Archive of SID

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد بیست و چهارم، شماره دوم، ۱۳۹۶
http://jwsc.gau.ac.ir

بررسی دقت روش‌های غیرنقطه‌ای اندازه‌گیری نفوذ در طراحی سامانه آبیاری جویچه‌ای

*عیسی معروف‌پور[۱]، امین سیدزاده[۲] و مینا بهزادی‌نسب[۳]

[۱]دانشیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه کردستان، [۲]دانشجوی کارشناسی‌ارشد گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشگاه تهران،
[۳]کارشناسی‌ارشد آبیاری و زهکشی و کارشناس شرکت آب منطقه‌ای کردستان

تاریخ دریافت: ۹۵/۵/۲۶ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۲/۲٤

چکیده

سابقه و هدف: نفوذ حساس‌ترین و غالباً مشکل‌ترین پارامتر برای ارزیابی در سیستم آبیاری سطحی است به‌خصوص این‌که خصوصیات نفوذ نسبت به زمان و مکان متغیر می‌باشد. به‌طورکلی تعداد نسبتاً زیادی اندازه‌گیری مزرعه‌ای نفوذ لازم است تا متوسط شرایط مزرعه را نشان دهد. هدف از این پژوهش دقت روش‌های غیرنقطه‌ای، استخراج معادلات نفوذ تجمعی نمونه و اصلاح‌شده با فرایند آبیاری، در شبیه‌سازی سامانه آبیاری جویچه‌ای انتها بسته می‌باشد. برای انجام شبیه‌سازی از مدل اینرسی صفر در نرم‌افزار WS و مدل‌های اینرسی صفر و هیدرودینامیک در نرم‌افزار SM استفاده شده است.

مواد و روش‌ها: این پژوهش در دو مزرعه از مزارع شرکت کشت و صنت نیشکر هفت‌تپه به نام‌های ۲۰۱C۱ و ۲۰۱E که در آن‌ها نیشکر در کف جویچه‌ها کشت شده بود، انجام شد. در هر کدام از مزارع ۷ جویچه متوالی انتخاب شد. جویچه‌های زوج، آزمایشی و جویچه‌های فرد، نقش حایل را داشتند. متوسط طول جویچه‌ها در مزرعه ۲۰۱C۱، ۲٦۸ متر و در مزرعه ۲۰۱E، ۱٦۵ متر بود. در هر دو مزرعه شیب طولی جویچه‌های آزمایشی اندازه‌گیری و ۰/۰۰۱ (متر در متر) به‌دست آمد و عرض جویچه‌ها ۱/۵ متر و به روش انتها بسته آبیاری می‌شدند. به‌منظور تهیه آمار پیشروی و پسروی، طول جویچه‌ها به فواصل ۲۰ متری ایستگاه‌گذاری شدند. در هر دو مزرعه ۳ آبیاری متوالی ارزیابی شد. برای اندازه‌گیری دبی ورودی به جویچه‌های آزمایشی از WSC فلوم نوع ۳ استفاده شد. معادلات نفوذ تجمعی نمونه کاستیاکوف لوئیس به روش ورودی – خروجی برای هر دو مزرعه به‌دست آمد. همچنین با استفاده از داده‌های پیشروی و پسروی و همچنین حجم آب ورودی و نفوذی در جویچه‌ها، معادلات نفوذ تجمعی نمونه اصلاح و معادلات نفوذ تجمعی اصلاح‌شده برای هر کدام از جویچه‌ها به تفکیک به‌دست آمد. سپس مقادیر پیشروی برای هر کدام از آبیاری‌های دو مزرعه، با استفاده از معادلات نفوذ تجمعی نمونه و اصلاح‌شده و مدل‌های هیدرودینامیک و اینرسی صفر دو نرم‌افزار WinSRFR و SIRMOD شبیه‌سازی شدند.

یافته‌ها: نتایج این پژوهش نشان داد که اعمال میزان دبی آزمایش‌های نفوذ در نرم‌افزار SM، فرایند شبیه‌سازی را به‌صورت قابل‌توجهی بهبود می‌دهد. همچنین مقایسه نتایج مدل‌های اینرسی صفر و هیدرودینامیک نرم‌افزار مذکور

* مسئول مکاتبه: e.maroufpoor@uok.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

نشان داد که نتایج این مدل‌ها در شبیه‌سازی فرایند آبیاری جویچه‌ای انتها بسته با کشت نیشکر در کف جوبچه، مشابه بوده و اختلاف ناچیزی با هم دارند. ارزیابی نتایج شبیه‌سازی دو نرم‌افزار SM و WS در پژوهش حاضر نشان داد که در صورت استفاده از معادلات نفوذ تجمعی نمونه، دقت نرم‌افزارها در شبیه‌سازی فرایند پیشروی، در مزرعه ۲۰۱C۱ در درجات خوب و متوسط و در مزرعه ۲۰۱E در رتبه ضعیف قرار داشت. با اصلاح معادلات نفوذ و استفاده از آن‌ها در نرم‌افزارهای مذکور، میزان دقت شبیه‌سازی در مزرعه اول به رتبه عالی و در مزرعه دوم به درجات خوب و متوسط ارتقا یافت به‌طوری‌که این میزان بهبود بر اساس متوسط شاخص خطای مطلق نسبی در مزرعه ۲۰۱C۱، ٦۳ درصد و در مزرعه ۲۰۱E بیش از ٥٦ درصد می‌باشد. همچنین نتایج نشان داد که نرم‌افزار SM در شبیه‌سازی آبیاری‌های هر دو مزرعه، با درصد میانگین مربعات خطای کم‌تر و درصد میانگین خطای مطلق کم‌تر عملکرد بهتری داشته است و هر دو نرم‌افزار مدت زمان‌های پیشروی محاسباتی را بیش از مقدار واقعی آنها پیش‌بینی کرده‌اند.

نتیجه‌گیری: به‌طورکلی نتایج این پژوهش نشان داد که اگر در طراحی، شبیه‌سازی و ارزیابی سامانه‌های آبیاری جویچه‌ای انتها بسته، از معادلات نفوذ اصلاح‌شده به‌جای معادلات نفوذ نمونه استفاده شود، دقت نتایج به‌صورت قابل‌توجهی افزایش داشته، که در نهایت باعث بهبود و افزایش شاخص‌های هیدرولیکی سامانه‌های آبیاری خواهد شد.

واژه‌های کلیدی: آبیاری سطحی، معادله نفوذ کاستیاکوف لوئیس، روش ورودی – خروجی، SIRMOD، WinSRFR

مقدمه

در بسیاری از مناطق جهان، بیش از ۹۰ درصد اراضی فاریاب با روش‌های سطحی آبیاری می‌شوند. مشکل عمده روش‌های آبیاری سطحی پایین بودن بازده آب آبیاری است که به‌طور عمده از ضعف مدیریت و طراحی نامناسب ناشی می‌شود. با توجه به هزینه زیاد سامانه‌های آبیاری تحت فشار، بهبود و اصلاح روش‌های آبیاری سطحی امری اجتناب‌ناپذیر است (۱).

با وجود ابداع روش‌های نوین آبیاری تحت فشار، آبیاری سطحی رایج ترین شیوه آبیاری در کشور است و هنوز حدود ۹۵ درصد از کل اراضی فاریاب به این طریق آبیاری می‌شوند (۱۰).

