Archive of SID

برآورد مکانی مولفه‌های کیفی آب‌های زیر زمینی با استفاده از روش‌های زمین آمار (مطالعه موردی: دشت گلپایگان)

محمدرضا حاجی‌هاشمی‌جزی*[1]، مجید آتشگاهی[2] و امیرحسین حمیدیان[3]

[1] دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد بیابانزدایی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران

[2] دانشجوی کارشناسی‌ارشد محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران

[3] استادیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران

(تاریخ دریافت: ۸۹/۹/۲۱، تاریخ تصویب: ۸۹/۱۱/۴)

چکیده

امروزه استفاده از روش‌های زمین آمار برای تخمین متغیرهای مکانی با استفاده از داده‌های همان متغیر(کریجینگ) یا با استفاده از متغیرهای کمک (کوکریجینگ) در علوم آب و خاک بسیار مورد توجه متخصصان قرار گرفته است. با توجه به اهمیت اطلاع از وضعیت کیفیت آب‌های زیرزمینی برای مصارف کشاورزی و نیز هزینه‌بر و وقت‌گیر بودن اندازه‌گیری پارامترهای SAR، Na، Ca، TH، TDS وEC، یافتن راهکاری برای تخمین آنها با استفاده از پارامترهایی که اندازه‌گیری آنها راحت‌تر است امری ضروری به نظر می‌رسد. به این منظور از اطلاعات مربوط به نمونه‌های حاصل از ۸۴ حلقه چاه دشت گلپایگان استان اصفهان استفاده شد و با روش‌های زمین آماری کریجینگ و کوکریجینگ مورد بررسی قرار گرفت. پس از نرمال سازی داده‌ها، واریوگرام ترسیم شد و برای انتخاب مدل مناسب جهت برازش بر روی واریوگرام تجربی از مقدار RSS کمتر و استحکام ساختار فضایی قوی تر استفاده شد. نتایج حاصل از روش کوکریجینگ با کریجینگ برای برآورد SAR، Na، Ca، TH، TDSو EC به کمک معیار آماری RMSE که میزان دقت را نشان می‌دهد، مورد ارزیابی قرار گرفت. در نهایت نتایج حاصل از محاسبه RMSE نشان داد که روش کوکریجینگ نسبت به روش کریجینگ برتری ندارد. اما با توجه به RMSE کمتر روش کوکریجینگ که نشان دهنده دقت بالا و خطای پایین است، نقشه‌های پهنه‌بندی مولفه‌های کیفی آب‌های زیرزمینی با این روش در محیط GIS تهیه شد.

واژه‌های کلیدی: مولفه کیفی آب‌های زیرزمینی، کریجینگ ، کوکریجینگ، RMSE، گلپایگان

* نویسنده مسئول: تلفن: ۰۹۱۹-۱۷۶۵۸۱۴ فاکس: ۰۲۶۱-۲۲۲۷۷۶۵ E-mail: mr.hajihashemi65@gmail.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

بهره‌برداری زیاد و روزافزون از منابع آب زیرزمینی می‌تواند کیفیت آب را در یک منطقه کاملاً تحت تاثیر قرار دهد و باعث شور شدن سفره‌های آب زیرزمینی شود. در مواردی که آب محتوی املاح زیاد و جنس خاک نیز ریز بافت و رسی باشد، امکان دارد به علت تراکم زیاد نمک در خاک و عدم قابلیت نفوذ آب در این نوع زمین‌ها، قدرت حاصلخیزی خاک آنچنان کاهش یابد که دیگر کشت و زرع در آنها امکان‌پذیر نباشد به‌خصوص در مناطقی که آب شیرین برای آبیاری و آبشویی مداوم زمین وجود نداشته باشد. بسته به نوع و میزان املاح آب، امکان دارد خاک، به شور و قلیایی شدن گرایش یابد (Kardovani, 2007). Missaghi و Mohammadi (2002) سطح آب زیر زمینی را با استفاده از روش‌های متداول درون یابی و زمین آمار، تخمین زدند و این روش‌ها را با هم مقایسه کردند. نتایج نشان از دقت قابل قبول روش زمین آمار و برآوردکننده کریجینگ[1] در مقایسه با دیگر روش‌های آمار کلاسیک داشت. Ahmed (2002) روش کریجینگ را در تخمین وابستگی مکانی متغیرهای کیفی آب، مانند کل جامدات محلول (TDS)[2] بکار برد و نتیجه گرفت که کریجینگ قابلیت بالایی برای این هدف دارد. Ella و همکاران (1999)، در رابطه با تغییرات مکانی غلظت ازت نتیراتی در آب‌های زیر زمینی کم عمق و عمیق مطالعه نمودند. نتایج به‌دست آمده ساختار مکانی ضعیفی از غلظت ازت نیتراتی در چاه‌های کم عمق و عمیق نشان داد. Istok و(1998) Cooper روش کریجینگ را در برآورد غلظت عناصر سنگین مورد استفاده قرار دادند آنها به این نتیجه رسیدند که روش یاد شده بهترین برآورد کننده خطی نااریب غلظت سرب است. Dagostino و همکاران (1998)، به بررسی تغییرات مکانی و زمانی غلظت نیترات به کمک روش‌های کریجینگ و کوکریجینگ[3] در آب‌های زیر زمینی پرداختند. نتایج آنها نشان داد که روش کوکریجینگ باعث افزایش دقت در برآورد غلظت نیترات شده است. Rizzo و Mouser (2000) زمین آمار را برای تجزیه تحلیل کیفیت آب‌های زیرزمینی مورد استفاده و نمایه‌های کیفیت شامل غلظت کلر، سولفات، سدیم، کلسیم و میزان شوری را مورد بررسی قرار دادند. آنها جمعیت میکروبی را به عنوان متغییر کمکی در روش کوکریجینگ به‌کاربردند، نتایج نشان داد که کوکریجینگ دقت بهتری در برآورد کیفیت آب‌های زیرزمینی دارد. به طورکلی می‌توان گفت زمین آمار به بررسی آن دسته از متغیرهایی می‌پردازد که دارای ساختار مکانی هستند یا به عبارتی بین مقادیر، فاصله و جهت قرار گرفتن آنها یک ارتباط فضایی وجود دارد (Hassanipak, 2006). با توجه به اینکه منطقه مورد مطالعه در سال‌های اخیر با افزایش روز افزون ایجاد کارخانه‌های صنعتی، برداشت بی رویه از چاه‌ها و همچنین حفر چاه‌های عمیق و نیمه عمیق و زیر کشت بردن اراضی که دارای قابلیت کشت نبودند روبرو بوده است در این مقاله از برآورد کننده‌های کریجینگ و کوکریجینگ برای برآورد مکانی برخی مولفه‌های کیفی آب‌های زیر زمینی استفاده شد.

