مقایسه توابع انتقالی و شبکه های عصبی در مدلسازی هدایت هیدرولیکی اشباع خاک

محمود شعبانپور، میثم دعایی و فرید باقری

1- استادیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان

2- دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان

3- پژوهشگر مرکز تحقیقات چای کشور

M_shabanpur@yahoo.com

چکیده

مدلسازی هدایت هیدرولیکی خاک روش مناسبی است برای صرفه جویی در وقت و هزینه ای که برای اندازه گیری مستقیم این ویژگی صرف می شود. در این تحقیق دو روش توابع انتقالی رگرسیونی و شبکه های عصبی مصنوعی برای تخمین هدایت هیدرولیکی اشباع خاک مقایسه شده است. ابتدا مقادیر هدایت هیدرولیکی اشباع 221 نمونه خاک رسی استان گیلان با درصد رس بیشتر از 40 درصد تعیین شد، درصد شن، سیلت، رس، جرم مخصوص ظاهری و درصد کربن آلی این نمونه ها نیز اندازه گیری گردید. نمونه ها به صورت تصادفی به دو سری شامل 187 داده برای کالیبراسیون مدلها و 34 داده به منظور آزمون مدلها تقسیم شدند. برای ایجاد توابع انتقالی رگرسیونی از روش گام به گام و به منظور تشکیل شبکه های عصبی مصنوعی از الگوریتم آموزشی مارکوارت-لورنبرگ و ساختار پروسپترون سه لایه با شش نرون در لایه پنهان و سه الگوی ورودی به ترتیب شامل درصد شن، سیلت و رس (SSC)، درصد رس، جرم مخصوص ظاهری و درصد کربن آلی(CBDOC) و درصد شن، سیلت، رس، جرم مخصوص ظاهری و درصد کربن آلی (SSCBDOC) استفاده شد. در میان الگو های مختلف ورودی شبکه عصبی با الگوی ورودی CBDOC با ضرایب همبستگی R^2= 0.98 دقیقترین برآورد را داشت. با مقایسه شبکه عصبی با ساختار CBDOC و توابع انتقالی رگرسیونی ملاحظه شد که شبکه عصبی دارای R^2 بیشتر و میزان RMSR کمتری نسبت به معادلات رگرسیونی بدست آمده است و در نتیجه برآورد دقیق تری از هدایت هیدرولیکی اشباع خاک دارد .

کلمات کلیدی: مدل سازی، هدایت هیدرولیکی اشباع خاک، توابع انتقالی رگرسیونی، شبکه های عصبی مصنوعی

مقدمه:

تعیین هدایت هیدرولیکی خاک به دلیل اهمیت ویژه ای که در مطالعات هیدرولوژی، مدلهای انتقال املاح و تعیین میزان رواناب دارد الزامی است ولی اندازه‌گیری آن بسیار پرهزینه و وقت‌گیر است به همین دلیل تحقیقات زیادی انجام شده است تا روشهایی برای برآورد و شبیه‌سازی این پارامترها به صورت غیرمستقیم و با استفاده از داده‌های زود یافت خاک نظیر بافت، درصد کربن آلی و جرم مخصوص ظاهری که اندازه‌گیری آنها ساده‌تر و کم هزینه‌تر است، ابداع شود (میرخانی، 1382). توابع انتقالی رگرسیونی و شبکه‌های عصبی مصنوعی دو روشی هستند که می‌توان از آنها برای برآورد هدایت هیدرولیکی خاک استفاده کرد (بوما، 1989).

مواد و روشها

مقادیر هدایت هیدرولیکی اشباع 221 نمونه خاک که به روش استوانه مضاعف اندازه گیری شده بود به همراه پارامترهای درصد شن، سیلت، رس، کربن آلی و جرم مخصوص ظاهری مورد استفاده قرار گرفت. همگی داده‌ها مربوط به خاکهای رسی استان گیلان بود. داده‌ها به صورت تصادفی به دو دسته تقسیم شدند، دسته اول شامل 187 داده برای کالیبراسیون مدل و دسته دوم شامل 34 داده برای آزمون مدل بودند. این دو سری داده به منظور پیدا کردن

