Archive of SID

اولین همایش ملی زهکشی در کشاورزی پایدار
تهران - ۸ اسفندماه ۱۳۹۲

ارزیابی کاربرد سیستم استنتاج فازی- عصبی تطبیقی و استفاده از تخلخل متوسط در برآورد برخی پارامترهای هیدرولیکی خاک

فرشته حقیقی فشی
دانشجوی دکتری دانشگاه تهران، Haghighihf@ut.ac.ir

چکیده

توابع انتقالی از مهم‌ترین توابعی هستند که ویژگی‌های بخش اشباع و غیراشباع را به صورت کمی بیان می‌کنند. هدف از این مطالعه، بررسی کاربرد سیستم استنتاج فازی- عصبی تطبیقی[1] برای برآورد پارامترهای معادله ونگنوختن از ویژگی های زودیافت خاک بود. همچنین در این مطالعه تأثیر عوامل و متغیرهای بکار رفته شامل درصد شن، سیلت، رس، مقدار وزن مخصوص ظاهری، خلل و فرج متوسط (۳۰-۰.۲ میکرومتر) و درصد کربن آلی برای تخمین پارامترهای معادله ونگنوختن مورد ارزیابی قرار گرفت. بطور کلی، صرفنظر از سری داده های ورودی مختلف، مدل های مبتنی بر سیستم استنتاج فازی- عصبی تطبیقی توانستند ویژگی های هیدرولیکی خاک های مورد مطالعه را با دقت نسبتاً خوبی برآورد نمایند. بنظر می رسد که تخلخل متوسط دقت برآورد دو پارامتر n و α را بهبود بخشیده است. نتایج نشان داد که مقدار کربن آلی تأثیری بر روی عملکرد مدل ها نداشته است.

واژه های کلیدی: توابع انتقالی، ویژگی های هیدرولیکی، سیستم استنتاج فازی- عصبی تطبیقی

مقدمه

تلاش های بسیاری برای توسعه توابع انتقالی نقطه ای و پارامتریک با استفاده از روش رگرسیون خطی چندگانه (توماسلا و همکاران، ۲۰۰۰) و شبکه عصبی مصنوعی (میناسنی و همکاران، ۲۰۰۴) صورت گرفته است. تحقیقات اخیر بر روی توسعه توابع انتقالی اغلب بر روی توسعه توابع بهتر و بهبود آنها برای تخمین ویژگی های هیدرولیکی خاک در نواحی مختلف و انواع خاک متمرکز گشته اند (وریکن و همکاران، ۲۰۱۰). تاماری و همکاران (۱۹۹۶) یک بازنگری و مرور جامع از کاربرد شبکه عصبی مصنوعی برای تخمین ویژگی های هیدرولیکی خاک ارائه نموده اند. در توابع انتقالی تعداد متغیرهای مستقل ورودی حائز اهمیت می باشند (لی و همکاران، ۲۰۰۷). برخی پژوهشگران بر این عقیده می باشند که برآوردهای حاصل از توابع انتقالی ممکن است از طریق شامل نمودن داده های ورودی بیشتر نظیر تخلخل مؤثر بهبود یابد (شاپ و همکاران، ۱۹۹۸).

[1] Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS)

www.SID.ir

Archive of SID

بنابراین، یکی از ملاحظات مهم در توسعه توابع انتقالی و دقت آنها، تعداد و نوع ورودی های مورد استفاده است. ممکن است از یکسری روش ها برای بهبود عملکرد شبکه عصبی مصنوعی استفاده گردد. اخیراً سعی شده است روش های منطق فازی و شبکه عصبی مصنوعی با هم تلفیق گردند. سیستم استنتاج فازی عصبی-تطبیقی می تواند مشکلات موجود در طراحی سیستم فازی را با استفاده از قابلیت آموزش شبکه عصبی برای بهینه سازی پارامترها حل نماید. سیستم استنتاج فازی عصبی-تطبیقی یک روش مطلوب می باشد. این سیستم برای مدیریت داده ها، طبقه بندی داده ها و کاربردهای هیدرولوژیک بکار رفته است (جانگ، ۱۹۹۳و نایاک و همکاران، ۲۰۰۴). در مورد کاربرد سیستم فازی- عصبی تطبیقی برای توسعه توابع انتقالی مطالعه مشابهی مشاهده نگردید. این روش در زمینه مدل سازی هیدرولوژیکی و مطالعات مربوطه بکار گرفته شده و مورد ارزیابی واقع شده است اما پژوهشگران پتانسیل این روش را در برآورد پارامترهای هیدرولیکی خاک نظیر پارامترهای معادله ونگنوختن (۱۹۸۰) مورد ارزیابی قرار نداده اند. مزیت این روش این است که نیاز به شناخت ساختار یک مدل پیشین نیست (نایاک و همکاران، ۲۰۰۴). در مطالعه ای، نایاک و همکاران (۲۰۰۴) کاربرد سیستم فازی تطبیقی مصنوعی را برای مدل سازی هیدرولوژیکی سری های زمانی مورد بررسی قرار داده و نشان داده اند که مدل های مبتنی بر روش سیستم فازی- عصبی تطبیقی عملکرد خوبی داشته اند. تجزیه و تحلیل آنها نشان داده است که مدل های مبتنی بر این روش از نظر سرعت محاسبه، خطاهای پیش بینی و کارایی نسبت به شبکه عصبی مصنوعی و سایر مدل های رایج برتری دارند. ایشان دریافتند که مدل سیستم فازی عصبی تطبیقی پتانسیل روش شبکه عصبی مصنوعی را حفظ نموده و فرآیند مدل سازی را تسهیل می نماید.

