

مقایسه دو مدل SIRMOD و SRFR در برآورد راندمان کاربرد آب در آبیاری نواری در مزارع گندم

آرش تافته^۱، محمدرضا امداد^۲

تاریخ ارسال: ۱۳۹۸/۱۱/۲۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۶/۱۷

مقاله پژوهشی

چکیده

بررسی راندمان کاربرد آب به عنوان عاملی مؤثر در تعیین بهره‌وری مصرف آب و ارتقای آن امری ضروری است. از طرف دیگر اندازه‌گیری این پارامتر نیازمند صرف وقت و هزینه می‌باشد. از این رو مدل‌های پیشرفته‌ای که بتوانند در یک شرایط واقعی شبیه‌سازی مناسب و با دقت مطلوبی را ارائه دهند بسیار حائز اهمیت خواهند بود. در این پژوهش با استفاده از داده‌های اندازه‌گیری شده آبیاری نواری در دو سال ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ از مدل‌های هیدرودینامیک کامل (SIRMOD-HD)، اینرسی صفر (SIRMOD-ZI) و (SRFR) (روش بیلان) برای شبیه‌سازی راندمان کاربرد آب در آبیاری نواری درکشت گندم استفاده شد. نتایج واسنجی در سال اول نشان داد که مدل هیدرودینامیک کامل و اینرسی صفر به ترتیب با خطای ۱۲ و ۱۳ درصد عملکرد مشابه داشت که در سال دوم این مدل با مدل SRFR مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج ارزیابی در سال دوم نشان داد که مدل SIRMOD-HD به طور متوسط با ضریب تبیین ۰/۸۹ و ریشه میانگین مربعات خطای ۱/۸۶ درصد و ریشه میانگین مربعات خطای نرمال ۵ درصد برای شبیه‌سازی شرایط راندمان کاربرد مناسب بوده و کارایی بهتری را نسبت به مدل SRFR از خود نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: آبیاری نواری، راندمان کاربرد آب، گندم، مدل SIRMOD، مدل SRFR.

^۱ - استادیار، عضو هیئت علمی، بخش آبیاری و فیزیک خاک، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران. ۰۹۱۲۵۶۵۲۶۰۱ Arash_tafteh@yahoo.com (نویسنده مسئول).

^۲ - دانشیار، دکتری، عضو هیئت علمی، بخش آبیاری و فیزیک خاک، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران. ۰۹۱۲۱۳۴۸۴۴۱ emdadmr591@yahoo.com



مقدمه

در این زمینه مدل‌های بسیاری ارائه شده است که مهم‌ترین آن‌ها مدل‌های SRFr، SIRMd می‌باشند. مدل‌های Sirmod و SRFr از جمله مدل‌های معمول و کاربردی جدید می‌باشند که در راستای بررسی راندمان کاربرد آب در مزارع قابل‌اتکا می‌باشند (Bautista et al. 2012). این دو مدل قادر به شبیه‌سازی آبیاری، کرتی، نواری و جویچه‌ای می‌باشند. بررسی عملکرد این مدل‌ها نشان داده است که مدل SIRMd در پیش‌بینی زمان پیشروی و پس‌روی در تمام روش‌های هیدرودینامیک، اینرسی صفر و موج کینماتیک به خوبی عمل نموده و بیشتر خطای این روش‌ها در تخمین مقدار نفوذ و حجم رواناب می‌باشد (ابراهیمیان و لیاقت، ۲۰۱۱). این مدل‌ها بر اساس نیاز خالص آبیاری که تابعی از عمق توسعه ریشه و خواص فیزیکی خاک می‌باشد کار می‌کنند و لذا تعیین مناسب عمق ریشه و ظرفیت نگهداشت آب در خاک در عمق توسعه ریشه بسیار حائز اهمیت است (تافته و همکاران، ۱۳۹۶). فراستی و همکاران (۱۳۹۳) مدل‌های SIRMd و WinSRFR را با داده‌های برداشت‌شده در مزرعه مورد مقایسه قرار دادند و نتایج نشان داد که درصد متوسط خطای پیش‌بینی زمان پیشروی در مدل WinSRFR، به میزان ۷ درصد کمتر از SIRMd می‌باشد. این نتایج نشان داد مدل WinSRFR با خطای ۳ درصدی و با دقت بالاتری نسبت به مدل SIRMd راندمان کاربرد را شبیه‌سازی نموده است که نشان می‌دهد مدل WinSRFR مدلی کاربردی و با دقت بالاتر نسبت به مدل SIRMd است.

هوشمند و همکاران (۱۳۹۸) با بررسی دو مدل SIRMd و WinSRFR گزارش نمودند که روش AFI، مدل IPARM در نرم‌افزار SIRMd با RMSE برابر با ۱/۶۱ دقیقه و روش بهینه‌سازی چند سطحی در نرم‌افزار WinSRFR با RMSE برابر با ۱/۲۴ دقیقه بیشترین دقت را در محاسبه زمان پیشروی داشتند. بنابراین به عنوان نتیجه کلی بیان نمودند با توجه به پیش‌بینی مشابه دو نرم‌افزار SIRMd و WinSRFR، استفاده از آن‌ها جهت شبیه‌سازی، طراحی و ارزیابی سامانه‌های آبیاری در صورت برآورد دقیق ضرایب نفوذ توصیه می‌شود.

در ایران از ۸۸ میلیارد مترمکعب آب که هر ساله استحصال می‌شود حدود ۸۳ میلیارد مترمکعب آن در بخش کشاورزی مصرف می‌شود از این مقدار ۶۳ میلیارد مترمکعب آن به هدر می‌رود، ۷۰ تا ۹۰ درصد تلفات آب در مزرعه اتفاق می‌افتد (کلایی، ۱۳۹۳). چاره کار جلوگیری از هدر رفتن آب با شیوه‌های نوین و روز دنیا در آبیاری است. هر سیستم آبیاری سطحی دارای مزایا و معایب منحصر به فرد بوده که به عواملی چون هزینه‌های اولیه، اندازه و شکل مزرعه، خصوصیات خاک، طبیعت و قابلیت دسترسی به منبع آب، اقلیم، گیاهان منطقه، ارجحیت‌های اجتماعی و تجربه تاریخی بستگی دارد. مقایسه روش‌های آبیاری در مقاطع مختلف تاریخی نتایج متفاوتی به دست می‌دهد، اما مزایا و معایب کلی آبیاری سطحی را می‌توان به صورت زیر خلاصه کرد.

