

ارزیابی کیفیت آب‌های زیرزمینی برای شرب و کشاورزی در دشت قروه

چکیده

پایش کیفی آب در فرایند تولید آب سالم ارزش اقتصادی داشته و عامل مهمی در کاهش هزینه‌های تولیدی و تصفیه آب محسوب می‌شود. در این مطالعه تغییرات مکانی کیفیت آب زیرزمینی از نظر شرب (برمبنای روش شولر) و کشاورزی (برمبنای روش ویل کاکس) در دشت قروه در استان کردستان برمبنای داده‌های سالانه (۱۳۸۸ تا ۱۳۹۳) بررسی شد. بدین منظور ابتدا نقشه پارامترهای مؤثر در هر یک از روش‌های طبقه‌بندی کیفیت آب در سال ۱۳۹۷ با استفاده از روش کریجینگ برمبنای داده‌های ۵۹ حلقه چاه تهیه شد. سپس از همپوشانی نقشه‌های به‌دست‌آمده نقشه نهایی کیفیت آب‌های زیرزمینی منطقه برای شرب و کشاورزی به دست آمد. با استفاده از آزمون آماری غیر پارامتریک (اسپیرمن) و شیب تخمین گر سن تغییرات کیفی در دوره بررسی شده ارزیابی شد. نتایج به‌دست‌آمده در مورد کیفیت آب‌های زیرزمینی از نظر شرب و کشاورزی نشان داد که مساحت مناطق دارای کلاس‌های مناسب‌تر در حال کاهش و مساحت مناطق دارای کلاس‌های نامناسب در حال افزایش است. نتایج روش اسپیرمن نشان داد که کیفیت آب در ماه‌های پرآب و کم‌آب به ترتیب در ۳۶ درصد داده‌ها از روند مثبت و ۶۴ درصد داده‌ها روند منفی معنی‌داری را در سطح ۹۵ درصد از خود نشان می‌دهند به طوری که کیفیت آب زیرزمینی در این ماه‌ها بهبود یافته است.

واژگان کلیدی: کیفیت آب زیرزمینی، تغییرات مکانی، شولر، ویلکاکس.

فرزانه پارسائی^۱

محمدعلی محمودی^{۲*}

اصلان اگدرنژاد^۳

۱. دانشجوی دکتری فیزیک و حفاظت خاک، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران، اهواز، ایران
۲. استادیار، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران
۳. استادیار، گروه علوم و مهندسی آب، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

*مسئول مکاتبات:

a.mahmoodi@uok.ac.ir

کد مقاله: ۱۳۹۹۰۱۰۷۵۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۳/۰۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۰/۲۸

این مقاله برگرفته از سایر فعالیت‌های

پژوهشی است.

مقدمه

منابع آب زیرزمینی به دلیل عبور از لایه‌های مختلف پوسته زمین از کیفیت متفاوتی برخوردارند. از سوی دیگر افزایش تخلیه فاضلاب‌های شهری و صنعتی، مواد زائد و جامد و کاربرد سموم و کودهای شیمیایی نیز به این روند شتاب بیشتری بخشیده است. با توجه به روند رشد جمعیت جهان تأمین آب آشامیدنی سالم در شهرها و روستاها از جمله نگرانی‌های دولتمردان و ساکنان آن‌هاست. از این رو قرن ۲۱ را قرن استرس آبی یا استرس هیدرولوژیک نام نهاده‌اند (Salmani et al., 2010).

آب زیرزمینی، یک ذخیره مهم آب برای کاربردهای مختلف به شمار می‌رود. ایران کشوری با شرایط اقلیمی خشک و نیمه‌خشک و نزولات جوی بسیار اندک می‌باشد؛ به طوری که میانگین بارش سالیانه آن کمتر از یک‌سوم متوسط بارندگی سالیانه جهان است. در بخش‌های زیادی از کشورمان به دلیل عدم دسترسی به آب‌های سطحی، آب‌های زیرزمینی در تأمین آب مصرفی برای بخش‌های شرب، کشاورزی و صنعت نقش اساسی دارد. با اعمال روش‌های مدیریتی مناسب در استفاده از منابع آب موجود، علاوه بر این که می‌توان مخارج سنگین توسعه و بهره‌برداری از آن‌ها را کاست، میزان استفاده از این منابع را نیز می‌توان بهینه کرد (Nakhai, 2012). در مدیریت یکپارچه آب، حفظ کیفیت آب به‌ویژه در مناطقی که با محدودیت نسبی منابع آب مواجه‌اند، به‌عنوان یکی از ارکان برنامه‌ریزی مطرح است (فرید گیگلو و همکاران، ۱۳۹۲). با توجه به



برداشت بی‌رویه آب‌های زیرزمینی در ایران و تأثیرگذاری این امر بر کیفیت آب‌های زیرزمینی، توجه به تغییرات کیفیت آن در بعد زمان و مکان به‌خصوص در زمینه مصارف شرب و کشاورزی بسیار حائز اهمیت است.

روش‌های متعددی برای تعیین کیفیت منابع آب و کلاس‌بندی آن‌ها ارائه شده است. روش‌های شولر و ویلکاکس، معمول‌ترین روش تعیین کیفیت آب به ترتیب در بحث شرب و کشاورزی هستند. در این روش‌ها طبقه‌بندی آب از نظر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی با اندازه‌گیری آنیون‌ها و کاتیون‌ها صورت می‌گیرد. در روش شولر پنج عامل کل نمک‌های محلول (TDS)، سختی آب (TH)، سولفات (SO_4)، کلر (Cl) و سدیم (Na) و در روش ویلکاکس دو عامل هدایت الکتریکی (EC) و نسبت جذب سدیم (SAR) معیار طبقه‌بندی آب می‌باشند.

نخستین قدم برای تعیین کیفیت آب با استفاده از این روش‌ها، انتخاب مدلی مناسب برای درون‌یابی و پهنه‌بندی این پارامترهاست. در مقایسه با روش‌های آمار کلاسیک روش‌های زمین‌آماري ضمن در نظر گرفتن موقعیت مکانی نقاط اندازه‌گیری شده و ارتباط بین آن‌ها و همچنین همبستگی بین خصوصیات مختلف معمولاً کارایی بیشتری برای توصیف الگوی تغییرپذیری متغیرهای مکانی دارند. در سال‌های اخیر پژوهشگران بسیاری به کمک روش‌های زمین‌آماري مبادرت به تهیه نقشه‌های کیفی آب‌های زیرزمینی کرده‌اند.

طی دو دهه اخیر، مطالعات زیادی در خصوص کیفیت منابع آب زیرزمینی و تحلیل و تفسیر آن صورت گرفته است. Khosravi و همکاران (۲۰۱۶) در پژوهشی به بررسی کیفیت منابع آب‌های زیرزمینی با استفاده از روش‌های زمین‌آمار در دشت مهران پرداختند. آن‌ها با استفاده از آمار کیفی ۲۳ حلقه چاه عمیق واقع در دشت مهران به این نتیجه رسیدند که روش کوکریجینگ، روش مناسب جهت تهیه نقشه نهایی تغییرات کاتیون و آنیون در این دشت است. Sarhadi و همکاران (۲۰۱۵) در پژوهشی کیفیت آب زیرزمینی دشت زاهدان برای مصارف شرب و کشاورزی و صنعتی در دوره‌های خشک‌سالی و نرمال را ارزیابی نمودند. بدین منظور داده‌های حاصل از آنالیز شیمیایی ۱۴ حلقه چاه موردبررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد کیفیت آب چاه‌های مورد مطالعه بر اساس نمودار ویلکاکس برای مصارف کشاورزی در رده شور و خیلی شور و طبق نمودار شولر برای شرب نامناسب می‌باشد و از لحاظ صنعتی نیز اکثر نمونه‌ها با خاصیت رسوب‌گذاری نشان داده شده‌اند. زارعی (۱۳۹۵) به بررسی تغییرات کمی و کیفی آب زیرزمینی دشت فسا پرداخت و نشان داد در دوره زمانی بررسی شده همه فاکتورهای کیفی دارای روند زیاد شونده هستند. Fallahati و همکاران (۲۰۲۰) در مطالعه‌ای پارامترهای فیزیکی شیمیایی ۲۹ حلقه چاه طی یازده سال در شهرستان ساوه توسط شاخص استاندارد بارندگی (SPI) در دوره خشک‌سالی ده‌ساله را بررسی نمودند و کیفیت آب زیرزمینی از نظر شرب (بر مبنای روش شولر) و کشاورزی (بر مبنای روش ویلکاکس) را مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. سپس، از GIS برای پهنه‌بندی پارامترهای کیفیت آب زیرزمینی استفاده کردند. بر اساس نتایج به دست آمده، تقریباً ۹۰٪ از چاه‌ها در سال ۲۰۱۵ در رده "بسیار شور و نامناسب برای کشاورزی" بودند. نمودار شولر نشان داد که کیفیت آب از سطح استاندارد ملی ایران فراتر رفته است. Feizia و همکاران (۲۰۱۹) در پژوهشی با هدف ارزیابی کیفیت آب‌های زیرزمینی و همچنین مدل‌سازی و پهنه‌بندی کیفیت آب‌های زیرزمینی در منطقه دشت کاشان با استفاده از زمین‌آمار و مدل‌های قطعی انجام شد. پنج پارامتر کیفیت آب جهت تعیین شاخص آبیاری و کیفیت آب آشامیدنی با استفاده از نمودار ویلکاکس تعیین شد. نقشه نهایی نشان داد که کیفیت آب‌های زیرزمینی از شمال به جنوب منطقه مورد مطالعه افزایش یافته است.

