کنگره استحصال آب و آبخیزداری
Water Harvesting and Watershed Management Congres
سومین همایش بین المللی سامانه های سطوح آبگیر باران
3rd International Conference on Rainwater Catchment Systems
February 18-19, 2015 Birjand, Iran ۲۹ و ۳۰ بهمن ماه ۱۳۹۳ بیرجند

پهنه بندی کیفی آب زیرزمینی دشت مختاران با تاکید بر مصرف شرب با استفاده از GIS

مهدی عشرتی[1*]، میثم سالاری جزی[2]، زهره غلامی[3]

۱-دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۲- استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

چکیده

امروزه رشد روز افزون جمعیت و محدودیت منابع آب شیرین، باعث اهمیت ارزیابی منابع آبی از لحاظ کمی و کیفی بویژه در مناطق خشک شده است.پهنه بندی کیفی آبخوان ها با روش های مدیریتی مدرن همچون استفاده از محیط نرم افزاری Arc Gis می تواند در ارائه راهکارهای مدیریتی صحیح مناسب باشد. GQI شاخص کیفیت آب زیرزمینی می باشد که داده های کیفی مختلف را با یکدیگر تلفیق و با استانداردهای سازمان بهداشت جهانی،ارتباط می دهد. دراین تحقیق برای بررسی تعدادی از پارامترهای شیمیایی و تهیه‌ی نقشه‌ی کیفیت آب زیرزمینی دشت مختاران، از شاخص کیفیت آب زیرزمینی GQI و نمودار شولر استفاده گردید. تعیین GQI از طریق نرمال کردن و اندیس گذاری ۶ پارامتر شیمیایی مؤثر در کیفیت آب شرب از جمله TDS، CL^-، SO_4^{2-}، Mg^{2+}، Ca^{2+} و Na^+ که فراوانی زیادی در آب زیرزمینی منطقه دارند و از نظر تأثیر گذاری بر سلامت انسان دارای اهمیت می‌باشند و مقایسه‌ی آن‌ها نسبت به استاندارد سازمان جهانی بهداشت (WHO) در سیستم اطلاعات جغرافیایی(GIS) انجام شد. مقدار شاخص GQI در دشت مختاران بین ۲۱/۱۷ و ۳۱/۶۰ متغیر بوده و بیانگر آن بود که در مجموع آب‌های زیرزمینی منطقه‌ی مورد مطالعه از نظر استانداردهای آب آشامیدنی در رده‌ی نامطبوع تا نامناسب قرار دارد.

واژه‌های کلیدی: پارامتر شیمیایی، دشت مختاران، شاخص کیفیت آب زیرزمینی، GIS

Qualititative Zoning of Mokhtaran Plain Groundwater with Emphasis on Drinking Water Using GIS

Mehdi Eshrati[1*], Meysam Salary Jazi[2], Zohre Gholami[3]

1-MSc Student of Water Resources Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

2- Assistant Professor Department of Water Engineering, University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan

3-MSc Student of Watershed Management, University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan

Abstract

The Population growth and limited fresh water resources signify the importance of quantitative and qualitative evaluation of water resources, particularly in arid regions. Zoning quality of aquifers with modern management practices such as the use of the ArcGIS software can provide appropriate management solutions. GQI, an indicator for the quality of groundwater, combines different data of quality and correlates them with World Health Organization standards. In this study, to evaluate some chemical parameters and providing Mokhtaran map of groundwater quality were used groundwater quality index (GQI) and Schuler charts. Determining GQI through normal and indexing 6 chemical parameters affecting the quality of

* Corresponding Author's E-mail(eshratimehdi@gmail.com)

drinking water, including TDS, CL-, SO42-, Mg2+, Ca2+ and Na+ that have great abundance in the groundwater in the region and in terms of impact on human health are important, and compare them to the standard of World Health Organization (WHO) in geographic Information System (GIS) was performed. GQI index plain Mokhtaran, between 21/17 and 31/60 is variable and showed that overall groundwater in the study area, in terms of drinking water standards, is in the category undesirable until inappropriate.
Keywords: Chemical Parameters, GIS, Groundwater Quality Index, Plain Mokhtaran.

