

## تحلیل مکانی و زمانی پارامترهای کیفی منابع آب زیرزمینی و سطحی دشت الشتر با روش ANOVA و مدل‌های زمین‌آماری

معصومه صادقی<sup>۱\*</sup> و حمیدرضا باباعلی<sup>۲</sup>

۱ و ۲- گروه زمین‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خرم‌آباد، خرم‌آباد

نویسنده مسئول: [masoumehsadeghi256@gmail.com](mailto:masoumehsadeghi256@gmail.com)\*

دریافت: ۹۷/۷/۱۶ پذیرش: ۹۸/۸/۱۴

### چکیده

کیفیت آب‌ها با توجه به طول مسیر طی شده و فراوانی مواد انحلالی در مسیر حرکت، متغیر است. لذا روش‌های آماری و گرافیکی می‌تواند با میان‌یابی مکانی جهت مدیریت منابع آب در هر منطقه، مدیران را کمک نماید. هدف از این تحقیق، بررسی کیفیت آب‌های زیرزمینی و سطحی دشت الشتر برای شرب و کشاورزی است. بدین منظور طی سال‌های ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۶ از ۱۸ نقطه، نمونه‌برداری پارامترهای  $EC$ ،  $TH$ ،  $pH$ ،  $HCO_3$ ، کلر، سدیم،  $SAR$  و منیزیم انجام شد و مورد بررسی قرار گرفت. برای مقایسه تیمارها از تجزیه واریانس  $ANOVA$  و آزمون مقایسه میانگین دو نمونه مستقل استفاده شد. کلاس‌بندی آب آبیاری و شرب نیز با کمک نمودارهای ویلکاکس و شولر مشخص شد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین پارامترهای سدیم، اسیدیته، بی‌کربنات و  $SAR$  در دو ایستگاه کهریز و شاهد در طول ده سال تفاوت معنی‌داری وجود دارد. هم‌چنین تمامی نمونه‌ها از نظر کیفیت آبیاری برای مصارف کشاورزی مناسب هستند و براساس نمودار شولر منابع آب منطقه برای شرب مناسب است. ارزیابی روش‌های میان‌یابی روی دو شاخص مهم کیفیت آب‌های زیرزمینی هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم انجام شد. بررسی مدل‌های مختلف نشان داد که روش  $IDW$  با توان ۲ بهترین روش بوده بطوری‌که برای دو پارامتر، میانگین خطا و مجذور میانگین خطا به ترتیب مقادیر ۰/۰۳، ۰/۱۷ و ۰/۰۱، ۰/۰۰۱، ۰/۰۰۱ و ۰/۰۰۱ بدست آمد. هم‌چنین پهنه‌بندی‌ها مکانی و زمانی نشان داد که دو متغیر در ابتدا و انتها دوره‌ی ده ساله تغییر محسوسی نداشته است.

واژه‌های کلیدی: آب آبیاری، شرب، کشاورزی، کیفیت آب زیرزمینی و آب سطحی

### پیشگفتار

و همکاران، ۱۳۸۳). در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان از جمله ایران که میانگین بارندگی سالانه آن کفایت نیاز آبی را نمی‌دهد، حفظ و مدیریت منابع آب زیرزمینی اهمیت بسیار زیادی داشته و آگاهی از چگونگی تغییرات مکانی-زمانی سفره‌های آب زیرزمینی، ساختار ریاضی تغییرپذیری، جهت مدیریت بهینه منابع آب زیرزمینی بسیار با اهمیت است (حسین‌زاده و یعقوبی، ۱۳۹۰). کیفیت آب یکی از جنبه‌های هیدروژئوشیمی است که درباره‌ی توصیف شیمیایی آب، توزیع مکانی انواع متشکله‌های شیمیایی و قابلیت مصرف آب برای اهداف صنعتی، کشاورزی و مصارف خانگی و شهری بحث می‌کند. معمولاً جهت تعیین مناسب بودن کیفیت آب زیرزمینی برای مصارف مختلف، پس از نمونه‌گیری، آزمایش‌های تجزیه شیمیایی روی نمونه‌ها انجام شده و با مقایسه نتایج آن‌ها با مقادیر استاندارد، کیفیت آب جهت هر نوع مصرف مشخص می‌گردد. بخشی از کیفیت

افزایش جمعیت، برداشت‌های بی‌رویه در نقاط مختلف، محدودیت آب‌های سطحی و استفاده از کودها و سموم کشاورزی، همه و همه باعث کاهش ذخایر و هم‌چنین تغییر کیفیت آب‌های زیرزمینی شده است. وقوع خشکسالی‌های شدید نیز در سال‌های اخیر نه تنها بر کمیت و میزان منابع آب زیرزمینی تأثیر گذاشته، بلکه بر کیفیت پارامترهای شیمیایی آن نیز مؤثر بوده است که بدون شک برای منابع طبیعی کشور یک فاجعه محسوب می‌شود. تخلیه فاضلاب‌های شهری، رواناب، دامداری، فاضلاب کارخانه‌ها و مکان دفع فاضلاب به‌عنوان عواملی هستند که بر کیفیت آب زیرزمینی تأثیرات بسیار منفی می‌گذارند (دورگان و همکاران، ۲۰۰۴). آب زیرزمینی از مهم‌ترین منابع تامین آب در جهان است و در شرایط کنونی بخش زیادی از مصرف آب کشور بخصوص در بخش شرب از منبع آب زیرزمینی تأمین می‌شود (خدایی

کشاورزی وضعیت نامناسب داشته و از لحاظ شرب قسمت اعظم دشت در طبقه موقتا قابل شرب قرار گرفت. پهنه‌بندی مکانی کیفیت آب زیرزمینی دشت نشان دهنده روند نزولی در راستای شمالی- جنوب‌غرب و شمالی- جنوب‌شرق بوده، به‌عبارت دیگر جنوب‌غرب و جنوب‌شرق (خروجی دشت) پایین‌ترین کیفیت آب را داشته و آب زیرزمینی به سمت قلبی شدن تمایل دارد که از عوامل مؤثر بر این موضوع تراکم کشاورزی در بخش‌های جنوب، جنوب شرق و غرب و وجود کفه نمک در قسمت جنوب‌غرب و هم‌چنین سازندهای زمین‌شناسی با کیفیت نامناسب اشاره شده است. با بررسی نقشه هم‌افت مشخص کردند که بیش‌ترین میزان افت هم‌مربوط به همین نواحی از دشت می‌باشد که بیش‌ترین تراکم روستاها و آبادی‌ها را دارا می‌باشند. صالحی و زینی‌وند (۱۳۹۳) کیفیت آب‌های زیرزمینی غرب شهرستان مریوان برای شرب و کشاورزی را مورد بحث قرار دادند. نتایج میان‌یابی مکانی بر اساس معیارهای ریشه‌ی دو میانگین مربعات خطا ( $RMSE$ )، میانگین خطای مطلق ( $MAE$ ) و بیش‌ترین مقدار ضریب تعیین ( $R$ ) نشان داد که از این روش‌های مختلف میان‌یابی، روش تخمین‌گر موضعی برای پارامترهای سولفات، غلظت مواد محلول و شوری؛ روش تابع شعاعی برای پارامترهای سدیم و نسبت جذب سدیم؛ روش تخمین‌گر برای پارامتر کربار، و روش کریجینگ ساده برای پارامتر سختی آب، مناسب‌ترین برآورد سالانه را دارند. محمدیاری و همکاران (۱۳۹۵) در تحقیقی، با استفاده از روش‌های زمین‌آمار، خصوصیات شیمیایی آب‌های زیرزمینی مناطق خشک و نیمه‌خشک مهران و دهلران را مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج نشانگر برتری روش کریجینگ نسبت به روش  $IDW$  می‌باشد. نتایج بیانگر همبستگی قوی داده‌های کیفی آب منطقه و ساختار مکانی تابع مدل گوسین می‌باشد. در نهایت با استفاده از منطق فازی و طبقه‌بندی شولر نقشه پهنه‌بندی منطقه جهت شرب تهیه گردید. مطابق نقشه نهایی، ۳۷ درصد از منطقه برای شرب مناسب، ۱۳ درصد نسبتاً مناسب و ۵۰ درصد نامناسب می‌باشد. در نتیجه، کیفیت آب منطقه مورد مطالعه برای شرب در حد مطلوب نیست. میزان سختی و سایر عناصر در بخش‌هایی از منطقه روند افزایشی بوده که این موضوع به دلیل جانسین شدن رسوبات آبرفتی با سازند گچساران دانسته

