تعیین پایداری ساختمان خاک با کمک بُعد فرکتالی

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

چکیده

ساختمان خاک از ویژگی‌های پویای خاک است که فرآیند تشکیل و پایداری آن پیچیده و به عواملی گوناگون وابسته می‌باشد. توصیف ساختمان خاک به علت تأثیر اندازه، شکل و مقاومت ذرات ثانویه بر کشاورزی و محیط‌زیست، اهمیت فراوانی دارد. به‌منظور سنجش میزان پایداری ساختمان‌های مختلف، به کمّی‌سازی ساختمان خاک نیاز است. هدف از این پژوهش استفاده از بُعد فرکتالی در کمّی‌سازی ساختمان خاک بود. بدین منظور، تعداد ۳۰ نمونه خاک جمع‌آوری و برای انجام آزمایش‌های مورد نظر به آزمایشگاه ارسال و سپس بُعد فرکتالی خاکدانه‌ها محاسبه گردید. نتایج نشان داد که دامنه بُعد فرکتالی محاسبه شده در حالت خشک از ۲/۵۳ تا ۲/۷۸ و در حالت تر از ۲/۲۴ تا ۲/۵۵ متغیر است. نتایج همچنین نشان داد که با افزایش اختلاف بُعد خشک و تر، پایداری خاکدانه‌ها کاهش و ناپایداری آن‌ها افزایش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: پایداری خاکدانه، کمّی‌سازی، بُعد فرکتالی

مقدمه

حساسیت یک خاک در مقابل تخریب ساختمان، معیاری برای تعیین استعداد زراعی خاک است. این حساسیت، با مفهوم پایداری ساختمان فیزیکی خاک مشخص می‌گردد که استعداد در پایداری یا دوام اجزای ساختمانی را نشان می‌دهد (Amezketa *et al.*, 2003). توصیف ساختمان خاک به علت تأثیر اندازه، شکل و مقاومت ذرات ثانویه (خاکدانه، پدون و کلوخه) بر کشاورزی و محیط‌زیست، اهمیت فراوانی دارد (Diaz-Zorita *et al.*, 2002). پایداری خاکدانه بیانگر مقاومت خاک در برابر عوامل تخریب کننده از قبیل مرطوب شدن، انرژی جنبشی قطرات باران و کشت و کار است. از این رو مقدار خاکدانه‌های تخریب شده به استحکام نیروهای چسبنده و نگهدارنده ذرات به یکدیگر و بزرگی نیروهای تخریب کننده بستگی دارد (Mbagwu and Bazzoffi, 1998). امروزه استفاده از هندسه فرکتالی و بُعد فرکتالی، در شناخت غیریکنواختی موجود در محیط‌های طبیعی رایج شده است (Kutlu *et al.*, 2008). Prosperini و Perugini (۲۰۰۸) با کمک مدل عددی و آنالیز فرکتالی به تعیین توزیع اندازه ذرات خاک در منطقه آمبریای ایتالیا پرداختند و بیان کردند، استفاده از مدل‌های فرکتالی می‌تواند راهکار مناسبی برای درک پدیده‌های پیچیده خاک باشد. در این پژوهش از مدل‌های فرکتالی Turcotte (۱۹۸۶) و Tyler و Wheatcraft (۱۹۹۲) استفاده شده است. 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 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. بنابراین با توجه به اهمیت دانستن میزان پایداری خاکدانه‌ها در برنامه‌ریزی طرح‌های مدیریتی، هدف از این پژوهش تعیین پایداری خاکدانه‌ها با

مدل فرکتالی Tyler و Wheatcraft (۱۹۹۲) بود تا با کمّی کردن میزان پایداری، خاکدانه‌ها از نظر مقاومت به راحتی قابل مقایسه گردند.

مواد و روش‌ها

۳۰ نمونه خاک از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری، به صورت نمونه‌های دست خورده و دست نخورده تهیه و به آزمایشگاه منتقل گردید. سپس جرم ویژه ظاهری و رطوبت نمونه‌ها تعیین گردید. آنگاه با استفاده از روش الک‌تر و خشک و با کمک مدل فرکتالی Tyler و Wheatcraft، بُعد فرکتالی خاکدانه‌ها تعیین شد. در نهایت با تعیین درصد پایداری و درصد ناپایداری خاکدانه‌ها، نمونه‌ها با یکدیگر مقایسه شدند. مدل فرکتالی Tyler و Wheatcraft با استفاده از رابطه (۱) محاسبه می گردد:

$$\frac{M(r<R)}{M_t}=(\frac{r}{RL})^{3-D_m} \quad (۱)$$

که در آن D_m بُعد فرکتال جرمی، $M(r<R)$ جرم تجمعی خاکدانه‌ها بر روی الک با اندازه‌های کوچکتر از R (g)، Mt جرم خاکدانه‌ها (g)، RL بالاترین اندازه منفذ غربال (mm)، R قطر الک در هر کلاس و r میانگین قطر خاکدانه‌ها در هر کلاس (mm) می‌باشد.

