

مقیاس بندی توزیع اندازه ذرات خاک بروش فرکتال یک بعدی

شکاری، پ.، ی. عباسی، و ر. فخری

۱. استاد یار گروه علوم خاک، ۲. دانشجوی گروه مهندسی آب و ۳. کارشناس ارشد گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی

مقدمه:

شاید بتوان گفت که تمامی ویژگیهای خاک بطور مستقیم یا غیر مستقیم از توزیع اندازه ذرات آن تاثیر می پذیرد. به همین دلیل در هر نوع مطالعه خاک به نحوی توزیع اندازه ذرات تعیین و در قالب اصطلاحات توصیفی بنام کلاس بافت خاک بیان میگردد. معمولا کلاس بافت خاک بر اساس درصدهای بدست آمده ی گروه های اندازه ای سه گانه ذرات و با مراجعه به نمودارهای مثلثی مانند USDA (۱) یا روش بین المللی (۵) ارائه میگردد. از اشکالات این روشها آنکه هیچ نوع اطلاع کمی از توزیع اندازه ذرات خاک بدست نمی دهند. همچنین کلاسهای بافتی مذکور، گستره وسیعی از ترکیبهای ممکن گروه های اندازه ای سه گانه ذرات را در بر گرفته و تحت یک نام بیان می کند، حال آنکه ویژگیهای خاک ها کاملا متفاوت می باشد. مثلا در کلاس بافتی رس در مثلث USDA درصد ذرات رس از حدود ۴۰ تا ۱۰۰ درصد متغیر است. از جمله تلاشهای پیشتاز در جهت اصلاح عیوب فوق روش شیرازی و بورسما (۸) است که میانگین و انحراف معیار هندسی قطر ذرات خاک را بیان می کند. بطور کلی توزیع اندازه ذرات خاک همانند بسیاری پدیده های طبیعی دیگر از یک تابع نمایی پیروی می کند (۳). کاربرد اصول هندسه فرکتال در بررسی یک یا چند بعدی توزیع اندازه ذرات خاک (۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸) از روشهای نوین و در حال گسترش است.

از آنجا که اساس روشهای تجزیه مکانیکی خاک سقوط ذرات در آب (بعنوان سیال لزج) است، پس از هر زمان معین می توان مقدار باقیمانده ذرات معلق در تعلیق خاک و آب را با استفاده از قانون استوکس محاسبه نمود. بدین ترتیب می توان بین درصد تجمعی ذرات ته نشین شده (یا معلق) از یک طرف و زمان یا قطر ذرات از طرف دیگر برقرار نمود. معادلات ۱ و ۲ دو نمونه از این روابط (۲) را نشان می دهند.

$$\frac{M(r < R)}{M_T} = \left(\frac{R}{R_{LU}} \right)^{3-D} \quad (1) \quad ; \quad \frac{M(r < R)}{M_T} \approx \left(\frac{2L^{\frac{3-D}{2}}}{(5-D)B^{\frac{3-D}{2}} R_{LU}^{3-D}} \right) t^{\frac{3-D}{2}} \quad (2)$$

در این روابط $M(r > R)$ جرم ذرات با شعاع کوچکتر از R ، R_{LU} حد بالای اندازه ذرات، M_T جرم کل ذرات با شعاع کوچکتر از R_{LU} ، D بعد فرکتال دانه بندی و t زمان است.

