

امکان‌سنجی سامانه اجرای آبیاری قطره‌ای با توجه به کیفیت آب زیرزمینی: مطالعه موردی دشت خرم‌آباد

یاسر سبزواری و علی حیدر نصرالهی*

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۰/۳؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۳/۲۷)

چکیده

یکی از راهکارهای افزایش بهره‌وری آب در کشاورزی، استفاده از سامانه‌های نوین آبیاری است و برای طراحی دقیق این سامانه‌ها نیاز به ارزیابی کیفیت آب است. هدف از این پژوهش، بررسی کیفیت آب زیرزمینی دشت خرم‌آباد برای پیاده‌سازی سامانه‌های آبیاری قطره‌ای است و از شاخص‌های کیفی EC، SAR، TDS، TH، Na و pH مربوط به سال‌های آماری ۱۳۹۵-۱۳۹۱ استفاده شد. در این پژوهش ابتدا نرمال بودن داده‌ها بررسی و مشخص شد که داده‌ها غیرنرمال هستند، از این‌رو از روش لگاریتم‌گیری برای نرمال‌سازی استفاده شد. برای ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی منطقه از روش‌های زمین‌آمار استفاده شد و از بین روش‌های مختلف، روش درونیابی کریجینگ معمولی با کمترین جذر میانگین مربعات خطا برای همه پارامترها استفاده شد. نقشه‌های پهنه‌بندی کیفیت نشان داد که در نواحی شمال و جنوب شرق، غلظت EC و SAR از نظر طبقه‌بندی کیفی در وضعیت بد قرار دارد، TDS دارای غلظت بیش از ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر است و Na غلظتی بیش از ۱۵ میلی‌اکی‌والانت در لیتر را داراست. در این نواحی TH با غلظت بیش از ۷۳۰ میلی‌گرم در لیتر بیشترین آلودگی را دارد و در نواحی مرکزی دشت، خطر رسوبات کربنات بیشتر است. میزان LSI در نواحی غربی بیشتر از یک است که حدود ۱۲ درصد از دشت را شامل می‌شود، در این نواحی برای اجرای سامانه‌های قطره‌ای محدودیت وجود دارد. درحالی که بهترین کیفیت برای اجرای این سامانه‌ها در قسمت جنوب شرق دشت قرار داشت و ۱۹ درصد دشت را دربر می‌گیرد. درنهایت نقشه تلفیق‌شده مشخصات کیفی نشان داد که بیشترین غلظت مشخصه‌های کیفی در نواحی شمالی، مرکزی و جنوبی قرار دارد که ۶۲/۲۹ درصد از وسعت دشت را شامل می‌شود.

واژه‌های کلیدی: سامانه‌های قطره‌ای، گرفتگی قطره‌چکان، شاخص اشباع لانژیر، کیفیت آب زیرزمینی

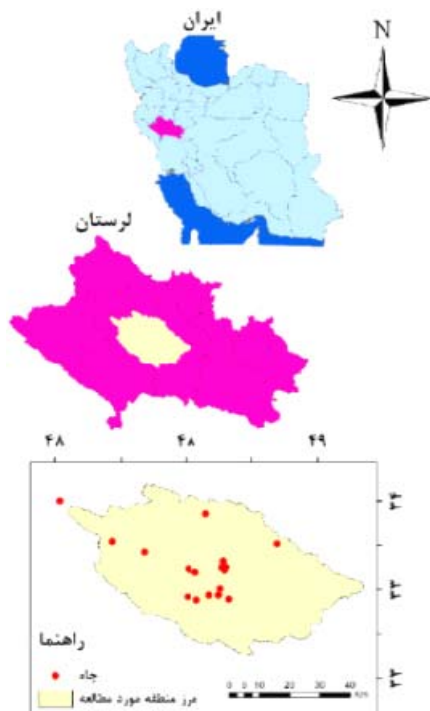
۱. گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، ایران

*:مسئول مکاتبات: nasrolahi.a@lu.ac.ir

مقدمه

یکی از مهم‌ترین بحران‌هایی که زندگی بشر را تحت‌تأثیر قرار داده است، مسئله بحران آب است و یکی از چالش‌های این بحران سهم بالای مصرف آب در بخش کشاورزی است (۲۴). علاوه بر مسئله بحران آب، توسعه منابع آبی جدید بسیار هزینه‌بر است (۲۷). سامانه‌های آبیاری قطره‌ای گونه‌ای از سامانه‌های تحت فشار هستند که آب را از طریق قطره‌چکان‌هایی که در طول خط انتقال آب قرار دارند به صورت آهسته بر سطح یا زیر خاک پخش می‌کنند. بررسی کیفیت آب مورد استفاده در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای امری اساسی در طراحی است (۱۶). از علل گرفتگی قطره‌چکان‌ها می‌تواند استفاده از آب شور (۱۲) یا تغییرات دما (۱۹) یا استفاده از کودها (۳) باشد. آب‌های زیرزمینی یکی از مهم‌ترین منابع تأمین آب لازم برای کشاورزی است (۲۵). گسترش کشاورزی و به تبع آن تغییرات در کیفیت منابع آبی لزوم جایگزینی آمار مکانی به جای متغیرهای تصادفی را ضروری جلوه می‌دهد. ابزار لازم برای این منظور سیستم اطلاعات جغرافیایی است (۸ و ۱۷). آزاره و همکاران (۵) کیفیت آب زیرزمینی را برای اهداف آبیاری با استفاده از نرم‌افزار GIS در جنوب غرب استان کرمان بررسی کردند. نتایج بررسی آنها نشان داد که ۴۸ درصد اراضی مورد مطالعه برای کاربرد سیستم آبیاری قطره‌ای مناسب است. باربریس (۷) به امکان‌سنجی اجرای روش‌های آبیاری در منطقه شویانگ چین پرداختند و نتایج نشان داد که ۶۲ درصد از وسعت اراضی دشت برای اجرای سامانه‌های قطره‌ای مناسب هستند. قائمی‌زاده و اخوان (۱۴) به امکان‌سنجی اجرای روش‌های آبیاری تحت فشار در با توجه به کیفیت آب زیرزمینی دشت‌های همدان پرداختند. نتایج نشان داد که بیشترین محدودیت از نظر کیفیت آب در دشت‌های شمالی و مرکزی استان وجود دارد. اجلالی و همکاران (۱۱) در پژوهشی به ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی برای مصارف کشاورزی و کاربرد در سیستم آبیاری قطره‌ای در اراضی ساحلی مازندران پرداختند. نتایج این پژوهش نشان داد که کیفیت بیشتر نمونه‌ها برای کشاورزی در کلاس C_3S_1 قرار

دارد، از لحاظ خطر گرفتگی قطره‌چکان به لحاظ pH در حد متوسط و زیاد و به لحاظ TDS در حد متوسط قرار دارد. مقدار LSI نیز در بیشتر نواحی مثبت بود که نشان‌دهنده تمایل آب به تشکیل رسوبات کربناته است. استواری و همکاران (۲۱) به بررسی زمین‌آماری مؤلفه‌های مؤثر در طراحی سیستم آبیاری قطره‌ای پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد در بخش شمالی دشت لردگان خطر گرفتگی قطره‌چکان بیشتر و در بخش‌های شرقی و غربی کیفیت آب برای آبیاری قطره‌ای مناسب است. غلامی سفیدکوهی و همکاران (۱۵) به بررسی وضعیت کیفی آب‌های زیرزمینی ساری- نکا پرداختند و با استفاده از پارامترهای کیفی، مناطق دارای پتانسیل یکسان را شناسایی کردند. نتایج نشان داد که در بیشتر نقاط دشت، امکان گرفتگی قطره‌چکان‌ها وجود دارد به طوری که استفاده از روش‌های اصلاح شیمیایی برای رفع این مشکل ضروری است. رمزی و همکاران (۲۳) با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و روش تحلیل سلسله مراتبی، به بررسی پتانسیل آبیاری قطره‌ای در استان خراسان جنوبی پرداختند و به این نتیجه رسیدند که حدود ۵۰ درصد از اراضی استان قابلیت اجرای آبیاری قطره‌ای را دارد. قره‌داغی و همکاران (۲۲) در پژوهشی با موضوع پتانسیل‌یابی مناطق مستعد برای اجرای سیستم‌های آبیاری تحت فشار با استفاده از GIS (مطالعه موردی: شبکه آبیاری و زهکشی باباخان) به شناسایی مناطق مستعد برای اجرای این سامانه‌ها پرداختند. نتایج نشان داد کلیه اراضی مورد مطالعه برای آبیاری قطره‌ای مناسب بود و هیچ‌گونه محدودیتی نداشتند. آزاد و همکاران (۴) در پژوهشی با موضوع مکان‌یابی مناطق مستعد اجرای سیستم‌های آبیاری سطحی و تحت فشار با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی در دشت میان‌دوآب به بررسی وضعیت دشت برای اجرای روش‌های آبیاری پرداختند. نتایج نشان داد که روش‌های آبیاری در ۳۲/۳۲، ۱۹/۰۲ و ۵۱/۸۹ درصد از محدوده دشت دارای محدودیت جدی و خیلی زیاد برای اجرای سیستم آبیاری سطحی، بارانی و قطره‌ای هستند. لاله‌زاری و انصاری سامانی (۱۶) در پژوهشی به بررسی نواحی



