

مروری بر تخمین منحنی رطوبتی و هدایت هیدرولیکی اشباع خاک با شبکه های عصبی مصنوعی و روش های آماری متداول

فهیمة نصرتی کاریزک*^۱، سید علیرضا موحدی نائینی^۲، ابوطالب هزارجریبی^۳، قربانعلی روشنی^۴، امیر احمد دهقانی^۵
^۱دانشجوی کارشناسی ارشد خاکشناسی، ^۲دانشیار گروه خاکشناسی و ^۳استادیار گروه آبیاری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی
گرگان، ^۴استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
* Nosrati.f@gmail.com

چکیده

منحنی رطوبتی و هدایت هیدرولیکی اشباع خاک از مهمترین خصوصیات فیزیکی خاک هستند که کاربردهای وسیعی در علوم خاک و آب دارند. با وجود پیشرفتهای زیاد، اندازه گیری این ویژگی ها همچنان پرهزینه، مشکل و زمان بر می باشد. شبکه عصبی مصنوعی مدلی ریاضی است که توانایی مدل سازی و ایجاد روابط ریاضی غیرخطی برای درون یابی را داشته که در آن با معرفی سابقه عملکرد سیستم دینامیکی، مدل آموزش یافته و نحوه عملکرد سیستم در حافظه ذخیره می شود و در مواردی که مدل قبلا با آن مواجه نشده مورد استفاده قرار گرفته است. در سال های اخیر استفاده از آن به عنوان راهکاری که ویژگی های فیزیکی دیریافت خاک را از پارامترهای زودیافت خاک برآورد می کند، مورد توجه قرار گرفته است. هدف از این تحقیق، ارزیابی شبکه عصبی مصنوعی و مقایسه آن با رگرسیون های آماری برای تخمین منحنی رطوبتی و هدایت هیدرولیکی اشباع خاک از پارامترهای زودیافت خاک مثل بافت، جرم ویژه ظاهری، تخلخل موثر، میانگین هندسی قطر ذرات است. نتایج پژوهش ها نشان داد که مدل های شبکه عصبی مصنوعی نسبت به معادلات رگرسیونی دارای عملکرد مناسب تری هستند.

واژگان کلیدی: منحنی رطوبتی خاک، هدایت هیدرولیکی اشباع، شبکه عصبی مصنوعی، پارامترهای زودیافت خاک.

مقدمه

هدایت هیدرولیکی اشباع از مهمترین مشخصات هیدرولیکی خاک می باشد و به صورت گسترده در اندازه گیری و ارزیابی کیفیت فیزیکی خاک و به طور کلی در مطالعه جریان آب در خاک مورد استفاده قرار می گیرد. این پارامتر در طرح های آب و خاک، طراحی شبکه های آبیاری و زهکشی، مطالعه جریان آب در سفره های زیرزمینی، جریان آب در سدهای خاکی و همچنین در آبخوبی به منظور نمک زدایی و دفع مواد آلوده کننده خاک کاربرد دارد. بخش غیر اشباع خاک نیز اهمیتی فراوان در چرخه آبی طبیعت دارد. یکی از مهم ترین شاخص هایی که ویژگی های این بخش را بصورت کمی بیان می کند، منحنی رطوبتی خاک است که در بسیاری از پژوهش ها به عنوان اطلاعات پایه مورد استفاده قرار می گیرد. لیکن، اندازه گیری مستقیم این دو پارامتر هزینه بر، وقت گیر و عملی تخصصی است که از جمله پارامترهای دیریافت خاک محسوب می گردند. به همین دلیل، در سال های اخیر تلاش هایی فراوان صورت گرفته تا با استفاده از ویژگی های زودیافت خاک و بدون نیاز به اندازه گیری مستقیم بتوان این دو پارامتر را با دقتی قابل قبول تخمین زد. تأثیر بافت، جرم مخصوص ظاهری، تخلخل کل، توزیع اندازه های خلل و فرج و مواد آلی خاک بر مقدار رطوبت و هدایت هیدرولیکی خاک از مدت ها قبل به خوبی تشخیص داده شده است و اما با توجه به اینکه خاک محیطی پیچیده و ناهمگن است و خصوصیات هیدرولیکی آن نسبت به زمان

و مکان تغییر میکند (نلسون و همکاران، ۱۹۷۳) یافتن رابطه‌ای کاملاً مشخص بین پارامترهای زود یافت خاک و خصوصیات هیدرولیکی آن بسیار دشوار است (کاروچنکو و زانگ، ۱۹۹۸). با این حال سعی شده است با استفاده از معادلات رگرسیونی چند متغیره و یا تحلیل شبکه‌های عصبی، نقاط مشخصی از منحنی رطوبتی و هدایت هیدرولیکی اشباع بر اساس بافت، جرم مخصوص ظاهری، مینرالوژی و مواد آلی خاک پیش بینی شود (مینانسی و همکاران، ۱۹۹۹ و اسخاپ و بوتن، ۱۹۹۶).

