

تهیه نقشه‌های رقومی حاصل خیزی خاک برای مراکز خدمات کشاورزی استان گلستان با استفاده از روش کریجینگ

قربانعلی روشنی^{1*}، عبدالرضا قرنجیکی²

*1- نویسنده مسؤول: استادیار موسسه تحقیقات پنبه کشور، گلستان، ایران (gh_roshani@yahoo.com)

2- عضو هیات علمی موسسه تحقیقات پنبه کشور، گلستان، ایران

تاریخ پذیرش: 1393/08/06

تاریخ دریافت: 1392/12/19

چکیده

نقشه‌های حاصل خیزی خاک مبنای توصیه‌های کودی، پایش تغییرات تغذیه‌ای خاک و یکی از ابزارهای مهم برای پیش‌بینی کمبود یا سمیت عناصر غذایی در خاک می‌باشند. این مطالعه با هدف تهیه نقشه رقومی عناصر غذایی پرنیاز و کم‌نیاز و همچنین برخی از خصوصیات فیزیکوشیمیایی مهم خاک برای مراکز خدمات سازمان جهاد کشاورزی جهت بهینه‌سازی مصرف کودهای شیمیایی در برنامه عملیاتی الگوی کاشت انجام گردید. منطقه مطالعاتی شامل اراضی زیر کشت گندم آبی و دیم بوده و پس از حذف باریکه‌های مرزی شمالی و اراضی شیبدار جنوبی، مساحتی در حدود 500 هزار هکتار را شامل می‌گردد. نقشه‌های جغرافیایی 1:50000 به شبکه‌های یک کیلومتر مربعی با فواصل 1000 متر تقسیم شده و به کمک GPS از محل تقاطع خطوط شبکه نمونه مرکب تهیه شد و علاوه بر مقادیر قابل جذب تمامی عناصر غذایی اعم از پرنیاز و کم‌نیاز، برخی از خصوصیات فیزیکوشیمیایی مهم نیز اندازه‌گیری شدند. پس از دریافت نتایج کامل تمام نمونه‌ها، برای هر سری از داده‌ها، یک لایه الکترونیکی (رقومی) ساخته شده و بعد از میان‌یابی نقطه‌ای، پهنه‌بندی انجام شد. ناهمگنی داده‌ها در جهات مختلف بررسی و همبستگی مکانی داده‌ها نیز ارزیابی شدند. با آنالیز واریوگرام، تغییرات مکانی داده‌ها تعیین گردیده و با توجه به مجموع نتایج، واریوگرام هر متغیر برای انتخاب مدل مناسب مورد استفاده قرار گرفته و از طریق میان‌یابی نقطه‌ای با تکنیک آماری کریجینگ، نقشه متغیر مورد مطالعه تهیه و ارائه گردید.

کلید واژه‌ها: نقشه‌های رقومی، خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک، استان گلستان

مقدمه

اکولوژیکی و نیاز اقتصادی اجتماعی برای استفاده انسان از سرزمین، تغییرات محیط زیست، شناخت تخریب‌ها، ضایعات و آلودگی‌ها و از همه مهم‌تر برنامه‌ریزی منطقه‌ای

سامانه اطلاعات جغرافیایی ماشین ابزاری است که می‌توان از آن در شناسایی داده (بازنمایی موضوعی)، تجزیه و تحلیل، تفسیر و جمع‌بندی داده‌ها، ارزیابی توان

روشنی و قرنجیکی: تهیه نقشه‌های رقومی حاصل‌خیزی خاک...

خطی به منظور حذف اثرات فرضیه خطی بودن تغییرات طراحی شده‌اند. این روش‌های درون‌یابی خطی را می‌توان به سه گروه اصلی تقسیم نمود: روش‌های وزنی، سطوح روند¹⁰ و کریجینگ¹¹ (ژوانک و لی¹²، 1998).

کریجینگ یک روش تخمین است که بر منطق میانگین متحرک وزن‌دار استوار می‌باشد. تخمین‌گر کریجینگ یکی از مهم‌ترین تخمین‌گرهای نارایب است، زیرا اولاً بدون خطای سیستماتیک می‌باشد 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. بدین مفهوم که مقدار تخمین کمیت در نقاط نمونه‌برداری با مقدار اندازه‌گیری شده برابر و واریانس تخمین صفر می‌گردد. این ویژگی سبب می‌شود که تخمین‌گر کریجینگ در رسم خطوط هم‌ارزش¹³ 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، 1381).

به طور کلی، هر چه انبوهی تعداد نقاط مشاهداتی زیادتر باشد، انتظار می‌رود که خطای درون‌یابی کاهش یابد. از یک طرف، انبوهی تعداد نمونه‌های لازم برای کاهش خطای تخمین مستلزم هزینه زیادتر است و از طرف دیگر، همیشه نمی‌توان تعداد نمونه‌برداری را در حد بهینه انجام داد. بنابراین قبل از نمونه‌برداری، تخمینی از ساختار مکانی متغیر مورد نظر می‌تواند در تعیین الگوی نمونه‌برداری موثر باشد.

روبینسون و مترنیچت¹⁴ (2006) دقت روش کریجینگ

را برای درون‌یابی تاثیر خصوصیات فصلی پایدار خاک

یا محیط زیست بهره جست (بورو¹، 1986). سامانه اطلاعات جغرافیایی پلی بین پایگاه داده‌های منابع و مدیریت است. با روی هم گذاری نقشه‌های موضوعی تک بعدی، تقابل‌ها، تداخل‌ها و وابستگی‌های به هم پیچیده را می‌توان بهتر مشاهده، ارزیابی و نتیجه‌گیری نمود (بورو و مک‌دائل²، 1998).