هدف از انجام این مطالعه، بررسی کاربرد کلی سیستم استنتاج فازی- عصبی تطبیقی برای برآورد پارامترهای معادله ونگنوختن بود. علاوه بر این، تأثیر نوع متغیرهای ورودی نیز برای بهبود عملکرد مدل های توسعه یافته و برآورد پارامترهای مورد نظر مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش ها

این تحقیق بر اساس برخی داده های ایستگاه های منتخب پخش سیلاب واقع در مازندران، گناباد، فارس، هرمزگان، تسوج و بیرجند به انجام رسیده است (مهدیان و کمالی، ۱۳۹۰). برای دستیابی به هدف مطالعه، پس از جمع آوری و بررسی کیفیت داده های بدست آمده از ایستگاه های پخش سیلاب، ۱۷۴ داده انتخاب شد (حدود ۸۰ درصد داده ها برای توسعه توابع و ۲۰ درصد داده ها برای واسنجی توابع). جدول (۱) خلاصه آماری خصوصیات فیزیکی خاک های مورد استفاده را نشان می دهد. برای ایجاد توابع متغیرهای مستقل به پنج گروه تقسیم شدند. گروه اول شامل فراوانی نسبی ذرات (درصد شن، رس و سیلت) بود. گروه دوم شامل درصد شن، سیلت، رس و جرم مخصوص ظاهری[2] و گروه سوم شامل درصد شن، سیلت، رس و میزان تخلخل متوسط[3] (۳۰- ۰.۲ میکرومتر) گردید. گروه چهارم شامل درصد شن، سیلت، میزان تخلخل متوسط و وزن مخصوص ظاهری و در نهایت گروه پنجم شامل کلیه متغیرهای بکار رفته در چهار مدل قبل به علاوه مقدار کربن آلی[4] بود.

[1] Bulk density (BD)
[2] Porosity (P)
[3] Organic matter (OC)

www.SID.ir

Archive of SID

جدول (۱): ویژگی های آماری خصوصیات فیزیکی خاک

متغیرها	داده های توسعه توابع				داده های اعتبارسنجی			
	حداقل	حداکثر	میانگین	CV	حداقل	حداکثر	میانگین	CV
شن ٪	۱۷/۰۰	۷۹/۰۰	۵۹/۹۵	۰/۲۲	۶۲/۰۰	۷۹/۰۰	۷۱/۵۰	۰/۰۷
سیلت ٪	۳/۰۰	۴۹/۰۰	۲۶/۹۷	۰/۳۵	۹/۰۰	۲۶/۰۰	۱۷/۲۲	۰/۲۹
رس ٪	۲/۰۰	۳۵/۰۰	۱۳/۰۸	۰/۴۸	۶/۰۰	۱۵/۰۰	۱۱/۲۷	۰/۱۶
جرم مخصوص ظاهری	۱/۰۲	۱/۷۰	۱/۴۴	۰/۱۲	۱/۵۰	۱/۶۶	۱/۵۵	۰/۰۲
کربن آلی (٪)	۰/۰۲	۲/۷۰	۰/۵۵	۱/۰۲	۰/۱۶	۰/۶۴	۰/۲۶	۰/۳۳
تخلخل متوسط	۰/۰۱	۰/۱۶	۰/۰۸	۰/۳۵	۰/۰۸	۰/۱۱	۰/۰۹	۰/۰۹

