نشریه دانش آب و خاک / جلد۲۴ شماره۴ صفحه‌های ۲۳۷ تا ۲۴۶/ سال ۱۳۹۳

مقایسه رگرسیون خطی و شبکه‌های عصبی در برآورد ابعاد پیاز رطوبتی در اراضی شیب‌دار

مهدی تمجید[۱*]، محمدحسن بیگلویی[۲]، محمدرضا خالدیان[۳]، علیرضا مریدنژاد[۴] و عادل محمدی[۵]

تاریخ دریافت: ۹۲/۰۸/۱۵ تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۱/۲۶

[۱]- دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشگاه گیلان

[۲]- استادیار آبیاری و زهکشی گروه مهندسی آب دانشگاه گیلان

[۳]- استادیار آبیاری و زهکشی گروه مهندسی آب دانشگاه گیلان

[۴]- کارشناس ارشد مهندسی آبیاری و زهکشی، مدیر عامل شرکت مهندسین مشاور سامان آبراه

[۵]- کارشناس ارشد مهندسی آبیاری و زهکشی، اداره جهاد کشاورزی شهرستان پارس آباد

[*]مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی:Mhbiglouei@yahoo.com

چکیده

به منظور مقایسه رگرسیون خطی و شبکه‌های عصبی مصنوعی در برآورد ابعاد پیاز رطوبتی در سامانه آبیاری قطره‌ای در اراضی شیب‌دار، آزمایشاتی با قطره‌چکان دارای دبی ثابت ۴ لیتر در ساعت در مدت زمان‌های آبیاری ۴، ۶، ۸، ۱۰ و ۱۲ ساعت در اراضی با شیب‌های صفر، ۵، ۱۵ و ۲۵ درصد با بافت خاک لوم‌سیلتی در منطقه فتحعلی دشت مغان در چهار تکرار انجام گرفت. نتایج مقایسه ای تخمین عمق پیاز رطوبتی با آماره‌های R^2 و EF و RMSE در روش شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چند لایه به ترتیب برابر ۰/۹۸ و ۰/۹۸ و ۱/۰۷ سانتی متر و در روش رگرسیون خطی چندگانه به ترتیب ۰/۹۳ و ۰/۹۳ و ۲/۱ سانتی متر به دست آمد. هم‌چنین نتایج مقایسه این دو روش از نظر تخمین نیمرخ خاک خیس شده بر اساس آماره‌های R^2 و EF و RMSE که به ترتیب برابر ۰/۹۹، ۰/۹۹ و ۲۲/۱۶ سانتی متر مربع، و هم-چنین ۰/۹۳، ۰/۹۳ و ۷۴/۷۷ سانتی‌متر مربع به دست آمد، نشان داد روش شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چند لایه نسبت به روش رگرسیون خطی چندگانه مناسب‌تر بود. اما نتایج مقایسه روش شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چند لایه و روش رگرسیون خطی چندگانه از نظر تخمین مساحت خیس شده سطح خاک بر اساس آماره‌های R^2، EF و RMSE که بترتیب برابر ۰/۹۰، ۰/۹۰ و ۱۲۶/۴۴ سانتی‌متر مربع، هم‌چنین ۰/۹۹، ۰/۹۹ و ۱۸/۲۲ سانتی‌متر مربع به دست آمد نشان داد که از این نظر روش رگرسیون خطی چندگانه نسبت به روش شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چند لایه مناسب‌تر بود.

واژه‌های کلیدی: آبیاری قطره‌ای، ابعاد خیس‌شدگی خاک، پیاز رطوبتی، رگرسیون خطی، شبکه‌های عصبی مصنوعی

Comparison of Linear Regression and Neural Networks to Estimate the Wetting Dimensions on Sloping Lands

M Tamjid[1*], MH Biglouei[2], MR Khaledian[3], AR Moridnejad[4], A Mohammadi[5]

Received: 06 November 2013 Accepted: 15 February 2014

1- M.Sc. Student of Irrigation and Drainage University of Guilan, Iran
2- Assist. Prof., University of Guilan, Iran
3- Assist. Prof., University of Guilan, Iran
4- M.Sc. Graduate in Irrigation and Drainage, CEO Consulting Engineers Saman Abrah, Tahran, Iran
5- M.Sc. Graduate in Irrigation and Drainage of Jahad and Agricultural Office, Pars Abad, Iran
*CorrespondingAuthor Email: MHBiglouei@yahoo.com

Abstract

The aim of this study was to compare the linear regression and neural networks methods in estimation of the wetting dimensions in the drip irrigation systems on sloping lands. Experiments were performed with a constant flow rate of 4 $L.hr^{-1}$ with five irrigation duration times of 4, 6, 8, 10 and 12 hours on the lands with sloping of 0, 5, 15 and 25 percent on a silty loam soil in Moghan Fathali plain region at four replications . The Results of the estimation of the wetting front depth by means of statistical indices of R^2, EF and RMSE, using multi-layer perceptron neural networks were 0.98 and 0.98 and 1.07 cm, respectively and using multiple linear regression method were 0.93 and 0.93 and 2.1 cm, respectively. The comparison results of these mentioned methods for estimating area of wetted soil profile using statistical indices of R^2, EF and RMSE, were 0.99, 0.99 and 22.16 cm^2, also 0.93, 0.93 and 74.77 cm^2, respectively. So, the multi-layer perceptron neural network was more suitable for the estimation depth of the wetting front and area of wetted soil profile than the multiple linear regression method. However, Results of comparison between multi-layer perceptron neural networks and multiple linear regression methods for the estimation of the wetted soil surface area using statistical indices of R^2, EF and RMSE, were 0.99, 0.99 and 18.22 cm^2, also 0.90, 0.90 and 126.44 cm^2 respectively, showed that the multiple linear regression was more appropriate than the multi-layer perceptron neural networks.