بهترین مدل تخمینی با دو روش رگرسیون خطی چند گانه و شبکه‌های عصبی مصنوعی مورد استفاده قرار گرفتند. برای ایجاد توابع انتقالی رگرسیونی چند گانه از نرم افزار SPSS و روش گام به گام و برای ایجاد شبکه‌های عصبی مصنوعی از نرم افزار Neural Works Plus II و ساختار پروسپترون 3 لایه با الگوریتم آموزشی مارکوارت لورنبرگ استفاده شد (منهاج، 1381). با استفاده از روش آزمون و خطا تعداد لایه پنهان و تعداد نرون‌های این لایه به ترتیب برابر1 و 6 در نظر گرفته شد، تابع فعالساز شبکه به صورت تابع تانژانت سیگموییدی و تعداد نرون‌های لایه ورودی و خروجی شبکه برابر با تعداد پارمترهای ورودی و خروجی شبکه در نظر گرفته شد (لیزنار و نیرینگ، 2003). سه الگوی مختلف از پارامترهای زودیافت مورد استفاده قرار گرفت، الگوی اول شامل درصد شن، سیلت و رس(SSC) ، الگوی دوم شامل درصد رس، جرم مخصوص ظاهری و درصد کربن آلی (CBDOC) و الگوی سوم شامل درصد شن، سیلت، رس، جرم مخصوص ظاهری و کربن آلی (SSCBDOC) بود. در این سه شبکه عصبی مصنوعی که تنها اختلاف بین آنها در نوع الگوی ورودی داده‌های زودیافت بود، هدایت هیدرولیکی اشباع به عنوان پارامتر خروجی شبکه در نظر گرفته شد. برای ارزیابی مدل‌های رگرسیونی و شبکه های عصبی مصنوعی از آماره‌های ضریب تبیین تصحیح شده (R^2_{adj}) و ریشه دوم میانگین مربعات خطا (RMSR) استفاده شد که به ترتیب با استفاده از نرم‌افزار SPSS و Excel تعیین شد.

مقادیر R^2_{adj} و RMSR برای هریک از سری داده‌های کالیبراسیون و آزمونی شبکه بدست آمد و فرض شد که بهترین مدل ورودی، مدلی است که دارای بیشترین میزان R^2 و کمترین مقدار RMSR باشد.

نتیجه‌گیری

در مدل رگرسیونی تخمین هدایت هیدرولیکی اشباع، متغیرهای مستقل جرم مخصوص ظاهری، درصد رس و درصد کربن آلی وارد مدل شدند. ضرایب معادله رگرسیونی برای متغیرهای درصد رس، جرم مخصوص ظاهری و درصد کربن آلی به ترتیب برابر با 0/198- ، 15/168 و0/531 بوده و همگی ضرایب در سطح 1% معنی‌دار بودند. رابطه 1 مدل رگرسیونی بدست آمده برای تخمین هدایت هیدرولیکی اشباع است که ضریب تبیین این معادله برابر با 0/97 بدست آمد.

$$K_s = -3.288 + 15.168BD - 0.198\%C + 0.531\%OC \qquad (1)$$

K_s : هدایت هیدرولیکی اشباع (cm/day)

BD : جرم مخصوص ظاهری (gr/cm^3)

C : درصد رس

OC: درصد کربن آلی

توابع انتقالی حاصل برایبرآورد هدایت هیدرولیکی 34 داده‌ای که در کالیبراسیون مدل استفاده نشده بودند آزمون شدند و مقدار R^2 به ترتیب برابر 0/85 بدست آمد (شکل1). مقدار RMSR نیز برای داده های کالیبراسیون برآورد کننده K_s برابر0/167 برای داده های کالیبراسیون و 0/39برای داده‌های آزمونی بوده است (جدول 1). بدیهی است که هر چه میزان RMSR مدل برآورد کننده کمتر باشد میزان دقت پیش‌بینی مدل بالاتر خواهد بود. معادله نشان می-دهد که هدایت هیدرولیکی همبستگی خوبی با پارامترهای زودیافت جرم مخصوص ظاهری، درصد رس و کربن آلی دارد، این نتایج با یافته‌های گوپتا و لارسون (1979) مطابقت دارد.