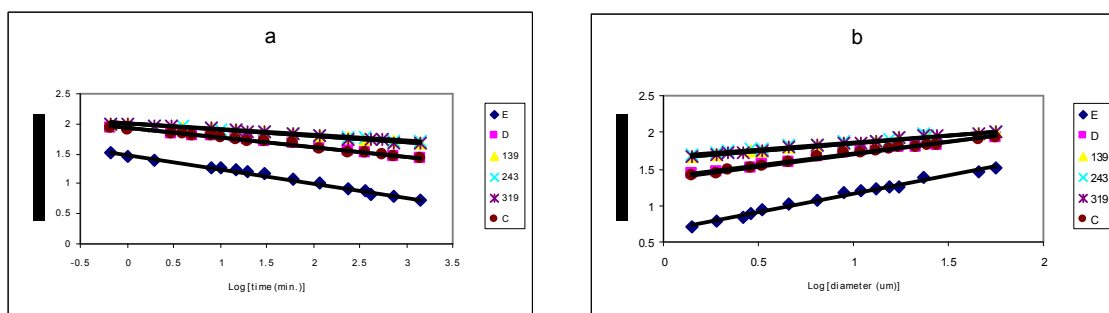
هدف از این مطالعه بررسی کارایی روش فرکتال یک بعدی در قالب روابط جرم-زمان و جرم-قطر و نیز محدوده کاربرد مقیاس بندی نمایی در توزیع اندازه ذرات چند نمونه از خاکهای سنگین بافت و آهکی منطقه غرب کشور بود.

مواد و روشها

مقدار ۴۰ گرم از هر یک از شش نمونه خاک منتخب در آزمایش بکار رفت. وزن نمونه ها به ازای رطوبت هیگروسکوپیک اصلاح شد و تجزیه مکانیکی بروش هیدرومتر (۴) بشرح زیر صورت گرفت. پس از تیمار با هگزا متا فسفات سدیم و دستگاه همزن، نمونه ها در استوانه های استاندارد ریخته شد و قرائتهای بدست آمده هیدرومتر در زمان های ۰/۶۷، ۱، ۲، ۳، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۶۰، ۱۲۰، ۲۴۰، ۳۶۰، ۷۲۰، و ۱۴۴۰ دقیقه نسبت به دما و کلگان تصحیح گردید. گستره توزیع اندازه ذرات مورد نظر در این مطالعه ۱ تا ۵۰ μm بود. جهت کاهش خطا هر یک از نمونه ها در سه تکرار جداگانه آزمایش شده و میانگین قرائتها ملاک قرار گرفت. بر اساس داده های حاصله، درصد جرمی ذرات ته نشین شده محاسبه شده و برحسب زمان ته نشینی و میانگین قطر ذرات در دستگاه مختصات با مقیاس لگاریتمی رسم گردیده و بعد فرکتال دانه بندی (D) نمونه ها از شیب منحنی ها استخراج شد.

نتایج و بحث

نمودارها در شکل ۱ نشانگر آنند که بجز خاک E، یک تابع تک نمایی بطور رضایتبخشی در کل گستره توزیع اندازه ذرات مورد نظر ($1-50\ \mu\text{m}$) قابل برازش است. در جدول ۱ ضرایب رگرسیون، ضرایب تشخیص و نمای توابع توزیع (بعد فراکتال) حاصله آمده است. ضرایب تشخیص از $0/95$ تا $0/99$ و D در دامنه $2/49$ تا $2/90$ متغیر بودند. مقادیر D در دامنه قابل قبول $0 < D < 3$ بود و خاکهایی با رس بیشتر D بزرگتر داشتند. افزایش D محدوده سیلت خاکها با افزایش رس در نتایج دیگران نیز ذکر شده است (۱، ۲، ۶). حذف نقاط از حدود بالا (ذرات درشتتر) و پایین (ذرات ریزتر) خطوط نمودار $1-b$ در اکثر نمونه ها موجب تغییر معنی داری در مقدار D و ضرایب تشخیص نشد. بهمین دلیل گستره قابل اعمال نمای بدست آمده 1 تا $50\ \mu\text{m}$ در نظر گرفته شد. در مورد خاک E حذف نقاط موجب تغییر معنی دار در موارد فوق شد و گستره قابل اعمال D در دامنه 1 تا $28\ \mu\text{m}$ بدست آمد. از نتایج آشکار است که تابع تک نمایی با توزیع ذرات در بخش سیلت خاکهای بررسی شده همخوانی خوبی دارد. نتایج مشابه توسط دیگران گزارش شده است (۷). برخی پژوهشگران (۱، ۶) وجود سه منطقه مجزا را در توزیع اندازه ذرات گزارش کرده اند که در مرز این مناطق توافق حاصل نیست. ضمن مطالعه اولیه در دونمونه از خاکها چنین توزیعی مشاهده شده که بدلیل کمبود فضا ارائه نگردید. در اینگونه موارد بایستی به روش چند نمایی (multifractal) متوسل شد که میتواند در کارهای آتی پی گیری شود. مقادیر بالای ضرایب تشخیص نشان میدهد که مدل‌های خطی بدست آمده قادر به پیش بینی قابل قبول توزیع اندازه ذرات خاک در دامنه اندازه‌های مورد مطالعه می باشند.



