نشریه حفاظت منابع آب و خاک، سال پنجم، شماره اول، پاییز ۱۳۹٤

ISSN 2251-7480

برآورد منحنی مشخصه آب خاک برمبنای مدل ساده تک پارامتری

حمید رضا فولادمند [۱*] و عفت علاسوند [۲]

۱*) دانشیار آبیاری و زهکشی؛ گروه مهندسی آب؛ واحد مرودشت؛ دانشگاه آزاد اسلامی؛ مرودشت؛ ایران

*نویسنده مسئول مکاتبات: hrfoolad@yahoo.com

۲) دانشجو سابق کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی؛ گروه مهندسی آب؛ واحد مرودشت؛ دانشگاه آزاد اسلامی؛ مرودشت؛ ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹٤/۰۳/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹٤/۰۹/۲۹

چکیده

اندازه‌گیری منحنی مشخصه آب خاک در آزمایشگاه و مزرعه پرهزینه، وقت‌گیر و مشکل است. از آنجا که این منحنی برای مطالعه حرکت آب در بخش غیراشباع خاک ضروری است، لذا استفاده از روش‌های برآوردی آن متداول می‌باشد. مدل تک‌پارامتری (Gregson *et al.* (1987 براساس شکل لگاریتمی منحنی مشخصه آب خاک ارائه شده است. این مدل دارای دو ضریب می‌باشد که بین آن‌ها یک همبستگی منفی وجود دارد و همچنین دارای یک پارامتر مجهول است. در این پژوهش برای برآورد پارامتر مجهول مدل از چگالی ظاهری و انحراف معیار هندسی ذرات خاک استفاده شد. برای این منظور از داده‌های اندازه‌گیری شده منحنی مشخصه ۱۶۰ خاک آنسودا و ۳۲ خاک استان فارس استفاده شد و چهار حالت مختلف درنظر گرفته شد: الف) واسنجی نتایج برای گروه‌های بافتی مختلف و ارزیابی نتایج در هر گروه بافتی با خاک‌های مستقل. ب) واسنجی نتایج برای خاک‌های آنسودا و ارزیابی نتایج برای خاک‌های استان فارس. ج) واسنجی نتایج برای خاک‌های استان فارس و ارزیابی نتایج برای خاک‌های آنسودا. د) واسنجی نتایج برای حدود ۸۰ درصد کل داده‌ها و ارزیابی نتایج برای حدود ۲۰ درصد باقی‌مانده داده‌ها. نتایج به دست آمده در حالت اول نشان‌دهنده دقت مناسب برآورد منحنی مشخصه برای گروه‌های بافتی مختلف بود. همچنین مقایسه نتایج حالت‌های دوم تا چهارم نشان داد که مناسب‌ترین حالت برآورد منحنی مشخصه برمبنای واسنجی نتایج با استفاده از خاک‌های آنسودا می‌باشد.

کلیدواژه‌ها: آنسودا؛ استان فارس؛ مدل تک پارامتری؛ منحنی مشخصه آب خاک

مقدمه

اطلاع از منحنی مشخصه آب خاک برای بررسی حرکت آب در خاک غیر اشباع ضروری است. این منحنی بیانگر رابطه بین مکش و رطوبت خاک است که اندازه‌گیری مستقیم آن در آزمایشگاه و مزرعه وقت‌گیر و پرهزینه است. از این‌رو پژوهش‌های متعددی برای برآورد این منحنی انجام شده است و در بسیاری از آن‌ها از ویژگی‌های زودیافت خاک مانند مقادیر رس، سیلت، شن، چگالی ظاهری و مقدار ماده آلی خاک استفاده شده است که به آن توابع انتقالی گفته می‌شود. توابع انتقالی منحنی مشخصه آب خاک را براساس روش برآورد می‌توان به نقطه‌ای و پارامتریک تقسیم نمود. توابع انتقالی نقطه‌ای مقدار رطوبت را در مکش‌های معینی برآورد می‌کنند و رابطه به دست آمده برای هر مکش متفاوت است. اما در توابع انتقالی پارامتریک فرض می‌شود که رابطه بین مکش و رطوبت براساس یک مدل منحنی مشخصه آب خاک که تعداد معینی پارامتر دارد، قابل توصیف است (بایرام و بهمنی، ۱۳۹٤). سپس با استفاده از این توابع پارامترهای

Archive of SID

www.SID.ir

به کار رفته در مدل مورد نظر برآورد می‌گردد. از جمله مدل‌های شناخته شده منحنی مشخصه آب خاک می‌توان به مدل‌های Brooks and Corey (1964)، Campbell (1974) و van Genuchten (1980) اشاره نمود. مدل‌های Gregson *et al.* (1987) و Groenevelt and Grant (2004) از دیگر مدل‌های منحنی مشخصه هستند که پژوهش‌های کمتری بر روی آن‌ها انجام شده است.

