Archive of SID

در
زراعت و باغبانی شماره ۸۰، پاییز ۱۳۸۷
پژوهش و سازندگی

# بررسی توزیع مکانی برخی از خصوصیات خاک با کاربرد روش های زمین آماری

• **محمد جعفری**
استاد دانشگاه تهران
• **حسین محمد عسگری**
دانشجوی کارشناسی ارشد بیابانزدایی دانشگاه تهران
• **محمد معظمی**
دانشجوی کارشناسی ارشد آبخیزداری دانشگاه تهران
• **مهدی بی نیاز**
دانشجوی کارشناسی ارشد مرتعداری دانشگاه تهران
• **محمد طهمورث**
دانشجوی کارشناسی ارشد آبخیزداری دانشگاه تهران
تاریخ دریافت: فروردین ماه ۱۳۸۶ تاریخ پذیرش: آبان ماه ۱۳۸۶
Email: hmasgari@yahoo.com

**چکیده**

**شـناخت و آگاهی از چگونگی تغییرات مکانی خصوصیات خاک از عوامل موثر درمدیریت پایدار اراضی است. این تحقیق با هدف بررسی تغییرات مکانی برخی از خصوصیات خاک از جمله بافت، درصد سنگریزه، مجموع یون های کلسیم و منیزیم و مواد آلی با اسـتفاده از روش های زمین آماری انجام شـده است. ۴۸ پروفیل خاک به صورت تصادفی و در امتداد دو ترانسکت عمود بر هم درهر تیپ گیاهی که به عنوان واحدی کاری درنظر گرفته شـده، حفر گردید و نمونه های خاک از دو عمق ۳۰-۰ و۶۰ - ۳۰ سانتی متر برداشت شده و خصوصیات فوق برای تمام نمونه ها اندازه گیری شدند در این تحقیق از دو روش کریجینگ و کوکرجینگ برای بررسـی تغییرات مکانی خصوصیات خاک استفاده شـد. ارزیابی نتایج با محاسبه مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE) و ضریب همبسـتگی بین مقادیر مشـاهده ای و تخمینی نشان دهنده دقت قابل قبول تخمینگر کوکریجینگ در بررسـی خصوصایت خاک اسـت. هم چنین نتایج نشان داد اگر چه کریجینگ تخمین های قابل قبولی را ارائه داده است اما اسـتفاده از یک متغیر کمکی (میزان سـطحی همـان متغیر) در روش کوکریجینگ دقت تخمین هـا را تا حد قابل ملاحظه ای افزایش داده است.**

**کلمات کلیدی: آمار، کریجینگ، کوکریجینگ، تغییرات مکانی، خصوصیات خاک، واریوگرام**

www.SID.ir

Archive of SID



Pajouhesh & Sazandegi No 80 pp: 177 - 191

**Investigation of spatial distribution of soil properties by use of geostatistical methods**

*By: M. Jafari, Professor,Faculty of Natural Resources, Tehran University, H. M. Asgari, Post Graduate Student Desertification, Faculty of Natural Resources, Tehran University, M. Moazami, M. Tahmoures, Post Graduate Student Watershed Management, Faculty of Natural Resources, Tehran University and M. Beniaz, Post Graduate Student range Management, Faculty of Natural Resources Tehran University.*

Our main objective in the present study was to assess the spatial variation of chemical and physical soil properties and then use this information to select an appropriate area to install a pasture rehabilitation experiment in the Zereshkin region, Iran. A regular 250 m grid was used for collecting a total of 150 soil samples (from 985 georeferenced soil pits) at 0 to 30, and 30 to 60 cm layers. Soil samples were analyzed for pH, EC, N, K, P, Na, Ca, Mg and SAR. Conventional statistical methods and geostatistics were performed in order to analyze soil properties spatial dependence. Mean, standard deviation, skewness, and kurtosis for all measured variables were evaluated. All variograms generally were well structured with a relatively large nugget effect. Soil properties such as pH, P semivariograms were best fitted by spherical models, while SAR, Na were best fitted by spherical models. In the beginning kriging were performed in order to analyze spatial variation of chemical and physical soil properties, then for enhancing estimation accuracy and comparing results we used cokriging technique. Comparison of the results using statistical techniques showed that kriging technique has acceptable accuracy in characterizing the spatial variability. Also results showed that although kriging technique has acceptable accuracy in characterizing the spatial variability of soil properties but if higher accuracy is needed, cokriging is preferred to kriging particularly when the extra variable has been used.

**Key words:** Geostatistics, Kriging, Cokriging, Soil properties, Spatial variation, Variogram.

## مقدمه

مدیریت پایدار اکوسیستم مستلزم شناخت و ارزیابی تغییرات مکانی و زمانی در خصوصیات آن به منظور بهره برداری بهینه و پایدار از منابع می باشد. از مهمترین فاکتورهای مؤثر در مدیریت پایدار اکوسیستم حفظ کیفیت خاک آن می باشد. به این منظور درک چگونگی توزیع مکانی خصوصیات خاک در عرصه مهم است(۶). تغییر در خصوصیات خاک ممکن است منشاء اولیه یا ثانویه داشته باشد. منشاء اولیه تغییرات در خصوصیات خاک تحت تأثیر عوامل خاک زایی است در صورتی که منشاء ثانویه تغییرات می تواند بر اثرکاربری ها و مدیریت های مختلف اتفاق افتد. این تغییرات مکانی در محدوده وسیعی از خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک مشاهده می شود(۲).

تغییر پذیری خصوصیات خاک با این فرض که توزیع خصوصیات خاک در عرصه بصورت تصادفی است، اغلب توسط روش های آماری کلاسیک بیان می شود. در این روش ها نتایج بدست آمده از اندازه گیری نمونه ها مستقل از موقعیت فضایی آنها مورد بررسی قرارمی گیرد بنابراین مقدار یک کمیت در یک نمونه هیچگونه اطلاعاتی درباره مقدار همان کمیت در نمونه های دیگر به فواصل مختلف بدست نمی دهد(۳).

