نشریه شمـاره ۹، بهار و تابستان ۱۳۹۶، صفحات ۱۱۹-۱۰۷

نشریه مدیریت بیابـان
www.isadmc.ir

انجمن علمی مدیریت و کنترل مناطق بیابانی ایران

بررسی تغییرات زمانی و مکانی کیفیت آب زیرزمینی جهت شرب و کشاورزی در دشت یزد-اردکان

جواد رفیع شریف آباد[۱]، احمد نوحه گر[۲]، غلامرضا زهتابیان*[۳]، حمید غلامی [۴]

۱. دانش آموخته دکتری بیابانزدایی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان
۲. استاد، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران
۳. استاد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران
۴. استادیار، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان
* نویسنده مسئول: ghzehtab@ut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۸/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۳/۲۰

چکیده

در چند دهه اخیر، کیفیت آب های زیرزمینی در بیشتر مناطق ایران دارای شرایط بحرانی شده است. به همین جهت مدیریت منابع آب به ویژه آب‌های زیر زمینی دارای اهمیت زیادی شده است. هدف از تحقیق حاضر، بررسی روند زمانی و مکانی تغییرات کیفیت آب زیرزمینی دشت یزد- اردکان جهت مصارف شرب و کشاورزی بر اساس دیاگرام شولر و ویلکاکس است. درمقاله حاضراز پارامترهای هدایت الکتریکی، نسبت جذبی سدیم، اسیدیته، کلسیم، کلر، منیزیم، سدیم و سولفات استفاده شد و پهنه‌بندی داده‌های کیفی با روش زمین آماری کریجینگ انجام شد و سپس طبقه‌بندی آب منطقه با استفاده از دیاگرام شولرو ویلکاکس صورت گرفت. نتایج نشان داد که به جز قسمت‌های شمال شرق، بقیه دشت جهت مصارف شرب از کیفیت آب خوب و قابل قبولی برخوردار می‌باشد و با گذشت زمان نیز از کیفیت آب زیرزمینی کاسته شده است. در مورد مصارف کشاورزی نیز تقریبا به همین صورت بوده است و بیشترین میزان آلودگی مربوط قسمت های شمالی و شرقی بوده و وسعت آن نیز با گذشت زمان افزایش یافته است. از دلایل اصلی کاسته شدن کیفیت آب را می‌توان از یک سوافزایش برداشت به دلیل گسترش نواحی شهری و فعالیت های صنعتی بویژه در شهرستان‌های میبد و اردکان ونیزکشاورزی سنتی وکاشت درختان پسته در وسعت زیاد و از سوی دیگر خشکسالی‌های اخیر در منطقه دانست که باعث گردیده است تا منبع تغذیه نیز کاهش یابد. این عوامل باعث گردیده تاعلاوه براینکه برداشت آب در این بازه زمانی افزایش یافته و افت سفره صورت گیرد؛ به دلیل افت شدید، سفره‌های آب شور وشیرین نیز اختلاط گردد و از کیفیت آب کاسته شود.

واژگان کلیدی: شولر؛ ویلکاکس ؛کیفیت آب؛ شرب

Archive of SID

www.SID.ir

■ **مقدمه**

مساله کمبود آب برای کشورهایی چون ایران که دارای آب و هوای خشک و نیمه خشک است از دیر باز وجود داشته است، لذا دسترسی به منابع آب جهت شرب،کشاورزی و صنعت از نظر کیفی حائز اهمیت می‌باشد (۱۴، ۲۰، ۲۵). علاوه بر کمبود منابع آب که خود معضل اساسی جوامع در عصر حاضر است، آلوده شدن آن مشکلات آب را به عنوان یکی از اساسی ترین عوامل حیات انسان دوچندان می‌کند (۲۱، ۲۲). از این رو لازمه هر گونه اقدام جهت کنترل و کاهش آلاینده های آب‌های زیرزمینی و تاثیرات آنها، آگاهی کامل از نحوه توزیع و پراکندگی آلاینده های موجود می‌باشد که در اختیار داشتن چنین اطلاعاتی صرفا از طریق ایستگاه‌های سنجش آلودگی توزیع یافته در سطح منطقه مورد مطالعه و درونیابی نقاط نمونه برداری شده و انجام آنالیزهای مختلف امکان پذیر می‌باشد (۲۴). از این رو روش‌های زمین آماری به توجه به داشتن توانمندی‌هایی چون کاهش تعداد نمونه‌برداری، کاربرد توام و ارائه برآوردهای دقیق‌تر از وضعیت مکانی متغیرها، به لحاظ استفاده میتوانند باعث کاهش هزینه‌ها و افزایش دقت برآوردها شود. این دانش در سایر علوم همچون هواشناسی کشاورزی، اقلیم شناسی، خاکشناسی و زیست شناسی کاربرد فراوان دارد. از سویی دیگر در سال‌های اخیر پژوهشگران بسیاری به کمک روش‌های زمین آماری مبادرت به تهیه‌ی نقشه‌های کیفی آب‌های، زیرزمینی نموده‌اند که در ذیل به چند نمونه از این مطالعات اشاره می‌شود:

در پژوهشی به بررسی غلظت آرسنیک در آب‌های زیرزمینی بنگلادش پرداخته شد و در این مطالعه از اطلاعات چاه‌ها برای تخمین غلظت و تهیه نقشه احتمال از روش میان یابی کریجینگ گسسته استفاده گردید و نتایج نشان داد که در منطقه مورد مطالعه ۳۵ میلیون نفر در معرض غلظت بالای آرسنیک ۵۰ میلی گرم در لیتر و ۵۰ میلیون نفر در معرض غلظت ۱۰ میلی گرم در لیتر می‌باشند (۷).

در مطالعه‌ای از روش زمین آماری کریجینگ در بررسی تغییرات مکانی کیفیت آب زیرزمینی دشت بالارود استان خوزستان استفاده شد و به این نتیجه رسیدند که متغیرهای هدایت الکتریکی، کلر و سولفات به ترتیب دارای دامنه‌ی تاثیر ۶۱۷۰۰، ۵۰۸۰۰ و ۱۰۲۱۰۰ متر و حد آستانه ۰/۵۳۳، ۱/۵۳۲و ۲/۵ بوده و واریوگرام آنها از ساختار کروی تبعیت می‌کند (۱۷).

در مطالعه‌ای کیفیت آب های زیرزمینی دشت‌های کشاورزی تریفا در شمال شرق مراکش از نظر اندازه نیترات آمونیوم و آلودگی‌های باکترولوژیکی از روش کریجینگ معمولی برای مطالعه وپهنه‌بندی نقشه کیفی آب‌های زیر زمینی استفاده گردید. نتایج آنها نشان دهنده تغییرات معنی‌دار در مقایسه با مطالعات قبلی بود و بیان نمودند که اگر هیچ نوع برنامه‌ی دراز مدت بازدارنده صورت نگیرد، توسعه اراضی کشاورزی در این مناطق باعث تخریب کیفیت آبهای زیرزمینی می‌گردد (۷).

جهت تهیه نقشه خطر نیترات در دشت مادنا درایتالیا از روش کریجینگ گسسته و روش‌های شبیه سازی استفاده گردید. نتایج نشان داد که روش کریجینگ گسسته برای مطالعه‌ی خطر تخریب کیفیت آب‌های زیرزمینی مناسب است (۱).