روش‌های آبیاری سطحی روش‌ها آبیاری سطحی نسبت به روش‌های آبیاری بارانی، قطره‌ای و زیرزمینی برتری دارند، زیرا هزینه‌های سرمایه‌گذاری و اجرای آن‌ها کمتر است، تعمیر و نگهداری وسایل مورد نیاز ساده بوده و به کارگر ماهر نیاز چندانی ندارد. علیرغم کاربرد گسترده آبیاری سطحی در دنیا، به علت پایین بودن راندمان و یکنواختی توزیع این روش‌ها میزان عملکرد محصولات در این آبیاری پایین است (ادمالا و همکاران، ۲۰۱۴). بسیاری و همکاران (۱۳۹۴) بیان کردند که راندمان پایین آبیاری سطحی یک مشخصه ذاتی این روش نبوده و به دلیل ضعف طراحی و مدیریت هست. چنانچه سیستم‌های آبیاری سطحی، به درستی طراحی و مدیریت شوند، می‌تواند به راندمانی مشابه با آبیاری تحت فشار برسد بنابراین، به منظور بهبود عملکرد سیستم‌های آبیاری سطحی، نیاز به طراحی و مدیریت مناسب وجود دارد. کشور ایران به عنوان مثالی خوب که در بسیاری از مناطق آن آبیاری سطحی به عنوان یک نیاز می‌باشد در نظر گرفته می‌شود. به نظر می‌رسد برای بهبود کارایی آبیاری سطحی در ایران، تغییر و یا طراحی مجدد سیستم‌های موجود یک موضوع اساسی می‌باشد.

مناسبی از راندمان کاربرد آب در آبیاری نواری داشته و از این مدل می‌توان در مدیریت آبیاری نواری در سطح مزارع منطقه استفاده نمود. از طرف دیگر مدیریت آبیاری نواری توسط مدل منجر شد که به‌طور متوسط بهره‌وری مصرف آب از ۰/۶۱ در سال اول به ۰/۸۹ در سال دوم افزایش یابد (Tafteh et al. 2017). بررسی‌ها در مورد مدل SRFR نشان می‌دهد این مدل شبیه‌سازی مناسبی از داده‌های مزرعه انجام می‌دهد و از آن برای مدیریت آب در آبیاری سطحی به‌خوبی می‌توان استفاده نمود. بررسی اندازه ابعاد نوار، دبی ورودی و ساعت آبیاری و تأثیر آن بر راندمان کاربرد آب نقش مهمی در مدیریت مصرف آب ایفا می‌کند. مدیریت آبیاری بایستی به‌گونه‌ای باشد که هم در مصرف آب صرفه‌جویی شود و هم از شسته شدن و خسارت زدن به خاک کشاورزی جلوگیری به عمل آید (Nie et al. 2014).

با توجه به اینکه تحقیقات انجام‌شده بر لزوم واسنجی مدل‌های مذکور جهت دستیابی به نتایج مناسب تأکید داشته‌اند هدف از آن تحقیق ارزیابی کارایی دو مدل SIRMOD و SRFR در شبیه‌سازی راندمان کاربرد آب در مزارع گندم حمیدیه بود. تا مشخص شود که از این مدل‌ها برای ارتقا سطح راندمان کاربرد تا چه حد می‌توان استفاده نمود.

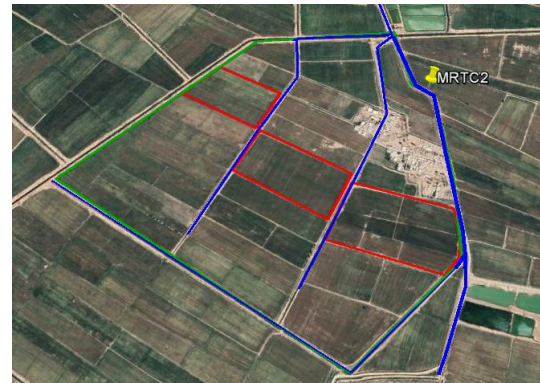
مواد و روش‌ها

به‌منظور انجام پژوهش از داده‌های دو سال ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ در سه مزرعه آزمایشی واقع در منطقه حمیدیه در استان خوزستان استفاده شد. این منطقه در ۲۵ کیلومتر جاده اهواز - هویزه واقع شده است. در شکل ۱ نما از پایلوت‌ها در زر کانال MRTC2 ارائه شده است.

سفیدکوهی و کولائیان (۱۳۹۳) مدل‌های هیدرودینامیک کامل (HD)، اینرسی صفر (ZI) و موج سینماتیک (KW) موجود در بسته نرم‌افزار SIRMOD مورد ارزیابی و تحلیل حساسیت قرار دادند. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که تمامی مدل‌ها زمان پیشروی را با دقت مناسب پیش‌بینی می‌نمایند ولی مرحله پس‌روی با دقت کم‌تری نسبت به مرحله پیشروی پیش‌بینی می‌شود. هم‌چنین مدل هیدرودینامیک کامل، زمان‌های پیشروی و پس‌روی را با دقت بیش‌تری شبیه‌سازی می‌کنند. یافته‌ها نشان می‌دهد که دقت پیش‌بینی میزان نفوذ تجمعی توسط مدل‌ها، تابع بافت خاک بوده به‌طوری‌که کم‌ترین میانگین خطای مطلق متعلق به خاک با بافت متوسط می‌باشد. تحلیل حساسیت مدل‌های هیدرولیکی نشان می‌دهد که پارامترهایی مانند دبی جریان، زمان قطع جریان و ضرایب معادله نفوذ تأثیر زیادی بر راندمان کاربرد، راندمان نیاز آبی، ضریب یکنواختی توزیع و نسبت رواناب پایاب دارد.

ابعاد نوار از پارامترهای بسیار مهم در تعیین راندمان کاربرد آب در مزرعه است. لذا تعیین ابعاد مناسب و زمان دبی جریان ورودی می‌تواند در افزایش راندمان کاربرد در مزارع بسیار حائز اهمیت باشد که با استفاده از مدل SRFR با خطای حدود ۱۰ درصد می‌توان این پارامترها تعیین و پیشنهاد نمود (تافته و همکاران، ۱۳۹۶).

