

بررسی روش‌های زمین‌آمار در برآورد برخی از خصوصیات کیفی آب‌های زیرزمینی، مطالعه موردی: دشت ارسنجان

محمد شعبانی^۱، استادیار گروه آبخیزداری، واحد ارسنجان، دانشگاه آزاد اسلامی

پذیرش مقاله: ۱۳۸۹/۰۳/۲۰

دریافت مقاله: ۱۳۸۸/۱۱/۱۲

چکیده

مدیریت بهینه منابع آبی و حفظ و ارتقای کیفیت آن‌ها نیازمند وجود اطلاعات در زمینه موقعیت، مقدار و پراکنش عوامل شیمیایی آب در یک منطقه جغرافیایی است. تهیه نقشه‌های به‌هنگام تغییرات پارامترهای کیفی آب‌های زیرزمینی یک منطقه، گام مهمی در مدیریت و بهره‌برداری صحیح از منابع آب زیرزمینی آن منطقه به‌شمار می‌رود. انتخاب و دقت روش‌های مناسب پهنه‌بندی و تهیه نقشه تغییرات خصوصیات کیفی آب‌های زیرزمینی، بستگی به شرایط منطقه و وجود آمار و اطلاعات کافی دارد که انتخاب صحیح آن‌ها گامی اساسی و مهم در مدیریت منابع آب‌های زیرزمینی محسوب می‌شود. هدف از انجام این تحقیق، ارزیابی دقت روش‌های زمین‌آمار در برآورد میزان EC (شوری)، NO₃ (نیترات)، pH و TDS (غلظت املاح محلول) آب‌های زیرزمینی دشت ارسنجان واقع در شمال شرق استان فارس و پهنه‌بندی آن‌ها با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی می‌باشد. بدین منظور، از روش‌های زمین‌آمار مانند روش‌های کریجینگ معمولی (OK)، کریجینگ ساده (SK) و روش‌های معین، مانند عکس فاصله (IDW)، تابع شعاعی (RBF)، تخمین‌گر موضعی (LPI) و تخمین‌گر عام (GPI) استفاده گردید. نتایج بر اساس معیارهای ریشه دوم میانگین مربع خطا (RMSE) و میانگین خطای مطلق (MAE) پایین‌تر نشان داد که از بین روش‌های مختلف میان‌یابی، روش کریجینگ ساده (SK) برای پارامترهای EC (RMSE= ۷۲۴/۸ و MAE= ۵۱۳/۴۱) و TDS (RMSE = ۴۶۳/۵ و MAE = ۳۲۸/۵۸) و روش کریجینگ معمولی (OK) برای پارامترهای pH (RMSE = ۰/۱۹۷) و NO₃ (MAE = ۰/۱۳۹ و RMSE = ۷/۹۲۳) و MAE = ۶/۲۹) برای مطالعه و تهیه نقشه تغییرات پارامترهای کیفی منطقه مناسب هستند. نتایج به‌دست آمده از این تحقیق موید برتری روش‌های زمین‌آمار کریجینگ نسبت به روش‌های معین است.

واژه‌های کلیدی: پهنه‌بندی، سامانه اطلاعات جغرافیایی، شوری، کیفیت آب، غلظت املاح محلول

مقدمه

منابع آب‌های زیرزمینی در ایران و بسیاری از کشورهای دیگر، که آب و هوایی مشابه دارند، مهم‌ترین منابع آب مورد استفاده در کشاورزی و شرب محسوب می‌شوند. از سوی دیگر، خطر آلودگی کم‌تر این منابع نسبت به دیگر روش‌های استحصال آب، باعث شده حتی در مناطقی که کمبودی از لحاظ آب سطحی احساس نمی‌شود، استفاده از این منابع رونق داشته باشد. موضوع آلودگی آب‌ها نه تنها در کشورهای صنعتی، بلکه در کشورهای در حال توسعه نیز مطرح است. در حال حاضر تغییر کیفیت آب‌های زیرزمینی و شور شدن منابع آب خطری بزرگ در راه توسعه کشاورزی کشور، به‌خصوص در اراضی خشک به‌شمار می‌رود. کیفیت آب‌های زیرزمینی چون آب‌های سطحی دائماً در حال تغییر است، اما این تغییرات نسبت به آب‌های سطحی بسیار کندتر است (پوراغنیایی، ۱۳۸۰). تهیه نقشه‌های به‌هنگام تغییرات شوری و املاح می‌تواند گام مهمی در بهره‌برداری صحیح از منابع آب باشد؛ علاوه بر آن، نقشه‌های

¹ mohamshabani@yahoo.com

تغییرات خصوصیات شیمیایی آب‌های زیرزمینی، نقش ارزنده‌ای در فرآیند تصمیم‌گیری و مدیریت استفاده و بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی ایفا می‌کند (ایلخچی و همکاران، ۱۳۸۱).