پژوهشگران در مطالعه‌ای با هدف ارزیابی کیفیت آب مخازن چاه نیمه سه گودال در جنوب دشت سیستان، واقع در حوالی مصب هیرمند پرداختند و به بررسی غلظت کاتیونهایCa، Mg، Na و آنیونهای Cl و So4 و پارامترهای TH، TDS و EC در ۹ ایستگاه واقع در این منطقه پرداختند و در نهایت نتایج حاصل از آنالیز نمونه‌ها بر روی نمودارهای شولر و ویلکاکس منعکس گردید. بررسی‌ها حاکی است که کیفیت آب مخازن به لحاظ شرب، با توجه به نمودار شولر در طبقه قابل قبول جای دارد و به لحاظ کشاورزی، با توجه به نمودار ویلکاکس در طبقه C3S1 که معرف کیفیت متوسط است، قرار می‌گیرد (۱۱).

در پژوهشی، تغییرات مکانی عمق و شوری آب زیرزمینی مناطق کشاورزی در شمال ترکیه بررسی شد. آنان در این پژوهش از داده‌های ماهانهٔ یک سال ۲۰۰۳تا ۲۰۰۴ در۶۰ چاه مشاهداتی استفاده کردند. نتایج تحقیق حاکی از این بود که قسمت شرقی محدودهٔ مورد مطالعه

Archive of SID

www.SID.ir

که دارای زهکشی ضعیفی است، دارای بیشترین خطر برای شوری می‌باشد (۴).

در مطالعه‌ای بر روی کیفیت آب‌های زیرزمینی در حوزه کاشان،خصوصیات فیزیکی آنها مانندPH، TH، EC و TDS مورد بررسی قرار گرفت. درصد Na نشان داد که فقط ۵۳٪ از نمونه‌ها برای آبیاری مجاز می‌باشند (۱۲).

در تحقیقی تحت عنوان آنالیز آماری پراکنش آب زیرزمینی در ایالت Alessandria (ناحیه ای در شمال غربی ایتالیا)، اقدام به نمونه برداری از ۴۴ چاه در طول تابستان و بهار (۲۰۰۱) برای تعیین ۲۹ پارامتر کیفی آب شد. نتایج نشان دهنده تفاوت معنی‌داری در ترکیب آب میان روستاهای کوچک ناشی از آلودگی انسان و مناطق دورتر از روستاها بود (۱۵).

نمونه آب از ده حلقه چاه مختلف در سراسر نیاتین کرا در هند جمع‌آوری گردید و پارامترهایی مانند So4، PH، EC،TDS و Co2 به مدت چهار ماه از مارس ۲۰۱۲ تا ژوئن ۲۰۱۲ با استفاده از روش‌های استاندارد اندازه‌گیری گردید. پارامترهایی مانند PH، EC و So4 در داخل حدود مجاز توصیه شده توسط WHO[1] بود اما در برخی از سایت‌ها TDS بیش‌تر از حد مجاز بود (۱۶).

در منطقه بمبئی در هند با استفاده از شاخص کیفی آب زیرزمینی، به ارزیابی تغییرات زمانی و مکانی در کیفیت آب زیرزمینی پرداخته شد. در این مطالعه از ۱۵ چاه نمونه برداری صورت گرفت و نتایج به دست آمده نشان دهنده‌ی آن است که ۷۴٪ از نمونه‌های برداشت شده در طبقه‌ی آب‌های غیر قابل شرب قرار دارند و برای شرب مناسب نیستند، زیرا منطقه مورد مطالعه در یک ناحیه صنعتی قرار گرفته و فعالیت‌های انسانی منجر به آلودگی منابع طبیعی از جمله آب‌های زیرزمینی منطقه شده است (۱۸).

با توجه به مطالعات یاد شده و اهمیت مطالعه بررسی کیفیت آب زیرزمینی از یک سو و وابستگی شدید مردم در دشت یزد به این منابع آب زیرزمینی، بررسی روند تغییرات کیفیت آب لازم و ضروری به نظر می‌رسد. از این رو در این تحقیق به بررسی روند تغییرات مکانی و زمانی خصوصیات کیفی آب زیرزمینی دشت یزداردکان با استفاده از دیاگرام شولر و ویلکاکس در سال‌های ۱۳۷۵ و ۱۳۹۳ پرداخته و نقشه‌های مربوط به این تغییرات نیز تهیه گردید.