آب‌های زیرزمینی مربوط به بارش است ولی مهم‌ترین عامل نوع تشکیلات زمین، طول مسیر طی شده و مدت زمان این جابجایی است. کیفیت آب‌ها با توجه به طول مسیر طی شده و فراوانی مواد انحلالی در مسیر می‌تواند تغییرات زیادی در نقاط مختلف پیدا کند. این پدیده سبب می‌شود که در بسیاری از مناطق خشک و بیابانی علاوه بر کم‌آبی کیفیت نامناسب آب‌های موجود نیز مشکل‌ساز باشد (مهدوی، ۱۳۷۸). در مدیریت یکپارچه آب، حفظ کیفیت آب به‌ویژه در مناطقی که با محدودیت نسبی منابع آب مواجه هستند، به عنوان یکی از ارکان برنامه‌ریزی مطرح است (فرید گیگلو و همکاران، ۱۳۹۲). آلودگی آب در دهه‌های اخیر به یک تهدید جدی و در حال گسترش برای جامعه انسانی و زیست‌بوم‌های طبیعی تبدیل شده است به‌طوری‌که برای مثال هر ساله ۲۵ میلیون نفر در کشورهای فقیر در اثر آلودگی آب از بین می‌روند (صالحی و زینی‌وند، ۱۳۹۳). لذا با توجه به اهمیت حیاتی کمیت و کیفیت آب‌های زیرزمینی و هم‌چنین تلاش برای حفظ آن در حال و آینده، به‌ویژه در کشورهای خشک و نیمه‌خشک، پژوهش و بررسی در این باره لازم و ضروری می‌باشد. که در ادامه به بررسی چند مورد از مطالعات داخلی و خارجی خواهیم پرداخت. صالحی و همکاران (۱۳۹۳) در پژوهشی به ارزیابی کیفی آب‌های زیرزمینی و انتخاب مناسب‌ترین روش میان‌یابی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی ( $GIS$ ) در شهرستان سقز پرداختند. نتایج نشان داد که کیفیت آب شهرستان سقز برای شرب و کشاورزی مناسب و نتایج میان‌یابی مکانی بر اساس معیارهای ریشه دوم میانگین مربعات خطا ( $RMSE$ )، میانگین خطای اریب ( $MBE$ ) و میانگین خطای مطلق ( $MAE$ ) نشان داده که برای پارامترهای سدیم، کلر، نسبت سدیم قابل جذب و سولفات روش وزن‌دهی عکس فاصله با توان یک و برای پارامترهای شوری، سختی و غلظت املاح محلول وزن‌دهی عکس فاصله با توان ۲ و برای نترات روش کریجینگ دایره‌ای مناسب‌ترین روش جهت پهنه‌بندی هستند. جهان‌شاهی و همکاران (۱۳۹۳) در تحقیقی به بررسی تغییرات مکانی و زمانی کیفیت و کمیت آب‌های زیرزمینی دشت شهر بابک در دوره‌های آماری به‌ترتیب ۱۰ و ۱۲ ساله با استفاده از روش‌های زمین‌آمار پرداختند. نتایج نشان داد که منابع آب زیرزمینی از نظر

استفاده از روش‌های زمین‌آماری در دوره آماری ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۵ پرداختند. نتایج نشان داد که واریوگرام مدل گوسین با ضریب تبیین ۰/۷ به‌عنوان بهترین مدل برازش شده به ساختار فضایی داده‌ها و روش چند جمله‌ای محلی و روش کریجینگ معمولی به‌ترتیب با داشتن مجذور میانگین مربعات خطا ۴۳/۶ و ۲۳/۸۵، بهترین روش میانبایی می‌باشند. نتایج هم‌چنین نشان داد که روش کریجینگ معمولی با تغییرنا گوسی در مقایسه با سایر روش‌های بکار رفته، برای برآورد عمق سطح ایستابی آب زیرزمینی در هر دو دوره آماری دقت بیشتری دارد. بهزادی کریمی و امیدوار (۱۳۹۶) تحلیل مکانی پارامترهای آب زیرزمینی دشت بیضاء زرقان را با استفاده از تحلیل عاملی و مدل‌های زمین‌آماری انجام دادند. نتایج نشان داد که برای همه متغیرها به‌جز  $pH$ ، روش کوکریجینگ مناسب‌ترین روش است. برای  $TH$  و  $Mg$  مدل جی-بسل، برای  $SAR$  و  $Na$  مدل رشنال کوادریک، برای  $HCO_3$  مدل نمایی و برای  $pH$  روش معکوس فاصله وزنی به توان ۱، از کمترین خطا و بیش‌ترین دقت نسبت به سایر روش‌های میانبایی برخوردار می‌باشند. نقشه‌های پهنه‌بندی مکانی پارامترهای فوق بیانگر آن است که میزان پارامترهای  $TH$ ،  $Mg$ ،  $SAR$  و  $Na$  در نواحی جنوب‌شرقی به بیش‌ترین و در شمال دشت به کمترین غلظت خود می‌رسد. مقدار  $pH$  در منطقه بانس واقع در شمال دشت، نسبت به سایر مناطق بیش‌تر است و از لحاظ غلظت  $HCO_3$ ، نواحی شمال شرق و جنوب منطقه در شرایط نامناسبی قرار دارند. ساروکالیچ (۲۰۱۲) کیفیت آب زیرزمینی منطقه غرب استرالیا را با استفاده از تکنیک‌های زمین‌آمار مورد بررسی قرار داد. او ۴ مدل واریوگرامی کریجینگ را شامل مدل‌های کروی، دایره‌ای، نمایی و گوسی را روی داده‌های منطقه مورد مطالعه‌اش برازش داده و میان‌بایی پارامترها را با استفاده از این مدل‌ها انجام داد. بر طبق نتایج این مطالعه، روش کریجینگ با مدل واریوگرامی نمایی بهترین نتیجه را برای میان‌بایی پارامترهای کیفی آب زیرزمینی ارائه می‌کند. هوشمند و همکاران (۲۰۱۱) به‌منظور بررسی پارامترهای کیفی آب زیرزمینی (نسبت جذب سدیم و یون کلرید) استان آذربایجان غربی از روش‌های زمین‌آمار استفاده نمودند. آن‌ها میان‌بایی پارامترها را با استفاده از دو تکنیک کریجینگ و

شد و لذا عامل اصلی کاهش کیفیت آب‌ها را می‌توان سازند گچساران دانست. نتایج حاصل از پژوهش اسدزاده و همکاران (۱۳۹۶) که به بررسی روند کیفی منابع آب زیرزمینی دشت عجیشیر پرداختند نشان داد شوری در ماه خشک و مرطوب افزایش یافته و در نتیجه کیفیت منابع آب زیرزمینی برای مصارف کشاورزی نامناسب می‌باشد. معانی‌جو و همکاران (۱۳۹۶) در پژوهشی به ارزیابی کیفی آب رودخانه شاوور شوش واقع در استان خوزستان پرداختند و نتایج نشان داد آب این رودخانه برای مصرف کشاورزی تقریباً مناسب بوده و نیز از لحاظ همه کاتیون‌ها و آنیون‌ها نسبتاً خوب در محدوده خوب و قابل شرب قرار دارد. یزدان‌پناهی و همکاران (۱۳۹۷) به بررسی تغذیه، تخلیه و کیفیت ۴۱ چاه آب زیرزمینی در سال‌های ۱۳۸۰-۱۳۹۳ برای ماه‌های پرداختند. از نرم‌افزار  $GS+$  و محیط  $GIS$  جهت تعیین و ترسیم نقشه‌های پهنه‌بندی با استفاده از روش‌های مختلف میان‌بایی استفاده کردند. نتایج نشان داد روش کریجینگ معمولی با دارا بودن کمترین میزان  $RMSE$  و بیش‌ترین  $R^2$  بهترین برآورد را در منطقه داشته است. غالب آب زیرزمینی در دشت مشهد به ترتیب، برای مصارف کشاورزی،  $C-1S2$  و  $C-1S3$  و برای مصارف شرب، در خوب و متوسط طبقه‌بندی شد. نتایج بررسی پارامترهای کیفیت آب نشان داد که کیفیت آب طی این سال‌ها کاهش یافته است. میانگین همبستگی روند تغییرات مکانی سطح ایستابی و  $EC$ ، به ترتیب ۰/۳۵ - و ۰/۴۵ می‌باشد که نشان‌دهنده افزایش شوری با کاهش سطح آب آبخوان است. نتایج این تحقیق بیانگر این است که علت اصلی کاهش کیفیت آب در دشت مشهد، وجود نواحی صنعتی و مسکونی و توسعه اراضی کشاورزی بوده است. ناس (۲۰۰۹) با بررسی تغییرات مکانی کیفیت آب زیرزمینی موجود در شهر کونیا واقع در آنتالیای ترکیه گزارش کرد که نیم تغییرنمای قابلیت هدایت الکتریکی، کلر، سولفات و سختی آب به‌ترتیب از مدل‌های حلقوی، درجه دوم، کروی و پایدار تبعیت نمودند. ایشان بیان کردند در بین متغیرهای مورد بررسی روند مکانی کلی وجود نداشته و تنها اسیدیته ( $pH$ ) از توزیع نرمال تبعیت نمود و سایر ویژگی‌ها با اعمال تبدیل به توزیع نرمال تبدیل شدند. پیری و بامری (۱۳۹۳) به بررسی تغییرات مکانی و زمانی سطح آب زیرزمینی دشت سیرجان با