برای تعیین درصد پایداری خاکدانه‌ها در مدل‌های فرکتالی، نسبت بُعد بدست آمده در حالت تر به بُعد بدست آمده در حالت خشک با استفاده از رابطه (۲) محاسبه گردید:

$$AS=\frac{D_w}{D_D}\times 100 \quad (۲)$$

که در آن AS (Aggregate Stability) درصد پایداری خاکدانه‌ها، D_w بُعد فرکتالی در حالت الک تر و D_D بُعد فرکتالی در حالت الک خشک می‌باشد.

برای تعیین درصد ناپایداری خاکدانه‌ها، نسبت اختلاف حالت تر و خشک بر مقدار بدست آمده در حالت خشک با استفاده از رابطه (۳) محاسبه گردید:

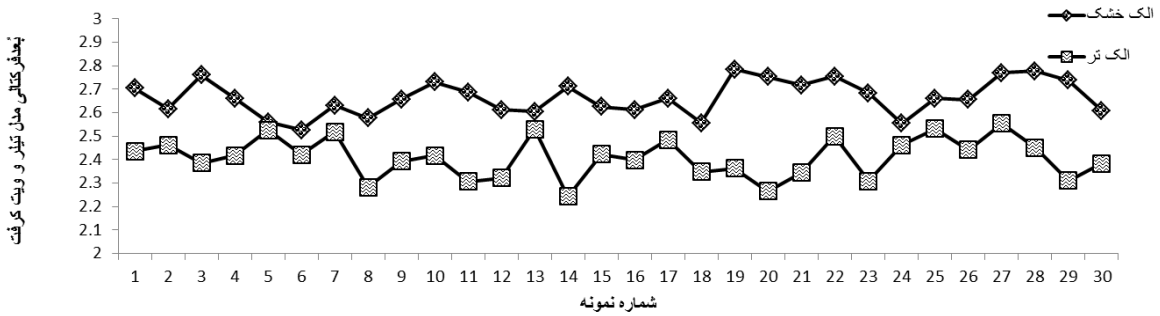
$$nS=\frac{D_D-D_w}{D_D}\times 100 \quad (۳)$$

که در آن nS درصد ناپایداری خاکدانه‌ها، D_w بُعد فرکتالی در حالت الک تر و D_D بُعد فرکتالی در حالت الک خشک می‌باشد.

نتایج و بحث

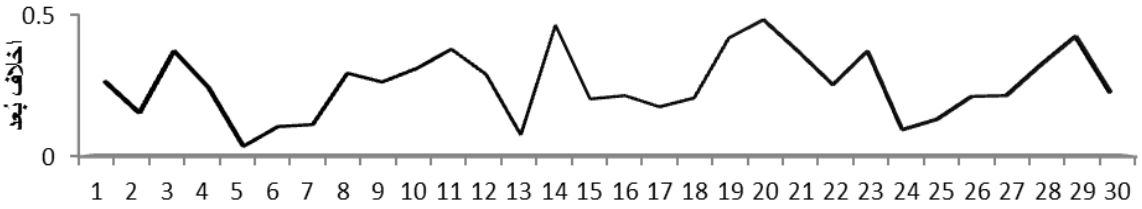
شکل ۱ بُعدهای بدست آمده در حالت سری الک خشک و تر را نشان می‌دهد. کمترین و بیشترین مقدار بُعد فرکتالی در حالت خشک به ترتیب مربوط به نمونه‌های ششم و نوزدهم با مقدار بُعد ۲/۵۲ و ۲/۷۸ و براساس الک تر کمترین و بیشترین

بُعد به ترتیب مربوط به نمونه‌های چهاردهم و بیست‌وهفتم با مقدار بُعد ۲/۲۴ و ۲/۵۵ بود. مقادیر بُعدهای بدست آمده در حالت تر و خشک زیر ۳ بوده که نشاندهنده قابلیت مناسب این مدل در بیان پایداری خاکدانه‌های مورد بررسی می‌باشد.



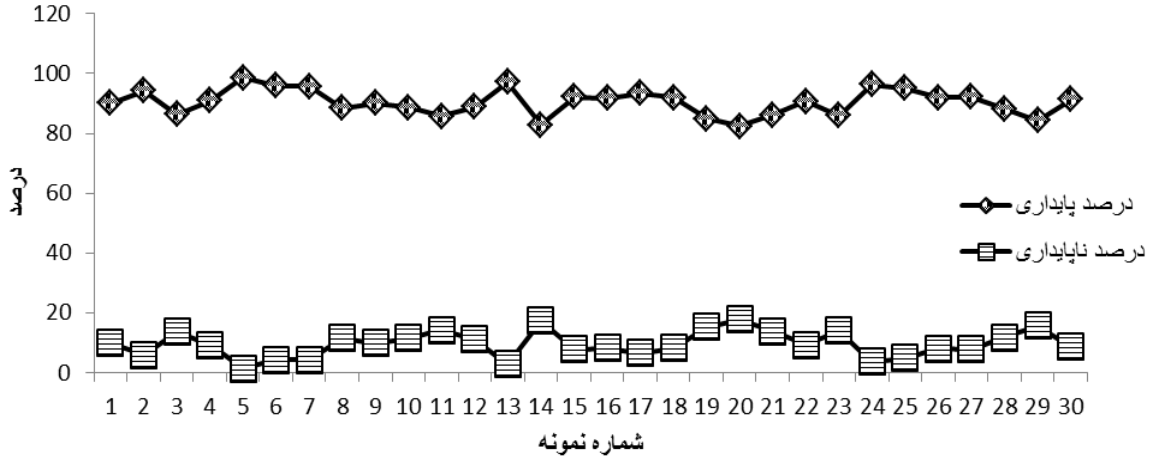
شکل ۱- بُعد فرکتالی نمونه‌های مورد آزمون در دو حالت خشک و تر