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی دشت خرم‌آباد در استان لرستان و ایران

آب مصرفی بر اساس شاخص اشباع لانه‌ای (LSI) و با استفاده از روش درون‌یابی کریجنگ در دشت خرم‌آباد مورد بررسی قرار می‌گیرد.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مطالعاتی

دشت خرم‌آباد با وسعتی حدود ۲۵۰۰ کیلومتر مربع در ارتفاع ۱۱۴۷٫۸ متری از سطح دریا و در میان دره زاگرس قرار دارد که در ۴۸ درجه و ۲۱ دقیقه طول شرقی و ۳۳ درجه و ۲۹ دقیقه عرض شمالی در مرکز استان لرستان واقع شده است (شکل ۱).

در این پژوهش برای بررسی شاخص‌های کیفی منابع آب زیرزمینی و شناخت نواحی آسیب‌پذیر به‌منظور اجرای سامانه‌های قطره‌ای در دشت خرم‌آباد، از اطلاعات پنج ساله (۱۳۹۱-۱۳۹۵) مربوط به ۱۶ حلقه چاه عمیق موجود در دشت که توسط شرکت آب منطقه‌ای لرستان برداشت شده بود،

آسیب‌پذیر برای اجرای آبیاری قطره‌ای بر اساس کیفیت آب زیرزمینی با استفاده از ArcGIS پرداختند. نتایج آنها نشان داد که ۹۰ درصد چاه‌ها دارای شاخص لانه‌ای مثبت هستند. بت و همکاران (۹) با استفاده از روش کریجنگ معمولی به طراحی شبکه پایش آب‌های زیرزمینی در ایالت فلوریدای آمریکا پرداختند. نتایج نشان داد برای کاهش خطای تخمین باید تعداد ۵۸ حلقه چاه به تعداد ۴۴ حلقه چاه مشاهده‌ای در منطقه اضافه شود. دادرسی سبزوار (۱۰) در مطالعه تغییرات کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی، خطوط هم‌تغییر سطح آب زیرزمینی را با روش کریجنگ و در محیط نرم‌افزاری Surfer ترسیم کرد. بالوشا و همکاران (۶) در ارزیابی شبکه پایش میزان نیترات آب زیرزمینی با استفاده از نقشه‌های آسیب‌پذیری و زمین‌آماری در دشت هریتانگا واقع در نیوزلند، برای تهیه نقشه آسیب‌پذیری منطقه از روش دراستیک و برای بررسی توزیع‌های مکانی منطقه از واریانس کریجنگ استفاده کردند. بر اساس این مطالعه مشخص شد که بعضی مناطقی که دارای آسیب‌پذیری بالایی هستند، توسط شبکه موجود پوشش داده نمی‌شوند؛ بنابراین بعضی مکان‌ها باید به شبکه اضافه و تعدادی باید حذف شوند. سامانه‌های آبیاری قطره‌ای باعث افزایش میزان بهره‌وری آب می‌شوند و استفاده از این سامانه‌ها نقش بسزایی در مقابله با بحران آب دارد. از این‌رو کاربرد این روش هم در سطح مزرعه و هم در کشت‌های گلخانه‌ای به‌طور گسترده‌ای در حال افزایش است. با این وجود طبق مطالعات صورت گرفته، مهم‌ترین عاملی که باعث شکست پروژه‌های آبیاری قطره‌ای شده است، مسئله کیفیت آب است. از این‌رو بررسی کیفیت منابع آب برای اجرای این سامانه‌ها الزامی است. با توجه به اینکه تاکنون پژوهشی در رابطه با محدودیت‌های کیفیت منابع آب برای اجرای سامانه‌های آبیاری قطره‌ای در سطح استان لرستان صورت نگرفته است، بنابراین در پژوهش حاضر توزیع مکانی پارامترهای کیفی آب زیرزمینی مؤثر در گرفتگی قطره‌چکان‌ها و بررسی خطر آسیب‌پذیری سامانه‌های آبیاری قطره‌ای نسبت به

هم جوار توزیع می‌کنند. روش چندجمله‌ای عام یک دامنه کوتاه از تغییرات در داده‌های ورودی را در نظر می‌گیرد و با فواصل همسایگی در پنجره مشترک حساس است. بدین گونه که پنجره حرکت می‌کند و مقادیر سطحی در مرکز هر پنجره در هر نقطه به وسیله برازش یک چندضلعی تخمین زده می‌شود. روش چندجمله‌ای موضعی یک مدل رگرسیونی چندمتغیره بر اساس تمامی داده‌ها است و یک سطح تفهیمی ایجاد، و مدلی را بر نقاط نمونه برداری برازش می‌کند که می‌تواند یک سطح چندضلعی با توان یک، دو و یا چهار باشد. روش توابع پایه شعاعی تابعی به صورت $\Phi_j(X) = \Phi(X - X_j)$ است که وابسته به فاصله بین $X = R^d$ و نقطه ثابت $X_j \in R^d$ است. در این تابع Φ تابعی پیوسته و وابسته به هر زیرمجموعه $\Omega \subset R^d$ است. نشان دهنده فاصله اقلیدسی بین هر جفت نقطه در مجموعه Ω است، استفاده شد.

روش کریجینگ

کریجینگ یک روش تخمین است که بر منطبق میانگین متحرک وزن دار استوار است و به عنوان بهترین تخمین گر خطی نارایب شناخته می‌شود (۱۳). در روش درون‌یابی کریجینگ با استفاده از مؤلفه‌های تابع همبستگی نیم‌تغییرنا، وزن متغیرها λ_i برای پیش‌بینی متغیر Z در نقطه نمونه برداری نشده بر پایه داده‌ای موجود در موقعیت معلوم نقطه نمونه برداری نشده، تعیین می‌شود. رابطه به کار گرفته شده در این روش به شرح رابطه (۱) است.

$$Z(X_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(x_i) \quad (1)$$

$Z(X_0)$: مقدار تخمین متغیر Z در نقطه نمونه برداری نشده X_0 ،
 $Z(x_i)$: مقدار مشاهداتی متغیر Z در نقطه‌های نمونه برداری x_i ،
 λ_i : وزن تعلق گرفته به هر مشاهده در نقطه x_i .

انتخاب روش مناسب درون‌یابی

برای بررسی دقت هر روش و یا انتخاب پارامتر مناسب در

استفاده شد. مهم ترین معیارهای کیفی آب در مصارف کشاورزی و سامانه‌های آبیاری، شوری (EC)، نسبت جذبی سدیم (SAR)، اسیدیته (pH)، کل نمک‌های محلول (TDS)، سدیم، سختی کل (TH) و کاتیون‌های کلسیم و منیزیم هستند که مورد بررسی قرار می‌گیرند.