مواد و روش‌ها

محدوده مورد مطالعه

دشت گلپایگان در فاصله ۱۵۰ کیلومتری استان اصفهان واقع شده و وسعت آن برابر با ۳۸۲۸/۶۹ کیلومترمربع است. در این مطالعه از ۸۴ حلقه چاه در سطح منطقه، نمونه‌برداری شد و شکل۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه و پراکنش نقاط نمونه برداری را نشان می‌دهد.

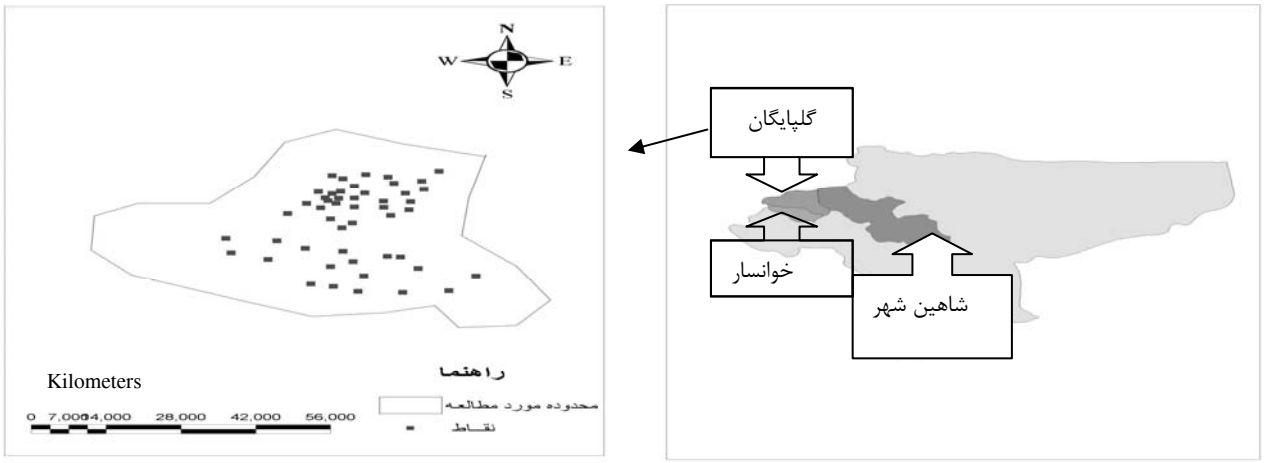
۱-Kriging

۲- Total Dissolve Solid

۳- Cokriging

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ١- موقعیت منطقه مورد مطالعه و پراکنش نقاط نمونه برداری

طول و عرض جغرافیایی محل نمونه‌ها با GPS[1] (سیستم موقعیت یاب جهانی) ثبت و هر نمونه در ظروف پلاستیکی به آزمایشگاه منتقل شد و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. داده‌های به‌دست آمده برای پارامترهای SAR[2] (نسبت جذب سدیمی)، Na، Ca، سختی کل(TH)[3]، TDS و هدایت الکتریکی (EC)[4] در نرم افزار Excel جهت تهیه بانک اطلاعاتی به فرمت dbf ذخیره شد. سپس با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS و با روش‌های کوکریجینگ و کریجینگ مورد بررسی قرار گرفت. به منظور گسترش و تعمیم اطلاعات نقطه‌ای از روی نقاط نمونه‌برداری شده و نیز تغییرات مکانی و زمانی هر متغیر نیاز به مدل‌هایی است که بتواند متغیر مورد بررسی را در نقاط مجهول شبیه‌سازی نماید. در مدل‌های زمین آماری برای تخمین متغیرها در نقاط مجهول، موقعیت مکانی داده‌ها نیز در نظر گرفته می‌شود و ارتباط بین داده‌ها به صورت یک مدل ریاضی ارائه می گردد. برآوردکننده‌های زمین آماری مقادیر مجهول را با استفاده از مقادیر معلوم و یک نیم تغییرنما، برآورد می‌کند. فرم محاسباتی یک نیم تغییرنما به صورت رابطه ١ است:

$$\gamma(h)=\frac{1}{2n}\sum_{i=1}^{n}(Z(x_i+h)-Z(x_i))^2 \qquad (١$$

در این رابطه؛ $\gamma(h)$: مقدار شبیه واریوگرام 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) n: تعداد اندازه‌گیری‌های انجام شده در محدوده مورد مطالعه است (Marofi et al., 2009).