برای برآورد پارامترهای معادله منحنی رطوبتی از نرم‌افزار کامپیوتری RETC استفاده شد که یک برنامه کامپیوتری می باشد که برای تجزیه و تحلیل توابع نگهداشت آب و هدایت هیدرولیکی در خاکهای غیر اشباع مورد استفاده قرار می گیرد. ابتدا معادله مربوطه (ونگنوختن) انتخاب و با فرض $m=1-1/n$ پارامترهای n، α، و θ_r با استفاده از روش حداقل مربعات خطا برآورد شد (ونگنوختن، ۱۹۸۰):

$$\theta_{(h)} = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{(1+|\alpha h|^n)^m} \qquad \theta_h = \theta_s \quad h \geq 0 \qquad (۱)$$

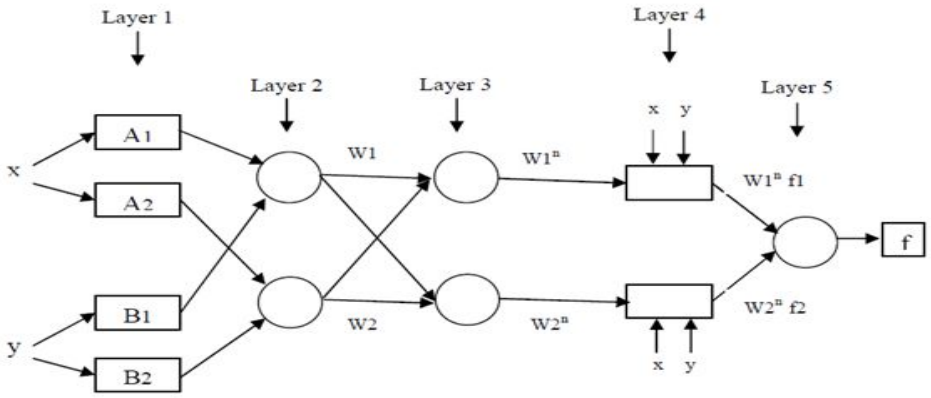
در اینجا $\theta_{(h)}$ مقدار رطوبت حجمی خاک (cm^3cm^{-3})، θ_r مقدار رطوبت باقیمانده (cm^3cm^{-3})، θ_s مقدار رطوبت اشباع (cm^3cm^{-3})، h فشار آبی (m)، $m=1-(1/n)$ و α (cm^{-1}) و n، پارامترهای تجربی مربوط به معادله می باشند که شکل منحنی رطوبتی را تعیین می کنند.

در این تحقیق از الگوریتم نوع یادگیری سوگنو برای شناسایی پارامترها استفاده گردید. در این مطالعه، از ۸ تابع عضویت استفاده گردید. بطوری که توابع عضویت هر کدام جداگانه مورد بررسی قرار گرفته و مدل انفیس برای هر کدام از توابع آموزش دید. در نهایت میزان خطای حاصل از کاربرد هر تابع عضویت مقایسه گردید و تابع با کمترین خطا و کمترین صرف زمان به عنوان تابع عضویت انتخاب گردید. در این تحقیق، توابع عضویت[5] و ترکیبی از متغیرهای مختلف برای توسعه توابع انتقالی بکار گرفته شد و مورد ارزیابی قرار گرفت. در نهایت ۱۵ مدل مبتنی بر انفیس (۵ ترکیب مختلف از متغیرهای ورودی) به عنوان بهترین مدل ها از بین ۱۲۰ مدل توسعه یافته انتخاب شدند. لازم بذکر است از آنجایی که توابع عضویت انفیس مقادیر بین صفر و یک را اتخاذ می کنند، لذا داده های ورودی بنحوی نرمال شدند که در دامنه صفر تا ۱ قرار گیرند. شبیه سازی با استفاده از نرم افزار متلب انجام پذیرفت.

[1] Membership function

www.SID.ir

Archive of SID



شکل (۱): ساختار کلی سیستم استنتاج فازی- عصبی تطبیقی (جانگ و گالی، ۱۹۹۳)

نتایج و بحث

توابع توسعه یافته در برگیرنده متغیرهای مستقل گفته شده در بالا و پارامترهای معادله ونگنوختن به عنوان متغیرهای وابسته بودند که در جدول (۲) آماره‌های مربوط به عملکرد آنها آمده است.

