

برآورد پارامتریک ویژگیهای هیدرولیکی خاکهای گچی با استفاده از توابع انتقالی خاک

احمد فرخیان فیروزی و مهدی همایی

به ترتیب: دانشجوی کارشناسی ارشد خاکشناسی، دانشگاه تربیت مدرس و استادیار گروه خاکشناسی دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه

منحنی رطوبتی و هدایت آبی از ویژگیهای بنیادی خاک هستند که بیان کمی آنها برای مدل سازی جریان آب و انتقال اصلاح در بخش غیر اشباع خاک بسیار مهم است. هرچند که پیشرفتهایی در اندازه گیری مستقیم این ویژگیها صورت گرفته، لیکن این روشها همچنان پرهزینه و زمان بر می باشند. افزون بر این به دلیل تغییرپذیری زمانی و مکانی ذاتی این ویژگیها اندازه گیری مستقیم آنها نیاز به نمونه برداری فراوان دارد. بنابراین، در سالهای اخیر روشهای غیرمستقیم مورد توجه بیشتر پژوهشگران قرار گرفته است. یکی از این روشها، توابع انتقالی خاک است که ویژگیهای دیرپافت خاک را از ویژگیهای زودپافت آن برآورد می کنند. در مناطق خشک و نیمه خشک گچ از اجزاء مهم تشکیل دهنده خاک بوده که به عنوان بخشی از جزء جامد بر ویژگیهای فیزیکی خاک مؤثر است. هدف از این پژوهش، اشتقاق توابع انتقالی خاکهای گچی به منظور برآورد پارامترهای مدل منحنی رطوبتی وان گنوختن و مدل هدایت آبی معلم- وان گنوختن (۵)، از ویژگیهای زودپافت خاک بود. معادلات وان گنوختن و معلم- وان گنوختن به صورت زیر می باشند:

وان گنوختن در سال (۱۹۸۰) معادله چهار پارامتری زیر را ارائه داد:

$$\theta = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{[1 + (ah)^n]^m} \quad [1]$$

که در آن: θ : رطوبت خاک در پتانسیل ماتریک h ، θ_r : مقدار رطوبت باقیمانده و ضرایب n و m و پارامترهای شکل می باشند. معادله هدایت آبی معلم- وان گنوختن به شکل زیر است:

$$K_r(S_e) = S_e^l \left[1 - \left(1 - S_e^m \right)^m \right]^2 ; \quad \left(m = 1 - \frac{1}{n} \right) \quad [2]$$

که در آن l پارامتر شکل و S_e اشباع مؤثر (بدون بعد) که برابر است با:

$$S_e = \frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r}$$

مواد و روشها

در این پژوهش ۳۵ نمونه خاک از خاکهای گچی منطقه کوهپایه- سجزی واقع در شرق اصفهان بصورت تصادفی نمونه برداری شد. توزیع اندازه ذرات به روش پوشش با سولفات باریم (۱)، مقدار گچ به روش استون، چگالی ظاهری به روش حجمی و منحنی رطوبتی با استفاده از دستگاه صفحات فشاری اندازه گیری شد. میانگین و انحراف معیار هندسی قطر ذرات با استفاده از روابط شیرازی- بورسما (۴) محاسبه شد. پارامترهای معادله منحنی رطوبتی وان گنوختن (۱۹۸۰) شامل n ، α و θ_r با شرط $m = 1 - \frac{1}{n}$ با استفاده از برنامه کامپیوتری RETC بدست آمدند. این برنامه پارامترهای $\theta(h)$ و $K(h)$ را به روش حداقل مربعات خطا برآورد می کند. پارامترهای معادله هدایت آبی معلم- وان گنوختن (۱۹۸۰) شامل l و K_0 با استفاده از برنامه کامپیوتری Rosetta برآورد شدند. بدین منظور پارامترهای θ_s و θ_r ، n و α که از برنامه RETC بدست آمده بودند به عنوان ورودی برنامه Rosetta مورد استفاده قرار گرفتند و پارامترهای l و K_0 بدست آمدند.

