

شبیه‌سازی جریان در آبیاری جویچه‌ای با استفاده از نرم‌افزار WinSRFR4.1 به منظور تعیین

طول مناسب جویچه‌ها

منا گلابی^{۱*} - محمدرضا سیککی نژاد^۲ - علی شیرافروس^۳ - محمد الباجی^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۲/۲۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۰/۱۵

چکیده

پیش بینی و محاسبه منحنی‌های پیشروی و پسروی آب در جویچه مستلزم یک سری اندازه‌گیری‌های دقیق در داخل مزرعه می‌باشد، که این کار باعث صرف هزینه و وقت زیادی می‌گردد. به کارگیری یک روش روندیابی هیدرولیکی در تعیین نرخ پیشروی جریان آب در جویچه و مقایسه آن با نتایج حاصل از مدل‌های موجود در نرم‌افزار WinSRFR4.1 هدف اصلی این مطالعه بوده است. مدل با استفاده از ۲۷ سری داده مزرعه‌ای اجرا و با نتایج مدل‌های نرم‌افزار WinSRFR4.1 مقایسه شد. آزمایش‌ها در مزرعه تحقیقاتی دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه آزاد شوشتر انجام پذیرفت. داده‌ها از سه جویچه به طول‌های ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ متری در سه تکرار و تحت سه دبی ۱ و ۱/۲۵ و ۱/۵ لیتر در ثانیه برداشت شد. جهت بررسی آماری از متوسط خطای پیش‌بینی مدل (E_p)، توزیع نسبت به خط ۴۵ درجه (λ)، ضریب تعیین (R^2) و متوسط خطای نسبی مدل (E_a) استفاده شده است. طبق نتایج به دست آمده از این مطالعه، مقادیر پیش بینی شده در مرحله پیشروی برای تمامی مدل‌ها بیشتر از مقادیر مشاهداتی و مدل اینرسی صفر با متوسط خطای نسبی به میزان ۹/۵۸۸ درصد بهترین نتایج را در بر دارد. ضعیف‌ترین پیش‌بینی‌ها با متوسط خطای نسبی ۲۱/۳۳ درصد مربوط به مدل موج کنیما تیک می‌باشد. هم چنین بر اساس نتایج بدست آمده با افزایش طول جویچه و دبی ورودی به آن مدل اینرسی صفر خطای نسبی کمتری خواهد داشت.

واژه‌های کلیدی: مدل اینرسی صفر، مدل موج کنیما تیک، مرحله پیشروی

مقدمه

نوع روش نیست، بلکه مربوط به ضعف در طراحی، اجرا و مدیریت می‌باشد. با توجه به کمبود منابع آبی کشور و نیز آلودگی ایجاد شده توسط پساب‌های کشاورزی و زه‌آب‌های نفوذ یافته به منابع آبی اهمیت توجه به آب روز به روز بیشتر می‌گردد. هم‌چنین مشکلاتی چون بالا آمدن سطح ایستابی، شوری خاک و باتلاقی شدن زمین‌های کشاورزی، باز هم اهمیت توجه به آبیاری سطحی را نشان می‌دهد. جهت رفع این مشکلات می‌توان از مدل‌های کامپیوتری نهایت استفاده و سعی در بهبود وضعیت موجود نمود. اما قابل اطمینان بودن مدل‌ها با ارزیابی مزرعه‌ای آن‌ها مشخص می‌شود. در نحوه اجرای آبیاری جویچه‌ای، همانند آبیاری نواری می‌توان روش‌ها و تکنیک‌های مختلفی جهت بهبود بازده و یکنواختی توزیع آب انجام داد. از جمله این روش‌ها می‌توان به روش‌های انتها باز، انتها بسته و یا روش‌های مدیریتی چون روش کاهش جریان و جریان موجی اشاره کرد. طراحی هر روش با توجه به شرایط مزرعه‌ای می‌تواند در بهبود بازده آبیاری مؤثر باشد.

روش‌های آبیاری سطحی از رایج‌ترین روش‌ها در آبیاری مزارع کشاورزی می‌باشند. این روش‌ها نسبت به روش‌های آبیاری بارانی، قطره‌ای و زیرزمینی از جهاتی برتری دارند، زیرا هزینه‌های سرمایه‌گذاری و اجرای آنها کمتر است، ارزان می‌باشد، تعمیر و نگهداری وسایل مورد نیاز ساده بوده و به کارگر ماهر نیاز چندانی نیست. نیازهای جدید آب برای مصارف شهری، انرژی، صنعتی و نظامی، بیشتر به بهبود عملکرد سیستم‌های آبیاری سطحی نظر دارد. مریام^۵ (۱۲) بیان داشتند که بازده پایین در آبیاری سطحی مربوط به

۱ و ۴- استادیاران گروه آبیاری و زهکشی دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز

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

۲- دانش آموخته دانشکده کشاورزی و علوم آب، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شوشتر

۳- استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول

از طرفی ارزیابی هر روش، برای هر مزرعه، از طریق آزمون و خطا

پیشنهاد کردند.

مکاری قهرودی و همکاران (۶) با نرم افزار WinSRFR3.1 برای ارزیابی و شبیه سازی مراحل مختلف آبیاری در سه مزرعه آزمایشی گلکان مشهد، توتون ارومیه و مرکز تحقیقات کشاورزی صفی آباد دزفول تحقیقاتی انجام دادند. مقایسه نتایج مدل و داده های صحرائی نشان داد که مدل با دقت خوبی زمان های پیشروی و پسروی، فرصت نفوذ و بیلان حجمی را در جویچه های نسبتاً کوتاه تا نسبتاً طولانی شبیه سازی نموده است. بر اساس این تحقیق بیشترین میانگین خطای مدل مربوط به برآورد حجم رواناب سطحی (۶/۲ درصد) و کمترین آن مربوط به حجم آب ورودی (۳/۳۲ درصد) می باشد.

کریمی گوگری و پناهنده (۴) بر اساس نتایج حاصل از شبیه سازی با استفاده از نرم افزار WinSRFR3.1 اظهار داشتند که نوارهایی که دارای ابعاد بیشتری هستند، شیب کمی داشته و دبی کمتری وارد آن ها می شود، راندمان توزیع یکنواختی آب و راندمان کاربرد آب در آن ها بیشتر است. افزایش طول تا حدی در افزایش راندمان موثر است و پس از آن دیگر تاثیری در افزایش راندمان ندارد و سپس باعث پایین آمدن راندمان می شود.

مرید نژاد (۵) در خصوص بهینه سازی آبیاری شیاری تحت شرایط اجرا شده در کشت و صنعت نیشکر سلمان فارسی با استفاده از نرم افزار WinSRFR3.1 مطالعاتی را انجام داد. ده مقدار مختلف برای دبی ورودی به شیاری و چهار مقدار مختلف برای شیب شیاری که مقادیر آن ها نزدیک به دبی و شیب های اجرا شده در کشت و صنعت نیشکر بود در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که در شرایط آبیاری شیاری اجرای شده در کشت و صنعت سلمان فارسی دبی بهینه ورودی شیاری مذکور برای بدست آوردن بالاترین راندمان با استفاده از نرم افزار مذکور برابر ۱/۵ لیتر بر ثانیه و شیب بهینه برابر ۰/۰۰۲۵ متر بر متر می باشد.

