پانزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۶ تا ۸ شهریور ۱۳۹۶ محور مقاله: پیدایش و رده‌بندی خاک

ترکیب روش‌های نقشه‌برداری مرسوم و زمین‌آماری برای تخمین ظرفیت زراعی خاک

زهرا فاریابی[۱]، عیسی اسفندیارپور[۲]، حسین شکفته[۲]
۱ و ۲- دانش‌آموخته‌ی مقطع کارشناسی ارشد و عضو هیأت علمی گروه علوم خاک دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان

چکیده

با توجه به اهمیت ویژگی رطوبت ظرفیت زراعی در مسایل مربوط به مدیریت بهینه‌ی آب و خاک، پژوهش حاضر به تخمین این ویژگی در واحدهای نقشه‌ی ژئوفرم بخشی از اراضی منطقه‌ی ساردوئیه‌ی جیرفت با استفاده از اطلاعات روش سنتی نقشه‌برداری خاک، روش کریجینگ، و ترکیب این دو شیوه در قالب یک تخمینگر واحد پرداخته است. پس از محاسبه‌ی مقادیر تخمینی و واریانس خطای متغیر مطالعاتی با استفاده از تخمینگرهای مورد نظر، اعتبارسنجی آن‌ها با استفاده از شاخص‌های آماری ضریب تبیین (R^2) و جذر میانگین مربعات خطای نسبی (RMSE%) انجام گرفت. نتایج نشان داد استفاده از نقشه‌های ژئوفرم (نقشه‌های سنتی خاک) هنوز به‌عنوان یک ابزار کارآمد و مفید در شناسایی الگوی تغییرپذیری خاک‌ها بایستی مد نظر قرار گیرد و هرگز نباید برچسب نوین بودن این روش‌ها موجب رهاسازی شیوه‌های سنتی مطالعه‌ی خاک گردد.

واژگان کلیدی: کریجینگ، واحد نقشه‌ی خاک، تغییرپذیری خاک، نقشه‌برداری سنتی خاک

مقدمه

از آنجا که میزان رطوبت خاک، تابع خصوصیات فیزیکی خاک است که دارای تغییرات پیوسته‌ی مکانی می‌باشند (Grego *et al.*, 2006)، بنابراین بررسی تغییرات پیوسته و شناخت ساختار تغییرات مکانی این ویژگی در راستای اعمال مدیریت بهینه و برنامه‌ریزی دقیق‌تر در زمینه‌ی آبیاری، توجه برخی از پژوهشگران (Nielssen *et al.*, 1973; Cameron, 1978; Junior *et al.*, 2005) را به خود جلب نموده است. از سوی دیگر، با توجه به مشکلات کمبود آب، راندمان مصرف آب در کشاورزی به‌عنوان مهمترین مصرف‌کننده‌ی آب شیرین، باید تا حد ممکن افزایش پیدا نماید. بنابراین راه‌کارهای مدیریتی گوناگونی برای این منظور باید مورد بررسی قرار گیرند. یکی از مهمترین راه‌کارهای مدیریتی، برنامه‌ریزی آبیاری می‌باشد. در اکثر روش‌های برنامه‌ریزی آبیاری، بررسی وضعیت رطوبت خاک، مهمترین عملی است که انجام می‌شود؛ زیرا در بازه‌ی رطوبتی خشک تا اشباع، گیاه با حالات مختلفی از رطوبت مواجه است. در این بازه، نقاطی که از نظر کاربردی در برنامه‌ریزی آبیاری اهمیت زیادی دارند، دو نقطه‌ی ظرفیت زراعی و پژمردگی دایم می‌باشند (علیزاده، ۱۳۸۳).