نفوذ، حساس‌ترین و غالباً مشکل‌ترین پارامتر برای طراحی و ارزیابی در سیستم آبیاری سطحی است به‌خصوص این‌که خصوصیات نفوذ نسبت به زمان و مکان متغیر می‌باشد. به‌طورکلی تعداد نسبتاً زیادی اندازه‌گیری مزرعه‌ای نفوذ لازم است تا متوسط شرایط مزرعه را نشان دهد (۱٤). خصوصیات خاک به‌طور پیوسته در مکان و زمان در حال تغییر می‌باشد. ناهمگنی در مقیاس بزرگ و کوچک، حتی در گونه خاک یکسان یا محیط یکسان رخ می‌دهد. تغییرات مکانی خصوصیات خاک می‌تواند ناشی از عوامل اثرگذار طبیعی، زمین‌شناسی و تشکیل خاک باشند، اما برخی از این تغییرات ناشی از عوامل مدیریتی می‌باشند (۲۱). محمودآبادی و مظاهری (۲۰۱۲) با انجام آزمایش استوانه‌های مضاعف با عمق ثابت آب (۵ سانتی‌متر) در ۱۵ موقعیت مختلف و در سه تکرار و با مدت زمان رسیدن به شرایط پایدار نفوذ، به بررسی نفوذپذیری خاک و نقش ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک بر آن پرداختند. نتایج نشان داد بافت خاک (توزیع اندازه ذرات اولیه) تأثیر معناداری بر نفوذپذیری آن دارد و همچنین از بین ویژگی‌های شیمیایی، میزان آهک تأثیر بیش‌تری بر شدت نفوذپذیری خاک دارد (۱۲). معادلات ریاضی که تاکنون برای نفوذ آب در خاک توسعه یافته‌اند، توابع

www.SID.ir

Archive of SID

تک‌متغیرهای از زمان فرصت نفوذ می‌باشند (۱۵). رسول‌زاده و سپاسخواه (۲۰۰۳) بیان نمودند که تغییرات مکانی سرعت نفوذ، مدیریت آبیاری جویچه‌ای را پیچیده‌تر می‌کند، زیرا که خصوصیات نفوذ آب به داخل خاک ممکن است در مقادیر متفاوت سرعت جریان آب به داخل جویچه، شکل هندسی مقطع و حجم جریان ورودی تغییر نماید، بنابراین ارائه یک معادله عمومی برای نفوذ بسیار مشکل می‌باشد (۱٦). به‌منظور ارزیابی، طراحی و یا شبیه‌سازی یک سیستم آبیاری سطحی در مرحله اول نیاز به تعیین پارامترهای معادله نفوذ می‌باشد. اگر این پارامترها دقیق‌تر ارزیابی گردند، بهتر می توان سیستم آبیاری موردنظر را ارزیابی، طراحی و یا شبیه‌سازی نمود. برای استفاده بهینه از آب و افزایش راندمان آبیاری لازم است که پارامترهای معادله نفوذ به‌خصوص در رابطه با عمق آب، محیط خیس شده و شکل هندسی جویچه با دقت خوبی تخمین زده شوند. در صورتی‌که پارامترهای معادله نفوذ با دقت مناسب و نزدیک به شرایط مزرعه‌ای تعیین نگردند ممکن است آبیاری بی‌رویه و در نتیجه فرونشت عمقی و رواناب انتهایی صورت پذیرد و یا آبیاری کم‌تر از مقدار مورد نیاز انجام گیرد که در هر دو صورت، راندمان آبیاری کم خواهد بود (۱۷).

روش‌های مختلفی برای اندازه‌گیری پدیده نفوذ در مزرعه وجود دارد. این روش‌ها بر اساس واکنش مزرعه به عمل آبیاری به دو گروه تقسیم‌بندی می‌شوند. روش‌هایی که در آن‌ها آب آبیاری به حالت استاتیک و پایا است (مانند استوانه‌های مضاعف) اغلب حالت دینامیک و پویای معمول در مزرعه نادیده گرفته می‌شود. در چنین حالتی لازم است نتایج اندازه‌گیری‌های نقطه‌ای با میزان آب ورودی، میزان آب خروجی و در نهایت مقدار نفوذ واقعی آب در مزرعه تعدیل شود. گروه دوم روش‌هایی هستند که حالت دینامیکی و پویایی آب و مزرعه را در نظر می‌گیرند که از آن جمله می‌توان به روش جریان ورودی و خروجی در سامانه آبیاری جویچه‌ای اشاره کرد. همچنین تعیین مستقیم معادله نفوذ از اطلاعات موازنه حجم در مزرعه جزو این گروه می‌باشد (۱٤).

رسیدن به راندمان مطلوب در هر سیستم آبیاری مستلزم آگاهی بر خصوصیات هیدرولیکی قطعات مورد آبیاری می‌باشد. به‌دلیل وجود پدیده‌های نفوذ و ذخیره در آبیاری سطحی، جریان از نوع غیر ماندگار و غیریکنواخت با دبی کاهنده خواهد بود. شدت جریان در هر منطقه، به‌خاطر پدیده نفوذ در حال تغییر می‌باشد. همچنین در جبهه پیشروی، عمق جریان تابعی از زمان و مکان می‌باشد. آنچه در طراحی و ارزیابی سیستم‌های آبیاری سطحی از اهمیت بالایی برخوردار است نحوه پیشروی و پسروی جریان آب بر سطح خاک و نفوذ جریان آب در خاک است. به‌دست آوردن اطلاعات لازم جهت پیش‌بینی و محاسبه منحنی‌های پیشروی و پسروی و نفوذ آب در آبیاری سطحی مستلزم یک سری اندازه‌گیری‌های دقیق در داخل مزرعه می‌باشد که این کار باعث صرفه هزینه و وقت زیادی می‌گردد (۱۸). به همین دلیل مدل‌های عددی که بر اساس حل عددی معادلات سنت ونانت می‌باشند توسعه پیدا کردند. معادلات سنت ونانت یک جفت معادله دیفرانسیل جزئی می‌باشند که به شکل کامل، فاقد حل تحلیلی بوده و بیش‌تر آن را با روش‌های عددی حل می‌نمایند (۱۹). این معادلات پس از تعدیل به‌صورت زیر ارائه گردیده‌اند:

معادله پیوستگی:

$$\frac{A\partial v}{\partial x}+\frac{Bv\partial y}{\partial x}+\frac{B\partial y}{\partial t}+I=2 \qquad (۱)$$

www.SID.ir

Archive of SID

معادله اندازه حرکت (مومنتم):

$$\frac{1}{g}\frac{\partial v}{\partial t}+\frac{v}{g}\frac{\partial v}{\partial x}+\frac{\partial y}{\partial x}=S_o-S_f+\frac{vI}{2gA} \qquad (۲)$$

اجزاء معادلات فوق چنین تعریف می‌شوند: I شدت نفوذ ($m^3/s/m$)، g شتاب ثقل (m/s^2)، x فاصله در جهت جریان (m)، A سطح مقطع جریان (m^2)، S_o شیب کف (m/m)، S_f شیب اصطکاکی (m/m)، t زمان (s)، y عمق جریان (m)، v سرعت جریان (m/s).

با توجه به فرضیات اعمال‌شده در حل این معادله‌ها، مدل‌های عددی به چهار گروه هیدرودینامیک، اینرسی صفر، موج جنبشی و موازنه حجم تقسیم می‌گردند (۱٤).