توابع انتقالی پارامتریک برخلاف توابع انتقالی نقطه‌ای، تمام دامنه تغییرات منحنی مشخصه را برآورد می‌کنند و می‌توان آن‌ها را به طور مستقیم در مدل‌های ریاضی برای شبیه‌سازی حرکت آب در خاک به کار گرفت. در زمینه ایجاد و یا استفاده از این توابع پژوهش‌های متعددی در ایران انجام شده است که از آن‌جمله می‌توان به پژوهش‌های قربانی دشتکی و همایی (۱۳۸۱)، میرخانی و همکاران (۱۳۸٤)، ترابی فارسانی و همکاران (۱۳۸٦)، مؤذن‌زاده و همکاران (۱۳۸۸)، مطلبی و همکاران (۱۳۸۹)، فولادمند و هادی‌پور (۱۳۹۰)، حق‌وردی و همکاران (۱۳۹۱)، Sepaskhah and Bondar (2002)، Ghanbarian-Alavijeh *et al.* (2009) و Fooladmand and Hadipour (2011) اشاره نمود. در یک پژوهش نیز حسینی عزآبادی و همکاران (۱۳۸۲) توابعی انتقالی برای مدل تک پارامتری Gregson *et al.* (1987) ارائه نموده‌اند.

هدف اصلی این پژوهش توسعه برآورد منحنی مشخصه آب خاک با استفاده از مدل تک پارامتری گریگسون و همکاران (۱۹۸۷) می‌باشد.

مواد و روش‌ها

Williams و همکاران (۱۹۸۳) مدلی لگاریتمی برای منحنی مشخصه آب خاک به صورت زیر ارائه دادند:

$$Lnh = a + bLn\theta \qquad (1)$$

که در آن h مکش، θ رطوبت خاک و a و b ضرایب معادله می‌باشند. Gregson *et al.* (1987) متوجه شدند که بین دو ضریب فوق یک همبستگی منفی به صورت رابطه زیر وجود دارد:

$$a = p + qb \qquad (2)$$

که در آن p عرض از مبدا و q شیب منفی خط رگرسیون بین دو ضریب a و b می‌باشند. از تلفیق رابطه‌های ۱ و ۲ معادله تک پارامتری Gregson و همکاران (۱۹۸۷) به دست می‌آید که به صورت زیر است:

$$Lnh = p + b(Ln\theta + q) \qquad (3)$$

در مدل Gregson و همکاران (۱۹۸۷) با داشتن مقادیر p و q برای یک بافت خاک و یا گروهی از بافت‌ها، تنها پارامتر مجهول باقی‌مانده b است. از این‌رو بعضی از محققین روابطی برای برآورد این پارامتر ارائه داده‌اند. به عنوان مثال حسینی عزآبادی و همکاران (۱۳۸۲) برای هشت گروه بافتی مختلف مقادیر p و q را به دست آورند و همچنین معادلاتی مختلف در هر گروه بافتی برای ضریب b ارائه دادند. این محققین برای برآورد ضریب b از مقادیر میانگین و انحراف معیار هندسی ذرات خاک استفاده نمودند که از روابط زیر به دست می‌آیند (Shirazi and Boersma, 1984):

$$u = 0.01(f_c Ln0.001 + f_{si} Ln0.026 + f_{sa} Ln1.025) \qquad (4)$$

$$d_g = \exp(u) \qquad (5)$$

$$v^2 = 0.01\{f_c(Ln0.001^2) + f_{si}(Ln0.026^2) + f_{sa}(Ln1.025^2)\} - u^2 \qquad (6)$$

$$\delta_g = \exp(v) \qquad (7)$$

که در آن‌ها d_g و δ_g به ترتیب میانگین و انحراف معیار هندسی ذرات خاک برحسب میلی‌متر و f_c، f_{si} و f_{sa} به ترتیب درصد ذرات رس، سیلت و شن خاک می‌باشند.

برای انجام این پژوهش از اطلاعات اندازه‌گیری شده منحنی مشخصه آب خاک (به صورت شاخه خشک شونده)، بافت خاک (شامل درصد رس، سیلت و شن) و چگالی ظاهری (ρ_b) ۱٦۰ نمونه خاک از مجموعه خاک‌های آنسودا (UNSODA) که دارای تنوع بافتی بوده و شامل اطلاعات ذکر شده بودند و همچنین ۳۲ نمونه خاک از مناطق استهبان، بیضا، زرقان، فسا و مرودشت در استان فارس استفاده شد. همچنین مقادیر میانگین و

Archive of SID

www.SID.ir

انحراف معیار هندسی کلیه خاک‌ها محاسبه شد. اطلاعات آماری خاک‌های به کار رفته در این پژوهش در جدول‌های ۱ و ۲ ارائه شده‌اند.

