سال ششم، شماره ۳، ۱۳۹۸، صفحات ۷۹ تا ۸۷
نشریه آب و توسعه پایدار

2020, Vol.6, No.3, Pages 79 to 87
Journal of Water and Sustainable Development

نوع مقاله: روش‌شناسی/مطالعه موردی

بررسی کارایی مدل SURFACE و SRFR در شبیه‌سازی راندمان کاربرد آب در آبیاری نواری در مزارع گندم

آرش تافته[1*]، محمدرضا امداد[2]

۱ و ۲- استادیار بخش آبیاری و فیزیک خاک، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

*(نویسنده مسئول، E-Mail: Arash_tafteh@areo.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۹۷/۱۱/۳۰
تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۹/۰۶

چکیده

با توجه به حساسیت بالای مدیریت راندمان آبیاری در مزارع کشاورزی و کاهش مصرف آب در بخش کشاورزی لازم است تا با استفاده از روابط حاکم بر مدیریت آب در مزرعه و استفاده از مدل‌های پیشرفته و مطرح در این زمینه به بهینه‌سازی راندمان کاربرد آب در مزارع پرداخت. در این زمینه دو مدل SURFACE و SRFR مدل‌های اجرایی هستند که کاربران می‌توانند از آن‌ها در مدیریت آب در مزرعه استفاده کنند. مدل SURFACE ساختار ساده‌تری داشته و با واردکردن اطلاعات روش آبیاری، نفوذ خاک، زمان آبیاری، ابعاد روش آبیاری و ساعات تحویل آب در مزرعه، به‌خوبی می‌توان آبیاری و مدیریت‌های قابل‌اجرا بر روی آن را بررسی و مناسب‌ترین روش را برگزید. همین قابلیت‌ها به‌اضافه بهینه‌سازی ابعاد و شاخص‌های راندمان کاربرد و توزیع یکنواختی نیز توسط مدل SRFR، قابل‌بررسی می‌باشد. لذا در این پژوهش با استفاده از داده‌های اندازه‌گیری شده آبیاری نواری در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ دو مدل SURFACE و SRFR برای شرایط کشت گندم، جهت برآورد مناسب راندمان کاربرد آب در مزرعه مورد مقایسه و واسنجی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که مدل SRFR به‌طور متوسط مقادیر راندمان کاربرد آب در مزرعه را ۳/۲ درصد کمتر تخمین می‌زند و نسبت به میانگین داده‌های به‌دست‌آمده، ۱۲ درصد خطا دارد؛ این در حالی است که مدل SURFACE توانست در شبیه‌سازی‌های خود با ۷ درصد خطا، مقدار راندمان کاربرد را برآورد نماید. سپس ابعاد مناسب آبیاری نواری با استفاده از این مدل‌ها پیشنهاد و در سال دوم (۹۵-۱۳۹۴) به اجرا درآمدند. نتایج نشان داد که این مدل‌ها در شبیه‌سازی آبیاری نواری بسیار قدرتمند بوده و می‌توانند با دقت ۶ تا ۱۲ درصد خطا، نتایج مناسبی را ارائه نمایند. در مقایسهٔ دو مدل نیز مدل SURFACE به‌طور متوسط ۵ درصد و مدل SRFR به‌طور متوسط ۹ درصد خطا داشتند. بنابراین مدل SURFACE با دقت مناسب‌تری می‌تواند در مدیریت آبیاری استفاده شود.

واژه‌های کلیدی: آبیاری نواری، راندمان کاربرد آب، شبیه‌سازی، گندم.

Article Type: Methodology/Case Study

Evaluating the Efficiency of SURFACE and SRFR Models in Simulation of Application Efficiency of Border Irrigation in Wheat Farms

A. Tafteh[1*], M.R. Emdad[2]

1,2- Assistant Professor of Irrigation and Soil Physics, Department of Irrigation and Soil Physics, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organisation (AREEO), Karaj, Iran.

*(Corresponding Author Email: Arash_tafteh@areo.ac.ir)

Received: 19-02-2019
Accepted: 27-11-2019

Abstract

Due to the high sensitivity of irrigation efficiency management in farms and to reduce water consumption in agriculture, it is necessary to optimise the application efficiency of farms using the relationships governing water management as well as the advanced models in this field. SURFACE and SRFR are models which can be used for farms' water management. The SURFACE model has a simpler structure. By entering details of the irrigation method, soil penetration, irrigation time, area of irrigation, and the farm's water delivery schedule, it is possible to investigate the irrigation and applicable management approaches and choose the most appropriate method. Similar parameters can be investigated in the SRFR model, in addition to optimising the dimensions, application efficiency indices, and uniform distribution. In this research, using the measured data of border irrigation in the crop year of 2015-2016, the two models of SURFACE and SRFR for wheat cultivation conditions are evaluated for a better estimation of water application efficiency in farms. The results show that the SRFR model estimated the application efficiency approximately 3.2% lower and compared to the average of data has a 12% error. However, the SURFACE model simulates the application efficiency with an error of 7%. The optimised dimension of border irrigation was estimated by these models and were applied in the second crop year (2016-2017). The results show that these models are very powerful in the estimation of border irrigation and can provide suitable results with 6% to 12% error. The comparison of these two models has also shown an error level of approximately 5% and 9% for the SURFACE and SRFR models, respectively. Hence, the SURFACE model is more accurate for irrigation management.