با استفاده از توابع درون‌یابی، ارزش توصیفی نقاط نامعلوم³ 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 این فرض است که شباهت نقاط نزدیک‌تر به هم در فضا، بیشتر از نقاطی است که از هم دور هستند (هم⁴، 1989). درون‌یابی نقاط بر اساس قانون اول جغرافیا است: هر چیزی به چیز دیگر ارتباط دارد، اما اشیاء نزدیک ارتباط بیشتری نسبت به اشیاء دورتر دارند. با ضریب خود همبستگی مکانی⁵ می‌توان اندازه نزدیکی⁶ یا تشابه⁷ ویژگی‌ها را در موقعیت‌های مکانی تعیین نمود. خود همبستگی مکانی و زمانی ابزاری ارزشمند در مطالعه چگونگی تغییر الگوهای مکانی و زمان است. نتایج تجزیه و تحلیل فوق، شناخت کاملی را از نحوه توزیع و تغییر الگوهای مکانی از گذشته تا حال و از حال تا آینده ارائه می‌دهد (جانگ⁸، 1985؛ مولین و همکاران⁹، 1994).

روش‌های گوناگونی برای درون‌یابی با فرض‌های خاص خود وجود دارند. این روش‌ها را می‌توان به دو گروه خطی و غیر خطی تقسیم نمود. روش‌های درون‌یابی غیر

1- Burrough *et al.*

2- Burrough and McDonnell

3- unknown or missing values

4- Hem

5- Spatial Autocorrelation

6- Proximity

7- Similarly

8 - Jung

9- Moulin *et al.*

10- Trend surface

11- Kriging

12- Juank and Lee

13- Isoline

14- Robinson and Metternicht

مکانی و حدود تغییرات خواص خاک در واحد نقشه تعیین شود. در روش‌های جدید مدل‌سازی⁸، خاک به‌عنوان یک چشم‌انداز با خصوصیات پیوسته فرض شده و بیشتر پراکنش مکانی خصوصیات آن مورد نظر است تا این‌که صرفاً ترکیب واحد نقشه در نظر باشد (پیتر و همکاران⁹، 1995).

علاوه بر آن، اساس تفکیک سری‌های خاک در مطالعات خاک‌شناسی، مشخصات پروفیل‌های شاهد منطقه است. این مشخصات معمولاً شامل یک سری اندازه‌گیری‌های فیزیکی و شیمیایی محدود و معین بوده و داده‌های موجود نمی‌توانند جوابگوی تمام نیازهای رویشی گیاه باشند. به ویژه امروزه که بحث کشاورزی دقیق وجود دارد که در آن هم نوع داده‌های مورد نیاز و هم انبوهی نقاط نمونه‌برداری از خاک ایجاب می‌کند که نقشه‌های حاصل‌خیزی خاک تهیه شوند و در آنها اطلاعات مربوط به مقدار و پراکنش مکانی عناصر ثانویه و عناصر کم مصرف مورد استفاده گیاه تعیین شود (ولتز و همکاران¹⁰، 1997).

در سیستم‌های کشاورزی فعلی ایران که بر پایه روش‌های سنتی استوار است، مدیریت مزرعه بصورت یکنواخت انجام می‌شود. در سیستم‌های کشاورزی جدید، مدیریت مزرعه با نرخ متغیر و متناسب با خصوصیات خاک و بطور ویژه مکانی انجام می‌گیرد که روش منطقی برای تولید کشاورزی و در عین حال حفظ محیط زیست می‌باشد (گوپتا و همکاران¹¹، 1997).

حتی اگر درآمد حاصل از کشاورزی ویژه مکانی با درآمد ناشی از کشاورزی با مدیریت یکنواخت برابری نماید، باز بهره کشاورزی دقیق بمراتب بیش از کشاورزی مدیریت یکنواخت است و این به دلیل لحاظ ملاحظات زیست‌محیطی است که نقش کشاورزی دقیق را در زندگی

شامل pH، هدایت الکتریکی، و درصد ماده آلی خاک بر روی تولید محصول مورد ارزیابی قرار داده و نتایج آن را با روش‌های وزن‌دهی فاصله معکوس¹ و نوارهای باریک² مقایسه نمودند. در این تحقیق، روش کریجینگ بهترین نتایج را در مورد pH و هدایت الکتریکی نسبت به روش‌های دیگر نشان داده است. کراوچنکو و بولاک³ (1999) نیز تحقیق مشابهی را در مورد فسفر و پتاسیم خاک در 30 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 (کومار و لال⁴، 2011)، هدایت الکتریکی، pH و درصد کربنات کلسیم (عمران⁵، 2012) و توزیع مکانی رسوب (ماریس و همکاران⁶، 2013) (2013) گزارش شده است.

در تجزیه و تحلیل یک مجموعه داده بزرگ با استفاده از کاربرد روش کریجینگ در مرودشت فارس، فاصله نمونه‌برداری برای نیتروژن کل برابر 3900 متر، فسفر قابل دسترس گیاه 3600 متر، پتاسیم قابل دسترس گیاه 3690 متر و ماده آلی خاک 2180 متر به دست آمده است (مومنی و زینک⁷، 1997). دلیل دامنه تغییرات وسیع در مورد متغیرهای فوق، تداوم کشت یکنواخت در طول قرون متمادی که طی آن تخلیه خاک از مواد غذایی صورت می‌گیرد، عنوان شده است.