جدول ۱. اطلاعات آماری خاک‌های آنسودا

بافت خاک	تعداد نمونه	شاخص آماری	رس (٪)	سیلت (٪)	شن (٪)	چگالی ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	میانگین هندسی ذرات خاک (میلی‌متر)	انحراف معیار هندسی ذرات خاک
		میانگین	۵۰/۱	۲۶/۷	۲۳/۲	۱/۳۶	۰/۰۱۳	۱۶/۳۰۵
Clay	۱۳	انحراف معیار	۶/۰	۹/۰	۱۰/۷	۰/۲۰	۰/۰۰۷	۵/۶۷۳
		ضریب تغییرات	۰/۱۲	۰/۳۴	۰/۴۶	۰/۱۵	۰/۴۸	۰/۳۵
		میانگین	۳۴/۱	۳۴/۴	۳۱/۵	۱/۳۷	۰/۰۲۸	۱۶/۶۲۹
Clay loam	۹	انحراف معیار	۳/۷	۱۰/۸	۸/۵	۰/۳۸	۰/۰۰۷	۴/۰۵۹
		ضریب تغییرات	۰/۱۱	۰/۳۱	۰/۲۷	۰/۲۸	۰/۲۶	۰/۲۴
		میانگین	۱۹/۹	۴۱/۰	۳۹/۲	۱/۲۴	۰/۰۶۲	۱۳/۱۱۹
Loam	۲۱	انحراف معیار	۴/۲	۶/۹	۸/۶	۰/۳۰	۰/۰۲۴	۱/۴۷۲
		ضریب تغییرات	۰/۲۱	۰/۱۷	۰/۲۲	۰/۲۴	۰/۳۸	۰/۱۱
		میانگین	۳۰/۴	۵۶/۶	۱۳/۱	۱/۳۹	۰/۰۱۷	۸/۷۹۸
Silty clay loam	۴	انحراف معیار	۴/۰	۱۲/۳	۱۲/۵	۰/۱۹	۰/۰۰۹	۴/۰۲۸
		ضریب تغییرات	۰/۱۳	۰/۲۲	۰/۹۶	۰/۱۴	۰/۵۱	۰/۰/۴۶
		میانگین	۱۵/۰	۶۴/۶	۲۰/۴	۱/۴۳	۰/۰۳۷	۷/۶۶۹
Silt loam	۴۸	انحراف معیار	۴/۷	۸/۴	۹/۴	۰/۱۵	۰/۰۱۷	۱/۸۸۶
		ضریب تغییرات	۰/۳۱	۰/۱۳	۰/۴۶	۰/۱۱	۰/۴۷	۰/۲۵
		میانگین	۱۲/۳	۲۴/۸	۶۲/۹	۱/۵۲	۰/۱۸۶	۱۱/۸۶۹
Sandy loam	۲۴	انحراف معیار	۵/۶	۷/۰	۶/۸	۰/۱۷	۰/۰۶۴	۳/۱۱۳
		ضریب تغییرات	۰/۴۵	۰/۲۸	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۳۵	۰/۲۶
		میانگین	۶/۱	۱۱/۷	۸۲/۲	۱/۴۷	۰/۴۴۴	۷/۰۰۴
Loamy sand	۲۱	انحراف معیار	۲/۴	۴/۰	۳/۷	۰/۱۶	۰/۰۷۷	۱/۳۷۲
		ضریب تغییرات	۰/۳۹	۰/۳۵	۰/۰۵	۰/۱۱	۰/۱۷	۰/۲۰
		میانگین	۳/۱	۵/۳	۹۱/۶	۱/۵۸	۰/۶۹۱	۴/۱۳۷
Sand	۲۰	انحراف معیار	۱/۶	۲/۹	۳/۴	۰/۱۷	۰/۱۱۲	۱/۱۳۰
		ضریب تغییرات	۰/۵۳	۰/۵۵	۰/۰۴	۰/۱۱	۰/۱۶	۰/۲۷

در این پژوهش برای برآورد منحنی مشخصه آب خاک از مدل Gregson و همکاران (۱۹۸۷) مقادیر p و q تعیین و روابطی برای برآورد پارامتر b به دست آمد. برای این منظور چهار حالت مختلف زیر در نظر گرفته شدند:

حالت اول: با توجه به کل نمونه‌های خاک‌های آنسودا و استان فارس، برای هر گروه بافتی حدود ۷۰ درصد نمونه‌های خاک برای واسنجی و حدود ۳۰ درصد باقی‌مانده خاک‌ها برای ارزیابی نتایج به کار رفت، همچنین در مرحله ارزیابی از روابط به دست آمده توسط حسینی عزآبادی و همکاران (۱۳۸۲) نیز برای بافت‌های مشابه استفاده گردید تا معلوم شود که روابط به دست آمده در این پژوهش مناسب‌تر است یا روابط ارائه شده توسط حسینی عزآبادی و همکاران (۱۳۸۲)؟

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲. اطلاعات آماری خاک‌های استان فارس

