تعیین الگوی تجمع عناصر غذایی کم مصرف در خاک‌های تاکستان‌های خدابنده با روش‌های زمین آمار

مهدی طاهری [۱]، سمیرا واحدی [۱]، محمد عباسی [۱]، اسماعیل سهرابی [۱]
۱- عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان زنجان

چکیده
علارغم نیاز کم گیاه به عناصر کم مصرف خاك، این عناصر نقش بسزایی در افزایش عملکرد گیاهان دارند. در اغلب باغات و تاکستان‌های کشور کمبود و توزیع نامناسب عناصر کم مصرف باعث کاهش عملکرد شده است. در این پژوهش به بررسی ساختار مکانی برخی عناصر غذایی کم مصرف در خاک با استفاده از مدل‌های نیم تغییرنما در تاکستان‌های شهرستان خدابنده در استان زنجان پرداخته شد. پس از تهیه بهترین مدل نیم تغییرنما با استفاده از روش‌های زمین آمار شامل کریجینگ و کوکریجینگ و روش‌های میان‌یابی شامل روش IDW با توان‌های ۱-۵ و روش کرنل عناصر برآورد و نقشه‌های پهنه‌بندی تهیه گردید. نتایج نشان داد عناصر غذایی کم مصرف خاك تاکستان‌ها از پیوستگی مکانی تقریباً بالایی برخوردارند. به طور میانگین نتایج حاصل از ارزیابی روش‌های زمین آمار و روش‌های میانیابی با آماره‌های خطاسنجی مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE) و میانگین مطلق خطا (MAE) بیان‌گر برتری روش کوکریجینگ در برآورد در عنصر روی بود.

واژه های کلیدی: تغییرات مکانی، زمین آمار، میانیابی، نیم تغییرنما

مقدمه
بررسی الگوی تغییرات مکانی عناصر غذایی در خاک و گیاه و تهیه نقشه‌های پراکنش آن‌ها راهکاری اثربخش در راستای توسعه کشاورزی پایدار است. عناصر غذایی موجود در خاک به‌علت تاثیرپذیری از عوامل درونی خاک و نوع محصول کشت شده و نحوه جذب گیاه دارای تغییرات مکانی زیادی بوده و گاهی این تغییرات در مقیاس بسیار کوچک هم اتفاق می‌افتد (ترنگمار و همکاران، ۱۹۸۵، گوپتا و همکاران، ۲۰۰۶). هر یك از عناصر غذایی خاك، الگوی پراکنش مکانی منحصر به فرد و کم وبیش متفاوتی با سایر عناصر دارد. با این همه شناخت الگوهای مشترك و منابع تغییر دهنده و یا کنترل کننده آنها میتواند ما را در مدیریت بهینه کمک نماید(ایوبی، ۱۳۸۷). روش‌های آماری مختلفی برای بررسی تغییرات مکانی پارامترهای خاک وجود دارد. لیکن زمین‌آمار به‌دلیل در نظر گرفتن پیوستگی مکانی داده‌ها نسبت به‌سایر روش‌های آماری کاربرد بیشتری در علوم آب و خاک به‌ویژه در بررسی تغییرات مکانی پارامترهای فیزیکی و شیمیایی خاک دارد. مطالعات مختلفی برای بررسی تغییرات مکانی عناصر غذایی خاک انجام شده است (شین و همکاران، ۲۰۰۱؛ اقبال و همکاران، ۲۰۰۵؛ فارکاس و همکاران، ۲۰۰۷). آگلوپلو و همکاران (۲۰۱۱) در پژوهشی تغییرات مکانی برخی از خواص فیزیکی و شیمیایی خاك‌های یك باغ سیب را جهت تهیه نقشه‌های باروری و کودی مورد مطالعه قرار دادند. نتایج مطالعه ایشان نشان داد که با استفاده از الگوی پراکنش بدست آمده می‌توان در مصرف کودهای شیمیایی و تهیه عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان صرفه جویی کرد.در این راستا، پژوهش حاضر با هدف بررسی ساختار مکانی و تعیین پراکندگی برخی از عناصر کم مصرف خاک تاکستان‌های شهرستان خدابنده در استان زنجان انجام گردید. در این راستا انواع روش‌های زمین آمار و میانیابی برای برآورد این عناصر استفاده شد و در نهایت نقشه‌های پهنه‌بندی عناصر غذایی مورد مطالعه در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) تهیه گردید.

