



## ارزیابی روش های زمین آماری جهت تخمین پارامتر شوری آب های زیر زمینی

### (مطالعه موردی دشت داراب)

نادر کوهی چله کران<sup>۱</sup>، رسول اسدی<sup>۲</sup> و پوریا لجمیری<sup>۳</sup>

#### چکیده

شوری آب از جمله پارامترهای مهمی است که باید در بررسی کیفیت آبهای زیرزمینی مد نظر قرار گیرد. از آنجائیکه برآورد دقیق شوری آب های زیر زمینی نیازمند صرف زمان و هزینه زیاد است لذا از روش های زمین آماری جهت تخمین در مکان های نمونه برداری نشده می توان بهره جست. هدف اصلی از این تحقیق مقایسه روشهای میانابایی زمین آمار که شامل کریجینگ، لوگ کریجینگ و کوکریجینگ (با متغیر کمکی TDS) و IDW و NDW با توانهای ۱ و ۲ و ۳ است. اطلاعات مربوط به هدایت الکتریکی که از تجزیه و تحلیل تعداد ۱۲۲ حلقه چاه آب (در محدوده عمق بین ۳ متر تا ۳۰۰ متر) در سال ۱۳۸۶ در محدوده دشت داراب به دست آمده اند. ارزیابی روش های تخمین از با تکنیک cross validation با معیارهای MAE, MAB, RMSE استفاده گردید. نتایج کلی این تحقیق حاکی از آن است که روش کوکریجینگ به همراه متغیر کمکی TDS نسبت به سایر روشهای استفاده شده برتری داشته و تخمین آن از درجه اعتبار بیشتری برخوردار است. نقشه های تخمین حاصله می توانند کمک شایانی به بهره برداران آب زیرزمینی کنند.

**کلید واژه:** دشت داراب، زمین آمار، شوری آب زیرزمینی و IDW

۱- عضو هیات علمی بخش فنی و مهندسی کشاورزی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمان [nakchv1@yahoo.com](mailto:nakchv1@yahoo.com)  
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و عضو باشگاه پژوهشگران جوان دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمان [rakh\\_80@yahoo.com](mailto:rakh_80@yahoo.com)  
۳- دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری دانشگاه زابل.



## مقدمه

در کشاورزی به ساختار میکرو بیولوژی آب چندان توجهی نمی شود اما از نظر املاح معدنی و مواد مضر این پارامتر باید در حد استاندارد باشد تا ضمن آبیاری زمین، باعث تغییر ساختمان شیمیایی خاک و نیز مانع رشد گیاه نشود. از طرفی کیفیت آب آبیاری با مقادیر کل املاح و انواع نمک موجود در آب تعیین می شود و خطر شوری نیز به صورت هدایت الکتریکی (EC) آب اندازه گیری می شود و با افزایش مقدار نمک، EC افزایش می یابد، و نیز هر قدر میزان املاح افزایش یابد میزان هدایت الکتریکی نیز افزایش خواهد یافت. نمک های محلول در آب، بر رشد گیاهان اثر می گذارند و خصوصیات خاک را نیز تغییر می دهند لذا اندازه گیری آن به منظور کنترل کیفیت آب از اهمیت زیادی برخوردار است و همچنین از این نظر که هدایت الکتریکی، نسبت معین و مستقیمی با TDS و مواد محلول موجود در آب دارد، از طرفی بین TDS آبهای سطحی و چاهها (آب نهری) و هدایت الکتریکی ویژه (EC) رابطه تجربی به صورت زیر وجود دارد:

$$(TDS_{PPM} = EC(\mu_s/Cm) \times 0.7)$$

بنابراین از TDS به عنوان متغیر کمکی استفاده نمودیم.

زمین آمار شاخه ای از علم آمار است که تغییرات متغیر در محیط را به دو مولفه سیستماتیک و تصادفی تقسیم بندی می کند. اصول زمین آمار بر اساس نظریه متغیر های ناحیه ای استوار بوده که هم تغییرات ساختاری و هم تغییرات تصادفی متغیرهای مکانی را مورد توجه قرار می دهد. (۱۸-۱۰-۷) بنابراین علاوه بر مقدار یک کمیت در یک نمونه، موقعیت فضایی نمونه را نیز مورد توجه قرار می دهد. بدین لحاظ می توان نمونه ها را همراه با مقدار کمیت مورد نظر یکجا مورد تحلیل قرار داد. تکنیک های درون یابی به دو شیوه کلی انجام می شود، درون یابی زمین آماری Geostatistic که کریجینگ نامیده می شود و بر اساس ویژگیهای آماری نقطه نمونه گیری شده می باشد. تکنیک های درون یابی زمین آماری کمیت همبستگی مکانی نقاط نمونه برداری شده را مد نظر قرار داده و تخمین را براساس موقعیت قرار گیری مکان نمونه های اندازه گیری نشده انجام می دهد. تکنیک های درون یابی که بتوانند مقادیر یک نقطه اندازه گیری شده را دقت بالایی تخمین زنند به عنوان تخمینگرهای دقیق شناخته می شوند. حسینی و همکاران (۱۳۸۲) تخمین هدایت الکتریکی و