بافت خاک	تعداد نمونه	شاخص آماری	رس (٪)	سیلت (٪)	شن (٪)	چگالی ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	میانگین هندسی ذرات خاک (میلی‌متر)	انحراف معیار هندسی ذرات خاک
Clay	۱	میانگین	۵۳/۲	۳۸/۲	۸/٦	۱/۲۵	۰/۰۰٦	۸/۹٤۲
		انحراف معیار	---	---	---	---	---	---
		ضریب تغییرات	---	---	---	---	---	---
Loam	۷	میانگین	۱۵/۵	٤۵/۸	۳۸/۷	۱/۳٦	۰/۰۷۱	۱۱/۲۳۰
		انحراف معیار	۵/۹	۳۹/۹	۸/۱	۰/۲۲	۰/۰۳۰	۱/۱۱٦
		ضریب تغییرات	۰/۳۸	۰/۰۹	۰/۲۱	۰/۱٦	۰/٤۳	۰/۱۰
Silty clay loam	۹	میانگین	۳۲/٤	۵٦/۰	۱۱/٦	۱/۲۸	۰/۰۱٤	۸/۵۲۸
		انحراف معیار	۳/۸	۵/۳	٤/۲	۰/۰۸	۰/۰۰۳	۱/۵٦۳
		ضریب تغییرات	۰/۱۲	۰/۰۹	۰/۳٦	۰/۰۷	۰/۲۱	۰/۱۸
Silt loam	۷	میانگین	۱۸/٦	۵٤/٤	۲۷/۰	۱/۲۹	۰/۰٤۳	۹/۸٦۹
		انحراف معیار	٦/۸	۱/۸	۸/۰	۰/۱۰	۰/۰۲۰	۰/۲۳۳
		ضریب تغییرات	۰/۳٦	۰/۰۳	۰/۳۰	۰/۰۸	۰/٤٦	۰/۰۲
Sandy loam	٤	میانگین	۹/۷	۲۸/٤	٦۱/۹	۱/۵۹	۰/۱۸٦	۱۰/٦۳۸
		انحراف معیار	٤/۸	۱۰/۰	۵/۷	۰/۱۳	۰/۰۲۳	۲/٦۱٤
		ضریب تغییرات	۰/۵۰	۰/۳۵	۰/۰۹	۰/۰۸	۰/۱۲	۰/۲۵
Loamy sand	٤	میانگین	۳/۸	۱۸/۸	۷۷/۵	۱/۰۹	۰/۳۹۸	٦/۳۹۲
		انحراف معیار	۲/۱	۳/٦	۲/٤	۰/۰٤	۰/۰۳٦	۰/۹۵۹
		ضریب تغییرات	۰/۵۵	۰/۱۹	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۹	۰/۱۵

حالت دوم: یک معادله کلی (بدون درنظر گرفتن بافت) برای خاک‌های آنسودا به دست آورده شد و برای خاک‌های استان فارس مورد ارزیابی قرار گرفت.

حالت سوم: یک معادله کلی (بدون درنظر گرفتن بافت) برای خاک‌های استان فارس به دست آورده شد و برای خاک‌های آنسودا مورد ارزیابی قرار گرفت.

حالت چهارم: با استفاده از حدود ۸۰ درصد کل خاک‌ها (بدون درنظر گرفتن بافت) یک معادله کلی به دست آورده شد و از حدود ۲۰ درصد باقی‌مانده خاک‌ها برای ارزیابی نتایج استفاده شد. در این حالت از هر گروه بافتی در هر دو مرحله واسنجی و ارزیابی استفاده گردید.

برای انجام هر یک ازحالت‌های ذکر شده به طور جداگانه از مقادیر رطوبت و پتانسیل، لگاریتم طبیعی گرفته شد و با برقراری رگرسیون خطی بین آن‌ها مقادیر a و b به دست آمد و در ادامه مقادیر p و q تعیین گردید و در پایان رابطه مناسب برای برآورد پارامتر b استخراج گردید.

برای ارزیابی نتایج در مرحله واسنجی نیز از آماره‌های ریشه میانگین مربع خطا (RMSE)، میانگین هندسی نسبت خطا (GMER) و انحراف معیار هندسی نسبت خطا (GSDER) به صورت روابط زیر استفاده شد (Tietje and Hennings, 1996):

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (M_i - E_i)^2}{N}} \qquad (۸)$$

$$x_i = \frac{E_i}{M_i} \qquad (۹)$$

$$GMER = \exp\left(\frac{1}{N}\sum \ln(x_i)\right) \qquad (۱۰)$$

Archive of SID

www.SID.ir

$$GSDER=\exp\left[\left(\frac{1}{N-1}\sum\left[\ln(x_i)-\ln(GMER)\right]^2\right)^{0.5}\right] \quad (۱۱)$$

که در آن‌ها x_i نسبت خطا، E_i و M_i به ترتیب مقادیر برآورد شده و اندازه‌گیری شده رطوبت در هر مکش و N داده‌های مکش- رطوبت در هر خاک می‌باشد. هر چه RMSE به صفر نزدیک‌تر باشد، اختلاف بین مقادیر برآورد شده و اندازه‌گیری شده کمتر بوده و مناسب‌تر است. اگر GMER برابر یک شود مقادیر اندازه‌گیری و برآورد شده بر یکدیگر منطبق شده‌اند. در صورتی که GMER کمتر از یک شود مقادیر برآورد شده کمتر از مقادیر اندازه‌گیری شده می‌باشند و چنانچه GMER بیشتر از یک شود مقادیر برآورد شده بیشتر از مقادیر اندازه‌گیری شده می‌باشند. همچنین چنانچه GSDER برابر یک شود مقادیر اندازه‌گیری و برآورد شده بر یکدیگر منطبق شده‌اند و افزایش GSDER نسبت به یک بیانگر افزایش فاصله بین مقادیر برآورد شده نسبت به مقادیر اندازه‌گیری شده می‌باشد. بنابراین مناسب‌ترین شرایط آن است که مقادیر GMER و GSDER نزدیک به یک باشند (Wagner *et al.*, 2001).