Keywords: Border irrigation, Application efficiency, Simulation, Wheat.

DOI: 10.22067/jwsd.v6i3.79289

مقدمه

با توجه به کمبود آب و لزوم ذخیره و حفظ منابع آب، لازم است به بخش کشاورزی به‌عنوان بزرگ‌ترین مصرف‌کننده آب، توجه بیشتری صورت گیرد. ازآنجایی‌که ۹۵ درصد از اراضی آبی کشور به‌صورت سطحی آبیاری می‌شوند، لازم است مدیریت آبیاری سطحی جهت ارتقاء سطح بهره‌وری مصرف آب، مورد بازبینی مدیریتی قرار گیرد (حقیقتی، ۱۳۹۲). مدیریت مناسب آبیاری سطحی جهت ارتقاء راندمان کاربرد آب در مزارع، می‌تواند به حفظ منابع آب کشور در سطح کلان کمک شایانی نماید. ازاین‌رو افزایش راندمان کاربرد نیازمند بررسی‌هایی است که بسیار زمان‌بر و پرهزینه می‌باشند.

امروزه استفاده از مدل‌های هیدرولیکی به‌منظور طراحی و ارزیابی آبیاری سطحی، دارای جایگاه ویژه می‌باشد. مدل‌های هیدرودینامیک کامل (HD)[1]، اینرسی صفر (ZI)[2] و موج سینماتیک (KW)[3] موجود دربسته نرم‌افزار SIRMOD ارزیابی و تحلیل حساسیت شدند. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که تمامی مدل‌ها زمان پیشروی را با دقت مناسب پیش‌بینی می‌نمایند، ولی مرحله پس‌روی با دقت کم‌تری نسبت به مرحلهٔ پیشروی پیش‌بینی می‌شود (فراستی و همکاران، ۱۳۹۳). همچنین مدل‌های 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(سفیدکوهی و کولائیان، ۱۳۹۳). معادلات حاکم بر جریان آب سطحی و مدل‌های پیشرفته‌ای که در این زمینه نوشته‌شده است را می‌توان جهت بررسی سناریوهای مدیریتی استفاده نمود. مدل‌های SURFACE، Sirmod و SRFR ازجمله مدل‌های معمول و کاربردی جدید می‌باشند که در راستای بررسی راندمان کاربرد آب در مزارع قابل‌اتکا می‌باشند (Bautista و همکاران، ۲۰۱۲). 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، ۱۳۹۶a).

راندمان آبیاری سطحی تحت تأثیر فاکتورهایی نظیر میزان جریان ورودی، خصوصیات نفوذ خاک، طول مزرعه، دور آبیاری، زبری سطحی و شیب مزرعه قرار دارد. به دلیل تغییرات زمانی و مکانی پارامترهای مؤثر بر آبیاری سطحی، استفاده از ابزارهایی که بتواند طرح مناسبی از طراحی آبیاری سطحی را به دست بدهد، اجتناب‌ناپذیر است. عباسی و همکاران (۱۳۹۵) نتایج حاصل از بررسی‌های مزرعه‌ای در سامانه‌ها و شبکه‌های مختلف آبیاری (سنتی و پایین‌دست سدها) در سطح کشور را طی سال‌های ۹۴-۱۳۷۰ جمع‌آوری و تحلیل نمودند. طبق نتایج، راندمان کاربرد آب آبیاری در کشور از ۲۲/۵ تا ۸۵/۵ درصد متغیر و میانگین آن ۵۶ درصد است. متوسط این راندمان در سامانه‌های کرتی، نواری و جویچه‌ای به ترتیب ۵۵/۳، ۵۲/۹ و ۵۲/۲ درصد گزارش نمودند. پورعیسی و همکاران (۱۳۹۵) با بررسی روش آبیاری نوارِی انتها بسته، ارزیابی انجام دادند و گزارش کردند که میزان راندمان کاربرد در مزارع از ۸۸ درصد تا ۵۲ درصد به ترتیب با سطح کفایت ۵۹/۵۹ و ۶۵/۸۷ درصد بوده است. نتایج این ارزیابی همچنین نشان داد در صورتیکه متولیان شبکه‌های آبیاری از برنامه علمی و عملیاتی خوبی در تحویل و توزیع آب به کشاورزان برخوردار باشند و آب در دسترس کشاورزان در حد مورد نیاز باشد، کشاورزان غالباً قادر به اعمال یک مدیریت مطلوب آبیاری در محدوده زراعی خود هستند. تحقیقات بر روی این پارامترها نشان داده است که عملکرد دو مدل Winsrfr و NRCS-SURFACE در تخمین پارامترهای ارزیابی آبیاری جویچه‌ای بسیار قابل‌اطمینان بوده و مدل NRCS-SURFACE نسبت به مدل Winsrfr با توجه به داده‌های اندازه‌گیری شده دقت مناسب‌تری داشته است (بهمنی و پلنگی، ۱۳۹۲). در پژوهشی دیگر دقت شبیه‌سازی مدل‌های SIRMOD و WinSRFR با داده‌های برداشت‌شده در مزرعه، مقایسه و بررسی شد و نتایج نشان داد که درصد متوسط خطای پیش‌بینی زمان پیشروی در مدل WinSRFR، به میزان ۷ درصد کمتر از SIRMOD می‌باشد. این نتایج نشان داد، مدل WinSRFR با خطای ۳ درصدی و با دقت بالاتری نسبت به مدل SIRMOD، راندمان کاربرد را شبیه‌سازی نموده است که نشان می‌دهد مدل WinSRFR، مدلی کاربردی و با دقت بالاتر نسبت به مدل SIRMOD است (فراستی و همکاران، ۱۳۹۳).