آزمون نرمال بودن داده‌ها

در بسیاری از بررسی‌های آماری، نرمال بودن داده‌ها یک پیش فرض است. وقتی که داده‌ها از توزیع نرمال پیروی نکنند، ممکن است بررسی‌ها منجر به نتیجه‌گیری اشتباه شود. بنابراین آزمون نرمال بودن داده‌ها اهمیت می‌یابد. برای بررسی نرمال بودن داده‌ها از آزمون‌های PlotQQ، شاپیرو ویلک و کلوموگروف-اسمیرنوف با کمک نرم افزار SPSS استفاده شد.

روش‌های درون‌یابی

زمین‌آمار فرایندی محاسباتی است که در آن مقدار یک کمیت در یک نقطه معلوم، بر اساس وزن اختصاصی به نقاط دارای اطلاعات معلوم مجاور برآورد می‌شود. کیفیت آب‌های زیرزمینی دارای تغییرات مکانی و زمانی بود و تکنیک زمین‌آمار، به دلیل در نظر گرفتن همبستگی مکانی داده‌ها و بیان آنها در قالب مدل‌های ریاضی اهمیت زیادی دارد (۲۶). در این مطالعه برای انجام درون‌یابی از روش‌های وزن‌دهی عکس فاصله، چندجمله‌ای عام، چندجمله‌ای موضعی، توابع پایه شعاعی و کریجینگ استفاده شد. روش وزن‌دهی عکس فاصله بر این اصل استوار است که نقاط با فاصله کمتر از هم، نسبت به نقاط دارای فاصله بیشتر، دارای مقدار متغیر نزدیک به هم هستند. در این روش برای هر یک از نقاط اندازه‌گیری، وزنی بر اساس فاصله بین آن نقطه تا موقعیت نقطه مجهول در نظر گرفته می‌شود. سپس این وزن‌ها توسط توان وزن‌دهی کنترل می‌شود، به طوری که توان‌های بزرگ‌تر اثر نقاط دورتر از نقطه مورد تخمین را کاهش می‌دهد و توان‌های کوچک‌تر، وزن‌ها را به طور یکنواخت‌تری بین نقاط

جدول ۱. طبقه‌بندی آب کشاورزی بر اساس استاندارد ویلکاکس (۲۸)

رد	SAR	رد	EC (dS/m)	کیفیت
S1	SAR < ۱۰	C1	EC < ۲۵۰	عالی
S2	۱۰ < SAR < ۱۸	C2	۲۵۰ < EC < ۷۵۰	خوب
S3	۱۸ < SAR < ۲۶	C3	۷۵۰ < EC < ۲۲۵۰	متوسط
S4	SAR > ۲۶	C4	EC > ۲۲۵۰	نامناسب

کیفیت آب از نسبت جذبی سدیم اصلاح شده استفاده شد که در رابطه (۳) ملاحظه می‌شود.

$$SAR_{adj} = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}} (1 + (\lambda/4 pHc)) \quad (3)$$

pHc: اسیدیته محاسبه شده بر اساس نتایج تجزیه شیمیایی آب است و از رابطه (۴) محاسبه می‌شود.

$$pHc = P(Ca^{++} + Mg^{++} + Na^{+} + K^{+}) + P(Ca^{++} + Mg^{++}) + P(CO_3^{--} + HCO_3^{-}) \quad (4)$$

قسمت اول معادله مربوط به ثابت یونیزاسیون و ضریب حلالیت ترکیبات کربنات و وابسته به مجموع غلظت‌های کاتیون‌های کلسیم، منیزیم، سدیم و پتاسیم است. پارامترهای این معادله بر اساس مجموع غلظت کاتیون‌های مختلف آب برحسب میلی‌اکی‌والانت در لیتر از طریق جدول موجود در منابع مربوطه با عنوان استخراج اجزای معادله pHc به دست می‌آید (۲).

طبقه‌بندی بر اساس استاندارد ویلکاکس

مقادیر EC و SAR بر اساس استاندارد ویلکاکس در چهار کلاس طبقه‌بندی می‌شود (جدول ۱). در این طبقه‌بندی آب کشاورزی بر اساس EC و SAR به چهار گروه با کیفیت خوب، قابل قبول، نامناسب و بد تقسیم می‌شوند که ترکیب این رده‌ها آب را از نظر کشاورزی در چهار نوع کیفیت و ۱۶ رده تقسیم می‌کنند: شیرین: برای کشاورزی کاملاً بی‌ضرر (C1S1)، کمی شور: برای کشاورزی تقریباً مناسب (C1S2, C2S1, C2S2)، شور: برای کشاورزی با اعمال تمهیدات لازم

آنها نیاز به ارزیابی وجود دارد. در این زمینه روش‌های مختلفی وجود دارد که مهم‌ترین آنها روش اعتبارسنجی حذفی (Cross-Validation) یا تقاطعی است. در این روش، مقایسه‌ای بین نقاط اندازه‌گیری شده و مقادیر تخمینی با استفاده از روش‌های مشخص صورت می‌گیرد. به این ترتیب که یک نقطه حذف شده و با استفاده از سایر نقاط و اعمال روش درون‌یابی مورد نظر، برای این نقطه تخمین انجام می‌گیرد. سپس این نقطه به محل خود برگردانده می‌شود و نقطه بعدی حذف می‌شود و به همین ترتیب برای تمام نقاط برآورد صورت می‌گیرد، به طوری که در پایان دو ستون شامل مقادیر مشاهده‌ای و مقادیر برآورد شده وجود دارد که می‌توان به مقایسه آنها پرداخت. برای ارزیابی میزان دقت و خطا میان مقادیر مشاهده‌ای و تخمینی معیارهای مختلفی نظیر مجموع مربعات باقیمانده، میانگین مربعات باقیمانده، استفاده از روش‌های مقایسه آماری نظیر آنالیز واریانس، کای اسکوار وجود دارد. در این پژوهش از شاخص جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) برای تعیین روش مناسب استفاده شد که به عنوان شاخصی مهم برای نشان دادن دقت تحلیل مکانی در GIS شناخته می‌شود (۲۰) و از طریق رابطه (۲) و با استفاده از داده‌های مشاهداتی و پیش‌بینی شده می‌آید:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}} \quad (2)$$

از بین روش‌های مختلف هر کدام که میزان RMSE کمتری داشته باشد به عنوان روش مناسب انتخاب می‌شود. در این پژوهش روش درون‌یابی کریجینگ دارای کمترین میزان خطا بود. بعد از انتخاب روش درون‌یابی مناسب اقدام به پهنه‌بندی فاکتورهای مختلف در سطح دشت مطالعاتی می‌شود.

پارامترهای EC و SAR اولین گزینه‌های قابل بررسی برای تعیین شرایط کیفی فیزیکوشیمیایی محیط ریشه است. به دلیل تأثیر رسوبات کربنات در شرایط قلیایی، برای بررسی وضعیت

جدول ۲. نتایج آزمون‌های کلوموگروف- اسمیرنوف و شاپیرو- ویلک قبل و بعد از نرمال کردن داده‌ها

آزمون	کلوموگروف- اسمیرنوف		شاپیرو- ویلک	
	سطح معنی داری قبل	سطح معنی داری بعد	سطح معنی داری قبل	سطح معنی داری بعد
پارامتر	نرمال سازی	نرمال سازی	نرمال سازی	نرمال سازی
EC	۰/۰۰۴	۰/۲	۰	۰/۰۷۸
SAR	۰/۰۰۷	۰/۲	۰	۰/۲۰۷
TH	۰/۰۰۸	۰/۲	۰/۰۰۱	۰/۷۳۴
TDS	۰/۰۰۲	۰/۱۹۱	۰	۰/۰۵۹
pH	۰/۲	۰/۲	۰/۷۶۱	۰/۶۵۹
Na	۰	۰/۲	۰	۰/۶۴۹

را قبل و بعد از نرمال شدن نشان می‌دهند. همان‌طور که بیان شد در این نمودارها در صورتی که توزیع داده‌ها نرمال باشد، انتظار می‌رود که نمودار حاصل در امتداد یک خط راست (نیمساز ربع اول) باشد. با مشاهده این نمودارها می‌بینیم که قبل از نرمال سازی همه پارامترها، پراکنش مناسبی حول خط نیمساز ربع اول ندارند که با عملیات نرمال سازی در امتداد خط یک‌راست توزیع می‌شوند.

