بررسی تغییرات مکانی خصوصیات خاک با استفاده از روش‌های زمین آماری در منطقه هشتگرد

راضیه عبدالهی [۱]، فریدون سرمدیان [۲] و روح الله تقی زاده مهرجردی [۳]
۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم و مهندسی خاک دانشگاه تهران، ۲- استاد دانشکده علوم و مهندسی خاک دانشگاه تهران، ۳- استادیار دانشکده علوم و مهندسی خاک دانشگاه اردکان یزد

چکیده
یکی از پایه‌ای‌ترین اطلاعات منابع اراضی، نقشه خصوصیات خاک می‌باشد. در این تحقیق هدف، بررسی تغییرات برخی خصوصیات خاک با استفاده از روش‌های زمین آماری در منطقه هشتگرد، واقع در استان البرز می‌باشد. در همین راستا، اقدام به نمونه‌برداری به صورت شبکه‌های ۲ کیلومتری گردید. نهایتا ۵۵ نمونه خاک تهیه و به آزمایشگاه منتقل شد. پارامترهای اندازه‌گیری شده شامل درصد آهک، فسفر قابل جذب و پتاسیم قابل جذب خاک می‌باشند. پس از بررسی نرمال بودن داده‌ها اقدام به ترسیم واریوگرام گردید. برای درون‌یابی پارامترهای اندازه‌گیری شده از روش‌های کریجینگ و کوکریجینگ انتخاب شد. با استفاده از اعتبارسنجی تقاطعی و استفاده از شاخص‌های MAE، RMSE و MBE مناسب‌ترین روش درون‌یابی انتخاب شد. نتایج نشان داد به منظور تخمین درصد آهک وو میزان فسفر قابل جذب خاک روش کریجینگ و برای پتاسیم قابل جذب خاک روش کوکریجینگ ارجحیت داشت و به عنوان روش درون‌یابی برتر انتخاب شد. در نهایت با در نظر گرفتن بهترین روش میان‌یابی، نقشه‌های پهنه‌بندی تهیه شد.