مدل هیدرودینامیک (HD): این مدل‌ها معادلات سنت ونانت را جهت شبیه‌سازی استفاده می‌کنند و به‌دلیل در برگرفتن تمام اجزای روابط پیوستگی و اندازه حرکت، از پیچیدگی بیش‌تری در محاسبات برخوردار هستند (٤).

مدل اینرسی صفر (ZI): به‌دلیل قابل اغماض بودن ترم‌های اینرسی و شتاب در مدل‌های هیدرودینامیک (به‌دلیل سرعت کم)، استرلکف و کاتاپودز (۱۹۷۷) معادله حرکت را به‌صورت زیر ساده کردند (۱۹):

$$\frac{\partial y}{\partial x}S_o-S_f \qquad (۳)$$

مدل موج کینماتیک (KW): با فرض جریان یکنواخت در آبیاری سطحی و با صرف‌نظر از تغییرات عمق جریان و اینرسی، معادله اندازه حرکت به‌وسیله معادله جریان یکنواخت هم‌چون معادله مانینگ یا شزی جایگزین شده و با توجه به فرضیات ساده‌شده‌ای که در آن انجام گرفته است، سریع‌تر به جواب می‌رسد (۸). به‌منظور تسهیل در انجام محاسبات مدل‌های ذکرشده، بسته‌های نرم‌افزاری مختلفی ارائه شده است. از جمله متداول‌ترین نرم‌افزارهای شبیه‌سازی هیدرولیک جریان آب در سامانه‌های آبیاری سطحی، SIRMOD و WinSRFR 4.1.3 هستند.

نرم افزار SIRMOD (در این مطالعه با SM نشان داده می‌شود) در سال ۱۹۸۹، توسط واکر در دانشگاه ایالتی یوتا توسعه یافت و شامل سه مدل عددی هیدرودینامیک، اینرسی صفر و موج کینماتیک می‌باشد. در این نرم‌افزار از معادله نفوذ کاستیاکف–لوییس به‌صورت زیر استفاده شده است:

$$Z=kt^a+f_ot \qquad (٤)$$

که در آن، Z نفوذ تجمعی (m^3/m)، t مدت زمان نفوذ (min)، k و a ضرائب ثابت حاصل از برازش، f_o سرعت نفوذ نهایی ($m^3/min\ s$) می‌باشد. این معادله در نرم‌افزار SM از روش دونقطه‌ای و با کاربرد داده‌های پیشروی استخراج می‌شود.

نرم‌افزار WinSRFR (در این مطالعه با WS نشان داده می‌شود) یک مدل ریاضی یک‌بعدی برای تحلیل و شبیه‌سازی آبیاری سطحی می‌باشد که در سال ۲۰۰٦ و با همکاری مرکز تحقیقات کشاورزی آمریکا توسعه یافت (٦) این مدل برای تحلیل هیدرولیک آبیاری سطحی دارای چهار بخش شبیه‌سازی، تحلیل رویداد (ارزیابی مزرعه‌ای)، طرح فیزیکی و تحلیل عملیات می‌باشد و با دو مدل اینرسی صفر و موج کینماتیکی و به روش حل عددی محاسبات را انجام می‌دهد. ارزیابی و دقت یک مدل آبیاری سطحی عمدتاً به دقت داده‌های ورودی مدل بستگی داشته و نتایج شبیه‌سازی همانند شرایط واقعی در مزرعه به شرایط هیدرولیکی خاک، گیاه، طرح فیزیکی (پارامترهای طول جویچه، شیب) و مدیریت آبیاری (شامل شدت جریان ورودی، تداوم آبیاری) بستگی دارد (۷).

www.SID.ir

Archive of SID

باتیستا و همکاران (۲۰۰۹) مدل WS را به‌منظور ارزیابی عملکرد سیستم آبیاری و تخمین خصوصیات نفوذ و زبری هیدرولیکی استفاده نمودند. نتایج این پژوهش نشان داد که این مدل قادر است راه‌حل‌هایی را که منجر به عملکرد تقریباً بهینه می‌شود تجسم کرده و راه‌حلی را برگزینند که همخوانی بیش‌تری با محدودیت‌های اجرایی داشته باشد(۵).

واکر (۲۰۰۷) با استفاده از مدل SM مطالعاتی را انجام داد که منجر شد بتواند طول جویچه و بهترین زمان قطع جریان و اثرات این دو را بر هم تحلیل کند (۲۰). مریدنژاد و همکاران (۲۰۱۰) از مدل WS به‌منظور بهینه‌سازی پارامترهای آبیاری جویچه‌ای تحت شرایط اجرا شده در کشت و صنعت سلمان فارسی استفاده کردند. نتایج شبیه‌سازی آن‌ها برای ده مقدار مختلف دبی ورودی به جویچه و چهار مقدار مختلف شیب طولی جویچه که نزدیک به شرایط اجرا شده بود، نشان داد که با یک دبی ورودی مشخص، حداکثر بازده آبیاری مربوط به شیب ۰/۰۰۰۲۵ به‌دست آمد. همچنین بر اساس نتایج تحلیل حساسیت آن‌ها، پارامترهای معادله نفوذ به‌عنوان حساس‌ترین پارامتر مؤثر بر بازده آبیاری سطحی گزارش گردید (۱۳).

ابراهیمیان و لیاقت (۲۰۱۱) عملکرد سه مدل ریاضی هیدرودینامیک، اینرسی صفر و موج کینماتیک را در نرم‌افزار SM برای آبیاری جویچه‌ای و نواری مورد بررسی قرار دادند که بر اساس نتایج آن‌ها، اختلاف ناچیزی بین مدل‌های هیدرودینامیک و اینرسی صفر در تخمین زمان‌های پیشروی و پسروی، نفوذپذیری و رواناب در هر دو روش آبیاری جویچه‌ای و نواری به‌دست آمد (۹).

هدف از این پژوهش بررسی دقت روش‌های غیرنقطه‌ای استخراج معادلات نفوذ تجمعی نمونه (تیپ) و اصلاح‌شده با فرایند آبیاری، در شبیه‌سازی سامانه آبیاری جویچه‌ای انتها بسته می‌باشد. برای انجام شبیه‌سازی از مدل اینرسی صفر در نرم‌افزار WS و مدل‌های اینرسی صفر و هیدرودینامیک در نرم‌افزار SM استفاده شده است. در این پژوهش با استفاده از مدل‌های مذکور در هر دو نرم‌افزار و ضرائب معادلات نفوذ، مقادیر پیشروی جریان آب در جویچه‌ها تخمین زده شد و با مقادیر پیشروی واقعی مقایسه گردید تا بدین‌ترتیب میزان دقت ضرائب معادلات نفوذ تجمعی نمونه و ضرورت اصلاح آن‌ها در طراحی سامانه آبیاری جویچه‌ای مشخص گردد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در دو مزرعه از مزارع شرکت کشت و صنعت نیشکر هفت‌تپه به نام‌های ۲۰۱C۱ و ۲۰۱E انجام شد. در هر دو مزرعه، نیشکر در کف جوی کشت شده بود. در هر کدام از مزارع ۷ جویچه متوالی انتخاب شد. جویچه‌های زوج آزمایشی و جویچه‌های فرد نقش حایل را داشتند. متوسط طول جویچه‌ها در مزرعه ۲۰۱C۱، ۲٦۸ متر و در مزرعه ۲۰۱E، ۱٦۵ متر بود. عرض جویچه‌ها ۱/۵ متر و به روش انتها بسته آبیاری می‌شدند. منبع آب آبیاری رودخانه دز بود که مطابق دیاگرام ویلکوکس، کلاس آب آبیاری از C2S1 تا C3S1 متغیر بود. در هر دو مزرعه به‌منظور تعیین مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک، نمونه‌های دست‌خورده و دست‌نخورده خاک در فواصل ۱۰۰ متری و در ۳ عمق، ۳۳-۰، ٦٦-۳۳ و ۱۰۰-٦٦ سانتی‌متری تهیه شد. بافت خاک مزرعه ۲۰۱C۱ با افزایش عمق از رسی لومی به رسی تبدیل می‌شد اما در مزرعه ۲۰۱E، بافت خاک از نوع رسی سیلتی بود. از لحاظ شوری و نسبت جذب سدیم، خاک هر دو مزرعه در طبقه نرمال قرار داشت (۲). در هر دو مزرعه شیب طولی جویچه‌های آزمایشی اندازه‌گیری و