حیدری و عباسی (۱۳۹۵) گزارش نمودند که مدل جامع آبیاری سطحیِ WinSRFR3.1 برای منطقه رامشیر قابل واسنجی بوده و نتایج بررسی گزینه‌های مختلف مدیریتی نشان داد که عرض نوار ۷ متر و طول نوار ۲۰۰ متر با شیب ۰/۰۰۰۵ تا ۰/۰۰۱ برای همه دبی‌های ورودی (۲۰-۱۰ لیتر در ثانیه) و عمق‌های خالص آبیاری (۹۰- ۵۰ میلی‌متر) از نظر راندمان کاربرد و یکنواختی توزیع آب، گزینه مناسب و ایده‌آلی است. گزینهٔ طراحی طول نوار ۱۰۰ متر و شیب طولی نوار برابر ۰/۰۰۰۵ برای تمامی ترکیب‌های عرض‌های نوار (۱۲-۴ متر)، عمق‌های خالص آبیاری (۹۰-۵۰ میلی‌متر) و دبی‌های آبیاری (۲۰-۱۰ لیتر در ثانیه) راندمان آبیاری بالایی را نسبت به سایر گزینه‌ها فراهم می‌کند. طول نوار ۳۰۰ متر و بالاتر در حالت کاربرد دبی‌های کم تا متوسط (تا ۲۰ لیتر در ثانیه) برای تمامی مقادیر گزینه‌های شیب نوار، عرض نوار، و

عمق خالص آبیاری به دلیل راندمان بسیار کم یا تکمیل نشدن فاز پیشروی جریان، توصیه نمی‌شود. در مجموع، در شبکه آبیاری و زهکشی رامشیر اگر ابعاد قطعات به همراه سایر پارامترهای طراحی و مدیریت آبیاری شامل دبی و مدت زمان آبیاری به طور مناسب انتخاب شود، با روش آبیاری سطحی نواری حصول به راندمان‌های مناسب کاربرد آب در مزرعه حتی بالاتر از ۷۰ درصد، برای بسیاری از گزینه‌های طراحیِ ارائه شده در این پژوهش به راحتی ممکن خواهد بود.

Mokari Gahroodi و همکاران (۲۰۱۳) از مدل SRFR برای شبیه‌سازی آبیاری جویچه‌ای استفاده نمودند. نتایج آن‌ها نشان داد که مدل با دقت خوبی اجزای بیلان حجمی آب را شبیه‌سازی نموده و در جویچه‌های کوتاه تا نسبتاً طولانی، نتایج قابل قبولی را ارائه کرده است. بر اساس این تحقیق بیشترین خطای مدل در برآورد رواناب سطحی حدود ۶ درصد و کمترین آن در حجم آب ورودی حدود ۳ درصد گزارش شده است. ابعاد نوار از پارامترهای بسیار مهم در تعیین راندمان کاربرد آب در مزرعه است. لذا تعیین ابعاد مناسب و زمان و دبی جریان ورودی می‌تواند در افزایش راندمان کاربرد در مزارع، بسیار حائز اهمیت باشد. با استفاده از مدل SRFR با خطای حدود ۱۰ درصد می‌توان این پارامترها را تعیین و پیشنهاد نمود (تافته و همکاران، ۱۳۹۶b).

Ebrahimian و Liaghat (۲۰۱۱) با بررسی دقت مدل‌های موج کینماتیک، اینرسی صفر و هیدرودینامیک در مدیریت آبیاری نواری و جویچه‌ای گزارش کردند که دقت مدل در آبیاری جویچه‌ای نسبت به آبیاری نواری، بیشتر می‌باشد و خطای مدل را بین ۵ تا ۱۵ درصد اعلام نمودند. Singh و همکاران (۲۰۱۷) با بررسی روش آبیاری نواری در کشت گندم در منطقه هاریانا در هند نشان دادند که تغییرات راندمان کاربرد در مزارع گندم با روش آبیاری نواری بین ۶۹ تا ۷۹ درصد می‌باشد. این در حالی است که راندمان یکنواختی در این مزارع بین ۸۲ تا ۹۶ درصد است که این ثمره طراحی و اجرای مناسب سیستم آبیاری سطحی می‌باشد.

