پهنه‌بندی موضوعی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاکهای زراعی استان گلستان با استفاده از روش زمین آمار کریجینگ برای تهیه نقشه‌های حاصلخیزی خاک

قربانعلی روشنی [۱]، عبدالرضا قرنجیکی [۱]
۱- عضو هیات علمی موسسه تحقیقات پنبه کشور گرگان

چکیده
این مطالعه با هدف تهیه نقشه موضوعی حاصلخیزی خاک و برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیائی مهم خاکهای زراعی استان گلستان انجام گردید. منطقه مطالعاتی شامل اراضی زیر کشت زراعت آبی و دیم بوده و مساحتی در حدود ۵۰۰ هزار هکتار را شامل می‌گردد. نقشه‌های جغرافیایی ۵۰۰۰۰ :۱ به شبکه‌های ۱ کیلومتر مربعی با فواصل ۱۰۰۰ متر تقسیم شده و به کمك GPS از محل تقاطع خطوط شبکه نمونه مرکب تهیه و علاوه بر مقادیر قابل جذب تمامی عناصر اعم از پرنیاز و کم‌نیاز، برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیائی مهم نیز اندازه‌گیری شدند. پس از دریافت نتایج نمونه‌ها، برای هر سری از داده‌ها یك لایه الکترونیکی (رقومی) ساخته شده و بعد از میان‌یابی نقطه‌ای، پهنه‌بندی انجام شد. در نهایت، از طریق میان‌یابی نقطه‌ای با تکنیك آماری کریجینگ، نقشه متغیر مورد مطالعه تهیه گردید. خاکهای زراعی استان تنوع نسبتاً وسیعی را نشان دادند.

واژه های کلیدی: استان گلستان، کرجینگ، نقشه خاک

مقدمه
استان گلستان با مساحت ۲۰۴۳۸ کیلومتر مربع در ۵۴ درجه و ۴۵دقیقه تا ۵۶ درجه و ۳۰ دقیقه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۱۵ دقیقه عرض شمالی واقع است. موقعیت جغرافیایی و همجواری با دریای خزر و ارتفاعات شمالی رشته کوه البرز، این استان را به یکی از مناطق حاصلخیز و قطب مهم کشاورزی تبدیل کرده است (چورلی و همکاران، ۱۳۹۱).
مصرف بهینه انواع کودها، مهمترین راه حفظ و اصلاح حاصلخیزی خاک و افزایش عملکرد محصولات کشاورزی میباشد. نقشههای حاصلخیزی خاک یکی از ابزارهای مهم برای تعیین وضعیت ذخیره خاک از نظر عناصر و بعبارت دیگر، توان خاک در تامین نیازهای رویشی گیاهان را مشخص خواهد کرد. با این نقشهها میتوان نیاز کودی و پیشبینی وقوع کمبود یا سمیت عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در خاک را ارزیابی نمود. نرمافزارهای سامانه اطلاعات جغرافیایی این امکان را فراهم آوردهاند تا با استفاده از روشهای زمینآمار، امکان تهیه نقشههای همسان به شکلی آسانتر و مطلوبتر از روشهای دستی فراهم شود. این سامانه اطلاعات جغرافیایی ماشینابزاری است که میتوان از آن در شناسایی (بازنمایی موضوعی)، تجزیه و تحلیل، تفسیر و جمعبندی دادهها، ارزیابی توان اکولوژیکی و نیاز اقتصادی اجتماعی برای استفاده انسان از خاک و زمین، تغییرات محیطزیست، شناخت تخریبها، آلودگیها و از همه مهمتر برنامهریزی منطقهای یا محیط زیست بهره جست (Burrough, ۱۹۸۶). این سامانه پلی بین پایگاه دادههای منابع و مدیریت است. با روی همگذاری نقشههای موضوعی تک بعدی، تقابلها، تداخلها و وابستگیهای به هم پیچیده را میتوان بهتر مشاهده، ارزیابی و نتیجهگیری نمود (Burrough and McDonnell, ۱۹۹۸).
با استفاده از توابع درونیابی، ارزش توصیفی نقاط نامعلوم در یک منطقه بر پایه تعدادی مشاهده (نقاط معلوم) در داخل آن منطقه برآورد و تعیین میگردند. منطق درونیابی دادهها با خصوصیات مکانی، روشی رایج و استوار بر اساس این فرض است که شباهت نقاط نزدیکتر به هم در فضا بیشتر از نقاطی است که از هم دور هستند (Hem, ۱۹۸۹). روشهای گوناگونی برای درونیابی با فرضهای خاص وجود دارند. این روشها را میتوان به دو گروه خطی و غیرخطی تقسیم کرد. روشهای درونیابی غیرخطی جهت حذف اثرات فرضیه خطی بودن تغییرات طراحی شدهاند. روشهای درونیابی خطی را میتوان به سه گروه اصلی تقسیم نمود: روشهای وزنی، سطوح روند[۲۲۳] و کریجینگ[۲۲۴] (Juank and Lee, ۱۹۹۸). کریجینگ یک روش تخمین بوده و بر منطق میانگین متحرک وزن‌دار استوار است. تخمین‌گر کریجینگ یکی از مهم‌ترین تخمین‌گرهای ناریب است، زیرا اولاً بدون خطای سیستماتیک بوده و ثانیاً واریانس تخمین آن حداقل است. لازمه برقراری شرط اول، صفر بودن میانگین خطای تخمین است. مطلق بودن تخمین در درونیابی از ویژگی‌های عمده مدل کریجینگ می‌باشد. این ویژگی سبب می‌شود که تخمین‌گر کریجینگ در رسم خطوط هم ارزش از حداکثر نقاط نمونه‌برداری عبور نموده و تمایلی به بسته شدن و دور زدن را نداشته باشد و از مرز محدوده مورد مطالعه فراتر رود (قهرودی تالی، ۱۳۸۱).

