مقایسه توابع انتقالی رگرسیون و شبکه عصبی مصنوعی با ANFIS در تخمین هدایت آبی اشباع

مریم نوابیان[1*] ، سید حامد اشرف تالش[2]، مهدی اسمعیلی ورکی[3] ، علی جمالی[4]

1 و* - نویسنده مسئول، استادیار گروه مهندسی آب دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان، **guilan.ac.ir navabian@**

2- دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک، دانشگاه گیلان

3- هیات علمی گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان

4- هیات علمی گروه مهندسی مکانیک، دانشکده فنی، دانشگاه گیلان

چکیده

هدایت آبی اشباع از مهمترین ویژگی فیزیکی خاک است که در طراحی و امکان‌پذیر بودن فنی و اقتصادی پروژه‌های زهکشی زیرزمینی نقش عمده‌ای دارد. اندازه‌گیری مستقیم این ویژگی بسیار وقت‌گیر و پرهزینه می‌باشد. در این تحقیق، از سیستم استنتاج فازی-عصبی تطبیقی (ANFIS) بهینه شده برای تخمین هدایت آبی اشباع استفاده شد سپس با توابع انتقالی حاصل از روشهای رگرسیون چندگانه و شبکه عصبی مصنوعی مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج نشان داد که ANFIS با ضریب تبیین 0/91 نسبت به رگرسیون چندگانه (ضریب تبیین 0/78) و شبکه عصبی مصنوعی (ضریب تبیین 0/81) با دقت بالاتری قابلیت تخمین هدایت آبی اشباع را دارد.

واژه‌های کلیدی: رگرسیون، سیستم استنتاج فازی -عصبی تطبیقی بهینه شده، شبکه عصبی مصنوعی، 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 برای برآورد ویژگی‌های دیریافت خاک (مانند هدایت آبی اشباع) با استفاده از پارامترهای زودیافت خاک می‌باشند که علاوه بردقت مناسب دارای ویژگی صرفه‌جویی در زمان و هزینه هستند. توابع انتقالی به روشهای رگرسیون چندگانه و شبکه عصبی مصنوعی ارتباط میان پارامترهای زودیافت و دیریافت را بیان می‌کنند. از مهمترین توابع انتقالی ارائه شده برای برآورد هدایت آبی اشباع، می‌توان به مطالعات 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 دههٔ اخیر مدل‌های مبتنی بر هوش مصنوعی به‌تدریج جایگاه مناسبی در حل مسائلی از این دست در مهندسی آب به دست آورده‌اند. شبکه‌های عصبی مصنوعی، سیستم استنتاج فازی (FIS) و همچنین مدل‌های نروفازی (ANFIS) که

تلفیقی از دو روش یاد شده هستند توسط محققین به منظور مدل‌سازی‌ها و پیش‌بینی پدیده‌های مختلف به کار برده شده‌اند. در این تحقیق از روش جدید نرو-فازی (ANFIS) و با بهره‌گیری از الگوریتم ژنتیک جهت بهینه‌سازی پارامترهای ورودی به ساختار آن در پیش‌بینی هدایت آبی اشباع استفاده شده است. سپس نتایج برآورد روش نرو-فازی بهینه شده با توابع انتقالی حاصل از رگرسیون چندگانه و شبکه عصبی مصنوعی مورد مقایسه قرار گرفت.

ANFIS را می‌توان ترکیبی از شبکه عصبی و سیستم‌های فازی معرفی کرد. مدل ANFIS از دو بخش تشکیل شده است. بخش اول پارامترهای غیر خطی ورودی، بخش دوم پارامترهای خطی خروجی که با استفاده از روش TSK و قوانین اگر-آنگاه فازی به یکدیگر متصل شده‌اند. ساختارANFIS در مجموع حاوی پنج لایه می‌باشد مشتمل بر گره یا گره‌های ورودی (لایهٔ اول)، گره‌های قوانین (لایهٔ دوم)، گره‌های میانگین (لایهٔ سوم)، گره‌های تالی (لایهٔ چهارم) و گره یا گره‌های خروجی (لایهٔ پنجم) خلاصه کرد. هدف نهایی از بسط و توسعهٔ ANFIS، یافتن تابعی مانند f است که برداری n بعدی را به یک خروجی یک یا چند بعدی تبدیل کند (نریمان‌زاده و هکماران، 2004، مرزبان راد و همکارن، 2009، و Jain، 1993). جهت بهبود عملکرد مدل ANFIS در پیش‌بینی پارامترها، ضرایب توابع عضویت با استفاده از ژنتیک الگوریتم که بصورت تابع دو هدفه و از حداقل‌سازی آموزش و پیش‌بینی در هر مرحله از تکرار حاصل شد. همچنین ضرایب خروجی ANFIS با استفاده از روش SVD و بصورت تابع خطی از ورودی تعیین گردید.