امروزه محققان از روش های زمین آماری جهت ارزیابی توزیع مکانی خصوصیات خاک استفاده می کنند. در زمین آمار می توان بین مقادیر یک کمیت در جامعه نمونه ها و فاصله و جهت قرار گرفتن نمونه ها نسبت به یکدیگر ارتباط برقرار کرد. بنابراین در این روش ابتدا به بررسی وجود یا عدم وجود ساختار مکانی بین داده ها پرداخته می شود و در صورت وجود ساختار مکانی تحلیل داده ها انجام می شود. بنابراین تخمین زمین آماری شامل دو مرحله است: مرحله اول شناخت و مدل سازی ساختار فضایی متغیر است که بوسیله آنالیز واریوگرام قابل بررسی است و مرحله دوم تخمین متغیر مورد نظر بوسیله توابع زمین آماری از جمله کریجینگ (که مقادیر متغیرها را با استفاده از داده های موجود همان متغیر تخمین می زند) و کوکریجینگ (که از اطلاعات متغیر های کمکی نیز جهت تخمین مقادیر استفاده می کند) می باشد(۳).

استفاده از روش های زمین آماری در علوم خاک توسط محققین مختلفی بکار گرفته شده است. امینی و همکاران میزان کلر موجود در خاک را با استفاده از روش های زمین آماری برای منطقه ای در جنوب شرق اصفهان مدل سازی کردند. ایشان همچنین از میزان EC بعنوان متغیر کمکی در روش کوکریجینگ استفاده کرده و به این نتیجه رسیدند که استفاده از متغیر کمکی دقت برآوردها را به طور قابل ملاحظه ای بالا برده است(۱). Mac Bratney و همکاران نقشه های جامع خصوصیات فیزیکی شیمیایی و زیستی خاک را با استفاده از روش های زمین آمار، GIS و فن سنجش از دور برای مناطق وسیعی از استرالیا تعیین کردند(۹). Neal و همکاران خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در روش های مختلف مدیریتی برای منطقه ای در زاگرس را با کاربرد زمین آمار و روش های آماری درون یابی کردند(۱۰). Pcerri و همکاران از روش زمین آمار برای تعیین خصوصیات خاک مناطق مناسب برای احداث چراگاه در حوضه آمازون در کشور برزیل استفاده کرد(۱۲). Stark و همکاران میزان موجودات ریز خاک را در منطقه ای در نیوزیلند با روش های زمین آمار درون یابی کردند و میزان فعالیت آنها را برآورد کردند(۱۴). Barnes و همکاران میزان ازوتوباکتر را با متغیر های کمکی pH و محتوای آب خاک برای مزرعه ای در انگلستان به کمک زمین آمار تخمین زدند(۵). Cheng و همکاران توزیع مکانی عناصر نیترژن و فسفر را درگیاهان فلات اُردوس بررسی



www.SID.ir

Archive of SID


کرده و میـزان آن را درگیاهـان منطقه درون یابی کردنـد(۶). Douaoui و همکاران نقشـه شـوری خاک را برای منطقه ای در الجزایر با اسـتفاده از روش هـای زمین آمـاری تهیه کردنـد. در این مطالعـه از داده های تصاویر ماهـواره ای نظیـر NDVI به عنـوان متغیر کمکـی در روش کوکریجینگ اسـتفاده شـد و نتایج قابـل قبولی بدسـت آمـد(۷). Duffera و همکاران توزیـع مکانـی خصوصیات خـاک را بوسـیله دو مـدل ترکیبـی واریوگرام و تحلیـل مولفه های اصلی بررسـی کـرده و به این نتیجه رسـیدند که می توان خصوصیات فیزیکی خاک را به دو دسـته تقسـیم کرد. یک دسته که با نقشه های واحدهای خاک ارتباط دارند مثل بافت خاک و گروهی که با واحدهای خـاک ارتباطی ندارند مثـل تخلخـل(۸). Panagopoulos و همکاران در ۲۰۰۶ خصوصیات فیزیکی خاک یک مزرعه را برای تولید نقشه قابلیت تولید کاهو با اسـتفاده از زمین آمار و GIS درون یابی کردند(۱۱). Rabinson و همکاران در سـال ۲۰۰۶ روش هـای کریجینگ معمولی، کریجینگ معمولی لـوگ نرمـال و فاصله معکوس وزنی را بـرای درون یابی خصوصیاتی از خاک که در میزان محصول تاثیر دارند برای منطقه ای در اسـترالیا به کار بردند و نتایج مطلوبی را بدست آوردند(۱۳). از آنجا که شناخت چگونگی توزیع مکانی خصوصیـات خاک در یک عرضه کمک شـایانی به مدیریـت هر چه بهتر آن مـی نماید. بنابرایـن مطالعه حاضر با هدف ارزیابـی توانایی روش های زمین آمـاری در بررسـی تغییرات مکانـی برخی خصوصیات خـاک صورت گرفته است.

## مواد و روش ها

### الف) منطقه مورد مطالعه

منطقـه مورد مطالعه در ۶۰ کیلومتری جنوب غرب شهرسـتان سـواد کوه در اسـتان مازندران بین عرض هـای جغرافیایی "۵۱ '۵۵ °۳۵ تا "۴۰ '۵۸ °۳۵ شـمالی و طـول هـای جغرافیایـی "۵۸ '۵۲ °۵۲ تـا "۵۲ '۵۶ °۵۲ شـرقی واقع شده است (شکل شماره ۱). مساحت منطقه ۲۲۲۶/۸۳ هکتار، متوسط ارتفاع از سطح دریا ۲۴۴۵ متر و کاربری منطقه مرتع است. متوسط دمای سـالانه منطقه ۱۲درجه سانتی گراد و متوسط بارندگی منطقه ۴۱۵ میلی متر می باشـد. در منطقه مورد مطالعه شش تیپ گیاهی وجود دارد.

