



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: ghzhtab@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 آب های 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. در مقاله حاضر از پارامترهای هدایت الکتریکی، نسبت جذبی سدیم، اسیدیته، کلسیم، کلر، منیزیم، سدیم و سولفات استفاده شد و پهنه بندی داده های کیفی با روش زمین آماری کریجینگ انجام شد و سپس طبقه بندی آب منطقه با استفاده از دیاگرام شولر و ویلکاکس صورت گرفت. نتایج نشان داد که به جز قسمت های شمال شرق، بقیه دشت جهت مصارف شرب از کیفیت آب خوب و قابل قبولی برخوردار می باشد و با گذشت زمان نیز از کیفیت آب زیرزمینی کاسته شده است. در مورد مصارف کشاورزی نیز تقریباً 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 می توان از یک سوافزایش برداشت به دلیل گسترش نواحی شهری و فعالیت های صنعتی بویژه در شهرستان های میبد و اردکان و نیز کشاورزی سنتی و کاشت درختان پسته در وسعت زیاد و از سوی دیگر خشکسالی های اخیر در منطقه دانست که باعث گردیده است تا منبع تغذیه نیز کاهش یابد. این عوامل باعث گردیده تا علاوه بر اینکه برداشت آب در این بازه زمانی افزایش یافته و افت سفره صورت گیرد؛ به دلیل افت شدید، سفره های آب شور و شیرین نیز اختلاط گردد و از کیفیت آب کاسته شود.

واژگان کلیدی: شولر؛ ویلکاکس؛ کیفیت آب؛ شرب

■ مقدمه

مساله کمبود آب برای کشورهای چمن 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 می باشد (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 می کند (۲۱، ۲۲). از این رو لازمه هر گونه اقدام جهت کنترل و کاهش آلاینده های آب های زیرزمینی و تاثیرات آنها، آگاهی کامل از نحوه توزیع و پراکندگی آلاینده های موجود می باشد که در اختیار داشتن چنین اطلاعاتی صرفاً از طریق ایستگاه های سنجش آلودگی توزیع یافته در سطح منطقه مورد مطالعه و درونبایی نقاط نمونه برداری شده و انجام آنالیزهای مختلف امکان پذیر می باشد (۲۴). از این رو روش های زمین آماری به توجه به داشتن توانمندی هایی چون کاهش تعداد نمونه برداری، کاربرد توام و ارائه برآوردهای دقیق تر از وضعیت مکانی متغیرها، به لحاظ استفاده میتوانند باعث کاهش هزینه ها 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 سال های اخیر پژوهشگران بسیاری به کمک روش های زمین آماری مبادرت به تهیه نقشه های کیفی آب های، زیرزمینی نموده اند که در ذیل به چند نمونه از این مطالعات اشاره می شود:

در پژوهشی به بررسی غلظت آرسنیک در آب های زیرزمینی بنگلادش پرداخته شد و در این مطالعه از اطلاعات چاه ها 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 می باشند (۷).

در مطالعه ای 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 دامنه ی تاثیر ۶۱۷۰۰، ۵۰۸۰۰ و ۱۰۲۱۰۰ متر و حد آستانه ۰/۵۳۳، ۱/۵۳۲ و ۲/۵ بوده و واریوگرام آنها از ساختار کروی تبعیت می کند (۱۷).

در مطالعه ای کیفیت آب های زیرزمینی دشت های کشاورزی تریفا در شمال شرق مراکش از نظر اندازه نیترات آمونیوم و آلودگی های باکترولوژیکی از روش کریجینگ معمولی برای مطالعه و پهنه بندی نقشه کیفی آب های زیر زمینی استفاده گردید. نتایج آنها نشان دهنده تغییرات معنی دار در مقایسه با مطالعات قبلی بود و بیان نمودند که اگر هیچ نوع برنامه ی دراز مدت بازدارنده صورت نگیرد، توسعه اراضی کشاورزی در این مناطق باعث تخریب کیفیت آب های زیرزمینی می گردد (۷).

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

پژوهشگران در مطالعه ای با هدف ارزیابی کیفیت آب مخازن چاه نیمه سه گودال در جنوب دشت سیستان، واقع در حوالی مصب هیرمند پرداختند و به بررسی غلظت کاتیونهای Ca، 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 نمونه ها بر روی نمودارهای شولر و ویلکاکس منعکس گردید. بررسی ها 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 می گیرد (۱۱).