در نقشه‌های خاک‌شناسی به جای تعیین حدود تغییرات و پراکنش مکانی ویژگی‌های خاک در هر واحد نقشه، تأکید بر ترکیب واحد نقشه است، بدون این‌که پراکنش

1- Inverse distance weighting

2- Splines

3- Kravchenko and Bullock

4- Kumar and Lal

5- Omran

6- Maris *et al.*

7- Moameni and Zinck

8- Modeling

9- Peter *et al.*

10- Voltz *et al.*

11- Gupta *et al.*

در این تحقیق، ابتدا با استفاده از مطالعاتی که در اراضی آبی و دیم در استان گلستان انجام شده بود و با مراجعه به مراکز خدمات کشاورزی شهرستان‌های استان گلستان و مشورت با کارشناسان بومی در هر مرکز خدمات، مناطق زیر کشت آبی و دیم استان شناسایی و نقشه آن با مناطق جغرافیایی استان ترکیب گردید. این محدوده در محیط نرم افزار الویس رقومی شد. هدف از ترسیم این نقشه اولیه، استفاده از آن برای تهیه نقشه‌های جغرافیایی 1:50000 استان و دستیابی به برآورد مناسبی از مواد اولیه مورد نیاز و ارائه یک جدول زمان‌بندی برای عملیات صحرائی (با توجه به شرایط خاص اقلیمی و خاک منطقه) در مدت اجرای تحقیق بوده است. مطابق نتایج به دست آمده از پلانیمتری بر روی نقشه در محیط الویس، مساحت اراضی زیر کشت آبی و دیم حدود 500 هزار هکتار می‌باشد که تقریباً معادل 84 درصد از کل اراضی زراعی استان است؛ سپس، نقشه های جغرافیایی 1:50000 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^4 ترسیم شد. فاصله محل تلاقی خطوط افقی و عمودی 1000 متر (برابر با فاصله نمونه‌برداری) است. این نقشه‌ها با همان هدف سهولت دسترسی به نقاط نمونه‌برداری در سیستم مختصات UTM رسم و در اختیار کارشناسان صحرائی قرار گرفتند. در مطالعات اراضی آبی و دیم، جستجوی نقاط در صحرا با مسیریابی به کمک دستگاه مکان‌یاب جهانی⁵ و نقشه‌های شبکه‌بندی بندی شده انجام گردید. بعد از رسیدن به محل دقیق نمونه‌برداری، تعداد 5 نمونه از عمق صفر تا 30 سانتی‌متری سطح خاک جمع‌آوری (بصورت صلیبی، یک نمونه از مرکز و چهار نمونه به فاصله 10 متری از مرکز) و پس از مخلوط کردن آنها، برای هر شبکه یک

بشر روز به روز پر رنگ تر می‌نماید. جمع‌آوری داده برای تهیه نقشه‌های کشاورزی دقیق، مشکل بوده و بسیار گران تمام می‌شود. توسعه روش‌های جدید نظیر زمین آمار این مشکل را تا حد زیادی حل کرده است و می‌توان با جمع‌آوری داده‌های کمتر، نقشه‌هایی با دقت منطقی تهیه نمود (چیلز و دلفینر¹، 1999). از ویژگی مهم روش‌های درون‌یابی به طریق زمین آمار این است که تعداد نمونه و فواصل نمونه‌برداری را می‌توان از طریق گمانه‌زنی اولیه و قبل از شروع مطالعات تعیین و بعد اقدام به طرح الگوی نمونه‌برداری کرد (ماترون²، 1963؛ ایساک و سریواستاوا³، سریواستاوا³، 1989).

نقشه حاصل‌خیزی خاک، وضعیت ذخیره خاک از نظر عناصر غذایی و به عبارت دیگر، توان خاک در برآورده کردن نیازهای رویشی گیاهان را مشخص خواهد کرد. لازمه یک کشاورزی پایدار، داشتن ایجاد یک بانک اطلاعاتی از وضعیت خاک‌های منطقه است. 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

استان گلستان با مساحت 20438 کیلومتر مربع در 54 درجه و 45 دقیقه تا 56 درجه و 30 دقیقه شرقی و 36 درجه و 45 دقیقه تا 38 درجه و 15 دقیقه عرض شمالی واقع است. به خاطر موقعیت جغرافیایی و همجواری با دریای خزر و ارتفاعات شمالی سلسله جبال البرز، این استان یکی از مناطق حاصل‌خیز و قطب مهم کشاورزی محسوب می‌شود.

1- Chiles and Delfiner

2- Matheron

3- Isaaks and Srivastava

4- Universal Transverse Mercator

5- GPS

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 بررسی بیضی خطای ناشی از درون‌یابی در محدوده همسایه‌ها در نقاط مختلف مجموعه داده، میزان حداقل و حداکثر تعداد همسایه به دست آمد. در قسمت بعدی، میزان نرمی بهینه این روش با بررسی همان بیضی خطا تعیین گردید. در نهایت، بر اساس پارامترهای تنظیم شده میزان خطای پیش‌بینی شده در مدل درون‌یابی شده برآورد و مدل درون‌یابی شده از یک پارامتر به دست آمد (شکل 2) و در نهایت، با استفاده از تغییرنما و اطلاعات به دست آمده و روش درون‌یابی کریجینگ، نقشه متغیر مورد مطالعه تهیه گردید.

نتایج و بحث

با توجه به نتایج، در بعضی از خاک‌های زراعی زیر کشت گندم استان مخصوصاً در ناحیه غربی، پتاسیم قابل جذب از وضعیت مطلوبی برخوردار نیست. از جمله علل آن می‌توان به بافت سبک خاک در این مناطق اشاره نمود. در خاک‌های سبک در اثر اندک بودن منابع تأمین‌کننده پتاسیم (بخش رس خاک) و قابلیت زیاد آبشویی، کمبود پتاسیم محتمل است. همچنین، چون بخش رس این خاک‌ها از کانی‌های 2:1 (کانی‌های گروه ایلیت) تشکیل شده است، مسئله تثبیت پتاسیم در خاک مطرح است (خرمالی و همکاران،⁴ 2006؛ زراعت پیشه و همکاران، 1391).