[۲۲۳]- trend surface
[۲۲۴]- kriging

Robinson و Metternicht (۲۰۰۶) دقت روش کریجینگ را برای درون‌یابی تاثیر خصوصیات فصلی پایدار خاک شامل pH، هدایت الکتریکی و ماده آلی خاک بر تولید محصول ارزیابی نموده و نتایج آن را با روش‌های وزن‌دهی فاصله معکوس و نوارهای باریک[۲۲۵] مقایسه کردند که روش کریجینگ بهترین نتایج را در مورد pH و هدایت الکتریکی نسبت به روش‌های دیگر نشان داده است. Kravchenko و Bullock (۱۹۹۹) نیز تحقیق مشابهی را در مورد فسفر و پتاسیم خاک در ۳۰ مزرعه بزرگ انجام داده و گزارش نموده است که هر چند هر دو روش کریجینگ و وزن‌دهی فاصله معکوس نتایج قابل قبولی دارد، اما روش کریجینگ از برتری محسوسی نسبت به روش دیگر برخوردار است. نتایج مشابهی نیز با کربن آلی خاک (Kumar and Lal, ۲۰۱۱)، هدایت الکتریکی، pH و درصد کربنات کلسیم (Omran ۲۰۱۲,) و توزیع مکانی رسوب (Maris et al., ۲۰۱۳) گزارش شده است.

