

## اشتقاق توابع انتقالی خاک‌های گچی به منظور برآورد نقطه‌ای منحنی رطوبتی

احمد فرخیان فیروزی و مهدی همایی

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

### مقدمه

بیان کمی منحنی رطوبتی خاک برای مطالعه و مدل‌سازی حرکت آب و انتقال املاح در پخش غیراشباع خاک ضروری می‌باشد. هرچند که پیشرفت‌هایی در اندازه‌گیریهای مستقیم این ویژگیها صورت گرفته، لیکن این روشها همچنان پرهزینه و زمان‌بر می‌باشند. در سالهای اخیر، روشهای غیرمستقیم به عنوان جایگزینی مناسب برای روشهای مستقیم مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است. یکی از روشها، استفاده از توابع انتقالی خاک است که ویژگیهای دیرپافت خاک را از ویژگیهای زودپافت آن برآورد می‌کنند. هدف از این پژوهش اشتقاق توابع انتقالی خاکهای گچی به منظور برآورد نگهداشت رطوبت در پتانسیل‌های ماتریک صفر، ۱۰۳۳-، ۱۰۰-، ۳۰۰-، ۵۰۰- و ۱۵۰۰- کیلوپاسکال از ویژگیهای زودپافت خاک بود.

### مواد و روشها

در این پژوهش، ۳۵ نمونه خاک از خاکهای گچی منطقه کوهپایه- سجزی واقع در شرق اصفهان بصورت تصادفی نمونه‌برداری شد. مقدار گچ به روش استون، توزیع اندازه ذرات به روش پوشش با سولفات باریم (۱)، چگالی ظاهری به روش حجمی و منحنی رطوبتی با استفاده از دستگاه صفحات فشاری اندازه‌گیری شد. میانگین و انحراف معیار قطر ذرات با استفاده از روابط شیرازی و بورسما (۳) محاسبه شد.

### نتایج و بحث

در ابتدا 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 با استفاده از نرم‌افزار *Minitab* برای همه داده‌ها انجام شد. این آزمون توزیع داده‌های مقدار گچ را غیرنرمال نشان داد. بنابراین با تبدیل زیر نرمال شد:

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

داده‌های مربوط به فراوانی نسبی هر یک از ذرات رس، شن و سیلت، همبستگی خطی قوی با هم نشان داد. به همین دلیل، 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 شوند. 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 توزیع اندازه ذرات خاک (شن و نسبت سیلت به رس)، چگالی ظاهری و درصد گچ بود. درصد گچ، چگالی ظاهری، میانگین هندسی و انحراف معیار هندسی قطر ذرات خاک در گروه دوم قرار گرفتند. با کاربرد این دو گروه متغیر، دو نوع تابع انتقالی نقطه‌ای ایجاد گردید.

### توابع انتقالی نقطه‌ای

توابع انتقالی نقطه‌ای مقادیر رطوبت را در پتانسیل ماتریک معین (صفر، ۱۰-، ۳۳-، ۱۰۰-، ۵۰۰- و ۱۵۰۰- کیلوپاسکال) با استفاده از ویژگی‌های زودپافت خاک برآورد می‌کنند. توابع انتقالی نقطه‌ای به دو دسته توابع انتقالی نوع اول و نوع دوم تقسیم شدند:

۱- توابع انتقالی نقطه‌ای نوع اول: این نوع توابع با استفاده از توزیع اندازه ذرات، درصد گچ و چگالی ظاهری مقادیر رطوبت در پتانسیل ماتریک معین و همچنین با استفاده از این متغیرهای مستقل مقدار رطوبت قابل استفاده گیاه را برآورد می‌کنند. این توابع ایجاد شده در جدول (۱) ارائه شده‌اند.