نمونه مرکب به وزن تقریبی 5 کیلو گرم تهیه گردید. در مجموع حدود 5000 نمونه مرکب از سطح مورد مطالعه تهیه گردید.

مناطق پایلوت به منظور هماهنگ کردن تغییرپذیری خواص خاک در مطالعات بزرگ مقیاس و کوچک مقیاس انتخاب شدند. این هماهنگی برای تعدیل نتایج به دست آمده از تجزیه داده‌ها با فواصل زیاد (با درجه تفکیک کم) و نتایج حاصل از تجزیه داده‌های به دست آمده با فواصل کم (با درجه تفکیک زیاد) لازم است (کاجانوسکی و فایرچیلد¹، 1996).

خصوصیات فیزیکی شیمیایی خاک اندازه‌گیری شده عبارت بودند از: pH و EC گل اشباع، کربن آلی به روش والکی و بلک²، فسفر با روش السن³، پتاسیم به روش استات آمونیم، مواد خنثی شونده به روش حجم سنجی با هیدروکسید سدیم، آهن، روی، مس و منگنز محلول به روش DTPA، بر به روش آب داغ، کلر به روش نترات نقره، یون سولفات به روش وزنی، گچ به روش استون، کلسیم و منیزیم محلول به روش تیتراسیون با EDTA و بافت خاک به روش هیدرومتر.

پس از دریافت نتایج مربوط به تجزیه‌های آزمایشگاهی نمونه‌های خاک، برای هر یک از خصوصیات یا متغیرها یک نقشه موضوعی نقطه‌ای ایجاد گردید. روش درون‌یابی 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 به دست آمده، نقشه‌های موضوعی دیگری از جمله راهها، شهرها، مرز استان، شاخه‌های

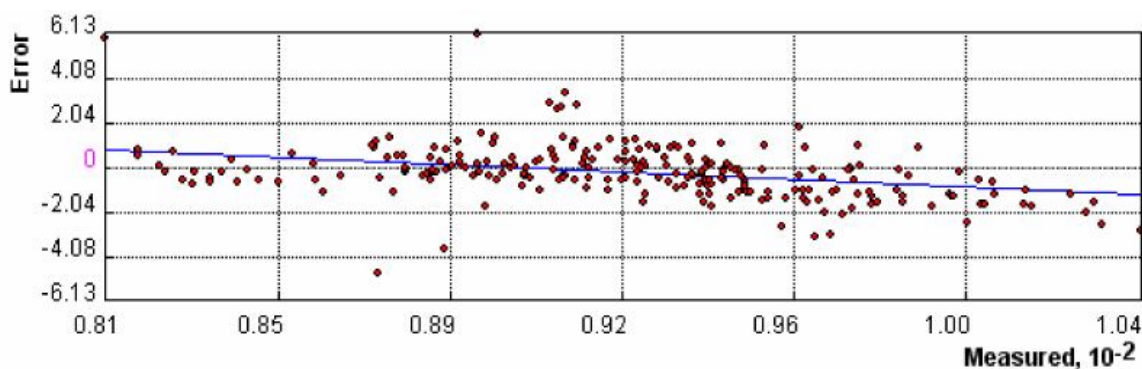
1- Kachanoski and Fairchild

2- Walkley and Black

3- Olsen

4 - Khormali et al.

روشنی و قرنجیکی: تهیه نقشه‌های رقومی حاصل خیزی خاک...



شکل 1- میزان خطای برآورد شده برای پارامترهای مورد استفاده



شکل 2- مدل درون یابی شده از یک پارامتر

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. در این مناطق علاوه بر اصلاح خاک از طریق افزایش مواد اصلاح کننده به خاک و احداث زهکشی و شستشوی املاح، باید مواد آلی خاک را نیز افزایش داد.

متأسفانه، به دلیل مدیریت غلط اعمال شده در عرصه‌های زراعی، خاک‌های استان از لحاظ مواد آلی فقیرند. این خاک‌ها غالباً در محدوده اراضی زراعی شمال استان قرار دارند. در این مناطق افزایش کودهای آلی یا

در این مناطق، علاوه بر مصرف حاکی پتاسیم، مصرف سرک کودهای پتاسیم‌دار نظیر کلرید پتاسیم و یا نیترات پتاسیم توصیه می‌گردد.

و اما در مورد مصرف کودهای پتاسیم‌دار باید به غلظت یون کلرید توجه داشت، بطوری که باید غلظت یون کلرید در خاک کمتر از 150 میلی گرم در کیلو گرم خاک و در آب آبیاری کمتر از 100 میلی گرم در لیتر باشد. در برخی از مناطق مرکزی استان نیز به دلیل کشت متراکم و محصولاتی با عملکرد بالا، سطوح پتاسیم خاک پایین است. به دلیل پایین بودن مواد آلی و آهکی بودن خاک،

آبادی‌ها و... صرف نظر شده است. در ارزیابی توزیع مکانی نقاط نمونه برداری و روش‌های زمین آمار از کارهای بوتس و گتیس¹ (1988)، بورو (1986) و بورو و مک‌دانل (1998) استفاده شده است.

بر اساس تعداد 19 نقشه موضوعی که برای هر مرکز خدمات کشاورزی و نیز خود استان تهیه گردید، و با توجه به 30 مرکز خدمات کشاورزی استان گلستان، مجموع نقشه‌های موضوعی به دست آمده برابر با 589 نقشه بود که در شکل‌های 3 تا 8 چند نقشه موضوعی برای کل منطقه مورد مطالعه (اراضی تحت کشت گندم استان گلستان) به عنوان نمونه آورده شده است.

