بررسی تغییرات مکانی برخی از خصوصیات خاک با کاربرد روش های زمین آماری، مطالعه موردی: مسیر زابل-زاهدان

ولی بهنام[1*]، احمد غلامعلی زاده آهنگر[2]، احمد یارمحمدیان مقدم[3]

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم خاک، دانشگاه زابل، ۲- دانشکده آب و خاک، استادیار گروه علوم خاک، دانشگاه زابل، دانشکده آب و خاک، ۳- دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم خاک، دانشگاه لرستان، دانشکده کشاورزی

vali_behnam2012@yahoo.com

چکیده

شناخت و آگاهی از چگونگی تغییرات مکانی خصوصیات خاک از عوامل موثر درمدیریت پایدار اراضی است. این تحقیق با هدف بررسی تغییرات مکانی برخی از خصوصیات خاک از جمله بافت خاک (رس، سیلت و شن)، کربنات کلسیم ($CaCo_3$)و اسیدیته خاک(pH) با استفاده از روش های زمین آماری انجام شده است. بدین منظور از منطقه مورد مطالعه تعداد ۲۵۲ نمونه خاک (از عمق ۳۰- ۰ سانتی متر) تهیه و بافت خاک، کربنات کلسیم و اسیدیته (pH) آنها اندازه گیری شد. پس از نرمال سازی داده ها، نیم تغیرنمای هر یک از ویژگی های مورد مطالعه محاسبه و بهترین مدل به آنها برازش داده شد. سپس ویژگی های مورد مطالعه با روش های مختلف میان یابی کریجینگ معمولی، کریجینگ ساده، کریجینگ گسسته و وزن دهی عکس فاصله(IDW) و با استفاده از نرم افزارGIS تخمین زده شد و دقت تخمین با استفاده از میانگین خطای مطلق(MAE)، میانگین خطای اریب یا انحراف (*MBE*) و مجذور میانگین مربعات خطا(*RMSE*) مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که بهترین مدل برای رس و کربنات کلسیم مدل نمایی، برای اسیدیته مدل کروی و برای شن و سیلت مدل گوسی می باشد. همچنین نتایج پژوهش نشان داد روش کریجینگ معمولی برای بافت خاک و کربنات کلسیم و برای اسیدیته(pH) کریجینگ ساده در مقایسه با سایر روش های به کار رفته مناسب تر بوده و تخمین های دقیق تری ارائه می دهد.

کلمات کلیدی: توزیع مکانی، روش های زمین آمار، خصوصیات خاک، مسیر زابل - زاهدان

مقدمه

مدیریت پایدار اکوسیستم مستلزم شناخت و ارزیابی تغییرات مکانی و زمانی در خصوصیات آن به منظور بهره برداری بهینه و پایدار از منابع می باشد. از مهمترین فاکتورهای موثر در مدیریت پایدار اکوسیستم حفظ کیفیت خاک آن می باشد. لذا درک چگونگی توزیع مکانی خصوصیات خاک مهم است(Cheng, 2006).)روش‌های زمین آمار به دلیل در نظر گرفتن همبستگی مکانی داده‌ها از اهمیت زیادی در بررسی‌های مربوط به پراکنش داده‌ها زمینی برخوردار هستند و تخمین بهتری به دست می‌دهند.

علم زمین آمار نیزکه بر پایه نظریه متغیر مکانی استوار بوده، قادر به ارائه مجموعه گسترده ای از تخمینگرهای آماری به منظور برآورد خصوصیت مورد نظر در مکانی که نمونه برداری نشده، با استفاده از اطلاعات بدست آمده از نقاط نمونه برداری شده است(Metternicht et al, 1996). این علم که شاخه ای از علم آمار است به وسیله مهندسین معدن برای برآورد حجم و عیار توده های کانساری ابداع گردیده است. استفاده از این روش درعلوم دیگری که دارای ویژگی هایی با تغییر پذیری مکانی هستند، رواج پیدا کرده است. این علم به عنوان یکی از شاخه های آمار عملی امکان بررسی همزمان مقدار متغیر و آرایش مکانی و زمانی مشاهدات را در تحلیل داده‌ها فراهم می کند(Goovaerts, 1999). محمدی و چیت ساز (۱۳۸۱) با استفاده از تخمینگرهای زمین آماری و با