داشتن ایجاد یک بانک اطلاعاتی از وضعیت خاکهای منطقه لازمه یک کشاورزی پایدار بوده و نقشههای حاصلخیزی خاک یک بانک اطلاعاتی مدون و مصور از آنهاست. علاوه بر آن، این نقشه‌ها راهنمای خوبی برای مدیران و بهره‌برداران کشاورزی برای آگاهی عمومی از وضعیت فیزیکی، شیمیایی و حاصلخیزی خاک خواهد بود. این تحقیق برای چنین اهدافی انجام گردید.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق، ابتدا مناطق زیر کشت آبی و دیم استان شناسایی و نقشه آن با مناطق جغرافیایی استان ترکیب گردید. مطابق نتایج به دست آمده از پلانیمتری بر روی نقشه در محیط الویس، مساحت اراضی زیر کشت آبی و دیم حدود ۵۰۰ هزار هکتار بوده که تقریباً معادل ۸۴ درصد از کل اراضی زراعی استان می‌باشد. سپس، نقشههای جغرافیایی ۱:۵۰۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری که اراضی زراعی آبی و دیم را پوشش می‌دهند، تهیه شدند. با استفاده از مختصات گوشه‌های هر نقشه، در محیط الویس یک نقشه مشبک با سیستم مختصات UTM ترسیم شد. فاصله محل تلاقی خطوط افقی و عمودی ۱۰۰۰ متر (برابر با فاصله نمونه‌برداری) است. این نقشه‌ها با هدف سهولت دسترسی به نقاط نمونه‌برداری در سیستم مختصات UTM رسم گردید. جستجوی نقاط در صحرا با مسیریابی به کمک دستگاه GPS و نقشه‌های شبکه‌بندی شده انجام گردید. بعد از رسیدن به محل دقیق نمونه‌برداری، تعداد ۵ نمونه از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری سطح خاک جمع‌آوری (بصورت صلیبی، یک نمونه از مرکز و چهار نمونه به فاصله ۱۰ متری از مرکز) و پس از مخلوط کردن آنها، برای هر شبکه یک نمونه مرکب به وزن تقریبی ۵ کیلو گرم تهیه گردید. در مجموع حدود ۵۰۰۰ نمونه مرکب از سطح مورد مطالعه تهیه گردید. مناطق پایلوت بمنظور هماهنگی تغییرپذیری خواص خاک در مطالعات مقیاس بزرگ و کوچک انتخاب شدند. این هماهنگی برای تعدیل نتایج تجزیه داده‌ها با فواصل زیاد و نتایج حاصل از تجزیه داده‌های به دست آمده با فواصل کم لازم است (Kachanoski and Fairchild, ۱۹۹۶).

نمونههای خاک در آزمایشگاه تجزیه و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن شامل pH و EC گل اشباع، کربن آلی به روش Walkley & Black، فسفر به روش Olsen ، پتاسیم به روش استات آمونیم، مواد آهکی به روش حجم سنجی با هیدروکسید سدیم، آهن، روی، مس و منگنز محلول به روش DTPA، بر به روش آب داغ، کلر به روش نیترات نقره، یون سولفات به روش وزنی، گچ به روش استون، کلسیم و منزیم محلول به روش تیتراسیون با EDTA و بافت خاک به روش هیدرومتر تعیین و برای هر یک از خصوصیات یا متغیرها یک نقشه موضوعی نقطه‌ای ایجاد گردید. روش درون‌یابی‌یابی بر اساس ماهیت داده‌ها و پس از بررسی همبستگی داده‌ها انتخاب شد. با روش‌های زمین آماری، هر لایه نقطه‌ای پهنه‌بندی گردید. در هر یک از این نقشه‌ها، هر محیط بسته یا پلیگون نماینده سطحی از منطقه مطالعاتی با دامنه تعریف شده در راهنمای نقشه است.

