پانزدهمین کنگره علوم خاک ایران

۶ تا ۸ شهریور ۱۳۹۶ محور مقاله: مدیریت و حفاظت خاک

کاربرد زمین‌آمار در تعیین الگوی پراکنش عناصرکم‌مصرف در خاک‌های شهرستان ملکان

حسین بیرامی[۱]، حسن محمدی[۲*]، مسلم ثروتی[۳]

۱- استادیار مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ۲*- دانشجوی دکتری گروه علوم و مهندسی خاک دانشگاه شهرکرد، ۳- استادیار مرکز آموزش عالی شهید باکری میاندوآب، دانشگاه ارومیه

چکیده

در این پژوهش به بررسی ساختار مکانی برخی عناصر غذایی کم‌مصرف در خاک با استفاده از مدل‌های نیم‌تغییرنما در تاکستان‌های شهرستان ملکان در استان آذربایجان شرقی پرداخته‌شد. برای این منظور پس از تهیه بهترین مدل نیم‌تغییرنما با استفاده از روش‌های زمین‌آمار شامل کریجینگ و کوکریجینگ و روش‌های میان‌یابی شامل روش وزن‌دهی برمبنای معکوس فاصله‌ها (IDW) با توان‌های ۱ تا ۵ و روش کرنل مقادیر عناصر در نقاط اندازه‌گیری نشده برآورد و نقشه‌های پیوسته زمین مرجع پهنه‌بندی تهیه شد. نتایج حاصل از روش‌های زمین‌آمار و روش‌های میان‌یابی با آماره‌های خطاسنجی مجذور میانگین خطا (RMSE)، میانگین مطلق خطا (MAE) و میانگین هندسی نسبت خطا، بیانگر برتری روش کوکریجینگ در برآورد عناصر کم‌مصرف مس آهن و روی دارد. همچنین نتایج نشان داد که برآوردها نااریب بوده و در نتیجه می‌توان نقشه توزیع مکانی عناصر مس، آهن و روی را با دقت مناسبی تولید نمود.