نتایج و بحث

نخست، نرمال بودن داده‌ها مورد بررسی قرار گرفت. زیرا آزمون‌های فرض بر پایه نرمال بودن توزیع داده‌ها بنا نهاده شده و غیرنرمال بودن داده‌ها این آزمون‌ها را غیرمعتبر می‌سازد. آزمون نرمال بودن^۱ با استفاده از نرم‌افزار Minitab برای همه داده‌ها انجام شد. توزیع داده‌های مقدار گچ (gypsum) غیرنرمال بوده و همچنین این آزمون توزیع پارامترهای K_0 و l و α را غیرنرمال نشان داد. بنابراین تبدیل‌های زیر برای نرمال شدن توزیع این داده‌ها صورت گرفت:

$$Gypsum^* = \ln(Gypsum)$$

$$l^* = \exp(l)^{0.5}$$

$$K_0^* = \log(1 + \log K_0)$$

$$\alpha^* = \ln(\alpha)$$

که در آن $Gypsum^*$ ، l^* ، K_0^* و α^* به ترتیب بیانگر کمیت‌های تبدیل شده $Gypsum$ ، l ، K_0 و α هستند. در تجزیه رگرسیون شکل نرمال این پارامترها مورد استفاده قرار گرفت.

داده‌های مربوط به فراوانی نسبی هریک از ذرات رس، شن و سیلت، همبستگی خطی قوی با هم نشان داد. به منظور جلوگیری از همراستایی چندگانه (Multicollinearity) به هنگام اشتقاق توابع از نسبت سیلت به رس به جای استفاده از قدرمطلق تک‌تک آنها استفاده شد. پس از نرمال کردن توزیع داده‌ها و تصحیح همراستایی چندگانه بین متغیرهای مستقل، با استفاده از رگرسیون خطی چندگانه به روش گام به گام متغیرها گزینش و وارد مدل شدند. برای اشتقاق این توابع از نرم‌افزار آماری SPSS استفاده شد. به منظور ایجاد توابع انتقالی، متغیرهای مستقل به دو گروه تقسیم شدند. گروه اول شامل فراوانی نسبی ذرات خاک (شن و نسبت سیلت به رس)، چگالی ظاهری و درصد گچ بود. در گروه دوم درصد گچ، چگالی ظاهری، میانگین هندسی و انحراف معیار هندسی قطر ذرات خاک قرار گرفتند. با کاربرد این دو گروه متغیر، دو نوع تابع انتقالی پارامتریک ایجاد گردید:

۱- توابع پارامتریک نوع اول: این توابع با استفاده از متغیرهای مستقل فراوانی نسبی ذرات، چگالی ظاهری و درصد گچ پارامترهای مدل وان گنوختن و معلم - وان گنوختن را برآورد می‌کنند. توابع ایجاد شده در جدول (۱) ارائه شده است.

جدول ۱- توابع انتقالی پارامتریک نوع اول

شماره تابع	توابع انتقالی پارامتریک نوع اول	R^2_{adj}
۱	$\theta_s = 0.132 - 2.12 \times 10^{-2} Sand + 3.145 \times 10^{-2} Gypsum^* + 3.174 \times 10^{-2} \left(\frac{Silt}{Clay} \right) + 9.1 \times 10^{-2} BD$	۰.۷۳
۲	$\theta_r = 0.197 - 1.94 \times 10^{-2} Sand$	۰.۷۵
۳	$\alpha^* = -0.071 + 3.1425 \times 10^{-2} Sand - 0.1716 \left(\frac{Silt}{Clay} \right)$	۰.۶۶
۴	$n = 1.81 - 6.38 \times 10^{-2} Sand$	۰.۷۲
۵	$K_0^* = -0.68 \times 10^{-2} + 6.197 \times 10^{-2} Sand - 0.108 \left(\frac{Silt}{Clay} \right)$	۰.۴۸
۶	$l^* = 0.1153 - 8.10 \times 10^{-2} Sand + 0.1278 \left(\frac{Silt}{Clay} \right) + 0.1367 BD$	۰.۵۹

بررسی این توابع نشان می‌دهد که مهمترین متغیرها در برآورد رطوبت اشباع، فراوانی نسبی شن، نسبت سیلت به رس، درصد گچ و چگالی ظاهری بوده بطوریکه ۰.۷۳ درصد از تغییرات θ_s بوسیله آنها بیان شده است.