واریوگرام‌ها از سه پارامتر اثر قطعه‌ای، شعاع تاثیر و حد آستانه تشکیل شده‌اند. مقدار نیم تغییرنما به ازای $h=0$ را اثر قطعه‌ای می‌گویند. که معمولاً ناشی از خطای نمونه-برداری و یا آنالیز داده‌ها است. با افزایش h، مقدار نیم تغییرنما تا فاصله معینی اضافه شده سپس به حد ثابتی می‌رسد که این فاصله را شعاع تاثیر و مقدار نیم تغییرنما که ثابت شده را حد آستانه گویند که همان واریانس مکانی متغیر مورد بررسی است (Hassanipak, 1998).

١- Global Position System

٢- Sodium Absorption Rate

٣- Total Hardness

٤- Electricity Conductivity

www.SID.ir

Archive of SID

تخمین مکانی به روش‌های کریجینگ و کوکریجینگ

روش‌های مختلفی برای تخمین زدن وجود دارد که در یک تقسیم بندی کلی می‌توان آنها را به روش‌های زمین آماری و روش‌های کلاسیک تقسیم بندی نمود. روش‌های کلاسیک از آمار کلاسیک برای تخمین استفاده می‌کند. در صورتی که در روش‌های زمین‌آمار، تخمین براساس ساختار فضایی موجود در محیط مورد نظر صورت می‌گیرد. تخمین زمین آماری فرآیندی است که طی آن مقدار یک کمیت در یک نقطه‌ی معلوم با استفاده از مقدار همان کمیت در نقاط دیگری با مختصات معلوم به‌دست می‌آید. کریجینگ یک روش تخمین است که بر منطق میانگین متحرک وزن دار استوار است و بهترین برآوردکننده خطی نااریب است. در صورتی که $Z(x_i)$ مقدار اندازه‌گیری شده متغیر در مکان (x_i)، Z_0 مقدار تخمین زده شده متغیر در نقطه (x_0) از ترکیب خطی رابطه ۲ به‌دست می آید:

$$Z_0 = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i Z(x_i) \qquad (۲$$

در این رابطه؛ λ_i : وزن داده شده به متغیر x در نقطه i n : تعداد نقاطی که متغیر در آنها اندازه گیری شده است.

این نوع کریجینگ را کریجینگ خطی می‌نامند. زیرا ترکیب خطی از n داده است. شرط استفاده ازاین برآوردکننده این است که متغیر دارای توزیع نرمال باشد (Marofi et al., 2009). همانطوری که در آمار کلاسیک، روش‌های چند متغیره برای تخمین وجود دارد، در زمین آمار نیز می‌توان به روش کوکریجینگ براساس همبستگی بین متغیرهای مختلف تخمین زد، که این خصوصیت می‌تواند باعث دقت بیشتر تخمین‌ها و صرفه جویی در هزینه‌ها (با نمونه برداری کمتر) شود. معادله کوکریجینگ با فرض وجود یک متغیر کمکی و یک متغیر اصلی به شرح رابطه ۳ است:

$$Z^*(x_0) = \sum_{i=1}^{n} \lambda_{1i} Z_1(x_i) + \sum_{j=1}^{m} \lambda_{2j} Z_2(x_j) \qquad (۳$$

که در آن؛ $Z_2(x_i)$: متغیر مکانی کمکی یا ثانویه

$Z_1(x_j)$: متغیر مکانی اصلی

$Z^*(x_0)$: مقدار نامعلوم متغیر در نقطه x_0 m و n به ترتیب تعداد نقاط نمونه‌برداری متغیرهای کمکی و اصلی λ_{1i} و λ_{2j} عبارت از وزن‌های آماری اختصاص داده شده به متغیرهای اصلی و کمکی است.

به منظور ارزیابی روش‌های کوکریجینگ و کریجینگ از نرم افزار ArcGIS که توانایی انجام تکنیک ارزیابی متقابل و معیار آماری ریشه‌ی دوم میانگین مربع خطا استفاده شد که معادله‌ی محاسبه‌ی آن به قرار رابطه ۴ است:

$$RMSE = \sqrt{[\sum_{i=1}^{n} \left(\hat{Z}(x_i) - Z(x_i)\right)^2] / n} \qquad (۴$$

که در آن؛ $\hat{Z}(x_i)$: مقدار برآورد شده در نقطه‌ی x_i

$Z(x_i)$: مقدار اندازه‌گیری شده در نقطه‌ی x_i

i: شماره‌ی نقاط

n: تعداد نقاط مشاهده شده

در روش ارزیابی متقابل در هر مرحله یک نقطه مشاهده‌ای حذف شده و با استفاده از بقیه نقاط مشاهده‌ای، آن نقطه برآورد می شود. این کار برای همه نقاط مشاهده‌ای تکرار می شود و در پایان به ازای هر نقطه‌ی مشاهده‌ای یک نقطه‌ی برآورد وجود خواهد داشت. برای صحت سنجی روابط رگرسیونی انتخاب شده برای برآورد SAR، Na، Ca، TH، TDSو EC نیز از همین پارامتر استفاده شد (Marofi et al., 2009).

