گزارش کوتاه علمی

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد بیست و پنجم، شماره اول، ۱۳۹۷
http://jwsc.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jwsc.2017.12528.2723

برازش مدل‌های مختلف منحنی مشخصه آب خاک بر ۳۰ نمونه خاک استان فارس

***حمیدرضا فولادمند[۱] و پروانه گلکار[۲]**

[۱]دانشیار آبیاری و زهکشی، گروه مهندسی آب، واحد مرودشت، دانشگاه آزاد اسلامی، مرودشت، ایران،

[۲]دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد آبیاری و زهکشی، گروه مهندسی آب، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران

تاریخ دریافت: ۹۶/٤/۲۵ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۰/۹

چکیده

سابقه و هدف: از مهم‌ترین خصوصیات هیدرولیکی خاک می‌توان به منحنی مشخصه آب خاک اشاره نمود که بیانگر رابطه بین مکش ماتریک و رطوبت خاک است. تاکنون مدل‌های بسیاری نیز برای برازش بر داده‌های اندازه‌گیری شده این منحنی ارائه شده است.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش از ۳۰ نمونه خاک سطحی (عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری) مناطق مختلف استان فارس با تنوع بافتی مناسب استفاده شد. خاک‌ها به سه گروه بافتی ریز، متوسط و درشت تقسیم شدند. سپس ۱۰ مدل مختلف بر داده‌های اندازه‌گیری شده منحنی مشخصه آب خاک برازش داده شدند و مناسب‌ترین مدل در هر گروه بافتی تعیین گردید. برای ارزیابی مدل‌های مختلف برازش منحنی مشخصه بر داده‌های اندازه‌گیری شده نیز از ترکیب فرمول‌های آماری و همبستگی خطی استفاده شد و مقدار میانگین مربع انحراف (MSD) محاسبه گردید.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که برازش مدل‌های مختلف در خاک‌های با بافت متوسط مناسب‌تر از بافت‌های ریز و درشت می‌باشد. در مجموع نیز با توجه به مقادیر MSD مدل دکستر و همکاران بهترین مدل برازش‌یافته بر داده‌های اندازه‌گیری شده تعیین گردید.

نتیجه‌گیری: نتیجه‌گیری کلی این پژوهش نشان داد که مدل دکستر و همکاران در سه گروه بافتی ریز، متوسط و درشت مناسب‌ترین مدل برازش بر داده‌های اندازه‌گیری‌شده منحنی مشخصه در ۳۰ نمونه خاک استان فارس می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: منحنی مشخصه آب خاک، برازش، استان فارس، مدل دکستر و همکاران

* مسئول مکاتبه: hrfoolad@miau.ac.ir

مقدمه

منحنی مشخصه آب خاک نشان‌دهنده رابطه بین رطوبت و مکش ماتریک آب خاک است. اندازه‌گیری مستقیم این منحنی وقت‌گیر و پرهزینه است، از این‌رو پژوهش‌های زیادی برای تخمین آن به‌طور غیرمستقیم انجام شده است. همچنین برای بیان رابطه ریاضی این منحنی مدل‌های بسیاری ارائه شده‌اند که هر کدام از آن ها دارای تعدادی پارامتر هستند که برای پیدا کردن آن‌ها در یک خاک نیاز به داده‌های اندازه‌گیری‌شده منحنی مشخصه است. در زمینه برازش مدل‌های ریاضی مختلف بر داده‌های اندازه‌گیری‌شده منحنی مشخصه پژوهش‌هایی انجام شده است. به‌عنوان نمونه بر روی ۵۰ نمونه خاک منطقه لردگان استان چهارمحال و بختیاری مدل ونگنوختن (۱۹۸۰) به‌عنوان بهترین مدل انتخاب شده است (۱۵) و بر روی ۷۰ نمونه خاک مناطق کرج، ارومیه و شهرکرد نیز مدل فوق یکی از مدل‌های مناسب می‌باشد (۱٤). همچنین نتایج بر روی ۷۵ نمونه خاک استان گیلان نشان داد که مدل دکستر و همکاران (۲۰۰۸) بهترین مدل می‌باشد (۱).

اگرچه بر روی خاک‌های استان فارس پژوهش‌هایی برای تخمین منحنی مشخصه انجام شده است (۵)، اما تاکنون بر روی برازش مدل‌های مختلف این منحنی بر داده‌های اندازه‌گیری‌شده پژوهش قابل‌توجهی انجام نشده است، بنابراین هدف از این پژوهش برازش ۱۰ مدل مختلف منحنی مشخصه بر روی ۳۰ نمونه خاک با گروه‌های بافتی مختلف در استان فارس می‌باشد تا مدل مناسب برازش‌یافته بر خاک‌های مورد مطالعه در این استان تعیین گردد.