واژه های کلیدی: زمین آمار، خصوصیات خاک، هشتگرد

مقدمه
دانش درباره توزیع خصوصیات خاک بسیار مهم است زیرا اطلاعات مهمی درباره راهبرد نمونه‌برداری، اقدامات مدیریتی و مطالعه درباره رابطه بین خصوصیات خاک و الگوی توزیع پارامترهای دیگر است. (کروز کاردیناس و همکاران ۲۰۱۲). به طور معمول، پیش‌بینی مکانی لایه‌های خاک، خصوصیات شاخص خاک و در نهایت فرآیندهای متقابل خاک و محیط زیست به منظور مدیریت محیط زیست در مقیاس‌های مختلف مناسب است.(مور و همکاران، ۱۹۹۳). خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک عمدتا تحت تاثیر سیستم‌های مدیریتی خاک و تغییرات در کاربری اراضی می‌باشد. (کلیک و همکاران، ۲۰۱۲).تغییرات خصوصیات خاک از مقیاس مزرعه‌ای تا مقیاس بزرگتر تحت تاثیر هر دو فاکتورهای ذاتی (فاکتورهای تشکیل دهنده خاک) و غیر ذاتی (مدیریت خاک، کوددهی و تناوب زراعی) می‌باشد.(کمبرلا و کارلن، ۱۹۹۹).پیش‌بینی مکانی فرآیند تخمین و محاسبه مقادیر متغیر مورد نظر در مکان‌های نمونه‌برداری نشده می‌باشد. تخمین مکانی وقتی در کل منطقه مورد مطالعه به کار برده می‌شود،منجر به درون‌یابی مکانی و در نهایت تهیه نقشه می‌شود. (هنگل و همکاران، ۲۰۰۴)روش‌های متداول آمار کلاسیک، موقعیت مکانی نمونه‌های برداشت شده از محیط را در نظر نمی‌گیرد و هیچ‌گونه ارتباط ریاضی بین مقدار این تغییرات مکانی و فاصله برقرار نمی‌کند، اما روش‌های زمین آماری به ارائه تخمینگرهای آماری در برآورد پارامتر مورد نظر در مکان‌هایی که در آنها نمونه‌برداری انجام نشده است، می‌پردازد و در این تخمین از اطلاعات نقاط نمونه‌برداری شده استفاده می‌کند. (جوانگ و همکاران، ۲۰۰۰). اولین گام در بهره‌گیری از روش‌های زمین آماری، بررسی ساختار مکانی داده‌ها می‌باشد که معمولا از طریق تهیه و بررسی نیم‌تغییر نمای تجربی انجام می‌شود. این نمودار رابطه بین میزان تغییرنما و فاصله جفت نقاط می‌باشد. نیم‌تغییر نما شامل پارامترهای آستانه، سقف و اثر قطعه‌ای می‌باشد و توسط مدل‌های مختلف از جمله کروی، نمایی و.. تعریف می‌شود. (تعریف پارامتر آستانه). در ارتباط با بررسی تغییرات خصوصیات خاک تحقیقات بسیاری انجام شده است. (رابینسون و مترنیخت، کروز کاردیناس و همکاران، لیاهو و همکاران). کروز کاردیناس و همکاران ۲۰۱۴، به بررسی تغییرات مکانی ۹ خصوصیت خاک با استفاده از روش‌های زمین آماری پرداخته و به مقایسه سه روش کریجینگ عمومی، کریجینگ معمولی و کریجینگ ساده با استفاده از میانگین ریشه مربعات خطا (RMSE) و میانگین خطا (ME) پرداختند. نتایج نشان داد در برآورد خصوصیات خاک کریجینگ ساده دارای کمترین میزان دقت بوده است. لیاهو و همکاران ۲۰۱۳، در برآورد بافت خاک سطحی با استفاده از داده‌های سنجش از دور به مقایسه سه روش کریجینگ، کریجینگ و رگرسیون کریجینگ پرداختند و نتایج نشان داد که روش کوکریجینگ با استفاده از متغیر ثانویه دارای کمترین میزان خطا در برآورد بافت خاک سطحی بود. رابینسون و مترنیچت به مقایسه ۴ روش فاصله معکوس، اسپیلاین، کریجینگ معمولی و کریجینگ لاگ نرمال در برآورد خصوصیات میزان pH، قابلیت هدایت الکتریکی پرداختند و نتایج تحقیقات آنها نشان داد که روش اسپیلاین در برآورد ماده آلی، روش کریجینگ معمولی در برآورد pH و رو کریجینگ لاگ نرمال در برآورد میزان قابلیت هدایت الکتریکی خاک بیشترین دقت را داشته است. هدف از این مطالعه بررسی و مقایسه کارایی دو روش کریجینگ معمولی و کوکریجینگ در بررسی تغییرات مکانی و در نهایت تهیه نقشه برخی خصوصیات خاک از جمله فسفر قابل جذب خاک، پتاسیم قابل جذب خاک و درصد آهک خاک که جزء پارامترهای مهم در کشاورزی می‌باشند.

مواد و روش‌ها

نمونه برداری و تجزیه خاک

منطقه مورد مطالعه، بخشی از اراضی شهرستان هشتگرد واقع در استان البرز به مساحت تقریبی ۴۰ هزار هکتار واقع گردیده بود. نمونه‌برداری با استفاده از شبکه نمونه‌برداری منظم با ابعاد ۲×۲ کیلومتر انجام شد و نهایتا ۵۵ نمونه خاک از عمق ۰الی ۳۰ سانتی‌متری جمع آوری گردید. به علت برخی مشکلات در نمونه‌برداری مثل وجود کانال، رودخانه و... تمام نقاط نمونه‌برداری دقیقا بر روی گره‌های شبکه نمونه‌برداری فرضی قرار نگرفته و در نزدیک‌ترین فاصله نمونه‌برداری صورت گرفت. نمونه‌های جمع آوری شده به آزمایشگاه انتقال یافته و پس از هوا خشک شدن به مدت ۲۴ ساعت، از الک ۲ میلی‌متری عبور یافته و پارامترهای مورد نظر اندازه‌گیری شدند. درصد آهک خاک به روش کلسیمتری، میزان فسفر قابل جذب به روش اولسن و میزان پتاسیم قابل جذب خاک به روش استات آمونیوم در آزمایشگاه برآورد شدند.

