

بررسی و پیش‌بینی تغییرات مکانی ماده آلی و عناصر فسفر و پتاسیم خاک، مطالعه موردی: دشت شمالی ارومیه

مژگان ایوبی^{۱*}، رضا سکوئی^۲ و محمدجعفر ملکوتی^۱

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۷/۷؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۲/۲۶)

چکیده

این تحقیق با هدف بررسی تغییرات مکانی عناصر غذایی پرمصرف خاک شامل فسفر و پتاسیم و ماده آلی با استفاده از روش‌های مختلف زمین آماری در برآورد مقادیر این عناصر در تهیه نقشه‌های پراکنش مکانی آنها برای توزیع مناسب کود در دشت ارومیه می‌باشد. وجود تغییرات مکانی در عناصر غذایی خاک امری طبیعی است، که شناخت این تغییرات در اراضی کشاورزی جهت برنامه‌ریزی دقیق و مدیریت اجتناب‌ناپذیر می‌باشد و آگاهی از این امر برای افزایش سودآوری و مدیریت در کشاورزی پایدار ضروری است. لذا برای برآورد تغییرات این عناصر در نقاط نمونه‌برداری نشده، از روش‌های کریجینگ، فازی کریجینگ، کوکریجینگ و میانگین متحرک وزندار در محیط GIS⁺ استفاده شد. در این تحقیق برای فازی‌سازی داده‌ها از نرم‌افزار MATLAB و برای تهیه نقشه‌های نهایی از نرم‌افزار GIS استفاده شد. برای مقایسه این روش‌ها معیارهای MAE، MBE و RMSE به کار گرفته شد که نتایج به دست آمده نشان داد روش تلفیقی منطق فازی با مقادیر میانگین خطای کمتر برای عناصر فسفر، پتاسیم و ماده آلی که به ترتیب برابر با ۰/۱۷، ۰/۱۸ و ۰/۱۸ به دست آمد، به عنوان روش برتر می‌باشد که براساس این روش نقشه‌های پهنه‌بندی برای فسفر، پتاسیم و کربن آلی در محیط GIS تهیه گردید.

واژه‌های کلیدی: تغییرات مکانی، زمین آمار، منطق فازی، فازی کریجینگ

۱. گروه حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه دانشگاه تربیت مدرس تهران

۲. بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی، ارومیه

*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: ayyobimoghhan@yahoo.com

مقدمه

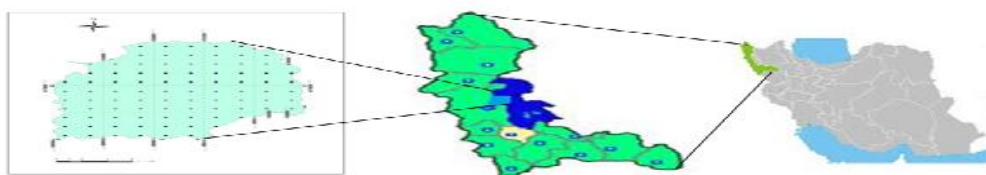
خصوصیات خاک دارای تغییرات مکانی و زمانی از مقیاس‌های کوچک تا بزرگ می‌باشد که تحت تأثیر خصوصیات ذاتی و خصوصیات غیرذاتی قرار می‌گیرد (۲). به‌دست آوردن توزیع مکانی و نقشه خصوصیات خاک خیلی مهم است و برای مدیریت کامل خاک و ارزیابی محیط زیست و همچنین برای مدیریت کوددهی و عناصر غذایی در خاک و کنترل آلودگی مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱۴). همچنین برای مدیریت بهینه عناصر غذایی لازم است تا مقادیر این عناصر را به‌دست آوریم، اما به‌خاطر این‌که روش‌های اندازه‌گیری این ویژگی‌ها برای یک منطقه وسیع خیلی گران است، لازم است تا توزیع مکانی این عناصر را تخمین بزنیم (۲۰). یکی از ابزارهای مهم برای بررسی کمی خصوصیات خاک‌های کشاورزی زمین‌آمار می‌باشد (۱۲). این روش قادر به ارائه نقشه‌های پهنه‌بندی با دقت معلوم در مورد تغییرات مکانی خواص خاک و ارتباط آن با تولید محصولات کشاورزی بوده و در نتیجه می‌توان از آن برای مدیریت صحیح اراضی کشاورزی بهره برد (۹). در تحقیقی سکوتی و همکاران، با هدف ارزیابی و تحلیل تغییرات مکانی شوری خاک و تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی شوری، به مقایسه سه روش کریجینگ، کوکریجینگ و میانگین متحرک وزندار در محیط GIS پرداخته و به این نتیجه رسیدند که روش کریجینگ با دقت ۰/۹۸ و نیم تغییرنمای مدل گوسی از دقت بالایی برای پهنه‌بندی برخوردار است (۷). همچنین این محققان، در تحقیقی دیگر برای بررسی تغییرات مکانی عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم خاک، به مقایسه روش‌های کریجینگ، کوکریجینگ و میانگین متحرک وزندار پرداخته و به این نتیجه رسیدند که روش کریجینگ با ضریب همبستگی ۰/۹۹ و نیم تغییرنمای مدل گوسی از دقت بالایی برخوردار بوده و براساس این روش نقشه‌های پراکنش مکانی این عناصر حاصلخیز کننده را برای این منطقه تهیه کردند (۸). در تحقیقی دیگر ازغدی و همکاران، به منظور ارزیابی حاصلخیزی خاک بر اساس فاکتورهای فسفر، پتاسیم و مواد آلی برای گندم در دشت شاور استان خوزستان