www.SID.ir

Archive of SID

۰/۰۰۱ (متر در متر) به‌دست آمد. به‌منظور تهیه آمار پیشروی و پسروی، جویچه‌های آزمایشی به فواصل ۲۰ متری ایستگاه‌گذاری شدند به‌طوری‌که مزرعه ۲۰۱C۱ شامل ۱۵ ایستگاه و مزرعه ۲۰۱E دارای ۱۰ ایستگاه بود. در هر دو مزرعه ۳ آبیاری متوالی ارزیابی شد. برای اندازه‌گیری دبی ورودی به جویچه‌های آزمایشی از WSC[1] فلوم نوع ۳ استفاده شد. برای اندازه‌گیری سرعت نفوذ از روش ورودی– خروجی استفاده گردید. در مزرعه ۲۰۱C۱، در جویچه آزمایشی اول، در فاصله ۱۰۰ متری از ابتدا، WSC فلوم نوع ۲ نصب و تا زمان قطع جریان آب در آن نقطه دبی خروجی اندازه‌گیری شد. در مزرعه ۲۰۱E، نیز در جویچه آزمایشی اول و در آبیاری‌های دوم و سوم ارزیابی، در فاصله ٦۰ متری از ابتدا، فلوم‌های مذکور نصب و تا پایان آبیاری، عمل قرائت ادامه یافت. معادلات نفوذ تجمعی نمونه کاستیاکوف لوئیس به روش حداقل مجذورات خطا برای هر دو مزرعه به‌دست آمد. همچنین با استفاده از داده‌های پیشروی و پسروی و همچنین حجم آب ورودی و نفوذی در جویچه‌ها، معادلات نفوذ تجمعی نمونه اصلاح و معادلات نفوذ تجمعی اصلاح شده برای هر کدام از جویچه‌ها به تفکیک به‌دست آمد. مناسب‌ترین مقادیر ضریب زبری مانینگ برای هر کدام از جویچه‌های دو مزرعه با استفاده از نرم‌افزارهای SM و WS به‌دست آمد که در زیر آورده شده است.

برای مزرعه ۲۰۱C۱: جویچه اول: (۰/۲٤-۰/۳۷)
جویچه دوم: (۰/۲-۰/۳٤) جویچه سوم: (۰/۳-۰/٤)

برای مزرعه ۲۰۱E: جویچه اول: (۰/۱۳-۰/٤)
جویچه دوم: (۰/۳۳-۰/٤) جویچه سوم: (۰/۳٦-۰/٤)

شاخص‌های ارزیابی: در این پژوهش از شاخص‌های ارزیابی آماری درصد ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE%)، میانگین خطای مطلق (MAE)، خطای نسبی (RE) و خطای مطلق نسبی (RAE) استفاده شد که در رابطه‌های ۵ تا ۸ به‌شرح زیر ارائه گردیده‌اند. چنان‌چه مقدار درصد ریشه میانگین مربعات خطای نسبی کم‌تر از ۱۰٪ باشد شبیه‌سازی عالی، بین ۱۰ تا ۲۰٪ خوب، بین ۲۰ تا ۳۰٪ متوسط و بیش‌تر از ۳۰٪، ضعیف ارزیابی خواهد شد (۱۱).

$$RMSE(\%) = \frac{100}{O}\sqrt{\frac{\sum (S-O)^2}{n}} \qquad (۵)$$

$$MAE = \frac{1}{n}\sum \frac{|O-S|}{O} \qquad (٦)$$

$$RE = \frac{1}{n}\sum \frac{O-S}{O} \qquad (۷)$$

$$RAE = \frac{\sum |O-S|}{\sum O} \qquad (۸)$$

در رابطه‌های بالا (" O ") مقادیر اندازه‌گیری‌شده در مزرعه و (" S ") مقادیر محاسبه شده با استفاده از نرم‌افزارهای WS و SM می‌باشد.

نتایج و بحث

معادله نفوذ تجمعی نمونه هر دو مزرعه مورد مطالعه در رابطه‌های ۹ و ۱۰ و همچنین در جدول ۱ ضرائب معادلات نفوذ تجمعی اصلاح‌شده جویچه‌های آزمایشی هر دو مزرعه آورده شده است. در مزرعه ۲۰۱C۱ ضریب اصلاحی جویچه‌ها در محدوه ۰/۳۹ تا ۰/٤۹ و در مزرعه ۲۰۱E ضریب اصلاحی آن در محدوه ۰/۲۹ تا ۰/٤۹ به‌دست آمد. در هر دو مزرعه معادلات نفوذ تجمعی نمونه از روش ورودی– خروجی استخراج شده بودند و متناسب با بافت و ساختمان آن‌ها، طول قابل‌توجهی از هر دو مزرعه مورد آزمون قرار گرفت. همچنین آزمایش‌های هر دو

1- Washington State College

www.SID.ir

Archive of SID

مزرعه در رطوبت قبل از آبیاری و با دبی‌های مشابه دبی آبیاری انجام شد اما ملاحظه می‌شود که معادلات نفوذ تجمعی استخراج شده برای هر دو مزرعه نیاز به اصلاح دارند. رسول‌زاده و سپاسخواه (۲۰۰۳) نیز گزارش نمودند که ارائه یک معادله عمومی برای نفوذ بسیار مشکل و متغیرهای زیادی در آبیاری جویچه‌ای، فرایند نفوذ را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد (۱۶).

(۹) مزرعه ۲۰۱C۱

$$Z = 0.555t^{0.4557} + 0.06017$$

(۱۰) مزرعه E201

$$Z = 0.4235t^{0.4673} + 0.0469t$$

جدول ۱- ضرائب معادلات نفوذ تجمعی اصلاح‌شده دو مزرعه ۲۰۱C۱ و ۲۰۱E.

Table 1. Adjusted cumulative infiltration Equations coefficients for the 201C1 and 201E Farm.