الف-مقدمه

یکی از روش‌های بسیار ساده و دور از پیچیدگی‌های ریاضی و آماری که می‌تواند شرایط کیفی آب را بازگو نماید، استفاده از شاخص‌های کیفی آب است. شاخص‌های کیفی آب روش‌هایی هستند که در مدیریت کیفی آب می‌توان از آنها به عنوان یک ابزار مدیریتی قوی برای تصمیم گیری‌های مربوطه استفاده نمود. از شاخص‌های کیفیت آب که بسیار قابل استفاده در سطح جهان هستند می‌توان به شاخص‌هایی مثل WQI ، IAWQI ، NFSWQI و GQI اشاره نمود. جهت تعیین کیفیت آب شرب روش‌های مرسومی مثل دیاگرام شولر وجود دارد. البته دیاگرام شولر امکان بررسی کیفی را فقط در یک نقطه‌ی آبخوان فراهم می‌کند و امکان استفاده‌ی آن بصورت پهنه بندی وجود نداشته و قادر به تهیه‌ی نقشه کیفیت که تمام پارامترهای شیمیایی درآن مؤثرند نمی‌باشد(مطوری و همکاران، ۱۳۸۵). از آنجا که در کیفیت آب آشامیدنی همه‌ی یون‌های اصلی سهیم هستند، بدست آوردن معیاری که در آن اثر همه‌ی این یون‌ها بصورت تلفیقی در نظر گرفته شود، دارای اهمیت زیادی است. برای این منظور بابیکر و همکاران (۲۰۰۷) شاخص کیفیت آب زیرزمینی "Groundwater Quality Index(GQI)" را معرفی نموده و درآبخوان Nasuno در کشور ژاپن بکار بردند. این شاخص بر پایه‌ی نرم افزار GIS، چندین پارامتر مؤثر در کیفیت آب زیرزمینی (یون‌های اصلی) را با یکدیگر تلفیق می‌کند. امروزه در بسیاری از نقاط ایران، تأمین آب، بویژه آب آشامیدنی سالم بصورت مسئله‌ای حاد در آمده است. به همین سبب اندازه‌گیری دقیق غلظت یون‌های اصلی، فرعی و برخی از تشکیل دهنده‌های کمیاب در آب‌های زیرزمینی از اقدامات اولیه جهت بررسی کیفیت آب‌های زیرزمینی برای مصرف شرب می‌باشد(صاحب‌دل، ۱۳۸۸).

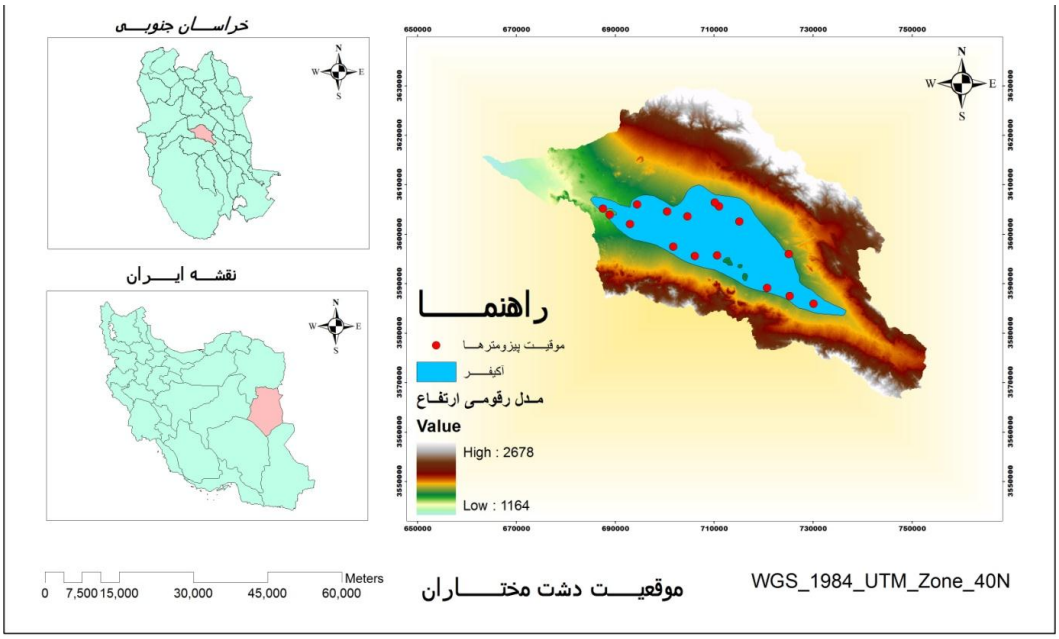
در این تحقیق پهنه بندی کیفی آب زیرزمینی دشت مختاران با تاکید بر مصرف شرب بااستفاده ازشاخص GQI مورد بررسی قرار گرفت.