مواد و روش‌ها

برای انجام این پژوهش از داده‌های اندازه‌گیری‌شده ۳۰ نمونه خاک زراعی از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر در مناطق استهبان، بیضا، زرقان، فسا و مرودشت در استان فارس استفاده شد و منحنی مشخصه هر نمونه خاک با ترکیب روش‌های ستون آویزان برای مکش‌های صفر، ۳، ٦، ۹ و ۱۲ کیلوپاسکال و دستگاه صفحات فشاری برای مکش‌های ۳۰، ۱۰۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ کیلوپاسکال اندازه‌گیری شد. سپس بر روی داده‌های اندازه‌گیری‌شده ۱۰ مدل مختلف منحنی مشخصه برازش داده شدند. پارامترهای هر مدل با استفاده از تکنیک حداقل کردن اختلاف بین مقادیر اندازه‌گیری‌شده و برازش‌یافته از مدل به کمک قسمت Solver نرم‌افزار Excel تعیین شدند. اطلاعات آماری این خاک‌ها در جدول ۱ ارائه شده است و خاک‌های فوق به سه گروه بافتی ریز، متوسط و درشت تقسیم‌بندی شده‌اند.

در جدول ۲ نیز مدل‌های به‌کار رفته در این پژوهش آورده شده‌اند. در همه معادله‌های ارائه شده در این جدول θ، θ_s و θ_r به‌ترتیب رطوبت حجمی، رطوبت حجمی اشباع خاک و رطوبت حجمی باقی‌مانده خاک (بر حسب مترمکعب بر مترمکعب) می‌باشند و h نیز مکش آب خاک (بر حسب سانتی‌متر) می‌باشد. همچنین θ_{wp} استفاده شده در مدل گرانولت و گرانت (۲۰۰٤) رطوبت حجمی خاک در حد نقطه پژمردگی دائم می‌باشد. سایر علائم به‌کار رفته در جدول ۲ پارامترهای مدل‌ها می‌باشند.

جهت تعیین مدل مناسب برازش‌یافته بر هر نمونه خاک نیز از ترکیب فرمول‌های آماری و همبستگی خطی استفاده شد که به‌صورت روابط ارائه شده در جدول ۳ می‌باشند (۱۱). در روابط جدول فوق x_i و y_i به‌ترتیب مقادیر اندازه‌گیری و برازش‌یافته رطوبت حجمی از مدل در هر مکش یکسان، x_m و y_m به‌ترتیب میانگین مقادیر اندازه‌گیری و برازش‌یافته رطوبت حجمی از مدل، m تعداد داده‌ها، RMSE ریشه میانگین مربع خطا، MD انحراف از میانگین، SB مربع تفاوت میانگین‌ها، SD_m و SD_s به‌ترتیب انحراف معیار مقادیر اندازه‌گیری و برازش‌یافته از مدل، R همبستگی خطی بین مقادیر اندازه‌گیری و برازش‌یافته، SDSD مربع تفاوت بین انحراف معیار مقادیر اندازه‌گیری و برازش‌یافته، LCS عدم همبستگی انحراف استاندارد مقادیر اندازه‌گیری و برازش‌یافته و MSD میانگین مربع انحراف می‌باشد. در مجموع هر مدلی که مقدار MSD کم‌تری داشته باشد مناسب‌تر است (٦).

جدول ۱- اطلاعات آماری خاک‌های به‌کار رفته در این پژوهش.

Table 1. Statistical information of used soils in this study.

گروه بافتی (Soil group)	بافت (Texture)	تعداد نمونه (Number of samples)	میانگین درصد رس (Mean value of clay percent)	میانگین درصد سیلت (Mean value of silt percent)	میانگین درصد شن (Mean value of sand percent)
ریز (Fine)	Silty clay (رس سیلتی)	2	44.0	50.0	6.0
ریز (Fine)	Silty clay loam (لوم رسی سیلتی)	8	31.9	57.4	10.7
متوسط (Medium)	Silt loam (سیلت لوم)	8	17.5	53.8	28.6
متوسط (Medium)	Loam (لوم)	5	15.4	45.6	39.0
درشت (Coarse)	Loamy sand (شن لومی)	4	3.8	18.8	77.5
درشت (Coarse)	Sandy loam (لوم شنی)	3	7.3	32.7	60.0

جدول ۲- مدل‌های منحنی مشخصه به‌کار رفته در این پژوهش.

