ارزیابی توابع انتقالی شبکه عصبی مصنوعی و رگرسیونی برای تخمین منحنی مشخصه آبِ خاک در جنوب دشت اردبیل

علی رسول‌زاده[1]، ندا نصیری[2]

1- استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی

2- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم خاک، دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی میانه

arasoulzadeh@gmail.com

چکیده

منحنی مشخصه آبِ خاک مبین نبض رطوبتی خاک است و برای مدل سازی حرکت آب و انتقال املاح، در ناحیه غیر اشباع خاک ضروری می باشد. اندازه گیری مستقیم آن هزینه بر و زمان بر بوده و نیاز به تجهیزات آزمایشگاهی ویژه و گران قیمت دارد. لذا در سالهای اخیر تلاشهایی فراوان صورت گرفته تا با استفاده از ویژگیهای زود یافت خاک و بدون نیاز به اندازه گیری مستقیم بتوان منحنی مشخصه آبِ خاک را با دقتی قابل قبول تخمین زد. یکی از روش های غیر مستقیم برآورد منحنی مشخصه آبِ خاک، استفاده از توابع انتقالی خاک است. در این مطالعه به منظور برآورد منحنی مشخصه‌ی آبِ خاک، توابع انتقالی نرم افزاری رزتا و سویل پار2 و توابع انتقالی رگرسیونی سکستون و همکاران مورد مقایسه و ارزیابی قرار گرفت. نرم افزار رزتا پارامترهای معادله‌ی منحنی مشخصه‌ی آبِ خاک ون گنوختن را با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی شبیه‌سازی کرده و نرم افزار سویل پار 2 نیز پارامترهای معادلات منحنی مشخصه‌ی آبِ خاک بروکز -کوری، کمپل و کمپل اصلاح شده توسط هاتسون- کاس را با استفاده از توابع انتقالی رگرسیونی مختلف برآورد می‌کند. جهت مقایسه‌ی منحنی مشخصه آبِ خاک اندازه‌گیری شده در آزمایشگاه با منحنی مشخصه آبِ خاک شبیه سازی شده توسط توابع انتقالی مذکور از محک *شاخص مطابقت اصلاح شده* ('d) استفاده گردید. نتایج نشان داد نرم افزار رزتا با ماهیت شبکه عصبی مصنوعی با میانگین 'd برابر با 0/747بهترین تطابق را با مقادیر اندازه گیری دارد. ازبین توابع انتقالی رگرسیونی، تابع انتقالی رگرسیونی مایر - جارویس، ارائه شده به منظور برآورد پارامترهای مدل هاتسون - کاس، با میانگین 'd بالاتر(0/604) نسبت به سایر توابع انتقالی رگرسیونی بهترین شبیه سازی را برای خاک‌های منطقه‌ی مورد مطالعه ارائه داد.

کلمات کلیدی: توابع انتقالی، سویل پار 2، رزتا، منحنی مشخصه آبِ خاک

مقدمه

منحنی مشخصه آبِ خاک برای مدل سازی حرکت آب و انتقال املاح، در ناحیه غیر اشباع خاک ضروری می باشد تعیین مستقیم منحنی مشخصه‌ی آبِ خاک زمان‌بر و پرهزینه بوده و نیاز به تجهیزات آزمایشگاهی ویژه و گران قیمت دارد. لذا در سالهای اخیر تلاشهایی فراوان صورت گرفته تا با استفاده از ویژگیهای زود یافت خاک و بدون نیاز به اندازه گیری مستقیم بتوان منحنی مشخصه آبِ خاک را با دقتی قابل قبول تخمین زد. یکی از روش های غیر مستقیم برآورد منحنی مشخصه آبِ خاک، استفاده از توابع انتقالی خاک است. توابع انتقالی خصوصیات زود یافت خاک مانند توزیع اندازه‌ی ذرات، جرم مخصوص ظاهری و محتوای مواد آلی را به منظور برآورد خصوصیات دیر یافت خاک مانند منحنی مشخصه آبِ خاک مورد استفاده قرار می‌دهند. توابع انتقالی معادلات رگرسیونی هستند که خصوصیات هیدرولیکی خاک را برآورد می‌کنند. اخیراً شبکه‌های عصبی مصنوعی به عنوان توابع انتقالی، توسعه یافته‌اند تا روابطی بین خصوصیات زود یافت و دیر یافت برقرار کنند. اسکپ و لیج (1998) دریافتند که شبکه های عصبی می توانند تخمین قابل قبولی از هدایت هیدرولیکی اشباع، غیراشباع و منحنی مشخصه‌ی آبِ خاک داشته باشند. تاماری و

