بررسی اثرات تعداد نمونه و روش درونیابی بر صحت ارزیابی تغییرات مکانی پتاسیم در خاک

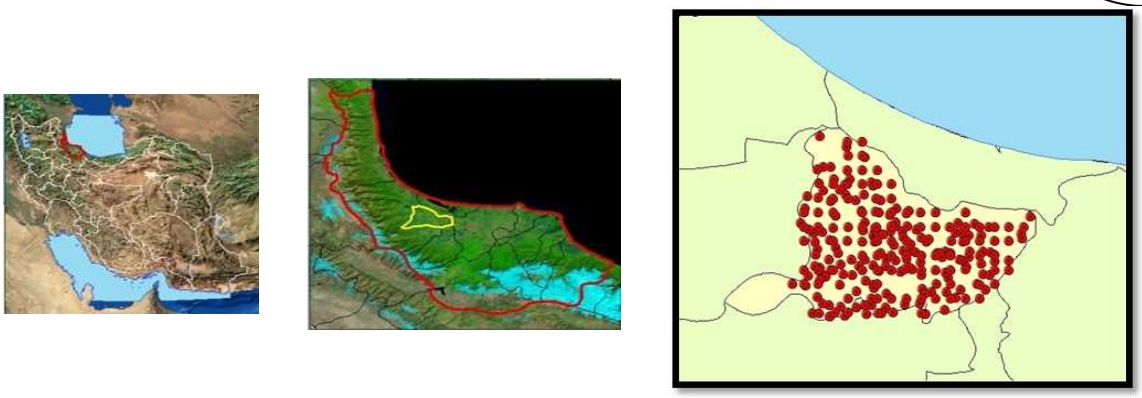
فهیمه خرمی زاده [۱] و ناصر دواتگر [۲]
۱-دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه خاکشناسی دانشگاه گیلان، ۲- استادیار پژوهش گروه خاکشناسی مؤسسه تحقیقات خاک و آب

چکیده
انتخاب روش درونیابی و تراکم نمونه‌برداری مناسب به منظور ارزیابی صحیح متغیرها، از فاکتورهای مهم در مدیریت خاص مکانی است. در این مطالعه اثر تعداد نمونه و روش درونیابی بر صحت درونیابی و تخمین مقادیر پتاسیم قابل دسترس و درصد رس خاک در نقاط نمونه‌برداری‌نشده بررسی گردید. بنابراین ۹ گروه داده از مناطق شالیزاری شمال ایران انتخاب و ویژگی‌های مورد نظر در آن‌ها اندازه‌گیری شد. روش درونیابی کریجینگ و وزن‌دهی عکس فاصله با نمای یک تا چهار مورد استفاده قرار گرفت. ارزیابی دوگانه به منظور تعیین انحراف تخمین‌ها از مقادیر اندازه‌گیری شده انجام شد و میانگین خطا (ME)و ریشه میانگین مربعات خطا استاندارد شده(NRMSE)محاسبه گردید. نتایج نشان داد روند تغییرات میزان خطا محاسبه شده با تعداد نمونه‌ها کاهشی بوده و افزایش تعداد نمونه‌ها از یک حدمعین، تاثیری در صحت ارزیابی نداشته و صافاً سبب افزایش هزینه نمونه‌برداری و آنالیز خواهد گردید.
کلمات کلیدی: آمار مکانی، نمونه‌برداری، درونیابی، پتاسیم قابل تبادل

