Archive of SID

نشریه حفاظت منابع آب و خاک، سال نهم، شماره دوم، زمستان ۱۳۹۸

ISSN 2251-7480

برآورد ضرایب نفوذ و ضریب زبری مانینگ در دو رژیم جریان پیوسته و کاهشی

کیوان زرعکانی[۱]، هادی رمضانی اعتدالی[۲*]، پیمان دانش‌کار آراسته[۳]

۱) دانش‌آموخته کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی(ره)، قزوین، ایران.

۲*) دانشیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی(ره)، قزوین، ایران.

* نویسنده مسئول مکاتبات: Ramezani@eng.ikiu.ac.ir

۳) دانشیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی(ره)، قزوین، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۵/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۹/۲۷

چکیده

با توجه به اینکه هنوز درصد بالایی از اراضی کشاورزی به‌صورت سطحی آبیاری می‌شود یافتن راه‌حلی به‌منظور اصلاح روش‌های مذکور با هزینه‌هایی به مراتب کم‌تر از آبیاری تحت فشار ضروری به نظر می‌رسد. ضریب زبری مانینگ و معادله نفوذ از مهم‌ترین پارامترهای ارزیابی سامانه آبیاری سطحی است. ضرایب معادلات نفوذ نقش اساسی در ارزیابی و طراحی سامانه‌های آبیاری دارند؛ به همین دلیل برای افزایش بازده آبیاری ضروری است که این ضرایب با دقت بالا تخمین زده شوند. هدف از این تحقیق برآورد ضرایب نفوذ و ضریب زبری مانینگ در دو رژیم جریان پیوسته و کاهش جریان طی سه رخداد اول آبیاری با استفاده از مدل‌های INFILT، SIPAR_ID و EVALUE است. نتایج نشان داد میانگین درصد خطای نسبی در مدل‌های INFILT، SIPAR_ID و EVALUE به‌ترتیب ۱۶/۶، ۵/۲ و ۱۱/۲ و حداکثر خطا به‌ترتیب ۱/۶، ۰/۷ و ۱/۱ مترمکعب است که می‌توان نتیجه گرفت مدل SIPAR_ID خطای کم‌تری نسبت به دو مدل دیگر دارد. همچنین این مدل‌ها در برآورد نفوذ در آبیاری نواری دقت بالاتری نسبت به آبیاری جویچه‌ای داشته‌اند. همچنین سازمان حفاظت خاک آمریکا (SCS) مقدار ضریب زبری مانینگ را برای جویچه‌های آیش در آبیاری اول ۰/۰۴ پیشنهاد کرده است که با مقادیر تخمینی مدل SIPAR_ID که از مقدار ۰/۰۳۸ تا ۰/۰۸۹ تفاوت زیادی دارد.

کلید واژه‌ها: آبیاری جویچه‌ای؛ آبیاری نواری؛ INFILT؛ SIPAR_ID؛ EVALUE

مقدمه

از آنجا که سرعت نفوذ آب در خاک تعیین کننده زمان تداوم آبیاری برای ذخیره نمودن مقدار مشخصی آب در داخل خاک بوده، از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد. در حقیقت نفوذ آب در خاک یکی از حساس‌ترین پارامترهای مؤثر بر آبیاری سطحی و یکی از مشکل‌ترین پارامترهایی است که باید برآورد شود. روش‌های متعددی برای اندازه‌گیری نفوذ وجود دارد و بسته به روش آبیاری متفاوت است در آبیاری جویچه‌ای سطح خاک که در

www.SID.ir

Archive of SID

معرض نفوذ قرار دارد، تقریباً سهمی شکل است و نفوذ به‌صورت دو بعدی در اطراف جویچه صورت می‌گیرد. در واقع هرکدام از روش‌های اندازه‌گیری سرعت نفوذ که استفاده می‌شود باید شرایط آبیاری را شبیه‌سازی کند. سهرابی و پایدار (۱۳۸٤) مهم‌ترین مشخصه خاک از نظر کشاورزی نفوذ می‌باشد و وارد شدن آب به داخل خاک را نفوذ می‌گویند نفوذ با تغییر عواملی چون بافت، رطوبت اولیه خاک، مقدار جریان ورودی به مزرعه و عملیات زراعی تغییر می‌کند در بین این عوامل یاد شده رطوبت اولیه و مقدار جریان ورودی به مزرعه دارای تغییرات زیادی در طول فصل زراعی می‌باشند در نتیجه اندازه‌گیری نفوذپذیری خاک در یک وضعیت خاص رطوبتی و مقدار جریان ورودی به مزرعه متغیر می‌باشد. مشکلات اندازه-گیری نفوذ (پر هزینه و وقت گیر بودن آن) و همچنین تغییرپذیری نفوذ با تغییر رطوبت اولیه شناسایی معادله نفوذی که دارای کمترین حساسیت نسبت به تغییرات رطوبت اولیه و مقدار جریان ورودی به مزرعه باشد از اهمیت خاصی در مطالعات آب و خاک برخوردار خواهد بود (ابراهیمیان و همکاران، ۱۳۸۹).

Holzapfel و همکاران (۲۰۰٤) به بررسی نفوذ در آبیاری جویچه‌ای پرداختند نتایج آنها نشان داد که نفوذ آب در جویچه تحت عواملی چون شکل جویچه و اندازه جویچه و سطح تماس آب با خاک قرار می‌گیرد. دربندی و همکاران (۱۳۸٤) به بررسی میزان حساسیت ضرایب معادله‌های نفوذ کوستیاکوف و کوستیاکوف اصلاح شده و سازمان حفاظت خاک آمریکا (SCS) نسبت به رطوبت اولیه خاک پرداختند آن‌ها آزمایشات نفوذسنجی را با استفاده از استوانه‌های مضاعف در ۹ رطوبت اولیه مختلف خاک انجام دادند و نشان دادند که توان معادلات کوستیاکوف وکوستیاکوف-لوییس حساسیت کمتر و ضریب نفوذپذیری نهایی مدل کوستیاکوف-لوییس حساسیت بیشتری به تغییرات رطوبت اولیه خاک دارد.

عوامل موثر بر تغییرات مکانی نفوذ به دو گروه تقسیم می‌شوند که گروه اول شامل عواملی ناشی از ویژگی‌های هیدرولیکی جریان در طول مزرعه مانند فرصت نفوذ، تغییرات عمق جریان و محیط خیس شده به دلیل کاهش دبی جریان در طول مزرعه است. بر اساس تحقیقات مزرعه‌ای Abbasi و همکاران، (۲۰۰۳) رابطه مستقیم بین عمق جریان آب محیط خیس شده و نفوذ آب در آبیاری جویچه‌ای وجود دارد. تاثیر عواملی چون فرصت نفوذ، رطوبت اولیه خاک، عمق جریان، سطح مقطع جریان، محیط خیس شده و چگالی ظاهری مرطوب را بر نفوذ تجمعی آب در جویچه بررسی نمودند. ایشان با داده‌های مزرعه‌ای نشان دادند که فرصت زمان نفوذ بیشترین اثر مثبت و مستقیم را بر نفوذ تجمعی داشته و اثر مستقیم رطوبت اولیه خاک بر نفوذ تجمعی ۲/۳۱ برابر کمتر از فرصت نفوذ است نکته مهم اینکه برلحاظ کردن تغییرات مکانی نفوذ آب در خاک در ارزیابی و طراحی سامانه‌های آبیاری تاکید شده است.