کمک گرفتن از اطلاعات رقومی سنجنده لندست بعنوان متغیر ثانویه، تغییرات مکانی برخی از خصوصیات خاک سطحی از جمله هدایت الکتریکی، درصد رطوبت اشباع، نسبت جذب سدیم و درصد آهک را برآورد کردند

Yang و همکاران (۲۰۰۷) یک مطالعه زمین آماری بر روی خصوصیات شوری خاک در چین انجام دادند و برای تخمین شوری خاک در مکان‌های نمونه برداری نشده از سه روش کریجینگ معمولی، کوکریجینگ و کریجینگ – رگرسیون استفاده کردند. در ایران برای اولین بار نظریه زمین آمار در بررسی و تجزیه و تحلیل تغییرات شوری خاک مورد استفاده قرار گرفت(محمدی، ۱۳۸۵). احمدالی و همکاران(۱۳۸۸) با بررسی‌های روش‌های مختلف برآورد مکانی به منظور برآورد شوری، اسیدیته و درصد آهک خاک به این نتیجه رسیدند که روش کوکریجینگ با حداقل میزان MAE برای شوری، اسیدیته و درصد آهک خاک به ترتیب ۰/۲۱۸، ۰/۱۵۶ و ۷/۳۵۳ بیشترین دقت را داشت. Mohammadi, (۱۹۹۸) با استفاده از تخمین‌گرهای زمین آماری پراکنش مکانی برخی از ویژگی‌های خاک سطحی شامل هدایت الکتریکی، درصد رطوبت اشباع، نسبت جذب سدیم و درصد آهک را با روش‌های کوکریجینگ، کریجینگ و رگرسیون خطی بررسی نمود. نتایج بدست آمده از این تحقیق حاکی از آن است که تخمین‌گری‌های زمین آماری نسبت به روابط همبستگی خطی از برتری نسبی برخوردار بوده و روش کریجینگ به عنوان روش برتر برآورد داده‌های مکانی پارامترهای خاک معرفی شد. این نتایج نشان داد که برآورد به روش کریجینگ با واقعیت‌های منطقه مطابقت بیشتری دارد. این تحقیق با هدف ارزیابی تغییرات مکانی ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک در مسیر زابل – زاهدان انجام شد.

مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه

این منطقه بین عرض‌های جغرافیایی ″۲۰ ′۵۷ °۳۰ و ″ ۶ ′۱۱ °۳۰ و طول های جغرافیایی ″۳۲ ′۲۹ °۶۱و ″ ۳۸ ′۵۱ °۶۰ می‌باشد. متوسط بارش سالانه ۵۵ میلیمتر و حداکثر و حداقل سالانه دما به ترتیب ۳۴/۴ و ۸/۴ درجه سانتی‌گراد است. میزان تبخیر سالیانه ۴۵۰۰ تا ۵۰۰۰ میلیمتر و ارتفاع از سطح دریا ۴۸۹/۲ می‌باشد زراعت عمده منطقه و مناطق اطراف گندم و سورگوم می‌باشد.