ظرفیت زراعی در تعیین میزان آب قابل دسترس گیاه (که از عوامل بسیار مهم در تعیین میزان آب آبیاری، تولید گیاه و مدیریت زراعی است)، نقش اساسی داشته و هم‌چنین یکی از مهم‌ترین پارامترهای مدل‌های آب، خاک، گیاه و اتمسفر می‌باشد (Schaap *et al.*, 2001). مفهوم ظرفیت زراعی اولین بار توسط ویشمایر و هندریکسون (۱۹۳۱) به‌عنوان مقدار آبی معرفی شد که پس از زهکشی آب اضافی و کاهش اساسی حرکت رو به پایین آب، در خاک باقی می‌ماند. با توجه به پیوسته بودن پدیده‌ی زهکشی، ظرفیت زراعی در تفسیری دقیق‌تر بر مبنای شار جریان، میزان آبی در نظر گرفته می‌شود که در آن تغییرات زهکشی ناچیز می‌شود. مسأله‌ی مهمی که باید در رابطه با ظرفیت زراعی مد نظر گرفته شود این است که این ویژگی با فرایندهای دینامیکی خاک در ارتباط است و در تخمین آن باید این مهم مورد توجه قرار گیرد (Twarakavi *et al.*, 2009). در هر حال، تخمین درست مقدار رطوبت ظرفیت زراعی خاک، عامل مهمی در تعیین مقدار تقاضا برای توزیع و مدیریت بهینه‌ی منابع آب در بخش کشاورزی محسوب می‌شود (مهبد و زند پارسا، ۱۳۹۰) و می‌تواند در ارزیابی مناسب بودن یک زمین برای تولید محصول، مد نظر قرار گیرد (Givi *et al.*, 2004). بنابراین، پژوهش حاضر به تخمین ظرفیت زراعی خاک در واحدهای نقشه‌ی ژئوفرم (واحدهای ژئوپدولوژیک) بخشی از اراضی منطقه‌ی ساردوئیه‌ی جیرفت با استفاده از اطلاعات روش سنتی نقشه‌برداری

خاک، روش کریجینگ و ترکیب این دو شیوه در قالب یک تخمینگر واحد پرداخته است و نتایج آنها را با همدیگر مقایسه نموده است.

مواد و روش‌ها

قسمتی از اراضی مرتعی بخش ساردوئیه‌ی شهرستان جیرفت واقع در حد فاصل طول‌های جغرافیایی ۵۷ درجه و ۱۷ دقیقه تا ۵۷ درجه و ۲۰ دقیقه‌ی شرقی و عرض‌های جغرافیایی ۲۹ درجه و ۱۱ دقیقه تا ۲۹ درجه و ۱۵ دقیقه‌ی شمالی با مساحتی حدود ۶۱۰ هکتار برای این پژوهش انتخاب گردید. میانگین دما و بارندگی سالیانه‌ی این منطقه، به ترتیب ۱۲/۴ درجه‌ی سلسیوس و ۲۶۱/۶ میلی‌متر می‌باشد و سیمای اراضی غالب آن از نوع دامنه با متوسط شیب حدود ۸ درصد است.

پس از تهیه‌ی عکس‌های هوایی (۱:۲۰۰۰۰)، نقشه‌ی توپوگرافی (۱:۲۵۰۰۰) و نقشه‌ی زمین‌شناسی (۱:۱۰۰۰۰۰) منطقه‌ی مطالعاتی، انواع ژئوفرم‌های موجود در منطقه (نقشه‌ی ژئوفرم منطقه) بر اساس راهنمای سلسله مراتبی ارایه‌شده توسط زینک (۱۹۸۹) ترسیم شد. سپس با بهره‌گیری از نرم‌افزار ایلویس، موقعیت ۱۵۰ نقطه‌ی مشاهداتی (با میانگین فاصله‌ی ۲۰۰ متر) در این ژئوفرم‌ها در قالب یک الگوی نمونه‌برداری تصادفی طبقه‌بندی‌شده طراحی گردید. پس از آن، موقعیت هر یک از نقاط مشاهداتی با استفاده از سامانه‌ی موقعیت‌یاب جهانی در صحرا مشخص شد. سپس از خاک سطحی (عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری) هر نقطه‌ی مشاهداتی با استفاده از مته نمونه‌برداری انجام گرفت. پس از هواخشک نمودن نمونه‌های برداشت‌شده و عبور آن‌ها از الک دو میلی‌متری، مقدار نگه‌داشت آب در حالت ظرفیت مزرعه با استفاده از دستگاه صفحه‌ی فشاری اندازه‌گیری شد.