مقدمه
بررسی صحت روش‌های درونیابی در مطالعات بسیاری مورد ارزیابی قرار گرفته است. برخی از این مطالعات کریجینگ(KG)[۱۸] و برخی دیگر روش وزن‌دهی عکس فاصله(IDW)[۱۹] را به عنوان روش برتر معرفی کرده‌اند. کراوچنکو و بولاك (۱۹۹۹) روش IDWو KGرا رایج‌ترین روش‌های درون‌یابی استفاده شده در کشاورزی معرفی کرده و بهبود تخمین‌ها را نتیجه انتخاب روش درون‌یابی مطلوب با در نظر گرفتن ماهیت و خواص داده‌ها جهت بدست آوردن ویژگی‌های خاك در مناطق نمونه‌برداری نشده و کاربرد مناسب روش‌ها معرفی کردند. زایمرمن و همکاران (۱۹۹۹) نشان دادند علی‌رغم نوع لند فرم و الگوی نمونه‌برداری، KGتخمین بهتری نسبت به روش IDWایجاد می‌کند. در مقابل تحقیقات زیادی روش IDWرا به عنوان روش دقیق‌تری برای درونیابی معرفی کردند. وبر و انگلوند (۱۹۹۴) نقشه‌های حاصل از روش IDW را تایید کردند. تراکم نمونه‌برداری و انتخاب روش درون‌یابی مناسب از فاکتورهای مهم و مؤثر بر کیفیت نقشه‌های تغییرپذیری خاك است (سادلر و همکاران، ۱۹۹۸). این مطالعه به منظور تعیین تعداد نمونه لازم برای تعیین صحیح تغییرات مکانی متغیر پتاسیم و میزان رس خاک و همینطور تعیین بهترین روش درونیابی جهت پهنه‌بندی این متغیرها در اراضی شالیزاری استان گیلان انجام شد. هدف این مطالعه کاهش خطای تخمین و همینطور کاهش هزینه‌های نمونه برداری و آنالیز آزمایشگاهی و افزایش صحت نتایج بود.

مواد و روش‌ها
منطقه مورد مطالعه در اراضی شالیزاری شهرستان صومعه سرا واقع در استان گیلان به مساحت تقریبی ۲۶۰ کیلومتر مربع (۲۶۰۰۰ هکتار) قرار دارد (شکل ۱). در این مطالعه نمونه‌برداری تنها از خاک سطحی (عمق ۰ تا ۲۰ سانتیمتر) و به تعداد ۲۵۰ نمونه در ۹ گروه (۱۰- ۲۰- ۴۰- ۶۰-۸۰-۱۰۰- ۱۵۰-۲۰۰ و ۲۵۰) به صورت تصادفی از میان منطقه مورد مطالعه صورت گرفت. پتاسیم به روش استات آمونیوم یک نرمال و بافت خاك به روش هیدرومتری اندازه گیری شد(علی احیایی و بهبهانی زاده، ۱۳۷۳). در این مطالعه داده‌های پرت با شناسایی مقادیر بزرگ‌تر/کوچک‌تر چهار برابر انحراف معیار از میانگین تعیین و سپس حذف شدند (بورگس و همکاران، ۲۰۰۱). آماره‌های میانگین، میانه، چولگی، کشیدگی، ضریب تغییرات، واریانس و انحراف معیار برای هر ویژگی محاسبه گردید.به علاوه ضریب همبستگی پیرسون(r) برای تشخیص ارتباط بین ویژگی‌های خاک محاسبه گردید. برای انجام آنالیزهای آماری از نرم افزار SPSS ۱۷ استفاده شد.

[۱۸] Kriging
[۱۹] Inverse Distance Weighting



شکل ۱- موقعیت نقاط نمونه‌برداری شده خاک در منطقه مورد مطالعه

انالیز امار مکانی و درون‌یابی

الگوی توزیع مکانی متغیرهای مورد مطالعه با استفاده از روش‌های زمین آماری مورد بررسی قرار گرفت. تغییرنمای تجربی عبارت از میانگین مربع اختلاف بین دو مشاهده Z(x) وZ(x+h) در دو موقعیت مکانی x_i و$x_i + h$ واقع در فضای نمونه‌برداری است که توسط فاصله hاز هم جدا شده‌اند.

$$\hat{\gamma}(h) = \frac{1}{2N(h)}\sum_{i=1}^{N(h)}(Z(x_i) - Z(x_i + h))^2 \quad (۱)$$