در پژوهشی، تغییرات مکانی عمق و شوری آب زیرزمینی مناطق کشاورزی در شمال ترکیه بررسی شد. آنان در این پژوهش از داده های ماهانه یک سال ۲۰۰۳ تا ۲۰۰۴ در ۶۰ چاه مشاهداتی استفاده کردند. نتایج تحقیق حاکی از این بود که قسمت شرقی محدوده مورد مطالعه

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 وسیع‌ترین 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 کوه‌های خرانق منتهی می‌شود. شهرهای اردکان، میبد، اشکذر، صدوق، مهریز و یزد در این دشت واقع هستند و طول 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 ۱۹-۱۲°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).

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 مانند PH، TH، EC و TDS مورد بررسی قرار گرفت. درصد Na نشان داد که فقط ۵۳٪ از نمونه‌ها برای آبیاری مجاز می‌باشند (۱۲).

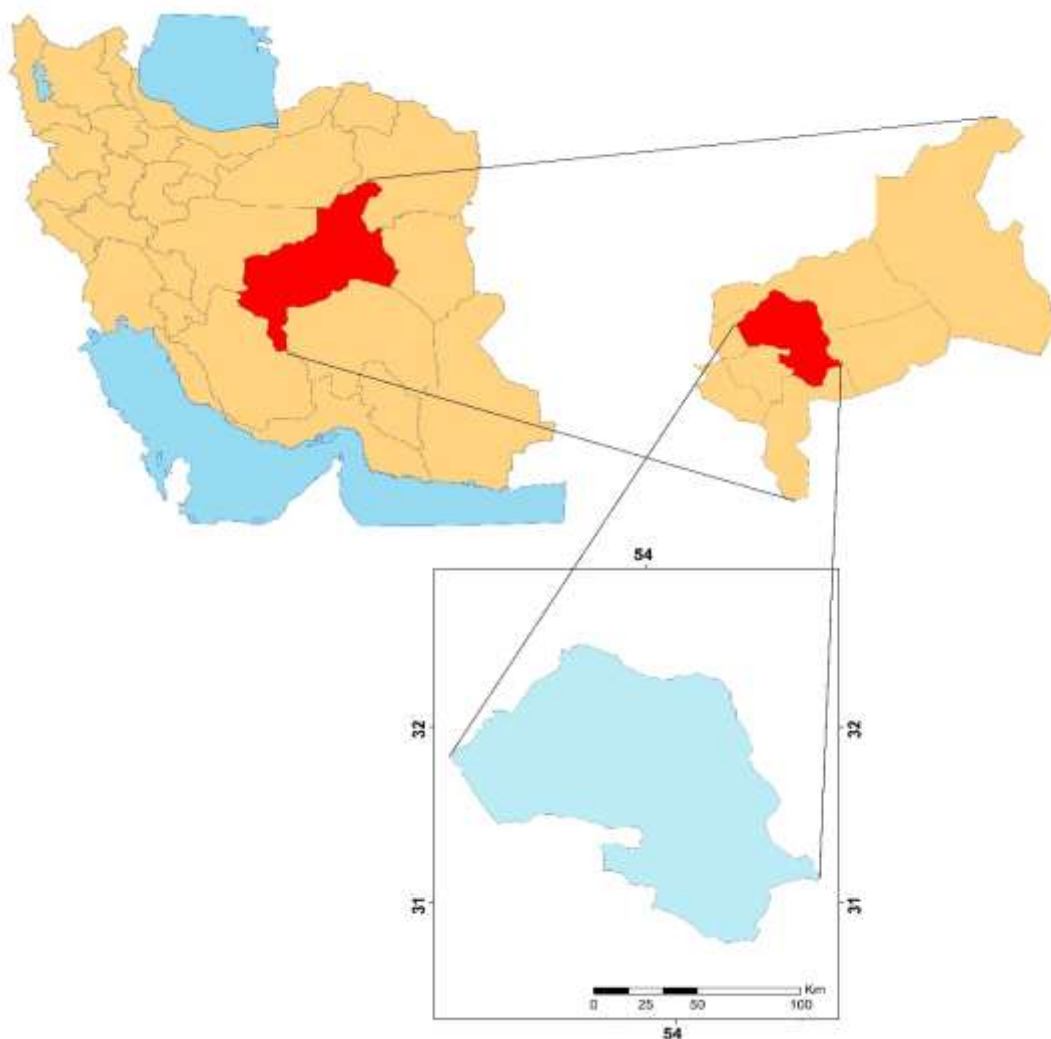
در تحقیقی تحت عنوان آنالیز آماری پراکنش آب زیرزمینی در ایالت Alessandria (ناحیه ای در شمال غربی ایتالیا)، اقدام به نمونه برداری از ۴۴ چاه در طول تابستان و بهار (۲۰۰۱) برای تعیین ۲۹ پارامتر کیفی آب شد. نتایج نشان دهنده تفاوت معنی‌داری در ترکیب آب میان روستاهای کوچک ناشی از آلودگی انسان و مناطق دورتر از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

