

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۴/۲۹

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۳/۱

نشریه مرتع و آبخیزداری
دوره ۶۶، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۲

۳۸۷

بررسی پراکنش مکانی برخی خصوصیات خاک مراتع شرق سمنان با استفاده از روش‌های آمار مکانی

- ❖ محمدعلی زارع چاهوکی*: دانشیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
- ❖ لیلا خلاصی اهوازی: دانشجوی دکتری مرتعداری، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
- ❖ حسین آذر نیوند: استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
- ❖ اصغر زارع چاهوکی: دانشجوی دکتری آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی کویرشناسی، دانشگاه یزد

چکیده

هدف از این مطالعه تهیه نقشه خصوصیات خاک در مراتع شرق سمنان با استفاده از روش آمار مکانی با بررسی روش‌های کریجینگ و میانگین متحرک وزن‌دار است. نمونه‌برداری با روش تصادفی-سیستماتیک از طریق پلات‌گذاری در امتداد ترانسکت انجام شد. بعد از تلفیق نقشه‌های ارتفاع، جهت، شیب، و زمین‌شناسی، نقشه واحدهای نمونه‌برداری تهیه شد. در هر واحد، نمونه‌برداری در طول سه ترانسکت ۷۵۰ متری انجام شد. در ابتدا و انتهای هر ترانسکت از عمق ۲۰-۰ سانتی‌متر نمونه خاک برداشت شد. برای تهیه نقشه‌های رس، شن، آهک، هدایت الکتریکی، و رطوبت قابل دسترس در نقاط نمونه‌برداری نشده از روش کریجینگ و میانگین متحرک وزن‌دار در محیط GIS+ و GIS استفاده شد. ارزیابی مقادیر برآوردشده و واقعی با استفاده از روش تقاطعی نشان داد که روش کریجینگ در همه متغیرها، به‌جز درصد رس، دارای خطا و انحراف کمتر است و دقت بالاتر.

واژگان کلیدی: تصادفی-سیستماتیک، روش تقاطعی، کریجینگ، مراتع شرق سمنان، میانگین متحرک وزن‌دار، GIS+.

مقدمه

روش زمین‌آمار بیش از بیست سال است که در علوم خاک به‌کار می‌رود [۴؛ ۷؛ ۹؛ ۱۹؛ ۲۹؛ ۳۱؛ ۳۶]. در روش زمین‌آمار مدل نیمه‌واریوگرام برای ارزیابی مکانی متغیرهای منطقه استفاده می‌شود. برآزش واریوگرام‌های تجربی امکان پیش‌بینی مکانی به وسیله کریجینگ را فراهم می‌کند [۱۵]. برای برآورد داده‌های مکانی روش‌های مختلفی وجود دارد؛ روش‌های معمول آمار کلاسیک، به‌رغم آسان‌بودن، معایبی نیز دارد که گاهی به ارائه نتایجی غیرقابل قبول با دقت کم منجر می‌شود. روش‌های آمار مکانی مانند تخمین‌گرهای آماری ناپارامتری - نظیر میانگین متحرک وزن‌دار^۱ - و یا روش‌های پارامتری آمار مکانی نظیر کریجینگ^۲ مطرح می‌باشد. [۲ و ۲۷] پراکنش مکانی افق‌های خاک را با استفاده از روش‌های مختلف زمین‌آمار بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که مدل کریجینگ معمولی مناسب‌ترین مدل است.

پژوهشگران از روش‌های میانگین وزنی و کریجینگ برای تعیین ظرفیت رطوبت خاک استفاده کردند و نتیجه گرفتند که روش کریجینگ برتری دارد [۲۶]. کاربرد کریجینگ و آنالیز تغییرنما برای میان‌یابی داده‌ها و طراحی شبکه‌ها در مطالعات محیطی مفید است [۲۰].

در پژوهشی با مقایسه کاربرد روش‌های کریجینگ و کوکریجینگ به این نتیجه رسیدند که واریانس هدایت الکتریکی با عامل کمکی درصد رس خاک در روش کوکریجینگ کمتر از روش کریجینگ است، بنابراین، با کاربرد روش کریجینگ در تعداد

نمونه‌برداری خاک و هزینه‌های تجزیه صرفه‌جویی می‌شود [۲]. برای تخمین فلزهای سنگین مثل سرب، نیکل، مس، کادمیم، و آرسنیک خاک‌های اروپا از روش رگرسیون - کریجینگ^۳ (RK) استفاده کردند و دقت نتایج به‌دست‌آمده را با روش تقاطعی^۴ ارزیابی نمودند. تشخیص مدل واریوگرام مناسب در مطالعات آمار مکانی بسیار حائز اهمیت است مثلاً در فرسایش‌پذیری خاک مدل‌نمایی را برای متغیر رس به عنوان یک مدل بهینه انتخاب کرده است. برخی پژوهشگران روش‌های زمین‌آمار را در برآورد توزیع مکانی بارش سالانه در مناطق خشک و نیمه‌خشک جنوب شرقی ایران بررسی کردند: روش کریجینگ مناسب‌ترین روش شناخته شد و WMA با توان ۲ در رده بعدی قرار گرفت [۱۸]. از آنجا که در تعیین مدل پیش‌بینی رویشگاه تعیین نقشه ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها ضروری است، بررسی کارهای صورت‌گرفته از این قبیل و کاربرد آن‌ها حائز اهمیت است. پژوهشگرانی نقشه پیش‌بینی پوشش گیاهی منطقه‌ای در شمال غرب کارولینای امریکا را با استفاده از مدل رقومی ارتفاع (DEM) از طریق روش‌های رگرسیون خطی بین توپوگرافی و پوشش گیاهی، کریجینگ و کوکریجینگ و نمودار پراکنش تهیه کردند [۶]. نتایج آن‌ها نشان داد بین پوشش گیاهی و ارتفاع از سطح دریا ارتباطی قوی وجود دارد. همچنین، آن‌ها نشان دادند که دقت روش‌های رگرسیونی و نمودار پراکنش به‌طور معنی‌داری بیشتر از روش‌های کوکریجینگ و کریجینگ است. پژوهشگری روش‌های کریجینگ ساده، کریجینگ با روند خارجی، و

1. inverse distance weighting
3. regression -kriging

2. Kriging
4. cross validation

بیشترین ارتفاع منطقه ۲۲۶۰ متر و کمترین آن ۱۱۲۹ متر است. بر اساس آمار به دست آمده از ایستگاه‌های هواشناسی، میانگین بارندگی سالانه ۲۰۰ میلی‌متر گزارش شده است. از نظر اقلیمی نیز، بر اساس پهنه‌بندی اقلیمی دومارتن، منطقه مورد مطالعه دارای اقلیم فراخشک سرد در نزدیکی دامغان و اقلیم خشک سرد در نزدیکی سمنان است.