ب- مواد و روش ها

۱- موقعیت جغرافیایی منطقه

محدوده مطالعاتی مختاران(شکل۱) از محدوده های کویرلوت ایران در استان خراسان جنوبی است. این محدوده در مختصات جغرافیایی ۷۱۵۷۴۴ طول شرقی و ۳۶۰۱۴۱۶ عرض شمالی واقع شده است. در شمال آن محدوده‌های بیرجند،در شرق آن علی آباد هامون، در غرب آن محدوده سربیشه، و در جنوب آن محدوده های سمن آباد قرار دارد. این

منطقه دارای اقلیم گرم و خشک می‌باشد، بهره‌برداری آب‌های زیرزمینی در این منطقه توسعه‌ی بسیار زیادی پیدا کرده است و تمامی آب لازم برای کشاورزی و شرب از این منابع تامین می‌شود. مساحت این حوضه ۲۵۰۸ کیلومتر مربع و محیط آن ۲۷۲ کیلومتر می باشد. حداکثر ارتفاع ۲۶۷۸متر و حداقل ارتفاع ۱۱۶۴ و در قسمت خروجی دشت و متوسط ارتفاع ۱۷۱۴ متر می‌باشد (شکل۱).



شکل۱- موقعیت دشت مختاران در خراسان جنوبی

در این پژوهش از طریق تعیین ضریب کیفیت آب زیرزمینیی (GQI) به ارزیابی کیفی آب شرب دشت مختاران اقدام گردید و برای این منظور از ۶ پارامتر شیمیایی شامل TDS، CL^-، SO_4^{2-}، Mg^{2+}، Ca^{2+} و Na^+ که بیشترین تاثیرگذاری را بر کیفیت آب شرب داشته و آنالیز آن‌ها کم هزینه بوده و همچنین در جدول استاندارد جهانی به آن‌ها اشاره شده است استفاده گردید. دستورالعمل ثابتی برای این ترکیبات شیمیایی ارائه نشده است وتنها آستانه برای حداکثر غلظت برای هر کدام در نظر گرفته شده است. هنگامی که سلامت انسان در کنار کیفیت مطلوب آب شرب اولویت می یابد، استانداردهای آب آشامیدنی برای اهداف دیگر نیز مناسب هستند. تعیین GQI از تلفیق پارامترهای مذکور با لحاظ وزن نسبی محاسبه شده برای هر یک از آنها در محیط GIS انجام گرفت. به طوری که وزن‌دهی هر یک از پارامترها در این تحقیق از طریق میانگین غلظت هر یک از آن‌ها در منطقه‌ی مورد مطالعه انجام شد و مقادیر بدست آمده‌ی GQI بین ۰ تا ۱۰۰ قرار گرفت. در نتیجه با توجه به جدول (۱) کیفیت آب تقسیم بندی گردید.

جدول ۱- تقسیم بندی کیفیت آب براساس GQI

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

جهت محاسبه‌ی شاخص GQI، ابتدا در محیط GIS با استفاده از روش کریجینگ(Kriging) داده‌های نقطه‌ای، برای هریک از این شش پارامتر شیمیایی نقشه‌ی رستری غلظت تهیه گردید(جودوی، ۱۳۸۸) در مرحله‌ی بعد برای این‌که داده‌های متفاوت دارای یک مقیاس و معیار مشترک شوند با استفاده از رابطه(۱) غلظت‌های هر پیکسل (X) نقشه‌های رستری که در مرحله‌ی قبل ایجاد شده بودند، با مقدار استاندارد سازمان جهانی بهداشت (WHO) آن پارامتر (X') ارتباط برقرار نمودند.

$$C = (X' - X)/(X' + X) \qquad (۱)$$

نتیجه‌ی این یکسان‌سازی مقیاس‌ها، تولید شش نقشه‌ی جدید بود که ارزش پیکسل‌های آنها بین ۱- و ۱ تغییر می‌کرد. غلظت‌ها در این نقشه‌ها بین ۱ و ۱۰ درجه بندی شدند تا نقشه‌ی رتبه بندی شده(map Rank) هر پارامتر بدست آمد. در این نقشه‌ها رتبه‌ی ۱ نشانگر کیفیت خوب آب زیرزمینی و رتبه ی ۱۰ بیانگر کیفیت نامناسب آب زیرزمینی بود. در واقع در این تبدیل واحد بایستی مقدار ۱- تولید شده در مرحله قبل به ۱ ، ۰ به ۵ و ۱ به ۱۰ در نقشه‌ی رتبه‌بندی شده تغییرکند. بدین منظور از رابطه‌ی (۲) که یک تابع چند جمله‌ای می‌باشد، برای تبدیل واحد هر پیکسل نقشه‌ی قبلی به مقدارجدید استفاده شد (Babiker et al., 2007).

$$r = (0.5 * C^2) + (4.5 * C) + 5 \qquad (۲)$$

به منظور ایجاد یک نقشه که نماینده‌ی تمام شش پارامتر شیمیایی باشد و وضعیت کلی کیفیت آب زیرزمینی را در مقایسه بااستاندارد WHO نشان دهد با استفاده از شاخص کیفیت آب زیرزمینی GQI (رابطه ۳) لایه‌های مربوط به پارامترها تلفیق گردیدند.