مواد و روش‌ها
منطقه مورد مطالعه این تحقیق در شمال غربي ایران و در محدودة ۳۴ و۳۵ تا ۲۵ و۳۶ عرض شمالي و ۵۱ و۴۷ تا ۵۶ و۴۸ طول شرقي در استان زنجان و شهرستان خدابنده واقع شده است . محدوده مورد مطالعه در دشت سجاس - حلب واقع شده است که با جهت شمال شرقی - جنوب غربی در حاشیه رودخانه قزل اوزن قرار گرفته است.
نمونه برداری خاک از عمق ۳۰-۶۰ سانتی متری به صورت نمونه‌های مرکب متشکل از ۱۰ نمونه فرعی تهیه و پس از آماده سازی نمونه‌ها، مقادیر مس، آهن، روی، بور و منگنز قابل جذب خاک در کل نمونه های جمع آوری شده توسط آزمایشگاه بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان زنجان و بر اساس روش‌های معمول در آزمایشگاه‌های موسسه تحقیقات خاک و آب اندازه گیری گردید. تمامی داده‌های استخراجی به‌عنوان داده‌های پایه در بانك اطلاعاتی ایجاد شده در محیط نرم‌افزاری SPSS جهت استفاده‌های بعدی دسته‌بندی و با انجام آزمون‌های شاپیرو ویلك نسبت به نرمال بودن و همگنی آن‌ها اطمینان حاصل شد. برای بیان ارتباط مکانی یا پیوستگی مکانی یک متغیر از مدل‌های نیم تغییرنما استفاده شد. مطابق رابطه ۱ نیم تغییرنما، کمیتی برداری است که درجه‌ی همبستگی مکانی و شباهت بین نقاط اندازه‌گیری شده را بر حسب مربع تفاضل مقدار دو نقطه و با توجه به جهت و فاصله‌ی آن‌ها نشان می‌دهد (لوپز و همکاران، ۲۰۰۲).

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

در رابطه (۱) نیم تغییرنما 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) و Z(xi+h) متغیرهای ناحیه‌ای با فاصله h از یکدیگرند.

هر تابع نیم تغییرنما با سه مولفه اثر قطعه‌ای (C۰)، دامنه تاثیر (a) و حد آستانه (C+C۰) مشخص می‌گردد. دامنه‌ی تاثیر بیان‌گر فاصله ای است که در آن مقادیر تابع نیم تغییرنما به حد ثابتی می‌رسد و شکل آن به حالت افقی نزدیک می‌شود.. در این پژوهش از بین مدل‌های نیم تغییرنما، از مدل دایره‌ای، کروی، نمایی و گوسی استفاده شد.

برای برآورد پارامتر مورد نظر و تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی عناصر غذایی در خاک و گیاه از توابع زمین آماری کریجینگ، کوکریجینگ ،روش میانیابی IDW با توان‌های ۱تا ۵ و تابع کرنل استفاده شد. برای ارزیابی نتایج حاصل از روش‌های مختلف زمین آمار، از روش ارزیابی متقاطع استفاده شد. در این روش با حذف مقدار پارامتر مشاهده شده در نقاط معلوم، اقدام به‌برآورد آن از طریق روش‌های زمین آمار شد و با مقایسه نتایج مقدار اولیه پارامتر و مقدار برآورد شده از طریق آماره‌های خطاسنجی دقت هر روش مشخص گردید. در پژوهش حاضر از آماره‌های خطاسنجی جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) و میانگین مطلق خطا (MAE) استفاده شد (روابط ۲ و ۳)

$$RMSE=\sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}[X_i(O)-X(P)]^2} \quad (۲)$$

$$MAE=\frac{\sum_{i=1}^{n}|X_i(O.)-X_i(P)|}{n} \quad (۳)$$

در روابط بالا، n تعداد داده‌ها، Xi(O) مقدار اندازه‌گیری شده، X(P) مقدار برآورد شده و $\overline{X}(O)$ میانگین مقادیر اندازه‌گیری شده می‌باشد. معیارهای RMSE و MAE بدون توجه به جهت تغییرات به اندازه‌گیری خطا می‌پردازند. در حالت ایده‌آل مقادیر این دو آماره باید صفر باشد و هر قدر جواب به‌دست آمده به صفر نزدیک‌تر باشد، دقت روش برآوردی بیشتر است. در نهایت پس از مشخص شدن روش مناسب میان‌یابی، اقدام به تهیه‌ی نقشه‌های پهنه‌بندی گردید. 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 نرم افزار GS+ و سایر عملیات مربوط به محاسبه و تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی از طریق روش‌های مختلف زمین‌آمار و میانیابی، در محیط نرم افزار ArcGis۱۰ انجام شد.