واژه‌های کلیدی: ، روی، آهن، مس، کریجینک، کوکریجینگ

مقدمه

آنالیز زمین‌آماری به مفهوم بررسی پدیده‌های متغیر در زمان و مکان است و به‌طورکلی از طریق آنالیز ژئواستاتیستیک می‌توان به راحتی یک نقشه یا سطح پیوسته‌ای از نقاط نمونه‌برداری شده را ایجاد نمود. نقاط نمونه‌برداری شده می‌توانند مقادیر ارتفاع، عمق و یا سطوح ویژگی باشند. مطالعه الگوی پراکنش مکانی عناصر غذایی در خاک و گیاه و تهیه نقشه‌های زمین مرجع و توزیع آن‌ها راه‌کاری اثربخش در راستای توسعه کشاورزی دقیق است. عناصر موجود در خاک به علت تأثیرپذیری از عوامل درونی خاک و تیپ بهره‌وری و نحوه جذب گیاه دارای تغییرات مکانی زیاد بوده و گاهی این تغییرات در وسعت میکرو نیز اتفاق می‌افتد (Trangmar et al., 1985 و Gupta et al.,, 2006). هر یک از عناصر غذایی خاک، الگوی پراکنش مکانی منحصربه‌فرد و کم‌وبیش متفاوتی با سایر عناصر دارد. با این همه شناخت الگوهای مشترک و منابع تغییردهنده و یا کنترل‌کننده آن‌ها می‌توانند کارشناسان و کشاورزان را در مدیریت بهینه کمک نماید (Iqbal et al, 2005). روش‌های مختلف برای بررسی تغییرات مکانی پارامترهای خاک وجود دارد. لیکن زمین‌آمار به دلیل در نظر گرفتن پیوستگی مکانی داده‌ها نسبت به سایر روش‌های آماری کاربرد بیشتری در علوم آب‌وخاک به‌ویژه در بررسی تغییرات مکانی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک دارد (Shein et al., 2001 و Farkas et al, 2007). آگلوپلو و همکاران (Aggelopoulou et al., 2011) در تحقیقی تغییرات مکانی برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های باغ سیب را جهت تهیه نقشه‌های باروری و کودی مورد مطالعه قرار دادند. نتایج پژوهش می‌تواند در مصرف کودهای شیمیایی و تهیه عناصر غذایی مورد نیاز گیاه صرفه‌جویی کرد. هدف از این مطالعه کاربرد روش‌های زمین‌آماری در تهیه نقشه‌های پیوسته اراضی ملکان برای عناصر کم‌مصرف روی، مس و آهن می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مطالعاتی به وسعت حدود ۳۸۰۰ در جنوب‌غرب استان آذربایجان‌شرقی در محدوده ″۳۰ ′۰ °۴۶ تا ″۱۰ ′۵ °۴۶ عرض شمالی و ″۲۹ ′۸ °۳۷ تا ″۵۲ ′۱۱ °۳۷ طول شرقی در شهرستان ملکان واقع شده است. میانگین درجه حرارت سالانه دما ۱۵/۷ درجه سلسیوس و میانگین بارندگی سالانه ۲۸۵/۳ میلی‌متر بر اساس آمار هواشناسی ایستگاه کلیماتولوژی ملکان بین سال‌های ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۵ می‌باشد. با توجه به میانگین درجه حرارت سالانه هوا و اضافه نمودن یک درجه سلسیوس به آن (۱۶/۷ درجه سلسیوس) رژیم حرارتی خاک‌ها در منطقه ترمیک می‌باشد. رژیم رطوبتی خاک نیز بر اساس نرم‌افزار نیوهال (نیوهال و بردانیر ۱۹۹۶) زریک برآورد گردید. برای این منظور ۱۶۰ نمونه خاک از عمق ۰ تا ۲۵ سانتی‌متری (با فواصل تقریبی ۲۵۰ متر) اخذ گردید. پس از آماده‌سازی نمونه‌ها، مقادیر آهن، روی و مس قابل جذب خاک بر اساس روش‌های استاندارد اندازه‌گیری شدند. تمامی داده‌های اخذ شده به‌عنوان داده‌های پایه در بانک اطلاعاتی ایجاد شده در محیط نرم‌افزاری MSTAT-C جهت استفاده‌های بعدی گروه‌بندی و با آزمون کلموگرف-اسمیرنوف نسبت به نرمال بودن و همگنی آن‌ها اطمینان حاصل گردید. برای بیان ارتباط مکانی یا پیوستگی مکانی یک متغیر از مدل نیم‌تغییرنما استفاده شد. بر اساس رابطه ۱ نیم‌تغییرنما، کمیتی برداری است که درجه همبستگی مکانی و شباهت بین نقاط اندازه‌گیری‌شده را برحسب مربع تفاضل مقدار دو نقطه و با توجه به جهت و فاصله آن‌ها نشان می‌دهد (Lopez et al., 2002).