نمونه آب از ده حلقه چاه مختلف در سراسر نیاتین کرا در هند جمع‌آوری گردید و پارامترهایی مانند Co2، So4، PH، EC، TDS 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^۱ 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 دهنده 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،

¹ World Health Organization



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

برای هر پارامتر را مجدداً بر اساس دیاگرام شولر و ویلکاکس طبق جداول ۱ و 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 وزن دار استوار می‌باشد و به عنوان بهترین تخمینگر خطی نارایب 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 به نحوی توزیع متغیر نرمال گردد.

به منظور بررسی تغییرات مکانی و زمانی پارامترهای کیفی منابع آب زیرزمینی دشت یزد- اردکان از آمار و اطلاعات ۴۵ چاه مربوطه در دوسال ۱۳۷۵ و 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

بدین منظور از روش RMSE استفاده گردید که در رابطه‌های ۳ و ۴ فرمول آن‌ها ذکر گردیده است. RMSE به عنوان پارامتری مهم جهت نشان دادن دقت تحلیل مکانی در GIS و RS می‌باشد (۱۷).

$$RMSE = \left(\sum (Z^*(xi) - Z(xi))^2 / n \right)^{1/2} \quad (3)$$

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

بررسی کیفیت آب زیرزمینی جهت مصارف کشاورزی و شرب انسان

جهت مصارف کشاورزی یک طبقه بندی در سال ۱۹۴۸ توسط ویلکاکس ارائه گردیده است که از روش‌های 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 هر یک 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 اساس Cl, SO_4, Ca, Mg, Na و PH آب است.

رابطه کلی کریجینگ به صورت رابطه ۱ است:

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

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

روش زمین آماری دیگر، فاصله وزنی معکوس ۱ 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 از رابطه ۲ به دست آمد.