رودخانه کشکان جزئی از حوضه آبخیز کرخه از حوضه‌های اصلی کشور است. این محدوده بین طول جغرافیایی  $40^{\circ}02'$  تا  $40^{\circ}31'$  شرقی و عرض جغرافیایی  $33^{\circ}43'$  تا  $34^{\circ}05'$  شمالی قرار دارد. شکل ۱ محدوده حوضه آبخیز در حوضه‌های آبخیز ایران و ایستگاه‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

#### اقلیم منطقه

دامنه تغییرات ارتفاعی آن حدود ۲۱۸۰ متر می‌باشد. از نظر پستی و بلندی ارتفاع متوسط دشت از سطح دریا حدود ۱۵۸۰ متر می‌باشد. وسعت حوضه آبخیز ۸۱۱ کیلومترمربع و وسعت دشت آن ۱۹۶ کیلومترمربع می‌باشد. بارندگی متوسط سالانه دشت ۵۵۴ میلی‌متر و دمای متوسط سالانه ۸/۸ درجه سانتی‌گراد است. اقلیم محدوده با در نظر گرفتن سیستم اقلیمی آمبرژه دارای اقلیم نیمه‌خشک سرد و ارتفاعات می‌باشد.

#### داده‌های مورد استفاده

در این پژوهش جهت پهنه‌بندی منطقه از نظر کیفیت شرب و کشاورزی ابتدا داده‌های منابع چشمه، چاه و قنات محدوده مورد مطالعه از شرکت آب منطقه‌ای لرستان اخذ گردید و سپس بعد از بررسی ایستگاه‌هایی که نواقص آماری داشتند حذف شدند. پایه زمانی مشترک جهت مطالعه، سال آبی ۸۵-۱۳۸۶ تا سال آبی ۹۷-۱۳۹۶ انتخاب گردید. تمام ایستگاه‌ها در دوره‌های حداکثر و حداقل (لازم به یادآوری است که در فصول تر (بهار و زمستان) نمونه‌برداری‌ها بیش‌تر بوده است) اندازه‌گیری و در طول سال بررسی شد. صحت آمار بیش‌تر مربوط به همگن و ناهمگن بودن و تعداد کم آمار می‌باشد. پارامترهای هدایت الکتریکی، مواد جامد محلول، سختی آب، اسیدیته، بی‌کربنات، کلر، سدیم، نسبت جذب سدیم و منیزیم مورد ارزیابی قرار گرفت.

نمودارهای شولر و ویلکوکس برای آنالیز کیفی برای سال‌های آماری ترسیم و تجزیه و تحلیل شدند. نمودار گیس برای تعیین تأثیر تبخیر و تعرق بر کیفیت آب منطقه بررسی شد (گیس، ۱۹۷۰). به‌منظور بررسی قابلیت شرب آب رودخانه از نمودار نیمه‌لگاریتمی لایریتن شولر استفاده شد (شولر، ۱۹۶۴). نمودار ویلکوکس به منظور تعیین کیفیت آب برای کشاورزی استفاده شد

کوکریجینگ انجام داده و پس از مقایسه نتایج حاصل از آنالیز آمارهای توصیفی و دقت هرکدام از روش‌های زمین‌آمار به این نتیجه رسیدند که روش کوکریجینگ با اختلاف جزئی در میزان  $RMSE^1$  مناسب‌تر از روش کریجینگ تشخیص داده شد. تیزرو و همکاران (۲۰۱۴) در بررسی تغییرات مکانی پارامترهای کیفیت آب زیرزمینی دشت زرین‌آباد زنجان، با استفاده از روش‌های کوکریجینگ، کریجینگ و روش عکس فاصله به این نتیجه رسیدند که روش کوکریجینگ مطلوب‌ترین روش برای مطالعه توزیع مکانی پارامترهای کیفیت آب زیرزمینی است. ایدانا و همکاران (۲۰۰۸) کیفیت آب زیرزمینی دشت افرا در کشور غنا را مورد ارزیابی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که بخش جنوب‌غربی منطقه مورد مطالعه مقادیر فلوراید،  $EC$  و  $SAR$  بالایی دارد و بخش‌های شمالی فلوراید کمتر از حد مجاز برای شرب دارند و آب این مناطق برای شرب مناسب نیست. نرم‌افزارهای مختلفی برای تجزیه، تحلیل و بررسی کیفیت آب توسعه یافته است. یکی از این نرم‌افزارها، نرم‌افزار  $AqQA$  است که توانایی اجرای شش آزمون یکنواختی داده‌ها بر اساس روش‌های استاندارد  $AWWA 1030-E$  و ترسیم ۱۱ نوع پلات، سری‌های زمانی، نمودارهای شولر، تعادل یونی، دورو، پاپیر، استیف و ... را دارد. این نرم‌افزار همچنین قادر است تعادل کربنات،  $TDS$ ، چگالی و قابلیت هدایت الکتریکی را محاسبه کند. از آنجا که در منطقه مورد مطالعه مطالعاتی مختص به کیفیت منابع آب زیرزمینی حوضه آبریز کمتر پرداخته شده است و رابطه‌ی آماری بین پارامترهای کیفی نیز انجام نشده لذا هدف از این پژوهش بررسی کیفیت آب زیرزمینی دشت الشتر در استان خرم‌آباد توسط روش‌های گرافیکی موجود در نرم‌افزار  $AqQA$  از نظر شرب و کشاورزی و مقایسه پارامترهای کیفی با روش تجزیه واریانس  $ANOVA$  و در نهایت معرفی مناسب‌ترین روش میان‌یابی مکانی برای پارامترهای هدایت الکتریکی، نسبت جذب سدیم و مواد جامد محلول و پهنه‌بندی منطقه قرار گرفت.

#### مواد و روش‌ها

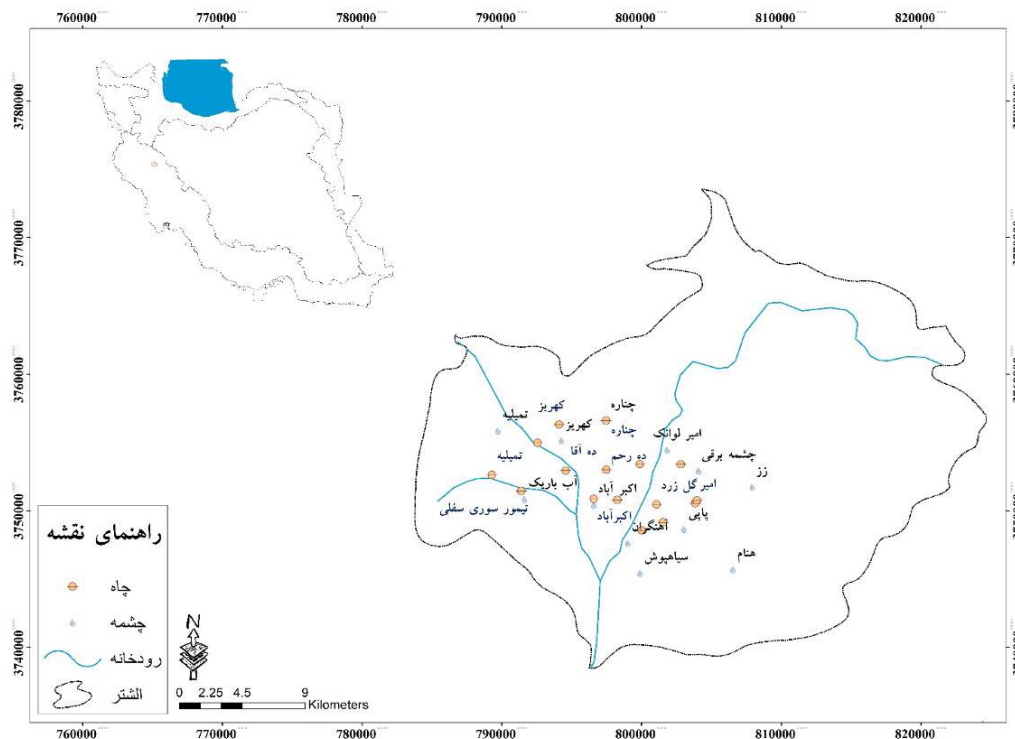
##### منطقه مورد مطالعه

دشت الشتر در حوضه آبخیز الشتر قرار دارد و از زیرحوضه‌های رودخانه کشکان می‌باشد. حوضه آبخیز