با توجه به این که در استان خوزستان کشاورزی جایگاه خاصی دارد و اغلب اراضی تحت آبیاری سطحی می باشند، در تحقیق حاضر جریان آب در آبیاری جویچه ای با استفاده از نرم افزار WinSRFR4.1 شبیه سازی و طول مناسب جویچه ها در مزرعه آزمایشی دانشگاه آزاد شوشتر تعیین گردید. در پژوهش حاضر پیشروی و پسروی جریان با استفاده از مدل های اینرسی صفر و موج کینماتیک شبیه سازی و نتایج با داده های صحرائی مورد مقایسه قرار گرفتند.

مواد و روش ها

معرفی نرم افزار و مدل های ریاضی آن

نرم افزار WinSRFR4.1 در سال ۲۰۱۲ توسط وزارت کشاورزی ایالات متحده آمریکا، سرویس تحقیق کشاورزی توسعه یافته است. این نرم افزار شامل مدل های اینرسی صفر و موج کینماتیک می باشد

ناممکن می باشد. از این رو محققین تلاش کرده اند که با استفاده از مدل های آبیاری سطحی این کار را ممکن سازند و طرح های گوناگون برای شرایط مزرعه ای مختلف را شبیه سازی و ارزیابی کنند. اما برای این که کارایی خود این مدل ها در پیش بینی فرایندهای مختلف آبیاری آزموده شود، ابتدا نیاز به ارزیابی مزرعه ای این مدل ها در مزارع می باشد. بدین جهت طی تحقیقات انجام شده مدل ها برای شرایط منطقه ای مورد مطالعه خود، مورد ارزیابی قرار گرفته و مدل مناسب منطقه ای جهت بهبود معیارهای طراحی و اقدامات مدیریتی معرفی و پیشنهاد شده است، که از جمله آن ها می توان به موارد زیر اشاره کرد:

چن^۱ و همکاران (۸ و ۹) به ارزیابی و بهبود عملکرد آبیاری با استفاده از نرم افزار WinSRFR3.1 در شمال چین پرداختند و نتایج نشان دهنده توانایی مناسب این نرم افزار در ارزیابی عملکرد آبیاری نواری بود.

مهانا^۲ و همکارانش (۱۱) تحقیقاتی را در خصوص تاثیر راندمان آبیاری سطحی با نرم افزار آبیاری سطحی در خاک هایی با بافت رسی لومی در کشور مصر انجام داده اند. مطابق نتایج به دست آمده مدل به طور مناسب زمان پیشروی و پسروی هم چنین عمق قابل نفوذ را توصیف می کند. عملاً برای محیط آزمایشی، مدل پیشگویی های قابل قبولی برای جویچه هایی با طول ۵۰ و ۷۵ متر در شیب ۰/۰۲ درصد نشان داد. به علاوه برای جویچه هایی با طول ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ متر با شیب ۰/۵ درصد در آبیاری اولیه نتایج مطلوبی را ارائه می دهد.

باتیستا^۳ و همکاران (۷) از نرم افزار WinSRFR3.1 به منظور ارزیابی عملکرد سیستم آبیاری و تخمین خصوصیات نفوذ و زبری هیدرولیکی استفاده نمودند. سپس کاتوره های عملکرد در قسمت آنالیز عملیات به منظور بهینه سازی دبی جریان ورودی و زمان قطع مورد استفاده قرار گرفت. محدودیت های هیدرولیکی و عملی در یافتن یک عملیات بهینه یا راه حل طراحی در نظر گرفته شده اند.

اسفندیاری و مهشوری^۴ (۱۰)، برای ارزیابی چهار مدل ارائه شده توسط رز، واکر، استرلکف و الیوت با شرایط آبیاری جویچه ای در مزارع جنوب شرقی استرالیا تحقیقاتی انجام دادند. با توجه به نتایج بدست آمده از تحقیق آن ها مشخص گردید که مدل های واکر-هیدرودینامیک، واکر-اینرسی صفر، رز-اینرسی صفر و الیوت-اینرسی صفر بهترین پیش بینی را در مورد زمان پیشروی آب ارائه داده اند و مدل های استرلکف-اینرسی صفر و استرلکف-موج کینماتیک بهترین نتایج را در مورد زمان پسروی ارائه می دهند. در نهایت با توجه به مجموع شرایط آن ها مدل واکر را برای آن منطقه

1- Chen
2- Mehana
3- Bautista
4- Esfandiari and Maheshwari

متری) و پسروی ثبت شد. با توجه به حساسیت آبیاری نسبت به نفوذ و نیاز نرم‌افزار به اطلاعات نفوذ در ضمن این تحقیق میزان نفوذ به روش دو نقطه‌ای تعیین گردید.

سرانجام با ورود داده‌های مورد نیاز نرم‌افزار و شبه‌سازی جریان جویچه‌ها بین مقادیر شبه‌سازی شده و نتایج واقعی مقایسه صورت گرفت.

برای ارزیابی نتایج مدل‌ها از ترکیب روش‌های آماری اسفندیاری و مهندسی (۱۱) استفاده گردید. در این تحقیق برای مقایسه و ارزیابی مقادیر مشاهده شده X_0 و مقادیر پیش‌بینی شده توسط مدل‌ها X_p از برازش داده‌ها به وسیله معادله رگرسیونی زیر استفاده شده است:

$$X_p = \lambda \times X_0 \quad (1)$$

که در آن: λ شیب بهترین خط برازش داده شده بر داده‌ها می‌باشد. شاخص‌های ضریب همبستگی (R^2) و انحراف معیار () تعیین کننده تناسب برازش معادله فوق به داده‌ها می‌باشد. در این معادله مقادیر $\lambda < 1$ نشان دهنده پیش‌بینی کمتر از مقدار واقعی و $\lambda > 1$ نشان دهنده پیش‌بینی بیشتر از مقادیر واقعی می‌باشد (۱۱). از دیگر شاخص‌های مورد استفاده جهت ارزیابی درصد متوسط خطای پیش‌بینی مدل (Er) و درصد متوسط خطای نسبی مدل (Ea) می‌باشد. مقدار درصد متوسط خطای و درصد متوسط خطای نسبی پیش‌بینی مدل‌های انتخاب شده، از رابطه‌های (۱) و (۲) به دست می‌آید.

$$E_r = |1 - \lambda| \times 100 \quad (2)$$

$$E_a = \frac{100}{N} \sum_{i=1}^N \frac{|x_{oi} - x_{pi}|}{x_{oi}} \quad (3)$$

نتایج و بحث

در تحقیق حاضر ابتدا به روش هیدرومتری بافت خاک مزرعه مورد مطالعه تعیین گردید که نتایج آن در جدول (۱) ارائه شده است. مطابق نتایج به دست آمده بافت خاک مزرعه از نوع سیلتی رسی لومی که بافت نسبتاً سنگین است می‌باشد.

پس از ورود داده‌های مورد نیاز مدل به نرم‌افزار نتایج شبه‌سازی استخراج گردید و با داده‌های مزرعه‌ای مقایسه شدند. جدول (۲) و نمودارهای (۱) و (۲) نتایج مربوط به مقایسه داده‌های محاسباتی و مشاهداتی مرحله پیشروی را نشان می‌دهند.

