ارزیابی عملکرد مدل فردلاند در پیش بینی توزیع اندازه ذرات با استفاده از داده های محدود بافت خاک

فاطمه مسکینی ویشکائی [1]، ناصر دوات گر [2]

1- دانشجوی دکتری علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان.

2- استادیار پژوهشی، مؤسسه تحقیقات برنج کشور، استان گیلان.
Fatemeh.meskini@yahoo.com

چکیده

توزیع اندازه ذرات(PSD) یکی از مهمترین خصوصیات فیزیکی خاک است. در بسیاری از مواقع تنها درصد ذرات رس، سیلت و شن در اختیار است. هدف ما بررسی امکان برآورد PSD با استفاده از مدل فردلاند از داده های محدود بافت خاک و مقایسه عملکرد آن با مدلهای اسکاگز، فولادمند و گری است. نتایج نشان داد که مدل فردلاند دارای بهترین عملکرد بوده و می‌تواند با استفاده از داده های محدود بافت خاک بکار برده شود. با توجه به مقدار کم خطای مدل فردلاند در اکثر کلاسهای بافت خاک میتوان نتیجه گرفت که عملکرد مدل فردلاند مستقل از بافت خاک است.

کلمات کلیدی: مدل اسکاگز، مدل گری، مدل فولادمند

مقدمه

توزیع اندازه ذرات خاک (PSD) بعلت تاثیر زیاد بر سایر خصوصیات خاک مرتبط با حرکت آب در خاک، باروری و فرسایش خاک، یکی از اساسی‌ترین خصوصیات فیزیکی خاک است (فولادمند و سپاسخواه، 2006). برای برآورد دقیق-تر خصوصیات هیدرولیکی خاک، انتخاب مناسبترین مدل برای بیان PSD از اهمیت ویژه ای برخوردار است (بیتلی و همکاران، 1999). اما، بسیاری از پایگاه های اطلاعاتی شامل توزیع اندازه ذرات کامل خاک نبوده و فقط شامل درصد ذرات رس، سیلت و شن خاک می‌باشند. اسکاگز و همکاران (2001) از درصد تجمعی رس، سیلت و شن ریز و خیلی ریز (شعاع = 125 میکرومتر) و یک معادله لجستیک دو پارامتره برای برآورد PSD خاکهایی با درصد سیلت کمتر از 70 درصد استفاده کردند. اما، اطلاعات موجود معمولا شامل کل قسمت شن خاک می‌باشد. فولادمند و سپاسخواه (2006) معادله اسکاگز را بهبود بخشیده و بجای شعاع 125 میکرومتر از شعاع 999 میکرومتر (نزدیک به شعاع 1000 میکرومتر که حد نهایی قسمت شن خاک می‌باشد) استفاده کردند. وو و همکاران (2009) روش جدیدی را برای پیش-بینی توزیع اندازه ذرات از داده های محدود با استفاده از مدل گری ((GM(1,1)) ارائه دادند و اظهار کردند که این روش وابسته به شکل مدل PSD نمی‌باشد. این روش از نقص‌های ذاتی مدلهای آماری، متعارف و با تعداد نمونه زیاد برای برآورد رفتار یک سیستم با اطلاعات ناکافی، اجتناب می‌کند (گیو، 2004).

فردلاند و همکاران (2000) دو مدل پارامتری برای برآورد PSD گسترش دادند که از انعطاف پذیری بالایی برای برازش تنوع وسیعی از خاکها برخوردارند. بسیاری از محققان به بررسی عملکرد مدل فردلاند و سایر مدلهای PSD پرداختند و به این نتیجه رسیدند که مدل فردلاند دارای بهترین عملکرد در اکثر کلاسهای بافتی خاک است. اما، برای به کار بردن این مدل، به توزیع اندازه ذرات کامل خاک نیاز است. بر پایه مرور منابع و مقالات بین المللی مختلف

تاکنون از مدل فردلاند برای داده های بافتی محدود استفاده نشده است. از این رو هدف اصلی ما بررسی امکان استفاده از مدل فردلاند با استفاده از داده های محدود بافت خاک برای پیش بینی توزیع اندازه ذرات کامل خاک و مقایسه عملکرد این مدل با مدل های رایج اسکاگز، فولادمند و گری است.