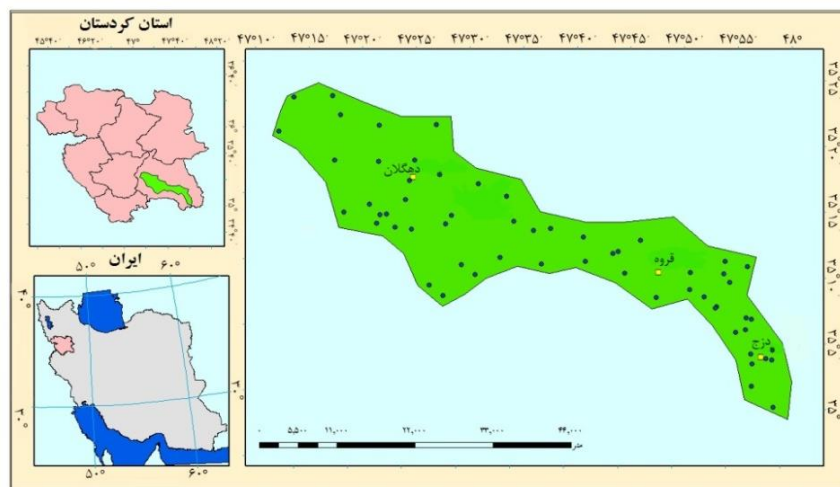
علاوه بر تغییرات کیفیت آب‌های زیرزمینی در بعد مکانی، تحلیل روند تغییرات کیفیت آب‌های زیرزمینی نیز از اهمیت زیادی برخوردار است. تحلیل روند سری داده‌های هیدرولوژیکی معمولاً با استفاده از آزمون‌های پارامتری و نا پارامتری صورت می‌گیرد. در مطالعه‌ای تغییرات مکانی کیفیت آب‌های زیرزمینی برای مصارف آشامیدنی (استانداردهای شولر) و مصارف کشاورزی (استانداردهای ویلکاکس) در طی ده سال موردبررسی قرار گرفت. در این مطالعه، از اطلاعات ۲۴ حلقه چاه در دشت فسا برای بررسی تغییرپذیری مکانی پارامترهای کیفی آب با استفاده از تکنیک‌های زمین‌آماري در نرم‌افزار GIS استفاده شد. آزمون‌های آماری پارامتریک (رگرسیون خطی) و نا پارامتریک (اسپیرمن) برای مدت‌زمان تعیین شده ارزیابی شد. نتایج نشان داد که مناطق با کلاس مناسب برای شرب و مصارف کشاورزی با هر دو روش آماری کاهش می‌یابد، در حالی که مناطقی با کلاس نامناسب افزایش یافته است (Zarei and Amiri, 2017).

Zhao و همکاران (۲۰۱۵) از آزمون من-کندال به منظور به دست آوردن روند زمانی و تغییرات ناگهانی در پنج زیر حوضه از حوضه رودخانه وی در چین استفاده کردند. Liu و Zang (۲۰۱۳) از آزمون تحلیل روند من-کندال برای بررسی روند رواناب و تبخیر و تعرق پتانسیل استفاده کردند. Kisi و Ay (۲۰۱۴) روند پارامترهای شیمیایی، دما و دبی در حوضه رودخانه کیزیلیرماک واقع در ترکیه را با استفاده از آزمون من-کندال بررسی کردند. Gao و همکاران (۲۰۱۵) از آزمون من-کندال برای تحلیل روند ذخیره سالانه آب زیرزمینی استفاده کردند. Hafiz Umar و همکاران (۲۰۱۹) در پژوهشی به بررسی کیفیت آب زیرزمینی ۳۴۷ مکان طی ۱۳ سال از منطقه‌ای در پاکستان برای تجزیه و تحلیل تغییرات مکانی پارامترهای مختلف کیفیت آب از آزمون‌های شیب من کندال و سن استفاده نمودند. مدل‌سازی توزیع مکانی روند کیفیت آب‌های زیرزمینی نشان داد که روند افزایشی قابل توجهی در EC مشاهده شد.

هدف از این مطالعه بررسی تغییرات مکانی کیفیت آب‌های زیرزمینی دشت قروه بر مبنای داده‌های سالانه (۱۳۸۸ تا ۱۳۹۳) در استان کردستان از نظر شرب و کشاورزی است. بعلاوه در این پژوهش سعی شده است تا تغییرات مناطق مختلف دارای کلاس‌های کیفیت متفاوت در بستر زمان بر مبنای روش‌های آماری غیر پارامتریک مشخص گردد. نتایج این بررسی می‌تواند در مدیریت درست منابع آب، مدیریت توسعه کشاورزی و مدیریت مصرف آب در بخش خانگی و غیره سودمند باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه بخشی از اراضی دشت قروه در استان کردستان با مساحتی در حدود ۱۰۰ هزار هکتار است که دارای اقلیم خشک و نیمه‌خشک با میانگین درجه حرارت سالانه ۱۰ تا ۱۳ درجه سانتی‌گراد و میانگین بارندگی سالانه در حدود ۳۴۸ میلی‌متر می‌باشد (شکل ۱). درصد بالایی از آب‌های زیرزمینی این دشت در بخش کشاورزی استفاده می‌شود و بخشی از آن نیز به مصرف شرب مردم منطقه می‌رسد.



شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه و نقاط نمونه برداری.

پارامترهای شیمیایی کیفیت آب منطقه مورد مطالعه از شرکت آب منطقه‌ای استان کردستان از ۵۹ حلقه چاه که مربوط به سال‌های ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۳ می‌باشد. برای هر کدام از پارامترها که شامل میزان شوری (EC)، کلر (Cl)، غلظت مواد محلول (TDS)، سولفات (SO₄)، سختی آب (TH)، سدیم (Na)، نسبت سدیم قابل جذب (SAR) و نیترات (NO₃) در ماه‌های مختلف از ایستگاه‌ها به دست آمد. این مطالعه از دو روش شولر و ویلکاکس به عنوان روش‌های پرکاربرد و توصیه شده جهت بررسی کیفیت آب‌های زیرزمینی از نظر شرب و کشاورزی استفاده شد. معیارهای

این طبقه‌بندی‌ها در جداول ۱ و ۲ آورده شده‌اند. در طبقه‌بندی کیفی آب‌های شرب برمبنای روش شولر ۶ کلاس کیفیت آب ارائه می‌شود (جدول ۱). از روش Schoeller به منظور بررسی قابلیت شرب آب رودخانه استفاده می‌شود (Schoeller, 1964). این در حالی است در روش ویلکاکس آب‌های کشاورزی در ۴ کلاس کیفی طبقه‌بندی می‌شوند (جدول ۲). روش Wilcox نیز برای تعیین کیفیت آب کشاورزی استفاده شد (Wilcox, 1955).

جدول ۱: معیارهای کیفیت آب آشامیدنی طبق نظر شولر.

کیفیت	SO ₄ ²⁻ (mg L ⁻¹)	Cl ⁻ (mg L ⁻¹)	Na ⁺ (mg L ⁻¹)	TH (mg L ⁻¹ CaCO ₃)	TDS (mg L ⁻¹)
خوب	<۱۴۵	<۱۷۵	<۱۱۵	< ۲۵۰	< ۵۰۰
قابل قبول	۱۴۵-۲۸۰	۱۷۵-۳۵۰	۱۱۵-۲۳۰	۲۵۰-۵۰۰	۵۰۰-۱۰۰۰
نامناسب	۲۸۰-۵۸۰	۳۵۰-۷۰۰	۲۳۰-۴۶۰	۵۰۰-۱۰۰۰	۱۰۰۰-۲۰۰۰
بد	۵۸۰-۱۱۵۰	۷۰۰-۱۴۰۰	۴۶۰-۹۲۰	۱۰۰۰-۲۰۰۰	۲۰۰۰-۴۰۰۰
موقتاً قابل شرب	۱۱۵۰-۲۲۴۰	۱۴۰۰-۲۸۰۰	۹۲۰-۱۸۴۰	۲۰۰۰-۴۰۰۰	۴۰۰۰-۸۰۰۰
غیرقابل شرب	>۲۲۴۰	>۲۸۰۰	>۱۸۴۰	>۴۰۰۰	>۸۰۰۰

جدول ۲: رده‌های مختلف آب و نوع کیفیت آن بر اساس تقسیم‌بندی ویلکاکس.

کیفیت	EC (μS cm ⁻¹)	رده	SAR	رده
عالی	EC<۲۵۰	C1	SAR<۱۰	S1
خوب	۲۵۰<EC<۷۵۰	C2	۱۰<SAR<۱۸	S2
متوسط	۷۵۰<EC<۲۲۵۰	C3	۱۸<SAR<۲۶	S3
نامناسب	EC>۲۲۵۰	C4	SAR>۲۶	S4

مهم‌ترین معیارهای کیفی در طبقه‌بندی آب از نظر کشاورزی، شوری و مقدار سدیم موجود در آن است زیرا این‌رو، نه تنها بر رشد گیاه مؤثرند، بلکه آب را از نظر آبیاری و تأثیر آن بر نفوذپذیری خاک مشخص می‌سازند. شوری با معیارهای هدایت الکتریکی (EC) و سدیم با یکی از معیارهای نسبت جذب سدیم (SAR) یا درصد سدیم محلول و یا درصد سدیم قابل تبادل (ESP) سنجیده می‌شود. استانداردهای از پیش تعیین شده آب شرب در کشورهای مختلف، بسته به شرایط اقتصادی، اقلیمی، غذایی و جغرافیایی باهم متفاوت است. برای تخمین مقادیر پارامترهای مؤثر در روش‌های شولر و ویلکاکس در نقاط نمونه‌برداری نشده از روش درون‌یابی کریجینگ استفاده شد. کریجینگ نامی تعمیم‌یافته برای کلیه روش‌های آماری تخمین و برآورد متغیر ناحیه‌ای بر اساس نیم‌تغییرنما می‌باشد و به‌عنوان یک تابع خطی از مجموعه مشاهدات توزیع شده، واقع در همسایگی نقطه‌ای که قرار است تخمین زده شود، شناخته می‌شود (Kumke et al., 2005). معادله کلی آن به صورت رابطه ۱ می‌باشد:

$$Z^*(X_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot Z(X_i) \quad \text{رابطه ۱:}$$

$Z^*(X_0)$: مقدار متغیر مکانی برآورد شده در نقطه X_0

$Z(X_i)$: مقدار متغیر مکانی مشاهده‌شده در نقطه X_i

λ_i : وزنی که به مقدار مشاهده‌شده در نقطه X_i نسبت داده می‌شود که بیانگر اهمیت نقطه i ام برآورد است.

تخمین گر کریجینگ دارای خصوصیتی می‌باشد که در زیر به آن‌ها اشاره شده است.

