مقایسه دو مدل فرکتالی تعداد-اندازه و جرم-اندازه در سنجش پایداری خاکدانه‌ها

سپیده مفیدی[۱]، مهدی همایی[۲]، ابراهیم پذیرا[۳]
۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه خاکشناسی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
۲- استاد گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
۳- استاد گروه خاکشناسی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

چکیده

حفاظت از منابع آب و خاک برای هر کشور، اهمیتی فراوان دارد. جلوگیری از تخریب به‌منظور حفاظت از خاک با حفظ پایداری خاکدانه‌ها امکان‌پذیر است. هدف از این پژوهش، مقایسه دو مدل فرکتالی تعداد-اندازه و جرم-اندازه ریو و اسپوزیتو در سنجش پایداری خاکدانه‌ها بود. بدین منظور، از یک منطقه زراعی ۳۰ نمونه تهیه و با کمک دو مدل فرکتالی تعداد-اندازه و جرم-اندازه ریو و اسپوزیتو، بُعد فرکتالی تعیین گردید. نتایج نشان داد که دامنه بُعد فرکتالی مدل جرم-اندازه ریو و اسپوزیتو بین ۲/۸۶ تا ۲/۹۹ و ضریب تبیین نیز در این مدل از ۰/۰۰۵ تا ۰/۹۸ متغیر بود. دامنه بُعد فرکتالی در مدل تعداد-اندازه ریو و اسپوزیتو نیز بین ۲/۳۴۸ تا ۳/۵۹۵ و ضریب تبیین بین ۰/۹۶ تا ۰/۹۹ متغیر بود. لیکن در بعضی از نمونه‌ها بُعد تعیین شده بیشتر از ۳ بود که می‌تواند به علت شکسته نشدن کامل خاکدانه‌ها در آزمایش سری الک‌ها باشد.

واژه‌های کلیدی: پایداری خاکدانه‌ها، ساختمان خاک، مدل فرکتالی ریو و اسپوزیتو

مقدمه

ساختمان خاک در خاک‌های کشاورزی به طور عمده تحت تأثیر فرآیندهای آب و هوایی، بیولوژیک و عوامل انسانی است. ساختمان خاک، اکوسیستمی را برای رشد گیاه، نگهداری آب، جریان گاز و فعالیت‌های بیولوژیک فراهم می‌کند. بنابراین در مدیریت خاک‌های کشاورزی باید ساختمان خاک حفظ شود (Odaes, 1993). به توانایی یک خاک در نگهداری آرایش ذرات جامد و آرایش فضایی بین آنها در هنگام مواجه شدن با تنش‌های مختلف، پایداری ساختمان خاک گویند (Patton *et al.*, 2001). پایداری ساختمان خاک شاخصی دقیق برای ارزیابی کیفیت خاک در برنامه‌ریزی و استفاده بهینه از آن است. خاکدانه‌سازی و پایداری ساختمان خاک، نتیجه برهم کنش عوامل زیادی چون عوامل محیطی، مدیریت، گیاه، ویژگی‌های ذاتی خاک، فرآیندهای زیستی و غیرزیستی می‌باشد (Mbagwu and Bazzoffi, 1998). آزمایش‌هایی که برای تعیین پایداری خاکدانه‌ها صورت می‌گیرد، در جهتی هستند که پایداری و مقاومت آن‌ها را در شرایط مختلف معلوم سازند. روش‌های انتخابی باید دارای بیشترین دقت در تعیین پایداری خاک باشند به گونه‌ای که پایداری خاکی را که دارای ساختمان خوب از نظر زراعی است پایین تعیین نکند. نظریه فرکتالی ابزاری سودمند برای مدل کردن پدیده‌های پیچیده است (Tyler and Wheatcraft, 1992). فرکتال‌ها برای کمّی کردن غیریکنواختی، اعواج و پیوستگی منافذ و ذرات جامد خاک در برش‌های نازک و یا رابطه توانی تعداد - اندازه به دست آمده از فرآیند خرد شدن، به کار گرفته می‌شوند (Young *et al.*, 2001). پیش‌بینی اثر هندسه پیچیده ساختمان خاک بر برخی فرآیندهای خاک نیز با فرکتال‌ها میسر است. بُعد فرکتالی جرمی (D_m) رابطه جرم - اندازه خاکدانه‌ها، ذرات خاک و منافذ را نشان داده و غیر یکنواختی را کمّی می‌کند حال آن که بُعد فرکتالی طیفی شاخصی از پیوستگی و اعوجاج می‌باشد (Young *et al.*, 2001). نظریه فرکتال‌ها را می‌توان به عنوان ابزاری مناسب، برای مدل‌ها و تفسیر فیزیکی پارامترهای آن‌ها به کار برد (Huang and Zhang, 2005). فرکتال‌ها برای بیان کمّی روابط فیزیکی خاک و آب نیز

