هفتمین همایش انجمن زمین شناسی اقتصادی ایران
۱۸ و ۱۹ شهریورماه ۱۳۹۴ دانشگاه دامغان
www.siseg7.du.ac.ir

کاربردشاخص GQI در ارزیابی کیفی آبخوان نوشهر – نور از نظر شرب

هوشنگ خیری[۱]، سحاب خادمی [۲]

۱- استادیار، دانشکده علوم زمین، دانشگاه دامغان ، پست الکترونیکی:h.khairy@du.ac.ir

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب ، دانشگاه کشاورزی گرگان، پست الکترونیکی:khademisahab@gmail.com

چکیده

هدف از این تحقیق ارزیابی کیفی آب برای مصارف شرب در آبخوان نوشهر – نور واقع در استان مازندران بوده، به این منظور از روش های متداول ارزیابی کیفی آب برای مصارف شرب و روش شاخص کیفیت آب زیرزمینی (Groundwater Quality Index) استفاده شده است. روش های کلاسیک قادر به بررسی تغییرات مکانی کیفیت آب زیرزمینی نمی باشند ولی در این زمینه شاخص کیفیت آب زیرزمینی "Groundwater Quality Index (GQI)"برای ارزیابی مکانی کیفیت آب زیرزمینی روشی کارا و مناسب است. در این تحقیق شاخص کیفی آب زیر زمینی برای آبخوان مورد مطالعه محاسبه گردید و نتایج آن با روش های متداول شامل ارزیابی با استاندارد سازمان بهداشت جهانی (WHO) ، استاندارد ملی ایران (ISIRI) ومعیارهای دیاگرام شولر مقایسه گردید.نتایج برآورد GQI در این منطقه مقدار ۹۰تا ۹۳درصد را نشان میدهد. این مقادیر از شاخص GQI کیفیت مناسب و عالی آب زیرزمینی دشت نوشهر – نور را بیان می دارد.

کلید واژه:کیفیت آب زیرزمینی، دشت نوشهر – نور، دیاگرام شولر، IDW ، GQI، GIS

Application of Groundwater Quality Index (GQI) to assess of water quality for drinking in Noshahr- Noor aquifer, Mazandaran, Iran

Houshang Khairy; Sahab Khademi

Abstract

The aim of this present study was to evaluate groundwater quality for drinking purpose in the Noshahr- Noor aquifer, Mazandaran, Northern Iran. To attempt this goal, ordinary methods to assess of water quality for drinking use and groundwater quality index approach were used. The ordinary methods could not assess spatial variation of water quality but the groundwater quality index is efficient and useful to assess of spatial variation of water quality. In this research, the GQI index were calculated for groundwater resource of Noshahr- Noor aquifer and the result is compared with the WHO standard levels, ISIRI levels and Scholler diagram levels. The GQI indicated that the groundwater quality in the Noshahr- Noor aquifer is generally high (GQI ~90 - 93).The Results of this research reveal that the water quality in the entire of the study area is suitable for drinking.

Key words: Groundwater quality, IDW, Noshahr- Nour plain, GQI, Schoeller diagram, GIS

مقدمه

آب یکی از ضروری ترین نیاز های حیات بشری به حساب می آید. آب قابل شرب سالم بایستی دارای شاخص های کیفی متعددی مانند خواص فیزیکی و شیمیایی باشد. یکی از این شاخص ها، مقدار غلظت یون های اصلی در آب می باشد. حد مجاز غلظت این یون ها در آب آشامیدنی توسط سازمان های مختلفی از جمله United States Environmental Protection Agency (US-EPA, 2002), World Health Organization (WHO, 2011) و موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران (۱۳۸۹) در قالب جداول استاندارد و نیز در دیاگرام شولر مشخص گردیده

است. از روش های متداول ارزیابی کیفی آب برای مصارف شرب مقایسه نمونه های آب هر منطقه با معیارهای فوق الذکر میباشد. مقایسه با جداول استاندارد و دیاگرام شولر امکان بررسی کیفیت آب را در یک نقطه خاص از منطقه مورد نظر ارائه می دهند حال آنکه در صورت وجود روشی که کیفیت آب از لحاظ شرب را بصورت مکانی و با در نظر گرفتن غلظت همه ی یونهای اصلی در کل منطقه نشان دهد نتایج و استنباط بهتری را به همراه خواهد داشت. در این خصوص تلاش های متعددی طی سال های گذشته صورت گرفته و شاخص های متعدی توسط محققین ارائه شده که از جمله می توان به شاخص WQI، IAWQI، NFSWQI و GQI اشاره نمود.

شاخص کیفیت آب زیرزمینی "Groundwater Quality Index (GQI)" که اولین بار در آبخوان Nasuno توسط بابیکر و همکاران در سال ۲۰۰۷ میلادی ، در کشور ژاپن بکار گرفته شده شاخصی بر پایه نرم افزارGIS است و خروجی آن نقشه ی واحدی است از تلفیق چندین پارامتر موثر در کیفیت آب زیرزمینی که تغییرات مکانی کیفیت آب را در کل منطقه نشان می دهد. در کشور ایران نیز کار های متعددی با استفاده از این روش انجام گرفته است.

