برآورد منحنی رطوبتی خاک با استفاده از توزیع ذرات

زهرا عربی[1]، ابراهیم پذیرا [2]، محمد جلینی [3]

1- استادیار گروه خاکشناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد گرگان

2- استاد گروه خاکشناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران

3- دانشیار بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی مشهد

Zarabi567@gorganiau.ir

چکیده

هدف از این پژوهش ایجاد توابعی به منظور برآورد منحنی مشخصه رطوبتی و پارامترهای معادله وان گنوختن از ویژگی‌های زود یافت خاک بوده است. به این منظور 74 نمونه خاک از سه منطقه راز و جرگلان شهرستان بجنورد، جلگه رخ تربت حیدریه و شهرستان کاشمر به صورت تصادفی انتخاب گردید. فراوانی نسبی ذرات به روش هیدرومتری، جرم ویژه ظاهری به روش حجمی دست نخورده و منحنی رطوبتی خاک با استفاده از دستگاه صفحات فشاری و توزیع نه گانه ذرات با استفاده از سری الک‌های استاندارد اندازه گیری شد. متغیرهای زودیافت به دو گروه تقسیم شدند: گروه اول شامل درصد عبوری ذرات از سری الک‌های استاندارد، گروه دوم درصد عبوری و میانگین هندسی و انحراف معیار هندسی قطر ذرات و وزن مخصوص ظاهری. با استفاده از این متغیرها و به روش رگرسیون گام به گام توابع نقطه‌ای و پارامتریک ایجاد و مورد مقایسه قرار گرفتند. نتایج نشان داد که متغیرهای نوع دوم جهت برآورد رطوبت در مکش‌های اعمال شده و نیز پارامترهای معادله وان گنوختن مناسب‌تر می‌باشند. متغیرهای مذکور 91% از تغییرات پارامتر α، 77% از تغییرات θ_{FC} و 75% از تغییرات θ_{PWP} را بیان می‌دارند.

کلمات کلیدی: **توابع انتقالی خاک، توزیع اندازه ذرات، معادله وان گنوختن، منحنی رطوبتی**.

مقدمه

بین مقدار رطوبت و مکش آب خاک نوعی رابطه موجود است که این رابطه توسط منحنی رطوبتی خاک[1] قابل بیان است که ترسیم تغییرات میزان مکش آب در مقابل رطوبت خاک می باشد. کاربرد این منحنی در برنامه ریزی آبیاری با اهمیت است و با توجه به آن با داشتن رطوبت می‌توان مکش را بدست آورد و دانست که آیا آبیاری باید انجام شود یا خیر. علی رغم این کاربرد فراوان در برنامه ریزی آبیاری، به این دلیل که بدست آوردن این منحنی کاری است وقت‌گیر و همراه با صرف هزینه‌های زیاد، در سال‌های اخیر روش‌های غیر مستقیم مورد توجه بیشتر پژوهشگران قرار گرفته است. یکی از این روش‌ها استفاده از مدل‌های رگرسیونی موسوم به توابع انتقالی خاک[2] می‌باشد. توابع انتقالی خاک عبارت‌اند از مدل‌های تخمین یک خصوصیت مشخص خاک با استفاده از ویژگی‌هایی که اندازه‌گیری آنها آسان، سریع و یا ارزان می‌باشد. توابع انتقالی را بر اساس عامل تخمین و روش انجام تخمین می‌توان به دو گروه تقسیم کرد (Woston, 1997):

توابع انتقالی نقطه‌ای: این توابع رگرسیونی بوده که معمولاً مقدار رطوبت را در پتانسیل‌های ماتریک معین برآورد می‌کنند (Minasny et al., 1999). از مزایای این روش آن است که برآوردی کاملاً صحیح از پتانسیل ماتریک برای

[1] – Soil Water Retention Curve
[2]-Pedo Transfer Function

نقاطی مشخص از منحنی رطوبتی ارائه می‌دهد. هم چنین با استفاده از این توابع می‌توان مهمترین ویژگی‌های خاک را که در برآورد مقدار رطوبت خاک در یک مکش معین نقش دارند مشخص نمود.
توابع انتقالی پارامتریک: برای پی‌ریزی این توابع ابتدا رابطه بین رطوبت (θ)، پتانسیل ماتریک (h)، بر اساس یکی از مدل‌های موجود مانند معادله وان گنوختن[1] بدست می‌آید. سپس پارامترهای مدل مربوطه را به عنوان متغیرهای وابسته در نظر گرفته و توابع انتقالی مورد نظر ایجاد می‌شوند. یکی از مدل‌های پیشنهادی برای بیان پارامتریک منحنی مشخصه رطوبتی، معادله وان گنوختن است.