به منظور حصول نتایج بهتر ابتدا نرمال بودن این پارامترها با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف در سطح معنی داری ۵ درصد بررسی شد و در صورت غیر نرمال بودن، درون یابی پس از نرمال کردن پارامتر انجام گرفت. پس از به دست آوردن نقشه هر کدام از پارامترها، این نقشه‌ها بر مبنای مقادیر تعریف شده در جدول‌های ۱ و ۲ کلاس بندی شد. در گام بعدی نقشه نهایی کیفیت آب از همپوشانی نقشه‌های کلاس بندی شده پارامترهای مربوطه به دست آمد. مراحل فوق با استفاده از نرم افزار ArcGis 10.2 انجام گرفت. به منظور بررسی روند تغییرات مساحت تحت پوشش کلاس‌های مختلف کیفیت آب طی دوره شش ساله بررسی شده از روش‌های غیر پارامتریک آزمون غیر پارامتریک اسپیرمن و شیب خط روند (تخمین گر Sen) استفاده شد.

آزمون اسپیرمن یکی از آزمون‌های نا پارامتری است که برای تخمین روند داده‌ها مورد استفاده واقع می‌شود. در این آزمون فرض صفر (H_0) یکنواختی توزیع و مستقل بودن داده‌ها در سری زمانی است و فرض مقابل (H_1) روند افزایشی یا کاهشی داده‌ها در سری زمانی است. برای انجام این آزمون ابتدا داده‌ها به ترتیب صعودی مرتب و از ۱ تا n رتبه بندی شدند. سپس داده‌ها به شکل تاریخی در نظر گرفته شده‌اند و رتبه‌های هر کدام در مقابل آن‌ها درج شد. آنگاه مقدار آماره D برای مجموعه داده‌ها از رابطه ۲ به دست آمد:

$$D = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n (R(X_i) - i)^2}{n(n^2 - 1)} \quad \text{رابطه ۲:}$$

که در این روابط $R(X_i)$ رتبه آمین داده مشاهده‌ای X_i و n و n داد داده‌های آموزشی در طول دوره آماری است. D دارای توزیع نرمال با میانگین صفر و واریانس زیر (رابطه ۳) است:

$$V(D) = \frac{1}{n-1} \quad \text{رابطه ۳:}$$

آماره اسپیرمن با Z_S مشخص شده و به صورت رابطه ۴ محاسبه می‌شود:

$$Z_S = D \sqrt{\frac{n-2}{1-D^2}} \quad \text{رابطه ۴:}$$

مقدار Z_S با مقدار بحرانی توزیع t ($1/753$)، که با لحاظ نمودن درجه آزادی $n-2$ و سطح معنی داری ۱۰ درصد به دست آمده، مقایسه می‌گردد. به عبارت دیگر اگر Z_S بزرگ‌تر از مقدار بحرانی باشد، فرض صفر رد شده و روند در سری داده‌ها معنی دار و در غیر این صورت معنی دار نمی‌باشد. با توجه به غیر پارامتری بودن آزمون اسپیرمن، از روش سن جهت تعیین مقدار شیب روندها استفاده گردید. یک روش بسیار مفید در تخمین شیب خط روند استفاده از روش نا پارامتری تخمین گر شیب Sen می‌باشد که با β نمایش داده می‌شود و آن شیب روند یکنواخت را در سری داده‌ها نشان می‌دهد. مقدار شیب روند با استفاده از رابطه ۵ برآورد می‌گردد:

$$\beta_{gk} = \text{Median} \left(\frac{X_{igk} - X_{jgk}}{i - j} \right), \quad \forall 1 \leq i < j \leq n \quad \text{رابطه ۵:}$$

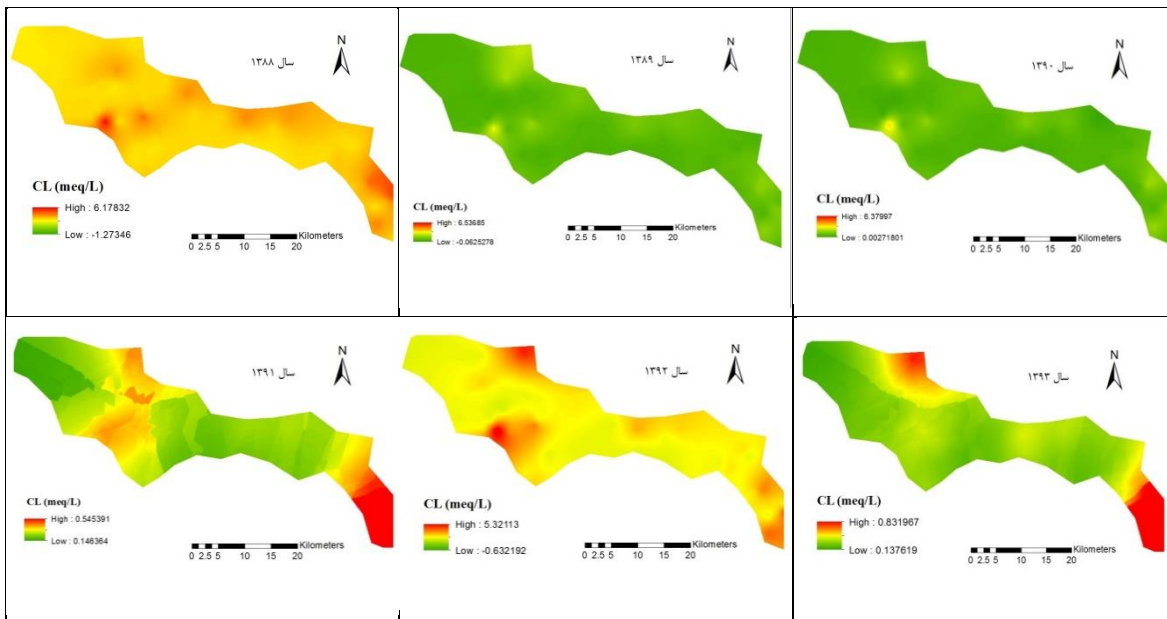
که در آن β_{gk} تخمین شیب خط روند برای ایستگاه k ام در ماه g ام می‌باشد و i و j شماره سال می‌باشند. مقادیر مثبت β نشان دهنده روند افزایشی و مقادیر منفی آن نشان دهنده روند کاهشی می‌باشند.

نتایج

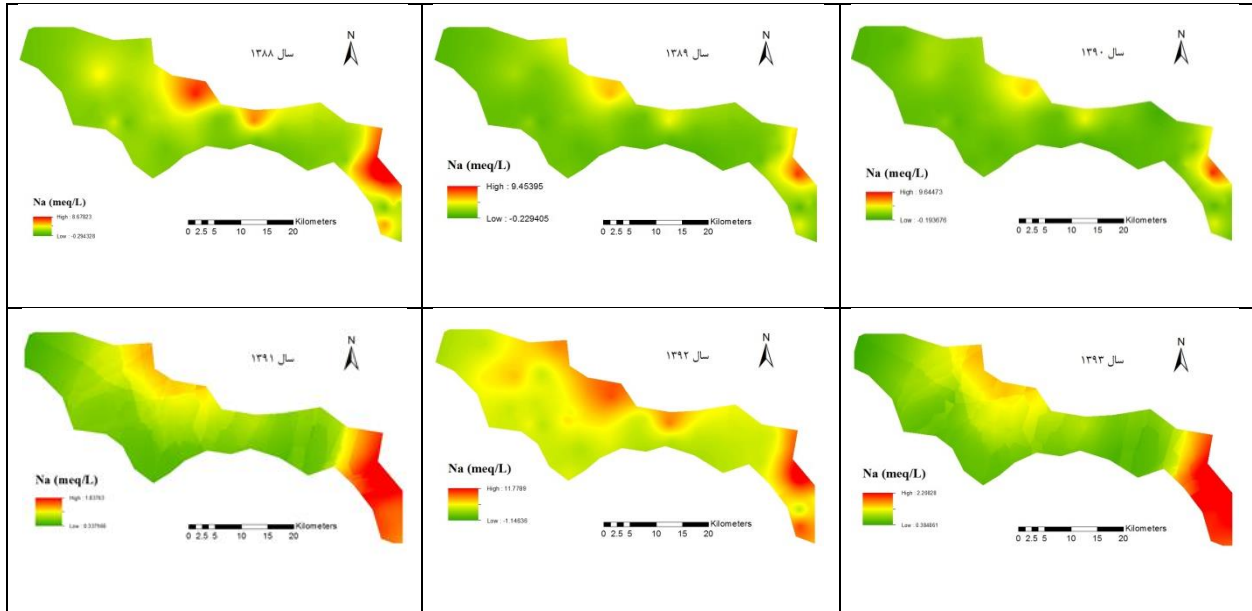
در شکل‌های ۲ تا ۶ به ترتیب نقشه‌های تغییرات مکانی غلظت یون‌های کلرید، سدیم، سولفات، سختی کل و کل املاح محلول در آب‌های زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه در طی دوره‌های زمانی مختلف نشان داده شده‌اند. نتایج پهنه بندی پارامترهای بررسی شده در زمینه عناصر مؤثر بر

کیفیت آب شرب نشان داد که آب‌های منطقه طی دوره بررسی شده از نظر میزان سدیم، کلر و سولفات در کلاس خوب قرار دارند. همچنین منطقه بررسی شده در بحث سختی آب و همچنین کل املاح محلول در سه کلاس خوب، قابل قبول و متوسط کلاس بندی می‌شود که در سال ۱۳۹۳ به دو کلاس خوب و قابل قبول تقلیل یافته است.