$$\gamma(h)=1/N(h)\ \Sigma\ [Z(xi)-Z(xi+h)]^2 \qquad (۱)$$

در رابطه (۱) نیم‌تغییرنما یا واریوگرام با (h) نشان داده شده است، N(h) تعداد جفت نقاطی است که فاصله آن‌ها از هم به اندازه h است. Z(xi+h) و Z(xi) متغیرهای ناحیه‌ای با فاصله h از یکدیگر هستند. هر تابع نیم‌تغییرنما با سه مؤلفه اثر قطعه‌ای (C)، دامنه تأثیر (a) و حد آستانه (C+C) مشخص می‌شود. دامنه تأثیر بیانگر فاصله‌ای است که در آن مقادیر تابع نیم‌تغییرنما به حدی ثابت می‌رسد و شکل آن به حالت افقی نزدیک می‌شود. در این تحقیق از بین مدل‌های نیم‌تغییرنما، از مدل دایره‌ای، نمایی، گوسی و خطی استفاده شد. برای برآورد پارامتر مورد نظر و تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی عناصر غذایی در خاک و گیاه از توابع زمین‌آماری کریجینگ، کوکریجینگ، روش میان‌یابی IDW با توان‌های ۱ تا ۵ و تابع کرنل استفاده شد. برای ارزیابی نتایج حاصل از روش‌های مختلف زمین‌آمار، از روش ارزیابی متقاطع استفاده شد. در این روش با حذف مقدار ویژگی مشاهده-شده در نقاط معلوم، اقدام به برآورد آن از طریق روش‌های زمین‌آمار شد و با مقایسه نتایج مقدار اولیه پارامتر و مقدار برآورد شده از طریق آماره‌های خطاسنجی دقت هر روش مشخص گردید. در تحقیق حاضر از آماره‌های خطاسنجی مجذور میانگین خطا (RMSE)، میانگین مطلق خطا (MAE) و میانگین هندسی نسبت خطا استفاده شد. در حالت ایده‌آل این سه آماره بایستی صفر باشند و هرقدر نتایج به‌دست آمده به صفر نزدیک‌تر باشد، دقت روش برآوردی بیشتر است. در نهایت پس از مشخص‌شدن روش مناسب میان‌یابی، اقدام به تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی شد. نقشه‌های پهنه‌بندی براساس رنگ‌بندی‌های متفاوت در پنج بازه بین مقادیر کرانه پایین تا مقادیر کرانه بالای هر متغیر صورت گرفت.برای بررسی ساختار مکانی و الگوی تغییرات مکانی پارامترهای خاک و گیاه از نرم‌افزار GS^+ و سایر عملیات مربوط به محاسبه و تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی ازطریق روش‌های مختلف زمین‌آمار و میان‌یابی، در محیط نرم‌افزار ArcGIS نسخه ۹ انجام شد.

نتایج و بحث

خلاصه‌ای از بعضی شاخص‌های پراکندگی و مرکزی آمار توصیفی داده‌های اولیه عناصر غذایی در خاک‌های مورد مطالعه در جدول ۱ ارائه شده است. نتایج حاصل از آزمون نرمال‌سنجی (کلموگروف اسمیرنوف) نشان داد که از بین ویژگی‌های خاک به‌غیر از مس سایر عناصر در سطح ۵ درصد دارای توزیع نرمال نبودند. نتایج این آزمون‌ها حاکی از عدم نرمال‌بودن توزیع داده‌ها در عناصر آهن و روی بود. برای نرمال‌کردن توزیع داده‌های عناصر غیر نرمال از توابع توان دار و لگاریتمی استفاده شد.

جدول ۱-خلاصه آماری داده‌های اولیه نمونه خاک‌های مورد مطالعه

ویژگی	واحد	حداقل	حداکثر	میانگین	چولگی	کشیدگی
آهن	$Mg\ kg^{-1}$	۰/۸۲	۹/۲	۷/۱	۰/۹۵	۰/۸۷
روی	$Mg\ kg^{-1}$	۰/۳۵	۸/۸۷	۱	۰/۸۴	۰/۶۷
مس	$Mg\ kg^{-1}$	۰/۴۳	۳/۳۳	۱/۲	۱/۴۷	۱/۲۳

جدول ۲-مؤلفه‌های مناسب‌ترین مدل نیم‌تغییرنمای برازش یافته بر ویژگی‌های مورد مطالعه

عناصر کم‌مصرف	مدل	آستانه	اثر قطعه‌ای	C0/C+C0
آهن	گوسی	۰/۳۹	۰/۱۴	۰/۲۴
روی	گوسی	۰/۱۹۳	۰/۰۴	۰/۲۱
مس	نمایی	۰/۱۶	۰/۰۶	۰/۲۰

با مقایسه شکل ظاهری مدل‌های نیم‌تغییرنما، منحنی مدل‌های نمایی در عنصر روی با شیب کم‌تری نسبت به مدل‌ها و همبستگی بالاتری بر داده‌ها برازش شده است. مؤلفه‌های نیم‌تغییرنمای برازش یافته بر پارامترهای مورد مطالعه در جدول ۲ ارائه شده است.

