نشریه حفاظت منابع آب و خاک، سال نهم، شماره اول، پاییز ۱۳۹۸

ISSN 2251-7480

ارزیابی تغییرات مکانی برخی شاخص‌های کیفی آب زیرزمینی دشت اردبیل به منظور کاربرد در سامانه‌های آبیاری

فرخ اسدزاده[1*]، دکتر حسین پیرخراطی[2] و زهرا شیخی آلمان آباد[3]

۱*) دانشیار گروه مهندسی خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ایران.

* نویسنده مسئول مکاتبات: f.asadzadeh@urmia.ac.ir

۲) دانشیار گروه زمین‌شناسی زیست محیطی، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه ارومیه، ایران.

۳) دانشجوی دکتری گروه زمین‌شناسی، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه ارومیه، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۱/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۷/۱۶

چکیده

افت کمی و کیفی آب‌های زیرزمینی در سال‌های اخیر، لزوم مدیریت صحیح برداشت آب از این منابع ارزشمند را نشان می‌دهد. یکی از راهکارهای مهم در راستای این هدف، پایش مداوم آب زیرزمینی از نظر کیفی می‌باشد. در تحقیق حاضر، تعداد ۱۲ پارامتر کیفی آب مربوط به تعداد ۶۳ حلقه چاه در دشت اردبیل در خرداد ماه (فصل تر)و شهریورماه (فصل خشک) سال آبی ۹۲-۱۳۹۱ اندازه‌گیری شد و سپس شاخص‌های کیفیت آب مورد مطالعه قرار گرفت و نسبت به تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی شاخص‌ها در نرم افزار ArcGIS10 اقدام گردید. نتایج نشان داد، آب زیرزمینی دشت اردبیل در کلاس C3-S1 از نظر طبقه بندی ویلکوکس قرار داشته و در هر دو دوره‌ی تر و خشک در محدودیت کم تا متوسط از نظر شوری و بدون محدودیت از نظر نفوذ آب در خاک بود. شاخص‌های RSC، KR و PI که به نوعی خطر سدیم را بیان می‌کنند، نشان‌دهنده عدم وجود محدویت ناشی از سدیم و کیفیت مناسب از این نظر بود. شاخص CR با میانگین ۰/۸ نیز بیان‌کننده عدم وجود خطر خورندگی آب زیرزمینی در فصول خشک و تربود. بررسی پارامترهای Na و Cl نیز بیان‌کننده محدویت متوسط از نظر سمیت آب برای گیاهان کشت شده در دشت اردبیل می‌باشد. از سوی دیگر نقشه‌های پهنه‌بندی شاخص‌ها نشان داد، مقدار شوری در بسیاری از نقاط دشت دارای محدویت کم تا متوسط و در قسمت‌های شرقی و جنوبی به ترتیب در محدویت متوسط و شدید قرار داشت. اکثر نقاط دشت از نظر شاخص SAR دارای عدم محدویت بوده و فقط بخش کمی از قسمت جنوبی دشت دارای محدویت متوسط می‌باشد. بررسی شاخص LSI نشان داد، در بیشتر نقاط دشت مقدار این شاخص بزرگتر از صفر بوده و در نتیجه خطر گرفتگی قطره‌چکان‌ها وجود خواهد داشت.کیفیت آب از نظر شرب نیز مناسب بود.

کلید واژه‌ها: پارامترهای آماری؛ پهنه‌بندی؛ خطر سدیم؛ شوری آب؛ طبقه‌بندی ویلکوکس

مقدمه

آب زیرزمینی که بخشی از چرخه‌ی آب را تشکیل می‌دهد، منبع قابل اطمینانی برای تأمین آب مورد نیاز انسان محسوب می‌شود. پایش مداوم کیفیت آب زیرزمینی به منظور مدیریت صحیح این منبع آبی، امری ضروری به نظر می‌رسد. در دهه‌های اخیر با افزایش جمعیت و در نتیجه آن افزایش آلودگی‌های ناشی از فعالیت‌های صنعتی، شهری و کشاورزی، خطر آلودگی آب‌های زیرزمینی بیشتر شده است. رفع آلودگی آب زیرزمینی بسیار پرهزینه و فرآیندی طولانی است و در اغلب موارد آلودگی زمانی تشخیص داده می‌شود که رفع آلودگی آبخوان تقریباً غیرممکن می‌گردد (خدایی و همکاران، ۱۳۸۵).

فعالیت‌های کشاورزی از مهمترین عوامل مؤثر بر کیفیت آب‌های زیرزمینی بوده و کاهش کیفیت آب‌های زیرزمینی خطری بزرگ در راه توسعه کشاورزی به‌خصوص در نواحی خشک و نیمه‌خشک می‌باشد. بررسی کیفیت آب آبیاری از طریق اندازه‌گیری مقادیر پارامترهای کیفیت آب آبخوان از جمله انواع نمک‌ها و بررسی اثرات آن‌ها بر خاک، گیاه و اجزای سامانه آبیاری صورت می‌گیرد (حشمتی و بیگی هرچگانی، ۱۳۹۱). بررسی تناسب کیفیت آب زیرزمینی با روش‌های آبیاری یکی از راهکارهای مهم در جلوگیری از کاهش کیفیت آب‌های زیرزمینی می‌باشد (عمران و همکاران، ۲۰۱۴). چرا که با انتقال آلاینده‌ها از آب مورد استفاده در سامانه‌های آبیاری به خاک، دوباره چرخه‌ی آلودگی ادامه یافته و به آب‌های زیرزمینی نفوذ خواهند نمود. شاخص‌های شوری (EC)، نسبت جذب سدیم (SAR)، سدیم کربنات باقی مانده (RSC)، نمایه کلی (KR)، خطر منیزیم (MAR) و شاخص نفوذپذیری (PI) از مهمترین شاخص‌های تعیین تناسب کیفی آب آبیاری می‌باشند (آقازاده و اصغری مقدم، ۲۰۱۰). ازآنجایی که نمونه‌برداری از تمام نقاط محدوده مطالعاتی مقدور نیست، روش‌های درون‌یابی ابزاری قدرتمند در تخمین داده‌های مبتنی بر ساختار مکانی هستند. پهنه‌بندی کیفیت آب‌های زیرزمینی ،مناطقی را که برای مصارف مختلف از جمله آبیاری مناسب هستند، مشخص می‌کند Kresic در سال ۱۹۹۷ روش کریجینگ را به عنوان بهترین و قوی‌ترین ابزار برای درون‌یابی داده‌ها در حوضه منابع آب و تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی پارامترهای کمی و کیفی آب زیرزمینی معرفی کرد. فتانی و همکاران (۲۰۰۸) در مطالعه کیفیت آب‌های زیرزمینی دشت‌های کشاورزی تریفا در شمال شرق مراکش، از روش کریجینگ معمولی برای مطالعه و پهنه‌بندی نقشه کیفی آب‌های زیرزمینی استفاده نمودند. تقی زاده مهرجردی و همکاران (۲۰۰۸) تغییرات مکانی شوری آب‌های زیرزمینی در دشت رفسنجان را با استفاده از زمین آمار و با دو روش کریجینگ و وزن دهی معکوس فاصله (IDW) مورد بررسی قراردادند و از شاخص RMSE برای ارزیابی روش‌ها استفاده کردند. نتایج نشان داد، برای دشت رفسنجان مدل زمین‌آماری کریجینگ برآورد خوبی از شوری این منطقه ارائه می‌نماید. Sun و همکاران (۲۰۰۹) درارزیابی روش‌های درون‌یابی برای تغییرات مکانی عمق سفره‌های آب زیرزمینی در شمال چین نشان دادند که روش وزن دادن عکس فاصله در مقایسه با روش‌های کریجینگ ساده وعام، نتایج برتر و قابل قبول‌تری را ارائه می‌نماید. Yaouti و همکاران (۲۰۰۹) براساس مطالعات زمین‌آماری، ژئوشیمی و توموگرافی، فرآیندهای شوری‌زایی آبخوان‌های تحت فشار سواحل مدیترانه (شمال شرقی مراکش) را بررسی کرد و به این نتیجه رسیدند که افزایش شوری زمین‌های منطقه با نفوذآب شور دریا از خط ساحل همراه است. Zaiming و همکاران (۲۰۱۲) به بررسی مکانی تراز آب زیرزمینی و بعضی پارامترهای شیمیایی مربوط به ۱۳۰ حلقه چاه واقع در دشت بهای در شمال کشور چین پرداخته و نشان دادند که بهترین مدل‌های برازش داده شده به لگاریتم داده‌های تراز آب زیرزمینی و TDS، TH و EC، به ترتیب مدل‌های کروی، نمایی و گوسین بودند. همچنین با تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی مشخص شد که تراز آب زیرزمینی از غرب به سمت شرق دشت افت بیشتری داشت و روند تغییرات EC و TDS نیز به صورت افزایشی بود. همچنین بیشترین میزان TH در قسمت میانی وخط ساحلی دشت مشاهده شد. شعبانی (۱۳۸۷) طی مطالعه‌ای برای تعیین مناسب‌ترین روش میان‌یابی به‌منظور تحلیل مکانی پارامترهای pH و TDS آب زیرزمینی در دشت ارسنجان، دریافت که از بین روش‌های زمین‌آمار و روش‌های معین، روش RBF در مقایسه با روش‌های دیگر جهت تهیه نقشه‌تغییرات این دو پارامتر مناسب می‌باشد. استواری (۱۳۹۰) با بررسی تغییرات مکانی شاخص‌های کیفی آب زیرزمینی دشت لردگان