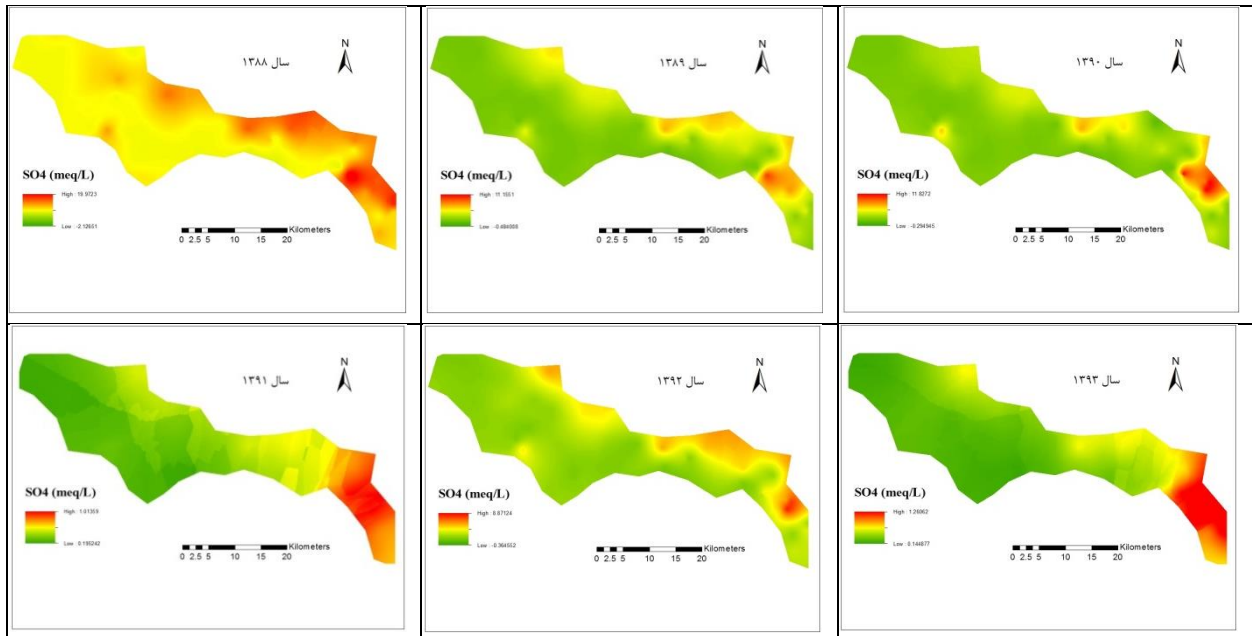
در شکل ۷ نقشه کیفیت آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه بر مبنای روش شولر نشان داده شده است؛ که از همپوشانی نقشه‌های تغییرات مکانی معیارهای کیفیت آب زیرزمینی بر مبنای این روش (شکل‌های ۲ تا ۵) به دست آمده است. این نقشه نشان می‌دهد که بیشتر منطقه در بازه زمانی مورد مطالعه از نظر کیفیت آب شرب در کلاس خوب قرار دارد؛ به جز قسمت جنوب شرقی منطقه که در دو کلاس قابل قبول و متوسط قرار دارند؛ به طوری که در سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۲ کیفیت نامناسب نیز مشهود است که شامل منطقه دزج و اطراف آن است. دلیل آن را می‌توان به نداشتن سیستم دفع فاضلاب شهری، تجمع آب‌های دفعی در سطح معابر و نشت فاضلاب‌ها به درون آب‌های زیرزمینی نسبت داد. با توجه به اینکه شهر دزج مسطح است و شیب اندکی دارد، یکی از معضلات مدیریت شهری، دفع و هدایت آب‌های سطحی است که انجام این پروژه ضروری است.



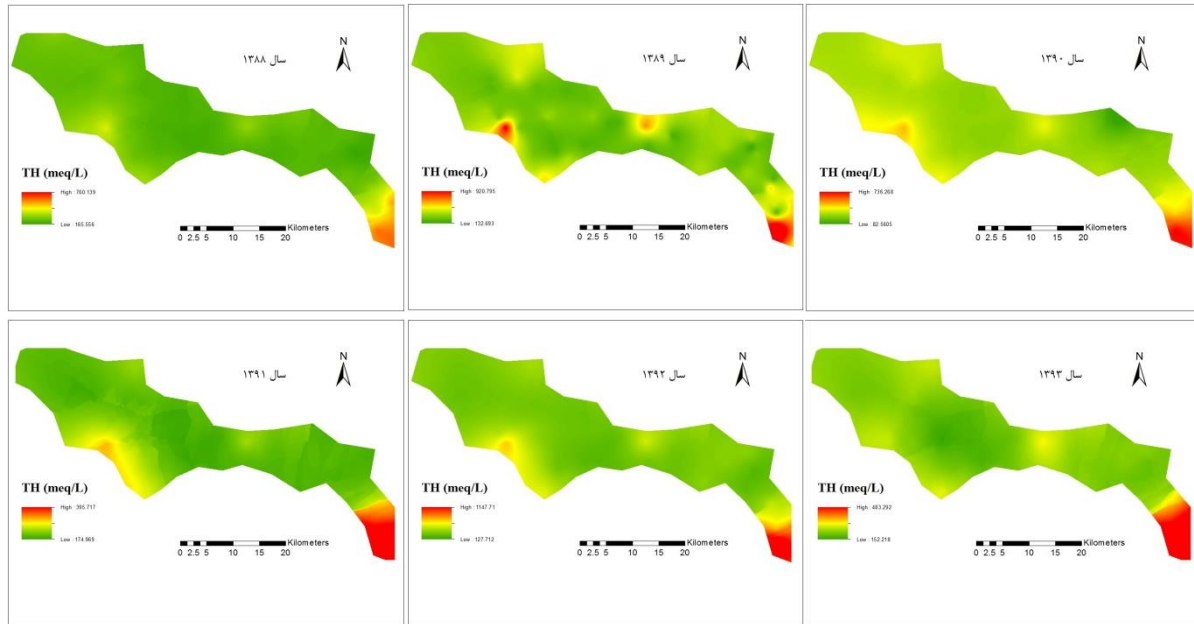
شکل ۲: نقشه تغییرات مکانی کلرید در منطقه مورد مطالعه (۱۳۸۸-۱۳۹۳).



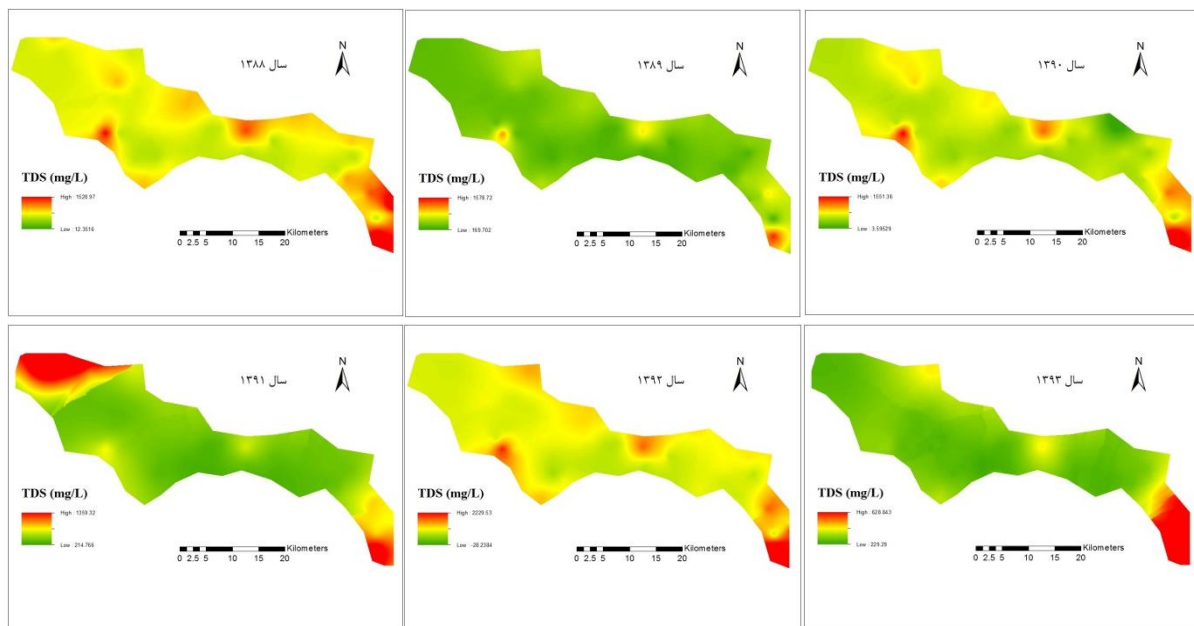
شکل ۳: نقشه غلظت سدیم در آب‌های زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه (۱۳۸۸-۱۳۹۳).



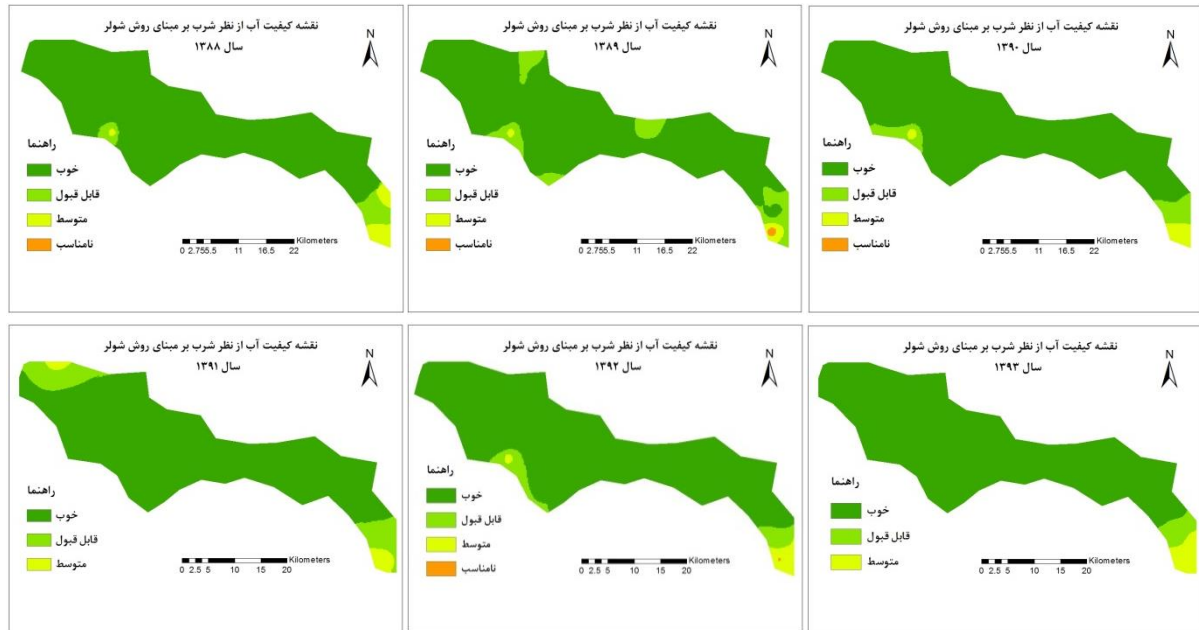
شکل ۴: نقشه غلظت سولفات در آب‌های زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه (۱۳۸۸-۱۳۹۳).



شکل ۵: نقشه سختی کل آبهای زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه (۱۳۸۸-۱۳۹۳).