ابتدا درون‌یابی نقاط را با استفاده از مدل IDW در محیط GIS انجام دادند و برای نقشه حاصلخیزی خاک از تکنیک AHP با نرخ سازگاری ۰/۰۵ استفاده کرده و منطقه را از نظر حاصلخیزی در چهار گروه خیلی ضعیف، ضعیف، متوسط و خوب جهت کشت گندم قرار دادند (۱). بررسی Van و همکاران در کاربرد روش فازی در تهیه نقشه خاک بر اساس تغییرات ازت، کربن آلی و بافت منجر به ایجاد کلاس‌هایی شد که ضمن پیوسته بودن، تغییرپذیری کلاس‌ها را بسیار بیشتر از کلاس‌ها در روش متعارف آشکار نمودند (۲۲). در تحقیقی سرمدیان و همکاران با استفاده از ارزیابی و آنالیز تغییرات مکانی کربنات کلسیم خاک سطح‌الارض و ارتباط آن با حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاهی پرداختند و نشان دادند که روش کوکریجینگ بیشترین ضریب همبستگی و کمترین RMSE را دارد (۱۹). در مطالعه‌ای دیگر جینگ و همکاران به ارزیابی کیفیت حاصلخیزی و تأثیرات فاکتورهای کاربری اراضی و روش‌های مدیریتی با استفاده از تلفیق GIS و AHP در شمال چین پرداختند و به این نتیجه رسیدند که فاکتورهای اصلی برای توزیع مکانی کیفیت حاصلخیزی خاک روش‌های مدیریتی خاک و کاربری اراضی می‌باشد (۱۳). لذا هدف از تحقیق حاضر، کاربرد روش‌های زمین آماری برای بررسی تغییرات مکانی عناصر پتاسیم و فسفر و ماده آلی در خاک و تهیه نقشه‌های درون‌یابی این مواد حاصلخیز کننده خاک می‌باشد. علت انتخاب این عوامل به دلیل اهمیت آنها در حاصلخیزی خاک و مدیریت کوددهی می‌باشد زیرا مصرف نامتعادل آنها اغلب رشد و کیفیت گیاه را محدود می‌سازد.

مواد و روش‌ها

موقعیت منطقه

منطقه مورد مطالعه در بخش شمالی دشت ارومیه و به‌مساحت حدود ۴۴۷ کیلومترمربع و در استان آذربایجان غربی قرار دارد. مختصات جغرافیایی منطقه بین ۰° ۰۰' ۴۵" تا ۰۷' ۰۷" ۴۵ طول شرقی و ۱۸' ۳۶" ۳۷ تا ۲۱' ۴۳" ۳۷ عرض شمالی از



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و نقاط نمونه‌برداری

و میانگین متحرک وزنی مورد بررسی قرار گرفت. که رابطه عمومی این روش‌ها به صورت زیر می‌باشد:

$$Z^*(xi) = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(xi) \quad [1]$$

که: $Z^*(xi)$ مقدار تخمینی متغیر، λ_i وزن نمونه i ام، N تعداد مشاهدات، $Z(xi)$ مقدار مشاهده شده متغیر. (V) نیم تغییر نما ابزار سودمندی برای توصیف و بررسی ساختار مکانی یک متغیر می‌باشد. (۱۷):

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N} \sum_{i=1}^n \{Z(x) - Z(x+h)\}^2 \quad [2]$$

که: $N(h)$ تعداد جفت نمونه‌های به کار رفته در محاسبه $\gamma(h)$ که در فاصله h از هم قرار دارند، $Z(xi)$ مقدار مشاهده شده متغیر مورد نظر، $-Z(x_i+h)$ مقدار مشاهده شده متغیر مورد نظر که به فاصله h از $Z(xi)$ قرار دارد.

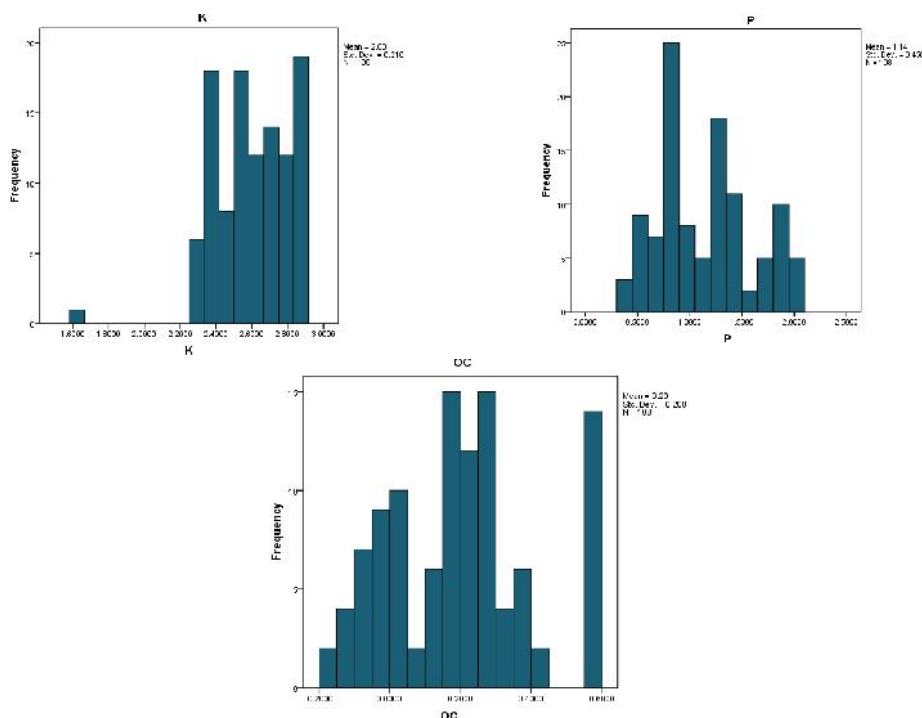
روش فازی کریجینگ

روش فازی کریجینگ در واقع همان روش کریجینگ معمولی است که به صورت فازی بیان یا حل می‌شود (۱). در این تحقیق برای انجام مراحل فازی‌سازی و محاسبه توابع عضویت از نرم‌افزار MATLAB 9.1 و برای انجام مراحل زمین آماری از نرم‌افزار GS+ و برای تهیه نقشه‌های درون‌یابی از نرم‌افزار ARC Map استفاده شده است. تابع عضویت مقدار فازی بودن یک مجموعه فازی را مشخص می‌کند. تعداد زیادی از توابع عضویت وجود دارد که متداول‌ترین آنها تابع عضویت مثلثی، دوزنقه‌ای و گوسی می‌باشد تابع عضویت در مدل فازی برای اکثر فاکتورهای خاک مثلثی بوده و به صورت معادله زیر تعریف می‌شود. تابع به کار رفته تابع خطی نامتقارن است که در آن a ، b