■ مواد و روش‌ها

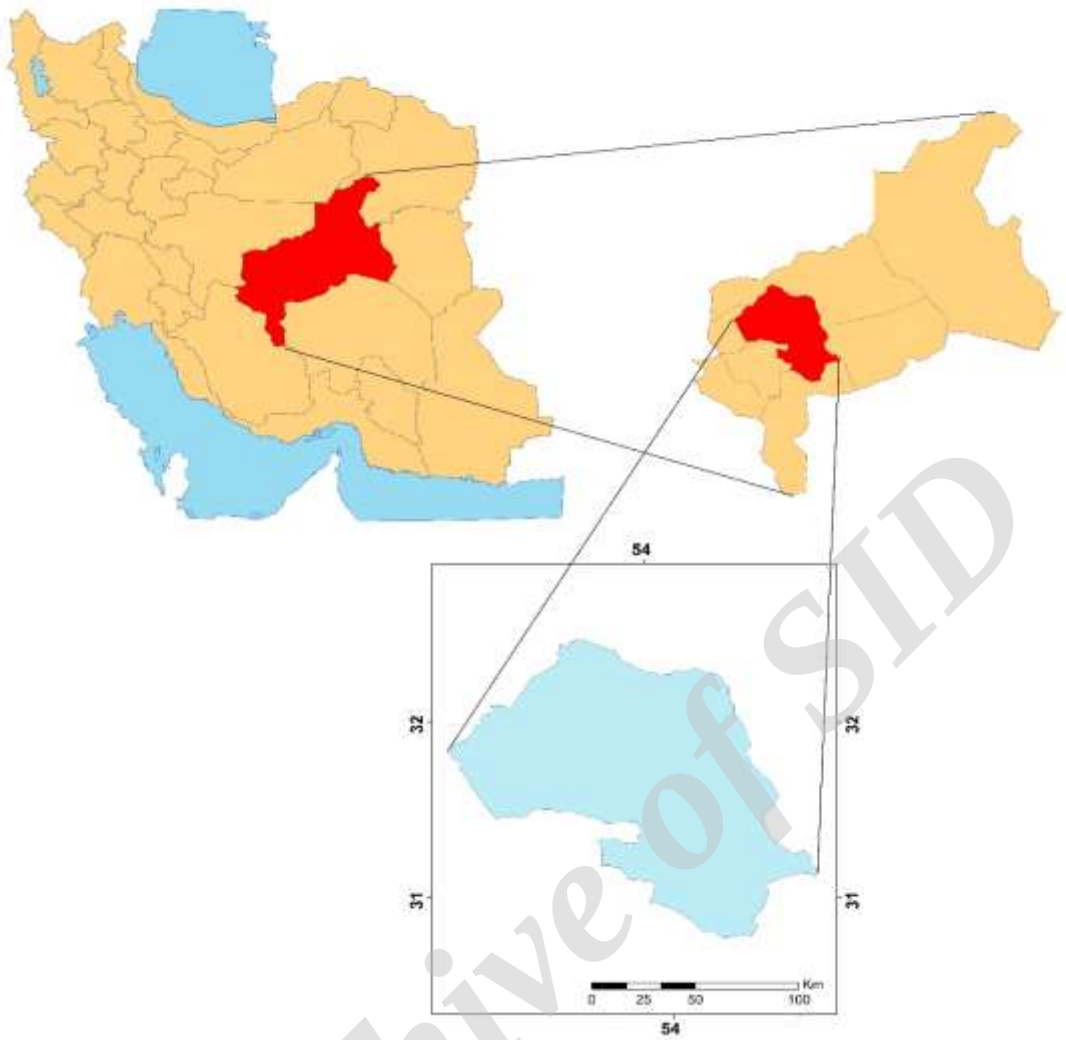
معرفی منطقه

دشت یزد- اردکان یکی از وسیع ترین دشت‌های استان یزد می‌باشد که در طول جغرافیایی '۱۵ °۵۳ تا '۵۰ °۵۴ شرقی و در عرض جغرافیایی '۱۵ °۳۱ تا '۱۵ °۳۲ شمالی قرار دارد که از جهت غرب و جنوب غرب به کوه‌های شیر کوه و از سمت شرق به کوه های خرانق منتهی می شود. شهرهای اردکان، میبد، اشکذر، صدوق، مهریز و یزد در این دشت واقع هستند و طول و عرض تقریبی دشت به طور متوسط به ترتیب، ۱۲۰ و ۳۵ کیلومتر می‌باشد (۱۲). این منطقه به علت واقع بودن در زیر مرکز فشار زیاد جنب استوائی دارای بارندگی کم و نوسانات درجه حرارت زیاد است. این منطقه جزء کمربند خشک فلات مرکزی ایران با متوسط دمای ۱۲-۱۹°C و نوسان رطوبتی پائین بین ۳۰ تا ۵۰٪ و تبخیر شدید بین ۲۲۰ mm در زمستان تا ۳۲۰۰ mm در تابستان همراه با بارش‌های اندک و نامنظم با میانگین بارش سالیانه ۱۰۶ mm و اقلیم آن از نوع اقلیم بیابانی و نیمه بیابانی در مقیاس کوپن می‌باشد که علاوه بر محدودیت‌های آب و هوایی از لحاظ کمبود آب و محدودیت‌های شوری و قلیایی بودن، نیز با مشکل روبروست. تخلیه کل سالانه منابع آب زیر زمینی دشت یزد- اردکان با احتساب چاه‌های خانگی در مناطق مهریز و اردکان جمعاً ۵۶۴/۰۴۶ میلیون متر مکعب می‌باشد که از این میزان ۸۲٪ به مصرف کشاورزی، ۵٪ صنعت و ۱۳٪ باقیمانده مربوط به مصرف شرب و بهداشت می‌باشد (۱۲)(شکل ۱).

[1] World Health Organization

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱. موقعیت دشت یزد ـ اردکان در ایران و استان یزد

به‌منظور بررسی تغییرات مکانی و زمانی پارامترهای کیفی منابع آب زیرزمینی دشت یزد- اردکان از آمار و اطلاعات ۴۵ چاه مربوطه در دوسال ۱۳۷۵و ۱۳۹۳ که توسط سازمان آب منطقه‌ای استان یزد برداشت و آنالیزهای کیفی روی آنها انجام شده بود؛ استفاده گردید. به دلیل حجم بالای آمار و اطلاعات تنها ابتدا و انتهای دوره سال‌های ۱۳۷۵ و ۱۳۹۳ مورد بررسی قرار گرفت. بعد از نرمال سازی داده‌ها، برای اینکه بتوان بهترین روش زمین‌آماری را جهت درون‌یابی مشخص کرد از معیار RMSE به عنوان معیار خطا استفاده می‌شود و روشی که کمترین RMSE را دارا باشد به عنوان مناسب ترین روش درونیابی جهت ترسیم نقشه پارامترهای کیفی انتخاب می‌گردد. نقشه درون‌یابی برای هر پارامتر را مجددا بر اساس دیاگرام شولر و ویلکاکس طبق جداول ۱و ۲ طبقه بندی می‌کنند و سپس پارامترها را با هم تلفیق کرده و نقشه کیفیت آب برای هر سال جهت مصارف شرب و کشاورزی تهیه می‌گردد. در انتها به بررسی روند تغییر پارامترها و شناسایی مناطق بحرانی و آلوده پرداخته می‌شود.

کریجینگ یک روش تخمین است که بر منطق میانگین متحرک وزن‌دار استوار می‌باشد و به عنوان بهترین تخمینگر خطی ناریب شناخته می‌شود (۹). شرط استفاده از روش کریجینگ آن است که متغیر Z دارای توزیع نرمال باشد. در غیر اینصورت باید از روش کریجینگ غیرخطی استفاده و یا به‌نحوی توزیع متغیر نرمال گردد.

Archive of SID

www.SID.ir

رابطه کلی کریجینگ به‌صورت رابطه ۱ است:

$$Z^*(x_i) = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i Z(x_i) \qquad (۱)$$

که در آن، Z* (Xi) : مقدار تخمینی متغیر در موقعیت Xi، λ_i: وزن مربوط به نمونه i ام، Z(Xi) : مقدار متغیر iام و n نیز تعداد مشاهدات است.

روش زمین آماری دیگر، فاصله وزنی معکوس[1] می‌باشد که با وزن دهی به داده‌های اطراف نقطه مورد برآورد، کمیت مجهول را بدست آورده و درون‌یابی را انجام می‌دهد. ضمناً چنین فرض می‌شود که نقاط نزدیک به یکدیگر شباهت بیشتری نسبت به نقاط دورتر دارند، بنابراین نقاط نزدیکتر وزن بیشتری دارند.

رابطه کلی فاصله وزنی معکوس با استفاده ازرابطه ۲ به دست آمد.

$$Z = \frac{1/d_i{}^p}{\sum_{i=1}^{n} 1/d_i{}^p} \qquad (۲)$$

که در آن d_i : فاصله میان x_0 و x_i ، p : توان پارامتر و n تعداد کل نمونه‌ها می‌باشد.

برای ارزیابی میزان خطا و انتخاب بهترین روش میانیابی، معیارهای مختلفی نظیر میانگین مطلق خطا (MAE)، میانگین خطای انحراف (MBE) و ریشه مجذور مربعات خطا (RMSE)، وجود دارد. در تحقیق حاضر بدین منظور از روش RMSE استفاده گردید که در رابطه‌های ۳ و ۴ فرمول آن‌ها ذگر گردیده است. RMSE به عنوان پارامتری مهم جهت نشان دادن دقت تحلیل مکانی در GIS و RS می‌باشد (۱۷).

$$RMSE = \left(\sum (Z^*(xi) - Z(xi))^2 / n\right)^{1/2} \qquad (۳)$$

Z*(x) : مقدار برآورد شده متغیر مورد نظر، Z(xi) : مقدار اندازه گیری شده متغیر مورد نظرو n : تعداد داده‌ها می‌باشد.

بررسی کیفیت آب زیرزمینی جهت مصارف کشاورزی و شرب انسان

جهت مصارف کشاورزی یک طبقه بندی در سال 1948توسط ویلکاکس ارائه گردیده است که از روش های متداول برای طبقه بندی آب آبیاری جهت مصرف کشاورزی بر حسب EC و SAR می‌باشد. این روش ضمناً به روش آزمایشگاه شوری خاک آمریکا مرسوم است، بر اساس آن نمودار معروف ویلکاکس بر اساس دو عامل نامبرده رسم و هریک از عوامل به چهار قسمت تقسیم شده که در مجموع، باعث پدید آمدن ۱۶ گروه کیفیت آب می‌گردند. جهت مصارف شرب یک استاندارد به نام شولر ارائه شده است و برای طبقه بندی آن از دیاگرام شولر استفاده شده است. این دیاگرام بر اساسCl،SO4، Ca، Mg، Naو PH آب است.