جودوی (۱۳۸۸) کیفیت آب زیرزمینی از نظر شرب را در آبخوان دشت فیض آباد در جنوب غرب مشهد از طریق برآورد شاخص GQI بررسی کرده است . عزیزی و محمد زاده (۱۳۹۱) توسط همین روش به بررسی کیفیت منابع آب دشت امامزاده جعفر گچساران پرداختند. سلیمانی و همکاران (۱۳۹۱) پهنه بندی کیفیت منابع آب غرب کوهسرخ (شمال کاشمر) را با استفاده از شاخص کیفی GQI در محیط GIS مورد مطالعه قرار دادند. استفاده از این روش در دشت مشهد توسط نیک پیمان و محمد زاده (۱۳۹۲) جهت ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی استفاده شده است.

هدف از این تحقیق بکار بردن روش GQI در ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی آبخوان دشت نوشهر – نور واقع در غرب استان مازندران، بررسی کارایی نتایج این روش و مقایسه آن با روش های متداول دیگر مانند جداول استاندارد و روش شولر می باشد.

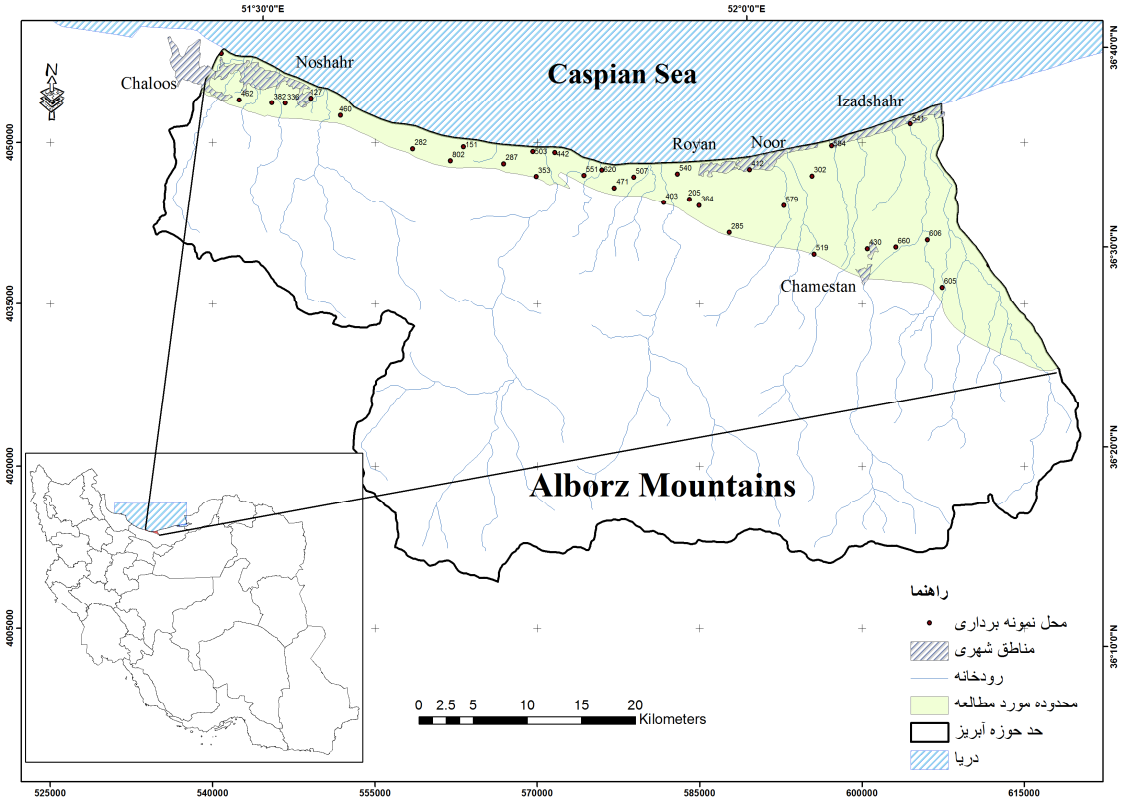
منطقه مورد مطالعه

دشت نوشهر – نور شامل بخش جلگه ای محدوده مطالعاتی نوشهر- نوردر استان مازاندران است که بین طولهای جغرافیایی ´۲۶ ˚۵۱ تا ´۲۰ ˚۵۲ شرقی وعرض های جغرافیایی ´۲۳ ˚۳۶ تا ´۴۰ ˚۳۶ شمالی قرار گرفته است. مساحت آن حدود ۴۶۹ کیلومتر مربع می‌باشد. از مراکز جمعیتی مهم این دشت می‌توان از شهرهای نوشهر، نور، رویان و ایزدشهر نام برد. محدوده مورد نظر از شرق به حوزه آبریز هراز، از غرب به حوزه آبریز سردابرود، از شمال به دریای خزر و از جنوب به کوهپایه های سلسله جبال البرز محدود می گردد. (شکل ۱)

دشت نوشهر – نور از نظر زمین شناسی در زون زمین شناسی گرگان – رشت قرار گرفته است. این دشت از نظر مورفولوژی مشتمل بر دو ناحیه متمایز است ، بخش جنوبی متشکل از رسوبات مخروط افکنه ای که بوسیله رودخانه های آلش رود، وازرود، گلندرود، کجور، ماشالک و کورکورسر بجای گذاشته شده است. حدود گسترش ناحیه مخروط افکنه ای از سمت شمال تا دشت ساحلی است. بخش شمالی از آبرفتهای دانه ریز متشکل بر رسوبات رسی ، رس سیلتی و ماسه می باشند که منشاء رودخانه ای مردابی و دریایی دارند. این دو ناحیه بوسیله تفاوت شیب و سنگ شناسی از یکدیگر قابل تشخیص می باشند.

