ارزیابی پایداری ساختمان خاک در کاربری های مختلف با استفاده از روش فرکتال

علی اصغر ذوالفقاری*[۱]، محمدعلی حاج عباسی[۲]، علی اکبر زاده[۳] و راضیه خلیلی راد[۴]

۱- دانشجوی دکتری فیزیک و حفاظت خاک دانشگاه تهران، ۲- دانشیار گروه خاکشناسی دانشگاه صنعتی اصفهان،۳- فارغ التحصیل کارشناسی ارشد دانشگاه تهران و۴- فارغ التحصیل کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت مدرس.

مقدمه

پیشرفت های اخیر در زمینه تئوری فرکتال شاخص جدیدی بنام بعد فرکتال (Fractal dimension) را معرفی کرده است که ممکن است برای توصیف توزیع اندازه ای خاکدانه ها مفید واقع شود[۱و۲].مطابق با نظر مندلبورت (۱۹۸۲) فرکتالها توسط رابطه نمائی بین تعداد و اندازه هدف توصیف می گردند. مقدار بعد فرکتال (D) از رابطه زیر بدست می‌آید. $N > x = K(x)^{-D}$ ،که N>x تعداد تجمعی اهداف بزرگتر از x ، D بعد فرکتال و K ثابتی مساوی با $N>x$ زمانیکه x=۱ باشد. مقادیر D به شکل هدف‌ها (خاکدانه‌ها) بستگی دارد مقادیر بیشتر D نشاندهنده تجزیه بیشتر خاکدانه‌ها می‌باشد.پرفکت و همکاران(۱۹۹۲) بُعد فرکتال را با استفاده از دو روش شمارش و وزن خاکدانه‌های باقیمانده در هر الک برآورد کردند. این محققین نشان دادند که بین این دو روش یک رابطه خطی معنی داری (R^2 =۰/۹۳)وجود دارد[۲].

مواد وروشها

تحقیق حاضر در دو عرصه مرتع و جنگل در دو منطقه فریدون شهر (مرتع) و لردگان (جنگل) صورت گرفت در هر عرصه دو کاربری دست خوردگی و دست نخوردگی انتخاب شد. گیاه غالب منطقه اول(مرتع) گون و کشت غالب منطقه در زمین کشاورزی یونجه و حبوبات می‌باشد . پوشش گیاهی غالب منطقه دوم(جنگل) درخت بلوط کشت غالب منطقه در زمین کشاورزی دیم‌زار گندم و جو می‌باشد. نمونه برداری از هر عرصه از سه ایستگاه و از دو عمق ۷-۰ و ۱۵-۷ سانتیمتری انجام شد. در این مطالعه پایداری خاکدانه‌ها به روش الک تر و با استفاده از میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها.

تخمین بعد فرکتال

برای محاسبه تعداد خاکدانه‌ها باقی مانده در روی iامین الک از شبکه الک‌ها با استفاده از داده‌های وزنی خاکدانه می‌توان از معادله زیر استفاده کرد(۲): $N_i = \frac{M(x_i)}{x_i^3}$ ،که N_i تعداد خاکدانه‌های باقی مانده در iامین الک از شبکه الک‌ها، $M(x_i)$ وزن خاکدانه‌ها بر حسب گرم در روی iامین الک و x_i اندازه خاکدانه‌ها برحسب میلیمتر می‌باشد. در نتیجه معادله زیر، با فرض ثابت بودن شکل و چگالی خاکدانه ها در روی هر الک برای تخمین بُعد فرکتال بدست می آید. $\sum_{x=1}^{x} \frac{M(x)}{x^3} = K_c x^{-D}$ ،که $M(x)$ خاکدانه‌ها با سایز x ، D بُعد *فرکتال* و K ثابتی مساوی با *تعداد خاکدانه‌ها* زمانی‌که x=۱ باشد. با لگاریتم گرفتن از طرفین معادله می توان $\log[M(x)/x^3]$ در مقابل logx رسم نمود که شیب خط بدست آمده مقدار منفی بُعد فرکتال و عرض از مبدا خط مقدار K_C را نشان می‌دهد. در این مطالعه از داده‌های الک تر برای تعیین بُعد فرکتال استفاده شد. برای اینکار مقدار تجمعی $M(x)/x^3$ (تعداد تجمعی خاکدانه‌های هر الک) که شامل الک‌های ۲، ۱، ۰/۵ ، ۰/۲۵ ، و ۰/۱ بود، بدست آمد. در مرحله بعد، لگاریتم مقادیر تجمعی $M(x)/x^3$ برای هر الک در مقابل لگاریتم x همان الک رسم شد و بهترین خط رگرسیون برای تعین بُعد فرکتال برازش داده شد [۱].

