مقایسه روش‌های میانیابی جهت تهیه نقشه پراکنش مکانی پتاسیم و فسفر خاک(مطالعه موردی: منطقه لنجانات اصفهان)

مهرداد رضایی فرد [۱]، حسین شریعتمداری [۲]، نورایر تومانیان [۳]، جواد عسگری [۴]، علی اکبر زارع [۵]
۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد علوم خاک دانشگاه صنعتی اصفهان، ۲- استاد دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان، ۳- استادیار مرکز تحقیقات و منابع طبیعی استان اصفهان، ۴- دانشیار دانشکده برق و کامپیوتر دانشگاه صنعتی اصفهان، ۵- دانشجوی دکتری علوم خاک دانشگاه صنعتی اصفهان

چکیده
به دلیل پیچیدگی توزیع مکانی ویژگی‌های خاک و زیاد بودن تغییرات در خاک، استفاده از روش‌های تخمینی مبتنی بر زمین آمار برای برآورد ویژگی‌های خاکی در نقاط نمونه‌برداری نشده ضروری به نظر می‌رسد. تغییرپذیری خاک در فواصل کوتاه موجب می‌گردد که نقاط مختلف آن از نیازهای تغذیه‌ای متفاوت برخوردار باشد. این تحقیق در سطح ۵۰ هزار هکتار از اراضی منطقه لنجانات استان اصفهان به منظور تعیین پراکنش مکانی پتاسیم و فسفر خاک انجام شد. توزیع مکانی عناصر با روش‌های میانیابی کریجینگ معمولی و وزن‌دهی عکس فاصله (IDW) بررسی شد. نتایج بیانگر وجود ساختار مکانی قوی در مورد پتاسیم و دقت بالای مقادیر تخمین زده شده به کمک هر دو روش میانیابی می‌باشد اما در مورد فسفر هر دو روش تخمین از دقت پایینی برخوردار بود که شاید به دلیل تغییرات غیرساختاری فسفر در خاک باشد.

واژه‌های کلیدی: زمین آمار، لنجانات، پتاسیم، فسفر

مقدمه
اگرچه در حال حاضر مهم‌ترین هدف در برنامه حاصلخیزی خاک‌های کشور توصیه بهینه کود در راستای تولید پایدار در محصولات کشاورزی عنوان شده است اما بخش بزرگی از خاک‌های کشاورزی با فقر مواد آلی، تهی شدن عناصر غذایی، کارایی زراعی کم عناصر غذایی، مصرف نامتعادل کود و عوارض نامطلوب ناشی از اثرات زیست محیطی کاربرد کودهای شیمیایی و فرسایش خاک مواجه است. از آنجایی که تغییرپذیری خواص خاک دارای دو جزء وابسته به مکان و تصادفی می‌باشد. روش‌های آمار کلاسیک جزء وابسته به مکان تغییرات را در نظر نمی‌گیرند. لذا این روش‌ها جهت بررسی تغییرپذیری مکانی خواص خاک مناسب نمی‌باشند. روش‌های آماری که قادر به در نظر گرفتن جزء وابسته به مکان تغییرات می‌باشد، زمین آمار[۱۹۳] نامیده می‌شود (Isaaks and Srivastava. ۱۹۸۹). این علم یکی از دقیق‌ترین روش‌هایی است که علاوه بر توصیف تغییرات مکانی و زمانی قادر به تهیه نقشه‌های کمی با حداقل واریانس ممکن می‌باشد(Webster and Oliver. ۲۰۰۱). ولنهاپت و همکاران (۱۹۹۴) دو روش وزن‌دهی عکس فاصله و کریجینگ را برای تهیه نقشه پتاسیم و فسفر در دو مزرعه مورد مطالعه قرار دادند و نشان دادند که دقت نسبی روش کریجنیگ بیشتر از روش وزن‌دهی عکس فاصله (IDW)[۱۹۴] بود. فاتحی(۱۳۹۱) در تحقیقی، از روش کریجینگ معمولی و وزن‌دهی عکس فاصله برای تهیه نقشه پراکنش فسفر قابل جذب، پتاسیم قابل جذب و کربن آلی ایستگاه تحقیقات کشاورزی اسلام آباد غرب استفاده کرد و با استفاده از این دو روش نقشه‌های کربن آلی، فسفر و پتاسیم قابل جذب تهیه شد.