Keywords: Drip irrigation, Linear regression, Neural networks, Soil wetting dimensions, Wetting pattern

مقدمه

با توجه به کمبود بارندگی در کشورمان و اهمیت منابع آب در آن به عنوان یک منطقه خشک و نیمه‌خشک، همچنین رشد روزافزون جمعیت و افزایش تقاضا برای آب و غذا لازم است بیش‌ترین استفاده از منابع آب صورت پذیرد. از جمله عامل‌های مهم در افزایش تولید در واحد سطح، استفاده صحیح از آب به ویژه برای مناطق با منابع آبی محدود و با کیفیت پایین می‌باشد. در این راستا، استفاده از سامانه‌های نوین آبیاری مانند آبیاری قطره‌ای می‌تواند راه گشا باشد (نصیری ۱۳۸۹). در این سامانه هدف تأمین آب برای رشد و نمو گیاه در حجم محدودی از خاک است که در آن محدوده جذب فعال ریشه می‌تواند اتفاق بیفتد. در آبیاری قطره‌ای حرکت آب در خاک و توزیع آن به عوامل متعددی از جمله نوع خاک، سرعت نفوذ، هدایت هیدرولیکی، دبی قطره‌چکان‌ها، مقدار آب کاربردی و برخی شرایط آب و هوایی و توپوگرافی زمین بستگی

دارد (راما و همکاران ۲۰۱۱). اقدامات زیادی برای مشخص کردن توزیع آب و الگوی خیس‌شدگی تحت آبیاری قطره‌ای با استفاده از مدل‌های پیچیده ریاضی و عددی انجام شده است که نیازمند به اطلاعات دقیق در مورد خصوصیات فیزیکی خاک است که اندازه‌گیری آن‌ها وقت‌گیر و معمولاً پیچیده است. در بسیاری از شرایط عملی اطلاعات دقیق در مورد پتانسیل رطوبتی و مقدار آب توزیع شده در حجم خیس شده خاک ضرورت ندارد و پیش‌بینی مرزها و شکل حجم خیس شده خاک کافی است. برای اینکه بتوان یک سامانه آبیاری با عملکرد مناسب و راندمان بالا طراحی کرد نیاز به این است که از خصوصیات و پارامترهای اولیه آن شناخت کافی حاصل شود. برای نیل به این هدف باید الگوی خیس‌شدگی خاک نسبت به یک منبع نقطه‌ای مورد بررسی قرار گیرد. با توجه به اینکه توپوگرافی زمین، نوع خاک و اقلیم منطقه بر روی پیاز رطوبتی خاک تأثیر دارد، بهترین و مطمئن‌ترین راه برای شناخت الگوی خیس‌شدگی خاک بررسی ساده میدانی است. پیش‌روی آب در خاک از یک منبع نقطه‌ای به عوامل زیادی مثل دبی، مدت زمان آبیاری و چگالی ظاهری خاک بستگی دارد (نشاط و همکاران ۲۰۱۲). با افزایش حجم آب آبیاری، حجم پیاز رطوبتی افزایش پیدا می‌کند. افزایش زمان آبیاری در دبی‌های مختلف، باعث افزایش پیش‌روی آب در جهات افقی و عمودی می‌گردد.

اساس شبکه‌های عصبی مصنوعی شبیه‌سازی عملکرد مغز انسان است که دارای رشته‌های عصبی است که با هم ارتباط دارند و به صورت موازی عمل می‌کنند (حلبیان ۱۳۸۸). برای بررسی جریان آب در محیط‌های متخلخل داشتن ویژگی‌های هیدرولیکی خاک به صورت کمی مورد نیاز است و به خاطر اینکه اندازه-گیری این ویژگی‌ها دشوار و زمان‌بر است محققان به دنبال راه حلی هستند که به صورت غیر مستقیم این پارامترها را به دست بیاورند، که با ایجاد توابع انتقالی با به کار گیری معادلات رگرسیونی و شبکه‌های عصبی مصنوعی بتوانند با ارتباط بین پارامترهای زودیافت و دیریافت خاک این هدف را تحقق بخشند (نوابیان و همکاران ۱۳۸۲). شبکه عصبی مصنوعی یک تخمین‌گر در سامانه جریان است. در عمل کاربران ویژگی‌های هیدرولیکی خاک و دبی را فراهم می‌کنند سپس شبکه-های عصبی برای تخمین عمق مرکز جرم آب اضافه شده و گسترش عمودی و شعاعی در اطراف مرکز جرم، مورد استفاده قرار می‌گیرند. شبکه عصبی با استفاده از داده‌های معین که به پاسخ‌های سیستم مربوط می‌شود آموزش داده شده و با استفاده از داده-هایی که در آموزش استفاده نمی‌شود مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. هینل و همکاران (۲۰۱۰) برای بررسی کارایی شبکه‌های عصبی در تخمین پیش‌روی آب در آبیاری قطره‌ای، با استفاده از مدل‌های عددی و با داشتن خصوصیات هیدرولیکی خاک داده‌های مربوط به الگوی خیس‌شدگی خاک را به دست آوردند سپس با استفاده از شبکه‌های عصبی پیش‌روی افقی و عمودی آب در خاک را تخمین زدند.