نتایج

داده‌های مربوط به هر یک از متغیرهای SAR، Na، Ca، TH، TDSو EC با لگاریتم طبیعی نرمال شد. جهت بررسی رابطه‌ی بین پارامترهای SAR، Na، Ca، TH، TDSو EC از تجزیه‌ی همبستگی به روش پیرسون در

www.SID.ir

Archive of SID

محیط نرم افزارSPSS نسخه ۱۶ استفاده شد که نتایج آن در جدول (۱) ارائه شده است. طبق این جدول مولفه‌های مورد بررسی در سطح ۹۹درصد با یکدیگر رابطه معناداری داشتند.

جدول ۱- ضرایب همبستگی بین مولفه‌های کیفی آب (ضریب همبستگی پیرسون)

	SAR	(meq/l) Na	(meq/l) Ca	(mg/l) TDS	(µs/cm) EC	(mg/l) TH
SAR	۱					
(meq/l) Na	۰/۹۴۶**	۱				
(meq/l) Ca	۰/۴۵۴**	۰/۵۰۸**	۱			
(mg/l) TDS	۰/۹۰۳**	۰/۹۷۹**	۰/۶۲۹**	۱		
(µs/cm) EC	۰/۹۱۹**	۰/۹۸۸**	۰/۶۱۵**	۰/۹۹۳**	۱	
(mg/l) TH	۰/۷۷۹**	۰/۸۸۲**	۰/۸۰۵**	۰/۹۴۷**	۰/۹۴۲**	۱

** داده‌ها در سطح ۹۹درصد با یکدیگر ارتباط معنی‌داری دارند.

تجزیه و تحلیل زمین آماری

به منظور بررسی همبستگی مکانی و ساختار مکانی متغیرها با استفاده از نرم افزار تخصصی زمین آماری GS^+ نیم تغییرنمای داده‌ها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. با استفاده از نیم تغییرنما می‌توان علاوه بر بررسی ساختار مکانی، شعاع همبستگی متغیرها، بررسی ایستایی داده‌ها، همسانگردی متغیرها و وجود یا عدم وجود روند در داده‌ها را نیز تشخیص داد. جهت انجام آنالیز بر روی نیم تغییرنمای داده‌های SAR، Na، Ca، TH، TDSو EC بعد از نرمال سازی، واریوگرام های هر کدام از متغیرها با نرم افزار GS^+ رسم شد (شکل۲). مدل مناسب برای برازش بر روی نیم تغییرنمای تجربی با توجه به مقدار RSS[1] (مجموع باقیمانده مربعات) کمتر و میزان نسبت $C_0/(C_0+C)$ که باید کمتر از ۰/۵ انتخاب شد. این نسبت معرف آن است که چه مقدار از کل تغییر پذیری را اثر قطعه‌ای توجیه می‌کند (Taghizade Mehrjardi et al., 2009). جدول ۲ پارامترهای واریوگرام برازش داده شده به داده‌های SAR، Na، Ca، TH، TDSو EC و بهترین مدل برازش داده شده به واریوگرام را برای هر کدام از این عوامل نشان می‌دهد.

در روش کوکریجینگ، پس از تشکیل ماتریس همبستگی برای پیش بینی کیفیت آب از مولفه‌ای به عنوان متغیر کمکی استفاده شد که دارای بیشترین ضریب همبستگی با متغیر مورد نظر باشد (جدول۱). واریوگرام‌های متقابل مربوطه در شکل ۳ ارائه شده است. برای تعیین مناسب‌ترین روش میان‌یابی، از میان دو روش کریجینگ و کوکریجینگ از مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE)[2] استفاده شد. نتایج نشان داد که روش کوکریجینگ با روش کریجینگ تفاوت محسوسی ندارد (جدول ۵)، اما با توجه به RMSE کمتر روش کوکریجینگ که نشان دهنده دقت بالا و خطای کمتر است، نقشه‌های پهنه‌بندی ویژگی‌های آب زیرزمینی با این روش در محیط GIS تهیه شد.