$$GQI = 100 - [(r_1 * w_1 + r_2 * w_2 + \cdots + r_6 * w_6)/6] \qquad (۳)$$

در این فرمول r ، رتبه‌ی هر پیکسل از نقشه‌های رتبه بندی شده و w وزن نسبی هر یک از پارامترها می‌باشد که برابر با مقدار میانگین نقشه‌ی رتبه‌بندی شده‌ی مربوطه می‌باشد. برای محاسبه‌ی GQI در واقع از پارامترهای مختلف، میانگین وزنی گرفته شد که پارامترهای با مقدار بیشتر (تفاوت بیشتر با مقدار استاندارد) دارای وزن نسبی بیشتر و در نتیجه تأثیرگذاری بیشتر بودند (Hiyama, 2010). با توجه به اینکه مقدار سمی بودن عناصر مختلف برای انسان متفاوت است، بنابراین در شرایطی استفاده از میانگین برای همه‌ی پارامترها صحیح می‌باشد، که مقدار سمی و خطرناک بودن آنها برای انسان تقریبا به

یک اندازه باشد و اگر یک یا چند عنصر، سمی‌تر از دیگر عناصر باشد، فرمول بایستی کالیبره شده و ضرایب تغییر کنند. همچنین جهت تعیین کیفیت آب شرب روش‌های مرسومی مثل دیاگرام شولر وجود دارد. عموماً به منظور تعیین کیفیت آب زیرزمینی برای مصارف شرب از نمودار شولر استفاده می شود، در این دیاگرام با توجه به غلظت املاح اصلی کیفیت آب زیرزمینی به شش رده غیرقابل شرب-کاملا نامطبوع- نامناسب- متوسط- قابل قبول و خوب طبقه بندی می‌گردد البته دیاگرام شولر امکان بررسی کیفی را فقط در یک نقطه‌ی آبخوان فراهم می‌کند و امکان استفاده‌ی آن بصورت پهنه بندی وجود نداشته و قادر به تهیه‌ی نقشه کیفیت که تمام پارامترهای شیمیایی درآن مؤثرند نمی‌باشد. که این موضوع احتمال اینکه در یک نمونه، پارامترهای مختلف در محدوده‌های کیفی متفاوت قرار گیرند را موجب می‌شود و در نتیجه کاربر را در تعبیر و تفسیر با مشکل روبه‌رو می‌کند. همچنین می‌توان ابراز داشت که چون این نمودار امکان بررسی کیفی را فقط در یک نقطه آبخوان فراهم می‌کند، از آن نمی‌توان برای مقایسه عناصر اصلی آب با استانداردهای مختلف اشاره کرد(نیک پیمان، ۱۳۹۲). در شکل۴ نمودار شولر وضعیت آب زیرزمینی محدوده مطالعاتی مختاران برای ۱۶ نمونه موجود، از نظر قابلیت مصرف شرب نشان داده شده است.

ج- نتایج و بحث

در این تحقیق برای ۱۶ نمونه آب منطقه مورد مطالعه(جدول۲) شاخص‌های آماری، حد مطلوب، حد عالی و حداکثر مجاز پارامترهای شیمیایی مورد مطالعه بر اساس استاندارد WHO (برحسب میلی گرم بر لیتر) تهیه شده است (Sheng & Jichao, 2013) که نتایج در جدول (۳) آورده شده است.