برای پهنه‌بندی پارامترهای کیفی، روش‌های مختلف درون‌یابی مقایسه شد. جدول (۳) نشان‌دهنده نمودار و مقادیر شاخص RMSE برای پارامترهای مورد بررسی است. با توجه به نتایج این مقایسه، روش درون‌یابی کریجینگ معمولی به‌عنوان مناسب‌ترین روش درون‌یابی انتخاب شد. مطالعاتی همچون دادرسی و سبزواری (۱۰)، بالوشا و همکاران (۶) و احمد (۱) نیز بیان شده است که روش کریجینگ و نتایج حاصل از آن به دلیل لحاظ واریانس مکانی، موقعیت مکانی، موقعیت و توزیع نمونه‌ها قابل اعتماد است و نسبت به روش‌های دیگر، بیشتر مورد استفاده پژوهشگران در این گونه مطالعات بوده است.

در گام نخست پارامترهای EC و SAR بررسی شدند. در طبقه‌بندی این پارامترها بر اساس استاندارد ویلکاکس برای مصارف کشاورزی ۸۲/۵ درصد از منابع مورد بررسی در رده C_2S_1 (کمی شور- برای کشاورزی تقریباً مناسب) و ۱۲/۵ درصد از منابع در رده C_3S_1 (شور- برای کشاورزی با اعمال

کاملاً ضرر برای $(C_1S_2, C_2S_2, C_3S_1, C_3S_2, C_3S_3)$ و خیلی شور: کشاورزی $(C_1S_2, C_2S_2, C_3S_2, C_3S_3, C_2S_1, C_2S_2, C_2S_3)$ که با افزایش شماره کلاس شرایط خاک در محیط ریشه به لحاظ نفوذپذیری و قابلیت جذب آب به‌وسیله گیاه نامناسب‌تر می‌شود (۱).

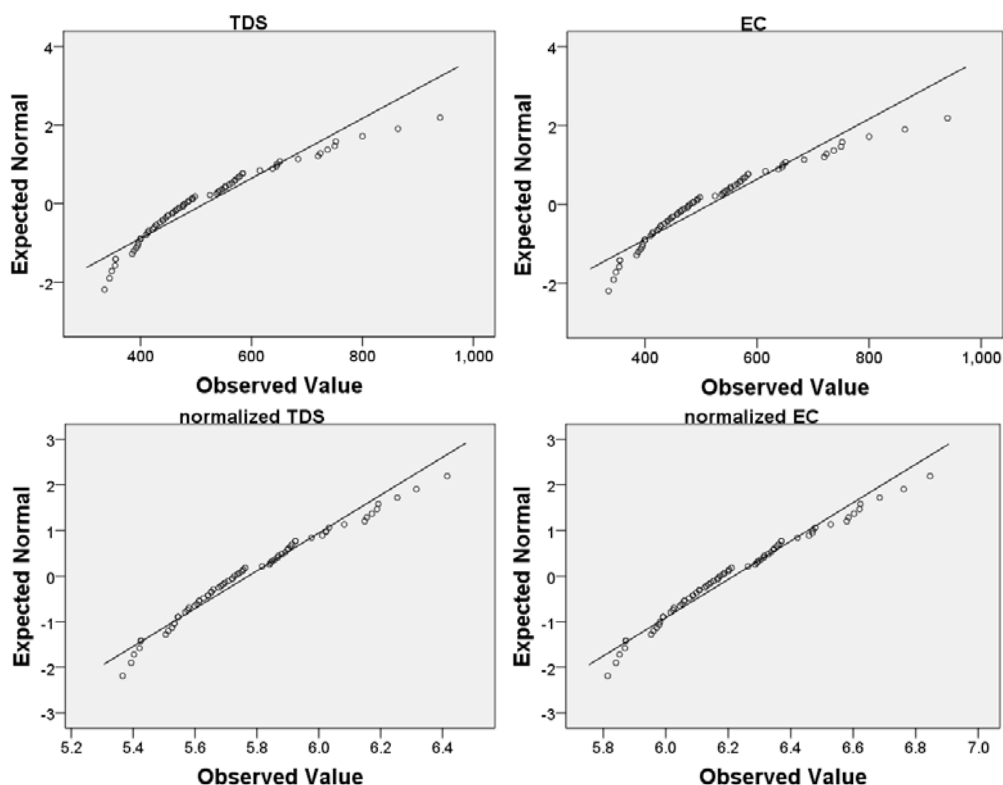
بعد از بررسی EC و SAR به بررسی پارامترهای مؤثر در گرفتگی قطره‌چکان‌ها شامل: TH، TDS، pH، Ca + Mg و Na و سپس محاسبه شاخص LSI طبق رابطه (۵) و پهنه‌بندی آن پرداخته شد.

$$LSI = pH - pHc \quad (5)$$

که pHc از رابطه (۴) قابل محاسبه است.

نتایج و بحث

نتایج آزمون‌های شاپیرو- ویلک و کلوموگروف- اسمیرنوف و بررسی آماره سطح معنی داری نشان داد که به‌جز PH تمامی پارامترها به دلیل دارا بودن سطح معنی داری کمتر از ۰/۰۵ غیرنرمال هستند. در این شرایط نیاز به نرمال‌سازی داده‌ها است. با روش لگاریتم‌گیری نرمال‌سازی داده‌ها صورت گرفت. جدول (۲) دربردارنده مقادیر سطح معنی داری قبل و بعد از نرمال‌سازی است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود مقدار آماره سطح معنی داری بعد از نرمال‌سازی بیشتر از ۰/۰۵ است. شکل (۲) نمودار Q-Q plot حاصل از آزمون نرمالی داده‌های EC و TDS



شکل ۲. نتایج آزمون QQ-Plot قبل و بعد از نرمال شدن داده‌ها

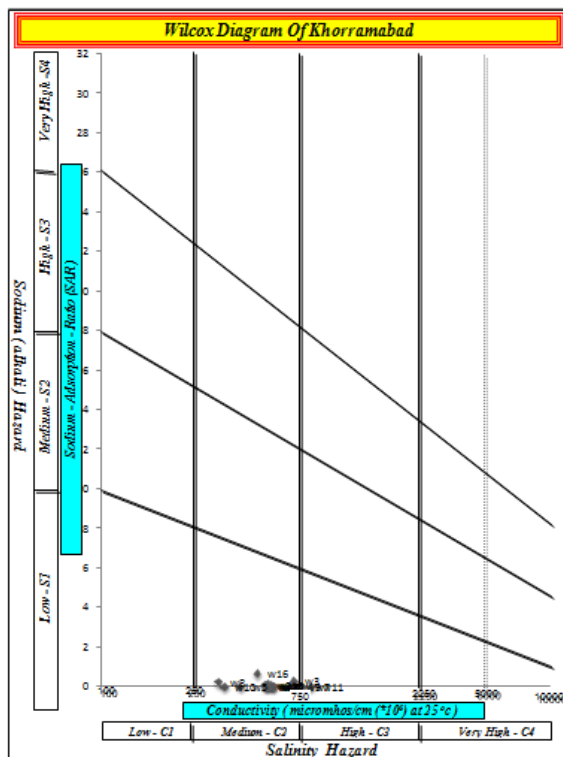
جدول ۳. مقادیر شاخص RMSE روش‌های مختلف درون‌یابی

RMSE							شاخص خطا
کلیم	سدیم	کل مواد جامد محلول	سختی کل	شوری (dS/m)	نسبت جذب سدیم	pH	روش درون‌یابی
۰/۵۱	۰/۲۵	۶۷/۶	۴۲/۲	۱۰۲/۳	۰/۱۴	۰/۲	کریجینگ معمولی
۰/۵۵	۰/۲۷	۶۹/۱۸	۴۶/۰۶	۱۰۴/۳	۰/۱۵	۰/۲۵	وزن‌دهی عکس فاصله
۰/۵۳	۰/۳۹	۷۶/۸	۴۴/۶	۱۱۶/۸	۰/۲۳	۰/۲۱	چندجمله‌ای عام
۰/۵۳	۰/۲۸	۷۲/۴	۴۴/۲	۱۱۰/۹	۰/۱۶	۰/۲۲	چندجمله‌ای موضعی
۰/۵۴	۰/۳	۶۷/۹	۴۲/۳	۱۰۲/۵	۰/۱۶	۰/۲۳	توابع پایه شعاعی

