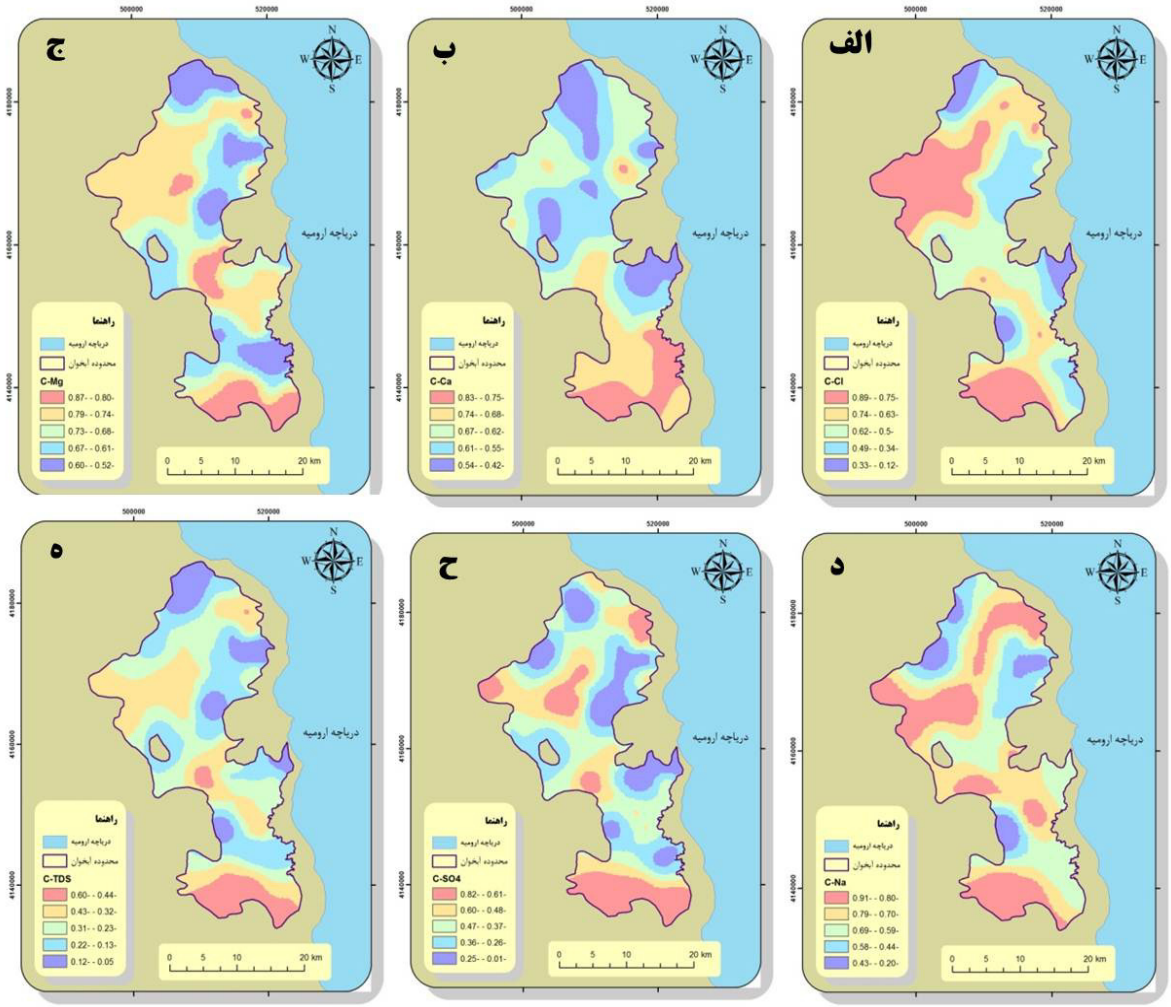
جدول ۱. پارامترهای آماری پارامترهای شیمیایی و استاندارد *WHO* (۲۰۰۴) (واحدها بر حسب میلی‌گرم بر لیتر)

	Ca2+	*Mg2+*	*Na+*	*Cl-*	*SO42-*	*TDS*
Average	*64.9*	*48.3*	*35.6*	*59.3*	*96.2*	*549.6*
Max	*128*	*120.6*	*161*	*220.1*	*304.8*	*1368.3*
Min	*25*	*16.8*	*4.6*	*15.975*	*19.2*	*208*
WHO	*300*	*300*	*200*	*250*	*250*	*1000*
استاندارد سازمان بهداشت جهانی	۳۰۰	۳۰۰	۲۰۰	۲۵۰	۲۵۰	۱۰۰۰



شکل ۳. پهنه‌بندی پارامترهای شیمیایی استاندارد *WHO* (۲۰۰۴)

سپس به منظور ارتباط دادن این پارامترها به استانداردهای *WHO* رابطه ۱ بر این داده‌ها اعمال گردید. حاصل این فرایند تولید شش نقشه دیگر بود (شکل‌های الف تا ه ۴). نتایج نشان می‌دهد که متغیر کلسیم، کلر، سولفات، منیزیم و سدیم کمتر از مقدار استاندارد سازمان جهانی بهداشت بوده و مقدار کل مواد جامد محلول در قسمت‌های شمال و شمال شرقی که نزدیک دریاچه ارومیه ست بالاتر از حد استاندارد می‌باشد.