برای آبیاری قطره‌ای، برتری روش کریجینگ جهت پهنه-بندی دقیق پارامترهای EC، TDS، TSS، pH و شاخص LI نسبت به سایر روش‌ها را گزارش کرد. همچنین نقشه-های تهیه شده نشان دادند که کیفیت آب زیرزمینی در تمام اراضی دشت به جز قسمت‌های شمالی به منظور آبیاری قطره‌ای مناسب می‌باشد. محمدی قلعه‌نی وهمکاران (۱۳۹۰) در تحقیقی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی به بررسی تغییرات زمانی و مکانی تراز و کیفیت آب زیرزمینی در آبخوان‌های دشت اراک و ساوه پرداختند. نتایج حاصل از پژوهش آنها نشان داد که متوسط افت سطح آب زیرزمینی در طی ۷ سال در ۵۷ حلقه چاه محدوده اراک برابر ۳/۳۸ متر و در ۶۳ حلقه چاه مورد مطالعه در آبخوان ساوه برابر ۱۰/۱۹ متر بوده است. ایشان همچنین آبزیر زمینی این دو آبخوان را براساس روش ویلکاکس جهت مصارف کشاورزی تقسیم‌بندی کردند و بر این اساس آبخوان ساوه به۴ دسته و آبخوان اراک به ۳ دسته طبقه‌بندی شدند. در سال‌های اخیر استفاده از روش‌های مکانی آمار که دارای قابلیت تبیین ارتباط مکانی خوبی بین پدیده‌ها باشند، به عنوان روش‌هایی مناسب، توسعه یافته و مورد استفاده قرار می-گیرند. جهانشاهی و همکاران (۱۳۹۳) روش‌های درون-یابی جهت پیش‌بینی پراکنش مکانی تعدادی از شاخص-های کیفی آب‌های زیرزمینی دشت شهر بابک را با استفاده از داده‌های کیفی مربوط به تعداد ۵۶ حلقه چاه مربوط به سال آبی ۹۱-۱۳۹۰ مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج ایشان نشان داد، روش کریجینگ بهترین نتایج را داشته است. به طوری که در تخمین پارامترهای TDS، EC و Cl کمترین میزان RMSE در روش کریجینگ معمولی با مدل کروی و به ترتیب برابر با ۸۴۴/۶، ۱۲۱۴ و ۱۰/۶۱ محاسبه گردید. بررسی تغییرات مکانی و زمانی اکثر پارامترها، همبستگی پارامترهای مورد بررسی و روند نزولی آنها را در طول دوره مورد بررسی نشان داد. مهم-ترین فعالیت در سطح دشت اردبیل، فعالیت‌های زراعی و کشاورزی است و بخش قابل توجهی از آب مورد نیاز کشاورزی منطقه مورد مطالعه از سفره آب زیرزمینی این دشت تأمین می‌شود. به همین دلیل تحقیق حاضر نیزباهدف ارزیابی تغییرات مکانی برخی شاخص‌های کیفی آب زیرزمینی دشت اردبیل به منظور کاربرد در سامانه‌های آبیاری انجام گرفت.

موادوروش‌ها

منطقه مورد مطالعه

دشت اردبیل در شمال غربی ایران، بین عرض جغرافیایی ″ ۰۶′۰۷°۳۸ تا ″ ۳۷ ′۲۵°۳۸ شمالی و طول جغرافیایی ″ ۵۸ ′۱۰°۴۸ تا ″ ۰۶ ′۳۸°۴۸ شرقی قرار گرفته است (شکل ۱). دشت اردبیل مشرف بر ارتفاعات بخش غربی رشته کوه‌های البرز و در امتداد دامنه شرقی سبلان و با مساحت تقریبی در حدود ۹۹۰ کیلومتر مربع قرار دارد. متوسط بارندگی سالانه در ایستگاه سینوپتیک اردبیل برابر با ۳۰۴ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه برابر با ۹ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. دشت مورد مطالعه با میانگین تعداد روزهای یخبندان ۱۳۰ روز در سال، یکی از مناطق سردسیر ایران می‌باشد و به لحاظ تقسیم‌بندی اقلیمی به روش دومارتن، شهرستان اردبیل دارای اقلیم نیمه خشک می‌باشد. دشت اردبیل با اختصاص ۴۰ ٪ از اراضی به زراعت آبی و باغات یکی از مهمترین قطب‌های کشاورزی محسوب می‌شود (وانی پور، ۱۳۹۶).

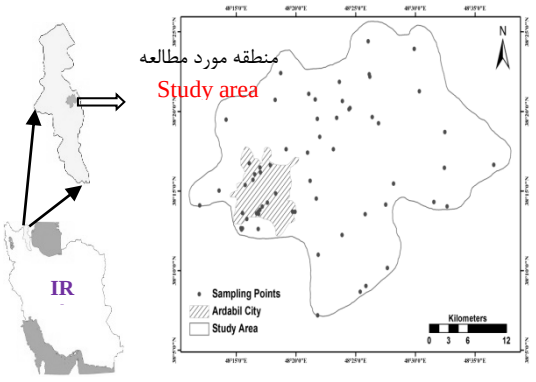
نمونه‌گیری و اندازه‌گیری داده‌های کیفی آب

در تحقیق حاضر نمونه‌برداری از آب زیرزمینی تعداد ۶۳ حلقه چاه آزمایشی در خرداد ماه (دوره‌ی تر) و شهریورماه (دوره‌ی خشک) انجام شد. موقعیت چاه‌ها در شکل (۱) نشان داده شده است. موقعیت چاه‌ها به گونه‌ای انتخاب شد که برای کل دشت همپوشانی مناسبی داشته باشد. پارامترهای کیفیت آب شامل اسیدیته (pH)، شوری (EC) و کل جامدات محلول (TDS) به ترتیب با استفاده از pH متر، EC متر و TDSسنج اندازه‌گیری شد. پارامترهای کلسیم (Ca^{2+})، منیزیم (Mg^{2+})، بیکربنات

(HCO^{3-})، و کلر (Cl^-) به روش تیتراسیون، سدیم (Na^+) و پتاسیم (K^+) با دستگاه فلیم فتومتر و آنیون‌های فلوراید (F^-)، سولفات (SO_4^{2-}) و نیترات (NO_3^-) با استفاده از روش اسپکتروفتومتری اندازه‌گیری شدند.

شاخص‌های کیفی آب

در این مطالعه شاخص‌های کیفی آب شامل EC، SAR، PI، CR، MAR، KR و RSC مورد مطالعه قرار گرفتند. به طور کلی خطر شوری یکی از مهمترین پارامترهای طبقه‌بندی کیفیت آب در بحث مربوط به استفاده از منابع آب‌های زیرزمینی در کشاورزی می‌باشد، چرا که در صورت استفاده از آب با مقادیر بالای EC خطر شوری خاک وجود دارد. یکی از دلایل اصلی بالا بودن املاح محلول در آب، هوازدگی سن‌ها و کانی‌ها و وجود سازندهای تبخیری در مسیر آب زیرزمینی می‌باشد. با این حال کوتاه بودن مدت زمان تماس بین آب و سنگ محدود کننده‌ی انحلال کانی‌های تبخیری و کربناته می‌باشد. همچنین مقادیر بالای EC در مناطق شهری نیز به دلیل وجود فاضلاب‌های شهری و فعالیت‌های گسترده صنعتی رخنمون دارد (a. Ehya and Marbouti, 2018). شاخص‌های SAR، KR و PI خطر دراز مدت سدیم آب آبیاری را نسبت به خاک (کاهش نفوذپذیری و انسداد سطحی خاک) نشان می‌دهند. SAR منعکس‌کننده‌ی جذب سدیم توسط ذرات خاک بوده و مقدار آن با افزایش مقدار سدیم قابل حل افزایش می‌یابد. در واقع SAR ارتباط بین Na+ قابل حل و کاتیون‌های دوظرفیتی قابل حل Ca^{2+} و Mg^{2+} را تعیین می‌کند. در صورت افزایش مقدار SAR در آب که نشان‌دهنده‌ی بالا بودن مقدار Na^+ در آب می‌باشد، خاک در معرض خطر قلیایی شدن و سدیمی شدن قرار گرفته و این مورد به نوبه خود موجب کاهش نفوذپذیری خاک و مانع از رشد محصولات در خاک خواهد گردید (Khanand Jhariya, 2018, Shammi *et al.*, 2016 and Tahlawi *et al.*, 2014). مقادیر SAR کمتر از ۱۰ برای آبیاری مناسب هستند، ولی مقادیر ۱۰ تا ۱۸ دارای محدودیت متوسط و بالای ۱۸ دارای محدودیت جدی خواهند بود. شاخص KR یکی دیگر از شاخص‌های مطرح در زمینه‌ی ارزیابی تاثیر غلظت Na+ در مقابل غلظت Ca^{2+} و Mg^{2+} در کیفیت آب آبیاری بوده و توسط kelly در سال ۱۹۴۰ معرفی گردید. اگر مقادیر شاخص KR کمتر از یک باشد، نشان‌دهنده عدم وجود محدودیت استفاده از آب مورد مطالعه به منظور آبیاری است. برای بررسی تأثیر ادامه روند آبیاری در خاک از شاخص نفوذپذیری یا PI استفاده می‌گردد. شاخص PI نشان‌دهنده ی واکنش‌های تبادل یون‌ها (Na^+، Mg^{2+}، Ca^{2+} و HCO^-_3) در خاک می‌باشد (Khanand Jhariya, 2018). مقادیر شاخص PI بین ۲۵ تا ۷۵ مناسب آبیاری بوده و مقادیر بیشتر از ۷۵ نشان دهنده وجود اثر منفی سدیم از نظرنفوذپذیری می‌باشد.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی دشت اردبیل و چاه‌های مشاهداتی در محدوده مورد مطالعه