مواد و روش‌ها
موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه
منطقه مورد مطالعه در بین طول‌های جغرافیایی ۵۱ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۴۵ دقیقه شرقی و عرض‌های جغرافیایی ۳۲ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۳۲ درجه و ۱۵ دقیقه شمالی و در ارتفاع ۱۶۹۲ متری از سطح دریا واقع گردیده است. در مجموع مساحت سه منطقه مطالعاتی (زرین‌شهر، طالخونچه و نجف‌آباد) مورد نظر بیش از ۵۰ هزار هکتار می‌باشد.

نمونه‌برداری خاک و تجزیه‌های آزمایشگاهی
نمونه‌برداری توسط بخش تحقیقات خاک و آب استان اصفهان بصورت شبکه‌بندی منظم ۵۰۰ متری از عمق ۲۵-۰ سانتی‌متری صورت گرفته و در محل نمونه‌برداری نسبت به تهیه یک نمونه خاک مرکب سطحی (در ۱۱۸۰ نقطه) که حداقل از ۹ نمونه مرکب ساده تشکیل می‌شود اقدام شد و در نمونه‌های تهیه شده پتاسیم با دستگاه فلیم‌فتومتر و فسفر به روش اولسن توسط این بخش اندازه‌گیری شد.

۱۹۳- Geostatistics
۱۹۴ - Inverse Distance Weighting

آنالیز اطلاعات

الف) توصیف آماری متغیرها

مهم‌ترین آماره‌های توصیفی با استفاده از نرم‌افزار SPSS۱۷ محاسبه گردیدند.

ب) آنالیز همبستگی مکانی

مدل ساختار مکانی متغیرهای نرمال توسط برنامه Variowin ۲.۲ جهت محاسبه و ترسیم تغییرنما صورت گرفت. پس از محاسبه و ترسیم تغییرنما در جهات مختلف وضعیت همسانگردی و ناهمسانگردی خصوصیات مورد مطالعه بررسی گردید. در این مطالعه دامنه همبستگی در سه زاویه صفر، ۴۵ و ۹۰ درجه و با درجه تحمل ۵/۲۲ درجه مورد مطالعه قرار گرفت(حسنی‌پاک و شرف‌الدین، ۱۳۸۰). در این مطالعه پس از تعیین بهترین مدل تغییرنما از روش‌های میانیابی کریجینگ معمولی و وزن‌دهی عکس فاصله (IDW) پراکنش مکانی عناصر تخمین زده شد.

ج)کنترل اعتبار تغییرنما

کنترل اعتبار تغییرنما، در واقع تخمین هر نقطه نمونه‌برداری شده با استفاده از مقادیر نمونه‌های همسایه (بدون در نظر گرفتن مقدار آن نمونه)، با روش کریجینگ می‌باشد. در این مطالعه از معیارهای آماری زیر برای کنترل تغییرنما استفاده شد(جانگ و لی، ۱۹۹۸).

$$\text{MEE}^{195} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}[Z^*(x_i) - z(x_i)] \quad (1)$$

$$\text{A min}^{196} \quad \text{MSEE} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}[Z^*(x_i) - z(x_i)]^2 \quad (2)$$

$$\text{A min}^{197} \quad \text{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(Z - Z^*)^2} \quad (3)$$

نتایج و بحث

الف) توصیف آماری متغیرها

خلاصه‌ای از وضعیت متغیرهای منطقه مورد مطالعه در جدول ۱ ارائه شده است. متغیرها دارای توزیع با چولگی مثبت می‌باشند. در متغیرهای مورد بررسی مقدار کشیدگی کمتر از ۴ بود، بنابراین می‌توان توزیع نرمال را برای آنها در نظر گرفت.