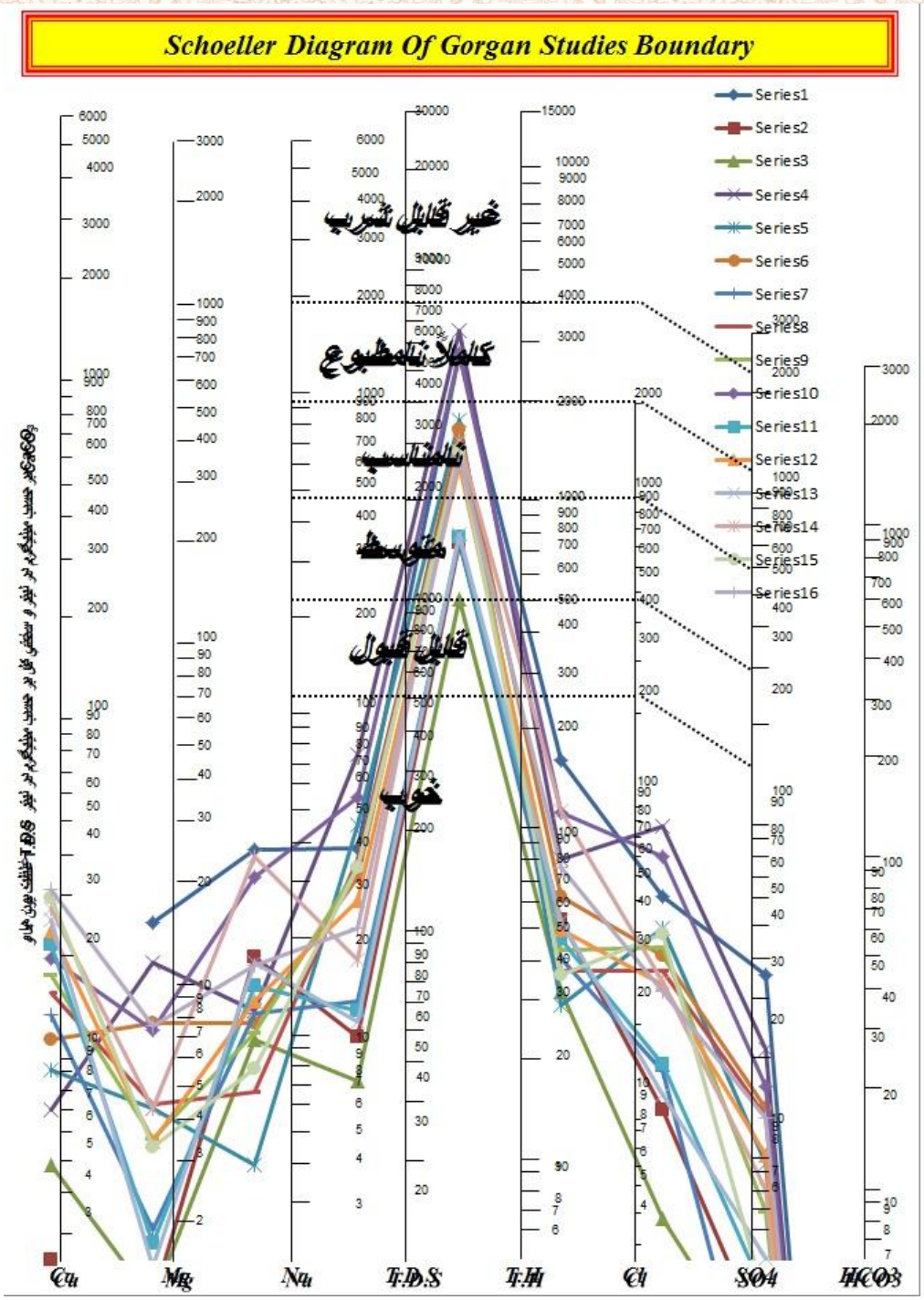
جدول۲- نتایج آنالیز شیمیایی ۱۶ نمونه‌ی آب منطقه‌ی مورد مطالعه(بر حسب میلی‌گرم بر لیتر)

پیزومتر	UTM-Y	UTM-X	tds	cl	so4	ca	mg	na
p1	3603967	688903	5526	45.4	35.1	24.8	24	37.6
p2	3595970	725105	1475	9.8	2.6	1.9	11.6	9.6
p3	3605662	711060	990	4.5	2.1	1.9	6.6	7
p4	3605178	687564	6480	75	21.1	19	8	74
p5	3589172	720761	3470	36	9.5	7	2.8	44.5
p6	3602063	692991	3230	29.6	14	12.6	7.4	30.4
p7	3604618	700531	1495	12.9	1.2	3.1	7.9	12.4
p8	3595751	710617	2971	26.6	13.2	7.2	4.6	34.6
p9	3602617	715171	2900	31.5	6.8	5.7	6.9	32.7
p10	3587535	725306	5507	60	16.2	12	19.9	54.1
p11	3603630	704605	1528	13.6	3.8	2.8	9.5	11.6
p12	3585940	730171	2545	24	10.1	5.6	8.6	25.6
p13	3606454	710166	1555	11	4.9	2.4	11.2	10.7
p14	3595576	706149	3000	24.5	7.9	7	23	16.8
p15	3606078	694484	2780	34.5	3.6	5.4	5.4	32.5
p16	3597517	701791	2694	23	13	12.3	10.9	21

جدول۳- شاخص‌های آماری و مقدار حداکثر مجاز آن‌ها براساس استاندارد WHO (برحسب میلی گرم بر لیتر)

پارامتر	ماکزیمم	مینیمم	حد مطلوب	حد عالی	WHO	میانگین
TDS	6480	990	500	300	1000	3009.1
SO42-	35.1	1.2	150	50	250	11.77
CL-	75	4.5	150	50	250	28.86
Na+	74	7	175	20	200	28.44
Mg2+	24	2.8	50	30	150	10.83
Ca2+	24.8	1.9	75	50	200	8.74

با توجه به میانگین پارامترها، می‌توان نتیجه گرفت که مقدار پارامتر TDS (کل مواد جامد محلول) در منطقه خیلی بیشتر از مقدار استاندارد WHO می‌باشد که نمودار شولر(شکل۲) هم نیز بیانگر همین موضوع است در صورتی که مقدار میانگین برای بقیه پارامترها کمتر از استاندارد می‌باشد. این نشان می‌دهد آب زیرزمینی آبخوان مختاران جهت شرب از لحاظ TDS در وضعیت نامناسبی قرار دارد.

