

مقایسه رگرسیون و شبکه‌های عصبی مصنوعی در برآورد ابعاد پیاز رطوبتی با آب معمولی و مغناطیسی

مرضیه عبدالهی سیاهکلرودی^{۱*}، جعفر نیکبخت^۲، محمد حسین محمدی^۳، محمدرضا خالدیان^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۰/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۲/۹

چکیده

داشتن اطلاعات دقیق از عرض و عمق خیس شده خاک در زیر هر قطره‌چکان برای طراحی و مدیریت دقیق سامانه‌های آبیاری قطره‌ای ضروری است. در این تحقیق مقادیر عمق و حداکثر عرض خیس شده خاک تحت آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی با آب معمولی و مغناطیسی با استفاده از مدل رگرسیون ساده خطی و چند گانه و شبکه‌های عصبی مصنوعی شبیه‌سازی شد. از داده‌های اندازه‌گیری شده در خاک با بافت لومرسی که با سه تکرار در گلخانه مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زنجان انجام گرفته بود استفاده شد. نتایج نشان داد که عملکرد رگرسیون ساده خطی و دو روش رگرسیون چندگانه شوارتزمان و زور (۱۹۸۶) و میرزایی و همکاران (۱۳۸۷) در تخمین عمق خیس شده در روش آبیاری قطره‌ای سطحی با آب معمولی بهتر بود ($r=0/988$ و $RMSE=0/011m$). اختلاف مقادیر تخمینی با روش‌های شوارتزمان و زور (۱۹۸۶) و میرزایی و همکاران (۱۳۸۷) در عمق خیس شده با آب مغناطیسی در آبیاری قطره‌ای سطحی ($r=0/974$ و $RMSE=0/014m$) و حداکثر عرض خیس شده در آبیاری قطره‌ای سطحی با آب معمولی ($r=0/950$ و $RMSE=0/028m$) و مغناطیسی ($r=0/976$ و $RMSE=0/023m$) با مقادیر واقعی اندک بود. در بین مدل‌های شبکه‌های عصبی مصنوعی، مدل پرسپترون چند لایه نسبت به مدل تابع پایه شعاعی عملکرد بهتری داشت.

واژه‌های کلیدی: آبیاری قطره‌ای، آب معمولی، آب مغناطیسی، رگرسیون، شبکه‌های عصبی مصنوعی

مقدمه

در سال‌های اخیر پیشرفت‌های عمده‌ای در طراحی، فن‌آوری و مدیریت سامانه‌های آبیاری قطره‌ای به وجود آمده است. در این سامانه‌ها، عمق خاک مرطوب شده باید با عمق سامانه ریشه منطبق شود در حالی که عرض خیس شده آن باید با فاصله قطره‌چکان‌ها و خطوط لاترال منطبق گردد (Fatahi Nafchi et al., 2011). اطلاعات دقیق درباره ابعاد خیس شده خاک در آبیاری قطره‌ای به طراحان کمک می‌کند تا دبی مناسب قطره‌چکان و فاصله بهینه قطره‌چکان‌ها برای کاهش هزینه را تعیین کنند و شرایط بهتر خاک برای بالا بردن راندمان و استفاده مؤثر آب را فراهم کنند (Malek and Peters, 2011). میرزایی و همکاران (۱۳۸۷) در تحقیقی به این نتایج دست یافتند که مقادیر رطوبت برآورد شده و اندازه‌گیری شده از طریق روش تقریب نیمه‌تحلیلی در خاک‌های رسی شنی، شنی و لوم شنی و در اعماق مختلف خیلی به هم نزدیک بودند، البته در خاک لوم شنی هم‌خوانی بیش‌تری ملاحظه شد. برای تخمین ابعاد پیاز رطوبتی خاک در آبیاری قطره‌ای از روش‌های مختلفی استفاده می‌شود که از این روش‌ها می‌توان به روش‌های حل عددی، تحلیلی و تجربی یا ترکیبی از این روش‌ها نام برد. با استفاده از این روش‌ها، می‌توان تخمینی از موقعیت جبهه پیشروی و ابعاد آن به دست آورد. روش‌های تحلیلی و عددی، معمولاً به اطلاعات زیادی در مورد خصوصیات هیدرولیکی خاک نیاز دارند که به دست آوردن آن‌ها نیازمند صرف هزینه و زمان زیاد می‌باشد (Singh et al., 2006; Samuel and Dani., 1999). مدل‌های تجربی ساده در مقایسه با روش‌های عددی و تحلیلی، برای طراحی سامانه‌های آبیاری قطره‌ای راحت‌تر و کارتر می‌باشند و داده‌های پیش‌بینی شده آن‌ها، قابل اعتماد می‌باشند (Amin and Ekhmaj., 2006). ارباط و همکاران در تحقیقی الگوهای خیس‌شدگی خاک تحت آبیاری قطره‌ای زیرسطحی برای خاک‌های مختلف را در اسپانیا مورد بررسی قرار

در سال‌های اخیر پیشرفت‌های عمده‌ای در طراحی، فن‌آوری و مدیریت سامانه‌های آبیاری قطره‌ای به وجود آمده است. در این سامانه‌ها، عمق خاک مرطوب شده باید با عمق سامانه ریشه منطبق شود در حالی که عرض خیس شده آن باید با فاصله قطره‌چکان‌ها و خطوط لاترال منطبق گردد (Fatahi Nafchi et al., 2011). اطلاعات دقیق درباره ابعاد خیس شده خاک در آبیاری قطره‌ای به طراحان کمک می‌کند تا دبی مناسب قطره‌چکان و فاصله بهینه قطره‌چکان‌ها برای کاهش هزینه را تعیین کنند و شرایط بهتر خاک برای بالا بردن راندمان و استفاده مؤثر آب را فراهم کنند (Malek

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه

زنجان

۲- استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان

۳- استادیار گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان

۴- استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت و گروه پژوهشی مهندسی آب و محیط زیست، پژوهشکده حوزه آبی دریا خزر

* - نویسنده مسئول: (Email: m.abdollahi1000@yahoo.com)