روش‌های مختلفی برای مطالعه و پهنه‌بندی تغییرات خصوصیات آب‌های زیرزمینی وجود دارد که هر کدام از آن‌ها، با توجه به شرایط منطقه و وجود آمار و اطلاعات کافی، دارای دقت‌های مختلفی می‌باشند. روش‌های مختلف میان‌یابی برای مطالعه و تهیه نقشه‌های تغییرات کیفیت آب‌های زیرزمینی به کار می‌روند که از میان آن‌ها می‌توان روش‌های زمین‌آمار کریجینگ و کوکریجینگ و روش‌های معین، مانند روش عکس فاصله و تابع شعاعی را نام برد. انتخاب روش مناسب پهنه‌بندی و تهیه نقشه تغییرات خصوصیات کیفی آب‌های زیرزمینی، یک گام اساسی و مهم در مدیریت منابع آبی منطقه به‌شمار می‌رود.

زهبابیان و همکاران (۱۳۸۶) در مطالعه‌ای تحت عنوان بررسی و تحلیل مکانی خصوصیات کیفی آب‌های زیرزمینی در حوضه آبخیز گرمسار، در استان سمنان، روش‌های زمین‌آمار و معین را به‌کار بردند. آن‌ها با مقایسه ریشه دوم میانگین مربع خطای هر عامل^۱ (RMSe) و دیگر پارامترهای ارزیابی به این نتیجه رسیدند که روش‌های زمین‌آمار دقت بالاتری نسبت به روش‌های معین دارد (ایلخچی و همکاران، ۱۳۸۱). احمد در سال ۲۰۰۲، کاربرد روش کریجینگ را در تخمین وابستگی مکانی متغیرهای کیفیت آب مثل TDS^۲ به کار برد و نتیجه گرفت که کریجینگ قابلیت بالایی برای این هدف دارد (چی، ۱۳۷۱). با بررسی غلظت آرسنیک در آب‌های زیرزمینی بنگلادش و استفاده از اطلاعات ۳۵۳۴ چاه، داده‌های به‌دست آمده نشان دهنده چولگی بالا در داده‌های آرسنیک بود. برای تخمین غلظت و تهیه نقشه احتمال، از روش کریجینگ گسسته استفاده گردید (Ongwenyi و همکاران، ۱۹۹۳). فرینک و همکاران به‌منظور برآورد میزان تغییرات سطح آب‌های زیرزمینی در هلند از روش کریجینگ ساده استفاده نمودند و آن را به‌عنوان مناسب‌ترین روش برای پهنه‌بندی سطح آب‌های زیرزمینی معرفی نمودند (Brooks و همکاران، ۱۹۹۱). باجالی تاثیر چهار سد تغذیه مصنوعی را بر روی کیفیت آب‌های زیرزمینی از نظر TDS در عمان با استفاده از سه روش کریجینگ، عکس فاصله^۳ (IDW) و تخمین گر عام^۴ (GPI) مدل بندی نمود. نتایج، نشان‌دهنده برتری روش‌های کریجینگ و IDW در مطالعه کیفیت آب‌های زیرزمینی و پهنه بندی نقشه تغییرات TDS در منطقه مورد مطالعه بود (صادقی و همکاران، ۱۳۸۵).

تقی‌زاده مهرجردی و همکاران در مطالعه‌ای در دشت یزد - اردکان، به تحلیل مکانی برخی از خصوصیات کیفی آب‌های زیرزمینی مانند TDS، TH، EC، SAR، CL⁻ و SO₄²⁻ با استفاده از سه روش IDW، کریجینگ و کوکریجینگ پرداختند. ارزیابی نتایج حاصله بر اساس معیار RMSe نشان داد که روش کریجینگ بر دو روش دیگر برتری داشته و در نهایت به‌عنوان روش نهایی و مناسب برای تهیه نقشه خصوصیات کیفی آب‌های زیرزمینی منطقه انتخاب گردید (Xiaoming و همکاران، ۲۰۰۷). بارکای و همکاران برای تهیه نقشه خطر نیترات در دشت مادنا^۵ در ایتالیا، از روش کریجینگ گسسته^۶ و روش‌های شبیه‌سازی استفاده نمودند. نتایج نشان داد که روش کریجینگ گسسته برای مطالعه خطر تخریب کیفیت آب‌های زیرزمینی مناسب است (صادقی و همکاران، ۱۳۸۳ الف). فتونی و همکاران نیز در بررسی کیفیت آب‌های زیرزمینی دشت‌های کشاورزی تریفا^۷ در شمال شرق مراکش از نظر میزان نیترات آمونیوم و آلودگی‌های باکتریولوژیکی از روش کریجینگ معمولی برای مطالعه و پهنه‌بندی نقشه کیفی آب‌های زیرزمینی استفاده نمودند. نتایج آن‌ها نشان‌دهنده تغییرات معنی‌دار در مقایسه با مطالعات پیشین بود و بیان نمودند که اگر هیچ نوع راهبرد بازدارنده صورت نگیرد، توسعه اراضی کشاورزی در این مناطق باعث تخریب کیفیت آب‌های زیرزمینی می‌گردد (صادقی و همکاران، ۱۳۸۳ ب).