<sup>1</sup>Root Mean Square Error

میانگین‌های پارامترهایی که در بین سال‌های آماری با هم تفاوت معنی‌دار داشتند آزمون *LSD* به کار گرفته شد. در آزمون *LSD* یکی از گروه‌ها را به عنوان شاهد در نظر می‌گیرند تا سایر گروه‌ها را بر اساس آن بسنجند. این گروه می‌تواند گروه اول یا آخر باشد.

(ویلکوکس، ۱۹۵۵). یکی از شاخصه‌های کیفیت آب آشامیدنی، سختی آن است که بر مبنای کربنات کلسیم سنجیده می‌شود. استانداردهای از پیش تعیین شده‌ی آب شرب در کشورهای مختلف بسته به شرایط اقتصادی، اقلیمی، غذایی و جغرافیایی با هم متفاوتند. برای مقایسه تیمارها از روش تجزیه و تحلیل واریانس *ANOVA* در محیط نرم‌افزار *SPSS* استفاده شد و برای نشان دادن



شکل ۱. موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری در حوضه‌های آبخیز ایران

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

که در آن  $z^*(xi)$  مقدار تخمین متغیر (میزان تخلیه) در نقطه مورد نظر،  $\lambda_i$  وزن یا اهمیت نمونه  $i$  ام،  $n$  تعداد مشاهدات و  $z(xi)$  مقدار مشاهده شده متغیر (میزان تخلیه) می‌باشد.

این نوع کریجینگ را کریجینگ خطی می‌نامند، زیرا ترکیب خطی از  $n$  داده می‌باشد. شرط استفاده از این تخمین‌گر این است که متغیر  $z$  دارای توزیع نرمال باشد. در غیر اینصورت یا باید از کریجینگ غیرخطی استفاده کرد و یا اینکه به نحوی توزیع متغیرها را به نرمال تبدیل کرد.

## روش‌های آماری

### روش کریجینگ

در زمین‌آمار می‌توان با داشتن مقادیر یک کمیت در مختصات معلوم مقدار آن کمیت را در نقاط دیگر با مختصات معلوم برآورد کرد به شرط آنکه مختصات مقدار نامعلوم در دامنه‌ای که ساختار فضایی حاکم است قرار گیرد (عساکره، ۱۳۸۷ و حسنی‌پاک، ۱۳۷۷). برآورد مقادیر متغیر با توزیع و ساختار فضایی و ارزیابی خطای همراه با این برآورد کریجینگ نامیده می‌شود (دیویس، ۱۹۷۳).

ویژگی‌های روش کریجینگ به صورت زیر است:

فرمول کلی روش کریجینگ مانند سایر تخمین‌گرها به صورت رابطه شماره (۱) تعریف می‌شود:

معمولاً از توان دوم معکوس فواصل استفاده می‌شود و برای وزن فواصل مقدار توان افزایش می‌یابد.

### روش‌های ارزیابی کیفیت درون یابی

برای تعیین کیفیت ارزیابی هر یک از روش‌های زمین آمار و درون یابی‌های انجام شده از پارامترهای خطای استاندارد شده میانگین ( $MAE$ ) و مجذور میانگین مربعات خطا ( $RMSE$ ) استفاده شده است.

$$RMSE = \sqrt{\left( \sum_{i=1}^n (O_i - P_i)^2 \right) \times n^{-1}} \quad (3)$$

$$MAE = \left( \sum_{i=1}^n |O_i - P_i| \right) \times n^{-1} \quad (4)$$

### نتایج و بحث

پارامترهای شیمیایی نمونه آب‌ها با استفاده از داده‌های به دست آمده از آنالیز کیفی آب به صورت نمودارهای شولر و ویلکاکس تجزیه و تحلیل شده است (جدول ۱).

جدول ۱. نتایج سنجش‌های شیمیایی (یون‌ها بر حسب میلی‌اکی والان بر لیتر،  $TDS$  بر حسب میلی‌گرم بر لیتر و  $Ec$  میکروزیمنس بر سانتی‌متر)

$Mg$	$Hco3$	$Ec$	$SAR$	$Th$	$TDS$	$Ph$	$Na$	$Cl$	$So4$	ایستگاه
0.12	0.5	420	0.13	170	268	7.41	3	0.3	0.24	نصرت آباد
0.39	0.9	384	0.285	187.5	253	7.73	3.4	0.3	0.36	تمیلیه
0.18	0.9	470	0.149	200	300	7.52	3.8	0.2	0.18	میر
0.35	0.9	700	0.844	295	455	7.09	4.2	0.6	2.51	آب باریک
0.08	0.8	287	0.065	150	185	7.87	2.6	0.25	0.19	کهریز
0.16	1	510	0.109	215	326	7.96	3.6	0.5	0.36	چناره
0.17	1	680	0.106	320	435	7.16	5.9	0.4	0.24	آهنگران
1	0.9	590	0.788	195	377	7.83	3	1.4	0.6	سیاهپوش
0.23	1.2	540	0.144	255	345	7.64	4.5	0.4	0.47	امیر لوانک
0.15	1.1	470	0.1	225	301	7.69	4.1	0.3	0.25	اکبر آباد
0.21	0.8	610	0.15	235	390	7.95	4.2	0.5	0.19	چشمه برقی
0.13	1.3	400	0.094	190	256	7.75	3.4	0.2	0.35	هنام
0.16	1.7	383	0.107	225	245	7.61	3.8	0.5	0.38	زز
0.06	2.8	645	0.055	330	413	6.28	5.1	0.7	0.79	تمیلیه
0.2	0.8	359	0.156	165	230	7.2	2.8	0.5	0.21	تیمور سوری سفلی
0.03	0.8	394	0.022	190	252	7.48	3	0.4	0.43	ده آقا
0.1	0.9	352	0.077	170	225	7.57	3	0.3	0.2	چخالکنان
0.15	1.5	420	0.106	200	269	8.09	3.5	0.3	0.35	پابی

کشاورزی در طبقه خوب ( $C2SI$ ) و مناسب قرار دارد و برای مصرف کشاورزی مناسب می‌باشند (شکل ۳).