شیمیایی خاک مورد استفاده را نشان می‌دهد. برای انجام پژوهش، یک عدد جعبه فلزی با یک دیواره شفاف (از جنس شیشه به ضخامت ۱۰ میلی‌متر) به ابعاد $80 \times 80 \times 80$ سانتی‌متر به عنوان مدل فیزیکی ساخته شد. در کف مدل، سوراخ‌هایی به عنوان زهکش تعبیه شد. برای اینکه جعبه بالاتر از سطح زمین قرار گیرد، پایه‌هایی به اندازه $0/5$ متر در زیر آن تعبیه گردید. برای بررسی‌های دقیق‌تر، قبل از ریختن خاک در مدل فیزیکی، از طریق عبور دادن خاک از سرنده شماره ۱۰ (۲ میلی‌متر)، سنگریزه‌ها، کلوخه‌ها و نیز بقایای گیاهی، از آن جدا شد. سپس خاک روی زمین پهن شد تا هوا-خشک گردد. به منظور نزدیک کردن خاک ریخته شده در مدل فیزیکی به شرایط طبیعی، خاک به صورت لایه لایه با لایه‌هایی به ضخامت ۱۵ سانتی‌متر در داخل جعبه ریخته شده و با یک وزنه مکعب شکل با وزن ۵ کیلوگرم تا اندازه‌ای متراکم گردید. به منظور ممانعت از ایجاد جریان ترجیحی در مرز تماس خاک و دیواره شفاف جعبه، قبل از ریختن خاک در داخل جعبه، روی شیشه یک لایه بسیار نازک گریس زده شد (Vanclouster et al., 1995). پس از ریختن خاک در مدل و آماده‌سازی آن، قطره‌چکان نصب شده بر روی لوله پلی‌اتیلن ۱۶ میلی‌متر، در آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی در داخل خاک استقرار یافت. در این پژوهش از قطره‌چکان تنظیم‌کننده فشار از نوع میکرو فلاپر با دبی ۴ لیتر بر ساعت استفاده شد. زمان آبیاری در کلیه آزمایش‌ها ثابت و برابر ۱۳۵ دقیقه در نظر گرفته شد. به منظور ایجاد فشار لازم و انتقال آب از منبع به قطره‌چکان از پمپ کولر آبی استفاده شد. همچنین به منظور جلوگیری از ایجاد خطا به دلیل گرفتگی قطره‌چکان، پس از هر آزمایش، قطره‌چکان مورد استفاده در طول آزمایش تعویض شده و از قطره‌چکان جدید برای آزمایش بعدی استفاده شد. برای تولید آب مغناطیسی، از دو عدد آهنربای ثابت TMW-101 با شدت میدان حدود $0/1$ تسلا ساخت شرکت گسترش مواد مغناطیسی تابان که به دور لوله پلی‌اتیلن ۱۶ میلی‌متری متصل شده بود استفاده گردید. جدول ۲ تجزیه شیمیایی آب چاه در شرایط طبیعی و قبل از عبور از میدان مغناطیسی و پس از عبور از میدان مغناطیسی را نشان می‌دهد.

در هر آزمایش به منظور اندازه‌گیری خصوصیات پیاز رطوبتی از پیش‌روی جبهه رطوبتی در قسمت شفاف مدل در فواصل زمانی معین از شروع آزمایش تا اتمام آن، عکس‌برداری شد. سپس عکس‌ها به نرم‌افزار AutoCAD انتقال یافت و پارامترهای حداکثر عرض خیس-شده و عمق خیس‌شده خاک تعیین شد.

دادند. در این پژوهش از چهار دبی مختلف شامل ۲، ۴، ۸/۵ و ۲۴ لیتر در ساعت با حجم ثابت آب آبیاری (۲۵ لیتر) برای سه نوع خاک استفاده شد. با توجه به نتایج، ابعاد، شکل جبهه خیس‌شده و مقادیر آب خاک حاصل از اجرای مدل، همبستگی خوبی با مقادیر به دست آمده از آزمایشات مزرعه‌ای داشت (Arbat et al., 2011). منجزی و همکاران، مدل HYDRUS-2D را با داده‌های مشاهده‌ای اندازه-گیری شده برای مساحت خیس شده و سرعت پیش‌روی افقی و عمودی مقایسه کردند. نتایج نشان داد که این مدل تا حدودی مساحت خیس شده پیاز رطوبتی، همچنین سرعت پیش‌روی افقی و عمودی را به ترتیب کم‌تر و بیش‌تر از مقادیر مشاهده شده در طول آبیاری و توزیع مجدد، پیش‌بینی کرده است (Monjezi et al., 2012). یکی از جدیدترین روش‌های بهینه‌سازی آب‌های مصرفی، بهره‌گیری از تکنولوژی مغناطیسی در پالایش آب آبیاری می‌باشد. در پالایش آب از طریق اعمال میدان مغناطیسی که جز روش‌های تصفیه فیزیکی به شمار می‌رود، چیزی به آب کم یا زیاد نمی‌شود بلکه فقط آرایش بارهای الکتریکی مولکول‌های آب تغییر می‌کند (احمدی و نیک‌نیا، ۱۳۹۰). نتایج تحقیق مصطفی‌زاده فرد و همکاران نشان داد، مقادیر متوسط رطوبت خاک در عمق صفر تا ۲۰ سانتی‌متر، ۲۰ تا ۴۰ سانتی‌متر و ۴۰ تا ۶۰ سانتی‌متر زیر قطره‌چکان، برای تیمار آب مغناطیس شده بیش‌تر از آب آبیاری معمولی بود و این تفاوت در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد. همچنین در این پژوهش اثر شوری آب آبیاری بر رطوبت خاک معنی‌دار بود. بالاترین مقدار رطوبت خاک در کربنات کلسیم ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر مشاهده شد. ایشان با توجه به نتایج این پژوهش، عبور دادن آب آبیاری از میدان مغناطیسی برای صرفه‌جویی در مصرف آب آبیاری را توصیه نمودند (Mostafazadeh-fard et al., 2011).

هدف از این پژوهش، شبیه‌سازی و پیش‌بینی مشخصه‌های پیاز رطوبتی (عمق و حداکثر عرض خیس شده) در دو روش متفاوت آبیاری قطره‌ای (سطحی و زیرسطحی) با دو شرایط متفاوت آب آبیاری (عبور یافته و عدم عبوری از میدان مغناطیسی) بود.

مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر بر روی خاک با بافت لومرسی در سه تکرار در خردادماه سال ۱۳۹۱ در گلخانه مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زنجان با طول شرقی $15^{\circ} 24' 48''$ و عرض شمالی $37^{\circ} 40' 36''$ و ارتفاع ۱۵۹۴ متر از سطح دریا انجام شد. جدول ۱ ویژگی‌های فیزیکی و

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در پژوهش

pH	EC (dS/m)	چگالی ظاهری (g/cm ³)	چگالی حقیقی (g/cm ³)	کربنات کلسیم (mg/g)	کلاس بافت خاک	شن (%)	سیلت (%)	رس (%)
۷/۴۲	۱/۴۹۲	۱/۱۸	۲/۶۴	۱۳۲/۵	لوم رسی	۲۵	۳۸	۳۷

جدول ۲- تجزیه شیمیایی آب چاه قبل و پس از عبور از میدان مغناطیسی

HCO_3^- (mg/L)	CO_3^{2-} (mg/L)	Cl^- (mg/L)	Mg^{2+} (mg/L)	Ca^{2+} (mg/L)	K^+ (mg/L)	Na^+ (mg/L)	EC (dS/m)	pH
قبل از عبور از میدان مغناطیسی								
۱۹۵/۲	۰/۰	۵۸۲/۲	۱۰۳/۷	۲۵۸/۴۵	۰/۰	۵۰/۰	۲/۳۵	۶/۵
بعد از عبور از میدان مغناطیسی								
۱۷۰/۸	۰/۰	۵۴۶/۷	۹۵/۷۵	۲۱۷/۳۴	۰/۰	۴۰/۰	۲/۲۶	۶/۸

K_s : هدایت هیدرولیکی اشباع خاک (m^3/hr)، q : دبی ورودی
 Z : عمق خیس شده (m)، V_w : حجم آب آبیاری (m^3)، t : زمان آبیاری (hr)،
 عمق خیس شده (m) و W : حداکثر عرض خیس شده (m) می باشد.
 در این پژوهش به منظور شبیه سازی و پیش بینی خصوصیات پیاز رطوبتی از طریق شبکه های عصبی مصنوعی، از دو ساختار متفاوت پرسپترون چند لایه و تابع پایه شعاعی استفاده شد. شبکه های عصبی مصنوعی اولین بار توسط مک کلوج و پیترز در سال ۱۹۴۳ ارائه کردند (نوری و همکاران، ۱۳۸۷؛ پروانک بروجنی، ۱۳۸۴-۱۳۸۵). ایشان نشان دادند که شبکه های عصبی مصنوعی را می توان برای محاسبه هر تابع حسابی و منطقی به کار گرفت. نخستین کاربرد عملی شبکه های عصبی مربوط به اواخر دهه ۱۹۵۰ بود که شبکه های چند لایه ای پرسپترون معرفی شد (به نقل از پروانک بروجنی، ۱۳۸۴-۱۳۸۵).

