تعیین مناسب‌ترین روش میان‌یابی در پهنه‌بندی خصوصیات شیمیایی آب‌های زیرزمینی

محمد شعبانی[1]، استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد نی‌ریز

دریافت مقاله: ۱۳۸۹/۱۰/۲۸ پذیرش مقاله: ۱۳۹۰/۰۴/۳۱

چکیده

انتخاب و دقت روش‌های مناسب پهنه‌بندی و تهیه نقشه تغییرات خصوصیات کیفی آب‌های زیرزمینی بستگی به شرایط منطقه و وجود آمار و اطلاعات کافی در منطقه دارد که انتخاب صحیح آن‌ها گامی اساسی و مهم در مدیریت منابع آب‌های زیرزمینی به شمار می‌رود. هدف از انجام این تحقیق، تعیین مناسب‌ترین روش میان‌یابی در برآورد میزان EC (شوری)، NO_3 (نیترات)، pH و TDS (غلظت املاح محلول) آب‌های زیرزمینی دشت نی‌ریز واقع در جنوب شرق استان فارس و پهنه‌بندی آن‌ها با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی است. بدین منظور، از روش‌های زمین‌آمار مانند کریجینگ معمولی (OK)، کریجینگ ساده (SK) و روش‌های معین مانند عکس فاصله (IDW)، تابع شعاعی (RBF)، تخمین‌گر موضعی (LPI) و تخمین‌گر عام (GPI) استفاده شد. 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 شاخصه‌های EC (RMSe=۳۹۰۷/۵۳ و MAE=۲۹۱۱/۰۵)، TDS (RMSe=۲۵۸۷/۱۹ و MAE=۱۹۳۶/۴۸)، pH (RMSe=۰/۱۹۶ و MAE=۰/۱۴۳) و NO_3 (RMSe=۴/۸۶۸ و MAE=۳/۸۳۹) برای مطالعه و تهیه نقشه تغییرات شاخصه‌های کیفی منطقه مناسب است. نتایج به دست آمده از این تحقیق مؤید برتری روش‌های زمین آماری کریجینگ نسبت به روش‌های معین است.

واژه‌های کلیدی: کیفیت آب، آب‌های زیرزمینی، روش‌های زمین آمار، روش‌های معین، سامانه اطلاعات جغرافیایی، دشت نی‌ریز

مقدمه

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 معین است. علاوه‌برآن، اتخاذ روی‌کردهای مدیریتی در زمینه مبارزه با آلودگی‌های محیطی و خطر شوری، نه تنها نیازمند اطلاعات کمی در رابطه با میزان آلوده‌کننده موردنظر است، بلکه دانستن احتمال و ریسک این خطرات، کمک مؤثری در اتخاذ تدابیر مناسب می‌نماید. (زهتابیان و عسگری، ۱۳۸۶ و شعبانی، ۱۳۸۷). موضوع آلودگی آب‌ها نه تنها در کشورهای صنعتی بلکه در کشورهای درحال توسعه نیز مطرح است. تغییر کیفیت آب‌های زیرزمینی و شور شدن منابع آب در حال حاضر خطری بزرگ در راه توسعه کشاورزی کشور به‌خصوص در اراضی خشک است (مهدوی، ۱۳۸۴). تهیه نقشه‌های تغییرات خصوصیات شیمیایی آب‌های زیرزمینی، نقش ارزنده‌ای در فرآیند تصمیم‌گیری و مدیریت استفاده و بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی ایفا می‌کند (زهتابیان و عسگری، ۱۳۸۶).

روش‌های مختلفی برای مطالعه و پهنه‌بندی تغییرات خصوصیات شیمیایی آب‌های زیرزمینی وجود دارد که هر کدام از آن‌ها بسته به شرایط منطقه و وجود آمار و اطلاعات کافی دارای دقت‌های مختلفی هستند (شعبانی، ۱۳۸۷). از جمله روش‌های میان‌یابی برای مطالعه و تهیه نقشه‌های تغییرات کیفیت آب‌های زیرزمینی می‌توان به روش‌های

[1] نویسنده مسئول mohamshabani@yahoo.com

زمین‌آمار کریجینگ و کوکریجینگ و روش‌های معین مانند عکس فاصله، تابع شعاعی، تخمین‌گر عام و تخمین‌گر موضعی نام برد. انتخاب روش مناسب پهنه‌بندی و تهیه نقشه تغییرات خصوصیات کیفی آب‌های زیرزمینی گامی اساسی و مهم در مدیریت منابع آبی منطقه به‌شمار می‌رود.