نتایج و بحث

خلاصه‌ای از برخی شاخص‌های پراکندگی و مرکزی آمار توصیفی داده‌های اولیه عناصر غذایی در خاک تاکستان‌های مورد مطالعه در جدول ۱ آمده است. نتایج حاصل از آزمون‌های نرمال سنجی نشان داد که از بین پارامترهای خاک به‌غیر از منگز خاک سایر پارامترها در سطح ۵ درصد دارای توزیع نرمال نبودند. نتایج این آزمون‌ها در عناصر گیاه حاکی از عدم نرمال بودن توزیع داده‌ها در عناصر پتاسیم، منگنز، روی و بر بود. برای نرمال نمودن توزیع داده‌های عناصر غیر نرمال از توابع توانمند و لگاریتمی استفاده شد.

جدول ۱ - خلاصه آماری داده‌های نمونه خاك و برگ تاکستان‌های مورد استفاده

پارامتر	نما	واحد	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییرات	چولگی	کشیدگی
روی	Zn	mg.Kg^{-1}	۱۰/۰	۸۴/۷	۵۴/۰	۱۴/۵۲	۹۵/۶	۱۴/۵۲	
مس	Cu	mg.Kg^{-1}	۴۰/۰	۲۶/۳	۵۸/۱	۶۵/۰	۴۱/۰	۶۸/۰	۵۶/۰
بور	B	mg.Kg^{-1}	۰۶/۰	۶۸/۱	۸۰/۰	۴۰/۰	۵۰/۰	۰۸۸/	-۸۴/۰
آهن	Fe	mg.Kg^{-1}	۸۸/۰	۰۰/۹	۶۷/۳	۶۱/۱	۴۴/۰	۸۵/۰	۶۱/۰
منگنز	Mn	mg.Kg^{-1}	۷۰/۱	۹۲/۱۹	۲۳/۱۰	۵۷/۴	۴۵/۰	۱۹/۰	-۸۰/۰

با مقایسه شکل ظاهری مدل‌های نیم تغییرنما، منحنی مدل نمایی در عنصر روی نمونه‌های برگ با شیب کم‌تری نسبت به‌سایر مدل‌ها و همبستگی بالاتری بر داده‌ها برازش شده‌است. مولفه‌های نیم تغییرنمای برازش یافته بر پارامترهای مورد مطالعه در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲- مؤلفه‌های بهترین مدل نیم تغییرنمای برازش شده بر متغیرهای مورد مطالعه.

