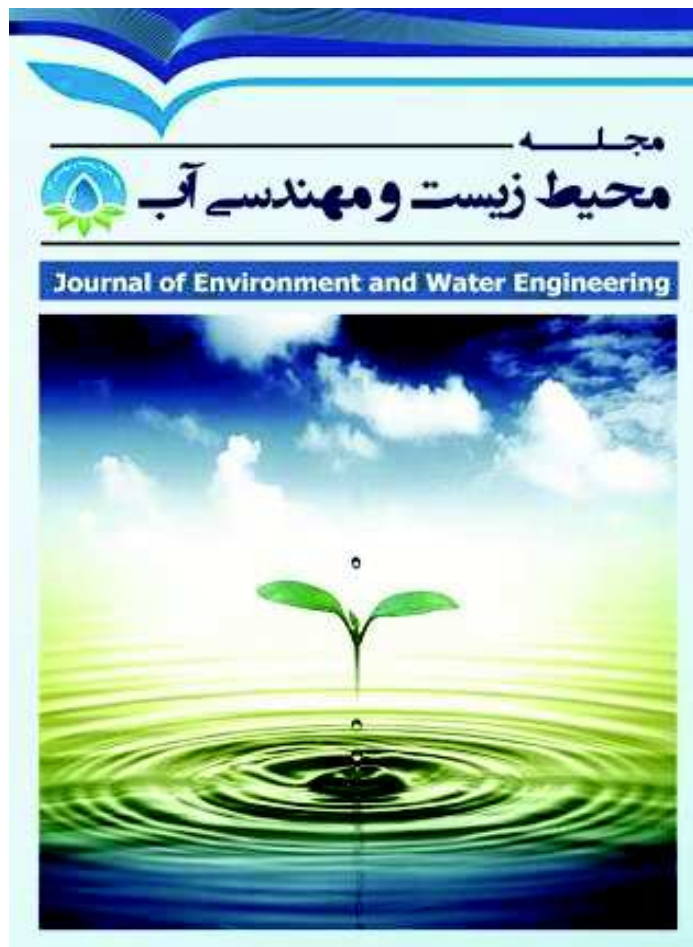


تغییرات مکانی کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت بیرجند از نظر مصارف کشاورزی

خالد اوسطی و محمد جواد نحوی نیا



دوره ۲، شماره ۱، بهار ۱۳۹۵، صفحات: ۲۵-۳۶

www.jewe.ir

نحوه ارجاع به این مقاله: اوسطی خ. و نحوی نیا. م. ج. (۱۳۹۵). تغییرات مکانی کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت بیرجند از نظر مصارف کشاورزی، محیط زیست و مهندسی آب، جلد ۲، شماره ۱، صفحات: ۲۵-۳۶

How to cite this paper; Osati Kh. and Nahvinia M. J. (2016). Spatial variations of ground water quality in Birjand Plain for agriculture, J. Environ. Water Eng. 2(1), 25-36.

تغییرات مکانی کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت بیرجند از نظر مصارف کشاورزی

خالد اوسطی^{۱*}، محمدجواد نحوی نیا^۲

۱- استادیار گروه مهندسی مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران

۲- دانش‌آموخته دکترای مهندسی آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

*نویسنده مسئول: K.Osati@uok.ac.ir

تاریخ دریافت: [۱۳۹۴/۱۱/۱۷]

تاریخ پذیرش: [۱۳۹۵/۰۳/۰۱]

چکیده

بیش از ۸۵ درصد از برداشت منابع آب موجود زیرزمینی دشت بیرجند در بخش کشاورزی به مصرف می‌رسد. با توجه به اهمیت کیفیت آب در آبیاری، نمونه‌برداری از چهل‌وهفت چاه پیزومتری دشت بیرجند، باهدف تعیین کیفیت منابع آب زیرزمینی از نظر مصارف کشاورزی صورت گرفت. مقادیر pH و EC در محل نمونه‌برداری اندازه‌گیری شد و آنالیز آنیون‌ها و کاتیون‌های غالب در آزمایشگاه انجام گرفت. پس از آماده شدن نتایج آنالیز کیفی نمونه‌ها، ابتدا با استفاده از روش‌های مختلف زمین‌آماری مقادیر Cl، SAR، HCO₃، pH و EC برآورد گردید و خطای برآورد هر روش محاسبه شد. سپس بر اساس طبقه‌بندی فائو و با استفاده از بهترین روش زمین‌آماری، نقشه تغییرات مکانی Cl، HCO₃، SAR، pH و EC تهیه گردید. نتایج حاصله نشان داد که روش کریجینگ در درون‌یابی مقادیر پارامترهای مذکور، برآورد بهتری نسبت به روش وزن دهی عکس فاصله (IDW) و توابع اسپیلاین (RBF) دارد. براساس طبقه‌بندی فائو، آب زیرزمینی آبخوان دشت بیرجند برای مصارف کشاورزی به لحاظ SAR، کلر و بی‌کربنات دارای محدودیت زیاد، به لحاظ شوری دارای محدودیت کم و به لحاظ اسیدیته بدون محدودیت است.