که در آن $\hat{\gamma}(h)$مقدار نیم واریانسو N(h) تعدادجفت داده است.پس از محاسبه نیم‌تغییرنمای تجربی، انواع مدل‌های نیم‌تغییرنمای خطی، نمایی، کروی و اثر قطعه‌ای بر آن برازش داده شد. برازش بهترین مدل‌های نیم‌تغییرنما بر پایه آماره ضریب تعیین (R^2) وکم‌ترین مجموع مربعات باقیمانده(RSS)، انجام شد. در روش IDW، فرض بر این است که نسبت همبستگی و شباهت‌ها بین نمونه‌های همسایه متناسب با فاصله بین آن‌ها است:

$$Z^*(x_0) = \frac{\sum_{i=1}^{N}(Z(x_i)\times d_i^{-\alpha})}{\sum_{i=1}^{N} d_i^{-\alpha}} \quad (۲)$$

که در آن$Z^*(x_0)$ مقدار تخمین زده شده متغیر Z در نقطه مورد تخمین، $Z(x_i)$ مقدار هر یک از نمونه‌های واقع در همسایگی محل تخمین، diفاصله نقطه مورد تخمین تا هر یك از نمونه‌های واقع در همسایگی ان، N تعداد نقاط واقع در همسایگی برای ارزیابی نقطه مورد تخمین و پارامتر نما است که وزن‌ها را بر اساس فاصله تعیین می‌کند. در این مطالعه از پارامترهای نما ( )در دامنه یک تا چهار استفاده گردید. برای آنالیزهای آمار مکانی از نرم افزار GS+ (version ۵.۱)استفاده شد.برای ارزیابی صحت درون‌یابی روش‌های IDW و KG از راهکار اعتباریابی جک نایف[۲۰] استفاده شد و سپس از آماره‌های میانگین خطا[۲۱] و ریشه میانگین مربعات خطای نرمال‌شده[۲۲] (کراوچنکو و بولاک، ۱۹۹۹) استفاده شد.

$$ME = \frac{1}{n}\sum_{i=0}^{n}(Z(x_i) - Z^*(x_i)) \quad (۳)$$

که در آن$Z^*(x_i)$ مقدار برآورد شده و $Z(x_i)$ مقدار مشاهده شده متغیر است. ریشه میانگین مربعات خطای نرمالشده(NRMSE)، همان ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE)است که بر اساس میانگین مشاهدات نرمال شده است و هر چه مقدار آن کمتر باشد، نشان‌دهنده صحت بیشتر در برآورد متغیر است:

[۲۰] Jacknife
[۲۱] Mean Error (ME)
[۲۲] Normalized Root Mean Square Error (NRMSE)

$$RMSE=\sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(Z(x_i)-Z^*(x_i))^2} \quad (۴)$$

$$NRMSE=\frac{RMSE}{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}Z(x_i)} \quad (۵)$$

نتایج:

آماره‌های توصیفی:

آماره‌های توصیفی متغیرهای مورد مطالعه در جدول ۱ نشان داده شده است. ضریب تغییرات (CV) برای متغیر پتاسیم قابل دسترس در تمام گروه‌ها و برای درصد رس به جز دو گروه اول، در تمام گروه‌ها بیشتر از ۳۵ درصد بود. ویلدینگ و درس (۱۹۸۳) متغیرهای با CV بیشتر از ۳۵ درصد را در گروه متغیرهای با تغییرات زیاد گروه‌بندی کردند. هرگاه ضریب تغییرات خصوصیتی از خاک زیاد باشد، نشان‌دهنده تنوع عوامل تاثیرگذار بر رفتار آن خصوصیت است (ترانگمار و همکاران، ۱۹۸۵). نتایج حاصل از محاسبه ضریب همبستگی خطی پیرسون (جدول ۲) نشان داد رابطه مثبت و معنی‌داری بین پتاسیم قابل‌دسترس و درصد رس خاک با ضریب همبستگی (r =۵۵/۰)۰وجود دارد.