همایش ملی مدیریت بحران آب  
*The National Conference on Water Crisis Management*  
دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت، اسفندماه ۱۳۸۸



سولفات موجود در آب زیر زمینی مشهد با استفاده از روش کریجینگ انجام دادند، نتیجه تحقیق آنها پهنه بندی هدایت الکتریکی به همراه نقشه خطای آنها بود. گنادیشی و همکاران (۱۳۸۷) تخمین برخی پارامترهای کیفی موجود در آب زیر زمینی دشت زرنند را با روش کریجینگ انجام دادند نتیجه تحقیق آنها پهنه بندی پارامترهای موجود، و طبقه بندی آب دشت زرنند بود. علاء الدین و همکاران (۲۰۰۷) تغییرات مکانی شوری آب در پایین دست رودخانه زرکا، دره مرکزی جردن انجام دادند و برای همه پارامترهای کیفی آب جداول خلاصه آماری، وهیستوگرام مربوط به هر پارامتر را بدست آوردند و نتایج آنها پهنه بندی منطقه از نظر پارامترها بود. محمدی (۱۳۷۷) تئوری متغیر مکانی، واریوگرام و چگونگی تخمین متغیر مکانی به کمک روش کریجینگ را مورد بحث قرار داده است در مواردی که بیش از یک متغیر مورد مطالعه قرار می گیرد، با در نظر گرفتن وابستگی مکانی بین آنها می توان نتایج حاصله از تخمین را بهبود بخشید تئوری کوکریجینگ به صورت کامل و عمیق توسط مایزر ارائه شده است. همانند روش کریجینگ، اولین قدم در بکارگیری کوکریجینگ تعیین و مدل نمودن ساختار تغییرات مکانی متغیرهای موردنظر است. در این حالت علاوه بر تعیین واریوگرام های متغیرهای اولیه و ثانویه به طور جداگانه، واریوگرام های دو جانبه، که بیانگر ساختار مکانی بین دو متغیر اولیه و ثانویه است، نیز بایستی محاسبه و ترسیم گردد. بلهومر<sup>۴</sup> و همکاران (۲۰۰۰) از روش های زمین آماری برای بررسی تغییرات مکانی پ- هاش آب دریاچه استفاده کردند. ریزو و موسر (۲۰۰۰) زمین آمار را برای کیفیت آب های زیرزمینی مورد استفاده قرار دادند. بررسی های انجام شده توسط این محققین نشان داد که ترکیب داده های هیدروشیمی و داده های میکروبی دقت معقولی را برای برآورد نقاط ارائه داده است. به عبارتی می توان گفت این نوع آنالیز سبب می شود که این دو تب داده ها همدیگر را تکمیل کنند. تقی زاده و همکاران (۱۳۸۷) به منظور پیش بینی پراکنش مکانی شوری آب های زیرزمینی دشت رفسنجان اطلاعات مربوط به ۶۶ چاه جمع آوری نمودند. در نهایت معلوم شد که روش کریجینگ بر روش های دیگر میان یابی برتری دارد. کوپر و ایستوک (۱۹۸۸) یک بررسی را در رابطه با زمین آمار و مراحل انجام آن ارائه نمودند. نامبردگان همچنین تأکیدی بر استفاده از روش کریجینگ در مبحث آب های زیرزمینی داشته اند. روش های تخمین داده های مکانی، متعدد هستند و اختلاف بین روش ها ناچیز به نظر می رسد، از طرفی تمام برنامه ریزی ها بر

<sup>۴</sup>. Bellehumeur



اساس همین تخمین ها صورت می گیرد بنابراین انتخاب مناسب ترین روش تخمین که با دقت بالاتری بتواند داده های مکانی را برآورد نماید، و همچنین ارزیابی روش های مختلف میانابایی زمین آماری و تخمین پارامتر هدایت الکتریکی آب زیرزمینی دشت داراب با روش کوکریجینگ و کریجینگ و نیز تهیه نقشه های کاربردی هم تراز از این پارامترها به همراه نقشه خطاهای مربوطه مبحث اصلی این تحقیق است.

### روش های زمین آماری مورد استفاده شده در این تحقیق:

علم زمین آمار و به تبع آن روش های میان یابی آن، ابزار قدرتمندی در تحلیل اطلاعات بر مبنای ساختار مکانی می- باشد. این روش از وابستگی مکانی اطلاعات استفاده می کند و مقادیر پارامتر را به همراه خطای برآورد آن در هر نقطه دلخواه تخمین می زند.

روش های درون یابی در آنالیز های مکانی به دو دسته قطعی و زمین آماری تقسیم می شوند:

**الف) روش های قطعی:** این روشها بر اساس پارامترهایی که یکی از گزینه های زیر را کنترل می کند:

درجه شباهت (روش وزن دهی عکس فاصله) و درجه هموار سازی (توابع اساسی شعاعی) در مورد سطح شکل گرفته شده. این روشها مدل فرآیندهای مکانی- تصادفی را مورد استفاده قرار نمی دهند .