جدول ۱- وضعیت متغیرهای مورد مطالعه منطقه

متغیر(mg/kg)	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار	واریانس	ضریب تغییرات(%)	کشیدگی	چولگی
پتاسیم(لگاریتم داده‌ها)	۷/۱	۷۸/۲	۲۲/۲	۱۵/۰	۰۲/۰	۳/۶	۰۶۸/۰	۲/۰
فسفر	۷/۱	۶/۸۲	۸/۲۶	۵/۱۴	۷/۲۱۱	۲/۵۴	۱۶/۰-	۵۵/۰

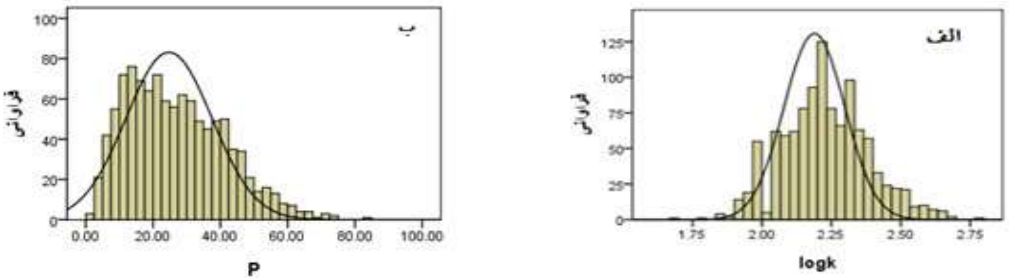
ب) وضعیت توزیع متغیرها

ویژگی‌های توزیع فراوانی داده‌ها و منحنی احتمال نرمال در مورد متغیرهای مورد مطالعه در شکل ۱ ارائه شده است. متغیرها از توزیع نرمال برخوردار می‌باشند. لازم به ذکر است منحنی‌های موجود پس از خروج داده‌های پرت ترسیم شده‌اند.

[195] Mean Square Estimation Error

[196] Mean Estimation Error

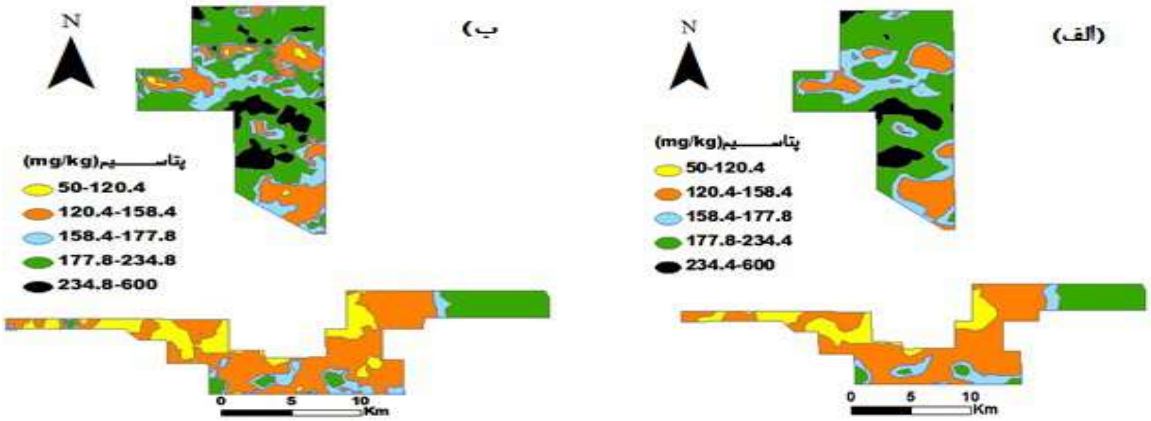
[197] Root Mean Squared Error



خاک در منطقه مطالعاتی (mg/kg)ب) فسفر (mg/kg لگاریتم داده‌ها)شکل ۱- توزیع فراوانی‌نما و منحنی نرمال الف)پتاسیم