مورد استفاده قرار می‌گیرد (Gimenez *et al.*, 1997). Xu و Dong (۲۰۰۴) نشان دادند که توزیع اندازه ذرات و توزیع اندازه منافذ خاک، از مدل فرکتالی تبعیت کرده و بُعد فرکتالی در هر دو آنها یکسان بوده است. پس اگر توزیع اندازه منافذ اندازه‌گیری نشده باشد، می‌توان از بُعد فرکتالی توزیع اندازه ذرات به جای بُعد فرکتالی توزیع اندازه منافذ استفاده کرد. Salako (۲۰۰۶) به بررسی مقیاس فرکتالی ذرات خاک در زمین‌های هموار و بدون پوشش گیاهی نیجریه پرداخت و نشان داد که مقدار بُعد فرکتالی با ذرات خاک رابطه مستقیم دارد. Sepaskhah و همکاران (۲۰۰۰) بُعد فراکتالی تعداد -اندازه و بُعد فراکتالی جرم-اندازه و میانگین وزنی قطر را به عنوان معیاری از پایداری خاکدانه‌ها با هم مقایسه و مشاهده کردند که ابعاد فراکتالی با افزایش کاربرد مالچ کاهش می‌یابد که مشخص کننده افزایش پایداری خاکدانه‌ها در نتیجه افزودن مالچ می‌باشد. بنابراین به منظور سنجش کمّی ساختمان خاک، استفاده از مدل‌های فرکتالی کارآمد و مفید می‌باشند. بدین منظور هدف از این پژوهش مقایسه دو مدل فرکتالی تعداد-اندازه و جرم-اندازه ریو و اسپوزیتو در سنجش پایداری خاکدانه‌ها بود.

مواد و روش‌ها

نمونه‌های مورد نظر از یک خاک زراعی برداشت و در کیسه‌هایی جهت ارسال به آزمایشگاه قرار داده شد. همچنین برای اندازه‌گیری جرم ویژه ظاهری، نمونه‌برداری با استفاده از استوانه‌های فلزی مخصوص انجام شد. در آزمایشگاه ابتدا با هوا خشک کردن نمونه‌ها، سنگریزه‌های درشت، ریشه و بقایای گیاهی تاجای ممکن از نمونه جدا گردید. سپس مجموعه الک‌ها با قطرهای (۰/۴۲، ۰/۸۴، ۲، ۴/۷، ۶/۴، ۱۲/۷ و ۳۸) برای انجام آزمایش سری الک خشک بر روی هم قرار داده شد. پس از آن نمونه خاک خشک، بر روی الک بالایی ریخته و مجموعه الک‌ها برای مدتی معلوم (استاندارد) تکان داده شدند تا دانه‌های خاک از آن عبور کنند. سپس با استفاده از دو مدل تعداد-اندازه و جرم-اندازه ریو و اسپوزیتو بُعد فرکتالی خاکدانه‌ها تعیین و پایداری خاکدانه‌ها با یکدیگرمقایسه شد. سپس براساس ضریب تبیین بدست آمده کارایی دو مدل مقایسه گردید. مدل‌های تعداد-اندازه و جرم-اندازه ریو اسپوزیتو را می‌توان بصورت زیر نوشت:

$$\frac{\rho_i}{\rho_0} = \left(\frac{d_i}{d_0}\right)^{D_m - 3} \qquad (۱)$$

که در آن ρ_i جرم ویژه ظاهری کلاس اندازه iام (Mg/m^3)، ρ_o جرم ویژه ظاهری بزرگترین خاکدانه (Mg/m^3)، d_i میانگین قطر خاکدانه‌های کلاس اندازه iام (mm)، d_0 میانگین قطر بزرگترین خاکدانه (mm) و D_m بُعد فرکتالی جرم می‌باشد.

$$\sum \frac{M(d_i)}{(d_i^{\,3}\rho_i)} = A d_k^{\,-D_f} \qquad (۲)$$

که در آن dk میانگین قطر خاکدانه‌ها برای کلاس k ام (mm)، A ثابت مدل، di میانگین قطر خاکدانه‌ها (m)، $M(di)$ جرم خاکدانه (kg) و ρi جرم ویژه ظاهری است.