مواد و روش‌ها: تجزیه رگرسیونی، روشی آماری برای بررسی و مدل‌سازی رابطه‌ی بین متغیرهاست. در این روش هدف یافتن معادله‌ای است که به بهترین وجه ارتباط بین متغیرها را توجیه کند. در این روش متغیرها به سه روش گزینش پیش رونده، حذف پس رونده و رگرسیون گام به گام که ترکیبی از روشهای فوق می‌باشد، انتخاب می‌شوند. این متغیرها باید از توزیع نرمال پیروی کرده و مستقل از یکدیگر باشند. همچنین هم راستایی چندگانه میان آنها وجود نداشته باشد. اگر چه وجود هم راستایی، تجزیه رگرسیون را غیر معتبر نمی‌سازد، لیکن برای جلوگیری از مشکلاتی که ممکن است در زمینه برآورد، محاسبه و تفسیر به همراه داشته باشد، تاحد ممکن از متغیرهایی که هم راستایی چندگانه دارند در معادلات استفاده نمی‌شود. در حالی که تکنیک‌های رگرسیون همیشه به یک مدل اساسی و پایه نیازمند است (خطی، لگاریتمی و نمایی) لیکن شبکه‌های عصبی به مدل قبلی نیاز ندارد و مدل جعبه سیاه خودشان را ایجاد می‌کند. در این روش مدل جعبه سیاه به صورتی ایجاد شده که در شناسایی داده‌ها برای تشخیص بالاترین دقت پیش بینی بدست آمده مفید است (اسخاپ و بوتن، ۱۹۹۶).

نتایج و بحث

(تیج و تاپکنهین ریچ، ۱۹۹۵) مدل‌های پیش‌بینی کننده رگرسیونی را طبقه‌بندی کردند: روش رگرسیون نقطه‌ای، روش رگرسیونی توابع پارامتری و روش مدل فیزیکی. روش رگرسیون نقطه‌ای کاربردی‌ترین روش است. مزیت این روش این است که رطوبت خاک را در نقاط ثابتی در منحنی نگهداری آب با استفاده از رگرسیون خطی چندگانه پیش‌بینی می‌کند ولی ایراد این توابع این است که به تعداد زیادی معادله همبستگی نیاز دارند، به همین دلیل استفاده از این توابع در مدل‌های شبیه‌ساز دشوار است. در روش‌های رگرسیونی توابع پارامتری، در ابتدا تعداد معینی پارامتر برای مدل فرض می‌شود و سپس با استفاده از رگرسیون یا شبکه‌های عصبی پارامترهای موردنظر را تخمین می‌زنند، مثل مدل بروکس و کوری، کمبل یا توابع ون‌گنوختن. مزیت این توابع این است که آن‌ها منحنی رطوبتی را با استفاده از معادله، توصیف می‌کنند. روش‌های مدل فیزیکی اغلب به مدل‌های نیمه فیزیکی منسوب می‌شوند و همچنین به پارامترهای تجربی هم نیاز دارند. (پاچپسکی و همکاران، ۱۹۹۶) با به کار بردن داده‌های ۲۳۰ نمونه خاک و اندازه‌گیری بافت خاک و وزن مخصوص ظاهری هشت نقطه منحنی رطوبتی را با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و رگرسیون پیش‌بینی کردند. نتایج نشان داد که شبکه‌های عصبی مصنوعی و مدل‌های رگرسیونی، عملکردی مشابه در برآورد منحنی رطوبتی داشته‌اند. (شاپ و بوتن، ۱۹۹۶) از داده‌های ۲۰۴ نمونه خاک شنی و با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی، منحنی نگهداری آب در خاک را مدل‌سازی کردند. آنالیز حساسیت نشان داد که توزیع اندازه ذرات تاثیر اصلی در شکل منحنی رطوبتی دارد، در حالی که وزن مخصوص ظاهری و درصد ماده آلی کم اهمیت‌تر هستند. نتایج این تحقیق نشان داد که شبکه‌های عصبی پیش‌بینی را با خطای خیلی کمتری نسبت به روش‌های رگرسیونی خطی انجام می‌دهند. (شاپ و لیچ، ۱۹۹۸) دوازده مدل شبکه عصبی مصنوعی را برای پیش‌بینی پارامترهای منحنی رطوبتی با کاربرد مجموعه داده‌های ۱۲۰۹ نمونه خاک انجام دادند. چهار مدل با ورودی‌های ۱-کلاس بافتی خاک ۲-درصد شن، سیلت و رس ۳-درصد شن، سیلت، رس و وزن مخصوص ظاهری ۴-همه موارد قبل و میزان رطوبت در خاک در فشار ۳۳kpa انتخاب شد. جذر باقیمانده میانگین مربعات (RMSR) از ۰/۱۰۷ برای اولین مدل تا ۰/۰۶ برای چهارمین مدل کاهش یافت.