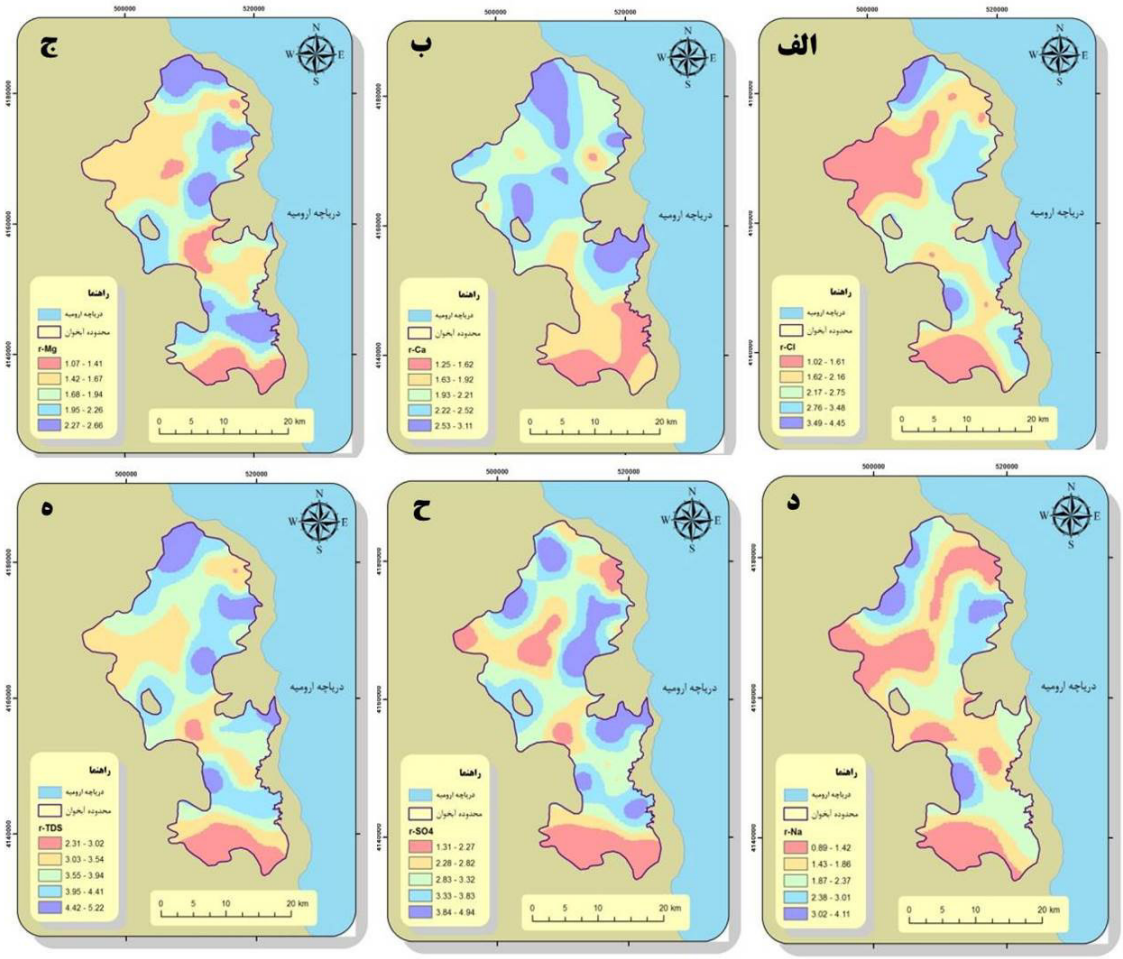


شکل۴. نقشه‌های پهنه‌بندی براساس داده‌های استاندار شده

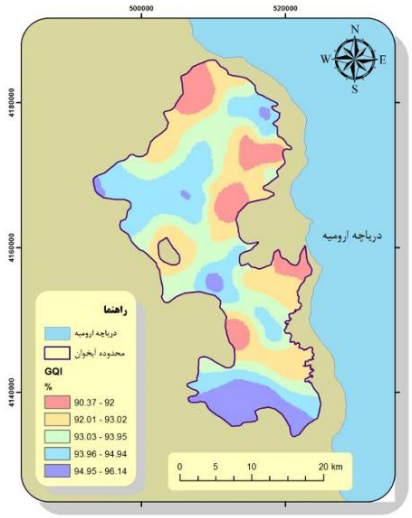
همانطور که پیش‌تر بیان شد با استفاده از نقشه‌های رستری رتبه‌بندی شد. بدین صورت که نقشه با کیفیت خوب آب رتبه ۱ و کیفیت نامناسب رتبه ۱۰ داده می‌شود. برای شش متغیر این کار انجام و نقشه‌های رتبه‌بندی شده که در شکل ۵ آورده شده است، بدست آمد.