برای استفاده بهتر از نقشه‌های حاصله، نقشه‌های موضوعی دیگری از جمله راهها، شهرها، مرز استان، شاخه‌های اصلی و فرعی رودخانه‌ها (گرگان‌رود و قره‌سو) خطوط تراز یا هم‌ارتفاع با نقشه‌های اصلی ترکیب شد. پس از تهیه و تکمیل نقشه‌ها، مساحت پلی‌گونها استخراج گردید. پراش‌نگار ناهمگنی داده‌ها در جهات مختلف بررسی گردید تا زاویه ناهمگنی مشخص شود. همبستگی مکانی داده‌ها نیز ارزیابی گردید. با آنالیز تغییرنما، پراکنش یا تغییرات مکانی داده‌ها بررسی شد. با توجه به نتایج همبستگی مکانی و با در نظر گرفتن درجه ناهمگنی، طول یا فاصله گام و تعداد گام، تغییرنمای هر متغیر برای برازش و انتخاب مدل مورد استفاده قرار گرفت. دامنه تاثیر و آستانه، از نمودار مربوطه استخراج گردید. برای انتخاب مدل، با بررسي بـ ضي خطای ناشي از درون‌یابي در محدوده همسایه‌ها در نقاط مختلف مجموعه داده، مـ زان حداقل و حداکثر تعداد همسایه بدست آمد. در قسمت بعدی، مـ زان نرمي بهـ نه این روش با بررسي همان بـ ضي خطا تعـ ن گردید. در نهایت، بر اساس پارامترهای تنظـ م شده مـ زان خطای پـ ش بـ ني شده در مدل درون‌یابي شده برآورد و مدل درون‌یابي شده از یک پارامتر بدست آمد. در نهایت، با استفاده از تغییرنما و اطلاعات بدست آمده و روش درون‌یابی کریجنیگ، نقشه متغیر مورد مطالعه تهیه گردید.

نتایج و بحث

با توجه به نتایج، در بعضی از خاک‌های استان مخصوصاً در ناحیه غربی، پتاسیم قابل جذب از وضعیت مطلوبی برخوردار نیست. از جمله علل آن مي‌توان به بافت سبک خاک در این مناطق اشاره نمود. همچنین، چـ ون بخش رس این خاک‌ها از کانیهای ۲:۱ (کانیهای گروه ایلیت) تشکیل شده است، مسئله تثبیت پتاسیم در خاک مطرح است (زراعت پیشه و همکاران، ۱۳۹۱؛ Khormali et al., ۲۰۰۶). این خاکها نیاز به مصرف خاکی و محلولپاشی کود پتاسیم دارند. به دلیل پایین بودن مواد آلی و آهکی بودن خاک، در پهنه نسبتاً وسیعی از خاکهای زراعی استان فسفر قابل جذب در سطوح کم تا متوسط قرار دارند. این مسئله بویژه در خاکهای زراعی شمال استان مطرح است. متأسفانه، بدلیل مدیریت غلط اعمال شده در عرصه‌های زراعی، خاکهای استان از لحاظ مواد آلی فقیرند.

[۲۲۵]- Splines

این خاکها غالباً در محدوده اراضی زراعی شمال استان قرار دارند. در گستره وسیعی از استان، بخصوص در محدوده اراضی زیر کشت دیم، خاکهای زراعی استان دارای شوری کم تا زیاد میباشد که در محدوده خاک‌های زراعی شمال استان و حاشیه رودخانه قره سو مشاهده می‌گردند. اراضی آهکی غالباً در شمال استان واقع هستند. در این مناطق کشت محصولاتی مانند یونجه، شبدر، جو، گندم و پنبه که حساسیت زیادی به کلسیم ندارند، توصیه می‌گردد.

از نظر عناصر کممصرف، در سطح محدودی از خاکها که اکثراً در شمال استان قرار دارند، احتمال کمبود مس وجود دارد. کمبود آهن در بعضی از خاکها مخصوصاً در منتهیالیه شمال شرقی استان نسبتاً شدید، اما در اراضی جنوبی احتمال بروز کمبود آهن ضعیف است. منگنز در بعضی مناطق در وضعیت مناسبی قرار ندارد. هرچند سطح این اراضی در مقایسه با سایر اراضی چندان زیاد نیست، اما سطح خاکهای دارای کمبود متوسط قابل توجه میباشد. مشکل عمده کشاورزی استان، کمبود روی در اکثر خاکهای زراعی آن میباشد. این کمبود در مناطق شمالی استان نسبتاً شدید بوده و مصرف کودهای دارای روی به صورت خاکی یا محلولپاشی در آنها توصیه میشود.

