



مقایسه کارایی چند روش زمین‌آماری برای تخمین برخی ویژگی‌های فیزیکی خاک

جلال محمودی^۱، فاطمه زارعیان^{۲*}، محمدرضا جوادی^۳ و نازیلا خرسندی^۴

۱) استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد نور

۲*) دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد نور، و مسئول مکاتبات fatemehzareian@yahoo.com

۳) استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد نور

۴) استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تاکستان

تاریخ پذیرش: ۹۱/۰۲/۱۰

تاریخ دریافت: ۹۰/۰۸/۱۲

چکیده

تخمین صحیح ویژگی‌های فیزیکی خاک برای مدیریت منابع آب و خاک اهمیت زیادی دارند. برآورد دقیق ویژگی‌های خاک مستلزم صرف زمان و هزینه زیادی می‌باشد. بنابراین، روش‌های زمین‌آماری به عنوان راه حلی مناسب در تخمین محل‌های نمونه برداری نشده مورد استفاده قرار می‌گیرند. به منظور بررسی تغییر پذیری برخی ویژگی‌های فیزیکی خاک در منطقه دره ویسه، تعداد ۷۸ نمونه از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری جمع‌آوری و به آزمایشگاه انتقال یافت. پارامترهای اندازه‌گیری شده شامل درصد رس، درصد سیلت، درصد شن و وزن مخصوص ظاهری خاک بود. پس از نرمال کردن داده‌ها اقدام به ترسیم واریوگرام گردید. برای درون‌یابی پارامترها، روش‌های کریجینگ، روش عکس فاصله وزن‌دار و روش توابع پایه شعاعی مورد ارزیابی قرار گرفت. برای ارزیابی روش‌ها، از دو پارامتر آماری، میانگین مطلق خطا (MAE) و میانگین اریب خطا (MBE) استفاده شد. نتایج نشان داد که در منطقه مورد مطالعه برای پارامترهای سیلت، شن و وزن مخصوص ظاهری خاک از بین روش‌های مختلف، روش کریجینگ و برای پارامتر رس، روش توابع پایه شعاعی از دقت بیشتری برخوردار است.

واژه‌های کلیدی: پراکنش مکانی؛ زمین‌آمار؛ کریجینگ؛ نقشه خاک

مقدمه

گیرد. به علت رابطه متقابل بین خاک و پوشش، مطالعه خاک و تغییرات آن امری ضروری است. در این راستا یکی از پایه‌ای‌ترین اطلاعات منابع اراضی بدون شک نقشه خصوصیات خاک است. لذا با کمک گرفتن از روشهای درون‌یابی می‌توان با کمترین داده‌های ممکن اقدام به تهیه نقشه خصوصیات خاک کرد. (Webster, 2000). زمین‌آمار شاخه‌ای از علم آمار کاربرد است که قادر به ارائه مجموعه وسیعی از تخمین‌گرهای آماری به منظور برآورد خصوصیات مورد نظر در مکان‌های نمونه برداری نشده با استفاده از اطلاعات حاصل از نقاط نمونه برداری شده می

کشاورزی پایدار در صورتی تحقق می‌یابد که اراضی بر حسب تناسب برای انواع مختلف کاربری‌ها طبقه‌بندی شوند. به منظور عدم گسترش بهره‌برداری غلط، لزوم یک برنامه ریزی صحیح و طولانی مدت در زمینه استفاده از اراضی بر اساس استعدادشان مشهود است. تغییر در منابع خاک در مقیاس‌های متفاوت احتمالاً نتایج مهمی در ساختار جامعه و فرآیندهای سطح اکوسیستم دارد (Rberston *et al.*, 1994). در یک اکوسیستم مرتعی، پوشش گیاهی بیش از هر عامل دیگر، تحت تاثیر ویژگیهای خاک قرار می

روش‌های کوکریجینگ و میانگین متحرک وزن‌دار می‌باشد. همچنین در این مطالعه مدل گوسی با ضریب همبستگی ۹۸ درصد بر نیم‌تغییرنمای شوری خاک برازش داده شد. (سکوتی و همکاران، ۱۳۸۶).

Bocchia و همکاران (۲۰۰۳)، کاربرد کریجینگ برای تهیه نقشه تغییرات فیزیکی-شیمیایی خاک (نظیر شن، سیلت، ماده آلی، رطوبت خاک) در شمال ایتالیا را مورد بررسی قرار دادند. وی از کریجینگ برای تحلیل تغییرات مکانی خاک استفاده کردند و نتیجه گرفتند که تلفیق دانش متخصصین پدولوژی با تکنیکهای زمین‌آمار می‌تواند در راستای بهبود مدیریت در سطح مزرعه مفید باشد.