سپس به منظور تعیین میزان پایداری خاکدانه ها براساس این مدل، اختلاف بُعد در حالت خشک و تر بدست آمد که نتایج در شکل ۲ ارائه شده است. براساس این شکل، نمونه پنجم کمترین اختلاف بُعد و نمونه بیستم بیشترین اختلاف بُعد را داشته است. بنابراین نمونه پنجم پایدارترین نمونه می‌باشد.



شکل ۲- اختلاف بُعد فرکتالی نمونه‌های مورد آزمون در دو حالت خشک و تر

با محاسبه درصد پایداری و ناپایداری نمونه‌ها با استفاده از روابط ۲ و ۳ مشخص گردید نمونه‌هایی که دارای درصد پایداری بیشتری بودند، بُعد فرکتالی کمتر و بدنبال آن درصد ناپایداری کمتری داشتند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت با کاهش بُعد فرکتالی جرم-اندازه، درصد پایداری خاکدانه‌ها افزایش می‌یابد و خاک از ساختمان بهتری برخوردار است. این یافته با پژوهش Ahmadi *et al.* (۲۰۱۱) که به بررسی توانایی بُعد فرکتالی در تعیین شاخص فرسایش‌پذیری خاک پرداختند همخوانی دارد. این موضوع در شکل ۳ که در آن درصدهای پایداری و ناپایداری نمونه‌ها نشان داده شده، بخوبی آشکار است. براساس این شکل، در قسمت‌هایی که منحنی درصد پایداری زیاد شده، منحنی درصد ناپایداری کم شده است. نمونه پنجم در این شکل نیز با شکل ۲ مطابقت داشته و بیشترین درصد پایداری با مقدار ۹۸/۶۹ را به خود اختصاص داده است و تأکیدی بر افزایش پایداری با کاهش بُعد می‌باشد.



شکل ۳- درصد پایداری و ناپایداری مدل Tyler و Wheatcraft

بنابراین باتوجه به آسانی مدل Tyler و Wheatcraft و به علت کم بودن پارامترهای موجود در آن و نیز بدست آمدن بُعدهای کمتر از ۳ برای همه نمونه‌ها، استفاده از این مدل در کمّی‌سازی ساختمان خاک پیشنهاد می‌شود.

منابع

Ahmadi A., Neyshabouri M.R., Rouhipour H. and Asadi H. 2011. Fractal dimension of soil aggregates as an index of soil erodibility. Hydrology, 400: 305-311.

Amezketa E., Arguos R., Carranza R. and Urgel B. 2003. Macro and micro aggregate stability of soils determined by a combination of wet seving and laser-ray differection. Spanish. Agriculture Research, 4 (1): 83-94

Diaz-Zorita M., Perfect E. and Grove J.H. 2002. Disruptive methods for assessing soil structure. Soil Till. Res, 64: 3-22.

Kutlu T, Ersahin S. and Yetgin B. 2008. Relations between solid fractal dimension and some physical properties of soils formed over alluvial and colluvial deposits. Food Agri Environment, 6:445-449.

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.

Prosperini N., Perugini D. 2008. Particle size distributions of some soils from the Umbria Region (Italy): Fractal analysis and numerical modeling. Geoderma, 145: 185–195.

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

Determining soil structural stability using fractal dimension

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 structure is a dynamic property of soil and its formation process is complicated and depends on different factors. Description of soil structure is of great importance because several factors are influencing the size, shape and strength of the secondary particles. Quantification of soil structure is needed for measuring the stability of different soil aggregates. The objective of this study was to assess the fractal model of Tyler and Wheatcraft to quantify the soil structure. Consequently, a number of 30 soil samples were collected from top 0-30 cm of different agricultural farms and transferred to the laboratory for performing the required analyses the fractal dimensions of all aggregates were then obtained by using these two fractal models. Results indicated that the dimension of fractal model of Tyler and Wheatcraft varies from 2.53 to 2.78 in the dry sieves and from 2.24 to 2.55 in the wet sieve series. The results further indicated that by decreasing the dimensions, in both dry and wet conditions, the stability of aggregates decreased.

Keywords: Aggregate stability, Quantification, Fractal dimension