روش شناسی

در این پژوهش، از خصوصیات عوامل محیطی رویشگاه در سال ۱۳۸۸ نمونه‌برداری شد. در هر تپ ۲ ترانسکت ۳۰۰ متری در جهت شیب و ۱ ترانسکت در جهت عمود بر شیب استفاده شد. نمونه‌برداری از خاک در ۶ واحد نمونه‌برداری در ابتدا و انتهای هر ترانسکت از عمق ۰-۲۰ سانتی‌متر انجام شد. نقاط نمونه‌برداری در شکل ۱ نشان داده شده است. سپس، نمونه‌های خاک از الک دو میلی‌متری عبور داده شد. پس از آن، بر روی ذرات کوچک‌تر از ۲ میلی‌متر آزمایش‌های فیزیکی تعیین ذرات نسبی خاک، شامل رس و ماسه، به روش هیدرومتری باکاس انجام شد. در بررسی‌های تجزیه شیمیایی خاک، برای گل اشباع با بررسی وضعیت شوری خاک، هدایت الکتریکی در عصاره اشباع با هدایت‌سنج الکتریکی تعیین گردید. درصد آهک خاک به روش کلسیمتری و درصد رطوبت قابل دسترس به روش وزنی اندازه‌گیری شد [۵].

طول و عرض جغرافیایی پروفیل‌های اندازه‌گیری شده در منطقه مورد مطالعه با GPS اندازه‌گیری شد. سپس، نقاط به صورت یک نقشه Point با مقیاس UTM تهیه شد. داده‌های نقشه‌های نقطه‌ای درصد آهک، شن، رس، رطوبت قابل دسترس، و هدایت الکتریکی در نرم‌افزار GS+ (Ver.

کوکرچینگ را برای بارندگی سالانه بررسی کرد. در این مقایسه، کریچینگ ساده مناسب‌ترین روش شناخته شد [۱۱]. در تحقیقی، آمار مکانی چندمتغیره برای مدل پیش‌بینی توزیع شن ساحل در دریا‌های فلات قاره بررسی شد [۲۸]. آن‌ها رگرسیون خطی و کریچینگ معمولی (OK) را به کار بردند و مقایسه کردند. کریچینگ همراه با متغیر کمکی (KED) با استفاده از اطلاعات ثانویه در ارزیابی درونیابی استفاده می‌شود. در صورت وجود همبستگی خطی بین اندازه ذرات متوسط و اندازه‌گیری عمق KED بهترین روش است. یک صحت اعتبار مستقل نشان داد که رگرسیون خطی بزرگ‌ترین اشتباه میانگین پیش‌بینی را می‌دهد (تقریباً دو بار بزرگ‌تر از اشتباه میانگین پیش‌بینی KED). در سیدنی استرالیا برای مدل‌سازی پوشش گیاهی از عامل درجه حرارت استفاده کردند [۳]. نتایج نشان داد وارد کردن درجه حرارت در مدل پیش‌بینی رویشگاه دقت مدل را از ۴۶/۴ به ۶۱/۸ درصد بهبود بخشید. هدف از تهیه نقشه خصوصیات خاک برای بهره‌برداری صحیح از خاک به منظور کشت گونه‌های مناسب است [۱۶؛ ۲۱]. با استفاده از پژوهش‌هایی از این قبیل می‌توان از خصوصیات خاک‌های منطقه برای تعیین مدل‌های پیش‌بینی رویشگاه گونه‌های گیاهی و برنامه‌ریزی برای اصلاح مراتع استفاده کرد.

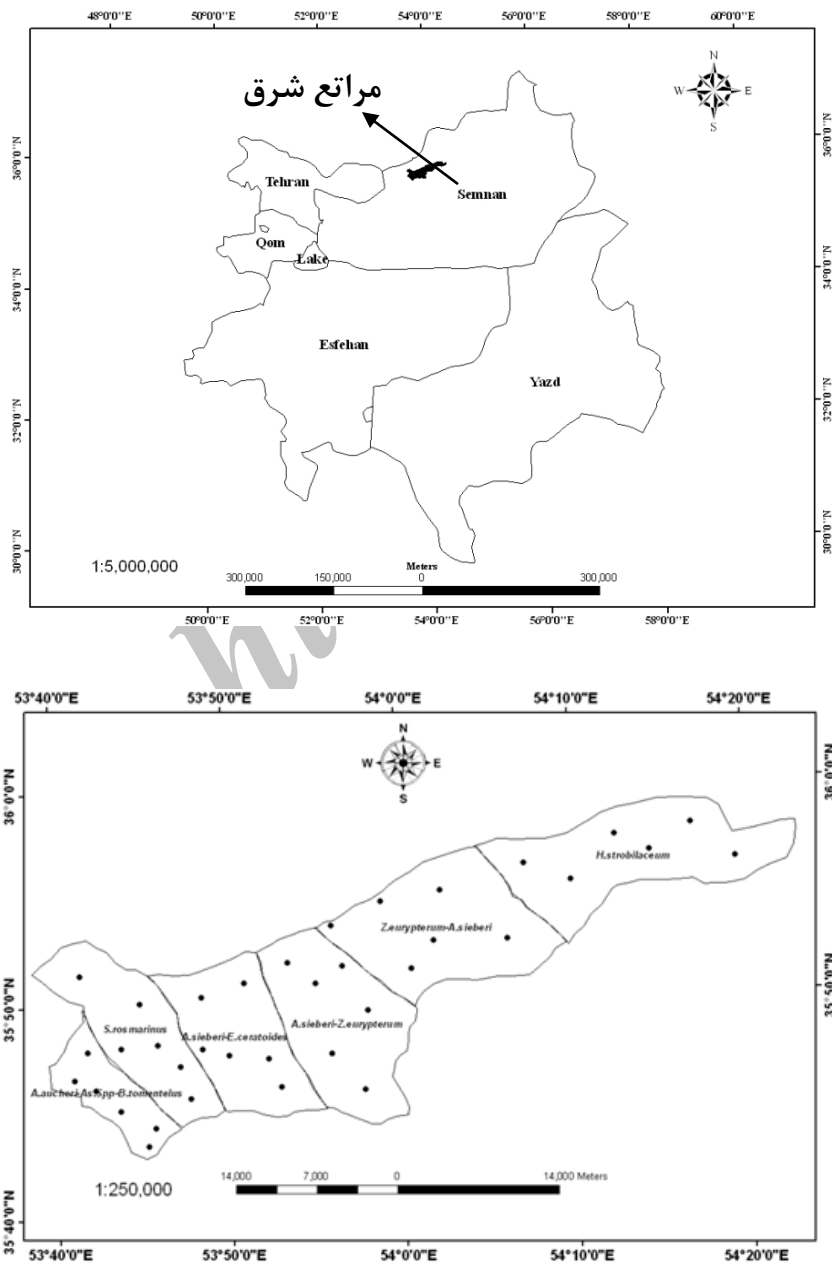
مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در شمال شرقی شهرستان سمنان با مساحت ۷۴۰۰۰ هکتار در مرکز ایران واقع است (۳۵ درجه و ۵۳ دقیقه شمالی و ۵۴ درجه و ۲۴ دقیقه شرقی تا ۳۵ درجه و ۵۸ دقیقه شمالی و ۵۳ درجه و ۴۳ دقیقه شرقی) (شکل ۱).