همکاران(1996) از شبکه های عصبی برای برآورد هدایت هیدرولیکی خاک استفاده کردند و دریافتند که این شبکه ها کار آیی بهتری نسبت به سایر توابع انتقالی در برآورد پارامتر مربوطه دارند. اسکپ و بوتن (1996) از شبکه های عصبی برای مدلسازی منحنی مشخصه آبِ خاک در حال خشک شدن نمونه خاک شنی استفاده کردند و نشان دادند که شبکه‌های عصبی مصنوعی پیش بینی را با خطای خیلی کمتری نسبت به روشهای رگرسیونی خطی انجام می دهند. اسکپ و همکاران (1998) با بررسی داده‌های 1209 نمونه نتیجه گرفتند که توابع انتقالی بر اساس شبکه عصبی معمولاً پیش بینی بهتری نسبت به سایر توابع انتقالی رایج فراهم می کنند. به منظور استفاده‌ی آسان از توابع انتقالی با ماهیت شبکه‌ی عصبی مصنوعی، اسکپ و همکاران (2001) برنامه‌ی کامپیوتری بنام رزتا[1] را توسعه داده‌اند. محققان مختلفی مانند پاچپسکی و همکاران (1996) و میناسنی (1999) از شبکه‌های عصبی مصنوعی به منظور برآورد خصوصیات هیدرولیکی استفاده کرده‌اند. بطور کلی همه‌ی این محققان به این نتیجه رسیده‌اند که وقتی تعداد پارامترهای ورودی به بیش از سه پارامتر می‌رسد شبکه‌های عصبی مصنوعی معمولاً بهتر از روش رگرسیون عمل می‌کند (به نقل از بیکر و الیسون، 2008).

هدف ازاین مطالعه مقایسه و ارزیابی توابع انتقالی شبکه عصبی مصنوعی با توابع انتقالی رگرسیونی برای تخمین منحنی مشخصه آبِ خاک در جنوب دشت اردبیل می باشد.

مواد و روشها

منطقه‌ی مورد مطالعه در جنوب دشت اردبیل (منطقه آراللو) واقع شده است. شش نمونه خاک به طور تصادفی از عمق 15 سانتیمتری از منطقه مورد مطالعه نمونه برداری شد. مکش آبِ خاک با استفاده از ستون آب آویزان و دستگاه صفحه فشاری اندازه گیری و منحنی مشخصه آبِ خاک برای هرشش خاک رسم گردید. توزیع اندازه ذرات خاک به روش هیدرومتری، چگالی ظاهری به روش سیلندر نمونه برداری دست نخورده و چگالی حقیقی به روش پیکنومتر اندازه گیری شد (جاکوب و کلارک[2]، 2002). محتوای کربن آلی نمونه‌ها با روش والکلی بلاک[3] (نلسون و سومرس[4]، 1982) بدست آمد.

در این مطالعه با استفاده از نرم افزار رزتا (اسکپ و همکاران، 2001) که دارای ماهیت شبکه عصبی مصنوعی است پارامترهای معادله‌ی منحنی مشخصه‌ی آبِ خاک ون گنوختن (1980) تخمین زده شد. برای تخمین منحنی مشخصه آبِ خاک از نرم افزار سویل پار2[5] (آکوتیس و دونتلی[6]، 2003) که شامل تعدادی توابع انتقالی رگرسیونی می باشد استفاده گردید. نرم افزار سویل پار2 نیز پارامترهای معادلات منحنی مشخصه‌ی آبِ خاک بروکز- کوری (1974)، کمپل (1974) و هاتسون کاس (1987) را با استفاده از توابع انتقالی رگرسیونی مختلف برآورد می‌کند. علاوه بر نرم افزار سویل پار 2، از تابع انتقالی سکستون و همکاران که اساس رگرسیونی دارد استفاده گردید.

برای مقایسه منحنی مشخصه‌ی آبِ خاک اندازه گیری شده در آزمایشگاه با منحنی مشخصه‌ی آبِ خاک شبیه سازی شده توسط نرم افزار های رزتا ، سویل پار 2 و توابع انتقالی سکستون و همکاران از محک آماری *شاخص مطابقت اصلاح شده*[7] (d') (معادله 1) مورد استفاده قرار گرفت.