**ب) روش های زمین آماری:** این روش ها حداقل بعضی تغییرات مکانی پدیده را در نظر گرفته و با استفاده از فرآیندهای تصادفی با همبستگی مکانی به صورت مدل در می آورد. این روش ها اصولا در مواردی تشریح و مدلیزه کردن الگوهای مکانی (واریوگرافی)، پیش بینی مقادیر در مکانهای نمونه برداری نشده (کریجینگ) و بررسی عدم قطعیت در مورد مقادیر پیش بینی شده در مکانهای اندازه گیری نشده (واریانس کریجینگ) کاربرد دارند .

**سیمواریوگرام:** در زمین آمار تعیین ساختار مکانی اطلاعات با استفاده از سیمواریوگرام صورت می گیرد. این تابع، چگونگی تغییرات در مقادیر نقاطی را که در فواصل و جهت های مختلف قرار گرفته اند نشان می دهد (۲). برای یک متغیر

ناحیه ای، مقدار سیمواریوگرام در فواصل مختلف را می توان توسط تابع زیر محاسبه کرد [۸]:



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

که در آن  $\gamma(h)$ : مقدار سیمواریوگرام به ازای فاصله  $h$ ،  $n$ : تعداد زوج نقاط به فاصله  $h$ ،  $Z(x_i)$ : مقدار متغیر ناحیه‌ای در نقطه  $x_i$  و  $Z(x_i + h)$ : مقدار متغیر ناحیه‌ای در نقطه  $x_i + h$  می‌باشد. غالباً به  $2\gamma(h)$  واریوگرام و به  $\gamma(h)$  سیمواریوگرام اطلاق می‌شود [۸]. نحوه ترسیم سیمواریوگرام بستگی به تعداد نقاطی دارد که در رسم آن مورد استفاده قرار می‌گیرد. این تعداد نقاط خود به فاصله بین نقاط مورد نظر وابسته است. با تغییر دادن پارامترهای مختلف مانند گام فعال و فاصله فعال، میتوان تعداد نقاطی را که در رسم سیمواریوگرام مورد استفاده قرار می‌گیرند، تغییر داد. بر تغییرات مکانی یک متغیر ناحیه‌ای، مدل‌های سیمواریوگرام مختلفی همچون مدل خطی، مدل گوسی، مدل نمایی، مدل کروی و مدل خطی قابل برازش می‌باشند.

**کریجینگ:** به طور کلی تخمین گر آماری فرآیندی است که طی آن می‌توان مقدار یک کمیت در نقاطی با مختصات معلوم را با استفاده از مقدار همان کمیت در نقاط دیگری با مختصات معلوم بدست آورد (۷). بهترین تخمین گر زمین آماری به افتخار آقای کریگ که یک مهندس معدن طلا در آفریقای جنوبی بود، بنام کریجینگ نامگذاری شده است. کریجینگ یک روش تخمین است که بر منطق میانگین متحرک وزن دار استوار می‌باشد. و این تخمین گر البته نا اریب شناخته می‌شود. از مهمترین ویژگیهای کریجینگ این است که به ازای هر تخمین خطای مرتبط با آن را می‌توان محاسبه کرد. و معمولاً تعداد نقاط همسایگی در حدود ۱۰ نقطه مناسب تشخیص داده شده است (۶). بنابراین برای هر مقدار تخمین زده شده، می‌توان دامنه اطمینان آن تخمین را محاسبه نمود. در حالی که در روش های کلاسیک این عمل کارایی را ندارد. (۱۸-۱۰) استفاده از روش درون یابی کریجینگ برای مشاهدات دارای روند و همچنین دخالت موقعیت مکانی مشاهدات برای تعیین واریانس تخمین توصیه شده است. (محمدی ۱۹۹۷). در این پژوهش از روش کریجینگ نقطه ای بهره گرفتیم.

**کریجینگ معمولی:**



روش کریجینگ معمولی از معروفترین انواع کریجینگ است که در آن مقادیر متغیر در نقاط فاقد آمار براساس میانگین گیری متحرک وزنی خطی از مقادیر متغیر در نقاط معلوم تخمین زده می شوند:

$$Z^*(x_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot Z(x_i)$$

که در آن،  $Z^*(x_0)$  مقدار برآورد شده متغیر  $Z$  در نقطه نامعلوم  $x_0$

مقدار متغیر  $Z$  در نقطه معلوم  $x_i$  و

$\lambda_i$  مقدار وزن نسبت داده شده به متغیر  $Z$  در نقطه معلوم  $x_i$  و  $n$ ، تعداد کل مشاهدات می باشد.

برای نیل به یک تخمین نا اریب  $(E[Z^*(x_0) - Z(x_0)] = 0)$ ، مقدار جمع جبری اوزان نسبت داده شده بایستی برابر

با یک شود. همچنین روش کریجینگ بهترین تخمین را با به حداقل رساندن واریانس کریجینگ ارائه می دهد. بنابراین

اوزان  $\lambda_i$  از طریق حل دستگاه معادله خطی زیر محاسبه می شوند:

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i = 1$$

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i \gamma(x_i, x_j) + \mu = \gamma(x_0, x_j) \quad , \quad j=1, \dots, n$$

که در آن  $\gamma(x_i, x_j)$  مقدار نیم تغییر نما بین تمام نقاط معلوم،  $\mu$  ضریب لاگرانژین برای به حداقل رساندن واریانس کریجینگ و  $\gamma(x_0, x_j)$  میانگین نیم تغییر نما بین نقطه مجهول  $x_0$  و نقطه معلوم  $j$  ام می باشد.