جدول ۱ - تیپ های گیاهی و مساحت آنها

| کد تیپ | نام تیپ گیاهی | مساحت (هکتار) |
|---|---|---|
| ۱ | *Bromus tomentolus – Poa bulbusa* | ۱۴۱/۲۶ |
| ۲ | *Dactylis glomerata - Brachypodium pinatum, Poa bulbusa* | ۲۵۲/۴۹ |
| ۳ | *Dactylis glomerata - Bromus tomentolus, Brachypodium pinatum* | ۴۱۹/۷۵ |
| ۴ | *Festuca ovina - Bromus tomentolus* | ۴۰۹/۴۷ |
| ۵ | *Festuca ovina - Bromus tomentolus ,Onobrychis cornuta* | ۵۴۵/۰۸ |
| ۶ | *Festuca ovina , Bromus tomentolus - Dactylis glomerata* | ۴۵۸/۷۸ |
| | مجموع | ۲۲۲۶/۸ |

در جدول شـماره(۱) اسـامی تیپ های گیاهی و مسـاحت هر یک از آنها آورده شده است.

### ب) روش نمونه برداری

روش های نمونه برداری مختلفی برای تهیه نقشـه خاک مورد استفاده قرار می گیرد. روشی که در مطالعه حاضر از آن استفاده شده است، روش خطی (ترانسـکت) می باشـد. در این روش نمونه برداری، چندین راستای موازی یا عمود بر هم روی نقشـه ترسـیم می شود و سـپس تعدادی نقطه در هر راسـتا به طور منظم یا تصادفی مورد مطالعـه قرار می گیرند. این روش به خاطر نیاز به تعداد نمونه کمتر نسبت به روش هایی مثل روش شبکه بندی منظم ارجحیت دارد(۴،۳). در این مطالعه در هر تیپ گیاهی دو ترانسـکت عمود بر هم در نظر گرفته شـد و در طول هر ترانسـکت با فواصل تصادفی تعـداد چهـار پروفیل حفر گردید و در مجموع ۴۸ پروفیل برداشـت شـد. در هـر پروفیل با توجه به عمق خاک، مـرز تفکیک افق ها، نوع و وضعیت گیاهـان و عمق تحـت تاثیر مواد آلی در منطقه مـورد مطالعه و همچنین مـرور منابـع مختلـف (۱۴،۷،۱) از دو عمق ۳۰-۰ و ۶۰ -۳۰ سـانتی متر نمونـه بـرداری صورت گرفت و در مجموع ۹۶ نمونه بدسـت آمد. برای هر نمونـه برخی خصوصیات خاک از جمله مواد آلـی (به روش والکی وبلک)، بافت (به روش هیدرومتری)، مجموع یون های کلسـیم و منیزیم (به روش تیتراسـیون عصاره اشـباع با EDTA) و درصد سـنگریزه (به روش وزنی) محاسبه گردید.

### ج) تجزیه و تحلیل زمین آماری

#### بررسی ساختار مکانی داده ها

اولین گام در استفاده از روش های زمین آماری بررسی وجود ساختار مکانی در بین داده ها توسط آنالیز واریوگرام می باشد.

شـرط اسـتفاده از این آنالیز نرمال بودن داده ها اسـت. به منظور تشـریح پیوستگی مکانی یک متغیر بوسیله واریوگرام لازم است مجموع مربع تفاضل زوج نقاطی که به فاصله معلوم h از یکدیگر قراردارند محاسبه و درمقابل h رسم گردد(۳). شکل (۲) نمایی از یک واریوگرام را نشان می دهد.

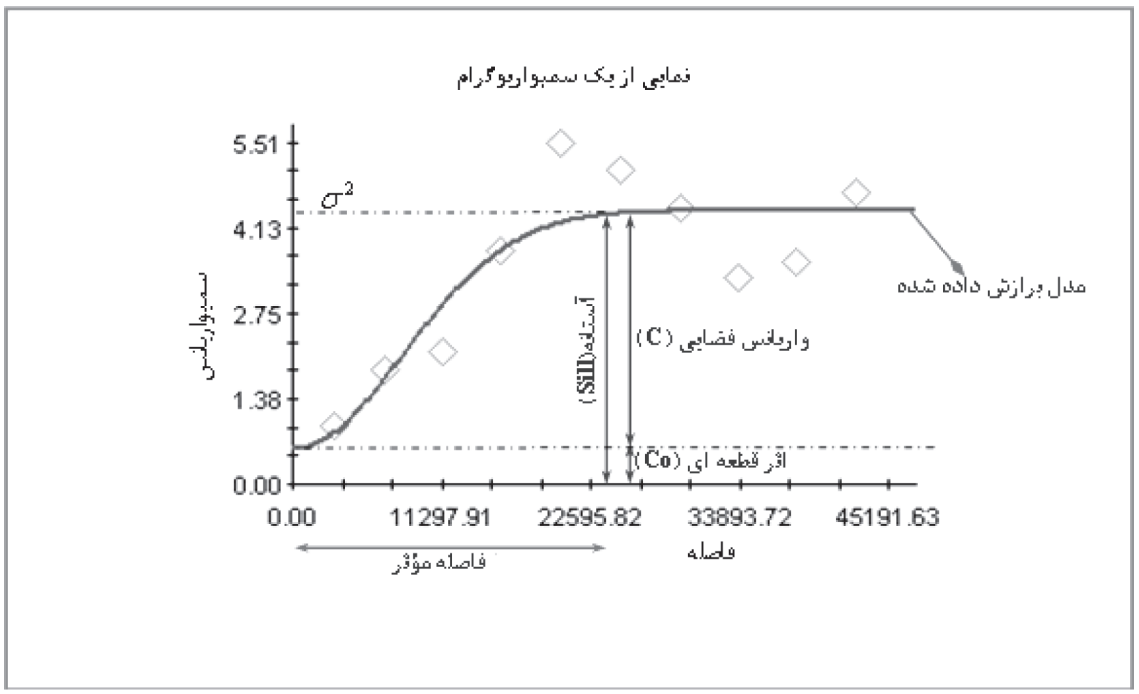
هر واریوگرام دارای چند پارامتر مهم می باشد که عبارتند از:

۱- دامنـه تأثیـر: فاصله ای که درآن واریوگرام به حد ثابتی می رسـد و به حالت خط افقی نزدیک می شود.این دامنه محدوده ای را مشخص می کند


www.SID.ir

Archive of SID

شکل شماره ۱ – موقعیت منطقه مورد مطالعه در ایران




شکل شماره ۲- نمای کلی یک واریوگرام


www.SID.ir

Archive of SID


کـه می توان از داده های موجود درآن بـرای تخمین مقدار متغیر مجهول اسـتفاده کرد و در خارج ازاین فاصله دیگر پیوسـتگی مکانی وجود ندارد و نمونه ها به صورت مستقل عمل می کنند.

