شانزدهمین کنگره علوم خاک ایران

دانشگاه زنجان، ۵ تا ۷ شهریور ۱۳۹۸

محور مقاله: کیفیت خاک و مدیریت پایدار خاک

مقایسه کارایی برخی روش های زمین آمار برای برآورد کربن آلی در خاک، مطالعه موردی مسیر خرم آباد- بروجرد

احمد یارمحمدیان مقدم[۱]، ولی بهنام[۲]، محمد فیضیان[۳]، اکبر سهرابی[۳]

[۱] دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم خاک، دانشگاه لرستان، دانشکده کشاورزی

[۲] دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم خاک، دانشگاه زابل، دانشکده آب و خاک

[۳] استادیار گروه علوم خاک، دانشگاه لرستان، دانشکده کشاورزی

چکیده

کربن آلی خاک نقش عمده‌ای را در چرخه کربن در سطح جهان ایفا می‌کند و می‌تواند به عنوان یک منبع برای کربن اتمسفر عمل کند. این تحقیق با هدف مقایسه روش های زمین آمار (کریجینگ، کوکریجینگ و وزن دهی معکوس) برای برآورد کربن آلی خاک در مسیر خرم آباد به بروجرد انجام شد. به این منظور تعداد ۶۰ نمونه خاک به صورت سیستماتیک و منظم از منطقه مورد نظر تهیه شد و پارامترهای کربن آلی خاک، مقدار شن، رس و سیلت خاک اندازه‌گیری شد. برای مقایسه روش‌های زمین آماراز میانگین خطا و مجذور میانگین مربعات خطا به روش اعتبارسنجی متقابل استفاده شد. میانگین درصد رس، شن و سیلت به ترتیب برابر است با ۱۵/۷۹، ۴۷/۱۷ و ۳۲/۲۹ و میانگین کربن آلی در منطقه مورد نظر۰/۶۶درصد و حداقل و حداکثر آن به ترتیب ۰/۲ و ۱/۰۱ درصد است. نتایج نشان داد که مدل نمایی با داشتن میانگین خطا و مجذور میانگین مربعات خطا کمتر نسبت به بقیه مدل‌ها، مدل مناسبی برای نیم تغییرنمای کربن آلی است. فاصله تاثیر این نیم تغییرنما ۱۵۳۳۰ متر، اثر قطعه‌ای برابر۰/۰۳۵ و حد آستانه برابر ۰/۰۷ درصد می باشد. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد، روش کوکریجینگ از خطای کمتری(MAE=۰/۲۱ و MBE=۰/۴۹) نسبت به دو روش دیگر برخوردار است.

کلمات کلیدی: روش اعتبارسنجی، نیم تغییرنما، کوکریجینگ

مقدمه

کربن خاک یکی از مولفه های اصلی در ارزیابی کیفیت خاک محسوب می گردد. اخیراً به دلیل نقش حیاتی کربن آلی خاک در چرخه جهانی کربن و قابلیت آن در تعدیل یا تشدید انتشار گازهای گلخانه ای، مطالعات بر روی ذخایر کربن آلی خاک متمرکز شده و استفاده و توسعه تکنولوژی برای کاهش غلظت روز افزون $C0_2$ اتمسفر به مهمترین مشکل قرن ۲۱ تبدیل شده است (لل، ۲۰۰۸). ذخایر کربن آلی خاک در مقیاس جهانی در حدود ۱۵۰۰-۱۴۰۰ پتاگرم کربن (۱ پتاگرم= 10^{15} گرم) در سانتی متری لایه سطحی خاک برآورد می شود که ۲ برابر میزان کربن موجود در اتمسفر و ۳ برابر میزان کربن موجود در پوشش گیاهی سطح زمین می باشد (اسمیت، ۲۰۰۴). بنابراین کاهش در میزان کربن آلی در نتیجه ایجاد تغییرات در مدیریت و کاربری اراضی و یا وجود فرسایش خاک می تواند به طور قابل توجه ای انتشار Co_2 به اتمسفر را افزایش دهد. ماده‌ی آلی یکی از شاخص‌های بسیار مهم در حفظ و نگهداری از خاک در برابر فرسایش است. ماده‌ی آلی با افزایش ثبات خاکدانه‌ها بخصوص در قسمت سطحی خاک، مانع از پراکندگی ذرات خاک در طی وزش باد و جریان یافتن آب می‌شود. تجزیه و تحلیل مشاهدات خاک‌ورزی بر کیفیت خاک در ایلینیوس امریکا نشان داد که کربن آلی خاک، حساسترین و بهترین شاخص سنجش کیفیت خاک بوده است (Manlay, 2007). ماده آلی از مهم‌ترین اجزاء تشکیل دهنده خاک بوده و بسیاری از کارکردهای خاک به عنوان یک سیستم زنده به این جزء بستگی دارد (Sparling و همکاران،2006). ماده آلی خاک مانع از فروپاشی خاکدانه (Emadi و همکاران،۲۰۰۹)، بهبود ساختمان خاک (Troeh و همکاران، ۱۹۹۹) و در پایان کاهش فرسایش (یوسفی فرد، ۱۳۸۶) می‌شود.