شاخص CR شدت خورندگی آب را به خصوص در صورت انتقال توسط لوله‌های فلزی تعیین می‌کند. به طوری که اگر مقدار شاخص مذکور از یک بیشتر باشد، احتمال خورندگی آب وجود داشته و نمی‌توان از لوله‌های فلزی برای انتقال آب استفاده نمود و در نمونه‌های آبی که مقادیر این شاخص کمتر از یک باشد، خطر جدی ناشی از خورندگی وجود نخواهد داشت. البته این شدت خورندگی تجهیزات فلزی توسط آب وابسته به یک سری فاکتورهای فیزیکی آب همانند سرعت، دما و فشار می‌باشد. علاوه بر این مقادیر بالای SO_4^{2-} و Cl^- در آب موجب افزایش پتانسیل خورندگی آب می‌شود (Tahlawi *et al.*, 2014). شاخص MAR خطر منیزیم آب آبیاری را نشان می‌دهد. مقادیر کمتر و بالای ۵۰ به ترتیب بیان‌کننده کیفیت مناسب و نامناسب آب از نظر آبیاری می‌باشند. بررسی خطر منیزیم آب زیرزمینی به این دلیل است که مقادیر بالای Mg^{2+} نسبت به Ca^{2+} آب در سامانه‌ی آبیاری روی کیفیت خاک تأثیر منفی گذاشته و خاک را به سمت قلیایی شدن پیش می‌برد. به همین دلیل خاک حاصلخیزی خود را از دست داده و رشد محصولات کشاورزی با مشکل مواجه می‌شود (Ehya and Marbouti, 2018). بالا بودن مقدار بی کربنات و کربنات نسبت به مجموع مقادیر کلسیم و منیزیم در آب زیرزمینی در استفاده از آب در آبیاری تأثیر منفی دارد (Tahlawi *et al.*, 2014). شاخص RSC نیز به نوعی خطر سدیم را که از طریق رسوب کربنات کلسیم و منیزیم موجب افزایش سدیم محلول و تبادلی به شکل بی‌کربنات سدیم خاک می‌باشد، بیان می‌کند. مقادیر شاخص RSC کمتر از ۱/۲۵ مناسب آبیاری بوده و مقادیر بزرگتر از آن نامناسب می‌باشد. شاخص لانژیر و یا به اختصار LSI به منظور بررسی پتانسل گرفتگی قطره‌چکان‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. مقادیر مثبت این شاخص نشان‌دهنده وجود خطر گرفتگی قطره‌چکان‌ها و برعکس مقادیر منفی آن عدم وجود این خطر را نشان می‌دهد. روابط ریاضی محاسبه پارامترهای فوق (روابط ۸-۱) به شرح زیر می‌باشند (Ehya and Saeedi, 2018):

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}} \quad (۱)$$

$$PI = \frac{Na^+ + \sqrt{HCO_3^-}}{Ca^{2+} + Mg^{2+} + Na^+} \times 100 \quad (۲)$$

$$CR = \frac{Cl^-}{\frac{35.5 + 2SO_4^{2-}}{2HCO_3^-}} \times 100 \quad (۳)$$

$$MAR = \frac{Mg^{2+}}{Mg^{2+} + Ca^{2+}} \times 100 \quad (۴)$$

$$KR = \frac{Na^+}{Mg^{2+} + Ca^{2+}} \times 100 \quad (۵)$$

$$RSC = (HCO_3^- + CO_3^{2-}) - (Ca^{2+} + Mg^{2+}) \quad (۶)$$

$$LSI = pH - pH_s \quad (۷)$$

$$pH_s = P(Ca^{2+} + Mg^{2+} + Na^+ + K^+) + P(Ca^{2+} + Mg^{2+}) + P(Co_3^- + HCO_3^-) \quad (۸)$$

در روابط بالا، مقادیر تمامی پارامترهای کیفی بر حسب meq/l می‌باشد. شاخص pH_s اسیدیته محاسبه شده بر اساس نتایج تجزیه شیمیایی آب بوده و تمامی نمایه‌های P از جداول موجود در رفرنس‌ها بر اساس مقادیر پارامترهای کیفی آب قابل استخراج می‌باشد.

تهیه نقشه‌های پهنه بندی

به منظور تحلیل تغییرات مکانی شاخص‌های کیفی آب و در نتیجه بررسی اثرات آن بر انتخاب نوع سامانه آبیاری در دشت مورد مطالعه، اقدام به تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی با استفاده از روش زمین آماری در نرم افزار ArcGIS10 شد. اساس کار زمین‌آمار برای برآورد متغیر در یک نقطه،

تعیین ضرایب وزنی برای نقاط مجاور آن است که نقاط نزدیک دارای وزن بیشتری در برآورد متغیر هستند و هرچه قدر این فاصله زیاد می‌شود، این تأثیرگذاری کم می‌شود. تا جایی که از یک فاصله به بعد ضریب وزنی صفر شده و هیچ تأثیری در مقدار محاسبه آن متغیر نخواهد داشت. تفاوت روش‌های مختلف درون‌یابی در نحوه برآورد این ضریب وزنی است. روش کریجینگ یکی از روش‌های معروف درون یابی و بهترین تخمین‌گر خطی نااریب (*BLUE*) می‌باشد. با بررسی منابع مرتبط با موضوع تحقیق، روش درون‌یابی کریجینگ معمولی (O.K) بدین منظور انتخاب شد. در این روش که بر منطق میانگین متحرک وزن‌دار استوار است مقادیر مجهول با استفاده از مقادیر معلوم و یک نیم تغییر نما، برآورده می‌شود و به صورت رابطه‌ی (۹) تعریف می‌شود (اقدر و همکاران، ۱۳۹۵).

$$Z^*(x_0) = \Sigma \lambda i Z(x) \qquad (۹)$$

که درآن $Z^*(x_0)$ مقدارتخمین زده شده متغیر در نقطه x_0، $Z(x)$ مقدار مشاهده شده متغیر در نقطه x_0 و λi این پارامتر نشان دهنده‌ی مقدار اهمیت و تأثیر نقطه iام بر مقدار تخمین زده شده است.

نتایج و بحث

مقادیر برخی شاخص‌های مهم آماری مربوط به ویژگی‌های کیفی نمونه‌های آب در جدول (۱) ارائه شده است. میزان تغییرات ویژگی‌های کیفی آب در دشت مورد مطالعه قابل ملاحظه می‌باشد. pH نقش مهمی در شیمی آب زیرزمینی ایفا می‌کند. متوسط مقدار pH در منطقه مورد بررسی در فصل ترو خشک به ترتیب ۷/۵ و ۷/۳ می‌باشد. که نشان دهنده‌ی شرایط خنثی تا اندکی قلیایی برای آب زیرزمینی می‌باشد. طبق استاندارد WHO (۲۰۱۱) حدود استاندارد pH برای آب زیرزمینی بین ۸/۵–۶/۵ متغیر است. بر این اساس نمونه‌های آب در محدوده‌ی استاندارد قرار گرفته‌اند .میانگین مقادیر پارامترهای کیفی سدیم و کلر در فصل تر به ترتیب ۵/۳ و ۷ میلی اکی والان بر لیتر محاسبه شد. بنابراین مقدار کلر در بیش از ۶۵ و مقدار سدیم در بیش از ۸۰ درصد چاه-های مورد مطالعه بیشتر از حد مجاز برای آبیاری بوده که نشان‌دهنده وجود خطر سمیت آب آبیاری برای گیاهان و همچنین محدودیت کاربرد سامانه‌های آبیاری بارانی در بیشتر نقاط دشت اردبیل می‌باشد. یون‌های سدیم، پتاسیم و کلر در آب به آن خاصیت الکتریکی می‌دهند. میزان هدایت الکتریکی نشان‌دهنده‌ی مقدار نمک‌های محلول در آب می‌باشد. متوسط شوری آب در دشت مورد مطالعه برابر با ۱۴۰۵/۷ میکروموس بر سانتی‌متر در فصل تر و در فصل خشک ۱۵۲۶/۶ محاسبه شد که نشان‌دهنده وجود محدودیت متوسط برای آب زیرزمینی دشت اردبیل به منظور استفاده در سامانه‌های آبیاری است.با توجه به رابطه مستقیمEC و TDS ، بررسی TDS در کنار EC در بحث مربوط به تغییرات کیفیت آب نقش مهمی دارد. در محدوده‌ی مورد مطالعه در فصل تر و خشک به ترتیب، میانگین TDS ۱۰۰۵ و ۹۹۶/۶ میلی گرم در لیتر می‌باشد. بنابراین در تصدیق تغییرات EC در دشت اردبیل نشان - دهنده‌ی وجود محدودیت کم می‌باشد. متوسط مقدار SAR نیز برابر با ۲/۸ در فصل تر و در فصل خشک ۳/۱ محاسبه شد که بیان‌کننده عدم محدودیت از این نظر بود. در فصل تر و خشک مقادیر شاخص PI در بیش از ۷۰ درصد نمونه‌ها بین ۲۵ تا ۷۵ و مقادیر شاخص KR در بیش از۸۰ درصد نمونه‌ها کمتر از یک بدست آمد که نشان دهنده وضعیت مناسب از نظر نفوذپذیری آب در خاک بود. در بیش از ۸۳ درصد از نمونه آب‌های مورد بررسی، مقدار شاخص CR کمتر از یک و مقدار میانگین آن برابر با ۰/۸ در فصل تر و در فصل خشک ۰/۸ محاسبه شد. طبق نتایج بدست آمده برای این شاخص، خطر خورندگی آب در بیشتر نقاط دشت اردبیل وجود ندارد. بررسی مقادیر محاسبه شده شاخص RSC نیز نشان داد، بیش از ۸۰ درصد چاه‌ها در هر دو فصل تر و خشک مشکلی از نظر این شاخص نداشته و بدون محدودیت