واژه‌های کلیدی: زمین‌آمار، کیفیت آب، کریجینگ، فائو، دشت بیرجند

۱- مقدمه

امروزه به دلیل افزایش استحصال آب از منابع زیرزمینی و نیز کاهش کیفیت منابع آبی در اثر توسعه صنایع و رشد آلاینده‌های صنعتی و شیمیایی، کیفیت منابع آب زیرزمینی بیش‌تر مورد توجه قرار می‌گیرد. یکی از ویژگی‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک (که بخش وسیعی از ایران را در برمی‌گیرد)، مشکلات شوری و سدیک بودن اراضی و منابع آبی مورد استفاده در آبیاری محصولات کشاورزی است. شرایط آب و هوایی در این مناطق باعث شده است که دو عامل مهم زراعت؛ یعنی آب و خاک از کیفیت چندان مطلوبی برخوردار نباشند. در استان خراسان جنوبی نیز همانند دیگر استان‌های نیمه شرقی، از دیرباز استفاده از منابع آب زیرزمینی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده است بطوریکه حدود ۷۰ درصد از نیازهای آب استان از منابع آب زیرزمینی تأمین می‌گردد. بر اساس آماربرداری صورت گرفته از منابع آب‌های زیرزمینی استان در سال آبی ۱۳۸۵-۱۳۸۴، تخلیه سالانه ۲۲۱۷ حلقه چاه، ۳۹۲۴ رشته قنات و ۱۲۸۸ دهنه چشمه به ترتیب معادل ۶۶۵/۶۶، ۲۱۳/۰۴ و ۴۲/۹۴ میلیون مترمکعب و در مجموع ۹۲۱/۶۴ میلیون مترمکعب بوده است. همچنین حدود ۹۴ درصد از کل منابع آب استان خراسان جنوبی به مصرف کشاورزی می‌رسد. این در حالی است که حدود ۴ درصد از منابع آب استان به مصارف شرب و بهداشت شهر و روستا و فقط حدود ۲ درصد به صنعت و خدمات اختصاص یافته است (South Khorasan Regional Water Authority, 2007). بنابراین تعیین کیفیت آب‌های زیرزمینی از منظر مصارف بخش کشاورزی دارای اهمیت ویژه‌ای است. به‌موازات پیشرفت‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری در علم کامپیوتر و توسعه سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، پردازش و مدل‌سازی داده‌های مکانی تسهیل شده است. مطالعات متعددی در زمینه تعیین روش مناسب در مدل‌سازی تغییرات مکانی متغیرهای کمی و کیفی آب زیرزمینی در ایران (Osati et al, 2013) و خارج از کشور (Jager, 1990؛ Figueira et al. 1999؛ Hu et al. 2005؛ Arslan, 2012) انجام شده است. این مطالعات روش کریجینگ را به عنوان یکی از بهترین روش‌های تخمین متغیرهای کمی و کیفی آب زیرزمینی معرفی نموده‌اند. همچنین توزیع مکانی آب مصرفی برای آبیاری مزارع کتان در دشت‌های ساحلی ایالت جورجیای آمریکا با استفاده از روش کریجینگ معمولی توسط Guerra et al. (2007) مورد مطالعه قرار گرفت. این محققین بر کارایی روش کریجینگ تأکید داشتند. البته Sedghamiz و Ahmadi (2008) در بررسی و ارزیابی روش‌های کریجینگ و کوکریجینگ در تعیین نقشه هم‌عمق آب‌های زیرزمینی دشت داراب گزارش نمودند که روش کوکریجینگ نسبت به روش کریجینگ در تعیین نقشه هم‌عمق آب زیرزمینی دقت بیشتری دارد. در تحقیقات مشابهی Ghadermazi et al. (2011) روش کوکریجینگ، Brus و Gerard (2007) روش کریجینگ جهانی و Gong et al. (2014) روش IDW¹ را به عنوان روش‌های مناسب در مدل‌سازی تغییرات مکانی متغیرهای کمی و کیفی آب زیرزمینی معرفی نمودند. در مطالعه Gong et al. (2014) روش‌های رایج وزن دهی عکس فاصله (IDW)، کریجینگ و کوکریجینگ در درون‌یابی مقادیر آرسنیک آبخوان منطقه تگزاس مقایسه شدند. آن‌ها بر اساس مقادیر آرسنیک مشاهده شده در بیش از ۸۰۰۰ نمونه از چاه‌های تگزاس بیان کردند که روش IDW در درون‌یابی تغییرات مکانی آرسنیک آب زیرزمینی بهترین نتایج را ارائه داده و دقت روش کریجینگ بیش از کوکریجینگ است. Gong et al. (2014) دو عامل "انتخاب روش مناسب درون‌یابی" و "خصوصیات و ویژگی‌های چاه‌های تحت نمونه‌برداری و پراکنش مناسب شبکه نمونه‌برداری" را در درون‌یابی دقیق‌تر مقادیر آرسنیک آب زیرزمینی تگزاس مؤثر دانستند. با توجه به اهمیت دشت بیرجند از نظر کشاورزی و

1 - Inverse distance weighting

اهمیت کیفیت آب زیرزمینی مورد استفاده در آبیاری، بررسی کیفی منابع آب زیرزمینی از نظر تناسب استفاده در آبیاری محصولات کشاورزی و تعیین تغییرات مکانی کیفیت آب در آبخوان دارای اهمیت قابل توجهی است. بر این اساس، این تحقیق در صدد است تا با مدل سازی تغییرات مکانی خواص مهم کیفی منابع آب زیرزمینی آبخوان دشت بیرجند از نظر استفاده در بخش کشاورزی، اطلاعات کاربردی از وضعیت کیفی منابع آب زیرزمینی و تغییرات مکانی پارامترهای کیفی ارائه نماید. این اطلاعات مدیران و تصمیم گیران را در تعیین تناسب آب زیرزمینی جهت مصارف آبیاری و تشخیص استراتژی های مناسب برنامه ریزی آبی در راستای استفاده بهینه از منابع آب های زیرزمینی یاری می رساند.

