مقایسه توابع انتقالی رگرسیونی چندمتغیره و شبکهٔ عصبی مصنوعی برنامه ROSETTA در برآورد منحنی رطوبتی خاکهای آهکی

حبیب خداوردی‌لو و مهدی همایی

به‌ترتیب دانشجوی دکتری‌خاکشناسی(habisol@yahoo.com) و دانشیار گروه خاکشناسی، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه تربیت‌مدرس

مقدمه

یکی از مهمترین شاخص‌هایی که ویژگیهای بخش غیراشباع خاک را بصورت کمّی بیان می‌کند، منحنی رطوبتی خاک است که در بسیاری از پژوهش‌ها به عنوان اطلاعات پایه مورد استفاده قرار می‌گیرد. لیکن، اندازه‌گیری مستقیم آن هزینه‌بر و وقت‌گیر بوده و نیاز به تجهیزات آزمایشگاهی ویژه دارد. به همین دلیل، در سالهای اخیر تلاشهایی فراوان صورت گرفته تا با استفاده از ویژگیهای زودیافت خاک و بدون نیاز به اندازه‌گیری مستقیم بتوان آن را با دقتی قابل قبول برآورد کرد. برای برآورد منحنی رطوبتی خاک می‌توان توابعی با استفاده از داده-های موجود در منطقه ایجاد کرد و یا از توابع اشتقاق یافته در سایر نقاط جهان استفاده کرد. لیکن، تاکنون کارآیی توابع از پیش تعیین شده مانند ROSETTA در خاکهای مسئله‌دار (برای مثال خاک‌های آهکی) آزموده نشده است. هدف از این پژوهش، مقایسه کارآیی توابع انتقالی خاک و برنامه ROSETTA در برآورد منحنی رطوبتی از ویژگیهای زودیافت خاک بود.

مواد و روش‌ها

تعداد ۷۵ نمونهٔ دست‌خورده و۷۵ نمونهٔ دست‌نخورده از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاکهای آهکی منطقهٔ کرج انتخاب شد. فراوانی نسبی ذرات خاک به روش هیدرومتری، کربنات‌کلسیم معادل به روش کلسیمتری و جرم ویژهٔ ظاهری نمونه‌های دست‌نخورده به روش پارافین اندازه‌گیری شد. منحنی رطوبتی خاک با استفاده از دستگاه صفحات فشاری و اعمال مکش‌های صفر، ۱۰، ۳۳، ۱۰۰، ۳۰۰، ۵۰۰و ۱۵۰۰ کیلوپاسکال بدست آمد.

از روش رگرسیون با بهترین زیرمجموعه Best subset regression برای گزینش مناسبترین ترکیب از ویژگیهای زودیافت خاک در برآورد منحنی رطوبتی خاک استفاده گردید.

برای ارزیابی کارآیی توابع انتقالی خاک [۱ و۳] در برآورد منحنی رطوبتی خاک و مقایسه آن با برنامهROSETTA [۴] از جذر میانگین مربعات خطا ($RMSE$) میانگین هندسی نسبت خطا ($GMER$) و انحراف معیار هندسی نسبت خطا ($GSDER$) استفاده شد. بیان ریاضی این آماره‌ها به گونهٔ زیر است [۲]:

$$RMSE = \left[\frac{\sum_{i=1}^{n} \left(\theta_i^P - \theta_i^O\right)^2}{n} \right]^{1/2}$$

رابطه (۱)

$$\varepsilon = \frac{\theta^P}{\theta^O}$$

رابطه (۲)

$$GMER = exp\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} ln(\varepsilon_i) \right)$$

رابطه (۳)

رابطه (۴)

$$GSDER = exp\left[\left(\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}[ln(\varepsilon_i) - ln(GMER)]^2\right)^{1/2}\right]$$

که در آنها θ_i^p و θ_i^o به ترتیب مقدار رطوبت برآورد شده و اندازه‌گیری شده، n تعداد نمونه‌ها، حروف سرکش‌دار مقادیر میانگین و ε نسبت خطا است. در آرمانی‌ترین حالت، اگر همهٔ داده‌های برآورد شده و اندازه‌گیری شده یکسان باشند، آماره‌ها به این گونه‌اند:

$GMER=1; GSDER=1; \varepsilon = 1 RMSE=0;$.

نتایج و بحث

جدول ۱ توابع انتقالی اشتقاق یافته و آماره‌های مربوط به آنها را نشان می‌دهد. مقایسه کمّی مقادیر رطوبت اندازه‌گیری شده و برآورد شده نشان می‌دهند که اعتبار توابع انتقالی ایجاد شده در برآورد منحنی رطوبتی به مراتب بیشتر از برنامه ROSETTA است. جدول ۲ مقدار آماره‌ها را برای آزمون اعتبار توابع انتقالی ایجاد شده و برنامه ROSETTA و مقایسه کارآیی آنها در برآورد منحنی رطوبتی خاک نشان می‌دهد.