مطابق نتایج به دست آمده مقادیر R^2 و K^2 به ترتیب به میزان ۰/۹۱۲ و ۹۸/۷۶ برای مدل اینرسی صفر به دست آمد. با توجه به اعداد جدول (۲) مشخص می‌شود که مدل‌های اینرسی صفر و موج کینماتیک پیشروی آب را بیشتر از مقدار واقعی برآورد نموده‌اند ($\lambda > 1$). کمترین میزان خطای نسبی مربوط به مدل اینرسی صفر بود و ضعیف‌ترین پیش‌بینی‌ها با متوسط خطای نسبی ۲۱/۳۳ درصد مربوط به مدل موج کینماتیک می‌باشد.

(با علائم نگارشی ZI و KW) و برای تمامی روش‌های آبیاری سطحی اعم از آبیاری جویچه‌ای، نواری و کرتی قابل استفاده می‌باشد. همچنین، قادر به فراهم آوردن مدیریت جریان‌های موجی و کاهش دبی است. در این نرم‌افزار برای توصیف خصوصیات نفوذ، از معادله‌های کوستیاکوف و کوستیاکوف اصلاح شده استفاده می‌گردد.

شرایط جریان در جویچه از نوع غیرماندگار و غیر یکنواخت بوده یعنی نسبت به زمان و مکان تغییر می‌کند. شدت جریان در هر منطقه، به خاطر پدیده نفوذ در حال تغییر می‌باشد. در جبهه پیشروی، عمق جریان تابعی از زمان و مکان می‌باشد. معادلات مربوط به این جریان، حاصل دو معادله پیوستگی و اندازه حرکت جریان می‌باشد که به معادلات سنت- و نانت مشهورند. اساس نرم‌افزار WinSRFR4.1 معادلات مذکور می‌باشند، این نرم‌افزار دو مدل اینرسی صفر و مدل موج کینماتیک جهت شبه‌سازی آبیاری استفاده می‌نماید.

این مدل، ابتدا برای کارهای هیدرولوژیکی توسعه یافت، سپس در آبیاری سطحی در تحقیقات مختلف بکار برده شده است که از جمله این تحقیقات می‌توان به واکر و همفریس^۱ (۱۵)، شایا^۲ و همکاران (۱۳)، استرلکف (۱۴)، عباسی (۲)، فرزام نیا (۳) اشاره نمود.

روش تحقیق

به منظور ارزیابی و بررسی نتایج حاصل از مدل‌های موجود در نرم‌افزار WinSRFR4.1، آزمایش‌های صحرایی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده مهندسی کشاورزی و علوم آب دانشگاه آزاد اسلامی واحد شوشتر انجام پذیرفت. داده‌های پیشروی و پسروی از سه جویچه به طول‌های ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ متر، در سه تکرار و تحت سه دبی ۱، ۱/۲۵ و ۱/۵ لیتر در ثانیه برداشت شد. داده‌های گردآوری شده مبنایی جهت ارزیابی نرم‌افزار می‌باشند. تعداد سه جویچه جهت آزمایش فراهم شد که جویچه وسط به عنوان جویچه آزمایشی و جویچه‌های جانبی آن جویچه‌های حائل بودند. فاصله جویچه‌ها از یکدیگر ۰/۷۵ متر بود. قبل از انجام آزمایش‌ها جهت تعیین بافت خاک به فواصل ۴۰ متری در چهار عمق ۰-۲۵، ۲۵-۵۰، ۵۰-۷۵ و ۷۵-۱۰۰ سانتی‌متری نمونه‌های دست نخورده تهیه شد. بافت خاک مزرعه به روش هیدرومتری با استفاده از نمونه‌های تهیه شده تعیین گردید. منبع تأمین آب مورد استفاده برای انجام آزمایش‌ها از منبع آب دانشگاه بود که به وسیله پمپاژ آب به مزرعه منتقل می‌شد.

این تحقیق در زمستان ۱۳۹۱ و بهار ۱۳۹۲ صورت گرفت و در این پژوهش از روش آبیاری جویچه‌ای انتها باز استفاده گردید. ضمن کنترل جریان ورودی و خروجی با استفاده از فلوم W.S.C تیپ دو اطلاعات مربوط به پیشروی، عمق آب در هر ایستگاه (فواصل پنج

خطای مجاز تعریف شد. در این تحقیق بر اساس آزمایش‌های مزرعه‌ای انجام شده توسط اسفندیاری و مهشواری (۱۱) و جلیلی (۱)، مقدار حد آستانه خطای نسبی مجاز برای مرحله پیشروی 20 درصد در نظر گرفته شد که نتایج حاصله در جدول (۳) آمده است.

میزان درصد خطا در پارامترهای مزرعه‌ای از قبیل خصوصیات نفوذ و مقاومت هیدرولیکی بدلیل ماهیت غیرملموس و عدم وجود روش‌های استاندارد در برآورد آن‌ها ممکن است در انتخاب و قضاوت در مورد درجه دقت مدل‌ها تأثیر گذارد. از این نظر، برای تعدیل میزان خطا در کلیه مدل‌ها جهت پیش‌بینی مرحله پیشروی یک حد آستانه

جدول ۱- مشخصات بافت خاک

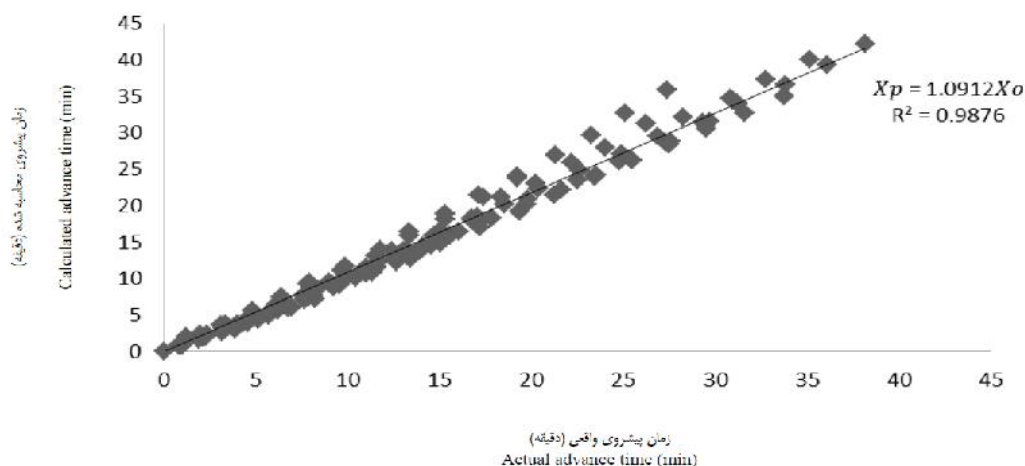
Table 1- Characteristic of soil texture

بافت خاک Soil texture	شن	سیلت	رسی	نوع ذرات
	Sand	Silt	Clay	Particles
	درصد (%)			عمق Depth (cm)
سیلتی رسی Silty Clay	10.5	48.75	40.75	0-25
سیلتی رسی لومی Silty Clay Loam	9.5	51.75	38.75	25-50
سیلتی رسی لومی Silty Clay Loam	11.5	48.75	39.75	50-75
سیلتی رسی لومی Silty Clay Loam	7.5	53.7	38.8	75-100