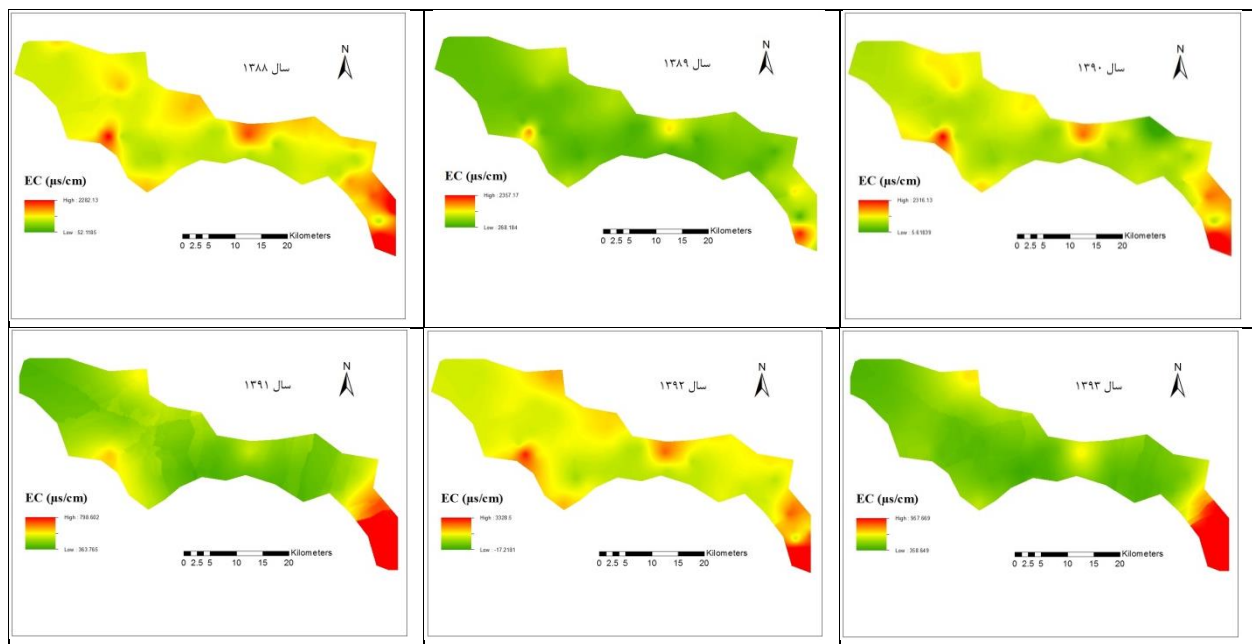


شکل ۶: نقشه کل املاح محلول در آبهای زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه (۱۳۸۸-۱۳۹۳).

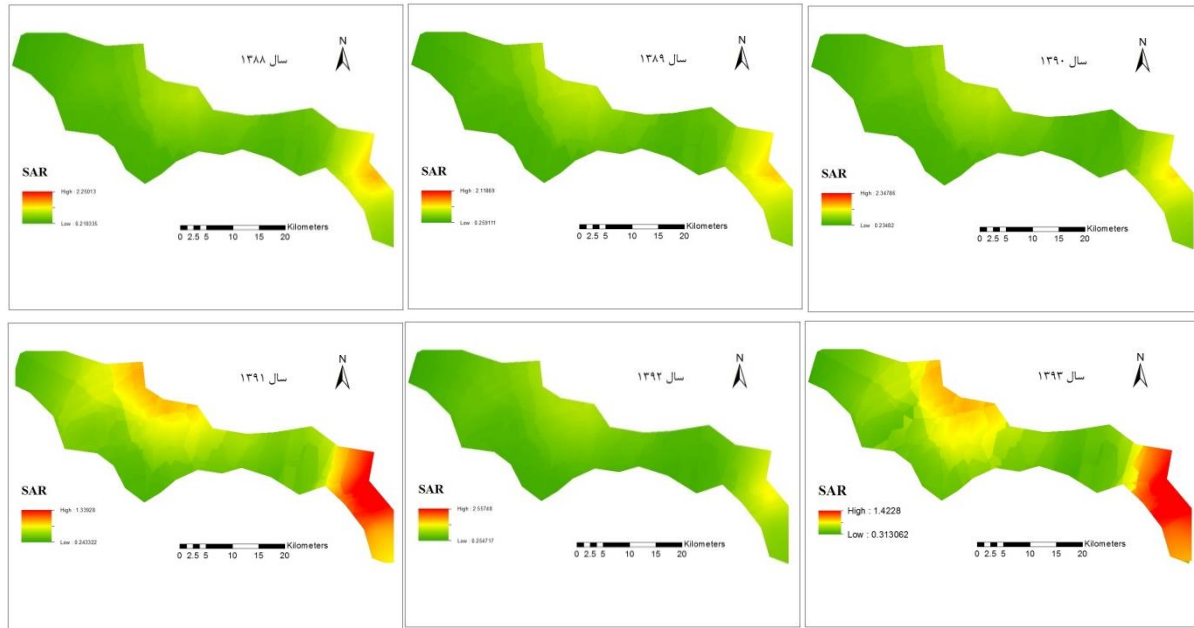


شکل ۷: نقشه کیفیت آب زیرزمینی برای شرب در منطقه مورد مطالعه برمبنای دیاگرام شولر (۱۳۸۸-۱۳۹۳).

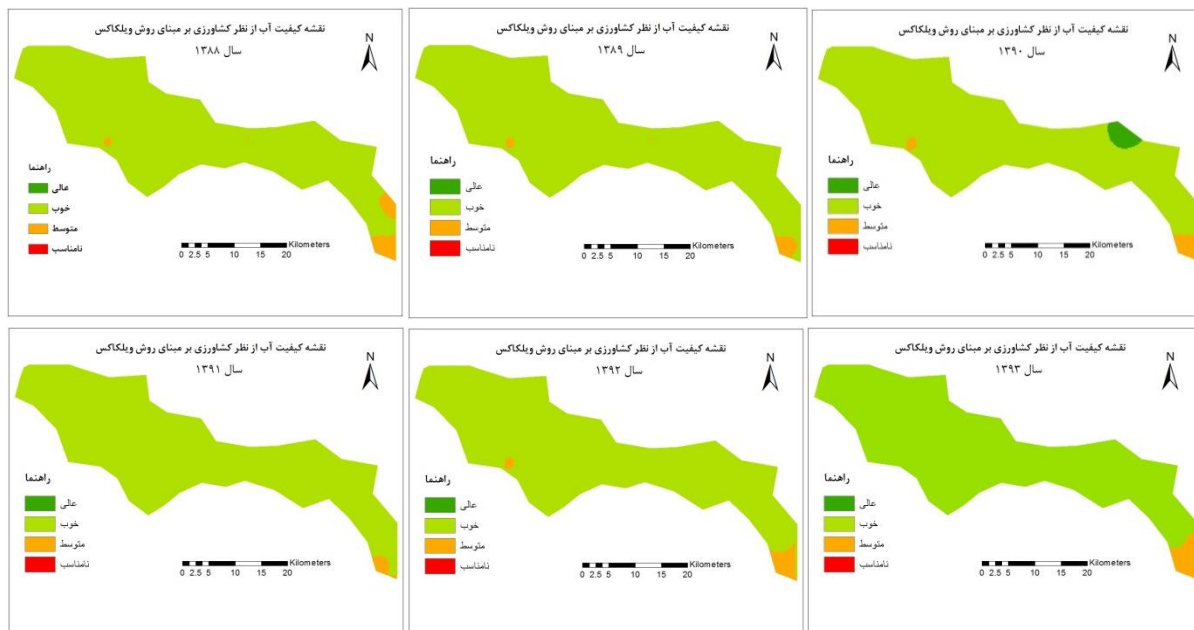
نتایج پهنه‌بندی پارامترهای مؤثر بر کیفیت آب از نظر کشاورزی نشان داد که منطقه مورد مطالعه از نظر هدایت الکتریکی در دو کلاس خوب و متوسط قرار دارد (شکل ۸) در حالی که از نظر پارامتر نسبت جذب سدیم در یک کلاس عالی طبقه‌بندی می‌شود (شکل ۹). در شکل (۱۰) نقشه کیفیت آب زیرزمینی برای کشاورزی برمبنای روش ویلکاکس نشان داده شده است؛ که از همپوشانی نقشه‌های تغییرات مکانی معیارهای کیفیت آب زیرزمینی این روش (شکل‌های ۸ و ۹) به دست آمده است. این نقشه نشان می‌دهد که از نظر کیفیت آب کشاورزی دشت قروه در کلاس خوب قرار دارد که در قسمت جنوب شرقی منطقه کیفیت متوسط نیز مشاهده می‌شود.



شکل ۸: نقشه هدایت الکتریکی (EC) آب‌های زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه (۱۳۸۸-۱۳۹۳).



شکل ۹: نقشه نسبت جذب سدیم (SAR) آب‌های زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه (۱۳۸۸-۱۳۹۳).



شکل ۱۰: نقشه کیفیت آب زیرزمینی برای کشاورزی در منطقه مورد مطالعه بر مبنای دیاگرام ویلکاکس (۱۳۸۸-۱۳۹۳).