**۳) روش کوکریجینگ:** همانند روش کریجینگ، اولین قدم در به کارگیری کوکریجینگ تعیین و مدل نمودن ساختار

تغییرات مکانی مورد نظر است. در این حالت علاوه بر تعیین واریوگرام های متغیرهای اولیه و ثانویه به طور جداگانه،

واریوگرام دوجانبه، که بیانگر ساختار همبستگی مکانی بین دو متغیر اولیه و ثانویه است، نیز بایستی محاسبه و ترسیم

گردد. چنانچه دارای دو متغیر  $Z_1(x)$  و  $Z_2(x)$  باشیم در این صورت واریوگرام دوجانبه را، که رابطه و همبستگی بین این

دو متغیر را به عنوان تابعی از فاصله  $h$  نشان می دهد، می توان به صورت زیر نشان داد.

$$\delta_{12}(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [z_1(x_i) - z_1(x_{i+h})][z_2(x_i) - z_2(x_{i+h})] \quad (3)$$



که در آن  $N(h)$  تعداد جفت های  $[z_1(x_i) - z_1(x_{i+h})][z_2(x_i) - z_2(x_{i+h})]$  را نشان می دهد. از نظر تئوری، کوکریجینگ با کریجینگ تفاوتی ندارد. چنانچه  $z_1(x)$  و  $z_2(x)$  نشانگر دو متغیر مکانی بوده که دارای همبستگی مکانی نیز می باشند. در این صورت تخمین  $z_1$  توسط روش کوکریجینگ عبارت از بهترین تخمینگر خطی نا اریب، به همراه حداقل واریانس تخمین خواهد بود. چنین تخمین گری را می توان به شکل زیر نشان داد:  $Z_1(x_0) = \sum_{i=1}^{N_1} \lambda_{1i} Z_1(X_i) + \sum_{j=1}^{N_2} \lambda_{2j} Z_2(X_j)$  که در این معادله  $N_1$  و  $N_2$  به ترتیب بیانگر تعداد نمونه های متغیرهای اولیه و ثانویه است که در تخمین متغیر اولیه در موقعیت  $X_0$  به کار گرفته شده و  $\lambda_{1i}$  و  $\lambda_{2j}$  عبارت از وزنهای آماری اختصاص داده شده به این داده ها است.

**۴) روش لوگ کریجینگ:** روش کریجینگ معمولی بهترین تخمین را در صورت نرمال بودن توزیع داده ها ارائه می دهد. در صورت نرمال نبودن توزیع داده ها، ابتدا باید توسط تبدیلی توزیع را به حالت نرمال نزدیک کرده و سپس از کریجینگ خطی برای تخمین استفاده کرد. تبدیل لوگ نرمال یکی از معمول ترین تبدیل ها مخصوصاً برای توزیع های با چولگی مثبت می باشد که در این مطالعه مورد استفاده قرار می گیرد. کاربرد روش کریجینگ روی داده های تبدیل یافته، معمولاً بنام روش لوگ نرمال کریجینگ شناخته می شود.

**۵) روش های ارزیابی:** جهت ارزیابی روش ها از تکنیک ارزیابی متقابل ۵ با معیارهای ارزیابی و میانگین قدر مطلق خطا ۶ مجذور میانگین مربعات خطا ۷ و میانگین انحراف خطا ۸ استفاده گردید. این روش بر این اساس است که هر بار یک نقطه مشاهده ای حذف شده و برای آن از روی نقاط مجاور، مقداری برآورد می گردد. سپس مقدار واقعی به محل قبلی برگردانده شده و برای تمامی نقاط شبکه، این عمل تکرار می گردد. و در نهایت با توجه به مقادیر مشاهده شده و برآورد شده، دقت هر روش با توجه به معیارهای آماری مختلف محاسبه می گردد.  $RMSE$  و  $MBE$  به ترتیب معرف دقت



(هرچه مقدار آن کمتر باشد دقت روش بیشتر خواهد بود) و MBE معرف انحراف (هرچه مقدار آن به صفر نزدیکتر باشد انحراف روش کمتر خواهد بود) هر روش می باشند.

$$MBE = \frac{\sum_{i=1}^n (Z^*(x_i) - Z(x_i))}{n}$$
$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \{z^*(x_i) - z(x_i)\}^2}$$
$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |Z^*(x_i) - Z(x_i)|}{n}$$

رابطه مورد استفاده در روش (IDW):

$$[Z_{est,j} = S[Z_i / (h_{ij} + s)^P] / S[1 / (h_{ij} + s)^P] \quad (4)$$

$Z_{est,j}$  - تخمین مقدار برای مکان مورد نظر  $j$ .

$Z_i$  - اندازه مقدار نمونه در نقطه  $i$ .

$h_{ij}$  - فاصله بین  $Z_j$  و  $Z_{est,j}$ .

S - فاکتور نرمی.

P - وزن (مقدار) هر نقطه.