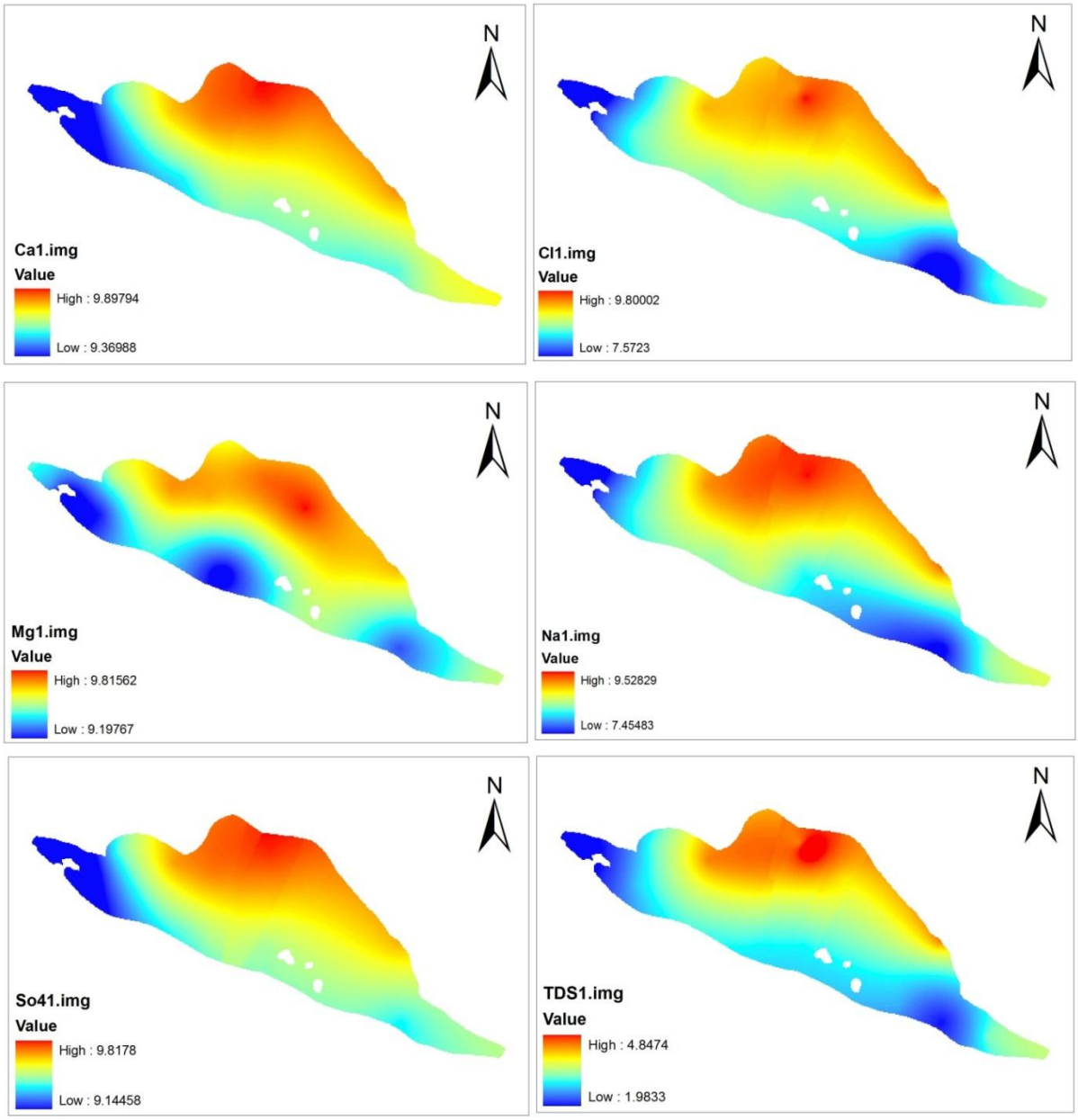


شکل۲-نمودار شولر مربوط به پیزومترهای انتخابی

۱- نقشه‌های رتبه‌بندی شده

یکی از نقشه‌های تهیه شده در این تحقیق نقشه‌های رتبه‌بندی شده مربوط به هر یک از شش پارامتر TDS ، CL^-، SO_4^{2-}، Mg^{2+}، Ca^{2+} و Na^+ می‌باشد. این نقشه‌ها مناطق بحرانی آبخوان را نسبت به هر یک از این پارامترها نشان می‌دهند. همچنین نتایج آماری مربوط به مقادیر شش نقشه‌ی رتبه‌بندی شده در جدول(۴) قابل مشاهده است. رتبه ۱ نشان دهنده کمترین تاثیر آب زیرزمینی و رتبه ۱۰ بیشینه آن است. در نقشه جدید،کمترین سطح شاخص آلودگی(۱-) برابر با ۱،

سطح حد متوسط(۰)برابر با ۵ و بیشترین سطح، معادل ۱۰ است. که با توجه به (شکل۳) غلظت‌ها در همه این نقشه‌ها، نزدیک به ۱۰ می‌باشد و در مجموع می‌توان نتیجه گرفت که آب منطقه از نظر شرب در رده‌ی نامناسب قرار می‌گیرد.

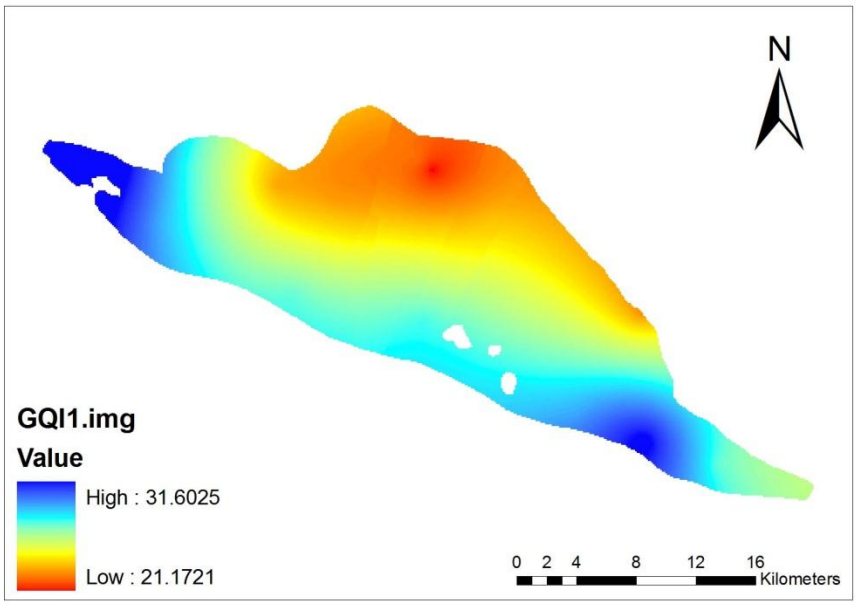


شکل۳- نقشه‌های رتبه‌بندی شده پارامترهای کیفیت آب زیرزمینی دشت مختاران