McClymont et al. (1999) با بررسی مدل SIRMOD در مورد زمان پیشروی آب، رواناب و نفوذ نشان دادند که این مدل در شبیه‌سازی حجم آب نفوذ یافته در خاک دقت لازم را نداشته و مقدار آن را از مقدار واقعی کمتر تخمین می‌زند. لذا در واسنجی معادلات نفوذ و صحت سنجی آن باید دقت لازم را نمود. همچنین در تحقیقات دیگری در هر سه روش حل معادلات سنت و نانت گزارش شده است که مدل SIRMOD مقدار آب نفوذ یافته را کمتر از مقدار اندازه‌گیری شده نشان داده است و مقدار رواناب حاصله را بیشتر از مقدار واقعی برآورد می‌نماید. لذا لازم است در استفاده از این مدل خروجی‌های آن مورد کنترل و واسنجی مناسب قرار گیرند (بهبهانی و همکاران، ۱۳۸۴). از نظر بهره‌وری نیز تحقیقاتی با استفاده از کاربرد مدل SRFR انجام شد و نتایج آن نشان داد که مدل برآورد



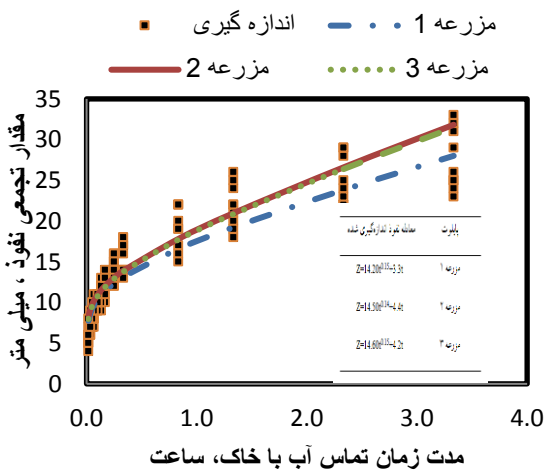
شکل (۱): نمایی از کانال‌ها و پایلوت‌های مورد بررسی در حمیدیه (خوزستان)

حدود جغرافیایی منطقه بین ۴۷ درجه و ۴۱ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۳۹ دقیقه طول شرقی و ۲۹ درجه و ۵۸ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۴ دقیقه عرض شمالی، واقع شده است. برخی خصوصیات فیزیکی خاک مزرعه‌های مورد مطالعه در جدول ۱ موجود است.

جدول (۱): میانگین ویژگی‌های فیزیکی خاک پایلوت‌های منتخب (حمیدیه)

عمق پایلوت - سانتی - متر	بافت خاک	حجمی در ظرفیت زراعی	رطوبت در نقطه پژمردگی	رطوبت در نقطه پژمردگی	درصد رطوبت در نقطه پژمردگی	عمق نگه‌داشت آب در متر	ظرفیت توسعه ریشه
۲۵-۰	Loam	۲۵/۸	۱۴/۳	۲/۸۷	۲/۸۷	۲۵-۰	۲/۸۷
۴۵-۲۵	Clay Loam	۳۰/۳	۱۷/۷	۱/۸۹	۱/۸۹	۴۵-۲۵	۱/۸۹
۶۰-۴۵	Loam	۲۸/۱	۱۵/۲	۴/۷۶	۴/۷۶	۶۰-۴۵	۴/۷۶
۲۵-۰	Clay Loam	۳۰/۹	۱۷/۸	۳/۲۷	۳/۲۷	۲۵-۰	۳/۲۷
۴۵-۲۵	Silty Clay	۳۸/۰	۲۴/۵	۲/۰۲	۲/۰۲	۴۵-۲۵	۲/۰۲
۶۰-۴۵	Clay	۴۱/۷	۲۹/۰	۵/۲۹	۵/۲۹	۶۰-۴۵	۵/۲۹
۲۵-۰	Silty Clay	۳۸/۰	۲۴/۵	۳/۳۷	۳/۳۷	۲۵-۰	۳/۳۷
۴۵-۲۵	Silty Clay	۴۰/۲	۲۷/۰	۱/۹۸	۱/۹۸	۴۵-۲۵	۱/۹۸
۶۰-۴۵	Clay Loam	۳۸/۰	۲۳/۵	۵/۳۵	۵/۳۵	۶۰-۴۵	۵/۳۵

به منظور آماده‌سازی زمین از دستگاه شخم و دیسک استفاده شد و ارتفاع پشته‌های نوار ۳۰ سانتی‌متر اجرا شد. شیب طولی اندازه‌گیری شده پس از تسطیح پایلوت‌ها ۰/۲ درصد به دست آمد، سپس با استفاده از دستگاه سانتریفیوژ اقدام به کشت گندم در پایلوت‌ها شد. جهت کشت از رقم چمران که متداول‌ترین رقم مورد استفاده در منطقه است استفاده شد (منبع). کشت گندم در تاریخ ۱۵ الی ۲۰ آبان ماه هر سال انجام شد. با استفاده از حفر پروفیل در کنار گیاهان مقدار نفوذ ریشه گندم در خاک اندازه‌گیری شد. مقدار نفوذپذیری در سه تکرار در سه مزرعه مورد نظر با استفاده از استوانه مضاعف اندازه‌گیری شد. جهت تعیین عمق معادل در مدل‌ها از عمق توسعه ریشه و ظرفیت نگهداشت خاک در این اعماق استفاده شد که نتایج آن در جدول ۱ ارائه شده است. مقادیر اندازه‌گیری نفوذ در این پایلوت‌ها در شکل ۲ ارائه شده است.



شکل (۲): معادلات نفوذ اندازه‌گیری شده در مزارع مورد مطالعه در حمیدیه

در این تحقیق از معادله کوستیاکف لوئیس استفاده شد:

$$Z = a \cdot t^b + f_0 \cdot t \quad (1)$$

که در آن Z نفوذ تجمع برحسب میلی‌متر، t مدت زمان نفوذ برحسب ساعت و f_0 سرعت نفوذ نهایی برحسب

قرار گرفت. در زمینه زمان پیشروی با توجه به انتها بسته بودن نوارها در منطقه مورد مطالعه زمان پیشروی جهت تعیین زمان آبیاری مناسب تعیین شد که نتایج آن در شکل ۳ ارائه شده است.

$$NRMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}{\frac{n}{O_i}}} \quad (۳)$$

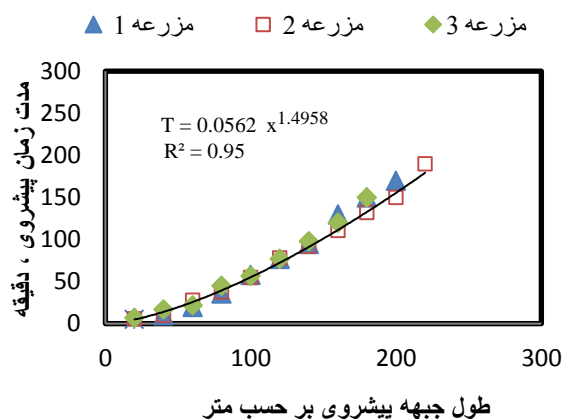
$$MBE = \frac{\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)}{n} \quad (۴)$$

در این رابطه‌ها، P_i مقدار شبیه‌سازی شده، O_i مقدار اندازه‌گیری شده، \bar{O} میانگین مقادیر اندازه‌گیری شده و n برابر تعداد داده‌ها می‌باشد.