زهتابیان و عسگری (۱۳۸۶) در مطالعه‌ای تحت عنوان بررسی و تحلیل مکانی خصوصیات کیفی آب‌های زیرزمینی درحوزه آبخیز گرمسار واقع در استان سمنان روش‌های زمین‌آمار و معین را به‌کار بردند. آن‌ها با مقایسه ریشه دوم میانگین مربع خطای هر عامل (RMSe)[1] و دیگر شاخصه‌های ارزیابی به این نتیجه رسیدند که روش‌های زمین آمار دقت بالاتری نسبت به روش‌های معین دارد. شعبانی (۱۳۸۷) در مطالعه خصوصیات کیفی آب‌های زیرزمینی دشت ارسنجان از نظر pH و TDS با استفاده از روش‌های زمین‌آمار و معین نشان داد که روش‌های زمین‌آماری کریجینگ به‌دلیل دارا بودن R بالاتر و RMSe پایین‌تر نسبت به روش‌های معین دارای دقت بالاتر بوده، در تهیه نقشه تغییرات pH و TDS در دشت ارسنجان دارای ارجحیت است. حبیبی اربطانی و همکاران (۱۳۸۸) در مدل‌سازی تغییرات مکانی برخی ویژگی‌های شیمیایی آب‌های زیرزمینی به‌کمک روش‌های زمین‌آماری در دشت شریف آباد در استان قم روش-های کریجینگ را مناسب‌ترین روش مدل‌بندی ویژگی‌های شیمیایی آب‌های زیرزمینی منطقه معرفی نمودند. رضایی و همکاران (۱۳۸۹) در مطالعه‌ای تحت عنوان بررسی تغییرات مکانی برخی شاخص‌های کیفی آب‌های زیرزمینی شامل EC، Na و SAR در استان گیلان با استفاده از زمین‌آمار نتیجه‌گیری نمودند که روش‌های کریجینگ و معکوس فاصله با توان یک دقت بیش‌تری در درون‌یابی شاخص‌های کیفی مورد استفاده دارند. Ahmed (۲۰۰۲) کاربرد روش کریجینگ را در تخمین وابستگی مکانی متغیرهای کیفیت آب مثل TDS[2] به‌کار برد و نتیجه گرفت که کریجینگ قابلیت بالایی برای این هدف دارد. Gaus و همکاران (۲۰۰۳) به بررسی غلظت آرسنیک در آب‌های زیرزمینی بنگلادش پرداختند. در این مطالعه از اطلاعات ۳۵۳۴ چاه استفاده شد. داده‌های به‌دست آمده نشان‌دهنده چولگی بالا در داده‌های آرسنیک بود. برای تخمین غلظت و تهیه نقشه احتمال از روش کریجینگ گسسته استفاده شد. Frinke و همکاران (۲۰۰۴) به‌منظور برآورد میزان تغییرات سطح آب‌های زیرزمینی در هلند از روش کریجینگ ساده استفاده نمودند و آن را به‌عنوان مناسب‌ترین روش برای پهنه بندی سطح آب‌های زیرزمینی معرفی نمودند. Bajjali (۲۰۰۵) تأثیر چهار سد تغذیه مصنوعی را بر روی کیفیت آب‌های زیرزمینی از نظر TDS در عمان با استفاده از سه روش کریجینگ، عکس فاصله (IDW)[3] و تخمین‌گر عام (GPI)[4] مدل‌بندی نمود. نتایج نشان‌دهنده برتری روش‌های کریجینگ و IDW در مطالعه کیفیت آب‌های زیرزمینی و پهنه‌بندی نقشه تغییرات TDS در منطقه مورد مطالعه بود.

در تحقیقی Taghizadeh Mehrjerdi و همکاران (۲۰۰۸) در دشت یزد-اردکان به تحلیل مکانی برخی از خصوصیات کیفی آب‌های زیرزمینی مانند TDS، pH، EC، SAR، Cl^- و SO_4^{2-} 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، در نهایت به‌عنوان روش نهایی و مناسب برای تهیه نقشه خصوصیات کیفی آب‌های زیرزمینی منطقه انتخاب شد. Barcae و همکاران (۲۰۰۸) برای تهیه نقشه خطر نیترات در دشت مادنا[5] در ایتالیا از روش کریجینگ گسسته[6] و روش‌های شبیه‌سازی استفاده نمودند. نتایج نشان داد که روش کریجینگ گسسته برای مطالعه خطر تخریب کیفیت آب‌های زیرزمینی مناسب است. Fetouani و همکاران (۲۰۰۸) در مطالعه کیفیت آب‌های زیرزمینی دشت‌های کشاورزی تریفا[7] در شمال شرق مراکش از نظر میزان نیترات آمونیوم و آلودگی‌های باکترولوژیکی از روش کریجینگ معمولی برای مطالعه و پهنه‌بندی نقشه کیفی آب‌های زیرزمینی استفاده نمودند. نتایج آن‌ها نشان‌دهنده

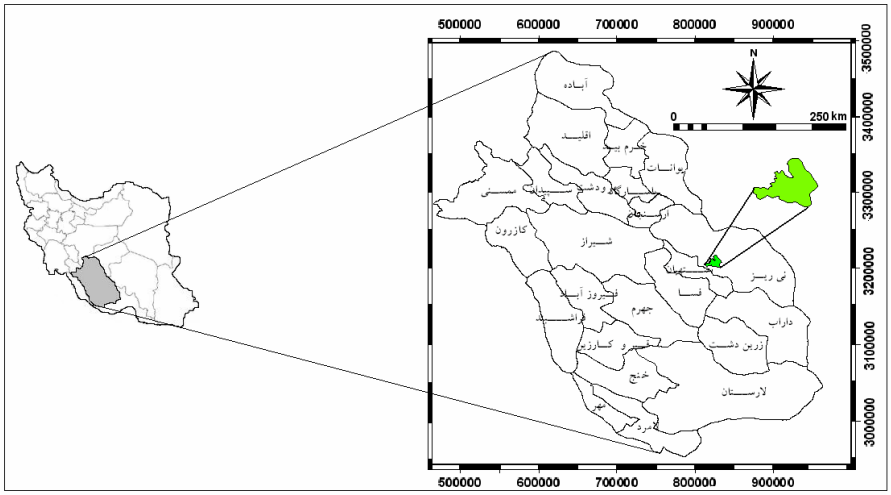
[1] Root Mean Squared Error
[2] Total Dissolved Salts
[3] Inverse Distance Weights
[4] Global Polynomial Interpolation
[5] Modena
[6] Disjunctive Kriging
[7] Triffa