جدول ۴- پارامترهای آماری لایه‌ی r بدست آمده از پارامترهای شیمیایی که برای ایجاد GQI منطقه‌ی مورد مطالعه به کار گرفته شدند

پارامتر	ماکزیمم	مینیمم	میانگین	انحراف از استاندارد
TDS	4.84	1.98	3.28	0.57
SO_4^{2-}	9.81	9.14	9.62	0.13
CL^-	9.8	7.57	9.08	0.39
Na^+	9.52	7.45	8.81	0.42
Mg^{2+}	9.81	9.19	9.56	0.14
Ca2+	9.89	9.36	9.74	0.1

و سپس با استفاده از نقشه‌های رتبه بندی شده و وزن نسبی هر یک از پارامترها (میانگین نقشه‌های رتبه‌بندی شده) شاخص GQI محاسبه شد که این شاخص نماینده تمام شش پارامتر شیمیایی می‌باشد و وضعیت کلی کیفیت آب زیرزمینی را در مقایسه با استاندارد WHO (جدول۱) نشان می‌دهد.



شکل۴- نقشه GQI دشت مختاران

با توجه به مقدار GQI بدست آمده و مقایسه آن با استاندارد WHO (جدول۱) مقدار شاخص GQI در دشت مختاران بین ۲۱/۱۷ و ۳۱/۶۰ متغیر بوده و بیانگر آن بود که در مجموع آب‌های زیرزمینی منطقه‌ی مورد مطالعه از نظر استانداردهای آب آشیامیدنی در رده کاملا نامطبوع تا نامناسب قرار دارد.