۲- آسـتانه: به مقـدار ثابتی که واریوگرام در دامنه تأثیر به آن می رسـد آستانه گفته می شود. این مقدار برابر واریانس کل نمونه هایی است که در محاسبه واریوگرام بکار رفته اند.

۳- اثر قطعه ای(واریانس بدون ساختار): مقدار واریوگرام در مبدا مختصات یعنی به ازاء h=۰ را اثر قطعه ای می نامند که جز تصادفی یا غیرساختاردار متغیر را نشان می دهد و در حالت ایده آل باید صفر باشد اما بیشتر مواقع بزرگتر از صفر است.

۴- واریانس سـاختار دار: برابر اسـت با تفاضل مقدار آستانه و اثر قطعه ای بوده و بیانگر تغییراتی اسـت که علت آن را مـی توان در خصوصیات خود متغیر مکانی یافت(۳).

واریوگرام بر اساس مقادیر زوج نقاطی که در یک راستا و یک فاصله مشخص از یکدیگر قرار گرفته اند ترسـیم می گـردد. در ایجاد این جفت نقطه لازم اسـت که موقعیت هر داده با یک بردار نمایش داده شود. به این ترتیب که داده ای کـه در نقطـه $(x_i,y_i)$ قرارگرفته را با $t_i$ نمایـش می دهند و $t_j$ نیز مقدار متغیر مورد بررسـی در نقطه ای با مختصات $(x_j,y_j)$ می باشد. فاصله این دو مقدار برابر اسـت بـا (ij h = xj-xi,yj-yi)بنابراین دومقدار$t_i$ و$t_j$ با فاصله hij از یکدیگر تشـکیل یک زوج نقطه را می دهند.(۳). محاسـبه واریوگرام برای زوج نقاط موجود در یک راستا و یک فاصله خاص به صورت زیر است:

$$\gamma(h)=\frac{1}{2n}\sum_{i=1}^{n}(z(x)-Z(x+h))^2$$

**روش های میان یابی**

روش هـای مختلفی بـرای برآورد متغیرهایی که تغییـرات زمانی و مکانی دارند، وجود دارد. تفاوت این روش ها مربوط به نحوه محاسـبه وزنی اسـت که به نقاط مشـاهده شـده اطراف نقطه مجهول داده می شـود. دو روش متداول میان یابی، کریجینگ وکوکریجینگ می باشد که در زیر به اختصار شرح داده می شوند.

روش کریجینـگ: کریجینگ تخمینگری اسـت که مقادیر یک متغیر را در نقاط نمونه برداری نشده به صورت ترکیبی خطی از مقادیر همان متغیر در نقاط اطراف آن در نظر می گیرد و برای برآورد نقاط ناشـناخته، به هر یک از نمونه‌ها، وزنی نسبت می دهد(۱).

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

کـه در آن $Z^*$ مقدار متغیرمکانی برآورد شـده ، $Z(x_i)$ مقدار متغیرمکانی مشـاهده شـده در نقطه $x_i$ و $\lambda_i$ وزنی اسـت که به نمونه $x_i$ نسبت داده می شود و بیانگر اهمیت نقطه ام دربرآورد است.

روش کریجینگ بهتریـن تخمینگر خطی نااریب با کمترین مقدار واریانس می باشـد(۱) بنابرایـن باید مقـدار واریانس تخمین حداقل بـوده و برای برقـراری شـرط نااریبی باید اوزان طوری تعیین گردنـد که مجموع آنها ۱ شود یعنی :

$$\{Var[Z^0(x_0)]=E\left[(Z^*(X_0)-Z(X_0))^2\right]=\min$$

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

روش کوکریجینگ : تخمینگر کوکریجینگ همان کریجینگ توسـعه یافته است که در آن متغیرهای ثانویه نیز لحاظ شده است(۱). رابطه آن به شرح زیر است:

$$Z^*(xi)=\sum_{i=1}^{n}\lambda_i.x_i\sum_{k=1}^{n}\lambda_k\,y(x_k)$$

که در آن $Z^*(x_i)$ مقدار تخمین زده شـده برای نقطه x i، وزن مربوط به متغیر z، وزن مربوط به متغیر کمکی xi ، y مقدار مشـاهده شده متغیر اصلی، (xk) y مقدار مشاهده شده متغیر کمکی است.

برای تخمین با این روش و برای محاسـبه اوزان مربوطه نیاز به محاسـبه واریوگرام متقابل (cross variogram) به صورت زیر می‌باشد.

$$\gamma(zy)h=\frac{1}{2}h[z(x_i+h)-z(x_i)]\times[y(x_k+h)-y(x_k)]$$

که در آن $\gamma(zy)h$ واریوگرام متقابل بین z وz(xi) ، y متغیر مشـاهده شـده، y(xk) متغیر کمکی می باشـد. به منظور نااریب بودن تخمین فوق بایستی دو محدودیت زیر برقرار باشد(۱).