۲- مواد و روش ها

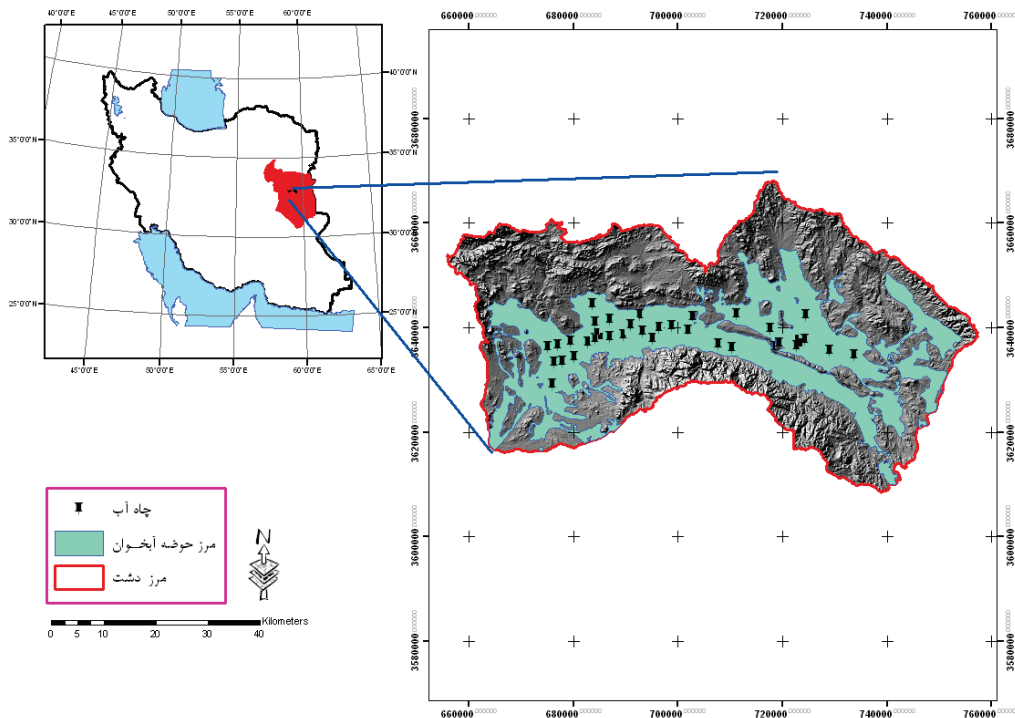
۲-۱- منطقه مورد مطالعه

این تحقیق در آبخوان دشت بیرجند انجام گرفت. دشت بیرجند با وسعت ۱۰۴۵ کیلومتر مربع بخشی از حوزه آبخیز کویر لوت است که در ۴۸۵ کیلومتری جنوب مشهد و در شرق ایران بین مختصات عرض جغرافیایی '۴۵° ۳۲' تا '۴۵° ۳۳' شمالی و طول جغرافیایی '۴۵° ۵۸' تا '۳۵° ۵۹' شرقی واقع شده است. حدود ۵۶/۷ درصد از دشت بیرجند در دامنه ارتفاعی ۱۵۰۰ تا ۲۰۰۰ متری واقع شده است و تنها ۰/۵۸ درصد آن در ارتفاع بالاتر از ۲۵۰۰ متر از سطح دریا قرار دارد. متوسط ارتفاع دشت از سطح دریا ۱۳۸۳ متر است و متوسط دمای سالیانه در ارتفاعات و دشت به ترتیب ۱۱/۴ و ۱۳/۸ درجه سانتی گراد است. متوسط بارندگی سالیانه در ارتفاعات و دشت به ترتیب ۲۱۶/۵ و ۱۹۲/۹ میلی متر است که حجم بارش ناشی از آن بالغ بر ۷۰۸/۶ میلیون مترمکعب است. از این میزان بارندگی، حدود ۸۰/۷ درصد یعنی ۵۷۱/۶ میلیون مترمکعب به صورت تبخیر و تعرق از دسترس خارج می گردد و حدود ۷ درصد آن یعنی ۴۹/۵ میلیون مترمکعب به جریان های سطحی تبدیل می شود و مابقی یعنی ۸۷/۵ میلیون مترمکعب در ارتفاعات و دشت نفوذ می نماید (South Khorasan Regional Water Authority, 2007). نتایج بررسی های مقدماتی انجام شده بر روی واحدهای سنگی و سازندهای موجود در ارتفاعات نشان می دهد که سازندهای سخت ارتفاعات این محدوده فاقد پتانسیل قابل توجه از نظر آب های زیرزمینی می باشند. وسعت آبخوان بیرجند حدود ۳۶۰ کیلومترمربع است و بر اساس بررسی های انجام شده توسط آب منطقه ای (South Khorasan Regional Water Authority, 2007)، ضخامت آبرفت آن بین ۱۰ تا ۱۹۰ متر تغییر می باشد. میانگین عمق رسیدن به آب زیرزمینی و ضخامت لایه اشباع آبخوان به ترتیب ۵۳ و ۳۰ متر است. از منابع آب زیرزمینی این محدوده سالانه ۱۳۸/۸ میلیون مترمکعب آب برداشت می شود. از این مقدار ۸۷/۵ درصد برای مصارف کشاورزی، ۱۱ درصد برای مصارف شرب و ۱/۵ درصد برای مصارف صنعتی مورد استفاده قرار می گیرد. اندازه گیری های سطح آب زیرزمینی نشان می دهد که سالانه حدود ۳۵ سانتی متر افت در آبخوان صورت می گیرد (South Khorasan Regional Water Authority, 2007) و کسری حجم مخزن سالانه حدود ۶/۵ میلیون مترمکعب برآورد شده است.

۲-۲- داده ها و تغییرات مکانی پارامترهای کیفیت آب

در این تحقیق جهت بررسی تغییرات مکانی کیفیت آب زیرزمینی دشت بیرجند از منظر استفاده در آبیاری محصولات کشاورزی، نمونه برداری از ۴۷ چاه پیژومتری در سطح آبخوان دشت صورت گرفت. در شکل (۱) موقعیت چاه های پیژومتری در آبخوان مورد مطالعه نشان داده شده است. مختصات نقاط نمونه برداری با سیستم موقعیت یاب مکانی (GPS) تعیین و مقادیر pH و EC با استفاده از pH متر چهارکاره صحرایی قابل حمل در محل نمونه برداری اندازه گیری شد. از هر محل، دو نمونه در آزمایشگاه مورد

تجزیه قرار گرفت و مقادیر پارامترهای کیفیت آب SAR^۲ (بر اساس کاتیون‌های Na⁺، Mg²⁺ و Ca²⁺ مطابق روش‌های ارائه شده در مقاله (Osati et al. (2014)، Cl و HCO₃ تعیین گردید. سپس بر اساس روش‌های مختلف درون‌یابی در نرم‌افزار ArcGIS 9.3 (روش وزن دهی عکس فاصله، مجموعه روش‌های اسپیلاین و روش کریجینگ)، نقشه تغییرات مکانی پارامترهای مذکور تهیه گردید.