### روش وزن‌دهی عکس فاصله ( $IDW^1$ )

در این شیوه مقدار یک کمیت در نقاطی با مختصات معلوم با استفاده از مقدار همان کمیت در نقاط دیگری با مختصات معلوم به دست می‌آید. به عبارت دیگر در این روش ارزش یک متغیر بر اساس میانگین همسایه‌ها در محدوده‌های معین محاسبه می‌شود. به این ترتیب که معکوس فواصل از نقاط مجهول، وزن دهی می‌شود هر چه فاصله نقاط مجهول از نقاط معلوم کاهش یابد وزن ارزش آن نقاط افزایش می‌یابد و نقاطی که ارزش آن نامعلوم است با استفاده از نقاط اطراف در یک شعاع مشخص بر اساس فرمول زیر برآورد می‌شود:

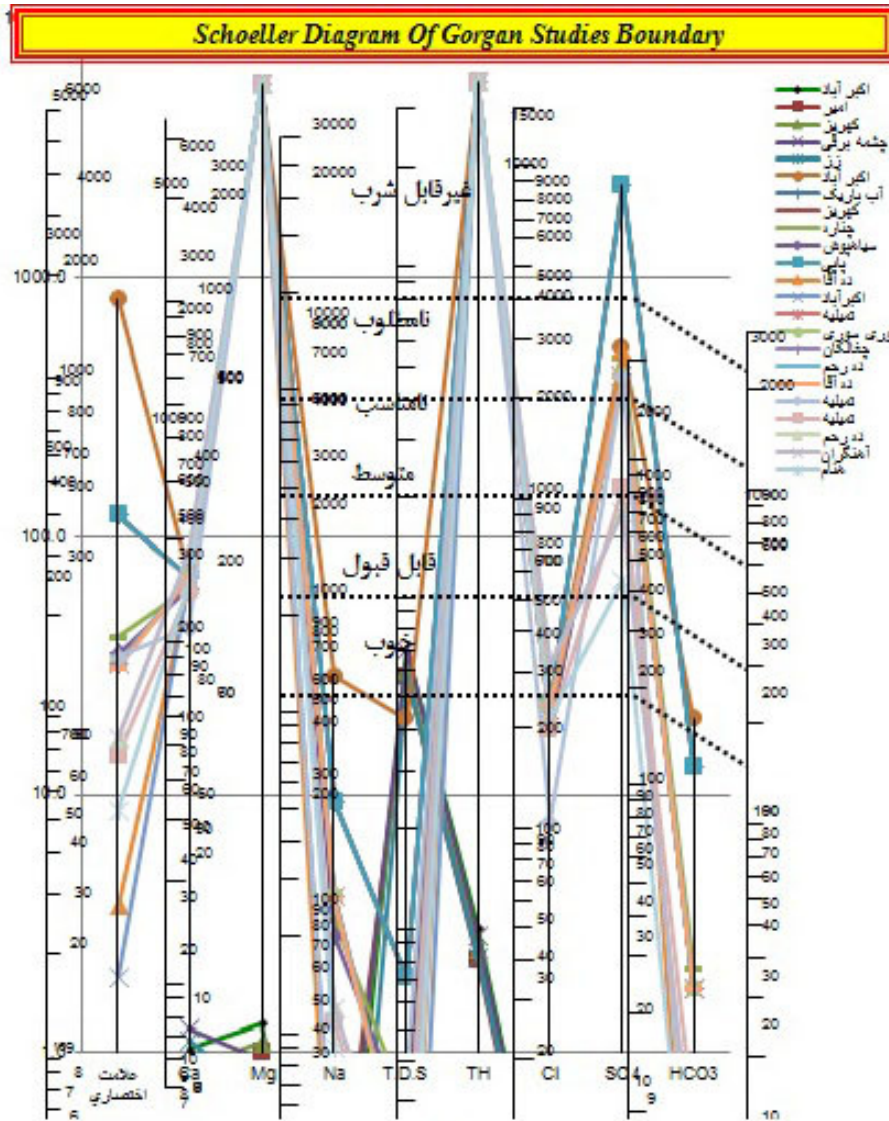
$$z(x) = \frac{1}{n} \sum z(x_i) \quad (1)$$

که در آن  $x_i$  ارزش معلوم نقاط با مختصات معلوم  $x$  ارزش برآورد شده نقطه مجهول می‌باشد.

و چون این مقدار تابعی از فاصله میان آن‌ها می‌باشد لذا فواصل میان آن‌ها به عنوان وزن مدل به کار می‌رود که

براساس نمودار شولر تمامی نمونه‌های مربوط به آب منطقه مورد مطالعه برای مصرف شرب در دسته مناسب قرار گرفته‌اند و دارای آنیون‌ها و کاتیون‌های مناسبی است (شکل ۲). تحلیل نتایج پارامترها براساس نمودار ویلکاکس نشان داد که منابع آب دشت الشتر برای استفاده

<sup>1</sup> Inverse Distance Weighting

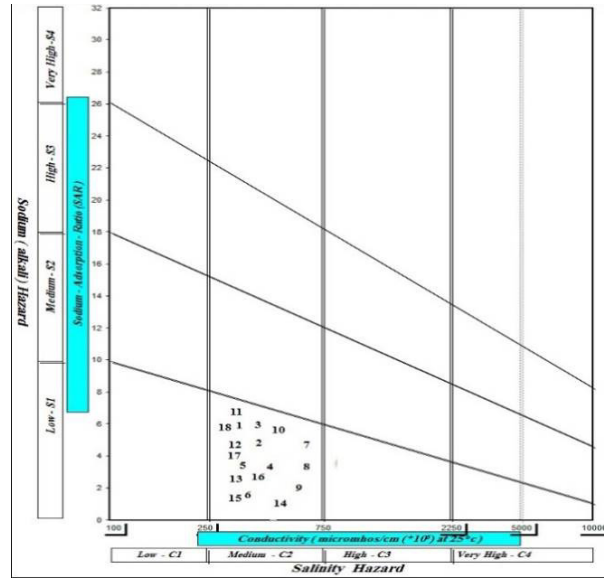


شکل ۲. نمودار شولر در منطقه مورد مطالعه

طور محسوسی متفاوت است. به طوری که مقدار پارامترهای سدیم، اسیدیته، بی‌کربنات و SAR در ایستگاه کهریز از ایستگاه شاهد امیر (بیشتر یا کمتر) است. مقدار میانگین TDS در طول ۱۰ سال به ترتیب حداقل و حداکثر ۱۸۵ و ۴۵۵ میلی‌گرم بر لیتر بوده و پایین‌تر از حد استاندارد مطلوب است که نشان می‌دهد منابع آب منطقه مورد مطالعه برای کشاورزی مناسب است.

از آزمون همبستگی پیرسون در سطح معنی‌دار ۵ و ۱ درصد برای توصیف همبستگی بین متغیرها استفاده شد. نتایج جدول ۴ نشان می‌دهد بیش‌ترین همبستگی بین پارامترهای EC و TDS وجود دارد ( $P < 0.01$ ).

نتایج تجزیه واریانس‌ها طبق جدول‌های (۲) و (۳) نشان می‌دهد که در ۳۸ درصد پارامتر سولفات در فصل اختلاف معنی‌داری وجود داشته است و با توجه به مقدار سطح معنی‌داری (sig) در جدول ANOVA که از میزان خطای استاندارد آلفا یعنی ۰/۰۵ کمتر است نشان می‌دهد که بین پارامتر سولفات در ایستگاه‌های کهریز، چناره، تمیلیه، چغالکان و پای و ایستگاه شاهد در طول ده سال تفاوت معنی‌داری وجود دارد. هم‌چنین بین پارامترهای سدیم، اسیدیته، بی‌کربنات و SAR در دو ایستگاه کهریز و شاهد در طول ده سال تفاوت معنی‌داری وجود دارد. یعنی مقدار پارامترهای سدیم، اسیدیته، بی‌کربنات و SAR در طول ده سال در دو ایستگاه کهریز و شاهد به



شکل ۳. نمودار ویلکاکس منابع آب دشت الشتر

جدول ۲. نتیجه آزمون مقایسه میانگین بین ایستگاه امیر به عنوان شاهد و ایستگاه‌های انتخاب شده در فصل خشک

Mg	Hco3	ec	SAR	th	TDS	Ph	Na	Cl	So4	ایستگاه
۰/۹۷	۰/۰۰۲	۰/۱۱	۰/۰۶	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۰۴	۰/۰۱	۰/۰۹	۰/۳۹	کهریز
۰/۱۲	۰/۷۷	۰/۲۳	۰/۰۰۳	۰/۶۵	۰/۵	۰/۱۲	۰/۰۱	۰/۴۲	۰/۲۸	اکبر آباد
۰/۴۵	۰/۰۳	۰/۳۵	۰/۰۴	۰/۳	۰/۴۴	۰/۱۲	۰/۰۳	۰/۱۱	۰/۵۳	چناره
۰/۸۷	۰/۳۹	۰/۳۶	۰/۰۹	۰/۰۳	۰/۱۶	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۲۹	۰/۲۸	آهنگران
۰/۲۸	۰/۱۳	۰/۵۵	۰/۰۵	۰/۸۸	۰/۶۰	۰/۰۴	۰/۰۰۶	۰/۱۲	۰/۴۸	سیاهپوش
۰/۵۶	۰/۷۱	۰/۳۷	۰/۵۹	۰/۹۸	۰/۰۴	۰/۴۴	۰/۰۰	۰/۴۳	۰/۱۷	امیر لوانک
۰/۰۶	۰/۷۴	۰/۰۴	۰/۵۶	۰/۹۳	۰/۳۵	۰/۰۰	۰/۰۵	۰/۰۷	۰/۶۸	آهنگران
*	۲	۱	۴	۱	۱	۲	۲	۱	*	تعداد معنی‌داری