جدول ۱- حدود طبقات و مساحت تحت پوشش خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مختلف خاکهای استان گلستان

مساحت km^2	حدود طبقات		واحد	علائم اختصار	نام عنصر	مساحت km^2	حدود طبقات		واحد	علائم اختصار	نام عنصر
۷۷۳	کمتر از ۳		ppm	Mn	منگنز	۴۳۸	کمتر از ۵		meq/L	Ca	کلسیم
۱۷۶۶	۵	۳				۱۶۷۵	۱۰	۵			
۱۱۶۹	۷	۵				۶۹۹	۱۵	۱۰			
۱۳۳۷	۱۴	۷				۴۵۶	۲۰	۱۵			
۳۳۰	بیش از ۱۴					۱۰۹۴	۳۰	۲۰			
۴۸	کمتر از ۰.۸		%	OC	کربن آلی	۴۸۵	۴۰	۳۰			
۷۲۲	۱	۰.۸				۵۳۵	بیش از ۴۰				
۲۰۲۰	۱.۴	۱				۱۴۹	کمتر از ۴۰		ppm	CL	کلر
۲۲۴۶	۱.۸	۱.۴				۱۳۳۱	۵۰	۴۰			
۲۷۱	۲	۱.۸				۲۲۳۷	۷۵	۵۰			
۷۵	بیش از ۲					۹۱۹	۱۱۰	۷۵			
۱۲۸	کمتر از ۶		ppm	P	فسفر	۴۸۲	۱۵۰	۱۱۰			
۸۶۹	۸	۶				۲۵۱	بیش از ۱۵۰				
۲۷۸۲	۱۲	۸				۴۴۳	کمتر از ۱		ppm	Cu	مس
۱۴۳۰	۲۰	۱۲				۱۱۹۴	۱.۵	۱			
۱۶۸	بیش از ۲۰					۱۱۹۵	۲	۱.۵			
۱۶۴	کمتر از ۷.۴		—	pH	واکنش خاک	۱۶۰۶	۲.۵	۲			
۱۱۶۸	۷.۶	۷.۴				۹۴۴	بیش از ۲.۵				
۲۸۷۰	۷.۸	۷.۶				۲۳۸۵	کمتر از ۲		ds/m	EC	هدایت الکتریکی
۱۰۰۳	۷.۹	۷.۸				۶۹۸	۴	۲			
۱۷۶	بیش از ۷.۹					۱۱۱۵	۸	۴			
۵۹۳	کمتر از ۱۵		%	Clay	رس	۸۰۵	۱۶	۸			
۱۲۵۴	۲۰	۱۵				۳۷۹	بیش از ۱۶				
۱۷۷۶	۲۵	۲۰				۳۳۶	کمتر از ۲		ppm	Fe	آهن
۱۴۵۰	۳۰	۲۵				۳۰۸	۳	۲			
۳۰۴	بیش از ۳۰					۸۳۴	۵	۳			
۳۵	کمتر از ۵		%	Sand	شن	۹۳۶	۷	۵			
۶۳۳	۱۰	۵				۱۴۵۱	۱۱	۷			
۲۵۳۹	۱۵	۱۰				۱۳۵۳	۱۷	۱۱			

