تعیین نواحی آسیب‌پذیر برای اجرای سیستم آبیاری قطره‌ای بر اساس کیفیت آب زیرزمینی با استفاده از ArcGIS

رضا لاله‌زاری [۱]* و فریده انصاری سامانی

دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات خوزستان، باشگاه پژوهشگران جوان، اهواز، ایران.

lalehzari@hotmail.com

دانشجوی دکترای آبیاری و زهکشی، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد.

Faride.ansari@yahoo.com

چکیده

طراحی دقیق آبیاری قطره‌ای نیازمند تحلیل کیفیت آب مورد استفاده می‌باشد که منجر بهبود ضریب یکنواختی می‌شود. در این پژوهش، پارامترهای آبخوان در شمال استان خوزستان ارزیابی و قابلیت کاربرد آب زیرزمینی منطقه دزفول- اندیمشک در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای بررسی شد. به این منظور، از ابزار میان‌یابی برای پهنه‌بندی پارامترهای شیمیایی جمع‌آوری شده از ۱۰۴ چاه عمیق استفاده شد. در ابتدا، برای انتخاب روش میان‌یابی مناسب مقادیر پیش‌بینی شده هر عنصر با مقادیر مشاهده‌ای با استفاده از شاخص میانگین مجموع مربعات خطا مقایسه و درون‌یابی و تحلیل مکانی داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی در لایه‌های مختلف انجام شد. فاکتورهای ارزیابی شامل نسبت جذب سدیمی(*SAR*)، کل نمک‌های محلول(*TDS*)، سختی کل(*TH*) و شاخص اشباع لانژیلر(*LSI*) اغلب به صورت مستقیم از داده‌های تجزیه شیمیایی آّب مانند کلسیم، منیزیم، بی‌کربنات، پتاسیم و سدیم برآورد شد. نتایج نشان داد شاخص اشباع لانژیلر در حدود ۹۰ درصد چاه‌ها دارای مقادیر مثبت است. سختی کل در بسیاری از بخش‌های منطقه مورد مطالعه بیش از ۳۰۰ میلی گرم در لیتر (آب خیلی سخت) بود که نشان دهنده خطر بروز گرفتگی در قطره‌چکان‌ها و رسوب کربنات می‌باشد. همچنین، غلظت کل مواد جامد محلول در بخش جنوبی منطقه بیش از ۲۰۰۰ میلی گرم در لیتر بود.

واژه های کلیدی: سختی کل ، رسوب املاح ،گرفتگی قطره‌چکان ،کریجینگ

۱-آدرس نویسنده مسئول: اهواز، بلوار گلستان، دانشگاه شهید چمران، دانشکده مهندسی علوم آب

* دریافت: مرداد ۱۳۹۲و پذیرش: بهمن ۱۳۹۲

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

آنالیز کیفی آب مورد استفاده در سیستم‌های آبیاری، برای ایجاد تعادل در بیلان املاح در خاک، جلوگیری از سوختگی برگ‌ها در آبیاری بارانی و انسداد قطره‌چکان‌ها در آبیاری قطره‌ای از مراحل اجتناب‌ناپذیر فاز طراحی محسوب می‌شود. انسداد قطره‌چکان‌ها در اثر کاربرد آب‌های شور (فرزام نیا و حقایقی، ۱۳۸۱)، تغییرات دما (نصرالهی، ۱۳۸۹)، استفاده از کودها (انصاری، ۱۳۹۱) و یا آب‌های حاوی آلاینده‌های شیمیایی (هیلز و همکاران، ۱۹۸۹) روی می‌دهد.طاهرپورکلانتری (۱۳۷٦) گزارش کرد، خطر گرفتگی نسبت به عامل PH به مقدار زیاد و نسبت به مقدار کل نمک‌های محلول در آب کم تا متوسط می‌باشد و همچنین ترکیبات شیمیایی کربنات‌کلسیم و سولفات‌کلسیم عامل مهم ایجاد رسوب شیمیایی می‌باشد. معیدی‌نیا (۱۳۷۷)،گزارش کرد با افزایش غلظت نمکها و PH آب آبیاری گرفتگی شیمیایی قطره‌چکان‌ها افزایش می‌یابد.

آدین و ساکس (۱۹۹۱) پس از بررسی سه نوع قطره‌چکان گزارش دادند که انسداد قطره‌چکان‌هایی که از پساب استفاده می‌کنند، نخست بوسیله ذرات جامد صورت می‌گیرد و سرعت گرفتگی بیشتر تحت تاثیر اندازه ذرات است تا مقدار ذرات. آن‌ها همچنین گزارش کردند که ترکیبات شیمیایی رسوبات موجود در قطره‌چکان‌ها با تغییر فصل تغییر می‌کند، بدین صورت که در زمستان و بهار عامل گرفتگی بیشتر آلومینیوم و سیلیکون بوده، در حالی که در تابستان و پاییز درصد بالایی از فسفر و کلسیم در قطره‌چکان‌ها مشاهده شد.