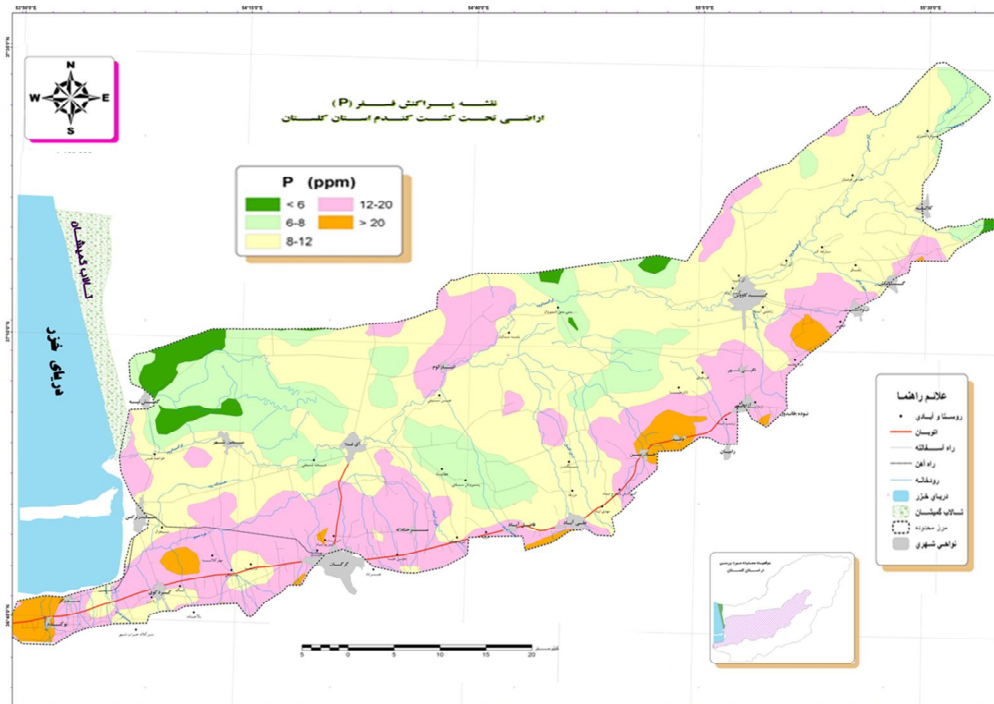
حیوانی، کود سبز، تناوب زراعی و حفظ بقایای گیاهی بعد از برداشت می‌تواند نیاز غذایی تعداد زیادی از عناصر را تأمین کند و شرایط فیزیکی خاک را بهبود بخشد و همچنین مصرف کود شیمیایی کاهش یابد که از لحاظ اقتصادی و حفظ محیط زیست و جلوگیری از آلوده شدن آب‌های زیرزمینی حایز اهمیت می‌باشد.

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. مسایل و مشکلات مربوط به شوری در این نواحی می‌تواند سبب کاهش 25 تا 50 درصد عملکرد (بسته به نوع گیاه زراعی) شود. در این مناطق نیز احداث زه کش و آبشویی املاح و کشت گیاهان زراعی متحمل به شوری مانند جو، پنبه، گندم، و کلزا ضروری است.

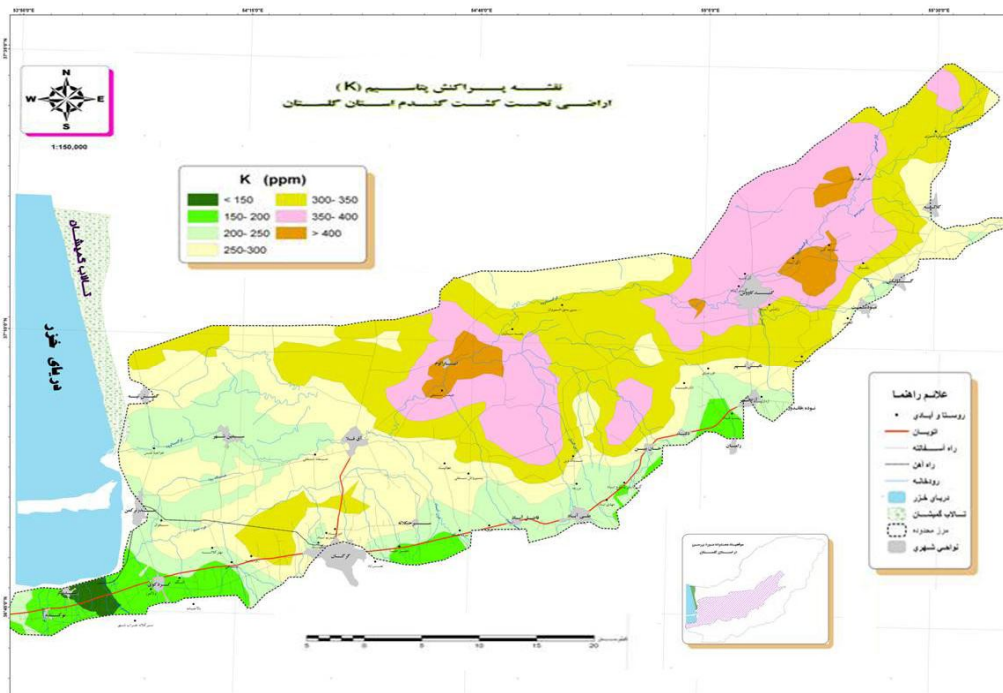
اراضی آهکی غالباً در شمال استان واقع هستند. اصلاح محدودیت‌های مربوط به آهک در خاک‌های شدیداً آهکی میسر نیست، ولی مصرف کودهای شیمیایی مناسب و مواد اصلاحی مانند کود سولفات آمونیم، گوگرد و اسید سولفوریک، همراه با کاهش نسبی و موقت pH، آثار سوء کلسیم را کاهش می‌دهند. در این مناطق کشت محصولاتی مانند یونجه، شبدر، جو، گندم و پنبه که حساسیت زیادی به کلسیم ندارند، توصیه می‌گردد.