جدول ۲- متوسط شاخص‌های آماری ارزیابی در مرحله پیشروی

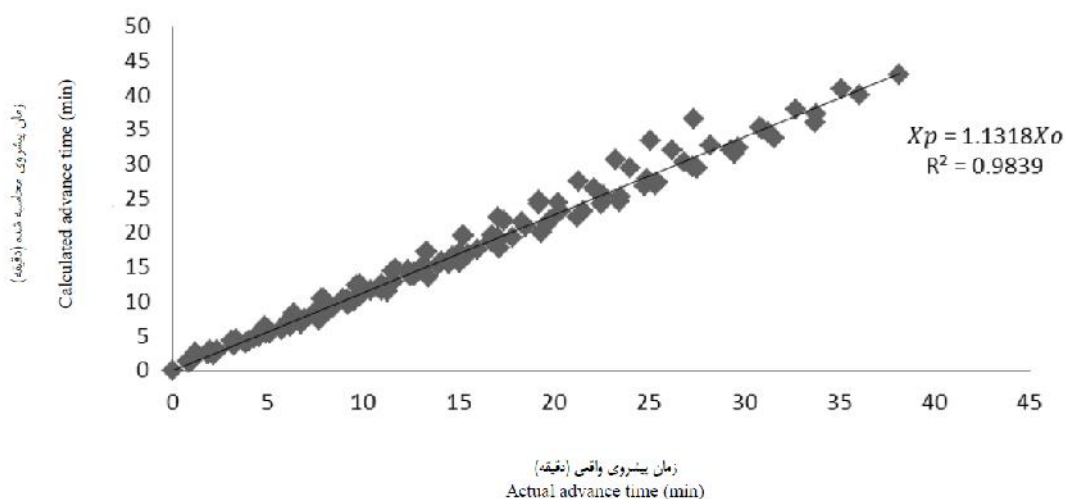
Table 2- The average of statistical indices in advance phase

مدل (Model)	E_r (%)	R^2 (%)	E_a (%)
اینرسی صفر (Zero inertia)	1.0912	9.12	98.76
موج کینماتیک (Kinematic wave)	1.1318	13.18	98.39



نمودار ۱- زمان پیشروی واقعی و شبیه‌سازی شده توسط مدل اینرسی صفر

Figure 1- Actual and simulated advance time with Zero inertia model



نمودار ۲- زمان پیشروی واقعی و شبهه‌سازی شده توسط مدل موج کینماتیک
 Figure 2- Actual and simulated advance time with Kinematic wave model

جدول ۳- تعداد و درصد کل آبیاری‌ها (که در آن مرحله پیشروی $E_a < 20\%$ می‌باشد)
 Table 3- The number and percentage of total irrigation (In advance phase with $E_a < 20\%$)

مدل Model	مدل اینرسی صفر Zero inertia model	مدل موج کینماتیک Kinematic wave model
تعداد کل آبیاری Number of total irrigation	27	27
تعداد آبیاری با $E_a > 20\%$ Number of irrigation with $E_a > 20\%$	25	3
درصد قبولی Percent of reasonably	92.59	11.11

خطای نسبی هر دو مدل در دبی ۱/۲۵ لیتر بر ثانیه بیشتر از سایر دبی‌های بوده است. هم‌چنین در مدل موج کینماتیک با افزایش دبی ورودی به جویچه متوسط خطای نسبی افزایش می‌یابد. نرم‌افزار WinSRFR4.1 علاوه بر شبهه‌سازی مرحله پیشروی جریان قادر است نمودارهای متنوعی را تولید می‌کند که این نمودارها به متخصصین آبیاری کمک زیادی جهت تجسم نحوه نفوذ و پیشروی جریان در فارو می‌نماید. مهمترین نمودارها، نمودار پیشروی و پسروری جریان می‌باشد. جهت تایید صحت اطلاعات برداشت شده صحرايي با استفاده از نرم‌افزار WinSRFR4.1 مرحله پیشروی برای جویچه‌ها به ازای طول و دبی‌های مختلف شبهه‌سازی شد. نتایج در جدول (۵) ارائه شده است.

در مدل اینرسی صفر ۹۲/۵۹ درصد مشاهدات، خطای نسبی کمتر از حد آستانه مجاز داشته‌اند که مطلوب‌ترین مقدار پیش‌بینی است و ضعیف‌ترین آن‌ها مربوط به مدل موج کینماتیک با ۱۱/۱۱ درصد می‌باشد. همان‌گونه که ذکر شد آبیاری‌ها در سه جویچه به طول‌های ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ متر و با سه دبی ۱، ۱/۲۵ و ۱/۵ لیتر بر ثانیه و در سه تکرار انجام شد. اثر متغیرهای طول جویچه و دبی ورودی به جویچه بر پیش‌بینی مدل‌ها در مرحله پیشروی، به وسیله مدل‌های اینرسی صفر و مدل موج کینماتیک توسط نرم‌افزار WinSRFR4.1 بررسی گردید. نتایج حاصل در جدول (۴) ارائه شده است. طبق نتایج بدست آمده در مدل اینرسی صفر با افزایش دبی ورودی به جویچه متوسط خطای نسبی کاهش می‌یابد. به بیان دیگر هر چه طول جویچه بیشتر و میزان دبی ورودی به جویچه بیشتر باشد کارایی این مدل بیشتر خواهد بود.

جدول ۴- ارزیابی مدل‌های اینرسی صفر و موج کینماتیک در طول‌ها و دبی‌های مختلف

Table 4- Evaluation of Zero inertia and Kinematic wave models with different lengths and discharges

طول جویچه The length of furrow (m)	دبی Discharge (l/s)	نام مدل Model	E_a (%)	R^2 (%)	E_r (%)	
60	1.00	اینرسی صفر Zero inertia	9.13	99.03	1.67	1.0167
		موج کینماتیک Kinematic wave	17.51	99.83	8.43	1.0843
	1.25	اینرسی صفر Zero inertia	16.18	99.7	19.49	1.1949
		موج کینماتیک Kinematic wave	28.96	99.91	27.28	1.2728
	1.50	اینرسی صفر Zero inertia	9.07	99.94	2.34	1.0234
		موج کینماتیک Kinematic wave	21.43	98.93	10.66	1.1066
80	1.00	اینرسی صفر Zero inertia	8.125	99.92	7.3	1.073
		موج کینماتیک Kinematic wave	21.437	99.83	12.06	1.1206
	1.25	اینرسی صفر Zero inertia	17.43	99.74	26.7	1.267
		موج کینماتیک Kinematic wave	25.37	99.85	30.47	1.3047
	1.50	اینرسی صفر Zero inertia	9.68	99.66	13.64	1.1364
		موج کینماتیک Kinematic wave	21.5	99.37	18.63	1.1863
100	1.00	اینرسی صفر Zero inertia	9.7	99.44	5.78	1.0578
		موج کینماتیک Kinematic wave	17.65	99.65	8.3	1.083
	1.25	اینرسی صفر Zero inertia	15.01	99.95	3	1.03
		موج کینماتیک Kinematic wave	26.95	99.86	7.26	1.0726
	1.50	اینرسی صفر Zero inertia	5.25	99.9	11	1.11
		موج کینماتیک Kinematic wave	22.51	99.73	14	1.14

زمان قطع جریان ورود آب به جویچه در ارتباط با مسافت پیشروی آب در جویچه به طور قابل ملاحظه‌ای راندمان آبیاری را تحت تاثیر قرار می‌دهد. همچنین دبی ورودی آب نیز بر سرعت پیشروی آب تاثیر می‌گذارد. در بیشتر طرح‌های آبیاری دبی ورودی بر اساس میزان فرسایش پذیری خاک محاسبه می‌گردد. به علاوه زمان پسروری شبیه‌سازی شده آب در جویچه‌های که طول آن‌ها بیشتر است به واقعیت نزدیک‌تر است. با توجه به نمودارهای بدست آمده در کلیه

مطابق نتایج به دست آمده در این قسمت در جویچه‌های مورد آزمایش (هر سه طول) به ازای سه دبی آزمایشی میزان خطای مدل موج کینماتیک در تخمین مرحله پیشروی بیشتر از مدل اینرسی صفر بوده است. نتایج بدست آمده نشان می‌دهند که با افزایش دبی دقت مدل اینرسی صفر در تخمین پیشروی جویچه‌ها افزایش می‌یابد. همچنین هر چه طول جویچه بیشتر و دبی ورودی بیشتر باشد این مدل خطای کمتری را نشان می‌دهد. با توجه به نتایج حاصل تغییر در

مدل‌ها در دبی ۱/۲۵ لیتر در ثانیه برای دو مدل اینرسی صفر و موج کینماتیک نشان می‌دهد.