نتایج و بحث

با توجه به اندازه‌گیری‌های انجام شده اطلاعات مورد استفاده در مدل‌ها به شرح جدول ۲ می‌باشد که در این جدول این اطلاعات به صورت تجمعی ارائه شده است. دبی در واحد عرض نوار از مهم‌ترین پارامترها می‌باشد که در اندازه‌گیری‌های به عمل آمده در محدوده ۱/۷ تا ۱/۹ لیتر بر ثانیه متغیر می‌باشد. از دیگر پارامترهای مهم در تعیین راندمان کاربرد آب در مزرعه زمان قطع جریان بود که در محدوده ۲۵۰ تا ۴۰۰ در دقیقه متفاوت بوده است. عرض نوارها به دلیل عرض کم‌باین ۱۰ متر و طول نوارهای مورد اندازه‌گیری حدود ۱۸۰ تا ۲۲۰ متر در نظر گرفته شده بودند. ارتفاع پشته‌ها بین ۳۰ تا ۴۰ سانتی‌متر بود و ضریب مانینگ به طور پیش‌فرض ۰/۰۴ در نظر گرفته شد. شیب طولی نوارها بین ۰/۲ درصد تا ۰/۳ درصد بود و در قسمت تعریف شرایط به دلیل انتها بسته بودن نوارها از گزینه Block End استفاده شد.

میلی‌متر بر ساعت می‌باشد. با توجه به توصیه Strelkoff and Clemmens (2006) از روش کوستیاکف لوئیز اصلاح شده استفاده شد و جهت واسنجی در سال اول مورد استفاده



شکل (۳): روند پیشروی آب در نوارهای آبیاری در منطقه رامسه در مزارع منتخب

پس از به دست آمدن اطلاعات لازم جهت اجرای مدل‌های SIRMOD و SRFR این مدل‌ها در شرایط سال اول مورد واسنجی قرار گرفتند و سپس در شرایط مزارع در سال دوم صحت سنجی مدل‌ها انجام شد و عملکرد این مدل‌ها با استفاده از شاخص‌های آماری میانگین ریشه مربعات خطا (RMSE)، میانگین ریشه مربعات خطا نرمال (NRMSE) و میانگین انحراف از خطا (MBE) مورد ارزیابی قرار گرفت.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}{n}} \quad (۲)$$

جدول (۲): اطلاعات ورودی مدل‌های SIFR و SIRMOD

شماره نوار	شیب طولی	ابعاد نوارها (متر)	عمق خالص آبیاری (میلی متر)	زمان قطع جریان (دقیقه)	دبی واحد عرض (لیتر بر ثانیه)
۱			۴۷/۶	۳۱۰	۱/۹
۲	۰/۰۰۲	۱۰×۲۲۰	۴۷/۶	۴۰۰	۱/۷
۳			۵۲/۹	۳۱۵	۲
۴			۵۲/۹	۲۸۸	۱/۸
۵	۰/۰۰۲۵	۱۰×۲۰۰	۵۲/۹	۳۱۳	۱/۷
۶			۵۳/۵	۳۳۰	۱/۹
۷			۵۳/۵	۳۰۰	۱/۸
۸	۰/۰۰۳	۱۰×۱۸۰	۵۳/۵	۲۶۰	۱/۹
۹			۵۳/۵	۲۵۰	۱/۹

انجام شد. بر اساس نتایج به دست آمده در سال اول مدل‌ها جهت واسنجی برای هر یک از شرایط مورد اندازه‌گیری بررسی شدند.

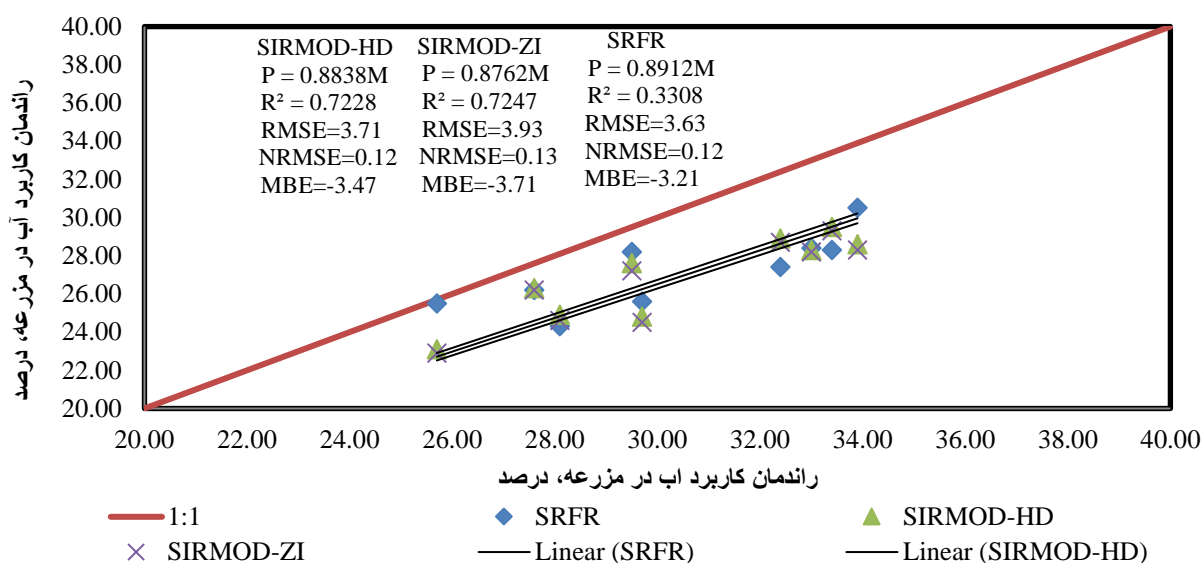
برای واسنجی از اطلاعات سال اول استفاده شد سپس سناریوهای مختلف برای بهبود راندمان ارائه و در سال دوم بر اساس نتایج به دست آمده از اجرا سناریوها صحت سنجی