رابطه مورد استفاده در روش (NDW)

(5)

$$[Z_{est,j} = S[Z_i / (h_{ij} - s)^P] / S[1 / (h_{ij} - s)^P]$$



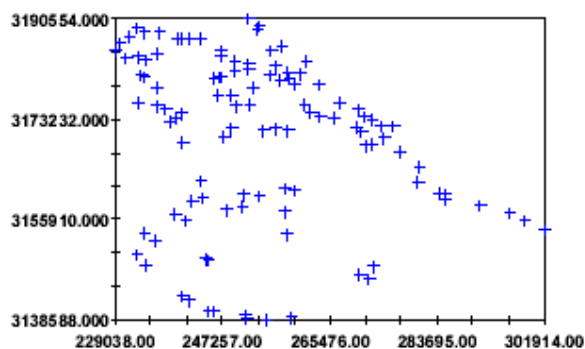


### مواد و روش ها:

منطقه مورد مطالعه در این پژوهش، شهرستان داراب در محدوده جغرافیایی ۵۵ درجه و ۲۲ دقیقه طول شرقی و ۲۸ درجه و ۵۷ دقیقه عرض شمالی و ارتفاع متوسط آن از سطح آزاد دریا ۱۱۹۰ متر و وسعت ۶۵۶۰ کیلومتر مربع که ۵/۳۵ درصد کل مساحت خاکی استان را در بر گرفته می باشد و از نظر آب و هوایی گرمسیری است و ماکزیمم بارش آن ۳۵۰ میلیمتر در سال و محصولات مهم شهرستان شامل گندم، مرکبات، پنبه، ذرت و ... لیدکنندگان گندم در کشور است.



شکل شماره ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه (نقشه فاقد مقیاس می باشد)





---

همایش ملی مدیریت بحران آب  
*The National Conference on Water Crisis Management*  
دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت، اسفندماه ۱۳۸۸

---



شکل شماره ۲: نحوه پراکندگی نقاط در منطقه مورد مطالعه

در این تحقیق، برای انجام بررسی‌های مورد نظر، تعداد ۱۲۲ حلقه آب چاه که در اداره مطالعات آب فارس دارای پرونده می‌باشند، انتخاب گردیده‌اند.

### تجزیه و تحلیل مکانی پارامتر هدایت الکتریکی آب زیرزمینی دشت داراب

در تجزیه و تحلیل داده‌ها، کلیه واریانسها برای حداکثر فاصله‌ای که در فاصله حداکثر مشخص شده است، محاسبه می‌شوند، اما تنها آن قسمت از اطلاعات که در فاصله فعال تعیین شده‌اند، برای رسم سیمواریوگرام در نظر گرفته می‌شوند. فاصله بین نقاطی که در رسم سیمواریوگرام مورد استفاده قرار می‌گیرند، با استفاده از پارامتر گام فعال مشخص می‌شود. به عبارتی از تقسیم فاصله فعال بر گام فعال می‌توان تعداد نقاطی را که در محاسبه و رسم سیمواریوگرام به کار می‌روند، به دست آورد.

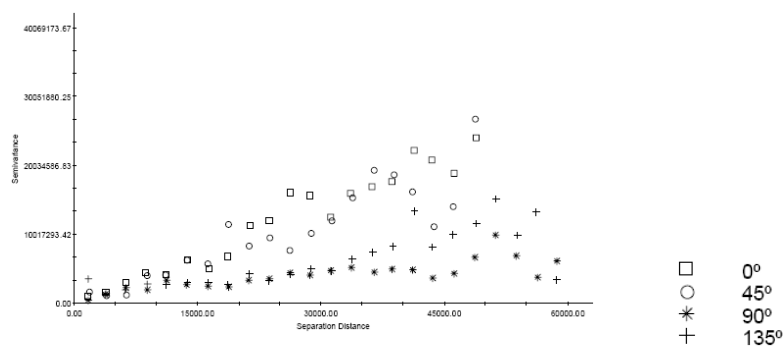
جهت آزمون همسانگردی محیط از ترسیم سیمواریوگرام در چهار جهت اصلی استفاده شد. نتایج نشان داد که بین سیمواریوگرام‌ها در جهات مختلف تفاوتی وجود ندارد و در تمام جهات از همسانگردی خوبی پیروی می‌کنند. این امر تایید کننده اختلاط مواد محلول در آب زیرزمینی می‌باشد. از روشهای زمین آماری شامل روش های کریجینگ و لوگ



همایش ملی مدیریت بحران آب  
The National Conference on Water Crisis Management  
دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت، اسفندماه ۱۳۸۸



کریجینگ و کوکریجینگ و IDW,NDW با توانهای ۱ و ۲ و ۳ برای تجزیه و تحلیل مکانی پارامتر هدایت الکتریکی موجود در آب زیرزمینی داراب استفاده شد. دو پارامتر فاصله فعال و گام فعال توسط نرم افزار به صورت پیش فرض انتخاب می شوند. در انتخاب این مقادیر به ازاء هر پارامتر سیمواریوگرام حداقل ۱۰ نقطه مشاهداتی در نظر گرفته شد [۲۱]. این امر محدودیتی را برای یافتن مقادیر بهینه این پارامترها تحمیل می کند. علاوه بر این پارامترها تعداد نقاط همسایگی نیز دارای اهمیت بوده و به طور متداول از سه مقدار ۸، ۱۲ و ۱۶ استفاده می شود.