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

$$\sum_{k-1}^{n}\lambda_k=0$$

## نتایج

به منظور بررسـی سـاختار مکانی داده ها از آنالیز واریوگرام اسـتفاده شد. همان گونه که بیان شـد شـرط اسـتفاده از این آنالیز نرمال بودن داده ها اسـت. به این منظور آزمون نرمال بودن برای داده ها انجام شـد و سـری داده هایی که چولگی بالایی داشـتند غیر نرمال تشـخیص داده شدند. در ادامـه بـرای نرمال کردن، از داده ها لگاریتم گرفته شـد. سـپس برای هر خصوصیـت خاک در عمق ۳۰-۰و۶۰-۳۰ و نیز میانگین این دو عمق آنالیز واریوگرام انجام شد. تجزیه و تحلیل های زمین آماری با استفاده از نرم افزار GS+ انجام شـده اسـت. نتایج واریوگرافی در جدول (۱) آورده شده است. شکل های ۳ تا ۶ چهار واریوگرام شاخص را برای نمونه نشان می دهد.

نتایج نشـان می دهد به جز در مورد سـختی عمقی و متوسط که ساختار مکانی برای آنها تشـخیص داده نشـد و سـیلت ۳۰-۰ و ماسه ۶۰-۳۰ که سـاختار مکانی ضعیفی دارند، در سـایر موارد سـاختار مکانی قوی در بین داده ها وجود دارد. در ادامه درون یابی داده ها با استفاده از روش کریجینگ انجـام شـد. برای ارزیابـی نتایج بدسـت آمـده از RMSE [۱] و نیز ضریب همبسـتگی بین مقادیر مشاهده ای و مقادیر تخمین زده شده استفاده شد. نتایـج در جدول۳ آمده اسـت. در مورد مواد آلی با توجـه به میزان پایین RMSE و نیز درصد بالای R تخمین های مناسـبی بدسـت آمده اسـت. در مورد ماسـه با توجه به میزان پایین R و RMSE تخمین های مناسبی حاصل نشـده است. در مورد سیلت و ماسه نیز بخصوص در مورد لایه های سـطحی نتایج مشابهی بدست آمده است. در مورد سختی با توجه به نتایج واریوگرام عدم وجود سـاختار مکانی بیـن داده ها را بیان می کند. تخمین نتایج رضایت بخشـی را نشان نمی دهد اما درمورد سـنگریزه نتایج نسبتاً مناسبی به دست آمده است.

بـه دلیـل اینکـه در بعضـی از مـوارد تخمین ها از دقـت مطلوبی برخـوردار نبوده اند و نیز بـه جهت ارزیابی نتایج تابـع کریجینگ و اینکه میزان متوسـط هر خصوصیت عامل تعیین کننده تری در بیان خصوصیات

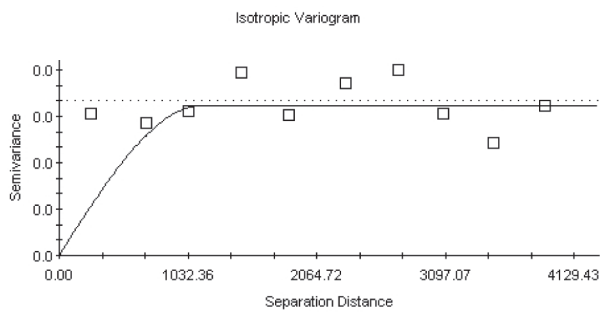

www.SID.ir

Archive of SID



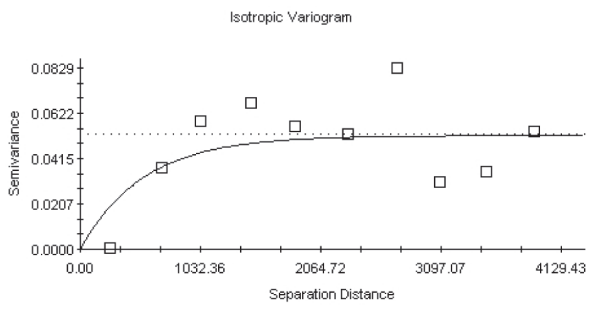
جدول شماره ۱- نتایج آنالیز واریوگرام

| متغیر | مدل واریوگرام | اثر قطعه ای (C۰) | آستانه (C+C۰) | دامنه تاثیر (R) (سانتیمتر) | $\frac{C}{C+C_0}$ (درصد) |
|---|---|---|---|---|---|
| مواد آلی متوسط | کروی | ۰/۰۰۰۱ | ۰/۰۳۶ | ۱۱۴۴ | ۹۹/۷ |
| مواد آلی ۳۰-۰ | کروی | ۰/۰۰۰۱ | ۰/۱۴۶ | ۲۶۳۵ | ۹۹/۹ |
| مواد آلی ۶۰-۳۰ | کروی | ۰/۰۰۰۱ | ۰/۲۱۲ | ۱۷۵۵ | ۱۰۰ |
| سختی متوسط | خطی | ۰/۰۲۳۶۹ | ۰/۰۲۳۶۹ | ۳۴۷۶ | ۰ |
| سختی ۳۰-۰ | نمایی | ۰/۰۰۰۱ | ۰/۰۵۲ | ۱۶۵۲ | ۹۹/۷ |
| سختی ۶۰-۳۰ | خطی | ۰/۰۴۳۲ | ۰/۰۴۳۲ | ۳۴۷۶ | ۰ |
| رس متوسط | نمایی | ۰/۶ | ۷۳/۴۳ | ۱۴۲۴ | ۹۹/۲ |
| رس ۳۰-۰ | نمایی | ۰/۱ | ۸۶/۵ | ۱۱۶۷ | ۹۹/۹ |
| رس ۶۰-۳۰ | کروی | ۵/۹ | ۴۳/۲۴ | ۳۳۰۳ | ۸۶/۴ |
| سیلت متوسط | کروی | ۰/۰۰۰۰۱ | ۰/۶۶۳ | ۱۸۰۸ | ۹۹/۸ |
| سیلت ۳۰-۰ | نمایی | ۷/۲۴ | ۱۴/۵ | ۲۳۹۱۳ | ۵۰ |
| سیلت ۶۰-۳۰ | کروی | ۰/۰۱ | ۲۱/۲۸ | ۲۴۶۳ | ۱۰۰ |
| ماسه متوسط | کروی | ۰/۰۰۰۱ | ۰/۰۴۶۷ | ۱۲۴۷ | ۹۹/۸ |
| ماسه ۳۰-۰ | کروی | ۰/۰۰۰۱ | ۰/۰۷۱۹ | ۱۱۹۱ | ۹۹/۹ |
| ماسه ۶۰-۳۰ | نمایی | ۰/۰۱۶۴۴ | ۰/۰۳۲۹ | ۲۲۹۴۷ | ۵۰ |
| سنگریزه متوسط | نمایی | ۰/۰۰۰۱ | ۰/۰۳۸۲ | ۴۳۷۴ | ۹۹/۷ |
| سنگریزه ۳۰-۰ | نمایی | ۰/۰۰۷۷ | ۰/۱۱۱۱ | ۲۵۹۹۲ | ۹۳/۱ |
| سنگریزه ۶۰-۳۰ | نمایی | ۰/۰۰۰۱ | ۰/۰۳۸۲ | ۴۳۷۴ | ۹۹/۷ |