$$q(h) = q_r + \frac{q_s - q_r}{[1+(ah)^n)]^m}$$

که در آن m ، n ، α پارامترهایی هستند که شکل منحنی رطوبتی را از خود متأثر می‌سازند. θ_s رطوبت اشباع، h پتانسیل ماتریک و θ_r رطوبت باقی مانده است که نشان دهنده مقدار رطوبتی است که در آن $d\theta/dh$ به سمت صفر میل می کند ($h \to \infty$). پارامتر α (cm^{-1}) تقریباً معادل عکس پتانسیل ماتریک در نقطه ورود هوا به خاک یا ناحیه‌ای است که $d\theta/dh$ بیشترین مقدار خود را دارد. رابطه بین ضرایب m و n به صورت $m=1-1/n$ می‌باشد. روش پیشنهادی بر اساس مدل معروف و معتبر وان گنوختن که نسبت به سایر مدل‌های ارائه شده از انعطاف‌پذیری و دقت بیشتری برخوردار است می‌باشد که با تغییر ضرایب آن، این ضرایب به بعضی از خصوصیات فیزیکی خاک ارتباط داده شده است.

مواد و روشها

نمونه برداری به صورت تصادفی و از عمق 0-25 سانتیمتری سطح خاک به تعداد 74 نمونه و از سه منطقه مختلف بخش راز و جرگلان در شمال غربی شهرستان بجنورد، منطقه کاشمر در جنوب غربی مشهد و جلگه رخ تربت حیدریه در 17 کیلومتری جنوب مشهد انجام گرفت. خاک‌های نمونه برداری شده غالباً دارای بافت متوسط از لوم شنی تا لوم رسی بوده و دارای آب و هوای معتدل با تابستان‌های نسبتاً گرم هستند. جرم ویژه ظاهری نمونه‌ها به روش سیلندری یا حجمی و بر روی نمونه‌های دست نخورده تعیین شد.
تمام نمونه‌ها بعد از خشک شدن در هوای آزاد به نرمی کوبیده شده و از الک 2 میلیمتری عبور داده شدند. دانه بندی مکانیکی خاک با استفاده از سری الک‌های استاندارد انجام گرفت که درصد عبوری از هر الک به دست آمد. فراوانی نسبی ذرات به روش هیدرومتری اندازه‌گیری و کلاس بافتی خاک‌ها تعیین شد. میانگین هندسی قطر ذرات[2] (dg) و انحراف معیار هندسی قطر ذرات[3] (δg) با استفاده از روابط پیشنهادی شیرازی و بورسما[4] (1984) محاسبه شدند. تعیین منحنی رطوبتی خاک‌ها توسط دستگاه صفحه فشار و غشاء فشار، که در آزمایشگاه از دستگاه صفحه فشار تا فشارهای یک اتمسفر (0/33 و1 بار) و برای فشارهای بیشتر (4، 7، 10 و 15) از دستگاه غشاء فشار استفاده شد. با داشتن مکش‌های مختلف و رسم مکش در مقابل رطوبت می توان منحنی رطوبتی خاک‌ها را رسم کرد. پارامترهای معادله رطوبتی وان گنوختن شامل α و n با استفاده از برنامه کامپیوتری RETC به دست آمدند.

[1] -Van Genuchten, 1980
[2]- Mean weight diameter
[3]- Geometric Mean Diameter
[4] - Shirazi & Boersme (1984)

با توجه به اینکه آزمون‌های فرض بر نرمال بودن داده‌ها استوار هستند لذا چگونگی توزیع داده‌ها با استفاده از آزمون نرمال بودن[1] مورد بررسی قرار گرفت. این آزمون توزیع پارامترهای Sand، Silt، Bd، dg و δg را غیر نرمال نشان داد. به همین دلیل تغییرات زیر برای نرمال کردن توزیع آنها صورت گرفت:

Sand*= Log Sand
Silt*=Silt ^3
dg*=1/dg
δg*=1og dg
Bd*=sin(Bd)

به منظور ایجاد توابع انتقالی، ویژگی‌های زودیافت خاک که به عنوان متغیرهای برآورد کننده به کار رفته‌اند به دو گروه تقسیم شدند:
گروه اول شامل توزیع نه گانه ذرات، گروه دوم توزیع نه گانه ذرات به علاوه میانگین هندسی قطر ذرات و انحراف معیار هندسی قطر ذرات و وزن مخصوص ظاهری خاک است.
با استفاده از این متغیرها و به روش رگرسیون گام به گام[2]، توابع پارامتریک و نقطه‌ای ایجاد و مورد مقایسه قرار گرفتند. در جدول شماره 1 توابع نقطه ای و پارامتریک گروه اول آورده شده است.