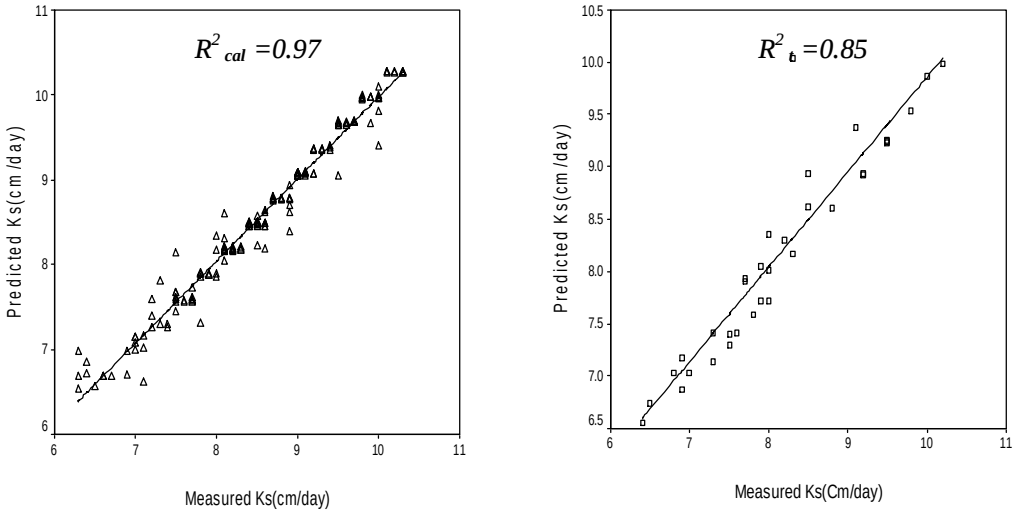
در مدل شبکه عصبی مقادیر R^2_{adj} هدایت هیدرولیکی اشباع برای داده‌های کالیبراسیون شبکه‌های عصبی با الگوهای ورودی *SSC*، *CBDOC* و *SSCBDOC* و پارامتر خروجی هدایت هیدرولیکی اشباع به ترتیب برابر با 0/90 0/97 و

0/92 بود. مقادیر R^2_{adj} برای داده‌های آزمونی به ترتیب برابر با 0/84، 0/91 و 0/89 بدست آمد که کلیه این مقادیر در سطح یک درصد معنی‌دار بودند (شکل1).

مقادیر ***RMSR*** برای سه الگوی مختلف شبکه عصبی در بر آورد هدایت هیدرولیکی اشباع به ترتیب برابر با 0/309، 0/160 و 0/164 برای داه های کالیبراسیون و 0/394، 0/226 و 0/252 برای داده های آزمونی بود (جدول1). با مقایسه نتایج بدست آمده مشاهده می‌شود که در میان کلیه الگوهای ورودی شبکه عصبی، شبکه عصبی با الگوی ورودی ***CBDOC*** با بیشترین مقدار R^2 و کمترین میزان ***RMSR***، برآورد دقیقتری نسبت به سایر الگوهای ورودی داشته است. جدول 1 آماره‌های ارزیابی الگوهای شبکه عصبی و توابع انتقالی رگرسیونی ایجاد شده را از لحاظ قدرت برآورد هدایت هیدرولیکی اشباع را نشان می دهد. مقایسه مقادیرموجود در جدول نشان می‌دهد که علیرغم اینکه توابع انتقالی رگرسیونی و هر سه الگوی مختلف شبکه عصبی توانسته‌اند برآورد خوبی از هدایت هیدرولیکی خاک ارائه دهند ولی شبکه عصبی با الگوی ورودی ***CBDOC*** که تنها شامل درصد کربن آلی، جرم مخصوص ظاهری و درصد رس است، پیش‌بینی دقیق‌تری از هدایت هیدرولیکی خاک دارد. R^2_{cal} برابر با 97 /0 برای هدایت هیدرولیکی نشان می-دهد که در صورتی‌که از شبکه عصبی با ساختار 1 لایه پنهان و 6 نرون در لایه پنهان و پارامترهای زودیافت ***CBDOC*** استفاده شود 97 درصد تغییرات هدایت هیدرولیکی اشباع قابل پیش‌بینی خواهد بود. اگرچه تفاوت قابل ملاحظه‌ای بین مقادیر ضریب تبیین داده‌های کالیبراسبون تابع انتقالی رگرسیونی برآوردکننده هدایت هیدرولیکی اشباع و شبکه عصبی با الگوی ورودی ***CBDOC*** وجود ندارد ولی مشاهده می‌شود در صورتی که معادله رگرسیونی چندگانه و شبکه عصبی را در مورد داده‌های آزمونی بکار رود، تفاوت بین مقادیر ضریب تبیین افزایش یافته ($R^2_{ANNs}=0.91, R^2_{RegPTFs}=0.85$) و شبکه عصبی برتری خویش را در مدل سازی هدایت هیدرولیکی اشباع نشان می‌دهد. این نتایج با یافته های تاماری و همکاران (1996) مطابقت دارد.