شرح Description	مزرعه ۲۰۱C۱ 201C1 Farm			مزرعه ۲۰۱E 201E Farm		
	جویچه اول First Furrow	جویچه دوم Second Furrow	جویچه سوم Third Furrow	جویچه اول First Furrow	جویچه دوم Second Furrow	جویچه سوم Third Furrow
f_o cm min^{-1})	0.02924	0.02341	0.02738	0.02316	0.01355	0.01768
K (cm/min^a)	0.27000	0.21617	0.25267	0.20937	0.12263	0.15980
a	0.45570	0.45570	0.45570	0.46730	0.46730	0.46730

در جدول‌های ۲ و ۳ متوسط مقادیر شاخص‌های ارزیابی برای پیش‌بینی داده‌های پیشروی جریان آب در طول جویچه‌های آزمایشی هر دو مزرعه در ۳ آبیاری مورد ارزیابی با استفاده از ضرائب معادلات نفوذ تجمعی نمونه، ارائه گردیده است. در نرم‌افزار SM در بخش ارائه ضرائب معادلات نفوذ، میزان دبی جریان در زمان انجام آزمایش‌های نفوذ لازم است برای نرم‌افزار ارائه گردد، در غیر این‌صورت مقدار ۲ لیتر بر ثانیه به‌عنوان پیش‌فرض در محاسبات وارد می‌شود. برای مقایسه بهتر نتایج دو نرم‌افزار، هر دو حالت اصلاح دبی و بدون اصلاح در نرم‌افزار SM مورد آزمون قرار گرفت. در حالت اصلاح دبی، میزان دبی آزمایش‌های نفوذ برای نرم‌افزار تعریف گردید و در حالت عدم اصلاح، همان دبی آبیاری موردنظر برای نرم‌افزار معرفی شد. در حالت اصلاح دبی، مقدار سطح مقطع جریان و محیط خیس‌شده جویچه متناسب با دبی آبیاری اصلاح‌شده و ضرائب معادله نفوذ اصلاح می‌گردد.

نتایج جدول‌های مذکور نشان می‌دهد که تصحیح مقدار دبی آزمایش‌های نفوذ در نرم‌افزار SM در غالب شرایط، دقت نتایج را بهبود می‌دهد به‌طوری‌که این میزان بهبود در شاخص درصد ریشه میانگین مربعات خطا، گاهاً بیش از ۱٤ درصد می‌باشد. شاخص خطای نسبی نیز در صورت اصلاح دبی نفوذ، گاهاً تا ۲۱ درصد بهبود را نشان می‌دهد. نرم‌افزار WS فاقد چنین اصلاحی در تعریف ضرائب معادلات نفوذ بود. بنابراین هنگام استفاده از نرم‌افزار SM، اصلاح دبی مورد استفاده در آزمایش‌های نفوذ پیشنهاد می‌شود.

در جدول‌های مذکور همچنین ملاحظه می‌شود که نتایج دو مدل اینرسی صفر و هیدرودینامیک در نرم‌افزار SM در هر دو حالت اصلاح دبی و عدم اصلاح دبی، در هر دو مزرعه و برای تمامی جویچه‌های مورد ارزیابی با هم برابر بوده و تفاوت معنی‌داری با هم ندارند. بنابراین با توجه به نتایج پژوهش حاضر، در شرایط کشت نیشکر در سامانه

www.SID.ir

Archive of SID

آبیاری جویچه‌ای و در کف جوی و استفاده از نرم‌افزار SM، انتخاب مدل‌های اینرسی صفر و یا هیدرودینامیک روی دقت نتایج مؤثر نبوده است. سیککی‌نژاد و همکاران (۲۰۱۳) با مقایسه مدل‌های هیدرولیکی اینرسی صفر با مدل موج کنیماتیک در برآورد مرحله پیشروی آبیاری جویچه‌ای با استفاده از نرم‌افزار WINSRFR4.1 به این نتیجه رسیدند که مدل اینرسی صفر بهترین نتایج را در بر دارد که نشانگر مناسب بودن این مدل جهت پیش‌بینی فاز پیشروی در جویچه می‌باشد و همچنین ضعیف‌ترین پیش‌بینی‌ها مربوط به مدل موج کنیماتیک بود (۱۸). بهرامی و همکاران (۲۰۰۹) با استفاده از ۲۷ سری داده مزرعه‌ای و با استفاده از نرم‌افزار SIRMOD به مقایسه مدل هیدرولوژیکی ماسکینگام-کونژ با مدل‌های هیدرولیکی آبیاری در برآورد مرحله پیشروی آبیاری جویچه‌ای پرداختند، که نتایج کار آن‌ها نشان داد مدل‌های هیدرودینامیک و اینرسی صفر با متوسط خطای نسبی مساوی بهترین نتایج را داشتند و مدل ماسکینگام- کونژ در رتبه دوم و مدل موج کینماتیک ضعیف‌ترین پیش‌بینی را داشته است (۳). مشابه بودن نتایج مدل‌های هیدرودینامیک و اینرسی صفر در پژوهش بهرامی و همکاران (۲۰۰۹) با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد. یکسان بودن نتایج دو مدل اینرسی صفر و هیدرودینامیک بیانگر این موضوع است که در شرایط هیدرولیکی مزرعه مورد مطالعه، فرضیات در نظر گرفته شده در دو مدل، منجر به جواب‌های یکسانی از دو مدل می‌شود. این موضوع با استفاده از ضرائب معادلات نفوذ تجمعی اصلاح شده نیز در هر دو مزرعه (جدول‌های ٤ و ٥) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که باز نتایج دو مدل اینرسی صفر و هیدرودینامیک با هم یکسان می‌باشد. به‌عبارتی فرضیات در نظر گرفته شده در دو مدل مذکور در برخی شرایط با واقعیت و شرایط هیدرولیکی مزارع مطابقت دارد و یا ممکن است فرضیات مذکور با واقعیت و هیدرولیک جریان مطابقت لازم را نداشته باشد.

در ارزیابی نتایج دو نرم‌افزار ملاحظه می‌شود که در مزرعه ۲۰۱C۱ نرم‌افزار SM در جویچه‌های آزمایشی اول و سوم با متوسط، درصد ریشه میانگین مربعات خطای کم‌تر از ۲۰ درصد، دقت آن در پیش‌بینی داده‌های پیشروی با استفاده از معادلات نفوذ تجمعی نمونه، در درجه خوب قرار می‌گیرد اما دقت مدل‌های آن در شبیه‌سازی فرایند پیشروی جویچه آزمایشی دوم در رتبه متوسط قرار دارد. دقت نرم‌افزار WS نسبت به نرم‌افزار SM در مزرعه موردنظر و بر اساس شاخص مذکور برای هر کدام از جویچه‌های آزمایشی از یک رتبه پایین‌تر برخوردار بوده، به‌طوری‌که دقت پیش‌بینی آن برای جویچه‌های اول و سوم از رتبه متوسط و برای جویچه دوم از رتبه ضعیف برخوردار است. در مزرعه ۲۰۱E تمامی مدل‌های مورد استفاده هر دو نرم‌افزار در پیش‌بینی فرایند پیشروی جویچه‌های آزمایشی از درجه ضعیف برخوردار هستند و درصد ریشه میانگین مربعات خطا در آن‌ها بیش از ۳۰ درصد می‌باشد. با مقایسه نتایج دو نرم‌افزار مذکور ملاحظه می‌شود که در تمامی جویچه‌های آزمایشی دو مزرعه، نرم‌افزار SM از دقت بیش‌تری نسبت به نرم‌افزار WS برخوردار می‌باشد. همچنین در هر دو نرم‌افزار و در تمامی جویچه‌های آزمایشی هر دو مزرعه، ملاحظه می‌شود که مقادیر خطای نسبی منفی بوده و این موضوع بیانگر پیش‌بینی مدت زمان‌های پیشروی محاسباتی بیش از مقدار واقعی آن‌ها است. در مورد متوسط شاخص میانگین خطای مطلق (MAE) ملاحظه می‌شود که مقادیر آن در ۲۰۱C۱ در محدوده ١٤ تا ١٨ درصد و در مزرعه E ۲۰۱، در محدوده ۳۲ تا ٥۲ درصد بوده و این مقدار خطای مطلق در پیش‌بینی مدت زمان پیشروی، نمی‌تواند یک فرایند شبیه‌سازی شده موفق از عمل آبیاری را نشان دهد. شاخص خطای مطلق نسبی نیز