بر اساس داده‌های این تحقیق، نقشه‌های نهایی برای کل اراضی مورد مطالعه و برای محدوده هر یک از مراکز خدمات کشاورزی استان تهیه شدند. در این نقشه‌ها سعی شده است یک دید کلی از پراکنش داده‌ها و سطوح عناصر غذایی اصلی و فرعی و همچنین برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی مهم نظیر اسیدیته، شوری، بافت و... ارائه شود. به همین دلیل از تلفیق نتایج حاصله با برخی لایه‌های رقومی اضافه مانند نقشه موقعیت شهرها، راه‌ها، مرز استان،

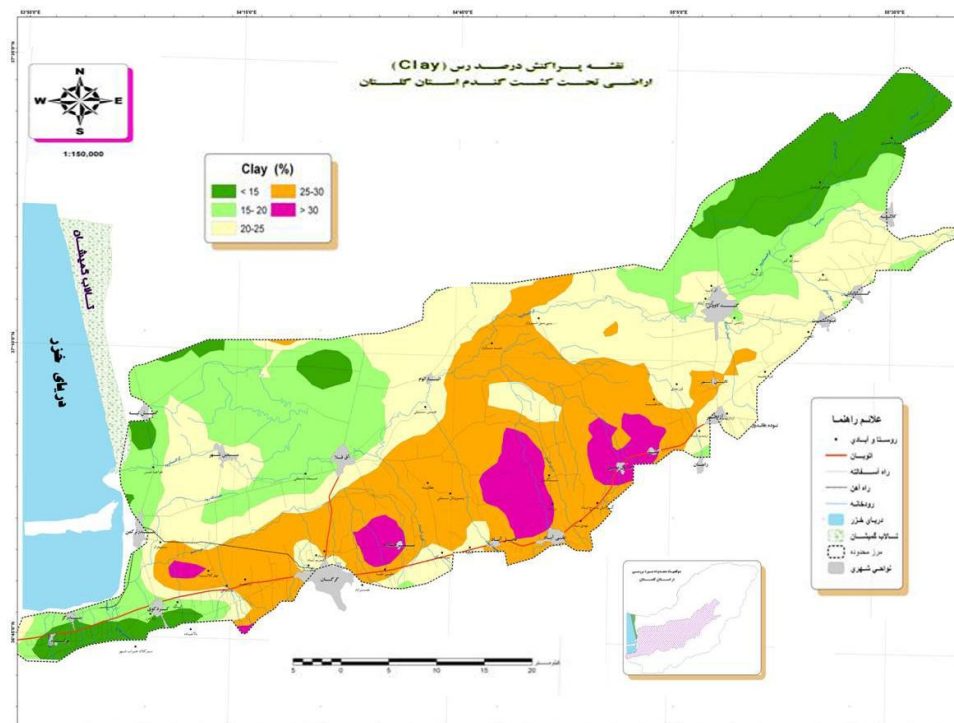
روشنی و قرنجیکی: تهیه نقشه‌های رقومی حاصل خیزی خاک...



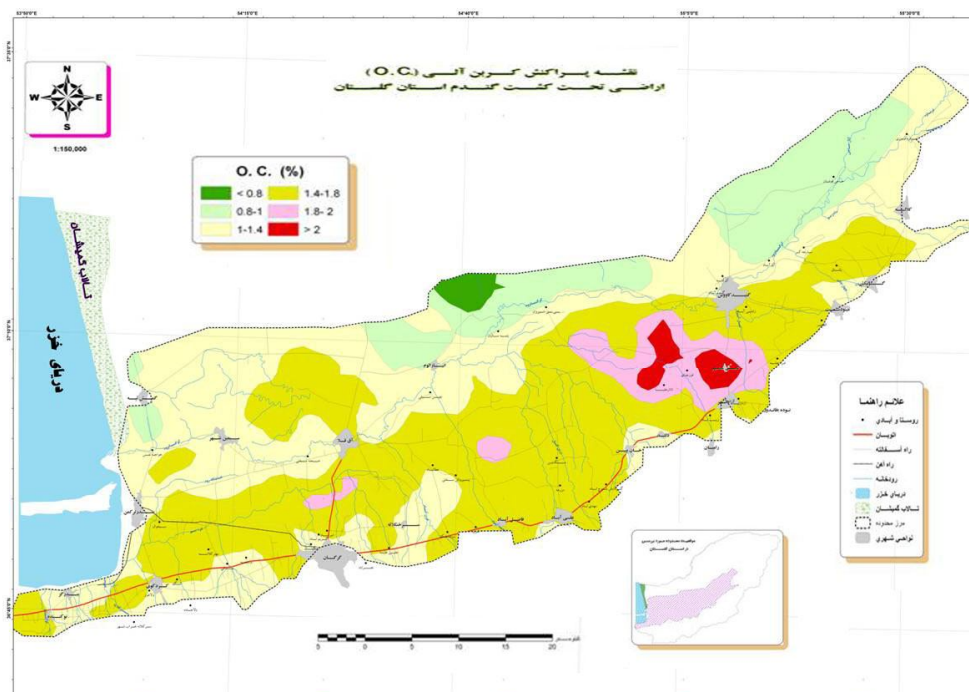
شکل 3- نقشه پراکنش فسفر قابل جذب در اراضی تحت کشت گندم استان گلستان