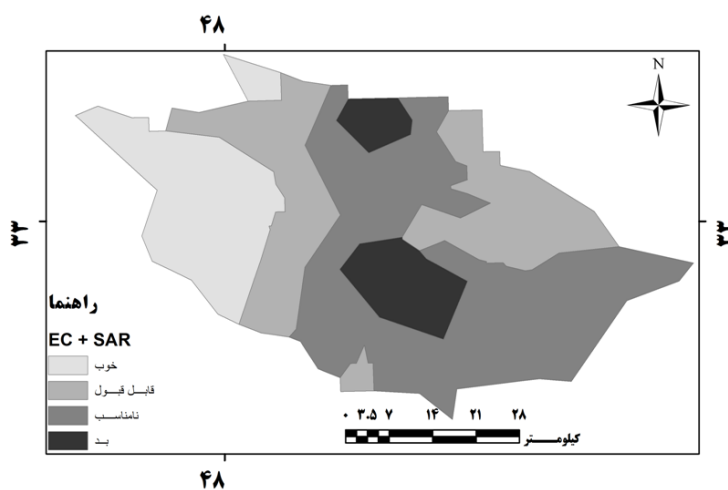
گیاه مطلوب است. در حالی که در شمال و مرکز افزایش کلاس طبقه‌بندی رخ داده است. در پژوهش لاله‌زاری و انصاری سامانی (۱۶) برای طبقه‌بندی کیفیت آب زیرزمینی بر اساس طبقه‌بندی ویلکاکس مشخص شد به جز بخشی از نواحی شرقی سایر نواحی در کلاس‌های پایین این طبقه‌بندی قرار گرفتند.

TDS از جمله عوامل مهم در گرفتگی قطره‌چکان محسوب می‌شود که بررسی تغییرات زمانی و مکانی آن حائز اهمیت

تمهیدات لازم) قرار گرفتند (شکل ۳). برای تعمیم از حالت نقطه‌ای به سطح وسیع این طبقه‌بندی، اقدام به پهنه‌بندی این طبقه‌بندی شد. شکل (۴) نقشه تلفیق‌شده این دو پارامتر بر اساس حدود طبقه‌بندی استاندارد ویلکاکس است که در شناخت نواحی آسیب‌پذیر مؤثر است. مطابق این نقشه، نواحی غربی و شمال‌شرقی دشت در کلاس‌های پایین طبقه‌بندی قرار دارند و شرایط از نظر نفوذپذیری و قابلیت جذب آب توسط



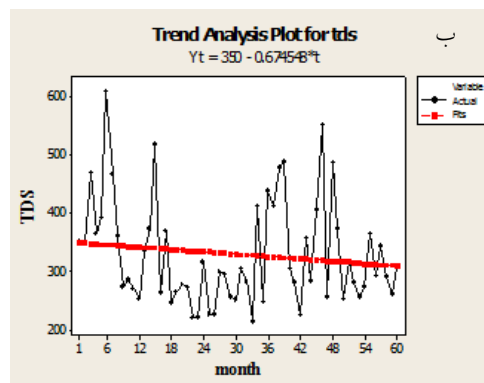
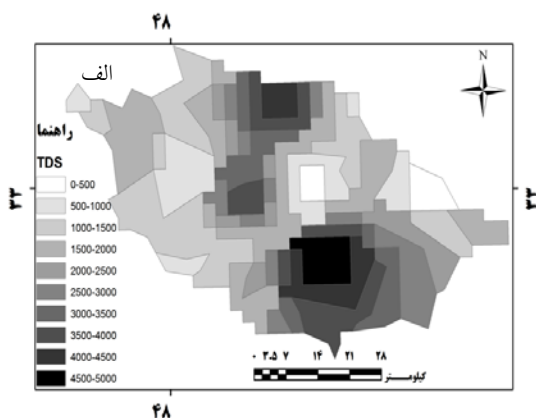
شکل ۳. دیاگرام ویلکاکس برای منابع آب زیرزمینی دشت خرم‌آباد



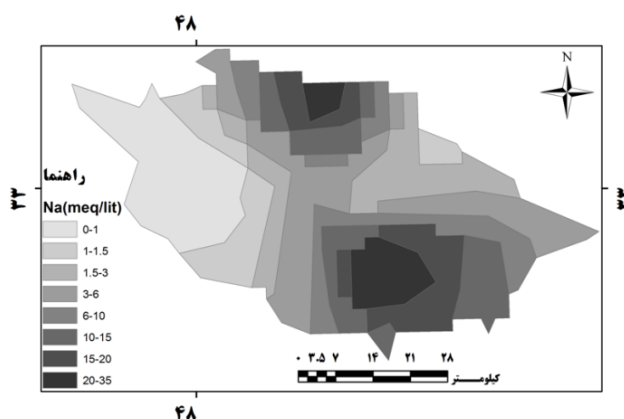
شکل ۴. نقشه طبقه‌بندی آب زیرزمینی بر اساس شوری (دسی‌زیمنس بر سانتی‌متر) و سدیمی

سال در سطح دشت نشان می‌دهد. با توجه به نقشه، کمترین میزان این پارامتر را در شرق و مرکز با غلظت کمتر از ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر و بیشترین مقدار آن را در شمال و مرکز متمایل به جنوب شرق با غلظت بیش از ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر شاهد هستیم. در پژوهش اجلالی و همکاران (۱۱)، مشخص شد که

است. طبقه‌بندی این پارامتر از نظر خطر گرفتگی به این صورت است که TDS کمتر از ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر مناسب، بین ۵۰۰ تا ۲۰۰۰ متوسط و بالاتر از آن خطر گرفتگی قطره‌چکان را به دنبال دارد (۲). شکل (۵-الف) نقشه تغییرات مکانی TDS شکل (۵-ب) نمودار روند تغییرات این پارامتر را در طی پنج



شکل ۵. الف) نقشه تغییرات مکانی و ب) روند تغییرات پنج‌ساله کل نمک‌های محلول در آب (میلی‌گرم در لیتر)



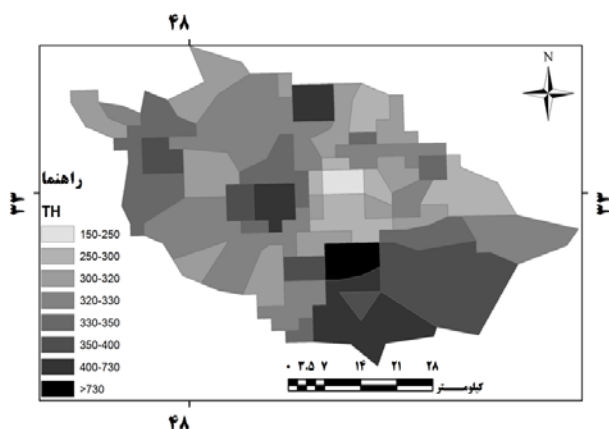
شکل ۶. نقشه توزیع مکانی سدیم (میلی‌اکی‌والانت در لیتر) در دشت

سدیم بیش از ۳ میلی‌اکی‌والانت در لیتر برای سامانه‌های بارانی و ۹ میلی‌اکی‌والانت در لیتر برای همه روش‌های آبیاری تحت فشار خطر گرفتگی وجود دارد (۲). منابع با غلظت سدیم بالا به‌مرور زمان باعث تخریب ساختمان خاک اطراف ریشه و تبدیل به خاک سدیمی می‌شوند.