مکانی صورت گرفت و، در نتیجه، نقشه پیش‌بینی مکانی آهک، رس، شن، هدایت الکتریکی و همین‌طور نقشه پیش‌بینی مکانی درصد رطوبت قابل دسترس تهیه شد.

5.1.1 تجزیه و تحلیل شد و روش کریجینگ، مناسب‌ترین مدل برازش داده‌ها و روش میانگین متحرک وزندار، به عنوان کاربردی‌ترین روش‌های آمار مکانی، بر روی داده‌ها انجام شد [۳۵]. سپس، بر روی داده‌ها در نرم‌افزار Arc Map تحلیل‌های آمار



شکل ۱. موقعیت منطقه در استان سمنان و کشور به همراه نقاط نمونه‌برداری

همه متغیرها، به جز متغیر رس، دارای خطا و انحراف کمتر و دقت بیشتر است و در متغیر رس نیز روش میانگین متحرک وزن دار دارای دقت بالاتری است.

شکل های ۲ و ۳ منحنی های برآورد متغیرهای آهک و درصد رطوبت قابل دسترس با استفاده از روش کریجینگ و میانگین متحرک وزن دار را نشان می دهد. نتایج نشان داد که مقادیر واقعی و پیش بینی شده در ارزیابی های صورت گرفته در متغیر درصد رطوبت قابل دسترس خاک، آهک، و شن، با استفاده از روش کریجینگ، تطابق بیشتری نسبت به ارزیابی برآورد رس و هدایت الکتریکی در منطقه مورد مطالعه دارد.

به منظور ارزیابی روش های میان یابی از روش تقاطعی و دو پارامتر آماری - MAE^۱ و MBE^۲ - استفاده شده است. MAE مشخص کننده خطای نتایج است و MBE انحراف نتایج روش استفاده شده را نشان می دهد. در شرایطی که MAE و MBE برابر صفر و یا نزدیک به صفر باشد، نشان دهنده آن است که روش استفاده شده واقعیت را خوب شبیه سازی می کند.

نتایج

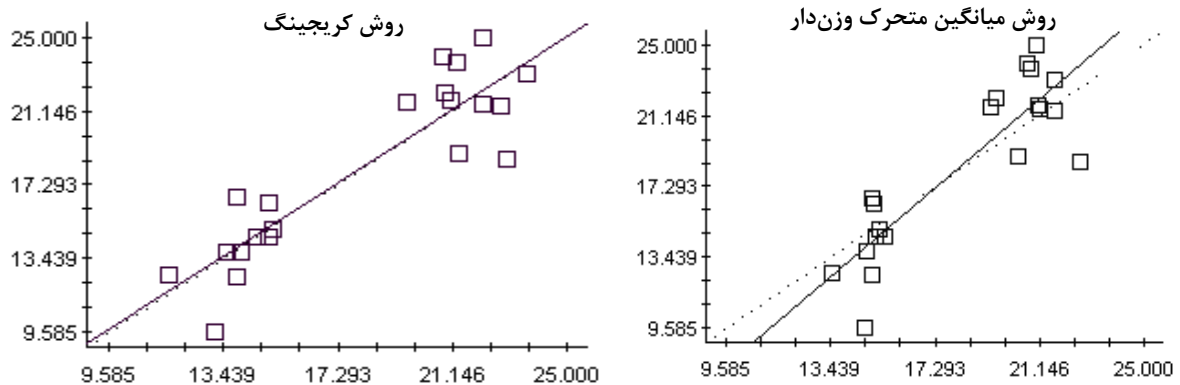
جدول ۱ مقادیر دقت و انحراف روش های کریجینگ و میانگین متحرک وزن دار را نشان می دهد. بر اساس این جدول، ملاحظه می شود که روش کریجینگ در