منابع عمده تامین آب در منطقه به خصوص آب شرب، چاههای عمیق ، کم عمق و چشمه می باشند.

روند عمومی منحنی های تراز آب زیرزمینی در این دشت شرقی– غربی بوده و رقوم آنها از جنوب به شمال کاهش می یابد. بیشینه تراز آب زیرزمینی با رقم۹۰ متر مربوط به اراضی جنوبی دشت و کمینه آن در اراضی ساحلی دشت ۲۵- متر می باشد .جهت جریان آب زیرزمینی در این دشت از جنوب به شمال می‌باشد. (اطلس منابع آب، ۱۳۸۵)



شکل ۱. موقعیت محل نمونه برداری در محدوده مورد مطالعه

مواد و روشها

آب آشامیدنی سالم یکی از ضروریات اصلی حیات بشر در هر منطقه به شمار می آید . بدین منظور ارزیابی کیفی منابع تامین آب منطقه به لحاظ شرب لازم می باشد. در این مقاله نیز با این هدف، نتایج آنالیز شیمیایی نمونه های آب مربوط به ۳۵حلقه چاه مشاهده ای از شبکه موجود در دشت نوشهر - نورمربوط به مهر ۹۳ به کار گرفته شد. همانطور که قبلا اشاره گردید روش های متعددی برای ارزیابی کیفی منابع آب وجود دارد که عمدتاً تمرکز بر ارزیابی نمونه های مجزا داشته مثلاً با استفاده از دیاگرام شولر می توان کیفیت آب را از نظر شرب در نقاط منفردی از آبخوان مورد ارزیابی قرارداد لذا در این تحقیق ابتدا ارزیابی بر روی نمونه های مجزا به روش مقایسه پارامتر ها با جداول استاندارد و نیز نمودار شولر انجام گرفته و در مرحله بعدی به منظور بررسی مکانی و پهنه بندی کیفیت آب شرب در دشت نوشهر – نور از شاخص GQI استفاده گردید. دراین راستا هفت پارامتر شیمیایی(Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+},NO_3^{-},Cl^{-}, SO_4^{2+}, TDS) که فراوانی زیادی در آب زیرزمینی منطقه داشته و از نظر تأثیر گذاری بر سلامت انسان دارای اهمیت می باشند در نظر گرفته شدند. با استفاده از شاخص GQI، مقادیر عددی این پارامترها را می توان با استانداردهایWHO و یا هر استاندارد موجود ارتباط داد که در این تحقیق بر اساس معیار های استاندارد WHO این ارزیابی انجام گرفت. به منظور محاسبه شاخص GQI مطابق متدولوژی ارائه شده توسط بابیکر و همکاران (۲۰۰۷) مراحل زیر جهت تهیه نقشه نهایی انجام پذیرفته است:

مرحله اول ، تهیه نقشه های رستری هریک از پارامتر های اثر گذار در ارزیابی

در این مرحله با استفاده از نرم افزار GS^{+} مناسب ترین روش درون یابی برای داده های مذکور جهت تهیه نقشه های رستری روش عکس مجذور فاصله (IDW)تشخیص داده شد، سپس با استفاده از الحاقیه GeostatisticalAnalyst درنرم افزار ArcGIS 9.3 (جانسون و همکاران ۲۰۰۶) نقشه های مربوط به هفت پارامتر شیمیایی از داده های مورد استفاده با تکنیک IDW درون یابی گردیده و نقشه رستری مربوط به غلظت هر پارامتر تهیه گردید.

مرحله دوم، تهیه نقشه های هم مقیاس

در مرحله بعدی جهت هم مقیاس شدن و هم معیارشدن داده های متفاوت هریک از پارامترها، با استفاده از فرمول زیر غلظت هر پیکسل(X') از نقشه های رستری مرحله قبل با مقدار استاندارد WHO برای هرپارامتر(X) ،ارتباط بر قرار گردید.

رابطه (۱): $$C = \frac{X' - X}{X' + X}$$

نتیجه این یکسان سازی مقیاس ها تولید هفت نقشه جدید می باشد که ارزش پیکسل های آن ها بین (۱-) و (۱) تغییر می کنند.

مرحله سوم، تهیه نقشه های رتبه بندی

در این مرحله غلظت ها در نقشه های فوق بین (۱) و (۱۰) درجه بندی می شوند تا نقشه رتبه بندی شده (RankMap) هر پارامتر بدست آید، به این ترتیب مقدار (۱-) در نقشه تولید شده در مرحله قبل به (۱) و مقدار(۰) به (۵) و مقدار(۱) به (۱۰) در نقشه رتبه بندی شده تغییر می یابند. در این نقشه ها رتبه (۱) نشانگر کیفیت خوب آب زیرزمینی و رتبه (۱۰) بیانگر کیفیت بسیار بدآب زیرزمینی می باشد.