تغییرات معنی‌دار در مقایسه با مطالعات قبلی بود و بیان نمودند که اگر هیچ نوع استراتژی بازدارنده صورت نگیرد، توسعه اراضی کشاورزی در این مناطق باعث تخریب کیفیت آب‌های زیرزمینی می‌شود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

دشت نی‌ریز واقع در جنوب شرق استان فارس با وسعت ۲۴۵۱۷/۶۰ هکتار و بین طول‌های شرقی ۵۴ درجه و ۷ دقیقه و ۲۲ ثانیه الی ۵۴ درجه و ۲۳ دقیقه و ۱۶ ثانیه و عرض‌های شمالی ۲۹ درجه و ۱۰ دقیقه و ۳ ثانیه الی ۲۹ درجه و ۲۰ دقیقه و ۲۶ ثانیه واقع شده و جزء یکی از زیر حوزه‌های آبخیز دریاچه بختگان محسوب می‌شود. متوسط ارتفاع دشت نی‌ریز ۱۹۷۴/۶۳ متر، بیشینه ارتفاع حوضه ۲۸۱۸ متر در قله کوه قبله و کمینه ارتفاع ۱۵۵۵ متر از سطح دریا است. (شرکت سهامی آب منطقه‌ای فارس، ۱۳۸۷). متوسط بارندگی، درجه حرارت و تبخیر و تعرق سالانه حوضه به‌ترتیب ۲۰۴/۸ میلی‌متر، ۱۹ درجه سانتی‌گراد و ۱۰۵۸/۳ میلی‌متر گزارش شده و اقلیم منطقه خشک است (شرکت سهامی آب منطقه‌ای فارس، ۱۳۸۷). شکل ۱ نقشه منطقه مورد تحقیق را نشان می‌دهد.



شکل ۱- موقعیت دشت نی‌ریز بر روی نقشه

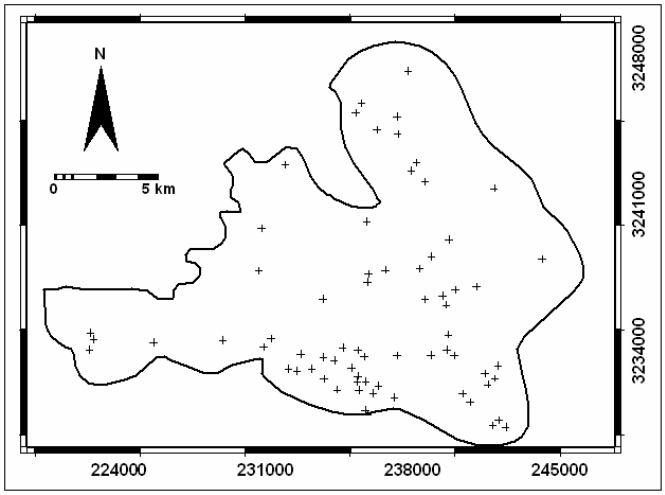
روش تحقیق

در این تحقیق ۷۳ حلقه چاه در دشت نی‌ریز به‌طور تصادفی و با پراکنش مناسب انتخاب شد. پس از انتخاب چاه‌ها به‌کمک بطری‌های نمونه‌برداری به حجم ۳۰۰ سانتی‌متر مکعب نمونه‌هایی برداشت و برای تعیین میزان EC (میکرو موس بر سانتی‌متر)، NO3 (میلی‌گرم در لیتر)، pH و TDS (میلی‌گرم در لیتر) به آزمایشگاه ارسال شدند. هم‌زمان با برداشت هر نمونه، مختصات جغرافیایی هر حلقه چاه به‌کمک GPS در سامانه UTM یادداشت شد (شکل ۲).