پارامتر	مدل تغییرنما	آستانه	اثر قطعه‌ای	شعاع همبستگی(متر)	$\frac{C}{C_0+C}$

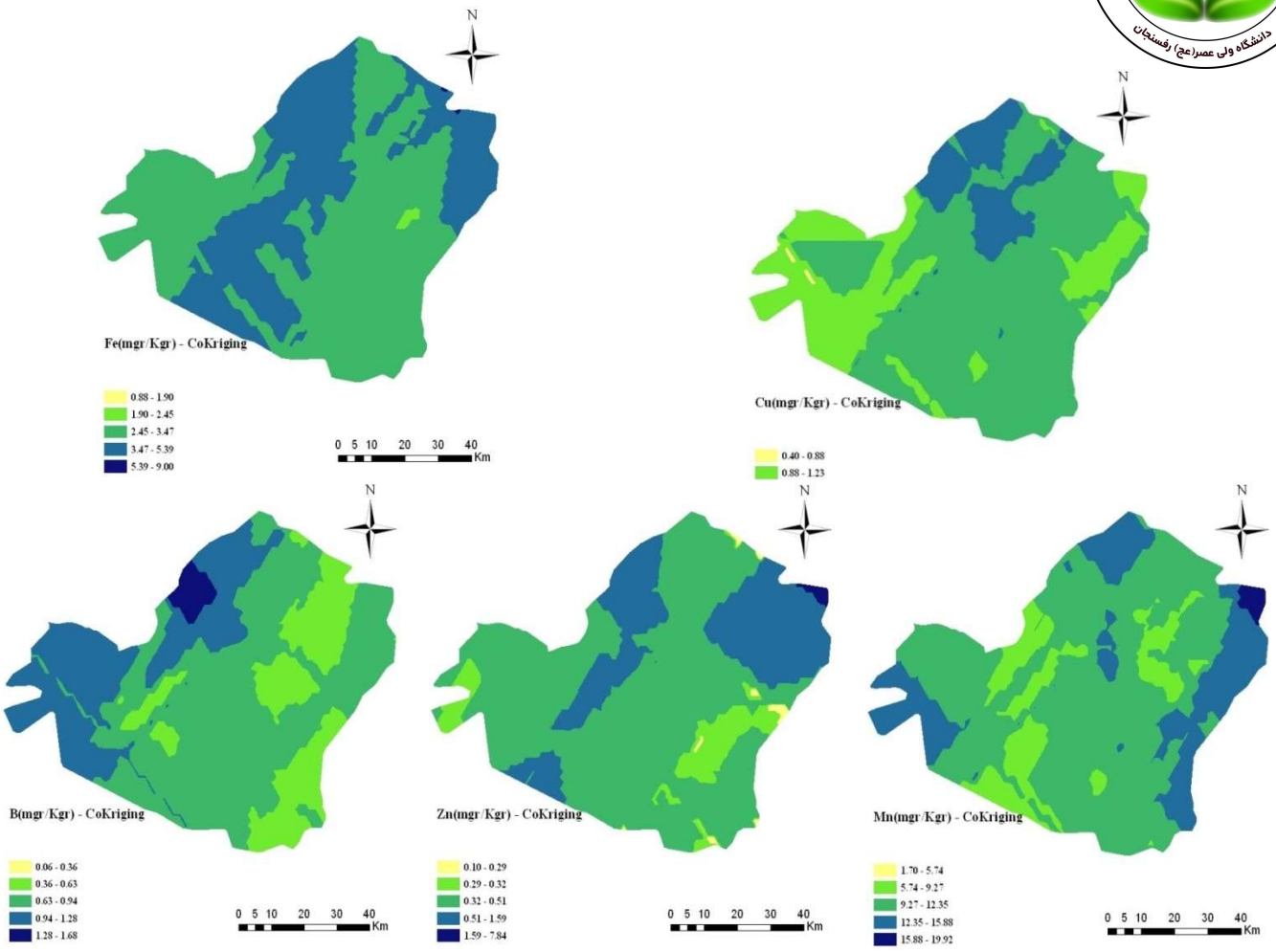
Fe	گوسی	۴۱/۰	۱۲/۰	۰۹/۱۱	۲۹/۰
Mn	گوسی	۵۲/۱	۴۷/۰	۲۳/۳۵	۳۱/۰
Zn	نمایی	۲۰۲/	۰۵/۰	۷۱/۹۴	۲۵/۰
Cu	نمایی	۱۸/۰	۰۵/۰	۱۱/۱۲	۲۸/۰
B	گوسی	۳۰/۰	۰۴/۰	۳۹/۲	۱۳/۰