جهت تبدیل واحد هر پیکسل نقشه قبلی (C) به مقدار جدید (r) از رابطه زیر که یک تابع چند جمله ای میباشد، استفاده می شود:

(رابطه۲): $$r = 0.5 \times C^2 + 4.5 \times C + 5$$

مرحله چهارم، تهیه نقشه GQI

نقشه های رتبه بندی شده، وضعیت آبخوان را نسبت به هریک از این پارامترها نشان می دهند لذا به منظور ایجاد یک نقشه که نمایانگر تمام هفت پارامتر شیمیایی باشد و وضعیت کلی کیفیت آب را در مقایسه با استاندارد WHO ارائه نماید از شاخص کیفیت آب زیرزمینی"GQI" استفاده شده و لایه های مربوط به پارامترها توسط رابطه زیر با یکدیگر تلفیق گردیده اند.

(رابطه۳) $$GQI = 100 - \left[\frac{r_1 w_1 + r_2 w_2 + \cdots + r_7 w_7}{7}\right]$$

در این فرمول، r رتبه هر پیکسل از نقشه های رتبه بندی شده وw 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 که پارامترها با مقدار بیشتر (تفاوت بیشتر با مقدار استاندارد) دارای وزن نسبی و در نتیجه تأثیر گذاری بیشتری می باشند. به این دلیل که مقدار سمی بودن عناصر مختلف برای انسان متفاوت است، ذکر این نکته مهم است که در شرایطی استفاده از میانگین برای همه پارامترها صحیح می باشد که مقدار سمی و خطرناک بودن آن ها برای انسان تقریبا به یک اندازه باشد و اگر یک یا چند عنصر، سمی تر از دیگر عناصر باشند، فرمول بایستی کالیبره شده و ضرایب تغییر کنند (بابیکر و همکاران ۲۰۰۷) لذا در این تحقیق ضریب مربوط به نیترات به دلیل مضراتی که برای سلامتی انسان دارد برابر mean r +۲ (برای مواردی با مقدار r کمتر از ۸) در نظر گرفته شده است. نتایج محاسبه GQI به صورت درصد نمایش داده می شود که مقادیر کمتر از ۶۰ درصد نشانگر کیفیت بد ، بین ۶۰- ۸۰ درصد نشان دهنده کیفیت متوسط و بیش از ۸۰ درصد نماینده کیفیت های مناسب آب زیرزمینی برای مصارف شرب می باشد(جودی ۱۳۸۸). در نهایت نتایج حاصل از برآورد شاخص GQI با توجه به شرایط هیدروژئولوژیکی و هیدروشیمیایی دشت بررسی گردید.

بحث

به منظور ارزیابی کیفی آب زیرزمینی دشت نوشهر - نور ازلحاظ شرب ابتدا روش متداول دیاگرام شولر مورد استفاده قرار گرفت. بر اساس معیارهای دیاگرام شولر (جدول شماره ۱) نمونه های مربوط به محدوده مطالعاتی از نظر کیفی رده بندی گردیدند. جدول شماره ۲ نتایج این رده بندی را نشان می دهد که از کل ۳۵ نمونه ۱۰ نمونه در رده آب های خوب و مابقی در رده آب های قابل قبول برای شرب می باشند. لذا ارزیابی کیفیت آب محدوده از این روش حاکی از مناسب بودن کل نمونه ها و در واقع با توجه به توزیع متناسب نمونه ها در دشت معرف مناسب بودن ذخایر آب زیرزمینی کل محدوده برای مصارف شرب و بهداشت می باشد.

همانطوری که قبلا اشاره گردید با روش شولر امکان بررسی کیفی فقط در نقاط مجزا از هم در آبخوان فراهم می باشد، همچنین معیار های آن ثابت و امکان بررسی سایر پارامتر های اثر گذار بر سلامتی انسان در این روش وجود ندارد به عنوان مثال نیترات یکی از پارامترهای مضر برای سلامتی انسان می باشد و مقدار آن در آب شرب نباید از یک حدی بیشتر باشد ولی با معیار های دیاگرام شولر این مهم قابل بررسی نیست.

جدول ۱- رده بندی کیفیت آب به روش شولر (صیاد و همکاران ۱۳۹۰)

رده کیفیت آب شرب	سدیم	کلر	سولفات	سختی کل	باقیمانده خشک	GQI(%)
خوب	<۱۱۵	<۱۷۷/۵	<۱۴۴	<۲۵۰	<۵۰۰	<۸۰
قابل قبول	۱۵۵ -۲۳۰	-۳۵۰	۱۴۴ -۲۸۸	۲۵۰ -۵۰۰	۵۰۰ -۱۰۰۰	
متوسط	۲۳۰ -۴۶۰	۳۵۰ -۷۱۰	۲۸۸ -۵۷۶	۵۰۰ -۱۰۰۰	۱۰۰۰ -۲۰۰۰	۶۰ - ۸۰
نامناسب	۴۶۰ -۹۲۰	۷۱۰ -۱۴۲۰	۵۷۶ -۱۱۵۲	-۲۰۰۰	۲۰۰۰ -۴۰۰۰	
کاملا نامطبوع	۹۲۰ -۱۸۴۰	-۲۸۴۰	۱۱۵۲ -۲۳۴۰	-۴۰۰۰	۴۰۰۰ -۸۰۰۰	<۶۰
غیر قابل شرب	>۱۸۴۰	>۲۸۴۰	>۲۳۴۰	>۴۰۰۰	>۸۰۰۰	