جدول (۱) توابع انتقالی اشتقاق یافته و آماره‌های مربوط به آنها

شماره تابع	توابع انتقالی ایجاد شده	R^2_{adj}	MSE
۱	θ_S=62.1-0.462×y-0.641×d +26.2×Bd-16.6×log(Li)	***۵۷/۶	۱۸/۹۷۰
۲	θ_{10kPa}=35.8-0.323×y -0.527×d +20.7×Bd	***۶۷/۸	۶/۹۷۰۰
۳	θ_{33kPa}=13.4-0.357×d +19.5×Bd	***۷۰/۵	۵/۸۳۰۰
۴	θ_{100kPa}=63+13.4×Bd-80.5×$d_g^{0.1}$	***۷۵/۸	۳/۸۲۰۰
۵	θ_{300kPa}=56.9+11.8×Bd-75×$d_g^{0.1}$	***۷۹/۰	۲/۷۵۰۰
۶	θ_{500kPa}=49+12×Bd-66.6×$d_g^{0.1}$	***۷۵/۰	۲/۷۵۰۰
۷	$log(\theta_{1500kPa})$=1.84+0.351×Bd-1.63×$d_g^{0.1}$	***۶۷/۰	۰/۰۰۲۵
۸	$log(\alpha)$=-0.847-0.00573×y -0.801×log(Li)	***۳۲/۰	۰/۰۶۱۳

θ : مقدار رطوبت حجمی در مکش‌های متناظر Bd ،(cm^3cm^{-3}): جرم ویژهٔ ظاهری(gcm^{-3})، $R^2(adj)$: ضریب تبیین تصحیح شده، MSE: میانگین مربعات خطا و *** :معنی‌دار در سطح ۰/۰۰۱.

جدول (۲) مقدار آماره‌ها برای آزمون اعتبار توابع انتقالی خاک و برنامه ROSETTA در برآورد منحنی رطوبتی خاک

متغیر وابسته	عامل برآورد کننده	$RMSE$ (%)	$GMER$	$GSDER$
θ_s	PTF	۰/۷۷۹	۱/۰۰	۱/۱۶
	$ROSETTA$	۱۸۶/۲۶۸	۰ ۰۸	۱/۲۶
θ_{10kPa}	PTF	۱/۲۲۹	۰/۹۹	۱/۰۶
	$ROSETTA$	۳۷/۶۳۲	۰/۷۶	۱/۱۷
θ_{33kPa}	PTF	۱/۳۳۱	۱/۰۰	۱/۱۳
	$ROSETTA$	۲۸/۹۱۲	۰/۷۷	۱/۱۸
θ_{100kPa}	PTF	۲/۶۷۱	۰/۹۸	۱/۱۰
	$ROSETTA$	۳۰/۳۱۴	۰/۶۹	۱/۱۵
θ_{300kPa}	PTF	۳/۰۱۰	۰/۹۶	۱/۱۳
	$ROSETTA$	۲۸/۳۳۳	۰/۶۵	۱/۱۵
θ_{500kPa}	PTF	۳/۸۹۴	۰/۹۵	۱/۱۳
	$ROSETTA$	۲۸/۸۱۳	۰/۶۳	۱/۱۵
$\theta_{1500kPa}$	PTF	۳/۳۹۷	۰/۹۶	۱/۱۴
	$ROSETTA$	۲۴/۶۴۷	۰/۶۲	۱/۲۰
α	PTF	۰/۰۰۰۷	۱/۱۳	۱/۸۹
	$ROSETTA$	۰/۰۱۴۵	۱/۳۶	۲/۲۴

این نتایج نشان می‌دهند که بطور کلی توابع انتقالی رگرسیونی در برآورد منحنی رطوبتی از برنامه ROSETTA مناسب‌تر هستند. همچنین نتایج نشان می‌دهند که برنامه ROSETTA در برآورد منحنی رطوبتی خاکهای آهکی بسیار ناکارآمد است. زیرا، افزون بر کم‌شمار بودن داده‌ها در ایجاد شبکه، مقدار کربنات‌کلسیم نیز – که به عنوان یک جزء جامد در خاک بر ویژگیهای رطوبتی خاک موثر است– به صورت یک پارامتر ورودی در آن لحاظ نشده است.

منابع

۱– خداوردی‌لو، ح. و همایی، م. ۱۳۸۱. اشتقاق توابع انتقالی خاک به منظور برآورد منحنی مشخصه رطوبتی. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی. جلد ۳ شماره ۱۰، صفحات ۳۵ تا ۴۶.

2- Homaee, M., C. Dirksen and R. A. Feddes. 2002. Simulation of root water uptake. I. Non-uniform transient salinity stress using different macroscopic reduction functions. Agric. Water Manage.57, 89-109.

3- Khodaverdiloo, H. and M. Homaee. 2004. PedoTransfer Functions of some Calcareous Soils. 10: 27(1-11). In: N. Whrle and M. Scheurer (Eds.). Eurosoil 2004. International conference, September 4-12, Freiburg, Germany.

4- Schaap, M. G. and F. J. Leij, and M. Th. van Genuchten. 2001.ROSETTA: a computer program for the estimating soil hydraulic parameters with hierarchical pedotransfer functions. J. Hydrol. 251, 151-162.