می‌باشند. مقدار میانگین محاسبه شده برای شاخص MAR در فصل تر و خشک به ترتیب برابر با ۳۳/۶ و ۴۶/۰۵ درصد محاسبه شد. مقدار شاخص مذکور برای بیش از ۹۰ درصد نمونه‌ها کمتر از ۵۰ درصد بدست آمد که بیان کننده کیفیت مناسب آب از نظر آبیاری می‌باشد. بررسی آماری شاخص LSI در فصل تر نیز نشان داد، آب مربوط به ۸۴ درصد چاه‌ها دارای خطر رسوب کربنات کلسیم در قطره‌چکان‌ها خواهد بود. لذا از این نظر، اجرای سامانه آبیاری قطره‌ای در بسیاری از نقاط دشت با مشکل مواجه خواهد بود و می‌بایستی تمهیدات لازم جهت مقابله با این خطر مهم از قبیل تصفیه شیمیایی مناسب، اسیدشویی منظم و انتخاب گسیلنده‌های مناسب در نظر گرفته شود.

جدول ۱. برخی شاخص‌های آماری ویژگی‌های کیفی آب زیرزمینی در چاه‌های مورد مطالعه (۹۲-۱۳۹۱)

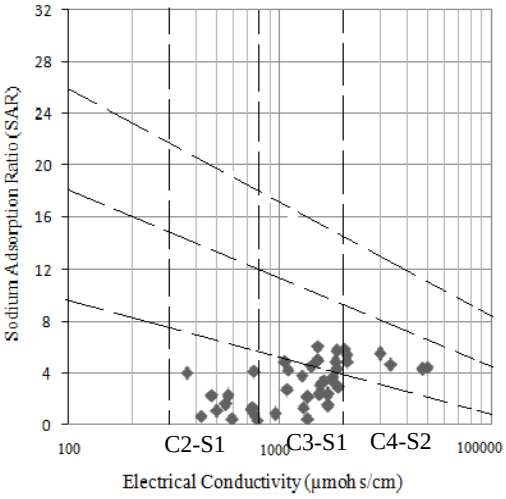
شاخص کیفی Quality property	واحد Unit	حداقل (Min)	حداکثر (Max)	میانگین (Mean)	انحراف معیار (standard deviation)	حداقل (Min)	حداکثر (Max)	میانگین (Mean)	انحراف معیار (standard deviation)
		فصل تر				فصل خشک			
pH	-	۶/۴	۸/۲	۷/۵	۰/۳	۶/۳	۸/۱	۷/۳	۰/۴
Ca^{2+}	meq/l	۰/۳	۲۱/۹	۸/۱	۴/۳	۰/۶	۲۰/۲	۴/۹	۴/۴
Mg^{2+}	meq/l	۰/۱	۱۷/۶	۴/۲	۳/۳	۰/۱	۱۰/۱	۳/۶	۲/۱
Na^{+}	meq/l	۱	۲۷	۷/۰	۴/۹	۰/۶	۱۷/۳	۶/۳	۴/۳
K^{+}	meq/l	۰/۰	۵/۶	۰/۶	۰/۹	۰/۰	۳/۵	۰/۷	۰/۷
HCO_3^{-}	meq/l	۳/۶	۱۶/۶	۷/۸	۲/۶	۱/۸	۱۵/۴	۶/۷	۳/۴
Cl^{-}	meq/l	۰/۶	۳۰/۸	۵/۳	۴/۸	۰/۵	۱۹/۰	۴/۶	۳/۹
SO_4^{2-}	meq/l	۰/۰	۲۰/۶	۳/۹	۳/۵	۰/۵	۱۳/۳	۳/۱۹	۲/۶
TDS	mg/l	۱۴۸	۳۷۱۶	۱۰۰۵/۰	۶۴۶	۹۲	۴۵۰۸	۹۹۶/۶	۸۶۱/۴
EC	µmhos/cm	۳۵۱	۴۷۴۹	۱۴۰۵/۷	۸۵۸/۸	۳۶۶	۴۹۸۱	۱۵۲۶/۶	۹۸۲/۲
SAR	$(mmol/l)^{0.5}$	۰/۵	۶/۴	۲/۸	۱/۳	۰/۳	۶/۱	۳/۱	۱/۶
PI	%	۳۰/۹	۹۷/۹	۵۳/۹	۱۵	۳۳/۰	۱۲۱/۳	۶۴/۹	۶/۱
CR	–	۰/۱	۷/۶	۰/۸	۱/۱	۰/۰	۳/۲	۰/۸	۰/۷
MAR	%	۱/۵	۹۳/۲	۳۳/۶	۱۳/۲	۱۱/۹	۸۷/۲	۴۶/۰	۱۷/۲
KR	-	۰/۱	۱/۷	۰/۶	۰/۳	۰/۰	۲/۹	۷/۸	۰/۵
RSC	meq/l	-۳۵/۹	۷/۵	-۴/۵	۶/۸	-۱۸/۵۹	۵/۸	-۱/۸	۴/۵
LSI	meq/l	-۱/۸	۱/۱	۰/۳۲	۰/۳۹	-۲/۴	۰/۳	-۰/۸	۰/۵

طبقه‌بندی کیفیت آب

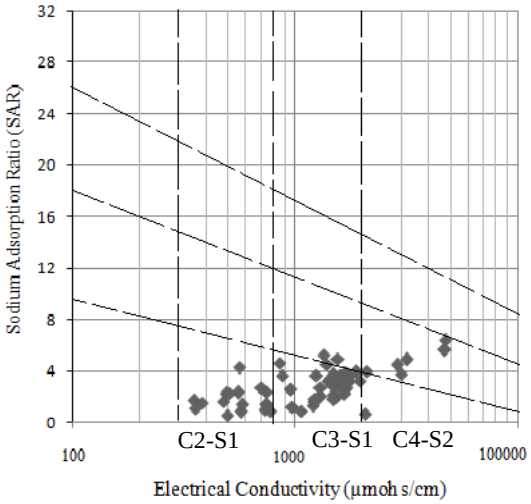
دیاگرام ویلکاکس

در این دیاگرام محور افقی مشخص‌کننده‌ی شوری آب بوده و با علامت C و محور عمودی برای طبقه‌بندی آب از نظر SAR بوده و با علامت S مشخص می‌شود. مطابق این روش و با در نظر گرفتن میانگین مقادیر شوری و نسبت جذب سدیم، میانگین کلاس کیفی آب برای نمونه‌های برداشت‌شده کلاس C3-S1 تعیین گردید که در شکل ۲ نشان داده شده است. مطابق شکل (۲) ملاحظه می‌گردد که کلاس کیفی تعیین‌شده در فصول خشک و تر برای حدود ۷۰ درصد نمونه‌ها، C3-S1 می‌باشد. در مجموع فصول تر و خشک حدود ۴۲ درصد نمونه‌ها در کلاس طبقه‌بندی کیفی C2-S1 قرار گرفتند. لذا طبق نتایج بدست آمده می‌توان اظهار داشت که در بیشتر نقاط دشت

اردبیل، محدودیت متوسطی از نظر شوری وجود دارد، ولی از نظر SAR این دشت محدودیتی ندارد. خطر شوری در دشت مورد مطالعه قابل ملاحظه بوده و لذا در نظر گرفتن تمهیدات جدی از جمله آبشویی و اصلاح الگوی کشت ضروری است.