نصف‌النهار گرینویچ قرار گرفته است. رژیم دمایی و رطوبتی منطقه به ترتیب مزیک و زیریک بوده و میانگین بارندگی سالانه در منطقه ۳۰۰ میلی‌متر می‌باشد و کشت رایج منطقه گندم است. شکل (۱) موقعیت جغرافیایی منطقه را در سطح کشور و استان و موقعیت نقاط نمونه‌برداری را نشان می‌دهد. در این تحقیق، برای ارزیابی پراکنش مکانی عناصر غذایی اصلی خاک شامل پتاسیم و فسفر و ماده آلی در خاک تعداد ۱۰۸ نمونه خاک به صورت سیستماتیک تهیه گردید که فاصله نمونه‌های خاک در منطقه مورد مطالعه دو کیلومتر می‌باشد (۴ و ۲۱)، همچنین طول و عرض تمامی نقاط مطالعاتی توسط سیستم موقعیت‌یاب جهانی (GPS) تعیین شد. سپس نمونه‌های خاک پس از خشک شدن و عبور از الک ۲ میلی‌متری برای انجام آزمایشات، به آزمایشگاه منتقل شدند. جهت تعیین فسفر از روش اولسن، برای پتاسیم از روش استات آمونیوم نرمال و برای اندازه‌گیری ماده آلی از روش واکلی بلک استفاده گردید (۱۷).

تحلیل‌های آماری و زمین‌آماري

برای انجام آنالیزهای آماری در این تحقیق از نرم‌افزار آماری SPSS و برای آنالیزهای زمین‌آماري از نرم‌افزار GS+ و برای تهیه نقشه‌های نهایی از Arc GIS 9.3 استفاده شده است. به منظور انجام تحلیل‌های زمین‌آماري، نرمال بودن توزیع داده‌ها امری ضروری می‌باشد. به همین منظور داده‌های مربوط به عناصر فسفر و پتاسیم و کربن آلی خاک از طریق لگاریتم‌گیری نرمال شدند. برای تست نرمال‌سازی داده‌ها از آزمون کولموگراف استفاده شده است. برای ارزیابی پراکنش مکانی عناصر غذایی اصلی و ماده آلی در خاک، روش‌های درونیابی شامل کریجینگ، کوکریجینگ



شکل ۲. توزیع فراوانی داده‌ها بعد از نرمال‌سازی

جدول ۱. تحلیل آماری داده‌ها قبل از نرمال‌سازی

متغیر	دامنه	حداقل	حداکثر	میانگین	ضریب تغییرات	انحراف معیار	واریانس	چولگی	کشیدگی
فسفر	۱۱۰/۵	۲/۲	۱۱۲/۷	۲۴/۴	۱/۱۳	۲۷/۶	۷۶۱/۹	۱/۶۳	۱/۵۹
پتاسیم	۷۸۵/۷	۳۸/۸	۸۲۴/۶	۴۴۶	۰/۴۳	۱۹۱/۳	۳۶۵۷۹	۰/۳۸	-۰/۹۶
کربن آلی	۳/۲	۰/۷	۳/۹	۱/۸	۰/۵۳	۰/۹۴	۰/۸۸	۱/۲۸	۰/۷۷

و c حدود ارزش‌های به‌کار رفته برای هر یک از فاکتورهای مورد مطالعه است. (۱)

RMSE می‌باشد (۱۵).
میانگین قدر مطلق خطا:

$$MBE = \frac{\sum_{i=1}^n (R_s - R_o)}{n} \quad [4]$$

میانگین انحراف خطا:

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |R_s - R_o|}{n} \quad [5]$$

ریشه دوم میانگین مربع خطا:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (z^*(x_i) - z(x_i))^2} \quad [6]$$

هر چه مقادیر RMSE، MBE، MAE، کمتر و نزدیک به صفر باشد درون‌یابی با دقت بیشتری انجام گرفته است (۱۶).

$$\begin{cases} x \leq a \\ x - a \\ a \leq x \leq b \\ \frac{b-a}{c-x} \\ b \leq x \leq c \\ \frac{c-b}{x} \\ x \geq c \end{cases} \quad [3]$$