تیلور و همکاران (۱۹۹۵) علت گرفتگی قطره‌چکان‌ها به هنگام استفاده از پساب را در نتیجه انباشتگی و به دام افتادن ذرات ماسه در مسیر قطره‌چکان دانستند و نشان دادند نوع قطره‌چکان در مقایسه با کیفیت آب نقش مهم‌تری در ایجاد گرفتگی داشت.هیلز و همکاران (۱۹۸۹)، اثرات چهار ترکیب مختلف آب آبیاری را بر گرفتگی شیمیایی قطره‌چکان‌ها مورد ارزیابی قرار دادند و ملاحظه کردند با افزایشیون‌های کلسیم، منیزیم، بی‌کربنات و PH آب آبیاری، رسوبات کربنات کلسیم بیشتر شده و منجر به افزایش گرفتگی قطره‌چکان‌ها و کاهش دبی آن‌ها می‌شود. بیشترین گرفتگی مربوط به آب دارای بیشترین مقدار نمک و کمترین گرفتگی مربوط به آب دارای کمترین مقدار PH بوده است.

در مناطق کم‌جمعیت، آب زیرزمینی از مهمترین منابع تأمین آب کشاورزی است که برگشت زهاب حاصله از آبیاری همراه با آلاینده‌های میکروبی و شیمیایی خواهد بود (لاله‌زاری، ۱۳۸۷). گسترش زمین‌های کشاورزی و تغییرات کیفی آب زیرزمینی نیازمند جایگزینی آمار مکانی به جای متغیرهای تصادفی است که موجب توسعه سیستم اطلاعات جغرافیایی در این ارتباط شده است. این شیوه در تخمین داده‌های مجهول در مواردی که نمونه‌برداری به سختی صورت گیرد یا اطلاعات موجود کافی و دقیق نباشد، از طریق ابزار درون‌یابی به کار می‌رود (باردوسی، ۲۰۱۱؛ماریو و همکاران، ۲۰۱۰).

کاربرد روش‌های درون‌یابی در زمینه‌های مختلف مانند تخمین هدایت هیدرولیکی خاک (حسینی و همکاران، ۱۹۹۳)، تعیین منحنی رطوبتی خاک (ولتز و گولارد، ۱۹۹٤)، تبخیر و تعرق (مهدیان و همکاران، ۲۰۰۱)، درجه حرارت (عبداللهی و رحیمیان، ۱۳۸٦)و مطالعات آب زیرزمینی (لاله‌زاری و همکاران، ۲۰۱۰) بررسی شده است. این پژوهش با هدف بررسی توزیع مکانی پارامترهای کیفی تأثیرگذار آب زیرزمینی بر گرفتگی قطره‌چکان‌ها و آسیب‌پذیری سیستم‌های آبیاری قطره‌اینسبت به آب مصرفی در محدوده دزفول – اندیمشک انجام گرفته است.

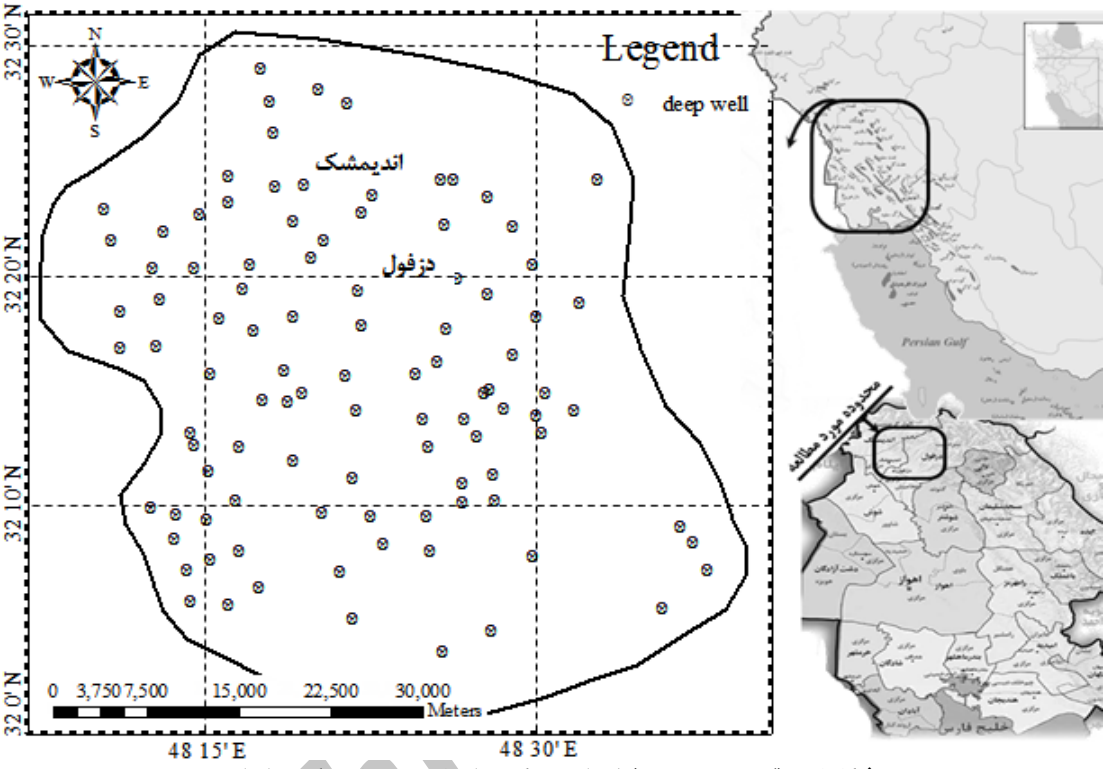
مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه محدوده دزفول- اندیمشک با مساحت ۱۷۷۸ کیلومترمربع واقع در شمال- شمال غرب استان خوزستان است. موقعیت محدوده با عرض