در تابع برآوردکننده θ_r تنها متغیر وارد شده به مدل فراوانی نسبی شن با ضریب منفی است. این موضوع نشان می‌دهد که با افزایش درصد شن خاک میزان رطوبت باقیمانده θ_r کاهش می‌یابد. زیرا، افزایش درصد شن سبب کاهش میزان سطح ویژه برای نگهداشت رطوبت می‌گردد.

مهمترین متغیرهای برآوردکننده α و K_0 فراوانی نسبی شن و نسبت سیلت به رس بوده است. با افزایش مقدار شن، میزان خلل و فرج درشت خاک و در نتیجه مقدار هدایت هیدرولیکی اشباع افزایش می‌یابد. تأثیر منفی سیلت بر هدایت هیدرولیکی اشباع می‌تواند مربوط به بسته شدن بخشی از تخلخل کل توسط ذرات سیلت و یا اثر سیلت بر منافذ درون خاکدانه‌ها باشد.

۲- توابع انتقالی پارامتریک نوع دوم: این توابع با استفاده از متغیرهای مستقل چگالی ظاهری، درصد گچ میانگین هندسی قطر ذرات (d_g) و انحراف معیار هندسی قطر ذرات (σ_g)، پارامترهای مدل وان گنوختن و معلم- وان گنوختن را برآورد می‌کنند. توابع بدست آمده در جدول (۲) گزارش شده‌اند.

جدول ۲- توابع انتقالی پارامتریک نوع دوم

شماره تابع	توابع انتقالی پارامتریک نوع دوم	R_{adj}^2
۱	$\theta_r = 0.367 - 0.1822d_g + 4.328 \times 10^{-2} Gypsum^* + 0.101BD - 7.48 \times 10^{-2} \sigma_g$	۰/۶۸
۲	$\theta_r = 0.123 - 0.1315d_g$	۰/۱۳
۳	$\alpha^* = -6.1897 + 8.345d_g + 0.121\sigma_g$	۰/۵۳
۴	$n = 1.602 - 1.056d_g$	۰/۱۲
۵	$K_0^* = 0.512 + 1.492d_g + 2.1245 \times 10^{-2} \sigma_g$	۰/۴۴
۶	$I^* = 0.1189 - 1.1815d_g + 0.422BD$	۰/۴۱

مقایسه ضرایب تبیین تعدیل شده توابع پارامتریک نوع اول و دوم، نشان می‌دهد که R_{adj}^2 در توابع پارامتریک نوع دوم کمتر شده است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت در خاکهای گچی، استفاده از فراوانی نسبی ذرات به جای دو پارامتر d_g و σ_g می‌توان برآوردی بهتر از پارامترهای مدل وان گنوختن و معلم- وان گنوختن داشت.

نتایج این پژوهش نشان داد که متغیرهای گروه اول یعنی توزیع اندازه ذرات، چگالی ظاهری برآوردی بهتر از پارامترهای هیدرولیکی خاکهای گچی دارند. همچنین نتایج نشان داد که به هنگام اشتقاق توابع انتقالی خاکهای گچی مقدار گچ باید به عنوان یک متغیر مستقل در نظر گرفته شود.

منابع مورد استفاده

- 1- Hesse, P. R. 1975. Particle size distribution in gypsic soils. *Plant and Soil*. 44: 241-247.
- 2- Mualem, Y. 1976. A new model for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated porous media. *Water Resour. Res.* 12(3): 513-522.
- 3- Porta, J. 1998. Methodologies for the analysis and characterization of gypsum in soils. *Areview. Geoderma*. 87: 31-46.
- 4- Shirazi, M. A. and L. Boersma. 1984. A unifying quantitative analysis of soil texture. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 48: 142-147.
- 5- van Genuchten, M. Th. 1980. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 44: 892- 898.
- 6- Vereecken, H., J. Maes and J. Feyen. 1989. Estimating unsturated hydraulic conductivity from easily measured soil properties. *Soil Sci.* 149: 1-12.
- 7- Wosten, J. H. .M., Ya. A. Pachepsky and W. J. Rawls. 2001. Pedotransfer functions: bridging the gap between available basic soil data and missing soil hydraulic characteristics. *J. Hydrol.* 251:123-150.