Perez (۲۰۰۷) تغییر پذیری مکانی پارامترهای فرسایش پذیری خاک شامل شن، رس، سیلت، ماده آلی را مورد مطالعه قرار داد نتایج نشان داد که روش کریجینگ تغییر پذیری فاکتورهای مورد نظر را با دقت بیشتری برآورد می‌نماید. در طی تحقیقی هانی (۱۳۸۹) نشان داد که روش کریجینگ تخمینگر مناسبی در بررسی تغییرات مکانی عناصر آرسنیک، سرب، مس، کروم، کادمیم می‌باشد و حداقل خطای تخمین را بدست می‌دهد. مطالعات زیادی در این خصوص انجام شده که می‌توان به تحقیقات Steffens و همکاران (۲۰۰۷) اشاره کرد.

هدف از این مطالعه بررسی و مقایسه کارایی روش‌های زمین‌آمار و تهیه نقشه خصوصیات خاک از قبیل رس، سیلت، شن، وزن مخصوص ظاهری خاک می‌باشد.

مواد و روش‌ها

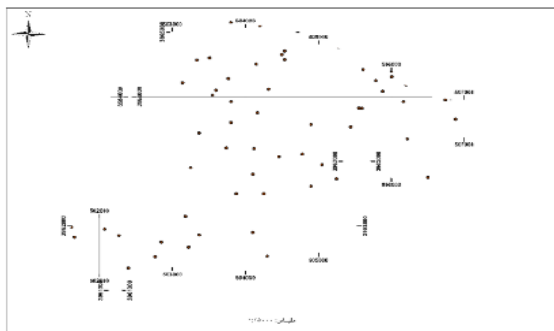
معرفی منطقه

محدوده مطالعاتی دره ویسه در جنوب شرقی شهرستان کرج در استان تهران به مشخصات جغرافیائی ۰۰، ۵۱ تا ۰۵، ۵۱ طول شرقی و ۳۵، ۴۶ تا ۴۹، ۳۵ عرض شمالی واقع شده است. وسعت

باشد (صدر و همکاران، ۱۳۸۸). لذا قادر به تهیه نقشه های کمی با دقت معلوم در مورد متغیرهای مورد بررسی خاک است (محمودی، ۱۳۸۶). امروزه مشخص شده که دقت روش زمین‌آمار در برآورد توزیع مکانی داده‌های اندازه‌گیری شده به علت در نظر گرفتن پیوستگی مکانی داده‌ها نسبت به روش‌های معمول آماری که در گذشته استفاده شده است بیشتر است (Mohammadi, 2000). در زمین‌آمار می‌توان بین مقادیر یک کمیت، فاصله و جهت قرار گرفتن نمونه‌ها نسبت به یکدیگر ارتباط برقرار کرد. تخمین زمین‌آمار شامل دو مرحله است: مرحله اول شناخت و مدلسازی ساختار فضائی متغیر است که به وسیله آنالیز واریوگرام قابل بررسی است و مرحله دوم تخمین متغیر مورد نظر توسط توابع زمین‌آمار از جمله کریجینگ می‌باشد (Davis, 1987). روشهای زمین‌آمار برای توصیف و مدل کردن الگوهای مکانی داده‌های خاک برای بیش از ۲۰ سال است که استفاده می‌شود. (Burgess and Webste, 1980) از کریجینگ معمولی برای درون‌یابی خصوصیات خاک استفاده کردند (Burgess et al., 1980). در ایران اولین مرتبه Hajrasuliha و همکاران (۱۹۸۰) به منظور تجزیه و تحلیل تغییرات مکانی شوری خاک از این روش استفاده کرد.

Mohammadi (۲۰۰۰) با استفاده از زمین‌آمار برخی خصوصیات خاک را برآورد نمود و نتایج نشان داد که روش کریجینگ به عنوان روش برتر نسبت به روش‌های معمولی برآورد داده‌های مکانی معرفی گردید. Meul و همکاران (۲۰۰۳) برای برآورد سیلت در بلژیک روش کریجینگ جامع از بین سایر انتخاب و به عنوان بهترین و دقیق‌ترین روش میان‌یابی معرفی کردند. نتایج تحقیقات سکوتی و همکاران (۱۳۸۶) نشان داد که روش کریجینگ در بررسی تغییرات مکانی شوری خاک مناسب‌ترین روش در مقایسه با

وسیله روش هیدرومتری نسبت به تجزیه بافت خاک و از روش کلوخه و پارافین برای اندازه گیری وزن ظاهری خاک استفاده شد (Perez et al., 2007; Black et al., 1986).



شکل ۱- نقاط نمونه برداری شده در سطح منطقه

روش تحقیق

در این تحقیق به منظور ترسیم نیم تغییرنمای تجربی بافت و وزن مخصوص ظاهری خاک از نرم‌افزار GS^+ و برای تهیه نقشه این پارامترها با روش‌های کریجینگ، توابه پایه شعاعی و عکس فاصله وزن‌دار از نرم‌افزار ARCGIS استفاده شد.