در این پژوهش به منظور نمونه برداری خاک از روش شبکه‌ای منظم استفاده شد تعداد ۲۵۰ نمونه خاک از فاصله ۰، ۵۰ و ۱۰۰ متری از دو طرف جاده برداشت شد. عمق نمونه‌برداری ۰-۳۰ سانتی متر می‌باشد. پس از عملیات نمونه برداری، نمونه‌ها به آزمایشگاه انتقال یافت و پس از هوا خشک شدن، از الک ۲ میلیمتری عبور داده شد. بافت خاک به روش هیدرومتری(کلوت، ۱۹۸۶)، درصد آهک(کربنات کلسیم معادل) به روش خنثی سازی با اسید کلریدریک و تیتراسیون با سود(نلسون، ۱۹۸۶) و pH با نسبت ۱:۲/۵ (McLean, 1982) و از طریق دستگاه pH سنج الکتریکی اندازه گیری شد. برای بررسی روش های زمین آمار، با استفاده از نرم افزارSPSS19 اطلاعات اولیه نمونه‌ها، توزیع فراوانی داده‌ها و شاخص‌های آماری مانند میانگین، میانه، واریانس، چولگی و کشیدگی محاسبه گردید پس از بررسی نرمال بودن داده‌ها و تبدیل داده‌های غیرنرمال به نرمال، الگوهای تغییرنما با استفاده از نرم افزارArcGIS رسم و بهترین الگوی تغییرنما انتخاب گردید. برای بررسی تغییرات مکانی و برآورد خصوصیات خاک از روش های زمین آماری کریجینگ معمولی، کریجینگ ساده، کریجینگ گسسته و وزن دهی معکوس فاصله(IDW) و مدل های مختلف تغیرنما(دایره‌ای، کروی، نمایی و گوسی) در محیط نرم افزار *ArcGIS* استفاده شده است.

به منظور ارزیابی روش های میان یابی از تکنیک ارزیابی متقابل[1] و پارامتر آماری *MAE*[2]، *MBE*[3] و RMSE[4]استفاده شده است *MAE* مشخص کننده خطای نتایج و *MBE* انحراف نتایج روش استفاده شده را نشان می دهد. در شرایطی که MAE و MBE برابر

[1]- CrossValidation
2-Mean Absolute Error
3- Mean Bias Error
4- Root Mean Square Error

صفر یا نزدیک صفر هستند، نشان دهنده این است که روش استفاده شده واقعیت را خوب شبیه سازی می کند. پارامترهای MAE، MBE و $RMSE$ با استفاده از روش های زیر محاسبه می‌شوند

$$MAE=\frac{\sum_{i=1}^{n}|R_s-R_0|}{n}$$

$$MBE=\frac{\sum_{i=1}^{n}(R_s-R_0)}{n}$$

$$RMSE=\frac{1}{n}\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(R_s-R_0)^2}$$

R_s :مقدار برآورد شده

R_0 : مقدار اندازه گیری شده

n : تعداد داده‌ها

بحث و نتایج

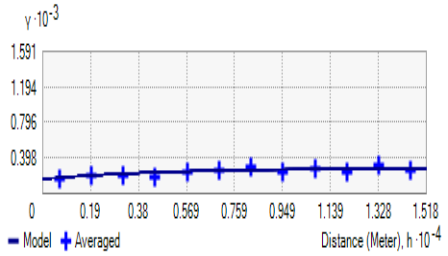
توصیف آماری خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در نمونه های برداشت شده از منطقه مطالعاتی در جدول ۱ خلاصه شده است. با توجه به جدول ۱ ضریب تغییرات درصد شن، کربنات کلسیم و pH کمتر از ۵۰ درصد می باشد که بیانگر عدم وجود تغییرات زیاد این متغیرها در منطقه مورد مطالعه می باشد ضریب تغییرات درصد رس و سیلت بیشتر از ۵۰ درصد می باشد که بیانگر وجود تغییرات خیلی زیاد آنها در منطقه مورد مطالعه است.

جدول۱. توصیف آماری خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در منطقه مورد مطالعه

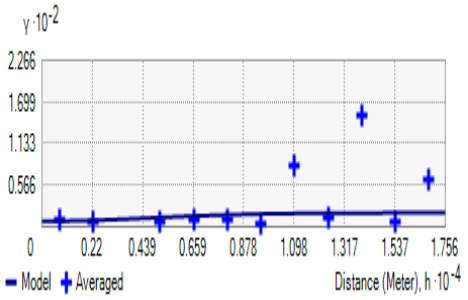
متغیر	واحد	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییرات	چولگی	کشیدگی
CaCo3	(%)	6/5	28/5	16/95	3/73	22	0/12	2/89
pH	-	7/1	10/01	8/22	0/35	4/25	1/2	7/5
Clay	(%)	2/1	40/3	15/79	8/51	53/89	0/68	2/72
Silt	(%)	1	73/7	26/8	24/16	90/14	0/54	2/48
Sand	(%)	6	95/2	57/39	21/95	38/24	-0/34	2/08