شکل شماره ۳: همسانگردی هدایت الکتریکی در ۴ جهت اصلی

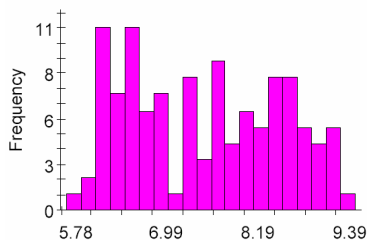
خلاصه آماری داده های هدایت الکتریکی در جدول ۱ آمده است. نتایج حاصل از این جدول و همچنین شکل منحنی فراوانی داده ها، بیانگر چولگی و کشیدگی مثبت زیاد و در نتیجه غیر نرمال بودن توزیع داده ها می باشد (شکل شماره ۳). همان طور که ملاحظه می گردد با لگاریتم گرفتن از داده ها منحنی فراوانی به حالت نرمال نزدیک تر شده است که این موضوع در جدول شماره ۱ به روشنی مشخص است.



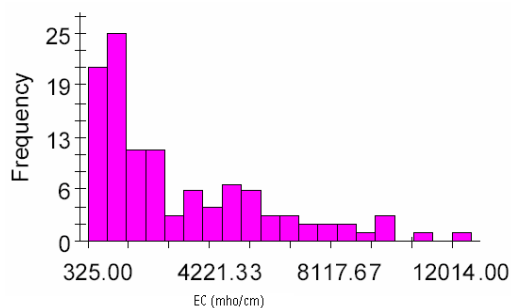
همایش ملی مدیریت بحران آب  
 The National Conference on Water Crisis Management  
 دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت، اسفندماه ۱۳۸۸



(ب)



(الف)



Log (EC)

شکل شماره ۴: منحنی توزیع فراوانی داده‌های هدایت الکتریکی مورد مطالعه (الف) غیر لگاریتمی داده‌ها (ب) داده‌های لگاریتمی.

جدول ۱: آنالیز آماری داده‌های هدایت الکتریکی به دو روش اندازه‌گیری شده

اعداد	مینیمم	ماکزیمم	میانگین	چولگی	کشیدگی	واریانس	انحراف معیار	ضریب تغییرات (%)
	$\mu mhos / cm$	$\mu mhos / cm$	$\mu mhos / cm$			$\mu mhos / cm$	$\mu mhos / cm$	
غیر لگاریتمی	۳۲۵	۱۲۰۱۴	۲۹۰۹.۴۳	۱.۲۶	۰.۸	۷۶۰۹۴۰۶.۳۵	۲۷۵۸.۵۱۵	۰.۹۴
لگاریتمی	۵.۷۸	۹.۳۹	۷.۵۱۴	۰.۱۲	-۱.۲۸	۰.۹۸۵	۰.۹۹	۰.۱۳

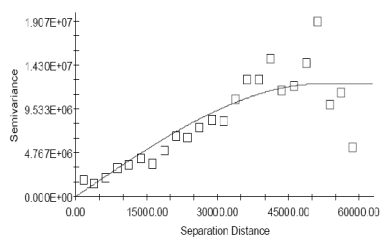


همایش ملی مدیریت بحران آب  
 The National Conference on Water Crisis Management  
 دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت، اسفندماه ۱۳۸۸

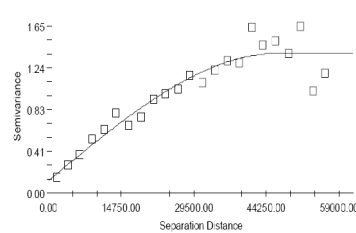


در شکل ۴، مدل نیم تغییرنمای تجربی هدایت الکتریکی در دو حالت بدون لگاریتم و با لگاریتم داده‌ها نشان داده شده است.

(ب)



(الف)



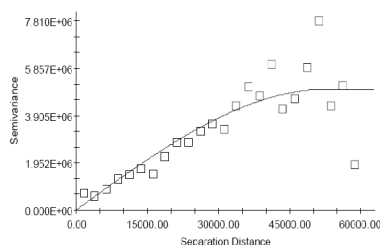
شکل شماره ۵: مدل و نیم تغییرنمای تجربی هدایت الکتریکی در کل منطقه (الف) لگاریتمی (ب) غیر لگاریتمی

مشخصات مدل‌های برازش شده بر مقادیر نیم تغییرنمای هدایت الکتریکی در دو حالت بدون لگاریتم و لگاریتمی در جدول شماره ۲ ارائه شده است.