جدول ۳. نتیجه آزمون مقایسه میانگین بین ایستگاه امیر به عنوان شاهد و ایستگاه‌های انتخاب شده در فصل تر

Mg	Hco3	EC	SAR	Th	TDS	Ph	Na	Cl	So4	ایستگاه
۰/۸۱	۰/۱۹	۰/۰۳	۰/۲۲	۰/۱۹	۰/۲۵	۰/۰۰	۰/۰۴	۰/۰۹	۰/۳۲	نصرت آباد
۰/۳۹	۰/۰۳	۰/۳۳	۰/۷۱	۰/۰۸	۰/۱۷	۰/۷۸	۰/۱۹	۰/۳۲	۰/۹۴	تمیلیه
۰/۲۲	۰/۲۵	۰/۴۰	۰/۴۵	۰/۳۳	۰/۱۵	۰/۰۰	۰/۱۲	۰/۱۸	۰/۲۹	آب باریک
۰/۷۶	۰/۶۵	۰/۰۲	۰/۵۵	۰/۳۷	۰/۰۱	۰/۰۰	۰/۸۶	۰/۱۱	۰/۰۱	کهریز
۰/۸۴	۰/۹۰	۰/۰۹	۰/۱۱	۰/۸۱	۰/۰۲	۰/۰۰	۱	۰/۱۳	۰/۰۵	چناره
۰/۰۶	۰/۴۵	۰/۰۲	۰/۱۳	۰/۰۴	۰/۸۳	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۱۹	۰/۰۳۴	آهنگران
۰/۷۴	۰/۹۵	۰/۰۸	۰/۲۵	۰/۹۵	۰/۹۲	۰/۱۹	۰/۶۰	۰/۷۷	۰/۱۱	سیاهپوش
۰/۰۶	۰/۴۵	۰/۰۲	۰/۱۳	۰/۰۴	۰/۸۳	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۱۹	۰/۰۳۴	امیر لوانک
۰/۷۴	۰/۹۵	۰/۰۸	۰/۲۵	۰/۹۵	۰/۹۲	۰/۱۹	۰/۶۰	۰/۷۷	۰/۱۱	اکبر آباد
۰/۰۶	۰/۷۴	۰/۰۴	۰/۵۶	۰/۹۳	۰/۳۵	۰/۰۰	۰/۰۵	۰/۰۷	۰/۶۸	چشمه برقی
۰/۲۰	۰/۱۳	۰/۰۲	۰/۱۶	۰/۶۰	۰/۷۹	۰/۰۰	۰/۵۲	۰/۱۱	۰/۰۷	هنام
۰/۰۳	۰/۰۶	۰/۷۵	۰/۳۹	۰/۲۷	۰/۰۸	۰/۹۲	۰/۱۰	۰/۳۸	۰/۲۵	زز
۰/۶۱	۰/۳۲	۰/۲۰	۰/۰۵	۰/۹۶	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۵۸	۰/۱۴	۰/۰۰	تمیلیه
۰/۹۴	۰/۱۸	۰/۰۵	۰/۶۷	۰/۲۷	۰/۲۶	۰/۰۰	۰/۱۳	۰/۱۴	۰/۱۲	تیمور سوری سفلی
۰/۰۴	۰/۰۰	۰/۸۲	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۲۰	۰/۳۹	۰/۰۰	۰/۹۱	۰/۷۹	ده آقا
۰/۵۴	۰/۶۸	۰/۴۳	۰/۲۹	۰/۸۲	۰/۱۱	۰/۰۷	۰/۶۲	۰/۳۲	۰/۰۲	چغالکان
۰/۸۱	۰/۸۴	۰/۳۵	۰/۴۷	۰/۶۰	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۴۰	۰/۶۲	۰/۰۱	پایی
۲	۲	۷	۱	۲	۳	۱۳	۴	*	۷	تعداد معنی‌داری
۱۱	۱۱	۳۸	۵	۱۱	۲۰	۷۲	۲۲	*	۳۸	درصد معنی‌داری



جدول ۴. ضرایب همبستگی بین پارامترهای آب دشت الشتر

	<i>Ec</i>	<i>TDS</i>	<i>PH</i>	<i>TH</i>	<i>Ca</i>	<i>Mg</i>	<i>Na</i>	<i>k</i>	<i>HCO3</i>	<i>Cl</i>	<i>SO4</i>
<i>EC</i>	۱										
<i>TDS</i>	۰/۹۹۸**	۱									
<i>PH</i>	-۰/۳۶۸	-۰/۳۵۸	۱								
<i>TH</i>	۰/۸۷۶**	۰/۸۷۰**	-۰/۳۴۲	۱							
<i>Ca</i>	۰/۶۵۸**	۰/۶۴۷**	-۰/۲۳۳	۰/۹۲۶**	۱						
<i>Mg</i>	۰/۹۶۱**	۰/۹۶۱**	-۰/۴۰۷*	۰/۸۶۸**	۰/۶۱۶**	۱					
<i>Na</i>	۰/۹۶۴**	۰/۹۶۹**	-۰/۳۸۶	۰/۸۴۴**	۰/۵۹۷**	۰/۹۷۴**	۱				
<i>K</i>	۰/۹۶۹**	۰/۹۷۱**	-۰/۲۸۵	۰/۸۷۴**	۰/۶۶۰**	۰/۹۵۵**	۰/۹۷۷**	۱			
<i>HCO3</i>	۰/۹۹۵**	۰/۹۹۷**	-۰/۳۶۳	۰/۸۵۹**	۰/۶۳۵**	۰/۹۵۷**	۰/۹۶۹**	۰/۹۶۳**	۱		
<i>Cl</i>	۰/۷۵۳**	۰/۷۵۲**	-۰/۳۸۷	۰/۷۳۹**	۰/۵۸۶**	۰/۷۷۰**	۰/۷۵۶**	۰/۸۰۱**	۰/۷۸۳**	۱	
<i>SO4</i>	۰/۹۸۸**	۰/۹۸۹**	-۰/۳۶۲	۰/۸۸۹**	۰/۶۶۹**	۰/۹۷۳**	۰/۹۷۹**	۰/۹۸۹**	۰/۹۸۲**	۰/۷۸۶**	۱

\* و \*\* به ترتیب معنی‌داری در سطح ۵ و ۱ درصد را نشان می‌دهد.

آب حوضه آبریز الشتر جهت ارزیابی آب منطقه از نظر شرب، کشاورزی و چگونگی تغییرات مکانی آن‌ها طی سال‌های آماری ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۶ استفاده شد. بررسی نمودارهای شولر و ویلکاکس نشان داد که منابع آب منطقه در طبقه مناسب برای مصارف شرب و کشاورزی قرار دارد و این مطلب نیز در نتایج تحقیق پهماسیان و همکاران (۱۳۹۶) که به بررسی کیفیت آب زیرزمینی دشت خرم‌آباد پرداختند همین نتایج را نشان دادند. نتایج همبستگی شاخص‌های کیفی نشان می‌دهد بین پارامترهای *EC* و *TDS* همبستگی مثبت معنی‌دار و قوی وجود دارد. به عبارت دیگر با افزایش *EC*، *TDS* به طور قابل توجهی افزایش می‌یابد ( $P=0.0001$ ) *pH* تنها متغیری است که رابطه منفی دارد که نشان می‌دهد با افزایش *TDS* و *EC* مقدار *pH* کاهش می‌یابد. نتایج درون‌یابی (انترپولاسیون) توزیع مکانی پارامترهای هدایت الکتریکی، مواد جامد محلول و نسبت جذب سدیم نشان می‌دهد که غلظت هدایت الکتریکی در طول زمان زیاد اما بخش خیلی کمی از دشت را تحت پوشش قرار داده است. به طور کلی نتایج نشان داد غلظت اکثر پارامترهای کیفی آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه روند افزایشی دارند اما کیفیت آب زیرزمینی و سطحی دشت الشتر روند محسوسی را نشان نداد. اما حداکثر مقادیر پارامترهای هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم در مناطق مرکزی و دارای کاربری اراضی در طول ۱۰ سال را نشان داد که این امر نشان‌دهنده تأثیر گذاری منابع آب منطقه از کودهای شیمیایی و افزایش میزان برداشت آب از چاه‌های منطقه را دارد که بایستی مدیران منابع آب به منطقه در خصوص این امر اقداماتی را لحاظ