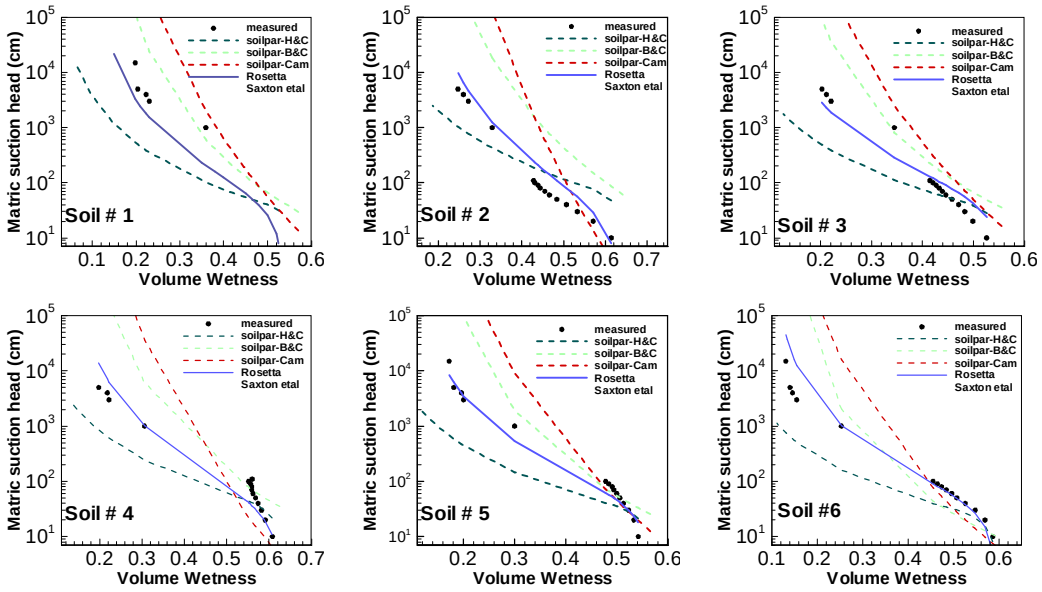
1- Rosetta
2- Jacob and Clarke
3- Walkley Black
4- Nelson and Sommers
5- Soilpar 2
6- Acutis and Donatelli
7- Modified index of agreement

$$d' = 1.0 - \frac{\sum_{i=1}^{n} |O_i - S_i|}{\sum_{i=1}^{n} \left(|S_i - O'| + |O_i - O'| \right)} \qquad [1]$$

در معادلات بالا، O مقادیر اندازه‌گیری شده، S مقدار شبیه سازی یا برآورد شده، O' میانگین مقادیراندازه‌گیری شده و n تعداد زوج مقادیر اندازه گیری‌شده- برآورده شده‌ی مکش خاک می‌باشد.
محدوده‌ی 'd از صفر تا یک است. مقدار'd هر چه بیشتر باشد یعنی مقادیر تخمین زده شده به مقادیر اندازه گیری شده نزدیک‌تر می‌باشد (سالازر و همکاران، 2008).

نتیجه گیری

شکل1 منحنی مشخصه‌ی آبِ خاک اندازه‌گیری شده در آزمایشگاه به همراه منحنی مشخصه‌ی شبیه سازی شده توسط نرم افزارهای سویل پار2 ، رزتا و تابع انتقالی سکستون و همکاران برای خاک‌های منطقه مورد مطالعه را نشان می دهد. شایان ذکر است در شکل 1 منحنی‌های شبیه سازی شده توسط سویل پار 2 با استفاده از مدل های کمپل، بروکز- کوری و هاتسون-کاس به ترتیب با علائم Soilpar-Cam، Soilpar-B&C و Soilpar-H&C و منحنی شبیه سازی شده با مدل ون گنوختن که پارامترهای آن با نرم افزار رزتا برآورد شده است با Rosetta، وتابع انتقالی سکستون و همکاران با Saxton et al نشان داده شده است.



شکل 1- منحنی مشخصه‌ی آبِ خاک انداه‌گیری شده و همچنین شبیه سازی شده با نرم‌های سویل پار 2 ، رزتا و تابع انتقالی سکستون و همکاران برای خاکهای منطقه مورد مطالعه

شکل 1 نشان می دهد بهترین تطابق بین منحنی مشخصه آبِ خاک اندازه گیری شده و برآورد شده مربوط به نرم افزار رزتا می باشد. جهت ارزیابی عملکرد توابع انتقالی مختلف برای برآورد منحنی مشخصه‌ی آبِ خاک، مقادیر محک آماری d´ برای هر خاکی بطور جداگانه محاسبه و سپس میانگین این محک محاسبه گردید (جدول 1). با توجه به