ارزیابی روش‌ها

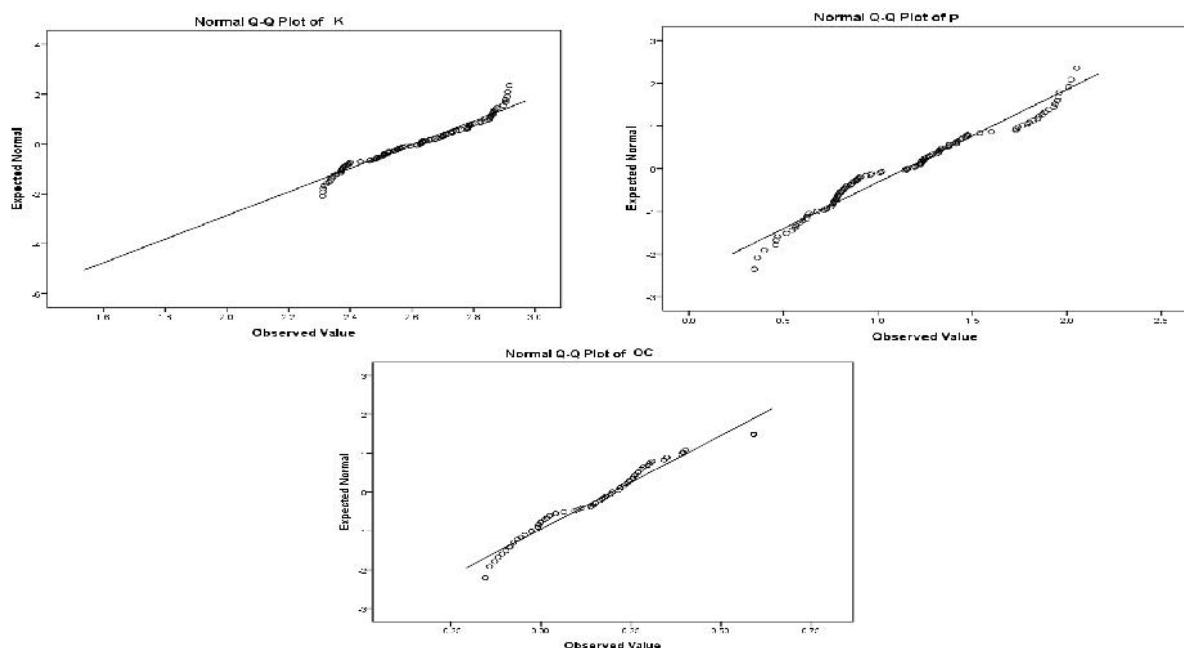
برای ارزیابی و مقایسه روش‌های درون‌یابی، از تکنیک Cross Validation استفاده شده است. در این روش برای هر یک از نقاط مشاهده‌ای، تخمین با به‌کارگیری روش مورد نظر انجام می‌گیرد و سپس مقدار تخمین با مقدار مشاهده‌ای مقایسه می‌گردد. معیارهای مقایسه شامل میانگین قدر مطلق خطا MAE، میانگین انحراف خطا MBE، ریشه دوم میانگین مربع خطا

جدول ۲. تحلیل آماری داده‌ها بعد از نرمال‌سازی

متغیر	دامنه	حداقل	حداکثر	میانگین	ضریب تغییرات	انحراف معیار	واریانس	چولگی	کشیدگی
فسفر	۱/۷	۰/۳۵	۲/۰۵	۱/۱۵	۰/۴	۰/۴۶	۰/۲۱	۰/۳۳	-۰/۹
پتاسیم	۱/۳۳	۱/۵۹	۲/۹۲	۲/۶	۰/۰۸	۰/۲۱	۰/۰۴	-۰/۹۹	۳/۴۳
کربن آلی	۰/۷۵	-۰/۱۵	۰/۵۹	۰/۲	۱/۰۵	۰/۲۱	۰/۰۴	۰/۳۷	-۰/۴۹

جدول ۳. نتایج تست نرمال‌سازی داده‌ها با روش 1-Sample Kolmogorov-Smirnov

متغیر	فسفر	پتاسیم	کربن آلی
sig	۰/۰۸	۰/۶۴	۰/۲۴



شکل ۳. نمودار Q-QPlot داده‌ها بعد از نرمال‌سازی

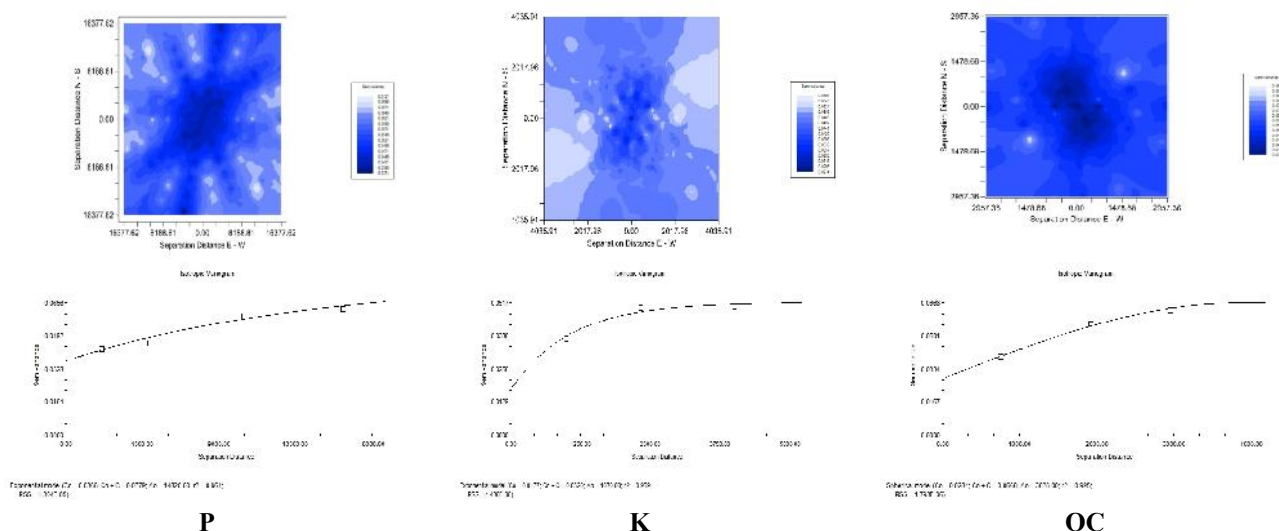
نشان داده شده است. در منحنی Q-Q plot هر چه امتداد مجموعه نقاط ترسیم شده به خط راست نزدیک‌تر باشد، توزیع داده‌های مورد نظر به توزیع نرمال نزدیک‌تر است (۵).