شکل ۱- نمودارهای لگاریتمی درصد تجمعی ذرات خاک بر حسب زمان ته نشینی (a) و قطر ذرات (b).

جدول ۱- پارامترهای خطوط $(Y=a+bX)$ برازش شده به معادلات (۱) و (۲) و ابعاد فرکتال بدست آمده.

| لگاریتم درصد تجمعی ذرات بر حسب لگاریتم زمان ته نشینی | | | | لگاریتم درصد تجمعی ذرات بر حسب لگاریتم قطر ذرات | | | | نمونه |
|--|----------------|------|--------|---|----------------|--------|--------|-------|
| D | R ² | B | a | D | R ² | b | a | |
| ۲/۷۶ | ۰/۹۶ | ۱/۴۱ | -۰/۲۳۶ | ۲/۴۹ | ۰/۹۵ | ۰/۶۵۶۴ | ۰/۵۰۳۱ | E |
| ۲/۸۴ | ۰/۹۹ | ۱/۹۲ | -۰/۱۵۳ | ۲/۶۸ | ۰/۹۹ | ۱/۳۹۲۹ | ۰/۳۱۷۶ | D |
| ۲/۹۰ | ۰/۹۸ | ۱/۹۹ | -۰/۰۹۹ | ۲/۷۹ | ۰/۹۹ | ۱/۶۵۰۲ | ۰/۲۰۶۹ | 139 |
| ۲/۹۰ | ۰/۹۹ | ۱/۹۹ | -۰/۰۹۳ | ۲/۸۰ | ۰/۹۸۷ | ۱/۶۷۱۳ | ۰/۱۹۸۷ | 243 |
| ۲/۸۹ | ۰/۹۹ | ۱/۹۹ | -۰/۱۰۱ | ۲/۷۸ | ۰/۹۸۸ | ۱/۶۴۴۲ | ۰/۲۱۳۸ | 319 |
| ۲/۸۵ | ۰/۹۹ | ۱/۹۲ | -۰/۱۵۰ | ۲/۶۷ | ۰/۹۹ | ۱/۳۷۰۱ | ۰/۳۲۹۵ | C |

منابع

1. Bittelli, M., Campbell S. G., and M. Flury. 1999. Characterization of particle-size distribution in soils with a fragmentation model. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 663:782-788.
2. Filgueira, R. R., L. L. Fournier, C. I. Cerisola, P. Gelati and M. G. Garcia. 2006. Particle-size distribution in soils: a critical study of the fractal model validation. *Geoderma* 134:327-334.
3. Filgueira, R. R., Y. A. Pachepsky, and L. L. Fournier. 2003. Time-mass scaling in soil texture analysis. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 67:1703-1706.

4. Gee G. W. and J. W. Bauder. 1990. Particle-size analysis. p. 383-411. In: A. Klute(ed.) Methods of soil analysis. Part 1. Physical and mineralogical properties. Monograph No. 9. 2nd ed. Madison, WI.: SSSA
5. Ghildyal, B.P., and R. P. Tripathi. 1987. Soil physics. Wiley eastern limited. 656 pp.
6. Posadas, A.N.D., D. Gimenez, M. Bittelli, C.M.P. Vaz, and M. Flury. 2001. Multifractal characterization of soil particle-size distribution. Soil Sci. Soc. Am .J. 65: 1361-1367.
7. Prosperini, N., and D. Perugini. 2008. Particle size distribution of some soils from the Umbria region (Italy): Fractal analysis and numerical modeling.
8. Shirazi, M. A. and L. Boersma. 1984. A unifying quantitative analysis of soil texture. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 48: 142-147.