جدول (۲): توابع انتقالی نقطه‌ای و پارامتریک حاصل از سیستم استنتاج فازی- عصبی تطبیقی

پارامترهای هیدرولیکی	متغیرهای ورودی	R^2	مجذور میانگین مربعات خطا	میانگین خطا	تابع عضویت	نوع تابع عضویت
θ_r	Sand, Silt, Clay	۰.۴۸۰۲	۰.۰۴۱۹	۰.۰۲۱۹	gbellmf	Linear
θ_r	Sand, Silt, Clay, BD	۰.۷۷۶۴	۰.۰۳۷۹	۰.۰۱۷۵	trimf	Constant
θ_r	Sand, Silt, Clay, P	۰.۷۵۷۷	۰.۰۴۵۱	۰.۰۲۴۰	trapmf	Constant
θ_r	Sand, Silt, Clay, P, BD	۰.۸۰۳۰	۰.۰۴۷۴	۰.۰۳۴۷	trapmf	Constant
θ_r	Sand, Silt, Clay, P, BD, OC	۰.۷۷۶۳	۰.۰۴۳۸	۰.۰۲۵۰	gaussmf	Constant
α	Sand, Silt, Clay	۰.۶۹۴۰	۰.۲۰۲۲	-۰.۱۷۲۲	trapmf	Constant
α	Sand, Silt, Clay, BD	۰.۳۴۸۰	۰.۱۵۵۷	-۰.۱۳۲۷	trimf	Constant
α	Sand, Silt, Clay, P	۰.۸۳۴۱	۰.۰۶۷۵	-۰.۰۵۳۴	psigmf	Constant
α	Sand, Silt, Clay, P, BD	۰.۸۳۱۵	۰.۰۴۲۲	-۰.۰۱۹۱	dsigmf	Constant

www.SID.ir

Archive of SID

α	Sand, Silt, Clay, P, BD, OC	۰.۸۳۸۱	۰.۰۳۷۳	-۰.۰۰۸۲	dsigmf	Constant
n	Sand, Silt, Clay	۰.۱۳۱۱	۰.۰۶۵۷	-۰.۰۶۰۸	gbellmf	Constant
n	Sand, Silt, Clay, BD	۰.۲۸۷۳	۰.۰۴۳۳	-۰.۰۴۱۲	gbellmf	Linear
n	Sand, Silt, Clay, P	۰.۸۲۷۸	۰.۰۱۲۸	-۰.۰۱۲۲	gaussmf	Constant
n	Sand, Silt, Clay, P, BD	۰.۷۹۴۳	۰.۰۱۴۳	-۰.۰۱۳۳	psigmf	Constant
n	Sand, Silt, Clay, P, BD, OC	۰.۷۷۴۹	۰.۰۱۴۹	-۰.۰۱۳۹	gaussmf	Constant

جدول (۲) نشان می‌دهد که صرفنظر از سری داده های ورودی مختلف، مدل های مبتنی بر انفیس توانستند ویژگی های هیدرولیکی خاک های مورد مطالعه را با دقت نسبتاً خوبی برآورد نمایند. مشاهده گردید که مدل های مبتنی بر انفیس، پارامترهای α و n را اندکی بیش برآورد نمودند. بنظر می رسد که تخلخل متوسط دقت برآورد α و n را بهبود بخشیده است. پارامتر n اندازه ای از توزیع اندازه خلل و فرج یا منافذ خاک می باشد (ونگنوختن، ۱۹۸۰). هنگامی که متغیرهای بیشتری به عنوان ورودی به مدل θ_r وارد گردیدند، مدل ها تفاوت معنی داری از نظر دقت برآورد نشان ندادند که این نشان می دهد که اطلاعات اضافی برای افزایش دقت مدل مؤثر نبوده است. در این مطالعه، پارامترهای شکل منحنی، α و n، با تغییرپذیری تخلخل متوسط تحت تأثیر قرار گرفتند. انتظار می رفت عملکرد توابع انتقالی با شامل شدن مقدار کربن آلی در مدل افزایش یابد اما نتایج نشان داد که مقدار کربن آلی تأثیری بر روی عملکرد مدل نداشت.