نتایج و بحث

حسینی عزآبادی و همکاران (۱۳۸۲) برای برآورد پارامتر b از مقادیر میانگین و انحراف معیار هندسی ذرات خاک استفاده نموده‌اند، اما نتایج این پژوهش نشان داد که وارد کردن چگالی ظاهری خاک منجر به بهبود برآورد روابط پارامتر b می‌شود. لذا در این پژوهش بین پارامتر b و مقادیر چگالی و انحراف معیار هندسی ذرات خاک رگرسیون خطی دو متغیره برقرار گردید. در ادامه نتایج به دست آمده برای چهار حالت ذکر شده در این پژوهش ارائه شده‌اند.

نتایج برای گروه‌های بافتی مختلف

در جدول ۳ تعداد نمونه‌های به کار رفته برای دو مرحله واسنجی و ارزیابی نتایج و مقادیر p و q و در جدول ٤ رابطه برآورد پارامتر b در هر گروه بافتی ارائه شده است. همچنین در این دو جدول نتایج گزارش شده توسط حسینی عزآبادی و همکاران (۱۳۸۲) برای بافت‌های مشابه نیز آورده شده است. چنانچه در جدول ٤ مشاهده می‌شود در تمام گروه‌های بافتی موجود، معادلات ارائه شده برای برآورد b دارای مقدار R^2 بسیار بالا بوده و بیشتر از مقادیر گزارش شده توسط حسینی عزآبادی و همکاران (۱۳۸۲) می‌باشد که این موضوع نشان‌دهنده پخشیدگی کمتر نقاط در این تحقیق می‌باشد. در مرحله ارزیابی نتایج نیز جدا از نتایج به دست آمده در مرحله واسنجی، از روابط ارائه شده توسط حسینی عزآبادی و همکاران (۱۳۸۲) برای گروه‌های بافتی مشابه استفاده شد. در جدول ۵ میانگین مقادیر RMSE، GMER و GSDER برآورد منحنی مشخصه آب خاک هر گروه بافتی در مرحله ارزیابی ارائه شده است و نتایج زیر از آن قابل استنتاج است:

الف- مقدار میانگین RMSE به دست آمده در این پژوهش کمتر از مقدار میانگین این پارامتر در کلیه گروه‌های بافتی مشترک با نتایج حاصل از پژوهش حسینی عزآبادی و همکاران (۱۳۸۲) می‌باشد که این موضوع بیانگر دقت بالاتر نتایج به دست آمده در این پژوهش است.

ب- مقدار میانگین GMER به دست آمده در این پژوهش در کلیه بافت‌های مشترک با پژوهش حسینی عزآبادی و همکاران (۱۳۸۲) به جزء بافت Sandy loam به عدد یک نزدیک‌تر می‌باشند و لذا نشان‌دهنده مناسب‌تر بودن روابط به دست آمده در این پژوهش است. از طرف دیگر نتایج به دست آمده با استفاده از روابط ارائه شده در این پژوهش بیانگر آن است که در بافت‌های Clay loam، Sandy loam، Loamy sand و Sand مقدار میانگین GMER بزرگ‌تر از یک است، یعنی برآورد نتایج بیشتر از مقدار اندازه‌گیری آن‌ها است و این موضوع در سایر گروه‌های بافتی برعکس می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳. نتایج به دست آمده مقادیر p و q در هر گروه بافتی

بافت	تعداد خاک مرحله واسنجی	تعداد خاک مرحله ارزیابی	مقدار p به دست آمده در این پژوهش	مقدار q به دست آمده در این پژوهش	مقدار p گزارش شده توسط حسینی عزآبادی و همکاران (۱۳۸۲)	مقدار q گزارش شده توسط حسینی عزآبادی و همکاران (۱۳۸۲)
Clay	۱۰	٤	۱/۱٦۳	-۳/٥۰۳	-۲/۳۷٤	-۳/٤۷۱
Clay loam	٥	٤	۰/۷٥۰	-۳/۳۰۸	-۱/۱۳۳	-۳/٥٦۷
Loam	۲۱	۷	-۱/٤۷٥	-۳/٤٥۳	-۱/۸۷۰	-٤/٤٥۰
Silty clay loam	۹	٤	-۲/۱٦٦	-۳/٥٥۲	-۲/۲۲۸	-۳/۷٤۰
Silt loam	٤۳	۱۲	-۳/۹۲٤	-۳/۷٤۰	-۱/٦۲۰	-۳/٦۸۸
Sandy loam	۲۲	٦	-٤/۲۲۸	-۳/٦٥٥	-۱/۲٤۲	-۳/۲٤٥
Loamy sand	۱۸	۷	-٦/۲۹۳	-٤/۰٥۰	--------	--------
Sand	۱٦	٤	-٦/۸۳۲	-٤/۱٦۸	--------	--------