فصل خشک

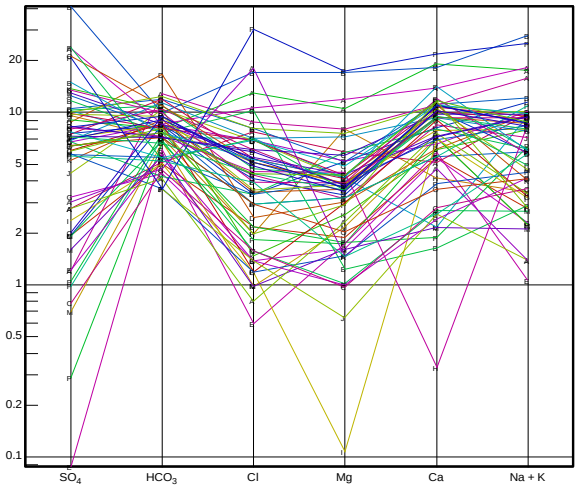


فصل تر

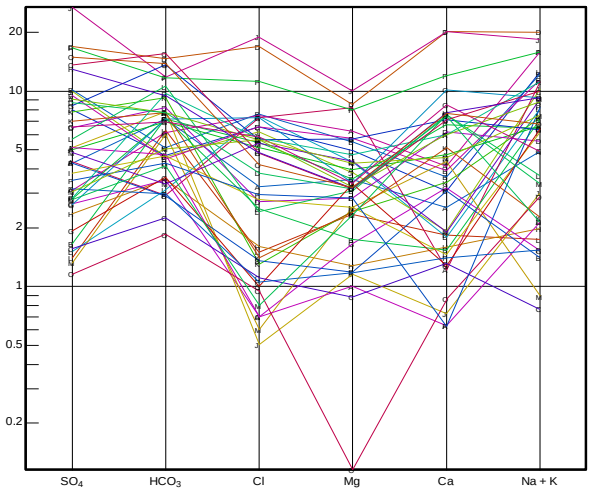
شکل ۲. طبقه بندی کیفی آب چاه‌های مورد مطالعه به روش نمودار ویلکوکس

دیاگرام شولر

جهت تعیین مناسب بودن کیفیت آب شرب از دیاگرام شولر، یک دیاگرام نیمه لگاریتمی که کاتیون‌ها (Ca، Mg، K+Na) و آنیون‌ها ($HCO_3+CO_3^{2-}$، Cl، SO_4) در آن برحسب میلی‌گرم در لیتر جایگذاری شده‌اند، استفاده شد (شکل۳). همانطور که از شکل مشخص است، کیفیت آب شرب در وضعیت مطلوبی قرار گرفته است و تنها در ۱۰ درصد از منطقه در وضعیت نامناسب قرار گرفته است.



فصل تر

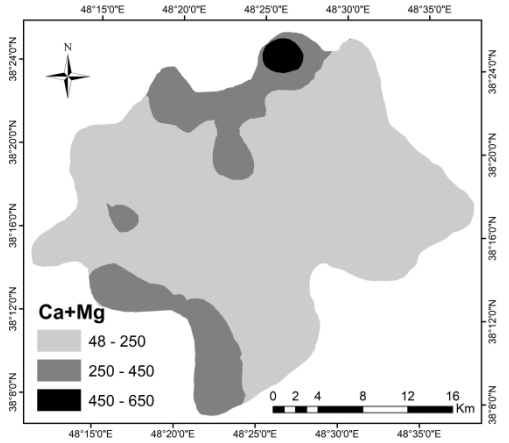


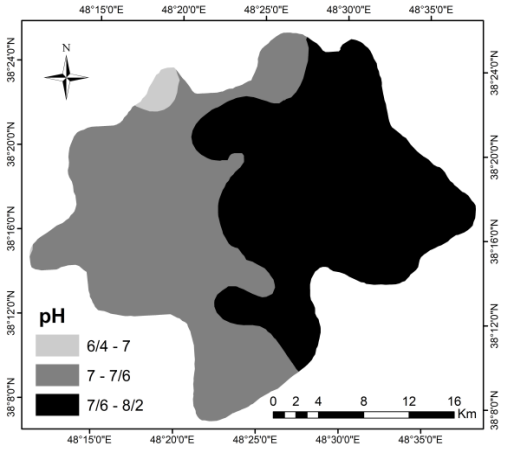
فصل خشک

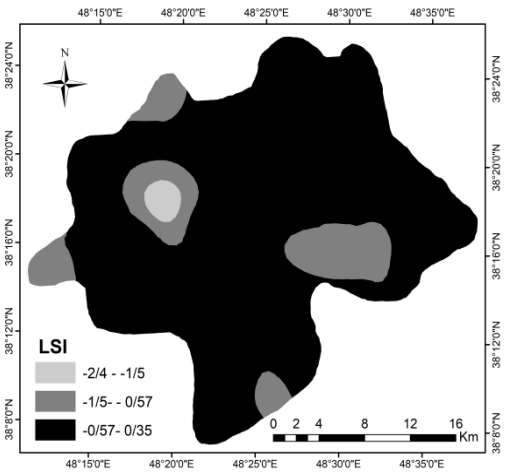
شکل ۳. طبقه‌بندی کیفیت آب جهت شرب

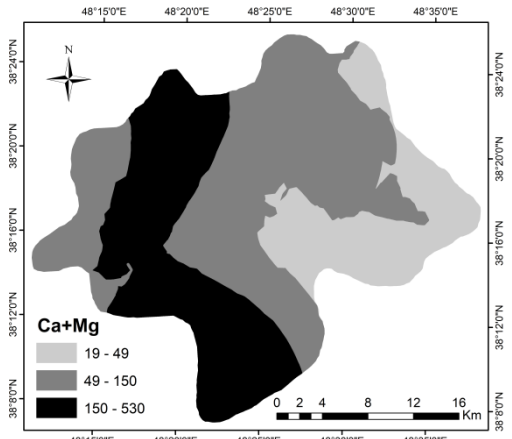
تغییرات مکانی ویژگی‌های کیفی آب

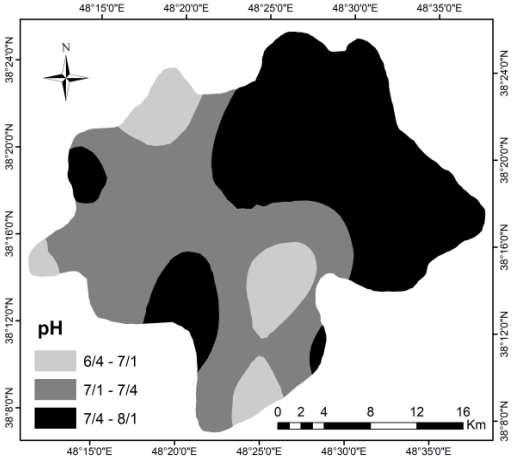
نقشه پهنه‌بندی مربوط به هر کدام از شاخص‌های مورد مطالعه با استفاده از روش درون‌یابی کریجینگ تهیه شد (شکل ۳). نقشه‌های پهنه‌بندی امکان تحلیل مکانی و بررسی تغییرات کیفیت آب در دشت مورد مطالعه را فراهم ساخت. نتیجه‌ی بررسی همزمان نقشه‌های pH و Ca+Mg در هر دو فصل تر و خشک منعکس‌کننده‌ی احتمال رسوب بی‌کربنات‌ها به فرم کربنات کلسیم و منیزیم بیشتر در نواحی شرقی دشت می‌باشد که نتایج حاصل از نقشه‌ی پهنه‌بندی LSI نیز تأییدی بر این مدعاست. چرا که به منظور بررسی امکان‌سنجی اجرای سامانه آبیاری قطره‌ای در دشت اردبیل، مهمترین شاخص مرتبط، شاخص LSI می‌باشد. به همین منظور نقشه پهنه‌بندی آن تهیه شد. بررسی نقشه مذکور نشان داد در بیشتر نقاط دشت خطر رسوب کربنات کلسیم در گسیلنده‌ها وجود داشته و خطر مزبور تنها در نقاط کمی از دشت واقع در قسمت‌های غربی وجود نداشت. بنابراین نیاز به بکارگیری تمهیدات لازم در بخش شرقی دشت بیشتر مورد توجه است. از نظر شوریقسمت شرقی و غربی دشت اردبیل بدون محدودیت و یا با محدودیت متوسط می‌باشد. بخش‌های کمی از جنوب و شمال دشت نیز دارای محدودیت جدی می‌باشند. استاندارد پیشنهادی WHO(۲۰۱۱) برای مقادیر EC در آب زیرزمینی ۵۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر معرفی شده است. همانطور که از نقشه تغییرات مکانی دشت مشخص است بیشتر از دو سوم از دشت دارای EC فراتر از این مقدار می‌باشد. شاخص SAR بر خلاف شوری آب، در اکثر نقاط دشت دارای مقادیر مناسب از نظر آبیاری بوده و فقط در بخش کمی از جنوب دشت دارای محدودیت کم می‌باشد. بررسی همزمان نقشه‌ها نشان داد، آب چاه‌های واقع در شرق دشت اردبیل از نظر کاربرد در آبیاری محدودیتی ندارد، ولی قسمت غربی و جنوبی دشت نیازمند در نظر گرفتن راهکارهایی از قبیل آبشویی و سایر راهکارهای مقابله با خطرات شوری آب می‌باشد. نقاط واقع در جنوب دشت (کمتر از ۱۰ درصد کل سطح دشت) دارای کیفیت نامناسب و محدودیت جدی از نظر شوری می‌باشد. توزیع مکانی شاخص‌های PI ، KR و RSC نیز خطرات ناشی از سدیم آب زیرزمینی دشت اردبیل را نشان داد. به طور کلی محدودیت جدی از نظر این شاخص‌ها در دشت مورد مطالعه وجود نداشته و تنها در بخش‌های کمی از جنوب غربی و شرقی دشت محدودیت متوسط وجود دارد. مقدار شاخص KR در مساحت جزئی از قسمت‌های مرکزی دشت بیشتر از یک بوده و با توجه به اینکه شاخص‌های PI و RSC در این محدوده دارای مقادیر نرمال می‌باشند، لذا می‌توان این بخش از دشت را نیز بدون محدودیت جدی توصیف کرد. نقشه پهنه‌بندی شاخص CR نشان‌دهنده عدم خورندگی آب زیرزمینی در بخش زیادی از دشت (بیش از ۹۰ درصد) به جز قسمت‌های جزئی در غرب و شمال دشت می‌باشد. از نظر خطر منیزیم آب برای آبیاری، نقشه توزیع مکانی تهیه شده برای شاخص MAR نشان داد، تنها در بخش‌های کمی از مرکز دشت، مقادیر این شاخص بزرگ‌تر از ۵۰ بوده و خطر ناشی از منیزیم موجود در آب چاه‌های این محدوده وجود دارد و در سایر نقاط مورد مطالعه، خطری از این جهت وجود نداشت.