تحقیقات برای بهینه‌سازی ابعاد آبیاری نواری با استفاده از مدل SRFR نشان می‌دهد که مقدار ذخیره آب در خاک حدود ۴۹ میلی‌متر، بهترین عملکرد را داشته و برای آبیاری نواری با طول ۲۰۰ متر و بافت نیمه‌سنگین حداقل ۱۲۰ دقیقه زمان، موردنیاز است. برای راندمان بالا در روش آبیاری نواری طول کمتر از ۱۲۰ متر و عرض ۳ تا ۵ متر بسیار مفید خواهد بود که این امر افزایش راندمان کاربرد آب تا ۲۶ درصد را به همراه دارد (Chen و همکاران، ۲۰۱۲). بررسی‌ها در مورد مدل SRFR، نشان می‌دهد که 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 و همکاران، ۲۰۱۴). از نظر بهره‌وری نیز تحقیقاتی با استفاده از کاربرد مدل SRFR انجام شد. نتایج نشان داد که مدل، برآورد مناسبی از راندمان کاربرد آب در آبیاری نواری داشته و از این مدل می‌توان در مدیریت آبیاری نواری در سطح مزارع منطقه حمیدیه خوزستان، استفاده نمود. از طرف دیگر مدیریت آبیاری نواری توسط مدل منجر شد که به‌طور متوسط بهره‌وری مصرف آب گندم از ۰/۶۱ در سال اول به ۰/۸۹ در سال دوم افزایش یابد (Tafteh و Emdad، ۲۰۱۷). مدل‌های SURFACE و SRFR مدل‌های شبیه‌سازی آبیاری سطحی هستند و از مدل‌های کاربردی جدید می‌باشند که در راستای تأثیر تغییرات ابعاد(طول و عرض نوار)، دبی، شیب و سایر پارامترهای مرتبط با راندمان کاربرد آب در مزرعه به‌منظور ارائه مدیریت مناسب آبیاری و ارتقاء راندمان کاربرد آب مورد استفاده واقع می‌شوند. با استفاده از این مدل‌ها تحقیقات گسترده‌ای در زمینه بهینه‌سازی ابعاد روش‌های آبیاری سطحی با هدف افزایش راندمان کاربرد آب انجام پذیرفته است (Eldeiry و همکاران، ۲۰۰۵؛ Zerihun و همکاران، ۲۰۰۵؛ Mailhol و همکاران، ۲۰۰۵)

با توجه به تحقیقات انجام‌شده ملاحظه می‌گردد که با استفاده از مدل‌های مذکور، می‌توان شرایط مختلف مدیریت آب در مزرعه را شبیه‌سازی و مورد ارزیابی قرار داد. در این تحقیق کارایی دو مدل SURFACE و SRFR در شبیه‌سازی راندمان کاربرد آب در مزارع گندم، بررسی شده است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ در سه مزرعه آزمایشی در منطقه حمیدیه در استان خوزستان انجام گردید. موقعیت منطقه مورد مطالعه در ۲۵ کیلومتری غرب شهر اهواز در 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، واقع‌شده است. نقشه مزارع منتخب در شکل (۱) آورده شده است.

شکل ۱- پایلوت‌های منتخب در اراضی حمیدیه

در هر پایلوت، نمونه‌های خاک از مزرعه برداشت شد. در جدول (۱) مشخصات برخی از خصوصیات فیزیکی خاک منطقهٔ مورد مطالعه ارائه شده است. در پایلوت‌ها جهت آماده‌سازی قطعات زراعی ابتدا عملیات شخم و دیسک به‌منظور آماده‌سازی زمین انجام و سپس با استفاده از دستگاه سانتریفیوژ اقدام به کاشت گندم شد. رقم گندم مورداستفاده چمران بود که از ۱۵ الی ۲۰ آبان ماه ۱۳۹۳ کشت شد. عمق ریشه گندم در اسفندماه (پایان دوره گلدهی) حدود ۴۰ سانتی‌متر به صورت مستقیم اندازه‌گیری شد و با توجه به عمق ریشه گندم و ویژگی‌های فیزیکی خاک منطقه، مقدار نیاز آبی خالص از رابطه (۱) تعیین شد.

$$dn = \sum_{i=1}^{n} \left(\frac{FC_i - PWP_i}{100} \right) \times D_i \qquad (۱)$$

در این رابطه، FC ظرفیت زراعی خاک هر لایه، PWP نقطه پژمردگی دائم در هر لایه و D ضخامت هر لایه است و نمایه i شماره لایه می‌باشد. در سه پایلوت منتخب، نفوذپذیری خاک در سه تکرار (۹ اندازه‌گیری نفوذ) با استفاده از استوانه مضاعف اندازه‌گیری شد. مقدار ظرفیت نگهداشت آب در عمق توسعه ریشه در جدول (۲) ارائه شده است.

جدول ۱- میانگین ویژگی‌های فیزیکی خاک پایلوت‌های منتخب (منطقهٔ حمیدیه)

پایلوت	عمق (سانتی‌متر)	درصد رس	درصد سیلت	درصد شن	بافت خاک	درصد رطوبت حجمی	
						در ظرفیت زراعی	در نقطه پژمردگی
مزرعه ۱	۰-۲۵	۲۲	۳۶	۴۲	Loam	۲۵/۸	۱۴/۳
	۲۵-۴۵	۲۸	۳۸	۳۴	Clay Loam	۳۰/۳	۱۷/۷
	۴۵-۶۰	۲۴	۴۲	۳۴	Loam	۲۸/۱	۱۵/۲
مزرعه ۲	۰-۲۵	۲۸	۴۲	۳۰	Clay Loam	۳۰/۹	۱۷/۸
	۲۵-۴۵	۴۰	۴۰	۲۰	Silty Clay	۳۸/۰	۲۴/۵
	۴۵-۶۰	۴۸	۳۶	۱۶	Clay	۴۱/۷	۲۹/۰
مزرعه ۳	۰-۲۵	۴۰	۴۲	۱۸	Silty Clay	۳۸/۰	۲۴/۵
	۲۵-۴۵	۴۴	۴۲	۱۴	Silty Clay	۴۰/۲	۲۷/۰
	۴۵-۶۰	۳۸	۴۸	۱۴	Silty Clay Loam	۳۸/۰	۲۳/۵