¹ Root Mean Squared Error

² Total Dissolved Salts

³ Inverse Distance Weights

⁴ Global Polynomial Interpolation

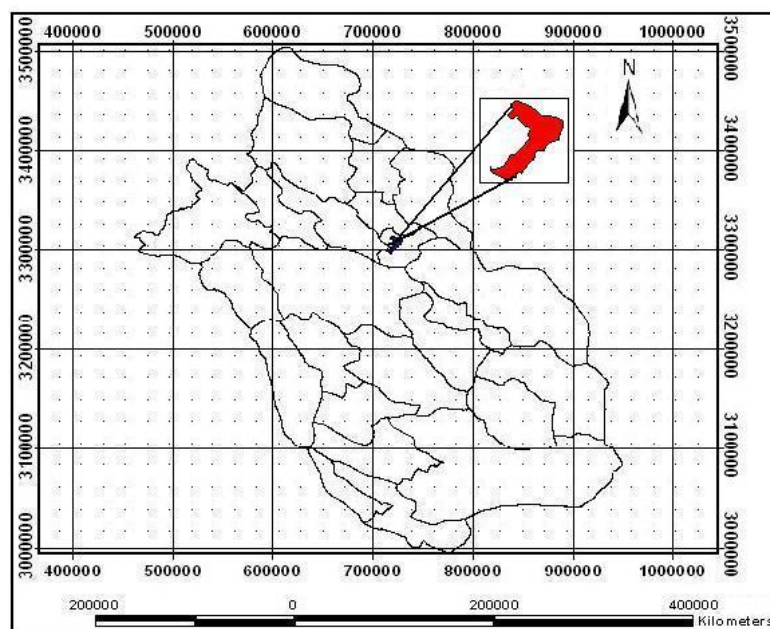
⁵ Modena

⁶ Disjunctive Kriging

⁷ Triffa

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: منطقه مورد مطالعه در این تحقیق دشت ارسنجان در شمال شرق استان فارس با وسعت ۱۰۱/۰۶۴ کیلومتر مربع است که بین طول‌های شرقی $53^{\circ}12'52''$ تا $53^{\circ}23'01''$ و عرض‌های شمالی $29^{\circ}23'46''$ تا $29^{\circ}15'56''$ واقع شده و جزء حوزه آبخیز دریاچه طشک و بختگان محسوب می‌گردد. متوسط ارتفاع حوزه آبخیز دشت ارسنجان، ۱۷۵۰ متر، حداکثر ارتفاع حوزه، ۳۲۷۰ متر در قله کوه سیاه و حداقل ارتفاع در نقطه خروجی دشت، معادل ۱۶۰۰ متر از سطح دریا است. متوسط بارندگی، درجه حرارت و تبخیر و تعرق سالانه حوزه به ترتیب ۳۰۲ میلی‌متر، ۱۴/۵ درجه سانتی‌گراد و ۱۰۴۰/۵ میلی‌متر و اقلیم منطقه بر اساس روش دمارتن، از نوع نیمه‌خشک می‌باشد. دشت ارسنجان فاقد جریان دائمی آب‌های سطحی است و سیلاب‌های حاصل از ریزش باران از دامنه کوه به سوی پهنه میانی دشت در آبراهه‌ها جریان می‌یابد تا بخشی از سفره آب زیرزمینی را تغذیه نماید. بر اساس گزارش‌های سازمان آب منطقه‌ای فارس، تعداد ۶۲۸ حلقه چاه با آب‌دهی سالانه ۸۸/۲۹ میلیون مترمکعب، ۱۵ دهنه چشمه با آب‌دهی سالانه ۲/۸۶ میلیون مترمکعب و ۹ رشته قنات با آب‌دهی ۶/۱ میلیون مترمکعب وجود دارد که در مجموع حجم تخلیه کل از منابع آب زیرزمینی، سالانه ۹۷/۲۵ میلیون مترمکعب است. شکل ۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه را در سطح استان فارس نشان می‌دهد.