کندولوس و همکاران (۲۰۰۹) با استفاده از مدل HYDRUS-2D توزیع رطوبت اطراف قطره چکان را شبیه سازی کردند که مقایسه داده‌های آزمایشگاهی و صحرایی با مقادیر شبیه‌سازی شده نشان از دقت خوب این مدل در شبیه‌سازی توزیع رطوبت در اطراف قطره-چکان داشت. مولوی و همکاران (۲۰۱۲) با فرض پیاز رطوبتی به شکل یک دایره سربریده و انجام آزمایشی در سه نوع خاک با اعمال دبی‌های مختلف مدلی را برای مختصات پیش‌روی آب در آبیاری قطره‌ای سطحی به دست آوردند و نتیجه گرفتند که این مدل برای پیش‌بینی الگوی پیش‌روی رطوبت مناسب است و از دقت خوبی برخوردار است. تیشه‌زن و موسوی (۱۳۸۵) عوامل مؤثر بر پیاز رطوبتی شامل دبی قطره‌چکان، شیب زمین، لایه‌بندی خاک، مدت زمان آبیاری و حجم آبیاری را مورد بررسی قرار داده و به این نتیجه رسیدند که در اراضی شیب‌دار پیش‌روی جبهه رطوبتی در پایین دست قطره‌چکان بیش‌تر از بالا دست آن می‌باشد. میرزایی (۱۳۸۶) یک مدل ساده برای برآورد عمق و قطر پیاز رطوبتی با استفاده از روش آنالیز ابعادی ارائه داده‌اند که در این مدل حداکثر عمق و قطر پیاز رطوبتی با استفاده از پارامترهای دبی آبیاری، زمان و سرعت نفوذ آب در خاک به دست آمده است. ملک و همکاران

(۲۰۱۱) معادله‌ای را با استفاده از داده‌های صحرائی و روش بهینه‌سازی و رگرسیون غیرخطی به دست آوردند که این مدل با استفاده از داده‌های مشاهده‌ای مورد ارزیابی قرار گرفت که نتیجه آن بر آورد مناسب ابعاد پیاز رطوبتی توسط این مدل بود. تابت و زایانی (۲۰۰۸) آزمایشی را در خاک متوسط شنی انجام داده و تأثیر دبی قطره‌چکان را روی شکل‌گیری پیاز رطوبتی خاک مورد بررسی قرار داده و روابطی را برای به دست آوردن ابعاد پیاز رطوبتی و حجم خاک خیس شده پس از آبیاری، ارائه کردند. دابرال و همکاران(۲۰۱۱) پیش‌روی پیاز رطوبتی را در خاک شنی مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها برای انجام این آزمایش از یک جعبه با جداره های شفاف از جنس پرسپکس با ابعاد ۱×۱×۰/۹متر استفاده کردند که خاک خشک را در داخل آن ریخته و دبی‌های مختلف آبیاری را اعمال کردند سپس بعد از اتمام آبیاری در زمان‌های مختلف پیش‌روی جبهه رطوبتی را اندازه‌گیری کردند و با استفاده از ۴ مدل رگرسیونی ابعاد جبهه رطوبتی را شبیه‌سازی کردند که از بین مدل‌ها، رگرسیون نمایی تخمین پیش‌روی افقی و عمودی رطوبت را با بالاترین ضریب تبیین (R^2) بهتر از بقیه‌ی مدل‌ها انجام داده بود.آزمایش‌های مزرعه‌ای هر چند وقت‌گیر و هزینه‌های بالایی دارند و در برخی موارد به خاطر مساعد نبودن شرایط آب و هوا و توپوگرافی به سختی انجام می‌گیرند ولی به خاطر بهترین انطباق با شرایط واقعی، معمولاً توصیه می‌شوند. برای اینکه بتوان از این مزیت آزمایش‌های مزرعه‌ای استفاده کرد و در وقت و هزینه صرفه‌جویی نمود می‌توان از مدل‌های تخمین‌گر استفاده کرد. در این راستا به‌کارگیری شبکه‌های عصبی و رگرسیون می‌تواند مد نظر قرار گیرد. هدف از این تحقیق تخمین عمق پیاز رطوبتی، مساحت خیس‌شدگی سطح خاک و مساحت خیس شده‌ی نیم‌رخ خاک با استفاده از شبکه‌های عصبی و رگرسیون خطی و مقایسه دقت آن‌ها در تخمین این پارامترها می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در تابستان سال ۱۳۹۱ در منطقه فتحعلی دشت مغان که در استان اردبیل و با موقعیت جغرافیایی ′۳۲ °۴۷ طول شرقی ′۲۴ °۳۹ عرض شمالی قرار دارد، انجام شد. آزمایش‌ها در شیب‌های صفر، ۵، ۱۵ و ۲۵ درصد و زمان‌های مختلف آبیاری ۴، ۶، ۸، ۱۰ و ۱۲ ساعت انجام شد. قطره‌چکان‌های مورد استفاده در این آزمایش از نوع تنظیم شونده دستی بودند که برای دبی ۴ لیتر بر ساعت تنظیم شدند که در طول آزمایش برای اینکه دبی قطره‌چکان تغییر نکند، کنترل می‌شد. برای تأمین آب آبیاری از یک مخزن ۲۲۰ لیتری که روی یک پایه چوبی قرار گرفته بود استفاده شد. برای جلوگیری از تغییرات فشار آب، در هر نیم ساعت به مخزن آب اضافه می‌شد. نحوه انجام آزمایش به این صورت بود که ابتدا زمین تسطیح شده و کلوخه‌های آن برای جلوگیری از غیر یکنواختی پخش قطره‌چکان‌ها خرد شدند. سپس برای هر آزمایش که عبارت از یک زمان آبیاری و یک شیب مشخص بود قطعه زمینی به ابعاد ۱/۵ در۶ متر انتخاب شد که برای ۴ تکرار هر کدام به ابعاد ۱/۵ در ۱/۵ در نظر گرفته شد. برای انجام آزمایش از ۴ عدد لوله پلی اتیلنی ۱۶ میلی‌متری استفاده شد که در انتهای هر لوله قطره‌چکانی نصب و قطره-چکان‌ها به طور همزمان کالیبره شدند و در شیب مورد نظر قرار گرفتند. طرز قرارگیری قطره‌چکان‌ها روی شیب طوری بود که آن‌ها با زمین برخورد نکنند تا گرفتگی ایجاد نشود. پس از گذشت ۲۴ ساعت از زمان قطع جریان ابعاد پیاز رطوبتی در سطح خاک و در جهت بیش‌ترین و کم‌ترین عرض خیس‌شدگی اندازه‌گیری شد (شکل۱)، سپس ترانشه‌ای در جهت شیب و از جایی که قطره‌چکان در آنجا قرار داشت حفر شد به طوری که کل پیاز رطوبتی نمایان شد و حداکثر عمق پیاز رطوبتی نیز اندازه‌گیری گردید (شکل ۲). برای اندازه‌گیری مساحت پروفیل خاک از نرم افزار AutoCad استفاده شد.