آنالیزهای آماری

برای هر یک از خصوصیات اندازه‌گیری شده میزان چولگی و کشیدگی در محیط نرم افزار SPSS بدست آمد. به منظور دستیابی به نتایج قابل قبول در استفاده از روش‌های زمین آماری بایستی داده‌ها از توزیع نسبتا نرمال برخوردار باشند. به همین منظور تبدیل مناسب بایستی بر روی داده ها صورت گیرد. به منظور بررسی همبستگی داده‌ها جدول همبستگی پیرسون در محیط نرم افزار SPSS تهیه شد. با استفاده از این جدول می‌توان بیشترین همبستگی بین متغیرهای مختلف را تشخیص داد. با توجه به اینکه کدام متغیر همبستگی بیشتری دارد، در مورد پارامترهای مورد استفاده در روش کوکریجینگ تصمیم‌گیری می‌شود.

واریوگرام و وابستگی مکانی

اولین گام در تجزیه و تحلیل‌های زمین آماری، تعیین وابستگی مکانی بین داده‌های هر یک از پارامترها می‌باشد. به همین منظور میزان نیم تغییرنما با استفاده از معادله ۱ به دست می‌آید(گورتس، ۱۹۹۹):

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

که در این معادله هر یک از پارامترها به صور زیر می‌باشد.

: (h) مقدار نیم تغییرنما برای جفت نقاطی است که به فاصله hهم قرار دارند،

: n تعداد زوج نقاطی است که به فاصله hهم قرار دارند،

: z(xi) مقدار مشاهده‌ای متغیر xدر موقعیت i

z(xi + h): مقدار مشاهده‌ای متغیر در فاصله h از xi

به این ترتیب مقدار واریوگرام تجربی بدست می‌آید که به سه عامل بستگی دارد،که این سه عامل عبارتند از: دو عامل غیروابسته (جهت و فاصله) و یک عامل وابسته (میزان مشاهده‌ای xi). (گنسر و اسکانچ، ۲۰۰۸). نمودار نیم تغییرنما با ترسیم مجموع مربع تفاضل زوج نقاطی که به فاصله معلوم hاز یکدیگر قرار دارند در مقابل h به دست می آید.

نهایتا پارامترهای اصلی واریوگرام محاسبه شده و برای هر یک از متغیرهای مورد نظر بهترین مدل مطابقت داده شد. به منظور ارزیابی وابستگی مکانی از نسبت اثر قطعه‌ای به آستانه استفاده می‌شود. چنانچه این نسبت از ۲۵/۰ کمتر باشد، وابستگی مکانی قوی؛ اگر بین ۲۵/۰ تا ۷۵/۰ باشد، وابستگی مکانی متوسط و چنانچه از ۷۵/۰ بیشتر باشد، متغیر از وابستگی مکانی قوی برخوردار است. (رابینسون و مترنیچت، ۲۰۰۶؛ ویو و همکاران ۲۰۰۸).