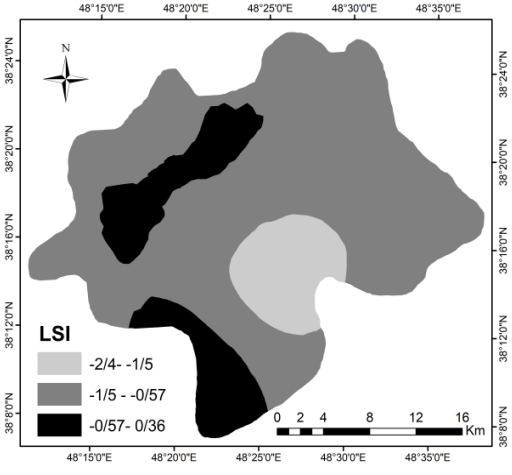

Ca+Mg
48 - 250
250 - 450
450 - 650
0 2 4 8 12 16
Km

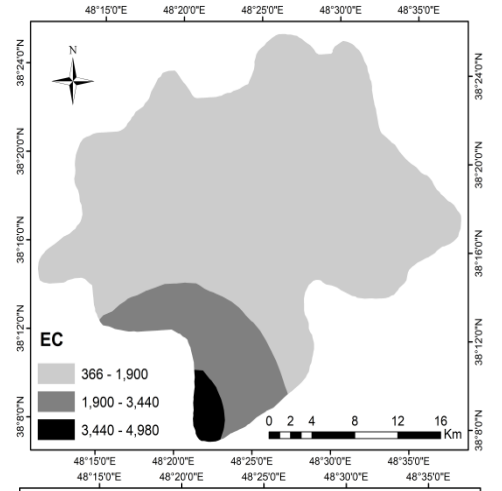

pH
6/4 - 7
7 - 7/6
7/6 - 8/2
0 2 4 8 12 16
Km

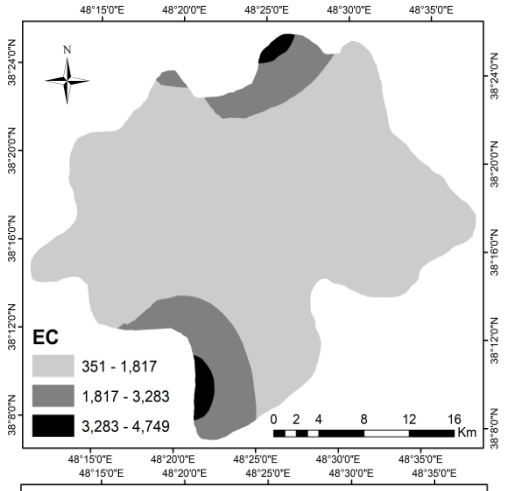

LSI
-2/4 - -1/5
-1/5- - 0/57
-0/57- 0/35
0 2 4 8 12 16
Km

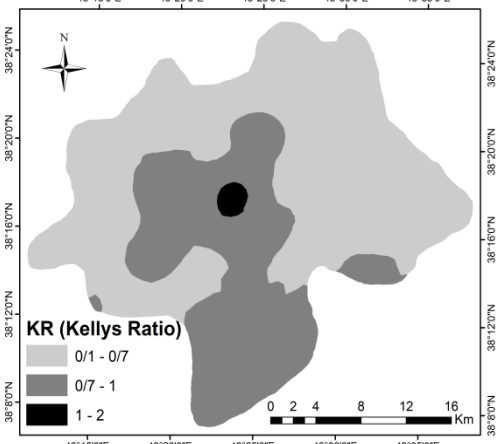

Ca+Mg
19 - 49
49 - 150
150 - 530
0 2 4 8 12 16
Km

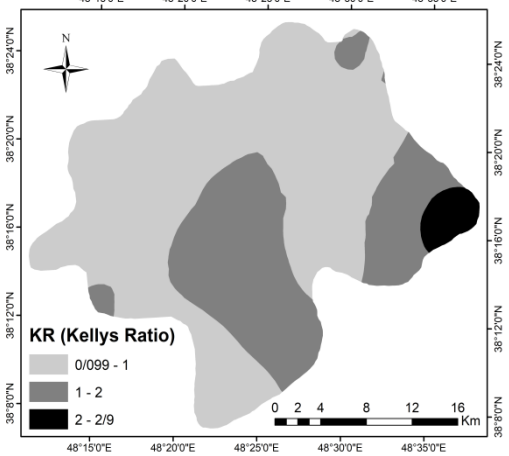

pH
6/4 - 7/1
7/1 - 7/4
7/4 - 8/1
0 2 4 8 12 16
Km

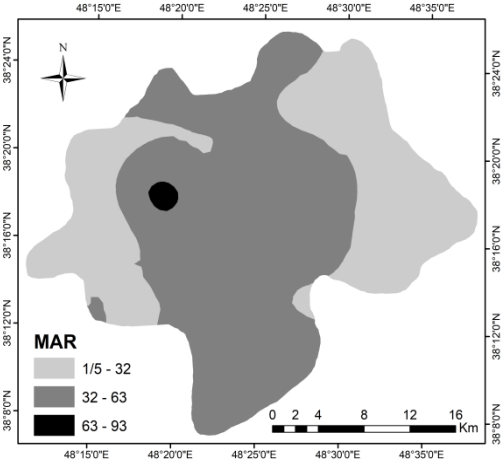

LSI
-2/4- -1/5
-1/5 - -0/57
-0/57- 0/36
0 2 4 8 12 16
Km

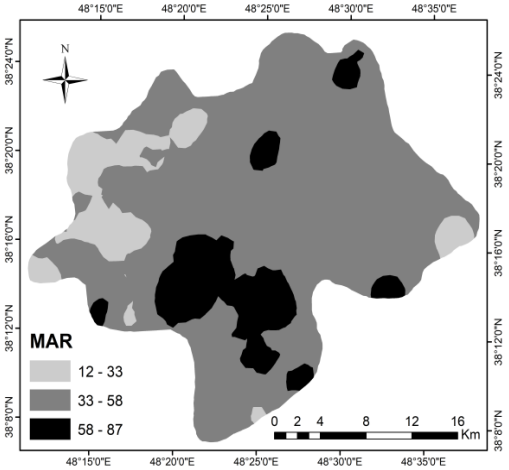

EC
366 - 1,900
1,900 - 3,440
3,440 - 4,980
0 2 4 8 12 16
Km

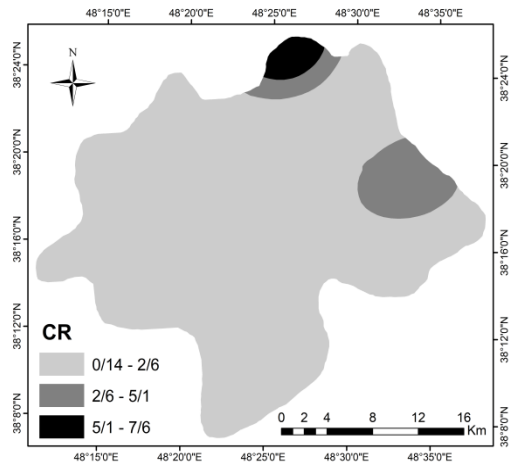

EC
351 - 1,817
1,817 - 3,283
3,283 - 4,749
0 2 4 8 12 16
Km

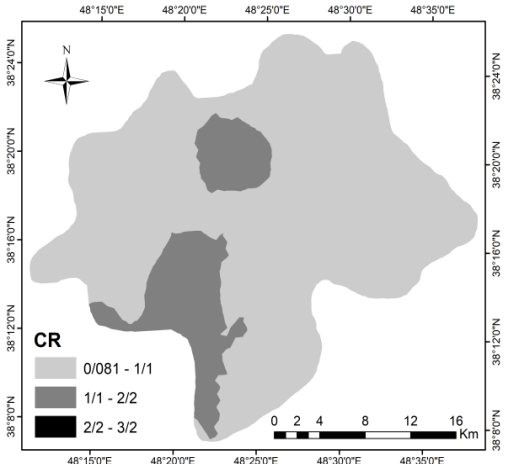

KR (Kellys Ratio)
0/1 - 0/7
0/7 - 1
1 - 2
0 2 4 8 12 16
Km

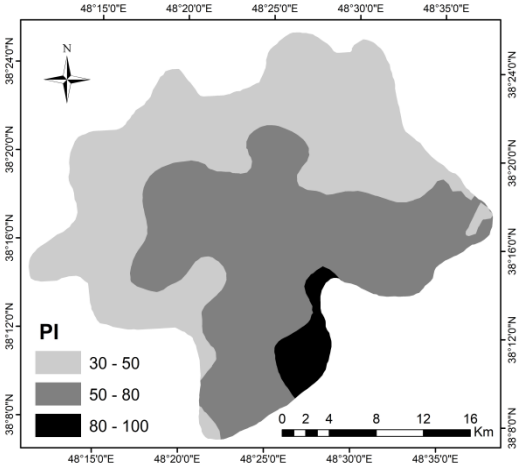

KR (Kellys Ratio)
0/099 - 1
1 - 2
2 - 2/9
0 2 4 8 12 16
Km

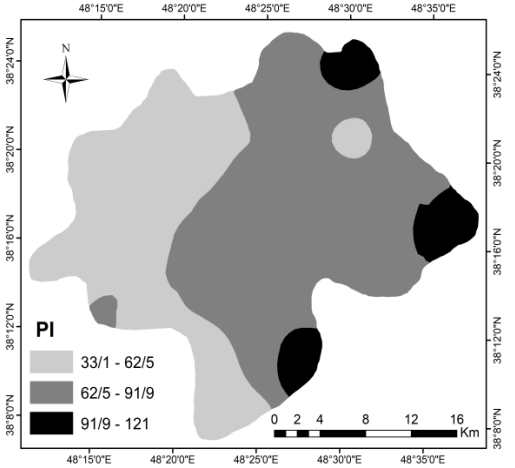

MAR
1/5 - 32
32 - 63
63 - 93
0 2 4 8 12 16
Km

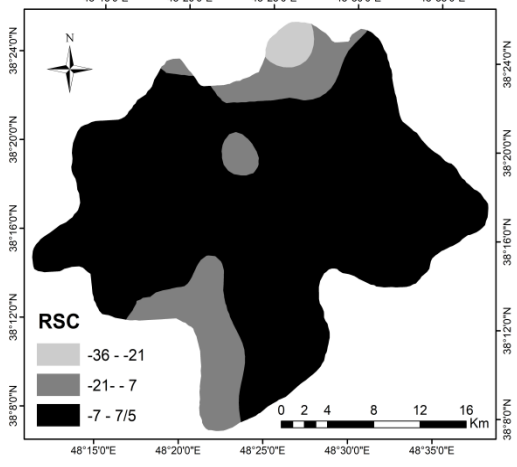

MAR
12 - 33
33 - 58
58 - 87
0 2 4 8 12 16
Km

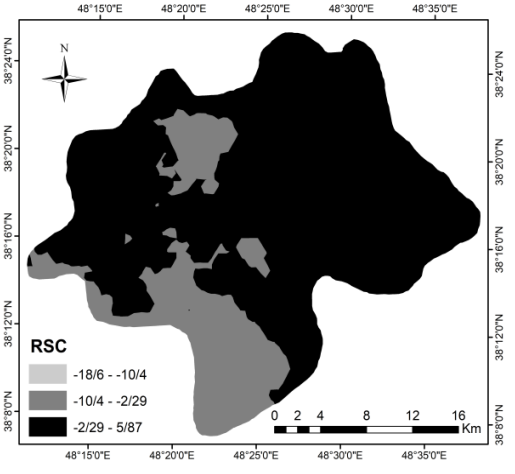

48°15'0"E
48°20'0"E
48°25'0"E
48°30'0"E
48°35'0"E
38°24'0"N
38°20'0"N
38°16'0"N
38°12'0"N
38°8'0"N
N
CR
0/14 - 2/6
2/6 - 5/1
5/1 - 7/6
0 2 4 8 12 16
Km

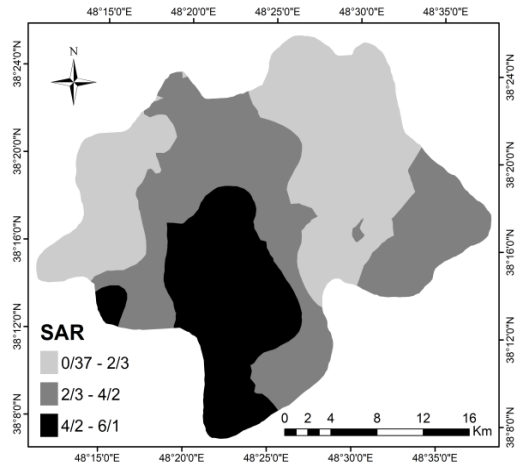

48°15'0"E
48°20'0"E
48°25'0"E
48°30'0"E
48°35'0"E
38°24'0"N
38°20'0"N
38°16'0"N
38°12'0"N
38°8'0"N
N
CR
0/081 - 1/1
1/1 - 2/2
2/2 - 3/2
0 2 4 8 12 16
Km


48°15'0"E
48°20'0"E
48°25'0"E
48°30'0"E
48°35'0"E
38°24'0"N
38°20'0"N
38°16'0"N
38°12'0"N
38°8'0"N
N
PI
30 - 50
50 - 80
80 - 100
0 2 4 8 12 16
Km

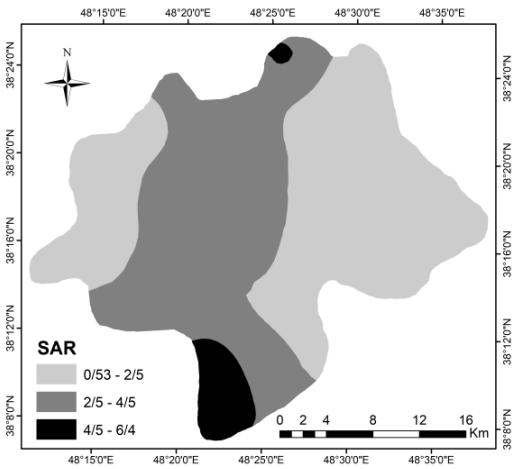

48°15'0"E
48°20'0"E
48°25'0"E
48°30'0"E
48°35'0"E
38°24'0"N
38°20'0"N
38°16'0"N
38°12'0"N
38°8'0"N
