تخمین هدایت آبی غیراشباع با استفاده از هدایت آبی اشباع و شاخص خلل و فرج ریز خاک

مریم نوابیان و عبدالمجید لیاقت

دانشجوی دکترا و استادیار گروه آبیاری و آبادانی دانشکده آب و خاک پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران.
Navabian@ut.ac.ir

چکیده

هدایت آبی غیراشباع یک مشخصه مهم فیزیکی خاک برای شبیه‌سازی حرکت آب و املاح در محیط متخلخل می‌باشد. برای کاهش مشکلات اندازه‌گیری مستقیم هدایت آبی غیراشباع، توابع انتقالی به عنوان یک روش غیرمستقیم تعیین پارامترهای دیریافت خاک بکارگرفته شده‌اند. آنچه مسلم است انتخاب پارامترهای زودیافت موثر که دارای مفاهیم فیزیکی مرتبط با پارامتر دیریافت باشند، در افزایش دقت تخمین توابع انتقالی نقش بسزایی دارد. در این تحقیق از آنالیز حساسیت برای تعیین مناسب‌ترین پارامترهای زودیافت موثر بر هدایت آبی غیراشباع استفاده گردید. با استفاده از پارامترهای انتخابی در محدوده‌های متفاوت رطوبتی توابع انتقالی با دقت تخمین بالا ارائه شدند. نتایج تحقیق نشان داد که در تخمین هدایت آبی غیراشباع در رطوبت‌های کمتر از رطوبت در نقطه عطف منحنی رطوبتی تا نزدیک به رطوبت باقیمانده، این پارامتر از پارامترهای شکل منحنی رطوبتی ون‌گنوختن، رطوبت باقیمانده، رطوبت اشباع، درجه اشباع و شاخص خلل و فرج ریز خاک تاثیر می‌پذیرد. همچنین هدایت آبی غیراشباع در نقطه عطف منحنی رطوبتی علاوه بر پارامترهای شکل منحنی رطوبتی ون‌گنوختن و رطوبت اشباع به طور هم‌زمان به شاخص خلل و فرج ریز خاک و هدایت آبی اشباع وابسته است. هدایت آبی غیراشباع در دامنه رطوبتی بیشتر از نقطه عطف تا رطوبت اشباع نیز تنها از پارامترهای شکل منحنی رطوبتی ون‌گنوختن و هدایت آبی اشباع تبعیت می‌نماید.

واژه‌های کلیدی: توابع انتقالی، شاخص خلل و فرج ریز خاک، هدایت آبی غیراشباع، هدایت آبی اشباع.

مقدمه

هدایت آبی غیراشباع به عنوان پارامتر تعیین‌کننده حرکت آب در شرایط غیراشباع تحت تاثیر خصوصیات آب، ساختمان و بافت خاک می‌باشد. روابط متعددی هدایت آبی غیراشباع را تابعی از هدایت آبی اشباع و پارامترهای شکل منحنی رطوبتی بدست آورده‌اند. از آنجا که هدایت آبی غیراشباع در شرایط رطوبتی بالا تابعی از نیروی کاپیلاری (خلل و فرج درشت خاک) و در شرایط رطوبتی کم تحت تاثیر نیروی جذب سطحی (خلل و فرج ریز خاک) است، به نظر می‌رسد استفاده از پارامترهای متمایزکننده این دو دامنه رطوبتی می‌تواند دقت تخمین روابط را بهبود بخشد. هدایت آبی اشباع مبین کل خلل و فرج خاک است که در شرایط رطوبتی بالا تعیین‌کننده میزان جریان آب و املاح می‌باشد. دکستر و بیرد (Dexter and Bird, 2001) با تعریف پارامتر S، شاخص خلل و فرج ریز خاک را با مشتق‌گیری ($d\theta/d$ (ln(h)) از منحنی رطوبتی ون‌گنوختن(van Genuchten, 1980) به طور کمی بیان نمودند.

$$S = n(\theta_{sat} - \theta_{res})\left[1+\frac{1}{m}\right]^{-(1+m)} \qquad (۱)$$

که m و n پارامترهای شکل منحنی رطوبتی ون‌گنوختن، θ_{res} رطوبت باقیمانده و θ_{sat} رطوبت اشباع می‌باشند.