جدول شماره1 – توابع نقطه ای و پارامتریک گروه اول

متغیر وابسته	تابع	$R^2 adj$	MSE
$\theta_{.33}$ bar	333.238-4.782*P_{14}+2.865*P_{30}-1.876*P_{50}-2.068*P_{100}+2.268*P_{150}+2.114*P_{200}-1.426*P_{270}	0.4936**	9.9723
θ_{15} bar	40.396-0.495*P_{30}-0.697*P_{150}+1.492*P_{200}-0.388*P_{270}	0.3704**	3.8599
α	-0.12725+0.009074*P_{20}-0.01435*P_{30}+0.007955*P_{40}-0.002203*P_{50}+0.000667*P_{270}	0.3887**	0.001
n	-130.85214+1.95524*P_{14}+0.8087*P_{20}-2.73018*P_{30}+1.72679*P_{40}-0.67113*P_{150}+0.13367*P_{270}	0.8813**	0.3795

P_{14} : عبوری از الک 14 مش(درصد)، P_{20}: عبوری از الک 20 مش، P_{30}: عبوری از الک 30 مش، P_{40} : عبوری از الک 40 مش، P_{50}: عبوری از الک 50 مش، P_{100}: عبوری از الک 100 مش، P_{150}: عبوری از الک 150 مش، P_{200} : عبوری از الک 200 مش، P_{270}: عبوری از الک 270 مش

توابع گروه دوم معادلات رگرسیونی برای برآورد نگهداشت رطوبت در مکش‌های اعمال شده و نیز پارامترهای معادله وان گنوختن با شرط m=1-1/n شامل α و n را به عنوان تابعی از درصد عبوری ذرات از سری الک‌های استاندارد و میانگین هندسی قطر ذرات و انحراف معیار هندسی قطر ذرات برآورد می‌کنند (جدول شماره 2).

[1]-Test Normality
[2]-Stepwise Regression

جدول شماره2 – توابع نقطه ای و پارامتریک گروه دوم

متغیر وابسته	تابع	R^2adj	MSE
θ_{33} bar	430.081-4.595*P_{14}+2.95*P_{20}-0.909*P_{50}+0.988*P_{150}+0.418*dg'' -30.91*δg″-182.478*Bd''	0.7693**	4.5442
θ_{15} bar	453.021-3.273*P_{14}+4.233*P_{30}-4.504*P_{40}+1.54* P_{50}-0.76* P_{150}+1.258*P_{200} -0.29* P_{270}+0.295*dg″-256.984* Bd''	0.7504**	1.5304
α	0.258165-0.003673*P_{14}+0.0054*P_{20}-0.004589*P_{30}+0.002935*P_{40}-0.001896* P_{100}+0.000617*dg″+0.06402* δg″-0.212504* Bd''	0.9096**	0.001
n	23.63456-0.31367*P_{14}-0.23246*P_{20}+0.63597*P_{30}-0.33734*P_{40}-0.0897*P_{100}+0.14652*P_{150}-0.03978*P_{270}	0.3807**	0.0069

مقایسه ضرایب این توابع با ضرایب توابع پارامتریک نوع اول نشان می‌دهد که توابع نوع دوم در برآورد α و q_{FC} و q_{PWP} بسیار موفق‌تر از نوع اول هستند زیرا δg و dg اثر سه ذره شن سیلت و رس را به طور همزمان وارد توابع مذکور کرده است (Arya et al., 1981). از طرفی اثر فراوانی و چگونگی توزیع ذرات تشکیل دهنده خاک و در نتیجه توزیع تخلخل را که در توابع انتقالی و پارامتریک نوع اول وجود نداشت به صورت کمی در نظر گرفته است.

به طور کلی می توان نتیجه گرفت با استفاده از خصوصیت توزیع ذرات می توان با اطمینان قابل قبول اقدام به تخمین آب قابل استفاده و پیش بینی منحنی رطوبتی خاک نمود. استفاده از توابع انتقالی اکنون صورت عمومی به خود گرفته است، اما پژوهشگران در استفاده از مدل‌های تخمین باید دقت لازم را به عمل آورند، زیرا آن چه که نتیجه شده از اطلاعات محدودی به دست آمده است. این که چگونه این خصوصیات باید با سایر خصوصیات اساسی خاک ترکیب شوند، یکی از نکات مهم در این گونه مطالعات هست. محدویت‌های توابع انتقالی می‌بایستی تشریح شوند. این توابع فقط در دامنه مشخصی از خاک‌هایی که این توابع از آنها به دست آمده، کاربرد دارند و کاربرد توابع انتقالی از خاکی به خاک دیگر متفاوت خواهد بود. پیشنهاد می شود قابلیت توابع انتقالی در سطح سری خاک‌ها، به علت رفتارهای مشابه خاک‌ها در این سطح، مورد بررسی قرار گیرند.

منابع

Arya L.M and Paris J.F,1981. A physicoempirical model to predict the Soil moisture characteristic from particle–size distribution and bulk density data. Siol Sci. Am. j. 45: 1023-1030.

Minasny B, McBratney and Bristow K.L. 1999. Comparison of different approaches to the development of pedotransfer functions for water retention curves. Geoderma 93:225-253.

Woston J.H.M 1997. Pedotransfer functions to evaluation soil quality. Soil Sci. 85:221-245.