مقایسه تخمینگرهای زمین آماری

به منظور اعتبار سنجی روش‌های زمین آماری، روش‌های مختلفی وجود دارد. یکی از مهم‌ترین این روش‌ها اعتبارسنجی تقاطعی می‌باشد. معیاری که برای مقایسه مقادیر مشاهده ای و برآورد شده مورد استفاده قرار گرفت عبارت است از:

میانگین ریشه مربعات خطا[۱۸۶]، میانگین خطای بیاس[۱۸۷]، میانگین خطای واقعی[۱۸۸] که مقادیر این پارامترها به صورت معادله‌های ۲،۳ و ۴ می‌باشد:

$$\mathrm{RMSE} = \frac{1}{N}\sum_{x=1}^{n}|\hat{z}(x) - z(x)]^2 \qquad (2)$$

$$\mathrm{MAE} = \frac{1}{N}\sum_{x=1}^{n}|\hat{z}(x) - z(x)] \qquad (3)$$

[۱۸۶] Root Mean Squer Error

[۱۸۷] Mean Bias Error

[۱۸۸] Mean Absolut Error

$$MBE = \frac{1}{N}\sum_{x=1}^{n}[\hat{z}(x) - z(x)] \quad (۴)$$

در این معادلات z(x) مقدار برآورد شده و z(x) مقدار اندازه‌گیری شده و n تعداد نمونه می‌باشد. هر چه مقدار پارامترهای خطا به صفر نزدیکتر باشد، دقت روش بالاتر می‌باشد. (کروزکاردیناس و همکاران، ۲۰۱۴).

پهنه بندی خصوصیات

به منظور پهنه‌بندی خصوصیات، ابتدا روش مناسب با استفاده از اعتبار سنجی تقاطعی به دست آمده و سپس تهیه نقشه در محیط ArcGIS ۹.۳ انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج آنالیزهای آماری

. به منظور ایجاد توزیع نرمال قابل قبول، از کلیه داده‌ها تبدیل ریشه چهارم صورت گرفت و داده‌ها نرمال سازی شدند.(کروز کاردیناس و همکاران، ۲۰۱۴).

جدول ۱- خلاصه آماری خصوصیات خاک

	تعداد	میانگین	انحراف معیار	چولگی	کشیدگی	دامنه	کمینه	بیشینه
پتاسیم*(ppm)	۵۵	۳/۴	۵۵۹/۰	-۱۶/۰	۲۹۲/۰	۸۹/۲	۶۸/۲	۵۷/۵
آهک*(%)	۵۵	۹/۱	۱۶/۰	-۳۲۱/۰	-۰۵۵/۰	۷۷/۰	۵/۱	۲۷/۲
فسفر*(ppm)	۵۵	۰۲/۲	۳۸۴/۰	۳۳/۰	-۳۹۴/۰	۶۱/۱	۳۵/۱	۹۶/۲

در روش کوکریجینگ پس از تشکیل ماتریس همبستگی، برای پیش‌بینی خصوصیات خاک از پارامتری به عنوان متغیر کمکی استفاده شد که دارای بیشترین ضریب همبستگی با متغیر مورد نظر باشد. (سرمدیان و تقی‌زاده، ۱۳۸۷).

پارامترهای اصلی واریوگرام برای هر یک از خصوصیات فسفر، پتاسیم و درصد آهک با استفاده از نرم افزار GS+ ۵.۱ محاسبه شده و کلاس وابستگی مکانی برای هریک از خصوصیات تعیین شد. در جدول ۲ نتایج واریوگرافی مشاهده می‌شود.

جدول ۲- نتایج تجزیه و تحلیل نیم تغییر نما برای خصوصیات مورد نظر

پارامتر	مدل انتخابی	نسبت اثر قطعه‌ای به استانه	کلاس وابستگی مکانی
پتاسیم	نمایی	۰۰۲/۰	قوی
فسفر	نمایی	۰۰۱/۰	قوی
آهک	کروی	۱۹/۰	قوی

همانطور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود مدل تطابق داده شده با خصوصیت فسفر، پتاسیم و درصد آهک به ترتیب نمایی، نمایی و کروی بوده و میزان اثر قطعه‌ای به آستانه نشان دهنده وابستگی مکانی قوی در هر سه خصوصیت می‌باشد.