www.SID.ir

Archive of SID

از شرایط مشابهی با میانگین خطای مطلق برخوردار است. زارع‌چینجانی و همکاران (۲۰۱۱) با استفاده از اطلاعات مزرعه‌ای به مقایسه مدل‌های موجود در دو نرم‌افزار WinSRFR 3.1 و SIRMOD پرداختند که نتایج کار آن‌ها نشان داد همه مدل‌ها در مرحله پیشروی مقادیر بیش از مقدار واقعی، در مرحله پسروی مدل‌های نرم‌افزار SIRMOD بیش‌تر از مقدار واقعی و مدل‌های نرم‌افزار WinSRFR 3.1 کم‌تر از مقدار واقعی و در مرحله نفوذ همه مدل‌ها بیش‌تر از مقدار واقعی را پیش‌بینی کرده‌اند. آنان همچنین گزارش کردند که مدل WinSRFR 3.1 با توجه به ضریب تبیین بالای ۹۹ درصد در شبیه‌سازی و پایین بودن درصد متوسط خطای نسبی، توانایی شبیه‌سازی مطلوب کشت سورگوم علوفه‌ای تحت روش آبیاری نواری در منطقه مورد مطالعه را دارد (۲۲). بهرامی و همکاران (۲۰۰۹) نیز در برآورد مرحله پیشروی آبیاری جویچه‌ای با استفاده از نرم‌افزار SIRMOD گزارش کردند که مقادیر پیش‌بینی‌شده در مرحله پیشروی برای تمامی مدل‌های هیدرودینامیک، اینرسی صفر، موج کینماتیک و مدل هیدرولوژیکی ماسکینگام-کونژ بیش‌تر از مقادیر مشاهده شده بوده است که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد (۳).

در جدول‌های ٤ و ٥ نتایج متوسط مقادیر شاخص‌های ارزیابی پیش‌بینی مدت زمان پیشروی با استفاده از معادلات نفوذ تجمعی اصلاح‌شده برای هر دو مزرعه مورد مطالعه ارائه گردیده است. مقایسه نتایج مدل‌های اینرسی صفر و هیدرودینامیک در نرم‌افزار SM نشان می‌دهد که نتایج دو مدل مذکور همانند شرایط استفاده از معادلات نفوذ تجمعی نمونه، با هم برابر بوده و اختلاف ناچیزی با هم دارند. همچنین با بررسی نتایج ملاحظه می‌شود که در مزرعه ۲۰۱C۱ درصد ریشه میانگین مربعات خطای نرم‌افزارها در پیش‌بینی مدت زمان پیشروی آب در جویچه‌ها کم‌تر از ۱۰ درصد و در رتبه عالی قرار می‌گیرد. در مزرعه ۲۰۱E، دقت مدل‌های مورد استفاده هر دو نرم‌افزار در جویچه‌های اول و دوم بر اساس شاخص مذکور در درجه خوب و در جویچه سوم در رتبه متوسط قرار می‌گیرد. با مقایسه نتایج نرم‌افزارهای SM و WS در دو حالت استفاده از معادلات نفوذ تجمعی نمونه و اصلاح‌شده در دو مزرعه مورد مطالعه ملاحظه می‌شود که با اصلاح معادلات نفوذ مزارع، در مزرعه ۲۰۱C۱ دقت نرم‌افزار SM از درجات خوب و متوسط و نرم‌افزار WS از درجات متوسط و ضعیف به رتبه عالی ارتقا می‌یابد. همچنین در مزرعه ۲۰۱E دقت نرم‌افزارهای مذکور از رتبه ضعیف به رتبه‌های خوب و متوسط تبدیل می‌شود. متوسط شاخص خطای مطلق نسبی مزرعه ۲۰۱C۱ در شرایط استفاده از معادلات نفوذ تجمعی نمونه، در محدوده ١٤ تا ٢٤ درصد و در مزرعه ۲۰۱E در محدوده ۲۸ تا ۵۰ درصد می‌باشد. استفاده از معادله نفوذ تجمعی اصلاح شده در نرم‌افزارها، متوسط خطای مطلق نسبی را در مزرعه ۲۰۱C۱ به محدوده ٤ تا ٦ درصد کاهش می‌دهد که به‌طور متوسط ٦٣ درصد دقت را افزایش می‌دهد. همچنین در مزرعه ۲۰۱E این میزان خطا به ۱۲ تا ۲۲ درصد کاهش پیدا کرده که میزان بهبودی آن بیش از ٥٦ درصد می‌باشد. در مزرعه ۲۰۱C۱ بر اساس شاخص خطای نسبی، مقادیر پیش‌بینی به‌وسیله نرم‌افزارها گاهاً بیش از مقدار واقعی و در برخی موارد کم‌تر از مقدار واقعی و در مزرعه ۲۰۱E در تمامی جویچه‌ها بیش از مقدار واقعی پیش‌بینی شده است. همچنین با مقایسه نتایج دو نرم‌افزار ملاحظه می‌شود که دقت مدل‌های نرم‌افزار SM در تمامی جویچه‌های آزمایشی هر دو مزرعه (به غیر از جویچه آزمایشی اول مزرعه ۲۰۱E) بیش‌تر از نرم‌افزار ۲۰۱C۱ می‌باشد که با نتایج مرحله قبل نیز مطابقت دارد.

www.SID.ir

جدول ۲- متوسط مقادیر شاخص‌های ارزیابی پیش‌بینی فرایند پیشروی سه آبیاری با استفاده از معادله نفوذ تجمعی نمونه، مزرعه ۲۰۱C۱.

Table 2. Average of advanced process prediction assessment indexes for three irrigation by using type cumulative infiltration equation, the 201C1 Farm.

شرح Description	جویچه اول First Furrow					جویچه دوم Second Furrow					جویچه سوم Third Furrow				
	SM				WS	SM				WS	SM				WS
	ZI		HD			ZI		HD			ZI		HD		
	اصلاح‌شده Corrected	اصلاح‌نشده Non corrected	اصلاح‌شده Corrected	اصلاح‌نشده Non corrected	ZI	اصلاح‌شده Corrected	اصلاح‌نشده Non corrected	اصلاح شده Corrected	اصلاح‌نشده Non corrected	ZI	اصلاح‌شده Corrected	اصلاح‌نشده Non corrected	اصلاح‌شده Corrected	اصلاح‌نشده Non corrected	ZI
RMSE(%)	19.408	21.380	19.157	21.370	21.554	28.180	33.321	28.184	33.296	30.848	19.134	21.813	19.123	21.808	23.684
MAE	0.154	0.163	0.152	0.164	0.177	0.144	0.167	0.144	0.167	0.167	0.136	0.148	0.136	0.148	0.178
RE	-0.130	-0.143	-0.130	-0.143	-0.170	-0.113	-0.141	-0.113	-0.141	-0.155	-0.099	-0.102	-0.099	-0.102	-0.146
RAE	0.149	0.166	0.150	0.166	0.172	0.198	0.235	0.198	0.235	0.225	0.142	0.158	0.142	0.158	0.179

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳- متوسط مقادیر شاخص‌های ارزیابی پیش‌بینی فرایند پیشروی سه آبیاری با استفاده از معادله نفوذ تجمعی نمونه، مزرعه ۲۰۱E.