پس از اعلام نتایج به‌وسیله آزمایشگاه در مرحله بعد کلیه داده‌های مربوط به هر پارامتر از نظر نرمال بودن با استفاده از آزمون کلموگراف-اسمیرنف در محیط SPSS بررسی شد. سپس برای تبدیل داده‌های نقطه‌ای مذکور به داده‌های شطرنجی[1] در محیط نرم افزاری ArcGIS از روش‌های زمین آمار[2] کریجینگ ساده[3] و معمولی[4] و روش‌های معین[5] مانند عکس فاصله[6]، تابع شعاعی[1]، تخمین‌گر عام[2] و تخمین‌گر موضعی[3] استفاده شد. به‌منظور تشریح پیوستگی

[1] Raster
[2] Geostatistical Method
[3] Simple Kriging
[4] Ordinary Kriging
[5] Deterministic Method
[6] Inverse Distance Weights

مکانی متغیرها، واریوگرام داده‌ها به‌طور جداگانه در محیط نرم‌افزاری GS+ ترسیم شد. سپس برای انتخاب روش مناسب میان‌یابی به‌منظور تهیه نقشه تغییرات دشت نی‌ریز از روش ارزیابی متقابل[4] استفاده شد. در این روش یک نقطه به‌طور موقتی حذف شده و با اعمال روش مورد نظر برای آن نقطه، مقداری برآورد می‌شود. سپس مقدار حذف شده به‌جای خود برگردانیده شده و برآورد برای بقیه نقاط به‌صورت مجزا صورت می‌گیرد. این کار برای کلیه نقاط مشاهده‌ای، تکرار به‌طوری که در آخر به تعداد کل نقاط مشاهده‌ای، نقاط برآوردی وجود خواهد داشت. در پایان با داشتن مقادیر واقعی و برآوردشده می توان خطا و انحراف روش استفاده شده را تعیین نمود.



شکل ۲- موقعیت چاه‌های مورد مطالعه بر روی نقشه دشت نی‌ریز

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 (MAE)[5] و ریشه دوم میانگین مربع خطا (RMSe) اشاره نمود (رضایی و همکاران، ۱۳۸۹; زهتابیان و عسگری، ۱۳۸۶; Fetouani و همکاران، ۲۰۰۸). در نهایت روش مناسب میان‌یابی بر اساس کم‌ترین مقدار RMSe و MAE مشخص شده و مبادرت به تهیه نقشه پهنه‌بندی پارامتر مورد نظر در محیط نرم‌افزاری ILWIS شده است. معادلات محاسبه RMSe و MAE به قرار زیر است.

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

$$RMSe = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} \left[Z^*(x_i) - Z(x_i) \right]^2}{n}} \qquad (2)$$

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

نتایج و بحث

نرمال بودن داده‌ها: نتایج مربوط به آزمون کلموگراف-اسمیرنف نشان داد که داده‌های مربوط به EC، TDS، pH و NO_3 نرمال نیستند و لذا از لگاریتم داده‌های آن‌ها استفاده شد (جدول ۱). لازم به‌ذکر است که شرط نرمال بودن فقط

[1] Radial Basis Function
[2] Global Polynomial Interpolation
[3] Local Polynomial Interpolation
[4] Cross Validation
[5] Mean Absolute Error

برای روش‌های میان‌یابی کریجینگ بوده، برای روش‌های معین شرط نیست (شعبانی، ۱۳۸۷). جدول ۲ مقادیر برخی از آماره‌های EC، NO_3، pH و TDS را در حالت لگاریتمی نشان می‌دهد.

تحلیل واریوگرام: نتایج مربوط به بهترین مدل برازش‌یافته بر واریوگرام و پارامترهای آن در جدول ۳ ارائه شده است. شکل‌های ۳ الی ۶ نیز واریوگرام‌های تجربی پارامترهای مورد مطالعه را نشان می‌دهند.

جدول ۱- نتایج مربوط به آزمون کلموگراف–اسمیرنف در بررسی نرمال بودن داده‌ها

		Ln EC	Ln pH	Ln TDS	Ln No_3
N		۷۳	۷۳	۷۳	۷۳
Normal Parameters	Mean	۸/۱۶۸۸	۱/۹۴۸۹	۷/۷۲۲۴	۱/۶۹۴۵
	Std. Deviation	۱/۲۷۱۸۳	۰/۰۴۰۶۲	۱/۲۷۱۸۹	۰/۷۷۰۴۰
Most Extreme Differences	Absolute	۰/۱۵	۰/۱	۰/۱۵	۰/۱۶
	Positive	۰/۱۵	۰/۰۷	۰/۱۵	۰/۱۶
	Negative	-۰/۱۳	-۰/۱	-۰/۱۳	-۰/۱
Kolmogorov – Smirnov Z		۱/۲۷	۰/۸۶	۱/۲۷	۱/۳۹
Asymp. Sig. (2-tailed)		۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۴

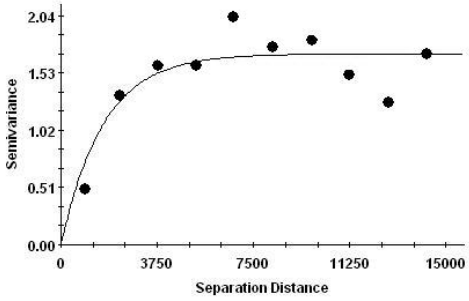
جدول ۲- مقادیر برخی از آماره‌های مربوط به پارامترهای کیفی آب‌های زیرزمینی در حالت لگاریتمی*