شکل ۱- موقعیت نقاط نمونه‌برداری در دشت بیرجند، ایران

شاخص مجذور میانگین مربعات خطای نسبی (RRMSE) جهت انتخاب بهترین مدل درون‌یابی مورد استفاده قرار گرفت. این شاخص از تقسیم مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE) به میانگین داده‌ها محاسبه می‌گردد و نسبت به RMSE شاخص دقیق‌تری است؛ زیرا مقادیر RMSE به تنهایی بیانگر میزان دقت روش‌های درون‌یابی نخواهند بود. هر چه مقدار RRMSE کوچک‌تر باشد، مقادیر برآورد شده بر اساس مدل و مقادیر واقعی به هم نزدیک‌تر بوده و مدل خطای کمتری دارد و بر اساس آن می‌توان بهترین روش را انتخاب نمود. شاخص RRMSE با استفاده از رابطه‌ی (۱) محاسبه می‌شود:

$$RRMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Z'(x_i) - Z(x_i))^2}{\bar{Z}^2}} \quad (1)$$

2 - Sodium Absorption Ratio

که در آن \bar{Z} میانگین داده‌ها، $Z'(x_i)$ مقدار برآورد شده در نقطه‌ی x_i ، $Z(x_i)$ مقدار اندازه‌گیری شده در نقطه‌ی x_i ، i اندیس مربوط به شماره چاه‌ها و n تعداد چاه‌های مورد بررسی است. در نهایت مناسب‌ترین روش درون‌یابی پارامترهای کیفیت آب زیرزمینی دشت بیرجند جهت پهنه‌بندی مقادیر و تهیه نقشه‌های مکانی استفاده شد.

۲-۲-۱- روش کریجینگ و تعیین کیفیت آب مصرفی در کشاورزی

تغییرات هر متغیر مورد بررسی را می‌توان بصورت دو مؤلفه‌ی مکانی و تصادفی در نظر گرفت. جهت تعیین میزان ارتباط مکانی یک متغیر تصادفی در زمین‌آمار از نیم‌تغییرنما (Semivariogram) استفاده می‌شود. نیم‌تغییرنما کمیتی برداری است که میزان ارتباط مکانی بین نقاط اندازه‌گیری شده را بر حسب مربع تفاضل مقدار دو نقطه و در نظر گرفتن فاصله و جهت آنها نشان می‌دهد. رابطه محاسبه یک نیم‌تغییرنما بصورت معادله (۲) است:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n (Z_{(x_i+h)} - Z_{(x_i)})^2 \quad (2)$$

که در آن: $\gamma(h)$ مقدار نیم‌تغییرنما در فاصله (h) ، $Z_{(x_i+h)}$ مقدار اندازه‌گیری شده متغیر در مکان (x_i+h) ، $Z_{(x_i)}$ مقدار اندازه‌گیری شده متغیر در مکان x_i و n تعداد زوج نقاط در فاصله h است (Osati et al., 2013). نیم‌تغییرنما رابطه بین فاصله و واریانس داده‌ها را نشان می‌دهد و بر اساس آن می‌توان تغییرات مکانی متغیر را مورد بررسی قرار داد. پارامتر آستانه که بیش‌ترین مقدار نیم‌تغییرنما را به خود اختصاص می‌دهد، در واقع همان واریانس متغیر مورد بررسی است. دامنه تأثیر بیانگر شعاع همبستگی نقاط با یکدیگر است و در خارج از این فاصله، رفتار نقاط تصادفی خواهد بود. پارامتر اثر قطعه‌ای، واریانس غیرمکانی را نشان می‌دهد و همچنین معرف میزان خطای نمونه‌برداری و تصادفی بودن متغیر مورد بررسی است (Zimback و Bucene, 2003).

در این تحقیق بر اساس مدل‌سازی نیم‌تغییرنما و با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS 9.3، روش کریجینگ، جهت پهنه‌بندی و بررسی تغییرات مکانی پارامترهای کیفیت آب استفاده شد. شرط استفاده از روش کریجینگ، نرمال بودن داده‌ها و اثر قطعه‌ای کمتر از ۵۰ درصد سقف نیم‌تغییرنما است. در صورتی که داده‌ها توزیع نرمال نداشته باشند، از روش‌های کریجینگ خطی نمی‌توان برای میان‌یابی استفاده نمود زیرا در این حالت اثر تناسب واریانس با میانگین وجود خواهد داشت. در چنین مواردی برای استفاده از روش‌های خطی در تخمین پارامترها، بایستی داده‌ها نرمال گردند. در نرم‌افزار ArcGIS دو تابع تبدیل لگاریتم و تبدیل Box - Cox جهت نرمال‌سازی داده‌ها وجود دارند و در مواردی که این دو روش کارساز نباشند، بایستی از نرم‌افزارهای دیگر جهت نرمال‌سازی داده‌ها استفاده شود. پس از نرمال‌سازی داده‌ها، می‌توان از روش کریجینگ برای تخمین داده‌ها در نقاط مجهول استفاده نمود. کریجینگ یک روش تخمین زمین‌آمار است که بر پایه میانگین متحرک وزن‌دار استوار است و بهترین تخمین‌گر خطی ناریب است. در صورتی که $Z_{(x_i)}$ مقدار اندازه‌گیری شده متغیر در مکان (x_i) باشد مقدار متغیر (Z_0) در نقطه (x_0) از ترکیب خطی در معادله (۳) تخمین زده می‌شود:

$$Z_0 = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z_{(x_i)} \quad (3)$$

که در آن λ_i وزن اختصاص داده شده به متغیر x در نقطه i ، n تعداد نقاطی که متغیر در آنها اندازه‌گیری شده است و در تخمین مقدار متغیر در نقطه مجهول استفاده می‌گردند. این نوع کریجینگ به نام کریجینگ خطی شناخته می‌شود زیرا ترکیب خطی از n داده است. پس از تهیه نقشه‌ی مربوط به هر کدام از پارامترهای مربوط به کیفیت آب با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS 9.3 و بر اساس بهترین روش درون‌یابی، نقشه‌های حاصله بر اساس طبقه‌بندی سازمان خواربار جهانی (FAO, 1985) طبقه‌بندی شد (جدول ۱).