۱- Residual Sums of Squares

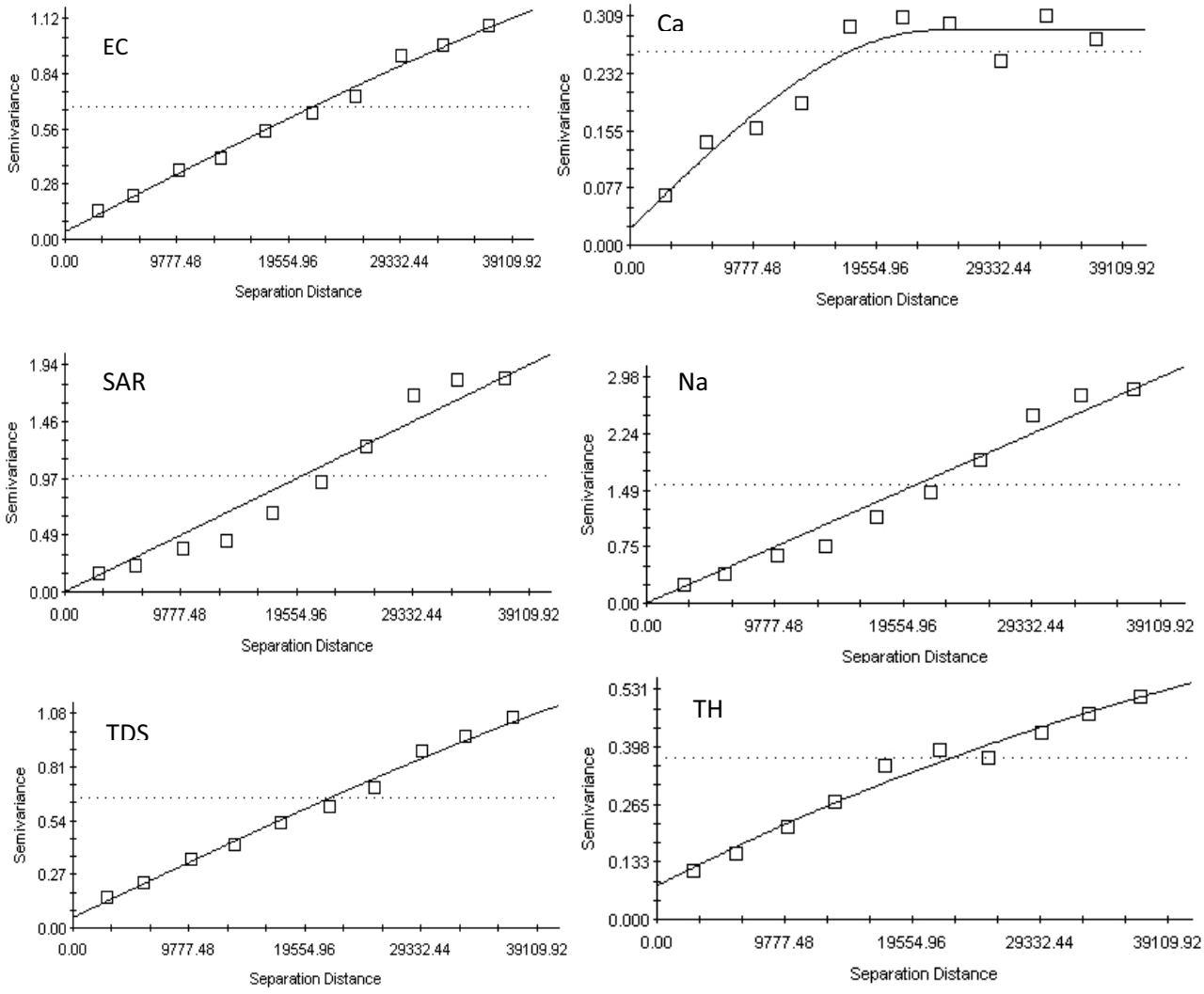
۲- Root Mean Square Error

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- پارامترهای واریوگرام برازش داده شده به مولفه‌ها و بهترین مدل برازش داده شده به واریوگرام

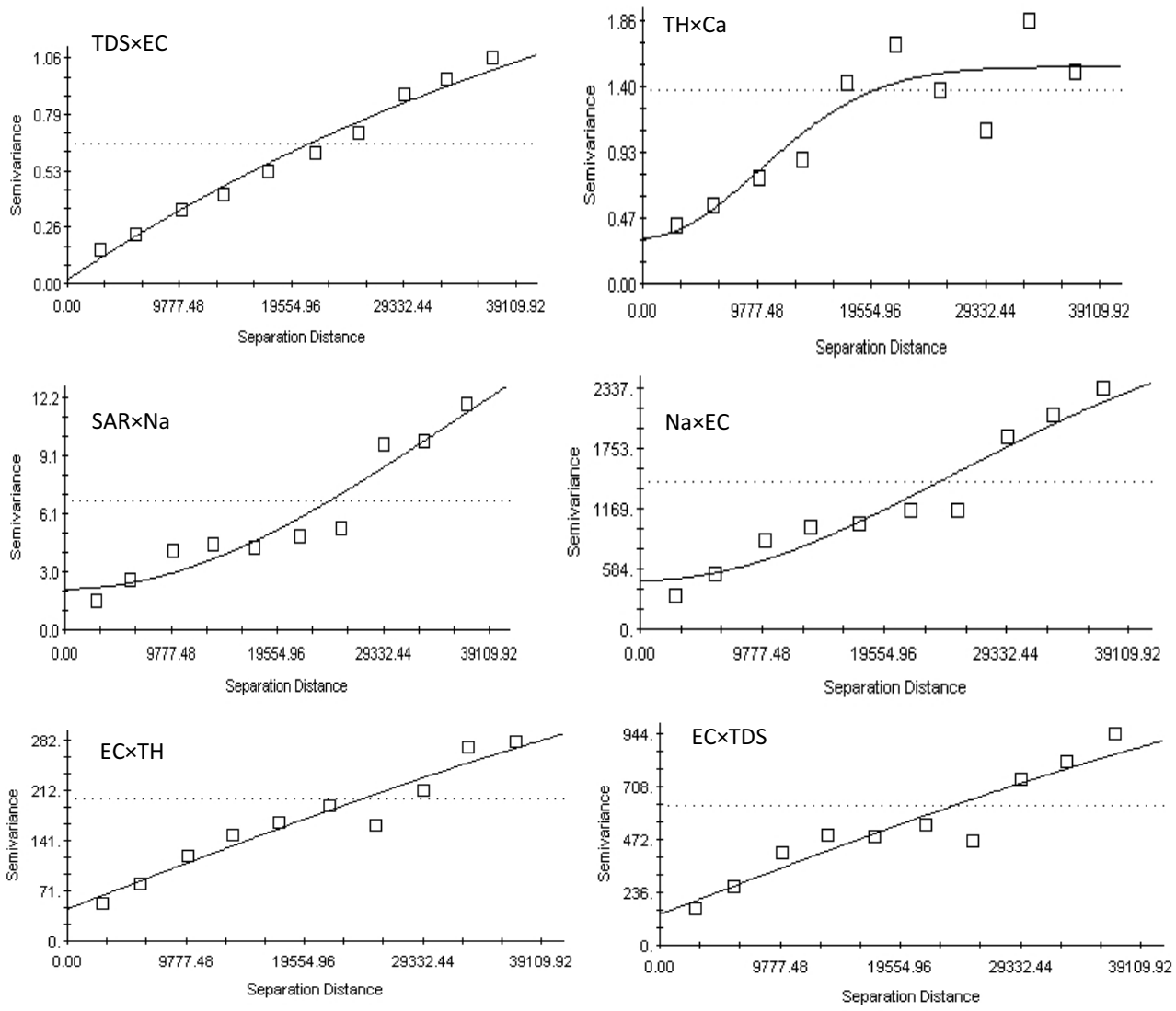
مولفه کیفی آب	مدل	اثر قطعه‌ای (C_0)	آستانه (C_0+C)	شعاع تاثیر (Km)	$C_0/(C_0+C)$	R_2	RSS
SAR	کروی	۰/۰۶۲	۰/۳۳	۳۸۷۰۰	۰/۱۸۷	۰/۹۸۱	۰/۰۰۱۲
Na(meq/l)	گوسی	۰/۲۱۰	۲/۴۳	۴۹۴۵۰	۰/۰۶۱	۰/۹۸۹	۰/۱۰۴۰
Ca(meq/l)	کروی	۰/۰۲۲	۰/۲۹	۲۴۲۰۰	۰/۰۷۵	۰/۹۱۴	۰/۰۰۵۶
TDS(mg/l)	کروی	۰/۰۵۳	۱/۵۹	۸۱۱۰۰	۰/۰۳۳	۰/۹۹۱	۰/۰۰۷۶
EC(µs/cm)	کروی	۰/۰۳۸	۱/۶۶	۸۱۱۰۰	۰/۰۲۲	۰/۹۹۲	۰/۰۰۷۷
TH(mg/l)	نمایی	۰/۰۷۹	۰/۵۳	۸۴۵۹۰	۰/۱۴۲	۰/۹۷۸	۰/۰۰۳۶



