تعیین و مقایسه بعد فرکتالی منحنی توزیع اندازه ذرات و منحنی رطوبتی خاک

محمود فاضلی سنگانی[1]، مهدی شرفا[2]، ابولفضل آبکار[3]

1- دانشجوی دکتری خاکشناسی دانشگاه فردوسی مشهد

2- استادیار خاکشناسی دانشگاه تهران

3- دانشجوی کارشناسی ارشد خاکشناسی دانشگاه صنعتی شاهرود

(Email: mahmoodfazelisangani@gmail.com)

چکیده

مدل‌های زیادی بر مبنای هندسه فرکتال برای اندازه گیری خصوصیات و فرآیندهای خاک توسط محققین ارائه شده است. در این پژوهش، بعد فرکتالی توزیع اندازه ذرات و منحنی رطوبتی خاک در40 نمونه خاک سطحی با استفاده از مدل‌های فرکتالی تعیین گردید. نتایج نشان داد که بعد فرکتالی برای این خاک‌ها در محدوده بین 2,93 تا 2,61 متغیر بوده و برای هر دو پارامتر بعد فرکتال از خاک‌های ریز بافت به درشت بافت کاهش نشان می‌دهد. همچنین نتایج نشان می‌دهد بعد فرکتالی توزیع اندازه ذرات خاک، برای همه خاک‌ها کمتر از بعد فرکتالی منحنی مشخصه رطوبتی خاک می باشد.

کلمات کلیدی: بعد فرکتالی، توزیع اندازه ذرات، منحنی رطوبتی خاک

مقدمه

اشکالی که در خاک دیده می شوند، نامنظم هستند و فرض منظم بودن اشکال (استوانه، دایره، کره و خط) برای اندازه گیری، مدل‌سازی و شبیه‌سازی خصوصیات خاک باعث ایجاد خطاهای غیر قابل کنترل می‌شود. از اینرو تکنیک های هندسی مانند هندسه فرکتال که قادر به توصیف بی نظمی اجسام در مقیاس‌های مختلف هستند، توسط دانشمندان مورد توجه قرارگرفته‌اند و مدل های زیادی بر مبنای هندسه فرکتال برای اندازه گیری خصوصیات و فرآیندها توسط محققین برای خاک مطرح شده اند (پرفکت و کی، 1995). از آن جا که توزیع منافذ و ذرات خاک بر روی بسیاری از خصوصیات تأثیر گذار می باشند و از طرفی این دو ویژگی رفتار فرکتالی از خود نشان داده و در بسیاری از مدل های فرکتالی مورد استفاده قرار می‌گیرند، تعیین بعد فرکتالی آنها اهمیت پیدا می نماید (تایلر و ویت کرفت 1992). هدف از این پژوهش تعیین بعد فرکتالی منحنی توزیع اندازه ذرات و منحنی رطوبتی خاک با استفاده از مدل‌های فرکتالی و مقایسه این دو پارامتر با یکدیگر، می باشد.

مواد و روشها

تعداد 40 نمونه خاک سطحی (عمق 30-0 سانتیمتر) که در بر گیرنده همه کلاس‌های بافتی خاک بوده و از اراضی کشاورزی تهران، کرج، اصفهان و مشهد نمونه برداری شده بودند، مورد استفاده قرار گرفت. منحنی توزیع دانه بندی ذرات خاک با استفاده از روش هیدرومتری و در 6 نقطه (2، 1، 0/5، 0/1، 0/01 و 0/001 میلیمتر) تعیین گردید. چگالی ظاهری خاک در نمونه دست نخورده محاسبه شد. مقدار رطوبت وزنی برای نمونه های دست نخورده خاک،

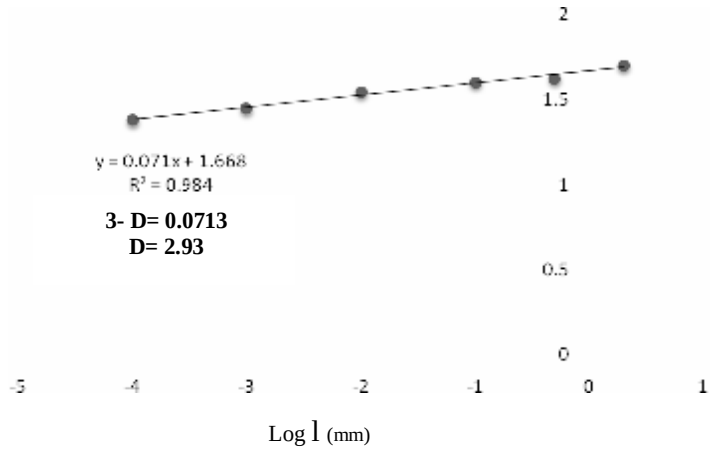
تحت فشار های 0/1، 0/3، 1، 3، 5، 10 و 15 اتمسفر با استفاده از دستگاه صفحات فشاری اندازه گیری و منحنی رطوبتی این خاک‌ها تعیین گردید.

برای تعیین بعد فرکتالی منحنی توزیع دانه بندی ذرات خاک از رابطه تایلر و ویت کرفت (1992) استفاده گردید.

$$[M \le l] = l^{3-D} \qquad [1]$$

که در آن $[M \le l]$، جرم تجمعی ذرات کوچکتر از l و D بعد فرکتالی اندازه ذرات خاک می باشند.

