مقایسه توابع انتقالی شبکه عصبی مصنوعی و رگرسیونی در تخمین هدایت آبی اشباع

مریم نوابیان[۱]، عبدالمجیدلیاقت[۲] و مهدی همایی[۳]

۱و۲- دانشجوی دکترای و استادیار گروه آبیاری وآبادانی دانشکده آب و خاک پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران. navabian@ut.ac.ir

۳- استادیار گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس.

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. لیکن، اندازه‌گیری مستقیم این ویژگی چه به صورت صحرایی و چه در آزمایشگاه بسیار وقت‌گیر و پرهزینه می‌باشد. همچنین، به دلیل تغییرات زیاد زمانی - مکانی خاک، اندازه‌گیری‌های نقطه‌ای نمی‌توانند نمایندهٔ واقعی این ویژگی خاک باشند، مگر آنکه تعدادی بسیار زیاد نمونه‌برداری صورت پذیرد. به همین منظور تلاشهایی چند صورت گرفته تا با استفاده از ویژگی‌های زودیافت خاک بتوان این ویژگی را با دقتی قابل قبول تخمین زد. توابع انتقالی یکی از روشهای غیرمستقیم بوده که قادر است ویژگی‌های دیریافت خاک را از ویژگی‌های زودیافت آن برآورد نماید. شبکه‌های عصبی مصنوعی و آنالیز رگرسیونی دو روش ایجاد توابع انتقالی می‌باشند. در این پژوهش، از ساختار شبکهٔ عصبی پرسپترون با الگوریتم آموزشی مارکوآت لورنبرگ و آنالیز رگرسیونی استفاده شد تا پس از حساسیت‌سنجی، هدایت آبی اشباع از پارامترهای موثر زودیافت خاک همچون جرم ویژهٔ ظاهری، تخلخل مؤثر، میانگین هندسی قطر ذرات و انحراف معیار آنها برآورد شود. نتایج نشان داد که نمون‌های عصبی ایجاد شده قادرند هدایت آبی اشباع را با دقت بالاتری در مقایسه با معادلات رگرسیونی برآورد نمایند. همچنین، هوشمند بودن نحوهٔ تجزیه وتحلیل داده‌ها و عدم نیاز به آزمون‌های آماری را می‌توان از دیگر برتری‌های شبکه عصبی به شمار آورد.

واژه‌های کلیدی: آنالیز رگرسیونی، توابع انتقالی، 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 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 ۱۹۸۹ 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 آهوجا و همکاران (Ahuja et al., 1989)، وریکن و همکاران (Vereecken et al., 1990)، وستن (Wosten, 1997)، گیمنز و همکاران (Gimenez et al., 1997)، وستن و همکاران (Wosten et al., 1999)، سوبیراج و همکاران (Sobieraj, 2001) و یارویس و همکاران (Jarvis et al., 2002) اشاره کرد که با استفاده از پارامترهایی همچون تخلخل مؤثر، فراوانی نسبی ذرات خاک، مادهٔ آلی و جرم ویژهٔ ظاهری توابعی برای برآورد هدایت آبی اشباع (K_s) ارائه کرده‌اند.

در این پژوهش تلاش بر این است تا علاوه‌بر ایجاد مدل‌های شبکه عصبی و رگرسیونی برآورد هدایت آبی اشباع بر اساس پارامترهایی همچون میانگین هندسی قطر ذرات و انحراف معیار هندسی، این دو روش ایجاد توابع انتقالی مورد مقایسه قرار گیرند.

مواد و روشها

تعداد ۴۵ نمونه خاک در ۹ 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 ۳۰ سانتیمتری با استفاده از دستگاه نفوذسنج گلف مدل KI-2800 صورت گرفت. پارامترهای زودیافت جرم ویژهٔ ظاهری و حقیقی، به ترتیب از روشهای کلوخه و پیکنومتر، فراوانی نسبی ذرات خاک به روش هیدرومتری (جعفری، ۱۳۸۲)، رطوبت ظرفیت نگهداری به وسیله دستگاه صفحات فشاری (Black و همکاران، ۱۹۶۵)، تخلخل مؤثر با استفاده از جرم ویژهٔ ظاهری و حقیقی و رطوبت ظرفیت زراعی از رابطهٔ ($\theta_e = \left(1-\frac{\rho_b}{\rho_s}-\theta_{fc}\right)$) محاسبه شد. میانگین هندسی قطر ذرات (d_g) و انحراف معیار هندسی آنها (δ_g) از روابط شیزاوا وکمپل(Shiozawa و Campbell، ۱۹۹۱) بدست آمدند.

