

تخمین غیر پارامتریک منحنی رطوبتی خاک با استفاده از توابع انتقالی

شجاع قربانی دشتکی و مهدی همایی

به ترتیب دانشجوی دکتری و دانشیار گروه خاکشناسی دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه

منحنی رطوبت خاک یکی از مهمترین شاخص‌های بیان‌کننده ویژگی‌های فیزیکی خاک می‌باشد. این منحنی برای شرح و تخمین مقدار آب قابل استفاده گیاه و نمون‌سازی حرکت آب و اصلاح در خاک‌های غیراشباع مورد نیاز است. از آنجایی که اندازه‌گیری مستقیم منحنی رطوبتی بسیار پرهزینه و زمان‌بر می‌باشد، در سال‌های اخیر روش‌های غیرمستقیم برای برآورد این ویژگی گسترش یافته است. یکی از روش‌های غیرمستقیم در برآورد ویژگی‌های هیدرولیکی خاک استفاده از توابع انتقالی خاک (Pedo-Transfer Functions) است (۲، ۳، ۵ و ۶). با توجه به اینکه نگهداری آب در خاک تحت تاثیر برخی ویژگی‌های فیزیکی خاک مانند بافت و ساختمان است، در توابع انتقالی از این ویژگی‌ها جهت برآورد خواص هیدرولیکی و پارامترهای مربوط به آنها استفاده می‌شود. نخستین شکل توابع انتقالی به صورت معادلاتی رگرسیونی ارائه گردید که مقدار رطوبت خاک را در پتانسیل‌هایی معین برآورد می‌کنند. یکی از مزایای این توابع که به آنها توابع نقطه‌ای Point PTFs گویند آن است که برآوردی دقیق برای نقاطی مشخص از منحنی رطوبتی ارائه می‌کنند. دیگر مزیت این توابع مشخص شدن مهمترین ویژگی خاک است که در برآورد مقدار رطوبت در مکشی معین نقش دارد (۶).

در این پژوهش با استفاده از متغیرهای فراوانی نسبی ذرات و جرم ویژه ظاهری از یک سو و متغیرهای جرم ویژه ظاهری، میانگین هندسی و انحراف معیار هندسی قطر ذرات (۴) از دیگر سو، توابع نقطه‌ای پیوسته‌ای جهت برآورد مقدار رطوبت در پتانسیل‌های ماتریک ۱۰، ۳۰، ۱۰۰، ۳۰۰، ۵۰۰ و ۱۵۰۰ کیلوپاسکال ایجاد شد و توابع بدست آمده مورد مقایسه قرار گرفتند. در این پژوهش برای نخستین بار از میانگین هندسی و انحراف معیار هندسی قطر ذرات به عنوان شاخص‌هایی برای بیان کمی توزیع تخلخل خاک استفاده شد.

مواد و روش‌ها

۳۴ نمونه خاک از دشت کرج به صورت تصادفی انتخاب گردید. فراوانی نسبی ذرات خاک به روش هیدرومتری، جرم ویژه ظاهری به روش حجمی و منحنی رطوبتی با استفاده از دستگاه صفحات فشاری اندازه‌گیری شد. با استفاده از متغیرهای فراوانی نسبی ذرات و

جرم ویژه ظاهری خاک از یک سو و متغیرهای جرم ویژه ظاهری، میانگین هندسی و انحراف معیار هندسی قطر ذرات خاک از دیگر سو، به روش رگرسیون گام به گام، توابعی جهت برآورد شش نقطه از منحنی رطوبتی ایجاد گردید.

نتایج و بحث

از آنجایی که آزمون‌های فرض بر مبنای نرمال بودن توزیع داده‌ها استوارند، لذا غیرنرمال بودن توزیع داده‌ها آزمون‌های فرض را غیرمعتبر می‌سازد (۱). با توجه به این امر، ابتدا چگونگی توزیع داده‌ها با استفاده از آزمون نرمال بودن و به کمک نرم‌افزار آماری Minitab مورد بررسی قرار گرفت. این آزمون توزیع d_g را غیرنرمال نشان داد بنابراین تبدیل زیر برای نرمال شدن توزیع آن صورت گرفت:

$$d_g^* = d_g^{0.5} \quad (1)$$

در رگرسیون چندگانه خطی اگر بین متغیرهای مستقل وابستگی خطی قوی مشاهده شود، در حقیقت همراستایی چندگانه وجود دارد. وجود همراستایی چندگانه باعث افزایش خطا در اثر گرد کردن داده‌ها و محاسبات می‌شود (۱). بررسی‌ها نشان داد که فراوانی نسبی ذرات شن، سیلت و رس همراستا می‌باشند بنابراین، برای جلوگیری از ایجاد همراستایی در توابع بدست آمده، در توابعی که دو متغیر همراستا وارد می‌شد، به جای یکی از آنها از نسبت رس به سیلت استفاده شده است. به منظور ایجاد توابع انتقالی، ویژگی‌های زود یافت خاک به دو گروه تقسیم شدند. گروه نخست شامل فراوانی نسبی ذرات (شن، سیلت و رس) و جرم ویژه ظاهری و گروه دوم شامل جرم ویژه ظاهری، میانگین هندسی قطر ذرات (تبدیل شده) و انحراف معیار هندسی قطر ذرات می‌باشد. با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS و به روش گام به گام توابعی جهت برآورد مقدار رطوبت در نقاط پتانسیلی مورد نظر ایجاد شد. توابع انتقالی بدست آمده براساس نوع متغیر برآوردکننده در دو گروه نوع اول و نوع دوم قرار می‌گیرند.

توابع نقطه‌ای نوع اول

این گروه از توابع با استفاده از متغیرهای مستقل فراوانی نسبی ذرات و جرم ویژه ظاهری خاک ایجاد گردیدند که در جدول (۱) ارائه شده‌اند.

مکش‌های اعمال شده (به جز مکش ۱۰۰ کیلوپاسکال) بهبود یافته است. این بهبود را می‌توان بدین گونه تفسیر کرد که d_g و σ_g اثر سه ذره شن، سیلت و رس بر مقدار رطوبت را بطور همزمان در معادلات انتقالی وارد می‌کند. از آنجایی که چگونگی قرار گرفتن ذرات خاک در کنار همدیگر نحوه توزیع منافذ و در نتیجه توزیع تخلخل خاک را معین می‌کند لذا، می‌توان از میانگین هندسی قطر ذرات و انحراف معیار هندسی قطر ذرات که اثر اندازه و توزیع ذرات تشکیل دهنده خاک و در نتیجه منافذ خاک را نشان می‌دهد به عنوان شاخص‌های بیان کننده توزیع تخلخل خاک به صورت کمی استفاده کرد.

با توجه به مشکلاتی که در اندازه‌گیری مستقیم منحنی رطوبتی و نقاط مهم آن وجود دارد، توابع انتقالی نقطه‌ای می‌توانند جایگزینی مناسب برای اندازه‌گیری‌های پرهزینه و زمان‌بر صحرائی و آزمایشگاهی باشند. توابع ایجاد شده، رطوبت خاک را در مکش‌های ۱۰، ۳۰، ۱۰۰، ۳۰۰، ۵۰۰ و ۱۵۰۰ کیلوپاسکال با دقتی بالا برآورد می‌کنند. استفاده از میانگین هندسی قطر ذرات و انحراف معیار هندسی قطر ذرات به عنوان شاخص‌های بیان‌کننده توزیع تخلخل خاک دقت توابع را در برآورد رطوبت در مکش‌های ۳۰، ۱۰۰، ۳۰۰، ۵۰۰ و ۱۵۰۰ کیلوپاسکال افزایش داده است (جدول ۱). بنابراین، برای اهداف زراعی مانند عملیات آبیاری، به جای اندازه‌گیری مستقیم منحنی رطوبتی خاک، می‌توان از این توابع برای خاک‌های هم یافت استفاده کرد.