مواد و روشها

تعداد 263 نمونه خاک از استان گیلان در شمال ایران نمونه برداری شد. منحنی توزیع اندازه ذرات خاک برای ذرات ریز به روش هیدرومتر و برای ذرات شن با استفاده از سری الک تعیین شد (گی و بادر، 1986). در همه خاکها، توزیع اندازه ذرات به قسمت‌های مختلفی با شعاع‌های مشابه 1000، 500، 250، 125، 62/5، 50، 35، 25، 20، 15، 10، 5، 3/75، 2/5 و 1 میکرومتر تقسیم شدند.

مدلهای توزیع اندازه ذرات

در این تحقیق مدل اسکاگز (اسکاگز و همکاران، 2001)، مدل فولادمند (فولادمند و سپاسخواه، 2006)، مدل گری (وو و همکاران، 2009) و مدل یک نمایه فردلاند (فردلاند و همکاران، 2000) با استفاده از داده های محدود برای فراهم کردن اطلاعات کاملی از توزیع اندازه ذرات خاک به کار برده شدند (جدول 1).

جدول1. مدلهای توزیع اندازه ذرات

نام مدل	معادله
مدل اسکاگز و مدل فولادمند (اسکاگز و همکاران، 2001)	$P(d)=\frac{1}{1+(c_1^{-1}-1)\exp\{-u(R-1)^c\}}$
مدل گری GM(1,1) (وو و همکاران، 2009)	$P(d)=\left[P^{(0)}(R)-\frac{b}{a}\right][1-\exp(a)]\exp(-ak)$
مدل فردلاند (فردلاند و همکاران، 2000)	$P(d)=\frac{1}{\left\{Ln\left[\exp(1)+\left(\frac{a_{gr}}{b}\right)^{n_{gr}}\right]^{m_{gr}}\right\}}\left\{1-\left[\frac{Ln\left(1+\frac{d_{rgr}}{d}\right)}{Ln\left(1+\frac{d_{rgr}}{d_m}\right)}\right]^7\right\}$

***P(d)*: جزء تجمعی ذرات با قطر کوچکتر از قطر d است. c و u پارامترهای معادله اسکاگز، a، b و k پارامترهای معادله گری و a_{gr}، n_{gr}، m_{gr}، d_{rgr} و d_m پارامترهای معادله فردلاند هستند و R قطر ذرات خاک است.**

در مدل اسکاگز از درصد تجمعی مربوط به سه اندازه ذرات شامل r_0 شعاع حداکثر ذرات رس 1 میکرومتر، r_1 شعاع حداکثر ذرات سیلت 25 میکرومتر و r_2 شعاع ذرات شن ریز و خیلی ریز 125 میکرومتر استفاده شد. اما در مدل فولادمند r_2 شعاع کل ذرات شن (999 میکرومتر) می‌باشد. شعاع های 1000، 250، 62/5 و 25 میکرومتر برای به دست آوردن چهار درصد تجمعی متوالی مدل گری GM(1,1) بکار برده شدند. ما از درصد تجمعی ذرات رس (شعاع 1 میکرومتر)، سیلت (شعاع 25 میکرومتر) و شن(شعاع 1000 میکرومتر) و روش SOLVER در نرم‌افزار اکسل (هوآنگ و همکاران، 2002) برای به دست آوردن بهترین مقدار پارامترهای مدل فردلاند استفاده کردیم. سپس پارامترهای به دست آمده برای پیش بینی توزیع اندازه ذرات کامل خاک بکار برده شدند. در این تحقیق دو آماره RMSE [1] و AIC [2] برای مقایسه عملکرد مدلهای PSD بکار برده شد.

نتایج و بحث

مقادیر آماره های ارزیابی برای مقایسه مدلهای PSD در جدول 2 آورده شده است. نتایج نشان میدهد که مدل فردلاند دارای کمترین مقدار میانگین تمامی آماره ها و بهترین عملکرد می باشد. علت عملکرد بهتر مدل فردلاند را می توان به معادله مدل و تعداد بیشتر پارامترهای آن (هوآنگ و همکاران، 2002) و استفاده از روش حداقل کردن مجموع مربعات خطا (SSE) برای به دست آوردن پارامترهای آن نسبت داد. بنابراین مدل فردلاند می تواند با استفاده از داده های محدود بافت خاک برای پیش بینی توزیع اندازه ذرات خاک بکار برده شود.