شکل ۱- موقعیت دشت ارسنجان بر روی نقشه

روش تحقیق

در این تحقیق با توجه به اهداف، ۸۳ حلقه چاه در دشت ارسنجان به‌طور تصادفی و با پراکنش مناسب انتخاب گردید. پس از انتخاب چاه‌ها، در چهار نوبت دو مرحله‌ای در فصول مختلف سال ۱۳۸۶ و به کمک بطری‌های نمونه‌برداری به حجم ۳۰۰ سانتی‌متر مکعب، نمونه‌هایی برداشت و برای تعیین میزان EC^1 ، NO_3^{++} ، pH و TDS به آزمایشگاه ارسال گردید؛ هم‌زمان با برداشت هر نمونه، مختصات جغرافیایی هر حلقه چاه به کمک GPS در سامانه UTM یادداشت شد. پس از اعلام نتایج در آزمایشگاه در مرحله بعد، کلیه داده‌های مربوط به هر پارامتر از نظر نرمال بودن با استفاده از آزمون کلموگراف-اسمیرنوف در محیط SPSS بررسی گردید. سپس برای تبدیل داده‌های نقطه‌ای مذکور به داده‌های شطرنجی (Raster) در محیط نرم‌افزاری ArcGIS، از روش‌های زمین‌آمار^۲ کریجینگ ساده^۱ و

¹ Electrical Conductivity

² Geostatistical Method

معمولی^۲ و روش‌های معین^۳ مانند عکس فاصله^۴، تابع شعاعی^۵، تخمین گر عام^۶ و تخمین گر موضعی^۷ استفاده گردید. به منظور تشریح پیوستگی مکانی متغیرها، واریوگرام داده‌ها به‌طور جداگانه در محیط نرم افزاری GS⁺ ترسیم گردید؛ سپس برای انتخاب روش مناسب میان‌یابی برای تهیه نقشه تغییرات دشت ارسنجان، از روش ارزیابی متقابل^۸ استفاده شد. در این روش یک نقطه به‌طور موقتی حذف و با اعمال روش مورد نظر برای آن نقطه، مقداری برآورد می‌گردد؛ سپس مقدار حذف شده به‌جای خود برگردانده شده و برآورد برای بقیه نقاط به صورت مجزا صورت می‌گیرد. این کار برای کلیه نقاط مشاهده‌ای تکرار به‌طوری که در انتها به تعداد کل نقاط مشاهده‌ای، نقاط برآوردی وجود خواهد داشت. در پایان با داشتن مقادیر واقعی و برآورد شده می‌توان خطا و انحراف روش استفاده شده را تعیین نمود. به‌منظور ارزیابی و دقت روش‌های مختلف میان‌یابی از معیارهای ارزیابی استفاده می‌شود. معیارهای مختلفی برای این کار وجود دارد که می‌توان به میانگین خطای مطلق^۹ (MAE) و ریشه دوم میانگین مربع خطا (RMSE) اشاره نمود (۱، ۵ و ۱۰). نهایتاً روش مناسب میان‌یابی براساس کم‌ترین مقدار RMSE و MAE مشخص و مبادرت به تهیه نقشه پهنه‌بندی پارامتر مورد نظر می‌شود. معادلات محاسبه RMSE و MAE به قرار زیر است.

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |Z^*(x_i) - Z(x_i)|}{n} \quad (1)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [Z^*(x_i) - Z(x_i)]^2}{n}} \quad (2)$$

که در آن‌ها، n تعداد نقاط مشاهده‌ای، $Z^*(x_i)$ مقدار برآوردی بر نقطه نام، $Z(x_i)$ مقدار مشاهده‌ای برای نقطه نام است.

نتایج و بحث

آزمون نرمال بودن داده‌ها: نتایج مربوط به آزمون کلموگراف - اسمیرنوف نشان داد که داده‌های pH و NO_3 (نیترات)، نرمال بوده اما داده‌های مربوط به EC و TDS نرمال نیست و لذا از لگاریتم داده‌های آن‌ها استفاده گردید. لازم به ذکر است که شرط نرمال بودن فقط برای روش‌های میان‌یابی کریجینگ بوده و برای سایر روش‌های معین، شرط نمی‌باشد (۱ و ۱۰). جدول ۱ مقادیر برخی از آماره‌های EC، NO_3 ، PH و TDS را نشان می‌دهد.

تحلیل واریوگرام: نتایج مربوط به بهترین مدل برازش یافته بر واریوگرام و پارامترهای آن در جدول ۲ ارائه شده است. شکل‌های ۲ تا ۵ نیز واریوگرام‌های تجربی پارامترهای مورد مطالعه را نشان می‌دهند.