تحلیل‌های زمین‌آماري

نیم تغییرنا، کمیتی برداری است که درجه همبستگی مکانی و شباهت بین نقاط اندازه‌گیری شده را برحسب مربع تفاضل مقدار دو نقطه و با توجه به جهت و فاصله آن نشان می‌دهد. نتایج تجزیه و تحلیل زمین‌آماري کلیه عوامل حاصلخیزی مورد

بحث و نتایج

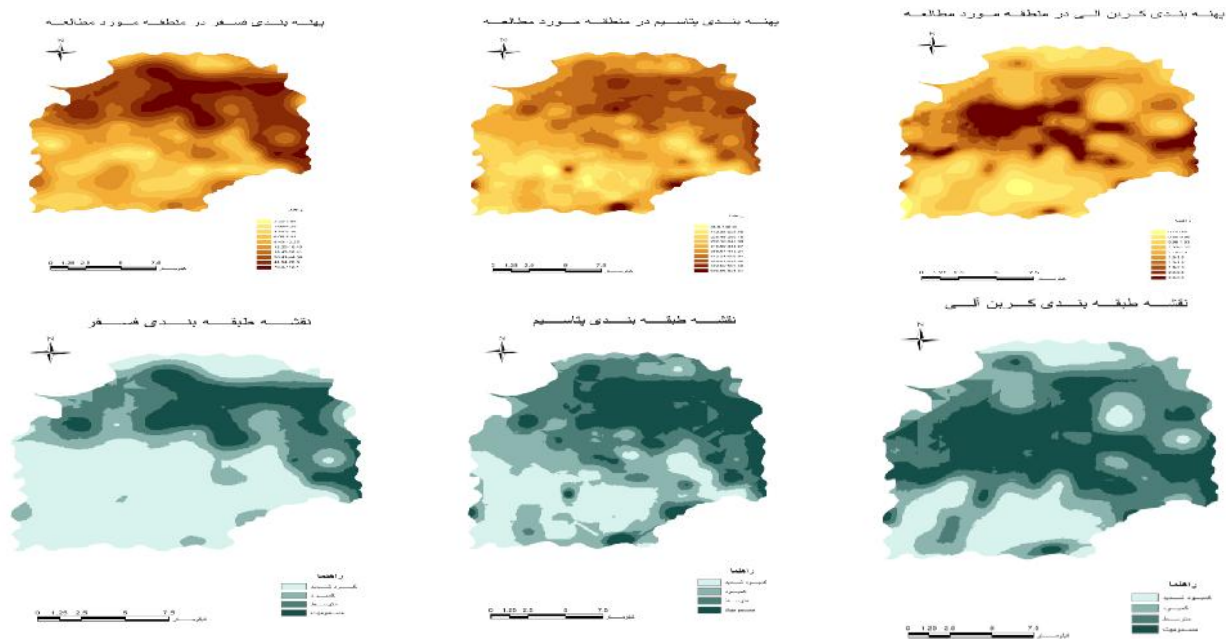
خصوصیات آماری عناصر فسفر و پتاسیم و ماده آلی خاک قبل و بعد از نرمال‌سازی در جداول (۱) و (۲) آورده شده است. با توجه به مقادیر چولگی و کشیدگی، داده‌ها در ابتدا نرمال نبوده و بعد از لگاریتم‌گیری نرمال شده‌اند. همچنین برای تست نرمالیت داده‌ها از آزمون 1sample Kolmogorov-Smirnov استفاده شد، که نتایج در جدول (۳) آمده است، که نشان دهنده آن است که داده‌ها به صورت معنی‌داری و با احتمال ۹۵ درصد نرمال شده‌اند. همچنین نتایج روش Q-Q plot بعد از نرمال شدن داده‌ها در شکل (۳)



شکل ۴. منحنی‌های نیم تغییر نما و واریوگرام سطحی برای عناصر فسفر، پتاسیم و کربن آلی

۲۵٪ تا ۷۵٪ باشد وابستگی مکانی متوسط و هرگاه این نسبت بیش از ۷۵٪ باشد وابستگی مکانی ویژگی‌های خاک ضعیف است (۴). همان‌طور که در جدول (۴) و (۶) نشان داده شده است، عناصر فسفر، پتاسیم و ماده آلی در هر سه روش دارای وابستگی مکانی متوسط است، این حالت نشان دهنده این است که فاکتورهای مدیریتی مانند کوددهی، تأثیر بیشتری بر تغییرپذیری این عناصر در خاک داشتند (۲۳). براساس نتایج این جدول، مدل نیم تغییر نمای پتاسیم و کربن آلی در هر دو روش فازی و کریجینگ معمولی نمایی می‌باشد. اما برای فسفر در روش تلفیقی فازی کریجینگ، کروی است. مقادیر RSS برای روش فازی کمتر از روش معمولی است. همچنین بررسی مقادیر تأثیر قطعه‌ای نیز نشان می‌دهد که کمترین مقدار آن به پتاسیم در روش فازی کریجینگ به مقدار ۰/۱۷٪ و بیشترین مقدار آن به فسفر و در روش کریجینگ به مقدار ۰/۶۴ کیلومتر اختصاص دارد. همچنین مدلی که در روش فازی کریجینگ برای فسفر برآزش داده شده است، مدل کروی می‌باشد که کمترین خطا را نسبت به سایر روش‌ها دارد. در روش کوکریجینگ که براساس همبستگی بین متغیر اصلی و یک متغیر کمکی است، باید یک متغیر کمکی تعیین شود. برای تعیین همبستگی بین متغیرهای اصلی (فسفر و پتاسیم) و متغیر کمکی (درصد کربن آلی و درصد

بررسی در جدول (۴) آمده است. به‌منظور بررسی وجود همسان‌گردی و ناهمسان‌گردی از دو روش رسم تغییرنما در چهارجهت اصلی و رسم واریوگرام سطحی استفاده می‌گردد. در نتیجه بعد از رسم واریوگرام‌های سطحی و نیم تغییرنما ملاحظه شد که همه متغیرها همسان‌گرد می‌باشند. محمدزمانی و همکاران و رفیع‌الحسینی و محمدی نیز همسان‌گردی خصوصیات خاک را گزارش نموده‌اند (۶ و ۹). در این تحقیق بهترین مدل‌های برآزش داده شده بر نیم تغییرنما برای متغیرهای P, K و OC کروی، نمایی و نمایی می‌باشد. جدول (۴) پارامترهای مدل‌های برآزش داده شده بر واریوگرام را نشان می‌دهد. در مطالعه حاضر به‌منظور انتخاب بهترین مدل جهت برآزش به واریوگرام از پارامترهای مجموع مربعات باقی‌مانده (RSS) و ضریب تبیین (r^2) استفاده شد. به این صورت مدلی که دارای کمترین RSS و بیشترین r^2 بود جهت برآزش انتخاب شد. ضریب تبیین بیانگر این مطلب است که مدل واریوگرام چقدر توانسته ساختار مکانی متغیرهای خاک را نشان دهد. منحنی نیم تغییرنما و واریوگرام سطحی برای عناصر فسفر و پتاسیم و کربن آلی در شکل (۴) نشان داده شده است. وابستگی مکانی ویژگی‌های خاک از طریق نسبت اثر قطعه‌ای به حد آستانه بیان می‌شود. هرگاه این نسبت کمتر از ۲۵٪ باشد نشان دهنده وابستگی مکانی قوی است، هرگاه بین