$$Z = \frac{1/d_i^p}{\sum_{i=1}^n 1/d_i^p} \quad (2)$$

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

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

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

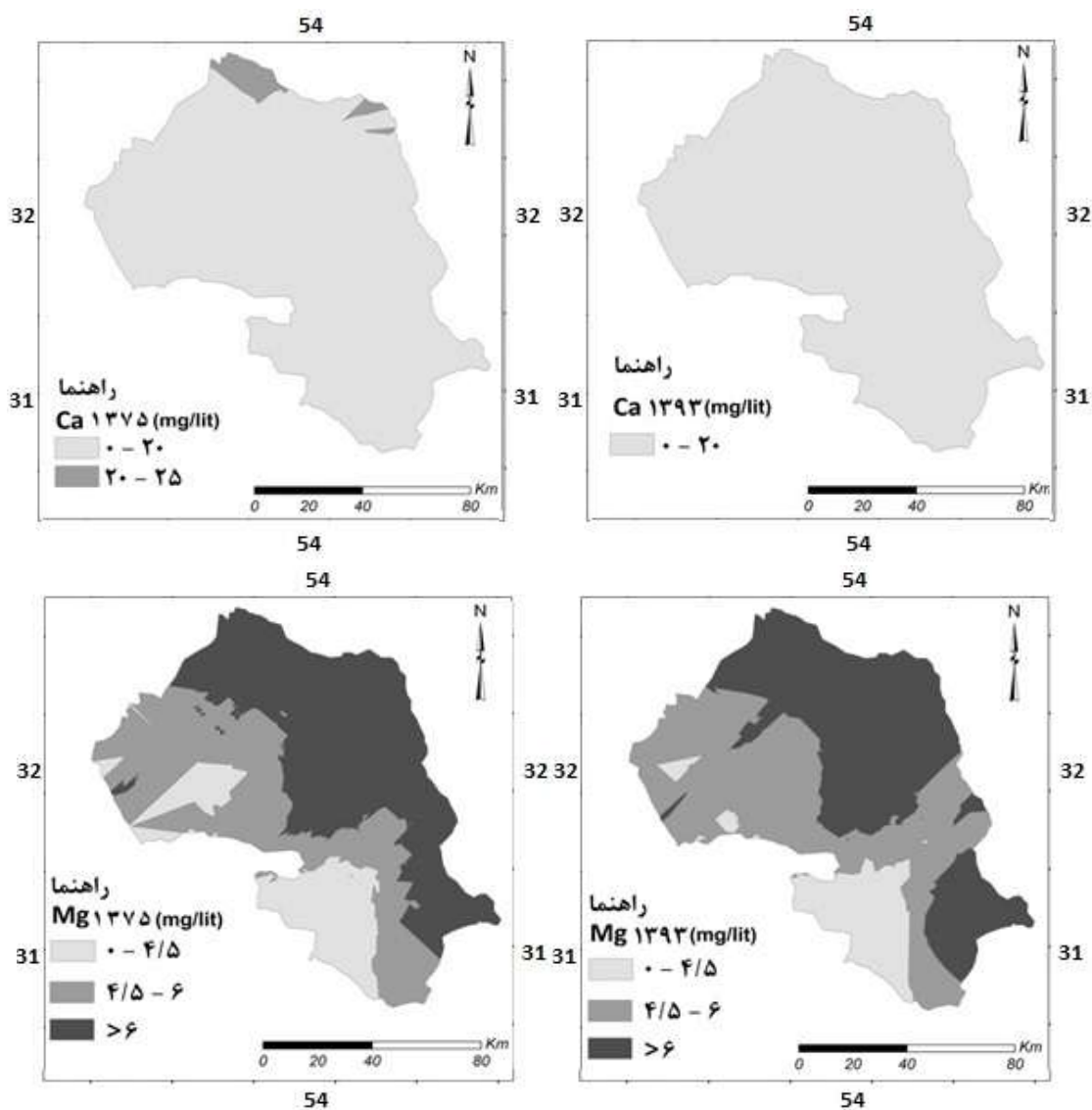
جدول ۲. طبقه بندی آب کشاورزی طبق دیاگرام ویلکاکس (۱)