۱۷۸۴	۲۰	۱۵				۹۵	۲۰	۱۷			
۳۷۹	بیش از ۲۰					۶۴	بیش از ۲۰				
۷۳۶	بیش از ۰.۹										

ادامه جدول ۱

مساحت km۲	حدود طبقات		واحد	علائم اختصار	نام عنصر	مساحت km۲	حدود طبقات		واحد	علائم اختصار	نام عنصر
۱۷۹	کمتر از ۵۰		%	Silt	سیلت	۳۶	کمتر از ۱۵۰		ppm	K	پتاسیم
۷۴۰	۵۵	۵۰				۲۶۸	۲۰۰	۱۵۰			
۱۰۶۴	۶۰	۵۵				۸۷۶	۲۵۰	۲۰۰			
۱۲۰۸	۶۵	۶۰				۱۵۱۸	۳۰۰	۲۵۰			
۱۷۹۸	۷۰	۶۵				۱۴۱۸	۳۵۰	۳۰۰			
۳۹۳	بیش از ۷۰					۱۰۹۰	۴۰۰	۳۵۰			
۶۶۴	کمتر از ۷		%	.T.N.V	مواد خنثی شونده	۱۶۴	بیش از ۴۰۰				
۸۸۹	۱۰	۷				۱۱۴۹	کمتر از ۳		meq/L	mg	منیزیم
۱۷۸۸	۱۵	۱۰				۸۳۷	۵	۳			
۱۱۸۳	۲۰	۱۵				۶۳۴	۹	۵			
۷۲۴	۲۵	۲۰				۵۴۵	۱۵	۹			
۱۳۴	بیش از ۲۵					۶۵۷	۲۰	۱۵			
۶۳۳	کمتر از ۰.۵		ppm	ZN	روی	۸۰۷	۳۰	۲۰			
۱۰۰۰	۰.۶	۰.۵				۵۸۹	۵۰	۳۰			
۱۱۵۱	۰.۷	۰.۶				۱۶۴	بیش از ۵۰				
۱۸۶۳	۰.۹	۰.۷									
۷۳۶	بیش از ۰.۹										

بر اساس اطلاعات بدست آمده و نقشههای خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و حاصلخیزی خاکهای استان، پیشنهاد میگردد:
توصیه های مناسب برای کود های پرمصرف، بویژه ازت، فسفر و پتاسیم باید با توجه به نقشههای پراکنش فسفر، پتاسیم، ماده آلی و بافت خاك در استان و بر مبنای آزمون خاك استوار گردد.
با توجه به نقشههای موجود و پس از ارزیابی وضعیت عناصر خاك، باید از مصرف زیاد و نامتعادل کودها پرهیز گردد.
برای افزایش و حفظ مواد آلی خاك توصیه میگردد که بقایای گیاهی بعد از برداشت محصول سوزانده نشده و از کود سبز، حیوانی و آلی به نحو مطلوب استفاده شود. مصرف کمپوست نیز راهکار موثر دیگری برای همین منظور میباشد.
برای حفظ و بهبود کمی و کیفی تولیدات کشاورزی، افزایش مقامت گیاهان زراعی در برابر آفات و امراض و رفع مشکل کم آبی، مصرف کودهای پتاسه مخصوصاً در خاکهایی که مقدار پتاسیم قابل جذب آنها کم است، توصیه می گردد.
با توجه به نقشه پراکنش فسفر خاك، در اراضی که فسفر قابل جذب آنها در سطوح بالایی قرار دارند، از مصرف بیرویه کودهای فسفره جلوگیری شود. با توجه به وضعیت نامناسب روی در خاکهای استان، رعایت این مساله ضروری است.
با توجه به نقشه شوری، مواد خنثی شونده، بافت و سایر نقشههای موجود، اقدامات لازم جهت اصلاح و شستشوی املاح اراضی شور و قلیایی استان صورت گیرد. استفاده از مواد گوگردی و باکتریهای تیوباسیلوس نیز توصیه میشود.
در اتخاذ تصمیم برای توسعه تمام فعالیتهای استانی مخصوصاً در بخش صنعت، این نقشهها ملاک عمل قرار گیرد. نقشههای موضوعی تهیه شده به تفکیک مساحت و پراکنش این خصوصیات در اختیار مسئولان استان قرار گرفته است.

منابع

زراعت پیشه، م.، خرمالی، ف.، کیانی، ف.، و پهلوانی، م.ه. ۱۳۹۱. مطالعه کانی‌های رسی در خاک‌های تشکیل شده بر روی مواد مادری لسی در یك توالی اقلیمی در استان گلستان. مجله پژوهشهای خاك، جلد ۲۶، شماره ۳، صفحههای ۳۰۳ تا ۳۱۶.

