بهبود تخمین هدایت آبی اشباع با استفاده از شاخص ضریب خمیدگی خلل و فرج خاک

مریم نوابیان
استادیار گروه مهندسی آب دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان
آدرس الکترونیکی: **navabian@guilan.ac.ir**

چکیده
توابع انتقالی با استفاده از رگرسیون چندگانه یا شبکه عصبی، به طور غیر مستقیم هدایت آبی اشباع را از پارامترهای زودیافت خاک تخمین می‌زنند. در این تحقیق، با استفاده از رگرسیون چندگانه و شبکه عصبی مصنوعی توابع انتقالی جدیدی بر اساس شاخص ضریب خمیدگی خلل و فرج خاک ارائه شده است. استفاده از این شاخص در کنار پارامترهای تخلخل خاک، میانگین هندسی قطر ذرات و انحراف معیار آنها منجر به بهبود دقت تخمین هدایت آبی شد. نتایج نشان داد که توابع انتقالی این تحقیق با ضریب تبیین 0/78 (رگرسیون چندگانه) و 0/81 (شبکه عصبی مصنوعی) قابلیت تخمین هدایت آبی اشباع را دارند.

واژه‌های کلیدی: **توابع انتقالی، رگرسیون، شبکه عصبی مصنوعی، ضریب خمیدگی خلل و فرج، هدایت آبی اشباع**.

مقدمه
اندازه‌گیری مستقیم هدایت آبی اشباع چه در آزمایشگاه و چه در صحرا غالباً هزینه‌بر و وقت‌گیر است. توابع انتقالی روشی غیرمستقیم با دقت برآوردی مناسب و با مشخصه صرفه‌جویی در زمان و هزینه برای برآورد ویژگی‌های هیدرولیکی خاک ارائه شده‌است که با استفاده از معادلات رگرسیونی و یا شبکهٔ عصبی مصنوعی میان پارامترهای زودیافت و دیریافت خاک ارتباط برقرار می‌کند. در این راستا شبکهٔ عصبی با الگوبرداری از شبکه عصبی بیولوژیکی و آنالیز رگرسیونی با استفاده از قوانین آماری روابط منطقی میان پارامترهای ورودی و خروجی را بیان می‌نمایند. بررسی‌های صورت گرفته نشان می‌دهد که از سال 1989 به بعد، ایجاد توابع انتقالی بر اساس معادلات رگرسیونی و شبکهٔ عصبی مصنوعی برای برآورد ویژگی‌های هیدرولیکی خاک گسترش چشمگیری یافته است. از مهمترین این پژوهش‌ها می‌توان به مطالعات وریکن و همکاران (Vereecken et al., 1990)، وستن (Wosten, 1997)، وستن و همکاران (Wosten et al., 1999)، سوبیراج و همکاران (Sobieraj, 2001)، یارویس و همکاران (Jarvis et al., 2002)، بوما و همکاران (Bouma et al., 2007) و نوابیان و همکاران (1382 و 1386) اشاره کرد که با استفاده از پارامترهایی همچون میانگین هندسی قطر ذرات و انحراف معیار هندسی، تخلخل مؤثر، فراوانی نسبی ذرات خاک، مادهٔ آلی و جرم ویژهٔ ظاهری توابعی برای برآورد هدایت آبی اشباع ارائه کرده‌اند. در این تحقیق تلاش بر این است توابع انتقالی جدیدی برای تخمین هدایت آبی اشباع با استفاده از شاخص خمیدگی خلل و فرج خاک که یک پارامتر موثر بر حرکت آب در خاک است، ارائه گردد. همچنین تاثیر این شاخص بر دقت مدل‌های شبکه عصبی و رگرسیونی برآورد هدایت آبی اشباع مورد بررسی و مقایسه قرار گیرد.