جدول ۱- مقادیر برخی از آماره‌های مربوط به داده‌های پارامترهای کیفی آب زیرزمینی

پارامتر	تعداد نمونه	میانگین نمونه‌ها	انحراف معیار	حداکثر	حداقل	چولگی	کشیدگی
EC	۸۳	۱۶۰۴/۶۱	۱۱۴۳/۵۸	۵۶۹۰	۵۰۴	۲/۰۶	۴/۱۸
NO_3	۸۳	۲۳/۹۸	۸/۴۲	۴۴/۳۰	۹/۷۵	۰/۰۳۲	-۰/۷
PH	۸۳	۷/۴۳	۰/۲۱	۷/۶۸	۶/۵۸	-۱/۶۹	۳/۴۰
TDS	۸۳	۱۰۲۶/۹۵	۷۳۱/۸۹	۳۶۴۱/۶۰	۳۲۲/۵۶	۲/۰۶	۴/۱۸

³ Simple Kriging

⁴ Ordinary Kriging

⁵ Deterministic Method

⁶ Inverse Distance Weights

⁷ Radial Basis Function

⁸ Global Polynomial Interpolation

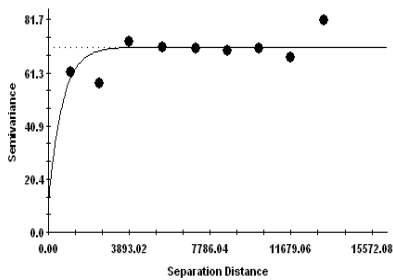
⁹ Local Polynomial Interpolation

¹⁰ Cross Validation

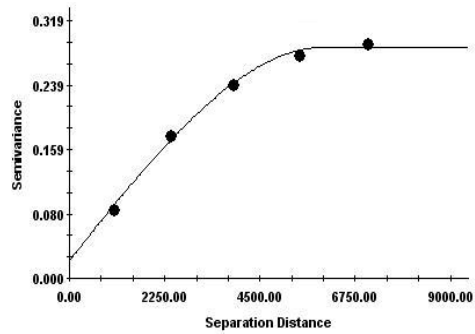
¹¹ Mean Absolute Error

جدول ۲- مقادیر پارامترهای واریوگرام

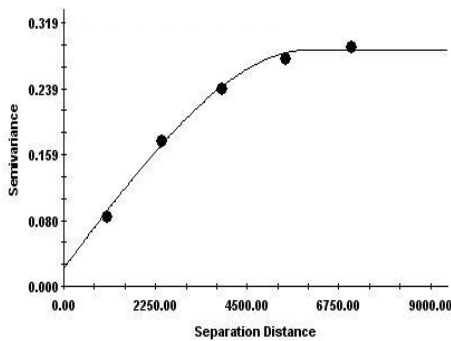
پارامتر	مدل	اثر قطعه‌ای	آستانه	شعاع تأثیر (m)	RSS
EC	کروی	۰/۲۱۹	۰/۲۸۵۸۰	۶۰۳۰	۰/۰۰۰۱
NO3	نمایی	۱۰/۶۰	۷۱/۲۱	۱۹۸۰	۰/۰۲۹۲
PH	نمایی	۰/۰۰۷۶	۰/۰۴۳۵	۱۷۱۰	۰/۰۰۰۶
TDS	کروی	۰/۰۲۱۹	۰/۲۸۵	۶۰۳۰	۰/۰۰۰۱