در بین متغیرهای مورد مطالعه با توجه به نتایج جدول ۳ بیشترین روند مثبت معنی‌دار در ماه کم‌آب متعلق به متغیر Na بوده است و متغیرهای مجموع کاتیون‌ها، TDS و هدایت الکتریکی بیشترین مجموعه‌های معنی‌دار را در اکثر ایستگاه‌ها به خود اختصاص داده بودند. متغیر مجموع کاتیون‌ها در ماه پرآب در ایستگاه‌های جوانمرد، نظام‌آباد، سلسله و شکوه آباد و در ماه کم‌آب در ایستگاه‌های نظام‌آباد، سلسله و شکوه آباد روندهای

مثبت معنی‌دار را تجربه کردند و در بقیه ایستگاه‌ها روند منفی مشاهده شد. متغیر TDS در ماه کم‌آب در ایستگاه‌های آونگان، نظام‌آباد، سلسله، شکوه آباد روند مثبت معنی‌دار و در ماه پرآب در ایستگاه‌های جوانمرد و شکوه آباد روند مثبت معنی‌داری را نشان داد. متغیر بی‌کربنات به‌جز در ماه کم‌آب در ایستگاه نظام‌آباد و در ماه پرآب در ایستگاه‌های آونگان، نظام‌آباد و سلسله روند منفی را داشته است. متغیر TH در هر دو ماه پرآب و کم‌آب در ایستگاه سلسله روند مثبت معنی‌داری و در ایستگاه‌های شهابیه و سراب‌قحط روند منفی معنی‌داری را تجربه کرده است. در مورد متغیر کلسیم در هر دو ماه پرآب و کم‌آب فقط در ایستگاه سلسله روند مثبت معنی‌داری مشاهده گردید و روند منفی معنی‌داری در ماه کم‌آب در ایستگاه‌های دزج و سراب‌قحط و در ماه پرآب در ایستگاه‌های آونگان، شهابیه و سراب‌قحط دیده شد. متغیر مجموع آنیون‌ها در هر دو ماه پرآب و کم‌آب در ایستگاه شکوه آباد روند مثبت معنی‌داری تجربه کرد و در ماه کم‌آب در ایستگاه‌های دزج، شهابیه، تلوار و سراب‌قحط و در ماه پرآب در ایستگاه‌های شهابیه و شکوه آباد روند منفی معنی‌داری را داشته است. متغیر SAR به‌جز در ایستگاه‌های دهگلان، آونگان، جوانمرد، دزج، سرنجیانه، تلوار، شهابیه، نظام‌آباد و چراغ‌آباد روند مثبتی را نشان داد. متغیر منیزیم فقط در ایستگاه‌های آونگان، جوانمرد، شکوه آباد، شهابیه و سراب‌قحط روند معنی‌داری داشت. نتایج روش اسپیرمن نشان می‌دهد که در ماه پرآب و کم‌آب ۳۶ درصد داده‌ها از روند مثبت و ۶۴ درصد داده‌ها در هر دو ماه از روند منفی برخوردار بودند.

بر مبنای نتایج آزمون تخمین گر Sen ماکزیمم شیب روند متغیرهای SAR و pH و TDS در ایستگاه شکوه آباد در ماه کم‌آب و ماه پرآب دیده می‌شود. بیشترین شیب منفی مربوط به متغیرهای EC, SAR, Na, TDS و pH در ایستگاه‌های شهابیه، سرنجیانه، سراب‌قحط در ماه‌های کم‌آب و پرآب می‌باشد. نتایج شیب‌خط روند نشان می‌دهند که بیشتر ایستگاه‌ها روند منفی و صفر را داشته‌اند. روند صفر نشان دهنده تغییر نکردن آن متغیر در طول دوره آماری موردبررسی می‌باشد.

جدول ۳: نتایج روند تغییرات برخی از متغیرهای کیفی آب زیرزمینی دشت قروه (۱۳۸۸-۱۳۹۳) با آزمون اسپیرمن (سال بررسی ۱۳۹۷).

ایستگاه	ماه	SO ₄	Cl	HCO	TDS	EC	Anio	Catio	Ca	Mg	Na	TH	SAR
دهگلان	پرآب	۰/۲۱	*-۲/۵۳	۰/۵۷	-۱/۸۳	۱/۷۱	-۰/۸۵	۱/۰۳	۱/۱۸	-۰/۸۴	-۱	۰/۳۸	-۰/۵۸
	کم	۱/۸۳	-۳/۰۹	-۱/۶۸	-۱/۶۱	-۰/۹۳	۱/۸۹	-۰/۵۹	-۰/۲۶	-۱/۱۶	-۰/۸۱	-۰/۱۷	-۰/۰۱
آونگان	پرآب	۱/۱	-۱/۷۱	۰/۴۹	-۰/۳۴	-۰/۳	-۰/۳۹	-۳/۳۲	*-۳/۱۱	-۰/۱	۰/۰۶	۰/۳۸	-۰/۶۴
	کم	*۲/۶۴	-۱/۶۹	*-۲/۰۵	*۲/۰۹	*۲/۲۴	-۱/۹۳	۰/۴	۰/۳۵	*۲/۵۶	۰/۱۶	*۲/۶۷	*۲/۳۳
جوانمرد	پرآب	۰/۲۸	-۱/۸۷	-۰/۹۲	*۲/۵۱	*۲/۵۱	۱/۱۷	۱/۹۶	-۱/۲۵	۱/۸۸	-۱/۶۳	*۲/۰۶	-۰/۷۸
	کم	*۲/۲	-۰/۰۴	-۰/۰۳	۰/۷۳	۰/۸۶	۰/۱۶	۱/۸۶	۰/۰۳	*۳/۲۶	-۱/۷۲	۱/۷۴	۲/۲۶
دزج	پرآب	۱/۹۶	-۲/۳۳	-۰/۶۵	-۰/۳۹	-۰/۳۹	۰/۲۳	۰/۲۲	۰/۰۰۵	۱/۷۹	۰/۴۴	۰/۵۳	۰/۹۶
	کم	-۰/۵۹	-۲/۷	*-۲/۷۵	-۲/۰۷	-۲/۱۴	*-۲/۴۷	*-۲/۴۸	*-۲/۶۷	-۱/۹۱	-۲/۶۱	-۲/۴۳	-۰/۵۱
سرنجیانه	پرآب	۰/۶۴	*-۱/۴۸	-۱/۸۳	-۱/۳۶	-۱/۲۹	-۱/۲۶	-۱/۱۹	-۱/۱۲	-۰/۷۸	-۰/۳۷	-۱/۴۱	۰/۱۵
	کم	-۰/۰۲	-۱/۲۶	-۱/۱۶	-۰/۲۲	-۰/۳۶	-۰/۵۴	-۰/۵۹	-۰/۴	-۰/۵۲	-۰/۶۳	-۰/۴۲	۰/۲۳
شهابیه	پرآب	*-۳/۵۸	-۳/۲۵*	-۱/۲۵	-۳/۴۳	-۳/۴۴	*-۳/۴۹	*-۳/۲۷	*-۲/۴۳	-۲/۹۹	-۳/۷۸	-۳/۴۳	۳/۲۶
	کم	-۲/۴۱	-۳/۷۹*	-۰/۶۹	-۲/۵۸	-۲/۷۲	*-۲/۱۱	*-۲/۳۸	-۱/۹۴	-۲/۶۴	-۱/۳۸	-۱/۹۸	-۱/۰۸
نظام‌آباد	پرآب	۰/۳۴	۰/۰۶	*۲/۴۶	۱/۸۳	۱/۸۳	*۲/۰۱	*۲/۱۸	۱/۹۴	۰/۳۶	۱/۷۸	۱/۶۱	۰/۵۹
	کم	۱/۶۹	۰/۰۴	*۲/۲۱	*۲/۱۴	*۲/۱۴	۱/۴۶	*۲/۱۲	۰/۵۹	-۰/۵۷	۲/۷۹	-۰/۱۱	*۲/۳۸
سلسله	پرآب	-۱/۰۲	۲/۷۵*	۱/۱۸	۱/۳۷	*۲/۰۸	۰/۰۹	*۲/۶۷	*۲/۱۹	۰/۷۹	*۲/۹۷	*۲/۶۳	*۲/۵۷
	کم	۱/۲۷	۱/۱۶	-۰/۸۱	*۲/۰۹	*۲/۰۷	-۰/۹۵	*۲/۳۷	*۲/۱۱	-۰/۰۹	*۲/۵۱	*۲/۲۷	*۲/۵۵
عباسجوب	پرآب	۰/۲	-۱/۶۸	-۰/۹۱	-۱/۶۷	-۱/۶۱	-۰/۲۹	۰/۳۱	-۰/۴	-۱/۲۲	*۲/۲۴	-۰/۶	*۲/۳۷
	کم	۱/۰۳	-۰/۸	-۰/۳۱	۱/۰۷	-۱/۰۸	۰/۶۶	۰/۲۱	۱/۴۷	-۱/۵۲	-۰/۶۳	۰/۹	-۱/۲۱
	پرآب	-۱/۹۱	*۲/۷۳	-۱/۲۶	-۲/۱۵	-۱/۹۶	-۱/۶۶	-۱/۲۴	۱/۲۹	-۱/۲۸	-۱/۷۸	۰/۱۷	-۱/۹۳

ایستگاه	ماه	SO ₄	Cl	HCO	TDS	EC	Anio	Catio	Ca	Mg	Na	TH	SAR
تلوار	کم	-۰/۶۲	-۱/۷۵	*۲/۵۱	-۲/۳۹	-۲/۳۹	*-۲/۰۳	*-۲/۳۶	-۱/۵۹	-۲/۲۱	-۱/۶۴	-۲/۰۵	-۱/۳
	پرآب	-۰/۹۹	-۱/۱۵	-۰/۶۳	-۱/۶۳	-۱/۶۳	-۱/۳۲	-۱/۰۳	-۰/۷۶	۰/۰۳	-۰/۹۵	-۰/۷۴	-۰/۷۴
چراغ‌آباد	کم	۰/۳۸	*-۲/۴۱	-۱/۴۶	-۲/۰۵	-۲/۰۵	-۱/۱۷	-۱/۵۳	-۱/۲۷	-۱/۶۹	۱/۶۴	-۱/۳۹	۱/۵
	پرآب	۱/۷۹	-۲/۷۳	*-۲/۲۳	-۰/۷	-۰/۷	-۰/۰۶	-۱/۲۱	-۰/۷	۰/۰۶	۰	-۰/۱۹	۰/۱۹
حاجی یموق	کم	۱/۸۹	۰/۵۷	-۰/۹۴	-۰/۰۹	-۰/۰۹	-۰/۴۹	-۰/۲۶	-۰/۵	-۰/۹۳	۰/۶۴	-۰/۴۸	۱/۱۷
	پرآب	-۰/۵۷	-۱/۸۳	-۰/۹	-۱/۳۳	-۱/۳۳	-۱/۳۱	-۱/۶۳	-۱/۲۶	-۱/۶۹	۰/۶۶	-۰/۹۵	۰/۷
احمدآباد	کم	*۱/۹۸	-۱/۸۷	-۰/۷۲	-۱/۲۸	-۱/۰۹	۰/۳۸	۰/۴۶	۰/۴۸	۰/۴۱	۱/۴۶	-۰/۱۹	۱
	پرآب	*۲/۴۱	-۱/۸۲	-۱/۳۷	*۲/۳۹	*۲/۳۹	*۲/۴۷	*۲/۷	۰/۶۵	۱/۰۹	*۲/۲۹	۰/۹۹	۱/۹۳
شکوه آباد	کم	*۳/۳۲	-۱/۹۱	*-۲/۲۹	*۳/۲۱	*۳/۲۱	*۳/۲۱	*۲/۹۸	۰/۷۴	*۲/۸۱	*۳/۳۹	۱/۱۲	۳*/۱۸
	پرآب	-۰/۹۲	*۲/۷۹	*-۲/۷۳	-۲/۹۳	-۲/۹۳	*-۲/۴۷	*-۲/۶۷	*-۲/۵۴	-۲/۴۳	۱/۰۶	-۲/۶۷	۱/۴۱
سرآب قحط	کم	-۰/۴۵	-۲/۴۶	*-۲/۹۲	-۲/۷۵	-۲/۷۱	*-۲/۶۷	*-۲/۶۴	*-۲/۷۸	-۲/۲	۱/۳۱	-۲/۳۳	۱/۵۴

* نشان دهنده معنی‌دار بودن در سطح ۹۵ درصد.