Table 3. Average of advanced process prediction assessment indexes for three irrigation by using type cumulative infiltration equation, the 201E Farm.

شرح Description	جویچه اول First Furrow					جویچه دوم Second Furrow					جویچه سوم Third Furrow				
	SM				WS	SM				WS	SM				WS
	ZI		HD			ZI		HD			ZI		HD		
	اصلاح‌شده Corrected	اصلاح‌نشده Non corrected	اصلاح‌شده Corrected	اصلاح‌نشده Non corrected	ZI	اصلاح‌شده Corrected	اصلاح‌نشده Non corrected	اصلاح شده Corrected	اصلاح‌نشده Non corrected	ZI	اصلاح‌شده Corrected	اصلاح‌نشده Non corrected	اصلاح‌شده Corrected	اصلاح‌نشده Non corrected	ZI
RMSE(%)	33.241	33.939	33.237	35.979	36.825	56.876	61.205	56.824	64.750	61.203	36.379	38.148	36.364	40.451	40.235
MAE	0.327	0.332	0.327	0.343	0.335	0.505	0.464	0.505	0.465	0.463	0.444	0.455	0.444	0.529	0.519
RE	-0.313	-0.318	-0.313	-0.330	-0.318	-0.457	-0.505	-0.417	-0.508	-0.456	-0.444	-0.455	-0.444	-0.468	-0.455
RAE	0.281	0.287	0.281	0.303	0.306	0.463	0.477	0.463	0.495	0.475	0.315	0.331	0.315	0.350	0.343

Archive of SID

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ٤- متوسط مقادیر شاخص‌های ارزیابی پیش‌بینی فرایند پیشروی سه آبیاری با استفاده از معادله نفوذ تجمعی اصلاح‌شده، مزرعه ۲۰۱C۱.

Table 4. Average of advanced process prediction assessment indexes for three irrigation by using adjusted cumulative infiltration equation, the 201C1 Farm.

شرح Description	جویچه اول First Furrow			جویچه دوم Second Furrow			جویچه سوم Third Furrow		
	SM		WS	SM		WS	SM		WS
	ZI	HD	ZI	ZI	HD	ZI	ZI	HD	ZI
RMSE(%)	8.074	7.934	8.835	4.652	4.924	5.286	8.075	8.079	8.271
MAE	0.087	0.085	0.092	0.060	0.061	0.068	0.085	0.085	0.086
RE	-0.025	-0.025	-0.053	0.038	0.032	0.008	0.004	0.004	-0.033
RAE	0.061	0.061	0.067	0.038	0.040	0.037	0.062	0.062	0.064

جدول ٥- متوسط مقادیر شاخص‌های ارزیابی پیش‌بینی فرایند پیشروی سه آبیاری با استفاده از معادله نفوذ تجمعی نمونه، مزرعه ۲۰۱E.

Table 5. Average of advanced process prediction assessment indexes for three irrigation by using type cumulative infiltration equation, the 201E.

شرح Description	جویچه اول First Furrow			جویچه دوم Second Furrow			جویچه سوم Third Furrow		
	SM		WS	SM		WS	SM		WS
	ZI	HD	ZI	ZI	HD	ZI	ZI	HD	ZI
RMSE(%)	15.408	15.426	14.216	18.776	18.774	24.768	23.059	23.060	28.622
MAE	0.194	0.194	0.183	0.277	0.277	0.222	0.282	0.282	0.245
RE	-0.145	-0.145	-0.137	-0.237	-0.237	-0.126	-0.214	-0.214	-0.128
RAE	0.124	0.124	0.115	0.161	0.161	0.172	0.174	0.174	0.217

نتیجه‌گیری

نتایج شاخص‌های ارزیابی نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین دو مدل هیدرودینامیک و اینرسی صفر در شبیه‌سازی وجود ندارد و در نرم‌افزار SIRMOD اعمال دبی آزمایشات نفوذ برای هر آبیاری، باعث اصلاح ضرایب نفوذ شده و نتایج را بهبود می‌بخشد. همچنین نتایج نشان داد در صورت استفاده از ضرایب نفوذ نمونه برای شبیه‌سازی در نرم‌افزارها، با توجه به شاخص درصد میانگین مربعات خطا، شبیه‌سازی‌ها، در مزرعه ۲۰۱C۱ دارای درجه خوب و متوسط و در مزرعه ۲۰۱E دارای درجه ضعیف بودند که در ادامه با اصلاح ضرایب نفوذ تجمعی نمونه این شاخص برای مزرعه ۲۰۱C۱ به درجه عالی و برای مزرعه ۲۰۱E به درجه خوب و متوسط بهبود یافتند. همچنین بررسی متوسط شاخص خطای مطلق نسبی نشان داد که اعمال اصلاح در ضرایب نفوذ نمونه، میزان دقت در مزرعه ۲۰۱C۱ را، ٦۳ درصد و در مزرعه ۲۰۱E بیش از ٥٦ درصد بهبود می‌دهد. بررسی شاخص‌های ارزیابی نشان دادند که نرم‌افزار SIRMOD در هر دو مزرعه عملکرد بهتری داشته است و در اولویت قرار دارد.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

1.Abbasi, F. 2008. Methods of improving surface irrigation systems, Proceedings of the Second Seminar on strategies for improving surface irrigation systems. Karaj, Pp: 1-12. (In Persian)

2.Alizadeh, A. 2010. Irrigation Systems Design: surface irrigation systems Design (Volume 1). Publication of university of Imam Reza, 450p. (In Persian)

3.Bahrami, M., Boroomandnasab, S., and Naseri, A.A. 2009. Comparison of Muskingum – Cunge model with irrigation hydraulic models in estimation of furrow irrigation advance phase. Iranian, J. Irrig. Drain. 2: 3. 40-49. (In Persian)

4.Bautista, E., Strelkoff, T., Clemmens, A.J., and Zerihun, D. 2008. Surface volume estimates for in_ltration parameter estimation. In: Babcok, R.W., Walton, R. (Eds.), Proc. World Environmental and Water Resources Congress 2008, ASCE/EWRI. Hon-olulu HI, May 12-16 CDROM, 10 pp.

5.Bautista, E., Clemmens, A.J., Strelkoff, T.S., and Niblack, M. 2009. Analysis of surface irrigation systems with WinSRFR-Example application. Agricultural Water Management. 96: 1162-1169.

6.Bautista, E., Clemmens, A.J., Strelkoff, T.S., and Schlegel, J. 2009a. Modern analysis of surface irrigation systems with WinSRFR. Agricultural Water Management. 96: 1146-1154.

7.Bautista, E., Clemmens, A.J., Strelkoff, T.S., and Schlegel, J. 2009b. Modern analysis of surface irrigation systems with WinSRFR, Agricultural Water Management.