پارامتر	تعداد نمونه	میانگین نمونه‌ها	انحراف معیار	حداکثر	حداقل	چولگی	کشیدگی
EC($\mu mhcm^{-1}$)	۷۳	۱/۱۶۹	۱/۲۷۲	۹/۹۴	۵/۹۱	-۰/۴۲	-۱/۲۴
NO_3 ($mglit^{-1}$)	۷۳	۱/۶۹۵	۰/۷۷۰	۳/۲۶	۰/۶۹	۰/۴۷	-۰/۸۰
PH	۷۳	۱/۹۴۹	۰/۰۴۱	۲/۰۳	۱/۸۷	-۰/۰۳	-۰/۹۴
TDS ($mglit^{-1}$)	۷۳	۷/۷۲۲	۱/۲۷۲	۹/۵۰	۵/۴۷	-۰/۴۲	-۱/۲۴

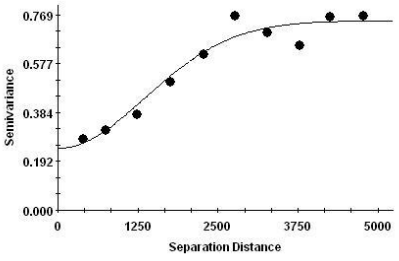
* مقادیر جدول از نوع لگاریتم بر مبنای عدد نپر (Ln) هستند.

جدول ۳- مقادیر پارامترهای واریوگرام تجربی داده‌ها

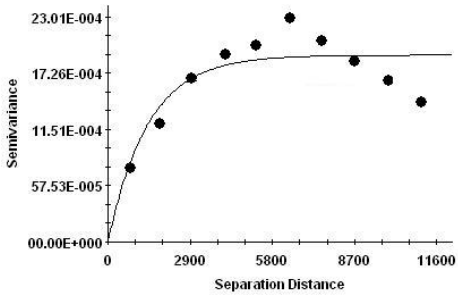
پارامتر	مدل	اثر قطعه‌ای	آستانه	شعاع تأثیر (m)	R^2
EC	نمایی	۰/۰۰۱۰	۱/۷۰۴	۴۹۵۰	۰/۷۴۶
NO_3	گوسی	۰/۲۴۴۰	۰/۷۴۶	۳۳۲۵/۵۳	۰/۹۴۶
pH	نمایی	۰	۰/۰۰۱۹۱	۴۲۶۰	۰/۷۰۵
TDS	نمایی	۰/۰۰۱۰	۱/۷۰۴	۴۹۵۰	۰/۷۴۶



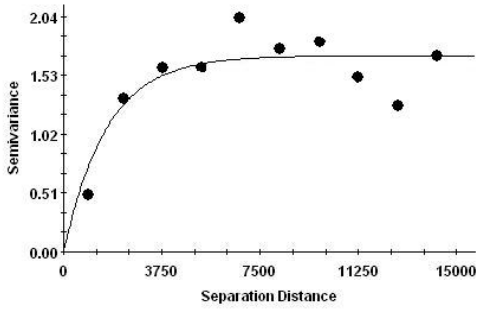
شکل ۳- واریوگرام تجربی EC



شکل ۴- واریوگرام تجربی NO_3



شکل ۵- واریوگرام تجربی pH

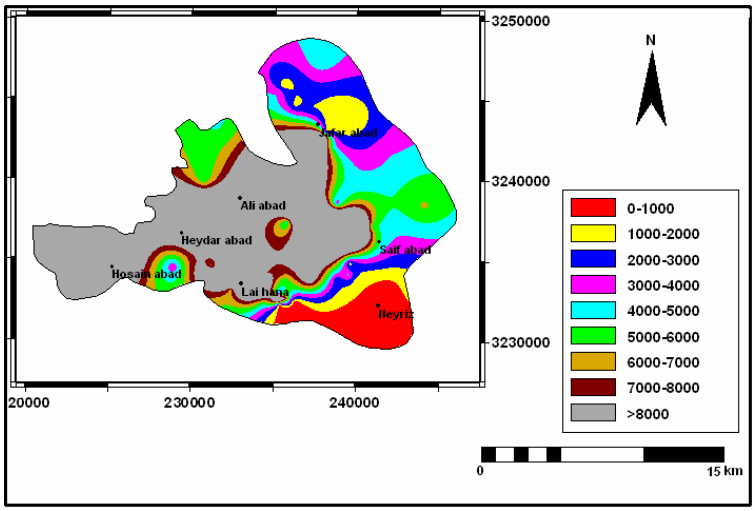


شکل ۶- واریوگرام تجربی TDS

جدول ۴ مقادیر RMSe و MAE مربوط به پارامترهای مورد مطالعه برای روش‌های معین و کریجینگ را نشان می‌دهد. روش نهایی را بر اساس دو معیار RMSe و MAE در دشت نی‌ریز برای مقادیر EC، NO3، pH و TDS روش SK به‌دست آمد.