در کنار اندازه‌گیری‌های مزرعه‌ای از روش رگرسیون و شبکه‌های عصبی برای تخمین ابعاد و خصوصیات پیاز رطوبتی استفاده گردید. در این تحقیق از روش پرسپترون چند لایه (MLP) همچنین تابع پایه شعاعی (RBF) برای تخمین عمق پیاز رطوبتی، مساحت خیس‌شدگی سطحی خاک و مساحت خیس شده نیم‌رخ

خاک، استفاده شد که محاسبات مربوط به این روش‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام شد. داده‌های ورودی در این تحقیق شامل: شیب زمین، زمان آبیاری، حجم آب آبیاری، حداکثر قطر خیس‌شدگی، حداقل قطر خیس‌شدگی و چگالی ظاهری خاک بود. با توجه به این که در این آزمایش ۵ زمان مختلف آبیاری در ۴ شیب مختلف مورد نظر بود و هر آزمایش ۴ تکرار داشت. ۷۵ درصد داده‌های هر پارامتر برای آموزش شبکه و ۲۵ درصد آن‌ها برای آزمون شبکه مورد استفاده قرار گرفتند. سومین روش استفاده شده در این تحقیق برای تخمین عمق خیس‌شدگی خاک، روش رگرسیون خطی چند متغیره بود که ضرایب مربوط به پارامترهای آن با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد:

$$Y= a_0+a_1x_1+ a_2x_2 + a_3x_3+ a_4x_4 + a_5x_5 + a_6x_6 \quad [۱]$$

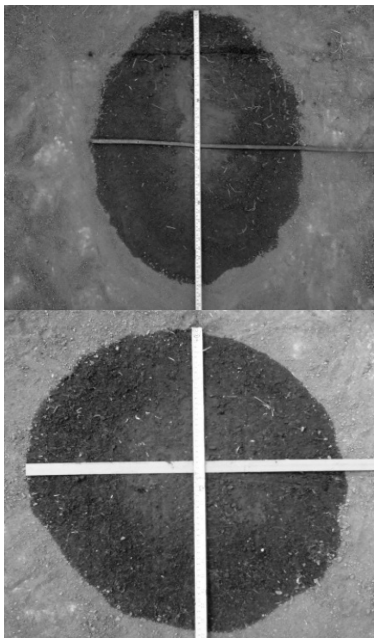
در این معادله ضرایب a_0، a_1، a_2، a_3، a_4، a_5 و a_6 ثابت‌هایی هستند که از طریق رگرسیون گیری به دست آمده‌اند، و پارامترهای x_1، x_2، x_3، x_4، x_5 و x_6 پارامترهایی هستند که روی عمق پیاز رطوبتی، مساحت خیس شده‌ی نیم‌رخ خاک و مساحت خیس‌شدگی سطح خاک اثر می‌گذارند و شامل: شیب زمین، مدت زمان آبیاری، حجم آب آبیاری، بزرگ‌ترین طول خیس-شدگی،بزرگ‌ترین عرض خیس‌شدگی و جرم مخصوص ظاهری خاک می‌باشند.

برای مقایسه عملکرد شبکه‌های عصبی مصنوعی و رگرسیون خطی چندگانه در مقایسه با مقادیر مشاهده‌ای عمق پیاز رطوبتی، مساحت خیس شده نیمرخ خاک و مساحت خاک خیس‌شدگی سطح، از آماره‌های R^2، ضریب کارایی مدل (EF) و مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE)، به ترتیب از روابط ۲، ۳ و ۴ استفاده شد (ویلموت ۱۹۸۲). پارامتر دیگری که در این تحقیق برای بررسی دقت مدل‌ها، استفاده شده مجذور میانگین مربعات خطای نرمال (nRMSE) است که اختلاف نسبی بین مقادیر مشاهده‌ای با مقادیر تخمینی را مشخص می‌کند. با این توضیح که اگر nRMSE کم‌تر از ۱۰ درصد باشد تخمین انجام شده توسط مدل عالی، اگر بین ۱۰ درصد و۲۰ درصد باشد خوب، اگر بین ۲۰ درصد و ۳۰ درصد باشد نسبتاً خوب و اگر بیش‌تر از ۳۰ درصد باشد ضعیف است (جیمسون و همکاران ۱۹۹۱).

$$R^2 = \frac{\Sigma_{i=1}^{n}(\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\Sigma_{i=1}^{n}(y_i - \bar{y})^2} \quad [۲]$$

$$EF = 1 - \frac{\Sigma_{i=1}^{N}(y_i - \hat{y}_i)^2}{\Sigma_{i=1}^{N}(y_i - \bar{y}_i)^2} \quad [۳]$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N}\Sigma_{i=1}^{N}(y_i - \hat{y}_i)^2} \quad [۴]$$



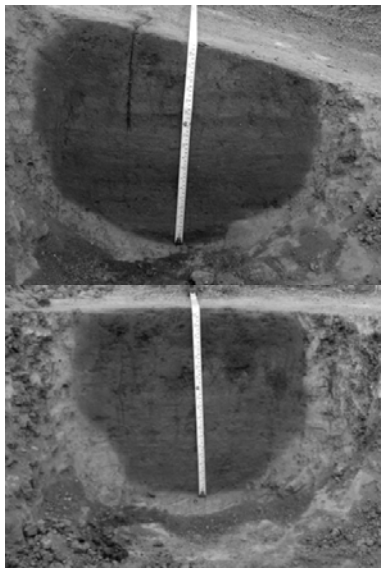
شکل ۱- اندازه‌گیری گسترش رطوبت در سطح خاک در شیب‌های صفر و ۲۵ درصد.

