دوازدهمین کنگره علوم خاک ایران
تبریز، 12 الی 14 شهریور 1390
(فیزیک خاک و رابطه آب، خاک و گیاه)

پیش بینی هدایت هیدرولیکی غیر اشباع خاک با استفاده از هدایت الکتریکی و PSD

مهدی رحمتی[1]، محمد رضا نیشابوری[2] و کلود دوسان[3]

1- دانشجوی دکتری خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

2- استاد گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

3- استاد، بخش UMR EMMAH، دانشگاه اویگنون، فرانسه
آدرس پست الکترونیکی مکاتبه کننده (mehdirmti@gmail.com)

چکیده

هدایت هیدرولیکی غیر اشباع، ***K(h)***، یکی از خصوصیات پایه ای خاک می باشد. از آنجائی که اندازه گیری آن هزینه بر و زمان بر می باشد، مدل های مختلفی برای پیش بینی آن استفاده شده است. اخیرا دوسان و رای یک مدلی برای پیش بینی ***K(h)*** از خصوصیت سهل الوصول هدایت الکتریکی توده خاک در پتانسیل های ماتریک مختلف ارائه کرده اند. اما ایجاد و اندازه گیری پتانسیل ماتریک با استفاده از دستگاه صفحات فشاری خود زمان بر و هزینه بر می باشد. در این تحقیق تلاش شده است تا این مدل ارائه شده را بهبود داده و ضرورت استفاده از صفحات فشاری حذف گردد. در مدل بهبود یافته، اندازه منافذ خاک محاسبه شده یا پیش بینی شده از منحنی ***PSD*** جایگزین پتانسیل ماتریک شد. منحنی ***PSD*** غالبا برای خاک ها فراهم بوده و یا اندازه گیری آن آسان تر و راحتر از پتانسیل ماتریک می باشد. نتایج بدست آمده از این جاگزینی از نکوئی برازش خوبی بین ***K(h)*** اندازه گیری شده و محاسبه شده از مدل برخوردار بود.

کلمات کلیدی: هدایت هیدرولیکی، پتانسیل ماتریک، *PSD*، خاک غیر اشباع

مقدمه

هدایت هیدرولیکی غیر اشباع، ***K(h)***، یکی از خصوصیات اساسی خاک می باشد. اندازه گیری ***K(h)*** در آزمایشگاه یا مزرعه زمان بر و هزینه بر می باشد. از این رو مدل های مختلفی برای پیش بینی آن از روی خصوصیات سهل الوصول خاک ارائه شده است (ونگنوختن، 1980). اکثر محققین تلاش کرده اند تا ***K(h)*** را از روی منحنی مشخصه خاک بدست آورند ولی اندازه گیری منحنی مشخصه خود زمان بر و هزینه بر می باشد. بعضی از محققین نیز تلاش کرده اند تا ***K(h)*** را از روی بعضی خصوصیات سهل الوصول تر بدست آورند. به عنوان مثال، نیشابوری و همکاران (2009) ***K(h)*** را از روی ضریب نفوذ پذیری خاک نسبت به هوا بدست آورده اند. دوسان و رای (2009) نیز از هدایت الکتریکی خاک (σ) برای پیش بینی ***K(h)*** استفاده کرده اند. در معادله گزارش شده آنها اندازه گیری پتانسیل ماتریک (h) ضروری می باشد. از آنجائی که اندازه گیری h خود زمان بر و هزینه بر می باشد، در نتیجه کاربرد این معادله را با سختی هایی روبرو می کند. در این تحقیق تلاش شده است تا تغییراتی را در مدل گزارش شده توسط دوسان و رای (2009) ایجاد گردد تا ضرورت اندازه گیری h از مدل حذف گردد.

تئوری روش

معادله ارائه شده برای برآورد $K(h)$ توسط دوسان و رای (2009) به صورت رابطه 1 می باشد:

$$K(h)=\frac{A}{226}B\frac{1}{F(h)}(29\times10^{-6})^2|h|^{-2} \qquad [۱]$$

که $(A=\rho.g/\mu)$ فاکتور مقیاس جریان بین نفوذ پذیری ذاتی و هدایت هیدرولیکی، $F(h)$ نسبت بین هدایت الکتریکی خاک برای شرایط غیر اشباع تابعی از پتانسیل ماتریک، B فاکتور مقیاس بین هدایت هیدرولیکی اشباع و غیر اشباع و h پتانسیل ماتریک خاک می باشد.
پتانسیل ماتریک با توجه به رابطه $(d\approx29/h)$ با قطر منافذ خاک در ارتباط می باشد. با جایگزینی d به جای h می توان ضرروت استفاده از صفحات فشاری برای اندازه گیری پتانسیل ماتریک را حذف کرد. قطر منافذ خاک معادل هر h را می توان با استفاده از رابطه گذارش شده توسط آریا و همکاران (1999) محاسبه کرد.