با مقایسه نتایج مؤلفه‌های عناصر کم‌مصرف مختلف ملاحظه می‌گردد که بیشترین میزان اثر قطعه‌ای نیم‌تغییرنما در به عنصر آهن و کمترین به عنصر روی تعلق دارد. برای بیان همگنی داده‌ها در محدوده مورد مطالعه از مؤلفه‌های آستانه نیم-تغییرنما استفاده شد که توسط تیلور و همکاران (Taylor et al 2003) که با موفقیت استفاده شده است.

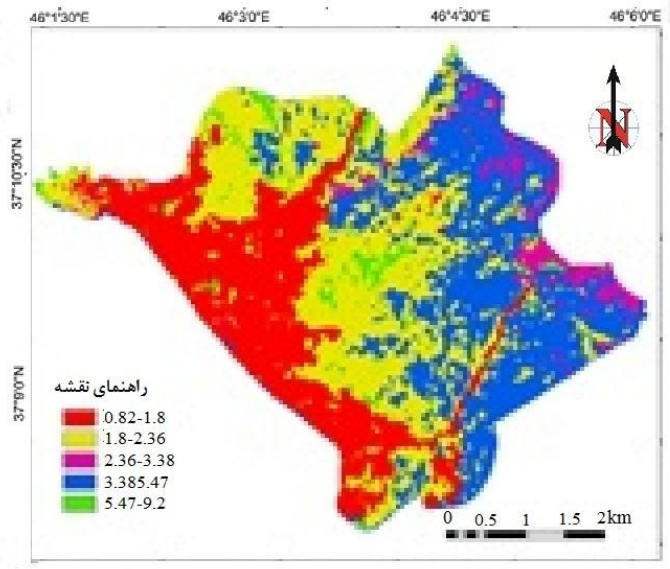
برای بررسی پیوستگی مکانی پارامترها از رابطه شاخص نسبت اثر قطعه‌ای به آستانه (C0/C+C0) استفاده شد. در حالتی که این نسبت بیشتر از ۰/۷۵ باشد پیوستگی مکانی ضعیف و اگر کمتر از ۰/۲۵ باشد، پارامتر دارای پیوستگی مکانی بالایی است (Camberdella et al., 1994). ژائو و همکاران (Zhao et al., 2012) برای بررسی الگوی تجمع عناصر غذایی در خاک‌های سطحی منطقه از کشور چین از مدل‌های مختلف نیم‌تغییرنما در محیط GIS استفاده کردند. آن‌ها سه ویژگی فسفر، نیتروژن و فسفر اندازه‌گیری نمودند و گزارش کردن فسفر دارای کمترین تغییرات و دو عنصر دیگر از تغییرات متوسطی برخوردارند. پس از تعیین بهترین مدل نیم‌تغییرنما، جهت برآورد تغییرات مکانی از چهار روش کریجینگ، کوکریجینگ، IDW با توان ۱ تا ۵ و کرنل استفاده شد که نتایج در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۳-نتایج آماره‌های ارزیابی روش‌های زمین‌آمار