نتایج و بحث

برای اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی خاک از روش بیرکن[1] استفاده شد (هاورکمپ و همکاران ۱۹۹۴، لاساباتر ۲۰۰۶) و مقدار آن ۰/۷۵۲ سانتی‌متر بر ساعت به دست آمد. برای تعیین بافت خاک از روش هیدرومتری استفاده شد (وفائیان ۱۳۷۱) و بافت خاک

[1]. Beerkan

لوم سیلتی تعیین گردید. چگالی ظاهری خاک نیز با استفاده از روش کلوخه- پارافین در آزمایشگاه تعیین شد و مقدار آن برای نمونه‌های مختلف خاک بین ۱/۲۹ تا ۱/۳۱ گرم بر سانتی‌متر مکعب تعیین گردید.



شکل ۲- اندازه‌گیری عمق پیاز رطوبتی در شیب‌های صفر و ۱۵ درصد.

پس از برداشت اطلاعات صحرایی، کار توسعه مدل-ها انجام شد. معادله‌های رگرسیون چندگانه حاصل برای برآورد عمق پیاز رطوبتی، مساحت خیس شده نیمرخ خاک و مساحت خاک خیس‌شدگی سطح خاک به ترتیب در روابط ۵، ۶ و ۷ نشان داده شده است:

[۵]

$$Y_1=131.531- 0.48395X_1+0.15829X_3+ 0.030396X_4- 0.11486X_5+ 134.438X_6$$

[۶]

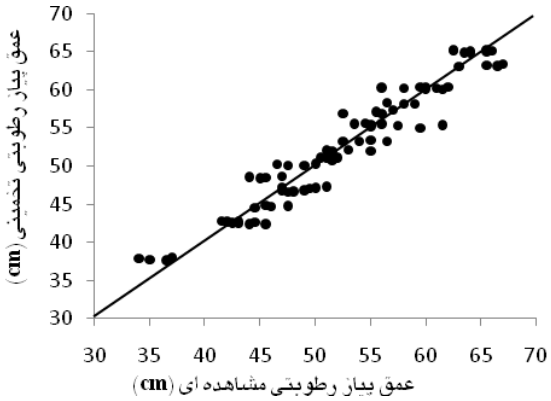
$$Y_2= 1566.249+ 2.789X_1+ 67.978X_2- 9.465\ X_3+ 29.708X_4+ 3.128X_5- 1832.639X_6+ 9.786X7$$

[۷]

$$Y_3 = -2509.145- 0.473X_1-10.454X_2+ 3.904\ X_3+ 36.524X_4+ 51.029X_5+ 139.652X_6 -1.804X_7$$

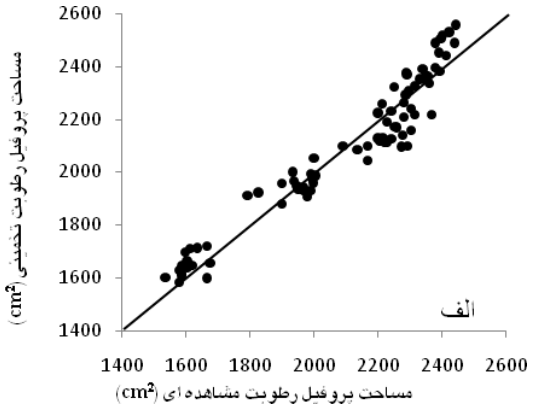
در این معادلات Y_1، Y_2 و Y_3 متغیرهای وابسته هستند که به ترتیب حداکثر عمق پیاز رطوبتی، مساحت خیس شده‌ی نیمرخ خاک و مساحت خیس‌شدگی سطح خاک هستند و پارامترهای مستقل شامل:

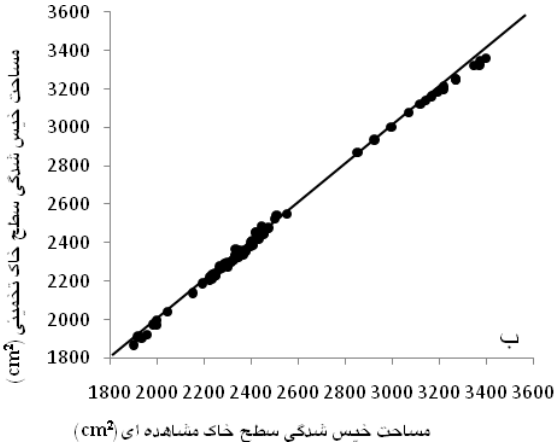
X_1: شیب زمین (٪)، X_2: مدت زمان آبیاری (ساعت)، X_3: حجم آب آبیاری (لیتر)، X_4: بزرگ‌ترین طول خیس-شدگی (سانتی‌متر)، X_5: بزرگ‌ترین عرض خیس‌شدگی (سانتی‌متر)، X_6: جرم مخصوص ظاهری خاک (گرم بر سانتی‌متر مکعب) و X_7: حداکثر عمق خیس‌شدگی (سانتی‌متر) می‌باشد. مقایسه داده‌های عمق پیاز رطوبتی مشاهده شده و تخمین زده شده با مدل رگرسیون خطی چند متغیره در شکل ۳ نشان داده شده است. همان طوری که در شکل مشاهده می‌شود توزیع مناسب این داده‌ها در اطراف خط یک به یک نشان‌گر آن است که دقت این مدل در تخمین عمق پیاز رطوبتی مناسب بود. دابرال و همکاران(۲۰۱۱) با مطالعه پیش-روی رطوبت در خاک شنی و استفاده از مدل‌های رگرسیونی به نتایج خوبی در تخمین ابعاد پیاز رطوبتی با استفاده از مدل رگرسیون نمایی رسیدند.



شکل ۳- نتایج رگرسیون خطی چندگانه در مقابل مقادیر اندازه‌گیری شده برای حداکثر عمق پیاز رطوبتی.