جدول ۴: نتایج روند تغییرات برخی از متغیرهای کیفی آب زیرزمینی دشت قروه (۱۳۸۸-۱۳۹۳) با آزمون تخمین گر سن (زمان بررسی سال ۱۳۹۷).

ایستگاه	ماه	SO ₄	Cl	HCO	TDS	EC	Anio	Catio	Ca	Mg	Na	TH	SAR
دهگلان	پرآب	۰/۰۱۱	۰/۰۰۶	۰/۰۱۳	-۰/۹۵۸	-۰/۹۰۸	۰/۰۱۰	-۰/۰۰۶	۰	۰/۰۰۴	-۰/۰۰۱	۰/۱۵۰	۰
	کم	۰	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	-۰/۴۴۲	-۰/۶۹۷	۰/۰۰۹	۰/۰۰۹	۰/۰۰۶	۰/۰۰۱	-۰/۰۰۱	-۰/۲۵۰	-۰/۰۰۱
آونگان	پرآب	۰/۰۲۴	۰/۰۰۹	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۰۱۲	۰	۰	۰	۰
	کم	۰/۱۴۲	۰/۰۰۶	۰/۰۴۳	۳/۴	۵/۲۲۵	-۱/۰۸	-۱/۳۹	۰/۰۶۴	۰/۰۰۸	-۰/۰۵۳	۴/۸۷۵	۰/۰۲۵
جوانمرد	پرآب	۰/۰۱۱	۰/۰۰۲	۰/۰۱۳	۰	-۰/۴۰۷	۰/۰۰۷	۰/۰۱۵	۰/۰۱۶	۰/۰۳۵	-۰/۰۰۲	۲/۳۵۴	-۰/۰۰۱
	کم	۰	۰	۰/۰۰۱	۰/۴۱۰	۰/۷۲۱	۰	۰/۰۱۱	۰	۰/۰۲۱	۰	۰/۶۸۶	۰
دزج	پرآب	۰/۰۰۱	۰/۰۰۹	۰/۰۷۳	-۴/۱۹۷	-۶/۳۹۱	۰/۰۷۵	۰/۰۷۲	۰/۰۳۷	۰/۰۱۶	-۰/۰۱۴	۲/۸۵۰	-۰/۰۰۶
	کم	۰/۰۰۳	۰/۰۰۹	۰/۰۰۲	-۰/۴۰۴	-۲/۷۹۹	۰	۰	۰	۰/۰۰۱	۰	۰	۰
سرنجیانیه	پرآب	۰/۰۰۶	۰	-۰/۰۵۰	۱/۳۳۳	-۲/۰۸۳	۰/۰۰۵	-۰/۰۰۲	۰/۰۱۴	۰/۰۱۰	۰	۰	۰
	کم	۰/۰۰۷	۰/۰۰۵	۰/۱۲۸	۱۱/۱۱۶	۱۶/۸۳۰	-۱/۶۷	-۰/۱۰۲	۰/۱۶۰	۰/۰۱۸	۰	۷/۷۸۳	۰/۰۰۱
شه‌بیه	پرآب	-۰/۰۶	۰/۰۲۶	۰/۰۱۸	-۰/۰۱۱	-۰/۰۱۴	۰	-۰/۰۲۵	۰/۰۳۸	۰/۰۲۰	۰	۷/۰۲۴	-۱/۵۸۳
	کم	۰/۰۸۳	۰/۰۲۷	۰/۰۰۴	۰/۰۰۲	-۰/۰۲۱	۰	-۰/۰۲۰	۰/۰۳۴	۰/۰۳۳	۰	۷/۲۳۵	-۱/۹۷۵
نظام‌آباد	پرآب	۰/۰۳۱	۰	۰/۰۱۸	-۰/۰۳۰	۰/۰۳۵	۰	۰/۰۰۷	۰/۰۰۹	۰/۰۴۸	-۰/۰۰۱	۳/۵۶۳	-۰/۰۷۱
	کم	۰/۰۵۸	۰/۰۰۳	۰/۰۷۳	۷/۰۰۰	۱۰/۷۵۰	۰/۱۰۶	۰/۱۴۵	۰/۰۵۰	۰/۰۰۶	-۰/۰۴۵	۲/۰۰۰	۰/۰۱۳
سلسله	پرآب	۰/۰۱۴	۰/۰۰۷	۰/۰۲۱	-۰/۰۱۴	۰/۰۰۸	۰	۰/۰۲۲	۰	۰/۰۱۲	۰	۱/۵۲۸	۱/۰۰۰
	کم	۰/۰۱۴	۰/۰۰۷	۰/۰۲۱	-۰/۰۱۴	۰/۰۰۸	۰	۰/۰۲۲	۰	۰/۰۱۲	۰	۱/۵۲۸	۱/۰۰۰
عباسجوب	پرآب	۰/۰۱۴	۰/۰۰۴	۰	-۰/۴۷۲	-۰/۶۱۷	۰/۰۲۷	۰/۰۲۵	۰/۰۰۹	۰/۰۱۷	-۰/۰۰۴	۰/۴۸۱	-۰/۰۰۲
	کم	۰/۰۰۴	۰/۰۰۸	۰/۰۳۴	-۴/۲۵۱	-۶/۷۱۶	۰/۰۲۸	-۰/۰۲۴	۰/۱۷۴	۰/۰۱۴	-۰/۰۱۷	۲/۸۲۳	-۰/۰۱۶
تلوار	پرآب	۰/۰۰۶	۰/۰۱۳	۰/۰۶۰	-۳/۳۳۳	-۵/۱۴۳	۰/۰۵۲	-۰/۰۵۸	۰/۰۲۰	۰/۰۲۶	-۰/۰۲۰	۲/۷۱۴	-۰/۰۱۵
	کم	۰/۰۲۳	۰/۰۱۵	۰/۰۲۵	-۴/۱۳۹	-۷/۴۳۳	۰/۰۶۸	-۰/۰۵۱	۰/۰۰۵	۰/۰۱۳	-۰/۰۴۸	۰	-۰/۰۳۲
چراغ‌آباد	پرآب	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۰/۰۳۹	-۱/۷۴۵	-۲/۷۳۳	۰/۰۲۹	-۰/۰۳۱	۰/۰۲۰	۰/۰۰۶	-۰/۰۰۳	۱/۷۰۹	-۰/۰۰۲
	کم	-	۰/۰۰۶	۰/۰۲۷	-۱/۶۶۷	-۲/۶۶۷	۰/۰۳۶	-۰/۰۱۴	۰/۰۰۸	۰/۰۰۱	-۰/۰۰۳	۰/۵۶۳	-۰/۰۰۲
حاجی یموق	پرآب	۰/۰۱۹	۰/۰۰۶	۰/۰۲۱	-۰/۰۰۷	۰/۰۰۵	۰	۰/۱۶۲	۰/۰۰۹	۰/۰۰۴	۰	۰/۰۷۲	-۱/۲۳۳
	کم	۰/۰۳۳	۰/۰۰۷	۰/۱۳۷	-۵/۰۰۰	-۷/۹۷۰	۰/۰۹۸	-۰/۰۷۳	۰/۵۳۹	۰/۰۱۷	-۰/۰۱۷	۴/۷۳۶	۰/۰۱۳
احمدآباد	پرآب	۰/۰۳۳	۰/۰۰۷	۰/۱۳۷	-۵/۰۰۰	-۷/۹۷۰	۰/۰۹۸	-۰/۰۷۳	۰/۵۳۹	۰/۰۱۷	-۰/۰۱۷	۴/۷۳۶	۰/۰۱۳
	کم	۰/۰۰۳	۰/۰۱۶	۰/۰۷۸	-۵/۶۵۰	-۸/۷۰۰	۰/۰۷۸	-۰/۰۱۸	۰/۴۲۴	۰/۰۱۷	-۰/۰۰۴	۲/۳۵۴	۰/۰۰۲

ایستگاه	ماه	SO ₄	Cl	HCO	TDS	EC	Anio	Catio	Ca	Mg	Na	TH	SAR
شکوه آباد	پرآب	۰/۰۰۹	۰/۰۶۸	۰/۱۴۳	۱/۴۵۵	۱/۳۸۴	۰/۰۱۴	-۰/۰۲	۰/۱۴۰	۰/۰۱۴	۰/۰۲۳	۰/۰۶۶	۱۳/۱۴۳
	کم	۰/۰۱۰	۰/۰۳۰	۰/۱۷۹	۲/۴۰۰	۱/۴۲۳	۰	۰/۰۱۳	۰/۱۹۳	۰/۰۲۵	۰/۰۲۰	۰/۰۷۶	۱۶/۸۵۷
سرآب قحط	پرآب	۰/۰۰۹	۰/۰۹۹	۰/۱۱۰	-۵/۸۸۶	۰/۴۶۸	۰/۰۰۴	۰/۰۱۲۵	۰/۰۹۹	۰/۰۸۰	۰/۰۴۲	۰/۰۱۲	-۹/۷۶۲
	کم	۰/۰۲۵	۰/۱۷۸	۰/۱۶۸	-۸/۴۲۹	۰/۷۱۰	۰/۰۴۲	۰/۰۵	۰/۱۵۳	۰/۱۱۷	۰/۰۵۸	۰/۰۱۵	۱۸/۰۰۰

بحث و نتیجه‌گیری

آلودگی آب در دهه‌های اخیر به یک تهدید جدی و در حال گسترش برای جامعه انسانی و اکوسیستم‌های طبیعی تبدیل شده است. از جمله این تأثیرات می‌توان به آلودگی آب شرب مصرفی و محصولات مختلف کشاورزی و مسمومیت‌های ناشی از استفاده آن‌ها همچنین به از بین رفتن آبزیان در سطح منطقه‌های مختلف اشاره کرد؛ بنابراین داشتن اطلاعات کافی از روند تغییرات کیفیت آب برای مدیریت مؤثر آن‌ها ضروری به نظر می‌رسد. با توجه به نتایج آزمون نا پارامتریک اسپیرمن در سطح ۹۵ درصد، در ۱۴ حلقه از چاه‌های منطقه مورد مطالعه روند افزایش در هدایت الکتریکی مشاهده شد؛ در حالی که فقط در ۱۶ حلقه از چاه‌ها روند کاهش به دست آمد. در ۱۳ حلقه از چاه‌ها نیز با توجه به نتایج آزمون مقدار آماره در ناحیه رد فرض صفر قرار نگرفت و معنی‌دار بودن روند آن در سطح ۹۵ درصد رد شد. همچنین با توجه به نتایج پهنه‌بندی مشاهده می‌شود پارامتر سدیم و سختی آب در طول دوره در حال زیاد شدن است و دلیل افزایش این پارامترها در اثر کاهش بارندگی‌ها و کاهش ذخیره آبخوان‌ها می‌باشد که حفر چاه‌های عمیق و نیمه عمیق و افزایش سطح زیر کشت موجب کاهش تدریجی منابع آب و شور شدن اراضی کشاورزی به خصوص در قسمت جنوب شرقی می‌شود.