تغییرنما ابزار اساسی برای تخمین به وسیله کریجینگ است بنابراین انتخاب مدل مناسب و تعیین پارامترهای دقیق آن از اهمیت فوق العاده ای برخوردار بوده و باید درستی مدل‌های تغییرنما به نحو بهینه‌ای کنترل گردد. نوع مدلهای برازش داده شده به همراه پارامترهای آنها در جدول ۳ آورده شده است و بر اساس مدل های مذکور تغیرنماها ترسیم گردید. همانطور که در شکل ۱ مشاهده می شود برای آهک و رس مدل نمایی، شن و سیلت مدل گوسی و برای pH مدل کروی برازش داده شده است. نتایج ارزیابی صحت و دقت روش های درون یابی برای پارامترهای مورد مطالعه در جدول ۳ نشان می دهد روش کریجینگ معمولی برای تخمین درصد رس، سیلت، شن و آهک با توجه به کمترین میانگین خطای انحراف(MBE) و میانگین خطای مطلق(MAE) دارای دقت بیشتری نسبت به روش کریجینگ ساده، گسسته و IDW می باشد. همچنین با توجه به شاخص های دقت اندازه گیری شده روش کریجینگ ساده برای تخمین مقادیر pH دارای دقت و صحت بیشتری نسبت به سایر روش های به کار برده شده بود.
نسبت همبستگی (C/C0) می تواند به عنوان معیاری برای طبقه بندی وابستگی مکانی خصوصیات خاک باشد. در صورتیکه این

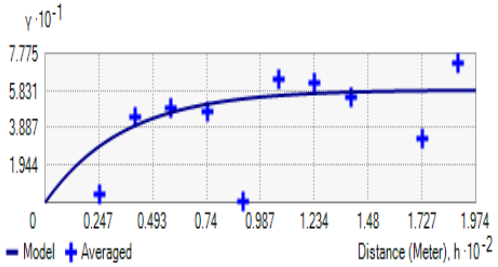
نسبت کمتر از ۲۵ ٪ باشد متغیر وابستگی مکانی قوی و بین ۲۵ تا ۷۵٪ وابستگی متوسط و بیشتر از ۷۵٪ باشد، همبستگی ضعیف را نشان می دهد. معمولا همبستگی مکانی قوی خصوصیات خاک به عوامل درونی(عوامل تشکیل خاک) و همبستگی ضعیف به عوامل خارجی(عملیات مدیریت خاک) نسبت داده می شود(Yang *et al.*, 2009). نتایج جدول ۳ نشان می دهد با توجه به نسبت (C/C0) برای آهک همبستگی مکانی متوسط، pH همبستگی مکانی قوی و بافت خاک(رس، سیلت و شن) همبستگی مکانی ضعیف می باشد.



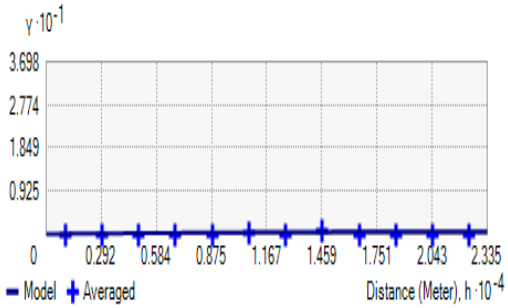
الف. درصد سیلت



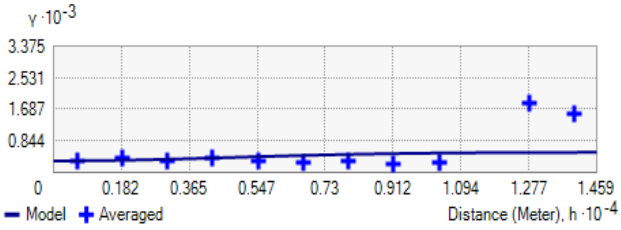
ب.درصد آهک



ج. درصد رس



د). اسیدیته خاک(pH)



ه. درصد شن

شکل۱. نمودار نیم تغییرنمای برخی ویژگیهای خاک مورد مطالعه.