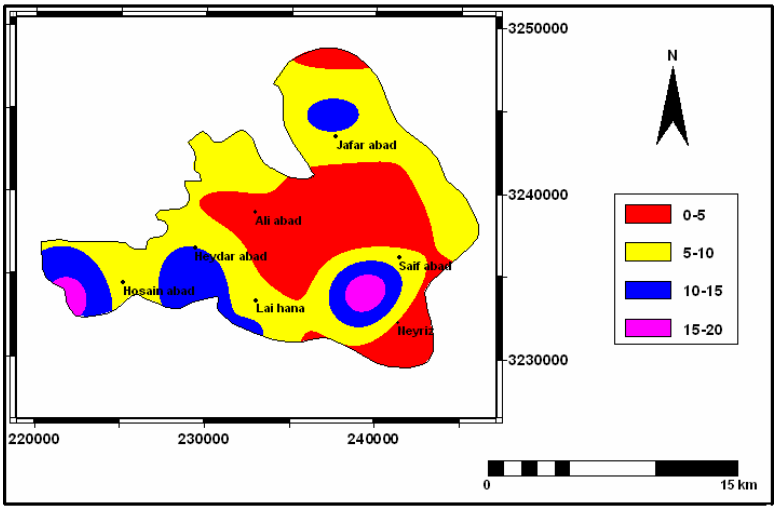
جدول ۴- مقادیر RMSe و MAE شاخص‌های مورد مطالعه

عامل	روش‌های کریجینگ				روش‌های معین					
	کریجینگ ساده (SK)		کریجینگ معمولی (OK)		عکس فاصله (IDW)		تابع شعاعی (RBF)		تخمین‌گر عام (GPI)		تخمین‌گر موضعی (LPI)	
	RMSe	MAE	RMSe	MAE	RMSe	MAE	RMSe	MAE	RMSe	MAE	RMSe	MAE
EC	۳۹۰۷/۵۳	۲۹۱۱/۰۵	۵۰۲۳/۸۳	۳۳۷۳/۲۲	۴۱۴۷/۹۰	۳۱۱۵/۳۵	۴۰۸۲/۵۳	۳۰۴۸/۰۵	۴۵۸۸/۷۷	۳۵۶۲/۵۲	۴۴۱۵/۱۰	۳۳۱۱/۹۲
NO3	۴/۸۶۸	۳/۸۳۹	۶/۱۵۳	۴/۶۵۳	۵/۱۹۰	۴/۲۹۸	۵/۰۲۱	۳/۸۵۵	۶/۴۹۱	۴/۸۴۲	۶/۰۴۱	۴/۲۴۱
PH	۰/۱۹۶	۰/۱۴۳	۰/۱۹۹	۰/۱۴۵	۰/۱۹۸	۰/۱۵۱	۰/۲۴۰	۰/۱۵۷	۰/۲۳۱	۰/۱۷۳	۰/۱۹۹	۰/۱۵۴
TDS	۲۵۸۷/۱۹	۱۹۳۶/۴۸	۳۲۱۵/۲۶	۲۱۵۸/۸۶	۲۶۵۴/۶۶	۱۹۹۳/۸۳	۲۶۱۲/۸۲	۱۹۵۰/۷۶	۲۹۳۶/۸۲	۲۲۸۰/۰۲	۲۸۲۵/۶۷	۲۱۱۹/۶۳

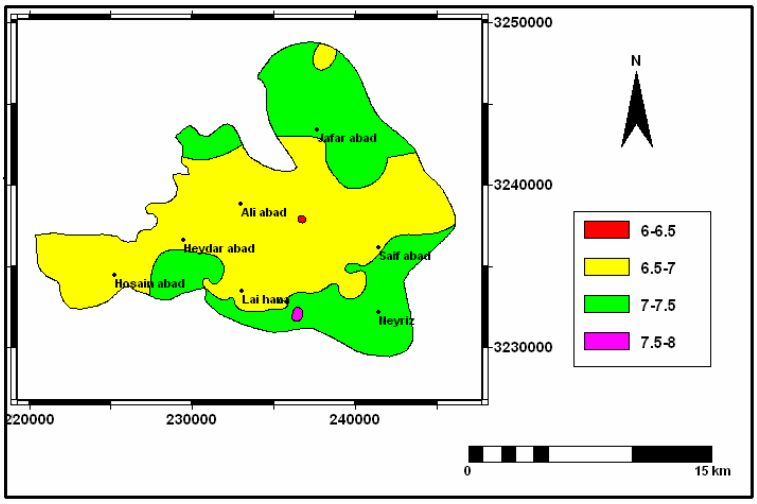


شکل ۷- نقشه هم EC آب‌های زیرزمینی دشت نی‌ریز بر حسب میکروموس بر سانتی‌متر بر اساس روش کریجینگ ساده

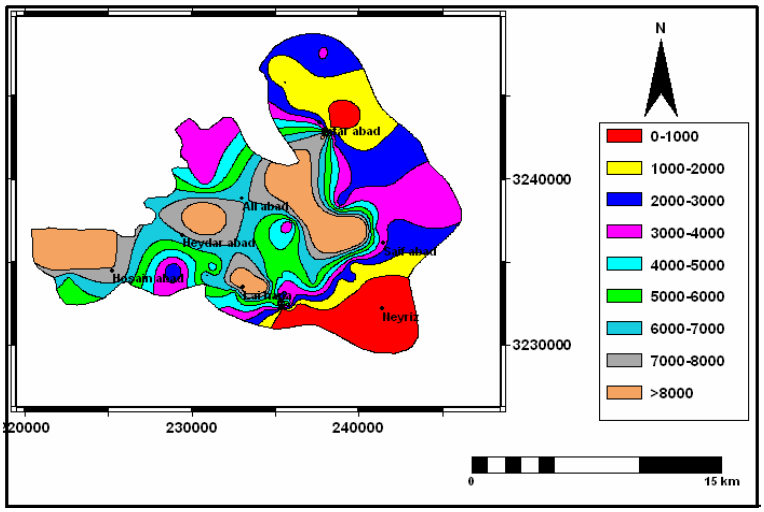
نتایج نشان داد که از بین روش‌های معین برای تهیه نقشه تغییرات EC در منطقه، روش تابع شعاعی (RBF) به‌دلیل پائین‌تر بودن مقادیر RMSe و MAE (RMSe=۴۰۸۲/۵۳ و MAE=۳۰۴۸/۰۵) نسبت به سایر روش‌های معین مناسب‌تر است (جدول ۴).