روش دیگر در ارزیابی کیفیت منابع آب، مقایسه نمونه ها با معیار های استاندارد ازجمله استاندارد WHO و یا استاندارد های ملی هر کشور می تواند باشد لذا در این تحقیق کلیه نمونه ها با استاندارد WHO و استاندارد ملی ایران

(ISIRI) مورد ارزیابی قرار گرفته که نتایج آن حاکی از قابل قبول بودن تمام نمونه برای شرب میباشند (به استثنای یک مورد با میزان جزیی خارج از حد مجاز برای ph که آن هم قابل صرف نظر کردن است). در این روش نیز مانند روش شولر نمونه ها به صورت مجزا مورد بررسی قرار میگیرند و نمی توانند نمایش خوبی از تغییرات مکانی کیفیت آب در کل محدوده را ارائه دهند. (جدول شماره ۳)

تهیه نقشه های پهنه بندی با استفاده از معیار های هریک از استاندارد های مذکور و یا معیار های دیاگرام شولر نیز می تواند روش دیگری در بررسی وضعیت کیفی آبخوان باشد ولی علی رغم اینکه این روش منتج به تهیه نقشه خواهد شد و امکان بررسی مکانی داده را میسر می سازد ولی نماینده خوبی برای ارائه کیفیت منابع آب یک محدوده نمی تواند باشد زیر امکان اینکه در بعضی نمونه ها یک پارامتر شرایط مطلوب برای شرب را داشته باشد و در پارامتری دیگر این شرایط وجود نداشته باشد سبب ایجاد اشکال در تعبیر و تفسیر نتایج می گردد.

از این رو از روشGQI برای پهنه بندی کیفیت آب زیرزمینی دشت نوشهر - نور استفاده شد. در این روش با خلاصه نمودن چندین پارامتر مؤثر در کیفیت آب زیرزمینی در یک شاخص، مطالعه تغییرات مکانی کیفیت آب در سراسر آبخوان امکان پذیر می گردد. برای برآورد شاخص GQI دشت نوشهر – نور داده های هفت پارامتر شیمیایی (Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+}, NO_3^{-}, Cl^{-}, SO_4^{2+}, TDS) از ۳۵ نمونه در ماه مهر سال ۱۳۹۳ نقشه های رستری تهیه گردید، سپس به منظور ارتباط دادن این پارامترها به استانداردهای WHO، رابطه ۱ بر این داده ها اعمال گردید. حاصل این عملیات تولید هفت نقشه رتبه بندی شده بوده که ارزش عددی بین ۱- تا ۱ را دارند. حال برای اینکه نقشه ها رتبه بندی گردند (کیفیت خوب، رتبه ۱ و کیفیت نامناسب، رتبه۱۰) رابطه ۲ بر آنها اعمال گردید. حاصل این کار هفت نقشه رتبه بندی شده است. نتایج آماری مستخرجه از این نقشه ها (جدول ۴) نشان میدهد که تمامی نقشه ها تقریبا از یک الگوی خاص پیروی می کنند. رتبه کلیه نقشه کمتر از ۵ بوده و دو نقشه Cl^{-}, NO_3^{-} رتبه کمتر از ۲ را به خود اختصاص داده اند. در نهایت برای رسیدن به یک نقشه واحد که ارزیابی مکانی از کیفیت آب جهت اهداف شرب را در سطح دشت نشان دهد، با اعمال رابطه ۳ در تلفیق هفت نقشه رتبه بندی شده، نقشه GQI برای کل دشت بدست آمده است. (شکل ۲ و جدول ۴)

همانطور که در نقشه GQI دیده می شود مقدار این شاخص در کل سطح دشت از ۹۰ تا ۹۳ درصد تغییر می کند. در نتیجه با توجه به اینکه اگر شاخص GQI بالای ٪۸۰ باشد برای اهداف شرب مناسب می باشد آب زیرزمینی در سرتاسر دشت نوشهر - نور بسیار مناسب و عالی جهت مصارف شرب ارزیابی می شود. از نقشه نهاییGQI، می توان برای بررسی چگونگی و دلایل تغییرات مکانی کیفیت آب زیرزمینی استفاده کرد. برای این کار می توان اطلاعات این نقشه را با اطلاعات زمین شناسی، هیدروژئولوژی، کاربری اراضی، عمق سطح آب، شبکه زهکشی و... ارتباط داده تا عوامل کنترل کننده تغییرات کیفی آب زیرزمینی مشخص گردد.