برای مقایسه نتایج حاصل با مقادیر مشاهده ای از آماره های ضریب همبستگی (r) (رابطه ۱۰)، مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE) (نوری و همکاران، ۱۳۸۷) (رابطه ۱۱) و ضریب کارایی مدل (EF) (ویلמות، ۱۹۸۲؛ پاتل و راجپوت، ۲۰۰۸) (رابطه ۱۲) استفاده شد (Willmut, 1982; Patel and Rajput, 2008). آماره دیگری که در این تحقیق برای بررسی دقت مدل ها، استفاده شد، مجذور میانگین مربعات خطای نرمال (NRMSE) (رابطه ۱۳) بود. این آماره اختلاف نسبی بین مقادیر مشاهده ای با مقادیر تخمینی را مشخص می کند.

جدول ۳- مقادیر آماره NRMSE و ارزیابی مدل

مقدار آماره (درصد)	ارزیابی مدل
$NRMSE < 10$	عالی
$10 < NRMSE < 20$	خوب
$20 < NRMSE < 30$	نسبتاً خوب
$NRMSE > 30$	ضعیف

$$r = \frac{N \sum (O \times P) - (\sum O)(\sum P)}{\sqrt{N \sum O^2 - (\sum O)^2} \sqrt{N \sum P^2 - (\sum P)^2}} \quad (10)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (O_i - P_i)^2} \quad (11)$$

پس از اندازه گیری خصوصیات پیاز رطوبتی، با کمک روش های رگرسیون خطی ساده، رگرسیون خطی چندگانه و شبکه های عصبی مصنوعی مقادیر آن شبیه سازی و پیش بینی شد. محاسبات مربوط به این روش ها با استفاده از نرم افزار SPSS16.0 انجام شد. داده های ورودی به مدل ها شامل، حجم آب آبیاری، هدایت هیدرولیکی اشباع خاک، دبی مورد نیاز سامانه، زمان آبیاری، عمق خیس شده و حداکثر عرض خیس شده پیاز رطوبتی بودند. رابطه رگرسیون خطی ساده مورد استفاده به صورت رابطه (۱) بود:

$$Y = a_0 + a_1 X \quad (1)$$

در رابطه (۱)، a_0 و a_1 ضرایب ثابت، Y متغیر وابسته و X متغیر مستقل می باشند.

در روش رگرسیون خطی چندگانه، از مدل های تجربی به دست آمده توسط سایر پژوهشگران استفاده شد. برای محاسبه پارامترهای عمق خیس شده پیاز رطوبتی و حداکثر عرض خیس شده در آبیاری قطره ای سطحی از معادلات شوارتزمن و زور (۱۹۸۶) (روابط ۲ و ۳) و میرزایی و همکاران (۱۳۸۷) (روابط ۴ و ۵) استفاده گردید (Schwartzman and Zur, 1986).

$$Z = 2.54 V_w^{0.63} (K_s q^{-1})^{0.45} \quad (2)$$

$$W = 1.82 V_w^{0.22} (K_s q^{-1})^{-0.17} \quad (3)$$

$$Z = 2.281 K_s^{0.17} q^{0.42} t^{0.58} \quad (4)$$

$$W = 2.123 K_s^{-0.08} q^{0.54} t^{0.46} \quad (5)$$

همچنین برای محاسبه پارامترهای عمق خیس شده پیاز رطوبتی و حداکثر عرض خیس شده در آبیاری قطره ای زیرسطحی از معادلات ملایی کندلوس و همکاران (۱۳۸۷) (معادلات ۶ و ۷) و سینگ و همکاران (۲۰۰۶) (معادلات ۸ و ۹) استفاده گردید (Singh et al., 2006).

$$Z = 0.72 V_w^{0.344} (K_s q^{-1} Z^{-1})^{-0.156} + 0.66 V_w^{0.333} (K_s q^{-1} Z^{-1})^{-0.167} \quad (6)$$

$$W = 4.244 V_w^{0.526} (K_s q^{-1} Z^{-1})^{0.026} \quad (7)$$

$$Z = 3.86 V_w^{0.31} \left(\frac{K_s}{qz}\right)^{-0.19} \quad (8)$$

$$W = 3.27 V_w^{0.44} \left(\frac{K_s}{qz}\right)^{-0.06} \quad (9)$$

با توجه به مقادیر آماره‌های جدول ۴، عمق خیس شده پیش‌بینی شده از طریق رگرسیون خطی ساده، برای آب معمولی نسبت به آب مغناطیسی اختلاف کم‌تری با مقادیر اندازه‌گیری شده داشت. اما برای پارامتر حداکثر عرض خیس شده، پیش‌بینی‌های صورت گرفته برای آب مغناطیسی بهتر از آب معمولی بود. به طوری که بیش‌ترین مقدار r (۰/۹۹۶)، کم‌ترین مقدار RMSE (۰/۰۰۹ متر)، کم‌ترین مقدار NRMSE (۳/۴۳ درصد) و بیش‌ترین مقدار EF (۰/۹۹۰) مربوط به آبیاری زیرسطحی آب مغناطیسی بود. بنابراین رگرسیون خطی ساده، در پیش‌بینی حداکثر عرض خیس شده آب مغناطیسی عملکرد بهتری داشت ولی عملکرد آن برای عمق خیس شده، در آب معمولی بهتر بود. شکل ۱ مقادیر پیش‌بینی شده حداکثر عرض خیس شده پیاز رطوبتی با روش رگرسیون خطی ساده در روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با آب معمولی را نسبت به مقادیر اندازه‌گیری شده و شکل ۲ مقادیر پیش‌بینی شده عمق خیس شده پیاز رطوبتی با روش رگرسیون خطی ساده در روش آبیاری قطره‌ای مغناطیسی را نشان می‌دهد. تمرکز نقاط در اطراف خط ۱:۱ اثبات‌کننده اختلاف اندک بین مقادیر پیش‌بینی شده با روش رگرسیون خطی ساده و مقادیر اندازه‌گیری شده می‌باشد.

$$EF = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (O_i - P_i)^2}{\sum_{i=1}^N (O_i - \bar{O})^2} \quad (12)$$

$$NRMSE = \frac{RMSE(O_i, P_i)}{\bar{O}} \times 100 \quad (13)$$

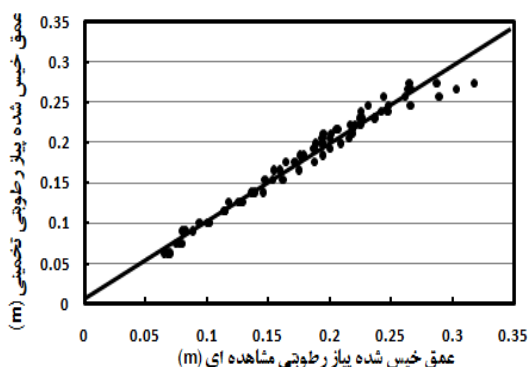
O_i : مقادیر مشاهده‌ای، P_i : مقادیر تخمین شده، \bar{O} : میانگین مقادیر مشاهده‌ای و N : تعداد مقادیر مشاهده‌ای یا تخمینی می‌باشد.