جدول ٤. نتایج به دست آمده رابطه برآورد پارامتر b در هر گروه بافتی

بافت	R^{2*}	رابطه*	R^{2**}	رابطه**
Clay	۰/۹۸۳	$b = -٥/۰۸٥\ \rho_b - ۰/٥۷۳\ \delta_g$	۰/۹۱۲	$b = -۱۲/۰۷٦\ d_g - ۰/۳۷٥\ \delta_g$
Clay loam	۰/۹۹٦	$b = -۲/۳۱۲\ \rho_b - ۰/۳٦\delta_g$	۰/۹۰۲	$b = ٤۲٤/٦۰۱\ d_g - ۱/۳٤٦\ \delta_g$
Loam	۰/۹۷٦	$b = -۲/۹٤۲\ \rho_b - ۰/۳۱۳\delta_g$	۰/۸۹٥	$b = ۳۹۲/٥۰۸\ d_g - ۱/٥۲٤\delta_g$
Silty clay loam	۰/۹۳۱	$b = -۱۳/٥۲٤\ \rho_b - ۱/۰٦۹\delta_g$	۰/۹۳۱	$b = ۷/۳۷٦\ d_g - ۰/٥۱۷\ \delta_g$
Silt loam	۰/۹۷٦	$b = -۲/۸۲\ \rho_b - ۰/۲۳۳\delta_g$	۰/۸۹۸	$b = ۱۱۲/۰۹۱\ d_g - ۰/۷۷۹\ \delta_g$
Sandy loam	۰/۹۷۷	$b = -۱/۸۹٤\ \rho_b - ۰/۲٥۳\delta_g$	۰/۸٤۷	$b = ٦/۹۷۲\ d_g - ۰/٤۳۸\delta_g$
Loamy sand	۰/۹۸۳	$b = -۳/٥\ \rho_b - ۰/۲۰٥\delta_g$	--------	--------
Sand	۰/۹۸۳	$b = -۱/۰۳۲\ \rho_b - ۰/۳۳۲\delta_g$	--------	--------

* به دست آمده در این پژوهش، ** گزارش شده توسط حسینی عزآبادی و همکاران (۱۳۸۲)

جدول ٥. میانگین مقادیر RMSE، GMER و GSDER برآورد منحنی مشخصه آب خاک هر گروه بافتی

بافت	RMSE*	GMER*	GSDER*	RMSE**	GMER**	GSDER**
Clay	۰/۷۱۲	۰/٤۷۲	۲/۱۱۹	۲/٤۹۷	۰/۰۸۳	٤/٥۸۳
Clay loam	۱/۱٤٦	۱/۳۲۹	۲/۹۲٥	۲/۷۱۱	۲/٦۱۷	۳/۳٤۰
Loam	۰/۸۲٦	۰/۹۳۰	۲/۸٥۲	۲/۹٤٦	۱/۱۱۱	۳/۹٦۱
Silty clay loam	۰/۷٦۱	۰/۸۱٦	۲/٦۷۲	۲/۸٥٥	۱/۷٦٤	۲/۷٥۹
Silt loam	۱/۹٦۱	۰/۹۱۱	۳/۱۲۰	۲/۸۸٤	۲/۱۷۳	۳/۸۹۳
Sandy loam	۰/٥۷۲	۱/٥۱۸	۲/۳٤۳	۲/٦٤۳	۱/٤۷۳	۳/٥۱٥
Loamy sand	۰/٥٤٤	۱/۰۱۳	۲/۹۹۷	--------	--------	--------
Sand	۰/٤٥۸	۱/٤۲۹	۲/۹٤٤	--------	--------	--------

* به دست آمده در این پژوهش، ** به دست آمده با استفاده از روابط ارائه شده توسط حسینی عزآبادی و همکاران (۱۳۸۲)

ج- مقدار میانگین GSDER به دست آمده با استفاده از نتایج حاصله در این پژوهش در کلیه بافت‌های مشترک کمتر از نتایج به دست آمده با استفاده از روابط ارائه شده توسط حسینی عزآبادی و همکاران (۱۳۸۲) می‌باشد. لذا

Archive of SID
www.SID.ir

با استفاده از پارامتر GSDER نیز نتایج نشان دهنده مناسب‌تر بودن روابط گزارش شده در این پژوهش می‌باشد.