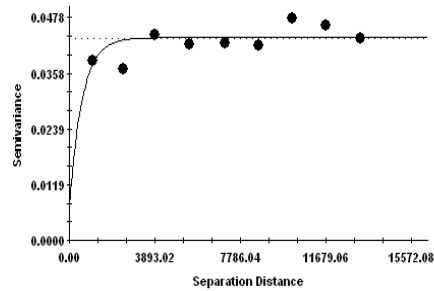
شکل ۳- واریوگرام تجربی NO₃



شکل ۲- واریوگرام تجربی EC

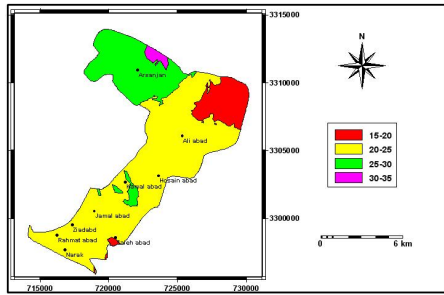


شکل ۵- واریوگرام تجربی TDS

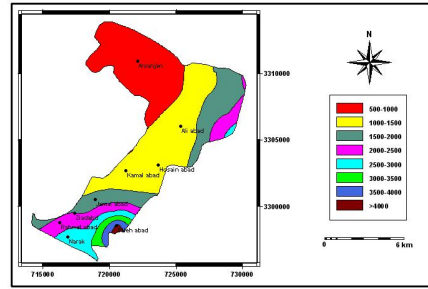


شکل ۴- واریوگرام تجربی PH

جدول ۳ مقادیر RMSE و MAE مربوط به پارامترهای مورد مطالعه برای روش‌های معین و کریجینگ و جدول ۴ انتخاب روش نهایی را بر اساس دو معیار RMSE و MAE در دشت ارسنجان نشان می‌دهند. با توجه به جدول ۴، نقشه‌های هم EC، هم نیترا، هم pH و هم TDS منطقه مورد مطالعه براساس روش مناسب برای هر پارامتر تهیه گردید که به ترتیب در شکل‌های ۶ تا ۹ نشان داده شده‌اند. نتایج نشان داد که از بین روش‌های معین برای تهیه نقشه تغییرات EC در منطقه، روش تابع شعاعی (RBF) به دلیل پائین تر بودن مقادیر RMSE و MAE ($RMSE = ۷۴۱/۵$ و $MAE = ۵۲۲/۲۸$) نسبت به سایر روش‌های معین مناسب‌تر است (جدول ۳). علاوه بر این نتایج حاصل از جدول ۳ نشان داد که از بین روش‌های کریجینگ، روش کریجینگ ساده (SK) به دلیل دارا بودن RMSE و MAE پائین‌تر ($RMSE = ۷۲۴/۸$ و $MAE = ۵۱۳/۴۱$) نسبت به روش کریجینگ معمولی (OK) بهتر می‌باشد. با مقایسه دو روش RBF و SK نتیجه‌گیری می‌شود که روش SK به دلیل پائین تر بودن RMSE و MAE (جدول ۳) نسبت به روش RBF، ارجحیت داشته و لذا به‌عنوان روش نهایی در تهیه نقشه تغییرات EC در منطقه انتخاب شد.



شکل ۷- نقشه هم نیتراته آبهای زیرزمینی دشت ارسنجان بر اساس روش SK



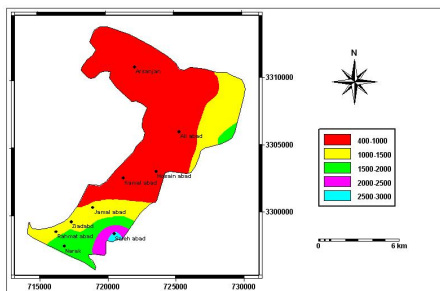
شکل ۶- نقشه هم EC آبهای زیرزمینی دشت ارسنجان بر اساس روش OK

جدول ۳- مقادیر RMSe و MAE پارامترهای مورد مطالعه

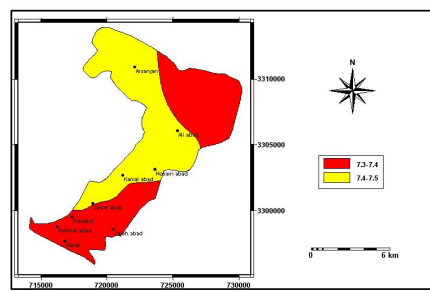
روش‌های معین								روش‌های کریجینگ				فاکتور
تخمین گر موضعی (LPI)		تخمین گر عام (GPI)		تابع شعاعی (RBF)		عکس فاصله (IDW)		کریجینگ معمولی (OK)		کریجینگ ساده (SK)		
MAE	RMSe	MAE	RMSe	MAE	RMSe	MAE	RMSe	MAE	RMSe	MAE	RMSe	
۵۳۴/۹۱	۸۳۳/۱	۵۷۶/۴۱	۹۰۰/۴	۵۲۲/۲۸	۷۴۱/۵	۵۵۴/۲۰	۷۶۶/۳	۵۱۹/۲۶	۷۴۲/۱	۵۱۳/۴۱	۷۲۴/۸	EC
۶/۶۱	۸/۲۹۴	۶/۳۷	۸/۰۹۱	۶/۵۸	۸/۲۴۰	۷/۲۱	۹/۰۷۵	۶/۲۹	۷/۹۲۳	۶/۴۲	۸/۰۲۵	NO3
۰/۱۵۵	۰/۲۱۲	۰/۱۵۱	۰/۲۰۴	۰/۱۴۶	۰/۲۰۱	۰/۱۵۹	۰/۲۲۱	۰/۱۳۹	۰/۱۹۷	۰/۱۵۰	۰/۲۰۲	PH
۳۴۲/۳۴	۵۳۳/۲	۳۶۸/۹۰	۵۷۶/۳	۳۳۴/۲۶	۴۷۴/۶	۳۵۴/۶۹	۴۹۰/۵	۳۳۲/۳۲	۴۷۹/۴	۳۲۸/۵۸	۴۶۳/۹	TDS