محمدرضا چورلی، دکتر اسماعیل شاهکویی، منیژه حسن زاده نامقی، علی وطنی و ایل محمد توفیق. ۱۳۹۱. استان شناسی گلستان. انتشارات شرکت چاپ و نشر کتاب های درسی ایران. تهران

قهرودی تالی، م. ۱۳۸۱. ارزیابی درون‌یابی به روش کریجینگ. مجله پژوهشهای جغرافیایی، شماره ۴۳، صفحههای ۹۵ تا ۱۰۸.

Burrough, P.A. ۱۹۸۶. Principles of Geographic Information Systems for land resources assessment. Oxford University Press, New York, USA. Pp: ۱۹۴.

Burrough, P.A., and McDonnell, R.A. ۱۹۹۸. Principles of Geographic Information Systems. Oxford University Press, New York, USA. Pp: ۳۳۰.

Hem, J.D. ۱۹۸۹. Study and Interpolation of Chemical Characteristics of Natural Water. ۳rd Edition. United States Geological Survey Water-Supply Paper ۲۲۵۴. Washington D.C. USA. Pp: ۲۶۳.

Juank, K.W., and Lee, D.Y. ۱۹۹۸. A comparison of three kriging methods using auxiliary variables in heavy metal contaminated soils. Journal of Environmental Quality, ۲۷: ۳۳۵-۳۶۳.

Kachanoski, R.G., and Fairchild, G.L. ۱۹۹۶. Field scale fertilizer recommendations: the spatial scaling problem. Canadian Journal of Soil Science, ۷۶: ۱-۶.

Khormali, F., Ajami, M., and Ayoubi, S. ۲۰۰۶. Genesis and Micromorphology of Soils with Loess parent material as affected by deforestation in a hillslope of Golestan province. Iran. ۱۸th International Soil Meeting (ISM) on Soil Sustaining Life on Earth, Mananging soil and Technology. ۱۴۹-۱۵۱.

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

Kumar, S., and Lal, R. ۲۰۱۱. Mapping the organic carbon stocks of surface soils using local spatial interpolator. Journal of Environmental Monitoring, ۱۳(۱۱): ۳۱۲۸-۳۵.

Maris, F., Kitikidou, K., Angelidis, P., and Potouridis, S. ۲۰۱۳. Kriging Interpolation Method for Estimation of Continuous Spatial Distribution of Precipitation in Cyprus. British Journal of Applied Science & Technology, ۳(۴): ۱۲۸۶-۱۳۰۰.

Omran, E.S.E. ۲۰۱۲. Improving the Prediction Auccuracy of Soil Mapping through Geostatistics. International Journal of Geosciences, ۳: ۵۷۴-۵۹۰.

Robinson, T.P., and Metternicht, G. ۲۰۰۶. Testing the performance of spatial interpolation techniques for mapping soil properties. Computers and Electronics in Agriculture, ۵۰: ۹۷-۱۰۸.

Astract

A study was performed to digital mapping of soil fertility as well as some important physical and chemical properties of arable soil of Golestan province The studied areas were under irrigated and rain-fed cultivation and the total surface area was about ۵۰۰۰۰۰ hectares. Geographical maps with ۱: ۵۰,۰۰۰ scale was divided into ۱ km^{۲} grids with ۱۰۰۰ m distance. Then, a composite soil sample was taken from the center of each grids by Global Positioning System (GPS) instrument and analyzed for major Macro- and micronutrients as well as physical and important soil chemical properties. After getting the laboratory results, an electronic layer was created for each series of data and spatial analysis was done by point interpolation. Finally, through point interpolation by the statistical method, kriging technique, map of each study variable case were established. Arable soils of golestan province showed relatively wide variation.