$$d_i=2R_i\left[\frac{4en_i^{(1-a)}}{6}\right]^{1/2} \qquad ,i=1,2,...,n \qquad [۲]$$

که d_i میانگین قطر منافذ کلاس i، R_i میانگین قطر ذرات کلاس i، n_i تعداد ذرات موجود در کلاس i، e نسبت پوکی خاک مورد مطالعه و a فاکتور مقیاس می باشد. برای مطالعه بیشتر در مورد جزئیات به مقاله آریا و همکاران (1999) رجوع شود.
در معادله 1، F تابعی از h می باشد (دوسان و رای، 2009) و بنابراین تابعی از رطوبت نیز خواهد بود. بنابراین می توان $F(h)$ را با $F(\ )$ جایگزین کرد. و این به این منی خواهد بود که F در رطوبت های مختلف (به جای پتانسیل های مختلف) قابل اندازه گیری است. بنابراین می توان معادله 1 را به صورت زیر بازنویسی کرد:

$$K(q)_i=\frac{A}{226}B\frac{1}{F(q)_i}d_i^2 \qquad ,i=1,2,...,n \qquad [۳]$$

که $K(\ )$ بر حسب (m/s)، A برابر با (9.77×10^6) برای آب 20 درجه و d بر حسب متر می باشد. B و $F(\ )$ از معدلات زیر قابل محاسبه می باشند (دوسان و رای، 2009).

$$\log\log B=0.645\log\log K_{sat}-6.322s_s+1.274 \qquad [۴]$$

$$s_s=0.654\frac{Clay}{Sand+Silt}+0.018 \qquad [۵]$$

$$F(q)_i=\frac{s_w}{s'_i} \qquad ,i=1,2,...,n \qquad [۶]$$

σ_s هدایت الکتریکی سطح (dS/m)، K_{sat} هدایت هیدرولیکی اشباع (m/s)، σ_w هدایت الکتریکی خاک اشباع و σ' هدایت الکتریکی خاک در رطوبت واقعی خاک (dS/m) می باشد.

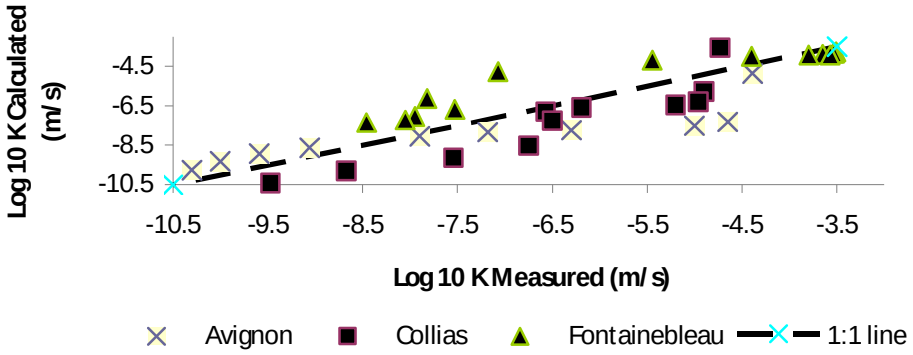
طبق روش پیشنهادی آریا و پاریس (1999) برای هر d_i محاسبه شده از روی منحنی PSD می توان رطوبت مربوط به آن کلاس منافذ را نیز محاسبه کرد (برای مطالعه جزئیات روش به مقاله آریا و پاریس (1999) رجوع گردد. بنابراین می توان σ' را در رطوبت های نظیر d_i اندازه گیری کرد و در محاسبه $K(\ )$ استفاده کرد.

مواد و روشها

آزمایشات در آزمایشگاه و بر روی سه کلاس بافت خاک سیلتی کلی لوم (اویگنون فرانسه)، لوم (کولیاس فرانسه) و شن (فونتینبلو فرانسه) صورت گرفت. هدایت الکتریکی خاک ها در سطوح مختلف رطوبت بر روی نمونه ها اندازه گیری شد. جزئیات روش اندازه گیری پارامتر های مورد نیاز در مقاله دوسان و رای (2009) گزارش شده است. برای ارزابی نتایج مدل از دو پارامتر $RMSE$ و R^2 استفاده شد.

نتیجه‌گیری

شکل 1 مقایسه بین $K(\ )$ پیش بینی شده و اندازه گیری شده را نشان می دهد. مقادیر R^2 و $RMSE$ بین دو جفت $K(\ )$ برای سه کلاس خاک در جدول 1 گزارش شده است. نتایج نشان می دهد که یک همبستگی قوی بین داده های پیش بینی شده و اندازه گیری شده وجود دارد. همانطور که از شکل 1 نیز مشخص هست بالاترین همبستگی برای خاک فانتینبلو بدست امده است.