ج) نقشه پراکنش مکانی متغیرها
پتاسیم خاک

شکل ۲ نقشه کریجینگ معمولی و وزن‌دهی عکس فاصله (IDW) پتاسیم خاک را نشان می‌دهد. قسمت عمده منطقه دارای پتاسیم بین ۴/۱۲۰ تا ۴/۲۳۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد. با توجه به این که حد بحرانی پتاسیم در خاک‌های کشور با استفاده از روش عصاره‌گیر استات آمونیوم و نوع محصول حداقل ۲۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم برای گندم و ۳۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم برای برنج (ملکوتی و همکاران ۱۳۸۴) می‌باشد، لذا نتایج این مطالعه نشان می‌دهد خاک‌های منطقه از نظر میزان پتاسیم دارای سطح حاصلخیزی بالایی نمی‌باشند. و ضمن این که کشت غالب منطقه مورد مطالعه برنج و گندم می‌باشد لذا نیاز است جهت کشت از کودهای حاوی پتاسیم استفاده گردد. خادمی و همکاران (۱۳۸۴) گزارش نمودند که ۳۷ درصد خاک‌های زیر کشت گندم در کشور دچار کمبود پتاسیم (پتاسیم قابل استفاده کمتر از ۲۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم)، ۷۰ درصد دچار کمبود فسفر (فسفر قابل استفاده کمتر ۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم) می‌باشند. لازم به ذکر است هر دو روش میانیابی در این مطالعه از دقت تقریباً یکسانی برای تخمین پتاسیم خاک منطقه برخوردار بودند.



شکل ۲- نقشه پراکنش مکانی پتاسیم الف) کریجینگ معمولی ب) وزن‌دهی عکس فاصله در منطقه مورد مطالعه

مقایسه داده‌های واقعی و حاصل از تخمین پتاسیم خاک در منطقه مورد مطالعه

جهت مقایسه روش‌های تخمین کریجینگ معمولی و وزن‌دهی عکس فاصله (IDW) همانند کنترل تغییرنما علاوه بر معیارهای آماری RMSE، MSEE، MEE از ضریب همبستگی پیرسون نیز استفاده گردید. جهت محاسبه این معیارهای آماری از ۱۵۰ داده معیار در منطقه مطالعاتی برای متغیر پتاسیم استفاده گردید. نتایج حاصل از این مقایسه در جدول ۲ ارائه شده است. نتایج حاصل از مقایسه روش‌های تخمین بیانگر مناسب بودن تخمین پتاسیم توسط کریجینگ معمولی و وزن‌دهی عکس فاصله (IDW) می‌باشد. مقادیر خیلی پایین MSEE و RMSE و ضریب پیرسون متوسط بین مقادیر واقعی و تخمین زده شده حاکی از تخمینی مناسب در مورد متغیر پتاسیم بودند.

جدول ۲- مقایسه کریجینگ معمولی و وزن‌دهی عکس فاصله (IDW) خاک با داده‌های واقعی پتاسیم (لگاریتم داده‌ها)

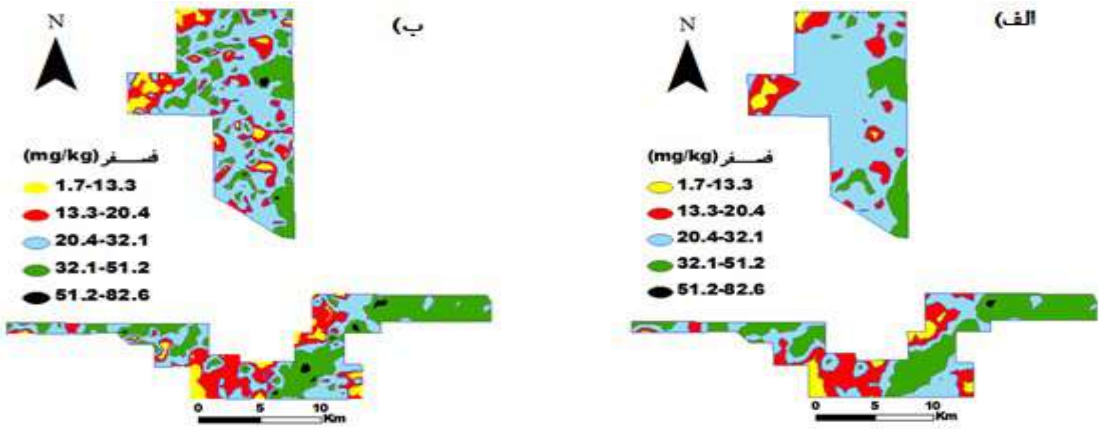
معیار	داده‌های واقعی	کریجینگ معمولی	وزن‌دهی عکس فاصله (IDW)
تعداد	۱۵۰	۱۵۰	۱۵۰