شکل ۸- نقشه هم نیتراته آب‌های زیرزمینی دشت نی‌ریز بر حسب میلی‌گرم در لیتر بر اساس روش کریجینگ ساده



شکل ۹- نقشه هم pH آب‌های زیرزمینی دشت نی‌ریز بر اساس روش کریجینگ ساده



شکل ۱۰- نقشه هم TDS آب‌های زیرزمینی دشت نی‌ریز بر حسب میلی‌گرم در لیتر بر اساس روش کریجینگ ساده

علاوه بر این نتایج حاصل از جدول ۴ نشان داد که از بین روش‌های کریجینگ، روش کریجینگ ساده (SK) به‌دلیل دارا بودن RMSe و MAE پائین‌تر (RMSe=۳۹۰۷/۵۳ و MAE=۲۹۱۱/۰۵) نسبت به‌روش کریجینگ معمولی (OK)

بهتر است. با مقایسه دو روشRBF و SK نتیجه‌گیری می‌شود که روش SK به‌دلیل پائین‌تر بودن RMSe و MAE (جدول ۴) نسبت به‌روش RBF ارجحیت داشته، لذا به‌عنوان روش نهایی در تهیه نقشه تغییرات EC در منطقه انتخاب می‌شود.

نتایج حاصل از جدول ۴ برای بررسی و مطالعه شاخص NO3 نیز نشان می‌دهد که روش تابع شعاعی (RBF) با داشتن RMSe=۵/۰۲۱ و MAE=۳/۸۵۵ نسبت به سایر روش‌های معین و روش کریجینگ ساده (SK) با داشتن RMSe=۴/۸۶۸ و MAE=۳/۸۳۹ نسبت به‌روش کریجینگ معمولی برتری دارد. در نهایت از مقایسه دو روش RBF و SK نتیجه‌گیری می‌شود که روش SK برای تهیه نقشه تغییرات نیترات در منطقه به‌دلیل دارا بودن RMSe و MAE پائین‌تر نسبت به‌روش RBF ارجحیت داشته، به‌عنوان روش نهایی برای مطالعه انتخاب می‌شود.

نتایج مربوط به ارزیابی مقادیر به‌دست آمده (جدول۴) برای پارامتر pH نیز نشان داد که روش عکس فاصله (IDW) در بین روش‌های معین به‌دلیل داشتن RMSe و MAE پایین‌تر (RMSe=۰/۱۹۸ و MAE=۰/۱۵۱) و روش کریجینگ ساده (SK) با RMSe =۰/۱۹۶ و MAE =۰/۱۴۳ نسبت به‌روش کریجینگ معمولی (OK) برای تهیه نقشه تغییرات pH برتری دارند. از مقایسه دو روش IDW و SK نتیجه‌گیری می‌شود که روش SK برای تهیه نقشه تغییرات pH در منطقه به‌دلیل RMSe و MAE پائین‌تر نسبت به‌روش IDW ارجحیت داشته، به‌عنوان روش نهایی میان‌یابی انتخاب می‌شود.

علاوه بر این نتایج نشان داد که از بین روش‌های معین برای مطالعه و تهیه نقشه تغییرات TDS در منطقه، روش تابع شعاعی (RBF) به‌دلیل دارابودن RMSe و MAE پایین‌تر (RMSe=۲۶۱۲/۸۲ و MAE=۱۹۵۰/۷۶) و روش کریجینگ ساده (SK) با RMSe=۲۵۸۷/۱۹ و MAE=۱۹۳۶/۴۸ نسبت به‌روش کریجینگ معمولی (OK) بهتر است. با مقایسه دو روش RBF و SK نتیجه‌گیری می‌شود که روش SK به‌دلیل دارا بودن RMSe و MAE کم‌تر (جدول ۴) نسبت به‌روش RBF ارجحیت داشته، لذا به‌عنوان روش نهایی در تهیه نقشه تغییرات TDS در منطقه انتخاب می‌شود.