جدول ۱. انحراف و خطای روش های آمار مکانی انتخابی در برآورد خصوصیات خاک

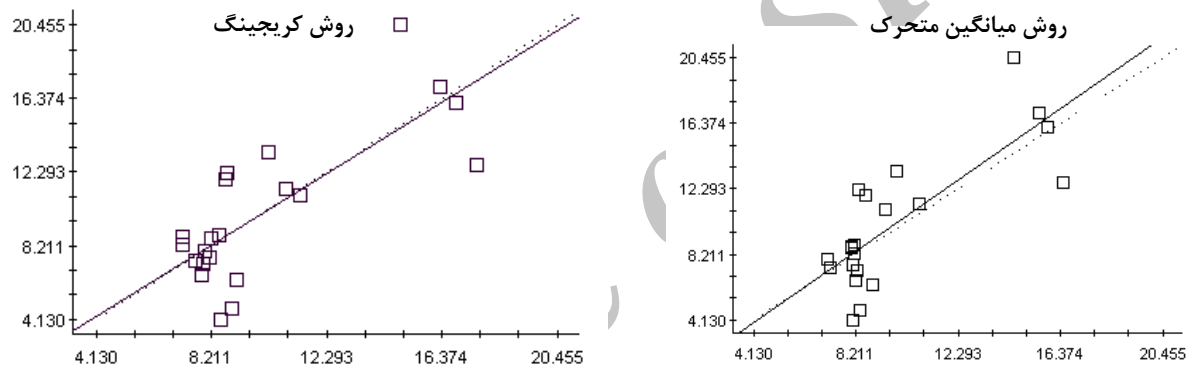
روش های آمار مکانی		مقادیر اندازه گیری شده	
میانگین متحرک وزن دار	کریجینگ	خطا (MAE)	انحراف (MBE)
۲,۳۱	۲,۹۵۲	خطا (MAE)	درصد رس
-۰,۲۱	-۰,۲۶	انحراف (MBE)	
۶,۰۸	۳,۸۲	خطا (MAE)	درصد شن
۰,۴۷	-۰,۰۸۴	انحراف (MBE)	
۱,۰۵۷	۰,۹	خطا (MAE)	درصد آهک
-۰,۰۵۸	-۰,۰۶۱	انحراف (MBE)	
۰,۱۸۵	۰,۱۸	خطا (MAE)	هدایت الکتریکی
-۰,۰۰۸	-۰,۰۷۲	انحراف (MBE)	
۱,۱۴	۱,۱۲	خطا (MAE)	رطوبت قابل دسترس
-۰,۱۸۶	۰,۰۱۳	انحراف (MBE)	

1. Mean Absolute Error

2. Mean Bias Error



شکل ۲. ارزیابی برآورد درصد آهک با استفاده از روش میانگین متحرک وزن دار و کریجینگ



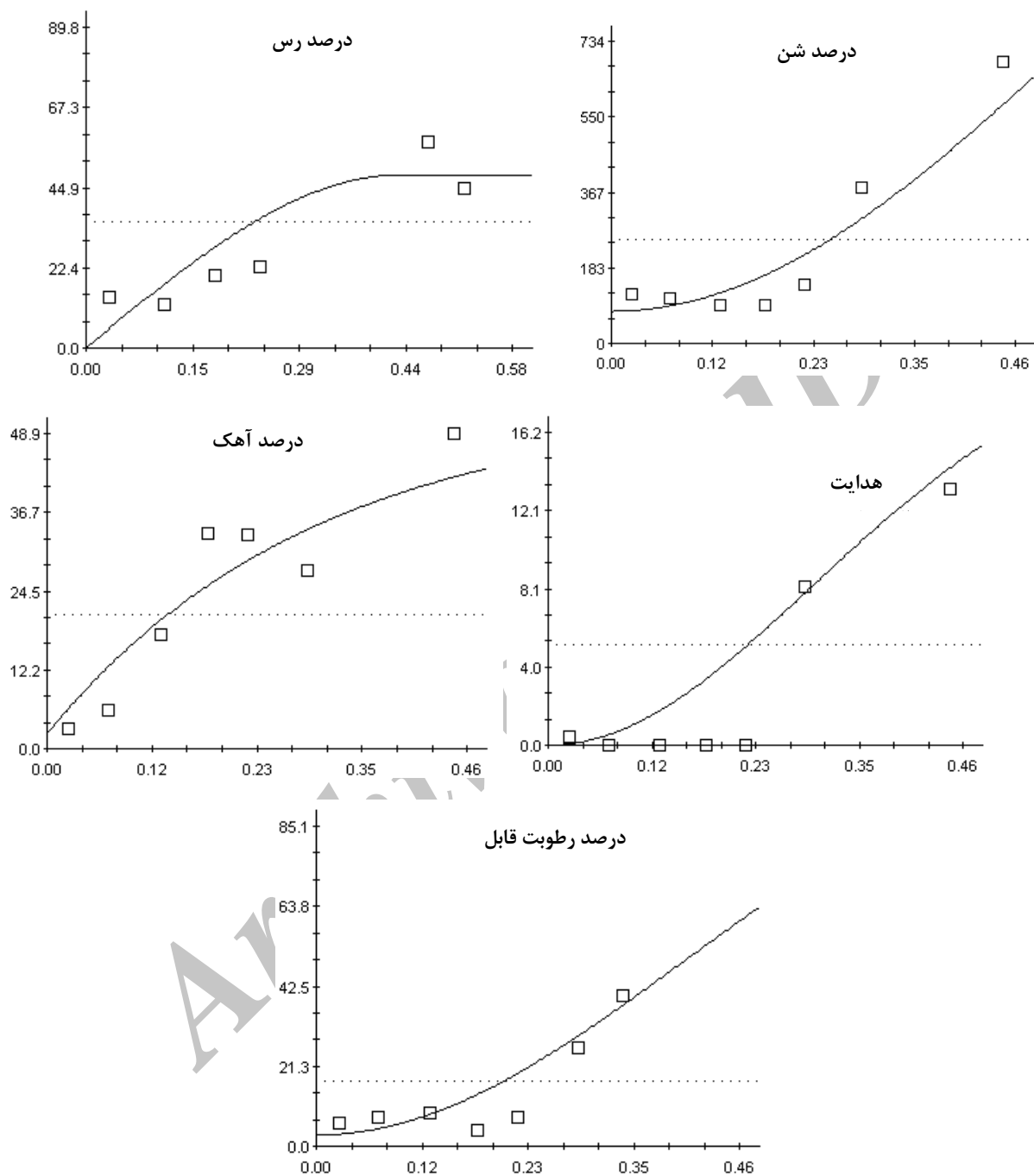
شکل ۳. ارزیابی برآورد درصد آهک با استفاده از روش میانگین متحرک وزن دار و کریجینگ

بین نقاط اندازه‌گیری شده را بر حسب مربع تفاضل مقدار دو نقطه و با توجه به جهت و فاصله آنها نشان می‌دهد. واریوگرام‌های مربوطه را در شکل ۴ می‌توان دید.