با مقایسه نتایج مولفه‌های عناصر مختلف در نمونه‌های خاک ، ملاحظه می‌گردد که بیشترین میزان اثر قطعه‌ای نیم تغییرنما در نمونه‌های خاک به عنصر پتاسیم (۹۰/۱۳) و کمترین آن به عنصر بور (۰۴/۰) تعلق دارد. برای بیان همگنی داده‌ها در محدوده مورد مطالعه از مولفه آستانه نیم تغییرنما استفاده می‌شود (تیلور و همکاران، ۲۰۰۳). مطابق جدول ۲ بیشترین همگنی داده‌ها با بالاترین میزان آستانه در گروه خاک در عنصر پتاسیم مشاهده گردید. ، فسفر دارای بیشترین شعاع همبستگی، به مقدار ۶۱/۱۲۶ متر است و کمترین شعاع همبستگی به عنصر بور با ۳۹/۲ متر تعلق دارد. برای بررسی پیوستگی مکانی پارامترها از رابطه شاخص نسبت اثر قطعه ای به آستانه ($\frac{C_0}{C+C_0}$) استفاده می‌شود. در حالتی‌که این نسبت بیشتر از ۷۵/۰ باشد پیوستگی مکانی ضعیف و اگر کمتر از ۲۵/۰ باشد پارامتر دارای پیوستگی مکانی بالایی است (کامبردلا و همکاران، ۱۹۹۴). ژائو و همکاران(۲۰۱۲) برای بررسی الگوی تجمع عناصر غذایی در خاک‌های سطحی منطقه از کشور چین از مدل‌های مختلف نیم تغییرنما در محیط نرم افزار GIS استفاده کردند. آن‌ها سه پارامتر نیتروژن، فسفر و پتاسیم خاک را مورد اندازه‌گیری قرار دادند. فسفر دارای کمترین تغییرات مکانی و نیتروژن و پتاسیم از تغییرات مکانی متوسطی برخوردار بودند. پس از تعیین بهترین مدل نیم تغییرنما، جهت برآورد تغییرات مکانی از چهار روش کریجینگ، کوکریجینگ، IDW با توان ۱ تا ۵ و کرنل استفاده شد. برای انتخاب مناسب‌ترین مدل میانیابی از دو آماره خطاسنجی RMSE و MAE کمک گرفته شد. در روش کوکریجینگ، بهترین پارامتر کمکی با استفاده از ضرایب همبستگی تهیه شده با کمك نرم افزار SPSS انتخاب گردید.

جدول ۳- نتایج آماره‌های ارزیابی روش‌های زمین آمار

روش	کریجینگ		کوکریجینگ			IDW			کرنل	
نمونه	RMSE	MAE	پارامتر کمکی	RMSE	MAE	توان	RMSE	MAE	RMSE	MAE
Fe	۱۳۳/۰	۰۹۸/۰	OC	۱۲۱/۰	۰۹۶/	۳	۱۷۲/۰	۱۲۱/۰	۱۵۲/۰	۱۲۱/۰
Mn	۱۹۱/۰	۱۴۰/۰	Fe	۱۸۸/۰	۱۳۷/	۲	۱۹۸/۰	۱۴۶/۰	۲۳۹/۰	۱۹۷/۰
Zn	۱۲۷/۰	۰۴۷/۰	OC	۱۱۶/۰	۰۵۷/	۳	۱۷۶/۰	۰۵۸/۰	۱۳۱/۰	۰۵۰/۰
Cu	۱۴۷/۰	۱۰۷/۰	OC	۱۲۹/۰	۰۹۸/	۲	۱۶۵/۰	۱۰۹/۰	۱۶۰/۰	۱۱۹/۰
B	۲۰۶/۰	۱۵۵/۰	K	۱۸۱/۰	۱۴۱/	۳	۲۲۹/۰	۱۷۴/۰	۲۴۲/۰	۱۹۱/۰

با ارزیابی نتایج آماره‌های خطاسنجی (جدول ۳) مشخص شد که از بین روش‌های زمین آمار و میانیابی مورد استفاده روش کوکریجینگ با خطای کمتری بیشتر عناصر خاک را برآورد کرده است. با توجه به نتایج جدول (۳) روش‌های میانیابی شامل IDW و کرنل در نمونه‌های خاك با خطای بیشتری عناصر را برآورد نمودند. کمترین خطای برآورد در عنصر روی با روش کوکریجینگ مشاهده شد. بائو و همکاران (۲۰۱۴) با استفاده از روش‌های زمین آمار برخی از عناصر غذایی خاک نظیر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، روی را برآورد نمودند و در نهایت نقشه‌های پراکنش عناصر را با روش کریجینگ تهیه کردند.
نقشه‌های پهنه‌بندی حاصل از روش‌های کریجینگ، کوکرجینگ، IDW و کرنل برای عناصر کم مصرف تاکستان‌های مورد مطالعه تهیه گردید. به دلیل تعداد زیاد این نقشه‌ها و محدودیت حجم مقالات، در شکل (۱) برای هر یك از عناصر نقشه حاصل از روشی که بهترین عملکرد را داشت، آورده شده است. با بررسی نقشه‌های پراکنش عناصر خاک در نواحی شمال تا غرب منطقه در حد متوسط به بالا قرار دارد.