شرط استفاده از روش‌های زمین‌آماری و آنالیز واریوگرام نرمال سازی داده‌ها است. یکی از روش‌های ارزیابی نرمال بودن داده‌ها استفاده از ضریب چولگی می‌باشد. هنگامی که این ضریب بیشتر از ۱ باشد، بایستی از لگاریتم جهت نرمال نمودن داده‌ها با استفاده از تست کلموگروف-اسمیرنوف انجام شود. رابطه عمومی این روش‌ها به شرح ذیل می‌باشد:

کریجینگ یک تخمین گر خطی وزن دار است. و به عنوان تابعی خطی از مجموعه مشاهدات واقع در همسایگی محل مورد تخمین شناخته می‌شود (محمدی، ۱۳۸۶).

$$z(x) = \sum_{i=1}^n \lambda_i z(x_i) \quad (1)$$

معادله آن:

حوزه آبخیز ۲۵۱۶/۵۳ هکتار می‌باشد. محیط منطقه طرح ۲۳/۶۲ کیلومتر، حداقل ارتفاع حوزه ۱۳۱۵ متر و حداکثر ارتفاع آن ۲۵۵۴ متر می‌باشد. چهار نوع تیپ گیاهی مرتعی که عبارت است از: ۱- تیپ گون + گندمیان + چوبک، ۲- تیپ گون + گندمیان + درختچه، ۳- تیپ گون + گندمیان + درمنه، ۴- تیپ گیاهی گون + گندمیان چندساله در منطقه شناسایی شده است. مراتع منطقه اکثراً در وضعیت فقیر قرار دارند و پوشش گیاهی حدود ۳۰ درصد آنها را تشکیل داده و بقیه سطح مراتع از سنگ و سنگریزه، خاک لخت و لاشبرگ تشکیل شده و زاد آوری و تجدید حیات در گیاهان بسیار ضعیف و تعداد زیادی از آنها در معرض انقراض می‌باشند. ساختار زمین‌شناسی محدوده مطالعاتی مربوط به دوران سوم زمین‌شناسی و دوره آئوسن با سازند کرج می‌باشد. بنابراین غالب سنگهای در برگیرنده آن آتشفشانی و از نوع گدازه های آندزیتی و بازالتی به همراه شیل، توف، توف آهکی، شیل با میان لایه ماسه سنگی، ماسه سنگ توفی بهمراه کنگلومرا و به مقدار کمی نیز رسوبات آبرفتی و پادگانه های آبرفتی و مخروط افکنه ای دوران کواترنری (چهارم زمین‌شناسی) می‌باشد. تیپ های اراضی در سه رخساره متفاوت شامل کوهها، تپه ها و دشت های دامنه ای است. رژیم رطوبتی خاک زیریک (Xeric) و رژیم حرارتی مزیک (Mesic) نتیجه بررسی خاکشناسی است.

نمونه برداری و آنالیز فیزیکی خاک

ابتدا منطقه مورد مطالعه به شبکه‌های (1000×1000) متر تفکیک شد. سپس، به صورت تصادفی در داخل آنها، جمعا ۷۸ نمونه از عمق ۳۰-۰ سانتیمتری سطح خاک در فصل بهار جمع‌آوری گردید شکل (۱). نمونه های خاک درهوا خشک شده و از الک دو میلی متری عبور داده شد، سپس به

چندجمله‌های درجه دوم معکوس^۴، اسپلاین صفحه نازک^۵ می‌باشد. در این روش تابع اصلی تعیین و اعداد پارامتر تابع بهینه شد. هر کدام از این توابع دارای یک عدد پارامتر بهینه شده می‌باشد که نرمی سطح نقشه را کنترل می‌کند.

به منظور ارزیابی روش‌های درون‌یابی از تکنیک Cross Validation با دو معیار MAE^۶ و MBE^۷ برای سنجش روشها و نیز تطابق توزیع مکانی نقشه های بدست آمده با فیزیک منطقه استفاده شد. MAE معرف دقت و MBE معرف انحراف هر روش می باشد که از روابط زیر محاسبه می‌گردد:

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |z^*(xi) - z(xi)|}{n} \quad (۴)$$

$$MBE = \frac{\sum_{i=1}^n (z^*(xi) - z(xi))}{n} \quad (۵)$$

که در آنها

$Z^*(xi)$: مقدار برآورد شده در نقطه xi

$Z(x_i)$: مقدار برآورد شده در نقطه xi

n : تعداد نقاط می‌باشد.

در شرایطی که MAE و MBE برابر صفر و یا نزدیک به صفر هستند، نشان‌دهنده این است که روش استفاده دقت بالایی دارد و با فاصله یافتن از صفر، دقت روش کاهش می‌یابد.