جدول ۱. طبقه بندی آب شرب طبق دیاگرام شولر (۱)

طبقه بندی آب	PH	Ca	Mg	Na	So4	Cl
قابلیت شرب (خوب)	۷/۲	۲۰	۴/۵	۶۹	۳۷	۲۸
قابلیت شرب (قابل قبول)	۷/۸	۲۵	۶	۷۳	۴۸	۳۵
نامناسب	۹	۸۵	۳۷	۱۰۴	۵۷	۵۴
بد	۱۰	۱۳۰	۷۲	۷۳۰	۶۵۰	۵۵۰

[1] Inverse Distance Weighted

Archive of SID

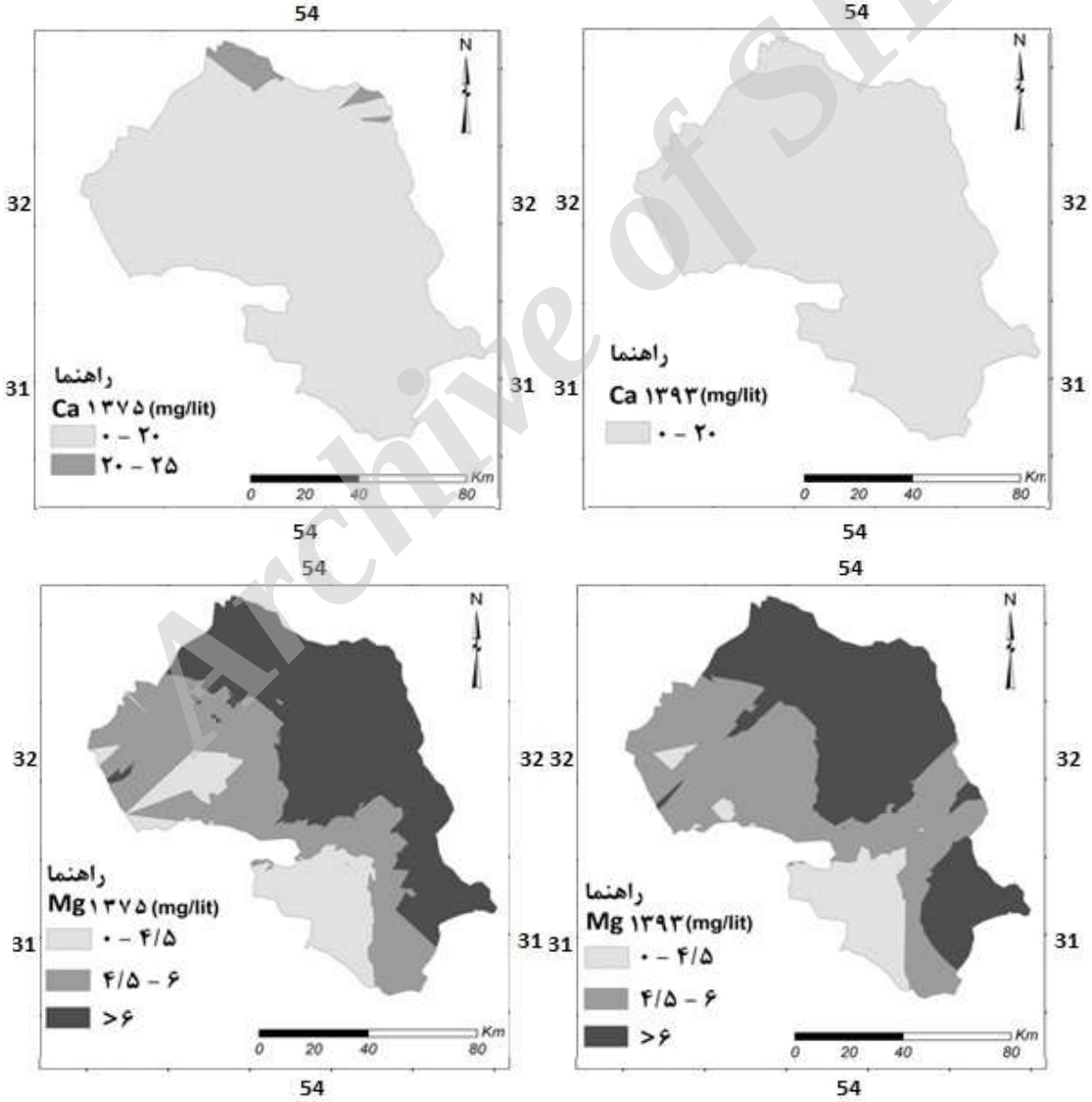
www.SID.ir

جدول ۲. طبقه بندی آب کشاورزی طبق دیاگرام ویلکاکس (۱)

طبقه بندی آب	EC	SAR
کم	۱۰	250
متوسط	۱۸	750
زیاد	۲۶	2250
خیلی زیاد	>۲۶	2250<

■ نتایج

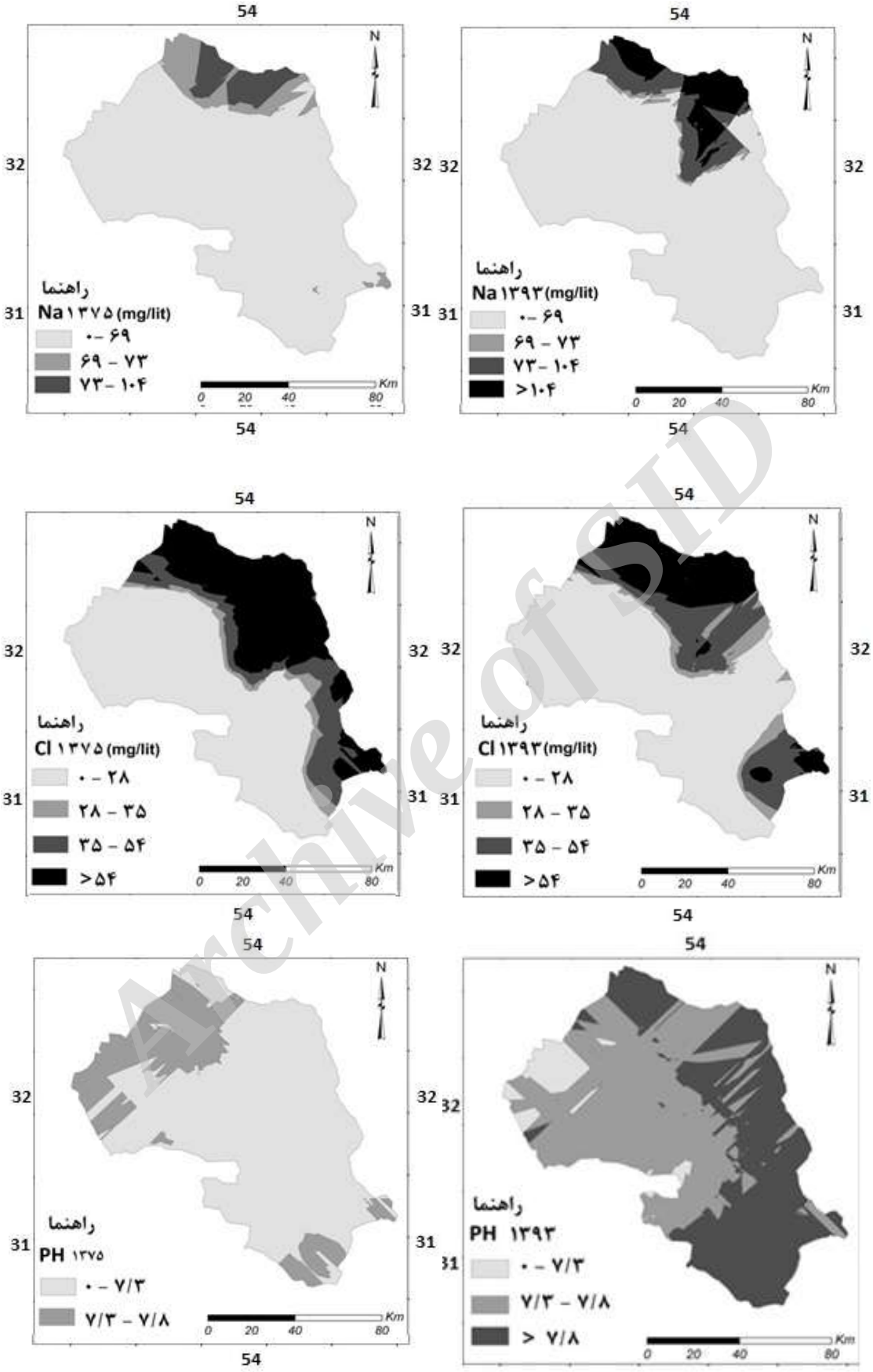
شکل۲ نقشه‌های پهنه بندی مکانی هر یک از پارامترهای مربوط به طبقه بندی شولر را در دو سال۱۳۷۵ و ۱۳۹۳ نشان می‌دهد.