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

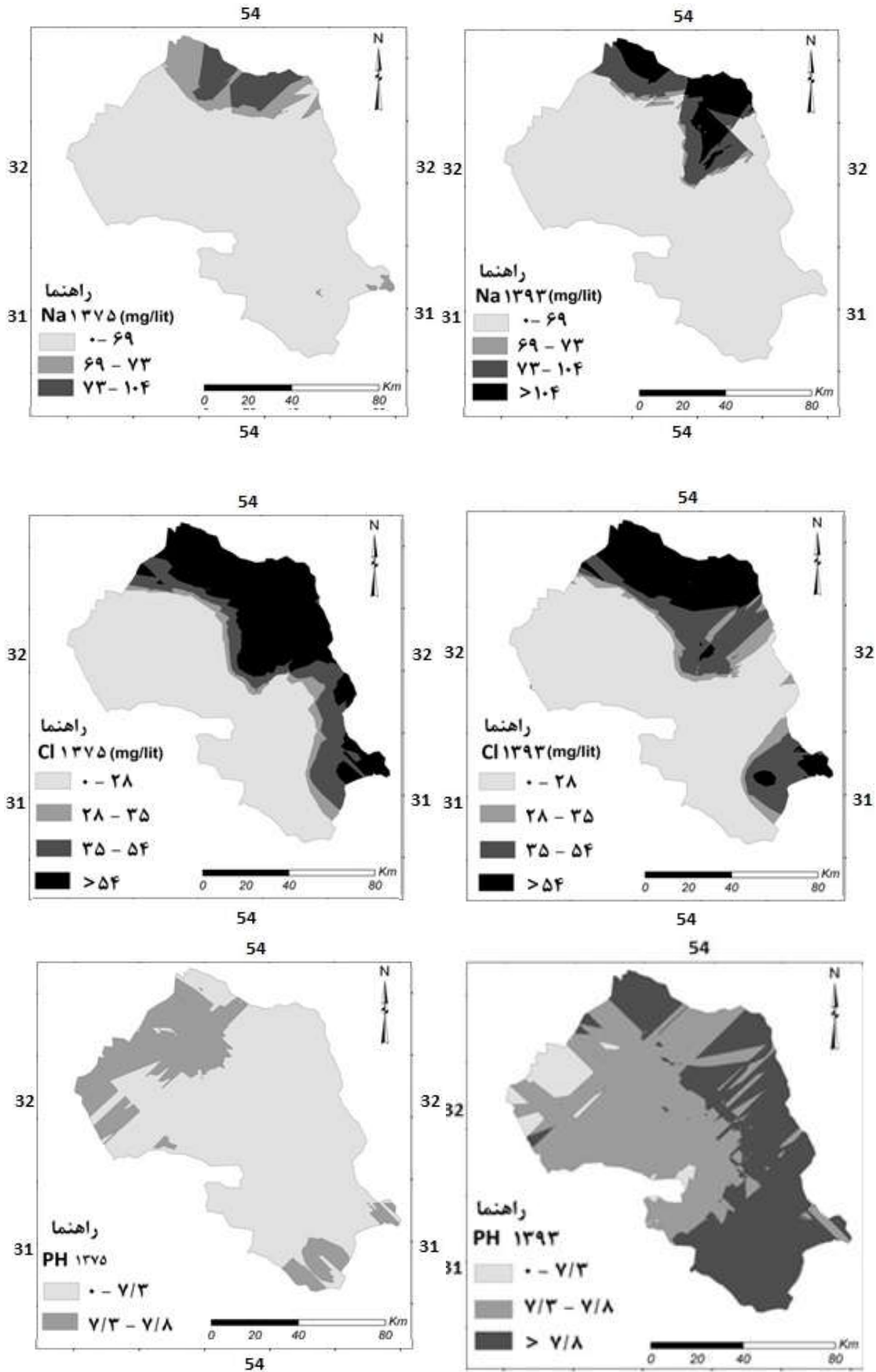
■ نتایج

پارامترهای مربوط به طبقه بندی شولر را در دو سال ۱۳۷۵ و ۱۳۹۳ نشان می‌دهد.