Archive of SID

www.SID.ir

جغرافیایی '۳۲°۰۳ تا '۳۳ °۳۲ و طول جغرافیایی '۱۰ °۴۸ تا '۳۷°۴۸ در شکل(۱) نشان داده شده است. کاربری اراضی دشت عمدتاً کشاورزی وغلظت عناصر شیمیایی آب زیرزمینی تحت تأثیر زهاب کشاورزی و فاضلاب مناطق مسکونی و نظامی قرار دارد (کرمی شاهملکی و همکاران، ۱۳۸۹).به منظور مطالعه مکانی کیفیت آب زیرزمینی، نتایج آنالیز شیمیایی۱۰۴ چاه عمیق با پراکندگی شکل(۱)در تابستان ۱۳۸۷ مورد استفاده قرار گرفت.



شکل۱- موقعیت محدوده دزفول- اندیمشک در استان خوزستان و کشور ایران

شوری و نسبت سدیم جذبی اولین گزینه قابل بررسی در تعیین شرایط کیفی فیزیکی- شیمیایی محیط ریشه است. به دلیل تأثیر رسوب کربنات‌ها در شرایط قلیایی از نسبت سدیم جذبی اصلاح شده برای تفسیر شرایط کیفی آب استفاده شد.

$$SAR_{adj}=\frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca+Mg}{۲}}}\left(۱+\left(۸/۴-pHc\right)\right) \quad (۱)$$

که در آن:

PHc، اسیدیته محاسبه شده بر اساس نتایج تجزیه شیمیایی آب است و از رابطه (۲) محاسبه می‌شود. بخش اول معادله مربوط به ثابت یونیزاسیون و ضریب حلالیت ترکیبات کربنات و وابسته به مجموع غلظت کاتیون‌های کلسیم، منیزیم، سدیم و پتاسیم می‌باشد. پارامترهای معادله (۲) براساس مجموع غلظت کاتیون‌های مختلف آب بر حسب میلی‌اکی‌والانت در لیتر از جداول به دست می‌آید (علیزاده، ۱۳۸۸).

$$pHc=\left(pk_{۲}-pk_{sp}\right)+p\left(Ca+Mg\right)+p\left(CO_{۳}+HCO_{۳}\right) \quad (۲)$$

نواحی آسیب‌پذیر از سایر موارد انسداد قطره‌چکان‌ها شامل سختی کل، مواد جامد محلول و غلظت سدیم در بخش نتایج تحلیل شده است.

نتایج با استفاده از تحلیل مکانی نقشه‌های همتراز که از روش‌های میانیابی کریجینگ بدست آمد

Archive

www.SID.ir

تحلیل و تفسیر شد. برای انتخاب بهترین ابزار درون‌یابی از روش ارزیابی متقابل استفاده شد. مقدار $RMSE$ بین داده‌های برآورد شده و اندازه‌گیری شده برای انتخاب بهترین روش میانیابی بصورت رابطه (۳) تعریف شد (الدری و گارسیا، ۲۰۱۱).

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(\varphi_{cal} - \varphi_{obs}\right)^2}{n}} \qquad (۳)$$

که در آن:

φ_{cal} :مقادیر برآورد شده، φ_{obs} : مقادیر اندازه‌گیری شده و n : تعداد نقاط مورد آزمون. روش کریجینگ از میانگین متحرک وزنی برای توزیع متغیرها استفاده کرده و به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$z^*(x_i) = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i z(x_i) \qquad (٤)$$

که در آن:

λ_i ، i: وزن مربوط به نمونه ام

این روش بر اساس تحلیل نیم‌تغییر نما استوار است و هدف اصلی آن برقراری ساختار تغییرپذیری متغیر نسبت به فاصله مکانی می‌باشد. در روش کریجینگ به همراه هر تخمین، مقدار خطای آن نیز ارائه می‌شود که در این صورت می‌توان قسمت‌هایی را که در آن خطای زیادی وجود دارد را مشخص نمود. علاوه بر این می‌توان بهترین نقاط نمونه‌برداری را با استفاده از واریانس تخمین پیشنهاد کرد، زیرا روش یاد شده قابلیت تعیین میزان کاهش واریانس تخمین را به ازای یک نمونه اضافی قبل از نمونه‌گیری داراست (گلمحمدی و همکاران، ۱۳۸۷).به منظور تحلیل و ترسیم داده‌ها و نتایج از نرم‌افزارهایArcGIS9.3، MapInfo10 و Excel2010 استفاده شد.

نتایج و بحث

ابزار میانیابی مورد استفاده در این پژوهش روش کریجینگ عمومی است که با مقایسه پنج روش میانیابی برای هر یک از پارامترهای کیفی بدست آمد جدول(۱). طباطبایی و لاله‌زاری (۲۰۰۹) نیز از روش کریجینگ عمومی برای پهنه‌بندی غلظت یون‌های کلر، سدیم، نیترات، کلسیم، سولفات و بی‌کربنات استفاده کردند.