جدول ۲- ظرفیت نگهداشت خاک‌های موردمطالعه در پایلوت‌های منتخب (منطقهٔ حمیدیه)

پایلوت	عمق (سانتی‌متر)	بافت خاک	عمق توسعه ریشه (سانتی‌متر)	ظرفیت نگهداشت آب در عمق توسعه ریشه (سانتی‌متر)
مزرعه ۱	۰-۲۵	Loam	۲۵	۲/۸۷
	۲۵-۴۵	Clay Loam	۱۵	۱/۸۹
	جمع	-	۴۰	۴/۷۶
مزرعه ۲	۰-۲۵	Clay Loam	۲۵	۳/۲۷
	۲۵-۴۵	Silty Clay	۱۷	۲/۰۲
	جمع	-	۴۲	۵/۲۹
مزرعه ۳	۰-۲۵	Silty Clay	۲۵	۳/۳۷
	۲۵-۴۵	Silty Clay	۱۶	۱/۹۸
	جمع	-	۴۱	۵/۳۵

با توجه به میانگین اندازه‌گیری‌های انجام‌شده، معادله نفوذ برای هر پایلوت طبق جدول (۳) تعیین‌شده است.

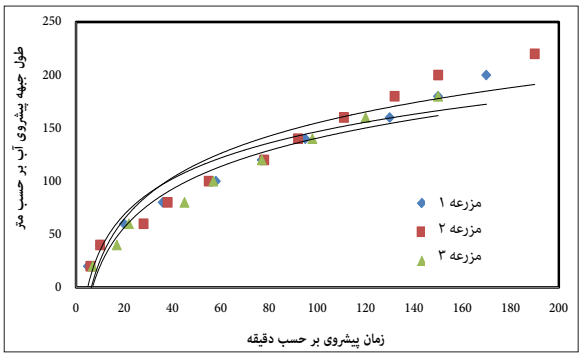
جدول ۳- معادلات نفوذ اندازه‌گیری شده در مزارع موردمطالعه در منطقهٔ حمیدیه

پایلوت	معادله نفوذ اندازه‌گیری شده
مزرعه ۱	$Z=14.20t^{0.15}+3.3t$
مزرعه ۲	$Z=14.50t^{0.14}+4.4t$
مزرعه ۳	$Z=14.60t^{0.15}+4.2t$

در معادلات نفوذ، Z مقدار نفوذ تجمعی برحسب میلی‌متر، t مدت‌زمان تماس آب با خاک برحسب ساعت می‌باشد. با استفاده از این معادلات شرایط نفوذ برای مدل SRFR و SURFACE تعریف شد که با توجه به توصیه Strelkoff و Clemmens (۲۰۰۶) از روش کوستیاکف لوئیز اصلاح‌شده، استفاده شد. متوسط سرعت نفوذ نهایی در پایلوت‌ها حدود ۴ میلی‌متر در ساعت می‌باشد. سنگین بودن بافت خاک و بالا بودن جرم مخصوص ظاهری خاک (۱/۵۱ گرم بر سانتی‌متر مکعب) موجب کاهش سرعت نفوذ آب به خاک و نیز کاهش نفوذ تجمعی شده است. سرعت پیشروی آب در پایلوت‌های

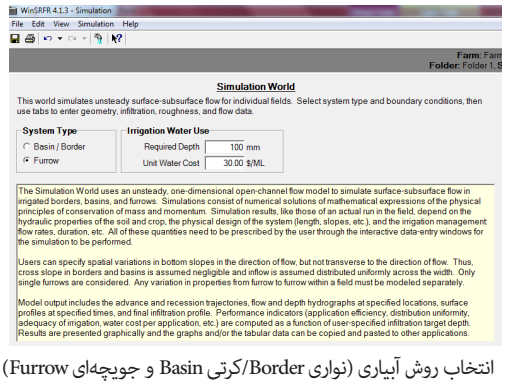
موردنظر در شکل (۲) ارائه گردیده است. اطلاعات مدیریتی آبیاری در پایلوت‌های موردنظر شامل تعداد نوبت‌های آبیاری، تاریخ آبیاری‌ها و مدت‌زمان آبیاری نیز ثبت شد.

پس از بررسی و شناخت کامل پایلوت‌ها، مدل‌های SRFR و SURFACE برای شرایط فعلی واسنجی شد، سپس در شرایط مزارع در سال دوم صحت‌سنجی مدل‌ها انجام شد و عملکرد آن‌ها ارزیابی شد. برای آشنایی کاربران با مراحل استفاده از این مدل‌ها، پنجره‌های مدیریتی آن‌ها در شکل (۳) برای مدل SRFR و در شکل (۴) برای مدل SURFACE ارائه‌شده است.