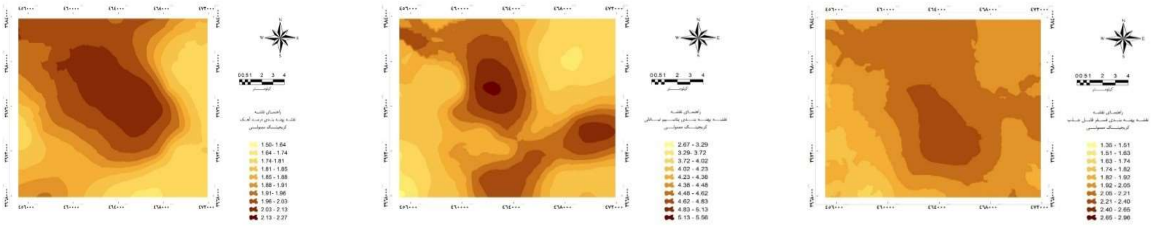
پهنه بندی و تهیه نقشه

مقایسه دقت تخمینگر و انتخاب روش مناسب، بر اساس پارامترهای خطا صورت گرفته و نتایج آن در جدول ۳ آمده است. همانطور که مشاهده می‌شود تخمینگر کریجینگ در درون‌یابی میزان فسفر قابل جذب و درصد آهک و تخمینگر کوکریجینگ در درون‌یابی میزان پتاسیم قابل جذب دارای دقت بالاتری بوده است.

جدول ۳- مقایسه دقت درون‌یابی دو روش کریجینگ و کوکریجینگ در برآورد سه خصوصیت درصد آهک، پتاسیم و فسفر خاک

خصوصیات	کوکریجینگ			کریجینگ		
	MBEMAE	RMSE	MAE	RMSE	MBE	
آهک	۱۲/۰	۰۰۰۴۹/۰	۱۹۴۸/۰	۱۱۳/۰	۰۰۰۴۵/۰	۱۶۴/۰
فسفر	۳۱۴/۰	۰۰۸۴/۰	۳۰۸/۱	۲۳۴/۰	-۰۰۱۶/۰	۲۳/۱
پتاسیم	۴۱۵/۰	۰۱۱۹/۰	۴۷/۲	۴۵۱/۰	۰۲۴۴/۰	۵/۲

نهایتا پهنه‌بندی هر یک ازخصوصیات با استفاده از روش مناسب انجام شد. در شکل ۱نقشه‌های پهنه‌بندی هر یک از خصوصیات دیده می‌شود.



شکل ۱ - نقشه‌های پهنه بندی خصوصیات خاک به ترتیب از راست به چپ : فسفر قابل جذب، پتاسیم قابل جذب و میزان آهک خاک

همانطور که در نتایج مشاهده شد، کلیه خصوصیات مورد بررسی در فاصله نمونه‌برداری انجام شده، دارای همبستگی مکانی خوبی می‌باشند،در نتیجه از نقشه‌های بدست آمده می‌توان در اقدامات مدیریتی در این اراضی استفاده کرد. به طور کلی با استفاده از روش‌های درون‌یابی زمین آماری می‌توان در تهیه نقشه‌های کیفی خاک‌ها به منظور استفاده در اقدامات مدیریتی مزرعه استفاده نمود، زیرا تغییرات به قالبی پیوسته از اطلاعات تبدیل می‌شوند (آدریانا، ۲۰۰۷). با توجه به رشد سریع جمعیت و توسعه مناطق صنعتی و مسکونی که عامل موثری در محدود شدن اراضی برای کشاورزی بخصوص در مناطق خشک به شمار می‌آید، نیاز به استفاده بهینه از اراضی موجود احساس می‌شود. کشاورزی پایدار در صورتی تحقق می‌یابد که اراضی بر حسب تناسب برای انواع مختلف کاربری‌ها طبقه‌بندی شوند. بنابراین، به منظور عدم گسترش آثار ناشی از بهره‌برداری غلط از اراضی، لزوم یک برنامه‌ریزی صحیح و طولانی مدت در زمینه استفاده از اراضی بر اساس استعدادشان و نوع احتیاجات جامعه امروز انسانی مشهود است. در این راستا، یکی از اطلاعات پایه منابع اراضی بدون شک نقشه خصوصیا خاک می‌باشد. لذا با کمک گرفتن از روش‌های نوین زمین آماری می‌توان با تعداد داده‌های محدود اقدام به تهیه نقشه‌های خاک نمود.