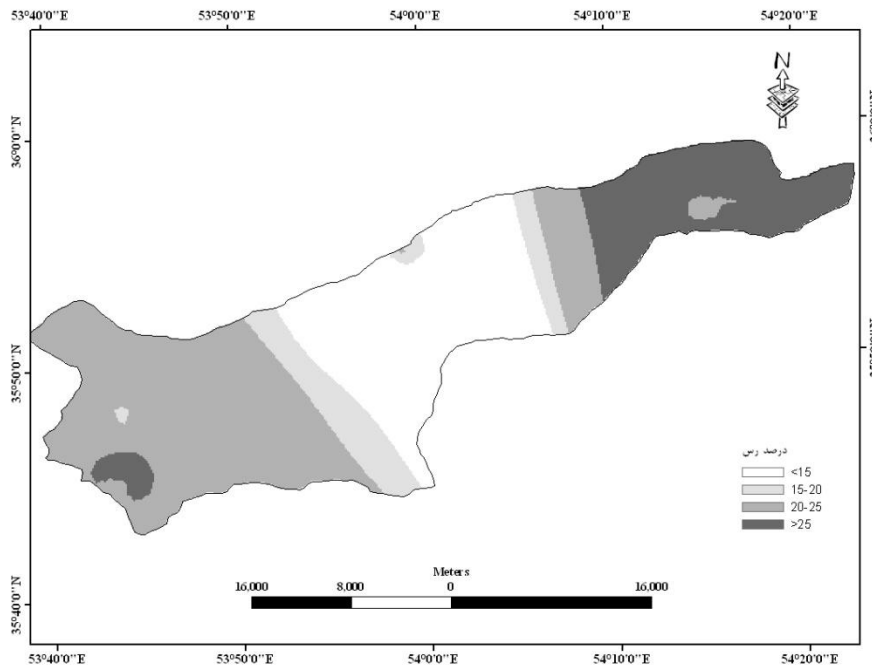
برای اجرای روش کریجینگ به تهیه نیم‌تغییرنا برای هر دو متغیر نیاز است که نتیجه آن را در جدول ۲ می‌توان دید. نیم‌تغییرنا کمیته برداری است که درجه همبستگی مکانی و شباهت

جدول ۲. پارامترهای مؤثر در مدل ساختار فضایی هر یک از متغیرها

متغیر اندازه‌گیری شده	مدل برازش داده شده	شعاع تأثیر	اثر قطعه‌ای	آستانه	ضریب همبستگی
رس	کروی	۴۲۶۰ متر	۰/۱	۴۸/۴۵	۰/۵۲
شن	گاسن	۷۹۰۰ متر	۷۸	۱۹۱۹	۰/۸۲
آهک	تجربی	۲۹۴۰ متر	۲/۳	۵۳/۳۹	۰/۴
هدایت الکتریکی	گاسن	۴۱۵۰ متر	۰/۰۰۱	۲۱	۰/۷۸
رطوبت قابل دسترس	گاسن	۵۶۴۰ متر	۳	۱۲۰/۲	۰/۸۹



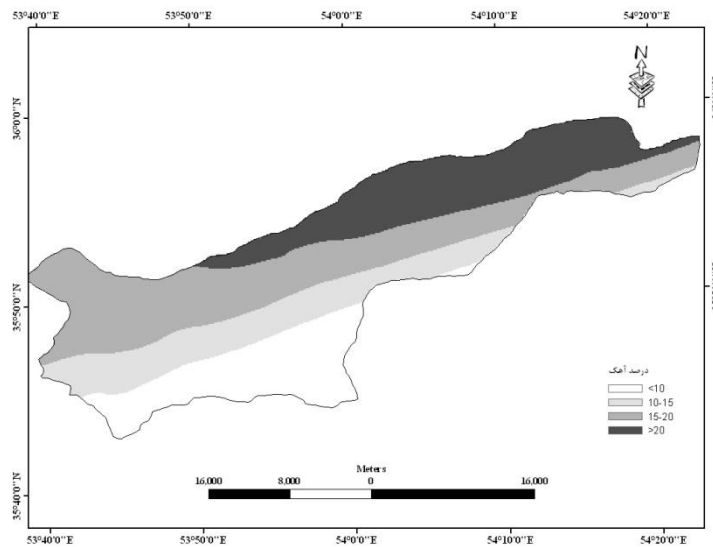
شکل ۴. مدل و نیمه‌تغییرنمای عوامل خاک با استفاده از روش کریجینگ



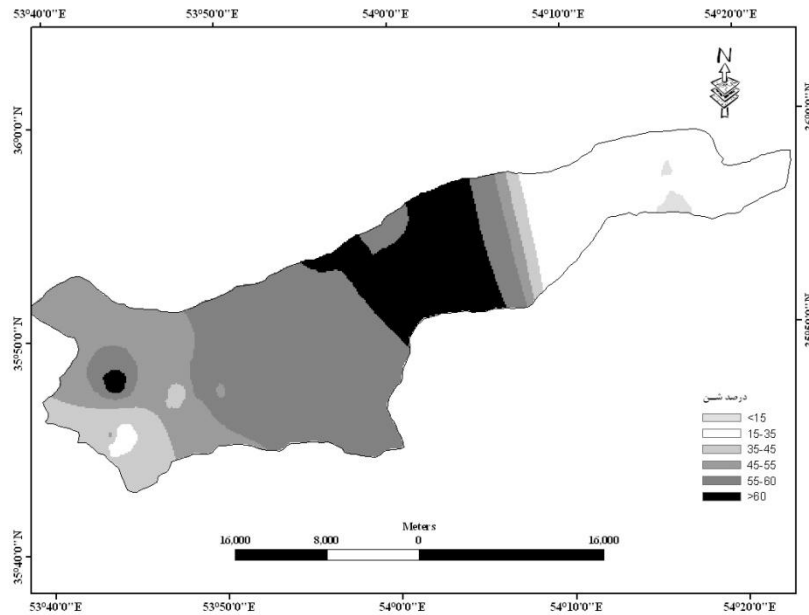
شکل ۵. نقشه درصد رس شرق سمنان با استفاده از روش میانگین متحرک وزن دار

این متغیر، تهیه شد. در این نقشه، نقاط تیره درصد بالای رس را نشان می‌دهد که در مناطق پایین دست و حاوی املاح فراوان مشاهده می‌شود. در مناطق بالادست درصد رس بسیار پایین است که در نقشه با نقاط روشن مشخص شده است.