Table 2. Used models of soil moisture characteristic curves in this study.

مدل (Model)	علامت اختصاری (Abbreviation)	معادله (Equation)
گاردنر (۸) Gardner (8)	G	$\theta = \theta_r + (\theta_s - \theta_r)(\frac{1}{1+\alpha h^n})$
بروکس و کوری (۲) Brooks and Corey (2)	BC	$\theta = \theta_r + (\theta_s - \theta_r)(\frac{h}{\alpha})^{-\lambda}$
کمپبل (۳) Campbell (3)	C	$\theta = \theta_s(\frac{h}{h_e})^{\frac{-1}{\lambda}}$
ونگنوختن (۱۷) van Genuchten (17)	V	$\theta = \theta_r + (\theta_s - \theta_r)\left[\frac{1}{\left[1+(\alpha h)^n\right]^m}\right]$
تانی (۱۶) Tani (16)	T	$\theta = \theta_r + (\theta_s - \theta_r)(1+\frac{\alpha - h}{\alpha - n})\exp(-\frac{\alpha - h}{\alpha - n})$
بولتزمن (۱۲) Boltzman (12)	B	$\theta = \theta_r + (\theta_s - \theta_r)\exp(\frac{\alpha - h}{n})$
فرمی (۱۳) Freme (13)	F	$\theta = \theta_r + (\theta_s - \theta_r)\left[\frac{1}{1+\exp(\frac{h-\alpha}{n})}\right]$
فردلانگ و زینگ (۷) Fredlund and Xing (7)	FX	$\theta = \theta_s\left[1-\frac{\mathrm{Ln}(1+\frac{h}{h_r})}{\mathrm{Ln}(1+\frac{10^6}{h_r})}\right]\left[\frac{1}{\left[\mathrm{Ln}(e+(\frac{h}{\alpha})^n\right]^m}\right]$
گرانولت و گرانت (۹) Groenevelt and Grant (9)	GG	$\theta = \theta_{wp} + k_1\left[\exp(\frac{-k_0}{15000^n}) - \exp(\frac{-k_0}{h^n})\right]$
دکستر و همکاران (٤) Dexter et al. (4)	D	$\theta = \theta_r + A_1\exp(\frac{-h}{h_1}) + A_2\exp(\frac{-h}{h_2})$

نتایج و بحث

میانگین مقدار MSD برازش‌یافته مدل‌های به‌کار رفته در این پژوهش در گروه‌های بافتی مختلف و کل نمونه‌های خاک در جدول ٤ ارائه شده است. چنان‌چه در این جدول مشاهده می‌شود مقدار میانگین MSD برازش‌یافته همه مدل‌ها در گروه بافتی متوسط از گروه‌های بافتی ریز و درشت کم‌تر است، بنابراین مدل‌های به‌کار رفته در این پژوهش در مجموع بر خاک‌های با گروه بافتی متوسط بهتر برازش یافته‌اند.

نتایج جدول ٤ نشان می‌دهد که برای گروه ریزبافت مدل‌های BC، C، V، FX، GG و D مناسب می‌باشند. نتایج پژوهشی در خاک‌های استان گیلان نیز نشان‌دهنده برتری دو مدل D و FX نسبت به سایر مدل‌ها است (۱) که با نتایج به‌دست آمده در این پژوهش مطابقت دارد. همچنین پژوهشی بر روی خاک‌های دشت لردگان در استان چهارمحال و بختیاری نشان‌دهنده مناسب‌تر بودن مدل V می‌باشد (۱۵) که در راستای نتایج به‌دست آمده در این پژوهش است.