مواد و روش‌ها
تعداد 45 نمونه خاک در 9 کلاس بافتهای لومی رسی، رسی، لومی شنی، لومی، شنی لومی، لومی رسی شنی، رسی لومی شنی، رسی سیلتی و لومی رسی سیلتی منطقهٔ کرج انتخاب گردید. اندازه‌گیری هدایت آبی اشباع نمونه‌ها در عمق 30

سانتیمتری با استفاده از دستگاه نفوذسنج گلف مدل KI-2800 صورت گرفت (پیش نویس وزارت نیرو). پارامترهای زودیافت جرم ویژۀ ظاهری و حقیقی، به ترتیب از روشهای کلوخه و پیکنومتر، فراوانی نسبی ذرات خاک به روش هیدرومتری (جعفری، 1382)، رطوبت ظرفیت نگهداری به وسیله دستگاه صفحات فشاری (Black و همکاران، 1965)، تخلخل با استفاده از جرم ویژۀ ظاهری و حقیقی از رابطۀ (1) محاسبه شد. میانگین هندسی قطر ذرات (d_g) و انحراف معیار هندسی آنها (δ_g) از روابط شیزاوا وکمپل(Shiozawa و Campbell، 1991) بدست آمدند. ضریب خمیدگی خلل و فرج (τ_s) حاصل تقسیم طول مسیر ظاهری حرکت آب به طول واقعی است که به طور تجربی در شرایط اشباع از رطوبت اشباع (θ_s) و تخلخل (n) از رابطه (2) بدست می‌آید:

$$n = \left(1 - \frac{\rho_b}{\rho_s}\right) \qquad (1)$$

$$\tau_s = \frac{L}{L_e} = \frac{\theta_s^{\frac{10}{3}}}{n^2} \qquad (2)$$

نتایج و بحث

پس از آنالیز حساسیت، نرمال‌سازی (اعمال تبدیل) و هم‌راستایی پارامترهای ضریب خمیدگی خلل و فرج، تخلخل، میانگین هندسی قطر ذرات و انحراف معیار در ایجاد معادلات رگرسیونی بکار گرفته شدند (معادله 3):

$$K_S = EXP\left(5.03 - 0.813\ Ln\ (\sigma_g) + 0.217\ Ln\ \left(d_g\right) - 0.457\ \left(Ln\ (n)\right)^2 + 0.0968\ Ln\ (\tau_s)^2\right) \qquad (3)$$

برای ایجاد و مقایسه معادله رگرسیونی با مدل شبکۀ عصبی مصنوعی، از نرم‌افزار Neural Network و پارامترهای ورودی مشابه با معادله رگرسیونی (3) استفاده شد. مدل شبکۀ عصبی بر اساس ساختار پرسپترون سه لایه و الگوی آموزشی تحت سرپرستی ایجاد گردید. از میان آرایش‌های متفاوت آزمایش شده، آرایش دو لایۀ پنهان همراه با 7 نرون، تعداد تکرار7000، توابع آستانه و آموزش DNNA و Delta-Rule مناسب‌ترین آرایش، با ضریب تبیین 0/81 انتخاب شد.

مقایسه معادله رگرسیونی این تحقیق با معادلات رگرسیونی نوابیان و همکاران (1382)، نشان داد که پارامتر ضریب خمیدگی خلل و فرج در شرایط اشباع، می‌تواند باعث بهبود تخمین هدایت آبی اشباع گردد (جدول 1). ضریب خمیدگی در شرایط اشباع با در بر داشتن رطوبت اشباع و تخلخل خاک معرف ویژگیهای مسیر حرکت آب در خاک در حالت اشباع است که می‌تواند تاثیر بسیاری در برآورد و تعیین هدایت آبی داشته باشد. نتایج این تحقیق علاوه‌بر ارائه پارامتر موثرتر بر هدایت آبی اشباع و دستیابی به دقت بالاتر، تاییدی است بر نتایج سایر پژوهش‌ها (اسخاپ و بوتن 1996، پاچسکی و همکاران 1996، تاماری و همکاران 1996، اسخاپ و همکاران 2001 و اسخاپ و همکاران الف-1998) که عملکرد مدل‌های شبکۀ عصبی مصنوعی را نسبت به معادلات رگرسیونی چندگانۀ مناسب‌تر می‌دانند.