جدول (۳): مقایسه تغییرات راندمان کاربرد آب اندازه‌گیری شده در پایلوت‌های منتخب در شرایط مدیریت زارع در سال اول

راندمان کاربرد آب	راندمان کاربرد آب	راندمان کاربرد آب	راندمان کاربرد آب	نوار
شبهه‌سازی شده	شبهه‌سازی شده	شبهه‌سازی شده	شبهه‌سازی شده	اندازه‌گیری شده
توسط مدل SIRMOD-ZI (درصد)	توسط مدل SIRMOD-HD (درصد)	توسط مدل SRFR (درصد)	توسط مدل SIRMOD-ZI (درصد)	شده (درصد)
۲۷/۲	۲۷/۶	۲۸/۲	۲۹/۵	۱
۲۲/۹	۲۳/۱	۲۵/۵	۲۵/۷	۲
۲۶/۲	۲۶/۳	۲۶/۲	۲۷/۶	۳
۲۸/۳	۲۸/۶	۳۰/۵	۳۳/۹	۴
۲۸/۲	۲۸/۳	۲۸/۴	۳۳	۵
۲۴/۶	۲۴/۹	۲۴/۳	۲۸/۱	۶
۲۴/۵	۲۴/۸	۲۵/۶	۲۹/۷	۷
۲۸/۷	۲۸/۹	۲۷/۴	۳۲/۴	۸
۲۹/۳	۲۹/۵	۲۸/۳	۳۳/۴	۹

حدود تغییرات راندمان کاربرد در پایلوت‌ها نشان می‌دهد که راندمان کاربرد آب در مزرعه حدود ۲۵/۷ تا ۳۳/۹ در سال اول متغیر بوده است و نشان می‌دهد درصد اعظمی از حجم آب مصرفی از محیط ریشه خارج شده است. به‌منظور بررسی عملکرد مدل‌های SRFR، هیدرودینامیک کامل (SIRMOD-HD) و اینرسی صفر (SIRMOD-ZI) در برآورد راندمان کاربرد آب در مزرعه در آبیاری نواری نتایج تجمیع شده در شکل ۴ ارائه شده است.

با استفاده از اطلاعات جدول ۲ مدل‌های SRFR، هیدرودینامیک کامل (SIRMOD-HD)، اینرسی صفر (SIRMOD-ZI) برای شرایط موجود مدیریت آب موردبررسی و واسنجی قرار گرفتند. با توجه به تغییرات دبی ورودی و عمق آب آبیاری، محدوده تغییرات راندمان کاربرد آب در نمونه‌های منتخب در جدول ۳ ارائه گردیده است.



شکل (۴): مقایسه نتایج شبیه‌سازی مدل، هیدرودینامیک کامل (SIRMOD-HD)، اینرسی صفر (SIRMOD-ZI) نسبت به خط یک‌به‌یک جهت واسنجی مدل‌ها

نهایی از این مدل جهت ارزیابی نتایج سال دوم استفاده شد. مدل هیدرودینامیک کامل (SIRMOD-HD) و مدل SRFR دارای دقت مشابه بوده و لذا این دو مدل با قابلیت ۱۲ درصد خطا مناسب‌ترین مدل‌ها جهت شبیه‌سازی آبیاری نواری در سال دوم انتخاب شدند که این نتیجه با گزارش تافته و همکاران (۱۳۹۶) که برآورد راندمان کاربرد آب در مزارع را در محدوده ۶ تا ۱۱ درصد اعلام نموده بودند مطابقت دارد. با استفاده از این دو مدل منتخب گزینه‌های مناسب جهت آبیاری نواری تولید و در سال دوم موردبررسی قرار گرفت تا صحت برآوردهای مدل در سال دوم مورد ارزیابی قرار گیرد. از این رو سناریوهای ابعاد ۱۲۰ متر، ۱۵۰ متر و ۱۸۰ متر در مزارع فوق موردبررسی قرار گرفت و این سناریوها در جدول ۴ ارائه شده است.

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از مدل‌های SRFR، هیدرودینامیک کامل (SIRMOD-HD) و اینرسی صفر (SIRMOD-ZI) مشاهده می‌شود که تمامی مدل‌ها مقدار راندمان را کمتر از مقدار واقعی آن شبیه‌سازی می‌نمایند و به‌طور متوسط ۳/۵ درصد راندمان کاربرد آب را کمتر از حالت واقعی برآورد نموده‌اند.

در مقایسه دو مدل هیدرودینامیک کامل (SIRMOD-HD)، اینرسی صفر (SIRMOD-ZI)، به ترتیب با خطای ۱۲ و ۱۳ درصد راندمان کاربرد را شبیه‌سازی نموده‌اند لذا بین این دو مدل مذکور، مدل هیدرودینامیک کامل (SIRMOD-HD) با دقت بیشتری عمل نموده که با نتایج (2003) Abbasi et al. همخوانی داشته و لذا در ارزیابی

نتایج به دست آمده از اندازه‌گیری‌ها و شبیه‌سازی‌های انجام شده توسط دو مدل SIRMOD و SIRMOD-HD در جدول ۵ ارائه شده است.

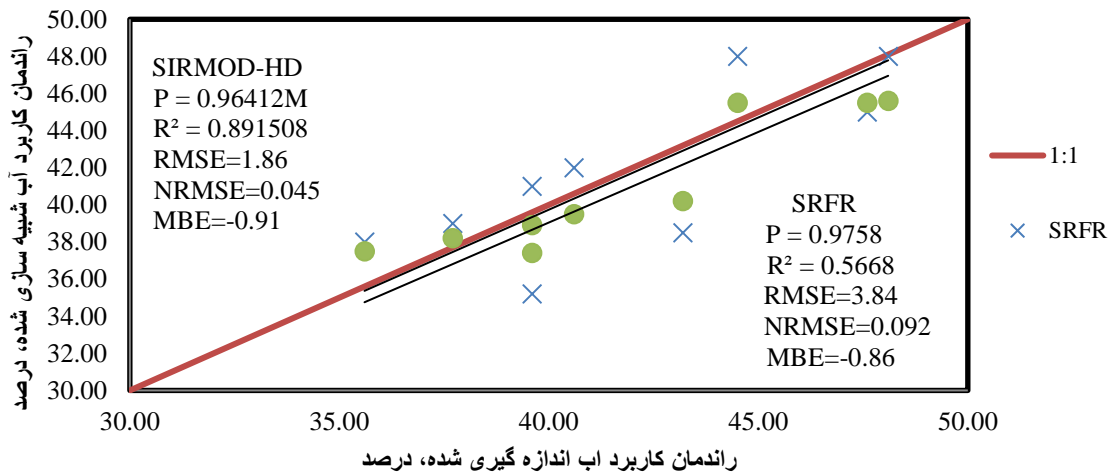
جدول (۴): اطلاعات ورودی مدل‌های SIRMOD-HD و SRFR