گروه دوم عواملی هستند که به صورت تصادفی در نقاط مختلف مزرعه اتفاق افتاده و باعث تغییر در میزان نفوذ آب در خاک می‌شوند. از جمله این عوامل تغییر ذاتی ویژگی‌های فیزیکی خاک شامل بافت، ساختمان و تراکم خاک است. در نظر گرفتن تغییرات مکانی نفوذ در آبیاری باعث افزایش دقت در تخمین مقدار آب نفوذ یافته و یکنواختی ویژگی‌های خاک، خطای ناشی از فرض همگن بودن زیاد خواهد بود. زبردست و همکاران (۱۳۹۳) تغییرات زمانی نفوذ را در دو خاک لوم رسی در کرج و اصفهان در دو مدیریت متفاوت آبیاری جویچه‌ای بررسی کردند. دو تیمار مدیریتی شامل خاک بدون کاه و کلش و خاک با کاه و کلش بود فاصله جویچه‌ها ۷۵ سانتی‌متر و طول آنها ٦۰ متر بود تغییرات زمانی نفوذ تجمعی در تمامی تیمارها مشاهده نشد مقادیر نفوذ تجمعی در طول فصل روند نزولی و به صورت لگاریتمی گزارش شد. نفوذ

www.SID.ir

Archive of SID

نهایی و راندمان کاربرد آب در انتهای فصل کشت نسبت به ابتدای دوره به ترتیب ۳٤ و ۱۰ درصد کاهش یافت.

مهم‌ترین و جدیدترین روش‌های تخمین پارامترهای نفوذ، استفاده از داده‌های پیشروی است که تاثیر شرایط دینامیکی نفوذ آب در خاک را نیز در نظر می‌گیرد. روش-های یک نقطه، دو نقطه، بهینه‌سازی چند سطحی و روش پیشروی Benami و Ofen (۱۹۸٤) از جمله این روش-هاست که اساس این روش‌ها، معادله بیلان حجم است.

ارزیابی گسترده‌ای از روش‌های مختلف برآورد پارامترهای نفوذ در جویچه و نوارهای آبیاری نشان داد که روش دو نقطه‌ای ابراهمیان (۲۰۱٤) و روش دونقطه‌ای الیوت و واکر نتایج بهتری در مقایسه با سایر روش‌ها دارند.

Ramezani Etedali و همکاران (۲۰۱۱) به ارزیابی سه مدل SIPAR_ID، EVALUE و INFILT برای تخمین ضرایب معادله نفوذ کوستیاکف در آبیاری جویچه‌ای پرداختند در ارزیابی مدل‌های مختلف تخمین ضرایب نفوذ نتایج بدست آمده نشان داد که برآورد میزان آب نفوذ یافته در خاک دو مدل EVALUE و SIPAR_ID دارای خطای کمتری می‌باشد با توجه به سادگی و تحت ویندور بودن مدل SIPAR_ID استفاده از این مدل را توصیه کرده‌اند در حالی که عمق جریان در نقاط مختلف طول جویچه اندازه‌گیری نشده باشد، مدل SIPAR_ID به خوبی می-تواند ضرایب نفوذ را پیش‌بینی کند.

ضریب زبری مانینگ از مهمترین پارامترها در طراحی و ارزیابی آبیاری سطحی است با وجود اهمیت زیاد این پارامتر، تخمین آن آبیاری سطحی بسیار دشوار است. Ramezani Etedali و همکاران (۲۰۱۲) طی تحقیقی بر ارزیابی مدل EVALUE برای تخمین ضریب زبری مانینگ در آبیاری جویچه‌ای توانستند مقدار ضریب زبری برای جویچه‌های مورد مطالعه که بین (۰/۰۲ تا ۰/۱۰۲) متغیر بود را بدست آورند همچنین نتایج بدست آمده از مدل EVALUE توانست با دقت قابل قبولی مرحله پسروی را که حساسیت بیشتری به ضریب زبری مانینگ دارد را شبیه‌سازی کند.

رمضانی اعتدالی و همکاران، (۱۳۸۸؛ ۱۳۹۱) در ارزیابی مدل‌های مختلف تخمین ضرایب نفوذ، نتایج بدست آمده نشان داد که برآورد میزان آب نفوذ یافته درخاک، دومدل EVALUE و SIPAR_ID دارای خطای کمتری می‌باشد و با توجه به تحت ویندوز بودن مدل SIPAR_ID استفاده از این مدل توصیه می‌شود.

ابراهمیان و کمالی (۱۳۹٦) بیان داشتند مدل SIPAR_ID عملکرد قابل قبولی ندارد چون این روش سرعت نفوذ نهایی را برآورد نمی‌کند و در بعضی آبیاری‌ها نیز ۳۰ درصد خطا داشته است.

هدف از این تحقیق برآورد ضرایب بهینه نفوذ در دو رژیم جریان پیوسته و کاهش جریان طی سه رخداد اول آبیاری با استفاده از سه مدل INFILT، SIPAR_ID و EVALUE است. همچنین ارزیابی دو روش SCS و SIPAR_ID در برآورد ضریب زبری مانینگ نیز هدف دیگر این مطالعه است.

مواد و روش‌ها

آزمایش مزرعه‌ای

محل انجام این تحقیق مزرعه جهان آباد واقع در شهرستان البرز استان قزوین می باشد که دارای مختصات ۳٦/۱۸ شمالی و۵۹/۰۵ شرقی می‌باشد. شهرستان البرز دارای آب و هوای شهرستان خشک و نیمه خشک و میانگین بارندگی سالانه آن ۳۰۹ میلی‌متر می‌باشد.