نتایج و بحث

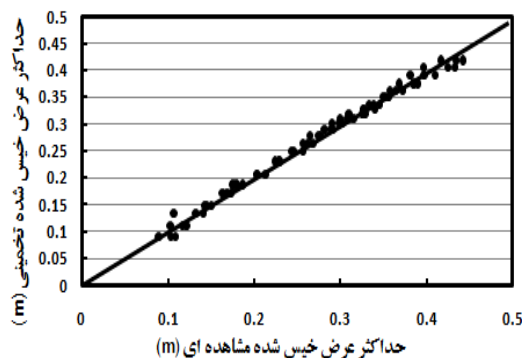
جدول ۴ نتایج مقادیر آماره‌های ارزیابی شبیه‌سازی خصوصیات پیاز رطوبتی با روش رگرسیون خطی ساده را نشان می‌دهد. با توجه به جدول ۴، می‌توان نتیجه گرفت که روش رگرسیون خطی ساده جهت برآورد مقادیر عمق خیس شده و حداکثر عرض خیس شده پیاز رطوبتی در هر دو روش آبیاری سطحی و زیرسطحی و برای هر دو نوع آب معمولی و مغناطیسی از کارایی بالایی برخوردار بود. این مسئله به وضوح از محدوده تغییرات مقادیر آماره‌های r (۰/۹۴۹-۰/۹۹۶)، RMSE (۰/۰۲۸-۰/۰۰۹ متر)، NRMSE (۳/۴۳-۱۲/۳۵ درصد) و EF (۰/۹۹۰-۰/۹۹۰) آورده شده در جدول ۴ قابل استنباط می‌باشد.

جدول ۴- مقادیر آماره‌های ارزیابی مدل‌های رگرسیون خطی ساده در برآورد خصوصیات پیاز رطوبتی

EF	NRMSE (%)	RMSE(m)	r	نوع آب	روش آبیاری قطره‌ای	مشخصه پیاز رطوبتی
۰/۹۷۵	۷/۷۱	۰/۰۱۱	۰/۹۸۸	معمولی	سطحی	عمق خیس شده
۰/۹۴۲	۱۲/۳۵	۰/۰۱۴	۰/۹۷۳	مغناطیسی		
۰/۹۷۰	۶/۰۸	۰/۰۱۱	۰/۹۸۶	معمولی	زیرسطحی	
۰/۹۶۷	۶/۶۲	۰/۰۱۳	۰/۹۸۴	مغناطیسی		
۰/۹۰۱	۱۱/۷۴	۰/۰۲۸	۰/۹۴۹	معمولی	سطحی	حداکثر عرض خیس شده
۰/۹۴۲	۹/۰۹	۰/۰۲۵	۰/۹۷۱	مغناطیسی		
۰/۹۷۵	۵/۵۴	۰/۰۱۴	۰/۹۸۸	معمولی	زیرسطحی	
۰/۹۹۰	۳/۴۳	۰/۰۰۹	۰/۹۹۶	مغناطیسی		



شکل ۲- مقادیر تخمینی و اندازه‌گیری شده عمق خیس شده با روش رگرسیون خطی ساده در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با آب مغناطیسی



شکل ۱- مقادیر تخمینی و اندازه‌گیری شده حداکثر عرض خیس شده با روش رگرسیون خطی ساده در روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با آب معمولی

آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با آب معمولی با یکدیگر اختلاف داشت. در این شرایط عملکرد روش سینگ و همکاران (۲۰۰۶) خیلی بهتر بود به طوری که اختلاف مقادیر پیش‌بینی شده با این روش با مقادیر واقعی اندک بود ($r=0.991$ و $RMSE=0.011$ m). بر اساس مقادیر آماره‌های جدول ۵، خطای پیش‌بینی مقادیر عمق خیس شده با این دو روش در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با آب معمولی و مغناطیسی بسیار ناچیز و قابل اغماض بود ($r=0.999$ و $RMSE=0.00$ m) (Singh et al., 2006).

با توجه به نتایج مندرج در جداول ۴ و ۵ و مقایسه آماره‌های مربوط به شرایط یکسان با هم‌دیگر، نتیجه می‌شود که مقادیر عمق خیس شده پیش‌بینی گردیده با روش رگرسیون ساده خطی و دو روش تجربی شوارتزمن و زور (۱۹۸۶) و میرزایی و همکاران (۱۳۸۷) برای روش آبیاری قطره‌ای سطحی با آب معمولی کاملاً با یکدیگر مطابقت داشت (Schwartzman and Zur, 1986). به طور مشابه این شرایط برای آب مغناطیسی نیز تقریباً صادق بود. اما در روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، عمق‌های خیس شده پیش‌بینی شده با روش‌های تجربی سینگ و همکاران (۲۰۰۶) و ملایی کندلوس و همکاران (۱۳۸۷) در مقایسه با روش رگرسیون ساده خطی، در هر دو نوع آب معمولی و مغناطیسی، خیلی به مقادیر واقعی نزدیک‌تر بود (Singh et al., 2006).

نتایج شبیه‌سازی مشخصات پیاز رطوبتی با مدل‌های رگرسیون چندگانه (روابط تجربی) در جدول (۵) نشان داده شده است. با توجه به جدول (۵)، نتیجه می‌شود که عملکرد هر ۴ روش تجربی مورد استفاده در این پژوهش در پیش‌بینی خصوصیات پیاز رطوبتی در هر دو نوع روش آبیاری قطره‌ای و هر دو نوع آب بسیار خوب بود. این مسئله را می‌توان از محدوده تغییرات مقادیر آماره‌های ارزیابی آورده شده در جدول ۵ استنباط کرد.

با توجه به مقادیر آماره‌های جدول ۵، مقادیر عمق خیس شده پیش‌بینی شده با دو روش شوارتزمن و زور (۱۹۸۶) و میرزایی و همکاران (۱۳۸۷) در آبیاری قطره‌ای سطحی با آب معمولی کاملاً با یکدیگر مطابقت داشت. مسئله اخیر برای آب مغناطیسی و هم‌چنین حداکثر عرض خیس شده روش آبیاری قطره‌ای سطحی با آب معمولی و مغناطیسی نیز مشاهده شد (جدول ۵) (Schwartzman and Zur., 1986). به طور مشابه مقادیر عمق خیس شده پیش‌بینی شده با دو روش تجربی سینگ و همکاران (۲۰۰۶) و ملایی کندلوس و همکاران (۱۳۸۷) در روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با آب معمولی و هم‌چنین پارامتر حداکثر عرض خیس شده و هم‌چنین آب مغناطیسی و هم‌چنین پارامتر حداکثر عرض خیس شده آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با آب مغناطیسی تقریباً مشابه هم بود (جدول ۵). اما حداکثر عرض خیس شده شبیه‌سازی شده با دو روش سینگ و همکاران (۲۰۰۶) و ملایی کندلوس و همکاران (۱۳۸۷) در

جدول ۵- مقادیر آماره‌های ارزیابی مدل‌های رگرسیون چندگانه در برآورد خصوصیات پیاز رطوبتی