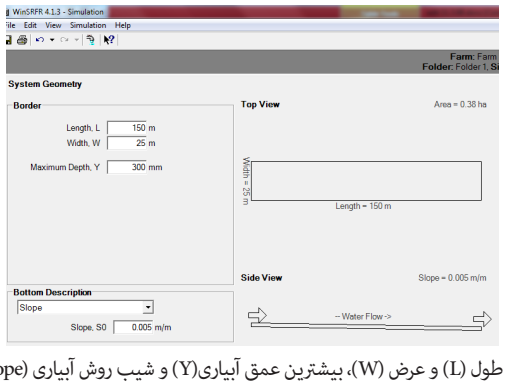


شکل ۲- روند پیشروی آب در نوارهای آبیاری در منطقه حمیدیه (روستای رامسه) در مزارع منتخب

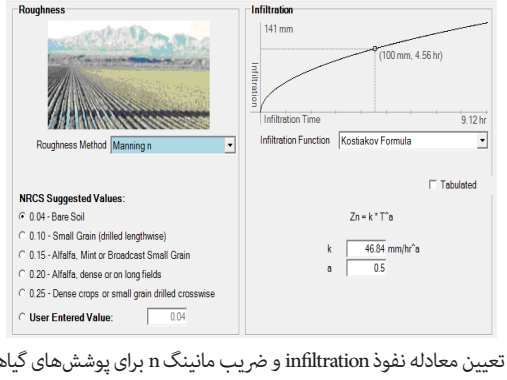
انتخاب گزینه شبیه‌سازی (رنگ خاکستری)



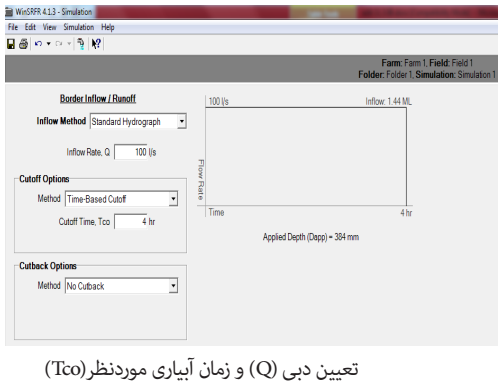
انتخاب روش آبیاری (نواری Border/کرتی Basin و جویچه‌ای Furrow)



انتخاب طول (L) و عرض (W)، بیشترین عمق آبیاری(Y) و شیب روش آبیاری (Slope)



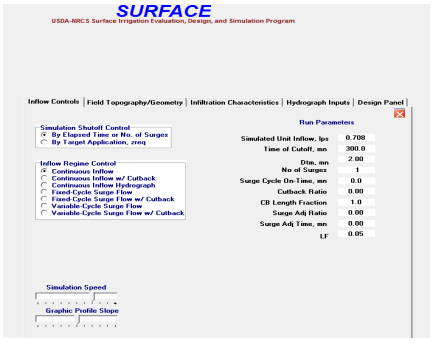
تعیین معادله نفوذ infiltration و ضریب مانینگ n برای پوشش‌های گیاهی



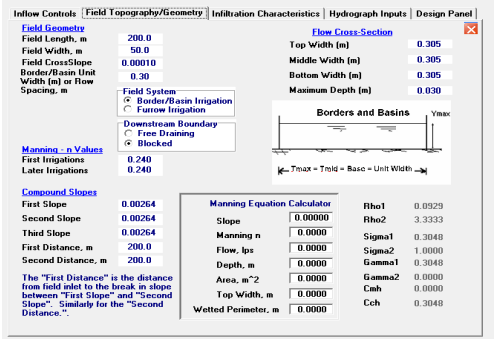
تعیین دبی (Q) و زمان آبیاری موردنظر(Tco)

اجرای مدل (Run Simulation)

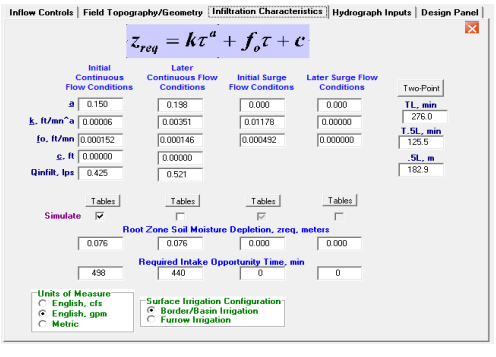
شکل ۳- روند تعریف داده‌ها و اجرای مدل SRFR جهت شبیه‌سازی شرایط آبیاری



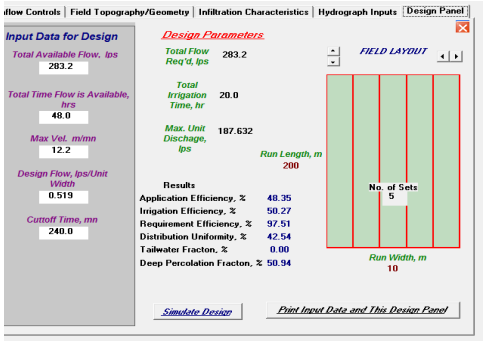
انتخاب گزینه شبیه‌سازی و پارامترهای جریان ورودی



تعیین روش آبیاری (نواری Border/کرتی Basin و جویچه‌ای Furrow) و انتخاب طول (L) و عرض (W) ، بیشترین عمق آبیاری (Y) و شیب روش آبیاری (Slope)



تعیین پارامترهای نفوذ، زمان نفوذ و عمق ریشه



تعیین ابعاد مزرعه و دبی کل و زمان کل حقابه موجود، زمان آبیاری و دبی هر واحد آبیاری

شکل ۴ – روند تعریف داده‌ها و اجرای مدل SURFACE جهت شبیه‌سازی شرایط آبیاری

نتایج و بحث

اطلاعات لازم جهت استفاده از مدل‌های SURFACE و SRFR در جدول (۴) ارائه شده است. این اطلاعات ورودی در هر دو مدل یکسان می‌باشند. لازم به ذکر است که ضریب مانینگ در کشت‌های متراکم مانند یونجه ۰/۲ و برای کشت‌های غیرمتراکم و سطح خاک قابل مشاهده ۰/۰۴ در نظر گرفته شد.