برای بررسی تغییرات مکانی کربن آلی، می توان از علم زمین آمار استفاده نمود. از دیدگاه زمین آمار، هر نمونه تا یک حداکثر فاصله معین با نمونه های اطراف خود ارتباط مکانی دارد. این فاصله حداکثر که دامنه تاثیر نامیده می شود. دارای اهمیت فراوانی است. در حقیقت نشان دهنده فاصله ای است که در آن می توان از تخمین گرهای زمین آماری استفاده کرد(حسنی پاک، ۱۳۸۶) و باید عوامل موثر در دامنه تاثیر را تعیین نمود. بهنام و همکاران (۱۳۹۲) به بررسی تغییرات مکانی کربن آلی در خاک های کنار جاده ای زابل – زاهدان پرداختند نتایج آنها نشان داد که روش کوکریجینگ از خطای کمتری(RMSE =۰/۳۰۳۰۴) نسبت به دو روش کریجینگ و وزن دهی معکوس فاصله برخوردار است و بهترین مدل برازش داده شده برای کربن آلی مدل گوسی بود. در تحقیقی که توسط Amirinejad و همکاران(۲۰۱۱) در دهکده خرلی واقع در هندوستان انجام شد، خصوصیاتی مانند وزن مخصوص ظاهری، ظرفیت هیدرولیکی اشباع خاک، ظرفیت نگهداری آب قابل دسترس، درصد کربن آلی در نواحی کشت برنج، گندم، اندازه گیری نمودند. ولی نتایج در این دو کشت متفاوت بود و از روش کریجینگ معمولی برای برآورد خصوصیات خاک به دلیل خطای کمتر انتخاب و بهترین مدل تخمین کربن آلی، گوسی تعیین شد. Wang و همکاران(2010) در بررسی تغییرات مکانی کربن آلی خاک در مزارع تک کاشت ذرت مشاهده کردند

که غلظت کربن آلی خاک دارای توزیع نرمال و میانگین حسابی۹۱ /۱۴گرم بر کیلوگرم می‌باشد و بهترین مدل برازش داده شده برای کربن آلی، مدل کروی بود.

ژانگ و مک گراث(۲۰۰۴) تغییرات مکانی کربن آلی خاک را در منطقه‌ای مرتعی در جنوب شرق ایرلند با روش-های زمین آماری کریجینگ، آمار کلاسیک و GIS مورد بررسی و تجزیه تحلیل قرار دادند .آنها نمونه برداری را در شبکه ۱۰×۱۰ کیلومتر انجام داده و داده های پرت را با شاخصی به نام موران I شناسائی و حذف کردند. نتایج آنها نشان داد زمین آمار توانائی خوبی در تفسیر تغییرات مکانی و زمانی کربن آلی خاک دارد و اثر زمین شناسی و توپوگرافی بیش از سایر عوامل توجیه کننده پراکندگی کربن آلی خاک است.