انتخاب بهترین روش درونیابی و ارزیابی صحت درونیابی:

نتایج ارزیابی صحت درونیابی دو روش KG و IDW(جدول ۳) نشان داد به جز گروه اول (۱۰ نمونه خاک) به دلیل کافی نبودن تعداد داده مورد نیاز برای نشان دادن ساختارمکانی، برای سایر متغیرها در سایر گروه‌ها، مدل واریوگرام مناسب به نیم‌تغییرنما برازش گردید. صحت برآورد روش‌های درون‌یابی KG و IDW بر پایه آماره‌های میانگین خطا و ریشه میانگین مربعات خطا نرمال‌شده برای هر دو پارامتر در ۹ گروه داده با یکدیگر مقایسه گردید و روشی که کمترین میزان میانگین خطا و ریشه میانگین مربعات خطا نرمال‌شده را داشت به عنوان روش درونیابی برتر انتخاب گردید. نتایج نشان دادتعداد نمونه‌های خاک از عوامل مهم برای انتخاب روش درون‌یابی است. کراوچنکو (۲۰۰۳)عنوان کرد زمانی که تعداد نمونه‌ها کافی نباشد و یا فاصله بین نمونه‌ها زیاد باشد بهترین روش، IDWاست. بر اساس نتایج جدول (۳) بهترین روش درونیابیبرای پتاسیم قابل دسترس در خاک در تمام گروه‌ها، IDW با نما یک بود و برای رس خاک نیز به جز دو گروه ۱۵۰ و ۲۰۰ تایی، بهترین مدل روش IDWشناخته شد. این نتایج با نتایج چاپلت و همکاران (۲۰۰۶) مطابقت داشت. بر اساس نظر آنها، زمانی که ضریب تغییرات در میان داده‌ها بالا باشد، روش IDW به KGترجیح داده می‌شود و در روش IDWنما یک بهترین نتایج را خواهد داشت. این نتایج مطابق نتایج گاتوی و همکاران (۱۹۹۶) بود که بیان کردند نما یک بهترین نتایج را در میان داده‌های با تغییرات زیاد دارد.

پتاسیم قابل استفاده (میلی گرم بر کیلوگرم)									
ضریب تغییرات (%)	کشیدگی	چولگی	واریانس	انحراف معیار	مد	میانگین	حداکثر	حداقل	تعداد
۵۳.۵۴	-۰.۱۱	۰.۳۶	۱۸۶۹.۱	۴۳.۲۲	۸۷.۳۳	۸۰.۷۳	۱۶۲.۶۷	۲۲.۷۴	۱۰
۴۵.۶۸	-۰.۷۳	۰.۲۷	۱۶۱۰.۱	۴۰.۱۳	۸۷.۲۹	۸۷.۸۴	۱۶۲.۶۷	۲۲.۷۴	۲۰
۵۰.۹۹	۶.۳	۱.۸	۲۶۲۱.۱	۵۱.۲	۹۲.۱۴	۱۰۰.۴	۳۱۰.۹۱	۲۲.۷۴	۴۰
۵۲.۰۲	۵.۴۷	۱.۴۶	۲۳۹۷.۶۸	۴۸.۹۷	۹۰.۲۲	۹۴.۱۳	۳۱۰.۹۱	۴.۰۲	۶۰
۵۷.۶۸	۷.۶۹	۲.۲۲	۲۸۳۱.۸۸	۵۳.۲۲	۸۲.۴۴	۹۲.۲۵	۳۳۱.۸۵	۴.۰۲	۸۰
۴۹.۳۷	۵.۱۴	۱.۵	۲۰۵۰.۳۶	۴۵.۲۸	۸۴.۶۵	۹۱.۷۲	۳۱۰.۹۱	۴.۰۲	۱۰۰
۴۵.۴۷	۲.۷۸	۱.۰۴	۲۱۱۲.۳۴	۴۵.۹۶	۹۶	۱۰۱.۰۸	۳۱۰.۹۱	۴.۰۲	۱۵۰
۴۵.۲۲	۱.۸	۰.۹۷	۲۲۲۷.۸۷	۴۷.۲	۱۰۰	۱۰۴.۳۸	۳۱۰.۹۱	۴.۰۲	۲۰۰
۴۳.۲۱	۱.۷۷	۰.۹۴	۲۰۸۹.۸۱	۴۵.۸۲	۱۰۰.۱۵	۱۰۶.۰۴	۳۱۰.۹۱	۴.۰۲	۲۵۰
رس (%)									
۴۸.۵۱	-۰.۹۸	-۰.۵۵	۱۵۶.۶۲	۱۲۱.۵۱	۳۰.۵	۲۵.۸	۴۲	۴	۱۰
۳۶.۰۱	۰.۲۱	-۰.۷۶	۹۹.۴۸	۹.۹۷	۲۹	۲۷.۷	۴۲	۴	۲۰
۳۲.۸۷	۰.۲	-۰.۴۹	۹۹.۰۳	۹.۹۵	۳۲	۳۰.۲۸	۴۸	۴	۴۰
۳۲.۸۵	۰.۲۶	-۰.۶	۹۴.۹۷	۹.۵۷	۳۲	۲۹.۶۷	۴۸	۴	۶۰
۳۲.۰۲	۰.۱۷	-۰.۵۵	۸۶.۸۹	۹.۳۲	۳۱.۵	۲۹.۱۱	۴۸	۴	۸۰
۳۰.۲۵	۰.۲۸	-۰.۵۳	۷۷.۰۵	۸.۷۸	۳۰	۲۹.۰۲	۴۸	۴	۱۰۰
۳۱.۴۷	۰.۰۱	-۰.۱۸	۸۷.۴۳	۹.۳۵	۳۰.۵	۲۹.۷۱	۵۴	۴	۱۵۰
۳۲.۲۷	-۰.۰۴	-۰.۱۵	۸۸.۲۳	۹.۳۹	۳۰	۲۹.۱۱	۵۴	۲	۲۰۰
۳۲.۲۱	-۰.۰۲	-۰.۰۷	۸۹.۵۳	۹.۴۶	۳۰	۲۹.۳۸	۵۴	۲	۲۵۰