جدول ۱- توابع انتقالی نقطه‌ای نوع اول

شماره تابع	توابع انتقالی نقطه‌ای نوع اول	$R^2_{adj}$
۱	$BD + 9/1 \times 10^{-7} \left( \frac{\text{Silt}}{\text{Clay}} \right) + 3/748 \times 10^{-7} \text{Gypsum}^* + 3/45 \times 10^{-7} \text{Sand} = 0.1325 - 2/3 \times 10^{-7} \theta_s$	۰.۷۳
۲	$\left( \frac{\text{Silt}}{\text{Clay}} \right) + 3/409 \times 10^{-7} BD + 0.1149 \text{Sand} \ 3/81 \times 10^{-7} = 0.1290 \ \theta_{10kpa}$	۰.۷۷
۳	$BD + 0.1103 \text{Gypsum}^* + 3/148 \times 10^{-7} \text{Sand} \ 3/22 \times 10^{-7} = 0.1214 \ \theta_{33kpa}$	۰.۶۹
۴	$\text{Gypsum}^* + 2/187 \times 10^{-7} \text{Sand} \ 2/42 \times 10^{-7} = 0.1262 \ \theta_{100kpa}$	۰.۵۴
۵	$\text{Gypsum}^* + 3/245 \times 10^{-7} \text{Sand} \ 2/18 \times 10^{-7} = 0.1214 \ \theta_{300kpa}$	۰.۵۷
۶	$\text{Gypsum}^* + 3/481 \times 10^{-7} \text{Sand} \ 1/98 \times 10^{-7} = 0.1181 \ \theta_{500kpa}$	۰.۵۶
۷	$\text{Gypsum}^* + 2/039 \times 10^{-7} \text{Sand} \ 1/71 \times 10^{-7} = 0.1156 \ \theta_{1500kpa}$	۰.۴۷
۸	$\text{Sand} \ 1/83 \times 10^{-7} = 0.1210 \ \text{AWC}$	۰.۴۲

همانطوریکه در جدول (۱) مشاهده می‌شود، فراوانی نسبی شن و درصد گچ به عنوان مهمترین متغیرها به ترتیب اهمیت در تمامی توابع وارد شده‌اند. بجز در تابع برآورد کننده مقدار رطوبت قابل استفاده که درصد شن تنها متغیر وارد شده به مدل است. این توابع در سطح ۱٪ معنی‌دار بوده و ضریب تبیین تعدیل شده ( $R^2_{adj}$ ) بیان‌کننده میزان تغییرات متغیر وابسته توسط متغیرهای مستقل است. در مکش‌های اندک (۱۰ و ۳۳ کیلوپاسکال) چگالی ظاهری، برآوردی مناسب از مقدار رطوبت داشته است. زیرا، نگهداشت رطوبت در مکش‌های کم تحت تأثیر خلل و فرج درشت خاک یا به عبارتی ساختمان خاک است. بنابراین، چگالی ظاهری که نمایانگر ساختمان خاک است وارد مدل شده است. در مکش‌های زیاد، مانند ۵۰۰ و ۱۵۰۰ کیلوپاسکال درصد شن با ضریب منفی وارد مدل شده است. زیرا با افزایش مقدار شن سطح ویژه خاک برای نگهداشت رطوبت کاهش می‌یابد.

۲- توابع انتقالی نقطه‌ای نوع دوم: این گروه از توابع، توابعی هستند که با استفاده از متغیرهای درصد گچ، چگالی ظاهری و شاخص‌های تخلخل خاک یعنی میانگین هندسی و انحراف معیار هندسی قطر ذرات خاک، نقاطی معین از منحنی رطوبتی شامل مکش‌های صفر، ۱۰، ۳۳، ۱۰۰، ۳۰۰، ۵۰۰ و ۱۵۰۰ کیلوپاسکال را برآورد می‌کنند. در این توابع به جای توزیع اندازه ذرات از میانگین هندسی و انحراف معیار هندسی قطر ذرات خاک به عنوان شاخص‌های کمی بیان‌کننده توزیع تخلخل خاک استفاده شده است. توابع بدست آمده در جدول (۲) ارائه شده‌اند.