شماره نوار	دبی واحد عرض (لیتر بر ثانیه)	زمان قطع جریان (دقیقه)	عمق خالص آبیاری (میلی‌متر)	ابعاد نوارها (متر)	شیب طولی (متر بر متر)
۱	۱/۵	۲۰۰			
۲	۱/۸	۱۸۰	۴۷/۶	۱۰×۱۲۰	۰/۰۰۲
۳	۲/۰	۱۵۰			
۴	۱/۵	۲۲۰			
۵	۱/۸	۲۱۰	۵۲/۹	۱۰×۱۵۰	۰/۰۰۲
۶	۲/۰	۲۰۰			
۷	۱/۵	۲۶۰			
۸	۱/۸	۲۴۰	۵۳/۵	۱۰×۱۸۰	۰/۰۰۲
۹	۲/۰	۲۲۰			

جدول (۵): مقایسه تغییرات راندمان کاربرد آب اندازه‌گیری شده در پایلوت‌های منتخب در شرایط مدیریت زارع در سال دوم

راندمان کاربرد آب اندازه‌گیری شده (درصد)	راندمان کاربرد آب شبیه‌سازی شده توسط مدل SRFR (درصد)	راندمان کاربرد آب شبیه‌سازی شده توسط مدل SIRMOD-HD (درصد)
۴۷/۶	۴۵/۰	۴۵/۵
۴۳/۲	۳۸/۵	۴۰/۲
۳۹/۶	۳۵/۲	۳۷/۴
۴۸/۱	۴۸/۰	۴۵/۶
۴۰/۶	۴۲/۰	۳۹/۵
۳۷/۷	۳۹/۰	۳۸/۲
۴۴/۵	۴۸/۰	۴۵/۵
۳۹/۶	۴۱/۰	۳۸/۹
۳۵/۶	۳۸/۰	۳۷/۵

جهت نتیجه‌گیری مناسب‌تر این نتایج نسبت به خط یک‌به‌یک در شکل ۵ رسم شد و با شاخص‌های آماری عملکرد هر یک از مدل‌ها مورد مقایسه قرار گرفت



شکل (۵): مقایسه نتایج ارزیابی شبیه‌سازی‌های مدل SRFR و SIRMOD-HD نسبت به خط یک‌به‌یک

متوسط دارای ۹/۲ درصد خطا و مدل SIRMOD-HD دارای ۴/۵ درصد خطا هستند. از این رو در شبیه‌سازی شرایط راندمان کاربرد آب هر دو مدل مناسب بوده ولی مدل SIRMOD-HD کارایی بهتری را نسبت به مدل SRFR از خود نشان می‌دهد که این نتیجه با نتایج گزارش شده توسط کولائیان و همکاران (۱۳۹۴) منطبق می‌باشد.

نتیجه‌گیری

نتایج به دست آمده در این پژوهش نشان داد که مدل‌های آبیاری سطحی SIRMOD-HD و SRFR در شبیه‌سازی راندمان کاربرد آب در مزارع خطایی در حدود ۵ تا ۱۲ درصد دارند که بیانگر دقت مناسب این مدل‌ها در شبیه‌سازی سناریوهای مختلف مدیریت آب در مزرعه می‌باشد که با نتایج گزارش ده توسط هوشمند و همکاران (۱۳۹۸) منطبق است؛ بنابراین این دو مدل جهت واسنجی و بررسی سناریوهای مناسب مدیریت آب در مزرعه به مهندسين و مروجان پهنه برای بهبود مدیریت آب در سطح مزارع پیشنهاد می‌گردد.

نتایج نشان می‌دهد که هر دو مدل مانند سال اول مقدار راندمان را کمتر از مقدار اندازه‌گیری شده برآورد نموده‌اند ولی عملکرد مناسب‌تری نسبت به واسنجی اولیه از خود نشان داده‌اند. لذا خطای ۱۲ درصد در واسنجی شبیه‌سازی انجام شده در سال اول به ۵ الی ۹ درصد در ارزیابی سال دوم کاهش یافته است. مقدار کم برآوردی بر اساس شاخص MBE نشان می‌دهد که این مدل‌ها از کم برآوردی حدود ۳ درصد در سال اول به کم برآوردی حدود ۰/۹ درصد در سال دوم افزایش دقت مناسبی را به دلیل واسنجی پارامترهای مدل در سال اول نشان می‌دهد و به همین دلیل در شرایط ارزیابی مدل‌های مذکور بهتر عمل نموده‌اند. بنابراین به هر میزان که داده‌های اندازه‌گیری شده با دقت بیشتری در مدل قرار بگیرند مدل جواب‌های با دقت بالاتری را از خود نشان می‌دهد. نتایج سال دوم نشان می‌دهد که در برآورد راندمان کاربرد مدل SIRMOD-HD از مدل SRFR دقت بیشتری داشته و لذا این مدل برای شبیه‌سازی راندمان کاربرد آب در اولویت قرار دارد. هر دو مدل به‌طور متوسط مقادیر راندمان کاربرد را کمتر از حد اندازه‌گیری شده برآورد نموده‌اند. مدل SRFR به‌طور