با توجه به اینکه در مسیر خرم آباد به بروجرد اراضی کشاورزی بخش بزرگی از منطقه را به خود اختصاص داده اند و اطلاعات کمی و کیفی اندکی درباره تغییرات مکانی کربن آلی خاک در سطوح زمین نما این منطقه در دسترس می‌باشد لذا برآورد دقیق ذخایر کربن آلی و توسعه کشاورزی پایدار موجود در این اراضی ضروری به نظر می‌رسد. این تحقیق با هدف مقایسه روش‌های مختلف زمین آمار در برآورد کربن آلی انجام شده است.

مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه

استان لرستان یکی از استان‌های غربی کشور است. بروجرد و خرم آباد از شهرستان‌های استان لرستان می‌باشند این منطقه بین عرض‌های جغرافیایی ″۳۵ ′۲۸ °۳۳ و ″۴۵ ′۳۳ °۳۳ و طول‌های جغرافیایی ″ ۳۱ ′۲۶ °۴۸ و ″۶۴ ′۵۳ °۴۸ می‌باشد. متوسط بارش سالانه ۴۷۹ 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 ۶۰ نمونه خاک از فاصله ۰-۲۰، ۲۰-۴۰ و ۴۰-۶۰ متری از دو طرف جاده خرم آباد به بروجرد 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. کربن آلی با اکسیداسیون توسط دی‌کرومات پتاسیم (نلسون، ۱۹۸۲) و بافت خاک با روش هیدرومتری (Klute, 1986, Weaver *et al.*, 1994;) اندازه‌گیری شد. برای تهیه نقشه کربن آلی خاک به روش 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 افزار GS+رسم و بهترین الگوی تغییرنما انتخاب گردید. برای بررسی تغییرات مکانی و برآورد کربن آلی خاک از روش‌های زمین آماری کریجینگ، کوکریجینگ، وزن دهی معکوس فاصله و مدل های مختلف تغیرنما(دایره‌ای، کروی، نمایی و گوسی) در محیط نرم افزار GS+ استفاده شده است.

به منظور ارزیابی روش های میان یابی از تکنیک ارزیابی متقابل[1] و پارامتر آماری MAE[2] و MBE[3] 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 صفر یا نزدیک صفر هستند، نشان دهنده این است که روش استفاده شده واقعیت را خوب شبیه سازی می‌کند. پارامترهای MAE و MBE و با استفاده از روش های زیر محاسبه می‌شوند

$$MAE=\frac{\sum_{i=1}^{n}|R_s-R_0|}{n} \qquad [۱]$$

$$RMSE=\frac{1}{n}\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(R_s-R_0)^2} \qquad [۲]$$

در معادلات R_s: مقدار برآورد شده، R_0: مقدار اندازه‌گیری شده و n: تعداد داده‌ها می‌باشد.

نتایج و بحث

توصیف آماری داده‌ها

شاخص های آماری نظیر حداقل، حداکثر، میانگین، واریانس، انحراف معیار، ضریب تغییرات، چولگی و کشیدگی برای کربن آلی در جدول ۱ آمده است. میانگین کربن آلی در منطقه مورد نظر۰/۶۶درصد و حداقل و حداکثر آن به ترتیب ۰/۲ و ۱/۰۱ درصد است. ضریب تغییرات به عنوان یک شاخص،

تغییرات کلی از ناهمگنی کربن آلی خاک را نشان می‌دهد. بر اساس طبقه بندی Nielsen, and Bouma (۱۹۸۵)، اگر ضریب تغییرات کمتر از ۱۰ درصد باشد، تغییرپذیری ضعیف، اگر بیش از ۱۰ درصد باشد متوسط و در نهایت ضریب تغییرات برابر با ۱۰۰ درصد نشان دهنده تغییرات

---

[1]- CrossValidation
2-Mean Absolute Error
3- Mean Bias Error

بسیار شدید متغیر می‌باشد. بنابراین همان طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود می توان شدت تغییرات کربن آلی را در منطقه مورد مطالعه متوسط در نظر گرفت.