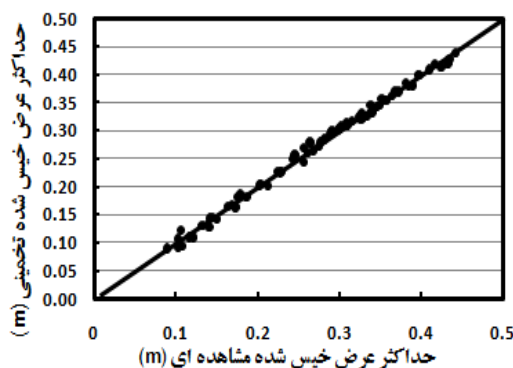
EF	NRMSE (%)	RMSE(m)	r	نوع آب	روش آبیاری قطره‌ای	روش تجربی	مشخصه پیاز رطوبتی
۰/۹۷۶	۷/۶۰	۰/۰۱۱	۰/۹۸۸	معمولی	سطحی	شوارتزمن و زور (۱۹۸۶)	عمق خیس شده
۰/۹۷۶	۷/۶۰	۰/۰۱۱	۰/۹۸۸	معمولی		میرزایی و همکاران (۱۳۸۷)	
۰/۹۴۸	۱۱/۶۵	۰/۰۱۴	۰/۹۷۴	مغناطیسی	سطحی	شوارتزمن و زور (۱۹۸۶)	عمق خیس شده
۰/۹۴۸	۱۱/۶۵	۰/۰۱۴	۰/۹۷۴	مغناطیسی		میرزایی و همکاران (۱۳۸۷)	
۰/۹۰۱	۱۱/۶۸	۰/۰۲۸	۰/۹۵۰	معمولی	سطحی	شوارتزمن و زور (۱۹۸۶)	حداکثر عرض خیس شده
۰/۹۰۱	۱۱/۶۸	۰/۰۲۸	۰/۹۵۰	معمولی		میرزایی و همکاران (۱۳۸۷)	
۰/۹۵۲	۸/۲۳	۰/۰۲۳	۰/۹۷۶	مغناطیسی	سطحی	شوارتزمن و زور (۱۹۸۶)	حداکثر عرض خیس شده
۰/۹۵۲	۸/۲۳	۰/۰۲۳	۰/۹۷۶	مغناطیسی		میرزایی و همکاران (۱۳۸۷)	
۰/۹۹۹	۰/۲۲	۰/۰۰۰	۰/۹۹۹	معمولی	زیرسطحی	سینگ و همکاران (۲۰۰۶)	عمق خیس شده
۰/۹۹۹	۰/۰۷	۰/۰۰۰	۰/۹۹۹	معمولی		ملایی کندلوس و همکاران (۱۳۸۷)	
۰/۹۹۹	۰/۰۰	۰/۰۰۰	۰/۹۹۹	مغناطیسی	زیرسطحی	سینگ و همکاران (۲۰۰۶)	عمق خیس شده
۰/۹۹۹	۰/۰۴	۰/۰۰۰	۰/۹۹۹	مغناطیسی		ملایی کندلوس و همکاران (۱۳۸۷)	
۰/۹۸۳	۴/۵۶	۰/۰۱۱	۰/۹۹۱	معمولی	زیرسطحی	سینگ و همکاران (۲۰۰۶)	حداکثر عرض خیس شده
۰/۶۳۹	۲۱/۳۳	۰/۰۵۳	۰/۹۷۵	معمولی		ملایی کندلوس و همکاران (۱۳۸۷)	
۰/۹۹۵	۰/۴۶	۰/۰۰۶	۰/۹۹۷	مغناطیسی	زیرسطحی	سینگ و همکاران (۲۰۰۶)	حداکثر عرض خیس شده
۰/۹۹۵	۲/۴۶	۰/۰۰۶	۰/۹۹۷	مغناطیسی		ملایی کندلوس و همکاران (۱۳۸۷)	

Chesness, 1989; Li et al., 2004; Amin and Ekhmaj, 2006).

نتایج آماره‌های مقایسه مقادیر شبیه‌سازی و پیش‌بینی شده خصوصیات پیاز رطوبتی مورد بررسی در این پژوهش، با دو توپولوژی متفاوت شبکه‌های عصبی مصنوعی در جدول ۶ آورده شده است. با توجه به جدول ۶ مقادیر عمق خیس شده پیش‌بینی شده با هر دو توپولوژی پرسپترون چند لایه و تابع پایه شعاعی در روش آبیاری قطره‌ای سطحی با آب معمولی اختلاف کمی با مقادیر واقعی داشته و تقریباً با یکدیگر تقریباً مطابقت دارد. مطابقت پیش‌بینی‌های این دو روش تقریباً برای حداکثر عرض خیس شده در روش آبیاری سطحی با آب معمولی نیز مشاهده شد (جدول ۶).

بیش‌ترین مقادیر آماره‌های محاسبه شده در این پژوهش با شبکه‌های عصبی مصنوعی برای مشخصه عمق خیس شده پیاز رطوبتی ($\text{RMSE}=0.015\text{m}$, $\text{NRMSE}=10.63\%$ و $\text{EF}=0.954$) در روش آبیاری قطره‌ای سطحی با آب معمولی و با توپولوژی پرسپترون چند لایه بود. در این مشخصه پیاز رطوبتی، کم‌ترین مقادیر آماره‌ها ($\text{RMSE}=0.050\text{m}$, $\text{NRMSE}=24.92\%$ و $\text{EF}=0.532$)، در روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با آب مغناطیسی و با توپولوژی تابع پایه شعاعی بود.

برای مشخصه حداکثر عرض خیس شده پیاز رطوبتی بیش‌ترین مقدار آماره‌ها ($\text{RMSE}=0.025\text{m}$, $\text{NRMSE}=10.33\%$ و $\text{EF}=0.916$) و کم‌ترین آن ($\text{RMSE}=0.067\text{m}$, $\text{NRMSE}=23.94\%$ و $\text{EF}=0.599$) به ترتیب در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با آب معمولی با توپولوژی پرسپترون چند لایه و آبیاری قطره‌ای سطحی با آب مغناطیسی با توپولوژی تابع پایه شعاعی بدست آمد.

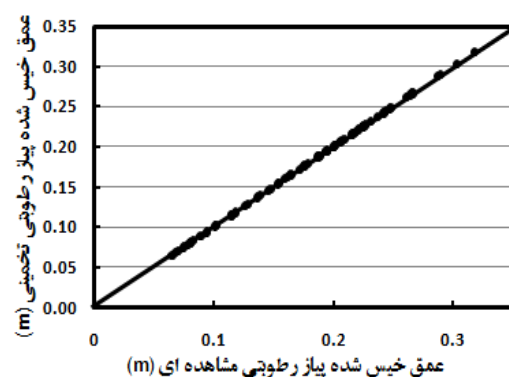


شکل ۴- مقادیر تخمینی و اندازه‌گیری شده حداکثر عرض خیس شده با ملایی کندلوس و همکاران (۱۳۸۷) در روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با آب مغناطیسی

برای پارامتر حداکثر عرض خیس شده نیز مقادیر پیش‌بینی شده با روش‌های تجربی شوارتزمن و زور (۱۹۸۶) و میرزایی و همکاران (۱۳۸۷) در روش آبیاری قطره‌ای سطحی با هر دو نوع آب معمولی و مغناطیسی و مقادیر پیش‌بینی شده با روش سینگ و همکاران (۲۰۰۶) و ملایی کندلوس و همکاران (۱۳۸۷) در روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با آب مغناطیسی با مقادیر پیش‌بینی شده با روش رگرسیون ساده خطی در شرایط مشابه با یک‌دیگر تقریباً مطابقت دارند. اما عملکرد روش رگرسیون ساده خطی در پیش‌بینی مقادیر حداکثر عرض خیس شده در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با آب معمولی نسبت به روش تجربی ملایی کندلوس و همکاران (۱۳۸۷) بهتر بود ولی نسبت به روش سینگ و همکاران (۲۰۰۶) پائین‌تر به دست آمد (جدول ۴ و ۵) (Schwartzman and Zur, 1986; Singh et al., 2006).