نتایج و بحث

$Z(x_i)$: متغیر تخمینی در نقطه X .
 λ : وزن یا اهمیت کمیت وابسته به نمونه i ام
 $Z(x_i)$: مقدار متغیر نمونه i ام
 روش عکس فاصله وزن دار یکی از روشهای درون‌یابی است که در آن مدل بر اساس مقادیر نقاط همسایه برازش داده می‌شود. به طوری که به نقاط مجاور نسبت به فاصله آنها از نقطه مجهول وزنی اختصاص می‌یابد. در حقیقت نوعی درون‌یابی وزن دار انجام می‌گیرد.
 مقادیر تخمین از روابط زیر محاسبه می‌شود (محمودی، ۱۳۸۶).

$$W\alpha \frac{1}{D_i^n} \quad (۲)$$

$$Z_0 = \frac{\sum_{i=1}^n z_i d_i^{-n}}{\sum_{i=1}^n d_i^{-n}} \quad (۳)$$

که در آن:

Z_0 : مقدار تخمین زده شده متغیر Z در نقطه 0

Z_i : مقدار نمونه در نقطه i

n : تعداد نقاط اندازه‌گیری شده

d_i : فاصله نقطه نمونه تا نقطه مورد تخمین و

ضریبی که وزن را بر اساس فاصله تعیین می‌کند.

روش اسپلاین (توابع پایه شعاعی): برای درون‌یابی به روش اسپلاین از چند جمله‌ای‌ها استفاده می‌شود. به طوری که از برازش یک تابع چند جمله‌ای بر داده‌ها مقادیر نقاط نامعلوم برآورد می‌شود. ویژگی اساسی اسپلاین آن است که در سطح، تغییرات ناگهانی وجود ندارد (محمودی، ۱۳۸۶).

توابع مختلف این روش شامل اسپلاین کاملاً منظم^۱، اسپلاین با کشش^۲، چندجمله‌ای درجه دوم^۳،

^۳ . Multiquadratic

^۴ . Inverse multiquadratic

^۵ Thin Plate Spline

^۶ .Mean Absolute Error

^۷ . Mean Bias Erroe

^۱ .Completly Regularized Spline

^۲ . Spline with Tension

مدل‌سازی واریوگرام (شکل ۲)، از روش کریجینگ برای پیش‌بینی تغییرات مکانی خصوصیات خاک استفاده شد. با توجه به اینکه رس نیم‌تغییرنمای مناسبی به دست نمی‌دهد، در این تحقیق از روش کریجینگ برای میان‌یابی آن استفاده نگردید. بنابراین از دو روش دیگر برای برآورد آن استفاده شد. برای ارزیابی روش‌های میان‌یابی از پارامترهای MAE و MBE استفاده گردید (جدول ۳). بر اساس این جدول ملاحظه می‌گردد که روش کریجینگ برای پارامترهای سیلت، شن، وزن مخصوص ظاهری خاک از خطای کمتر و در نتیجه دقت بیشتری برخوردار است. در مورد رس نشان داده شد که روش توابع پایه شعاعی با خطای ۲/۷۲ و انحراف ۰/۲۸ روش دقیق‌تری در برآورد این پارامتر می‌باشد. پس از انتخاب مناسب‌ترین روش میان‌یابی برای هر یک از خصوصیات خاک اقدام به درون‌یابی گردید و در نهایت با استفاده از نرم افزار GIS نقشه پهنه بندی خصوصیات خاک تهیه گردید (شکل ۳).

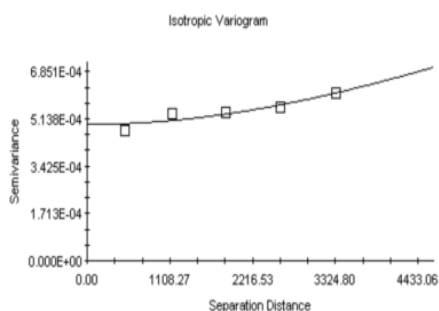
خلاصه آماری داده‌های مربوط به پارامتر خاک در جدول (۱) آورده شده است. نتایج نشان می‌دهد ضریب چولگی در داده‌ها مورد نظر نشان می‌دهد که داده‌ها از توزیع نرمال برخوردار نمی‌باشند. برای استفاده از روش کریجینگ نیاز به بررسی ساختار مکانی داده‌ها با استفاده از ترسیم واریوگرام است. در جدول (۲) بهترین مدل به همراه پارامترهای نیم‌تغییرنما آورده شده است. نسبت اثر قطعه‌ای به آستانه را می‌توان برای ارزیابی ساختار مکانی داده‌ها مورد بررسی قرار داد. این نسبت کمتر از ۰/۲۵، متغیر دارای ساختار مکانی قوی، بین ۰/۲۵-۰/۷۵، ساختار مکانی متوسط، بزرگتر از ۰/۷۵ ساختار مکانی ضعیف می‌باشد (Robinson et al., 2006). با توجه به اینکه نسبت اثر قطعه‌ای به آستانه برای سیلت کمتر از ۰/۲۵ می‌باشد، این پارامترها از پیوستگی مکانی قوی برخوردار می‌باشند. همچنین این نسبت برای شن (۰/۱۹) و وزن ظاهری متوسط (۰/۳۶) و رس (۰/۵۰) متوسط رو به ضعیف است. پس از