در نهایت با تقسیم حاصل‌ضرب رتبه هر پارامتر در وزن میانگین آن به مقدار کل پارامترهای شاخص نقشه پهنه‌بندی براساس شاخص *GQI* با محدوده بین ۱ تا ۱۰۰ بدست می‌آید. مقادیر نزدیک ۱۰۰ نشان‌دهنده کیفیت مطلوب و مقادیر نزدیک به ۱ کیفیت نامناسب را نشان می‌دهد. با توجه به محاسبات انجام شده، مقدار این شاخص برای منطقه بین ۹۰/۳۷ تا ۹۶/۱۴ درصد تغییرات دارد که با توجه به جدول ۲ که تقسیم‌بندی کیفیت آب بر پایه *GQI* را نشان می‌دهد (بابیکر و همکاران، ۲۰۰۷). در حد مناسب قرار می‌گیرند. نقشه *GQI* برای آبخوان دشت ارومیه در شکل ۶ ارائه شده است. در نتیجه، با توجه به اینکه، اگر شاخص *GQI* بالای ۸۰٪ باشد، برای اهداف شرب مناسب می‌باشد، آب زیرزمینی در سرتاسر آبخوان دشت ارومیه، بسیار مناسب

و عالی ارزیابی می‌شود؛ هم‌چنین همانگونه که در نقشه فوق قابل مشاهده است نواحی جنوبی و شمال‌غربی آبخوان که نواحی ورودی آب زیرزمینی به محدوده آبخوان می‌باشند، دارای کیفیت بهتری نسبت به دیگر نواحی بوده و نواحی نزدیک به دریاچه ارومیه از کیفیت پایین‌تری نسبت به سایر نواحی برخوردار است.



شکل۵. رتبه‌بندی شده پارامترها کیفی



شکل۶. پهنه‌بندی دشت ارومیه به روش *GQI*

جدول ۲. کیفیت آب براساس *GQI* (بابیکر و همکاران، ۲۰۰۷)

کیفیت آب	مناسب	قابل قبول	متوسط	نامناسب	نامطلوب
GQI	۱۰۰-۹۱	۷۱-۹۰	۵۱-۷۰	۲۶-۵۰	۰-۲۵

نتیجه‌گیری

۱- دیاگرام شولر که ارزیابی نقطه‌ای از کیفیت آب آبخوان را در سطح دشت بدست می‌دهد، برای ۵ منبع کیفی انتخابی انتخابی از شمال به جنوب دشت، کیفیت خوب آب زیرزمینی جهت مصارف شرب را نشان می‌دهد.

۲- به منظور ارزیابی مکانی آب در سطح دشت و رسیدن به یک شاخص واحد، شاخص *GQI* برای آبخوان دشت ارومیه، برآورد گردید که بیانگر کیفیت بسیار مناسب آب زیرزمینی دشت جهت مصارف شرب می‌بود.

۳- روند تغییرات شاخص *GQI* بین ۹۰ تا ۹۶ درصد، روند افزایشی از نوار غربی و جنوبی آبخوان به سمت شرق و شمال آبخوان را نمایان می‌سازد که با توجه مسیر جریان آب زیرزمینی وجود مرزهای تغذیه‌ای در نوار غربی و جنوبی آبخوان و مرزهای تخلیه‌ای در مرزهای شرقی تا حدودی آن را تأیید می‌نماید.

۴- این مطالعه نشان داد که نتایج حاصل از روش *GQI* با روش‌های دیگر ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی (شولر) همخوانی دارد و می‌توان از آن بعنوان یک شاخص مورد اطمینان برای بررسی تغییرات مکانی و حتی زمانی کیفیت آب زیرزمینی استفاده کرد. هم‌چنین این امکان را در اختیار قرار می‌دهد که نقشه‌هایی را ایجاد کنیم که با تلفیق کردن چندین پارامتر، یک دید جامع از کیفیت آب زیرزمینی یک آبخوان فراهم کرد. استفاده از این روش برای یک دسته از عواملی که تقریبا به یک اندازه برای انسان سمی باشند، توصیه می شود. برای مثال بکار بردن همزمان آن برای عناصر اصلی و جزئی (مانند فلزات سنگین) ممکن است خطای زیادی به همراه داشته باشد و در صورت استفاده باید فرمول ها کالیبره شوند.