جدول ۱- آماره‌های توصیفی متغیرها در ۹ گروه نمونه‌های خاک

جدول ۲- ضریب همبستگی پیرسون بین ویژگی‌های مورد مطالعه خاک

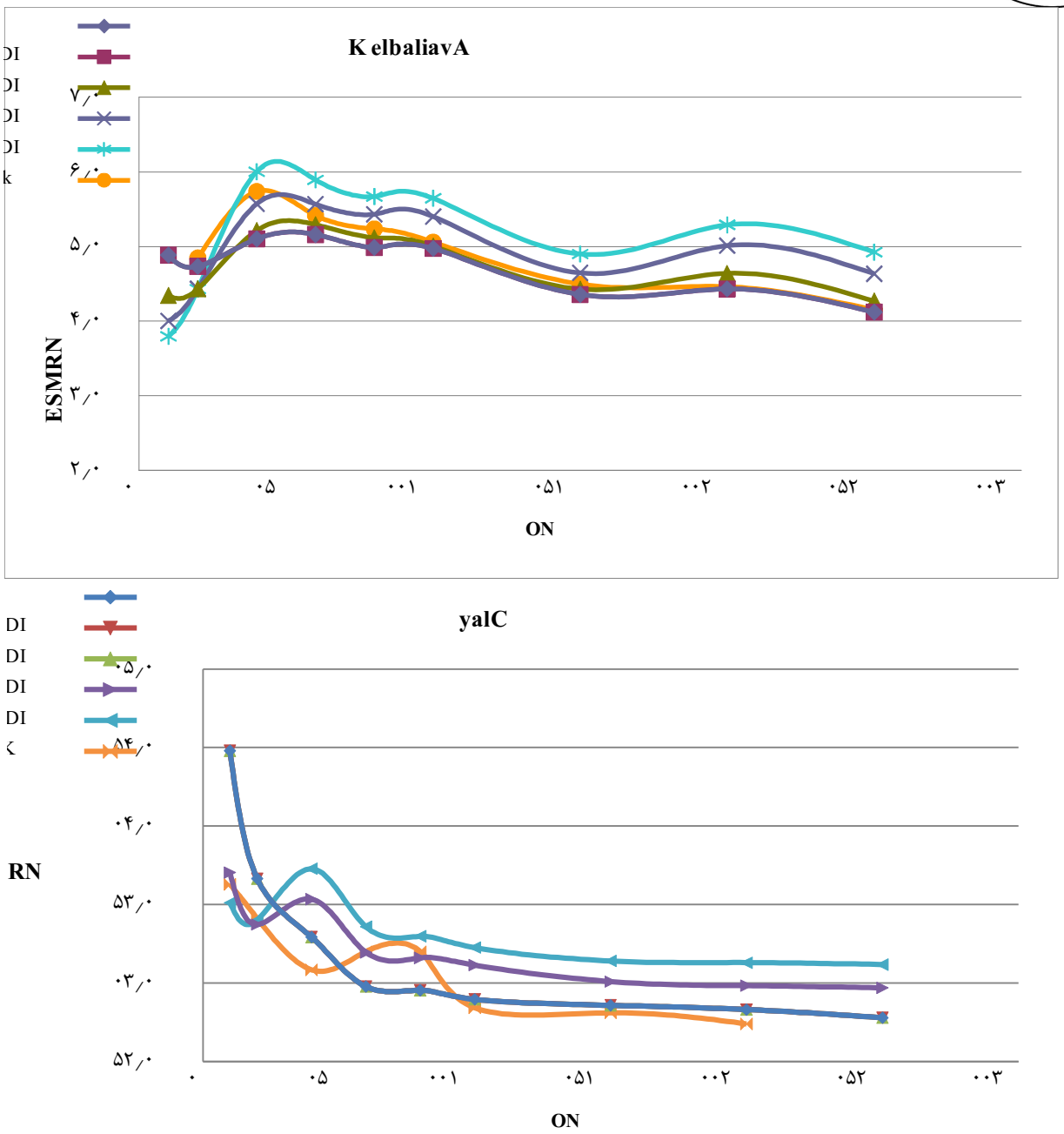
	K (mg\kg)	(%) Clay
K (mg\kg)	۱	
Clay (%)	**۰.۵۵	۱