منابع

سرمدیان فریدون، روح الله تقی‌زاده. ۱۳۸۸. بررسی کارایی روش‌های زمین‌آماری به منظور پهنه‌بندی برخی از ویژگی‌های خاک در منطقه اخترآباد. نشریه مرتع و آبخیزداری ایران. دوره ۶۲ شماره ۳. پاییز ۱۳۸۸. ۳۸۵-۳۸۲

Wu, W., D. T. Xiu and H. B. Liu. ۲۰۰۸. Spatial variability of soil heavy metals in the three gorges area, Multivariate and Geostatistical analysis. J. Environ Moint Assess.

Adriana, L.D. ۲۰۰۷. On the use of soil hydraulic conductivity functions in the field. Soil Sci. ۹۳: ۱۶۲-۱۷۰.

Liao, K. Xu, S. WU, J and ZH, Q. ۲۰۱۳. Spatial estimation of surface soil texture using remote sensing data. Soil Science and Plant Nutrition journal. ۵۹:۴, ۴۸۸-۵۰۰.

Juang, K. W. and D. Y. Lee. ۲۰۰۰. Comparison of three nonparametric kriging methods for delineating heavy-metal contaminated soils. J. Environ. Qual. ۲۹: ۱۹۷-۲۰۵.

Cruz-Cardenas, G., Villase or, J.L., Lopez-Mata, L., Ortiz, E., ۲۰۱۲. Potential distribution of the Humid Mountain Forest in Mexico. Botanical Sciences ۹۰, ۳۳۱-۳۴۰.

Robinson, T.P., Metternicht, G., ۲۰۰۶. Testing the performance of spatial interpolation techniques for mapping soil properties. Computers and Electronics in Agriculture ۵۰, ۹۷-۱۰۸.

Goovaerts, P., ۱۹۹۹. Geostatistics in soil science: state-of-the-art and perspectives. Geoderma ۸۹, ۱-۴۵

Moorei,. D.,Gessler,P. E., Nielsen,Ga. ,, and Petersen,G.A.۱, ۹۹۳, Soil attribute prediction using terrain analysis. Soil Science America, Journal, ۵۷,۴۴۳-۴۵۲.

Kilic. K, Kilik. S, kockigit. r. Assessment of spatial variability of soil properties in areas under different land use. bulgarian journal of agricultural science, ۱۸ (No ۵) ۲۰۱۲, ۷۲۲-۷۳۲.

Abstract

In this research, the spatial distribution of some soil characteristics were assessed on some soils of Hashtgerd (in Alborz province). The Characteristics icluding Calcium Carbonate, , Exchangble potassium and phosphorus were detemined, in an area of about ۴۰ thousand hectares. Soil sampling on a systematic regular grid of ۲ × ۲ km was used. Finally, ۵۵ soil samples have been collected and for each sample, all characteristics have been measured in a laboratory. After data normalization, all characteristics varigrams were fitted to the best models and the main parameters of variograms were detemined. The performance of methods was evaluated by using mean absolute error (MAE), mean bias error (MBE) and root mean square error (RMSE). Error parameters for each property was

measured. Finally, methods that had the lower error have been chosen. The result showed that ordinary kriging was more accurate than cokriging for phosphorous and calcium carbonate interpolation. Whereas cokriging method had more accuracy for potassium interpolation. Interpolation maps were generated.