جدول ۱- نتایج تجزیه آماری خصوصیات خاک

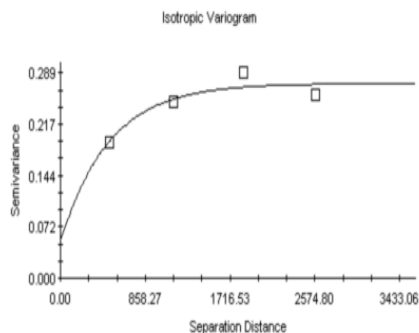
متغیر	میانگین	حداقل	حداکثر	انحراف معیار	ضریب تغییرات	چولگی	کشیدگی
سیلت	۲۳/۶۱	۸	۴۹	۱۱/۶۲	۱۳۵/۰۹۶	۰/۷۸	-۰/۶۸
شن	۶۵/۳۰	۳۶	۸۸	۱۴/۸۴	۲۲۰/۳۹	-۰/۶۷	-۰/۶۸
رس	۱۱/۱۰	۴	۲۲	۴/۵۸	۲۰/۹۹	۰/۷۰	-۰/۲۳
وزن مخصوص ظاهری	۱/۶۳	۱/۵۴	۱/۷۱	۰/۰۳۹	۱/۶۱	-۰/۴۸	۲/۵۷

جدول ۲- مدل‌های بهینه واریوگرامها و پارامترهای مربوط به آنها

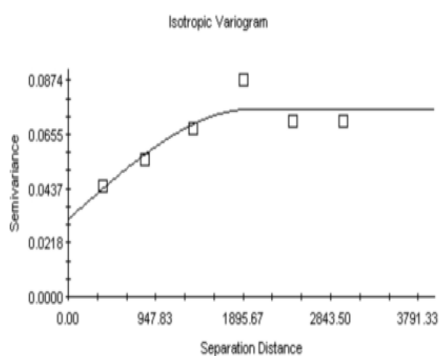
متغیر	مدل	شعاع تاثیر	آستانه (C ₀ +C)	اثر قطعه‌ای (C ₀)	% $\frac{C_0}{C_0+C}$
سیلت	نمایی	۴۹۷	۰/۲۷۴۲	۰/۰۵۲۱	۱۹
شن	کروی	۱۹۹۹	۰/۰۷۵	۰/۰۳۱	۴۱
رس	نمایی	۲۱۱۰۰	۰/۳۱۳	۰/۱۵۶	۵۰
وزن مخصوص ظاهری خاک	گوسی	۸۸۷۹	$1/36 \times 10^{-3}$	$4/94 \times 10^{-4}$	۳۶



مدل و نیم تغییرنمای وزن مخصوص ظاهری

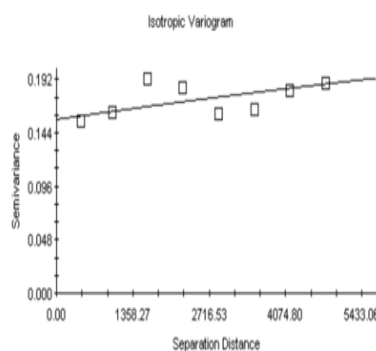


مدل و نیم تغییرنمای سیلت



مدل و نیم تغییرنمای سن

بهای سب

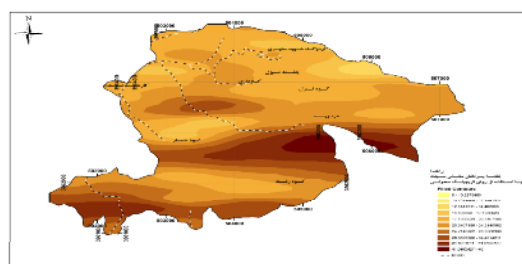


مدل و نیم تغییرنمای رس

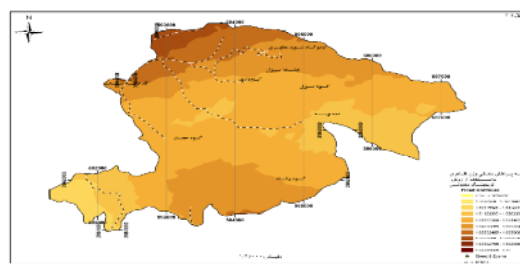
شکل ۲- نیم تغییر نماهای سیلت، وزن مخصوص ظاهری، رس و شن