شکل ۲. نقشه‌های پهنه بندی مربوط به پارامترهای کیفی شولر

Archive of SID

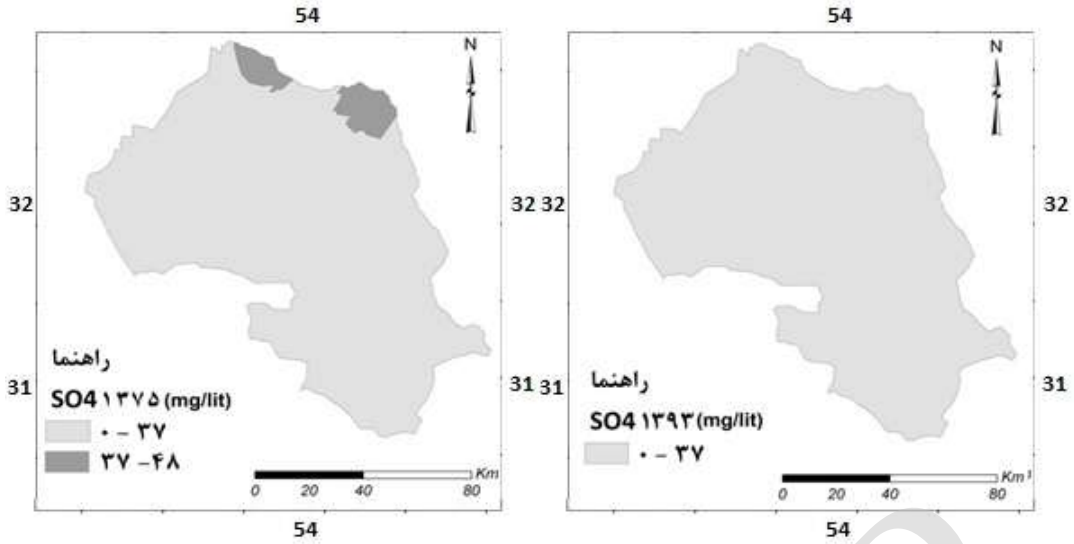
www.SID.ir



ادامه شکل ۲. نقشه‌های پهنه بندی مربوط به پارامترهای کیفی شولر

Archive of SID

www.SID.ir



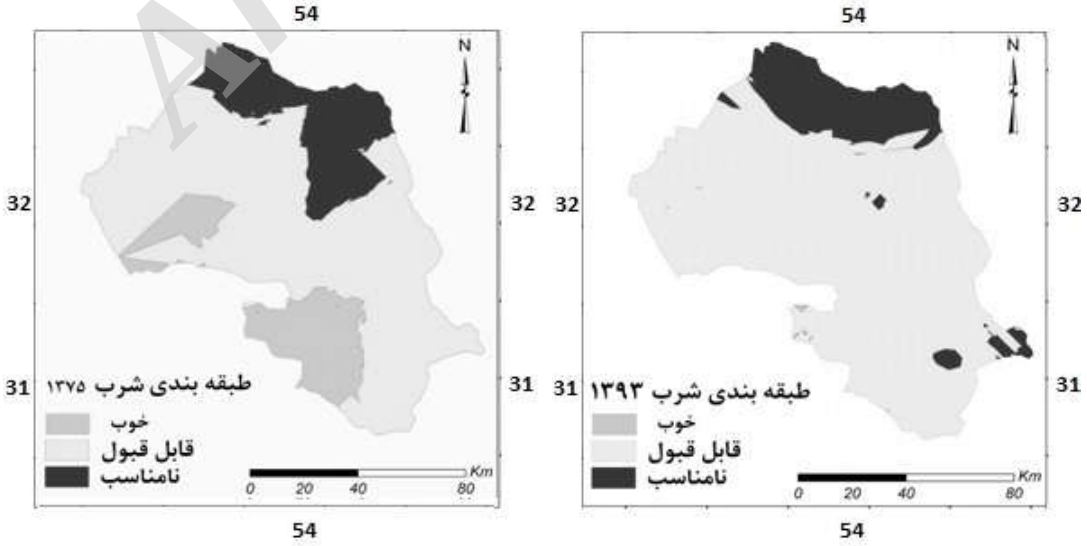
ادامه شکل ۲. نقشه‌های پهنه بندی مربوط به پارامترهای کیفی شولر

طبق نتایج به‌دست آمده عنصر Ca و So4 در طی این دو سال در کلاس خوب قرار داشته و از لحاظ شرب در بهترین کلاس قرار دارند و تغییرات چندانی نداشته‌اند. برای پارامتر کلر بیشترین میزان آلودگی در قسمت‌های شمال و شرق منطقه قرار دارد که با گذشت زمان از میزان آلودگی کاسته شده است. برای پارامتر EC، تقریبا اکثر منطقه دارای میزان بالایی از این عنصر می‌باشد که شدت آن در قسمت‌های شمال و شرق منطقه بیش از سایر مناطق است و با گذشت زمان بر شدت آن افزوده شده است.

برای Mg نیز بررسی‌ها نشان داد که مقدار این عنصر در سال ۷۵ در بخش‌های شمال و شرق منطقه بیشتر از حد مجاز بوده که به تدریج از مقدار آلودگی این عنصر کاسته شده و در سال ۹۳ فقط بخش‌هایی از منطقه دارای آلودگی می‌باشد.

برای پارامترهای SAR و Na نیز نتایج نشان داد که مقدار این عنصر در طی این دوره در طبقه خوب قرار داشته تنها قسمت‌هایی از شمال شرق منطقه دارای میزان بالاتری از این عنصر است و با گذشت زمان نیز برمیزان آن افزوده شده است.