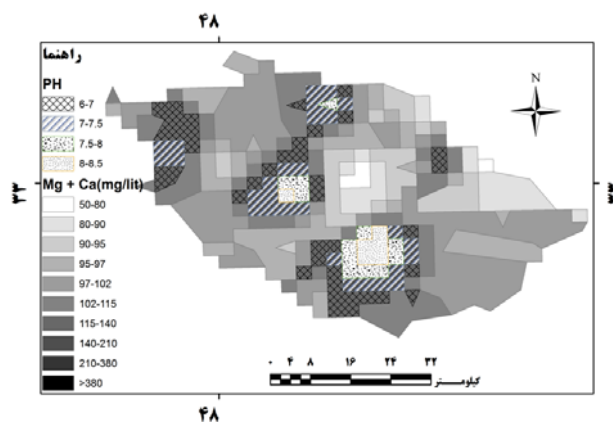
پارامترهای مجموع کاتیون‌های کلسیم-منیزیم و pH از عواملی هستند که بر هم اثر گذاشته و موجب تغییرات شیمیایی مؤثر در گرفتگی قطره‌چکان‌ها می‌شوند. زیاد شدن غلظت pH در آب باعث ایجاد محیط قلیایی می‌شود که بی‌کربنات‌های کلسیم و منیزیم طبق واکنش شیمیایی (رابطه ۶) به کربنات‌های کلسیم و منیزیم تبدیل می‌شود. این تبدیل شیمیایی خطر ایجاد رسوب و گرفتگی را در لوله‌های فرعی و قطره‌چکان‌ها به‌وجود می‌آورد.

بیشتر منطقه مطالعاتی دارای غلظت TDS بین ۵۰۰ تا ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر است. نمودار روند تغییرات زمانی TDS بیانگر کاهش غلظت آن در طی پنج سال است که بیشترین غلظت در ماه ششم و کمترین غلظت در ماه سی و سوم دوره پنج‌ساله رخ داده است.

چنانچه املاح محلول در آب زیرزمینی بیشتر از نمک‌های سدیمی تشکیل شده باشد، اثرات مخرب‌تری بر خاک خواهند گذاشت. شکل (۶) نقشه پهنه‌بندی سدیم را در سطح منطقه نشان می‌دهد. با توجه به این نقشه نواحی غربی و شرقی با غلظت سدیم کمتر از یک میلی‌اکی‌والانت در لیتر کمترین غلظت را دارند که با حرکت به سمت شمال و جنوب شرق بر میزان سدیم افزوده می‌شود که میزان غلظت از ۲۰ میلی‌اکی‌والانت در لیتر متجاوز است. در منابع آبی که غلظت



شکل ۸. نقشه توزیع مکانی سختی کل در دشت

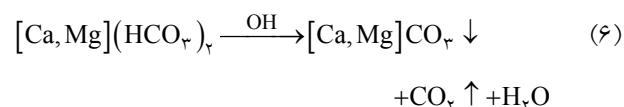


شکل ۷. نواحی آسیب‌پذیر به رسوبات کربنات‌های کلسیم و منیزیم

شکل (۸) نقشه پهنه‌بندی TH در سطح دشت خرم‌آباد است. با توجه به نقشه مناطق مرکزی از نظر سختی برای اجرای سامانه‌های قطره‌ای در وضعیت مناسبی قرار دارند به طوری که در این قسمت از دشت میزان سختی کل در بازه ۱۵۰-۲۵۰ در نواحی جنوبی، جنوب شرق و غربی دشت بر میزان TH افزوده می‌شود که بیشترین میزان را در مرکز متمایل به جنوب شرق با غلظت بیشتر از ۷۳۰ میلی‌گرم در لیتر ملاحظه می‌کنیم. لاله‌زاری و انصاری سامانی (۱۶) به این نتیجه رسیدند که غلظت TH فقط در نواحی مرکزی و شمالی برای اجرای سامانه‌های قطره‌ای قابل چشم‌پوشی است. آزاد و همکاران (۴) به این نتیجه رسیدند که TH در دشت میاندوآب تقریباً در همه مناطق بیشتر از ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر است و جزء آب‌های خیلی سخت بوده و خطر رسوب املاح وجود دارد.

شاخص اشباع لائزیر (LSI)

رسوب‌گذاری در لوله‌های انتقال آب زمانی صورت می‌گیرد که یون‌های فلزی دو ظرفیتی موجود در آب یا عوامل سختی موجود در آب با سایر یون‌های محلول در آب ترکیب شده و در جدار داخلی لوله‌ها رسوب می‌کنند. عمده‌ترین شکل رسوبات تشکیل شده شامل کربنات کلسیم، کربنات منیزیم، سولفات کلسیم و کلرید منیزیم است. شاخص اشباع لائزیر، مهم‌ترین شاخص ارزیابی کیفیت منابع آب برای گرفتگی قطره‌چکان‌ها

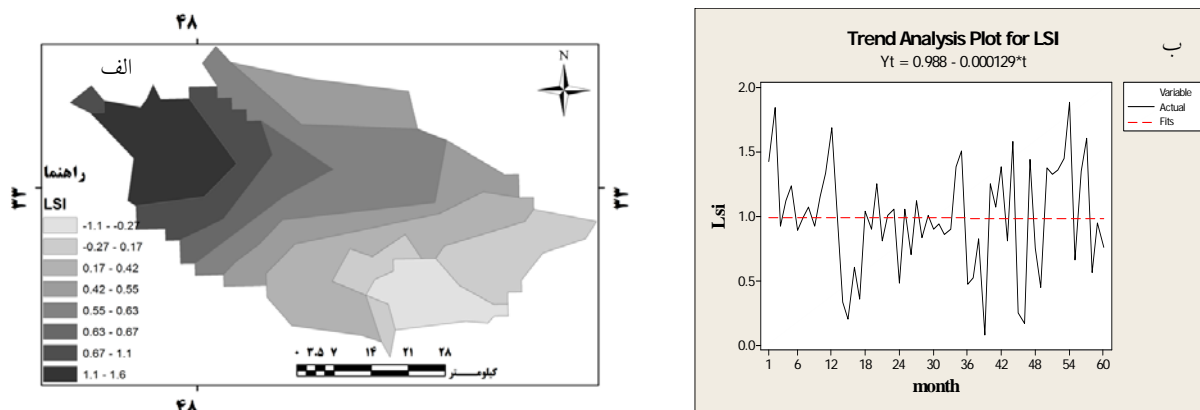


چنانچه مجموع غلظت کلسیم و منیزیم از ۵۰ میلی‌گرم در لیتر و pH از هشت بیشتر شود، احتمال رسوب کربنات وجود دارد (۲). شکل (۷) نقشه تلفیقی پهنه‌بندی pH و مجموع کلسیم-منیزیم است که تغییرات این پارامترها را در سطح دشت نشان می‌دهد. در این نقشه نواحی که غلظت pH خطر رسوب کربنات را به وجود می‌آورد با نقطه‌چین مشخص شده در سایر نواحی، با وجود اینکه غلظت مجموع کلسیم-منیزیم بیشتر از ۵۰ میلی‌گرم در لیتر است ولی میزان pH کمتر از هشت مانع ایجاد خطر گرفتگی می‌شود. در پژوهش اجلالی و همکاران (۱۱)، مشخص شد که بیشتر نمونه‌ها دارای pH بیشتر از هفت است و بیشترین خطر از نظر قلیائیت در نواحی مرکزی و شمال‌غربی وجود دارد.

سختی آب پارامتری است که معمولاً به صورت مجموع غلظت یون‌های کلسیم و منیزیم برحسب میلی‌گرم در لیتر به دست می‌آید؛ بنابراین، اگر غلظت این کاتیون‌ها بر حسب میلی‌گرم در لیتر باشد TH برحسب رابطه (۷) محاسبه می‌شود (۱۸).

$$TH = 2.5 \times Ca^{2+} + 4.1 \times Mg^{2+} \quad (7)$$

چنانچه آبی دارای شاخص TH بالاتر از ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر باشد، در طبقه آب کاملاً سخت قرار گرفته و با افزایش دما و قلیائیت خطر رسوب املاح در آب را افزایش می‌دهند (۲).