منابع

- بهبانی، م. ر.، و بابازاده، ح. ۱۳۸۴. ارزیابی مزرعه ای مدل آبیاری سطحی (SIRMOD) (مطالعه موردی در آبیاری شیاری). مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۲: ۱۰-۱.
- تافته، آ، امداد، م.، غالبی، س. ۱۳۹۶. بررسی تأثیر عوامل مؤثر بر راندمان کاربرد آب آبیاری نواری در شرایط عمق توسعه ریشه موجود و قابل توسعه گندم در اراضی حمیدیه (خوزستان). حفاظت منابع آب و خاک. جلد ۶ شماره ۴ ص ۹۰-۷۵.
- تافته، آ، امداد، م.، غالبی، س. ۱۳۹۶. تعیین مناسبترین شرایط آبیاری نواری به منظور افزایش راندمان کاربرد آب با استفاده از مدل SRFR. مهندسی آبیاری و آب ایران. جلد ۸، شماره ۲ ص ۲۱۰-۲۰۰.
- سفیدکوهی، غ.، و کولائیان، م. ۱۳۹۳. ارزیابی مزرعه‌ای و آنالیز حساسیت مدل SIRMOD در آبیاری شیاری. آبیاری و زهکشی ایران. جلد ۸ شماره ۳ ص ۴۸۳-۴۷۳.
- شیاری، س.، رحیم‌پور، م.، و ذونعمت کرمانی، م. ۱۳۹۴. ارزیابی سیستم آبیاری جویچه‌ای با مقادیر مختلف دبی ورودی. مدیریت آب و آبیاری. جلد ۵ شماره ۲ ص ۱۹۱-۲۰۲.
- فراستی، معصومه، فرزی، سهیلا، پورمحمد، پژمان. ارزیابی مزرعه ای و تحلیل سیستم آبیاری جویچه ای با مدل های SIRMOD و WinSRFR. مجله محیط زیست و مهندسی آب جلد ۴ شماره ۳ ص ۲۱۵-۲۰۷.
- کلایی، ع. ۱۳۹۳. بررسی اجمالی وضعیت مدیریت و قیمت گذاری آب کشاورزی در ایران و برخی از کشور های منتخب. موسسه پژوهش ها برنامه ریزی، اقتصاد کشاورزی و توسعه روستایی. ۴۲ ص.
- کولائیان، ع.، غلامی سفیدکوهی، م.ع.، ضیاتبار احمدی، م.خ.، دادش زاده، ح. ۱۳۹۴. مدل سازی و تحلیل عددی جریان تحت شرایط آبیاری جویچه ای. نشریه آبیاری و زهکشی ایران. شماره ۴، جلد ۹. ص ۶۷۵-۶۶۵.
- هوشمند، م.، رجا، ا. پورغلام، م.، ابراهیمیان، ح. ۱۳۹۸. مقایسه دو نرم‌افزار SIRMOD و WinSRFR با روش‌های مختلف تخمین نفوذپذیری به منظور طراحی و مدیریت آبیاری جویچه‌ای. مدیریت آب در کشاورزی. شماره ۶، جلد ۲. ص ۹۱-۱۰۲.
- Abbasi, F., Shoostari, M.M., Feyen, J. 2003. Evaluation of various surface irrigation numerical simulation models. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*. 129.3: 208-213.
- Bautista, E., Schlegel, J.L., and Strelkoff, T.S. 2012. WinSRFR 4.1 - User Manual. USDA-ARS Arid Land Agricultural Research Center. 21881 N. Cardon Lane, Maricopa, AZ, USA.
- Ebrahimiam, H. and Liaghat, A. (2011) "Field evaluation of various mathematical models for furrow and border irrigation systems," *Soil Water Research*, 6 (2), pp 91-101.
- McClymont, D.J. Smith, R.J. and Raine, S.R. (1999) "An integrated numerical model for the design and management of surface irrigation," *International Conference on Multi-Objective Decision Support Systems*, Brisbane, Australia, pp 148-160.



Nie, W. B., Fei, L. J. and X. Y. Ma. 2014. Applied Closed-end Furrow Irrigation Optimized Design Based on Field and Simulated Advance Data. *J. Agr. Sci. Tech.* (16): 395-408.

Strelkoff, T. S., and Clemmens, A. J. 2006. Hydraulics of surface systems. Design and operation of on-farm irrigation systems, 2nd Ed., Chap. 13, G. J. Hoffman, R. G. Evans, M. E. Jensen, D. L. Martin, and R. L. Elliott, eds., ASABE Special Monograph, American Society of Agricultural and Biological Engineers, St. Joseph, MI.

Tafteh, A., Emdad, MR. 2017. Improvement of water use productivity through the SRFR model in border strip irrigation of wheat across hamidiyeh farms (khuzestan, iran). *Feb-fresenius environmental bulletin.* 26 (12A): 7885-7892.



Evaluation of SIRMOD and SRFR model to simulate application efficiency in border irrigation in Wheat farms

Arash. Tafteh^{1*}, MohammadReza. R. Emdad²

Abstract:

It is necessary to study the efficiency of water use as an effective factor to determine water consumption efficiency and improving it. On the other hand, measuring this parameter is time-consuming and expense. Therefore, developed models that have capability to provide accurate simulations at real is vital. In this study, hydrodynamic, Zero initial and SRFR (Balance method) models were used by border irrigation during 2014-2015 for simulating applied water efficiency in wheat cultivation. Calibration results in the first year showed that the complete hydrodynamic and zero initial models had similar performance with 12 and 13% error, respectively, which was compared with the SRFR model in the second year. The results also indicated that that the SIRMOD-HD model with an average R² of 0.89, the Root Mean Square Error (RMSE) of 1.86% and the Normalized Root Mean Square Error (NRMSE) of 5% is suitable for simulating application efficiency conditions and has better performance than The SRFR model.

Key words: application efficiency, border irrigation, Sirmod Model, SRFR Model, Wheat.

1- Assistant professor of Department of Irrigation and soil physics, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran. *(Corresponding Author Email: Arash_tafteh@yahoo.com)

2- Associate Professor of Department of Irrigation and soil physics, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.

Extended Abstract

Research Paper

Evaluation of SIRMOD and SRFR model to simulate application efficiency in border irrigation in Wheat farmsArash. Tafteh^{1*}, MohammadReza. R. Emdad²

1- Assistant professor of Department of Irrigation and soil physics, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran. *(Corresponding Author Email: Arash_tafteh@yahoo.com)

2- Associate Professor of Department of Irrigation and soil physics, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.



10.22125/IWE.2020.171823.1071

Received:

12. February.2020

Accepted:

07. September.2020

Available online:

10. January.2022

Keywords: application efficiency, border irrigation, Sirmod Model, SRFR Model, Wheat.

Abstract

It is necessary to study the efficiency of water use as an effective factor to determine water consumption efficiency and improving it. On the other hand, measuring this parameter is time-consuming and expensive. Therefore, developed models that have the capability to provide accurate simulations in real is vital. In this study, hydrodynamic, Zero initial and SRFR (Balance method) models were used by border irrigation during 2014-2015 for simulating applied water efficiency in wheat cultivation. Calibration results in the first year showed that the complete hydrodynamic and zero initial models had similar performance with 12 and 13% error, respectively, which was compared with the SRFR model in the second year. The results also indicated that that the SIRMOD-HD model with an average R² of 0.89, the Root Mean Square Error (RMSE) of 1.86% and the Normalized Root Mean Square Error (NRMSE) of 5% is suitable for simulating application efficiency conditions and has better performance than The SRFR model

1. Introduction

In Iran, out of 88 billion cubic meters of water that is extracted every year, about 83 billion cubic meters are used in agriculture, of which 63 billion cubic meters are wasted, 70 to 90% of water losses occur in the farm (Kalai, 1393). The solution is to prevent wastage of water with modern and world-class methods of irrigation. Each surface irrigation system has unique advantages and disadvantages that depend on factors such as initial costs, size and shape of the farm, soil characteristics, nature and accessibility to water source, climate, local plants, social preferences and historical experience. It is necessary to study the efficiency of water use as an effective factor to determine water consumption efficiency and improving it. On the other hand, measuring this parameter is time-consuming and expensive. Therefore, developed models that have the capability to provide accurate simulations in real is vital.