به منظور نمایش تاثیر افزایش تعداد نمونه‌های خاک در کاهش مقدارخطا، رابطه میزان NRMSEمحاسبه شده برای تمامی گروه داده‌ها در هر دو روش درون‌یابی KGو IDWبا نما ۱ تا ۴برای هر دو ویژگی مورد مطالعهرسم گردید. نتایج نشان داد با افزایش تعداد نمونه‌های خاک، به علت تاثیر تعداد اطلاعات نقطه‌ای در تخمین نقطه نمونه‌برداری نشده، دقت روش درونیابی و تخمین‌های حاصل از آن افزایش یافته و خطای تخمین کاهش یافت. با توجه به شکل(۲) گرچه تفاوت‌هایی در روند تغییرات NRMSE برای دو ویژگی پتاسیم قابل استفاده و رس خاک مشاهده گردید اما روند کلی تغییرات برای این دو ویژگی کاهشی بود. نتایج روند تغییرات NRMSE نشان داد که پس از ۱۵۰ عدد نمونه روند تغییرات NRMSEتقریبا ثابت بوده، بنابراین تعداد ۱۵۰ نمونه خاک می‌تواند معیار مناسبی برای تعیین تعداد نمونه لازم برای ارزیابی صحیح متغیرها در نقاط نمونه‌برداری نشده باشد. به علاوه براساس شکل (۳) روند تقریباً مشابهی در دو روش KGو IDWبا نما یک برای دو متغیر مورد مطالعه مشاهده گردید. بنابراین می‌توان گفت با توجه به ضریب تغییرات بالای این دو متغیر، این دو روش نتایج تقریباً یکسانی داشته و با توجه به ماهیت داده‌ها و وجود ضریب تغییرات بالا در آن‌ها، می‌توانا‌ز روش IDWبا نما یک استفاده نمود.