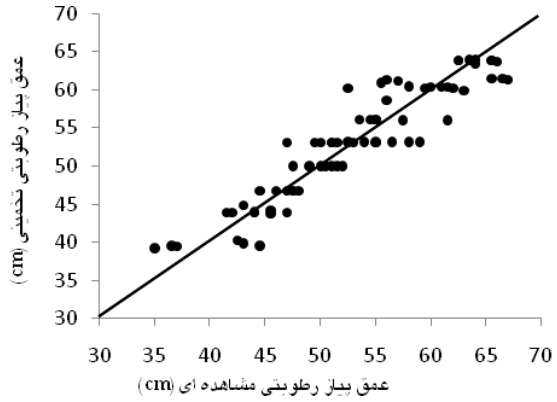
در شکل۴ (قسمت الف وب) به ترتیب نمودارهای مقادیر اندازه‌گیری شده مساحت پروفیل خاک و خاک خیس شده سطحی، در مقایسه با مقادیر تخمین زده شده با استفاده از روش رگرسیون آورده شده است. همان‌طور که از شکل‌ها بر می‌آید، روش رگرسیون خطی برای تخمین مساحت پروفیل خاک چندان مناسب نیست. اما این روش در برآورد مساحت خیس‌شدگی سطح خاک عملکرد خوبی داشته است.



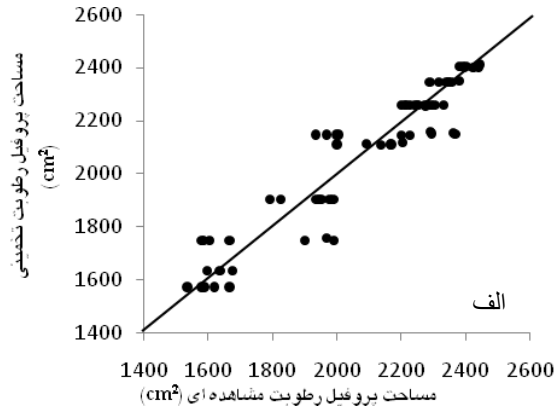


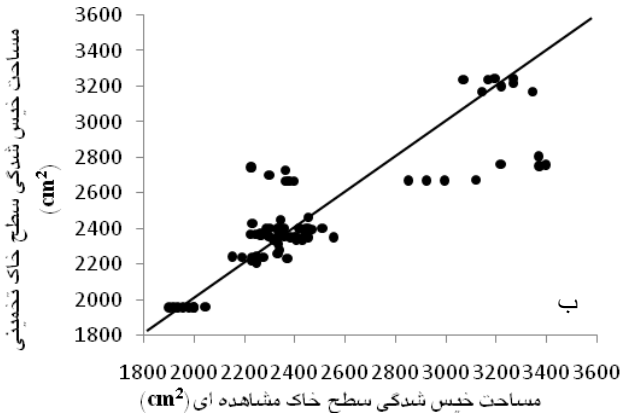
شکل۴- نتایج رگرسیون خطی چندگانه: الف- برای مساحت خیس‌شده نیمرخ خاک ب- برای مساحت خیس-شدگی سطح خاک.

مقایسه داده‌های عمق پیاز رطوبتی مشاهده شده و تخمین‌زده شده، همچنین مساحت خیس شده نیمرخ خاک و مساحت خیس‌شدگی سطح خاک با مدل شبکه عصبی تابع پایه شعاعی در شکل‌های ۵ و ۶ (قسمت الف و ب) نشان داده شده است. همان طوری که در این شکل‌ها مشاهده می‌شود توزیع مناسب این داده-ها در اطراف خط یک به یک نشان‌گر دقت بالای این مدل در تخمین عمق پیاز رطوبتی و مساحت پروفیل رطوبت است. این مدل در تخمین مساحت خیس‌شدگی سطحی خاک خوب عمل نکرده است.



شکل ۵- نتایج شبکه عصبی تابع پایه شعاعی در مقابل مقادیر اندازه‌گیری شده برای حداکثر عمق پیاز رطوبتی.

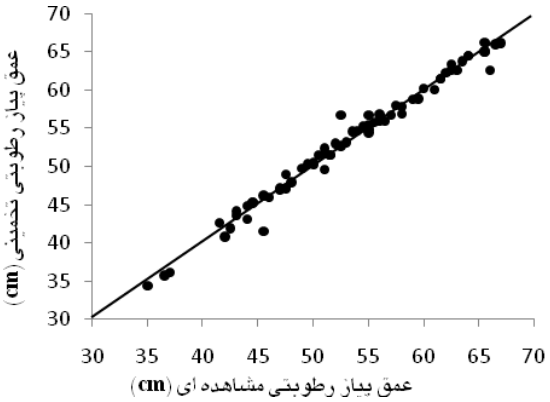




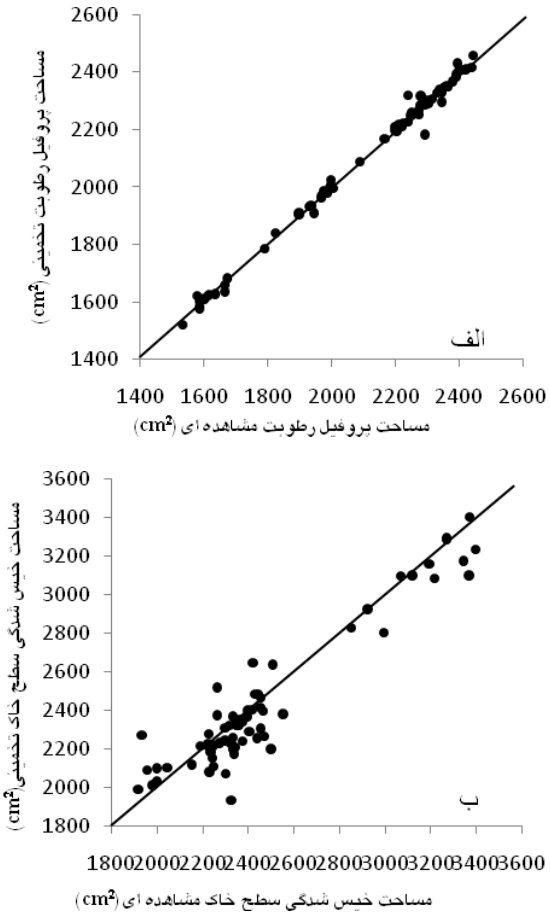
شکل۶- نتایج شبکه عصبی تابع پایه شعاعی: الف- برای مساحت خیس‌شده نیمرخ خاک ب- برای مساحت خیس-شدگی سطح خاک.