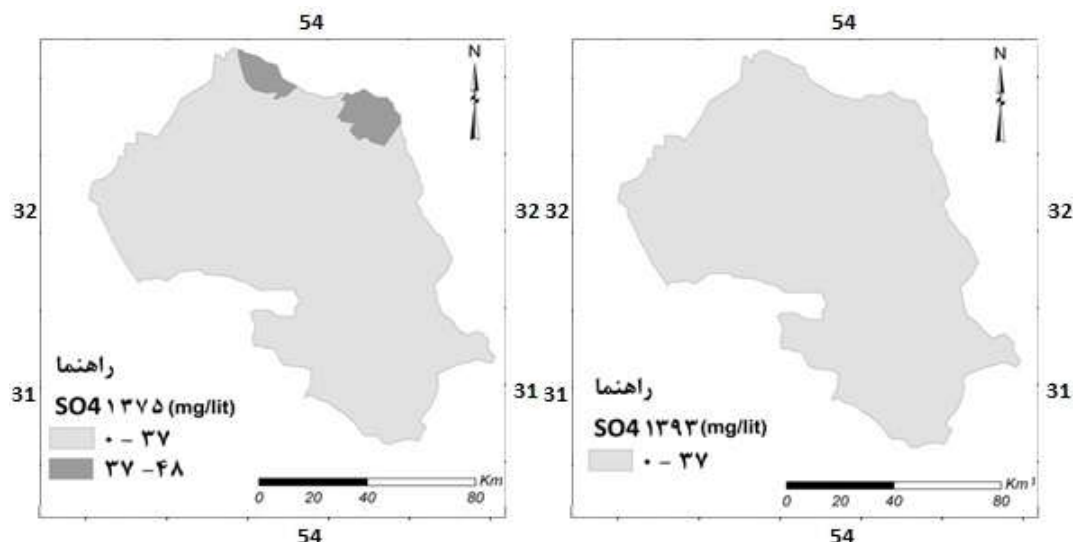
شکل ۲ نقشه‌های پهنه بندی مکانی هر یک از



شکل ۲. نقشه‌های پهنه بندی مربوط به پارامترهای کیفی شولر



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



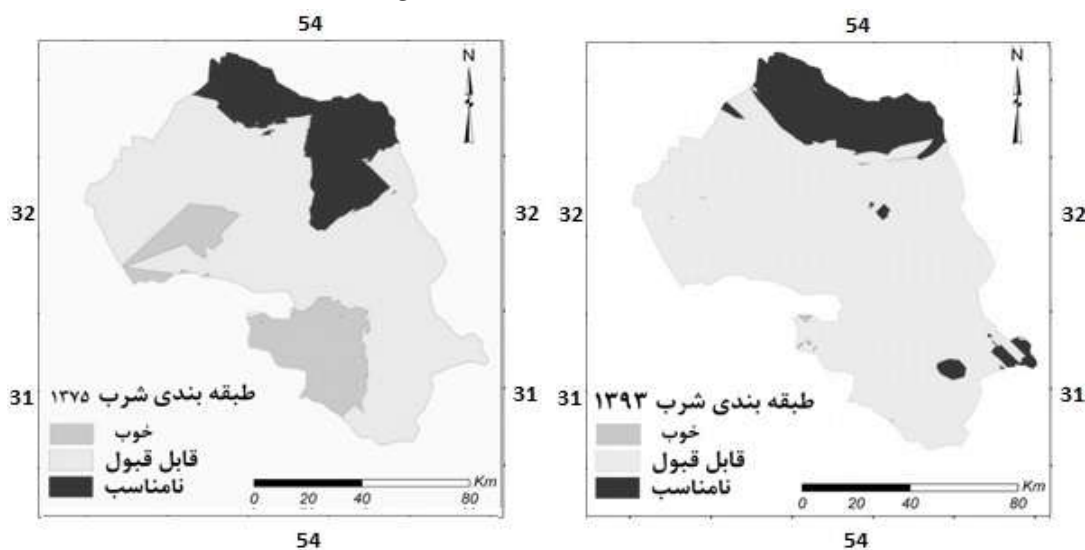
ادامه شکل ۲. نقشه‌های پهنه بندی مربوط به پارامترهای کیفی شولر

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 بر میزان آن افزوده شده است.

در نهایت با تلفیق لایه‌های Ca، Cl، Mg، Na، So4 و PH وضعیت کیفی آب منطقه جهت مصارف شرب بر اساس طبقه بندی شولر در سال‌های ۱۳۷۵ و ۱۳۹۳ تهیه شد (شکل ۳).

طبق نتایج به دست 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، تقریباً 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



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

طبقه‌بندی شولر را بر اساس درصد و کیلومتر مربع نشان می‌دهد.

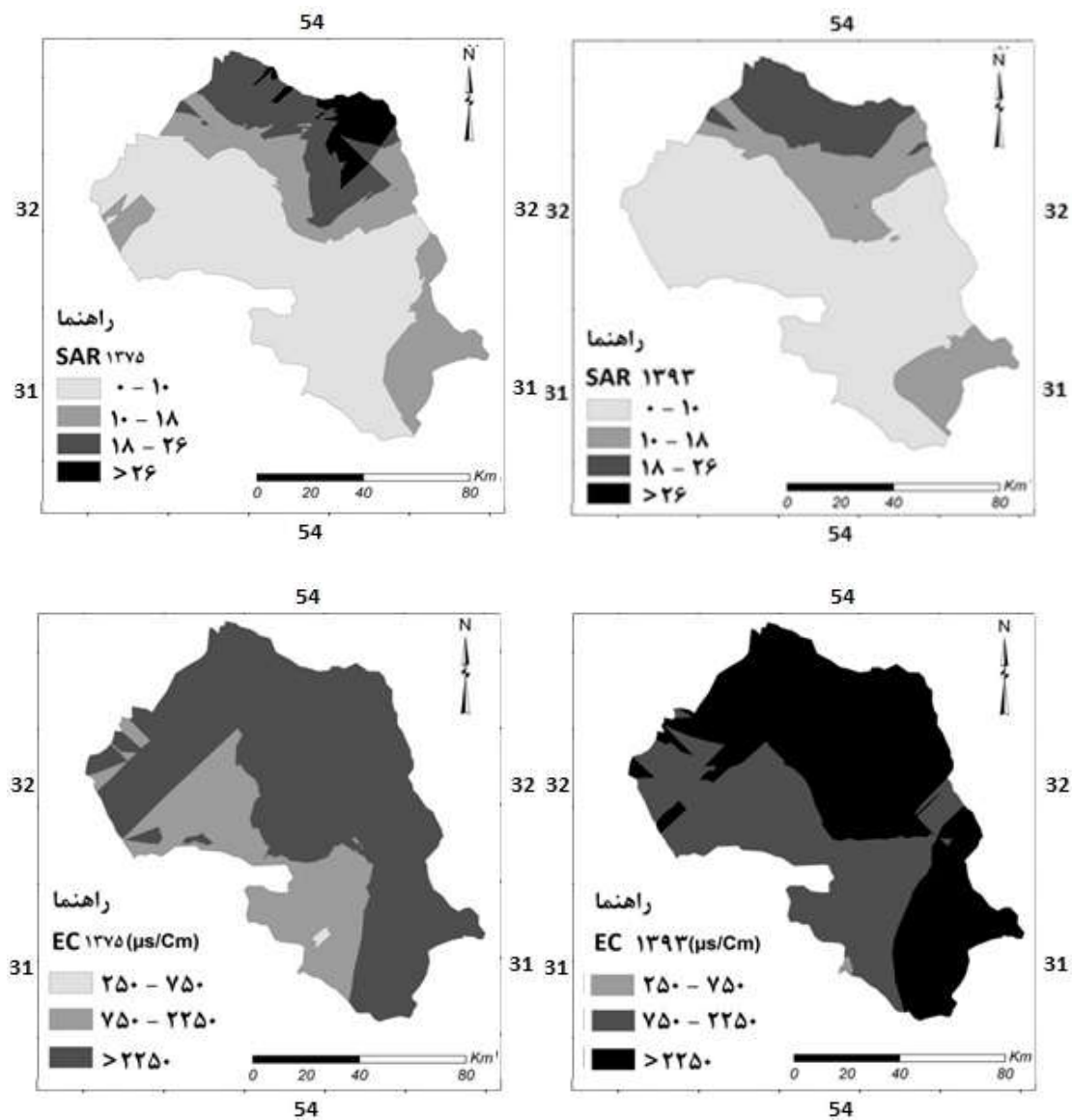
جدول ۳، مساحت مربوط به هر یک از کلاس‌های

