مقایسه مدل آریا و پاریس و مدل فرکتالی هانگ برای شبیه‌سازی منحنی مشخصه رطوبتی خاک

لیلا رضائی[1]، ناصر دواتگر[2]، محمود شعبانپور شهرستانی[3]

1- دانش آموخته کارشناسی ارشد دانشگاه گیلان

2- استادیار پژوهش مؤسسه تحقیقات برنج کشور

3- استادیار گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان

Email: l.rezaee77@gmail.com

چکیده

منحنی مشخصه رطوبتی خاک برای توصیف قابلیت دسترسی آب خاک برای گیاه، مطالعات هیدرولوژی و مدل‌سازی حرکت آب و املاح در خاکهای غیر اشباع ضروری می‌باشد. اندازه‌گیری مستقیم این منحنی وقت‌گیر، مشکل و پر هزینه است. مدل آریا و پاریس (1981) و مدل فرکتالی هانگ و همکاران (2006) از روش‌های غیر مستقیم برای پیش‌بینی منحنی مشخصه آب خاک با استفاده از توزیع اندازه ذرات خاک است. این تحقیق به هدف مقایسه توانایی مدل آریا و پاریس و مدل فرکتالی هانگ و همکاران برای پیش‌بینی منحنی مشخصه رطوبتی در 30 نمونه از خاکهای غرب استان گیلان انجام شد. آماره‌های ارزیابی نشان داد که مدل آریا و پاریس [با استفاده از پارامتر مقیاس (α- خطی)] در مقایسه با مدل فرکتالی هانگ و همکاران از صحت بیشتری در پیش‌بینی منحنی مشخصه در خاکهای مورد مطالعه برخوردار است.

کلمات کلیدی: **بُعد فرکتال، توزیع اندازه ذرات، مدل آریا و پاریس، منحنی مشخصه رطوبتی خاک**.

مقدمه

از منحنی مشخصه رطوبتی خاک (SMC) برای توصیف قابلیت دسترسی آب برای رشد گیاه، مطالعات هیدرولوژی و حرکت آب و املاح استفاده می‌شود. اندازه گیری مستقیم SMC مشکل، وقت‌گیر و پرهزینه است. به این علت تلاش-های زیادی صورت گرفته تا بتوان به طور غیر مستقیم SMC را از سایر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک با دقتی قابل قبول برآورد کرد. آریا و پاریس (1981) منحنی مشخصه رطوبتی خاک را با استفاده از داده‌های توزیع اندازه ذرات برآورد نمودند. این تقریب فیزیکی- تجربی (ترکیبی از فرضیات فیزیکی و روابط تجربی) و بر پایه تشابه شکلی بین منحنی توزیع اندازه ذرات و منحنی مشخصه آب خاک استوار است. در پیش‌بینی صحیح منحنی مشخصه رطوبتی خاک بر پایه مدل فیزیکی- تجربی آریا و پاریس (AP) تعیین دقیق و صحیح پارامتر مقیاس (α) نقش اصلی را دارد. در این تحقیق، α برآورد شده به روشهای خطی، لجستیک، α ثابت آریا و همکاران (1999)، α بدست آمده از پارامترهای تک بعد فرکتال تیلر و ویتکرافت (1981) و دو بعد فرکتال مورد مقایسه قرار گرفتند. در این مطالعه همچنین از مدل فرکتالی هانگ و همکاران (2006) استفاده شد. در این مدل از بعد فرکتال منحنی مشخصه رطوبتی خاک (D_M) برای شبیه سازی SMC استفاده می‌گردد. این تحقیق به منظور ارزیابی مدلهای مذکور در پیش‌بینی منحنی مشخصه رطوبتی خاک انجام شد.