با توجه به نمودارهای موجود و مقایسه آن‌ها هرچه میزان دبی ورودی به جویچه بیشتر باشد مدت زمان رسیدن جبهه آب به انتهای جویچه کمتر خواهد بود هم‌چنین عمق جریان آب در دبی‌های بالا بیشتر بوده، اما در دبی‌های پایین چون مدت زمان ماندگاری آب درون جویچه بیشتر بوده لذا عمق نفوذ آب در دبی‌های پایین بیشتر می‌باشد. به طور کلی مدت زمان رسیدن آب به انتهای جویچه و مرحله پیشروی آب در مدل اینرسی صفر کمتر از مدل موج کینماتیک بدست آمده است که با نتایج حاصله در قسمت‌های قبل مشابهت دارد.

مدل‌ها در دبی ۱/۲۵ لیتر در ثانیه خطای نسبی افزایش یافته است و مدت زمان شبهه سازی شده با مدت زمان مشاهده شده اختلاف محسوسی دارد.

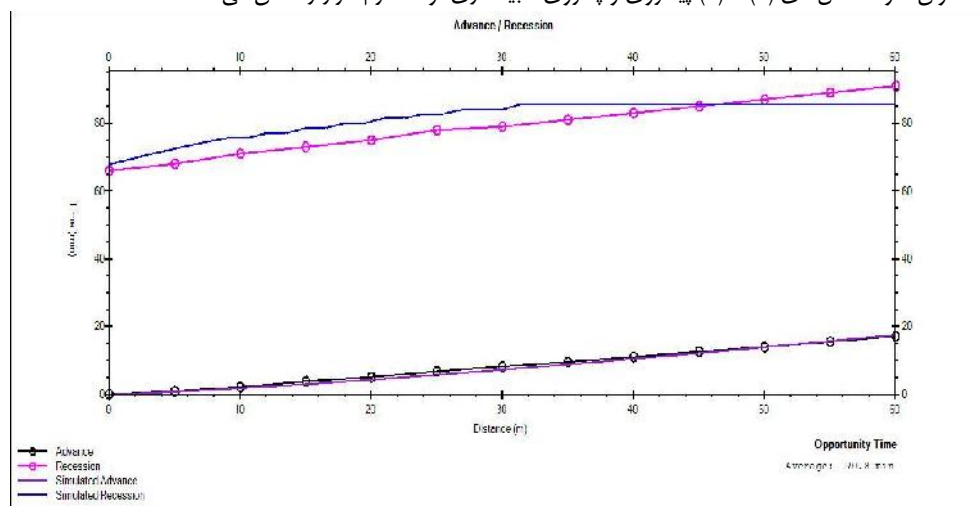
نرم افزار WinSRFR4.1 قادر است تغییرات جبهه رطوبت از ابتدا تا انتهای زمین در زمان‌های مختلف و عمق نفوذ جبهه رطوبت در دوره‌های زمانی مختلف را نشان دهد. در تحقیق حاضر با استفاده از داده‌های اندازه گیری شده نمودارهای جبهه رطوبتی در سطح جویچه و عمق آب نفوذ یافته به درون آن‌ها در سه طول جویچه مورد آزمایش و به ازای دبی‌ها و مدل‌ها مختلف استخراج شدند. نمودارهای (۷) تا (۱۰) جبهه رطوبتی را به ازای طول‌های ۶۰ و ۱۰۰ متر و دبی

جدول ۵- مقایسه پارامترها مشاهده شده و شبهه سازی شده در مرحله پیشروی

Table 5- Comparison between observed and simulated parameters in advance phase

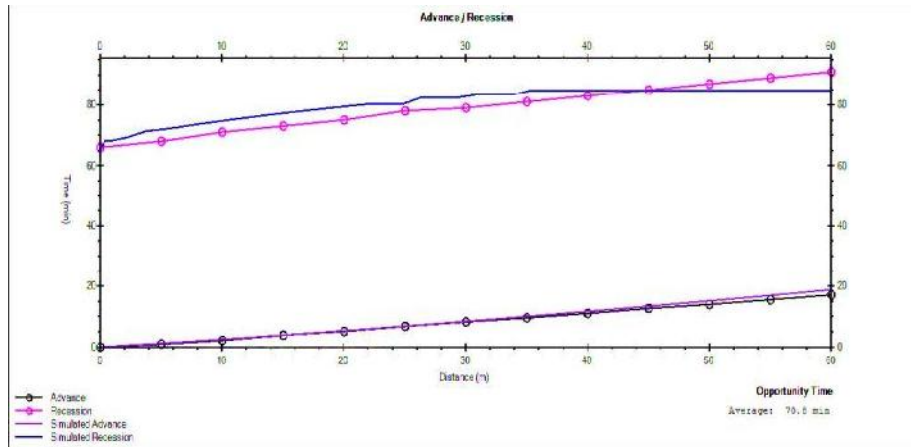
طول فارو The length of furrow (m)	دبی Discharge (l/s)	زمان پیشروی واقعی Actual advance time (min)	زمان پیشروی محاسباتی Calculated advance time (min)	
			مدل موج کینماتیک Kinematic wave model	مدل اینرسی صفر Zero inertia model
60	1.00	17.13	18.83	17.61
	1.25	19.22	24.66	23.72
	1.50	14.12	15.77	14.35
80	1.00	29.35	32.91	32.11
	1.25	27.37	36.57	35.81
	1.50	26.25	32.07	31.21
100	1.00	38.17	42.99	42.28
	1.25	35.74	40.89	40.10
	1.50	33.86	35.94	35.07

هم چنین به عنوان نمونه شکل‌های (۳) تا (۶) پیشروی و پسروی شبهه سازی توسط نرم افزار را نشان می‌دهد.