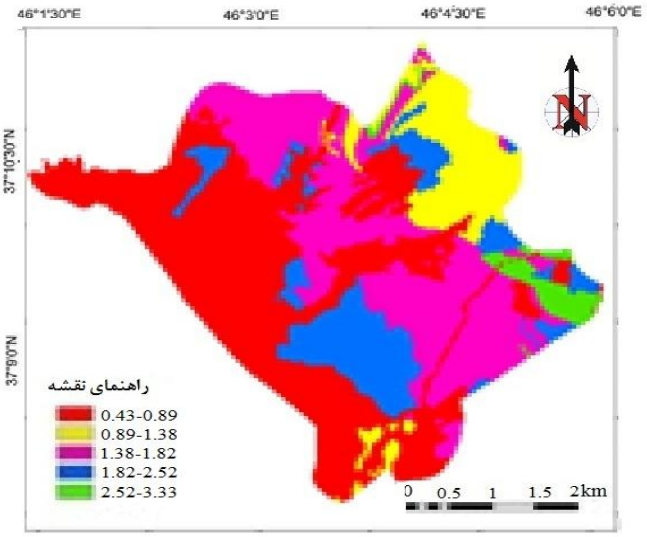
عنصر	کریجینگ			کوکریجینگ			IDW			کرنل		
	RMSE	MAE	GMER	RMSE	MAE	GMER	RMSE	MAE	GMER	RMSE	MAE	GMER
Fe	۰/۱۲	۰/۰۹	۰/۱۴	۰/۱۱	۰/۰۷	۰/۱	۰/۱۷	۰/۱۳	۰/۱۷	۰/۱۶	۰/۱۲	۰/۱۵
Zn	۰/۱	۰/۰۶	۰/۱۱	۰/۰۹	۰/۰۵	۰/۰۹	۰/۱۴	۰/۱۱	۰/۱۵	۰/۱۳	۰/۱۰	۰/۱۴
Cu	۰/۱۳	۰/۱۱	۰/۱۶	۰/۱۲	۰/۱۰	۰/۱۵	۰/۱۹	۰/۱۶	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۱۴	۰/۱۳

ارزیابی نتایج خطاسنجی (جدول ۳) مشخص کرد که از بین روش‌های زمین‌آمار و میان‌یابی مورد استفاده روش کوکریجینگ با خطای کمتری بیشتر عناصر کم‌مصرف را برآورد کرده است. با توجه به نتایج جدول (۳) روش‌های میان‌یابی شامل IDW و کرنل در نمونه‌های خاک با خطای بیشتری عناصر را برآورد نموده است. کمترین خطای برآورد شده در عنصر روی و بیشترین در عنصر مس بوده است. بائو و همکاران (Baoa et al., 2014) با استفاده از روش‌های زمین‌آمار برخی از عناصر غذایی خاک نظیر فسفر، پتاسیم، روی و نیتروژن را تخمین و در نهایت نقشه توزیع عناصر را با روش کریجینگ تهیه

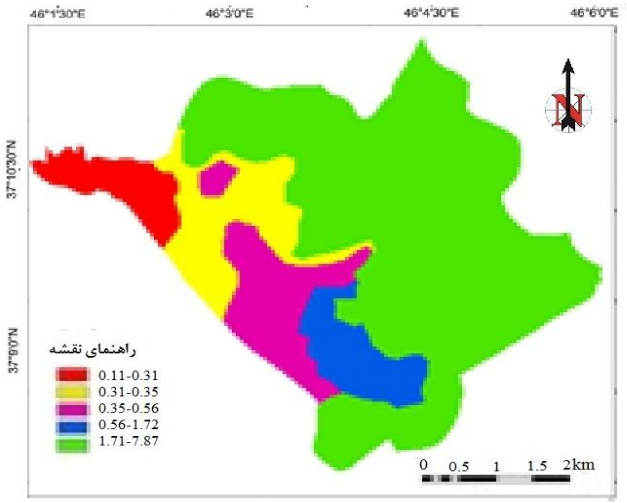
کردند. نقشه‌های پهنه‌بندی حاصل از روش‌های مختلف در منطقه تهیه گردید که نقشه‌های مناسب‌ترین روش (کوکریجینگ) در شکل‌های ۱، ۲ و ۳ ارائه شده است.