در نهایت با تلفیق لایه‌های Ca، Cl، Mg، Na، So4و PH وضعیت کیفی آب منطقه جهت مصارف شرب بر اساس طبقه بندی شولر در سال‌های ۱۳۷۵ و ۱۳۹۳ تهیه شد (شکل ۳).



شکل ۳. نقشه کیفیت آبهای زیر زمینی منطقه مورد مطالعه جهت مصارف شرب بر اساس طبقه بندی شولر

Archive of SID

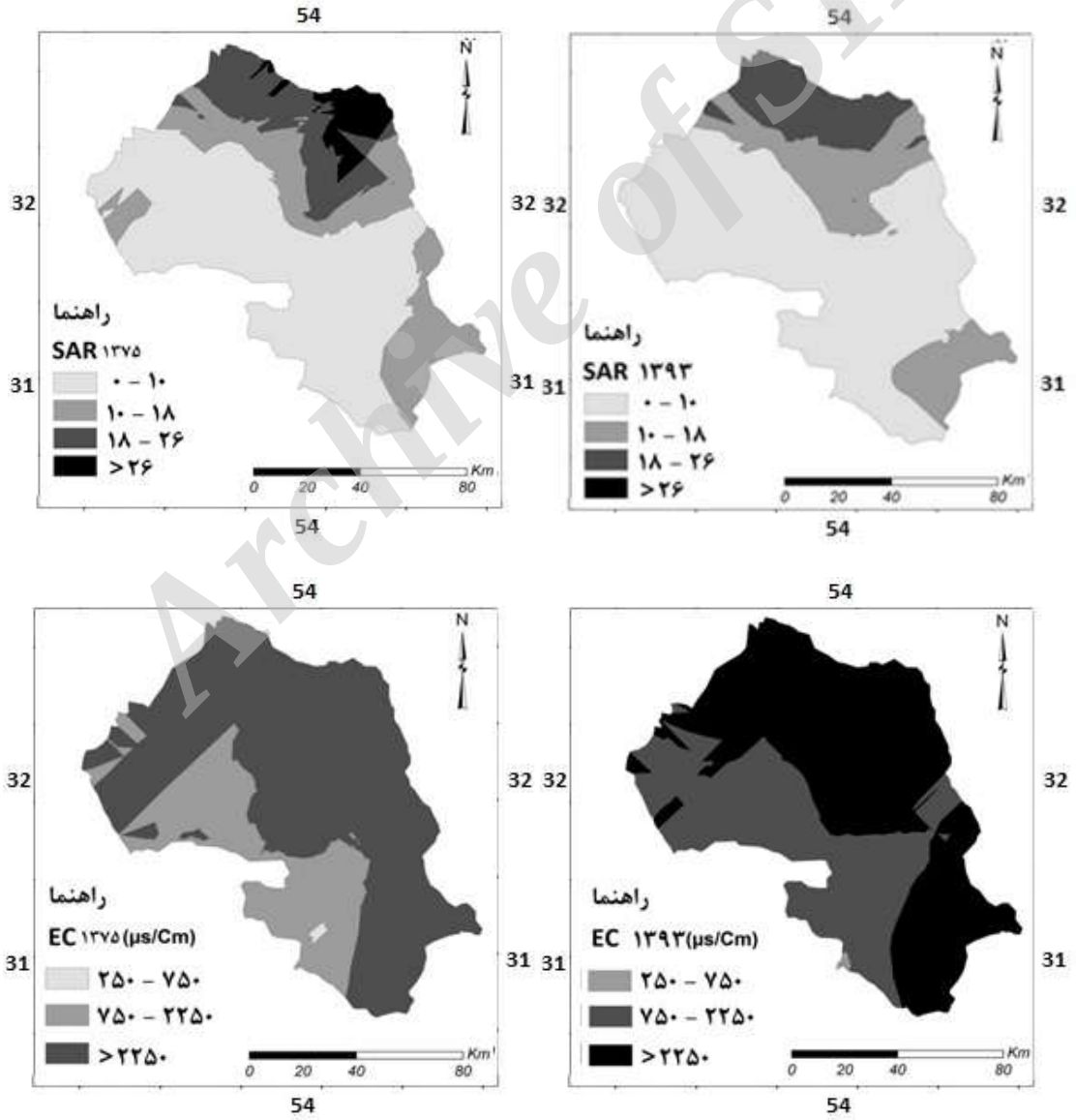
www.SID.ir

جدول۳، مساحت مربوط به هر یک از کلاس‌های طبقه‌بندی شولر را بر اساس درصد و کیلومتر مربع نشان می دهد.

جدول ۳. مساحت گروههای مختلف آب جهت مصارف شرب

سال	وضعیت آب	درصد	مساحت(کیلومترمربع)
۱۳۷۵	کیفیت خوب	۱۵	۱۸۰۰
۱۳۷۵	کیفیت قابل قبول	۶۶	۷۸۰۰
۱۳۷۵	کیفیت نامناسب	۱۹	۲۱۰۰
۱۳۹۳	کیفیت خوب	۱	۱۱۰
۱۳۹۳	کیفیت قابل قبول	۸۴	۹۸۷۰
۱۳۹۳	کیفیت نامناسب	۱۵	۱۷۲۰

نقشـــه‌های پهنه‌بندی مکانی پارامترهای آب زیرزمینی جهت مصارف کشاورزی بر اساس روش ویلکاکس؛ جهت طبقه بندی آب کشاورزی ترسیم گردیده است (شکل ۴)

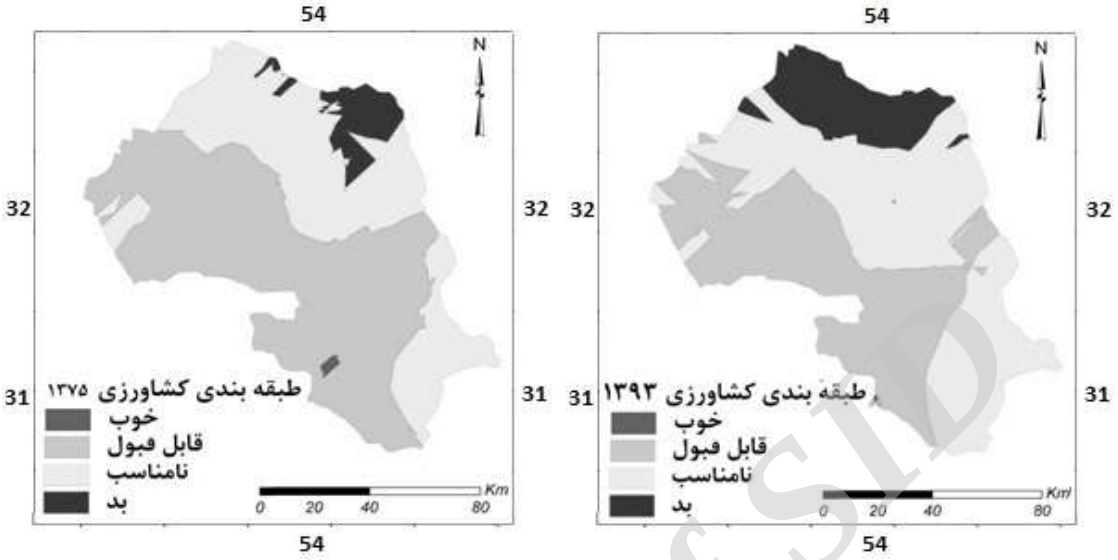


شکل ۴. نقشه‌های پهنه بندی کیفیت آب زیرزمینی طبق دیاگرام ویلکوکس

Archive of SID

www.SID.ir

در نهایت با تلفیق لایه‌های SAR و EC وضعیت کیفی آب منطقه جهت مصارف کشاورزی بر اساس طبقه‌بندی ویلکاکس در سال‌های ۱۳۷۵ و ۱۳۹۳ تهیه شد (شکل ۵) و مساحت هر کدام از گروه‌ها محاسبه شد (جدول۴).