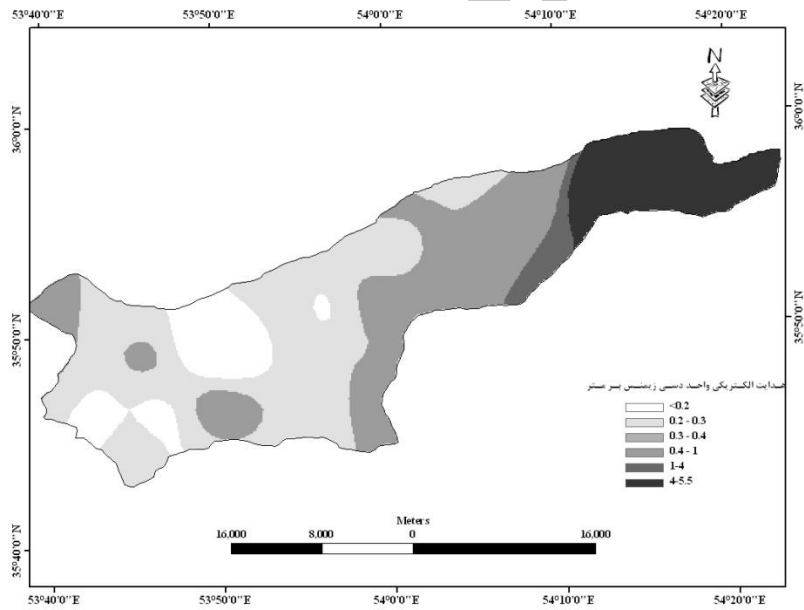
نقشه‌های پراکنش خصوصیات خاک بر اساس روش کریجینگ و میانگین متحرک وزن دار در محیط GIS تهیه شد که در شکل‌های ۵ تا ۹ آن‌ها را می‌توان دید. نقشه درصد رس (شکل ۵) با استفاده از روش میانگین متحرک وزن دار، به عنوان بهترین روش در



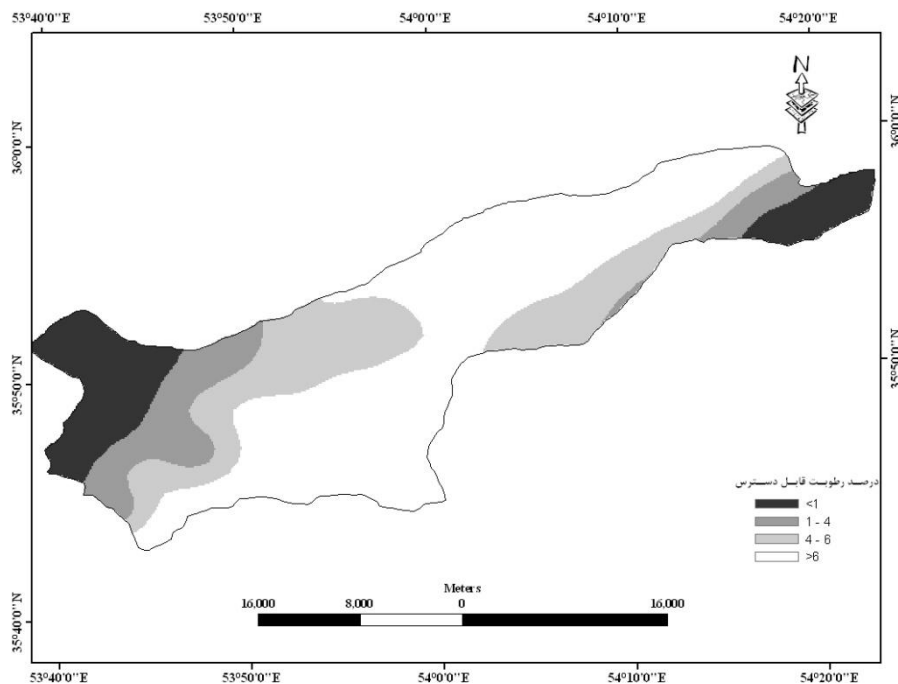
شکل ۶. نقشه درصد آهک منطقه شرق سمنان با استفاده از روش کریجینگ



شکل ۷. نقشه درصد شبن منطقه شرق سمنان با استفاده از روش کریجینگ



شکل ۸. نقشه مقادیر هدایت الکتریکی با استفاده از روش کریجینگ



شکل ۹. نقشه درصد رطوبت قابل دسترس با استفاده از روش کریجینگ

ارزیابی پراکنش مکانی درصد رس روش کریجینگ همراهِ با واریوگرام کروی را بهترین روش معرفی نمودند [۱۰]، بنابراین، می‌توان این‌گونه بیان کرد که دقت روش‌های مختلف آمار مکانی در موقعیت‌های مختلف متفاوت است. عامل آهک نیز با خطای ۰٫۹ و انحراف ۰٫۰۶۱ در روش کریجینگ با کمترین مقدار واریانس تخمین دقت بیشتری نسبت به روش میانگین متحرک وزن‌دار داشت و نقشه آهک با استفاده از روش کریجینگ در محیط GIS تهیه شد. کاربرد روش کریجینگ در متغیر شن نیز با خطای ۵٫۸۲ و انحراف ۰٫۰۸۴- نسبت به روش میانگین متحرک وزن‌دار دارای دقت بیشتری بود. در پژوهشی برای تخمین پراکنش مکانی عامل شن خاک در تپه‌های شنی از روش کریجینگ و مدل‌های نیمه‌واریوگرام کروی و تجربی استفاده کردند [۳۷]. روش کریجینگ در متغیر هدایت الکتریکی با خطای ۰٫۱۸ و انحراف ۰٫۰۷۲- و در رطوبت قابل دسترس

برای دیگر عوامل خاک نیز روش کریجینگ روش بهتری بود و نقشه‌های این عوامل با این روش تهیه شد (شکل‌های ۶ تا ۹). با توجه به شکل ۶، طبقات بالای ۲۰ درصد آهک تیره‌تر از بقیه است و طبقات کمتر از ۱۰ درصد آهک روشن‌تر از سایر مکان‌هاست. همان‌طور که مشاهده می‌شود، در شکل‌های ۷، ۸، و ۹ در مناطق با شوری زیاد درصد شن دارای کمترین مقدار است و رطوبت قابل دسترس خاک دارای بیشترین مقدار.