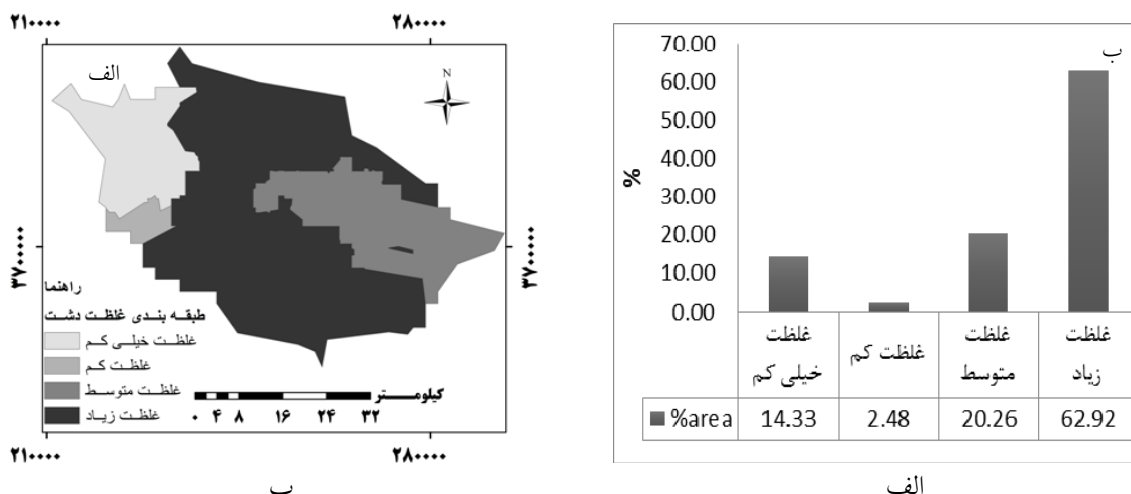
شکل ۹. الف) نقشه توزیع مکانی شاخص اشباع لانه‌زیر و ب) نمودار روند تغییرات LSI در طی پنج سال آماری

جدول ۴. مساحت مقادیر LSI دشت

مقدار LSI	مساحت (کیلومتر مربع)	درصد
-۰/۲۷ تا -۱/۱	۱۷۷/۳	۷/۰۹
-۰/۲۷ تا ۰/۱۷	۳۱۱/۸	۱۲/۴۷
۰/۱۷ تا ۰/۴۲	۳۹۰/۱۳	۱۵/۶۱
۰/۴۲ تا ۰/۵۵	۴۳۰/۸	۱۷/۲۳
۰/۵۵ تا ۰/۶۳	۴۸۷/۲	۱۹/۴۹
۰/۶۳ تا ۰/۶۷	۱۸۶/۷	۷/۴۷
۰/۶۷ تا ۱/۱	۲۲۲/۰۲	۸/۸۸
۱/۱ تا ۱/۶	۲۹۳/۹	۱۱/۷۶

از قطره‌چکان‌های حساس به گرفتگی استفاده نشود. نمودار روند تغییرات شاخص LSI بیانگر کاهش جزئی میزان این شاخص با شیب -0.000129 در طی سال‌های ۱۳۹۱-۱۳۹۵ است. به طوری که بیشترین میزان این شاخص در ماه پنجاه و چهارم و کمترین میزان آن در ماه سی و سوم رخ داده است. آزاد و همکاران (۴) نیز در مطالعه خود به این نتیجه رسیدند که LSI در بیشتر نواحی دشت میان‌دوآب بزرگ‌تر از یک است و در هیچ نقطه‌ای کمتر از صفر نیست که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد. نتایج این پژوهش با نتایج پژوهش لاله‌زاری و انصاری سامانی (۱۶) مطابقت دارد. نتایج آنها نشان داد که در بخش غربی دشت اندیمشک- دزفول مقدار شاخص LSI مثبت

به منظور اجراسازی سامانه‌های قطره‌ای است. شکل (۹-الف) نشان‌دهنده نقشه تغییرات مکانی شاخص LSI و شکل (۹-ب) نمودار روند تغییرات میزان LSI در طی پنج سال و جدول (۴) نشان‌دهنده مساحت طبقات مختلف LSI در سطح دشت خرم‌آباد است. مطابق این نقشه کمترین میزان LSI در نواحی جنوب‌شرقی با مساحتی بیش از ۱۹ درصد از دشت، در بازه 0.17 تا -1.1 قرار دارد. این در حالی است که این شاخص در نواحی غربی دارای مقادیر بالاتر از یک است؛ بنابراین این نواحی با وسعتی بیش از ۱۲ درصد دارای پتانسیل گرفتگی قطره‌چکان بیشتری نسبت به سایر مناطق هستند، از این‌رو توصیه می‌شود در این قسمت‌ها برای اجرای سامانه‌های قطره‌ای



شکل ۱۰. الف) نقشه تلفیقی لایه‌های مختلف کیفی دشت خرم‌آباد و ب) نمودار درصد غلظت‌های مختلف دشت

نسبت به سایر مناطق است. نتایج بررسی منابع از نظر سختی کل نشان داد که حدود ۸۴ درصد منابع دارای آب سخت، ۱۰ درصد دارای آب کاملاً سخت و ۷ درصد دارای آب نسبتاً سخت هستند.

به‌طور کلی بررسی شاخص اشباع لائزیر نشان می‌دهد طراحی و اجرای سامانه‌های قطره‌ای در نواحی شرق و جنوب شرق محدودیتی وجود ندارد اما با حرکت به سمت نواحی غربی به دلیل بالا بودن شاخص LSI، محدودیت‌هایی در اجرای سامانه‌های قطره‌ای وجود دارد. از جمله این محدودیت‌ها در عملیات اصلاحی مانند استفاده از اسید و تغییرات دما است. در نتیجه بهره‌برداری و نگهداری این سامانه‌ها دچار مشکلاتی است. پیشنهاد می‌شود در این مناطق از قطره‌چکان‌های حساس به گرفتگی استفاده نشود. در نهایت بررسی وضعیت کلی دشت از نظر غلظت مشخصه‌های کیفی مؤثر در پیاده‌سازی سامانه‌های قطره‌ای نشان داد که حدود ۶۳ درصد دشت دارای غلظت بالا است که قسمت‌های شمال، مرکز و جنوب دشت را شامل می‌شود. با توجه به اینکه استان لرستان یکی از قطب‌های بخش کشاورزی کشور است و لزوم صرفه‌جویی در آب مصرفی در این بخش و استفاده از سامانه‌های نوین آبیاری از جمله سامانه‌های قطره‌ای، ضروری است و از طرفی تاکنون مطالعه‌ای مبنی بر بررسی پتانسیل‌ها و محدودیت‌های کیفی منابع آبی

بوده و نشان‌دهنده پتانسیل گرفتگی قطره‌چکان در این ناحیه است.

در ادامه بررسی‌ها، اقدام به تلفیق نقشه‌های پهنه‌بندی شده تمام شاخص‌های کیفی مؤثر بر گرفتگی قطره‌چکان شد. این نقشه وضعیت کلی دشت خرم‌آباد را از نظر غلظت این شاخص‌ها نشان می‌دهد (شکل ۱۰-الف). با توجه به این نقشه مشخص شد که کمترین غلظت مشخصات کیفی دشت خرم‌آباد در غرب و بیشترین آن در نواحی شمالی، مرکزی و جنوبی دشت گسترش یافته است. نمودار شکل (۱۰-ب) نشان‌دهنده درصد غلظت‌های خیلی کم، کم، متوسط و زیاد کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت است. همان‌طور که مشخص شده است ۶۲/۹۲ درصد از وسعت دشت تحت غلظت زیاد قرار دارد.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش بعد از نرمال‌سازی داده‌ها از روش درون‌یابی کریجینگ معمولی برای تهیه نقشه پهنه‌بندی پارامترها استفاده شد. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که میزان پارامترهای کیفی مؤثر در گرفتگی قطره‌چکان‌ها دارای پراکندگی زیادی در دشت خرم‌آباد است ولی اغلب الگوی پراکنش پارامترها از الگوی مشخصی تبعیت می‌کنند. به‌طوری که نواحی شمال و مرکز متمایل به جنوب شرق منطقه دارای آلودگی بیشتری

برای اجرای این سامانه‌ها در سطح استان انجام نشده است، امید
مدیریتی و اجرایی استفاده شود و مطالعاتی بیشتری در این
است که نتایج حاصل از این پژوهش در تصمیم‌گیری‌های
زمینه انجام گیرد.