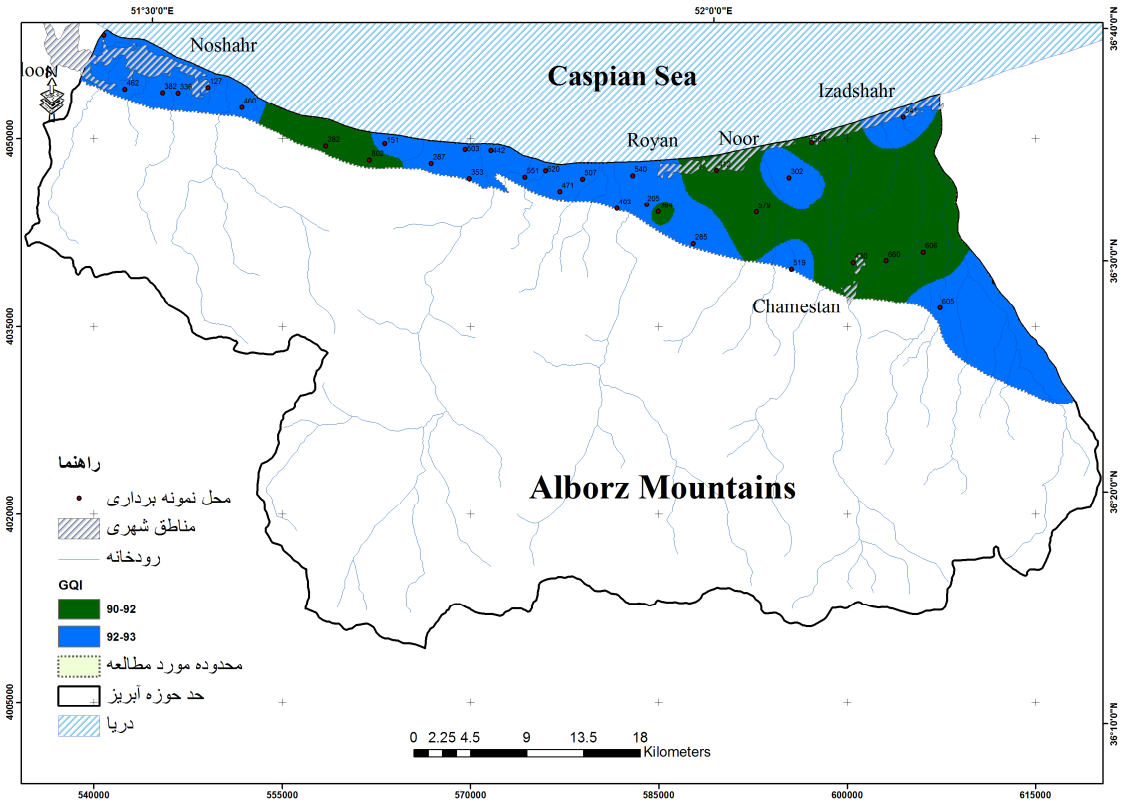
روند تغییرات GQI در این دشت عمدتاً تبعیت از شرایط تغذیه آبخوان را دارد. در مناطقی که آبخوان از نفوذ پذیری بیشتری برخوردار است و شرایط تغذیه به دلیل وجود رودخانه های پر آب مناسب تر است مقادیر GQI نسبت به دیگر مناطق درصد بالاتری را نشان می دهد.

جدول ۲- نتایج آنالیز شیمیایی نقاط نمونه برداری آبخوان نوشهر – نور به همراه طبقه بندی نمونه ها با شولر و GQI