در مجموع، نتایج نشان داد که عملکرد مدل و دقت آن می تواند توسط تعداد و نوع متغیرهای ورودی تحت تأثیر قرار گیرد. در این خصوص، نیمس و همکاران (۲۰۰۳) و وریکن و همکاران (۲۰۱۰) بیان نموده اند که شامل نمودن متغیرهای ورودی بیشتر می تواند کارایی مدل های میتنی بر شبکه عصبی مصنوعی را افزایش دهد. با این وجود، نتایج مطالعه حاضر نشان داد که افزایش تعداد متغیرهای ورودی ضرورتاً منجر به بهبود عملکرد مدل و برآوردهای حاصله نمی گردد که این نتیجه با یافته های پیشین نیمس و همکاران (۲۰۰۶) مطابقت دارد. انتظار می رود با افزایش اطلاعات اضافی مانند ساختمان خاک و ویژگی های شیمیایی به عنوان متغیرهای ورودی توابع انتقالی پارامترهای هیدرولیکی خاک امکان افزایش و بهبود عملکرد مدل ها وجود داشته باشد. با این وجود، در مورد انتخاب متغیرهای ورودی بی تأثیر یا دارای تأثیر کم و نیز متغیرهایی که اندازه گیری آنها آسان نیست، بایستی دقت شود تا نظریه ای که در ورای کاربرد توابع انتقالی مطرح گردیده است زیر سؤال نرود (شاپ و همکاران، ۲۰۰۱). در نظر گرفتن سایر ویژگی ها بصورت مشابه در سری داده های آموزش و آزمون، حتی اگر به عنوان متغیر ورودی مطرح نباشند، ممکن است عملکرد مدل ها را افزایش و بهبود بخشد (حق وردی و همکاران، ۲۰۱۲).

نتیجه گیری

www.SID.ir

Archive of SID

بطور کلی نتیجه گرفته شد که تخلخل متوسط تأثیر مثبتی بر عملکرد مدل های n و α داشته و بنظر می رسد که تخلخل متوسط دقت برآورد α و n را بهبود بخشیده است. نتایج نشان داد که مقدار کربن آلی تأثیری بر روی عملکرد مدل ها نداشته است.

مراجع

۱. مهدیان، م.ح، کمالی، ک. ۱۳۹۰. بررسی اثرات پخش سیلاب بر روند تغییرات برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در ایستگاه‌های پخش سیلاب، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری.

2. Haghverdi, A., Cornelis. W.M., Ghahraman. B. 2012. A pseudo-continuous neural network approach for developing water retention pedotransfer functions with limited data. J. Hydrology, 442-443, 46-54.
3. Jang, J.S.R. 1993. ANFIS: Adaptive-network-based fuzzy inference systems. IEEE Transaction Systems, Man. and Cybernetics. 23, 665-685.
4. Jang, J.S.R. and N.,Gulley. 1995. The Fuzzy Logic Tool Box for Use with MATLAB. The Mathworks Inc. Natick, MA.
5. Li, Y., Chen, D., White, R.E., Zhu, A., Zhang, J. 2007. Estimating soil hydraulic properties of Fengqiu county soils in the North China plain using pedotransfer functions. Geoderma, 138, 261-271.
6. Minasny, B., Hopmans, J.W., Harter, T., Eching, S.O., Tuli, A., Denton, M.A. 2004. Neural networks prediction of soil hydraulic functions for alluvial soils using multistep outflow data. Soil Sci.Soc. Am. J. 68, 417–429.
7. Nayak, P.C., Sudheerb, K.P., Ranganc, D.M., Ramasastri, K.S. 2004. A Nero-fuzzy computing technique for modeling hydrological time series. Journal of Hydrology. 291, 52-66.
8. Nemes, A., Schaap, M.G., Wösten, J.H.M. 2003. Functional evaluation of pedotransfer functions derived from different scales of data collection. Soil Sci. Soc. Am. J, 67, 1093–1102.
9. Nemes, A., Rawls, W.J., Pachepsky, Y.A. 2006. Use of the nonparametric Nearest Neighbor approach to estimate soil hydraulic properties. Soil Sci. Soc. Am. J, 70, 327–336.
10. Schaap, M.G., Leij, F.J., van Genuchten, M.Th. 1998. Neural network analysis for hierarchical prediction of soil hydraulic properties. 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 hierarchical pedotransfer functions. J. Hydrology. 25, 163-176.
12. Tamari, S., Wösten, J.H.M., Ruiz-Suarez, J.C. 1996. Testing an artificial neural network for predicting soil hydraulic conductivity. Soil Sci. Soc. Am. J. 60, 1732–1741.
13. Tomasella, J., Hodnett, M.G., Rossato, L. 2000. Pedotransfer functions for the estimation of soil water retention in Brazilian soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 64, 327–338.
14. van Genuchten, M.Th. 1980. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. Soil Sci. Soc. Am. J, 44, 892–898.
15. V ereecken, H., Weynants, M., Javaux, M., Pachepsky, Y., Schaap, M.G., van Genuchten, M.Th. 2010. Using pedotransfer functions to estimate the van Genuchten–Mualem soil hydraulic properties: a review. Vadose Zone Journal. 9, 1–26.

www.SID.ir