د- نتیجه گیری

شاخص کیفیت آب زیرزمینی، ترکیب داده های آب با کیفیت های مختلف در دسترس را به شکلی قابل درک در می آورد. این شاخص ارائه دهندهٔ روشی برای مختصرسازی شرایط کلی کیفیت آب است که می تواند به خوبی ارائه شود و به درک این مسئله که آیا کیفیت کلی آب زیرزمینی خطری بالقوه برای استفاده های مختلف آب است یا خیر، کمک می کند .در نهایت این روش به ارزیابی آسیب پذیری آبخوان و نشان دادن موفقیت در حفظ و بهبود آن کمک می‌کند .در واقع، شاخص کیفیت آب، پارامترهای مختلف کیفی آب را برای ارائه مقدار شاخص نهایی با هم ترکیب می کند که می تواند برای مقایسه های مکانی استفاده شود. دراین تحقیق برای بررسی تعدادی از پارامترهای شیمیایی و تهیه‌ی نقشه‌ی کیفیت آب زیرزمینی دشت مختاران، از شاخص کیفیت آب زیرزمینی GQI استفاده گردید. تعیین GQI از طریق نرمال کردن و اندیس گذاری ۶ پارامتر شیمیایی مؤثر در کیفیت آب شرب از جمله TDS، CL^-، SO_4^{2-}، Mg^{2+}، Ca^{2+} و Na^+ به منظور ایجاد نقشه‌ی کیفیت از طریق شاخص کیفی GQI اقدام گردید. با تعیین میزان GQI مشخص شد که کیفیت آب

شرب منطقه‌ی مورد مطالعه از نظر استانداردهای آب آشامیدنی در رده‌ی کیفیت کاملا نامطبوع تا نامناسب قرار دارد. نقشه‌ی کیفیت آب زیرزمینی نشان داد که شاخص کیفی از جنوب به سمت شمال آکیفر مورد مطالعه کاهش یافته است که میتواند متاثر از عوامل زمین شناسی از قبیل لیتولوژی، مورفولوژی، جهت جریان، و همچنین عوامل بشرزاد باشد. همچنین طبق نمودار شولر که تغییرات پارامترهای کیفی برای هر یک از پیزومترها را نشان می‌دهد(شکل۲) نشان دهنده آن است که بیشتر پیزومترهای دشت مختاران از لحاظ پارامتر TDS در رده متوسط تا کاملا نامطبوع قرار دارند که باعث شده کیفیت آب این منطقه برای آشامیدن مناسب نباشد.

ه- فهرست منابع

برمکی، م.، و رضایی،م.، ۱۳۹۳. ارزیابی شاخص کیفیت آب زیرزمینی(GQI) در آبخوان لنجانات با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی. نشریه زمین‌شناسی مهندسی، ۸، شماره۲.

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.

جوکار، ک.، کلانتری، ن.، رحیمی، م. و رحمانی، غ.، ۱۳۹۰. ارزیابی کیفیت شرب آبخوان آهو دشت با استفاده از GQIچهارمین کنفرانس مدیریت منابع آب.

صاحبدل، م.، ۱۳۸۸ . بررسی هیدروشیمی کارست منطقه شیرین بهار .پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید چمران اهواز.

مطوری، ف.، کلانتری، ن. و رحیمی، م.ح.، ۱۳۸۵. ارزیابی کیفیت شیمیایی و آلودگی کلی فرم آب های زیرزمینی شرق دزفول از لحاظ شرب با استفاده از تکنیک GIS. بیست و پنجمین همایش علوم زمین، سازمان زمین شناسی کشور، تهران.

نیک‌پیمان، و. و محمدزاده،ح.، ۱۳۹۲. ارزیابی تغییرات مکانی کیفیت آب زیرزمینی دشت مشهد با استفاده از شاخص GQI. اولین کنفرانس ملی مهندسی اکتشاف منابع زیرزمینی. دانشگاه شاهرود.

Babiker, S., Mohamed, M. A. A. and Hiyama, T., 2007. Assessing groundwater quality using GIS, water Resour Manage, 21: 699-715.

Luka, F., Jonas, L., 2009. Groundwater: Modeling, Management and Contamination. Nova Science publishers, Inc.

Hiyama, T., 2010. Evaluation of groundwater vulnerability (and susta inability). 20th UNESCO – IHP training course, DOI 10.1007/S11269-006-9059-6.

Sheng, sh. and Jichao, l., 2013. Suitability assessment of deep groundwarer for drinking, irrigation and industrial purposes in Jiaozuo City,Henan Province, north China"Chinese science bulletin.

World Health Organization (WHO), 2008. Guidelines for Drinking-Water Quality", Second addendum. Vol. 1, Recommendations, 3rd ed. ISBN 9789241547604.