در مزرعه انتخابی از دو نوع روش آبیاری جویچه‌ای و نواری به ترتیب برای آبیاری ذرت و درختان هلو و شلیل استفاده می‌شود. آبیاری مزرعه از یک حلقه چاه عمومی با دبی ٤۵ لیتر برثانیه انجام شده است و فواصل بین پشته‌ها نیز ۷۵ سانتیمتر و طول جویچه‌های مورد بررسی ۱۸۰ متر

www.SID.ir

Archive of SID

است. فواصل بین درختان ۳×۳ و نوارهایی به طول ۱۰۰ متر و به عرض ۲/۵ متر برای آبیاری درختان ایجاد شده است. بافت خاک از نوع لوم رسی بوده و درصد اشباع SP، ۵۱ درصد بوده و مقدار هدایت الکتریکی، ۱/۸۳ دسی-زیمنس بر متر و مقدار PH نیز برابر ۸ می‌باشد. اندازه-گیری‌های لازم برای ارزیابی و آنالیز شامل رطوبت خاک قبل از آبیاری، اندازه جریان ورودی، سرعت پیشروی آب، شرایط خاک، خصوصیات مقطع جریان، زمان قطع جریان، سرعت پسروی، می‌باشند. در این تحقیق داده‌های مربوط به سه آبیاری اول در بخش زراعت و باغ برداشت گردید. علت این امر اهمیت آبیاری اول (خاکاب) با توجه به ضریب زبری بالا در اولین رخدادهای آبیاری و مسایل تحلیل مسایل مرتبط با آن می‌باشد. به منظور ارزیابی، طراحی و شبیه‌سازی جریان آب در جویچه‌های آبیاری تعیین معادله نفوذ آب در خاک که تاحد امکان به شرایط واقعی مزرعه نزدیک باشد، ضروری است، مشخصات جویچه و نوارهای مورد مطالعه به شرح جدول شماره (۱) است که جویچه‌ها را با حرف لاتین F و نوارها با حرف لاتین B مشخص شده‌اند و جویچه‌ها و نوارهایی که روش کاهش جریان پس از مرحله پیشروی در آنها اعمال گردیده است با حرف لاتین C در جدول مشخص شدند. طول شایان ذکر است که رژیم کاهش جریان پس از اتمام مرحله پیشروی و به میزان نصف دبی ورودی اعمال گردید.روش اجرای عملیات در هر یک از رخدادهای سه گانه آبیاری در مزارعی که تحت پوشش آبیاری جویچه‌ای قرار دارند به شرح ذیل بوده است: یک نمونه خاک برای اندازه گیری میزان رطوبت خاک قبل از آبیاری از عمق توسعه ریشه برداشت گردید. شش جویچه برای آزمایش انتخاب و سه جویچه برای بررسی شرایط جریان با دبی ثابت و سه جویچه برای اعمال شرایط جریان کاهشی و طول مشخصات سطح مقطع آنها اندازه‌گیری گردید. در فواصل ۲۰ متر میخ کوبی (نشانه گذاری) گردید. کد ارتفاعی در طول مسیر جویچه‌ها برای تعیین شیب مزرعه، برداشت گردید. زمان پیشروی آب به هر ایستگاه یادداشت شد.

برای دنبال نمودن جبهه خیس در خاک، اطمینان از کفایت و میزان یکنواختی آبیاری در سه نقطه ابتدایی، میانی و انتهایی جویچه با برداشت نمونه خاک پس از ۲٤ ساعت از زمان آبیاری میزان رطوبت خاک تعیین گردید. در طرح مورد مطالعه یک مزرعه تحت پوشش آبیاری نواری قرار دارد. موارد اشاره شده در جدول (۱) برای ارزیابی و بررسی آبیاری نواری جمع آوری شد. در مزرعه انتخاب شده اطلاعات خاک، شیب و گیاه اندازه‌گیری و ثبت شد.

مدل SIPAR_ID

SIPAR_ID مدلی تحت ویندوز برای تخمین ضرایب نفوذ معادله کوستیاکف (۱) و ضریب زبری مانینگ در آبیاری سطحی پیشنهاد شده است Rodriguez و Martos (۲۰۰۸). SIPAR_ID یک نرم افزار مبتنی بر تکنیک مدل‌سازی معکوس چند هدفه برای تخمین مقادیر نفوذ و ضریب زبری از یک رویداد آبیاری سطحی تحت هر دو شرایط ورودی ثابت و متغیر است. موتور شبیه‌سازی آن کاملا انعطاف پذیر و دقیق است که ترکیبی از مدل تعادل حجم با شبکه‌های عصبی مصنوعی است.

SIPAR_ID نیز تخمینی از عدم قطعیت و حساسیت پارامترهای شناسایی را فراهم می‌کند. محدودیتی از نظر باز یا بسته بودن انتهای مزرعه برای این مدل وجود ندارد. این مدل برای تخمین ضرایب از معادله بیلان حجم و روش حل معکوس استفاده می‌کند. از شبکه عصبی مصنوعی به منظور به حداقل رساندن اختلاف مرحله پیشروی اندازه‌گیری و شبیه سازی شده است. ورودی‌های این مدل شامل هیدروگراف جریان ورودی، فاز پیشروی، شیب کف مزرعه، ضرایب هیدرولیکی و هندسی مقطع و عمق جریان در هر ایستگاه در زمان‌های مختلف است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۱. مشخصات هندسی هیدرولیکی جویچه و نوار

جویچه	F1	FC1	F2	FC2	F3	FC3	B1	BC1	B2	BC2	B3	BC3
طول جویچه/نوار (متر)	۱۸۰	۱۸۰	۱۸۰	۱۸۰	۱۸۰	۱۸۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
فاصله جویچه‌ها/نوارها (متر)	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۷۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵
شیب (درصد)	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵
زمان کاهش جریان (دقیقه)	۱۲۰	۱۲۰	۹۰	۹۰	۹۰	۹۰	۲۵	۲۵	۲۲	۲۲	۲٤	۲٤
زمان قطع جریان (دقیقه)	۱۲۵	۱۲۵	۱۱۵	۱۱۵	۱۱۵	۱۱۵	٤۰	٤۰	٤۵	٤۵	٤۰	٤۰
متوسط جریان ورودی (لیتر بر ثانیه)	۱/٦	۱/٦	۱/۵	۱/۵	۱/٦	۱/٦	۱۲/۵	۱۲/۵	۱۱/۵	۱۱/۵	۱۲	۱۲
رخداد آبیاری	۱	۱	۲	۲	۳	۳	۱	۱	۲	۲	۳	۳
ρ1	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۲٦	۰/۲٦	۰/۲٦	۰/۲٦	۰/۲٦	۰/۲٦
ρ2	۲/٦	۲/٦	۲/٦	۲/٦	۲/٦	۲/٦	۳/۳	۳/۳	۳/۳	۳/۳	۳/۳	۳/۳
σ1	۱/۲٤	۱/۲٤	۱/۲٤	۱/۲٤	۱/۲٤	۱/۲٤	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵
σ2	۱/۵٦	۱/۵٦	۱/۵٦	۱/۵٦	۱/۵٦	۱/۵٦	۱	۱	۱	۱	۱	۱

مدل INFILT

INFILT مدلی تحت ویندوز و برای تخمین ضرایب نفوذ معادله کوستیاکف- لوئیس در آبیاری جویچه‌ای است.

$$z = k\tau^{\alpha} + f_0\tau \qquad (۱)$$

که در این رابطه، z نفوذ تجمعی (mm)، τ زمان نفوذ (min) و k ($mm/\min^{\alpha}$)، α (بدون بعد) و f_0 (mm/min) ثابت‌های تجربی هستند. البته این مدل قابلیت ساده نمودن معادله نفوذ کوستیاکف-لوئیس را به معادله نفوذ کوستیاکف دارد.