شکل ۵. نقشه کیفیت آب‌های زیر زمینی منطقه بر اساس طبقه بندی ویلکاکس

جدول۴. مساحت گروه‌های مختلف آب بر اساس طبقه بندی ویلکاکس

گروه	سال	وضعیت آب	مساحت(کیلومترمربع)
اول	۱۳۷۵	کیفیت خوب	۴۵۰
دوم	۱۳۷۵	کیفیت متوسط	۴۵۲۰
سوم	۱۳۷۵	کیفیت نامناسب	۵۶۶۰
چهارم	۱۳۷۵	کیفیت بد	۱۰۷۰
اول	۱۳۹۳	کیفیت خوب	۵۰
دوم	۱۳۹۳	کیفیت متوسط	۶۵۰۰
سوم	۱۳۹۳	کیفیت نامناسب	۴۵۰۰
چهارم	۱۳۹۳	کیفیت بد	۶۵۰

■ بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش، پس از جمع آوری داده‌ها و صحت نرمال بودن داده‌ها، نقشه‌های تهیه شده بر اساس دیاگرام شولر برای آب شرب در دو سال ۱۳۷۵ و ۱۳۹۳طبقه بندی گردید. به دلیل حجم بالای آمار و اطلاعات سعی گردید تا ابتدا و انتهای دوره برای این پژوهش مورد بررسی قرار گیرد. طبق نتایج بدست آمده، میزان پارامترهای Ca، Na، SAR، PH و SO4 در سال ۱۳۹۳ نسبت به سال ۱۳۷۵ افزایش یافته است هر چند میزان افزایش پارامترها متفاوت بوده است ولی تقریبا از یک الگوی پراکنش مکانی پیروی می‌کنند و میزان عناصر در طی این بازه زمانی در بخش‌های شمال شرق بیشتر شده است. پس از ترکیب لایه‌ها طبق دیاگرام شولر، نقشه کلی در مورد کیفیت آب زیرزمینی جهت مصارف شرب تهیه گردید و نتایج نشان داد که اکثر مناطق مورد مطالعه به جز بخش شمال شرق منطقه جهت مصارف شرب از کیفیت آب خوب و قابل قبولی برخوردار هستند. همچنین نتایج حاصله از طبقه بندی شولر در سال‌های ۱۳۷۵ و

Archive of SID

www.SID.ir

۱۳۹۳ نشـان می‌دهد که از کیفیت آب زیرزمینی کاسـته شـده اسـت. از دلایل اصـلی کاسـته شـدن کیفیت آب را می‌توان از یک سـوافزایش برداشـت به دلیل گسـترش نـواحـی شـهری و فعـالیـت‌هـای صـنعتی بویژه در شهرستان‌های میبد و اردکان ونیزکشاورزی سنتی وکاشت درختـان پسـتـه در وسـعـت زیـاد و از سـوی دیگر خشـکسـالی‌های اخیر در منطقه دانست که باعث گردیده است تا منبع تغذیه نیز کاهش یابد (۱۹). این عوامل باعث گردیـده تـاعلاوه براینکه برداشـت آب در این بازه زمانی افزایش یـافته و افت سـفره صـورت گیرد؛به دلیل افت شـدید،سـفره آب شـور وشـیرین نیز اختلاط گردد و از کیفیت آب کاسـته شـودکه با نتایج مطالعات مشـابه در دیگر منـاطق کـه در نتایج خود به این تنیجه رسـیدند؛ همخوانی دارد (۴و۲۳). در بخش دیگری از این پژوهش به بررسـی طبقه‌بندی آب زیرزمینی بر اسـاس دیاگرام ویلکوکس جهت مصارف کشاورزی پرداخته شد. بر اساس طبقه‌بندی ویلکاکس نیز پارامترهای EC و SAR در طی در سـال ۱۳۹۳ نسـبت به ۱۳۷۵ روند افزایشی داشته اما روند افزایش پارامتر EC بیشـتر بوده اسـت. برای پارامتر EC، تقریبا اکثر منطقه دارای میزان بالایی از این عنصـر می‌باشـد که شـدت آن در قسـمت های شـمال و شـرق منطقه بیش از سـایر مناطق است و در سال ۱۳۹۳ نسبت به ۱۳۷۵ بر شدت آن افزوده شده است. برای عنصر SAR نیز بررسی‌ها نشان داد که مقدار این عنصر در سال ۷۵ در بخش‌های شـمال و شمال شرق منطقه بیشتر از حد مجاز بوده کـه در سـال ۹۳ نیز همین منـاطق دارای آلودگی بوده‌اند.

در حالت کلی آب منطقه از لحاظ کشاورزی در کلاس قابل قبولی قرار دارد هر چند که با گذشت زمان از کیفیت آن مقـداری کاسـته شـده اسـت. از لحاظ مکانی نیز قسـمت‌های جنوب منطقه دارای بهترین کیفیت آب برای مصـارف کشـاورزی اسـت و هر چه به سمت شمال دشت یزد اردکـان می‌رویم از کیفیـت آن برای فعـالیـت‌هـای کشـاورزی کاسـته می‌شـود. از لحاظ زمانی نیز به‌همین صـورت بوده است و میزان آلودگی در قسمت‌های شمالی و شرقی بیشتر شده است و وسعت آن افزایش یافته است. البته علت اصـلی ایجاد این روند، تحت تأثیر رخسـاره‌های ژئومورفولوژی موجود در دشـت بوده و سـازند نئوژن در امتداد شـمال شـرقی و دلتای پلایای اردکان در افزایش شوری و کاهش کیفیت منابع آب زیر زمینی موثر می‌باشد (۱۹). برداشـت بیش از حد آب زیرزمینی در بخش های شـمال شـرق و شـمال منطقه مورد مطالعه با توجه به تجمع روسـتاها و زمینهای کشـاورزی در این قسـمت از دشـت باعث گردیده تا شـاهد افت آب زیرزمینی در این بخش‌ها باشیم و تداخل آب شور با شیرین صورت بگیرد و در نتیجه کیفیت آب زیرزمینی نیز کاهش یابد (۱۲).

طبق نتایج حاصـل از تحقیق حاضـر به دلیل کیفیت پایین، آب مناسـب شـرب وکشـاورزی نبوده و نباید با برداشـت آن‌ها و اصـرار بر اسـتفاده از آنها در کشاورزی و هدر رفت آن‌ها باعث افزون شدن مشکلات منطقه شد که متـاسـفانه در یک دهه اخیر شـاهد کارهایی عکس این واقعیـات بوده ایم کـه منجر بـه افت سـفره و نیز کاهش کیفیـت آب شـده اسـت وبه طور کلی باید گفت که در برداشـت از آب های زیر زمینی بویژه در مناطق بیابانی چون دشـت یزد اردکان باید هم کمیت و هم کیفیت آب را باتوجه به نوع مصرف در نظر گرفت.