جدول۱. برخی شاخص‌های آماری کربن آلی خاک در منطقه مورد مطالعه

متغیر	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییرات	کشیدگی	چولگی
کربن آلی	۰/۲۰	۱/۰۱	۰/۶۶	۰/۲	۳۰/۳	-۰/۳	-۰/۴۹

تغییرنما ابزار اساسی برای تخمین به وسیله کریجینگ و کوکرجینگ 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. بررسی‌های به عمل آمده نشان داد که مدل نمایی به دلیل اینکه میانگین خطا و مجذور میانگین مربعات خطا کمتری نسبت به بقیه مدل‌ها دارد مدل مناسبی برای این نیم تغیر نما است. دامنه تاثیر این نیم تغییرنما معادل ۶۷۹۱ متر، اثر قطعه‌ای برابر ۰/۰۳۳ و آستانه معادل ۰/۱۲۵ متر با ضریب همبستگی ۰/۴۶ بدست آمده است (جدول۲).

جدول۲. پارامترهای تغییرنمای کربن آلی خاک در مدل های انتخابی

متغیر	مدل	اثر قطعه ای(C0)	دامنه تاثیر	حد آستانه (A1)	ضریب همبستگی
کربن آلی	نمایی	۰/۰۳۵	۱۵۳۳۰	۰/۰۷	۰/۴۶

بررسی های به عمل آمده نشان داد که بین درصد رس و کربن آلی خاک همبستگی مثبت و معناداری در سطح ۱ درصد وجود دارد. دان وانگ و همکاران (2010) ارتباط مثبت و معنی داری بین میزان کربن آلی و درصد رس در اراضی شیب دار شمال چین گزارش کردند، این محققان بیان می کنند که بافت خاک با تأثیر بر پوشش گیاهی، رطوبت قابل استفاده و حاصلخیزی خاک تأثیر مستقیم بر میزان کربن آلی خاک دارد و همچنین میزان رس می تواند کربن آلی خاک را در برابر تجزیه محافظت کند. لذا در روش کوکریجینگ از رس به عنوان متغیر کمکی استفاده شد. بررسی به عمل آمده نشان داد که مدل نمایی مدل مناسبی برای آن نیم تغییر نما می باشد. دامنه تاثیر این نیم تغییر نما معادل۱۴۷۳۳ متر، اثر قطعه ای برابر ۳۳/۴۰و آستانه معادل ۶۶/۸۱متر با ضریب همبستگی۰/۴۶ بدست آمده است.

پس از تجزیه و تحلیل تغییرنما درون یابی داده‌ها به کمک نرم افزارArc GIS به وسیله روش‌های زمین آماری کریجینگ و کوکریجینگ و روش معین وزن‌دهی معکوس فاصله انجام گرفت. در جدول ۳ مقادیر دقت و انحراف روش‌های زمین آماری کریجینگ؛ کوکریجینگ و وزن دهی معکوس فاصله ارائه شده است. بر اساس این جدول ملاحظه می شود که روش کوکریجینگ از دقت بیشتری برای برآورد کربن آلی خاک برخوردار است.

جدول۳. نتایج ارزیابی روش های زمین آمار در برآورد کربن آلی خاک

روش ارزیابی	کریجینگ	کوکریجینگ	وزن دهی معکوس
MAE	۰/۴۹	۰/۲۱	۰/۲۶
MBE	۰/۶۴	۰/۴۹	۰/۶۴

نتیجه گیری

کربن آلی خاک با درصد رس خاک یک همبستگی مثبت و معنادار در سطح ۱ درصد داشت(r=۴۶) بنابراین درصد رس به عنوان متغیر کمکی در روش کوکریجینگ برای تخمین کربن آلی خاک استفاده شد. بر اساس معیارهای ارزیابی میانگین خطا(MAE) و (MBE) مدل نمایی به عنوان مدل مناسب و روش کوکریجینگ که نتایج دقیق تری از کریجینگ ارائه کرد. انتخاب گردید. بنابراین، با این روش نقشه معتبری از کربن آلی خاک تهیه می شود که نسبت به روش های سنتی، صرفه جویی در زمان و هزینه ها را به دنبال دارد و در مدیریت دقیق تر و مناسب تر خاک کاربرد خواهد داشت.