2. Materials and Methods

In order to conduct the research, data from 2014 and 2015 were used in three experimental farms located in Hamidiyeh region in Khuzestan province. This area is located in 25 km of Ahvaz-Hoveyzeh road. The geographical boundaries of the region are between 47 degrees and 41 minutes to 50 degrees and 39 minutes east longitude and 29 degrees and 58 minutes to 33 degrees and 4 minutes north latitude. In order to prepare the ground, a plowing machine and a disc were used and the height of the strip ridges was 30 cm. The measured longitudinal slope was obtained after leveling the pilots by 0.2%, then wheat was planted in the pilots using a centrifuge. For cultivation, Chamran cultivar, which is the most common cultivar in the region, was used (source). Wheat cultivation was carried out every year from 15 to 20 November. Wheat root penetration into the soil was measured by digging profiles next to plants. The amount of permeability was measured in three replications in the three fields using a double cylinder. To determine the equivalent depth in the models, the depth of root development and soil holding capacity at these depths were used. After obtaining the necessary information to implement SIRMOD and SRFR models, these models were calibrated in the first year and then in the field in the second year, the models were validated and the performance of these models using statistical indices of mean square root of error (RMSE), mean square root of normal error (NRMSE) and mean error deviation (MBE) were evaluated

3. Results

The range of application efficiency changes in the pilots shows that the water use efficiency in the field varied from about 25.7 to 33.9 in the first year and shows that a large percentage of the volume of water consumed has left the root environment. In order to evaluate the performance of SRFR, complete hydrodynamics (SIRMOD-HD) and zero inertia (SIRMOD-ZI) models in estimating field water use efficiency in strip irrigation. According to the results obtained from SRFR models, complete hydrodynamics (SIRMOD-HD) and zero inertia (SIRMOD-ZI) is observed that all models simulate the amount of efficiency less than the actual value and on average 3.5% of the application efficiency Water is underestimated. Comparing the two models of complete hydrodynamics (SIRMOD-HD), zero inertia (SIRMOD-ZI), with an error of 12 and 13%, respectively, have simulated the application efficiency, so between these two models, the complete hydrodynamic model (SIRMOD-HD) with accuracy Has done more. The results show that both models (SRFR and SIRMOD), like the first year, estimated the efficiency less than the measured value, but showed better performance than the initial calibration. Therefore, the error of 12% in the calibration of the simulation performed in the first year has been reduced to 5 to 9% in the evaluation of the second year. The low estimate based on the MBE index shows that these models show a reasonable increase in accuracy due to the calibration of model parameters in the first year, from a low estimate of about 3% in the first year to a low estimate of about 0.9% in the second year. In terms of evaluation, the mentioned models have performed better. Therefore, the more accurately the measured data is placed in the model, the higher the accuracy of the model.

4. Discussion and Conclusion

The results show that both models, like the first year, estimated the efficiency less than the measured value, but showed better performance than the initial calibration. Therefore, the error of 12% in the calibration of the simulation performed in the first year has been reduced to 5 to 9% in the evaluation of the second year. The low estimated value based on MBE index shows that these models show a reasonable increase in accuracy due to calibration of model parameters in the first year, from a low estimate of about 3% in the first year to a low estimate of about 0.9% in the second year. In terms of evaluation, the mentioned models have performed better. Therefore, the more accurately the measured data are placed in the model, the higher the accuracy of the model. The results of the second year show that in estimating the application efficiency of SIRMOD-HD model is more accurate than SRFR model and therefore this model is a priority for simulating water use efficiency. Both models, on average, estimated the values of application efficiency to be less than the measured limit. The SRFR model has an average error of 9.2% and the SIRMOD-HD model has an error of 4.5%. Therefore, both models are suitable for simulating water use efficiency conditions, but the SIRMOD-HD model shows better performance than the SRFR model, which is consistent with the results reported by Kolaieian et al. (2015). The results obtained in this study showed that SIRMOD-HD and SRFR surface irrigation models in simulating water use efficiency in fields have an error of about 5 to 12%, which indicates the

appropriate accuracy of these models in simulating different farm water management scenarios. Adapted by Hooshmand et al. (1398); Therefore, these two models are proposed to engineers and zone promoters to improve water management at the farm level in order to calibrate and study appropriate scenarios of field water management

5. Six important references

1. Abbasi, F., Shooshtari, M. M., Feyen, J. 2003. Evaluation of various surface irrigation numerical simulation models. *Journal of irrigation and drainage engineering*. 129.3: 208-213.
2. Bautista, E., Schlegel, J. L., and Strelkoff, T. S. 2012. WinSRFR 4.1 - User Manual. USDA-ARS Arid Land Agricultural Research Center. 21881 N. Cardon Lane, Maricopa, AZ, USA.
3. Ebrahimi, H. and Liaghat, A. (2011) "Field evaluation of various mathematical models for furrow and border irrigation systems," *Soil Water Research*, 6 (2), pp 91–101.
4. Nie, W. B., Fei, L. J. and X. Y. Ma. 2014. Applied Closed-end Furrow Irrigation Optimized Design Based on Field and Simulated Advance Data. *J. Agr. Sci. Tech.* (16): 395-408.
5. Strelkoff, T. S., and Clemens, A. J. 2006. *Hydraulics of surface systems. Design and operation of on-farm irrigation systems*, 2nd Ed., Chap. 13, G. J. Hoffman, R. G. Evans, M. E. Jensen, D. L. Martin, and R. L. Elliott, Eds., ASABE Special Monograph, American Society of Agricultural and Biological Engineers, St. Joseph, MI.
6. Tafteh, A., Emdad, M. R. 2017. Improvement of water uses productivity through the SRFR model in border strip irrigation of wheat across humidity farms (Khuzestan, Iran). *Feb-Fresenius environmental bulletin*. 26 (12A): 7885-7892.

Conflict of Interest

The authors declared no conflict of interest.