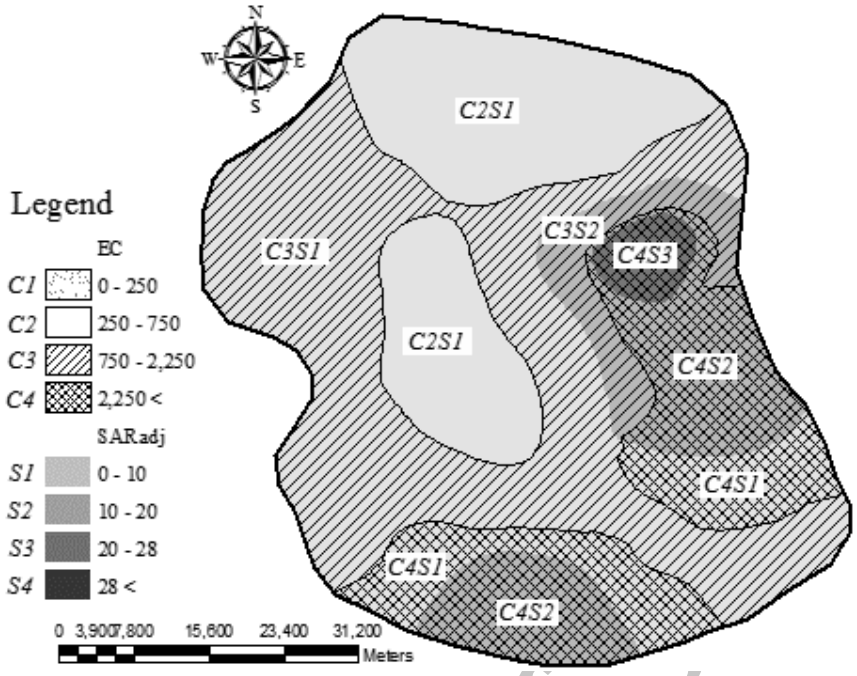
جدول۱- مقایسه روش‌های میانیابی بر اساس شاخص میانگین مجموع مربعات خطا

شاخص دقت	RMSE					
روش میان یابی	کلسیم	منیزیم	کل مواد جامد محلول	سختی کل	بی‌کربنات	سدیم
وزن‌دهی عکس فاصله	۰/۵۷	۱/۴۸	۱۶۰	۸۶	۰/۶۱	۲/۳۳
چند جمله‌ای عام	۱/۹۵	۲/۲۷	۴۳۲	۱۹۰	۰/۶۶	۶/۵۵
چند جمله‌ای موضعی	۱/۴۷	۱/۷۲	۲۷۰	۱۳۲	۰/۶۸	۴/۶۴
توابع پایه شعاعی	۰/۸	۱/۲۹	۱۵۵	۷۲	۰/۶۳	۱/۴۵
کریجینگ	۰/۵۵	۱/۰۷	۱۲۰	۵۲	۰/۶۱	۰/۹۳

مقادیر هدایت الکتریکی و نسبت سدیم جذبی آبا توجه به استاندارد آزمایشگاه شوری خاک آمریکا در چهار کلاس طبقه‌بندی می‌شوند که با افزایش شماره کلاس شرایط خاک در محیط ریشه به لحاظ نفوذپذیری و قابلیت جذب آب به وسیله گیاه نامناسب‌تر می‌شود (لاله-زاری و طباطبایی، ۱۳۸۹). شکل(۲) حدود تعریف شده برای کلاس‌های مختلف و ترکیب لایه‌هایEC و SAR آب آبیاری را برای تعیین نقاط آسیب‌پذیر نشان می‌دهد. مطابق شکل، مناطق مشخص شده با برچسب‌هایC3 و C4 محدوده‌هایی را نشان می‌دهد که آب زیرزمینی برداشتی از آنها آسیب ناشی از شوری را برای محصولات و خاک زراعی در پی داشته و موجب ایجاد محیط نامناسب برای رشد گیاه می‌شود. بجز بخشی از نواحی شرقی سایر مناطق در کلاس پایین سدیم جذبی قرار دارند.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل۲- طبقه‌بندی کیفیت آب زیرزمینی بر حسب شوری(میکروموس بر سانتی‌متر) و نسبت سدیم جذبی

مهمترین شاخص در ارزیابی خطر گرفتگی قطره‌چکان‌ها شاخص اشباع لانژیلر می‌باشد که به صورت رابطه (۵) نوشته می‌شود:

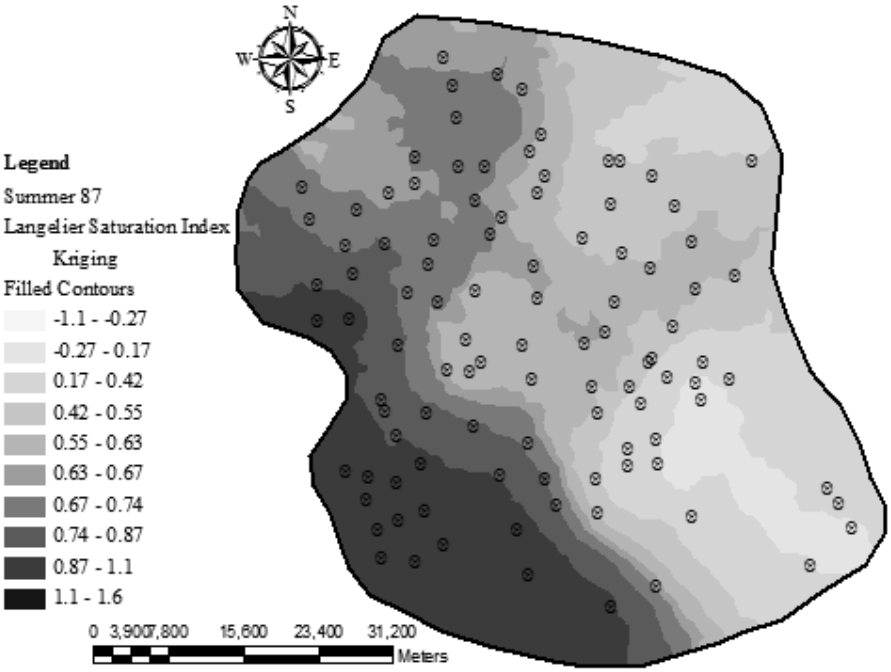
$$LSI = pH - pHc \qquad (۵)$$

که در آن:

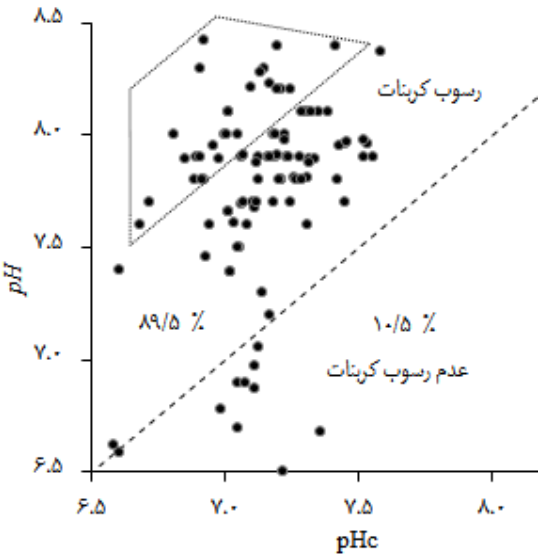
pH، قلیائیت آب آبیاری و pHc از رابطه (۲) محاسبه می‌شود. شکل (۳) توزیع مکانی شاخص اشباع لانژیلر را نشان می‌دهد. در بخش غربی منطقه مقدار این شاخص مثبت و نشان‌دهنده وجود پتانسیل برای گرفتگی قطره‌چکان‌ها است. مقایسه کیفیت آب چاه‌ها نشان داد حدود ۹۰ درصد از نمونه‌های آب آزمایش شده موجب گرفتگی قطره‌چکان‌ها از نظر رسوب کربنات می‌شود (شکل٤). بنابراین، توصیه می‌شود در این منطقه از قطره‌چکان‌های حساس به گرفتگی استفاده نشود. نقاط مشخص شده در شکل (٤) شاخص اشباع لانژیلر بالاتر از یک دارند. در اینگونه موارد به دلیل بالا بودن شاخص، عملیات اصلاحی مانند استفاده از اسید و تغییر دما سخت‌تر صورت می‌گیرد.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل۳-توزیع مکانی شاخص اشباع لانژیلر

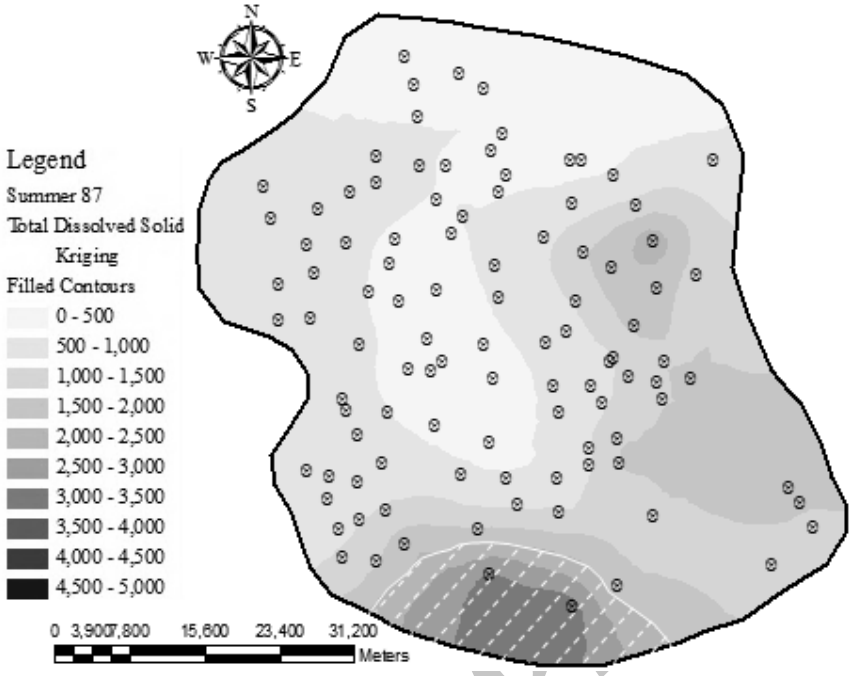


شکل۴-تقسیم‌بندی نمونه‌های آب برای تعیین درصد چاه‌های مستعد رسوب کربنات

نمک‌های محلول در آب، *TDS*، از عوامل گرفتگی قطره‌چکان‌ها محسوب می‌شود. مقادیر *TDS* کمتر از ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر مناسب، بین ۵۰۰ تا ۲۰۰۰ متوسط و بالاتر از آن خطرساز است (علیزاده، ۱۳۸۸).پهنه‌بندی غلظت نمک‌های محلول در آب زیرزمینی آبخوان در شکل (۵) مشخص شد. در بخش‌های جنوبی غلظت املاح بالاتر از محدوده مجاز توصیه شده می‌باشد که با خط‌چین نشان داده شده است. اگر املاح محلول در آب زیرزمینی بیشتر از نمک‌های سدیمی تشکیل شده باشد، اثرات مخرب‌تری را بر خاک برجای می‌گذارد. بررسی نقشه توزیع سدیم شکل(٦) نیز نشان داد غلظت آن در نواحی جنوبی و شرقی بیش از سایر نقاط است. غلظت