شکل ۵. نقشه‌های پهنه‌بندی و طبقه‌بندی عناصر فسفر، پتاسیم و کربن آلی

جدول ۴. نتایج ارزیابی روش کریجینگ و فازی کریجینگ

اثر قطعه‌ای	RSS	R ²	$\frac{C}{C+C.}$	اثر قطعه‌ای	آستانه (C+C.)	شعاع تأثیر km	مدل	ویژگی	
آستانه									
۰/۴۷	$1/9 \times 10^{-3}$	۰/۹۹	۰/۵۲	۰/۶۴	۱/۳۵	۸/۱	گوسی	فسفر	کریجینگ
۰/۳۸	1×10^{-5}	۰/۹۵	۰/۶۱	۰/۰۳	۰/۰۸	۲/۵	نمایی	پتاسیم	
۰/۴۹	$1/5 \times 10^{-4}$	۰/۹۵	۰/۵	۰/۱۵	۰/۳	۱۲/۴	نمایی	کربن آلی	
۰/۴۲	2×10^{-6}	۰/۹۹	۰/۵۷	۰/۰۳	۰/۰۷	۳/۸	کروی	فسفر	فازی کریجینگ
۰/۳۳	4×10^{-6}	۰/۹۶	۰/۶۶	۰/۰۲	۰/۰۵	۱/۱	نمایی	پتاسیم	
۰/۴۷	1×10^{-5}	۰/۹۶	۰/۵۳	۰/۰۴	۰/۰۸	۱۴/۸	نمایی	کربن آلی	

جدول ۵. ضریب همبستگی بین متغیرهای مستقل و وابسته

	P	K	OC	TNV
P	۱			
K	۰/۶۶**	۱		
OC	۰/۳۹**	۰/۳۸**	۱	
TNV	-۰/۱۸	۰/۱۲	۰/۰۴	۱

** در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار است.

برای عناصر فسفر و پتاسیم بوده و همبستگی معنی‌داری در سطح احتمال ۹۹ درصد در بین آنها وجود دارد. اما بین کربنات

کربنات کلسیم) از ضریب پیرسون استفاده شده است. (جدول ۵) همان‌طور که ملاحظه می‌شود ماده آلی متغیر کمکی مناسبی

جدول ۶. نتایج ارزیابی روش کوکریجینگ براساس همبستگی عناصر با کربن آلی

روش	نوع ویژگی	مدل	شعاع تأثیر km	آستانه	اثر قطعه‌ای	$\frac{C}{C+C_0}$	R^2	RSS	اثر قطعه‌ای آستانه
کوکریجینگ	فسفر	گوسی	۱۱/۲۴	۰/۲۷	۰/۱۲	۰/۵۷	۰/۹۷	$4/3 \times 10^{-6}$	۰/۴۳
	پتاسیم	کروی	۷/۲۸	۰/۰۳۸	۰/۰۲	۰/۵۵	۰/۹۵	$7/2 \times 10^{-6}$	۰/۴۶

جدول ۷. نتایج ارزیابی روش‌های زمین‌آماري

عناصر	کریجینگ			کوکریجینگ			فازی کریجینگ		
	RMSE	MBE	MAE	RMSE	MBE	MAE	RMSE	MBE	MAE
فسفر	۲/۴	-۶	۱۶/۳	۲/۱۸	-۲/۳	۱۴/۲	۰/۰۲	-۰/۰۰۷	۰/۱۷
پتاسیم	۲/۰۶	۰/۸	۱۸/۴۴	۱/۲	-۰/۲	۱۰/۵	۰/۰۲	-۰/۰۰۷	۰/۱۸
کربن آلی	۰/۰۹	۰/۱۲	۰/۷۵	-	-	-	۰/۰۲	۰/۰۰۲	۰/۱۸

جدول ۸. نتایج ارزیابی روش میانگین متحرک وزنی

متغیر	توان	تعداد همسایگی	MBE	MAE	RMSE
فسفر	۳	۱۵	-۵/۷۷	۱۵/۷	۲/۳۴
پتاسیم	۳	۱۵	-۰/۸	۱۰/۴	۱۱/۸۶
کربن آلی	۳	۱۵	۰/۱۳	۰/۶	۰/۰۸

داده می‌شود و موقعیت و آرایش آنها در نظر گرفته نمی‌شود (۵).

همان‌طور که نتایج، نشان می‌دهد مقادیر شاخص‌های MAE، MBE و RMSE برای روش فازی کریجینگ کمترین مقدار بوده و این روش برای هر سه متغیر، به‌عنوان مدل مناسب انتخاب می‌شود. همچنین هر سه روش زمین‌آماري برای عنصر پتاسیم بیشترین خطا را نشان می‌دهند ولی روش فازی کریجینگ، مدل نمایی را با کمترین خطا به آن برآزش داده است. به این ترتیب، روش فازی کریجینگ با داشتن دقت بالا و انحراف کمتر به‌عنوان روش مناسب برآورد منطقه‌ای عناصر فسفر و پتاسیم و ماده آلی انتخاب گردید و مقادیر این پارامترها برای نقاط مختلف در منطقه برآورد شد و نقشه‌های پراکنش منطقه‌ای مربوطه در محیط GIS تهیه گردید. سپس با استفاده از این نقشه‌ها، نقشه‌های طبقه‌بندی این پارامترها در منطقه تهیه

کلسیم و عناصر فسفر و پتاسیم همبستگی وجود نداشته و کربنات کلسیم نمی‌تواند به‌عنوان متغیر کمکی برای آنها استفاده شود. برای انتخاب مناسب‌ترین مدل درون‌یابی و تهیه نقشه عناصر فسفر و پتاسیم و کربن آلی برای مدیریت خاک از معیارهای ارزیابی MAE، MBE و RMSE استفاده شد (جدول ۷). براساس مطالعات واریوگرافی سطحی و به‌منظور بررسی دامنه تأثیر در نیم تغییرنا تعداد نقاط همسایگی برابر ۵ انتخاب شد. نتایج مشابهی توسط رایبسون و مترنیچ، برای پهنه‌بندی مواد آلی در خاک سطح‌الارض (صفر تا ۱۰ سانتی‌متر) گزارش شده است (۱۸).