تغییرنماها به همراه پارامترهای آن برای متغیرهای مورد مطالعه

متغیر	مدل	دامنه تاثیر(m) A0	اثرقطعه ای C	آستانه C0	درصدوابستگی مکانی C/C0	کلاس وابستگی مکانی A0
CaCO3	نمایی	۱۷۵۶۲	۶/۹۵	۱۰/۶۷	۶۵/۱۳	متوسط
sand	گوسی	۱۴۵۹۱	۳۱۱/۵۸	۲۲۹/۸۰	۱۳۵/۵۸	ضعیف
silt	گوسی	۱۳۳۹۳	۱۷۵	۱۰۲	۱۷۱	ضعیف
clay	نمایی	۳۰۰۰۲	۵۲/۳۸	۲۳/۶۳	۲۲۱	ضعیف
pH	کروی	۲۴۴	۰/۰۰۸	۰/۲۵	۳/۲	قوی

جدول ۳. نتایج حاصل از ارزیابی دقت و صحت روش های درون یابی در نرم افزارGIS

		خطای تخمین	کریجینگ		IDW
پارامترها		معمولی	ساده	گسسته	
آهک	MAE	-۰/۰۳۴	۰/۰۱۵	۰/۰۱۷	-۰/۰۱۲
	MBE	-۰/۰۱۷	-۰/۰۰۳	۰/۰۰۱	-
	RMSE	۳/۰۶	۳/۲۶	۳/۲۶	۳/۲۱
رس	MAE	-۰/۰۸۵۰	-۰/۰۴۷	-۰/۰۳۹	-۰/۲۵۴
	MBE	-۰/۰۰۸	۰/۰۰۱	-۰/۰۰۳	-
	RMSE	۷/۷۰	۷/۷۲	۷/۷۳	۷/۹۶
سیلت	MAE	-۰/۰۵۱	۰/۱۵۱	۰/۱۰۸	-۰/۱۵۰
	MBE	-۰/۰۰۶	-۰/۰۱۱	۰/۰۰۸	-
	RMSE	۱۴/۱۱	۱۴/۹۰	۱۴/۸۸	۱۴/۹۴
شن	MAE	-۰/۵۷۷	۰/۶۸۹	۰/۷۲۲	۱/۰۳۵
	MBE	-۰/۰۳۳	۰/۰۲۵	۰/۰۳۱	-
	RMSE	۱۹/۲۲	۱۹	۱۸/۹۹	۱۹/۴۰
pH	MAE	۰/۰۱۴	۰/۰۰۸	۰/۰۲۰	۰/۰۳۷
	MBE	۰/۰۱۱	۰/۰۰۸	۰/۰۲۱	-
	RMSE	۰/۳۹۸	۰/۷۷۷	۰/۸۵۹	۰/۶۶۱

نتیجه گیری

نتایج این پژوهش نشان می دهد که برای آهک و رس مدل نمایی، شن و سیلت مدل گوسی و برای pH مدل کروی بهترین مدل نیم تغییرنما برای تغییرات مکانی این پارامترها می باشد. نتایج ارزیابی صحت و دقت روش های درون یابی برای پارامترهای مورد مطالعه نشان می دهد روش کریجینگ معمولی برای تخمین درصد رس، سیلت، شن و آهک با توجه به کمترین میانگین خطای انحراف(MBE) و میانگین خطای مطلق(MAE) دارای دقت بیشتری نسبت به روش کریجینگ ساده، گسسته و IDW می باشد.

همچنین با توجه به شاخص های دقت اندازه گیری شده روش کریجینگ ساده برای تخمین مقادیر pH دارای دقت و صحت بیشتری نسبت به سایر روش های به کار برده شده بود.