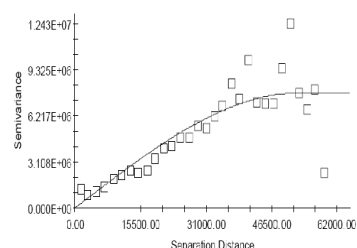
جدول ۲: مشخصات مدل برازش شده به نیم تغییرنمای تجربی هدایت الکتریکی

مدل	اثر قطعه ای	حد آستانه	دامنه تاثیر	$C/(C_0 + C)$
گوسی	۱۲۷۰۰۰۰	۱۲۴۰۰۰۰۰	۴۴۸۶۰.۱۱	۰.۸۹
لگاریتمی	۰.۱۱	۱.۳۱۷	۴۳۴۰۰	۰.۹۱۰
کرومی	۷۷۰۰۰۰	۷۷۲۳۰۰۰	۴۴۶۸۶.۹۱	۰.۹۰

کوکرینجینگ (متغیر کمکی TDS)



سمیواریوگرام مربوط به TDS



سمیواریوگرام مربوط به هدایت الکتریکی و TDS

شکل شماره ۶: سیمواریوگرامهای ترسیم شده برای هر کدام از پارامترها

## نتایج و بحث

مدل غالب، مدل کروی و مدل گوسی برای سیمواریوگرام پارامتر تحت مطالعه به دست آمد. شکل (۶). وجود این مدلها، مبین این نکته است که این پارامترها فاقد روند هستند. برای پارامتر مورد نظر، ۸۰ درصد فاصله حداکثر برای فاصله فعال و تعداد نقاط همسایگی ۱۶ به دست آمد. گام فعال برای پارامتر ذکر شده متفاوت به دست آمد که در نقشه‌های مربوط به هر پارامتر مشخص شده‌اند. از بین این سه پارامتر، تغییر فاصله فعال تاثیر زیادتری بر روی نتایج داشت. دامنه تاثیر سیمواریوگرام برای این هر یک از پارامترها نیز در روی نقشه مربوط به هر پارامتر مشخص است.

با استفاده از تخمینگر کریجینگ، مقادیر و خطای تخمین پارامترهای تحت مطالعه در کل محدوده برآورد گردید. شکل (۷) و (۸) به ترتیب مقادیر هدایت الکتریکی و خطای برآورد را نشان می‌دهند. همان طوری که مشاهده می‌شود بیشترین مقدار هدایت الکتریکی در روش کوکریجینگ حوالی مختصات  $X=2508942$  و  $Y=3138989$  با مقدار بیشتر از  $9504.97$  میکروموس بر سانتیمتر و در روش کریجینگ مقدار هدایت الکتریکی در محدوده  $X=254821$  و  $Y=3138588$



همایش ملی مدیریت بحران آب  
*The National Conference on Water Crisis Management*  
 دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت، اسفندماه ۱۳۸۸



به میزان بیش از ۱۱۲۸۵.۵۷ میکرو موس بر سانتیمتر می باشد که در قسمت جنوبی محدوده مورد مطالعه واقع شده است.

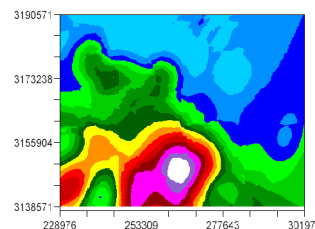
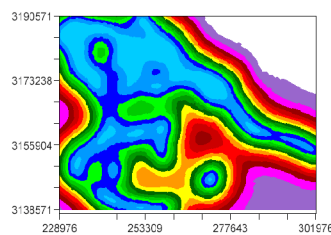
ضمناً "مقدار سولفات موجود در آب زیرزمینی داراب عمدتاً بیش از ۰.۱۱ میلی اکی والان بوده است.

اطلاعات مربوط به خطا های برآورد به خوبی می تواند به منظور تعیین نقاط نمونه برداری جدید و یا به عبارتی طراحی

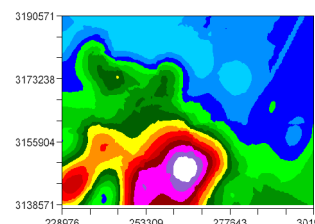
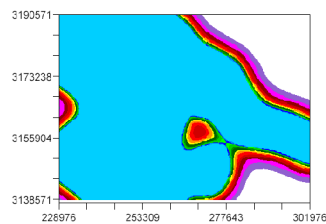
شبکه نمونه برداری بهینه به خدمت گرفته شود.

جدول ۳: نتایج حاصل از تخمین هدایت الکتریکی با استفاده از روش های مختلف ارائه شده.

روش ها	MAE	RMSE	MBE
کریجینگ	۱۱۲۸.۲۲	۱۸۵۱.۶۷	-۳۲.۶۹
کوکرپجینگ با (TDS)	۶۵۴.۱۵	۱۰۴۷.۵۲	-۳.۵۸
IDW <sub>۱</sub>	۱۰۷۵.۴	۱۶۴۶.۹	-۱۳۵.۱۸
IDW <sub>۲</sub>	۱۱۰۱.۶۲	۱۷۶۵.۹۶	-۳۸.۹۸
IDW <sub>۳</sub>	۱۱۵۴.۸۲	۱۸۶۴.۷۹	-۲۴.۸۸
NDW <sub>۱</sub>	۱۲۳۳.۶۶	۱۸۲۱.۷۱	-۲۲۸.۰۵
NDW <sub>۲</sub>	۱۳۰۴.۳۹	۱۸۷۴.۳	-۲۱۵.۷۳
NDW <sub>۳</sub>	۱۳۶۱.۱	۱۹۱۹.۱۲	-۲۰۱.۰۵



شکل شماره ۷: نقشه تخمین و خطای برآورد تغییرات هدایت الکتریکی به روش کریجینگ (میکرو موس بر سانتی متر)