منابع

رجایی، ق.، مهدی‌نژاد، م. ه.، حصاری مطلق؛ س (۱۳۹۰) بررسی کیفیت شیمیایی آب شرب روستایی دشت بیرجند و قائن در سال ۱۳۸۹-۱۳۸۸، مجلهٔ تحقیقات نظام سلامت، شماره ۷، سال ششم، ۷۳۷-۷۴۵.

سلمانی، م.، تورانی، ا.، خراسانی، م (۱۳۹۴) ارزیابی و اولویت‌بندی روستایی منابع آب آشامیدنی در نواحی روستایی، مطالعه موردی: روستاهای بخش مرکزی شهرستان مینودشت. شماره۴ ، ۱۵۵-۱۷۷.

علیزاده ا (۱۳۸۶) اصول هیدرولوژی کاربردی. انتشارات امام رضا (ع)، چاپ بیست و یکم، ص ۸۰۳.

دشتی برمکی، م.، رضایی، م.، صابری نصر، ا (۱۳۹۳) ارزیابی شاخص کیفیت آب زیرزمینی (*GQI*) در آبخوان لنجانات با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی. نشریه زمین‌شناسی مهندسی، جلد ۸، شماره ۲، ۲۱۲۱-۲۱۳۸.

محمدپور، ه.، پیرخراطی، ح.، رحیم‌سوری، ی (۱۳۹۵) هیدروژئوشیمی و بررسی کیفیت آب سد مخزنی مهاباد، استان آذربایجان غربی. دوفصلنامه یافته‌های نوین زمین شناسی کاربردی، دوره ۱۰، شماره ۲۰، ۱۵۰-۱۶۳.

Baghvand, A., Nasrabadi, T., Bidhendi, G. N., Vosoogh, A., Karbassi, A., and Mehrdadi, N (2010) Groundwater quality degradation of an aquifer in Iran central desert. Journal of Desalination, 260: 264-275.

Obeidat, MM., Ahmad, FY., Hamouri, NA., Massadeh, AM., Athamneh, FS (2008) Assessment of nitrate contamination of karst springs, Bani Kanana, northern Jordan.Revista Mexicana De Ciencias Geologicas, 25: 426-437.

Shamsi, UM (2005) GIS applications for water, wastewater, and stormwater systems, Taylor and Francis, UK.

Stigter, T. Y., Ribeiro, L., and Carvalho, Dill, A. M. M (2006) Application of a groundwater quality index as an assessment and communication tool in agro-environmental policies a two portuguese case studies. Journal of Hydrology, 327(3-4): 578-591.

Balakrishnan, P., Saleem, A., Mallikarjun, N. D (2011) Groundwater quality mapping using geographic information system (GIS): A case study of Gulbarga city, Karnataka, India. African Journal of Environmental Science and Technology, 5(12): 1069-1984.

Jamshidzadeh, Z., Mirbagheri, S. A (2011) Evaluation of groundwater quantity and quality in the7. Kashan Basin, Central Iran. Journal of Desalination, 270: 23-30.

Nas B, Berktay A (2010) Groundwater Quality Mapping In Urban Groundwater Using GIS. Environ Monit Assess, 160: 215-27

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

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

Babiker, I., Mohamad, M., Hiyama, T (2007). Assessing groundwater quality using GIS. Water Resources Management, 21: 699-715.

Evaluation of Groundwater Quality Urmia Plain to drinking water purposes using GQI method in ArcGIS software environment

E. Abbas Novinpour[1*] and S. Aref[2]

1- Dept., of Geology, Faculty of sciences, Urmia University, Urmia
2- Expert of Regional Water Organization of West Azarbaijan province

**e.abbasnovinpour@urmia.ac.ir*

Recieved: 2018/10/22 Accepted: 2019/8/31

Abstract

Today, the growing population on the one hand, and the limitation of fresh water resources, on the other hand, have led to an assessment of water quality in terms of quality and quantity, especially in arid areas, in a special place in groundwater studies. So that the supply of water needed for drinking with proper quality and without any kind of pollution, has become a human challenge. One of the indicators for assessing water quality is the concentration of the main ions in water. One of the most commonly used methods for assessing drinking water quality is the Schuler diagram, which allows water to be checked at a specific point in the area. Hence, the five selected samples representing the entire aquifer are in good quality. But, in order to investigate the spatial variations in drinking water quality across the entire aquifer area, the Groundwater Quality Index (GQI), presented in 2007 by Babyker et al., Was also used. The results of this study showed a value of 74 to 95 percent, the groundwater of the studied plain has good drinking quality standards.

Keywords*: GQI, Health, Drinking water.*