بحث و نتیجه‌گیری

این پژوهش نشان داد که متغیر رس با خطای ۲٫۳۱ و انحراف ۰٫۲۱- در روش میانگین متحرک وزن‌دار بهترین نتیجه را داشته است، بنابراین، نقشه این خصوصیت خاک به وسیله روش میانگین متحرک وزن‌دار با وزندهی یکسان نقاط دارای فاصله یکسان از نقطه مورد تخمین تهیه شد. در حالی که برای

تهیه شده، می توان مشاهده کرد که از بالادست منطقه مورد مطالعه به طرف مناطق پایین دست ویژگی های شوری، رطوبت قابل دسترس، و درصد رس افزایش یافته است که نشان دهنده مناطق شور است.

در این مطالعه از روش تقاطعی برای ارزیابی بهترین روش استفاده شد. نکته مهم و درخور توجه در محاسبه خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک این است که چون این متغیرها بر اساس اطلاعات محدود انجام می گیرد، با مقداری خطا توأم خواهد بود؛ برای کمینه کردن خطای تخمین باید از سازگارترین روش تخمین، که در عین حال دارای کمترین حدود اطمینان تخمین باشد، استفاده کرد [۲۲]. معمولاً برای حصول بهترین نتیجه و بیشترین دقت، خصوصیات خاک با چند روش مختلف محاسبه و نتایج آن با یکدیگر مقایسه شد تا میانگین آن ها عدد نهایی در نظر گرفته شود [۳۴]. یقیناً میزان ویژگی های خاک محاسبه شده به روش کریجینگ، به غیر از رس، به دلیل میزان خطای کمتر، از روش دیگر دقیق تر بود و از درجه اعتبار بیشتری نیز برخوردار است. از نقشه های خاک و عوامل محیطی در تفکیک پذیری بالا و اغلب با کاربرد پوشش گیاهی به صورت معیارهای توصیفی برای ارائه مدل پیش بینی رویشگاه استفاده می شود. بعضی از همبستگی های مکانی ممکن است به آسانی متغیرهای محیطی همبسته را توضیح دهد و محدوده الگوهای مکانی را نشان دهد [۳۵].

نیز با خطای ۱/۱۲ و انحراف ۰/۱۳ دقت بیشتری داشت. در پژوهش دیگری نیز برای محاسبه رطوبت قابل دسترس تشخیص دادند که روش کریجینگ مناسب است [۳۳]. همچنین، پژوهشگرانی نقشه رطوبت قابل دسترس خاک را با کاربرد روش کریجینگ تهیه کردند [۱۳ و ۱۴]. پژوهشگری نیز از روش کریجینگ برای تهیه نقشه شوری خاک با استفاده از مدل های کروی، گوسی، و خطی در سه مکان مختلف استفاده کرد. مدل های برازش داده شده در این تحقیق مدل های گوسی، کروی، و تجربی بود [۲۴]. نتایج این تحقیق با نتایج پژوهش های [۱۶ و ۲۹] در انتخاب و توصیه روش کریجینگ برای همه متغیرها به جز متغیر رس مطابقت دارد.

ارزیابی دقت روش ها در این تحقیق نشان داد که نقشه متغیرهای شن، رطوبت قابل دسترس، و آهک از دقت بالاتری نسبت به سایر متغیرها برخوردار است. روش کریجینگ در متغیر هدایت الکتریکی با همبستگی ۰/۹۱ و با داشتن خطا و انحراف کمتر و نزدیک به صفر نشان دهنده آن است که واقعیت را به خوبی شبیه سازی می کند. در حال حاضر، کریجینگ در تجزیه و تحلیل مکانی متغیرها و حل مسائل رویشگاه به کار می رود [۲۰]. خطای تخمین در متغیرهای رس و شن به مراتب بیش از متغیرهای دیگر است که خطا در محاسبه و پراکنش نامناسب نمونه های خاک در منطقه مورد مطالعه را می توان از دلایل آن برشمرد. با توجه به نقشه های