www.SID.ir

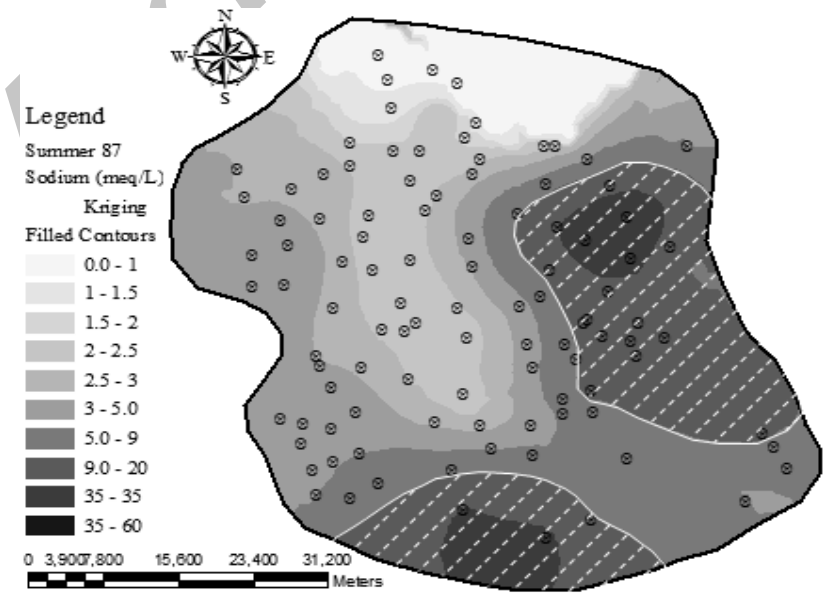
سدیم بیشتر از سه میلی اکی‌والانت در لیتر در سیستم آبیاری بارانی و نه میلی‌اکی‌والانت در لیتر برای تمام سیستم‌ها مشکل‌ساز است (علیزاده، ۱۳۸۸). آب‌های حاوی سدیم زیاد در طولانی مدت ساختمان محیط اطراف ریشه را تخریب و به خاک سدیمی تبدیل می‌کند.



شکل۵- پهنه‌بندی کل نمک‌های محلول در آب (میلی‌گرم در لیتر)

با افزایش pH آب و ایجاد محیط قلیائی بی‌کربنات‌های کلسیم و منیزیم به کربنات‌های کلسیم و منیزیم تبدیل شده (رابطه٦) و در لوله‌های فرعی و قطره‌چکان‌ها رسوب می‌کنند.

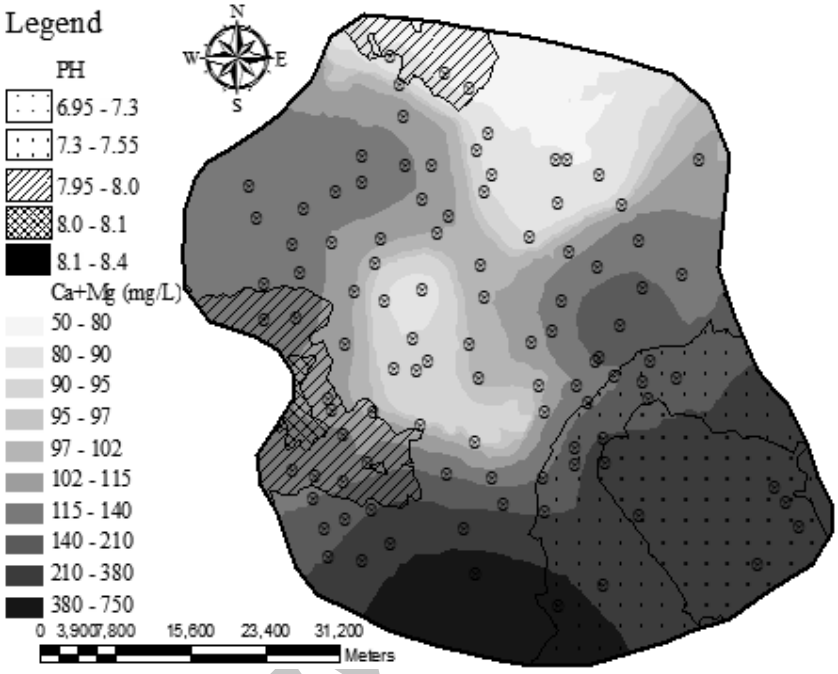
$$[Ca,Mg](HCO_3)_2 \xrightarrow{OH} [Ca,Mg]CO_3 \downarrow + CO_2 \uparrow + H_2O \quad (٦)$$



شکل۶- غلظت سدیم در نقاط مختلف منطقه مطالعه (میلی اکی‌والانت در لیتر)

www.SID.ir

اگر مجموع غلظت کلسیم و منیزیم بیش از ۵۰ میلی‌گرم در لیتر باشد و PH آب آبیاری از هشت فراتر رود، پتانسیل رسوب کربنات وجود دارد (علیزاده، ۱۳۸۸).در شکل (۷) مجموع غلظت کلسیم و منیزیم در پهنه منطقه ترسیم و مناطقی که PH آب مصرفی آن در محدوده رسوب کربنات است بصورت خطوط هاشور و مربع نشان داده شده است. هرچند در تمام محدوده غلظت املاح بالاتر از ۵۰ میلیگرم در لیتر است، اما در نواحی که با نقطه‌چین متمایز شده است PH کمتر از هشت مانع از رسوب کربنات می‌گردد.