(خداوردی لو و همکاران، ۱۳۸۳) با استفاده از ۷۵ نمونه خاک از منطقه کرج پارامترهای فراوانی نسبی اندازه ذرات خاک، جرم ویژه ظاهری و درصد آهک را اندازه گیری و منحنی رطوبتی را در مکش های ۰، ۱۰ و ۳۳ kpa اندازه گیری و ترسیم نمودند. نتایج این تحقیق نشان داد که برآورد منحنی رطوبتی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی همبستگی معنی داری در سطح احتمال ۱٪ با داده های اندازه گیری شده دارد. همچنین در گستره رطوبتی از رطوبت اشباع تا ظرفیت زراعی شبکه عصبی مصنوعی در برآورد رطوبت در نقطه ظرفیت زراعی دقت بیشتری داشته است. همچنین شبکه عصبی مصنوعی برای برآورد منحنی رطوبتی خاک در گستره پتانسیل ماتریک ۰ تا ۳۳ kpa از توابع انتقالی رگرسیون و برنامه Rosetta مناسب تر است و برنامه Rosetta در برآورد منحنی رطوبتی خاک های آهکی بسیار ناکارآمد است. (فرخیان و همایی، ۱۳۸۳) به منظور برآورد منحنی رطوبتی از خصوصیات زود یافت خاک، ۳۵ نمونه خاک را که دارای ۳/۸ تا ۳۲/۷٪ گچ بودند، انتخاب نمودند. به منظور تعیین توابع انتقالی نقطه ای، متغیرهای زود یافت به دو گروه تقسیم شدند: گروه اول شامل توزیع اندازه ذرات، جرم ویژه ظاهری و مقدار گچ و گروه دوم شامل پارامترهای جرم ویژه ظاهری، مقدار گچ، میانگین و انحراف معیار هندسی قطر ذرات بود. نتایج این تحقیق نشان داد که متغیرهای گروه اول برآورد بهتری از منحنی رطوبتی ارائه می دهند. همچنین مشخص شد که گچ دومین عامل برآورد کننده رطوبت در پتانسیل های ماتریک مورد بررسی برای خاک های گچی است. ارزیابی و مقایسه نتایج فوق اگرچه بیانگر تاثیر پارامترهای زیادی نظیر بافت (میانگین هندسی اندازه ذرات و چگونگی توزیع اندازه ذرات)، وزن مخصوص ظاهری و حقیقی خاک، درصد ماده آلی، تخلخل و درصد آهک بر منحنی رطوبتی خاک است، لیکن در اکثر موارد تاثیر بافت و وزن مخصوص ظاهری خاک بر پیش بینی نقاط منحنی رطوبتی مشهودتر بوده و بر وابستگی و حساسیت بیشتر نقاط منحنی رطوبتی تاکید شده است. لذا در راستای تخمین زود یافت منحنی رطوبتی خاک پیشنهاد می گردد تنها با برآورد دو پارامتر بافت و وزن مخصوص ظاهری اقدام به پیش بینی سریع تر و ارزان تر منحنی رطوبتی خاک گردد. ضمن اینکه در خاک های گچی پارامتر سومی به نام درصد گچ نیز در درجه دوم اهمیت بعد از دو پارامتر ذکر شده قرار می گیرد. طی پژوهشی، (مردون و همکاران، ۲۰۰۶) با استفاده از توابع انتقالی و شبکه های عصبی مصنوعی پارامترهای مدل ون گنوختن و هدایت آبی اشباع را برآورد نمودند. در این پژوهش ۱۳۰ نمونه از داده ها برای پی ریزی مدل ها و ۶۵ نمونه باقی مانده برای ارزیابی مدل ها مورد استفاده قرار گرفت. نتایج این پژوهش نشان داد مدل های رگرسیونی برآورد بهتری از پارامترهای مدل ون گنوختن و مقدار رطوبت در نقاطی خاص از منحنی رطوبتی، نسبت به شبکه های عصبی مصنوعی داشته اند. با وجود این، تفاوت یاد شده در برآورد متغیرهای مورد نظر از نظر آماری معنی دار نبوده است. مقایسه نتایج تحقیقات فوق ضمن تأیید تشابهات موجود بین نتایج حاصل از روش های رگرسیون آماری و شبکه عصبی مصنوعی حاکی از برتری نسبی شبکه های عصبی مصنوعی نسبت به روش های رگرسیون آماری در برآورد منحنی رطوبتی خاک دارد. (پاراسورامن و همکاران، ۲۰۰۶) برای برآورد هدایت آبی اشباع در مقیاس مزرعای، دو مدل شبکه عصبی طراحی نمودند. در مدل اول از ویژگی های مقدار رس، سیلت و شن به عنوان ورودی های شبکه استفاده گردید و در مدل دوم علاوه بر سه ویژگی یاد شده، جرم ویژه ظاهری نیز به عنوان ورودی مدل مورد استفاده قرار گرفت. نتایج این پژوهش نشان داد که شبکه های عصبی طراحی شده عملکردی بهتر در برآورد هدایت آبی اشباع در مقیاس با نرم افزار Rosetta داشته اند. (شاپ و لیچ، ۱۹۹۸ a) با اندازه گیری پارامترهای بافت خاک و وزن مخصوص ظاهری دریافتند که شبکه های عصبی می توانند تخمین قابل قبولی از هدایت هیدرولیکی اشباع، غیر اشباع و مشخصات منحنی رطوبتی خاک داشته باشند. (تاماری و همکاران، ۱۹۹۶) از شبکه های عصبی برای برآورد هدایت هیدرولیکی خاک استفاده کردند و دریافتند که این شبکه ها کارایی بهتری نسبت به سایر توابع انتقالی در برآورد پارامتر مربوطه دارند. (نوابیان و همکاران، ۱۳۸۳) با اندازه گیری پارامترهای زود یافت خاک دریافتند که شبکه های عصبی می توانند تخمین قابل قبولی از هدایت هیدرولیکی داشته باشند.