شکل ۱-نقشه پراکنش عنصر آهن در منطقه مطالعاتی



شکل ۲-نقشه پراکنش عنصر آهن در منطقه مطالعاتی



شکل ۳- نقشه پراکنش عنصر روی در منطقه مطالعاتی

منابع

Aggelopoulou K.D., Pateras D., Fountas S., Gemtos T.A. and Nanos G.D. 2011. Soil spatial variability and site-specific fertilization maps in an apple orchard. Precision Agric. 12: 118–129.

Baoa, Z., Wu W., Liu H., Yin S. and Chen H. 2014. Geostatistical analyses of spatial distribution and origin of soil nutrients in long-term wastewater-irrigated area in Beijing, China. Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil and Plant Science. 64: 235–243.

Cambardella C.A., Moorman T.B., Novak J.M., Parkin T.B., Karlen D.L., Turco R.F. and Konopka A.E. 1994. Field- scale variability of soil properties in central Iowa soils. Soil Science Society of American Journal. 58: 1501-1511.

Farkas Cs. Rajkai K. Kertész M. Meirvenne M. 2007. Spatial variability of soil hydro-physical properties. In: Krasilnikov, P.V. (Ed.) Geostatistics and soil geography. Nauka, Moscow.

Gupta N., Rudra R.P. and Parkin G. 2006. Analysis of spatial variability of hydraulic conductivity at field scale. Canadian Biosystems Engineering. 48(1): 55-62.

Iqbal J. Thomasson A. Jenkins J.N. Owens P.R. and Whisler F.D. 2005. Spatial variability analysis of soil physical properties of alluvial soils. Journal of Soil Science Society American Journal. 69: 1338-1350.

Lopez-Granados F., Jurado-Exposito M., Atenciano S., Garcıa-Ferrer A., Sanchez de la Orden M. and Garcıa-Torres F. 2002. Spatial variability of agricultural soil parameters in southern Spain. Plant and Soil. 246: 97–105.

Shein E.V., Ivanov A.L., Butylkina M.A. and Mazirov M.A. 2001. Spatial and tem-poral variability of agrophysical properties of gray forest soils under intensive agricultural use. Eurasian Journal of Soil Science. (5): 512-517.

Taylor J.C., Wood G.A., Earl R. and R.J. Godwin. 2003. Soil Factors and their Influence on Within-field Crop Variability, Part II: Spatial Analysis and Determination of management Zones. Biosystem Engineering. 84(4): 441-453.

Trangmar B.B., Yost R. S. and Uehara G. 1985. Application of geostatistics to spatial studies of soil properties. Advance Agronomy. 38: 45–54.

Zhao Y., Han H., Cao L. and Chen G. 2012. Study on Soil Nutrients Spatial Variability in Yushu City. International Federation for Information Processing. 369: 1–7.

Application of geostatistics on micronutrients distribution patterns in some of Malekan soils

H. Beyrami[1], H. Mohammadi[2*], M. Servati[3]
1- Assistant prof, National Salinity Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Yazd
2*-PhD candidate of Soil Science and engineering at the Shahrekord University
3-Assistant prof, Shahid Bakeri High Education Center of Miandoab, Urmia University

Abstract
In this study the spatial structure of some micronutrients in the soil of the Malekan region vineyards in East Azerbaijan province is conducted with semi-variogram models. After preparing the best semi-variogram model, amounts of elements were estimated in unmeasured points using geostatistical methods such as Kriging and Co-Kriging as well as IDW (powers: 1 to 5) and kernel model and continuous geo-referenced maps zoning were prepared. The results of geostatistical and interpolation methods with root mean square error (RMSE) values, mean absolute error (MAE) and Geometric Mean Error Ratio (GMER) revealed that the Co-Kriging have the best performance for estimating Zn, Cu and Fe. Our esults showed all estimations are unbiased as well. Therefore, Kriging and IDW are able to estimate accurately Fe, Cu and Zn spatial distribution map.

Keywords: Zinc, Iron, Copper, kriging, co-kriging