جدول ۳- نتایج ارزیابی روشهای درون یابی خصوصیات خاک

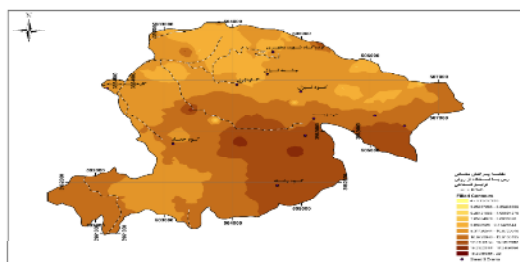
متغیر	روشهای درون یابی	RMS	MAE	MBE
سیلت	روش کریجینگ	۱۰/۷۳	۶/۳۵	-۰/۳۰
	روش توابع پایه شعاعی	۱۱/۰۴	۶/۵۳	-۰/۰۱
	روش عکس فاصله وزن دار	۱۰/۹۸	۶/۴۳	۰/۱۸
شن	روش کریجینگ	۱۳/۶۰	۸/۱۸	۰/۰۹
	روش توابع پایه شعاعی	۱۳/۸۵	۸/۳۴	-۰/۱۱
	روش عکس فاصله وزن دار	۱۳/۹۲	۸/۳۸	-۰/۵۲
رس	روش توابع پایه شعاعی	۴/۵۴	۲/۷۲	۰/۲۸
	روش عکس فاصله وزن دار	۴/۶۰	۲/۸۶	۰/۳۰
وزن مخصوص ظاهری خاک	روش کریجینگ	۰/۰۳۶۱	۰/۰۲	۰
	روش توابع پایه شعاعی	۰/۰۳۶۴	۰/۰۳	۰
	روش عکس فاصله وزن دار	۰/۰۳۶۵	۰/۰۳	۰



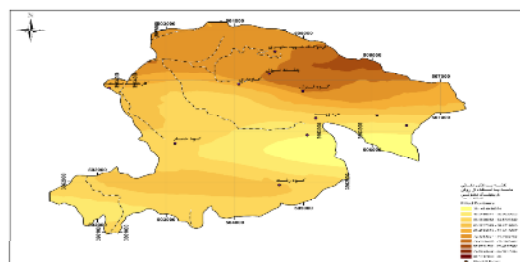
نقشه ۲: پراکنش مکانی سیلت



نقشه ۱: پراکنش مکانی وزن مخصوص ظاهری



نقشه ۴: پراکنش مکانی رطوبت



نقشه ۳: پراکنش مکانی رطوبت

شکل ۳- نقشه توزیع مکانی، رطوبت، سیلت، شن و وزن مخصوص ظاهری

خصوصیات خاک روش کریجینگ بر روشهای دیگر ارجحیت دارد. نتایج این تحقیق در راستای بررسی است که همکاران و Hajrasuliha (۱۹۸۰)، Laslett و همکاران (۱۹۸۷) و Mohammadi (۲۰۰۰) انجام دادند و نشان دادند که روش کریجینگ به عنوان روش برتر برآورد داده‌ها مکانی خاک می‌باشد. برای استفاده از روش کریجینگ برای رس در منطقه نیاز است نمونه‌برداری بیشتری صورت گیرد تا استفاده از این روش قابل توجیه باشد. متغیرهای زیادی در انتخاب بهترین روش تخمین موثر هستند، ناهمگن بودن منطقه از لحاظ متغیرهای مورد مطالعه، وسعت محدوده مورد مطالعه، فواصل نمونه‌ها و وجود روند می‌تواند در انتخاب روش تخمین نیز تاثیر گذار باشد.

نتیجه گیری

وجود وابستگی مکانی بین ویژگی‌های مورد بررسی خاک در مراتع مورد مطالعه از نتایج اصلی تحقیق حاضر می‌باشد. زمین‌آمار ابزار ارزشمندی در تعیین وابستگی مکانی است و سیستم اطلاعات جغرافیایی در کنار زمین‌آمار برای تهیه نقشه‌های

به منظور عدم گسترش آثار ناشی از بهره‌برداری غلط از اراضی، لزوم یک برنامه ریزی صحیح و طولانی مدت در زمینه استفاده از اراضی بر اساس استعدادشان مشهود است. در این راستا یکی از پایه‌ای‌ترین اطلاعات منابع اراضی بدون شک نقشه خصوصیات خاک است. لذا با کمک گرفتن از روشهای درون‌یابی می‌توان با کمترین داده‌های ممکن اقدام به تهیه نقشه خصوصیات خاک کرد. وجود ساختار ارتباط مکانی برای اکثر متغیرهای خاک در تحقیقات بسیاری نشان داده شده است و مدل‌های تغییر نمای کروی، گوسی جهت بررسی تغییر پذیری خاک و تخمین به وسیله کریجینگ در مطالعات زیادی به کار گرفته شده است (Miller et al., 1988؛ Cambardella et al., 1994). در این تحقیق وزن مخصوص ظاهری خاک وابستگی مکانی متوسط داشته که با نتایج (Cambardella et al., 1994) مشابهت دارد. متغیر رطوبت و وابستگی مکانی ضعیف و سیلت و وابستگی مکانی قوی و شن و وابستگی مکانی متوسط داشت که با نتایج تحقیق Lopez و همکاران (۲۰۰۰) همخوانی دارد به منظور تخمین برخی از