با ترسیم مقادیر لگاریتمی اندازه ذرات و جرم عبوری آن ها، و با استفاده از شیب خط حاصل مقدار D در رابطه بالا تعیین گردید. شکل 1، نحوه محاسبه بعد فرکتالی منحنی توزیع دانه بندی ذرات خاک را برای یک خاک رسی نشان می دهد.



شکل 1 – رسم مقادیر لگاریتمی اندازه و جرم عبوری ذرات برای محاسبه بعد فرکتالی خاک رسی

با قرار دادن مقادیر اندازه گیری شده رطوبت (θ) در مکش (h) مربوطه و مقدار رطوبت اشباع خاک (θ_s) در رابطه تایلر و ویت‌کرافت (1990)، دو پارامتر مجهول مدل این شامل بعد فرکتالی منحنی مشخصه رطوبتی خاک (D_{SWRC}) و پتانسیل ماتریک در نقطه ورود هوا (h_0)، از طریق حل دستگاههای معادلاتی دو مجهولی محاسبه گردید. برای انتخاب بهترین D_{SWRC} و h_0 برای یک خاک، مقادیر محاسبه شده این دو پارامتر، به طور جداگانه برای هر مکش در رابطه قرار داده شد و مقدار رطوبت متناسب آن محاسبه گردید. اختلاف مقدارِرطوبت اندازه‌گیری شده با رطوبت حاصل از قرار دادن مقدار D و h_0 محاسبه و از پارامتر ریشه دوم میانگین مربعات خطا (RMSE) به عنوان یک معیار برای انتخاب و به این ترتیب مقدارD و h_0 برای هر خاک تعیین گردید. مقدار RMSE به صورت زیر محاسبه شده و هر چقدر به صفر نزدیکتر باشد بیانگر خطای کمتر می باشد.

$$q = q_s \left(\frac{h}{h_0} \right)^{Dm-3} \qquad [2]$$

در این رابطه h: مکش اعمال شده به خاک، h_0: مکش در نقطه ورود هوا، q: درصد رطوبت خاک، q_s: درصد رطوبت خاک در حالت اشباع و D_m: بعد فرکتالی منحنی رطوبتی خاک میباشند.

نتیجه‌گیری

مقادیر حداکثر، حداقل و میانگین بعد فرکتالی توزیع اندازه ذرات و منحنی رطوبتی خاک برای سه کلاس کلی رسی، لومی و شنی در جدول 1 نشان داده شده است.

کلاس بافتی	بعد فرکتالی اندازه گیری شده	حداکثر	حداقل	میانگین
رسی	توزیع اندازه ذرات	2/93	2/81	2/89
	منحنی رطوبتی	2/93	2/88	2/91
لومی	توزیع اندازه ذرات	2/89	2/75	2/82
	منحنی رطوبتی	2/90	2/82	2/89
شنی	توزیع اندازه ذرات	2/67	2/61	2/65
	منحنی رطوبتی	2/88	2/74	2/79

جدول 1- مقادیر حداکثر، حداقل و میانگین بعد فرکتالی توزیع اندازه ذرات و منحنی رطوبتی خاک

نتایج نشان می‌دهد که بعد فرکتالی منحنی مشخصه رطوبتی خاک، در دامنه بین 2,93 برای خاک رسی تا 2,74 برای خاک شنی و بعد فرکتالی منحنی توزیع دانه بندی خاک نیز از 2,93 برای خاک رسی تا 2,61 برای خاک شنی تغییر می‌کند و هر دو پارامتر با درشت تر شدن بافت خاک کاهش می یابند. تایلر و ویت‌کرافت (1990) با استفاده از توزیع جرم ذرات خاک، ریو و اسپوزیتو (1991) با استفاده از توزیع جرم خاکدانه ها به این نتیجه رسیدند که بعد فرکتالی خاک در محدوده 2 تا 3 متغیر است. قنبریان و همکاران (1387) مقادیر بعد فرکتالی منحنی رطوبتی خاک را در دامنه ای بین 2/44 برای خاک شنی لومی تا 2/92 برای خاک رسی و بعد فرکتالی منحنی دانه بندی ذرات خاک را بین 2/51 برای خاک شن لومی تا 2/87 برای خاک رسی بدست آوردند.

همچنین نتایج نشان می‌دهد که بعد فرکتالی تعیین شده منحنی مشخصه رطوبتی خاک برای همه خاک‌ها، بیشتر از منحنی توزیع دانه بندی ذرات خاک می‌باشد؛ در حالیکه تفاوت این دو پارامتر با درشت تر شدن بافت خاک از خاک رسی به خاک شنی کاهش پیدا می‌کند. لذا می توان در خاک های درشت بافت این دو را تقریباً معادل همدیگر در نظر گرفت.

منابع

قنبریان، ب.، ع. م. لیاقت، م. شرفا، س. مقیمی. 1387. پیش بینی منحنی مشخصه رطوبتی با استفاده از منحنی دانه بندی خاک. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی، جلد 9، شماره1، صفحه 80-63.

Perfect, E, Kay, BD, 1995. Applications of fractals in soil and tillage research: a review. Soil and Tillage Research 36, 1-20.

Rieu, M and Sposito, G, 1991. Fractal fragmentation, soil porosity, and soil water properties: I. Theory. Soil Sci. Soc. Am. J., 55: 1231-1238.

Tyler, SW and Wheatcraft, SW, 1990. Fractal processes in soil water retention. Water Resour. Res., 26: 1047- 1054.

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