جدول ۴- انتخاب روش نهایی برای برآورد خصوصیات کیفی پارامترهای آب زیرزمینی

روش	پارامتر
کریجینگ ساده (SK)	EC
کریجینگ معمولی (OK)	NO3
کریجینگ معمولی (OK)	PH
کریجینگ ساده (SK)	TDS



شکل ۹- نقشه هم TDS آبهای زیرزمینی دشت ارسنجان بر اساس روش SK



شکل ۸- نقشه هم PH آبهای زیرزمینی دشت ارسنجان بر اساس روش OK

نتایج حاصل از جدول ۳ برای بررسی و مطالعه پارامتر NO_3 نیز نشان می‌دهد که روش تخمین گر عام (GPI) با داشتن $MAE = ۶/۳۷$ و $RMSe = ۸/۰۹۱$ نسبت به سایر روش‌های معین و روش کریجینگ معمولی (OK) با داشتن $MAE = ۶/۲۹$ و $RMSe = ۷/۹۲۳$ نسبت به روش کریجینگ ساده، برتری دارد. در نهایت از مقایسه دو روش GPI و OK نتیجه‌گیری می‌شود که روش OK برای تهیه نقشه تغییرات نیترات در منطقه به دلیل دارا بودن $RMSe$ و MAE پائین‌تر نسبت به روش GPI، ارجحیت داشته و به‌عنوان روش نهایی برای مطالعه انتخاب گردید.

نتایج مربوط به ارزیابی مقادیر به دست آمده (جدول ۳) برای پارامتر pH نیز نشان داد که روش تابع شعاعی (RBF) در بین روش‌های معین به دلیل داشتن RMSE و MAE پایین‌تر ($RMSE = 0/201$ و $MAE = 0/146$) و روش کریجینگ معمولی (OK) با $RMSE = 0/197$ و $MAE = 0/139$ نسبت به روش کریجینگ ساده (SK) برای تهیه نقشه تغییرات pH برتری دارند. از مقایسه دو روش RBF و OK نتیجه‌گیری می‌شود که روش OK برای تهیه نقشه تغییرات pH در منطقه به دلیل RMSE و MAE پایین‌تر نسبت به روش RBF ارجحیت داشته و به‌عنوان روش نهایی میان‌بایی انتخاب شد.

علاوه بر این نتایج نشان داد که از بین روش‌های معین برای مطالعه و تهیه نقشه تغییرات TDS در منطقه، روش تابع شعاعی (RBF) به دلیل دارا بودن RMSE و MAE پایین‌تر ($RMSE = 474/6$ و $MAE = 334/26$) و روش کریجینگ ساده (SK) با $RMSE = 463/5$ و $MAE = 328/58$ نسبت به روش کریجینگ معمولی (OK) بهتر هستند. با مقایسه دو روش RBF و SK نتیجه‌گیری می‌شود که روش SK به دلیل دارا بودن RMSE و MAE کم‌تر (جدول ۳) نسبت به روش RBF ارجحیت داشته و لذا به‌عنوان روش نهایی در تهیه نقشه تغییرات TDS در منطقه انتخاب گردید.

با توجه به مطالب ذکر شده و مراجعه به جدول ۴، جمع‌بندی می‌گردد که دقت روش‌های زمین‌آماري کریجینگ نسبت به سایر روش‌های معین بیش‌تر است و می‌توان از آن‌ها برای مطالعه و پهنه‌بندی نقشه تغییرات خصوصیات آب‌های زیرزمینی منطقه استفاده کرد. بنابراین، از بین سایر روش‌های میان‌بایی، روش کریجینگ ساده (SK) برای مطالعه و تهیه نقشه تغییرات EC و TDS، و روش کریجینگ معمولی (OK) برای مطالعه تغییرات pH و NO_3 در منطقه مورد مطالعه استفاده شد. زهتابیان و محمدعسکری (۱۳۸۶)، Ahmed (۲۰۰۲)، Bajjal (۲۰۰۵)، Taghizadeh Mehrjerdi و همکاران (۲۰۰۸)، Barcae و Passarella (۲۰۰۸) و Fetouani و همکاران (۲۰۰۸) در تحقیقات خود، که در مقدمه به آن‌ها اشاره گردید، روش‌های زمین‌آمار مانند کریجینگ معمولی، ساده، گسسته و کوکریجینگ را به‌عنوان ابزاری مناسب برای مطالعه کیفیت آب‌های زیرزمینی و نقشه‌بندی آن‌ها در مناطق مختلف جهان پیشنهاد کردند که نتایج به دست آمده از این تحقیق نیز، نظر آن‌ها را تأیید می‌نماید.