جدول ۳. مساحت گروه‌های مختلف آب جهت مصارف شرب

سال	وضعیت آب	درصد	مساحت (کیلومتر مربع)
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

طبقه بندی آب کشاورزی ترسیم گردیده است (شکل ۴)

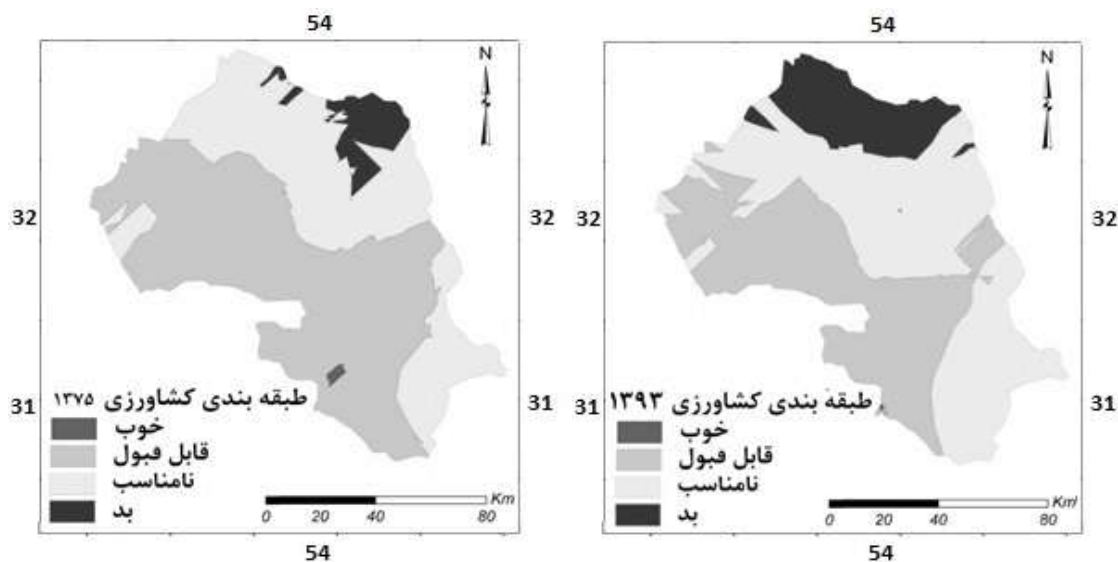
نقشه‌های پهنه‌بندی مکانی پارامترهای آب زیرزمینی جهت مصارف کشاورزی بر اساس روش ویلکاکس؛ جهت



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

طبقه‌بندی ویلکاکس در سال‌های ۱۳۷۵ و ۱۳۹۳ تهیه شد (شکل ۵) و مساحت هر کدام از گروه‌ها محاسبه شد (جدول ۴).