مطالعات زمین‌آماری این پژوهش در قالب دو مرحله‌ی واریوگرافی (با استفاده از تابع واریوگرام) و تخمین (با کاربرد تخمینگر کریجینگ معمولی) انجام گرفت (Goovaerts, 1999) و پس از آن، واریانس خطای تخمین محاسبه شد.

فرض اساسی در استفاده از نقشه‌ی ژئوفرم، آن است که این نقشه اقدام به تفکیک خاک‌های منطقه‌ی مورد نظر به تعداد محدودی واحد همگن می‌کند. بنابراین، ارزش عددی یک خصوصیت خاک در یک محدوده‌ی معین، برابر با مقدار میانگین آن خصوصیت در واحد مورد نظر به‌علاوه‌ی مؤلفه‌ی تصادفی باقی‌مانده‌ها است. در چنین شرایطی، واریانس خطای تخمین نقشه‌ی ژئوفرم از طریق رابطه‌ی زیر محاسبه شد:

$$\sigma^2_s = S^2_w + \frac{S^2_w}{N} \quad (۱)$$

که S^2_w و N به ترتیب بیانگر واریانس درون‌واحدی و تعداد کل نقاط مشاهداتی می‌باشند.

تخمین‌های ترکیبی نقشه‌ی ژئوفرم- کریجینگ، با استفاده از روش وزن‌دهی ارایه‌شده توسط هاولینک و بیرکنز (۱۹۹۲) انجام گرفت. بدین ترتیب، مقدار مورد تخمین (Z*) از ترکیب خطی وزن‌دار شده‌ی حاصل از تخمین نقشه‌ی ژئوفرم (Z_S) و تخمین کریجینگ (Z_K) مطابق معادله‌ی زیر به‌دست آمد:

$$Z^* = W_K Z_K + W_S Z_S \quad (۲)$$

وزن‌های W_K و W_S مطابق معادله‌های زیر محاسبه شدند:

$$W_S = \frac{\sigma^2_K - \rho_{SK}\sigma_S\sigma_K}{\sigma^2_S + \sigma^2_K - 2\rho_{SK}\sigma_S\sigma_K} \quad (۳)$$

$$W_K = \frac{\sigma^2_S - \rho_{SK}\sigma_S\sigma_K}{\sigma^2_S + \sigma^2_K - 2\rho_{SK}\sigma_S\sigma_K} \quad (۴)$$

در این معادله‌ها، σ^2_S و σ^2_K به ترتیب، واریانس خطای تخمین توسط نقشه‌ی ژئوفرم و تخمینگر کریجینگ در محل‌های مورد نظر می‌باشند. ρ_{SK} عبارت از ضریب همبستگی بین خطاهای تخمین به‌وسیله‌ی دو تخمینگر نقشه‌ی ژئوفرم و کریجینگ است. این ضریب همبستگی با استفاده از تفاوت بین مقادیر برآوردشده و واقعی محاسبه می‌شود.

در نهایت، با توجه به مقادیر مشاهده‌شده (واقعی) و مقادیر برآوردشده (تخمینی) و با استفاده از شاخص‌های آماری ضریب تبیین (R^2) و جذر میانگین مربع خطای نسبی (RMSE%) صحت تخمین‌ها محاسبه شد.

نتایج و بحث

مدل برازش‌یافته به‌همراه اجزای مربوط به واریوگرام ظرفیت زراعی (شامل دامنه، حد آستانه و اثر قطعه‌ای) در جدول ۱ ارایه شده‌اند. توجه به مقادیر واریانس قطعه‌ای، حد آستانه و دامنه‌ی واریوگرام‌ها در این جدول، حاکی از وجود تفاوت در وابستگی‌های مکانی ظرفیت زراعی خاک می‌باشد. با این وجود، شدت و درجه‌ی وابستگی مکانی یک متغیر ناحیه‌ای را می‌توان از تقسیم اثر قطعه‌ای به حد آستانه‌ی کل به‌دست آورد که گاهی به‌صورت درصد بیان می‌گردد. اگر نسبت مذکور کمتر از ۲۵ درصد باشد متغیر دارای کلاس وابستگی مکانی قوی و در صورتی‌که این نسبت بین ۲۵ تا ۷۵ درصد باشد کلاس وابستگی مکانی متغیر مورد نظر متوسط می‌باشد. اگر نسبت مزبور بیش از ۷۵ درصد باشد کلاس وابستگی مکانی ضعیف خواهد بود (Cambardella *et al.*, 1994). بر این اساس، ساختار مکانی متغیر مورد مطالعه از نوع متوسط بود. به‌طور کلی، وابستگی مکانی قوی را می‌توان به خصوصیات ذاتی خاک (مانند ماده‌ی مادری) و وابستگی مکانی ضعیف را می‌توان به تأثیر عوامل خارجی (مانند مدیریت) نسبت داد (Yang *et al.*, 2009).