نتایج و بحث

چون اختلاف معنی داری در عمق های مختلف دیده نشد بنابراین از میانگین داده ها برای تجزیه و تحلیل آماری استفاده شد.تبدیل اراضی جنگلی و مرتع به زمین کشاورزی سبب افزایش بعد فرکتال گردیده است(جدول ۱) و این بیانگر تجزیه یا شکستگی بالاتر خاکدانه ها می‌باشد. بُعد فرکتال صفر، نشان‌دهنده خاکدانه‌های درشت ولی با تعداد بسیار اندک است. و هر چه بعد فرکتال افزایش یابد، یعنِی تعداد خاکدانه‌ها افزایش یافته و اندازه آن‌ها کوچکتر شده است این نتایج مشابه نتایج پیرمرادیان و همکاران بود[۲]. لذا می‌توان نتیجه گرفت که تغییر در کاربری اراضی و انجام شخم سبب افزایش تعداد خاکدانه‌های با اندازه کوچکتر می‌شود. برای کلیه خاک‌ها (جنگل و مرتع) معادله لگاریتمی زیر بین MWD و بعد فرکتال فیت شد $D= -۰/۶۱ ln(MWD) +۲/۶۹$ این معادله بیانگر اینست که بطورکلی رابطه بین MWD و بعد فرکتال منفی است و یعنی با افزایش بعد فرکتال، MWD کاهش می‌یابد.

جدول ۱- تغییرات بعد فرکتال و MWD در مرتع و جنگل*

نوع کاربری	بُعد فرکتال در مرتع(بدون واحد)	بعد فرکتال در جنگل (بدون واحد)	MWD در جنگل (mm)	MWD در مرتع (mm)
دست نخورده	۳/۳۱ a	۳ a	۰/۵۸۸ a	۰/۴۲۰ a
دست خورده	۳/۵۶ b	۳/۴۵ b	۰/۳۱۰ b	۰/۲۶۰ b
ضریب پراکندگی(CV)	٪۷	٪۶	٪۴۰	٪۴۵

*حروف مختلف در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح ۱٪ می باشد.

بُعد فرکتال در خاک‌های دست‌خورده و دست‌نخورده جنگل و مرتع ضریب پراکندگی کمتری را نسبت به MWD نشان می‌دهد. این ضریب نشان می‌دهد که انحراف معیار نسبت به میانگین در داده‌های بُعد فرکتال کمتر از داده‌های مربوط به MWD بوده و لذا استفاده از روش محاسبه بُعد فرکتال برای تعیین ارزیابی ساختمان خاک پراکندگی کمتر را خواهد داشت.

جدول ۲- ماتریس همبستگی بین پارامترهای فیزیکی مختلف

متغیر	بُعد فرکتال	MWD	هدایت هیدرولیکی	ماده آلی	چگالی ظاهری
بُعد فرکتال	۱				
MWD	-۰/۸۱***	۱			
هدایت هیدرولیکی	-۰/۶**	۰/۵۶**	۱		
ماده آلی	-۰/۷***	۰۶۴***	۰/۵۹**	۱	
چگالی ظاهری	۰/۶۴***	-۰/۶۸***	n.s-۰/۱۳	-۰/۴۵*	۱

*نشان دهنده معنی دار شدن در سطح ۰/۰۵ می‌باشد ،** نشان دهنده معنی دار شدن در سطح ۰/۰۱ می‌باشد، *** نشان دهنده معنی دار شدن در سطح ۰/۰۰۱ می باشد و n.s نشان دهنده معنی دار نبودن می‌باشد.

همبستگی بین بعد فرکتال با میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها، هدایت هیدرولیکی و ماده آلی منفی بود(جدول ۲). این مطلب نشان میدهد که با افزایش بعد فرکتال کلیه فاکتورهای مذکور کاهش می‌یابد. اما همبستگی بین بعد فرکتال و چگالی ظاهری خاک مثبت بودکه نشان می‌دهد با افزایش بعد فرکتال چگالی ظاهری خاک افزایش می‌یابد. با مقایسه همبستگی‌های بین میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها با دیگر خصوصیات فیزیکی و همبستگی بین فرکتال با همان خصوصیات فیزیکی مشخص می‌گردد که هر جاییکه همبستگی بین میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها و پارامتر فیزیکی مورد نظر مثبت است، همبستگی بین فرکتال و آن پارامتر منفی می‌باشد. این مطلب بیانگر اینست که بر خلاف میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها، که افزایش این پارامتر نشاندهنده پایداری بیشتر خاکدانه‌ها و بدنبال آن بهبود برخی از خصوصیات فیزیکی است، افزایش بعد فرکتال نشاندهنده افزایش تجزیه خاکدانه‌های بزرگتر به خاکدانه‌های کوچکتر و در نتیجه

کاهش عواملی چون هدایت هیدرولیکی، میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها و ماده آلی و افزایش پارامترهایی از قبیل چگالی ظاهری می‌باشد.

منابع

[1] Perfect, E., V. Rasiah and B. D. Kay. 1992. Fractal Dimensions of soil aggregate-size distributions calculated by number and mass. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 56:1407-1409.

[2] Pirmoradian, N., A. R. Sepaskhah and M. A. Hajabbasi. 2005. Application of fractal theory to quantify soil aggregate stability as influence by tillage treatments. *Biosystems Engineering*. 90(2):227-234.