در نهایت با تلفیق لایه‌های SAR و EC وضعیت کیفی آب منطقه جهت مصارف کشاورزی بر اساس



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

جدول ۴. 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 ۱۳۹۳ طبقه 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 تقریباً 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

آن مقداری کاسته شده است. از لحاظ مکانی نیز قسمت‌های جنوب منطقه دارای بهترین کیفیت آب برای مصارف کشاورزی است و هر چه به سمت شمال دشت یزد اردکان می‌رویم از کیفیت آن برای فعالیت‌های کشاورزی کاسته می‌شود. از لحاظ زمانی نیز به‌همین صورت بوده است و میزان آلودگی در قسمت‌های شمالی و شرقی بیشتر شده است و وسعت آن افزایش یافته است. البته علت اصلی ایجاد این روند، تحت تأثیر رخساره‌های ژئومورفولوژی موجود در دشت بوده و سازند نئوژن در امتداد شمال شرقی و دلتای پلایای اردکان در افزایش شوری و کاهش کیفیت منابع آب زیر زمینی موثر می‌باشد (۱۹). برداشت بیش از حد آب زیرزمینی در بخش‌های شمال شرق و شمال منطقه مورد مطالعه با توجه به تجمع روستاها و زمینهای کشاورزی در این قسمت از دشت باعث گردیده تا شاهد 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 حاصل از تحقیق حاضر به دلیل کیفیت پایین، آب مناسب شرب و کشاورزی نبوده و نباید با برداشت آن‌ها و اصرار بر استفاده از آنها در کشاورزی و هدر رفت آن‌ها باعث افزون شدن مشکلات منطقه شد که متأسفانه در یک دهه اخیر شاهد کارهایی عکس این واقعیات بوده ایم که منجر به افت سفره و نیز کاهش کیفیت آب شده است و به طور کلی باید گفت که در برداشت از آب‌های زیر زمینی بویژه در مناطق بیابانی چون دشت یزد اردکان باید هم کمیت و هم کیفیت آب را با توجه به نوع مصرف در نظر گرفت.

۱۳۹۳ نشان می‌دهد که از کیفیت آب زیرزمینی کاسته شده است. از دلایل اصلی کاسته شدن کیفیت آب را می‌توان از یک سو افزایش برداشت به دلیل گسترش نواحی شهری و فعالیت‌های صنعتی بویژه در شهرستان‌های میبد و اردکان و نیز کشاورزی سنتی و کاشت درختان پسته در وسعت زیاد و از سوی دیگر خشکسالی‌های اخیر در منطقه دانست که باعث گردیده است تا منبع تغذیه نیز کاهش یابد (۱۹). این عوامل باعث گردیده تا علاوه بر اینکه برداشت آب در این بازه زمانی افزایش یافته و افت سفره صورت گیرد؛ به دلیل افت شدید، سفره آب شور و شیرین نیز اختلاط گردد و از کیفیت آب کاسته شود که با نتایج مطالعات مشابه در دیگر مناطق که در نتایج خود به این نتیجه رسیدند؛ همخوانی دارد (۲۳ و ۴). در بخش دیگری از این پژوهش به بررسی طبقه‌بندی آب زیرزمینی بر اساس دیاگرام ویلکوکس جهت مصارف کشاورزی پرداخته شد. بر اساس طبقه‌بندی ویلکاکس نیز پارامترهای EC و SAR در طی در سال ۱۳۹۳ نسبت به ۱۳۷۵ روند افزایشی داشته اما روند افزایش پارامتر EC بیشتر بوده است. برای پارامتر EC، تقریباً اکثر منطقه دارای میزان بالایی از این عنصر می‌باشد که شدت آن در قسمت‌های شمال و شرق منطقه بیش از سایر 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 شمال و شمال شرق منطقه بیشتر از حد مجاز بوده که در سال ۹۳ نیز همین مناطق 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

■ 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.

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). Geostatistical 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., Amiriyani, 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., Zehabian, 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. Zehabian, 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). Aslamshhrrjht 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. Zehabian, Gh., Khosravi, H., & Ghodsi, M. (2010). High Demand in a Land of Water Scarcity: Iran. Chapter 5, Springer, Netherlands, pp. 75-86.



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

J. Rafi Sharif Abad¹, A. Nohegar², Gh.R. Zehtabian^{*3}, H. Gholami⁵

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