شکل ۳ مقادیر پیش‌بینی شده عمق خیس شده پیاز رطوبتی با روش سینگ و همکاران (۲۰۰۶) در روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با آب معمولی را نسبت به مقادیر اندازه‌گیری شده و شکل ۴ مقادیر پیش‌بینی شده حداکثر عرض خیس شده پیاز رطوبتی با روش ملایی کندلوس و همکاران (۱۳۸۷) در روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با آب مغناطیسی را نشان می‌دهد. همانند شکل‌های ۱ و ۲، در این شکل‌ها نیز تمرکز نقاط در اطراف خط ۱:۱ اثبات‌کننده اختلاف اندک بین مقادیر پیش‌بینی شده با این دو روش نسبت به مقادیر اندازه‌گیری شده می‌باشد (Singh et al., 2006).

آزمایشات ریشه و چسب (۱۹۸۹) و لی و همکاران (۲۰۰۴) برای دبی‌های مختلف با استفاده از رگرسیون غیرخطی با مدل امین و اخماج (۲۰۰۶) نشان داد بین مقادیر عمق و عرض پیش‌بینی شده با مدل و مقادیر مشاهده شده، اختلاف کمی وجود داشت که بیان‌گر کارایی بالای مدل بود و اعتبار آن‌ها را تأیید کرد (Risse and



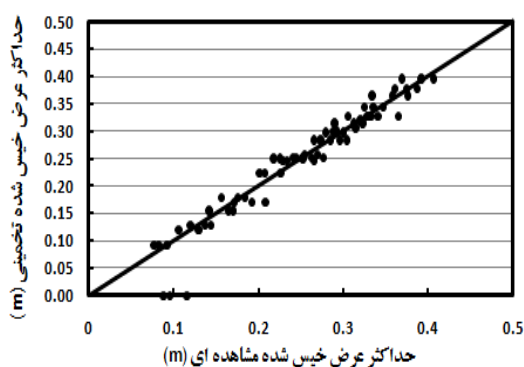
شکل ۳- مقادیر تخمینی و اندازه‌گیری شده عمق خیس شده با مدل سینگ و همکاران (۲۰۰۶) در روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با آب معمولی

عرض خیس شده پیاز رطوبتی بعد از آموزش یافتن می‌باشد. آزمایش جیانگ و کتن نشان داد بین رطوبت خاک تخمین زده شده با مدل شبکه‌های عصبی مصنوعی و مقادیر اندازه‌گیری شده همبستگی قوی وجود دارد (Jiang and Cotton, 2004). نتایج آزمایش لازارویچ و همکاران (۲۰۰۹) نشان داد بین مقادیر عمق و عرض خیس شده تخمینی با مدل شبکه‌های عصبی مصنوعی و مقادیر مشاهده شده، اختلاف کمی وجود داشت (Lazarvitch et al., 2009). نتایج پژوهش تابش و دینی (۱۳۸۹) نیز نشان داد که شبکه‌های عصبی مصنوعی از نوع پرسپترون چند لایه در مقایسه با شبکه‌های عصبی پایه شعاعی از قابلیت بالایی برای مدل‌سازی تقاضای روزانه آب شهری برخوردار می‌باشد.

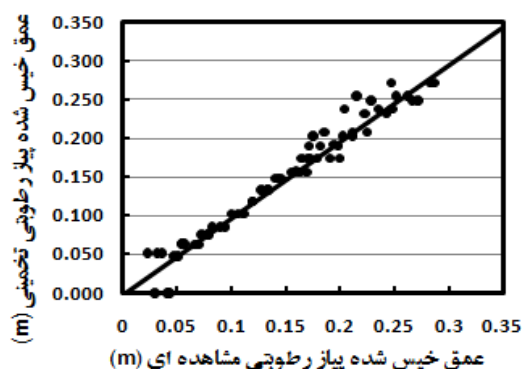
با توجه به نتایج جدول ۶ مشخص می‌شود که، تابع پایه شعاعی در تخمین مقادیر هر دو مشخصه مورد بررسی در این پژوهش برای هر دو نوع آب با هر دو روش آبیاری سطحی و زیرزمینی در مقایسه با توپولوژی پرسپترون چند لایه عملکرد ضعیف‌تری داشت. این مسئله به وضوح از پائین بودن مقدار آماره برای تابع پایه شعاعی در مقایسه با پرسپترون چند لایه برای شرایط مشابه قابل استنتاج می‌باشد. شکل‌های ۵ و ۶ مقادیر پیش‌بینی شده عمق خیس شده و حداکثر عرض خیس شده پیاز رطوبتی با روش پرسپترون چند لایه در روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با آب معمولی را نشان می‌دهد. شکل‌ها، اثبات کننده توانایی خوب شبکه‌های عصبی مصنوعی با توپولوژی پرسپترون چند لایه جهت پیش‌بینی مقادیر عمق خیس شده و حداکثر

جدول ۶- مقادیر آماره‌های ارزیابی مدل‌های شبکه‌های عصبی مصنوعی در برآورد پارامترهای عمق و حداکثر عرض خیس شده

EF	NRMSE (%)	RMSE(m)	r	نوع آب	روش آبیاری قطره‌ای	نوع شبکه	مشخصه پیاز رطوبتی
-۰/۹۵۴	۱۰/۶۳	۰/۰۱۵	۰/۹۷۹	معمولی	سطحی	پرسپترون چند لایه	عمق خیس شده
-۰/۹۱۱	۱۴/۷۶	۰/۰۲۱	۰/۹۷۹	معمولی	سطحی	تابع پایه شعاعی	
-۰/۸۸۲	۱۷/۶۴	۰/۰۲۱	۰/۹۴۹	مغناطیسی	سطحی	پرسپترون چند لایه	
-۰/۷۸۴	۲۳/۹۴	۰/۰۲۸	۰/۸۹۵	مغناطیسی	سطحی	تابع پایه شعاعی	
-۰/۹۰۹	۱۰/۷۱	۰/۰۱۹	۰/۹۶۵	معمولی	زیرسطحی	پرسپترون چند لایه	حداکثر عرض خیس شده
-۰/۸۲۸	۱۴/۷۲	۰/۰۲۶	۰/۹۱۷	معمولی	زیرسطحی	تابع پایه شعاعی	
-۰/۵۹۵	۲۳/۱۸	۰/۰۴۶	۰/۸۸۸	مغناطیسی	زیرسطحی	پرسپترون چند لایه	
-۰/۵۳۲	۲۴/۹۲	۰/۰۵۰	۰/۸۵۶	مغناطیسی	زیرسطحی	تابع پایه شعاعی	
-۰/۸۹۲	۱۲/۲۲	۰/۰۲۹	۰/۹۴۵	معمولی	سطحی	پرسپترون چند لایه	حداکثر عرض خیس شده
-۰/۸۱۰	۱۶/۲۳	۰/۰۳۹	۰/۹۴۵	معمولی	سطحی	تابع پایه شعاعی	
-۰/۶۹۴	۲۰/۹۰	۰/۰۵۹	۰/۸۹۵	مغناطیسی	سطحی	پرسپترون چند لایه	
-۰/۵۹۹	۲۳/۹۴	۰/۰۶۷	۰/۸۴۴	مغناطیسی	سطحی	تابع پایه شعاعی	
-۰/۹۱۶	۱۰/۳۳	۰/۰۲۵	۰/۹۶۷	معمولی	زیرسطحی	پرسپترون چند لایه	حداکثر عرض خیس شده
-۰/۸۵۳	۱۳/۵۸	۰/۰۳۳	۰/۹۳۳	معمولی	زیرسطحی	تابع پایه شعاعی	
-۰/۶۲۷	۲۱/۹۱	۰/۰۵۹	۰/۹۱۱	مغناطیسی	زیرسطحی	پرسپترون چند لایه	
-۰/۵۷۱	۲۳/۵۱	۰/۰۶۴	۰/۸۷۴	مغناطیسی	زیرسطحی	تابع پایه شعاعی	