نتایج ارزیابی روش میانگین متحرک وزن‌دار نیز در جدول (۸) نشان داده شده است. انتخاب توان در این روش توسط اعتبارسنجی تقاطعی صورت می‌گیرد همچنین در این روش به نقاط دارای فاصله یکسان از نقطه مورد تخمین، وزن یکسانی

جدول ۹. درصد هریک از پارامترها به تفکیک گروه‌ها در منطقه

گروه	فسفر (درصد)	پتاسیم (درصد)	کربن آلی (درصد)
کمبود شدید	۴۶/۶	۱۹/۴	۱۶/۶
کمبود	۲۷/۹	۲۹/۲	۲۶
متوسط	۱۳/۹	۳۰/۱	۳۳
مسمومیت	۱۱/۶	۲۱/۳	۲۴/۴

شد و منطقه مورد نظر از نظر این عناصر غذایی و کربن آلی در چهار گروه قرار گرفت (۱۱). که نتایج آن در جدول (۹) مشاهده می‌شود.

نتیجه‌گیری

جمع‌بندی نتایج این تحقیق براساس نقشه‌های تهیه شده نشان می‌دهد که سطح وسیعی از منطقه (حدود ۴۷ درصد) از نظر فسفر در کمبود شدید قرار دارد، و فقط ۱۴ درصد از نظر فسفر متوسط می‌باشد و بقیه منطقه، یا در حد مسمومیت بوده و یا با کمبود مواجه است. از نظر پتاسیم ۲۱ درصد از منطقه در حد مسمومیت و حدود ۴۹ درصد از منطقه در گروه کمبود و کمبود شدید قرار می‌گیرد (۱۱). که این نتایج در مورد فسفر مغایر و در مورد پتاسیم مشابه با نتایج سکوتی و همکاران می‌باشد (۸). از نظر کربن آلی هم می‌توان منطقه را در محدوده متوسط تا خوب طبقه‌بندی کرد و کمبود آن فقط در مناطقی در حاشیه شهر ارومیه مشاهده می‌شود. همچنین از نقشه‌های طبقه‌بندی این پارامترها می‌توان به این نتیجه رسید که در مناطقی که مقدار کربن آلی پایین می‌باشد، میزان عناصر

فسفر و پتاسیم نیز در حد کمبود قرار دارد. زیرا در یک خاک فاقد یا مقدار کم ماده آلی، جمعیت میکروبی به شدت کاهش یافته و همچنین شرایط خاکدانه‌سازی، وضعیت تخلخل و نفوذپذیری خاک کاهش می‌یابد. مواد آلی به دلیل داشتن گروه‌های عاملی مختلف، ظرفیت تبادل کاتیونی خاک را افزایش داده و سبب دسترسی آسان گیاهان به مواد غذایی می‌شود. همان‌طور که براهیمی و همکاران در تحقیقی که مربوط به اثر کودهای آلی بر غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم بود به این نتیجه رسیدند که کاربرد مواد آلی و کمپوست باعث افزایش قابل توجه مقادیر قابل جذب نیتروژن، فسفر، پتاسیم در طول دوره تحقیق توسط گیاه شد (۳). از طرف دیگر مواد آلی در اثر معدنی شدن مقدار قابل توجهی از عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف را در خاک آزاد نموده و به تغذیه متعادل گیاه کمک می‌کند (۹).

سپاسگزاری

در اینجا از مؤسسه تحقیقات کشاورزی استان آذربایجان غربی به دلیل همکاری در انجام این تحقیق تشکر می‌نمایم.

منابع مورد استفاده

۱. اعمی ازغدی، ع.، ر. خراسانی م. مکرّم و ع. معزی. ۱۳۸۹. ارزیابی حاصلخیزی خاک بر اساس فاکتورهای فسفر، پتاسیم و مواد آلی برای گندم با استفاده از تکنیک فازی- AHP و GIS. نشریه آب و خاک (۵)۲۴: ۹۷۳-۹۸۴.
۲. ایوبی، ش. س. محمد زمانی و ف. خرمالی. ۱۳۸۶. بر آورد مقدار ازت کل خاک به کمک مقدار ماده آلی و با استفاده از روش‌های کریجینگ، کوکریجینگ و کریجینگ- رگرسیون در بخشی از اراضی زراعی گلستان. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی (۴)۴: ۷۳-۸۴.