شکل ۲- واریوگرام‌های مربوط به کیفیت آب زیر زمینی

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ٣- واریوگرام‌های متقابل مربوط به کیفیت آب زیرزمینی

جدول ٣- نتایج RMSE برای برآورد کیفیت آب زیرزمینی

مولفه کیفی آب زیرزمینی	کریجینگ	کوکریجینگ
SAR	٠/٩٢٥۴	٠/٩٢٠۵
Na (meq/l)	٠/٩٢۶١	٠/٩١٢٣
Ca (meq/l)	١/٠۵٩	١/٠٢۵
TDS (mg/l)	١/١٧٧	١/٠٢٢
EC (µs/cm)	٠/٩٣۶٧	٠/٩٠۴٩
TH (mg/l)	٠/٩۴۴١	٠/٩١١۵

www.SID.ir

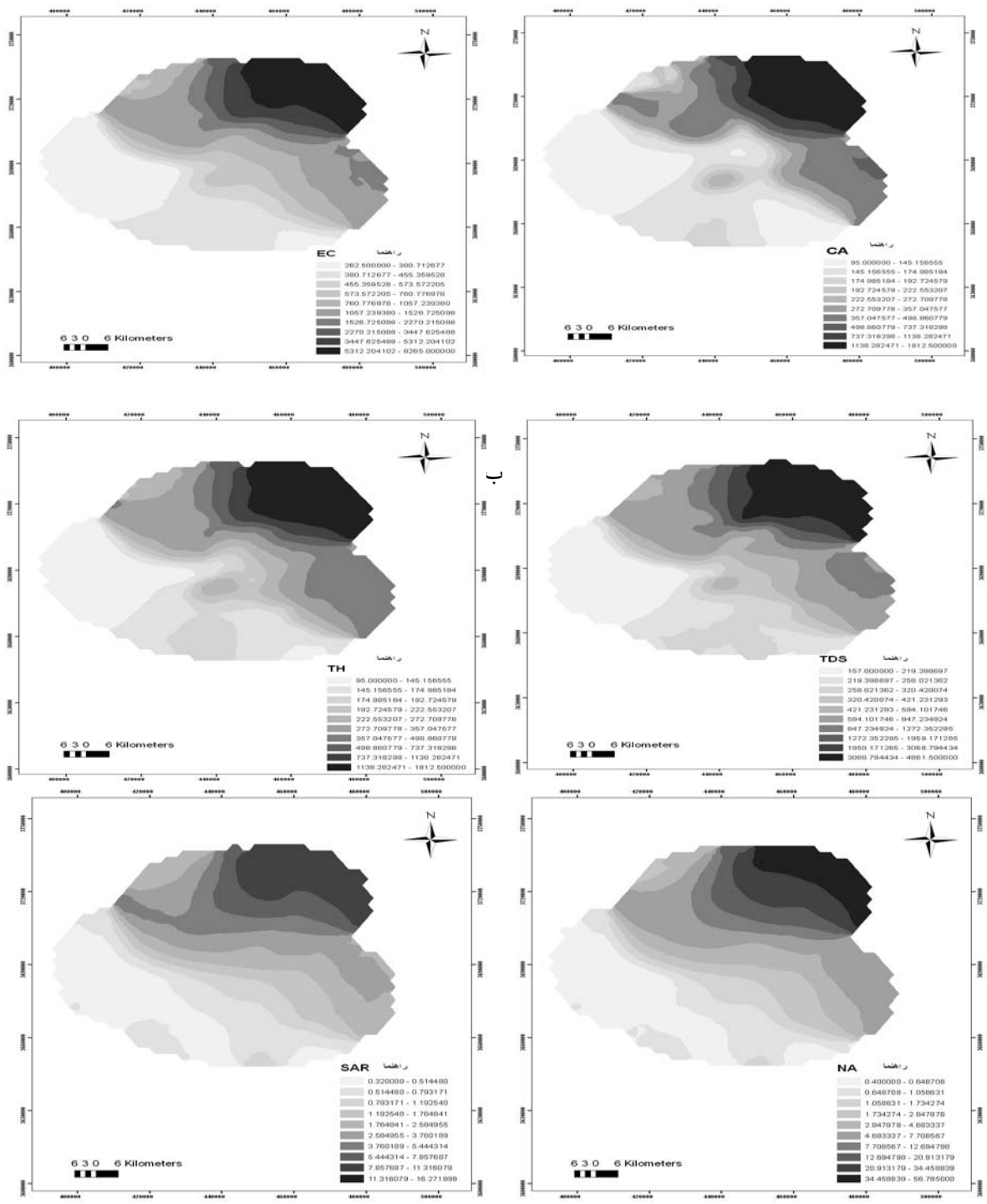
Archive of SID

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج حاصل نشان داد پس از این که واریوگرام ترسیم و مدل مناسب نیز برازش داده شد، مولفه‌های مربوطه استخراج می‌شود. بر طبق مشاهدات، استحکام ساختار فضایی در مولفه‌های کیفی آب مورد مطالعه بسیار قوی بود (مقدار مولفه $C_0/(C_0+C)$ کمتر از ۰/۲۵که در جدول ۲ نشان داده شده است). این موضوع نشان دهنده دقت بالا و پیوستگی مکانی مدل های برازش داده شده است. برای انتخاب بهترین روش درون یابی از مقدار RMSE (میانگین مجذور مربعات خطا) استفاده شد که هر چه این مقدار کمتر باشد، نشان دهنده این است که این روش صحت بیشتری در برآورد مکانی مولفه‌های کیفی آب دارد. RMSE محاسبه شده برای هر کدام از روش‌ها، نشان داد که روش کوکریجینگ نسبت به روش کریجینگ برتری ندارد. ولی با توجه به RMSE کمتر روش کوکریجینگ که نشان دهنده خطای کمتر و صحت بیشتر است، نقشه‌های پهنه‌بندی مولفه‌های آب زیرزمینی با این روش در محیط GIS تهیه شد. که با نتایج Rizzo & Mouser (2000) ،et al. Dagostino (1998)، Taghizade Mehrjardi et al. (2009) و Ahmadali et al. (2008) مطابقت داشت. Rizzo و Mouser (2000)، برای پهنه‌بندی مولفه‌های کیفیت شامل سدیم، کلر، سولفات، کلسیم و شوری روش کوکریجینگ را به عنوان روش مناسب معرفی کردند. نتایج به‌دست آمده به طور کلی نشان دهنده این است که روش کوکریجینگ برای بیشتر پارامترهای آب زیرزمینی مناسب است و با توجه به این که در این روش از همبستگی بین متغیرهای مختلف استفاده می شود پس می توان گفت که بین مولفه‌های آب زیرزمینی رابطه معنی‌دار وجود دارد (Habibi Arbatani et al., & Zehtabyan et al., 2010 2009). با توجه به اصول زمین آمار، متغیری که همبستگی مکانی مناسب و واریانس تخمینی کمتری دارد برای تخمین، نیاز به نمونه برداری کمتری دارد و از این رو هزینه نمونه برداری آن نیز کمتر خواهد شد (2010 .Zehtabian et al). این یافته با نتایج Misaghi و Mohammadi (2010) Zehtabian و همکاران (2010) و Ahmed (2002) مطابقت داشت که همه آن‌ها نیاز به نمونه برداری کمتر و به طبع کاهش هزینه نمونه برداری با استفاده از روش‌های زمین آماری اشاره دارند. با توجه به نقشه‌های تهیه شده، مشخص شد که غلظت مولفه‌های کیفی در شمال شرقی منطقه، بیش از بقیه مناطق این دشت است (شکل۴) که با توجه به صنعتی و شهری بودن شمال شرق منطقه، احتمال می رود بالا بودن غلظت این مولفه‌ها در این منطقه به همین دلیل باشد. بنابراین پیشنهاد می شود، مطالعاتی مبنی بر این احتمال که غلظت مولفه‌ها در شمال شرق منطقه به دلیل صنعتی و شهری بودن منطقه است، صورت گیرد. همچنین با توجه به خشکسالی‌های اخیر و روند استفاده بی‌رویه از آب‌های زیر زمینی که خطر شور شدن و از بین رفتن زمین‌های کشاورزی منطقه و روند بیابانزایی را در منطقه تسریع خواهد کرد، به مدیریت صحیح آب‌های زیرزمینی در این منطقه، بیشتر توجه شود. در نهایت پیشنهاد می شود که سایر روش‌های زمین آماری به منظور مقایسه هر چه بهتر و بیشتر روش‌های زمین آماری با روش‌های معین مورد ارزیابی قرار گیرد.

www.SID.ir

Archive of SID



ب

شکل ۴- نقشه‌های پهنه‌بندی مولفه‌های کیفی آب‌های زیر زمینی (SAR، Na، Ca، TH، TDSو EC)

www.SID.ir

Archive of SID

References

- Ahmadali, Kh.; S. Nickmehr and A. Liaghat. 2008. Evaluation of kriging and cokriging methods for the estimation of deep soil acidity and salinity (case study: plains of Bokan). Iranian Journal of Water Research 2: 55-64.