N
PI
33/1 - 62/5
62/5 - 91/9
91/9 - 121
0 2 4 8 12 16
Km


48°15'0"E
48°20'0"E
48°25'0"E
48°30'0"E
48°35'0"E
38°24'0"N
38°20'0"N
38°16'0"N
38°12'0"N
38°8'0"N
N
RSC
-36 - -21
-21- - 7
-7 - 7/5
0 2 4 8 12 16
Km


48°15'0"E
48°20'0"E
48°25'0"E
48°30'0"E
48°35'0"E
38°24'0"N
38°20'0"N
38°16'0"N
38°12'0"N
38°8'0"N
N
RSC
-18/6 - -10/4
-10/4 - -2/29
-2/29 - 5/87
0 2 4 8 12 16
Km



فصل خشک



فصل تر

نتیجه‌گیری

در تحقیق حاضر، تعداد ۱۲ پارامتر کیفی آب مربوط به تعداد ۶۳ حلقه چاه در دشت اردبیل در دو فصل تر و خشک اندازگیری و سپس شاخص‌های کیفی آب شامل EC، SAR، PI، MR،CR، RSC و LSI مورد بررسی قرار گرفت. کیفیت آب حدود ۷۰ درصد چاه‌های مورد مطالعه در هر دو دوره در کلاس طبقه‌بندی کیفی C3-S1 قرار گرفتند که بیان‌کننده محدودیت متوسط تا جدی از نظر شوری و عدم هیچ گونه محدودیتی از نظر شاخص SAR بود. آب زیرزمینی دشت اردبیل در بسیاری از نقاط دشت از نظر شاخص‌های خطر سدیم شامل PI، KR و RSC مناسب آبیاری تعیین شد. در خصوص احتمال خورندگی و منیزیم آب نیز در بسیاری از نقاط دشت خطر جدی وجود نداشت و از این نظر نیز آب زیرزمینی دشت اردبیل مناسب ارزیابی شد. علاوه بر مقدار شوری آب، بالا بودن مقادیر یون‌های کلر و سدیم به عنوان یکی از مشکلات مهم منابع آب زیرزمینی دشت اردبیل شناخته شد. خطر سمیت ناشی از یون‌های سدیم و کلر برای بسیاری از الگوهای کشت و همچنین محدودیت جدی از نظر کاربرد سامانه‌های آبیاری بارانی در بیشتر نقاط دشت مورد مطالعه وجود داشت. شاخص بررسی احتمال رسوب کربنات کلسیم (LSI) نیز بیان‌کننده خطر گرفتگی گسیلنده‌ها در سامانه آبیاری قطره‌ای در صورت اجرای این سامانه‌های آبیاری بود. با توجه به اینکه مجموع غلظت کلسیم و منیزیم و شرایط قلیایی در بخش شرقی دشت رخنمون بیشتری دارد، استفاده از روش‌های مناسب جهت جلوگیری از گرفتگی و رسوب تجهیزات مورد استفاده،تصفیه شیمیایی مناسب، اسیدشویی منظم و انتخاب گسیلنده‌های مناسب مورد توجه بیشتری است. کیفیت آب با هدف شرب نیز مورد سنجش قرار گرفت که نتیجه‌ی بررسی توسط دیاگرام شولر نشان از مناسب بودن آب داشت.