منابع

احمدالی، خ. نیک مهر، س. لیاقت، ع. ۱۳۸۸. ارزیابی روش های مختلف برآورد مکانی در برآورد شوری، اسیدیته و درصد آهک خاک(مطالعه موردی: منطقه بوکان). مجله آب و خاک. جلد ۲۳، شماره ۲. ۴۶ – ۵۴.

محمدی، ج. ۱۳۸۵. پدومتری(آمار مکانی). انتشارات پلک. جلد ۲. تهران. ۴۳۶ صفحه.

محمدی، ج . و چیت ساز، و. ۱۳۸۱. مقایسه تخمینگرهای ژئواستاتیستیکی و رگرسیون خطی جهت برآورد برخی از خصوصیات خاک سطحی به کمک داد ههای رقومی TM. مجله علوم خاک و آب، ۱۰۲:۱۶ - ۹۵.

Cheng, X., S. An, J. Chen, B. Li, 2006. Spatial relationships among species above-ground biomass, N, P in degraded grassland in ordos Plateau, Journal of arid environment 30: 75-88.

Black GR and Hartage KH, 1986. Bulk density Nielsen DA, Jackson RD, Klute A and Mortland MM (Eds). Methods of Soil Analysis. Part1. Soil Sci Soc of Am. Madison, WI. Pp. 363-375.

Klute, A. 1986. Methods of Soil Analaysis. Part 1, Physical and Mineralogical Methods. American Society of Agronomy, Inc. Soil Sci. Soc. Am. Madison, Wisconsin, USA, 1188p.

Metternicht, G. and Zinck, J.A. 1996. Modelling salinity- alkalinity classes for mapping saltaffected topsoils in the semiarid valleys of Cochabama (Bolivia). Journal of ITC, 2: 125-135.

McLean, E.O. 1982. Soil pH and lime requirement. In: Page, A.L., Miller, R.H., Keeney, D.R. (Eds.), Methods of Soil Analysis, Part 2, second ed., Agron. Monogr. 9. ASA-CSSA-SSSA, Madison, Wisconsin, pp. 199–224.

Nelson BW and Sommers LE, 1986. Total carbon, organic carbon and organic matter. Pp. 539 –577. In: Page AL, Miller RH and Keeney DR (Eds). Methods of Soil Analysis. Part 2 , Soil Sci Soc of Am. Madison, WI.

Goovaerts, P. 1999. Geostatistic in Soil Science: State of the Art and Perspective. Geoderma, 38: 45-93.

Mohammadi, J. 1998; Geostatistical mapping of environmental soil hazards. Fourth Iranian International Statistics Conference. Shahid Beheshti Univ., Teheran, Iran. pp: 42-43.

Yang, L. I., Zho, S. H., Fang, W. U., Hong, Y. L. I., Feng, L. I. 2007. Improved prediction of sampling density for soil salinity by different geostatistical methods. *Agricultural Sciences in China.*Vol, 6. No, 7. pp: 632 – 841.

Yang, P., Mao, R., Shaom, H., Gao, Y., 2009. An investigation on the distribution of eight hazardous heavy metals in the suburban farmland of china, *Journal of Hazardous Material*, 167, 1246–1251.

Abstract

Knowledge of how to manage sustainable land soil spatial variability of factors. This study aimed to investigate the spatial variability of soil properties such as soil texture some (clay, silt and sand), calcium carbonate (CaCo3) and soil acidity (pH) is done using geostatistical methods. The purpose of the study area, 252 soil samples (from 0 to 30 cm depth) preparation and soil texture, calcium carbonate and acidity (pH) were measured. After data normalization, half Tghyrnmay each feature were calculated and the best model was fitted to them. The characteristics of the studied various methods to interpolate ordinary kriging and simple kriging, kriging Discrete Inverse Distance Weighting (IDW) and using GIS software was estimated and the precision of the estimates using the mean absolute error (MAE), mean diagonal or bias error (MBE) and root mean square error (RMSE) were evaluated. The results showed that the best model for clay and calcium carbonate exponential model, for acidity Gaussian model is a spherical model for sand and silt.

Keywords: spatial distribution, geostatistical methods, soil properties, the route of Zabol – Zahedan.