pherical model (Co = 0.00010; Co + C = 0.03400; Ao = 1144.00; r2 = 0.042; RSS = 6.718E-04)

شکل شماره (۳) واریوگرام پارامتر مواد آلی متوسط



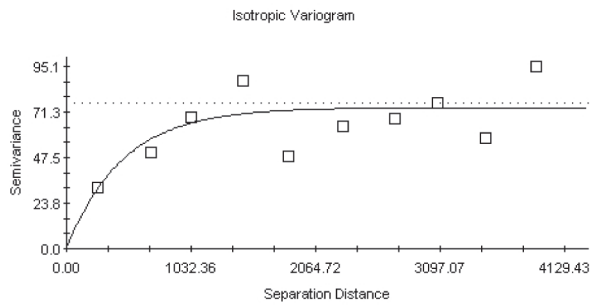

Exponential model (Co = 0.00010; Co + C = 0.05200; Ao = 547.00; r2 = 0.493; RSS = 2.656E-03)

شکل شماره (۴) واریوگرام کلسیم و منیزیم سطحی



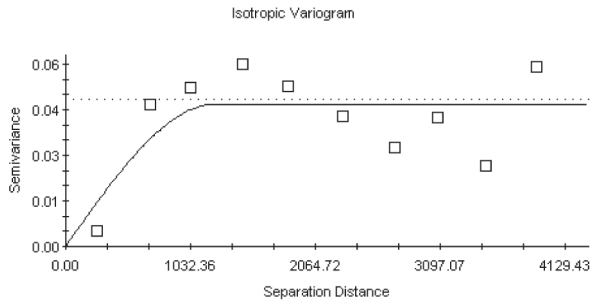
www.SID.ir

Archive of SID


Exponential model (Co = 0.6000; Co + C = 73.6500; Ao = 470.00; r2 = 0.459; RSS = 1761.)

**شکل شماره (۵) واریوگرام پارامتر رس متوسط**




Spherical model (Co = 0.00010; Co + C = 0.04551; Ao = 1242.00; r2 = 0.508; RSS = 1.207E-03)

**شکل شماره (۶) واریوگرام پارامتر ماسه متوسط**

**جدول شماره ۲- نتایج آنالیز واریوگرام متقابل**

| متغیر | مدل واریوگرام | اثر قطعه ای (C۰) | آستانه (C+C۰) | دامنه تاثیر | $\frac{C}{C+C_0}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| اثر متقابل مواد آلی متوسط وسطحی | کروی | ۰/۰۰۰۱ | ۰/۰۰۷ | ۲۰۳۷ | ۰/۹۸۶ |
| اثر متقابل سختی متوسط وسطحی | نمایی | ۰/۰۹۸۶ | ۰/۱۹۸۲ | ۲۷۳۳۰ | ۰/۵ |
| اثر متقابل رس متوسط وسطحی | خطی | ۴۴/۱۶ | ۴۶/۹۷ | ۳۴۷۶ | ۰/۰۶ |
| اثر متقابل سیلت متوسط وسطحی | نمایی | ۴/۶۶ | ۹/۳۳ | ۱۷۳۶۱ | ۰/۵۰۱ |
| اثر متقابل ماسه متوسط وسطحی | کروی | ۰/۰۰۰۱ | ۰/۰۴۹۹ | ۲۵۸۴۲ | ۰/۹۹۸ |
| اثر متقابل سنگریزه متوسط وسطحی | کروی | ۰/۰۸۹ | ۱۶/۱۲ | ۱۲۹۶ | ۰/۹۹۵ |

خاک منطقه می باشد، از روش کوکریجینگ برای برآورد میزان متوسط هرخصوصیت باکمک میزان سطحی همان خصوصیت استفاده شد. به این منظور واریوگرام متقابل بین میزان متوسط و میزان سطحی هرخصوصیت تشکیل شد. نتایج واریوگرافی در جدول (۲) آورده شده است. شکل های ۷ و ۸ دو واریوگرام متقابل شاخص را برای نمونه نشان می دهد.

نتایج نشان می دهد بجز در مورد رس در سایر موارد می توان با استفاده از داده های سطحی پارامتر مورد نظر مقدار متوسط آن را با استفاده از روش کوکریجینگ به طور مناسبی تخمین زد. درون یابی داده ها با استفاده ازروش کوکر یجینگ ومقایسه آن با نتایج کریجینگ ( جدول۳ ) نشان می دهد که در اکثر موارد (بجز مواد آلی و رس سطحی) میزان خطا نسبت به روش کریجینگ کاهش یافته و نیز میزان همبستگی بین مقادیر مشاهده ای و مقادیر تخمینی به طور قابل ملاحظه ای بالا رفته است.