مقایسه ضریب تبیین تعدیل شده توابع انتقالی نقطه‌ای نوع اول و دوم نشان می‌دهد که  $R^2_{adj}$  در اغلب توابع نوع اول بیشتر از توابع نوع دوم است این موضوع نشان می‌دهد که در خاکهای گچی مورد مطالعه، با استفاده از فراوانی نسبی ذرات می‌توان برآوردی بهتر از مقدار رطوبت داشت. جدول (۲) همچنین نشان می‌دهد که در همه توابع به جز تابع برآوردکننده مقدار رطوبت قابل استفاده، درصد گچ و میانگین هندسی قطر ذرات مهمترین متغیرهای برآوردکننده مقدار رطوبت هستند.

### نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که متغیرهای گروه اول (توزیع اندازه ذرات، چگالی ظاهری و مقدار گچ) برآوردی بهتر از نگهداشت رطوبت در پتانسیل‌های ماتریک صفر، ۱۰، ۳۳، ۱۰۰، ۳۰۰، ۵۰۰ و ۱۵۰۰ کیلوپاسکال دارند. همچنین

مشخص گردید که مقدار گچ دومین عامل مهم توابع برآورد کننده مقدار رطوبت در پتانسیل‌های ماتریک ۳۳-، ۱۰۰-، ۳۰۰-، ۵۰۰- و ۱۵۰۰- کیلوپاسکال است.

جدول ۲- توابع انتقالی نقطه‌ای نوع دوم

شماره تابع	توابع انتقالی نقطه‌ای نوع دوم	$R^2_{adj}$
۱	$\sigma_g - 7/48 \times 10^{-7} BD + 0/101 Gypsum^2 + 4/328 \times 10^{-7} d_g = 0/367 - 0/122 \theta_s$	۰/۶۸۰
۲	$\sigma_g - 7/97 \times 10^{-7} Gypsum^* + 3/659 \times 10^{-7} BD + 0/160 dg \times 10^{-9} = 0/271 \theta_{100kpa}$	۰/۷۶۰
۳	$Gypsum^* + 4/98 BD + 0/139 dg = 5/910 \times 10^{-7} - 0/676 \theta_{33kpa}$	۰/۶۴
۴	$BD + 9/325 \times 10^{-7} Gypsum^* + 3/317 \times 10^{-7} dg = 5/872 \times 10^{-7} + 0/347 \theta_{100kpa}$	۰/۵۲
۵	$BD + 8/022 \times 10^{-7} Gypsum^* + 3/562 \times 10^{-7} dg = 5/574 \times 10^{-7} + 0/392 \theta_{300kpa}$	۰/۵۰
۶	$BD + 7/197 \times 10^{-7} Gypsum^* + 3/938 \times 10^{-7} dg = 2/068 \times 10^{-7} + 0/352 \theta_{500kpa}$	۰/۵۰
۷	$\sigma_g - 4/97 \times 10^{-7} Gypsum^* + 3/083 \times 10^{-7} dg = 0/184 - 0/380 \theta_{1500kpa}$	۰/۳۸
۸	$BD + 7/927 \times 10^{-7} dg = 5/411 \times 10^{-7} - 0/346 \times 10^{-7} AWC$	۰/۴۸

منابع مورد استفاده

- 1- Hesse, P. R. 1975. Particle size distribution in gypsic soils. *Plant and Soil*. 44: 241-247.
- 2- Porta, J. 1998. Methodologies for the analysis and characterization of gypsum in soils. *Areview. Geoderma*. 87: 31-46.
- 3- Shirazi, M. A. and L. Boersma. 1984. A unifying quantitative analysis of soil texture. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 48: 142-147.
- 4- Rawls, W. J. and D. L. Brakensiek. 1982. Estimating soil water retention from soil water properties. *Trans. ASAE*. 108(IR2): 166-171.
- 5- Saxton, K. E., W. J. Rawls, J. S. Romberger and R. I. Papendick. 1986. Estimating soil-water characteristics from texture. *Soil. Sci. Soc. Am. J.* 50:1031-1036.
- 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.