منابع مورد استفاده

اقدر، ح.، محمدیاری، ف و بصیری، ر.۱۳۹۵. ارزیابی پارامترهای کیفی آب زیرزمینی با استفاده از GIS و زمین آمار (مطالعه موردی: دشت مهران و دهلران ایلام). محیط زیست طبیعی. ۶۹(۳): ۶۱۶-۵۹۷.

استواری، ی. ۱۳۹۰.ارزیابی کیفیت آب آبخوان‌های منطقه‌ی لردگان و تأثیرسازندهای زمین‌شناسی بر کیفیت این آبخوان‌ها. پایان نامه کارشناسی ارشد علوم خاک. دانشگاه شهرکرد. ۱۱۰.

جهانشاهی، ا.، بیگی روحی مقدم، ع. و دهواری، ع. ۱۳۹۳. ارزیابی پارامترهای کیفی آبزیرزمینی بااستفاده از GIS و زمین‌آمار (مطالعه موردی: آبخوان دشت شهر بابک). مجله دانش آب و خاک. ۲۴(۲): ۱۸۳ تا ۱۹۷.

حشمتی، س.، بیگی هرچگانی، ح. ۱۳۹۱. پهنه‌بندی شاخص‌های کیفی آب زیرزمینی شهرکرد به‌منظور استفاده در طراحی سامانه‌های آبیاری. مجله پژوهش آب در کشاورزی. ۲۶(۱): ۴۳ تا ۵۹.

خدائی،ک.،شهسواری، ع. ا.،اعتباری،ب.،۱۳۸۵. ارزیابی آسیب‌پذیری آبخوان دشت جوین به روش DRASTIC و GODS. مجله زمین‌شناسی ایران، سال دوم، شماره چهارم، بهار۱۳۸۵. ۷۳ – ۸۷.

شعبانی، م.، ۱۳۸۷. تعیین مناسب‌ترین روش زمین آمار درتهیه‌ی نقشه‌ی تغییرات pH و TDS آبهای زیرزمینی (مطالعه موردی: دشت ارسنجان). مجله‌ی مهندسی آب. سال اول، ۵۸-۴۷.

محمدی قلعه‌نی،م.،ابراهیمی،ک.وعراقی‌نژاد،ش،۱۳۹۰.ارزیابی کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی (مطالعه موردی: آبخوانهای ساوه و اراک) .(مجله دانش آب وخاک) دانشگاه تبریز،۲۱(۲): ۹۳تا۱۰۸.

تقی زاده مهرجردی، ر.، زارعیان جهرمی، م.، محمودی، ش.، حیدری،ا. و سرمدیان، ف. ۱۳۸۷. بررسی روش های درون یابی مکانی جهت تعیین تغییرات مکانی ویژگی های کیفی آب های زیرزمینی دشت رفسنجان. مجله علوم و آبخیزداری ایران، ۷۰-۶۳.

وانی پور، س. ۱۳۹۶. ارزیابی کیفیت آب آشامیدنی آبخوان اردبیل در طول فصل خشک با استفاده از شاخص تلفیقی DWQI. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. گروه زمین‌شناسی، دانشگاه ارومیه.

Aghazadeh, N. and A. Asghari Mogaddam. 2010. Assessment of groundwater qualityand its suitability for drinking and agricultural uses in the Oshnavieh area, northwest of Iran.Journal of Environmental Protection, 1: 30-40.

Ehya, F., and Saeedi, F. 2018. Assessment of groundwater quality in the Garmez area (Southeastern Khuzestan province, SW Iran) for drinking and irrigation uses. Carbonates and Evaporites, 1-12.

Ehya, F., and Marbouti, Z. 2018. Groundwater quality assessment and its suitability for agricultural purposes in the Behbahan Plain, SW Iran. Water Practice and Technology, 13(1), 62-78.

Fetouani, S., Sbaa, M., Vanclooster, M., Bendra, B., 2008. Assessing groundwater quality in the irrigated plain of Triffa (North-east Morocco). Journal of Agricultural Water Management, Vol .95, pp.133-142.

Khan, R., and Jhariya, D. C. 2018. Hydrogeochemistry and Groundwater Quality Assessment for Drinking and Irrigation Purpose of Raipur City, Chhattisgarh. Journal of the Geological Society of India, 91(4), 475-482.

Kelly, W. P. 1940. Permissible composition and concentration of irrigated waters. Amer. Soc. Civ. Engin. Trans. 106, 849–855.

Kresic, N. 1997. Hydrogeology and Groundwater Modeling. Lewis Publishers.

Shammi, M., Karmakar, B., Rahman, M., Islam, M. S., Rahaman, R., and Uddin, K. 2016. Assessment of salinity hazard of irrigation water quality in monsoon season of Batiaghata Upazila, Khulna District, Bangladesh and adaptation strategies. Pollution, 2(2), 183-197.

Sun, Y., Shaozhong, K., Li, F., and Zhang, L. 2009. Comparison of interpolation methods for depth to groundwater and its temporal and spatial variations in the Minqin oasis of northwest China". Environmental Modelling & Software. 24: 1163–1170.

Tahlawi, M. E., Mohamed, M. A., Boghdadi, G. Y., Rabeiy, R. E., & Saleem, H. A. 2014. Groundwater quality assessment to estimate its suitability for different uses in Assiut Governorate, Egypt. Int J Recent Technol Eng, 3, 2277-3878.

World Health Organization 2011. Guidelines for drinking water quality, 4th edn. World Health Organization, Geneva.

Wilcox, L.V. 1958. Determining the quality of irrigation water. Dept. of Agriculture, USA, pp. 6.

Yaouti, F., EL, Mandour, Khattach, D., Benavente, J., Kaufmann, O. 2009. Salinization processes in the unconfined aquifer of Bou-Areg (NE Morocco). Applied Geochemistery, 24.

Zaiming, Z., Guanghui, Z., Mingjiang, Y., and Jinzhe, W. 2012. Spatial variability of the shallow groundwater level and itschemistry characteristics in the low plain around the Bohai Sea, North China. EnvironmentalMonitoring andAssessment 184(6): 3697-3710.

ISSN 2251-7480

Assessment of Spatial Distribution some Ground Water Quality Indexes in Adrabil Plain for Irrigation uses

Farrokh Asadzadeh[*1], Hossein Pirkharrati[2], Zahra Sheikhi Almanabad[3]

1) Associate Professor, Faculty of soil science Engineering, Department of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran.
[*] Corresponding author: F.Asadzadeh@Urmia.ac.ir
2 Associate Professor, Department of Geology, Faculty of Science, Urmia University, Urmia, Iran.
3) PhD student, Department of Geology, Urmia University, Urmia, Iran.

Received: 07-02-2019 Accepted: 08-10-2019

Abstract
The quantitative and qualitative decline of groundwater in recent years has needed for proper management of water from these valuable resources. One of the important ways to achieve this goal is to monitoring groundwater quality. In the present study, 12 water quality parameters related to 63 wells in Ardebil plain were measured in June and September (dry and wet season), 2013-2012, then water quality indices were studied. After calculating the indices, the ArcGIS10 software were used to prepare the maps and then calculate some important statistical parameters. The results showed that groundwater in Ardebil Plain with EC and SAR indexes average, 405.17 microseisms per cm and 2.8 in the C3-S1 class, according to Wilcox classification, and had a low to moderate limit Salinity and without any limit in term of penetration in the soil. RSC, KR and PI Indicators, which express the risk of sodium, indicate that there is no sodium constraint and have a good quality. The CR index with 0.8 average also indicated a lack of groundwater corrosion risk. Investigating the Na and Cl also indicates an average limit for water toxicity for the plants cultivated in Ardebil plain. On the other hand, the zoning maps of the studied indices showed that salinity in some parts of the plain has a low to moderate limit, and in eastern and southern parts, it has no limitation. According SAR index most part of plain was unlimited, with only a small portion of the southern plain with moderate constraints. The LSI index showed that in most plain areas, the value of this index is greater than zero, and therefore there will be a risk of droplets.

Keywords: Mapping, Salty Hazard, Sodium hazard, Statistical Parameter, Wilcox