جدول ۱ - دامنه متغیرهای کیفیت آب آبیاری به روش (FAO 1985)

متغیر مورد بررسی	میزان محدودیت کاربرد		
	بدون محدودیت	محدودیت کم	محدودیت زیاد
شوری (dS/m)	< ۰/۷	۰/۷-۳	> ۳
SAR	< ۳	۳-۹	> ۹
کلرور (meq/l)	< ۴	۴-۱۰	> ۱۰
بی کربنات (meq/l)	< ۱/۵	۱/۵-۸/۵	> ۸/۵
اسیدیته	۶/۵-۸/۴	-	۸/۵ < pH < ۵

۳- یافته‌ها و بحث

همان‌گونه که در بخش مواد و روش‌ها بیان گردید، جهت استفاده از روش کریجینگ بایستی داده‌ها نرمال باشند. در این تحقیق، با توجه به نرمال نبودن داده‌های شوری، کلر، بی کربنات و SAR، از تبدیل لگاریتمی برای نرمال‌سازی داده‌ها استفاده شد. بر اساس مقادیر شاخص RRMSE، روش کریجینگ نتایج مطلوبی را برای تمام پارامترهای مورد بررسی ارائه نمود (جدول ۲). این نتایج با نتایج مطالعات قبلی انجام‌شده توسط Osati et al. (2013)، Jager (1990)، Figueira et al. (1999)، Hu et al. (2005)؛ Arslan (2012) مطابقت دارد اما مقادیر برآوردی بر اساس روش‌های متعدد درون‌یابی گاهی دارای اختلافات فراوانی می‌باشند؛ بنابراین انتخاب روش مناسب درون‌یابی و داشتن تعداد نمونه کافی و با پراکنش مناسب در آبخوان مورد بررسی، در میزان دقت نقشه پهنه‌بندی اثرگذار است (Gong et al. 2014).

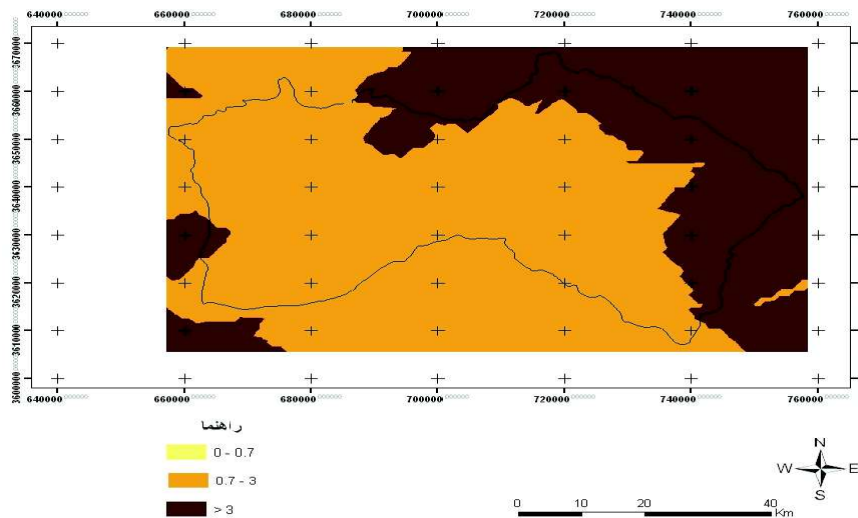
جدول ۲ - مقادیر شاخص RRMSE روش‌های مختلف درون‌یابی در برآورد پارامترهای مختلف کیفیت آب زیرزمینی

روش تخمین	IDW (با توان بهینه)	کریجینگ	توابع اسپیلاین			
			Thin Plate Spline	Inverse Multi quadric	Multi quadric	Spline with Tension
شوری (dS/m)	۰/۲۶	۰/۲۱	۰/۲۴	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۷
SAR	۰/۳۳	۰/۲۷	۰/۴۹	۰/۲۹	۰/۲۹	۰/۲۹
کلرور (meq/l)	۰/۲۸	۰/۱۹	۰/۲۹	۰/۲۸	۰/۳۲	۰/۲۶
بی کربنات (meq/l)	۰/۱۶	۰/۱۳	۰/۱۴	۰/۱۵	۰/۱۷	۰/۱۸
اسیدیته	۰/۱۶	۰/۱۵	۰/۱۶	۰/۱۷	۰/۱۹	۰/۲۲

با توجه به برآورد مناسب‌تر روش کریجینگ، نقشه‌های پهنه‌بندی پارامترهای مختلف کیفیت آب آبیاری بر اساس روش کریجینگ در نرم‌افزار ArcGIS 9.3 تهیه و بر اساس طبقه‌بندی (FAO 1985) برای مصارف کشاورزی ارائه شد که نتایج حاصله به شرح زیر ارائه می‌گردد:

۳-۱- شوری

غلظت املاح موجود در آب آبیاری براساس اندازه‌گیری هدایت الکتریکی و براساس میزان درصد کل نمک‌ها تعیین می‌گردد. شکل (۲) نقشه پهنه‌بندی شوری در منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. براساس طبقه‌بندی (1985) FAO ملاحظه می‌شود که آب زیرزمینی در آبخوان دشت بیرجند - بجز در مناطق شرق و شمال شرقی آبخوان- دارای میزان شوری با محدودیت کم (طبقه 0.7 تا 3 ds/m) جهت مصارف کشاورزی است. در قسمت‌های شمالی و شرقی دشت، شوری آب زیرزمینی محدودکننده است و آب آبخوان جهت استفاده در کشاورزی مناسب نیست.