منابع مورد استفاده

۱. زهتابیان، غ و ح. محمدعسکری. ۱۳۸۶. طرح تحقیقاتی بررسی و تحلیل مکانی خصوصیات کیفی آب‌های زیرزمینی درحوزه آبخیز گرمسار. دانشگاه تهران.
۲. مهدوی، م. ۱۳۸۴. هیدرولوژی کاربردی. جلد دوم، انتشارات دانشگاه تهران.
3. Ahmed, S. 2002. Groundwater monitoring network design: application of Geostatistics with a few case studies from a granitic aquifer in a semi-arid region. In: Groundwater Hydrology, M.M. Sherif, V.P. Singh and M. Al-Rashed (Eds.), Balkema, Tokyo, Japan, 2:37-57.
4. Bajjali, W. 2005. Model the effect of four artificial recharge dams on the quality of groundwater using geostatistical methods in GIS environment, Oman. Journal of Spatial Hydrology, 5(2):1-15.
5. Barcae, E. and G. Passarella. 2008. Spatial evaluation of the risk of groundwater quality degradation: A comparison between disjunctive Kriging and Geostatistical simulation. Journal of Environmental Monitoring and Assessment, 133:261-273.
6. Fetouani, S., M. Sbaa, M. Vanclooster and B. Bendra. 2008. Assessing groundwater quality in the irrigated plain of Triffa (North-east Morocco). Journal of Agricultural Water Management, 95:133-142.
7. Frinke, P.A., D.J. Bruns, M.F.P. Bierkens, T. Hoogland and F. de Vries. 2004. Mapping groundwater dynamics using multiple sources of exhaustive high resolution data. Journal of Geoderma, 123:23-29.
8. Gaus, I., D.G. Kinniburgh, J.C. Talbot and R. Webster. 2003. Geostatistical analysis of Arsenic concentration in groundwater in Bangladesh using disjunctive kriging. Journal of Environmental Geology, 44:939-948.
9. Johansson, B. and D. Chen. 2003. The influence of mind and topography on precipitation distribution in Sweden: statistical analysis and modeling. International Journal of Climatology, 23:1523-1535.
10. Taghizadeh Mehrjerdi, R., M. Zareian, Sh. Mahmodi and A. Heidari. 2008. Spatial distribution of groundwater quality with geostatistics (Case Study: Yazd-Ardakan plain). Word Applied Science Journal, 4(1):9-17.

Investigating geostatistical techniques in predicting some groundwater quality parameters, case study: Arsanjan plain

Mohammad Shabani¹, Assistant Professor, Department of Watershed Management, Arsanjan Unit, Azad University, Iran

Received: 31 January 2010

Accepted: 09 June 2010

Abstract

Increasing and preserving water quality requires sufficient data of the location, value as well as spatial distribution of the chemical factors. Preparation of the updated maps of groundwater salinity variation and salt concentration is an important step for appropriate management and its exploitation. Selection an accurate method for zonation and mapping groundwater quality parameters variation depends on regional condition and availability of data which is an important stage for groundwater management. The purpose of this research is evaluation of geostatistical techniques accuracy for determination of EC, NO₃, pH and TDS of groundwater and mapping them using geographic information systems in Arsanjan plain, northwest of Fars province. For this aim, different techniques of geostatistics including Ordinary Kriging (OK) and Simple Kriging (SK) as well as deterministic techniques such as Inverse Distance Weights (IDW), Radial Basis Function (RBF), local polynomial interpolation (LPI) and Global Polynomial Interpolation (GPI) were used. The result based on lowest root mean squared error (RMSe) and Mean Absolute Error (MAE) showed that Simple Kriging (SK) technique is the most appropriate technique for salinity (EC) mapping (RMSe=724.8 and MAE=513.41) and TDS mapping (RMSe=463.9 and MAE=328.58) among all techniques in the study area. Also the results revealed that OK with RMSe=0.197 and MAE=0.139 for pH parameter and RMSe=7.92 and MAE=6.29 for nitrate parameter has the highest priority among other techniques and is selected for pH and nitrate variation mapping. Finally, the results of this research indicated that Geostatistical techniques have higher priority than deterministic techniques and thus are selected as suitable methods in Arsanjan plain.

Key words: Geographic information systems, Salinity, Total Dissolved Salts, Water quality, Zonation

¹ mohamshabani@yahoo.com