شکل ۶- مقادیر تخمینی و اندازه‌گیری شده حداکثر عرض خیس شده با پرسپترون چند لایه در روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با آب معمولی



شکل ۵- مقادیر تخمینی و اندازه‌گیری شده عمق خیس شده با پرسپترون چند لایه در روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی با آب معمولی

جدول ۷- بهترین روش تخمین مشخصه‌های پیاز رطوبتی مورد بررسی

EF	NRMSE (%)	RMSE(m)	r	بهترین روش تخمین	نوع آب	روش آبیاری قطره‌ای	مشخصه پیاز رطوبتی
۰/۹۷۶	۷/۷۱	۰/۰۱۱	۰/۹۸۸	رگرسیون ساده خطی، شوارتزمن و زور (۱۹۸۶) و میرزایی و همکاران (۱۳۸۷)	معمولی	سطحی	عمق خیس شده
۰/۹۴۸	۱۱/۶۵	۰/۰۱۴	۰/۹۷۴	شوارتزمن و زور (۱۹۸۶) و میرزایی و همکاران (۱۳۸۷)	مغناطیسی		
۰/۹۹۹	۰/۲۲	۰/۰۰۰	۰/۹۹۹	سینگ و همکاران (۲۰۰۶) و ملایی کندلوس و همکاران (۱۳۸۷)	معمولی	زیرسطحی	
۰/۹۹۹	۰/۲۲	۰/۰۰۰	۰/۹۹۹	سینگ و همکاران (۲۰۰۶) و ملایی کندلوس و همکاران (۱۳۸۷)	مغناطیسی		
۰/۹۰۱	۱۱/۶۸	۰/۰۲۸	۰/۹۵۰	شوارتزمن و زور (۱۹۸۶) و میرزایی و همکاران (۱۳۸۷)	معمولی	سطحی	حداکثر عرض خیس شده
۰/۹۵۲	۸/۲۳	۰/۰۲۳	۰/۹۷۶	شوارتزمن و زور (۱۹۸۶) و میرزایی و همکاران (۱۳۸۷)	مغناطیسی		
۰/۹۸۳	۴/۵۶	۰/۰۱۱	۰/۹۹۱	سینگ و همکاران (۲۰۰۶)	معمولی	زیرسطحی	
۰/۹۹۵	۰/۴۶	۰/۰۰۶	۰/۹۹۷	سینگ و همکاران (۲۰۰۶) و ملایی کندلوس و همکاران (۱۳۸۷)	مغناطیسی		

خیس شده و حداکثر عرض خیس شده، در دو آبیاری قطره‌ای (سطحی و زیرسطحی) و دو نوع آب آبیاری (معمولی و مغناطیسی) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج بررسی نشان داد که روش رگرسیون چندگانه نسبت به دو روش رگرسیون ساده خطی و شبکه‌های عصبی مصنوعی توانایی بالاتری در تخمین مقادیر مشخصه‌های پیاز رطوبتی دارد (Schwartzman and Zur, 1986; Singh et al., 2006). هم‌چنین از بین دو توپولوژی و ساختار مختلف هوش مصنوعی مورد بررسی در این پژوهش، توپولوژی پرسپترون چند لایه نسبت به تابع پایه شعاعی، عملکرد بهتری در برآورد مقادیر مشخصه‌های عمق خیس شده و حداکثر عرض خیس شده پیاز رطوبتی داشت.

با عنایت به این نکته که آگاهی از مشخصه‌های عمق خیس شده و حداکثر عرض خیس شده پیاز رطوبتی یکی از پارامترهای اساسی در طراحی سیستم‌های آبیاری قطره‌ای می‌باشد و در نظر گرفتن این نکته که اندازه‌گیری این مشخصه‌ها در مزرعه به وقت، هزینه و نیروی ماهر نیاز دارد، با توجه به نتایج این پژوهش، از روابط و توابع بسط داده شده جهت تخمین مشخصه‌های پیاز رطوبتی، می‌توان در زمان طراحی سود جست. این مسئله از احتمال بروز شکست طرح آبیاری قطره‌ای، پس از اجرای آن را به حداقل ممکن می‌رساند.

منابع

احمدی، پ و نیک‌نیا، ب. ۱۳۹۰. تکنولوژی مغناطیسی و امکان کشاورزی با آب شور و بهینه‌سازی کلیه آبهای مصرفی. چهارمین

جدول ۷ بهترین روش تخمین مشخصه‌های پیاز رطوبتی مورد بررسی در این پژوهش برای هر روش آبیاری و هر دو نوع آب را نشان می‌دهد. جدول ۷ بر اساس نتایج جداول ۴ تا ۶ بدست آمد. با توجه به جدول ۷، در تخمین مقادیر مشخصه‌های پیاز رطوبتی در هر دو روش آبیاری قطره‌ای و هر دو نوع آب، مدل‌های شبکه‌های عصبی مصنوعی در مقایسه با روش‌های رگرسیون (ساده و چندگانه) عملکرد پائینی داشت. هم‌چنین تخمین‌های صورت گرفته توسط روش رگرسیون ساده خطی فقط برای مشخصه عمق خیس شده آبیاری قطره‌ای سطحی با آب معمولی عملکردی همسان و یکنواخت با دو روش شوارتزمن و زور (۱۹۸۶) و میرزایی و همکاران (۱۳۸۷) اختلاف کمی با مقادیر واقعی داشت و در بقیه موارد این روش نسبت به بقیه روش‌ها، عملکرد پائین تری داشت (Schwartzman and Zur, 1986). در کلیه حالت‌های مورد بررسی در این پژوهش روش‌های تجربی مبتنی بر رگرسیون خطی چندگانه، عملکرد بهتری نسبت به سایر روش‌های مورد بررسی داشت.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش کارایی عملکرد روش‌های رگرسیون ساده خطی، رگرسیون چندگانه (شامل شوارتزمن و زور (۱۹۸۶)، میرزایی و همکاران (۱۳۸۷)، سینگ و همکاران (۲۰۰۶) و ملایی کندلوس و همکاران (۱۳۸۷)) و شبکه‌های عصبی مصنوعی (پرسپترون چند لایه و پایه شعاعی) در برآورد مقادیر دو مشخصه پیاز رطوبتی (شامل عمق