- اراضی کشاورزی جنوب تهران، پایان نامه دکتری، دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات تهران.
- AL-Omran, A.M., Abdel-naser, G., Ichoudhry, K. and AL.Otuibi, J. 2004, spatial variability of soil ph and salinity under data palm cultivation, soil science Departement , college of Agrivolture , king saud university, pp, 5-30.
- Black, C.A. 1986. Methods of Soil Analysis. Part 1, PP: 545-566. Ser. No. 9., ASA. Madison, WI.
- Bo Sun, A., Shenglu Zhou, B., Qiguo Zhao, B. 2003. Evaluation of spatial and temporal changes of soil quality based on geostatistical analysis in the hill region of subtropical China. *Geoderma*, 115: 85-99.
- Burgess, T.M. and Webster, R. 1980. Optimalinterpolation and isarithm mapping of soil properties; the semi-variogram and punctual kriging. *J. Soil Sci.* 31, 315-31.
- Bocchia, A., Castrignano, B.F., Fornarob, A. and Maggiore, T. 2003. Application of factorial kriging formapping soil variation at field scale, *European Journal of Agronomy*13: 295-308.
- Cambardella, C.A., Moorman, T.B., Novak, J. M., Parkin, T.B., Karlen, D. L., Turco R.F. and Konopka, E.A. 1994. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. *Soil Science Society of America Journal*, 58:1501- 1511
- Davis, B.M. (1987), Uses and abuses of cross-validation in geostatistics, *Math Geology*, 19: 241-248.
- Hajrasuliha, S.N., Baniabassi, J., Methy J. and Nielsen, D.R. 1980. spatial variability of soil salinity studies in southwest Iran, *Irrigation Science*, 1: 196- 208.
- Hosseini, E. Gallichand, E. and Marcotte, D. 1994. Theoretical and experimental performance of spatial Interpolation methods for soil salinity analysis. *Transactions of the ASAE*, 37 (6): 1799-1807.
- Iqbal, J., Thomasson, J.A., Jenkins, J.N., Owens, P.R. and Whisler, F.D. 2005. Spatial variability analysis of soil physical properties of alluvial soils. *Soil* توزیع مکانی خاک نقش مهمی دارد. نتایج همه این تحقیقات نشان می دهد که روش بهینه و مناسب جهت برآورد و تخمین داده ها بسته به متغیر می تواند متفاوت باشد و متغیرهای زیادی در انتخاب بهترین و بهینه ترین روش تخمین موثر هستند. ناهمگن بودن منطقه از لحاظ متغیرها، وسعت محدوده مورد مطالعه، فواصل نمونه ها، تعداد نمونه ها و وجود روند می تواند در انتخاب روش تخمین نیز تاثیر گذار باشد. توصیه می شود روش های زمین آمار در خاکهای مناطق دیگر کشور مورد مطالعه و بررسی قرار گیرد تا امکان مقایسه و ارزیابی بیشتر آنها فراهم گردد.
- منابع مورد استفاده**
- پاک نیا، ر. ۱۳۸۵. تجزیه و تحلیل زمین آماری تغییرات مکانی برخی خصوصیات شیمیایی خاک تحت در مدیریت مرتع قرق و مرتع تخریب شده در منطقه سبزکوه چهارمحال و بختیاری، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات.
- جعفریان جلودار، ز.، ارزانی، ح.، جعفری، م.، کلارستانی، ع.، زاهدی، ق. و آدرنیوند، ح. ۱۳۸۸. توزیع مکانی خصوصیات خاک با روش های زمین آماری در مراتع رینه. *مجله مرتع*، ۳: ۱۰۷-۱۳۰.
- سکوتی اسکوتی، ر.، مهدیان، م. و محمودی، ش. ۱۳۸۶. مقایسه کارایی برخی روش های زمین آماری برای پیش بینی پراکنش مکانی شوری خاک، مطالعه موردی دشت ارومیه، پژوهش و سازندگی، ۷۴(۱): ۱۰-۱۷.
- صدر، س.، افیونی، م. و فتحیان پور، ن. ۱۳۸۸. تغییرات مکانی آرسنیک در اراضی با کاربردهای مختلف در استان اصفهان، علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک، ۱۳(۵): ۱۰۸-۱۰۰.
- محمودی، ج. ۱۳۸۶. پدومتری (آمار مکانی)، جلد دوم، انتشارات پلک.
- هانی، ع. ۱۳۸۹. بررسی تغییرات مکانی فلزات سنگین با استفاده از زمین آمار و سامانه اطلاعات جغرافیایی در