نتایج و بحث

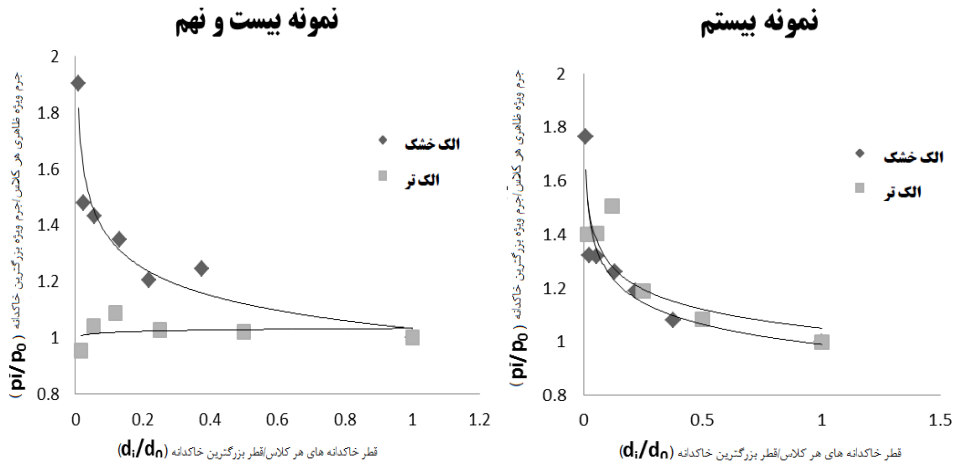
جدول ۱ دامنه بُعدهای بدست آمده در دو حال الک خشک و تر برای دو مدل تعداد-اندازه و جرم-اندازه ریو و اسپوزیتو را نشان می‌دهد. همان‌طور که از جدول مشخص است در مدل تعداد-اندازه بعضی بُعدها بیشتر از ۳ بدست آمده که ممکن است ناشی از خرد نشدن کامل خاکدانه‌ها هنگام آزمایش الک‌ها باشد. تفاوت بین بُعد مدل تعداد-اندازه و جرم-اندازه بیانگر میزان

خرد شدن خاکدانه‌ها را نشان می‌دهد که هرچه این تفاوت کمتر باشد خردشدگی بیشتر خواهد بود. این یافته با پژوهش انجام شده توسط Filgueira *et al.* (۱۹۹۹) همخوانی دارد.

جدول ۱- دامنه بُعد فرکتالی مدل‌های مورد بررسی

مدل مورد استفاده	الک خشک				الک تر			
	کمترین		بیشترین		کمترین		بیشترین	
	شماره نمونه	مقدار	شماره نمونه	مقدار	شماره نمونه	مقدار	شماره نمونه	مقدار
جرم-اندازه	۳	۲/۸۵	۹	۲/۲۹	۳۰	۲/۹۰	۲۲	۲/۹۹
تعداد-اندازه	۲۴	۲/۷۶	۱۹	۳/۵۹	۲۰	۲/۳۴	۹	۳/۱۸

به منظور تعیین بُعد فرکتالی جرم-اندازه، مدلی غیر خطی به داده‌ها برازش داده شد و به منظور محاسبه بُعد تعداد-اندازه برازش خطی انجام گرفت. که براین اساس پایدارترین و ناپایدارترین نمونه مدل براساس میزان فاصله دو منحنی حالت تر و خشک مشخص گردید. شکل ۱ پایدارترین و ناپایدارترین نمونه‌ها را براساس مدل جرم-اندازه نشان می‌دهد. با توجه به شکل ۱ فاصله دو منحنی خشک و تر در نمونه بیستم نسبت به سایر نمونه‌ها کمتر بوده بنابراین این نمونه پایدارترین ساختمان را داشته است.



شکل ۱- پایدارترین و ناپایدارترین نمونه براساس مدل جرم-اندازه ریو و اسپوزیتو

با توجه به نتایج بدست آمده براساس مدل تعداد-اندازه، تعداد تجمعی خاکدانه‌ها با قطر خاکدانه‌ها رابطه معکوس دارد. یعنی با افزایش قطر خاکدانه‌ها، از تعداد تجمعی خاکدانه‌ها کاسته می‌شود. جدول ۲ دامنه ضریب تبیین دو مدل مورد بررسی را نشان می‌دهد. بر پایه این جدول، بیشترین ضریب تبیین مربوط به مدل تعداد-اندازه ریو و اسپوزیتو می‌باشد. بنابراین این مدل توانسته است ساختمان خاک نمونه‌های مورد بررسی را بهتر از مدل دیگر به صورت کمّی بیان کند. Chepil (۱۹۵۰) دامنه ضریب تبیین مدل جرم-اندازه را ۰/۷۸ تا ۰/۹۲ و Eghball *et al.* (۱۹۹۳) دامنه ضریب تبیین مدل جرم-اندازه را ۰/۷۹ تا ۰/۸۸ گزارش و بیان کردند مدل جرم-اندازه تحت تأثیر بافت خاک بوده و با تغییر بافت تغییر می‌کند.