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). برای برآورد هدایت آبی اشباع به روش ANFIS، نخست با کدنویسی در محیطMATLAB 7.6 ، مدل ANFIS و نیز الگوریتم ژنتیک برای بهینه نمودن ضرایب توابع عضویت تهیه شد. بطور کلی، قبل از شروع آموزش سیستم ANFIS بهینه شده، باید داده‌ها به دو دسته آموزشی و آزمون تقسیم شوند. پیشنهاد شده است که 80 درصد داده‌های مورد استفاده برای آموزش شبکه 20 درصد آنها برای امتحان و ارزیابی خروجی شبکه استفاده گردد. پارامترهای ورودی به سیستم شامل پارامترهای زودیافت جرم ویژهٔ ظاهری و حقیقی، (روشهای کلوخه و پیکنومتر)، فراوانی نسبی ذرات خاک (روش هیدرومتری (جعفری، 1382))، رطوبت ظرفیت نگهداری (وسیله دستگاه صفحات فشاری (Black و همکاران، 1965))، تخلخل (رابطهٔ 1) بودند. همچنین پارامترهای زودیافت 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 آمد:

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

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

همچنین توابع عضویت ANFIS از نوع گوسی و تعداد رول‌ها 16 اختیار شد.

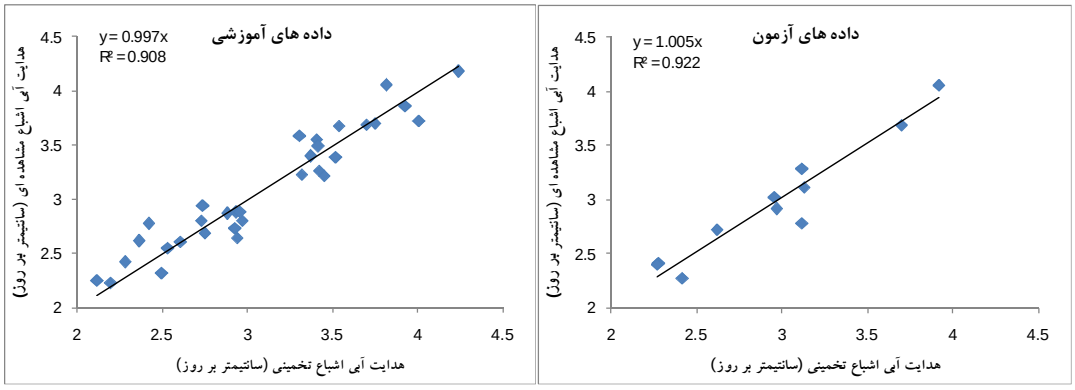
نتایج و بحث

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:

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

روش رگرسیون چندگانه توانست با ضریب تبیین 0/78 هدایت آبی اشباع را برآورد نماید. برای ایجاد و مقایسه معادله رگرسیونی با مدل شبکهٔ عصبی مصنوعی، از نرم‌افزار Neural Network و پارامترهای ورودی مشابه با معادله رگرسیونی (3) استفاده شد. مدل شبکهٔ عصبی بر اساس ساختار پرسپترون سه لایه و الگوی آموزشی تحت سرپرستی ایجاد گردید. از میان آرایش‌های متفاوت آزمایش شده، آرایش دو لایهٔ پنهان همراه با 7 نرون، تعداد تکرار7000، توابع آستانه و آموزش DNNA و Delta-Rule مناسب‌ترین آرایش، با ضریب تبیین 0/81 انتخاب شد.

ضرایب تبیین در سیستم ANFIS بهینه شده به ترتیب 0/91 و 0/92 برای داده‌های آموزشی و آزمون بدست آمد. در شکل (1) نتایج مربوط به داده‌های آموزشی و آزمون برآورد شده در روش ANFIS در کنار داده‌های آزمایشگاهی نشان داده شده است. همانطور که ملاحظه می‌گردد، سیستم ANFIS بهینه شده با استفاده از الگوریتم ژنتیک عملکرد بهتری در پیش‌بینی پارامتر مورد نظر دارد.



شکل 1- عملکرد سیستم ANFIS بهینه شده در پیش‌بینی هدایت آبی اشباع

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- Beirami, M.K., and Chamani, M.R., 2010, "Hydarulic jumps in sloping channels: roller length and energy loss", Can. J. Civ. Eng, 37(9): 535-543

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- Jang, J. S. R. 1993. ANFIS: Adaptive-network-based fuzzy inference system. IEEE Trans. Sys., Man, Cyb., 23, 665−685.

9- Nariman - Zadeh , N. , A. Darvizeh, M.H. Dadfarmai .2004. Design of ANFIS networks using hybrid genetic and SVD methods for the modeling of explosive cutting process . Journal of Materials Processing Technology 155–156 (2004) 1415–1421

10- Marzbanrad, J. and A. Jamali .2009. Design of ANFIS Networks using hybrid genetic and SVD methods for modeling and prediction of rubber engine mount stiffness. International Journal of Automotive Technology, Vol. 10, No. 2, pp. 167−174.

11- 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.

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

13- 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.

14- 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.

15- 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.

16- 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.

17- 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.