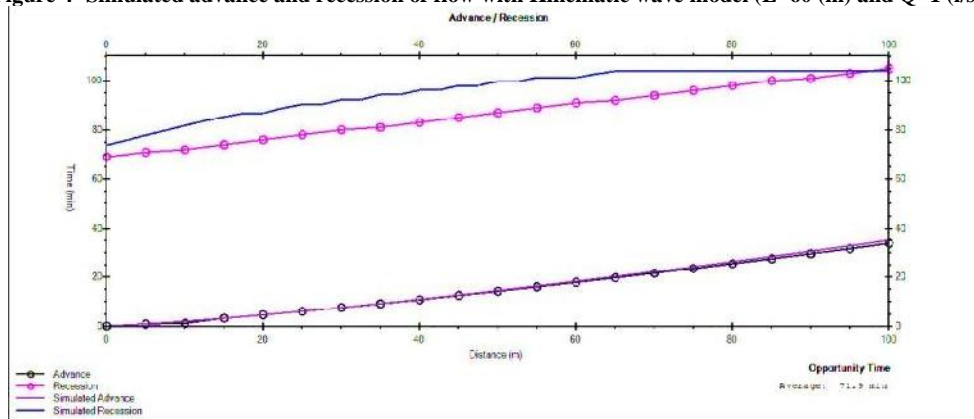
نمودار ۳- پیشروی و پسروی شبهه سازی شده جریان توسط مدل اینرسی صفر (طول ۶۰ متر و دبی یک لیتر بر ثانیه)

Figure 3- Simulated advance and recession of flow with Zero inertia model (L=60 (m) and Q=1 (l/s))



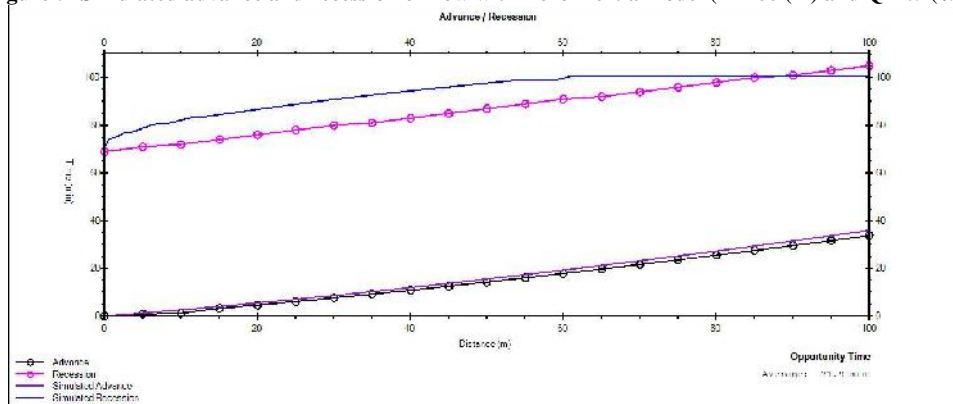
نمودار ۴- پیشروی و پسروی شبیه‌سازی شده جریان توسط مدل موج کینماتیک (طول ۶۰ متر و دبی یک لیتر بر ثانیه)

Figure 4- Simulated advance and recession of flow with Kinematic wave model (L=60 (m) and Q=1 (l/s))



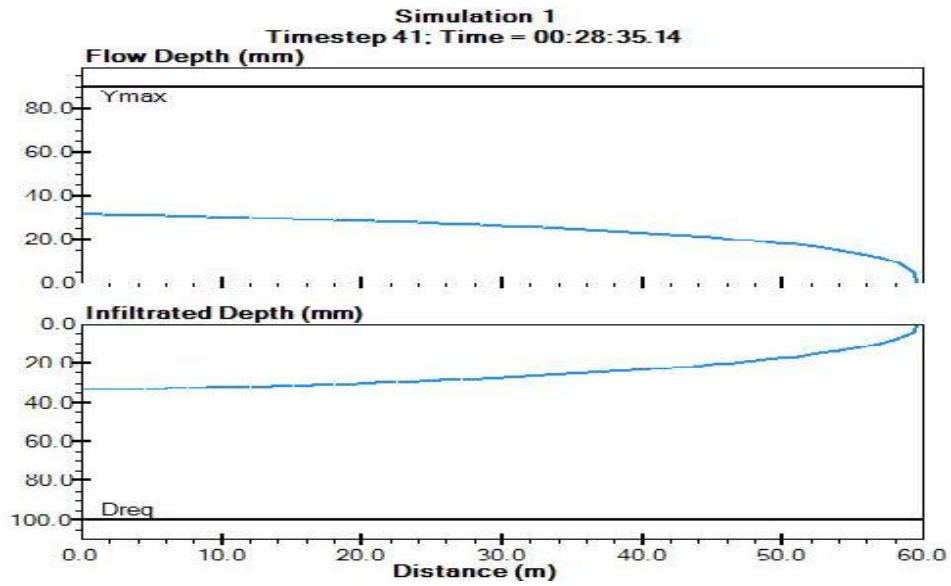
نمودار ۵- پیشروی و پسروی شبیه‌سازی شده جریان توسط مدل اینرسی صفر (طول ۱۰۰ متر و دبی ۱/۵ لیتر بر ثانیه)

Figure 5- Simulated advance and recession of flow with Zero inertia model (L=100 (m) and Q=1.5 (l/s))



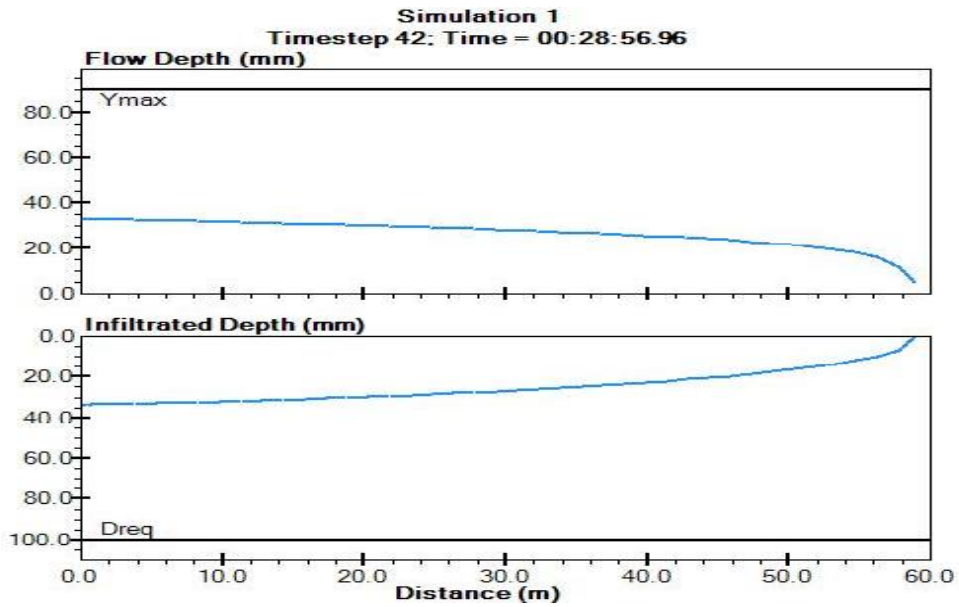
نمودار ۶- پیشروی و پسروی شبیه‌سازی شده جریان توسط مدل موج کینماتیک (طول ۱۰۰ متر و دبی ۱/۵ لیتر بر ثانیه)

Figure 6- Simulated advance and recession of flow with Kinematic wave model (L=100 (m) and Q=1.5 (l/s))