شکل ۲- نقشه مقادیر EC آب زیرزمینی در دشت بیرجند

۳-۲- اسیدیته

تعیین اسیدیته یکی از آزمایش‌های مقدماتی آب در عملیات میدانی است. مقدار آن در آب‌های سطحی و زیرزمینی غیر شور بین $7/5$ تا $8/6$ تغییر می‌نماید. با توجه به شکل (۳) ملاحظه می‌شود که آب زیرزمینی در کل آبخوان دشت بیرجند از نظر اسیدیته از کیفیت خوبی ($6/5$ تا $8/4$) برخوردار است.

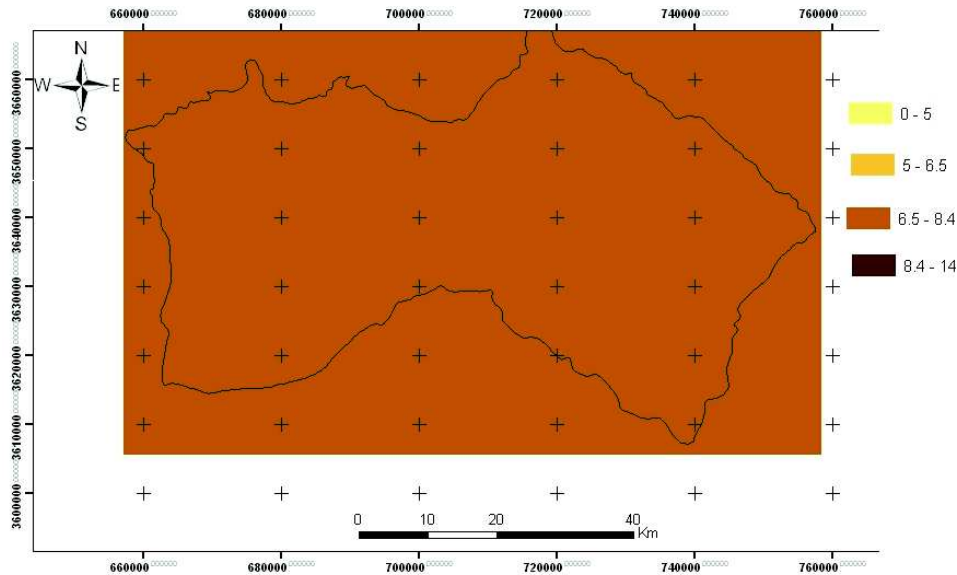
۳-۳- SAR

شکل (۴) پهنه‌بندی مقادیر SAR در منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. براساس طبقه‌بندی (1985) FAO ملاحظه می‌شود که میزان SAR آب‌های زیرزمینی در آبخوان دشت بیرجند در بیشتر نقاط (بجز بخش کوچکی در مرکز آبخوان)، برای آبیاری مزارع و باغات، عامل محدودکننده است. این امر می‌تواند در تعیین نوع محصولات متناسب و اعمال راهکارهای ویژه‌ی مدیریتی دارای اهمیت زیادی باشد.

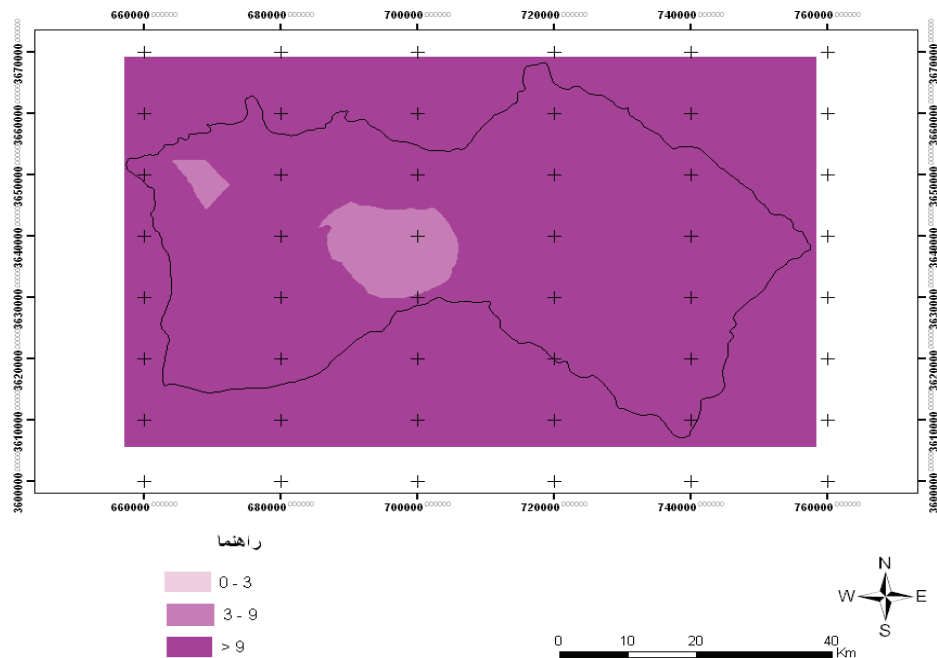
۳-۴- کلرور

کلرایدها به‌عنوان آنیون غالب و مؤثر در آب دخالت دارند. این یون تأثیر خاصی روی خصوصیات فیزیکی خاک ندارد با این حال، از آنجا که برخی از گیاهان به تأثیر یونی کلر حساسیت ویژه‌ای دارند و برخی دیگر در شوری‌های بالای آستانه کلریدی، کاهش