مواد و روشها

در این تحقیق از 30 نمونه خاک‌های شالیزار غرب استان گیلان استفاده شد. به منظور تعیین منحنی توزیع تجمعی اندازه ذرات خاک از روش هیدرومتری با 8 مرحله قرائت برای ذرات ریز (0/05≤) و از روش غربال برای ذرات بزرگتر از 0/05 میلی‌متر استفاده شد. جرم مخصوص ظاهری نمونه‌ها به روش سیلندر و رطوبت اشباع به روش وزنی تعیین شد. رطوبت وزنی در مکش‌های 30، 100، 300، 600، 1000 و 1500 کیلوپاسکال به وسیله صفحات فشاری اندازه-گیری شد. در مدل AP ابتدا منحنی توزیع تجمعی اندازه ذرات به n بخش مجزا (n=20) تقسیم شده و قطر ذرات بخش‌های مختلف در این مدل در محدوده 1 تا 2000 میکرومتر در نظر گرفته می‌شود. در هر بخش فرض می‌شود که ذرات به شکل کروی، با اندازه یکسان و منافذ به شکل استوانه می‌باشند. حجم منافذ در هر قسمت با استفاده از جرم مخصوص ظاهری و حقیقی خاک محاسبه می‌شود. رطوبت حجمی اشباع خاک در هر بخش با استفاده از حجم منافذ و جرم مخصوص ظاهری محاسبه می‌گردد. شعاع منافذ نیز برای هر بخش محاسبه شده و تبدیل به مکش آب خاک می-شود. با استفاده از مکش و رطوبت حجمی محاسبه شده، منحنی مشخصه آب خاک به دست می‌آید. در مدل آریا و پاریس از α ثابت، خطی و لجستیک آریا و همکاران (1999) و α برآورد شده از تک بعد فرکتال تیلر و ویتکرافت (1989) استفاده شد. تک بعد فرکتال (D) از طریق همبستگی بین متوسط شعاع ذرات جامد خاک (R_i) و تعداد ذرات کروی (n_i) در واحد جرم خاک محاسبه شد. رسم مقادیر n_i در مقابل R_i در مقیاس لگاریتمی، خطی با شیب D خواهد بود و مقدار α از D-2 در مدل آریا و پاریس بدست آمد. در نمونه خاکهایی که منحنی $logn_i$ در برابر $logR_i$ دارای بیش از یک بُعد بود از الگوریتم محاسباتی میلان و همکاران (2003) برای تعیین دو بعد فرکتال استفاده شد. سپس مقدار α برای هر یک از بُعدها جداگانه محاسبه و در مدل آریا و پاریس استفاده شد.
هانگ و همکاران (2006) از مدل فرکتالی زیر برای پیش‌بینی منحنی مشخصه رطوبتی خاک استفاده کردند:
[1]

$$\theta = \theta_s(\frac{\varphi}{\varphi_a})^{D_M-3}$$

در رابطه بالا θ رطوبت حجمی خاک (cm^3cm^{-3})، θ_sرطوبت اشباع خاک (cm^3cm^{-3})، φ مکش خاک (cm)، φ_a مکش در نقطه ورود هوا (cm) و D_M بعد فرکتال منحنی مشخصه است.

اندازه‌گیری مستقیم SMC و D_M وقت‌گیر است، در نتیجه برای بدست آوردن آنها از خواص سهل الوصول خاک مانند بافت خاک و بعد فرکتال منحنی توزیع اندازه ذرات استفاده می‌شود. بعد فرکتال منحنی توزیع اندازه ذرات (D_m) با استفاده از لگاریتم شعاع ذرات خاک و لگاریتم درصد تجمعی ذرات به روش تیلر و ویتکرافت (1992) تعیین شد. D_M با استفاده از معادله 1 و داده‌های منحنی مشخصه اندازه‌گیری شده برای همه خاک‌ها بدست آمد. سپس معادلاتی برای توصیف رابطه بین D_M با داده‌های بافت خاک و D_m ارائه گردید. در مرحله آخر با استفاده از رگرسیون خطی و غیر خطی، روابطی بین D_M با درصد شن (روش 1)، درصد سیلت (روش 2)، درصد رس (روش 3) و D_m (روش 4) توسعه یافت. سپس منحنی مشخصه رطوبتی خاک با استفاده از رابطه 1 و چهار روش رگرسیونی برآورد گردید. برای ارزیابی صحت مدل‌ها و میزان همبستگی آنها با داده‌های واقعی از آماره‌های ضریب تبیین (R^2)، ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) و میانگین خطا (ME) استفاده گردید.

نتیجه‌گیری

آماره‌های ارزیابی مدل AP برای پیش‌بینی SMC با استفاده از α برآورد شده با روشهای خطی، لجستیک و ثابت آریا و همکاران (1999)، α برآورد شده به روش تک بعد فرکتال تیلر و ویتکرافت (1989) و دو بعد فرکتال و همچنین آماره‌های ارزیابی مدل فرکتالی هانگ و همکاران (2006) در جدول 1 نشان داده شده‌اند.