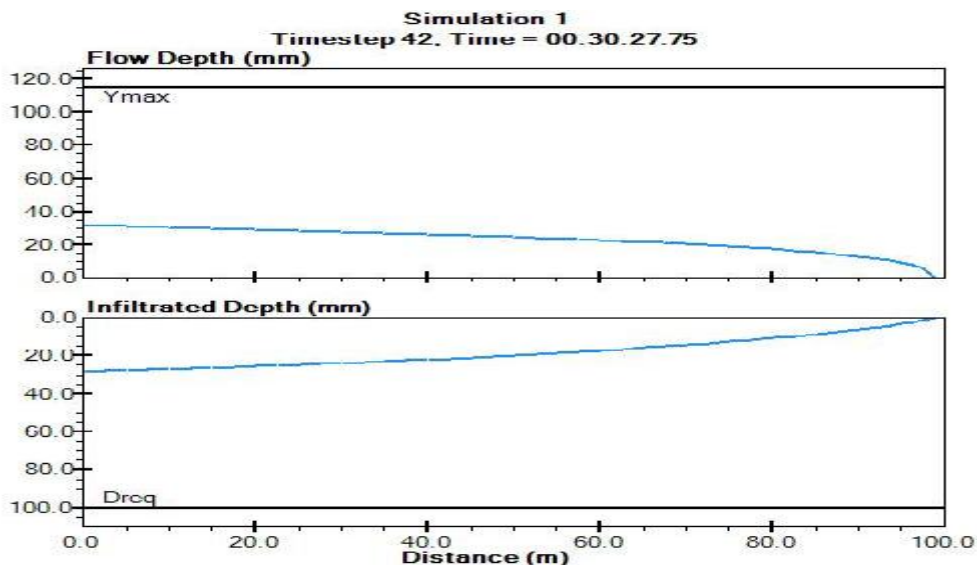
نمودار ۷- نیمرخ تغییرات جبهه رطوبت از ابتدا تا انتهای زمین و عمق نفوذ جریان در فارو توسط مدل اینرسی صفر (طول ۶۰ متر و دبی یک لیتر بر ثانیه)

Figure 7- The profile of moisture and infiltration depth in furrow with Zero inertia model ($L=60$ (m) and $Q=1$ (l/s))



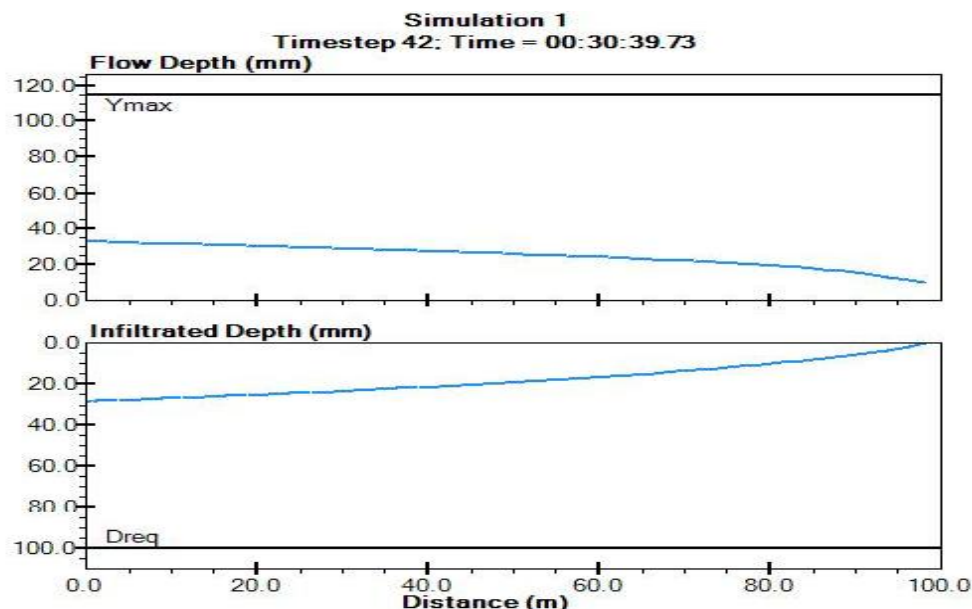
نمودار ۸- نیمرخ تغییرات جبهه رطوبت از ابتدا تا انتهای زمین و عمق نفوذ جریان در فارو توسط مدل موج کینماتیک (طول ۶۰ متر و دبی یک لیتر بر ثانیه)

Figure 8- The profile of moisture and infiltration depth in furrow with Kinematic wave model ($L=60$ (m) and $Q=1$ (l/s))



نمودار ۹- نیمرخ تغییرات جبهه رطوبت از ابتدا تا انتهای زمین و عمق نفوذ جریان در فارو توسط مدل اینرسی صفر (طول ۱۰۰ متر و دبی ۱/۵ لیتر بر ثانیه)

Figure 9- The profile of moisture and infiltration depth in furrow with Zero inertia model (L=100 (m) and Q=1.5 (l/s))



نمودار ۱۰- نیمرخ تغییرات جبهه رطوبت از ابتدا تا انتهای زمین و عمق نفوذ جریان در فارو توسط مدل موج کینماتیک (طول ۱۰۰ متر و دبی ۱/۵ لیتر بر ثانیه)

Figure 10- The profile of moisture and infiltration depth in furrow with Kinematic wave model (L=100 (m) and Q=1.5 (l/s))

شبیه‌سازی پیشروی جریان آب در جویچه‌ها توسط مدل اینرسی صفر به وسیله نرم‌افزار WinSRFR4.1 به نتایج اندازه‌گیری‌ها، در مقایسه به مدل موج کینماتیک نزدیک‌تر بود. کلیه مدل‌ها در دبی ۱/۲۵ لیتر در ثانیه بیشترین خطای نسبی را

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در مجموع با توجه به تحقیق حاضر نتایج زیر به دست آمده است. مدل اینرسی صفر و موج کینماتیک زمان پیشروی را بیشتر از میزان واقعی برآورد کردند.

نشان دادند. رسیدن جبهه آب به انتهای جویچه کمتر خواهد بود، هم‌چنین عمق جریان آب در دبی‌های بالا بیشتر می‌باشد. در دبی‌های پایین چون مدت زمان ماندگاری آب درون جویچه بیشتر بوده لذا عمق نفوذ آب در دبی‌های پایین بیشتر می‌باشد. به طور کلی تحقیق حاضر بیانگر این مطلب است که در منطقه مورد مطالعه طول جویچه‌ی ۱۰۰ متر از طول‌های مورد آزمایش نسبت به دو طول ۶۰ و ۸۰ متر نتایج بهتری را ارائه داده است. در پایان هم موارد زیر پیشنهاد می‌گردد:

۱- مدل‌های آبیاری سطحی در سطح وسیع‌تر و در خاک‌های مختلف مورد آزمایش قرار گیرند، تا با اطمینان بیشتری بتوان از آنها در بالا بردن راندمان کاربرد آب در مزارع استفاده نمود.

۲- پیشنهاد می‌شود مطالعاتی در راستای توسعه مدل‌های آبیاری سطحی انجام شود.

۳- روش‌های دیگر آبیاری که نرم‌افزار قادر به ارزیابی آنها می‌باشد، نیز مورد مطالعه قرار گیرد.