ورود هر متغیر به این توابع در سطح ۰/۱ درصد معنی‌دار بوده و ضریب تبیین تعدیل‌شده هر کدام از آنها بیان‌کننده درصدی از تغییرات متغیر وابسته تابع است که توسط متغیرهای مستقل وارده شده توصیف می‌شود. در رطوبت‌های بالا، فراوانی نسبی شن و جرم‌ویژه‌ظاهری خاک برآورد خوبی از مقدار رطوبت ارائه کرده‌اند. لیکن در مکش‌های زیاد (۵۰۰ و ۱۵۰۰ کیلوپاسکال) فراوانی نسبی رس برآوردکننده خوبی برای مقدار رطوبت بود. این امر به دلیل وابستگی مقدار رطوبت در مکش‌های بالا به سطح ویژه ذرات خاک است. از آنجایی که رس بیشترین تاثیر را در سطح ویژه کل خاک دارد، تخمینی مناسب از رطوبت در این نقاط ارائه کرده است. در این توابع، فقط اثر تخلخل کل با استفاده از جرم‌ویژه‌ظاهری وارد شده است و شاخصی برای بیان چگونگی توزیع تخلخل وجود ندارد.

- توابع نقطه‌ای نوع دوم

این گروه از توابع با استفاده از متغیرهای مستقل جرم‌ویژه‌ظاهری، میانگین هندسی قطر ذرات (d_g) و انحراف معیار هندسی قطر ذرات (σ_g) ایجاد گردیدند که در جدول ۱ نشان داده شده‌اند.

این توابع نیز در سطح ۰/۱ درصد معنی‌دار بوده و ضریب تبیین تعدیل‌شده آنها بیان‌کننده تغییراتی از متغیر وابسته است که به وسیله متغیرهای مستقل وارد شده بیان می‌گردد. مقایسه توابع نقطه‌ای نوع اول و دوم نشان می‌دهد که استفاده از d_g و σ_g به جای فراوانی نسبی هر یک از ذرات شن، سیلت و رس برآوردی بهتر از مقدار رطوبت در مکش‌های مورد نظر داشته و برآورد مقدار رطوبت در

جدول (۱) توابع انتقالی ارائه شده برای برآورد نقطه‌ای منحنی رطوبتی

ضریب تبیین تعدیل‌شده	تابع (نوع دوم)	ضریب تبیین تعدیل‌شده	تابع (نوع اول)	پارامتر
۸۰/۳	$54.982-74.377*d_g^*$	۸۱/۱	$35.9-0.423*S+12.2*Bd$	θ_{10kPa}
۷۱/۳	$23.9-61.6*d_g^* +12.5*Bd$	۶۶/۸	$15.6-0.323*S+16.9*Bd$	θ_{30kPa}
۷۵/۶	$18.7-55.5*d_g^* +11.3*Bd$	۶۸/۹	$11.35-0.287*S+15.09*Bd$	θ_{100kPa}
۸۰/۷	$17.645-45.918*d_g^* +7.794*Bd$	۷۶/۳	$11.9-0.219*S+8.39*Bd+4.25*C/Si$	θ_{300kPa}
۷۳/۵	$15.864-46.987*d_g^* +3.278*\sigma_g^*$	۶۶/۲	$9.291+0.343*C$	θ_{500kPa}
۷۹/۸	$12.647-41.894*d_g^* +2.944*\sigma_g^*$	۷۶/۰	$6.627+0.315*C$	$\theta_{1500kPa}$

C: فراوانی نسبی رس (درصد)، S: فراوانی نسبی شن (درصد)، Bd: جرم ویژه ظاهری (گرم بر سانتیمتر مکعب) و C/Si: نسبت فراوانی رس به لای.

منابع مورد استفاده

- 4- Shirazi, M. A. and L. Boersma. 1984. A unifying quantitative analysis of soil texture, *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 48:142-147
- 5 Wosten, J. H. M. 1997. Pedotransfer functions to evaluation soil quality, *The Netherland, Elsevier*. 221-245.
- 6- 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.

۱- رضایی، ع. و ا. سلطانی. ۱۳۷۷. مقدمه‌های بر تحلیل رگرسیون کاربردی، انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران. ص. ۲۹۴

- 2- Bouma, J. 1989. Using soil survey data for quantitative land evaluation, *Adv. Soil Sci.*, 9:177-213.
- 3- Ghorbani Dashtaki, Sh. and M. Homaei. 2004. Using geometric mean particle diameter to derive point and continuous pedotransfer functions, *International Conference, September, 4th to 12th, Freiburg, Germany, 10:30(1-10).*