مواد و روشها

برای حساسیت‌سنجی هدایت آبی غیراشباع در دامنه‌های رطوبتی متفاوت از ۴۵ نمونه خاک بافت در ۹ کلاس بافتهای لومی رسی، رسی، لومی شنی، لومی، شنی لومی، لومی رسی شنی، رسی لومی شنی، رسی سیلتی و لومی رسی سیلتی منطقهٔ کرج استفاده گردید. از آنجا که هدف، برآورد هدایت آبی غیراشباع با استفاده از ویژگی‌های مانند جرم ویژهٔ ظاهری، جرم ویژهٔ حقیقی، فراوانی نسبی ذرات خاک، رطوبت ظرفیت زراعی، رطوبت اشباع، رطوبت باقیمانده،

پارامترهای شکل منحنی رطوبتی، هدایت آبی اشباع، شاخص خلل و فرج ریز خاک (S)، درجه اشباع، میانگین هندسی قطر ذرات و انحراف معیار آنها بود، از روش‌های زیر برای اندازه‌گیری پارامترهای فوق استفاده گردید:

اندازه‌گیری هدایت آبی اشباع نمونه‌ها در عمق ۳۰ سانتیمتری با دستگاه نفوذسنج گلف مدل KI-2800 صورت گرفت. برای اندازه‌گیری جرم ویژهٔ ظاهری و حقیقی، به ترتیب از روشهای کلوخه و پیکنومتری استفاده گردید. توزیع فراوانی ذرات به روش هیدرومتری، رطوبت ظرفیت نگهداری به وسیله دستگاه صفحات فشار و قطر ذرات به روش دانه‌بندی الک خشک به دست آمدند (افتخاریان و همکاران، ۱۳۷۷). روابط پیشنهادی شیزاوا و کمپل برای محاسبهٔ میانگین هندسی قطر ذرات و انحراف معیار هندسی مورد استفاده قرار گرفت (Shiozawa and Campbell, 1991). نرم افزار ROSETTA (Schaap et al., 2001) برای تخمین پارامترهای شکل منحنی رطوبتی و رطوبت باقیمانده بکار گرفته شد. هدایت آبی غیراشباع نیز از رابطه معلم- ون‌گنوختن با استفاده از نرم افزار ROSETTA بدست آمد.

نرم افزار آماری MiniTab (Ryan and Joiner, 1994) برای آنالیز حساسیت پارامترهای موثر بر هدایت آبی غیراشباع در سه دامنه رطوبتی مابین نقطه عطف منحنی رطوبتی و نقطه رطوبت باقیمانده، در نقطه عطف منحنی رطوبتی و مابین نقطه عطف منحنی رطوبتی و رطوبت اشباع استفاده گردید. سپس آنالیز رگرسیونی برای ایجاد توابع انتقالی از پارامترهای موثر انتخاب شده بکار گرفته شد.

نتایج و بحث

آنالیز حساسیت بر روی هدایت آبی غیراشباع در محدوده رطوبتی کمتر از نقطه عطف منحنی رطوبتی تا رطوبت باقیمانده نشان داد که پارامترهای شکل منحنی رطوبتی، رطوبت باقیمانده، رطوبت اشباع، درجه اشباع و شاخص خلل و فرج ریز خاک (S) پارامترهای موثر هستند. معادلات ۲ و ۳ توابع رگرسیونی پارامترهای فوق در تخمین هدایت آبی غیراشباع در رطوبت‌های ۰/۱۵ و ۰/۳۵ بیشتر از رطوبت باقیمانده را ارائه می‌نمایند.

$$K(1.15\theta_r) = -0.00398 - 0.0106\theta_r + 0.00341n - 0.004443m - 0.00668S_{dexter} + 0.000024\theta_s + 0.0222S_e \quad (۲)$$

$$K(1.35\theta_r) = -0.0535 - 0.155\theta_r + 0.0437n - 0.0493m - 0.11S_{dexter} + 0.000374\theta_s + 0.137S_e \quad (۳)$$

هدایت آبی غیراشباع در نقطه عطف منحنی رطوبتی تحت تاثیر پارامترهای شکل منحنی رطوبتی، رطوبت اشباع، هدایت آبی اشباع و شاخص خلل و فرج ریز خاک (S) بدست آمد. معادله ۴ رابطه رگرسیونی تخمین هدایت آبی غیراشباع را در این نقطه بیان می‌کند.

$$K(\text{inflection point}) = -5.43 + 6.76n - 15.2m + 14.8S_{dexter} - 0.0204\theta_s + 0.00748K_s \quad (۴)$$