نتایج بدون درنظر گرفتن گروه‌های بافتی

در جدول ٦ مقادیر p و q و رابطه برآورد پارامتر b برای حالت‌های دوم تا چهارم برآورد منحنی مشخصه که قبلاً به آن‌ها اشاره شد، ارائه شده است. چنانچه در این جدول مشاهده می‌شود معادلات ارائه شده برای برآورد b دارای مقدار R^2 بالایی می‌باشند و کلیه آن‌ها در سطح یک درصد معنی‌دار می‌باشند که این موضوع نشان‌دهنده مناسب بودن روابط ارائه شده برای برآورد پارامتر b مدل در هر یک از حالت‌های اعمال شده می‌باشد. در جدول ۷ نیز میانگین مقادیر RMSE، GMER و GSDER برآورد منحنی مشخصه آب خاک برای حالت‌های دوم تا چهارم در مرحله ارزیابی آورده شده است. نتایج این جدول بیانگر آن است که واسنجی ضرایب برای خاک‌های آنسودا و ارزیابی آن‌ها برای خاک‌های استان فارس دارای کمترین مقدار RMSE و GSDER بوده و همچنین GMER این حالت نیز نسبت به دو حالت دیگر به عدد یک نزدیک‌تر است. لذا معادله به دست آمده برای پارامتر b و همچنین ضرایب ثابت p و q با استفاده از اطلاعات خاک‌های آنسودا مناسب‌تر از استفاده از خاک‌های استان فارس و همچنین استفاده از کل ۸۰ درصد داده‌ها می‌باشد.

جدول ٦. مقادیر p و q و رابطه برآورد پارامتر b برای حالت‌های دوم تا چهارم برآورد منحنی مشخصه

حالت برآورد	مقدار p	مقدار q	مقدار R^2	رابطه برآورد b
دوم	−٤/٩٤١	−٣/٨٢٣	۰/۸۸۲	$b = -۰/٦٧٣\ \rho_b - ۰/٦۰٦\ \delta_g$
سوم	−٤/٤٦٦	−٣/٩۰٦	۰/۹٤٣	$b = -۲/۹۱۷\ \rho_b - ۰/۲۷۲\delta_g$
چهارم	−٥/١٧٧	−٣/٨٧٢	۰/۸۷٥	$b = -۱/۰۷\ \rho_b - ۰/٥١٦\delta_g$

جدول ۷. میانگین مقادیر RMSE، GMER و GSDER برآورد منحنی مشخصه آب خاک در حالت‌های دوم تا چهارم

حالت برآورد	RMSE	GMER	GSDER
دوم	۱/۲۲۱	۰/۹۲۰	۲/۰٦۰
سوم	۱/٦١٧	۱/٥۲۷	۳/۲۸٥
چهارم	۱/۸۰٥	۰/۸۳۸	۲/۸۷۳

نتیجه‌گیری

در مرحله اول این پژوهش مقادیر p و q و رابطه برآورد پارامتر b برای هر گروه بافتی به طور جداگانه تعیین گردید و نتایج به دست آمده مناسب‌تر از نتایج به دست آمده توسط معادله‌های ارائه شده توسط حسینی عزآبادی و همکاران(۱۳۸۲) برای بافت‌های مشابه بود. لذا برای گروه‌های بافتی موجود، مقادیر p و q و رابطه برآورد پارامتر b به دست آمده در این پژوهش منجر به برآورد مناسب‌تر منحنی مشخصه می‌گردد. از طرف دیگر برآورد منحنی مشخصه بدون درنظر گرفتن گروه بافتی خاصی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این مرحله نشان داد که مقادیر p و q و رابطه برآورد پارامتر b با استفاده از اطلاعات ١٦٠ نمونه خاک آنسودا مناسب می‌باشد، لذا از آن‌ها می‌توان برای برآورد منحنی مشخصه بدون درنظر گرفتن گروه بافتی خاصی استفاده نمود. البته پیشنهاد می‌شود که برای سایر بافت‌های غیر موجود در این پژوهش نیز نتایج مورد بررسی قرار گیرد.

فهرست منابع

بایرام، م. و بهمنی، ا. ١٣٩٤. تأثیر نوع خاک و وضعیت تراکم بر منحنی مشخصه رطوبتی خاک. نشریه حفاظت منابع آب و خاک، ٤ (٤): ٦٥-٧٨.

Archive of SID

www.SID.ir

ترابی فارسانی، ن.، و قهرمان، ب. ۱۳۸٦. مقایسه چند تابع انتقالی متداول برای برآورد منحنی رطوبتی خاک در چند خاک ایران. مجله آبیاری و زهکشی ایران. ۱(۲): ٤٥-٥٧.

حسینی عزآبادی، س. ج.، بهرامی، ح. ع.، میرنیا، س. خ. و سعادت، س. ۱۳۸۲. تخمین منحنی رطوبتی خاک با استفاده از مدل تک پارامتری. علوم خاک و آب. ۱۷(۱): ٤۹-٥۷.

حق‌وردی، ا.، قهرمان، ب.، خوشنود یزدی، ع. ا.، جلینی، م. و عربی، ز. ۱۳۹۱. اعتبارسنجی و مقایسه چند تابع انتقالی نقطه‌ای و پارامتریک برای پیش‌بینی میزان رطوبت خاک در پتانسیل‌های ماتریک مختلف. پژوهش‌های حفاظت آب و خاک. ۱۹(۲): ۱-۲۲.

فولادمند، ح. ر. و هادی‌پور، س. ۱۳۹۰. ارزیابی توابع انتقالی پارامتریک برای تخمین منحنی مشخصه آب خاک در استان فارس. علوم آب و خاک. ۱٥(٥۸): ۲٥-۳۷.