شکل 4- نقشه پراکنش پتاسیم قابل جذب در اراضی تحت کشت گندم استان گلستان

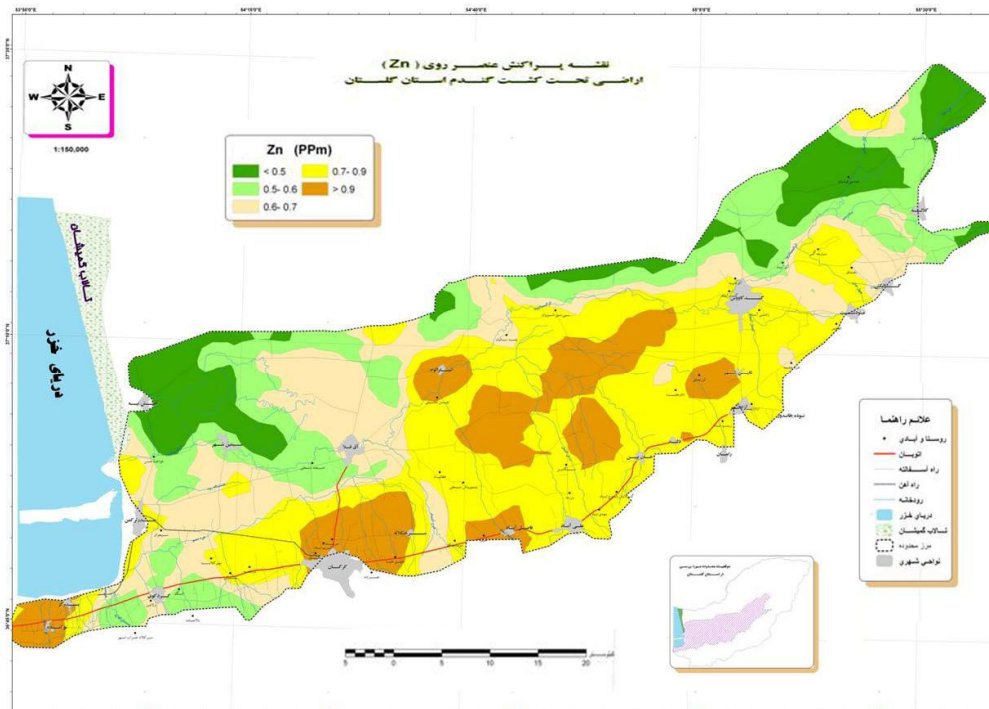


شکل 5- نقشه پراکنش رس در اراضی تحت کشت گندم استان گلستان

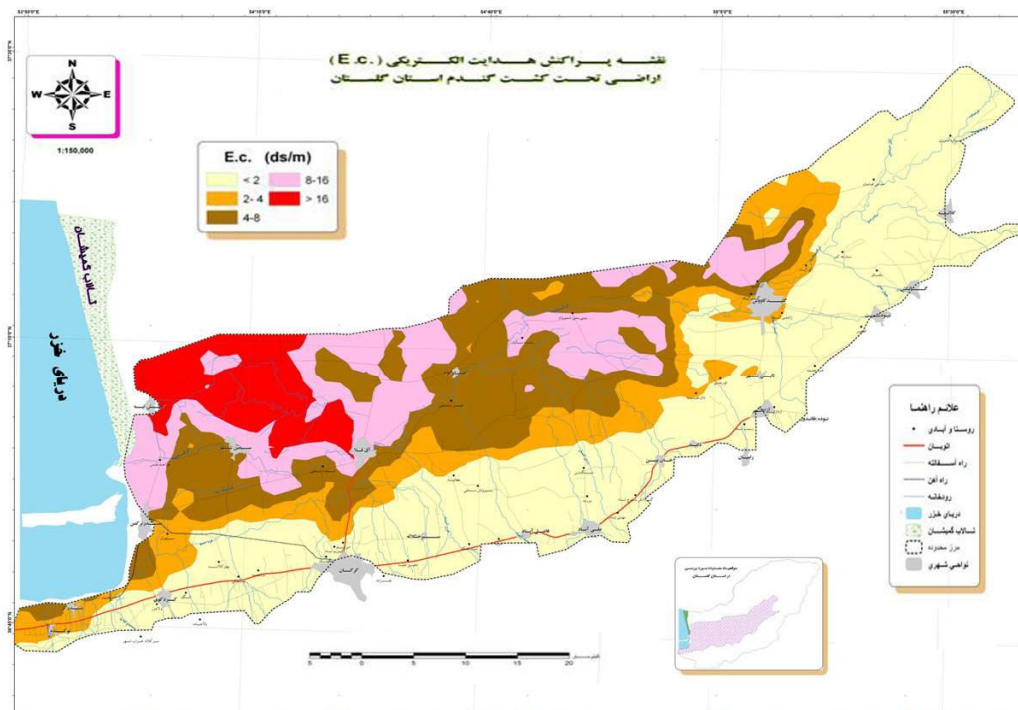


شکل 6- نقشه پراکنش کربن آلی در اراضی تحت کشت گندم استان گلستان

روشنی و قرنجیکی: تهیه نقشه‌های رقمی حاصل خیزی خاک...



شکل 7- نقشه پراکنش روی در اراضی تحت کشت گندم استان گلستان



شکل 8- نقشه پراکنش EC در اراضی تحت کشت گندم استان گلستان

نتیجه گیری

گیاهان زراعی در برابر آفات و امراض و رفع مشکل کم آبی، مخصوصاً در خاک‌هایی که مقدار پتاسیم قابل جذب آنها کم است، باید کودهای پتاسه به نحو مطلوبی مورد استفاده قرار گیرند. همچنین، با توجه به نقشه پراکنش فسفر در خاک، در اراضی که مقدار فسفر قابل جذب آنها در سطوح بالا قرار دارند، از مصرف بی‌رویه کودهای فسفره جلوگیری شود. از طرف دیگر، با توجه به نقشه شوری، مواد خنثی شونده، بافت و سایر نقشه‌های به دست آمده، اقدامات لازم جهت اصلاح و شستشوی املاح اراضی شور و قلیایی استان ضروری می‌باشد.