با توجه به مطالب ذکر شده جمع‌بندی می‌شود که دقت روش‌های زمین‌آماری کریجینگ نسبت به سایر روش‌های معین بیش‌تر بوده، می‌توان از آن‌ها برای مطالعه و پهنه‌بندی نقشه تغییرات خصوصیات آب‌های زیرزمینی منطقه استفاده کرد. بنابراین، از بین سایر روش‌های میان‌یابی، می‌توان از روش کریجینگ ساده (SK) برای مطالعه و تهیه نقشه تغییرات EC، TDS، pH و NO_3 در منطقه مورد مطالعه استفاده نمود. زهتابیان و همکاران (۱۳۸۶)، شعبانی (۱۳۸۷)، حبیبی‌اربطانی و همکاران (۱۳۸۸)، رضایی و همکاران (۱۳۸۹)، احمد (۲۰۰۲)، باجالی (۲۰۰۵)، Taghizadeh Mehrjerdi و همکاران (۲۰۰۸)، Barcae و همکاران (۲۰۰۸) و Fetouani و همکاران (۲۰۰۸) در تحقیقات خود که در بخش مقدمه به آن‌ها اشاره شد، روش‌های زمین‌آمار مانند کریجینگ معمولی، ساده، گسسته و کوکریجینگ را به‌عنوان ابزار مناسب برای مطالعه کیفیت آب‌های زیرزمینی و نقشه‌بندی آن‌ها در مناطق مختلف جهان پیشنهاد کرده بودند که نتایج به‌دست آمده از این تحقیق نیز مؤید نظر آن‌ها است.

تشکر و قدردانی

مقاله حاضر از طرح تحقیقاتی "مطالعه خصوصیات شیمیایی آب‌های زیرزمینی و پهنه‌بندی آن‌ها با استفاده از مناسب‌ترین روش درون‌یابی، مطالعه موردی: دشت نی‌ریز" استخراج شده است که جا دارد از حمایت‌های مالی دانشگاه آزاد اسلامی واحد نی‌ریز و مسئولین محترم تشکر و تقدیر به‌عمل آید.

منابع مورد استفاده

۱. حبیبی‌اربطانی، و.، ع. احمدی و م. فتاحی. ۱۳۸۸. مدل‌سازی تغییرات مکانی برخی ویژگی‌های شیمیایی آب‌های زیرزمینی به‌کمک روش‌های زمین آماری. مجله علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، ۳(۷):۳۴-۲۳.

۲. رضایی، م.، ن. دواتگر و خ. تاجداری. ۱۳۸۹. بررسی تغییرات مکانی برخی شاخص‌های کیفی آب‌های زیرزمینی در استان گیلان با استفاده از زمین آمار. مجله علمی- پژوهشی آب و خاک، ۲۴(۵):۹۴۱-۹۳۲.

۳. زهتابیان، غ. و ح. محمدعسکری. ۱۳۸۶. طرح تحقیقاتی بررسی و تحلیل مکانی خصوصیات کیفی آب‌های زیرزمینی درحوزه آبخیز گرمسار، دانشگاه تهران.
۴. شرکت سهامی آب منطقه‌ای فارس. ۱۳۸۷. گزارش توجیهی تمدید ممنوعیت محدوده مطالعاتی نی‌ریز.
۵. شعبانی، م. ۱۳۸۷. تعیین مناسب‌ترین روش زمین آمار در تهیه نقشه تغییرات pH و TDS آب‌های زیرزمینی، مطالعه موردی: دشت ارسنجان. مجله علمی پژوهشی مهندسی آب، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت، ۱(۱):۴۴-۲۳.
۶. مهدوی، م. ۱۳۸۴. هیدرولوژی کاربردی. جلد دوم، انتشارات دانشگاه تهران.
7. 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.
8. 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.
9. Barcae, E. and G. Passarella. 2008. Spatial evaluation of the risk of groundwater quality degradation: A comparison between disjunctive Kriging and Geostatistical simulation, Environ Monit Assess. Journal of Environmental Monitoring and Assessment, 133:261-273.
10. 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.
11. 11- 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.
12. 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.
13. 13- Taghizadeh Mehrjerdi, R., M. Zareian, S. 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.

Determining the most suitable interpolation method for groundwater chemical characteristics mapping

Mohammad Shabani[1], Assistant Professor, Department of Range and Watershed Management, Arsanjan Unit, Islamic Azad University, Iran

Received: 17 January 2011 Accepted: 21 July 2011

Abstract

Selection and accuracy of the appropriate methods for zonation and preparing the map of groundwater quality parameters depend on regional condition and availability of data which is an important stage for groundwater management of the region. The purpose of this research is determining the most suitable interpolation method for determining salinity (EC), nitrate (NO3), pH and total dissolved salts (TDS) parameters of groundwater and mapping of them by using of geographic information systems in Neyriz plain located in southeast of Fars province. For this aim, different methods of geostatistics including ordinary kriging (OK) and simple kriging (SK) as well as deterministic methods 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 the lowest root mean squared error (RMSe) and mean absolute error (MAE) showed that simple kriging (SK) method is the most appropriate method for salinity (EC) mapping (RMSe=3907.53 and MAE=2911.05), TDS mapping (RMSe=2587.19 and MAE=1936.48), pH mapping (RMSe=0.196 and MAE=0.143) and NO3 mapping (RMSe=4.868 and MAE=3.839) among all the methods in the study area. Finally, the results of this research indicated that geostatistical methods have higher priority than deterministic methods and thus are selected as suitable methods in Neyriz plain.

Key words: Water quality, Groundwater, Geostatistics methods, Deterministic methods, Geographic Information Systems, Neyriz plain

[1] Corresponding author: mohamshabani@yahoo.com