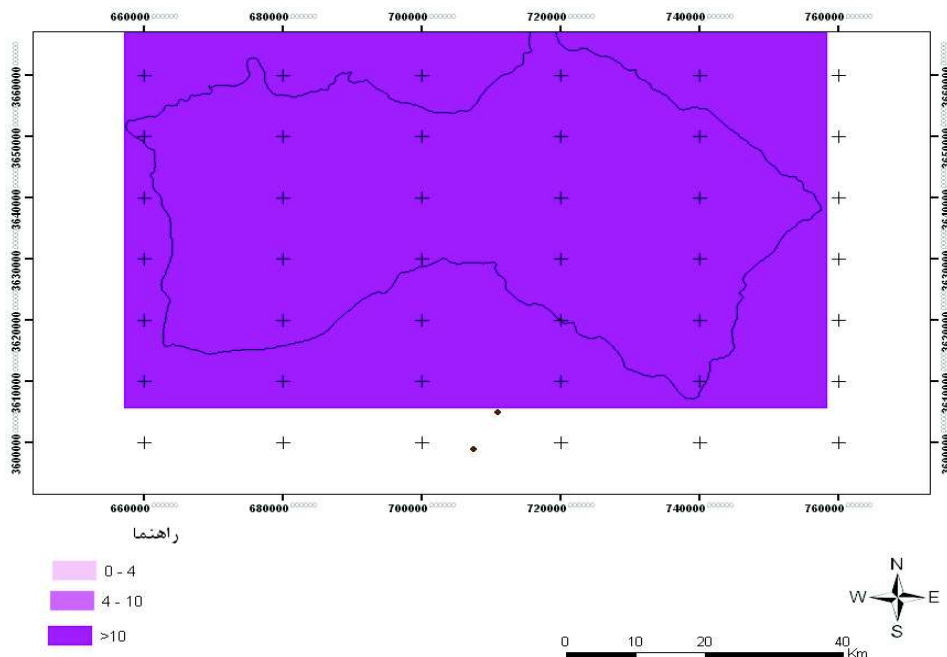
عملکرد نسبی را نشان می‌دهند، لذا طبقه‌بندی آب آبیاری بر اساس غلظت کلر امری ضروری است (Elias Azar, 2003). شکل (۵) تغییرات مکانی کلر در منطقه‌ی مورد مطالعه را نشان می‌دهد. با توجه به شکل و بر اساس طبقه‌بندی FAO (1985) ملاحظه می‌شود که میزان کلر آب زیرزمینی در کل آبخوان، جهت مصارف کشاورزی دارای محدودیت (بیش‌تر از ۱۰ میلی‌اکی والان بر لیتر) است. لذا کشت گیاهان حساس به کلر در این منطقه توصیه نمی‌شود.



شکل ۳- نقشه مقادیر اسیدیته آب زیرزمینی در دشت بیرجند



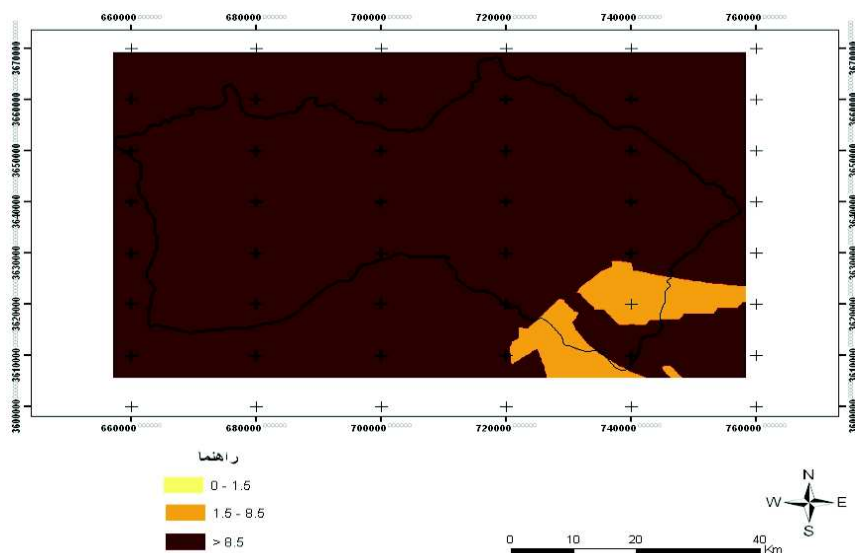
شکل ۴- نقشه مقادیر SAR آب زیرزمینی در دشت بیرجند



شکل ۵- نقشه مقادیر کلر آب زیرزمینی در دشت بیرجند

۳-۵- بی کربنات

با توجه به شکل (۶) ملاحظه می شود که بی کربنات در کل دشت (بجز در منطقه کوچکی در جنوب شرقی) از کیفیت نامناسبی برخوردار است و برای آبیاری مزارع محدودیت ایجاد می نماید.



شکل ۶- نقشه مقادیر بی کربنات آب زیرزمینی در دشت بیرجند

۴- نتیجه‌گیری

در این تحقیق با نمونه‌برداری و آنالیز نمونه‌های آب ۴۷ چاه پیژومتری، تغییرات پارامترهای کیفی آب زیرزمینی از منظر استفاده در بخش کشاورزی بر اساس توصیه (1985) FAO و روش‌های رایج درون‌یابی مکانی (شامل روش‌های IDW، توابع اسپیلاین و کریجینگ) مورد بررسی قرار گرفت. مدل‌سازی تغییرات مکانی متغیرهای کیفی آب زیرزمینی دشت بیرجند نشان‌دهنده کارایی مناسب روش کریجینگ است. بر اساس دامنه‌های تعریف‌شده (1985) FAO برای پارامترهای کیفیت آب مورد استفاده در بخش کشاورزی، اکثر مناطق آبخوان از نظر کیفیت آب مصرفی در بخش کشاورزی غیر قابل استفاده می‌باشند. مطالعه کنونی نشان می‌دهد که در حال حاضر، حجم نسبتاً زیادی از آب‌های لب‌شور توسط کشاورزان جهت آبیاری مزارع دشت بیرجند مصرف می‌شود. به نظر می‌رسد با توجه به نتایج این تحقیق، حفاظت کیفی از منابع آب منطقه مورد مطالعه، نیازمند راهکارهای ویژه‌ای مانند کشت گیاهان خاص و شیوه متناسب آبیاری است تا راندمان آبیاری افزایش یافته و از شور شدن تدریجی خاک جلوگیری گردد. همچنین به منظور ارتقای کیفی و کمی منابع آب آبخوان دشت بیرجند، پیشنهاد می‌شود استفاده از منابع آب زیرزمینی محدود گردد و متناسب با میزان تغذیه آب زیرزمینی دشت، میزان بهره‌برداری از آبخوان مدیریت شود. گسترش برنامه‌های آبخیزداری و آبخوان‌داری و کنترل سیلاب‌ها در جهت تغذیه مصنوعی دشت نیز می‌تواند در احیای آبخوان مؤثر واقع شود.