	۲۲/۲	۲۳/۲	۲۲/۲
میانگین			
انحراف استاندارد	۱۴۶/۰	۰۹۷/۰	۰۹۷/۰
حداقل	۸۷/۱	۰۱/۲	۰۱/۲
چارک اول	۱/۲	۱۵/۲	۱۴/۲
میانه	۲۳/۲	۲۲/۲	۲۲/۲
چارک سوم	۳۲/۲	۳/۲	۳/۲
حداکثر	۵۷/۲	۴۶/۲	۴۶/۲
MEE	-	۰۰۵/۰	۰۰۳/۰
MSEE	-	۰۱۶/۰	۰۱۷/۰
RMSE	-	۱۳/۰	۱۳/۰
ضریب پیرسون	-	۵۲/۰**	۵۰/۰**

**.در سطح ۱% معني‌دار است **

فسفر خاک

شکل ۳ نقشه پراکنش مکانی فسفر خاک از روش‌های میانیابی کریجینگ معمولی و وزن‌دهی عکس فاصله (IDW) را نشان می‌دهد. قسمت عمده منطقه دارای فسفر بین ۴/۲۰ تا ۱/۳۲ میلي‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد. با توجه به این که حد بحرانی فسفر در خاک‌های آهکی با استفاده از روش اولسن ۱۵ میلي‌گرم بر کیلوگرم (ملکوتی و همکاران ۱۳۸۴) می‌باشد، لذا نتایج این مطالعه نشان می‌دهد خاک‌های منطقه از نظر میزان فسفر دارای حاصلخیزی خوبی می‌باشند. همچنین هر دو روش میانیابی از دقت تقریباً یکسانی برای تخمین فسفر خاک منطقه برخوردار بودند.



شکل ۳- نقشه پراکنش مکانی فسفر الف) کریجینگ معمولی ب) وزن‌دهی عکس فاصله در منطقه مورد مطالعه

مقایسه داده‌های واقعی و حاصل از تخمین فسفر خاک در منطقه مورد مطالعه

در این روش مراحل کار همانند پتاسیم بود و نتایج حاصل از این مقایسه در جدول ۳ ارائه شده است. نتایج حاکی از اثر پیرایشی زیاد این دو روش تخمین می‌باشد. به نحوی که انحراف استاندارد از ۴/۱۴ در مورد داده‌های واقعی به حدود نصف در مقادیر تخمین زده شده کاهش یافته است. با این وجود میانگین مقادیر تخمین زده شده و مقادیر واقعی تقریباً مشابه است. مقادیر بالای MSEE در مورد تخمین‌های انجام شده نامناسب بودن تخمین‌ها را بیان می‌نمایند. ولی بایستی به این نکته توجه نمود که انحراف استاندارد در مورد داده‌های واقعی این متغیر بالا می‌باشد. بالا بودن انحراف استاندارد بیانگر تغییرات شدید این متغیر می‌باشد. شاید دلیل اصلی دقت پایین تخمین غلظت فسفر با روش‌های میانیابی ذکر شده تغییرات غیرساختاری فسفرخاک باشد زیرا غلظت فسفر در خاک بیشتر وابسته به مصرف کودهای شیمیایی فسفره است تا وابستگی به تغییرات خاک.