جدول 2. مقایسه میانگین مدلهای PSD

آماره های ارزیابی	مدل			
	مدل فردلاند	مدل گری	مدل فولادمند	مدل اسکاگز
RMSE	0/041 a	0/066 b	0/110c	0/103c
AIC	-92/74 a	-55/22 c	-66/23 b	-67/04 b

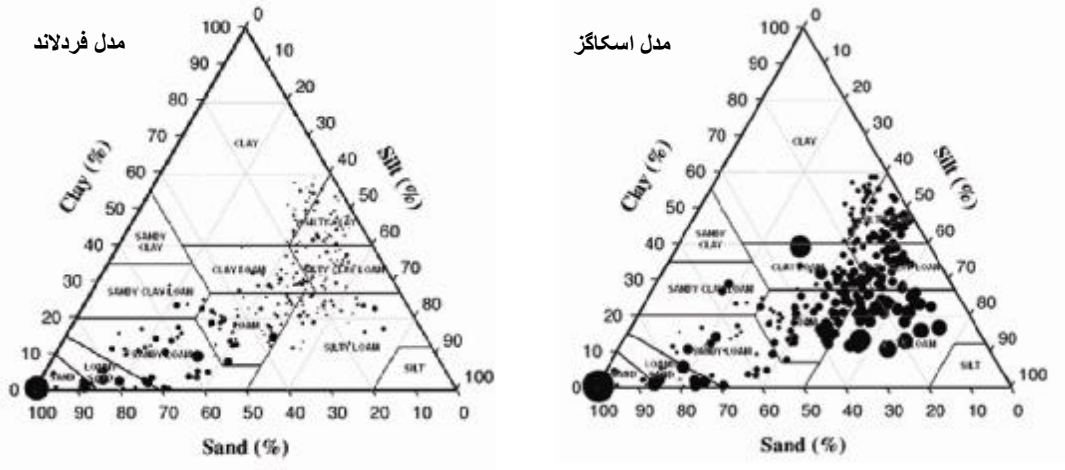
RMSE: ریشه دوم میانگین مربعات خطا و AIC: آماره اطلاعات Akaike. حروف متفاوت نشاندهنده تفاوت معنی دار در سطح احتمال 5 درصد است.

ضعیف ترین عملکرد مدل اسکاگز در بافتهای لوم سیلتی و شن با مقدار ذرات در اندازه سیلت و شن بترتیب بیش از 60 و 70 درصد مشاهده شد (شکل1). وو و همکاران (2009) و اسکاگز و همکاران (2001) نیزگزارش کردند زمانیکه درصد سیلت خاک بیش از 70 درصد است، استفاده از مدل اسکاگز برای برآورد توزیع اندازه ذرات کامل خاک مناسب نیست. ضعیف ترین عملکرد مدل فردلاند در بافت شن مشاهده شد. اما، با توجه به مقدار کم خطای مدل فردلاند در

1- Root Mean Square of Error

2- Akaike's Information Criterion

اکثر کلاسهای بافتی خاک میتوان نتیجه گرفت که عملکرد مدل فردلاند در برآورد PSD کامل خاک، مستقل از بافت خاک است (شکل 1).



شکل 1. مقادیر ریشه دوم میانگین مربعات خطا (RMSE) به دست آمده برای هر نمونه خاک توسط دو مدل اسکاگز و فردلاند. اندازه هر نقطه نشان دهنده RMSE نسبی هر مدل برای هر نمونه خاک است.

منابع

Bittelli M, Campbell GS and Flury M, 1999. Characterization of particle-size distribution in soils with a fragmentation model. Soil Science Society of America Journal 63: 782-788.

Fooladmand HR and Sepaskhah AR, 2006. Improved estimation of the soil particle-size distribution from textural data. Biosystems Engineering 94(1): 133-138.

Fredlund MD, Fredlund DG and Wilson GW, 2000. An equation to represent grain-size distribution. Can. Geotech. J. 37: 817–827.

Gee GW and Bauder JW, 1986. Particle-size analysis. In: Methods of Soil Analysis – part 1 (Klute A. ed), 2nd edn., pp 383-411. Agronomical Monograph 9, ASA and SSSA, Madison. WI.

Guo R, 2004. Interval-valued fuzzy set modeling of system reliability. P. 157-164. *In* T. Dohi and W. Y. Yue (ed.) Advanced reliability modeling. Proc. Asian Int. Worksh.

Hwang SI, Lee KP, Lee DS and Powers SE, 2002. Models for estimating soil particle-size distributions. Soil Sci. Soc. Am. J. 66: 1143–1150

Skaggs TH, Arya LM, Shouse PJ and Mohanty BP, 2001. Estimating particle-size distribution from limited soil texture data.Soil Sci. Soc. Am. J. 65: 1038–1044.

Wu CM, Wen JC and Cheng KC, 2009. Evaluation of the Gray model GM (1,1) applied to soil particle distribution. Soil Science Society of America Journal 73: 1775-1785.