پهنه‌بندی منطقه برای پارامترهای هدایت الکتریکی، نسبت جذب سدیم و مواد جامد محلول با استفاده از روش‌های آماری کریجینگ، وزن‌دهی معکوس فاصله، اسپیلیان و روند انجام گرفت. ارزیابی روش‌های مذکور با معیارهای *RMSE* و *MAE* مطابق جدول (۵) انجام و مشاهده گردید که روش کریجینگ دارای خطای بالایی بوده و روش وزن‌دهی معکوس فاصله با توان دو بهترین روش حاصل شد. با توجه به نتایج پارامتر *SAR* با میانگین مجذور خطای ۰/۰۰۱ کمترین خطا را نشان داد. پهنه-بندی پارامترهای هدایت الکتریکی، نسبت جذب سدیم و کل مواد جامد محلول در منابع آب منطقه مورد مطالعه در ابتدا سال (۱۳۸۶) و انتهای دوره ۱۳۹۶ انجام گردید و با توجه به پهنه‌بندی مشخص شد که در این ۱۰ سال کیفیت منابع آب از نظر پارامترهای مذکور تغییری پیدا نکرده است و روند ثابتی را داشته است. مطابق شکل (۴) بیش‌ترین تغییرات در مرکز حوضه آبریز جایی که آبخوان منطقه در آن قرار دارد وجود داشته است. در مناطقی که مقادیر هدایت الکتریکی، نسبت جذب سدیم و کل مواد جامد محلول بیش‌ترین مقدار است دارای کاربری کشاورزی بوده و جایی که کشاورزی صورت می‌گیرد در اثر مصرف کودها و تخلیه آب زیرزمینی و کاهش تراز سطح آب می‌تواند یکی از علل افزایش املاح و شوری منابع آبی باشد.

### نتیجه‌گیری

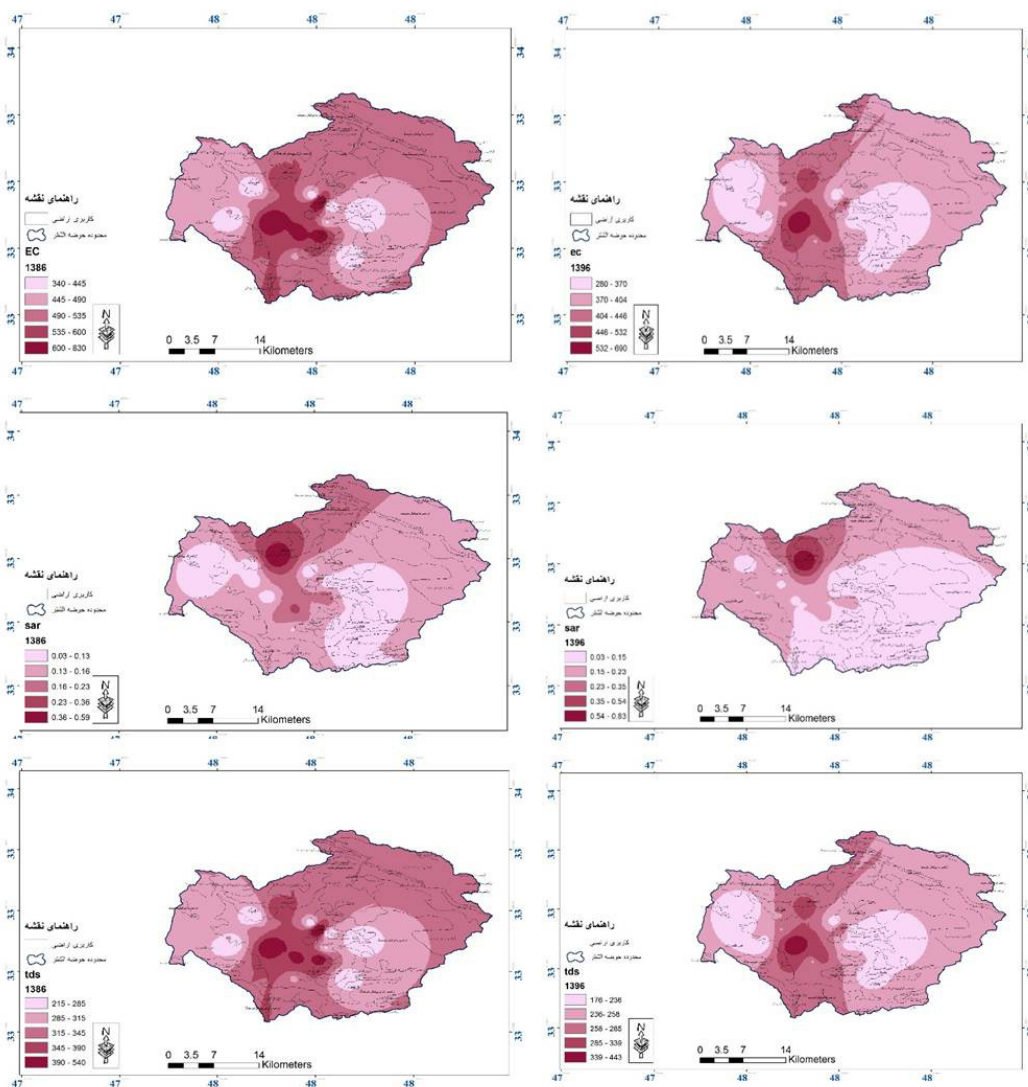
شناخت کیفیت منابع آب فاکتور اصلی تعیین‌کننده استفاده از آب برای مصارف مختلف است (تیکل و همکاران، ۲۰۱۲). در این پژوهش از داده‌های کیفی منابع

زمین و کاهش نزولات جوی در مناطق دنیا داده شده و ایران هم از این امر مستثنی نیست لذا توجه به افزایش بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی و آلودگی‌های احتمالی از طریق کودهای شیمیایی در مصارف کشاورزی، ورود فاضلاب‌های شهری و روستایی در این دشت جهت پایداری و کاهش افت سطح ایستابی آب زیرزمینی در ادارات زیربط بایستی بیش‌تر گردد.

نمی‌اند. اسدی و همکاران در سال ۱۳۹۵ طی مطالعه‌ای که در خصوص افت سطح آب زیرزمینی در این دشت را داشتند اذعان نمودند که در طول سال‌های ۱۳۸۱ تا ۱۳۸۸ تراز سطح آب زیرزمینی دشت الشتر ۳ متر افت پیدا کرده است و این امر نیز می‌تواند در بهتر نشدن کیفیت در طول ۱۰ سال دوره‌ی مطالعه قابل توجه باشد. از آنجا که در محافل بین‌المللی و طی گزارشات زیادی خبر از بروز افزایش خشک‌سالی و بالا رفتن دمای کره

جدول ۵. بررسی مناسب‌ترین روش مکان‌یابی محدوده دشت الشتر

عامل	کریجینگ		عکس فاصله (IDW)		Spline		Trend	
	MAE	RMSE	MAE	RMSE	MAE	RMSE	MAE	RMSE
EC	خیلی زیاد	۰/۱۷	خیلی زیاد	۰/۰۳	خیلی زیاد	۳/۷	خیلی زیاد	۱۴
SAR	۰/۱۹	۰/۰۳	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۱	۰/۰۴	۰/۲
TDS	۰/۵۵	۰/۸۸	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۳	۰/۲۵



شکل ۴. پهنه‌بندی متغیرهای هدایت الکتریکی، نسبت جذب سدیم و مواد جامد محلول در محدوده آبخوان دشت الشتر