قربانی دشتکی، ش. و همایی، م. ۱۳۸۱. برآورد پارامتریک توابع هیدرولیکی بخش غیر اشباع خاک با استفاده از توابع انتقالی. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی. ۳(۱۲): ۱-۱٥.

مطلبی، ا.، همایی، م.، زارعی، ق. و محمودی، ش. ۱۳۸۹. بررسی تاثیر آهک بر ویژگیهای رطوبتی خاکهای سری گرمسار با استفاده از توابع انتقالی. مجله آبیاری و زهکشی ایران. ٤(۳): ٤۲٦-٤۳۹.

موذن‌زاده، ر.، قهرمان، ب.، داوری، ک. و خوشنودیزدی، ع. ا. ۱۳۸۸. ارزیابی عملکرد چند تابع انتقالی داخلی در برآورد منحنی نگهداشت رطوبتی. آب و خاک. ۲۳(٤):٥٥-٦٦.

میرخانی، ر.، شعبانپور شهرستانی، م. و سعادت، س. ۱۳۸٤. برآورد منحنی مشخصه رطوبتی خاک با استفاده از توابع انتقالی. دانش کشاورزی. ۱٥(۳): ۱٥۱-۱٦۲.

Brooks, R. H., and Corey, A. T. 1964. Hydraulic properties of porous media. Colorado State University, Hydrology Paper No. 3., Fort Collins, USA.

Campbell, G. S. 1974. A simple method for determining unsaturated conductivity from moisture retention data. Soil Sci. 117: 311-314.

Fooladmand, H. R., and Hadipour, S. 2011. Parametric pedotransfer functions of a simple linear scale model for soil moisture retention curve. Afric. J. Agric. Res. 6(17): 4000-4004.

Ghanbarian-Alavijeh, B., and Liaghat, A. M. 2009. Evaluation of soil texture data for estimating soil water retention curve. Can. J. Soil Sci. 89(4): 461-471.

Gregson, K., Hector, D. J., and Mc Gowan, M. 1987. A one-parameter model for the soil water characteristic. J. Soil Sci. 38: 483-486.

Groenevelt, P. H., and Grant, C. D. 2004. A new model for the soil-water retention curve that solves the problem of residual water contents. Europ. J. Soil Sci. 55: 479-485.

Sepaskhah, A. R., and Bondar, H. 2002. Estimating van Genuchten soil water retention curve from some soil physical properties. Iran Agric. Res. 21: 105-118.

Shirazi, M. A., and Boersma, L. 1984. A unifying quantitative analysis of soil texture. Soil Sci. Soc. Am. J. 48:142-147.

Tietje, O., and Hennings, V. 1996. Accuracy of the saturated hydraulic conductivity prediction by pedo-transfer functions compared to the variability within FAO textural classes. Geoderma. 69: 71-84.

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.

Wagner, B., Tarnawski, V. R., Hennings, V., Muller, U., Wessoleu, G., and Plagge, R. 2001. Evaluation of pedotransfer functions for unsaturated soil hydraulic conductivity using an independent data set. Geoderma. 102: 275– 297.

Williams, J., Prebble, R. E., Williams, W. T., and Hignett, C. T. 1983. The influence of texture, structure and clay mineralogy on the soil moisture characteristic. Aust. J. Soil Res. 21: 15-32.

Archive of SID

www.SID.ir

ISSN 2251-7480

Estimation of soil moisture characteristic curve based on simple one parameter model

Hamid Reza Fooladmand[1*] and Effat Allasvand[2]

1[*]) Associated Professor of Irrigation and Drainage, Department of Water Engineering, Marvdasht Branch, Islamic Azad University, Marvdasht, Iran

[*]Corresponding author email: hrfoolad@yahoo.com

2) Former M. S. Student of Irrigation and Drainage, Department of Water Engineering, Marvdasht Branch, Islamic Azad University, Marvdasht, Iran

Received: 10-06-2015 Accepted: 20-12-2015

Abstract

Measurement of soil moisture characteristic curve in laboratory and field is costly, time consuming and difficult. Since, this curve is necessary for studying water movement in unsaturated soil, therefore using the estimated methods for this curve is common. The model of Grykson et al. (1987) is a single one parameter model based on the logarithmic shape. This model has two coefficients with negative correlation and the other unknown parameter. In this study, soil bulk density and geometric standard deviation of the particle-size diameter were used for determining the unknown parameter of model. For this purpose, 160 soils from UNSODA soil data bases and 32 soils from Fars province were used, and four conditions have been considered: a) Calibration the results for different soil textural classes and validation the results for remained soils in each soil textural class. b) Calibration the results for UNSODA soils and validation the results for soils of Fars province. c) Calibration the results for soils of Fars province and validation the results for UNSODA soils. d) Calibration the results for about 80 percent of total soils and validation the results for about remained 20 percent of soils. The obtained results in condition one showed the good accuracy for estimating soil moisture characteristic curve in different soil textural classes. Also, the comparison of conditions two, three and four indicated that the calibration results based on UNSODA soil data bases were better for estimating soil moisture characteristic curve.

Keywords: Fars province, one parameter model, soil moisture characteristic curve, UNSODA

Archive of SID

www.SID.ir