جدول ۳- مقایسه کریجینگ معمولی و وزن‌دهی عکس فاصله (IDW) با داده‌های واقعی فسفر خاک

معیار	داده‌های واقعی	کریجینگ معمولی	وزن‌دهی عکس فاصله (IDW)
تعداد	۱۵۰	۱۵۰	۱۵۰

	۸/۲۷	۴/۲۶	۴/۲۶
میانگین			
انحراف استاندارد	۴/۱۴	۵/۸	۳/۷
حداقل	۲/۳	۲/۹	۲/۱۱
چارک اول	۶/۱۶	۲/۲۰	۳/۲۱
میانه	۳/۲۷	۸/۲۶	۱/۲۶
چارک سوم	۸/۳۷	۳۲	۲/۳۱
حداکثر	۷۳	۶/۵۵	۸/۵۰
MEE	-	-۳۲/۱	-۳۸/۱
MSEE	-	۲۱۲	۶/۱۹۶
RMSE	-	۵/۱۴	۱۴
ضریب پیرسون	-	۲۸/۰**	۳۱/۰**

در سطح ۱% معنی‌دار است.

منابع

حسنی‌پاک، ع. ا. و م. شرف‌الدین، ۱۳۸۰. تحلیل داده‌های اکتشافی، انتشارات دانشگاه تهران.

خادمی، ز.، م. ح. مسیح آبادی، ح. رضایی، ۱۳۸۴. شناسایی و انتخاب هدفمند مکان‌های مطالعاتی در خاک‌های تحت کشت گندم، گزارش نهایی موسسه تحقیقات خاک و آب، کرج.

فاتحی، ش.، ۱۳۹۱. تغییرپذیری مکانی کربن آلی، پتاسیم و فسفر قابل جذب در مزارع ایستگاه تحقیقات کشاورزی اسلام‌آباد غرب استان کرمانشاه، نشریه زراعت، ۹۷: ۳۶-۴۶.

ملکوتی، م. ج.، م. مشیری و ن. غیبی، ۱۳۸۴. حد مطلوب غلظت عناصر غذایی در خاک و برخی از محصولات زراعی و باغی شورای عالی سیاست‌گذاری توسعه کاربرد مواد بیولوژیک و استفاده بهینه از کود و سم کشاورزی، انتشارات موسسه تحقیقات خاك و آب، تهران.

Juang, K. W. and D. Y. Lee. ۱۹۹۸. A comparison of three kriging methods using auxiliary variables in heavy metal contaminated soils. J. Environ. Qual. ۲۷: ۱۹۷-۲۰۵.

Wollenhaupt, N. C., R. P, Wolkowski and M. K. Clayton. ۱۹۹۴. Mapping soil test phosphorus and potassium for variable rate fertilizer application. J. Prod. Agric. ۷: ۴۴۱-۴۴۸.

Isaaks, E. H. and R. M. Srivastava. ۱۹۸۹. An interoduction to applied geostatistics. Oxford University Press, New York. PP. ۵۶۱-۵۷۲.

Webster, R. and M. A. Oliver. ۲۰۰۱. Geostatistics for Environmental Scientists. John Wiley and Sons Ltd. Chichester, UK. ۳۸: ۱۲۴-۱۳۲.

Abstract

Due to the complexity of spatial variability of soil properties and dynamic changes in soils, geostatistical methods are necessary to estimate the soil characteristics in places with no sampling points. Soil variability, even over short distances, causes different nutritional needs in different points. In this work the spatial variability of soil available potassium and phosphorus were studied in ۵۰,۰۰۰ hectares of Lenjanat region, Isfahan province. The spatial distribution of the measured properties was analyzed using the Kriging interpolation and inverse distance weighting (IDW) methods. The results showed a strong spatial structure and a high accuracy of the estimated values for K in both methods, but for P the estimation accuracy of both methods were low that could be due to the nonstructural variability of P in the soils.