منابع:

حسنی پاک، ع.ا . ۱۰۸۶ .زمین آمار(ژئو استاتیک .)انتشارات دانشگاه تهران ۰۳۶ .صفحه.

یوسفی‌فرد م. ، جلالیان ا. ، و خادمی ح. ۱۳۸۶ . تخمین هدررفت خاک و عناصر غذایی در اثر تغییر کاربری اراضی مرتعی با استفاده از باران ساز مصنوعی .مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۴۰: ۱۰۶- ۹۳.

Amirinejad A.A., Kamble, K., Aggarwal, P., Chakraborty, D., Pradhan, S. and Mittal, R.B. 2011. Assessment and mapping of spatial variation of soil physical health in a farm. Geoderma, 160:292–303.

Emadi M., Baghernejad M., and H.M, Memarian. 2009. Effect of land-use change on soil fertility characteristics within water-stable aggregates of two cultivated soils in northern Iran. Land Use Policy, 26: 452–457.

Johnston, C.A. Currie, W., Emanuel, W., Gaudinski, J.,, Groffman, P., Breshears, D.D., Gcardon, Z.G., Jackson, R.B., Lajtha, K., Nadelhoffer, K., Nelson Jr, D., Post, W.M., Retallack, G. and Wielopolski, L. 2004. Carbon cycling in soil. Frontiers in Ecology and the Environment, 2, 522–528

Klute, A., 1986. Methods of soil analysis, part I, physical and mineralogical methods, 2nd Ed, Soil Science Society of America INC., Wisconsin, USA, 1170 pp.

Manlay. Raphael J., C. Feller., and M. J. Swift. 2007. Historical evolution of soil organic matter concepts and their relationships with the fertility and sustainability of cropping systems. Agriculture, Ecosystems and Environment. 119; 217–233.

Nielsen, D. R., and Bouma, J. (eds.). 1985. Soil Spatial Variability. In: Proceedings of a Workshop of the ISSS and the SSSA. Pudoc, Wageningen. Las Vegas, USA.

Smith, P. 2004. Soils as carbon sinks-The global context. Soil Use Manage. 20: 212-218

Sparling, G.P., Wheeler, D., Vesely, E.T., and Schipper, L.A. 2006. What is Soil organic matter worth?. J. Environ. Qual. 35:548–557.

Troeh F.R., Hobbs J.A., and Donhue R.L. 1999. Soil and Water Conservation- Productivity and Environmental Protection. Prentice Hall, New Jersey, 610 pp.

Wang, Y., Fu, B., Lu, Y., Song, Ch., and Luan, Y. 2010. Local-scale spatial variability of soil organic carbon and its stock in the hilly area of the Loess Plateau, China. Qua. Res. 73: 70-76

Weaver, R.W., Angle J.S., Bottomley, P.S., 1994. Methods of soil analysis, microbiological and biochemical properties, part II, Soil Science of America INC, Wisconsia, USA, 1097 pp.

16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019

Topic for submission: Soil Quality and Sustainable Soil Management

Comparing the applicability of some geostatistic methods Estimation of soil organic carbon, a case study Hkormabad- Brogerd Road

Soil organic carbon (SOC) plays a crucial role in the global carbon cycle, and can act as a source of atmospheric carbon. This study The purpose of comparing ground statistics methods (kriging, cokriging and reverse weighing) in roadside of Hkormabad- Brogerd. Soil sampling method was systematic and a total of 60 soil samples were collected from an area and SOC, sand, clay and silt were determined. For geostatistic methods evaluation, Mean Error and Root Mean Square Error with the Cross Validation method were used. The average percentage of clay, sand and silt was ۱۵.79, 47.17 and 32.29, respectively. The average of organic carbon in the region was 0.66% and the minimum and maximum values were 0.2 and 1.01%, respectively. The results showed that the exponential model with a mean error and a mean squared error error less than the rest of the models is a suitable model for the half-life of organic carbon. The range of the semi-variorum, Nugget Effect and Sill were 15330m, 0.035%, 0.07% respectively. The results indicated that cokriging method had a lower RMSE compared to two other methods.

Keywords: Cross Validation method**,** semi-variorum, Cokriging