شکل۷- نواحی آسیب‌پذیر به رسوب کربنات‌های کلسیم و منیزیم

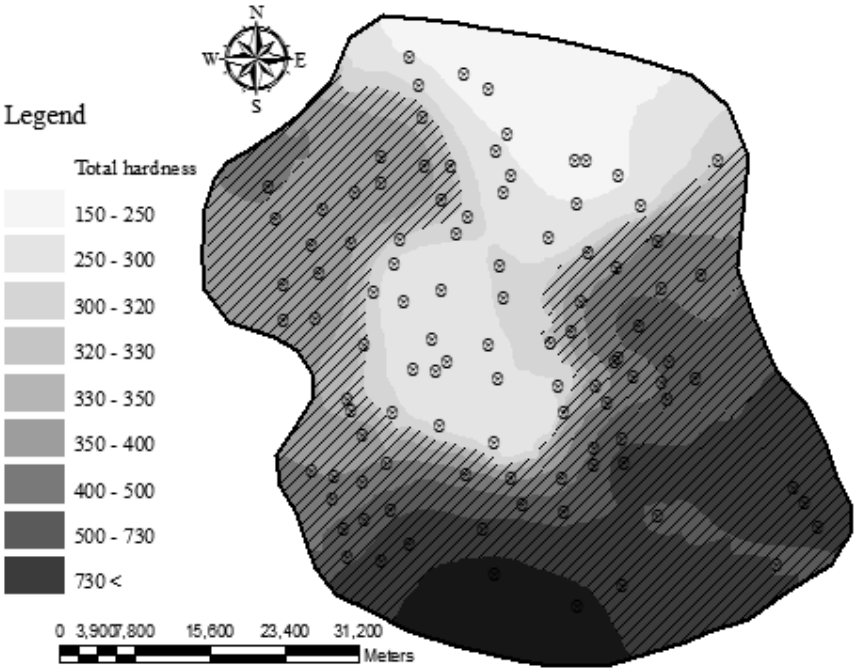
سختی آب را معمولاً به صورت مجموع غلظت یون‌های کلسیم و منیزیم بر حسب میلی‌گرم در لیتر کربنات کلسیم نشان می‌دهند. بنابراین، اگر غلظت یون‌های کلسیم و منیزیم بر حسب میلی‌گرم در لیتر باشد، سختی کل از رابطه (۷) محاسبه می‌شود (موسوی، ۱۳۷۵).

$$TH = ۲/۵ \times Ca^{۲+} + ۴/۱ \times Mg^{۲+} \qquad (۷)$$

آب با سختی بالاتر از ۳۰۰ میلیگرم در لیتر جزء آب‌های خیلی سخت طبقه‌بندی شده و با افزایش دما و قلیائیت، خطر رسوب املاح موجود در آب وجود دارد(علیزاده، ۱۳۸۸). شکل (۸) پراکندگی سختی کل را نشان می‌دهد که بخش‌های دارای آب خیلی سخت و آسیب‌پذیر با هاشور مشخص شده است. تنها سختی آب در بخش‌های مرکزی و شمالی منطقه قابل چشم‌پوشی برای مصرف در سیستم‌های قطره‌ای خواهد بود.

Archive

www.SID.ir



شکل۸- طبقه‌بندی آب زیرزمینی از نظر سختی کل (نقاط هاشور خورده: آب خیلی سخت)

نتیجه گیری

بخش وسیعی از زمین‌های ناحیه مورد مطالعه واقع در محدوده دزفول و اندیمشک با آب شور برداشتی از آب زیرزمینی با هدایت الکتریکی بالاتر از ۷۵۰ میکروموس بر سانتی‌متر آبیاری می‌شود، بنابراین کنترل بیلان نمک در محیط ریشه امری ضروری است.پتانسیل رسوب کربنات در حدود ۹۰ درصد از مساحت ارضی مطالعه شده وجود دارد. این نتیجه از تفسیر توزیع سختی کل، شاخص اشباع لانژیلر و pH آب قابل استناد است.مواد جامد محلول تنها در بخش کوچکی از منطقه عامل محدود کننده به شمار می‌آید.در مجموع کیفیت آب زیرزمینی در نواحی شمالی و مرکزی دشت قابلیت بیشتری برای کاربرد در سیستم‌های قطره‌ای دارد نسبت به جنوب دشت که به دلیل قرار گرفتن در پایین دست جریان دارای بیشترین غلظت املاح می‌باشد.در پژوهش حاضر از روش کریجینگ عمومی برای پهنه‌بندی پارامترهای شیمیایی آب زیرزمینی استفاده شد، زیرا مقایسه روش‌های میانی آب نشان داد روش یاد شده خطای کمتری نسبت به سایر روش‌ها در این زمینه دارد.