References

- Ahmadi S. H. and Sedghamiz A. (2008). Application and evaluation of kriging and co-kriging methods on groundwater depth mapping. *Environ. Monit. Assess.*, 138, 357– 368.
- Arslan H. (2012). Spatial and temporal mapping of groundwater salinity using ordinary kriging and indicator kriging: The case of Bafra Plain, Turkey. *Agricul. Wat. Manag.*, 113, 57– 63.
- Brus D. J. and Heuvelink Gerard B. M. (2007). Optimization of sample patterns for universal kriging of environmental variables, *Geoderma*, 138, 86- 95.
- Bucene L. C. and Zimback C. R. L. (2003). Comparison of methods of interpolation and spatial analysis of pH data in Botucatu, SP. *IRRIGA*, 8(1), 21- 28.
- Elias Azar Kh. (2003). Reclamation of saline and sodic soils (soil & water management). *Jahad Daneshgahi, Urmia University*, 300 pp. [in Persian].
- Figueira R., Sousa A. J., Pacheco A. M. G. and Catarino F. (1999). Saline variability at ground level after kriging data from Ramalina spp. *Biomonitor. Sci. Total Environ.*, 232, 3-11.
- Food and Agriculture Organization (FAO) (1985). Wastewater quality guidelines for agricultural use. Available online at: <http://www.fao.org/docrep/t0551e/t0551e04.htm>, accessed 2016- 03- 22.
- Ghadermazi J., Sayyad G., Mohammadi J., Moezzi A., Ahmadi F. and Schulin R. (2011). Spatial prediction of nitrate concentration in drinking water using pH as auxiliary co-kriging variable. *Procedia Environ. Sci.*, 3, 130– 135.
- Gong G., Mattevada S. and O'Bryant S. E. (2014). Comparison of the accuracy of kriging and IDW interpolations in estimating groundwater arsenic concentrations in Texas. *Environ. Res.*, 130, 59– 69.

- Guerra L. C., Garcia A., Garcia y., Hook J. E., Harrison K. A., Thomas D. L., Stooksbury D. E. and Hoogenboom G. (2007). Irrigation water use estimates based on crop simulation models and Kriging. *Agricul. Wat. Manag.*, 89(3), 199 – 207.
- Hu K., Huang Y., Li H., Li B., Chen D. and Edlin W. R. (2005). Spatial variability of shallow groundwater level, electrical conductivity and nitrate concentration, and risk assessment of nitrate contamination in North China Plain. *Environ. Int.*, 31, 896 – 903.
- Jager N. (1990). *Hydrology and Groundwater simulation*, Lewis Publisher, New York, USA.
- Osati Kh., Koeniger P., Salajegheh A., Mahdavi M., Chapi K. and Malekian A. (2014). Spatiotemporal patterns of stable isotopes and hydrochemistry in springs and river flow of the upper Karkheh River Basin, Iran. *Isotopes Environ. Health Studies*, 50(2), 169- 183.
- Osati Kh., Salajegheh A. and Arekhi S. (2013). Spatial variation of nitrate concentrations in groundwater by Geostatistics (Case Study: Kurdan Plain). *Iranian J. Natur. Resour.*, 65(4), 461-472 [in Persian].
- South Khorasan Regional Water Authority (2007). *Identifying water resources and planning for optimal use of water resources in South Khorasan province (an integrated project)*, South Khorasan Regional Water Authority, accessible from the local library [in Persian].

Spatial Variations of Ground Water Quality in Birjand Plain for Agriculture

Khaled Osati^{1*}, Mohammad Javad Nahvinia²

¹ Assistant Prof., Department of Range & Watershed Management, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran.

² PhD in Irrigation and Drainage Engineering, Department of Water Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran.

*Corresponding Author: K.Osati@uok.ac.ir

Received: January 27, 2016

Accepted: May 21, 2016

Abstract:

More than 85 percent of current ground water resources extractions are supplying agriculture water demands in Birjand Plain. Because of the importance of water quality for irrigation, 47 samples collected from piezometric wells in Birjand Plain, to determine ground water quality suitability for agriculture. pH and EC values measured at field campaign beside laboratory analysis of water samples for major ions concentrations. After chemical analysis of water samples, different geo-statistical models had used to model Cl, HCO₃, SAR, pH and EC water qualities parameters. Then the error of each simulation was calculated. Finally, the best method was performed to prepare spatiality maps of Cl, HCO₃, SAR, pH and EC parameters in Birjand aquifer based on FAO classification. The interpolation errors assessment highlighted Kriging as the most accurate method for all investigated parameters, in compare to Inverse Distance weighting (IDW) and Radial Basis Functions (RBF). The spatiality maps based on FAO classification show that ground water resources in Birjand plain are not applicable for agriculture due to extremely high values of SAR, Cl, and HCO₃, where its usage has limited a little for agriculture by EC and its quality has a suitable range of pH.

Key words: Geo-Statistics, Groundwater quality, Kriging, FAO, Birjand Plain