- Ahmed, S. 2002. Groundwater monitoring network design: application of Geostatistics with a few Case studies from a granitic aquifer in a semiarid region. In: Groundwater Hydrology, M.M. Sherif, V.P. Singh and M. Al-Rashed (Eds.), Balkema, Tokyo, Japan. 2: 37-57.

- Barca, E. and G. Passarella. 2008. Spatial evaluation of the risk of groundwater quality degradation. A comparison between disjunctive kriging and geostatistical simulation, Environmental Monitoring and Assessment, 137: 261-73

- Dagostino, V.; E.A. Greene; B. Passarella and G. Vurro. 1998. Spatial and temporal study of nitrate concentration in groundwater by means of coregionalization. Environmental Geology. 36: 285-295.

- Ella, V.B.; S.W.Melvin and R.S. Kanwar. 1999. Spatial analysis of NO3-N concentration in glacial till. ASAE-SCGR Annual International Meeting, Toronto, Ontario, Canada, 18-21 July 1999, ASAE Paper No. 992004.

- Hassanipak, A.A. 2006. Geostatistics. Tehran University, 330 p. (In Persian).

- Habibi Arbtani, V. ;A. Ahmadi and M.M. Fattahi. 2009. Modeling of spatial variations of some chemical characteristics of underground waters using geostatistical methods. Iranian Watersheds Science and Engineering. 7: 23-34.

- Istok, J.D. and R.M. Cooper. 1998. Geostatistics Applied to Groundwater Pollution. III: Global Estimates, Journal of Environmental Engineering, 114(4): 915-928.

- Kardovani, P., 2007. Water; resources and issues in Iran, Tehran University Press, 237p.

- Mohammadi, J. 2006. Pedometery, Spatial Statistics (2_{nd} Vol.). Nashre Pelk, 453p.

- Missaghi, F. and K. Mohammadi. 2002. Estimation of groundwater levels using conventional interpolation techniques and comparison with geostatistics technique, twenty-first meeting on Earth Sciences, Geological Survey and Mineral Exploration of Country: 588 - 590.

- Marofi, S.; A. Toranjeyan and H. Zare Abyaneh. 2009. Evaluation of geostatistical methods for estimating electrical conductivity and pH of stream waters in Hamedan-Bahar plain. Journal of Water and Soil Conservation, 16: 169-187.

- Rizzo, D.M. and J.M. Mouser. 2000. Evaluation of Geostatistics for Combined Hydrochemistry and Microbial Community Fingerprinting at a Waste Disposal Site: 1-11

- Taghizade Mehrjardi, R.; M. Zareian Jahromi; Sh. Mahmodi; A. Heidari and F. Sarmadian. 2009. Reviewing methods of spatial interpolation to investigate the underground water quality parameters, Rafsanjan plain. Journal of Iranian Watersheds Science and Engineering. 2: 63-70.

- Zehtabyan, Gh.; A. Jaanfaza; H. Mohammad Asgari and M.C. Nematollahi. 2010. Modeling of spatial variations of some groundwater chemical properties (case study: Garmsar watershed). Journal of Range and Desert Research of Iran. 17: 61-73.

www.SID.ir

Archive of SID

Spatial estimation of groundwater quality factors using geostatistical methods (case study: Golpayegan plain)

M. R. Hajihashemijazi[1], M. Atashgahi[2] and A. H. Hamidian[3]
[1] M. Sc. Student, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I.R. Iran
[2]M. Sc. Student, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I.R. Iran
[3]Assistant Prof., Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I.R. Iran
(Received: 13 December 2010, Accepted: 24 January 2011)

Abstract

Nowadays, much attention has been paid on using geostatistical methods for estimation of spatial parameters, either using the variables of these parameters (kriging) or auxiliary variables (cokriging), in water and soil sciences. The quality of ground water for agriculture is very important; however, it is expensive and time consuming to measure parameters such as SAR, Na, Ca, TH, TDS and EC. Therefore, it is essential to explore methods for estimation of these parameters based on those which can be easily measured. In this paper, information on individual samples taken from 84 wells of Golpayegan plain was investigated using, kriging and cokriging geostatistical methods. Variograms were produced using the normalized data. In order to select the appropriate model fitting the experimental variograms, lower values of RSS and stronger spatial structures were used. Outputs of the cokriging and kriging for estimation of SAR, Na, Ca, TH, TDS and EC using RMSE were evaluated. The results showed no preference for using cokriging over kriging method. However, because of lower RMSE value of cokriging, this method was used for the preparation of underground water zoning maps using GIS.

Keywords: groundwater quality factor, kriging, cokriging, RMSE, Golpayegan

*Corresponding author: Tel: +98 919 1765814 ,Fax: +98 261 2227765 , E-mail: mr.hajihashemi65@gmail.com

www.SID.ir