جدول1 می توان نتیجه گرفت در منطقه مورد مطالعه، تابع انتقالی رزتا با ماهیت شبکه عصبی مصنوعی با بیشترین میانگین 'd (0/747) مناسب‌ترین عملکرد را در شبیه‌سازی منحنی مشخصه‌ی آبِ خاک نسبت به سایر توابع انتقالی با ماهیت رگرسیونی دارد. علت این امر ممکن است ناشی از ماهیت علمی برتر شبکه عصبی مصنوعی نسبت به توابع رگرسیونی باشد. از میان توابع انتقالی رگرسیونی، تابع انتقالی رگرسیونی مایر - جارویس، ارائه شده به منظور برآورد پارامترهای مدل هاتسون - کاس، با میانگین 'd بالاتر(0/604) نسبت به سایر توابع انتقالی بهترین شبیه سازی را برای خاک‌های منطقه‌ی مورد مطالعه ارائه داد. با مشاهده مقادیر محک آماری 'd (جدول 1) ارجحیت شبکه‌های عصبی مصنوعی در شبیه سازی منحنی مشخصه‌ی آبِ خاک نسبت به توابع انتقالی رگرسیونی آشکار می گردد. شبیه سازی انجام گرفته با مدل رزتا با ورودی‌های شامل درصدهای شن، سیلت، رس و جرم مخصوص ظاهری می‌باشد در حالیکه برخی توابع انتقالی رگرسیونی مانند تابع انتقالی مایر - جارویس، ارائه شده برای برآورد پارامترهای مدل هاتسون - کاس تعداد ورودی بیشتری شامل محتوای کربن آلی به اضافه‌ی درصدهای شن، سیلت، رس و جرم مخصوص ظاهری استفاده می کنند ولی اضافه شدن تعداد ورودی ها، موجب افزایش دقت شبیه سازی‌ها نسبت به نرم افزار رزتا نگردیده است.

جدول1- مقادیر محک آماری شاخص مطابقت اصلاح شده ('d) برای خاکهای مورد مطالعه

توابع انتقالی	Soilpar-B&C	Soilpar-Cam	Soilpar-H&C	Saxton et al	Rosetta
Soil #1	۰/۲۴۱	۰/۰۲۶	۰/۶۰۰	۰/۱۴۰	0/711
Soil #2	۰/۰۳۷	۰/۰۰۱	۰/۶۰۸	۰/۰۰۲	0/867
Soil #3	۰/۱۵۴	۰/۰۲۴	۰/۶۰۲	۰/۳۵۴	0/741
Soil #4	۰/۰۳۱	۰/۰۹۵	۰/۶۱۳	۰/۰۳۴	0/805
Soil #5	۰/۰۵۸	۰/۰۱۲	۰/۵۹۹	۰/۱۶۹	0/878
Soil #6	0/001	0/005	0/603	0/057	0/479
Mean	۰/۰۸۷	۰/۰۲۷	۰/۶۰۴	۰/۱۲۶	0/747

منابع

Acutis M and Donatelli D, 2003. *SOIL*PAR 2.00: software to estimate soil hydrological parameters and functions. European Journal Agronomy 18: 373-377.

Baker, L, Ellison, D, 2008. Optimisation of pedotransfer functions using an artifical neural network ensemble method. Geoderma, 144: 212-224.

Brooks, RH, Corey, AT, 1964. Hydrolic properties of porouse media. Colorado State Univ. Hydrol. Paper No. 3, 27 pp.

Campbell CS, 1985. Soil Physics With Basic. Elsevier , New York.149pp.

Hutson JL and Cass A. 1987. A retentivity function for use in soil-water simulation models. Soil Science 38: 105-113.

Jacob, H, Clarke, G, 2002. Methods of Soil Analysis, Part 4, Physical Method Soil Science Society of America, Inc. Madison, Wisconsin, USA. 1692 p.

Nelson, DW, Sommers, LE, 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. In: page, A. L. (Ed.), Methods of soil analysis. Part2. Second ed. Agron. Monogr. 9. Soil Science Society of America, Madison,WI, pp. 539-579.

Salazar, O, Wesstrom, I, Joel, A, 2008. Evaluation of Drainmod using saturated hydraulic conductivity estimated by a pedotransfer function model. J. of Agricultural Water Management. 95: 1135 – 1143.

Saxton KE, Rawls WJ, Romberger, JS and Papendick, RI, 1986. Estimation generalized soil water characteristics from texture. Soil Science 50: 1301-1036.

Schaap, MG, Leij, FJ, 1998. Using neural networkes to predict soil water retention and soil hydraulic conductivity. Soil and Ttillage research, 47: 37-42.

Schaap, MG, Leij, FJ, van Genuchten, MTH, 1998. Neural networkes analysise for hierarchical Prediction of soil hydraulic propertiese . Soil Sci. Soc. Am. J.62: 847-855.

Schaap MG, Leij Fj, and van Genuchten MTh 2001. ROSETTA: a computer program for estimating soil hydraulic parameters with hierarchical pedotransfer functions. Hydrology 251:163-176.

Van Genuchten, MhT, 1980. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 44: 892-898.