■ References

1. Alizadeh, A. (1984). Water quality in irrigation. Mashhad, Imam Reza University Press: Astan Quds Razavi
2. Barcae, E., & Passarella, G. (2008). Spatial evaluation of the risk of groundwater quality degradation: A comparison between disjunctive kriging and geostatistical simulation. *Journal of Environmental Monitoring and Assessment*, 133, 261-273.
3. Barcae, E., & Passarella, G. (2008). Spatial evaluation of the risk of groundwater quality degradation: A comparison between disjunctive kriging and geostatistical simulation. *Journal of Environmental Monitoring and Assessment*, 133, 261-273.

Archive of SID

www.SID.ir

4. Damavandi, A., Karimi, A., Takashi, M., & Taheri, M. (2005). Investigating the Quality Changes of Groundwater and Groundwater in Zanjan Province, Third National Conference on erosion and sediment, Tehran.
5. Demir, Y., Erşahin, S., Gьler, M., Cemek, B., Gьnal, H., & Arslan, H. (2009). Spatial variability of depth and salinity of groundwater under irrigated ustifluvents in the Middle Black Sea Region of Turkey. *Environmental monitoring and assessment*, 158(1-4), 279-294.
6. Entezari, A., Akbari, A., & Miyana, F. (1392). Investigating the quality of drinking water extracted from groundwater resources on human diseases during the last decade in Mashhad plain. *Geospatial Applied Research Applied Research Journal*, 31, 157-172.
7. Fetouani, S., Sbaa, M., Vanclooster, M., & Bendra, B. (2008). Assessing groundwater quality in the irrigated plain of Triffa (Nnorth-east Morocco). *Journal of Agricultural Water Management*, 95, 133-142.
8. Gaus, I., Kinniburgh, D., Talbot, J., & Webster, R. (2003). Geostatistiscal analysis of arsenic concentration in groundwater in Bangladesh using disjunctive kriging. *Environmental Geology*, 44, 939-948.
9. Ghasemi-Ziarani, A., faryadi, Sh., & Shaykh Kazemi, Sh. (2006). The pollution of the Karaj dam basin by using GIS software, the first environmental engineering conference, Tehran University, Faculty of Engineering.
10. Haddad, M., & lindner, K. (2001). sustainable water demand management versus developing new and additional water in the middle east:a critical review.*water policy*,3, 143-163
11. Homayonnejad, A., Amiriyan, P., & Piri, A. (2009). Water quality assessment of Zabul's semi-Zabul reservoirs in terms of agriculture and drinking (based on Schuler and Wilcox diagrams), Third Environmental Engineering Conference.
12. Jamshidzadeh, Z., & Mirbagheri, S.A. (2011). Evaluation of groundwater quantity and quality in the Kashan Basin, Central Iran. *Desalination*, 270(1), 23-30.
13. Khosravi, H., Heydari, I., Zehtabian, Gh, Bazrafshan, J. (2015). Investigation of temporal and spatial trend of groundwater resources index (Case study: Yazd-Ardakan plain).*Iran Range and Desert Research*.22(4), 11-20
14. Latif, M., Mousavi, S., Ofyuni, M., & Velayati, S. (2005). Investigation of Nitrate Contamination and its Origin in Groundwater of Mashhad Plain, *journal of Agricultural Science and Natural Resources*,12, 21-32
15. Nas, B. (2009). Geostatistical approach to assessment of spatial distribution of groundwater quality. *Pol J Environ Stud*, 18, 1073-1082.
16. Nath, V., & Helen, H. (2013). Evaluation of ground water quality in Neyyattinkara Taluk, Kerala. *Journal of Chemical & Pharmaceutical Research*, 5, 4-14.
17. Nazarizadeh, F., Ershadian, B., ZandVakili, K., & Nouriemamzade'i, M. (2006). Investigating the variations in groundwater quality in Balarood plain in Khuzestan province.
18. Pawar, S., Panaskard, B., & Wagh, M. (2014). Characterization of groundwater using water quality index of solapur industrial, (case study: Maharashtra, INDIA). *International journal of Research in Engineering & Technology*, 2(4), 31-36.
19. Rafi Sharifabad, j. (2012). Evaluation and Monitoring of Desertification in Yazd Ardakan Plain Using Imdpa Model (Case Study: Yazd Ardakan Plain). Master's Degree, Faculty of Natural Resources, University of Tehran
20. Shakerian, N., Gh.R. Zehtabian, H. Azarnivand, H. Khosravi, 2011. Evaluation of desertification intensity based on soil and water criteria in Jarghooyeh region. Desert, 16; 23-32.
21. Siska, P., & Hung, I. (2001). Assessment of kriging accuracy in the GIS environment. In 21st Annual ESRI International Conference, San Diego**.**
22. Taghizadeh-Mehrjerdi, H, Zareian, M., Mahmodi, Sh., & Heidari, A. (2008). Spatial distribution of groundwater quality with geostatistics (Case study: Yazd-Ardakan plain).*World Applied Science Journal*, 4(1), 9-17.
23. Vahed, D., & Zarkar, A. (2010). Aslamshhrjht city zoning underground utility water use in agriculture, clean water Conference.
24. Zamzam, A., & Rahnama, M. (2009). Investigating the Chemical Quality of Groundwater in Rafsanjan Plain Using Wilcox & Shouler Diagrams, the First International Conference on Water Resources Management.
25. Zehtabian, Gh., Khosravi, H., & Ghodsi, M. (2010). High Demand in a Land of Water Scarcity: Iran. Chapter 5, Springer, Netherlands, pp. 75–86.

Archive of SID

www.SID.ir

No. 9, Spring & Summer, 2017, pp 107-119

Desert Management
www. isadmc. ir

Iranian Scientific Association of Desert Management and Control

Tracking Temporal and Spatial Changes in Underground Water Quality for Potable and Agricultural Purposes (Case Study: Yazd, Ardakan Plain)

J. Rafi Sharif Abad[1], A. Nohegar[2], Gh.R. Zehtabian*[3], H. Gholami[5]

1. Ph.D. Graduate, Faculty of Natural Resources, University of Hormozgan, Iran
2. Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Iran
3. Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Iran
4. Assistant Professor, Faculty of Natural Resources, University of Hormozgan, Iran

* Corresponding Author: ghzehtab@ut.ac.ir

Received date: 11/01/2016 **Accepted date: 10/06/2017**

Abstract

In recent decades, the quality of groundwater in most areas of Iran has become critical. In this regard, water resources management, especially groundwater resources has a great importance. The aim of existence research was to investigate the temporal and spatial process of underground water quality changes in Ardakan plain, Yazd Province for drinking and agricultural purposes, according to water quality classification systems of Wilcox and Schuler. In this paper, electrical conductivity, sodium absorption ratio (SAR), magnesium, calcium, chlorine, acidity, sulphate and sodium were measured and then interpolated and subsequently classified according to the Kriging, Wilcox and Schuler methods, respectively. The results showed that, except for the parts of the North-East, the rest of the plain have reasonably suitable quality for drinking and with the passage of time, the quality of underground water has been deteriorated. In the case of agricultural, the same setting exists and most of the pollution has been associated with the northern and Eastern parts of the area, which has been expanding over the recent decades. The main reasons of decreasing water quality, on the one hand, can be due to the over-exploitation of water resources as the result of the expansion of urban areas and industrial activities, particularly in the city of Ardakan and Meybod, dominance of traditional agriculture and extensive cultivation of pistachio trees. On the other hand, this reduction in water quality could be attributed to the recent droughts which has diminished groundwater recharge as well.

Keywords: Schuler; Wilcox; Water Quality; Drinking

Archive of SID

www.SID.ir