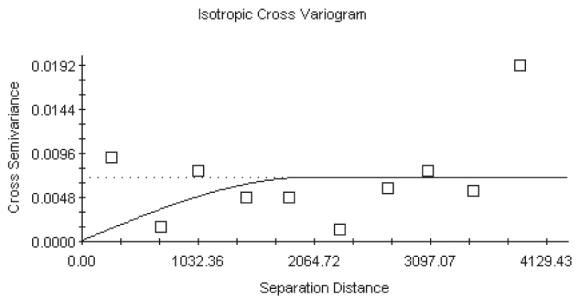
## بحث و نتیجه گیری

بررسی نتایج نشان دهنده وجود چولگی بالا در مقادیر برخی خصوصیات خاک می باشد. دلیل این امر را می توان به ویژگی های ذاتی متغیر، شرایط محیطی نظیر فعالیت های انسانی و نیز نحوه نمونه برداری و تعداد نمونه های برداشت شده ارتباط داد. روش نمونه برداری در این مطالعه همان گونه که شرح داده شد به صورت ترانسکت بوده و حداقل نمونه برداشت شده که باعث صرفه جویی در وقت و هزینه می باشد. فواصل نمونه برداری نیز در این روش به صورت تصادفی انتخاب شده اند. از آنجا که انتخاب فواصل نمونه برداری با استفاده از دامنه تاثیر و بحث همسان گردی در نمونه برداری شبکه ای مطرح می شود در این مطالعه مورد بررسی مورد استفاده قرار نگرفته است. استفاده از روش نمونه برداری شبکه ای می تواند چولگی داده ها را پایین بیاورد ولی تعداد نمونه ها در این روش زیاد می‌شود و مستلزم صرف وقت و هزینه بیشتری است. ضمنا در روش شبکه بندی می توان واریوگرام را در جهات مختلف بررسی نمود و همسان گردی و ناهمسان گردی متغیر مورد نظر را بررسی نمود. در این بررسی استفاده از روش های مناسب تبدیل به نرمال این مشکل را تا حد زیادی حل کرده است با این حال برخی داده ها همچنان دارای چولگی بالا بودند. برای این چنین داده هایی می توان از روش های دیگر میان یابی مثل اسپلاین، روند سطحی و میانگین متحرک وزن‌دار و کریجینگ محدود استفاده کرد.


www.SID.ir

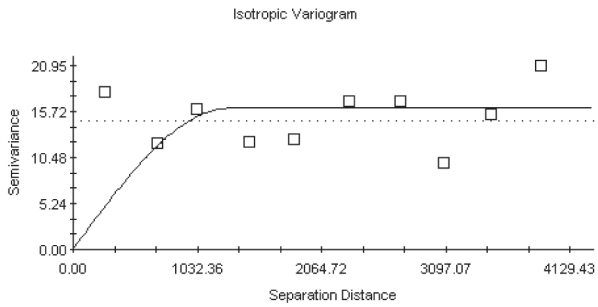
Archive of SID






Spherical model (Co = 0.00010; Co + C = 0.00700; Ao = 2037.00; r2 = 0.003; RSS = 2.628E-04)

**شکل شماره (۷) واریوگرام متقابل مواد آلی متوسط و سطحی**




Spherical model (Co = 0.0900; Co + C = 16.1000; Ao = 1296.00; r2 = 0.036; RSS = 267.)

**شکل شماره (۸) واریوگرام متقابل سنگریزه متوسط و سطحی**

**جدول شماره ۳- ارزیابی نتایج توابع کریجینگ و کوکریجینگ**

| متغیر | میانگین | چولگی | RMSE | R |
|---|---|---|---|---|
| مواد آلی متوسط | ۲/۲۵ | ۰/۶۵ | ۰/۵۲ | ۰/۷۶ |
| مواد آلی ۳۰-۰ | ۲/۳۶ | ۰/۶۴ | ۰/۴۹ | ۰/۷۸ |
| مواد آلی ۶۰-۳۰ | ۲/۱۲ | ۰/۶۷ | ۰/۶۴ | ۰/۶۷ |
| اثر متقابل مواد آلی متوسط وسطحی | - | - | ۰/۶۲ | ۰/۷ |
| سختی متوسط | ۶/۱۳ | ۰/۸ | ۰/۹۵ | -۰/۵۷ |
| سختی ۳۰-۰ | ۶/۰۳ | ۰/۷ | ۱/۰۹ | -۰/۱۳ |
| سختی ۶۰-۳۰ | ۶/۲۳ | ۱/۵۸ | ۱/۳۵ | -۰/۱۵ |
| اثر متقابل سختی متوسط وسطحی | - | - | ۰/۷ | ۰/۶۳ |
| رس متوسط | ۳۸/۷۵ | -۰/۱۲ | ۵/۵۸ | ۰/۲۸ |
| رس ۳۰-۰ | ۳۶/۸۷ | -۰/۴۳ | ۹/۵ | ۰/۱ |
| رس ۶۰-۳۰ | ۴۰/۶۲ | -۰/۴۹ | ۳/۸ | ۰/۷۱ |
| اثر متقابل رس متوسط وسطحی | - | - | ۵/۱ | ۰/۴۹ |
| سیلت متوسط | ۳۷/۱۹ | ۰/۲۳ | ۱/۸۴ | ۰/۷۳ |
| سیلت ۳۰-۰ | ۳۷/۸۷ | -۰/۴۴ | ۳/۱۴ | -۰/۲۲ |
| سیلت ۶۰-۳۰ | ۳۶/۵ | -۰/۱ | ۲/۵۵ | ۰/۷۹ |
| اثر متقابل سیلت متوسط وسطحی | - | - | ۱/۸۵ | ۰/۷۳ |
| ماسه متوسط | ۲۴/۱ | ۰/۴۱ | ۴/۶ | ۰/۲۵ |
| ماسه ۳۰-۰ | ۲۵/۳۳ | ۰/۶۵ | ۷/۵ | ۰/۰۸۳ |
| ماسه ۶۰-۳۰ | ۲۲/۸۷ | ۰/۴۱ | ۳/۱۴ | -۰/۰۱۳ |
| اثر متقابل ماسه متوسط وسطحی | - | - | ۳/۹۷ | ۰/۵۴ |
| سنگریزه متوسط | ۱۷/۳۵ | ۰/۸۳ | ۲/۸ | ۰/۳۲ |
| سنگریزه ۳۰-۰ | ۱۶/۳ | ۰/۳۹ | ۲/۴ | ۰/۴۴ |
| سنگریزه ۶۰-۳۰ | ۱۸/۳۸ | ۰/۸۳ | ۲/۸ | ۰/۳۲ |
| اثر متقابل سنگریزه متوسط وسطحی | - | - | ۲/۷ | ۰/۳۷ |