جدول ۲- دامنه ضریب تبیین مدل‌های مورد بررس برای خاکدانه‌ها

مدل مورد استفاده	الک خشک		الک تر	
	کمترین	بیشترین	کمترین	بیشترین
جرم-اندازه	۰/۷۹	۰/۹۸	۰/۰۰۵	۰/۹۴
تعداد-اندازه	۰/۹۷	۰/۹۹	۰/۹۶	۰/۹۹

منابع

Chepil W.S. 1950. Methods of estimating apparent density of discrete soil grains and aggregates. Soil Sci. 70: 351±362.

Eghball B., Mielke L.N., Calvo G.A., and Wilhelm W.W. 1993. Fractal description of soil fragmentation for various tillage methods and crop sequences. Soil. Sci. Soc. Am. J. 57: 1337±1341.

Filgueira R.R., Fournier L.L., Sarli G.O., Aagon A. and Rawals W.J. 1999. Sensivity of fractal parameters of soil aggregates to different management practices in a Phaeozem in centeral Argentina. Soil Till. Res. 52: 217-222.

Huang G. and Zhang R. 2005. Evaluation of soil water retention curve with the pore-solid fractal model. Geoderma. 127: 52-61.

Gimenez D. Allmaras R.R. Huggins D.R. and Nater E.A. 1997b. Prediction of the saturated hydraulic conductivity-porosity dependence using fractals. Soil Sci. Soc. Am. J., 61: 1285–1292.

Mbagwu J.S.C. and Bazzoffi P. 1998. Soil characteristics related to resistance of breackdown of dry soil aggregates by eater drops. Soil Till. Res. 45: 133-145.

Odaes J. M. 1993. The role of biology in the formation, stabilization and degradation of soil structure. Geoderma, 56: 377-400.

Patton J. J., Burras L., Konen M. E. and Molstad N. E. 2001. An Accurate and Inexpensive Apparatus and Method for Teaching and Measuring Stable Aggregate Content of Soils. J. Nat. Resour. Life Sci. Educ., Vol. 30: 84-88.

Salako, F. K. 2006. Fractal scaling of soil particles in agricultural landscapes of Nigerian savannas. Int. Agrophysics, 20: 337-344.

Sepaskhah A., Moosavi S. and Boersma L. 2000. Evaluation of fractal dimensions for analysis of aggregate stability. Iran Agricultural Research. 19: 99-114.

Tyler S.W. and Wheatcraft S.W. 1992. Fractal scaling of soil particle-size distributions: analysis and limitations. Soil Sci. Soc. Am. J., 56: 362-369.

Xu, Y.F. and Dong, P. 2004. Fractal approach to hydraulic properties in unsaturated porous media. Chaos, Solitions and Fractals. 19: 327-337.

Young I. M., Crawford J. W. and Rappoldt C. 2001. New method and models for characterizing structural heterogeneity of soil. Soil Till. Res., 61: 33-45.

Comparing two fractal models of number-size and mass-size for evaluating aggregate stability

S. Mofidi, M. Homaee, E. Pazira
M.Sc. Student, Department of Soil Science, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
Professor, Department of Irrigation and Drainage, Tarbiat modares University, Tehran, Iran
Professor, Department of Soil Science, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Abstract
Soil and water resources conservation is of great importance for any country. For preventing soil degradation, aggregate stability must be taken into account. The objective of this study was to compare two fractal models including number-size and mass-size proposed by Rieu and Sposito to evaluate soil aggregate stability. For this purpose, 30 soil samples were taken from large agricultural area. Furthermore, two fractal models including the number-size and mass-size of Rieu and Sposito were used to obtain the fractal dimensions. Results indicated that the fractal dimension for mass-size of Rieu and Sposito model varies between 2.86 to 2.99. Coefficient of determination for this model was between 0.005 to 0.95. fractal dimension was obtained between 2.348 to 3.598 for number-size model of Rieu and Sposito. Coefficient of determination in this case was between 0.96 to 0.99. Results further indicated that for some samples the fractal dimension was larger than 3, which can be related to those soil aggregates which did not fully broken down during the wet sieve experiment.

Keywords: aggregate stability, soil structure, Rieu and Sposito fractal model