با استفاده از اطلاعات این جدول، مدل‌ها برای شرایط موجود مدیریت آب، بررسی و واسنجی شدند.

جدول ۴- اطلاعات ورودی مدل‌ها

پایلوت	دبی واحد عرض (لیتر بر ثانیه)	زمان قطع جریان (دقیقه)	عمق خالص آبیاری (میلی‌متر)	ابعاد نوارها (متر)	شیب طولی (متر بر متر)	ارتفاع پشته‌ها	ضریب مانینگ	نوع نوار
مزرعه ۱	۱/۹	۳۱۰	۴۷/۶	۱۰×۲۲۰	۰/۰۰۲	۳۰	۰,۰۴	انتها مسدود
	۱/۷	۴۰۰						
	۲	۳۱۵						
مزرعه ۲	۱/۸	۲۸۸	۵۲/۹	۱۰×۲۰۰	۰/۰۰۲۵	۳۰	۰,۰۴	انتها مسدود
	۱/۷	۳۱۳						
	۱/۹	۳۳۰						
مزرعه ۳	۱/۸	۳۰۰	۵۳/۵	۱۰×۱۸۰	۰/۰۰۳	۳۰	۰,۰۴	انتها مسدود
	۱/۹	۲۶۰						
	۱/۹	۲۵۰						

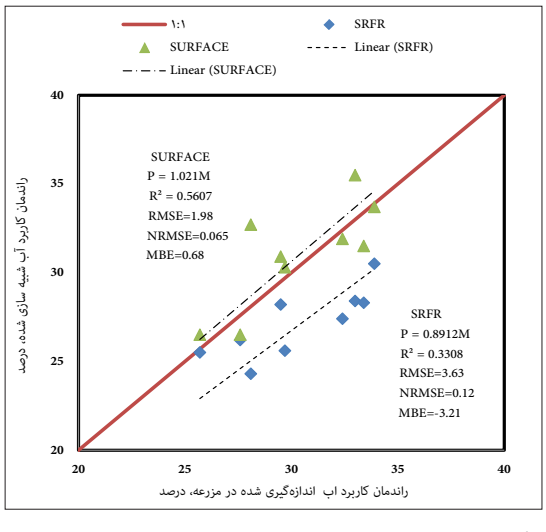
با توجه به تغییرات دبی ورودی و عمق آب آبیاری، محدوده تغییرات راندمان کاربرد آب در آزمون‌های منتخب در جدول (۵) ارائه گردیده است. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود محدوده راندمان کاربرد آب در آزمونه‌های منتخب بین ۲۷ تا ۳۴ درصد می‌باشد و بیانگر این بوده که عمده آب مصرفی در مزرعه به‌صورت نفوذ عمقی از منطقهٔ توسعه ریشه‌ها، خارج گردیده است. ابعاد نوارها در سال اول در مزرعه ۱، ۲۲۰ متر، در مزرعه ۲ ، ۲۰۰ متر و در مزرعه ۳، طولی معادل با ۱۸۰ متر داشت.

جدول ۵- مقایسه تغییرات راندمان کاربرد آب اندازه‌گیری شده در پایلوت‌های منتخب در شرایط مدیریت زارع در سال اول

پایلوت	آبیاری	ابعاد نوارها	دبی (لیتر بر ثانیه)	عمق آب آبیاری (میلی‌متر)	عمق خالص آبیاری (میلی‌متر)	راندمان کاربرد آب (درصد)		
						اندازه‌گیری شده	شبیه‌سازی‌شده با مدل SRFR	شبیه‌سازی‌شده با مدل SURFACE
مزرعه ۱	۱	۱۰×۲۲۰	۱۹	۱۶۱	۴۷/۶	۲۹/۵	۲۸/۲	۳۰/۹
	۲		۱۷	۱۸۵		۲۵/۷	۲۵/۵	۲۶/۵
	۳		۲۰	۱۷۲		۲۷/۶	۲۶/۲	۲۶/۵
مزرعه ۲	۱	۱۰×۲۰۰	۱۸	۱۵۶	۵۲/۹	۳۳/۹	۳۰/۵	۳۳/۷
	۲		۱۷	۱۶۰		۳۳	۲۸/۴	۳۵/۵
	۳		۱۹	۱۸۸		۲۸/۱	۲۴/۳	۳۲/۷
مزرعه ۳	۱	۱۰×۱۸۰	۱۸	۱۸۰	۵۳/۵	۲۹/۷	۲۵/۶	۳۰/۳
	۲		۱۹	۱۶۵		۳۲/۴	۲۷/۴	۳۱/۹
	۳		۱۹	۱۶۰		۳۳/۴	۲۸/۳	۳۱/۵

عملکرد این دو مدل در شکل (۵) مقایسه و ارزیابی آماری شدند. همان‌گونه که نتایج این شکل نشان می‌دهد، مدل SRFR دارای کم‌برآورد بوده و مقادیر راندمان کاربرد را کمتر از مقدار اندازه‌گیری شده، برآورد نموده است. همچنین مقدار خطای آن در برآورد راندمان کاربرد آب در مزرعه، ۱۲ درصد می‌باشد. از طرف دیگر مدل SURFACE دارای بیش‌برآورد بوده و مقدار راندمان کاربرد آب در مزرعه را با ۶/۵ درصد خطا برآورد می‌نماید. این نتایج با خطای اعلام‌شده توسط تافته و همکاران (۱۳۹۶a) معادل ۶ تا ۱۱ درصد، همخوانی دارد. لذا این مدل در برآورد راندمان کاربرد آب بهتر عمل نموده و استفاده از این مدل می‌تواند اعداد مناسب‌تری را جهت تخمین مدت‌زمان آبیاری و تعیین ابعاد نوارهای آبیاری ارائه نماید.