پتاسیم قابل استفاده (میلی گرم بر کیلوگرم)								
RSS	R^2	A.	۱۰۰*(C./C.+C)	C.+C	C.	مدل واریوگرام (KG)	مدل برتر	
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	IDW ۴	۱۰
۰.۴۶	۸.۹۱	۵۱۱۰۰	۸.۹۱	۱.۰۱	۰.۰۹	نمایی	IDW ۴	۲۰
۷۸.	۳۲.۲۵	۲۰۱۶۰	۳۲.۲۵	۳۱.	۰۱.	کروی	IDW ۱	۴۰
۰.۹۳	۲۸.۰۷	۲۱۲۷۰	۲۸.۰۷	۴۸۱۰	۱۳۵۰	نمایی	IDW ۱	۶۰
۰.۷۳	۴۹.۹۸	۳۱۱۰۰	۴۹.۹۸	۳۲۳۳	۱۶۱۶	نمایی	IDW ۱	۸۰
۰.۵۵	۵۰.۰۰	۳۱۱۰۰	۵۰.۰۰	۸.۱۸	۴.۰۹	نمایی	IDW ۱	۱۰۰
۰.۸	۴۹.۹۸	۱۳۶۰۰	۴۹.۹۸	۲۶۴۳	۱۳۲۱	نمایی	IDW ۱	۱۵۰
۰.۸۴	۴۹.۹۸	۲۰۸۷۰	۴۹.۹۸	۳۲۶۳	۱۶۳۱	نمایی	IDW ۱	۲۰۰
۰.۸۴	۴۹.۹۸	۲۰۸۷۰	۴۹.۹۸	۳۲۶۳	۱۶۳۱	نمایی	IDW ۱	۲۵۰
رس (%)								
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	IDW۴	۱۰
۰.۶۴	۳۸.۲۲	۶۱۱۰۰	۲۲.۳۶	۲۰۸.۸	۷۹.۸	نمایی	IDW۳	۲۰
۰.۹	۴۰.۲۰	۳۱۱۰۰	۳۸.۲۲	۱۲۳.۸۸	۴۹.۸	کروی	IDW۱	۴۰
۰.۴۳	۱۰۰.۰۰	۹۰۴۲	۴۰.۲۰	۷۱.۴۱	۷۱.۴۱	خطی	IDW۱	۶۰
۰.۴۵	۵۷.۹۷	۲۳۰۰	۵۴.۵۲	۶۹	۴۰	کروی	IDW۱	۸۰
۰.۶	۲۲.۳۶	۵۱۱۰۰	۵۵.۱۹	۲۳۱.۲	۵۱.۷	نمایی	IDW۱	۱۰۰
۰.۹۶	۴۳.۷۷	۲۹۲۸۰	۳۴.۶۵	۱۳۶.۴	۵۹.۷	نمایی	Kriging	۱۵۰
۰.۹۹	۳۲.۵۶	۲۳۴۹۰	۳۲.۵۲	۱۴۶.۲	۴۷.۶	نمایی	Kriging	۲۰۰
۰.۶	۲۲.۳۶	۵۱۱۰۰	۳۱.۵۲	۲۳۱.۲	۵۱.۷	نمایی	IDW۴	۲۵۰

جدول۳- پارامترهای مدل‌های برازش داده شده بر نیم‌تغییرنمای ویژگی‌های مورد مطالعه و برترین مدل درونیابی

C_0 واریانس قطعه‌ای، ; $C + C_0$ سقف، ; A. دامنه، ; R^2 ضریب تبیین، ; RSS مجموع مربعات باقی مانده، ; $\frac{C_0}{C+C_0} \times 100$ نسبت اثر قطعه‌ای به سقف



شکل ۲- ارتباط بین تعداد نمونه‌ها و میزانNRMSEمحاسبه شده برای تخمین‌های حاصل از روش‌های درونیابی

نتیجه گیری کلی:

در این مطالعه مشخص شد حداقل ۱۵۰ عدد نمونه خاک برای تعیین تغییرات مکانی ویژگی‌های مورد مطالعه در خاک مورد نیاز می‌باشد. این نتایج یافته‌های وبستر و الیور (۱۹۹۲)را مبنی بر لزوم حداقل ۱۵۰ نمونه برای رسم یکواریوگرام قابل اعتماد را تایید کرد. نتایج نشان داد با افزایش تعداد نمونه‌های خاک، به علت تاثیر تعداد اطلاعات نقطه‌ای در تخمین نقطه نمونه‌برداری نشده،

دقت روش درونیابی و تخمین‌های حاصل از آن افزایش یافته و خطای تخمین کاهش می‌یابد. به علاوه هنگامی کـه ضـریب تغییـرات ویژگی‌های مورد مطالعه زیاد باشد، روش IDWبا نما یک نتایج بهتر و دقیق‌تری خواهد داشت.