نتایج و بحث

پس از آنالیز حساسیت، برقراری آزمون‌های نرمال و هم‌راستایی پارامترهای جرم ویژهٔ ظاهری، تخلخل مؤثر، میانگین هندسی قطر ذرات و انحراف معیار در ایجاد معادلات رگرسیونی بکار گرفته شدند:

$$K_{S(estimated)} = 2.3\exp\left(3.52+0.423\log d_g - 2.19\log\delta_g + 1.42\log\theta_e\right)\ 4.89 \qquad R^2=0.73 \qquad (۱)$$

$$K_{S(estimated)} = 1.02\exp\left(3.36+75.4/\delta_g^2 - 4.75\rho_b/\theta_e\right) - 0.21 \qquad R^2=0.68 \qquad (۲)$$

$$K_{S(estimated)} = 2.85\exp\left(4.45-2.25\log\delta_g + 0.572\ln\theta_e\right) - 10.76 \qquad R^2=0.61 \qquad (۳)$$

برای ایجاد مدل‌های شبکهٔ عصبی مصنوعی از نرم‌افزار Neural Network با استفاده از پارامترهای ورودی مشابه با معادلات رگرسیونی فوق استفاده شد. مدل‌های شبکهٔ عصبی بر اساس ساختار پرسپترون سه لایه و الگوی آموزشی تحت سرپرستی ایجاد گردیدند. از میان آرایش‌های متفاوت آزمایش شده در ۳ مدل فوق، آرایش یک لایهٔ پنهان همراه با ۷ نرون و۳۵۰۰ تکرار برای مدل۱، آرایش دو لایهٔ پنهان همراه با ۹ نرون در هر لایه و ۴۶۰۰ تکرار برای مدل ۲ و آرایش یک لایهٔ پنهان با ۷ نرون و ۲۹۰۰ تکرار برای مدل ۳، مناسب‌ترین آرایش‌ها با دقت برآوردی مناسب برای برآورد هدایت آبی اشباع انتخاب شدند.

ضریب تبیین در مدل‌های شبکه عصبی ۱، ۲ و ۳ به ترتیب برابر با ۰/۷۴، ۰/۷ و ۰/۸۳ بدست آمد که این ضرایب برای روابط مترادف یعنی ۱، ۲ و ۳ به ترتیب ۰/۷۳، ۰/۶۸ و ۰/۶۱ می‌باشد. مقایسهٔ نتایج مدل‌های شبکهٔ عصبی ارائه شده و معادلات رگرسیونی فوق نشان می‌دهد که مدلهای شبکهٔ عصبی دارای توان تخمین بالاتری برای برآورد هدایت آبی اشباع می‌باشند. شایان ذکر است که نتایج این تحقیق علاوه‌بر ارائه پارامترهای موثرتر بر هدایت آبی اشباع و دستیابی به دقت بالاتر، تاییدی است بر نتایج سایر پژوهش‌ها (اسخاپ و بوتن ۱۹۹۶، پاچسکی و همکاران ۱۹۹۶، تاماری و همکاران ۱۹۹۶، اسخاپ و همکاران ۲۰۰۱ و اسخاپ و همکاران الف-۱۹۹۸) که عملکرد مدل‌های شبکهٔ عصبی مصنوعی را نسبت به معادلات رگرسیونی چندگانهٔ خطی و غیرخطی مناسب‌تر می‌دانند. علت عملکرد مناسب‌تر شبکهٔ عصبی را می‌توان به هوشمند بودن نحوهٔ تجزیه وتحلیل داده‌ها نسبت داد. به طوری که طی روند آموزش، شبکهٔ عصبی قادر خواهد بود روابطی منطقی میان نگاشت‌های ورودی وخروجی را آموزش ببیند و از آن برای برآورد داده‌هایی که در آموزش شبکه بکارنرفته است، استفاده نماید. در حالی که تجزیه وتحلیل رگرسیونی تنها برقراری یک سری مفاهیم ریاضی وآماری میان داده‌ها می‌باشد.

اگرچه استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی دشوارتر از معادلات رگرسیونی است، لیکن می‌توان با ایجاد برنامه‌های نرم‌افزاری به اصطلاح ساده، مشکل استفاده کاربر را حل نمود. از فرضیات اولیهٔ معادلات رگرسیونی، نرمال‌بودن و غیرهم‌راستایی داده‌های مورد استفاده در آن است. در حالی که برتری شبکه‌های عصبی مصنوعی در عدم

نیاز آنها به داده‌های نرمال شده و غیرهم‌راستا می‌باشد.

منابع

[۱] افتخاریان، لیلا . امید تی تی دژ، بهناز خاکباز، امین سارنگ، پدرام صادقیان، رضا مهین روستا و مهدی نوار . ۱۳۷۷. آزمایشگاه مکانیک خاک. ۲۷۴ صفحه.

[۲] پیش نویس استاندارد وزارت نیرو. ۲۳۳- الف . ۱۳۷۹. روش آزمایش تعین هدایت هیدرولیکی خاک غیراشباع با استفاده از دستگاه نفوذسنج گلف.

[۳] جعفری حقیقی، م. ۱۳۸۲. روشهای تجزیه خاک نمونه برداری و تجزیه‌های مهم فیزیکی و شیمیایی. انتشارات ندای ضحی. ۲۳۶ صفحه.

[4] 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.

[5] 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.

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

[7] 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.

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

[9] 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.

[10] 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.