www.SID.ir

Archive of SID


به طوری که نتایج واریوگرافی نشان می دهد مواد آلی نسبت به پارامترهای دیگر ساختار مکانی بهتری داشته است و نخمین زمین آماری آن از دقت بالاتری برخوردار بوده است. دلیل این امر را می توان به شرایط اقلیمی منطقه که باعث توسعه یکنواخت پوشش گیاهی و در نتیجه مواد آلی شده است نسبت داد. Stark و همکاران نیز در مطالعه خود عوامل اقلیمی را دلیل بالا بودن دقت تخمین مقادیر میکروارگانیسم ها ذکر کرده اند و از آنجا که رابطه مستقیمی بین میکروارگانیسم ها و مواد آلی وجود دارد می توان این نتیجه گیری را کرد. در ارتباط با نتایج بدست آمده برای ماسه و سیلت از آنجا که این خصوصیات جزء پارامترهای فیزیکی خاک بحساب می آید معمولا توزیع یکنواختی در خاک ندارد و ممکن است در فواصل مختلف با توجه به نوع پوشش و حتی میزان فرسایش، تغییرات زیادی داشته باشد. بنابراین شاید بتوان علت پایین بودن دقت تخمین های ماسه و سیلت را به این عوامل نسبت داد. Duffera و همکاران فرسایش در قسمت های مختلف منطقه را دلیل تغییرات جزیی در بافت خاک می دانند.

در این مطالعه استفاده از روش میانیابی کریجینگ تخمین‌های قابل قبولی را ارائه داده است ولی استفاده از کوکریجینگ در اکثر موارد دقت تخمین ها را بیشتر کرده است. امینی و همکاران (۱۳۸۱) بیان می کنند در مواردی که واریوگرام متقابل متناسب با واریوگرام منفرد متغیر اولیه باشد، کوکریجینگ ارجحیتی نسبت به کریجینگ ندارد. علی رغم اینکه در مطالعه حاضر واریوگرام های محاسبه شده از الگوی مشابهی پیروی می نمودند ولی کوکریجینگ تخمین های دقیقتری نسبت به کریجینگ ارایه نمود.

به طورکلی در مطالعات منابع طبیعی بدست آوردن اطلاعات مکانی صریح و دقیق ازخصوصیات خاک برای استفاده منطقی و پایدار از منابع طبیعی مفید خواهد بود. بنابراین پیشنهاد می شود در مطالعات آینده :

۱) از روش های دیگر نمونه برداری نیز استفاده شده و نتایج آن با روش ترانسکت مقایسه شود.

۲) از روش های دیگر میان یابی برای تخمین مقادیر استفاده شود.

۳) متغیرهای کمکی دیگری نظیر داده های ماهواره ای در روش کوکریجینگ بکار برده شود.

## پاورقی

1 - Root Mean Squared Error

## منابع مورد استفاده


۱- امینی، منوچهر، حسین خادمی و نادر فتحیان پور. ۱۳۸۱، مقایسه کریجینگ وکوکریجینگ در برآورد غلظت کلر محلول درخاک، مجله علوم کشاورزی ایران، جلد۳۳، شماره ۴ ص ۷۴۷- ۷۴۱.

۲ - ایوبی، شمس الله، احمد جلالیان. ۱۳۸۵. ارزیابی اراضی(کاربری های کشاورزی ومنابع طبیعی). مرکز نشر دانشگاه صنعتی اصفهان، ۳۹۶ص.

۳ - حسنی پاک، علی اصغر. ۱۳۷۷، زمین آمار (ژئواستاتیستیک)، چاپ اول، انتشارات دانشگاه تهران،۳۱۴ ص.

۴ - محمدی ، جهانگرد ، ۱۳۸۵. پدومتری.جلد دوم (آمار مکانی)، انتشارات پلک، ۴۳۵ص.

5- Barnes, R.J., S.J. Baxte , R M.Lark, 2006. Spatial covariation of azotobacter abundance and soil properties, soil biology & biochemistry 42: 475-482.

6- Cheng, X., S. An, J. Chen, B. Li, 2006. Spatial relationships among species above-ground biomass, N, P in degraded grassland in ordos Plateau, Journal of arid environment 30: 75-88.

7- Douaoui, A.E.K., H. Nicolas, C. walter, 2006. Detecting Salinity hazard Within a semi arid context by means of combining soil and remote – sensing data, Geoderama 134: 217-230.

8- Duffera, M., J.G. White, R. Weisz, 2006. Spatial variability of southwestern U.S. Coastal plain soil physical properties, Geoderama 128: 121-133.

9- Mc Bratney, A.B., M .L. Mendonca, B. Minasny, 2003. On digital soil mapping, Geoderama 117: 3-52.

10- Neal, M., H. Khademi, M .A .Hajabbasi, 2004. Response of Soil quality indicators and their spatial Variability to land degradation in central Iran, Applied soil ecology 27: 221-232.

11- Panagopoulos, T., J. Jesus, M.D.C., Antunes, J. Beltrao, 2006. Analysis of spatial interpolation for optimizing management of a salinized field cultivated with lettuce, European j. of Agronomy 24: 1-10.

12- Pcerri, C.E., M .Bernoux, V. Chaplot, 2004. Assessment of soil property spatial variation in an Amazon Pasture, Geodrama 123:51-68.

13- Robinson, T.P., G. metternicht, 2006. Testing the performance of spatial interpolation techniques for mapping soil properties, computer and electronic in agriculter 50: 97-108.

14- Stark, C.E., L.M. Condron, A. Stewart, H .J. Di, M. Callaghan, 2004. Small scale spatial variability of selected soil biological properties, soil biology & Biochemistry 36:601-608.



www.SID.ir