شکل 1 – مقایسه بین هدایت هیدرولیکی پیش بینی شده و اندازه گیری شده

جدول 1- نتایج مقایسه هدایت هیدرولیکی پیش بینی شده و اندازه گیری شده

Soil Name	Soil Texture	data pair No.	R^2	RMSE
Avignon	**Silty Clay Loam**	**10**	**0.921**	**1.64**
Collias	**Loam**	**11**	**0.906**	**1.56**
Fontainebleau	**Sand**	**14**	**0.981**	**0.74**

برای ارزیابی دقت مدل پیشنهادی با تعداد خاک بالا، تعداد 41 خاک شامل داده های مورد نیاز و با بافت های مختلف از پایگاه داده UNSODA (نمس و همکاران، 1999) انتخاب شد و دقت مدل مورد ارزیابی قرار گرفت. تقریبا تمامی خاک ها دارای $RMSE$ حدود 1 و یا کمتر از 1 و R^2 تمامی خاک ها بالای 0/85 بود. مدل دوسان و رای (2009) با پتانسیل ماتریک به عنوان ورودی مدل دارای میانگین $RMSE$ برابر 1/1 بود. در صورتی که مدل بهبود یافته دوسان و رای (مدل گزارش

شده در این تحقیق) بدون نیاز به اندازه گیری h به عنوان پارامتر وقت گیر و هزینه بر تقریبا دارای $RMSE$ برابر با آن و یا بعضا کمتر از آن بود. وگنر و همکاران (2001) نیز تا بهترین تابع انتقالی برای براورد هدایت هیدرولیکی را با $RMSE$ حدود 1/28 تا 2/96 گزارش کرده اند.

آریا و پاریس (1999) دو مقدار ثابت و متغیر برای a استفاده شده در مدل ارائه کردند که در اینجا تاثیر هر دو روش بروی دقت مدل مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که برای خاک های درشت بافت به کار بردن مقدار ثابت یا متغیر تاثیری در دقت مدل ندارد. ولی برای خاک های ریز بافت و بعضی متوسط بافت ها به کار گیری a ثابت باعث افزایش مقدار خطا در مدل می گردید. همچنین دقت مدل برای بافت های مختلف خاک مورد ارزیابی قرار گرفت. نتیاج نشان داد که دقت مدل برای خاک های درشت بافت بیشتر از خاک های ریز بافت می باشد. البته برای برخی خاک های ریز بافت هم مدل از دقت بالائی برخوردار بود که به نظر می رسد به نوع کانی های خاک می تواند وابسته باشد. خاک هایی با خاصیت انبساط پذیری بالا دارای خطای زیادی در پیش بینی هدایت هیدرولیکی از روی داده های منحنی PSD خواهند بود.دقت مدل با مدل ونگنوختن (1980) نیز مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج نشان داد که مدل ونگنوختن و مدل پیشنهاد شده در این تحقیق تقریبا دارای $RMSE$ برابری هستند. ولی نکته قابل توجه این بود که R^2 های بدست آمده برای مدل ونگنوختن کمتر از مدل پیشنهادی تحقیق حاضر بودند.

منابع

Arya LM, Leij FJ, Van Genuchten MT and Shouse PJ, 1999. Scaling parameter to predict the soil water characteristic from particle-size distribution data, Soil Sci. Soc. A. J., 63:510-519.

Doussan C and Ruy S, 2009. Prediction of unsaturated soil hydraulic conductivity with electrical conductivity, Water Resources Research, 45, W10408, doi: 10.1029/2008WR007309.

Nemes A, Schaap MG and Leij FJ, 1999. The UNSODA unsaturated soil hydraulic database, version 2.0. U.S. Salinity Lab., Agric. Res. Serv., U.S. Dep. of Agric., Riverside, Calif.

Neyshabouri MR, Rafiee Alavi SR, Rezaei H and Nazemi AH, 2010. Estimating Unsaturated Hydraulic Conductivity from Air Permeability. 19th World Congress of Soil Science Soil Solutions for a Changing World, 1 – 6 August 2010, Brisbane, Australia.

Van Genuchten MT, 1980. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 44:892-898.

Wagner B, Tarnawski VR, Hennings V, Mu ller U, Wessolek G and Plagge R, 2001. Evaluation of pedo-transfer functions for unsaturated soil hydraulic conductivity using an independent data set, Geoderma, 102, 275–297, doi:10.1016/S0016-7061(01)00037-4.