8.Behbahani, M.R., and Babazadeh, H. 2005. Field evaluation of surface irrigation model (SIRMOD) (Case study in furrow irrigation). J. Agric. Sci. Natur. Resour. Pp: 1-10. (In Persian)

9.Ebrahimian, H., and Liaghat, A. 2011. Field evaluation of various mathematical models for furrow and border irrigation systems. J. Soil Water Res. 6: 2. 91-101.

10.Esfandyari, M. 2008. Improving the efficiencies of irrigation by using agricultural laser leveling. Proceedings of the Second Seminar on strategies for improving surface irrigation systems. Karaj, Pp: 207-220. (In Persian)

11.Koocheki, A., and Khajehoseini, M. 2008. Modern agriculture. First Edition. Publication of University Jihad of Mashhad, 704p. (In Persian)

12.Mahmoodabadi, M., and Mazaheri, M. 2012. Effect of some soil physical and chemical properties on permeability in field conditions. J. Iran. Soc. Irrig. Water Engin. 8: 14-25. (In Persian)

13.Moridnejad, A.R., Kavei, R., and Saedi, A. 2010. Optimization of Furrow irrigation under condition performed in the Salmane Farsi ‘s Agro-industry by using Software WinSRFR. Second National Conference on Irrigation and Drainage Network Management. Ahvaz, Shahidchamran University. (In Persian)

14.Mostafazadeh, B., and Moosavi, F. 2009. Surface irrigation Theory and Practice. Publication of Farhang Jame. (In Persian)

15.Nahvinia, M.G., Liaghat, A., and Parsinejad, M. 2010. Prediction of Depth of Infiltration in Furrow Irrigation Using Tentative and Statistical Models. J. Water Soil. 24: 4. 769-780. (In Persian)

16.Rasoulzadeh, A., and Sepaskhah, A.R. 2003. Scaled infiltration equations for furrow irrigation. Biosystem Engineering. 86: 3. 375-38.

17.Saghaian-Nejad, S.H. 1995. The effects of wetted perimeter on infiltration equation parameters in furrow irrigation. M.Sc. Thesis, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, 98p.

18.Sikekynejad, M., and Afroos, E. 2013. Compare the Zero inertia with the Kinematic wave hydraulic models to estimate the advance phase of furrow irrigation by using the Software WINSRFR 4.1. Fourth National Conference on Management of Irrigation and Drainage Networks. Ahvaz, Shahidchamran University. (In Persian)

www.SID.ir

Archive of SID

19. Strelkoff, T., and Katapodes, N.D. 1977. Border irrigation hydraulics with zero-inertia. J. Irrig. Drain. Div. ASCE. Pp: 325-342.
20. Walker, W.R. 2007. SIRMOD III-Surface IrrigationSimulation, Evaluation and Design. Department of Biological and Irrigation Engineering, Utah State University, 163p.
21. Yekzaban, A., Shaebanpoor, M., Davatgar, N., and Pirmoradian, N. 2015. Evaluating accuracy some of geostatistical methods to predict spatial variability of final infiltration rate. J. Water Soil Cons. Pp: 221-229. (In Persian)
22. Zare Chingalni, N., Shirafroos, A., Yazdani, M.R., and Rafiei, M.R. 2011. Investigation of WinSRFR3.1 and SIRMOD softwares for the analysis and hydraulical simulation of the border Irrigation under Sorghum Bicolour cultivation. Iranian cogress on soil and water Engineering and management, Tehran University. 109p. (In Persian)

www.SID.ir

Archive of SID

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 24(2), 2017
http://jwsc.gau.ac.ir

Investigation of the accuracy of Non-point infiltration measurement methods in designing of furrow irrigation system

***E. Maroufpoor[1], A. Seyedzadeh[2] and M. Behzadynasab[3]**

[1]Associate Prof., Dept. of Water Science and Engineering, University of Kurdistan,
[2]M.Sc. Student, Dept. of Irrigation and Reclamation Engineering, University of Tehran,
[3]M.Sc., Irrigation and Drainage and Expert of Kurdistan Regional Water Authority
Received: 08/16/2016; Accepted: 05/14/2017

Abstract

Background and Objectives: Infiltration is the most critical and often most difficult parameter for evaluation of surface irrigation systems. In particular, the infiltration specification is variable with time and place. In general, a fairly large number of field measurements is needed to show the average farm condition. The aim of this research is the investigation of the accuracy of extraction the type cumulative infiltration equation by using the Non-point methods and the adjusted by the irrigation process, in simulation of the closed end furrow irrigation system. For simulation, was used from the zero inertia model in WinSRFR software and the zero inertia and Hydrodynamic models in SIRMOD software.

Materials and Methods: This research was implemented at two farms whose names were 201E and 201C1, in the Hafttape Cultivation and Industry of Sugarcane that Sugarcane was cultivated in furrows floor. In each farm 7 consecutive furrows selected. Even furrows test and odd furrows had buffer roles. The average furrows length was in 201C1 farm, 268 meters and in the 201E farm 165 meters. In the both farms Longitudinal slope of the test furrows was measured and 0.001 (meter/meter) obtained and furrows width, 1.5 meters. The furrows were irrigated by closed end method. In order to prepare the data for the advance and recession, was put the station in the furrows length intervals of 20 meters. In both farms, three irrigations were evaluated. For measurement of the inlet flow rate to the test furrows, was used from WSC flume, type 3. Kostiakov Louis type cumulative infiltration equations obtained by the inflow – outflow method for both farms. By using the Advance and recession data and the volume of inflow water and infiltration to the furrows the type cumulative infiltration equations was adjusted and the adjusted cumulative infiltration equations obtained for each furrow. Then the amounts of the advance of the each irrigation for both farms simulated by using the type cumulative infiltration equations and adjusted and the hydrodynamic and Zero inertia models of both WinSRFR and SIRMOD software.

Results: Results of this research showed that placement the amount of infiltration experiments flow rate in SM software improves significantly the simulation process. Compare the results of the Zero inertia and hydrodynamic models of SM software shows that results of these models in simulation of the closed end furrow irrigation process with Sugarcane Cultivated in furrows floor, were similar and had little difference together. Evaluation of the result of SM and WS software simulations shows that if the type cumulative infiltration equations used in the advanced accuracy of process simulation in the 201C1 farm, had the good and moderate ranking and in the 201E farm, had the weak rank. Adjusting the infiltration equations and using them in these software upgrade accuracy simulation in the 201C1 farm to excellent ranking and in the 201E farm to the good and moderate range. This increase of accuracy was the improvement of the average of Relative Absolute Error index in the 201C1 farm 63 percent and in the 201E farm 53 percent. Results too showed that the SM software in simulated of both farms with the fewer Mean Square Error and the fewer Relative Absolute Error had better performance and both software have predicted the Computing advanced times more than the real amount them.

Conclusion: In general results of this research shows that if the adjusted infiltration equations used Instead of the type infiltration equations in the designing, simulation and evaluation of the closed end furrow irrigation systems, increased the accuracy of results to significantly, so finally will cause the improvement and increasing of the irrigation systems hydraulic indexes.

Keywords: Surface irrigation, Kostiakov Louis infiltration equation, Inflow – outflow method, SIRMOD, WinSRFR

* Corresponding Author; Email: e.maroufpoor@uok.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

www.SID.ir