هر چه طول جویچه بیشتر و دبی ورودی به جویچه بیشتر باشد مدل اینرسی صفر خطای کمتری خواهد داشت. در مدل اینرسی صفر ۹۲/۵۹ درصد مشاهدات خطای نسبی کمتر از حد آستانه مجاز داشتند که مطلوب‌ترین مقدار پیش‌بینی است و ضعیف‌ترین آنها مربوط به مدل موج کینماتیک با ۱۱/۱۱ درصد می‌باشد. با توجه به میزان خطای نسبی بالا در مدل موج کینماتیک به نظر می‌رسد که در منطقه مورد آزمایش این مدل کارایی ندارد. کمترین میزان خطای نسبی به میزان ۹/۵۸۸ مربوط به مدل اینرسی صفر بود و ضعیف‌ترین آنها با ۲۱/۳۳ درصد مربوط به مدل موج کینماتیک. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که با افزایش دبی دقت مدل اینرسی صفر در تخمین پیشروی جویچه‌ها افزایش می‌یابد. هر چه میزان دبی ورودی به جویچه بیشتر باشد مدت زمان

منابع

- 1- Jalili S. 2006. Evaluation the models of surface irrigation in border irrigation of alfalfa field in Hamadan. Master Thesis. Shahid Chamran University. (in Persian with English abstract)
- 2- Abbasi F. 1994. Application of mathematical models in the design of border irrigation. Master Thesis. Tarbiat Modares University. (in Persian with English abstract)
- 3- Farzam Nia M. 1997. Comparison Hydraulic performance of furrow irrigation. Master Thesis. Esfahan University of Technology. (in Persian with English abstract)
- 4- Karami Goghari Sh., and Panahandeh A. 2009. Evaluation the efficiency of border irrigation according to slope and dimensions of border and simulation of flow with WinSRFR 3.1. 10th National Conference on Irrigation and Evaporation Reduction. Kerman. Shahid Bahonar University.
- 5- Moridnezhad A. 2010. Optimization of furrow irrigation in Salman Farsi Sugarcane Plantation with WinSRFR3.1. 3rd National Conference on Irrigation and Drainage Networks Management.
- 6- Makari Ghahroodi A., Liaghat A., and Nahvi Nia M. J. 2013. Application winSRFR3.1 model for simulation of furrow irrigation. Iranain Journal of Irrigation and Drainage. 7(1): 59-67.
- 7- Bautista E., Clemmens A.J., Strelkoff T.S., and Niblack M. 2009. Analysis of surface irrigation systems with WinSRFR-example application, Agricultural Water Management.
- 8- Chen B., Ouyang Z., and Liu E M. 2010. Comparison of border irrigation practices in different morphologic fields, Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 26(11):30-36.
- 9- Chen B., Ouyang Z., and Zhang Sh. 2012. Evaluation of hydraulic process and performance of border irrigation with different regular bottom configurations, Journal of Resources and Ecology, 3 (2), 151-160.
- 10- Esfandiari, M. and Maheshwari, B. L. 2001. Field evaluation of furrow irrigation models. Journal of Agricultural Engineering and Research. 79 (4), 459-479.
- 11- Mehana H. M., El-Bagoury K. F., Hussein M. M., and El-Gindy A.M. 2009. Validation of surface irrigation model sirmod under clay loam soil conditions in Egypt, Misr Journal of Agricultural Engineering, 26(3), 1299-1317.
- 12- Merriam J. L. 1977. Efficient Irrigation, California polytechnic and State Univ., San Luis Obispo, Calif.
- 13- Shayya W. H., Barlts V. F., and Segerlind L. J. 1993. Kinematic-wave furrow irrigation analysis: a finite element approach. Trans.of the ASCE, 36(6), 1733-1742.
- 14- Strelkoff T. 1994. SRFR, a model of surface irrigation .U.S. Water Conservation Laboratory, Phoenix.
- 15- Walker W. R., and Humpherys A. S. 1983. Kinematic-wave furrow irrigatin model. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 109(4), 377-392.



Simulation Furrow Irrigation by Winsrfr4.1 in order to Determine the Optimum Length of Furrow

M. Golabi^{1*} - M. R. Sikakinezhad² - A. Shir Afrous³ - M. Albaji⁴

Received: 14-10-2013

Accepted: 30-01-2016

Introduction: Surface irrigation methods are the most common methods for irrigation of agricultural land. These methods are superior to sprinkler, drip and underground irrigation, because they have lower costs of funding and implementation, is inexpensive, needed maintenance of equipment is simple and does not require skilled labor. New requirements for the use of municipal water, energy, industrial, and military intends to further improve the performance of surface irrigation systems. In other words, the low efficiency of surface irrigation is not related to the method of it, but the weakness is because of the design, implementation and management. Due to the special place of Khuzestan province in southwest of Iran in agriculture and applied surface irrigation for most of the farms in this province, in the present study was simulated water flow in furrow irrigation by using WinSRFR4.1 and the optimum length of furrow was determined in the experimental farm of the Water Sciences Engineering Shoshtar University. For this purpose, advance and recession of flow were simulated by Zero inertia and Kinematic wave model and result were compared with observed data.

Materials and Methods: In order to calculate and predict advance and recession curves field measurement is necessary, but it takes a lot of time and cost. Therefore, the use of mathematical models and software for access information is important. In this research the amount of advance in furrow irrigation was measured and the results were compared with simulation of WinSRFR4.1. Field experiments was conducted in the research field of Water Sciences Engineering Shoshtar University. Data were collected from three furrows. The lengths of them were 60, 80 and 100 meters. Irrigation was performed under three discharges (1, 1.25 and 1.5 L/s), with three iterations. Three experiments furrows were provided which central furrow was for measurement data and side furrows were as buffer furrow. Before experiment in order to determine soil texture undisturbed soil samples were prepared from four depths 25-0, 50-25, 75-50 and 100-75 cm. Soil texture was determined in laboratory using the hydrometer method. The water supply was transported by pumping the water to the farm. This research was conducted in the winter of 2012 and spring of 2013. The end of furrow was opened. Input and output flows were controlled with W.S.C flume. Infiltration data were also measured according to two point method. Model using 27 set of field data was run and the results were compared with WinSRFR4.1 software. For evaluating the results of the model were used Esfandiari and Maheshwari's statistical method.

Results and Discussion: For comparison between measurement and simulation data U_r , λ , R^2 and U_a indices were applied. The results of this study indicated that the phase advance of predicted values for all models is greater than the observed values. The average relative error rate of zero inertia models was 9.588 percent which indicated that Zero inertia models is the best model to predict the advance phase. The worst predictions were for Kinematic wave models with an average relative error equal to 33.21%. According to the results, the value of U_r and R^2 for the Zero inertia model was 1.0912 and 98.76 respectively. The amount of error of field parameters such as; infiltration characteristic and hydraulic resistance are important for selection of model. So, for adjusting the amount of error in all models to predict an acceptable threshold tolerance was defined.

Conclusion: According to the results, Zero inertia and Kinematic wave models estimated advance time more than real condition. The results of the Zero inertia model were closer to measurement data than a Kinematic wave model. The maximum relative error was in discharge equal to 1.25 (l/s) in all models. With increasing the length of the furrow and input discharge the relative error of zero inertia models will be decreased. The results represented that in low discharge the infiltration depth was increased. Finally, it can be concluded that the zero inertia models are suitable for the study area and in study area, suitable length of the furrow is 100 (m).

Keywords: Advance Phase, Kinematic Wave Model, Zero Inertia Model

1 and 4- Assistant Professors, Irrigation and Drainage Department, Faculty of Water Science Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran

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

2- M.Sc. of Irrigation and Drainage Engineering, Faculty of Agricultural and Water Sciences, Islamis Azad University, Shoushtar Unit, Iran

3- Assistant Professors, Water Engineering Department, Faculty of Water Science Engineering, Islamis Azad University, Dezful Unit, Iran