این مدل برای تخمین ضرایب نفوذ از معادله بیلان حجم و روش حل معکوس به منظور به حداقل رساندن اختلاف فاز پیشروی اندازه گیری و شبیه سازی شده استفاده می‌کنند. برای این مدل نیز محدودیتی از نظر باز یا بسته بودن انتهای مزرعه وجود ندارد. ورودی‌های این مدل شامل داده‌های مرحله پیشروی و متوسط جریان ورودی می‌شود (Mc Clymont et al., 1996).

مدل EVALUE

این مدل توسط Strelkoff و همکاران (۱۹۹۹) برای مزارع با شیب کم پیشنهاد شده است.

و در آن معادلات پیوستگی، مومنتم، و مانینگ به صورت همزمان حل می‌شوند. در این مدل به علت ناچیز بودن سرعت جریان، به خصوص در مزارع با شیب کم، از عبارت‌های شتاب معادله مومنتم صرف نظر و در حقیقت از مدل اینرسی _ صفر استفاده می‌شود. این مدل علاوه بر ضریب زبری مانینگ، ضرایب معادله کوستیاکف شاخه‌ای (معادله ۲) را نیز محاسبه می‌کند. علت انتخاب معادله کوستیاکف شاخه‌ای توانایی این معادله برای نشان دادن شدت نفوذ در ابتدا و رسیدن به مقدار ثابتی از شدت نفوذ در ادامه است. این معادله در خاک‌های تازه شخم خورده و سله بسته نتایج بهتری ارایه می‌دهد.

$$\begin{cases} z = c + k\tau^{a} & \tau \le \tau_B \\ z = c_B + b\tau & \tau > \tau_B \end{cases} \qquad (۲)$$

که در آن، z نفوذ تجمعی، τ زمان نفوذ، τ_B زمان رسیدن به سرعت نفوذ نهایی و k، a، c، b و c_B ثابت-های تجربی هستند. این مدل قابلیت ساده نمودن معادله نفوذ کوستیاکف شاخه‌ای به معادله نفوذ کوستیاکف را دارد.

www.SID.ir

Archive of SID

این مدل در آبیاری جویچه‌ای و کرتی و نواری نیز کاربرد دارد ولی فقط برای حالتی که انتهای مزرعه بسته است هیچ رواناب خروجی وجود ندارد ورودی‌های مدل شامل فواصل جویچه‌ها پروفیل عرضی، هیدروگراف جریان ورودی، و عمق جریان در هر ایستگاه در زمان‌های مختلف است.

نرم افزار SIRMOD

در این تحقیق از نرم‌افزار SIRMOD به منظور شبیه‌سازی و ارزیابی رخدادهای آبیاری با ضرایب نفوذ و ضریب زبری مانینگ برآورد شده با مدل‌های اشاره شده در بالا، استفاده شد. این نرم افزار درسال ۱۹۸۹ به وسیله واکر در دانشگاه ایالتی یوتا ارائه شد. نرم افزار فوق در تمامی روش‌های آبیاری سطحی اعم از جویچه‌ای، نواری و کرتی قابل استفاده و دارای قابلیت سهولت مدیریت در جریان-های موجی و کاهش جریان نیز می‌باشد. در این نرم افزار برای توصیف خصوصیات نفوذ از معادله کوستیاکف لوییس استفاده شده است. ورودی‌های اصلی نرم افزار SIRMOD شامل شدت جریان ورودی، مشخصات هندسی سطح مقطع شیار، طول و شیب شیار، پارامترهای نفوذ پذیری و ضریب زبری مانینگ می‌باشند. خروجی‌های نرم افزار نیز شامل زمان پیشروی و پسروی، رواناب از انتهای شیار و عمق آب نفوذیافته به شمار می‌روند (Walker, 2003).

اجزای تشکیل دهنده مدل SIRMOD شامل یک موتور شبیه سازی که برای پیش بینی جریان سطحی و زیر سطحی یک سیستم از نظر هندسی نفوذ پذیری و نیز شرایط مرزی مورد استفاده قرار می‌گیرد و ابزاری برای ارزیابی عملکرد سیستم آبیاری سطحی و نفوذپذیری و شرایط زبری برای پارامترهای اندازه گیری شده میدانی و ابزاری برای طراحی سیستم‌های آبیاری و بهینه سازی سیستم آبیاری موجود است.

ارزیابی نتایج مدل‌ها

به منظور ارزیابی مدل‌ها در تخمین پارامترهای نفوذ، حجم آب نفوذ یافته در طول جویچه با استفاده از روش‌های درصد خطای نسبی (RE)، حداکثرخطا (ME)، ریشه دوم میانگین مجذور خطا (RMSE) و کارایی مدل سازی (EF) برآورد و با حجم آب نفوذیافته با استفاده از روش‌های مذکور برآورد و مقایسه گردید.

$$RE=\frac{(Pi-Qi)}{Qi}*100 \quad (۳)$$

$$ME=\mathrm{Max}\left|Pi-Qi\right|_{i=1}^{n} \quad (٤)$$

$$RMSE=\left[\frac{\sum_{i=1}^{n}(Pi-Qi)^2}{n}\right]^{\frac{1}{2}} \quad (٥)$$

$$EF=\frac{\sum_{i=1}^{n}(Qi-Q)^2-\sum_{i=1}^{n}(Pi-Qi)^2}{\sum_{i=1}^{n}(Qi-Q)^2} \quad (٦)$$

که درآن، Pi مقادیر پیش بینی شده، Qi مقادیر اندازه‌گیری شده (مشاهده‌ای)، n تعداد نمونه‌ها و Q مقدار متوسط پارامتر مشاهده شده می‌باشد. حداقل مقدار Me، RE و RMSE صفر وحداکثر مقدار EF برابر یک می‌باشد.

EF می‌تواند مقادیری منفی داشته باشد. مقدار زیاد ME نشانگر بدترین حالت کارکرد مدل است. شاخص EF، مقادیر پیش‌بینی شده را با میانگین اندازه‌گیری شده، مقایسه می‌کند. مقادیر منفی EF بیانگر آن است که میانگین مقادیر اندازه‌گیری شده، برآوردی بهتر از مقادیر پیش‌بینی شده دارد. چنانچه تمامی مقادیر پیش‌بینی و اندازه‌گیری شده باهم برابر شوند، مقدار عددی شاخص‌های ME، RE و RMSE برابر با صفر و مقدار EF برابر با یک خواهد بود.

در تعیین ضریب زبری مانینگ از عوامل مهم حرکت آب در آبیاری سطحی، مقاومت در مقابل جریان آب است نیروی ناشی از کف جویچه برآب اعمال می‌شود عبارت است از تنش برشی و نیروی مقاومت ناشی از عوامل جانبی مانند زبری سطح خاک و پوشش گیاهی می‌باشد.