## منابع

- اسدزاده، ف.، شکبیا، س. و کاکي، م (۱۳۹۶) ارزیابی و تحلیل روند کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت عجبشیر برای مصارف کشاورزی. نشریه یافته‌های نوین زمین‌شناسی کاربردی، دوره ۱۱، شماره ۲۱، ۱۱۴-۱۲۴.
- اسدی، ن.، کاکي، م.، جمور، ر (۱۳۹۵). افت سطح آب زیرزمینی و شیوه برداشت جبران‌گر در آبخوان دشت الشتر استان لرستان. مجله مخاطرات محیط طبیعی، سال پنجم، شماره نهم، ۱۰۷-۱۲۶.
- بهبزادی کریمی، ح. امیدوار، ک (۱۳۹۶) تحلیل فضایی پارامترهای شیمیایی مؤثر در کیفیت آب زیرزمینی با استفاده از تکنیک تحلیل عاملی و مدل‌های زمین‌آماري (مطالعه موردی: دشت بیضاء- زرقان). نشریه سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی. جلد ۸، شماره چهارم، ۱۷-۳۵.
- پیری، ح. بامری (۱۳۹۳) بررسی روند تغییرات کمی سطح ایستابی منابع آب زیرزمینی با استفاده از زمین آمار و سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: دشت سیرجان). نشریه سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی. (۱) ۵: ۲۹-۴۴.
- جهانشاهی، ا.، دهوری، ع.، روحی‌مقدم، ع.، دلبری، م.، آبکار، اقدر، ح.، محمدیاری، ف و بصیری، ر (۱۳۹۳) پهنه‌بندی کیفیت آب زیرزمینی از لحاظ شرب با استفاده از روش‌های زمین‌آمار مطالعه موردی: مناطق خشک مهران و دهلران اکوهیدرولوژی، جلد ۱، شماره سوم، ۱۶۶-۱۵۳.
- حسنی‌پاک ع.ا (۱۳۷۷) زمین آمار (ژئواستاتستیک) انتشارات دانشگاه تهران، ۳۱۴ ص.
- حسین‌زاده، م. یعقوبی، ا (۱۳۹۰) تغییرپذیری آب زیرزمینی با استفاده از ژئواستاتیک. مهندسی و دانش مدیریت آبخیزداری ایران. دوره ۴، شماره ۱۰، ۶۸-۶۳.
- خدایی، ک. شمسواری، ع. ا. هاتفی، ب. هاتفی، ر (۱۳۸۴) پهنه‌بندی آسیب‌پذیری ذاتی آبخوان دشت جوین در مقابل آلودگی با استفاده از روش‌های GODS و Drastic کمیته تحقیقات شرکت سهامی آب منطقه‌ای خراسان.
- صالحی، ح.، زینی‌وند ح (۱۳۹۳) بررسی کیفیت آب زیرزمینی برای شرب و کشاورزی و انتخاب مناسب‌ترین روش میانمایی مکانی آن (مطالعه‌ی موردی: غرب شهرستان مریوان). نشریه اکوهیدرولوژی، جلد ۱، شماره سوم، ۱۶۶-۱۵۳.
- صالحی، ح.، زینی‌وند، ح و احمدی، ش (۱۳۹۳) ارزیابی کیفیت آب‌های زیرزمینی و انتخاب مناسب‌ترین روش میانمایی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی در شهرستان آزادگان. فصلنامه علمی پژوهشی اکوبیولوژی تالاب- دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. جلد ۹، شماره بیست و سوم، ۹۱-۵.
- طباطبائی، س. ح (۱۳۷۹) رفع آلودگی فلزات سنگین فاضلاب‌های شهری با استفاده از ژئولیت‌های طبیعی ایران، درس گروهی دکتری آبیاری و زهکشی. دانشگاه تهران، ۸۲ ص.
- طهماسبیان، س.، خانی‌تملیه، ذ.، بهمنش، ج (۱۳۹۶) بررسی کیفیت آب‌های زیرزمینی دشت خرم‌آباد. مجله محیط زیست و مهندسی آب، دوره سوم شماره ۴، ۳۴۱-۳۵۲.
- عساکره، ح (۱۳۸۷) کاربرد روش کریجینگ در میانمایی بارش، جغرافیا و توسعه، شماره ۱۲، ۴۲-۲۵.
- فرید گیگلو، ب.، نجفی‌نژاد، ع.، مغانی بیله سوار، و و غیائی، ا (۱۳۹۲) بررسی تغییرات کیفیت آب رودخانه زرین گل استان گلستان. مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، جلد ۲۰، شماره دهم.
- معانی‌جو، م.، بارونی نجف‌آبادی، ف.، خدابخش، س. و رحمانی، س (۱۳۹۶) بررسی هیدروژئوشیمیایی و ارزیابی کیفی آب رودخانه شاوور، شوش، استان خوزستان. نشریه یافته‌های نوین زمین‌شناسی کاربردی، دوره ۱۱، شماره ۲۲، ۱-۱۰.
- مهدوی، م (۱۳۷۸) هیدرولوژی کاربردی، جلد دوم، انتشارات دانشگاه تهران، ۳۰۱ ص.
- یزدان پناهی، ا.، اکبری، م. و بهرنگ منش، م (۱۳۹۷) آب زیرزمینی با استفاده از روش‌های زمین‌آمار در بررسی تغییرات زمانی- مکانی پارامترهای کمی و کیفی دشت مشهد. نشریه ترویج و توسعه آبخیزداری، جلد ۶، شماره بیستم، ۵۱-۷۹.
- Davis, J. C (1973) *Statistics and Data Analysis in Geology*, John Wiley & Sons, New York. 550pp.
- Dorgham, M. M. Abdel-Aziz, N. E., El-Deeb K., Okban M (2004) *Eutrophication Problems in The Western Harbour of Alexandria. Egypt. Oceanologia*, 46(1): 25-44.
- Gibbs, R. J (1970) *Mechanisms controlling world water chemistry*, Science, 1090-1088: 170.
- Hooshmand, A. Delghandi, M. Izadi, A. and Ali, K. H (2011) *Application of kriging in spatial estimation of groundwater quality parameters*, African Journal of Agricultural Research, 6(14): 3402-3408.
- Nas, B (2009) *Geostatistical approach to assessment of spatial distribution of groundwater quality*. Polish Journal of Environmental Studying, 6: 1073-1082.
- 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 geochimique des eaux*. LASH Publication no. 64, Gen. Assembly of Berkeley, 4: 16-24 pp.
- Tikle, S. Saboori, M. J. and Sankpal, R (2012) *Spatial distribution of ground water quality in some selected parts of Pune city, Maharashtra, India using GIS*, *J World Environment*, 7(2): 281-286.
- Tizro, T. A. Voudouris, K. and Vahedi, S (2014) *Spatial Variation of Groundwater Quality Parameters: A Case Study from a Semiarid Region of Iran*. *International Bulletin of Water Resources & Development*. 1(3).
- WHO (2006) *The Guidelines: A Framework For Safe Drinking-Water*. In: WHO. Editor. 3rd ed. *Guidelines for Drinking Water Quality*. Geneva WHO Press, 6-8.
- Wilcox, LV (1955) *Classification and use of irrigation waters*. USDA Circ. 969, Washington, DC.
- Yidana, S, M, Ophori, D, Yakubo, B, B (2008) *Groundwater Quality Evaluation for Productive Uses The Afram Plains Area Ghana*. *J. Irrig. And Drain. Engrg*, 134 (2): 222-227.

## ***Spatial and Temporal Analysis of Groundwater and Surface Water Quality Parameters of Al-Shater Plain by ANOVA and Statistical Models***

***M. Sadeghi<sup>1\*</sup> and H. R. Babaali<sup>2</sup>***

*1, 2- Dept., of Geology, Islamic Azad University, Khorramabad*

*\* masoumehsadeghi256@gmail.com*

***Recieved: 2018/10/8 Accepted: 2019/11/5***

### ***Abstract***

*The quality of water varies according to the length of the path and the frequency of liquidation in the direction of movement. Therefore, statistical and graphical methods can help administrators by locating space for managing water resources in each region. The purpose of this research is to investigate the quality of groundwater and surface water of al-Shater Plain for drinking and agricultural purposes. For this purpose, from 2007 to 2017, samples were taken from EC, TDS, TH, pH, HCO<sub>3</sub>, chlorine, sodium, SAR and magnesium parameters. For comparing the treatments, ANOVA analysis and mean comparison of two independent samples were used. The irrigation water classification was also identified with the help of the Wilcox chart. The results of analysis of variance showed that there is a significant difference between sodium, acidity, bicarbonate and SAR in two stations of Kahriz and control. The evaluation of interlinking methods was done on two important indicators of groundwater conductivity and sodium adsorption. Also, all samples are suitable for irrigation quality for agricultural use. The study of different models showed that IDW method with power 2 was the best method, so for two parameters, mean error and mean square error were 0.03, 0.17 and 0.001, 0.001 respectively. Also, spatial and temporal zoning showed that the two variables at the beginning and the end of the ten-year period did not change significantly.*

***Keywords:*** *Irrigation Water, Drinking Water, Agriculture, Groundwater Quality and Surface Water*