ملک و همکاران (۲۰۱۱) با استفاده از داده‌های صحرائی و روش بهینه‌سازی و رگرسیون غیرخطی به نتیجه‌ای مشابه در تخمین ابعاد پیاز رطوبتی دست یافتند. همچنین نوابیان و همکاران (۱۳۸۳) به این نتیجه رسیدند که توابع انتقالی با استفاده از معادلات رگرسیونی و شبکه‌های عصبی مصنوعی به خوبی قادر است بین پارامترهای زودیافت و دیریافت خاک ارتباط برقرار کند. هینل و همکاران (۲۰۱۰) با مقایسه بین داده-های به دست آمده از مدل‌های عددی ونتایج حاصل ازشبکه عصبی نشان دادند که همبستگی خوبی بین مقادیر به دست آمده ازشبکه عصبی و مقادیری که به طور مستقیم از مدل‌های عددی به دست آمده در پیش-روی شعاعی و عمودی رطوبت وجود دارد.

یکی دیگر از مدل‌های شبکه‌های عصبی استفاده شده در این تحقیق مدل پرسپترون[1] چند لایه است که نتایج مربوط به آن در شکل‌های ۷ و ۸ (قسمت الف و ب) آورده شده است و نشان می‌دهد که این مدل برآورد خوبی را از سه متغیر مذکور با استفاده از داده‌های ورودی تعیین شده، ارائه می‌دهد، اما در تخمین مساحت خیس‌شدگی سطحی خاک نسبت به دو متغیر دیگر ضعیف‌تر عمل کرده است.



شکل ۷- نتایج شبکه عصبی پرسپترون چند لایه در مقابل مقادیر اندازه‌گیری شده برای حداکثر عمق پیاز رطوبتی.



شکل۸- نتایج شبکه عصبی پرسپترون چند لایه: الف- برای مساحت خیس شده نیمرخ خاک ب- برای مساحت خیس‌شدگی سطح خاک.

نتایج آماره‌های استفاده شده در این تحقیق نشان می‌دهد که شبکه‌های عصبی و رگرسیون خطی چندگانه روش مناسبی برای تخمین ابعاد خیس‌شدگی خاک با استفاده از پارامترهای مذکور هستند (جداول ۱، ۲ و ۳).

[1] . Perceptron

جدول ۱- مقادیر آماره‌های مختلف به منظور ارزیابی دو مدل شبکه عصبی مصنوعی و رگرسیون خطی چندگانه در برآورد عمق خیس‌شدگی خاک.

مدل	R^2	RMSE (cm)	nRMSE (درصد خطا)	EF
پرسپترون چند لایه	۰/۹۸	۱/۰۷	۲	۰/۹۸
تابع پایه شعاعی	۰/۸۷	۲/۸۵	۵/۳۶	۰/۸۷
رگرسیون خطی چندگانه	۰/۹۳	۲/۱	۴	۰/۹۳

جدول ۲- مقادیر آماره‌های مختلف به منظور ارزیابی دو مدل شبکه عصبی مصنوعی و رگرسیون خطی چندگانه در برآورد مساحت خیس شده نیمرخ خاک.

مدل	R^2	RMSE (cm^2)	nRMSE (درصد خطا)	EF
پرسپترون چند لایه	۰/۹۹	۲۲/۱۶	۱/۰۷	۰/۹۹
تابع پایه شعاعی	۰/۸۹	۹۳/۴۶	۴/۵	۰/۸۹
رگرسیون خطی چندگانه	۰/۹۳	۷۴/۷۷	۳/۶	۰/۹۳

جدول ۳- مقادیر آماره‌های مختلف به منظور ارزیابی دو مدل شبکه عصبی مصنوعی و رگرسیون خطی چندگانه در برآورد مساحت خیس‌شدگی سطح خاک.

مدل	R^2	RMSE (cm^2)	nRMSE (درصد خطا)	EF
پرسپترون چند لایه	۰/۹۰	۱۲۶/۴۴	۵/۱۳	۰/۹۰
تابع پایه شعاعی	۰/۷۲	۲۰۸/۵	۸/۴	۰/۷۲
رگرسیون خطی چندگانه	۰/۹۹	۱۸/۲۲	۰/۷۴	۰/۹۹

با توجه به نتایج جداول ۱، ۲ و ۳، مدل پرسپترون چند لایه دارای بیش‌ترین ضریب تبیین و مدل تابع پایه شعاعی کم‌ترین مقدار ضریب تبیین را با داده‌های مشاهده‌ای دارد. فقط در یکی از تخمین‌ها که مربوط به مساحت خیس‌شدگی سطحی خاک است، روش رگرسیون ضریب تبیین بیش‌تری دارد. در مورد پارامتر مجذور میانگین مربعات خطا، می‌توان گفت روش پرسپترون چند لایه در تخمین متغیرهای عمق خیس‌شدگی و مساحت پروفیل خاک کم‌ترین خطا را دارد ولی در تخمین مساحت خیس‌شدگی سطحی خاک خطای بیش‌تری نسبت به روش رگرسیون دارد. پس می‌توان نتیجه گرفت که هر سه روش با nRMSE کمتر از ۱۰ درصد تخمین عالی از متغیرهای مورد نظر ارائه داده‌اند. با این حال، وجود تفاوت قابل ملاحظه‌ی این آماره در سه روش استفاده شده و اختلاف زیاد ضریب تبیین و کارایی مدل (R^2 و EF) نشان می‌دهد که روش تابع پایه شعاعی ، روش مناسبی برای تخمین متغیرهای مورد نظر نمی‌باشد.