برای گروه بافتی متوسط مدل‌های G، D و GG مناسب‌تر از سایر مدل‌ها می‌باشند و مدل متداول V در این گروه بافتی جزء مدل‌های نسبتاً مناسب می‌باشد. نتایج پژوهشی در خاک‌های استان گیلان نیز نشان‌دهنده برتری مدل‌های D، GG و FX نسبت به سایر مدل‌ها است (۱) که با نتایج به‌دست آمده در این پژوهش تا حدود بسیار زیادی مطابقت دارد. برای گروه درشت‌بافت نیز مدل‌های D، V، G و GG مناسب‌تر از سایر مدل‌ها می‌باشند. همچنین به‌طور کلی از نتایج به‌دست آمده در این پژوهش از کل ۳۰ نمونه خاک می‌توان دریافت که مدل D (مدل دکستر و همکاران) مناسب‌ترین مدل جهت برازش منحنی مشخصه بر خاک‌های به‌کار رفته در این پژوهش در استان فارس می‌باشد که در راستای نتیجه گزارش شده در خاک‌های استان گیلان می‌باشد (۱). مدل دکستر و همکاران (۲۰۰۸) به‌صورت نمایی دوگانه بوده و دارای پنج پارامتر است که تمام آن‌ها دارای مفهوم فیزیکی هستند و با ماتریکس و ساختمان خلل و فرج خاک مرتبط هستند (۱۰). پارامترهای این مدل شامل θ_r (رطوبت حجمی باقی‌مانده خاک برحسب مترمکعب بر مترمکعب)، A_1 (پارامتر متناسب با فضای خلل و فرج ماتریکس خاک)، A_2 (پارامتر متناسب با فضای خلل و فرج ساختمانی خاک)، h_1 (مکش آب خاک در هنگام خروج آب از فضای خلل و فرج ماتریکس خاک) و h_2 (مکش آب خاک در هنگام خروج آب از فضای خلل و فرج ساختمانی خاک) می‌باشند. همچنین مقدار میانگین پارامترهای θ_r، A_1، A_2، h_1 و h_2 در ۳۰ نمونه خاک این پژوهش به‌ترتیب برابر ۰/۱۸، ۰/۱٤، ۰/۱٦، ۱۲۱۸/٤۲ و ۱٤۸/۸۹ به‌دست آمده است.

جدول ۳- روابط به‌کار رفته برای تعیین مدل مناسب برازش‌یافته بر داده‌های اندازه‌گیری‌شده.

Table 3. Used equations for determining the best fitted models in measured data.

معادله (Equation)	معادله (Equation)
$MD = \frac{\sum_{i=1}^{m}(x_i - y_i)}{m}$	$RMSE = \left[\frac{\sum_{i=1}^{m}(x_i - y_i)^2}{m}\right]^{0.5}$
$SD_s = \left[\frac{\sum_{i=1}^{m}(y_i - y_m)^2}{m}\right]^{0.5}$	$SD_m = \left[\frac{\sum_{i=1}^{m}(x_i - x_m)^2}{m}\right]^{0.5}$
$R = \frac{\frac{\sum_{i=1}^{m}(x_i - x_m)(y_i - y_m)}{m}}{SD_m SD_s}$	$SB = (x_m - y_m)^2$
$LCS = 2SD_s SD_m (1 - R)$	$SDSD = (SD_s - SD_m)^2$
	$MSD = SB + SDSD + LCS$

جدول ٤- میانگین مقدار MSD برازش‌یافته بر گروه‌های بافتی مختلف و کل نمونه‌های خاک.

Table 4. Fitted mean MSD values in different soil groups and all soil samples.

مدل (Model)	بافت ریز (Fine texture)	بافت متوسط (Medium texture)	بافت درشت (Coarse texture)	کلیه نمونه‌های خاک (All soil samples)
G	5.5×10^{-2}	6.3×10^{-5}	1.5×10^{-4}	1.9×10^{-3}
BC	1.4×10^{-3}	2.3×10^{-4}	2.0×10^{-4}	6.2×10^{-4}
C	1.4×10^{-3}	2.8×10^{-4}	2.4×10^{-4}	6.5×10^{-4}
V	1.4×10^{-3}	6.3×10^{-4}	1.1×10^{-4}	7.5×10^{-4}
T	3.6×10^{-1}	3.1×10^{-3}	3.7×10^{-3}	1.2×10^{-1}
B	2.4×10^{-3}	1.7×10^{-3}	3.8×10^{-3}	2.4×10^{-3}
F	1.7×10^{-3}	1.6×10^{-3}	3.8×10^{-3}	2.1×10^{-3}
FX	1.4×10^{-3}	1.1×10^{-4}	1.6×10^{-4}	6.3×10^{-4}
GG	1.4×10^{-3}	9.0×10^{-5}	1.5×10^{-4}	5.5×10^{-4}
D	1.4×10^{-3}	8.5×10^{-5}	9.1×10^{-5}	5.1×10^{-4}

منابع

1.Bayat, H., Ebrahimi, E., Rastgo, M., Zare Abyaneh, H.R., and Davatgar, N. 2013. Fitting different soil water characteristic curve models on the experimental data of various textural classes of Guilan province soils. Soil and Water Science. 23: 3. 151-167. (In Persian)

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

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

4.Dexter, A.R., Czyz, E.A., Richard, G., and Reszkowska, A. 2008. A user-friendly water retention function that takes account of the textural and structural pore spaces in soil. Geoderma. 143: 143-153.