ID	نام‌محل	Utmx	Utmy	TH	TDS	Ca^{2-}	Mg^{2+}	Na^{+}	$SO4^{2-}$	Cl^{-}	NO_3^{-}	طبقه بندی آب	
												شولر	GQI(%)
1	امیرود	549066	4054093	85	127	74.1	32.8	80.5	9.6	127.6	5.2	خوب	92
2	امیراباد	604446	4051722	280	541	116.2	14.6	36.8	62.4	42.5	0.3	قابل قبول	92
3	انارجار	587716	4041628	210	285	136.3	15.8	16.1	62.4	28.4	2.9	خوب	92
4	اندرور	566860	4048029	160	287	140.3	14.6	39.1	57.6	53.2	3.5	خوب	92
5	بندپی	551792	4052514	330	460	146.3	13.4	59.8	81.6	67.4	2.8	قابل قبول	91
6	بیرجنده	607628	4047811	470	745	156.3	24.3	78.2	86.4	67.4	6.0	قابل قبول	90
7	پالوجده	539614	4056720	275	387	86.2	45.0	25.3	9.6	39.0	0.3	قابل قبول	92
8	پیکلا	574310	4046930	355	551	148.3	14.6	23.0	28.8	53.2	2.0	قابل قبول	92
9	تسکاتک	569570	4049157	340	503	84.2	25.5	131.0	9.6	88.6	0.2	قابل قبول	91
10	تیرکده	584035	4044720	150	205	94.2	37.7	34.5	33.6	46.1	0.1	خوب	92
11	جنگل نور	595354	4046886	210	302	94.2	46.2	34.5	14.4	42.5	0.3	خوب	92
12	چلندر	561944	4048300	165	802	174.3	25.5	73.6	120.0	212.7	0.9	قابل قبول	89
13	حاجیکلا	611697	4038615	300	433	140.3	12.2	29.9	9.6	56.7	4.5	قابل قبول	92
14	حسن آباد	582914	4047050	345	540	80.2	35.2	20.7	57.6	39.0	1.0	قابل قبول	92
15	دارکلا	595549	4039607	365	519	82.2	35.2	20.7	67.2	53.2	1.1	قابل قبول	92
16	دریابیشه	578901	4046771	345	507	120.2	9.7	66.7	43.2	95.7	0.6	قابل قبول	91
17	دیزرکلا	569897	4046828	235	353	140.3	15.8	48.3	9.6	85.1	0.5	خوب	92
18	راه آهن نوشهر	545455	4053694	275	382	106.2	12.2	71.3	4.8	102.8	0.6	قابل قبول	92
19	رستمرود	597161	4049693	265	584	98.2	31.6	62.1	62.4	88.6	2.0	قابل قبول	90
20	سیسنگان	571614	4049051	325	442	112.2	17.0	18.4	9.6	39.0	3.5	قابل قبول	92
21	شریعتآباد	540796	4058226	450	715	128.2	14.6	48.3	52.8	81.5	0.5	قابل قبول	91
22	صنایع دفاع	575955	4047441	420	620	142.3	12.2	64.4	33.6	99.3	0.4	قابل قبول	91
23	عبدالله آباد	600467	4040127	315	430	120.2	30.4	142.5	19.2	156.0	4.6	قابل قبول	89
24	علی آباد	546702	4053655	235	336	112.2	12.2	133.3	9.6	131.2	3.8	خوب	91
25	قاسمآباد	606038	4040939	370	606	140.3	36.5	69.0	57.6	95.7	5.3	قابل قبول	89
26	کاردیکلا	607382	4036539	425	605	70.1	9.7	73.6	19.2	39.0	1.4	قابل قبول	92
27	کراتکتی	603095	4040272	500	660	106.2	18.2	101.2	48.0	113.4	7.4	قابل قبول	90
28	کاسه گرمحله	584942	4044156	260	364	160.3	19.4	87.4	62.4	95.7	1.2	قابل قبول	90
29	کهنه سرا	558458	4049425	210	282	138.3	38.9	71.3	115.2	124.1	2.0	خوب	90
30	گندیاب	592757	4044136	395	579	110.2	14.6	160.9	28.8	216.3	2.9	قابل قبول	89
31	مزارنور	589587	4047464	180	412	110.2	42.5	62.1	86.4	95.7	2.0	خوب	90
32	ملکار	563170	4049603	105	151	100.2	40.1	85.1	9.6	148.9	1.1	خوب	91
33	منوچهرکلا	581651	4044422	290	403	116.2	23.1	57.5	14.4	85.1	2.0	قابل قبول	92
34	نارنج بن علمده	577106	4045773	310	471	90.2	15.8	124.1	9.6	124.1	2.0	قابل قبول	91
35	نیرنگ	542448	4053960	330	462	128.2	10.9	50.6	9.6	88.6	2.0	قابل قبول	92
حداقل				85	127	70.1	9.7	16.1	4.8	28.4	0.1	قابل قبول	89
حد اکثر				500	802	174.3	46.2	160.9	120	216.3	7.4	خوب	92
میانگین				294	458	117.2	23.4	65.8	40.4	89.2	2.2	-	91.1

جدول شماره ۳- مقایسه حدود تغییرات پارامترهای شیمیایی در محدوده مطالعاتی با معیار های دیاگرام شولر و استاندارد ها برای آب شرب

% samples beyond permissible limits(n=35)			Schoeller (1962)	ISIRI (2010)	WH0(2011 &1993)	Range	Parameters
Schoeller	ISIRI	WHO					
-	35	34	-	6.5 - 9	6.5 - 8.5	7.3 -8.6	pH
-	-	35	-	-	1400	201 -1213	EC(µs/cm)
35	35	35	500	500	500	85 -500	TH(mg/L)
35	35	35	1000	1500	1000	127 -802	TDS(mg/L)
-	35	35	-	300	200	70.1365 -174.3393	$Ca2^{+}$(mg/L)
-	23	35	-	30	50	9.722 -46.1795	Mg2+(mg/L)
35	35	35	230	200	200	16.09284 -160.9284	Na+(mg/L)
-	-	35	-	-	12	2.736881 -4.300813	K+(mg/L)
-	-	-	-	-	-	280.6788 -604.0696	HCO3-(mg/L)
35	35	35	288	400	250	4.8 -120	SO42-(mg/L)
35	35	35	350	400	250	28.36216 -216.2615	CL-(mg/L)
-	35	35	-	50	50	0.124 -7.378	NO3-(mg/L)



شکل ۲–نقشه شاخص کیفیت آب زیرزمینی (GQI) دشت نوشهر–نور

جدول ۴- مشخصات آماری هفت نقشه رتبه بندی شده برای تهیه نقشه GQI

پارامتر	حداقل	حداکثر	متوسط	SD
TDS	۱.۸۱	۴.۵۱	۳.۴۷	۰.۴۴
So4	۱.۱۳	۳.۴۸	۲.۰۴	۰.۲۰
Na	۱.۵۳	۴.۵۲	۲.۹۰	۰.۵۴
Cl	۱.۰۰	۱.۲۴	۱.۰۳	۰.۰۲
Mg	۲.۱۹	۴.۸۲	۳.۴۵	۰.۶۱
Ca	۲.۹۵	۴.۶۹	۳.۸۲	۰.۲۹
No_3	۱.۰۲	۱.۹۳	۱.۳۷	۰.۲
GQI	۹۰.۴٪	۹۳٪	۹۱.۹٪	۰.۵۷