شکل۱- نقشه‌های پراکنش عناصر مورد بحث در نمونه‌های خاك تاکستان‌های شهرستان خدابنده

منابع

ایوبی، ش. خرمالي، ف. ۱۳۸۷. تغییرپذیری مکانی عناصر غذایی قابل استفاده در خاک سطحی به کمک آنالیز مؤلفه‌های اصلی و تکنیک زمین آمار ،مطالعه موردی در منطقه آپاپیولی، ایالت آندراپرادش هند. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۴۶: ۶۰۹-۶۲۰.

Aggelopoulou, K. D., D. Pateras., S. Fountas., T. A. Gemtos., and G. D. Nanos. ۲۰۱۱. Soil spatial variability and site-specific fertilization maps in an apple orchard. Precision Agric. ۱۲:۱۱۸-۱۲۹.

Baoa, Z., W. Wu., H. Liu., S. Yin., and H. Chen. ۲۰۱۴. Geostatistical analyses of spatial distribution and origin of soil nutrients in long-term wastewater-irrigated area in Beijing, China. ActaAgriculturaeScandinavica, Section B - Soil and Plant Science. ۶۴: ۲۳۵-۲۴۳.

Cambardella, C.A., T.B. Moorman., J.M. Novak., T.B. Parkin., D.L. Karlen., R. F. Turco., and A.E. Konopka. ۱۹۹۴. Field- scale variability of soil properties in central Iowa soils. Soil Sci. Soc. Am, ۵۸: ۱۵۰۱-۱۵۱۱.

Gupta, N., R.P. Rudra., and G. Parkin. ۲۰۰۶. Analysis of spatial variability of hydraulic conductivity at field scale. ۲۰۰۶. Canadian Biosystems Engineering, ۴۸(۱):۵۵-۶۲.

Lopez-Granados, F., M. Jurado-Exposito., S. Atenciano., A. Garc a-Ferrer., M. Sanchez de la Orden., and L. Garc a-Torres. ۲۰۰۲. Spatial variability of agricultural soil parameters in southern Spain. Plant and Soil ۲۴۶: ۹۷-۱۰۵.

Taylor, J.C. G.A. Wood G.A., R. Earl., and R.J. Godwin. ۲۰۰۳. Soil Factors and their Influence on Within-field Crop Variability, Part II: Spatial Analysis and Determination of management Zones.Biosystem Engineering, ۸۴(۴): ۴۴۱-۴۵۳.

Trangmar, B.B, R. S. Yost,.andG. Uehara. ۱۹۸۵. Application of geostatistics to spatial studies of soil properties. AdvAgron ۳۸: ۴۵-۹۴

Zhao, Y., H. Han., L. Cao., and G. Chen. ۲۰۱۲. Study on Soil Nutrients Spatial Variability in Yushu City. International Federation for Information Processing AICT. ۳۶۹: ۱-۷.

Farkas Cs. Rajkai K. Kerté sz M. Meirvenne, M. ۲۰۰۷. Spatial variability of soil hydro-physical properties. In: Krasilnikov, P.V. (Ed.) Geostatistics and soil geography. Nauka, Moscow. p. ۱۷۵.

Iqbal J. Thomasson A. Jenkins J. N. Owens P. R. and Whisler F.D. ۲۰۰۵. Spatial variability analysis of soil physical properties of alluvial soils. J. Soil Sci. Soc. Am, ۶۹: ۱۳۳۸-۱۳۵۰.

Shein E.V. Ivanov A.L. Butylkina M.A. and Mazirov M.A. ۲۰۰۱. Spatial and tem-poral variability of agrophysical properties of gray forest soils under intensive agricultural use. Euras. J. Soil Sci., (۵): ۵۱۲-۵۱۷.

Abstract

Despite the low plants need soil micronutrients, these elements have an important role in increasing the yield. In most orchards and vineyards of the deficit and inappropriate distribution of micronutrients is decreased performance. In this context, the present study is to evaluate the spatial structure with Semi-variogram models in micro nutrient in the soil of vineyards Khodabande in Zanjan. After preparing the Best semi-variogram model, zoning maps were prepared by using Geostatistical methods such as Kriging and Co-Kriging also IDW (powers: ۱ to ۵) and kernel model of the interpolation methods. Results showed soil parameters had high coefficients of variation The nutrients in soil samples had high average correlation radius. The results of the evaluations Geostatistical and interpolation methods with root mean square error (RMSE) values, mean absolute error (MAE) and efficiency coefficient showed that the Co-Kriging had the best performance for estimating Zn.