منابع:

علی احیایی، م. و بهبهانی‌زاده، ع.ا. ۱۳۷۳ .شرح روشهای تجزیه شیمیایی خاک. نشریه فنی شماره ۸۹۳، موسسه تحقیقات خـاک و آب

Burgess T.M., and Webster R. ۱۹۸۰. Optimal interpolation and isarthmic mapping of soil properties, The semivariogram and punctual kriging. Soil science, ۳۱ : ۳۱۵-۳۳۱.

Chaplot V., Darboux F., Bourennane H., Leguedois S., Silvera N. and Phachomphon K. ۲۰۰۶. Accuracy of interpolation techniques for the variation of digital elevation models in relation to landform types and data density. Geomorphology, ۷۷ : ۱۲۶-۱۴۱.

Creutin J.D., and Obled C. ۱۹۸۲. Objective analyses and mapping techniques for rainfall fields: an objective comparison. Water Resources Research, ۱۸, ۴۱۳-۴۳۱.

Gotway C.A., Ferguson R.B., Herget G.W. and Peterson T.A. ۱۹۹۶. Comparison of Kriging and Inverse-Distance methods for mapping soil parameters. Journal of Soil Science. Soc. Am, ۶۰ : ۱۲۳۷-۱۲۴۷.

Kravchenko A. and Bullock D.G. ۱۹۹۹. A comparative study of interpolation methods for mapping soil properties. Journal of Agron, ۹۱ : ۳۹۳-۴۰۰.

Kravchenko A.N. ۲۰۰۳. Influence of spatial structure on accuracy of interpolation methods. Journal of Soil Sci. Soc.Am, ۶۷: ۱۵۶۴-۱۵۷۱.

Weber D.D. and Englund E.J. ۱۹۹۴. Evaluation and comparison of spatial interpolators . Journal of Math Geology, ۲۴ :۵۸۹-۶۰۲.

Webster R., and Oliver M.A. ۱۹۹۲. Sample adequately to estimate variograms of soilproperties. Journal of Soil Science, ۴۳ (۱), ۱۷۷-۱۹۲.

Wilding L.P. and Drees L.R. ۱۹۸۳. Spatial variability and pedology. Pp ۸۳-۹۷, In : Wilding, L.P., Smeck N.E. and Hall G.F. (eds.), Pedogenesis and Soil Taxonomy. Elsevier. New York.

Sadler E.J., Busscher W.J., Bauer P.J. and Karlen D.L. ۱۹۹۸. Spatial scale requirements for precision farming. A case study in the southeastern USA. Journal of Agron, ۹۰(۸) : ۱۹۱-۱۹۷.

Trangmar B.B., Yost R.S. and Uehara G. ۱۹۸۵. Application of geostatistics to spatial studies of soil properties. Journal of Advances in Agronomy, ۳۸ : ۴۵-۹۴.

Zimmerman D., Pavlik C., Ruggles A. and Armstrong M. ۱۹۹۹. An experimental comparison of ordinary and universal kriging and inverse distance weighting. Mathematical Geology, ۳۱ : ۳۷۵-۳۹۰.

Abstract

Choosing an optimal interpolation method and suitable sampling density in order to accurate evaluation of variables are very important in site specific management. In this study, we compared the effect of the number of soil samples and the interpolation methods in determining the accuracy of interpolation methods to estimate soil available potassium and soil clay in unsampled areas. So, ۹ groups of soil samples were selected from paddy fields in the north of Iran. Kriging and IDW with powers ۱ to ۴ were used. Cross validation was used to determine the deviation of estimations from measured values. Mean error and normalized root mean square estimation error were calculated. Results showed decreasing trend between the calculated error and number of samples, so by increasing the number of soil samples from a criteria, there is no changes in the accuracy of evaluation, but the cost of sampling and analysis will be increased.