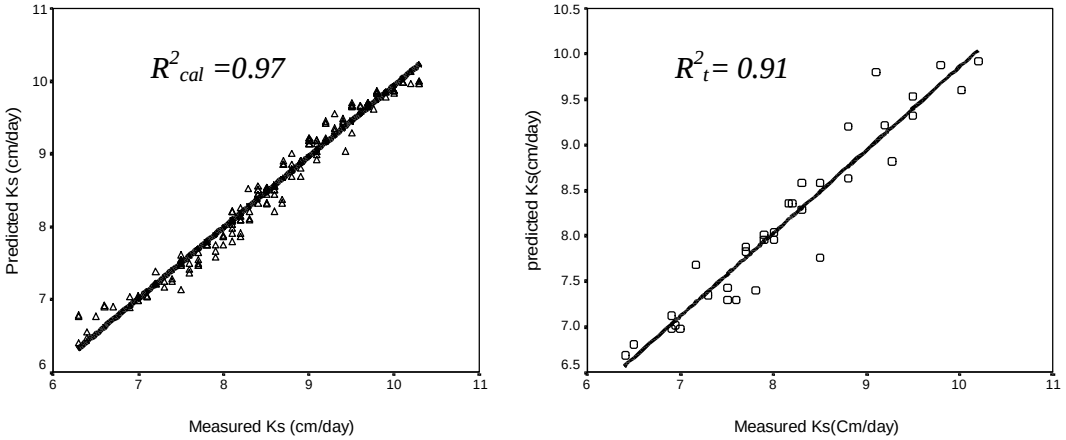
جدول1- آماره‌های ارزیابی مدل‌های مختلف در مورد پارامتر هدایت هیدرولیکی اشباع K_s

Model	R^2_{cal}	R^2_{test}	RMSR $_{cal}$	RMSR $_{test}$
SSC_{ANN}	0.90	0.84	0.309	0.394
$CBDOC_{ANN}$	0.97	0.91	0.160	0.226
$SSCBDOC_{ANN}$	0.92	0.89	0.164	0.252
Reg PTFs	0.97	0.85	0.167	0.390



شکل1. نمودار مقادیر R^2 برای داده‌های کالیبراسیون و آزمون توابع انتقالی رگرسیونی تخمین زننده هدایت هیدرولیکی اشباع (*cm/day*). اندیسهای *cal* و *t* به ترتیب مربوط به داده های کالیبراسیون و آزمون توابع هستند

میزان برتری نسبی مدل شبکه عصبی با الگوی ورودی *CBDOC* بر مدلهای دیگر نیز با در نظر گرفتن *RMSR* داده-های آموزشی بدست آمد. مقادیر *RI* نشان داد که دقت برآورد شبکه عصبی با مدل ورودی *CBDOC* به ترتیب 48، 2/4 و40 درصد نسبت به مدلهای *SSC* و *SSCBDOC* و تابع انتقالی رگرسیونی افزایش داشته است. علت ارتباط بسیار خوب این سه پارامتر ورودی با هدایت هیدرولیکی اشباع این است که جرم مخصوص ظاهری و کربن آلی اندازه خلل و فرج را افزایش داده و ساختمان خاک را بهبود می‌بخشند و از این‌جهت رابطه مستقیمی بین این دو پارامتر و هدایت هیدرولیکی خاک وجود دارد ولی مقدار رس به علت کاهش خلل و فرج خاک، برهدایت هیدرولیکی خاک تاثیر معکوس دارد، اسخاپ و لیج (1998) نیز نتایج مشابهی گزارش کرده اند.



شکل۲- نمودار مقادیر R^2 هدایت هیدرولیکی اشباع برای داده‌های کالیبراسیون و آزمونی شبکه‌های عصبی مصنوعی *cal* مربوط به داده‌های کالیبراسیون و *t* مربوط به داده‌های آزمونی مدلها هستند. کلیه خطوط رگرسیونی از مبدا مختصات و با شیب واحد عبور داده شدند.

منابع

۱. منهاج، م. ب. ۱۳۸۱. مبانی شبکه‌های عصبی مصنوعی (جلد اول). دانشگاه صنعتی امیرکبیر. تهران. ایران.
۲. میرخانی، ر. ۱۳۸۲. تعیین توابع انتقالی برای برآورد منحنی رطوبتی خاکهای لومی. پایان نامه کارشناسی ارشد خاکشناسی. دانشگاه گیلان. ایران.

3. Bouma, J, 1989. Using soil survey data for qualitative land evaluation. Advanced Soil Science. 9: 177-213.
4. Gupta, SC and Larson,WE, 1979. Estimation soil water retention characteristics from particle size distribution organic matter percent and bulk density. Water Resources Research. 15: 1633-1635.
5. Licznar, P and Nearing, MA, 2003. Artificial neural networks for soil erosion and runoff prediction at the plot scale. Catena. 51: 89-114.
6. Schaap, MG and Leij, FJ, 1998. Using neural networks to predict soil water retention and hydraulic conductivity. Soil and Tillage Research. 47: 37-42.
7. Tamari, S, Wosten, JHM and Ruiz-Suarez, JC, 1996. Testing an artificial neural network for predicting soil hydraulic conductivity. Soil Science Society America Journal. 60: 1732-1741.