۳. براهیمی، ن. م. افیونی م. کرمی و ی. رضایی نژاد. ۱۳۸۷. اثر باقی مانده کودهای آلی بر غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم در خاک و گندم، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۴۶(۱۲): ۸۰۳-۸۱۲.
۴. جلالی، ق. ۱۳۸۹. بررسی پراکنش مکانی عنصر روی و تعیین حد بحرانی آن برای سویا در شرق استان مازندران. پایان نامه کارشناسی ارشد. گروه خاک شناسی دانشگاه تربیت مدرس. تهران.
۵. حسینی پاک، ع. ا. ۱۳۸۹. زمین آمار. انتشارات دانشگاه تهران، تهران.
۶. رفیع الحسنی، م. و ج. محمدی. ۱۳۸۰. تجزیه و تحلیل پراکنش مکانی حاصلخیزی خاک و عملکرد محصول برای مدیریت زراعی دقیق. مجموعه مقالات هفتمین کنگره علوم خاک ایران، دانشگاه شهرکرد. ۱ تا ۵ فروردین ۱۳۸۰.
۷. سکوتی اسکوئی، ر. م. ح. مهدیان ش. محمودی و ا. قهرمانی. ۱۳۸۶. مقایسه کارایی برخی روش های زمین آماری برای پیش بینی پراکنش مکانی شوری خاک، مطالعه موردی دشت ارومیه. پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی ۷۴: ۹۸-۹۰.
۸. سکوتی اسکوئی، ر. م. ح. مهدیان. ۱۳۸۹. کاربرد زمین آمار و سیستم اطلاعات جغرافیایی در مدیریت توزیع منطقه ای کود، مطالعه موردی: دشت ارومیه. اولین کنگره چالش های کود در ایران، تهران. ۱۰ تا ۱۲ اسفند ۱۳۸۹.
۹. محمد زمانی، س. ش. ایوبی و ف. خرمالی. ۱۳۸۶. بررسی تغییرات مکانی خصوصیات خاک و عملکرد گندم در بخشی از اراضی زراعی سرخنگلاته استان گلستان. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۱۱(۴۰): ۹۱-۷۹.
۱۰. ملکوتی، م. ج. پ. کشاورز و ن. کریمیان. ۱۳۸۷. روش جامع تشخیص و توصیه بهینه کود برای کشاورزی پایدار. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، تهران.
۱۱. ملکوتی، م. ج. و م. ن. غیبی. ۱۳۷۹. تعیین حد بحرانی عناصر غذایی در خاک، گیاه و میوه (در راستای افزایش عملکرد کمی و کیفی محصولات استراتژیک کشور). نشر آموزش کشاورزی، تهران.
12. Cambardella, C. A. T. B., Moorman. J. M, Novak. T. B, Parkin, D. L, Karlen. R. F, Turco. and A. E, Konopka. 1994. Field-scale variability of soil properties in Central Iowa soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 58:1501-1511.
13. Jing, W. J. Hui, C. Y. F. Yue. C. Y. Shen and Y. F. Hung. 2011. Effect of land use and soil management practices on soil fertility quality in North China cities urban fringe. African J. of Agric. Res. 69: 2059- 2065.
14. Lamsal, S. C. M, Bliss and D. A., Graetz. 2009. Geospatial mapping of soil nitrate-nitrogen distribution under a mixed-land use system. Pedosphere. 19(4): 434-445.
15. Mohammadi, J. 1998. Geostatistical mapping of environmental soil hazards. Fourth Iranian international statistics conference. Shahid Beheshti Univ., Tehran. 42-43.
16. Nourzadeh, M. M. H. Mahdian. and M. J. Malakouti. 2010. Investigation and prediction spatial variability in chemical of agricultural soil using geostatistics. Archives of Agronomy and Soil Science. Taylor and Francis. 1-15.
17. Olsen, S. R. and F. S. Watanabe. 1965. Test of an ascorbic acid method for determining phosphorous I water and NaHCO₃ extracts from soil. In method of soil analysis: chemical and microbiological properties 9: 403-430.
18. Robinson, T. P and G. Metternich. 2005. Comparing the performance of techniques to improve the quality of yield maps. Agricultural systems 85: 19-41.
19. Sarmadian, F., A. Keshavarzi and A. Malekian. 2010. Continuous mapping of topsoil calcium carbonate using geostatistical techniques in a semi-arid region. AJCS. 48: 603-608.
20. Sun, B. S., L. Zhou. and Q. G. Zhao. 2003. Evaluation of spatial and temporal changes of soil quality based on geostatistical analysis in the hill region of subtropical China Geoderma 115(1): 85-99.
21. Shi, J., J. Xu and P. Huang. 2008. Spatial variability of status of micronutrients in selected soils around Taihu lake. China. J. Soil Sediments 8: 415-423.
22. Van Alphen, B. J. and J. J. Stoorvogel. 2000. A functional approach to soil characterization in support of precision agriculture. Soil Sci. Soc. Amer. J. 64: 1706-1713.
23. Weber, J., A. Karczewska, J. Drozd, M. Licznar, S. Licznar, E. Jamroz and A. Kocowicz. 2007. Agricultural and ecological aspects of a sandy soil as affected by the application of municipal solid waste composts. Soil Biol and Biochem. 39: 1294-1302.

Study and Prediction of the Spatial Variation of Soil Organic Matter, Phosphorus and Potassium, Case Study: North part of of Urmia Plain

M. Ayoubi^{1*}, R. Sokouti ² and M. J. Malakouti¹

(Received: Sep. 28-2012; Accepted: March 16-2016)

Abstract

This study is aimed to investigate the spatial variation of soil macronutrients such as phosphorus, potassium and organic matter using different methods of Geostatistics and Geostatistical method combined with Fuzzy logic to estimate the values of this element to provide a spatial distribution map for the proper distribution of fertilizer in the plain of Uremia. Spatial variations in soil nutrients are natural but knowing these changes for careful planning and management particularly in the agricultural lands is simply inevitable. This information is necessary to increase the profitability and sustainable agricultural management. Therefore, to estimate the changes in the elements of places not sampled, the Kriging, Fuzzy Kriging, Cokriging and Inverse Distance Weighting methods have been used in GS +. In this study, Matlab 9.1 software was used to fuzzification of the data and GIS was used for the final mapping. The parameters MAE, MBE and RMSE were used to compare these methods. The results showed that the combined method of Fuzzy Geostatistic with the mean absolute error values for the elements phosphorus, potassium and organic matter i.e. 0.17, 0.18 and 0.18, respectively, is recognized as the preferred method based on which zoning maps have been prepared for P, K and OC in GIS.

Keywords: Fuzzy Kriging, Fuzzy logic, Geostatistic, spatial variability.

1. Dept. of Soil Fertility and Plant Nutrition, Agric. Faculty, Tarbiat Modares Univ., Tehran, Iran.

2. Dep. of Soil Conservation and watershed management, Agric. and Natural Resour. Res. Center of Urmia, Urmia, Iran.

*: Corresponding Author, Email: ayyobimoghghan@yahoo.com