نتیجه‌گیری کلی

در نهایت می‌توان چنین نتیجه گرفت که روش پرسپترون چند لایه برای تخمین عمق پیاز رطوبتی و مساحت نیمرخ رطوبت مناسب است. اما چون روش رگرسیون چند متغیره نیز در تخمین این دو متغیر دارای ضریب همبستگی بالا و میانگین مربعات خطای پایینی است می‌توان از این روش نیز در تخمین عمق پیاز رطوبتی و مساحت پروفیل رطوبت استفاده کرد. لازم به ذکر است که روش رگرسیون نسبت به دو روش دیگر از یک مزیت برخوردار است و آن دست‌یابی به ضرایب حساسیت متغیرها است که کاربردی بودن این روش را تحقق می‌بخشد. روش رگرسیون برای تخمین مساحت خیس‌شدگی سطحی خاک، با توجه با آماره‌های به دست آمده مناسب‌ترین روش است. مدل رگرسیون به دست آمده را می‌توان به سادگی برای طراحی و مدیریت سامانه‌های آبیاری قطره‌ای در اراضی شیب‌دار به‌کار برد. به علاوه برای پیش‌بینی تأثیر مدیریت‌های مختلف آبیاری بر ابعاد خیس‌شدگی خاک در مدت زمان و حجم‌های مختلف آب آبیاری می‌تواند به کار برود تا با مصرف آب کمتر راندمان آبیاری بیش‌تر حاصل شود.

منابع مورد استفاده

تیشه زن پ، و موسوی س، ۱۳۸۵. بررسی پیش‌روی جبهه رطوبتی تحت منبع نقطه‌ای در خاک‌های مطبق با سطوح شیب‌دار. همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی. ۱۲-۱۴ اردیبهشت ۱۳۸۵. دانشگاه شهید چمران اهواز.

حلبیان ا ح، ۱۳۸۸. پیش آگاهی و برآورد بارش با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی. نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، جلد ۱۱، شماره ۱۴، صفحه‌های ۷ تا ۲۸.

میرزایی ف، ۱۳۸۶. یک مدل ساده برای برآورد سطح خیس شده در آبیاری قطره‌ای با استفاده از تکنیک آنالیز ابعادی. سمینار علمی طرح ملی آبیاری تحت فشار و توسعه پایدار، ۲ اسفند ماه. مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال بذر، کرج.

نصیری ش، ۱۳۸۹. تعیین معادلات تجربی جهت برآورد ابعاد جبهه رطوبتی تحت آبیاری قطره‌ای در خاک‌های متوسط شنی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد واحد کرمان.

نوابیان م.، ع. م. لیاقت و م. همایی .۱۳۸۲. تخمین هدایت هیدرولیکی اشباع با استفاده ازتوابع انتقالی. مجله علمی پژوهشی تحقیقات مهندسی کشاورزی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. جلد ۴. شمازه ۱۶. صفحه‌های ۱ تا ۱۱.

وفائیان م، ۱۳۷۱. خواص مهندسی خاک. انتشارات ارکان اصفهان، صفحه ۳۳۷.

Dabral PP, Pandey PK, Pandey A, Singh KP and Sanjoy Singh M, 2011. Modelling of wetting pattern under trickle source in sandy soil of Nirjuli, Arunachal Pradesh (India). Irrig Sci. 30(4): 287-292.

Haverkamp R, PJ Ross, KRJ, Smetten and JY Parlange, 1994. Three-dimensional analysis of infiltration from the disc infiltrometer. 2. Physically based infiltration equation. Water Resource Research. 30: 2931-2935.

Hinnel AC, Lazarovitch N, Furman A, Poulton M And Warrick AW, 2010. Neuro-Drip: estimation of subsurface wetting patterns for drip irrigation using neural networks. Irrig Sci. 28: 535–544.

Jamieson PD, Porter JR, Wilson DR, 1991. A test of the computer simulation model ARC-WHEAT1 on wheat crops grown in New Zealand. Field Crops Research 27: 337–350.

Lassabatere L, Angulo-Jaramillo R, Soria ugalde JM, Cuenca R, Braud I and Havre kamp R, 2006. Beerkan estimation of soil transfer parameters through infiltration experiments. Soil Sci Soc Am J 70: 521-532.

Malek K. and Troy Peters R, 2011. Wetting Pattern Models for Drip Irrigation: New Empirical Model. J Irrig Drain Engin. 137(8): 530-536

M Kandelous M and Simunek J, 2009. Comparison of numerical, analytical, and empirical models to estimate wetting patterns for surface and subsurface drip irrigation. Irrig Sci 28: 435–444.

Molavi A, Sadraddini AA, Nazemi AH and Fakheri Fard A, 2012. Estimating wetting front coordinates under surface trickle irrigation. Turk J Agric For 36: 729-737.

Neshat A and nasiri s, 2012. Finding the optimized distance of emitters in the drip irrigation in loam-sandy soil in the Ghaeme Abad Plain of Kerman, Iran. Middle-East J of Sci Res. 11 (4): 426-434.

Ramah K, Santhi P and Thiyagarajan G, 2011. Moisture distribution in drip irrigated maize based cropping system. Madras Agric J 98 (1-3): 51-55.

Thabet M and Zayani K, 2008. Wetting patterns under trickle source in a loamy sand soil of South Tunisia. American-Eurasian J Agric Environ Sci 3: 38–42.

Willmut C J, 1982. Some comments on the evaluation of model performance. Bull.Am. Meteorol Soc 63(11): 1309–1313.