5.Fooladmand, H.R., and Hadipour, S. 2012. Evaluation of parametric pedotransfer functions for estimating soil water characteristic curve in Fars province. J. Soil Water Sci. 58: 25-37. (In Persian)

6.Fooladmand, H.R., Torabi, R., and Amindin, E. 2009. Application of Statistics in Soil and Water. Marvdasht Islamic Azad University. First edition., 201p. (In Persian)

7.Fredlund, D.G., and Xing, A. 1994. Equations for the soil water characteristic curve. Can. Geotech. J. 31: 521-532.

8.Gardner, W. 1956. Mathematics of isothermal water conduction in unsaturated soils. International Symposuim on Physico Chemical Phenomenon in Soils. Washington DC., Pp: 78-87.

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

10.Homapoor Ghoorabjiri, M., and Rasoulzadeh, A. 2014. Derivation of pedotransfer function to estimate parameters of double-exponential equation for soil water retention curve. Water and Irrigation Management. 4: 1. 45-57. (In Persian)

11.Kobayashi, K., and Salam, M.U. 2000. Comparing simulated and measured values using mean squared deviation and its components. Agron. J. 92: 345-352.

12.McKee, C., and Bumb, A. 1984. The importance of unsaturated low parameters in designing a hazardous waste site. Hazardous Wastes and Environmental Emergencies Hazardous Materials Control Research Institute National Conference. March Houston, TX., Pp: 50-58.
13.McKee, C., and Bumb, A. 1987. Flow-testing coalbed methane production wells in the presence of water and gas. SPE Formation Evaluation, Pp: 599-608.
14.Mirzaee, S., and Ghorbani Dashtaki, Sh. 2015. Investigation and comparison of the evaluation indicators efficiency of soil water retention curve models. Iran. J. Irrig. Drain. 9: 2. 274-282. (In Persian)
15.Nabizadeh, E., and Beigi Harchegani, H. 2011. The fitting quality of several water retention models in soil samples from Lordegan, Charmahal-va-Bakhtiari. J. Water Soil. 25: 3. 634-645. (In Persian)
16.Tani, M. 1982. The properties of a water-table rise produced by a one dimensional, vertical, unsaturated flow (in Japanese with an English summary). J. Japan. Soc. 64: 409-418.
17.van Genuchten, M.Th. 1980. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. Soil Sci. Soc. Amer. J. 44: 892-898.

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 25(1), 2018
http://jwsc.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jwsc.2017.12528.2723

Short Technical Report

Fitting different models of soil-moisture characteristic curve on 30 soil samples in Fars province

***H.R. Fooladmand[1] and P. Golkar[2]**

[1]Associate Prof. of Irrigation and Drainage, Dept. of Water Engineering, Marvdasht Branch, Islamic Azad University, Marvdasht, Iran, [2]M.Sc. Graduate of Irrigation and Drainage, Dept. of Water Engineering, Shiraz Branch, Islamic Azad University, Shiraz, Iran

Received: 07/16/2017; Accepted: 12/30/2017

Abstract

Background and Objectives: Soil moisture characteristic curve is one of the most important soil hydraulic properties and shows the relation between soil suction and moisture content. Also, many models have been presented for fitting to measued data of this curve.

Materials and Methods: In this study, 30 surface soil samples with high variaty texture from the depth of 0 to 30 cm in different regions of Fars province have been used. Selected soils were classified into three textures of fine, medium and coarse. Then, 10 different soil moisture characteristic curve models were fitted on the data and the parameters of each medel in each soil sample were determined and then the most appropriate fitted model in each soil group was determined. To determine the best model, the combination of statistical equations and linear correlation was used and then the value of mean square deviation (MSD) was calculated to evaluate the different models for fitting soil moisture characteristic curve.

Results: The results indicated that the fitted models were better in medium texture group than the fine and coarse texture groups. Also, the results according to the MSD values indicated that the model of Dexter et al. was the most appropriate model for fitting to the measured data of soil moisture characteristic curve.

Conclusion: The results of this study investigated that the model of Dexter et al. was better than the other models for three textural group (fine, medium and coarse) for 30 soil samples of Fars province.

Keywords: Soil moisture characteristic curve, Fitting, Fars province, Model of Dexter et al.

* Corresponding Author; Email: hrfoolad@miau.ac.ir