شکل شماره ۸: نقشه تخمین و خطای برآورد تغییرات هدایت الکتریکی به روش کوکریجینگ (میکرو موس بر سانتی متر)

### منابع

- ۱ - تقی زاده، ر. محمودی، ش. خزایی، ح. حیدری، ا. "مطالعه تغییرات مکانی شوری آب‌های زیرزمینی با استفاده از زمین‌آمار". دومین همایش تخصصی مهندسی محیط زیست. ۱۳۸۷
- ۲ - حسینی پاک، ع.ا. "زمین‌آمار"، چاپ اول، انتشارات دانشگاه تهران. ۱۳۷۷
- ۳ - حسینی، م. قهرمان، ب. عسکری، ح. "تخمین هدایت الکتریکی و سولفات موجود در آب زیر زمینی مشهد با استفاده از روش کریجینگ"، ششمین کنفرانس بین المللی مهندسی عمران. ۱۳۸۲
- ۴ - عسگری، ح.ر. "تهیه نقشه‌های کاربردی از پارامترهای کیفی آب زیرزمینی شهر مشهد با استفاده از علم زمین‌آمار"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه عمران، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد. ۱۳۸۰
- ۵ - قهرودی تالی، م. سیستم اطلاعات جغرافیایی در محیط سه بعدی. انتشارات جهاد دانشگاهی واحد تربیت معلم. شماره ۴۹. ۲۷۳. ۱۳۸۴. ص.
- ۶ - محمدی، ج. مطالعه تغییرات شوری خاک در منطقه رامهرمز (خوزستان) با استفاده از نظریه ژئواستاتستیک. ۱۳۷۷
- ۷ - مدنی، ح. ن. مبانی زمین‌آمار، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر. واحد تفرش. صفحه ۶۵۹. ۱۳۷۳
- ۸ - ملکی گنادیشی، ف. رهنما، م. رضایی، ع. تخمین برخی پارامترهای کیفی موجود در آب زیر زمینی با استفاده از نرم افزار GS+ و روش کریجینگ (مطالعه موردی دشت زرنده)، اولین کنفرانس بین المللی بحران آب زابل. ۱۳۸۷

4 - *ASCE Task Committee on Geostatistical Techniques in Geohydrology. "Review of Geostatistics in Geohydrology", Part I and II, J. Hydr. Eng., ASCE, Vol. 116, No. 5, pp. 712-758 (1990).*





همایش ملی مدیریت بحران آب  
*The National Conference on Water Crisis Management*  
دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت، اسفندماه ۱۳۸۸



- ۱۰ - **Bellehumeur, C., D. Marcotte, & P. Legendre.** ۲۰۰۰. *Estimation of regionalized phenomena by geostatistical methods: lake acidity on the Canadian Shield. Environmental Geology.* ۳۹(۳-۴): ۲۱۱-۲۲۰.
- ۱۱ - **Gallichand, J.** "Kriging of Hydraulic Conductivity for Subsurface Drainage Design", *J. of Irrig. and Drain. Eng., ASCE, Vol. ۱۱۷, No. ۵, PP. ۶۶۷-۶۷۹(۱۹۹۱).*
- ۱۲ - **Goulard, M., Voltz, M.** ۱۹۹۲. *Linear coregionalization model: tools for estimation and choice of cross.*
- ۱۳ - **Hirsch, R.M., Helsed, D.R., Cohn, T.A., and Gilroy, E.J.** "Statistical Analysis of Hydrologic Data", Chapter ۱۷ in *Handbook of Hydrology, D.R. Maidment(ed.), McGraw-hill book Co.(۱۹۹۳)*
- ۱۴ - **Kitanidis, P.K.** "Introduction to Geostatistics", *Cambridge University Press(۱۹۹۷).*
- ۱۵ - **Kitanidis, P.K.,** "Geostatistics", Chapter ۲۰ in *Handbook of Hydrology, D.R. Maidment (ed.), McGraw-Hill Book Co(۱۹۹۳).*
- ۱۶ - **Kottgoda, N.T., and Rosso, R.** "Probability, Statistics, and Reliability for Civil and Environmental Engineers", *McGraw-Hill Book Co(۱۹۹۷).*
- ۱۷ - **Manual of GS+. Software**(Version ۱.۲۱). *Gamma Design Software(۱۹۹۰).*
- ۱۸ - **Mohammadi, J.** ۱۹۹۷. *Geostatistic mapping of environmental soil hazards. ph.D. Thesis. University of Gent. Belgium, Academic Press. ۱۹۷pp.*
- ۱۹ - **Paula J. Mouser and Donna M. Rizzo.** (۲۰۰۰). *Evaluation of Geostatistics*
- ۲۰ - **Richard M. Cooper and Jonathan D. Istok.** (۱۹۸۸). *Geostatistics Applied to Groundwater Contamination. I: Methodology. Journal of Environmental Engineering,* ۱۱۴(۲): ۲۷۰-۲۸۶.
- ۲۱ - **Warrick, A.W., and Myers, D.E.,** "Geostatistical Methods Applied to Soil Science. Second Edition, American Soc. of Agronomy and Soil Sci. Soc. of America, Madison, Wisconsin, USA(۱۹۸۶).