- مدل آریا و پاریس (1981)

مقایسه α بدست آمده از روش‌های خطی، لجستیک، α ثابت، α بدست آمده از روش تک بعد فرکتال و α تخمینی از دو بعد فرکتال نشان داد که استفاده از دو بعد فرکتال برای برآورد منحنی مشخصه نسبت به تک بعد فرکتال، نتایج را بهبود می‌بخشد اما استفاده از تک بعد فرکتال تیلر و ویتکرافت در اکثر خاکها یک بیش برآورد را نشان می‌داد. از میان پنج روش بکار رفته در تخمین پارامتر مقیاس، روش خطی آریا و همکاران و α ثابت از بالاترین R^2 و کوچکترین RMSE برخوردار بودند. کوچکترین ME بعد از روش خطی آریا و همکاران مربوط به روش پیشنهادی (استفاده از دو بعد فرکتال) و α ثابت بود (جدول 1).

- مدل هانگ و همکاران (2006)

بر پایه برازش روابط رگرسیونی، بهترین پیش‌بینی بعد فرکتال منحنی مشخصه (D_M) با هر یک از متغیرهای شن، سیلت، رس و D_m در روابط 2 تا 5 نشان داده شده‌اند:

$$D_M = 2.94 - 0.0298Sa \qquad R^2=0.55 \qquad [2]$$

$$D_M = 3 - 0.0038Si \qquad R^2=0.60 \qquad [3]$$

$$D_M = 2.42 + 0.117\ln(Cl) \qquad R^2=0.77 \qquad [4]$$

$$D_M = 0.94 + 0.66D_m \qquad R^2=0.78 \qquad [5]$$

در روابط بالا Sa مقدار شن خاک، Si مقدار سیلت خاک، Cl مقدار رس خاک و D_m بعد فرکتال جرمی منحنی توزیع اندازه ذرات است.

D_M برآورد شده از شن (رابطه 2) هرچند از ضریب تبیین کمتری نسبت به دیگر روابط (3 تا 5) برخوردار بود، اما استفاده از این D_M برای پیش‌بینی SMC با توجه به آماره‌های ارزیابی در مقایسه با D_M های برآورد شده از سیلت، رس و D_m از صحت بیشتری برخوردار بوده است (جدول 1).

مقایسه کارایی مدل آریا و پاریس (1981) و مدل هانگ و همکاران (2006) نشان داد که استفاده از α-خطی آریا و همکاران (1999) در مدل AP از توانایی بیشتری برای پیش‌بینی منحنی مشخصه رطوبتی خاک نسبت به مدل فرکتالی هانگ و همکاران (2006) برخوردار بود (جدول 1).

جدول 1- مقایسه آماره‌های مدل آریا و پاریس (1981) و مدل فرکتالی هانگ و همکاران (2006)

مدل	پارامتر	R^2	RMSE	ME
آریا و پاریس (1981)	α خطی	0/96	0/058	0/011
	α ثابت	0/95	0/068	0/030
	α لجستیک	0/88	0/096	-0/062
	α- تک بعد فرکتال	0/90	0/138	-0/112
	α- دو بعد فرکتال	0/88	0/103	-0/029
هانگ و همکاران (2006)	D_M- شن	0/96	0/076	0/058
	D_M- سیلت	0/96	0/078	0/061
	D_M- رس	0/95	0/080	0/061
	D_M-D_m	0/95	0/093	0/08

منابع

Arya LM and Paris JF, 1981. A physico-empirical model to predict the soil moisture characteristic from particle size distribution and bulk density data. Soil Sci. Soc. Am. J. 45: 1023-1030.

Arya LM, Leij FJ, Van Genuchten MTh and Shouse PJ, 1999. Scaling parameter to predict the soil water characteristic from particle size distribution data. Soil Sci. Soc. Am. J. 63: 510-519.

Huang GH, Zhang RD and Huang QZ, 2006. Modeling soil water retention curve with a fractal method. Elsevier 16(2): 137-146.

Klute A, 1986. Methods of Soil Analaysis. Part 1, Physical and Mineralogical Methods. Madison, Wisconsin,USA.

Millan H, Gonzalez-Posada M, Aguilar M, Dominguez J and Cespedes L, 2003. On the fractal scaling of soil data. Particle siza distribution. Geoderma 117: 117-128.

Page AL, Miller RH and Keeney DR, 1982. Methods of Soil Analaysis. Part 2, Chemical and Microbiological Properties. American Society of Agronomy, Inc. Soil Sci. Am. Madison, Wisconsin, USA.

Tyler W and Wheatcraft W, 1989. Application of fractal mathematics to soil water retention estimation. Soil Sci. Soc. Am. J. 53: 987-996.

Tyler W, Wheatcraft W, 1992. Fractal scaling of soil particle size distributions: Analysis and limitations. Soil Sci. Soc. Am. J. 56: 362-369.