نتیجه گیری کلی: مقایسه نتایج تحقیقات مرور شده در مورد تخمین هدایت هیدرولیکی اشباع از روی پارامترهای زودیافت و به روش های رگرسیون آماری و شبکه عصبی مصنوعی نیز مشابه نتیجه حاصل از مقایسه نتایج در مورد منحنی رطوبتی بوده و برتری نسبی روش شبکه عصبی را نسبت به روش رگرسیون آماری تایید می کند. همچنین پارامترهای بافت و وزن مخصوص ظاهری نیز همانند حالت قبل به عنوان پارامترهای حساس و تاثیر گذار مورد اشاره قرار گرفته اند.

منابع

A review of estimating the soil water retention curve and saturated hydraulic conductivity by using Artificial neural networks and regression-pedotransfer functions

Fahimeh Nosrati Karizk^{1*}, Alireza Movahedi Naini², Abotaleb Hezargaribi³, Ghorbanali Roshani⁴, amirahmad Deghani⁵

¹M.Sc student, ^{2,3,5}Gorgan university of Agricultural and Natural Resources, ⁵Golestan Agricultural and natural resources research center

* Nosrati.f@gmail.com

Abstract

Water retention curve and soil saturated hydraulic conductivity are the most important physical properties of soils which have extensive applications in the soil and water sciences. Despite many improvement, measurement of this features are still costly, difficult and time consuming. Artificial neural network is a mathematical model that has the ability of modeling and making nonlinear mathematical relationships for interpolation in which by introducing performance history of dynamic system, the model will train and system performance method will store in memory and it will be used in cases where the model hasn't encountered previously. In recent years, its use has been considered as a strategy, that estimates soil difficult measurable physical characteristic from easily measurable data. The purpose of this research is evaluation of artificial neural network and its comparison with statistical regression to estimate water retention curve and saturated hydraulic conductivity from soil easily measurable data like soil texture, bulk density, effective porosity, Geometric mean diameter and Standard deviation. Results showed that artificial neural network models are more suitable than regression equations.

Keywords: Water retention curve, Saturated hydraulic conductivity, Artificial neural network, Soil easily measurable data.