پیش‌بینی خصوصیات هیدرولیکی خاک با روش معکوس در شرایط مزرعه‌ای

ابوالفضل مجنونی هریس، شاهرخ زندپارسا، علیرضا سپاسخواه و علی اکبرکامکارحقیقی

به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، استادیار، استاد و دانشیار بخش آبیاری دانشگاه شیراز- آدرس: شیراز، باجگاه، دانشکده کشاورزی، بخش‌آبیاری

majnooni1979@yahoo.com و zandparsa@yahoo.com

مقدمه

تعیین عوامل هیدرولیکی خاک در آزمایشگاه ساده‌تر ازمزرعه است، ولی شرایط مزرعه‌ای در نمونه‌های مورد آزمایش برقرار نیست. زیرا در یک نمونه کوچک از یک مزرعه، عوامل ناشناخته مؤثر بر جریان و انتقال آب در نظر گرفته نمی‌شود. در این مقاله عوامل هیدرولیکی سه نوع خاک مختلف در شرایط مزرعه‌ای و با استفاده از برنامه کامپیوتری Estimation of soil hydraulic parameters by inverse method.(ESHPIM) (۴) برآورد می‌شوند.

جریان یک بعدی آب در خاک تحت شرایط هم دما با معادله ریچارد بصورت زیر بیان می‌شود:

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z}(K(h)(\frac{\partial h}{\partial z}+1)) \qquad (۱)$$

که در آن θ رطوبت حجمی خاک، t زمان، h ارتفاع فشاری آب در خاک، K(h) هدایت هیدرولیکی بصورت تابعی از h و z عمق خاک (بطرف بالا مثبت)می‌باشد. برای حل این معادله بایستی روابط بین $K-h$ و $h-\theta$ معلوم باشند. برای تعیین این روابط از معادله ون‌گنوختن(۳) استفاده می‌شود:

$$K(h) = K_s Se^{0.5}[1-(1-Se^{\frac{1}{m}})^m]^2 \qquad (۲)$$

$$Se = [\frac{1}{1+(\alpha\ |h|)^n}]^m \qquad (۳)$$

$$Se = \frac{\theta-\theta_r}{\theta_s-\theta_r} \qquad (۴)$$

$$m = 1 - \frac{1}{n} \quad (۵)$$

که در روابط فوق θ، θ_r، θ_s بترتیب رطوبت حجمی خاک، رطوبت حجمی تهماند خاک و رطوبت حجمی اشباع خاک هستند، Se درجه اشباع مؤثر، K(h) و K_s هدایت هیدرولیکی بعنوان تابعی از ارتفاع مکش و هدایت هیدرولیکی اشباع خاک و α، n و m عوامل معادله ون‌گنوختن می‌باشند.

برای تخمین بهینه هدایت هیدرولیکی اشباع و عوامل معادله ون‌گنوختن به روش معکوس روش‌های عددی زیادی ارائه شده‌است(۱ و ۲). زند پارسا(۲۰۰۱) با روش ماتریس سه قطری برای جریان آب در خاک و روش نیوتن رافسون برای تخمین بهینه هدایت هیدرولیکی اشباع خاک و عوامل معادله ون‌گنوختن مدل کامپیوتری ESHPIM را برای حل این معادلات ارائه داد(۴). در این تحقیق مقدار $\theta_r = 0.1$ و θ_s با توجه به مقادیر اندازه‌گیری شده چگالی ظاهری خاک تخمین زده شده‌اند. ابتدا مقادیر اولیه فرضی برای ضرایب معادله ون‌گنوختن و هدایت هیدرولیکی اشباع خاک در نظر گرفته می‌شوند، سپس مقادیر ارتفاع فشاری آب و رطوبت خاک محاسبه می‌گردند. مقادیر محاسبه شده رطوبت و ارتفاع فشاری آب در خاک با مقادیر اندازه‌گیری شده در طی ساعات طولانی در مزرعه با استفاده از تابع هدف زیر مقایسه و تا رسیدن به حداقل مجموع مربع خطا بین مقادیر محاسبه شده و پیش‌بینی شده ادامه می‌یابد:

(۶)

$$O = \sum_{i=1}^{n1}\{\sum_{j=1}^{n2}[W_1(\theta_{ij}^o - \theta_{ij}^c)]^2 + \sum_{u=1}^{n3}[W_2(h_{iu}^o - h_{iu}^c)]^2\}$$

که در آن i، j، u بترتیب دفعات اندازه‌گیری، شماره لایه خاک برای اندازه‌گیری رطوبت خاک و شماره لایه خاک برای اندازه‌گیری ارتفاع فشاری آب خاک، پسوندهای o و c بترتیب نشان‌دهنده مقادیر اندازه‌گیری شده و محاسبه شده، n_1، n_2 و n_3 بترتیب تعداد کل دفعات اندازه‌گیری، تعداد لایه‌های خاک برای اندازه‌گیری رطوبت و تعداد لایه‌های خاک برای اندازه‌گیری ارتفاع فشاری آب خاک و مقادیر W_1 و W_2عوامل وزنی بین صفر تا یک هستند. در این مطالعه مقدار W_1 برابر یک وW_2 از رابطه زیر محاسبه شده است:

$$W_2 = \frac{\overline{\theta}}{\overline{h}} \quad (۷)$$

که در آن $\overline{\theta}$ و $\overline{h}$ بترتیب متوسط رطوبت‌ها و مکش‌های اندازه‌گیری شده می‌باشند.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سه خاک با بافت‌های لوم سیلتی رسی، لوم رسی و لوم سنگریزه‌دار در محل دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز و مرکز تحقیقات کشاورزی کوشکک، استان فارس انجام گرفت. در این آزمایشها برای بدست آوردن مقادیر رطوبت حجمی (θ) و ارتفاع فشاری آب خاک (h) ابتدا یک کرت دایره‌ای شکل بقطر ۲ متر در هر کدام از خاک ها ایجاد و تقریباً تا عمق یک متر با آب اشباع گردید. برای جلوگیری از خروج آب از طریق تبخیر- تعرق، سطح کرت عاری از گیاه شده و روی کرت پلاستیک کشیده شد. جهت اندازه‌گیری مکش آب خاک در خاک لوم سیلتی رسی تعداد شش عدد تانسیومتر در ۳ عمق ۰/۳۰، ۰/۶۰ و ۰/۹۰ متری، و برای دو خاک بعدی همین تعداد تانسیومتر در عمق‌های ۰/۲۰، ۰/۴۰ و ۰/۶۰ متری خاک قرار داده شدند. همزمان با اندازه‌گیری مکش آب خاک، اندازه‌گیری رطوبت حجمی خاک با دستگاه TDR در زمان های مختلف بعد از خیس نمودن کرت ها و در عمق‌های ذکر شده صورت می‌گرفت.

اندازه‌گیری‌ها در خاک لوم سیلتی رسی (سری دانشکده کشاورزی) تا ۳۸۰ ساعت بعد از شروع آزمایش، در خاک لوم رسی (مرکز تحقیقات کوشکک) تا ۲۶۵ ساعت بعد و در خاک لوم سنگریزه‌دار (سری کوی اساتید، دانشکده کشاورزی) تا ۲۲۲ ساعت بعد از شروع آزمایش ادامه یافت.

نتایج و بحث

نتایج به دست آمده در سه سری خاک مورد مطالعه به طور خلاصه در جدول(۱) آورده شده‌اند. همچنین برای نمونه در شکل(۱) مقایسه مقادیر رطوبت خاک پیش‌بینی شده با مقادیر اندازه‌گیری شده در اعماق و در زمان های مختلف در خاک لوم سیلتی رسی نشان داده شده است.