- Rberston, G.P. and Gross, K.L. 1994. Assessing the heterogeneity of belowground resources: quantifying pattern and scale. In Calwell, M. M., Percy, R.W. Exploitation of Environmental heterogeneity by Plants. Academic Press. San diego, CA.
- Robinson, T.P and Metternicht, G. 2006. Testing the performance of spatial interpolation techniques for mapping soil properties, Computer and Electronics in Agriculture. 50: 97-108.
- Steffens, M., Kolbl, A., Totsche, K.U. and Kogel, I. 2007. Grazing effects on soil chemical and physical properties in semi arid steppe of Inner Mongolia (P. R. China). Geoderma, 143: 63-72.
- Sparks, D.L., A. L. Page, P. A. Helmke, R. H. Leoppert, P. N. Soltanpour, M. A. Tabatabai, G. T. Johnston and summer, M. E. (1996) Methods of soil analysis. Madison: Soil Sci. Soc. of America.
- Trangmar, B.B. and Uehara, g. 1985. Application of Geostatistic to Spastial Studies of Soil properties , Advances in Agronomy, Vol, 38, PP. 45-94.
- Webster, R. and Oliver, M.A. 2000. Geostatistical, for Environment Scientists. Australia: Wiley.
- Webster, R. 2000. Is soil variation random Geoderma 97: 149– 163.
- Yanni j., Mishima, A., Furakava, S., Akshalov, k. and koski, T. 2005. Spatial Variability of Organic matter dynamics in the semi-arid croplands of northern kazakhstan soil science plant nutrient 51: 261-269.
- zhao, Y., peth, S., kummelbein, J., horn, R., wang, Z., stiffens, M., Hoffmann, C. and Peng, x. 2007. spatial variability of soil properties affected by grazing intensity in inner Mongolia graaland. Ecological modeling 205: 241-254.
- Science Society of America Journal, 69: 1338–1350.
- Jiachun, S., haizhen, W., jiaming, X., jianjun, W., Liu X. and Haiping Z.C. 2007. Spatial distribution of heavy metals in soils: a case study of changing, china, environ Geol, 52: 1-10.
- Laslett, G.M., Mcbratney, A.B., Phal, P.I. and Hutchinson, M.F. 1987. Comparison of several spatial prediction methods for soil pH. Journal of Soil Science, 38:325-341.
- Lopez-Granados, F.M. Jurado-Exposito, S., Atenciano, A., Garcia-Ferrer, M.S., De la Orden, M. and Garcia-Torres, L. 2002. Spatial variability of agricultural soil parameters in southern Spain. Plant and Soil, 246:97-105.
- Mohammadi J. 2000. Geostatistical evaluation and mapping of soil salinity hazard in Ramhormoz area using disjunctive kriging. journal of agricultural Research, 6: 45-57.
- Meul, M. and van Meirvenne. M. 2003. Kriging soil, texture under different types of nonstationarity. Geoderma, 112: 217-233.
- Miller, M.P., Singer M.J. and D.R. Nielson. 1988. Spatial variability of wheat yield and soil properties on complex hills. Soil Science Society of America Journal, 52: 1133-1141.
- Perez-Rodrguez R., Marques M.J. and Bienes, R. 2007. Spatial variability of the soil erodibility parameters and their relation with the soil map at subgroup level Science of Total Environment, 378: 166-173.
- Qzhu, H. and Lin, S. 2010. comparing ordinary kriging and regression kriging for soil properties in contrasting landscapes. Journal of Soil Science, 20 (5): 594-606.



Comparing the applicability of some geostatistical methods to predict variability of some soil physical properties

J. Mahmoudi¹, F. Zareian², M.R. Javadi³, N.khorsandi⁴

- 1) Assistant professor, Islamic Azad University, Nour Branch, Nour, Iran.
- 2*) M.Sc student in Rangeland, Islamic Azad University, Nour Branch, Nour, Iran.
- 3) Assistant professor, Islamic Azad University, Nour Branch, Nour, Iran.
- 4) Assistant professor, Islamic Azad University, Takestan Branch, Iran.

Received: 03-11-2011

Accepted: 10-04-2012

Abstract

Reasonable estimation of soil physical properties is very important for optimal management of soil and water resources. Estimation of soil physical properties is usually time consuming and expensive. Geostatistical methods can be used as suitable tools to estimate such properties. In order to analyze spatial variability of soil properties in Dareh Viseh rangelands, a number of 78 soil samples from 0-30cm soil depth were taken and transferred to laboratory. Some soil properties including clay, silt, sand and bulk density were measured in laboratory. After normalizing the data, the semivariograms were obtained and evaluated. The Kriging, inverse distant weighting and radial basis function methods were then evaluated for the obtained data. To compare these methods, the cross validation method was used by statistical parameters of Mean Absolute Error (MAE) and Mean Bias Error (MBE). The results showed that the Kriging method can provide more reasonable predictions for silt, sand and bulk density, while the radial basis function provides better estimate to predict clay content in the study area.

Keywords: geostatistics; Kriging; soil map; spatial variability