ضریب زبری مانینگ از مهمترین پارامتر ها در طراحی و ارزیابی آبیاری سطحی است ولی، تخمین آن در آبیاری سطحی و به خصوص در آبیاری جویچه‌ای، بسیار دشوار است که، برای تخمین ضریب زبری مانینگ در آبیاری

www.SID.ir

Archive of SID

جویچه‌ای از مدل SIPAR_ID، نظریه Sepaskhah و Bondar (۲۰۰۲) و ضرایب پیشنهادی سازمان حفاظت خاک آمریکا (SCS) استفاده شد. Sepaskhah و Bondar (۲۰۰۲) آزمایش‌هایی را برای آبیاری جویچه‌ای تحت کشت گندم با دبی‌های مختلف (۰/٤، ۰/۸ و ۱/۱ لیتر بر ثانیه) و شیب‌های متفاوت (۰/۲ و ۰/٤ درصد) انجام و روابطی تجربی برای تخمین ضریب زبری مانینگ ارائه نمودند.

$$n = 0.1162 - 0.05037Q \quad (۷)$$

$$n = 0.145 - 0.0142(N_0) - 0.0504Q \quad (۸)$$

که در این روابط، Q دبی ورودی به جویچه (lit/s) و N_0 شماره آبیاری (قبل از جوانه‌زنی) است.

همچنین نتایج تحقیق Sepaskhah و Bondar (۲۰۰۲) نشان داد در آبیاری اول مقدار ضریب زبری بین ۰/۱۲۱ – ۰/۰۷۰ است، اما در آبیاری‌های دوم و سوم ضریب زبری ٦۰ تا ۷۰ درصد کاهش یافت. سازمان حفاظت منابع طبیعی امریکا (NRCS) (USDA, 1974) مقدار ضریب زبری مانینگ را برای جویچه‌های لخت در آبیاری اول ۰/۰٤ و برای آبیاری دوم ۰/۰۲ پیشنهاد نموده است.

نتایج و بحث

در جدول شماره (۲) ضرایب نفوذ که با استفاده از مدل‌های سه گانه تعیین شده ارائه گردیده است. برای ارزیابی مدل‌ها در تخمین پارامترهای نفوذ، حجم آب نفوذ یافته در طول جویچه با استفاده از روش‌های مذکور برآورد و با حجم آب نفوذ یافته با استفاده از هیدوگراف جریان ورودی – خروجی محاسبه شده، مقایسه گردید.

نتایج حاصل از مدل‌های سه گانه در جدول (۳) و شکل (۱) بیانگر عملکرد بهتر مدل SIPAR_ID در تعیین ضرایب معادله نفوذ است. دقت کمتر مدل INFILT به نوع ورودی‌های این مدل مربوط است. این مدل به ورودی‌های کمتری نیاز داشته و ورودی‌های آن بسیار ساده شده است مثلا به جای هیدروگراف جریان ورودی، تنها از میانگین دبی ورودی استفاده می‌نماید. اهمیت تاثیر دبی ثابت و دبی متغیر بر مقادیر معادله نفوذ و مرحله پیشروی توسط Rodriguez و Martos (۲۰۰۸) بررسی شده است.

نتایج بررسی در تمام شاخص‌های ریشه دوم میانگین مجذور خطاها (RMSE) درصد خطای نسبی (RE) حداکثر خطا (ME) و کارایی مدل سازی (EF) از برتری نتایج پیش بینی حجم آب نفوذ یافته با استفاده از ضرایب نفوذ خروجی مدل SIPAR_ID دارد.

همچنین نتایج نشان می‌دهد هر سه مدل در برآورد ضرایب نفوذ در آبیاری نواری بهتر عمل کرده‌اند. میانگین درصد خطای نسبی در مدل‌های INFILT، SIPAR_ID و EVALUE در آبیاری نواری به ترتیب ۸/٦، ۲/۷ و ۱۰/٦ و در آبیاری جویچه‌ای ۲٤/٦، ۷/۸ و ۱۱/۷ است. مدل‌های مذکور در آبیاری نواری و در رژیم کاهش جریان نسبت به جریان پیوسته کاهش دقتی را نشان نمی‌دهند. اما این کاهش دقت در آبیاری جویچه‌ای مشهودتر است.

در آبیاری جویچه‌ای حجم نفوذ یافته واقعی که با روش بیلان حجم برآورد شده حدود ٤٥ درصد کاهش یافته است. با توجه به نیاز اندک بذر گیاه در مرحله جوانه-زنی بیشتر آب نفوذ کرده در آبیاری اول به صورت نفوذ عمقی از دسترس خارج خواهد شد. در آبیاری نواری اختلاف آب نفوذ یافته بین آبیاری اول و دوم حدود ۲ و اختلاف بین آبیاری اول و سوم حدود ۹ درصد است.

روش سپاسخواه و بندار در روش آبیاری نواری کاربردی ندارد بنابراین ضریب زبری از روش مذکور در این تحقیق فقط در روش جویچه‌ای مورد لحاظ قرار گرفت. سازمان حفاظت خاک آمریکا (SCS) مقدار ضریب زبری مانینگ را برای جویچه‌های آیش در آبیاری اول ۰/۰٤ پیشنهاد کرده است که با مقادیر تخمینی مدل SIPAR_ID تفاوت زیادی دارد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲. ضرایب نفوذ معادله به دست آمده در مدل‌های مختلف