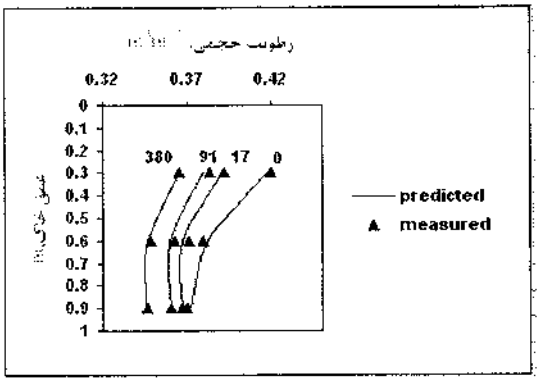
جدول(۱) نتایج حاصل شده در سه نوع خاک مورد آزمایش

عامل	لوم سیلتی رسی		بافت خاک: لوم رسی		لوم سنگریزه‌دار	
	حدس‌اولیه	پیش‌بینی‌شده	حدس‌اولیه	پیش‌بینی‌شده	حدس‌اولیه	پیش‌بینی‌شده
K_s (ms^{-1})	$۵*۱۰^{-۶}$	$۲/۴*۱۰^{-۶}$	$۵*۱۰^{-۶}$	$۱/۶*۱۰^{-۶}$	$۸*۱۰^{-۵}$	$۱/۴*۱۰^{-۵}$
n	۱/۵	۱/۳۵۳	۱/۴۰	۱/۷۲۲	۱/۲۵	۱/۰۰۸
α (m^{-1})	۱/۱	۰/۷۸۵	۱/۲	۰/۹۱۴	۱/۵	۳/۱۱۲

در این روش با اندازه‌گیری‌های طولانی مدت رطوبت و مکش در شرایط مزرعه‌ای، اثر عوامل ناشناخته مؤثر بر خصوصیات هیدرولیکی خاک در نظر گرفته می‌شود. تخمین این عوامل در رطوبت‌های بالاتر از ظرفیت زراعی است که عمده حرکت های آب در خاک در این محدوده صورت می‌گیرد. با استفاده از این مدل می‌توان با وارد کردن مقادیر رطوبت و مکش در عمق‌ها و ساعات مختلف بطور همزمان مقادیر متوسطی از α، n و K_s را پیش‌بینی کرد.

برای پیش‌بینی مقادیر α و n نباید داده های خیلی پراکنده به عنوان تخمین اولیه در نظر گرفته شوند چرا که باعث طولانی‌تر شدن محاسبات خواهد شد. برای تخمین اولیه می‌توان از نتایج مدل های دیگر و یا از کارهای انجام شده در منطقه کمک گرفت. در صورتی که هیچ اطلاع اولیه‌ای از این مقادیر در دست نباشد می‌توان ضمن اجرای مدل از روند تغییرات مقادیر محاسباتی در هر مرحله از محاسبات عملیات را متوقف و مقادیر اولیه‌ی هدایت شده ای را وارد کرد، تا از طولانی شدن زمان محاسبات جلوگیری گردد.

قابل ذکر است که این روش می‌تواند هدایت هیدرولیکی اشباع خاک را بطور مناسب تخمین بزند. چنانچه مقدار اولیه هدایت هیدرولیکی اشباع نامناسب هم باشد مدل سریعاً به تخمین مناسب‌تری می‌رسد.



شکل(۱) مقایسه بین مقادیر اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی شده رطوبت خاک با مدل در خاک لوم سیلتی رسی در زمانهای صفر،۱۷،۹۱ و ۳۸۰ ساعت بعد از خیس شدن کرت

منابع مورد استفاده

1- Dane, J. H., and Hruska. 1983. In situ determination of soil hydraulic properties during drainge. Soil Sci. Soc. Am. J. 47:619-624.

2- Kool, J. B., J. C. Parker, and M. Th. van Genuchten. 1987. Parameter estimation for unsaturated flow and transport model-A review. J. Hydrol. 91:255-293.

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

4- Zand- Parsa, Sh. 2001. A simulation model for prediction of water and nitrogen effects on corn yield. Ph. D. Thesis. Irrigation Department, Shiraz University. 330pp.