جدول 1- توابع انتقالی نوابیان و همکاران (1382) برای تخمین هدایت آبی اشباع (داده‌های صحرایی مشابه)

معادله تخمین هدایت آبی اشباع	R^2	RMSE
$K_{S(estimated)} = 2.3\exp\left(3.52 + 0.423\log d_g - 2.19\log\delta_g + 1.42\log\theta_e\right) - 4.89$	0.73	0.32
$K_{S(estimated)} = 1.02\exp\left(3.36 + 75.4/\delta_g^2 - 4.75\rho_b/\theta_e\right) - 0.21$	0.68	0.14
$K_{S(estimated)} = 2.85\exp\left(4.45 - 2.25\log\delta_g + 0.572\ln\theta_e\right) - 10.76$	0.61	3.43

فهرست منابع

1- پیش نویس استاندارد وزارت نیرو، 233- الف . 1379، روش آزمایش تعین هدایت هیدرولیکی خاک غیراشباع با استفاده از دستگاه نفوذسنج گلف.

2- جعفری حقیقی، م. 1382، روشهای تجزیه خاک نمونه برداری و تجزیه‌های مهم فیزیکی و شیمیایی، انتشارات ندای ضحی، 236 صفحه.

3- نوابیان، م. لیاقت، ع. م. و م. همایی. 1382، اشتقاق توابع انتقالی برای تخمین هدایت آبی اشباع، مجله مجله علمی پژوهشی تحقیقات مهندسی کشاورزی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، جلد 4، شماره 16، صفحه 11- 1.

4- نوابیان م.، ع. م. لیاقت و م. همایی. 1386، مقایسه توابع انتقالی شبکه عصبی مصنوعی و رگرسیونی در تخمین هدایت آبی اشباع، دهمین کنگره علوم خاک ایران.

5- Black, A. C., D. D. Evans, J. L. White, L. E. Ensminger and F. E. Clark, 1965. Methods of soil analysis physical and mineralogical properties including statistics of measurement and sampling. American Society of Agronomy: 770.

6- Bouma, J., and H. A. J. van Lanen. 2007. Transfer functions and threshold values: from soil characteristics to land value. In: Proc of the int. workshop on Quantified Land Evaluation Procedures, 27/04- 2/05/1986, Washington DC, USA, 106-110.

7- Jarvis, N. J., L. Zavattaro, K. Rajkai, W, D., Reynolds, P.A., Olsen, M. Mc Gechen, M. Mecke, B. Mohaantry, P. B. Leeds-Harison, and D. Jacques. 2001. Indirect estimation of near-saturated hydraulic conductivity from readily available soil information. Geoderma, 108: 1- 17.

8- Pachepsky, Ya., A. D. Timlin and G. Varallyay. 1996. Artificial Neural Networks to estimate soil water retention from easily measurable data Soil Sci. Soc. Am. J. 60:727-733.

9- Schaap, M. G. and W. Bouten. 1996. Modeling water retention curves of sandy soil using neural networks. Water Resour. Res. 32:3033-3040.

10- Schaap, M. G., F. J. Leij and M. Th. van Genuchten. 1998 A. Neural Network analysis for hierarchical prediction of soil water retention and saturated hydraulic conductivity. Soil Sci. Soc. Am. J. 62: 847-855.

11- Schaap M. G., F. J. Leij and M. T. van Genuchten. 2001. ROSETTA: a computer program for estimating soil hydraulic parameters with hierarchial pedotransfer functions. Journal of Hydrology. 251: 163-176.

12- Shiozawa, S. and G. S. Campbell. 1991. On the calculation of mean particle diameter and standard deviation from sand, silt and clay fractions. Soil Sci. Vol 152, 6: 427-431.

13- Sobieraj, J. A., H. Elsenbeer and R. A. Vertessy. 2001. Pedotransfer function for estimating saturated hydraulic conductivity: implication for modeling storm flow generation. J. Hydrology. 251. pp. 202-220.

14- Tamari, S., J. H. M. Wosten and J. C. Ruzi-Suarez. 1996. Testing an artificial Neural Network for predicting soil hydraulic conductivity. Soil Sci. Soc. Am. J. 60:1732-1741.

15- Verrecken, H. J. and J. Feyen. 1990. Estimating unsaturated hydraulic conductivity from easily measured soil properties. Soil Sci. 149(1). Pp. 1-11.

16- Wosten, J. H. M. 1997. Pedotransfer functions to evaluation soil quality. Soil quality for Crop production and ecosystem health. Elsivier. 464 pages.

17- Wosten, J. H. M., P. R. Finke and M. J. W. Jansen. 1999. Comparison of class and continuous pedotransfer functions to generate soil hydraulic characteristics. Geoderma. 66. pp. 227-237.