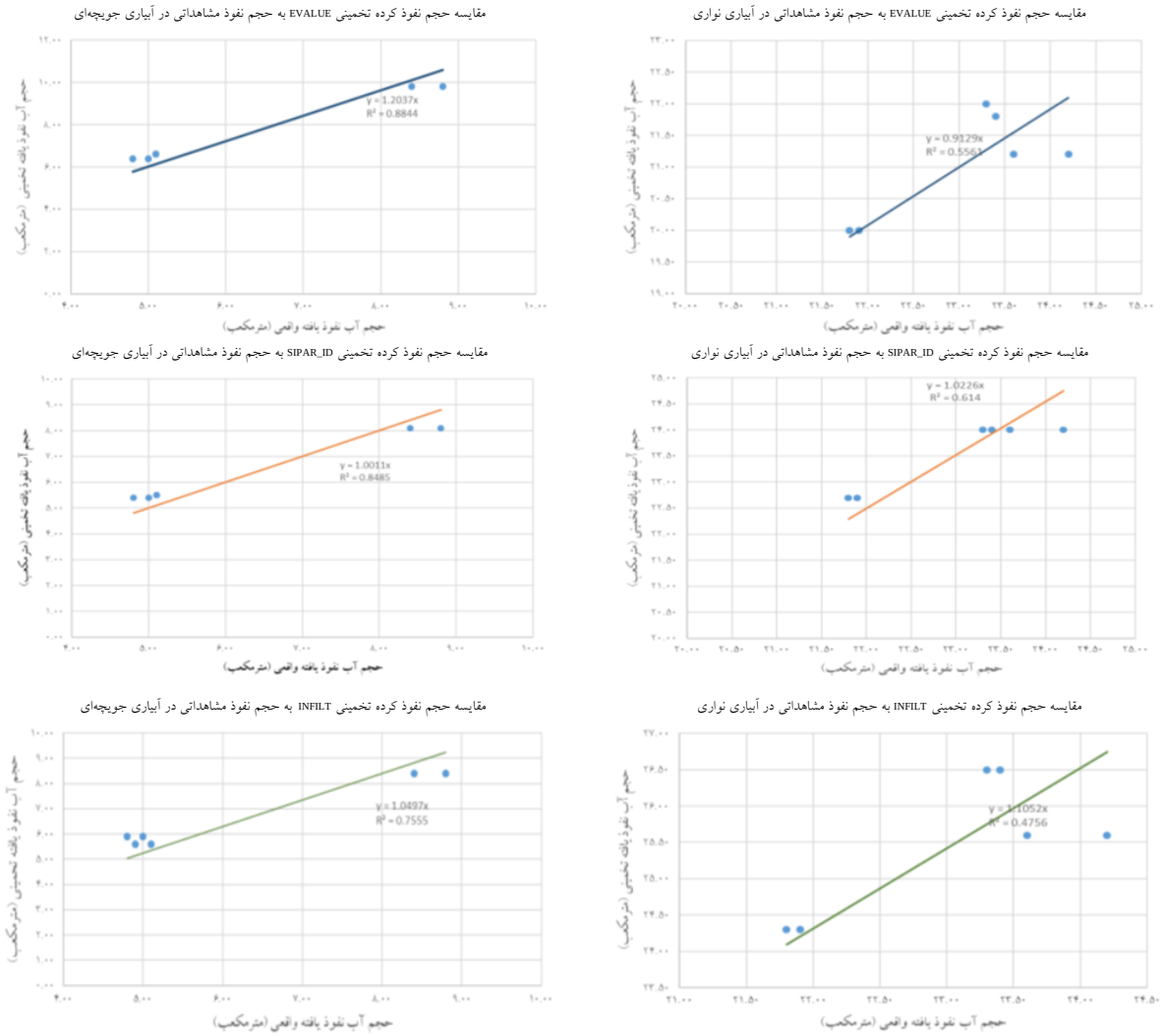
جویچه/نوار	EVALUE		SIPAR_ID		INFILT	
	a	K ($m^3/min^a/m$)	a	K ($m^3/min^a/m$)	a	K ($m^3/min^a/m$)
F1	۰/۴۹	۰/۰۳۱	۰/۳۲۳۲	۰/۰۱۲۸	۰/۲۵۲	۰/۰۲۴
FC1	۰/۴۹	۰/۰۳۱	۰/۳۲۳۲	۰/۰۱۲۸	۰/۲۵۲	۰/۰۲۴
F2	۰/۲۳	۰/۰۲۲	۰/۲۱۱۷	۰/۰۱۲۵	۰/۱۸۷	۰/۰۱۸
FC2	۰/۲۳	۰/۰۲۲	۰/۲۱۱۷	۰/۰۱۲۵	۰/۱۸۷	۰/۰۱۸
F3	۰/۱۱	۰/۰۲۵	۰/۲۰۵۷	۰/۰۱۲۷	۰/۱۶۵	۰/۰۱۶
FC3	۰/۱۱	۰/۰۲۵	۰/۲۰۵۷	۰/۰۱۲۷	۰/۱۶۵	۰/۰۱۶
B1	۰/۳۶۵	۰/۰۲	۰/۲۹۳۶	۰/۰۵	۰/۳۳	۰/۰۱۴۷
BC1	۰/۳۶۵	۰/۰۲	۰/۲۹۳۶	۰/۰۵	۰/۳۳	۰/۰۱۴۷
B2	۰/۲۹۳	۰/۰۲	۰/۲۵۹۲	۰/۰۴۴	۰/۲۹	۰/۰۹۵
BC2	۰/۲۹۳	۰/۰۲	۰/۲۵۹۲	۰/۰۴۴	۰/۲۹	۰/۰۹۵
B3	۰/۲۶۵	۰/۰۲	۰/۲۶۶۷	۰/۰۵۵	۰/۲۵	۰/۰۸
BC3	۰/۲۶۵	۰/۰۲	۰/۲۶۶۷	۰/۰۵۵	۰/۲۵	۰/۰۸

جدول ۳. نتایج بررسی شاخص‌های مختلف آماری برروی ضرایب معادله نفوذ در مدل‌های مختلف

جویچه‌ها	INFLIT	SIPAR_ID	EVALUE
	RE (%)	RE (%)	RE (%)
F1	۱۶/۶	-۳/۵	۱
FC1	۱۱/۳	-۷/۳	-۴/۵
F2	۲۸	۸	۱۸
FC2	۳۳/۳	۱۲/۵	۲۲/۹
F3	۲۹/۴	۷/۸۴	۹/۸
FC3	۲۹/۴	۷/۸۴	۱۴/۲
B1	-۶/۸	۲/۵	۱۳/۲
BC1	-۵/۵	۳	۱۳/۷
B2	-۸/۶	۳/۶۵	۱۰/۹
BC2	-۸/۲	۴/۱۳	۱۱/۴
B3	-۱۰/۱	۱/۷	۸/۴
BC3	-۱۲/۴	-۱	۵/۷
میانگین قدرمطلق خطای نسبی	۱۶/۶	۵/۲	۱۱/۲
حداکثرخطا برحسب متر مکعب(ME)	۱/۶	۰/۷	۱/۱
ریشه دوم میانگین مجذور مترمکعب(RMSE)	۲/۰۸	۰/۵	۲/۵۱
کارایی مدل سازی (EF)	۰/۹۶	۰/۹۹	۰/۹۶

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱. مقایسه حجم نفوذ برآورده شده و اندازه‌گیری شده در جویچه‌ها و نوارهای مورد مطالعه

جدول ٤. مقادیر ضریب زبری جویچه‌ها و نوارهای مورد مطالعه از روش‌های مختلف

جویچه یا نوار	SIPAR_ID	SCS	روش سپاسخواه و بندار
F1	۰/۰۸۹	۰/۰٤	۰/۰۳٥٦
FC1	۰/۰۸۹	۰/۰٤	۰/۰۳٥٦
F2	۰/۰٦۱۹	۰/۰۲	۰/۰٤۲۱
FC2	۰/۰٦۱۹	۰/۰۲	۰/۰٤۲۱
F3	۰/۰٦۰	۰/۰۲	۰/۰٤٦۰
FC3	۰/۰٦۰	۰/۰۲	۰/۰٤٦۰
B1	۰/۰٤٥۷	۰/۰٤	–