فهرست منابع

۱. انصاری سامانی، ف. ۱۳۹۱. بررسی تاثیر کود فسفاته بر گرفتگی چند نوع قطره چکان موجود در بازار ایران. پایان‌نامه کارشناسی ارشد.رشته آبیاری و زهکشیدانشکده مهندسی علوم آب. دانشگاه شهید چمران اهواز.

۲. طاهرپور کلانتری، م. ۱۳۷٦. بررسی علل گرفتگی خروجی‌ها در آبیاری قطره‌ای و ارتباط آن با کیفیت آب در مناطق رفسنجان و جهرم. پایان نامه کارشناسی ارشد رشته آبیاری و آبادانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس. ۱۱۰ صفحه.

۳. عبداللهی، ج.، و م.ح. رحیمیان. ۱۳۸٦. بکارگیری سنجش از دور در تعیین بهترین مدل زمین آماری جهت درونیابی اطلاعات میدانی. فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۱٤(۲):٦۱-۷۳.

Archive of SID

www.SID.ir

٤. علیزاده، ا. ۱۳۸۸. آبیاری قطره‌ای (اصول و کاربرد). انتشارات آستان قدس رضوی. ٤۹۳ صفحه.

۵. فرزام‌نیا، م.، و س. حقایقی مقدم. ۱۳۸۱. بررسی تاثیر آب شور بر گرفتگی برخی قطره‌چکان‌های مورد استفاده در ایران. مجله علوم و مهندسی آبیاری، ۳۲: ۱۵-۲۵.

٦. کرمی شاهملکی، ن.، س.م.ر. بهبهانی، ع.ر. مساح بوانی، و ک. خدایی. ۱۳۸۹. بهینه‌سازی مدل DRASTIC با استفاده از روش‌های آمار ناپارامتری. فصلنامه زمین‌شناسی ایران، ٤(١٤):۷۳-۸۲.

۷. گلمحمدی، گ.، ص. معروفی، و ک. محمدی. ۱۳۸۷. منطقه‌ای نمودن ضریب رواناب در استان همدان با استفاده از روش‌های زمین آماری و GIS. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۲(٤٦): ۵۰۱-۵۱٤.

۸. لاله‌زاری، ر. و س.ح. طباطبائی. ۱۳۸۹. خصوصیات شیمیایی آب زیرزمینی دشت شهرکرد. مجله محیط‌شناسی دانشگاه تهران، ۳٦(۵۳): ۵۵-٦۲.

۹. معیدی‌نیا، ع. ۱۳۷۷. تأثیر ترکیبات شیمیایی مختلف آب آبیاری بر گرفتگی قطره‌چکان‌ها در آبیاری قطره‌ای. پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۱۰. موسوی، س.ف. ۱۳۷۵. آلودگی آبهای زیرزمینی. انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان. ص۸٤.

۱۱. نصرالهی، ع.ح. ۱۳۸۹. بررسی تأثیر دما بر دبی چند نوع قطره‌چکان موجود در بازار ایران. پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته آبیاری و زهکشی. دانشکده مهندسیعلوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز. ۱۱۷ صفحه.

12. Adin, A. and M. Sacks. 1991. Dripper clogging factors in wastewater. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, ASCE, 117: 813- 826.
13. Bardossy, A. 2011. Interpolation of groundwater quality parameters with some values below the detection limit. Hydrology and Earth System Science, 15:2763–2775.
14. Eldeiry, A.A., and L.A. Garcia. 2011. Using indicator kriging technique for soil salinity and yield management. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, ASCE, 137(2):82-93.
15. Hills, D.J., F.M. Nawar, and P.M. Waller. 1989. Effects of chemical clogging on drip tape irrigation uniformity. Transaction of the ASAE, 32(4):1202-1206.
16. Hosseini, E., J. Gallichand, and J. Caron. 1993. Comparison of several interpolators for smoothing hydraulic conductivity data in South West Iran. Transactions of the ASAE, 37(6):1799-1807.
17. Lalehzari, R., S.H. Tabatabaei, and M. Kholghi. 2010. Hydrodynamic coefficients estimation and flow treatment prediction in Shahrekord aquifer using PMWIN model. The 14th International Water Technology Conference. Mar. 21-23. Cairo, Egypt.
18. Mahdian, M.H., E. Hosseini, and M. Matin. 2001. Investigation of spatial interpolation methods to determine the minimum error of estimation: case study, temperature and evaporation. The 6th International Conference on Geo-Computation. Brisbane, Australia.
19. Morio, M., M. Finkel, and E. Martac. 2010. Flow guided interpolation - A GIS-based method to represent contaminant concentration distributions in groundwater. Environmental Modeling & Software, 25:1769-1780.
20. Tabatabaei, S.H., and R. Lalehzari. 2009. Determination of the contaminant sources by mapping tools in Shahrekord aquifer, Iran. International Groundwater Symposium. Feb. 18. Bangkok, Thailand.
21. Taylor, H., D.R. Bastos, H.W. Pearson, and D.D. Mara. 1995. Drip irrigation with waste stabilization pond effluents solving the problem of emitter fouling. Water Science Technology, 31(12):417- 424.
22. Voltz, M., and M. Goulard. 1994. Spatial interpolation of soil moisture retention curves. Geoderma, 62:109-123.

Archive of SID

www.SID.ir