جدول ۱- مدل واریوگرامی و ویژگی‌های میان‌یابی متغیر مورد مطالعه

متغیر	مدل	دامنه (متر)	اثر قطعه‌ای	حد آستانه جزئی	کلاس همبستگی مکانی
ظرفیت زراعی	کروی	۴۵۰	۱۱/۸	۴/۹۰	متوسط

جدول ۲- آماره‌های اعتبارسنجی روش‌های مختلف تخمین متغیر مورد مطالعه

متغیر	RMSE%			R^2		
	نقشه‌ی ژئوفرم	نقشه‌ی کریجینگ	نقشه‌ی ترکیبی	نقشه‌ی ژئوفرم	نقشه‌ی کریجینگ	نقشه‌ی ترکیبی
ظرفیت زراعی	۲۴/۵۵	۲۴/۶۳	۲۴/۵۴	۰/۲۲	۰/۲۱	۰/۲۴

نگاهی به اطلاعات جدول ۲ حاکی از این موضوع است که مقدار RMSE% محاسبه‌شده برای ظرفیت زراعی توسط تخمینگر کریجینگ، بیش‌تر از تخمینگر نقشه‌ی ژئوفرم است. دلیل احتمالی این موضوع را می‌توان در مقدار نسبت همبستگی مکانی محاسبه‌شده برای این ویژگی (جدول۱) جست‌وجو نمود. بنابراین، می‌توان اظهار داشت که برخلاف ظهور روش‌های نوین (به‌ویژه در رابطه با تخمین ویژگی‌های خاک)، استفاده از نقشه‌های ژئوفرم (نقشه‌های سنتی خاک) هنوز به‌عنوان یک ابزار کارآمد و مفید در شناسایی الگوی تغییرپذیری خاک‌ها بایستی مد نظر قرار گیرد و هرگز نباید برچسب نوین بودن این روش‌ها موجب رهاسازی شیوه‌های سنتی مطالعه‌ی خاک گردد. کلکلی و همکاران (۱۳۹۳) بیان می‌نمایند که امروزه از دو روش سنتی و نوین (زمین‌آماری) برای تهیه‌ی نقشه‌های خاک استفاده می‌شود که اقبال به سمت روش‌های زمین‌آماری بیش‌تر از شیوه‌ی سنتی است؛ تا حدی که بسیاری از پژوهشگران، استفاده از تکنیک زمین‌آمار را حتی با فواصل نمونه‌برداری یا مساحت‌های زیاد، به روش سنتی ترجیح می‌دهند. ایشان هم‌چنین اظهار داشتند که نقشه‌های کریجینگ ویژگی‌های خاک‌های منطقه‌ی جیرفت اگرچه تغییرات را به‌صورت پیوسته و هماهنگ با تغییرات فرآیندهای ژئومرفیک نشان دادند؛ ولی تغییرات بین واحدها که در طبیعت به‌سادگی و به‌ویژه در مرز واحدها قابل تشخیص هستند توسط روش زمین‌آمار آشکار نشده بودند. بنابراین، روش‌های سنتی که بر پایه‌ی تفکیک زمین‌نما به واحدهای نسبتاً همگن استوار هستند، برای نشان دادن

تغییرات خاک، به‌ویژه در مساحت‌های بزرگ، مناسب می‌باشند. در حالی که، نشان دادن تغییرات پیوسته‌ی خاک که نیاز به تعداد زیادی نمونه دارد در مساحت‌های کوچک‌تر مناسب است.