www.SID.ir

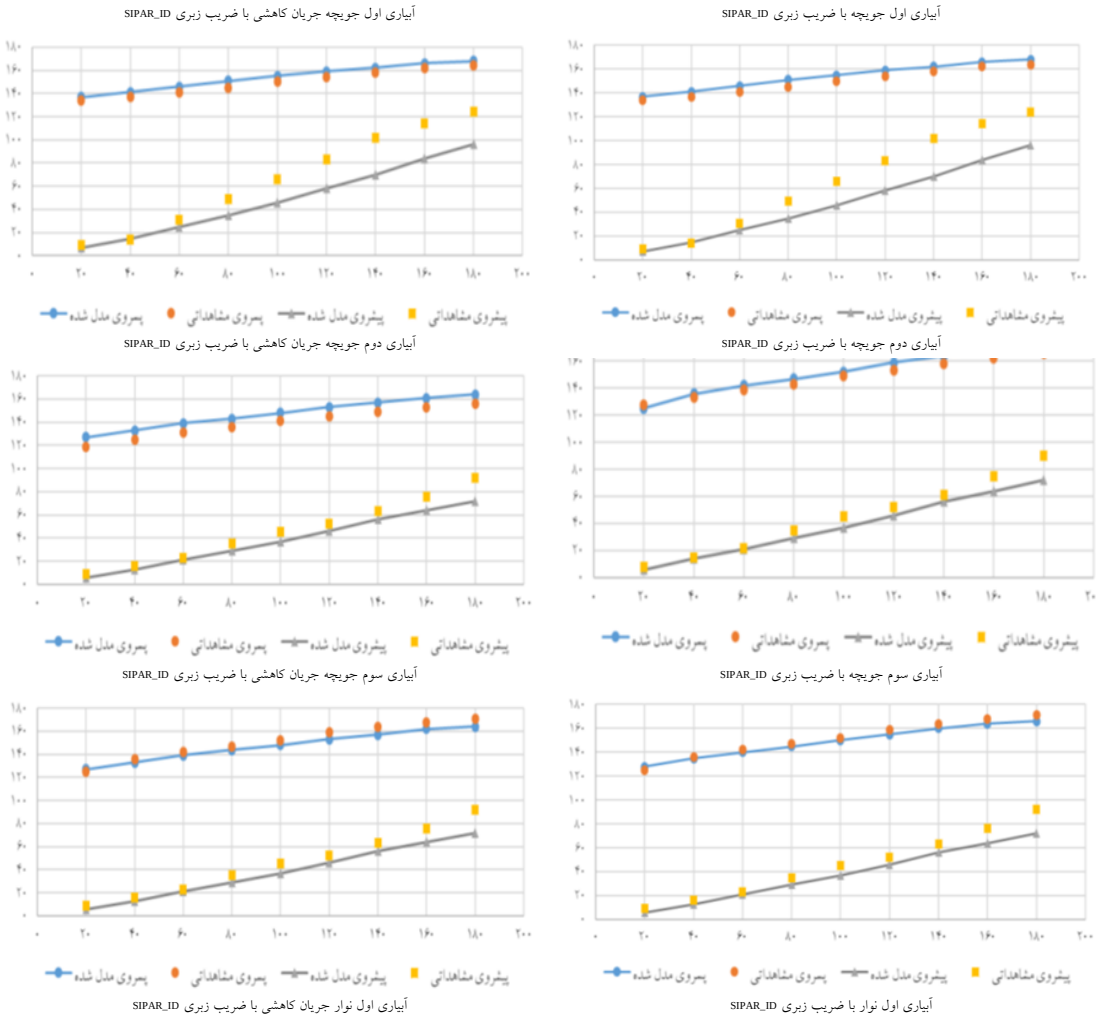
Archive of SID

BC1	۰/۰٤٥۷	۰/۰٤	–
B2	۰/۰٤۰	۰/۰۲	–
BC2	۰/۰٤۰	۰/۰۲	–
B3	۰/۰۳۸	۰/۰۲	–
BC3	۰/۰۳۸	۰/۰۲	–

لذا با توجه به تاثیرگذاری و حساسیت ضریب زبری در فاز پسروی (رمضانی اعتدالی و همکاران، ۱۳۸۸) نسبت به مدل سازی فاز پسروی با استفاده از نرم افزار SIRMOD و مدل هیدرودینامیک کامل اقدام ودر نهایت با مقایسه با مقادیر مشاهداتی مقادیر بهینه گزینش گردید.

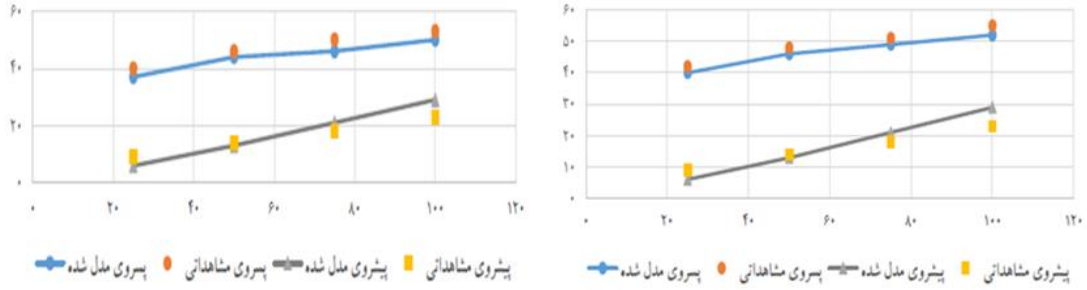
نتایج نمودارها نشان از تطابق مناسب بین مقادیر شبیه سازی شده پسروی و مقادیر مشاهداتی دارد که نشان از دقت ضریب زبری مدل SIPAR_ID دارد (شکل ۲).

نتایج مدل SIPAR_ID در برآورد ضریب زبری نشان می‌دهد نوع رژیم آبیاری پیوسته یا کاهش جریان تاثیری بر مقدار آن ندارد.



www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲. مقایسه بین فاز پیشروی و پسروی مشاهداتی و شبیه‌سازی شده آبیاری جویچه‌ای و نواری با نتایج مدل SIPAR_ID

همچنین در آبیاری دوم و سوم در آبیاری جویچه‌ای ضریب زبری به‌ترتیب حدود ۳۰ و ۳۳ درصد کاهش می‌یابد. بنابراین اختلاف بین ضریب زبری در آبیاری اول به دلیل شخم با آبیاری‌های بعد چشم‌گیر و بین آبیاری‌های بعدی اختلاف آن ناچیز است. همچنین در آبیاری نواری نیز به‌ترتیب اختلاف ۱۲ و ۲۰ درصدی در ضریب زبری بین آبیاری دوم و سوم با آبیاری اول وجود دارد.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان می‌دهد هر سه مدل INFILT، SIPAR_ID و EVALUE در برآورد ضرایب نفوذ در آبیاری نواری بهتر از آبیاری جویچه‌ای عمل می‌کنند.

همچنین مدل‌های مذکور در آبیاری نواری و در رژیم کاهش جریان نسبت به جریان پیوسته کاهش دقتی را نشان نمی‌دهند. اما این کاهش دقت در آبیاری جویچه‌ای مشهودتر است.

همچنین اختلاف ضریب زبری و حجم نفوذ یافته بین آبیاری اول و آبیاری‌های بعدی در آبیاری جویچه‌ای به دلیل شخم ابتدای بذر با آبیاری‌های بعدی بسیار قابل توجه است. این اختلاف در آبیاری نواری به شدت کمتری بین آبیاری اول و آبیاری‌های بعدی مشاهده شد.