References

- [1]. Adab, H. (2008). Spatial Modeling of the Colza yield by using multiple regression in GIS environment (Case Study: Sabzevar Township). M.S.C. Thesis. Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. 75pp. (In Persian).
- [2]. Alemi, M.H., Shahriari, M.R. and Nielsen, D.R. (1988). Kriging and cokriging of soil properties. *Journal of Soil Technology*, 1: 117- 132.
- [3]. Ashcroft, M.B. (2006). A method for improving landscape scale temperature predictions and the implications for vegetation modeling. *Journal of Ecological Modelling*, 197: 394-404.
- [4]. Bellehumeur, C., Marcotte, D. & Legendre, P. (2000). Estimation of regionalized phenomena by geostatistical methods: lake acidity on the Canadian Shield. *Environmental Geology*, 39: 11-220.
- [5]. Black, C.A. (1979). Methods of soil analysis. American Society of Agronomy, 2: 771-1572.
- [6]. Bolstad, P.V., Swank, W. and Vase, J. (1998). Predicting Southern Appalachian overstory vegetation with digital terrain Data. *Landscape Ecology*, 13, 271-283.
- [7]. Burgess, T.M. and Webster, R. (1980). Optimal interpolation and isarithmic mapping of soil properties: II. Block Kriging. *Journal of Soil Science*, 31: 333-341.
- [8]. Corwin, D.L., Sorensen, M. and Rhoades, J.D. (1992). Using GIS to locate salinity on irrigated soils. Proc. 8th Conf. Computing in Civil Engineering in Conjunction with A/E/C system, 92, TCCP/ASCE-Dallas, TX, June 7-9, pp. 468-485.
- [9]. Delbari, M., Khaiat Kholghi, M. and Mahdian, M.H. (2005). Evaluating Geostatistics methods in estimating hydraulic conductivity in Shib-Ab & Posht-Ab, Sistan Plain, Iran. *Journal of Agricultural Sciences*, 1, 1-12. (In Persian).
- [10]. Esfandiarpour Borujeni, I., Mohammadi, J. Salehi, M.H., Toomanian, N. and Poch, R.M. (2010). Assessing geopedological soil mapping approach by statistical and geostatistical methods: A case study in the Borujen region, Central Iran. *Catena*, 82, 1-14.
- [11]. Goovaerts, P. (2000). Geoestatistical approach for incorporating elevation into Spatial Interpolation of Rainfall. *Journal of Hydrology*, Amsterdam, 228 (1-2): 113-129.
- [12]. Hartsock, N.J., Mueller, T.G., Thomas, G.W., Barnhisel, R.I., Wells, K.L. and Shearer, S.A. (2000). Soil electrical conductivity variability. In. P.C. Robert et al. (ed.) Proc. 5th international conference on precision Agriculture. ASA Misc. Publ., ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI.
- [13]. Hu, W., Shao, M., Han, F., Reichardt, K. and Tan, J. (2010). Watershed scale temporal stability of soil water content. *Geoderma*, 10488, 1-18.
- [14]. Huaxing, B.I., Xiaoyin, Li Xin, Liu Mengxia, Guo and Jun, L.I. (2009). A case study of spatial heterogeneity of soil moisture in the Loess Plateau, western China: A geostatistical approach. *International Journal of Sediment Research*, 24: 63-73.
- [15]. Krige, D.G. (1951). A statistical approaches to some basic mine valuation problems on the Witwatersrand. *Journal of the Chemical, Metallurgical and Mining Society of South Africa*, 52(6): 119-139.
- [16]. Lin, H., Wheeler, D., Bell, J. and Wilding, L. (2005). Assessment of soil spatial variability at multiple scales. *Ecological Modelling*, 182, 271-290.
- [17]. Lado, L.R, Hengl, T. and Reuter H.I. (2008). Heavy metals in European soils: A geostatistical analysis of the FOREGS Geochemical database. *Geoderma*, 148, 189-199.
- [18] Mahdavi, M., Hoseini-CHegini, A., Mehdiian, M.H. and Rahimi Bandarabadi, S. (2005). Comparing interpolation methods of geostatistical in estimating of spatial distribution of annual rainfall in arid and semi-arid south-east. *Journal of Natural Resources*, 57(2): 1-12. (In Persian).

- [19]. Moustafa, M.M. and Yomota, A. (1998). Spatial modeling of soil properties for subsurface drainage projects. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 124(4): 218-228.
- [20]. Pohlman, H. (1993). Geostatistical modelling of environmental Data. *Catena*, 20: 191-198.
- [21]. Rahman, S., Munn, L.C., Zhang, R. and Vance, G.F. (1996). Rocky mountain forest soils: evaluating spatial variability using conventional statistics and geostatistics. *Canadian Journal of Soil Science*, 76: 501-507.
- [22]. Razack, M. and Lasm, T. (2006). Geostatistical estimation of the transmissivity in a highly fractured metamorphic and crystalline aquifer (Man-Danane Region, Western Ivory Coast). *Journal of Hydrology*, 325,164-178.
- [23]. Rivero, R.G., Grunwald, S. and Bruland, G.L. (2007). Incorporation of spectral data into multivariate geostatistical models to map soil phosphorus variability in a Florida wetland. *Geoderma*, 140: 428-443.
- [24]. Utset, A., Ruiz, M.E, Herrera, J. and Leon, D. (1998). A geostatistical method for soil salinity sample site spacing. *Geoderma*, 86, 143-151.
- [25]. Veihe, A. (2002). The Spatial Variability of Erodibility and its Relation to Soil Types: A Study from Northern Ghana. *Geoderma*, 10, 101-120.
- [26]. Vankuilenberg, J., Degruijter, J., Marsman, B.A. and Bouma, J. (1982). Accuracy of spatial interpolation between points data on soil moisture supply capacity compared with it estimates from mapping units. *Geoderma*, 27, 325- 377.
- [27]. Vanwalleghem, T., Poesen, J., Mc Bratney, A. and Deckers, J. (2010). Spatial variability of soil horizon depth in natural loess-derived soils. *Geoderma*, 157: 37-45.
- [28]. Verfailliea, E., Lanckera, V.V., and Meirvenne, M.V. (2006). Multivariate geostatistics for the predictive modelling of the surficial sand distribution in shelf seas. *Continental Shelf Research*, 26 , 2454-2468.
- [29]. Walter, C. and Mc Bratney, B. (2001). Spatial prediction of topsoil salinity in the Chelif Valley, Algeria, using local ordinary kriging with local variograms versus whole-area variogram.
- [30]. Wang, G., Gertner, G.Z., Liu, X. and Anderson, A.B. (2001). Uncertainty assessment of soil erodibility factor for revised universal soil loses equation, *Catena*, 46, 1-14.
- [31]. Webster, R. (1994). The development of Pedometrics, *Geoderma*, 62, 1-15.
- [32]. Wu, H. (1994). Regression models for spatial binary data with application to the distribution of plant species. Ph.D. Dissertation, Department of Statistics, the Florida State University.
- [33]. Yates, S.R. and Warrick, A.W. (1986). Disjunctive Kriging, 2 Examples, *Water Resources Research*, Vol. 22, No.5, PP. 623-630.
- [34]. Yates, S.R. and Warrick, A.W. (1987). Estimating Soil Water Content Using Co-Kriging, *Soil Science Society of America Journal*, 51, 23-30.
- [35]. Zare Chahouki, M.A., Azarnivand, H., Jafari, M. and Tavili, A. (2010). Multivariate Statistical Methods as a Tool for Model based Prediction of Vegetation Types, *Russian Journal of Ecology*, 41(1), 84-94.
- [36]. Zhang, R., Shouse, P.J., Yates, S.R. and Kravchenko, A. (1997). Application of geostatistics in soil science. *Trends in soil science*, 2, 95-104.
- [37]. Zuo, X., Zhao, H., Zhao, X., Zhang, T., Guo, Y., Wang, S. and Drake, S. (2009). Spatial pattern and heterogeneity of soil properties in sand dunes under grazing and restoration in Horqin Sandy Land, Northern China. *Soil & Tillage Research*, 99,202-212.