منابع مورد استفاده

1. Ahmed, S. 2002. Groundwater monitoring network design: application of geostatistics with a few case studies from a granitic aquifer in a semi – arid region. *American Journal* 67: 1564-1571.
2. Alizadeh, A. 2009. Drop irrigation (principles and application). Second edition, Astan Quds Razavi Publishing House, Imam Reza University. (In Farsi).
3. Ansari Samani, F. 2012. Investigating the Effect of Phosphate Fertilizer on the Ecliptic of Several Droplets Available in the Iranian Market. MSc. Thesis. Department of Irrigation and Drainage, Faculty of Water Engineering, Shahid Chamran of Ahwaz University (In Farsi).
4. Azad, N., A. Rezaei Abajlu and G. Behmanesh. 2018. Locating areas prone to superficial and pressure irrigation systems using the fuzzy hierarchical process analysis process in Miandoab Plain. *Journal of Irrigation Science and Engineering* 41(4): 119-132 (In Farsi).
5. Azareh, A., M. R. Rahdari, F. Soleimani Sardo and J. R. Rafei Sharifabad. 2014. Assessment of the groundwater quality feasibility zones for irrigational purposes (Case study: Southwest part of Kerman province, IRAN). *International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences* 4(3): 544-551.
6. Baalousha, H. 2010. Assessment of a groundwater quality monitoring network using vulnerability mapping and geostatistics: A case study from Heretaunga Plains, New Zealand. *Journal of Agricultural Water Management* 97: 240-246.
7. Barberis, A. and Minelli, S. 2005. Land evaluation in the Shouyang county, Shanxi province, China. *Agricultural Water Management*, 95(2):133-142.
8. Bardossy, A. 2011. Interpolation of groundwater quality parameters with some values below the detection limit. *Journal of Hydrology and Earth System Science*. 15:2763–2775.
9. Bhat S., L. Motz, C. Pathka and L. Kuebler. 2012. Designing groundwater level monitoring network using geostatistical a case study and Central Florida U.S.A. *Journal of World Environmental and Water Resources Congress*. 48-58.
10. Dadrasi sabzevar, A. 2006. Quantitative and qualitative changes of groundwater resources and its role in destruction of land. The first regional conference on optimal utilization of water sources in Karoon and Zayandehrood, Shahrekord University. September 14th-15th, 2006 (in Farsi).
11. Ejlali, F., A. Asgari, M. Dehghani. 2016. Evaluation of groundwater quality in coastal lands of Mazandaran for agricultural use and application in drip irrigation system. *Journal of Irrigation and Water Engineering* 7(25): 2016 (In Farsi).
12. Farzam Nia, M. and S. Haghayeghi Moghadam. 2002. Investigating the effect of saline water on the eclipse of some droplets used in Iran. *Journal of Irrigation Science and Engineering*. 32: 15-25 (In Farsi).
13. Gaus, I., D. Kinniburgh, J. Talbot and R. Webster. 2003. Geostatistical analysis of arsenic concentration in groundwater in Bangladesh using disjunctive kriging. *Environmental Geology* 44: 939-948.
14. Ghaemizadeh, F. and S. Akhavan. 2014. The feasibility study of pressurized irrigation systems performance based on water quality (Case Study: Hamedan Province plains). *Journal of Water and Soil Conservation* 21(1): 65-83. (In Farsi.)
15. Gholami Sefidkoochi, M. A., M. Jafari, M. Zamani and S. Sadeghi. 2011. Zoning of groundwater quality indices and identification of areas with droplet blocking potential. Case study: Sari-Neka plain, In: Proceeding of the 11th National Irrigation Workshop and Reduction of Evaporation. Kerman. Shahid Bahonar University (In Farsi).
16. Lalezari, R. and F. Ansari Samani 2012. Determination of vulnerable areas for the application of drip irrigation systems based on groundwater quality using ArcGIS. *Journal of Water Research in Agriculture* 28(2): 285-294. (In Farsi).
17. 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.
18. Mousavi, S. F. 1996. Groundwater Pollution. Isfahan University of Technology. (In Farsi).
19. Nasrollahi, A. H. 2008. Investigating the effect of temperature on the discharge of several types of droplets in the Iranian market. MSc. Thesis. Faculty of Water Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz. (In Farsi).
20. Nazarizadeh, F., B. Ershadian, K. Zandvakili and M. Nouriemamzade'i. 2006. Investigating the variations in groundwater quality in Balarood plain in Khuzestan province. In: Proceeding of the First Regional Conference on Water Resources Utilization of Karun and Zayandehrood Basins (Opportunities and Challenges), Shahrekord, Shahrekord University.

21. Ostovari, Y., H. Beigi Harcheegani and A. Davoodian. 2011. Evaluation, study of spatial variations and zoning of some water quality indicators for application in drainage irrigation design in Lordegan plain. *Irrigation and Drainage Journal of Iran* 2(5): 242-254 (In Farsi).
22. Qaredaghi, M. M., A. S Maroofpoor, Kh. Babaei and F. Mansouri. 2013. Potential of susceptible areas for using irrigation systems under pressure using GIS (Case study: Babakhan Irrigation and Drainage Network). *Water and Soil Journal (Science and Technology)* 27(6): 1111-1122. (In Farsi).
23. Ramzi, M., A. Khasheei Siyuki and A. Shahidi 2014. Determination of susceptible areas of drip irrigation using the hierarchical analysis process in South Khorasan province. *Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Water and Soil Science* 18(69): 227-235. (In Farsi).
24. Schultz, B. 2017. Agricultural Water Management and Food Security in a Sustainable Environment. In: Proceeding of the 13th International Drainage Workshop of ICID, Ahwaz, Iran.
25. Smedema, L. K., S. Abdel-Dayem and W. J. Ochs. 1998. Drainage and agricultural development. *Irrigation and Drainage Systems* 14: 223–235.
26. Sun, Y., K. Shaozhong and L. Zhang. 2009. Comparison of interpolation methods for depth to groundwater and its temporal and spatial variations in the Minqin oasis of North West China. *Environmental Modelling & Software* 24(10): 1163–1170.
27. Talebnejad, R. and A. R. Sepaskhah, 2015. Effect of different saline groundwater depths and irrigation water salinities on yield and water use of quinoa in lysimeter. *Agricultural Water Management* 148: 177-188.
28. Wilcox, L. V. 1955. Classification and Use of Irrigation Water. USDA, Circular 969. Washington, DC. USA.

Feasibility Study of Drip Irrigation Systems Regarding Groundwater Quality (A Case Study: Khorramabad Plain)

Y. Sabzevari and A. H. Nasrolahi^{1*}

(Received: December 24-2018 ; Accepted: June 17-2019)

Abstract

One of the ways to increase water productivity in agriculture is the use of new irrigation systems; for the precise design of these systems, water quality assessment is needed. The purpose of this study was to study the groundwater quality of Khorramabad plain for the implementation of drip irrigation systems. The qualitative indices of EC, SAR, TDS, TH, Na and pH were related to the statistical years 2006-2012. In this research, the data were normalized first and it was determined that the data were abnormal; so, the logarithmic method was used for normalization. To evaluate the groundwater quality of the area, land use methods were used. Among different methods, the ordinary kriging interpolation method with the least root mean square error for all parameters was used. Quality zoning maps showed that in the north and southwest, EC and SAR concentrations were in poor condition in terms of qualitative classification. TDS had a concentration of more than 4000 milligramrels, and Na had a concentration of more than 15 milligrams / ltr. In these areas, TH with the concentration of more than 730 mg / l had the highest contamination; in the central area of the plain, there was a higher risk of carbonate sediments. LSI rates in the western regions were more than one, which included about 12% of the plain; there were restrictions on the implementation of droplet systems in these areas. The best quality for implementing these systems was located in the south-east of the plain, covering 19% of the plain. Finally, the integrated map of qualitative characteristics showed that the maximum concentration of qualitative characteristics was located in the northern, central and southern regions, which included 62.29% of the plain area.

Keywords: Drip systems, Eclipse dropper, Langeir saturation index, Groundwater quality

1. Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Lorestan University, Lorestan, Iran.

*: Corresponding author: nasrolahi.a@lu.ac.ir