تامین مناسب کودهای پرمصرف، بویژه ازت، فسفر و پتاسیم باید با توجه به نقشه‌های پراکنش فسفر، پتاسیم، ماده آلی و بافت خاک در استان و با تکیه بر آزمون خاک، از نتایج این تحقیق می‌باشد. با توجه به نقشه‌های موجود و پس از یک جمع‌بندی از وضعیت عناصر خاک، باید از مصرف زیاد و نامتعادل کود در خاک پرهیز گردد؛ همچنین برای افزایش و حفظ مواد آلی خاک توصیه می‌گردد که بقایای گیاهی بعد از برداشت محصول سوزانده نشود و از کود سبز و کودهای حیوانی و آلی به نحو مطلوب استفاده گردد. بر اساس نقشه موضوعی پتاسیم قابل استفاده گیاه، برای بهبود کمی و کیفی تولیدات کشاورزی، افزایش مقامت

منابع

1. زراعت پیشه، م.، خرمالی، ف.، کیانی، ف. و پهلوانی، م. ه. 1391. مطالعه کانی‌های رسی در خاک‌های تشکیل شده بر روی مواد مادری لسی در یک توالی اقلیمی در استان گلستان. مجله پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب)، 26 (3): 303-316.
2. قهرودی تالی، م. 1381. ارزیابی درون‌یابی به روش کریجینگ. مجله پژوهش‌های جغرافیایی، 43: 95-108.
3. Boots, B.N., and Getis, A. 1988. Point pattern analysis. Sage University Scientific Geography Series No. 8. Sage Publications, Beverly Hills, USA. 96 p.
4. Burrough, P.A. 1986. Principles of Geographic Information Systems for land resources assessment. Oxford University Press, New York, USA. 194 p.
5. Burrough, P.A., and McDonnell, R.A. 1998. Principles of Geographic Information Systems. Oxford University Press, New York, USA. 330 p.
6. Chiles, J.P., and Delfiner, P. 1999. Geostatistics. John Wiley & Sons, Inc. New York, USA. 695 p.
7. Gupta, R.K., Mostaghimi, S., McCellan, P.W., Alley, M.M., and Brann, D.E., 1997. Spatial variability and sampling strategies for $\text{NO}_3\text{-N}$, P, and K determinations for site specific farming. American Society of Agricultural Engineers, 40 (2): 337-343.
8. Hem, J.D. 1989. Study and Interpolation of Chemical Characteristics of Natural Water. 3rd Edition. United States Geological Survey Water-Supply Paper No. 2254. Washington D.C., USA, 263 p.

9. Isaaks. E.H., and Srivastava, R.M. 1989. An Introduction to applied geostatistics. Oxford University Press, New York, USA. 561 p.
10. Juank, K.W., and Lee, D.Y. 1998. A comparison of three kriging methods using auxiliary variables in heavy metal contaminated soils. *Journal of Environmental Quality*, 27: 335-363.
11. Jung, C.E. 1985. The distribution of ammonia and nitrate in rain water over the United States. *EOS, Transactions American Geophysical Union*, 39: 241-248.
12. Kachanoski, R.G., and Fairchild, G.L. 1996. Field scale fertilizer recommendations: the spatial scaling problem. *Canadian Journal of Soil Science*, 76: 1-6.
13. Khormali, F., Ajami, M., and Ayoubi, S. 2006. Genesis and Micromorphology of Soils with Loess parent material as affected by deforestation in a hillslope of Golestan province. Iran. 18th International Soil Meeting on Soil Sustaining Life on Earth, Managing Soil and Technology, pp. 149-151.
14. Kravchenko, A.N., and Bullock, D.G. 1999. A comparative study of interpolation methods for mapping soil properties. *Journal of Agronomy* 91: 393-400.
15. Kumar, S., and Lal, R. 2011. Mapping the organic carbon stocks of surface soils using local spatial interpolator. *Journal of Environmental Monitoring*, 13(11): 3128-35.
16. Maris, F., Kitikidou, K., Angelidis, P., and Potouridis, S. 2013. Kriging Interpolation Method for Estimation of Continuous Spatial Distribution of Precipitation in Cyprus. *British Journal of Applied Science & Technology*, 3(4):1286-1300.
17. Matheron, G.F. 1963. Principles of Geostatistics. *Economic Geology*, 58: 1246-1266.
18. Moameni, A., and Zinck, J.A. 1997. Application of statistical quality control charts and geostatistics to soil quality assessment in a semi-arid environment of south-central Iran. In: *Conf. Geo-Information for Sustainable Land Management, ITC, Enschede, The Netherlands, CD-Rom*.
19. Moulin, P.A., Anderson, D.W, and Mellinger, M. 1994. Spatial variability of wheat yields soil properties and erosion in hummocky terrain. *Canadian Journal of Soil Science*, 74: 214-228.
20. Omran, E.S.E. 2012. Improving the prediction accuracy of soil mapping through geostatistics. *International Journal of Geosciences*, 3:574-590.
21. Peter, J., Vaughan, L.S.M., Corwin, D.L., and Gone, D.G. 1995. Water content effect on soil salinity prediction, a geostatistical study using co-kriging. *Soil Science Society of American Journal*, 61: 1342-1347.

22. Robinson, T.P., and Metternicht, G. 2006. Testing the performance of spatial interpolation techniques for mapping soil properties. *Computers and Electronics in Agriculture*, 50: 97-108.
23. Voltz, M., Lagacheric, P., and Lachart, X. 1997. Predicting soil properties over a region using sample information from a mapped referenced area. *European Journal of Soil Science*, 48: 19-30.