کیفیت آب زیرزمینی دشت قروه جهت شرب با توجه به نمودار Schoeller و برای آبیاری با توجه به نمودار Wilcox مناسب می‌باشد که با نتایج Feizia و همکاران (۲۰۱۹)، سبزواری و همکاران (۱۳۹۸)، صالحی و همکاران (۱۳۹۶) و صادقی فر و ساریخانی (۱۳۹۳) همخوانی دارد. Chegbeleh و همکاران (۲۰۲۰) نیز با استفاده از نتایج پهنه‌بندی پارامترهای بررسی شده با استفاده از کریجینگ معمولی و شاخص کیفیت آب و طبقه‌بندی برمبنای ویلکاکس دست یافتند که کیفیت آب شرب به جز شمال منطقه در رده خوب و کیفیت آب زیرزمینی جهت آبیاری دارای کیفیت عالی می‌باشد.

برمبنای نقشه‌های کیفیت تهیه شده در دوره مدنظر مشخص شد که بیشتر منطقه از نظر کیفیت آب شرب و کشاورزی به جز قسمت جنوب شرقی منطقه در کلاس خوب قرار دارد که با نتایج ذیحی و همکاران (۱۳۹۰)، Ahmadi و Balandeh (۲۰۱۳) و Sarukkalige (۲۰۱۲) مطابقت دارد و آن‌ها روش کریجینگ را به عنوان مناسب‌ترین روش معرفی کردند. با توجه به اینکه در بیشتر چاه‌های منطقه شمال دهگلان و شرق دز روند در بیشتر پارامترها برای مصارف شرب و کشاورزی افزایشی است، لذا ادامه این روند می‌تواند بدون شک بخش کشاورزی و تأمین آب شرب شهرهای قروه و دهگلان و دلبران که قسمت زیادی از آن توسط آب‌های زیرزمینی تأمین می‌شود را با مشکلات عدیده‌ای مواجه کند. بدین منظور پیشنهاد می‌شود در راستای کاهش برداشت بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی اقدام شود؛ الگوی کشت متناسب با پتانسیل منطقه اصلاح شود، سیستم‌های سنتی آبیاری با سیستم‌های جدید و دارای راندمان بالا جایگزین شود، از ارائه بی‌رویه مجوز حفر چاه جلوگیری شود و با استفاده از روش‌های مختلف آبخیزداری از هدر رفت آب‌های جاری و رواناب‌های ناشی از بارندگی‌ها جلوگیری شود.

سپاسگزاری

از شرکت آب منطقه‌ای کردستان جهت در اختیار گذاشتن اطلاعات تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

- سبزواری، ی.، حقی‌آبی، ا. ح. و نصرالهی، ع. ح.، ۱۳۹۸. ارزیابی کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت بروجرد-دورود و تأثیر آن بر نفوذپذیری خاک‌های زراعی با تحلیل‌های آماری و زمین‌آمار. مجله علمی پژوهشی مهندسی اکوسیستم بیابان. سال هشتم، شماره بیست و پنجم، صفحه ۳۸-۲۷.
- ذبیحی، ع.، سلیمانی، ک.، شعبانی، م. و آبروش، ص.، ۱۳۹۱. بررسی توزیع مکانی بارش سالانه با استفاده از روش‌های زمین‌آمار (مطالعه موردی: استان قم). پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، جلد ۷۸: صفحات ۱۱۲-۱۰۱.
- زارعی، ع. و بهرامی، م.، ۱۳۹۵. بررسی تغییرات کمی و کیفی آب زیرزمینی دشت فسا-فارس. فصلنامه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب، سال ششم، شماره ۲۴.
- صادقی‌فر، م. و ساریخانی، ر.، ۱۳۹۳. مطالعه کیفیت شیمیایی آب‌های زیرزمینی منطقه کوه‌دشت استان لرستان. دومین همایش ملی بحران آب (تغییر اقلیم، آب و محیط‌زیست) شهرکرد، دانشگاه شهرکرد.
- صالحی، ح.، زینبوند، ح. و احمدی، ش.، ۱۳۹۶. ارزیابی کیفی آب‌های زیرزمینی و انتخاب مناسب‌ترین روش میان‌یابی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) در شهرستان سقز. فصلنامه علمی پژوهشی اکو بیولوژی تالاب. سال نهم، شماره ۳۲، صفحات ۱۸-۵.
- فرید گیگلو، ب.، نجفی نژاد، ع.، مغانی بیله سوار، و. و غیائی، ا.، ۱۳۹۲. بررسی تغییرات کیفیت آب رودخانه زرین گل استان گلستان. مجله پژوهش‌های حفاظت آب‌و خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، جلد بیستم، شماره اول.
- Balandeh, N. and Ahmadi, A., 2013.** Zoning of the groundwater-level and salinity using geostatistic. *International Journal of Agriculture. Research and Review*. 3(1): 109-112.
- Chegbeleh, L. P., Akurugu, B. A. and Yidana, S. M., 2020.** Assessment of Groundwater Quality in the Talensi District, Northern Ghana. *The Scientific World Journal*. 1-24.
- Fallahati, A., Soleimani, H., Alimohammadi, M., Dehghanifard, E., Askari, M., Eslami, F. and Karami, L., 2020.** Impacts of drought phenomenon on the chemical quality of groundwater resources in the central part of Iran-application of GIS technique. *Environmental Monitoring and Assessment*. 192(1):64.
- Feizia, Z., Keshtkara, A.R. and Afzali, A., 2019.** Using geostatistical and deterministic modelling to identify spatial variability of groundwater quality. *International Desert Research Center*. 24(1):143-151.
- Gao, Z., Zhang, L., Cheng, L., Zhang, X., Cowan, T., Cai, W. and Brutsaert, W., 2015.** Groundwater storage trends in the Loess Plateau of China estimated from streamflow records. *Journal of Hydrology*, 281-290.
- Hafiz Umar, F., Ijaz, A., Anjum, M. N., Mahmood Khan, Z., Mazhar Iqbal, M., Shakoor, A. and Mubeen, M., 2019.** Assessing seasonal and long-term changes in groundwater quality due to over-abstraction using geostatistical techniques. *Environmental Earth Sciences*, 386: 78-154.
- Jamshidzadeh, Z. and Mirbagheri, S. A., 2011.** Evaluation of groundwater quantity and quality in the 7. Kashan Basin, Central Iran. *Journal of Desalination*, 270: 23-30.
- Khosravi, H., Karimi, K., Nakhaee nejadfard, S. and Mesbahzadeh, T., 2016.** Investigation of Spatial Structure of Groundwater Quality Using Geostatistical Approach in Mehran plain, Iran. *Pollution* 2(1): 57-65.
- Kisi, O. and Ay, M., 2014.** Comparison of Mann-Kendall and innovative trend method for water quality parameters of the Kizilirmak River, Turkey. *Journal of Hydrology*, 513: 362-375.
- Kumke, T., Schoonderwaldt, A. and Kienel, U., 2005.** Spatial variability of sedimentological properties in a large Siberian lake. *Aquatic Sciences*, 67: 86-96.
- Mahdavi, M., 2013.** Applied hydrology. Volume. 2, Tehran University Press. Eighth edition, 442 pp.
- Nakhai, M., 2012.** Introduction to groundwater. Arad book, Tehran. 692 pp.
- Nas, B. and Berktaf, A., 2010.** Groundwater Quality Mapping In Urban Groundwater Using GIS. *Environmental Monitoring and Assessment*, 160: 215-27.
- Salmani, M., Toorani, A. and Khorasani, M., 2010.** Rural classification based on risk of reservoirs and drinking water distribution system, case study: Central part of Minoodasht city. *Journal of Rural Research*. 4: 155-177. (In persian)
- Sappa, G., Ergul, S. and Ferranti, F., 2014.** Water quality assessment of carbonate aquifers in southern Latium region, Central Italy: a case study for irrigation and drinking purposes. *Applied Water Science*. 4:115-128.

- Sarhadi, M., Nahtani, M. and Riki, M., 2015.** Assessment Groundwater quality of Zahedan plain for drinking, agricultural and industrial use during drought and normal periods. Proceedings of the first National Conference on Water Quality and Sustainable Development, Arak.
- Sarukkalige, R., 2012.** Geostatistical analysis of groundwater quality in Western Australia. Engineering Science and Technology, an International Journal, 2(4): 790-794.
- Schoeller, H., 1964.** La classification geochemique des eaux. LASH Publication no. 64, Gen. Assembly of Berkeley, 4: 16-24.
- Wilcox, L. V., 1955.** Classification and use of irrigation waters. USDA Circ. 969, Washington, DC.
- Zang, C. and Liu, J., 2013.** Trend analysis for the flows of green and blue water in the Heihe River basin, northwestern China. Journal of Hydrology. 502: 27-36.
- Zarei, A. R. and Amiri, M. J., 2017.** Assessment spatial variability and Mapping of drinking and agricultural water quality using geostatistics and GIS techniques. Iranian Journal of Ecohydrology. 379: 505- 516.
- Zhao, J., Huang, Q., Chang, J., Liu, D., Huang, S. and Shi, X., 2015.** Analysis of temporal and spatial trends of hydro-climatic variables in the Wei River Basin. Environmental research. 139:55-64.