نتیجه گیری

- ارزیابی بر اساس معیارهای دیاگرام شولر حاکی از قبول بودن کیفیت آب زیرزمینی دشت نوشهر- نور جهت مصارف شرب است. در واقع کلیه نمونه ها در رده های مناسب تا قابل قبول قرار دارند.
- ارزیابی بر اساس دیاگرام شولر صرفاً جهت نقاط مجزا قابل استفاده است و علی رغم سادگی روش کار، محدود و ثابت بودن معیارهای ارزیابی و عدم امکان استفاده از پارامتر های ضروری دیگر از جمله محدودیت های استفاده از این روش می باشد.
- ارزیابی نقطه ای از کیفیت آب آبخوان بر اساس استانداردWHO و استاندارد ملی ایران در سطح دشت حاکی از قابل قبول بودن کیفیت کل نمونه ها برای شرب میباشد، در این روش نیز پارامتر ها به صورت مجزا مورد ارزیابی قرار می گیرند.
- پهنه بندی کیفیت منابع آب با استفاده از معیارهای تعریف شده در استاندارد ها و دیاگرم شولر نیز امکان پذیر بوده ولی خروجی این روش ها کارایی لازم برای ارائه کیفیت منابع آب یک محدوده را ندارد زیرا امکان اینکه در بعضی نمونه ها یک پارامتر شرایط مطلوب را داشته باشد و در پارمتری دیگر این شرایط وجود نداشته باشد سبب ایجاد اشکال در تعبیر و تفسیر نتایج می گردد.
- شاخص کیفیت آب زیرزمینی "Groundwater Quality Index (GQI)" برای ارزیابی مکانی کیفیت آب زیرزمینی روشی کارا و مناسبی است لذا برای ارزیابی مکانی کیفیت آب زیرزمینی دشت نوشهر – نور از این شاخص استفاده گردیده است. نتایج برآورد GQI در این منطقه مقدارمتوسط ۹۱.۹ درصد را نشان می دهد، این مقادیر از شاخص GQIکیفیت مناسب و عالی آب زیرزمینی جهت مصارف شرب در دشت نوشهر – نور را بیان میدارد.
- روند تغییرات شاخص GQI بین ۹۰ تا ۹۳ درصد را نشان داد که روند آن بیشتر مطابقت به وضعیت تغذیه آبخوان در سطح دشت دارد به این شکل که در مناطقی که رودخانه ها فروانند و به تبع وجود ذرات درشت دانه تر و نیز تغذیه بهتر شاخص کیفی شرایط مناسب تری را نشان می دهد گرچه به طور کلی همه مناطق دارای آب شرب مناسب از نظر پارامتر های مورد بررسی می باشند.

منابع

تماب، (۱۳۸۵). مطالعات تلفیق منابع آب حوزه های آبریز دریای خزر، سازمان تحقیقات منابع آب ،تهران، ایران.

جودوی، ع.، (۱۳۸۸). معرفی شاخصGQI 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.

سلیمانی س.، محمودی قرایی م. م. ، قاسم زاده ف.، سیاره ع.، (۱۳۹۱). پهنه بندی کیفیت منابع آب غرب کوهسرخ (شمال کاشمر) با استفاده از شاخص کیفی GQI در محیط GIS ، سومین همایش ملی مدیریت جامع منابع آب ایران ، شهریور ۹۱، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.

صیاد ح.، محمدزاده ح.، ولایتی س.، (۱۳۹۰). ارزیابی کیفیت آب های زیرزمینی آبخوان درگز از نظر شرب با استفاده از نمودار شولر و شاخص GQI.

عزیزی ف. ، و محمد زاده ح.، (۱۳۹۱). ارزیابی تغییرات مکانی کیفیت آب زیرزمینی آبخوان دشت امامزاده جعفر گچساران با استفاده از شاخص کیفی GWQI، همایش ملی جریان و آلودگی آب.

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، (۱۳۸۹).آب آشامیدنی- ویژگیهای فیزیکی و شیمیایی.

نیک پیمان و.، محمدزاده ح.،(۱۳۸۸). ارزیابی تغییرات مکانی کیفیت آب زیرزمینی دشت مشهد با استفاده از شاخص GQI ، اولین کنفرانس ملی مهندسی اکتشاف منابع زیرزمینی، پاییز ۹۲، دانشگاه شاهرود.

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

Johnston, K., et al. (2006) Arc GIS 9, ArcGIS Geostatistical Analyst Tutorial, Hrsgb.: ESRI, New York.

US EPA., (2002). Methods for Chemical Analysis of Water and Waste.EPA-600/4-79-020. US Environ.Protection Agency, Cincinnati, Ohio, U.S.A..

WHO., (1993). Guidelines for drinking water quality, V.1, Recommendations, World HealthOrganisation, Geneva: pp. 1-4.

WHO., (2011). Guidelines for drinking water quality, 4th ed., Recommendations, World HealthOrganisation, Geneva: pp. 1-4.