حساسیت‌سنجی هدایت آبی غیراشباع در دامنه رطوبتی بیشتر از نقطه عطف منحنی رطوبتی تا رطوبت اشباع نشان‌دهنده تاثیرپذیری این پارامتر از پارامترهای شکل منحنی رطوبتی و هدایت آبی اشباع می‌باشد. معادلات ۵ و ۶ هدایت آبی غیراشباع را در نقاط رطوبتی ۰/۱ و ۰/۲۵ کمتر از رطوبت اشباع تخمین می‌زنند. (در معادلات ۶-۲، K_s هدایت آبی اشباع (cm/d)، m و n پارامترهای شکل منحنی رطوبتی، θ_s رطوبت اشباع (اعشاری)، θ_r رطوبت باقیمانده (اعشاری)، S_e درجه اشباع (اعشاری)، S_{dexter} شاخص خلل و فرج ریز خاک و $K(\theta)$ هدایت آبی غیراشباع (cm/d) می‌باشند).

$$K(0.9\theta_S) = -71.5 + 74.6n - 118m + 0.276K_s \quad (۵)$$

$$K(0.75\theta_S) = -42.6 + 45.1n - 73.4m + 0.101K_s \quad (۶)$$

نتایج تحقیق نشان داد که شاخص S به عنوان پارامتری که بیان‌کننده خلل و فرج ریز خاک می‌باشند تاثیر

بیشتری بر هدایت آب غیراشباع در دامنه رطوبتی کم دارد. همچنین هدایت آبی اشباع که بیان‌کننده خلل و فرج درشت خاک است بر هدایت آبی غیراشباع در دامنه رطوبتی بالا و نزدیک به رطوبت اشباع موثرتر می‌باشد. نکته قابل توجه تاثیر توام هدایت آبی اشباع و شاخص S بر هدایت آبی غیراشباع در نقطه عطف است. علاوه‌براین حضور پارامترهای شکل منحنی رطوبتی به عنوان پارامتر بیان‌کننده شکل خلل و فرج خاک در تمامی معادلات رگرسیونی ارائه شده در رطوبت‌های مختلف در کنار پارامترهای هدایت آبی اشباع و شاخص S نشان از برقراری مفاهیم فیزیکی حاکم بر مساله و صحت روابط فوق دارد.

پارامترهای آماری ضریب تبیین و خطای استاندارد برای بیان دقت معادلات ارائه شده بدست آمدند. مقادیر بالای ضریب تبیین و کم خطای استاندارد نشان از دقت مناسب و قابلیت بالای تخمین هدایت آبی اشباع در نقاط ذکر شده دارد. استفاده از ۶ معادله فوق می‌تواند در رسم منحنی هدایت آبی غیراشباع بکار گرفته شود. جدول ۱ خلاصه پارامترهای را بیان می‌نماید.

جدول ۱- خلاصه پارامترهای آماری معادلات ارائه شده برای تخمین هدایت آبی غیراشباع

پارامتر وابسته	R^2_{adj}	Standard Error
$K(1.15\theta_r)$	۸۷/۸	۰/۰۰۰۰۲۷۲۳
$K(1.35\theta_r)$	۹۱/۶	۰/۰۰۰۳۲
K(inflection point)	۹۲/۲	۰/۰۵۷۱۱
$K(0.9\theta_s)$	۹۸/۲	۰/۳۰۷۵
$K(0.75\theta_s)$	۹۹/۱	۰/۵۲۳۵

منابع

[۱] افتخاریان، لیلا . امید تی تی دژ، بهناز خاکباز، امین سارنگ، پدرام صادقیان، رضا مهین روستا و مهدی نوار . ۱۳۷۷. آزمایشگاه مکانیک خاک. ۲۷۴ صفحه.

[2] Dexter, A.R., Bird, N.R.A., 2001. Methods for predicting the optimum and the range of soil water contents for tillage basedon the water retention curve. Soil Tillage Res. 57, 203–212.

[3] Ryan, B.F. and B.L. Joiner. 1994. MiniTab Handbook. Durbuy Press. 483 pp.

[4] Schaap M. G., F. J. Leij and M. T. van Genuchten. 2001. ROSETTA: a computer program for estimating soil hydraulic parameters with hierarchial pedotransfer functions. Journal of Hydrology. 251: 163-176.

[5] Shiozawa, S. and G. S. Campbell. 1991. On the calculation of mean particle diameter and standard deviation from sand, silt and clay fractions. Soil Sci. Vol 152, 6: 427-431.

[6] van Genuchten, M.Th., 1980. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. Soil Sci. Soc.Am. J. 44, 892–898.