- predicted using artificial neural networks. *Journal of Engineering Mathematics*. 64:2. 207-218.
- Li, J., Zhang, J and Rao, M. 2004. Wetting patterns and nitrogen distributions as affected by fertigation strategies from a surface point source. *Agricultural Water Management*. 67:2. 89-104.
- Malek, K and Peters, R. 2011. Wetting pattern models for drip irrigation: new empirical model. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*. 137:8. 530-536.
- Monjezi, M.S., Liaghat, A and Ebrahimian, H. 2012. Simulation of soil wetting front in surface and subsurface gravity drip irrigation. 7th ICID Asian Regional conference, Adelaide, Australia.
- Mostafazadeh-Fard, B., Khoshravesh, M., Mousavi, S.F and Kiani, A.R. 2011. Effects of magnetized water and irrigation water salinity on soil moisture distribution in trickle. *Technical Notes, Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 137:6. 398-403.
- Patel, N and Rajput, T.B.S. 2008. Dynamics and modeling of soil water under subsurface drip irrigated onion. *Agricultural Water Management*. 95:12. 1335-1349.
- Risse, L.M and Chesness, J.L. 1989. A simplified design procedure to determine the wetted radius for a trickle emitter. *Transactions of American Society of Agricultural Engineering*. 32:6. 1909-1914.
- Samuel, D and Dani, O. 1999. *Drip Irrigation (Applied Agriculture)*. Springer, 1st edition, New York, USA.
- Schwartzman, M and Zur, B. 1986. Emitter spacing and geometry of wetted soil volume. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*. 112:3. 242-253.
- Singh, D.K., Rajput, T.B.S., Singh, D.K., Sikarwar, H.S., Sahoo, R.N and Ahmad, T. 2006. Simulation of soil wetting pattern with subsurface drip irrigation from line source. *Agricultural Water Management*. 83:1-2. 130-134.
- Vanclooster, M., Mallants, D., Vanderborght, J., Diels, J., Van Orshoven, J and Feyen, J. 1995. Monitoring solute transport in a multi-layered sandy lysimeter using time domain reflectometry. *Soil Science Society of America Journal*, 59: 337-344.
- Willmut, C.J. 1982. Some comments on the evaluation of model performance. *Bulletin of the American Meteorological Society*. 63: 1309-1313.
- کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران.
- پروانک بروجنی، ک. ۱۳۸۴-۱۳۸۵. شبیه‌سازی الگوی خیس‌شدگی منطقه ریشه گیاهان تحت آبیاری قطره‌ای با استفاده از تکنیک شبکه‌های عصبی مصنوعی. گیاه و زیست بوم، ۱(۴ و ۵): ۹۲-۱۰۸.
- تابش، م و دینی، م. ۱۳۸۹. پیش‌بینی تقاضای روزانه آب شهری با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی، مطالعه موردی: شهر تهران. آب و فاضلاب، ۲۱: ۸۴-۹۵.
- ملایی کندلوس، م.، لیاقت، ع و عباسی، ف. ۱۳۸۷. برآورد ابعاد پیاز رطوبتی در آبیاری قطره‌ای زیر سطحی با استفاده از آنالیز ابعادی. علوم کشاورزی ایران، ۳۹: ۲: ۳۷۱-۳۷۸.
- میرزایی، ف.، هورفر، ع.ا و حاتمی، م. ۱۳۸۷. تقریب نیمه‌تحلیلی توزیع دو بعدی رطوبت در آبیاری قطره‌ای-نواری. پژوهش کشاورزی (آب، خاک و گیاه در کشاورزی)، ۸(۱-الف): ۱۴۷-۱۵۸.
- نوری، ر.، اشرفی، خ و اژدرپور، ا. ۱۳۸۷. مقایسه کاربرد روش‌های شبکه عصبی مصنوعی و رگرسیون خطی چند متغیره بر اساس تحلیل مؤلفه‌های اصلی برای پیش‌بینی غلظت میانگین روزانه کربن مونوکسید: بررسی موردی شهر تهران. *مجله فیزیک زمین و فضا*، ۳۴(۱): ۱۳۵-۱۵۲.
- Amin, M.S.M and Ekhmaj, A.I. 2006. Dipac-Drip irrigation water distribution pattern calculator. 7th International Micro Irrigation Congress. PWTC, Kuala Lumpur, Malaysia.
- Arbat, G., Puig-Bargués, J., Duran-Ros, M., Barragán, J and Ramírez de Cartagena, F. 2011. Soil wetting patterns under surface drip irrigation for different soil conditions. *Geophysical Research Abstracts*, 13: 1434.
- Fatahi Nafchi, R., Mosavi, F and Parvanak, K. 2011. Experiential study shape and volume of wetted soil in trickle irrigation method. *African Journal of Agricultural Research*. 6:2. 458-466.
- Jiang, H and Cotton, R.W. 2004. Soil moisture estimation using an artificial neural network: a feasibility study. *Canadian Journal of Remote Sensing*: 30:5. 827-839.
- Lazarovitch, N., Poulton, M., Furman, A and Warrick, A. 2009. Water distribution under trickle irrigation

Comparing Regression and Artificial Neural Networks in Estimation of soil Wetted Pattern Dimensions With Magnetic and None Magnetic Water

M. Abdollahi-Siahkalroudi^{1*}, J. Nikbakht², M.H. Mohammadi³ and M.R. Khaledian⁴

Recived: Jan.7, 2014

Accepted: Apr.29, 2015

Abstract

Having proper information of the wetted width and depth of soil for the appropriate design and management of a drip irrigation system is essential. This research was carried out to calculate the wetted depth and the maximum wetted width in both surface and subsurface drip irrigations with normal and magnetic waters. Measured values were compared with linear and nonlinear regression and neural network models. Experimental measurements were done on a clay loam soil in the greenhouse of Zanzan University. The results showed that the simple linear and multiple regression for Schwartzman and Zur (1986) and Mirzaei et al (2008) to estimate the wetted depth in surface drip irrigation with normal water was better ($r=0.988$ and $RMSE=0.011$ m). The difference between the estimated values using Schwartzman and Zur (1986) and Mirzaei et al (2008) in the wetted depth with magnetic water in surface drip irrigation ($r=0.974$ and $RMSE=0.014$ m) and the maximum wetted width in surface drip irrigation with normal water ($r=0.950$ and $RMSE=0.028$ m) and with magnetic water ($r=0.976$ and $RMSE=0.023$ m) with the observed data was minimal. Among the artificial neural networks models used in this study, multilayer perceptron model as compared with radial basis function model performed better.

Keywords: Artificial neural networks, Drip irrigation, Normal water, Magnetic water, Regression

1. M.Sc. Student of Irrigation and Drainage, Faculty of Agricultural Sciences, University of Zanzan

2- Assist. Prof., Dept. of Water Engineering, Faculty of Agricultural Sciences, University of Zanzan

3- Assist. Prof., Dept. of Soil Science. Faculty of Agricultural Sciences, University of Zanzan

4- Assist. Prof., Dept. of Water Eng., Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, and Dept. of Water Engineering and Environment, Caspian Sea Basin Research Center

(*- Corresponding Author Email: m.abdollahi1000@yahoo.com)