منابع

علیزاده، ا. ۱۳۸۳. *فیزیک خاک*. انتشارات آستان قدس رضوی. ۴۴۰ صفحه.

کلکلی، م.، کریمی، ع.، حق‌نیا، غ. و اسفندیارپور بروجنی، ع. ۱۳۹۳. مقایسه‌ی زمین‌آماری و مرسوم در تعیین تغییرات برخی از ویژگی‌های خاک سطحی (مطالعه‌ی موردی: جیرفت، استان کرمان). نشریه‌ی آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد ۲۸ (شماره‌ی ۲)، ۳۶۴-۳۵۳.

مهبد، م. و زند پارسا، ش. ۱۳۹۰. تعیین مقدار رطوبت خاک در حالت ظرفیت زراعی در شرایط مزرعه و مقایسه‌ی آن با روش آزمایشگاهی. چهارمین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، ۱۳ و ۱۴ اردیبهشت، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران.

Cambardella, C.A., Moorman, T. B., Parkin, T. B., Karlen, D. L., Turco, R. F. and Konopka, A. E. 1994. Field scale variability of soil properties in Central Iowa soils. Soil Science Society of America Journal, 58: 1501-1511.

Cameron, D. R. 1978. Variability of soil water retention curves and predicted hydraulic conductivities on a small plot. Soil Science, 126: 364–371.

Givi, J., Prasher, S. O., and Patel, R. M. 2004. Evaluation of pedotransfer function in predicting the soil water content at field capacity and wilting point. Agricultural Water Management, 70: 83-96.

Goovaerts, P. 1999. Geostatistics in soil science: state-of-the-art and perspectives. Geoderma, 89: 1-45.

Heuvelink, G.B. and Bierkens, M. F. P. 1992. Combining soil maps with interpolation from point observations to predict quantitative soil properties. Geoderma, 55: 1-15.

Ju´nior, V.V., Carvalho, M.P., Dafonte, J., Freddi, O.S., Va´zquez, E.V. and Ingaramo, O.E. 2005. Spatial variability of soil water content and mechanical resistance of Brazilian Ferralsol. Soil and Tillage Research, 85: 166-177.

Nielsen, D. R., Biggar, J. W. and Erh, K. T. 1973. Spatial variability of field-measured soil water properties. Hilgardia, 42: 215-260 .

Schaap, M.G., Leij, F.J. and Van Genuchten, M.Th. 2001. Rosetta: a computer program for estimating soil hydraulic parameters with hierarchical pedotransfer functions. Journal of Hydrology, 251: 163–176.

Twarakavi, N. K. C., Masaru, S. and Simunek, J. 2009. An objective analysis of the dynamic nature of field capacity. Water Resources Research, 45: 104-110.

Veihmeyer, F.J. and Hendrickson, A.H. 1931. The moisture equivalent as a measure of the field capacity of soils. Soil Science, 32: 181-193.

Yang, R., Maob, H. and Shaoa, Y.G. 2009. An investigation on the distribution of eight hazardous heavy metals in the suburban farmland of China. Journal of Hazardous Materials, 167: 1246–1251.

Zink J.A. 1989. Physiography and Soils. Lecture notes for soil students. Soil Science Division, Soil Survey Courses Subject Matter: K6 ITC, Enschede, Netherlands.

Combining of the conventional and geostatistical mapping methods to estimate field capacity

Abstract

Due to the significance relationship of field capacity with optimum water and soil management, this study has estimated this property in geoform map units of some parts of Sarduieh area using the traditional soil mapping method, kriging method and their combination as single estimator. After calculating the estimated values and error variance of the studied variable using the mentioned estimators, their validation was conducted using coefficient of determination (R^2) and relative root mean square error (RMSE%). Results showed that the use of geoform map (traditional soil maps), should be considered as an efficient and useful tool in the detection of soil variability and should never new label of these methods to cause release traditional methods of soil study.

Keywords: Kriging, Soil map unit, Soil variability, Traditional soil mapping