منابع مورد استفاده

ابراهمیان، ح.، قنبریان علویچه، ب.، عباسی، ف.، هورفر، ع. ۱۳۸۹. ارائه روش دونقطه ای جدید به منظور برآورد پارامترهای نفوذ پذیری در آبیاری جویچه ای و نواری و مقایسه آن با سایر روش ها، نشریه آب و خاک. ۲٤(٤): ٦۹۸- ٦۹۰.

ابراهمیان، ح.، کمالی، پ. ۱۳۹٦ مقایسه و ارزیابی روش های مختلف برآورد معکوس ضرایب معادله نفوذ در شرایط کشت داخل جویچه، تحقیقات آب و خاک ایران.٤۸(۱): ٤۸-۳۹.

دربندی، ص.، آیرملو، ن.، جلیل‌زاده، م.، دربندی، ص. ۱۳۸٤. ارزیابی حساسیت ضرایب مدل‌های نفوذ به رطوبت اولیه خاک و تعیین مدل‌های ریاضی مربوطه.دومین کنفرانس سراسری آبخیزداری و مدیریت منابع آب و خاک، کرمان، سوم و چهارم اسفند ماه، ص۱٦۱۸-۱٦۲۵.

رمضانی اعتدالی، ه.، لیاقت، ع.، عباسی، ف. ۱۳۸۸. ارزیابی مدل EVALUE برای تخمین ضریب زبری مانینگ در آبیاری جویچه، مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی. ۱۰(۳):۹٤-۸۳.

رمضانی‌اعتدالی، ه.، ابراهیمیان، ح.، عباسی، ف.، لیاقت، ع. ۱۳۹۱. ارزیابی سه مدل EVALUE، SIPAR_ID و INFILT برای تخمین ضرایب معادله نفوذ کوستیاکف در آبیاری جویچه‌ای، مجله علوم و مهندسی آبیاری. ۳۵ (۱): ۱-۹.

www.SID.ir

Archive of SID

زبردست، س.، طباطبائی، س.ح.، و قربانی، ب. ۱۳۹۲. شبیه سازی منحنی پیشروی در آبیاری جویچه ای با جریان های ورودی پیوسته و کات- بک. ۳۷۸-۳۶۹.

سهرابی، ت.، پایدار ز، ۱۳۹٤. طراحی سیستم‌های آبیاری. انتشارات دانشگاه تهران. ص ٤٠٦.

Abbasi, F., Simunek, J., van Genuchten, M. T., Feyen, J., Adamsen, F. J., Hunsaker, D. J., Strelkoff, T. S. and Shouse, P. 2003. Overland water flow and solute transport: model development and field-data analysis. J. Irrig. Drain. Eng. 129(2): 71-81.

Benami, A. and A. Ofen. 1984. Irrigation ngineering: Sprinkler, trickle, surface irrigation. Principles,design and agricultural practices. Irrigation Engineering Scientific Publication, IIIC Bet Dagan, Israel.

Ebrahimian, H. 2014. Soil Infiltration Characteristics inAlternate and Conventional Furrow Irrigation usingDifferent Estimation Methods. Korean Society of Civil Engineers. 18.6:1904-1911.

Holzapfel, E.A., JaraJ. Zuniga, C., Marino, M.A., Paredes, J and Billib,M. 2004. Infiltration parameters for furrow irrigation. Agricultural Water Management, 68, 19-32.

Mc Clymont, D. J., and R., J. Smith. 1996. Infiltration parameters from optimisation on furrow irrigation advance data. Irrig. Sci., 17(1): 15–22.

Ramezani Etedali, H., Ebrahimian, H., Abbasi, F., Liaghat, A. 2011. Evaluating models for the estimation of furrow irrigation infiltration and roughness. Spanish journal of agriculture research. 9 (2): 641-649. https://doi.org/10.5424/sjar/20110902-342-10.

Ramezani Etedali, H., Liaghat, A., Abbasi, F. 2012. Evaluation of the EVALUE Model for Estimating Maning's Roughness in Furrow Irrigation. Irrigation and Drainage. 61: 410-415. https://doi.org/10.1002/ird.650.

Rodriguez, J. A., and J. C., Martos. 2008. SIPAR_ID: Freeware for surface irrigation parameter identification. J. Environmental Modelling and Software: 2 p. (In press).

Sepaskhah, A. R. and Bondar. H. 2002. Estimation of Manning roughness coefficient for bare and vegetated furrow irrigation. J. Biosystems Engineering. 82(3): 351–357

Strelkoff, T. S., Clemmens, A. J., El-Ansary, M. and M. Awad. 1999. Surface irrigation evaluation models: Application to level basin in Egypt. Trans. ASAE., 42(4): 1027–1036.

USDA (U.S. Department of Agriculture). 1974. Border irrigation. National Engineering Handbook. Natural Resources Conservation Service, Washington DC, 55 pp.

Walker, W.R., 2003. SIRMOD- Surface Irrigation simulation, evaluation and design. Guide and technical documentation. Dept. of Biological and Irrigation Engineering.Utah State University LoganUtah.

www.SID.ir

Archive of SID

ISSN 2251-7480

Estimation of infiltaration parameters and Manning roughness coefficient under two continuous and cutback flows regims

Keyvan Zarakani[1], Hadi Ramezani Etedali[2*], and Peyman Daneshkar Arasteh[3]

1) M.Sc. graduate student of Water Engineering, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran
2[*]) Associate Professor, Department of Water Engineering and Sciences, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran.
[*]Corresponding Author: Ramezani@eng.ikiu.ac.ir
3) Associate Professor, Department of Water Engineering and Sciences, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran.

Received: 10/08/2019 Accepted: 18/12/2019

Abstract

Surface irrigation is still main irrigation system in agricultural land, so it is necessary to finding a solution for improving these systems. Manning roughness coefficient and infiltration parameters are the most important parameters in evaluation of surface irrigation systems. Infiltration parameters play an essential role in the evaluation and design of irrigation systems; therefore, it is necessary to estimate these coefficients, accurately The purpose of this study was to estimate infiltration parameters and manning roughness coefficient in continuous and cutback flows during the first three irrigation events using INFILT, SIPAR_ID and EVALUE models. The results showed that the average relative error percentage in the INFILT, SIPAR_ID and EVALUE models were 16.6, 5.2 and 11.2, respectively, and the maximum errors were 1.6, 0.7, and 1.1 m3, respectively. The SIPAR_ID model has less error than the other two models. These models also had higher accuracy in estimating infiltration in the border irrigation than furrow irrigation. The US Soil Conservation Service (SCS) also proposed a Manning roughness coefficient for fallow furrows in the first irrigation 0.04, which is very different from the estimated values of the SIPAR_ID model from 0.038 to 0.09.

Keywords: Fuurow Irrigation; Border Irrigation; INFILT; SIPAR_ID; EVALUE

www.SID.ir