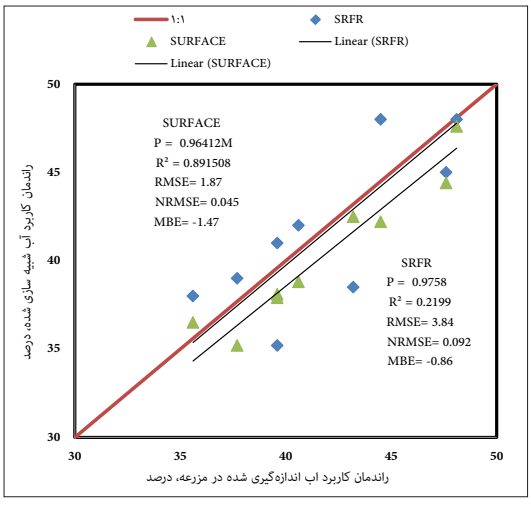
برای بررسی و صحت‌سنجی نتایج سال اول آزمایش، در سال دوم سناریوهای ابعاد ۱۲۰ متر، ۱۵۰ متر و ۱۸۰ متر در مزارع فوق بررسی گرفت. این طول‌ها بر اساس قطعه‌بندی و ابعاد موجود و قابل‌اجرا در منطقهٔ حمیدیه انتخاب شدند. این سناریوها با نتایج شبیه‌سازی این مدل‌ها در مزارع مقایسه شد که نتایج آن‌ها در جدول (۶) و شکل (۶) ارائه گردیده است.



شکل ۵- مقایسه نتایج شبیه‌سازی مدل SRFR و SURFACE نسبت به خط یک‌به‌یک جهت واسنجی مدل‌ها

جدول۶- مقایسه تغییرات راندمان کاربرد آب اندازه‌گیری شده در پایلوت‌های منتخب در شرایط مناسب طول آبیاری در سال دوم

پایلوت	آبیاری	ابعاد نوارها	دبی (لیتر بر ثانیه)	عمق آب آبیاری (میلی‌متر)	عمق خالص آبیاری (میلی‌متر)	راندمان کاربرد آب (درصد)		
						اندازه‌گیری شده	شبیه‌سازی‌شده با مدل SRFR	شبیه‌سازی‌شده با مدل SURFACE
مزرعه ۱	۱	۱۰×۱۲۰	۱۵	۱۰۰	۴۷/۶	۴۷/۶	۴۵/۰	۴۴/۴
	۲		۱۸	۱۱۰		۴۳/۲	۳۸/۵	۴۲/۵
	۳		۲۰	۱۲۰		۳۹/۶	۳۵/۲	۳۸/۱
مزرعه ۲	۱	۱۰×۱۵۰	۱۵	۱۱۰	۵۲/۹	۴۸/۱	۴۸/۰	۴۷/۶
	۲		۱۸	۱۳۰		۴۰/۶	۴۲/۰	۳۸/۸
	۳		۲۰	۱۴۰		۳۷/۷	۳۹/۰	۳۵/۲
مزرعه ۳	۱	۱۰×۱۸۰	۱۵	۱۲۰	۵۳/۵	۴۴/۵	۴۸/۰	۴۲/۲
	۲		۱۸	۱۳۵		۳۹/۶	۴۱/۰	۳۷/۹
	۳		۲۰	۱۵۰		۳۵/۶	۳۸/۰	۳۶/۵



شکل ۶- مقایسه نتایج ارزیابی شبیه‌سازی‌های مدل SRFR و SURFACE نسبت به خط یک‌به‌یک جهت صحت‌سنجی مدل‌ها

نتایج نشان می‌دهد که هر دو مدل عملکرد مناسبی در برآورد راندمان کاربرد داشته‌اند؛ لیکن مدل SURFACE با دقت بهتری مقادیر راندمان کاربرد را شبیه‌سازی نموده است. هر دو مدل به‌طور متوسط مقادیر راندمان کاربرد را کمتر از حد اندازه‌گیری شده برآورد نموده‌اند. مدل SRFR به‌طور متوسط دارای ۹/۲ درصد خطا و مدل SURFACE دارای ۴/۵ درصد خطا هستند. ازاین‌رو در شبیه‌سازی شرایط راندمان کاربرد آب، هر دو مدل مناسب بوده ولی مدل SURFACE کارایی بهتری نسبت به مدل SRFR از خود نشان می‌دهد. این نتیجه با نتایج گزارش‌شده‌ی بهمنی و پلنگی (۱۳۹۲) منطبق می‌باشد. ازاین‌رو مدل SURFACE جهت شبیه‌سازی آبیاری نواری به‌منظور ارتقاء راندمان کاربرد آب در سطح مزارع پیشنهاد می‌شود.

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده می‌توان نتیجه گرفت که مدل‌های پیشرفته آبیاری سطحی در برآورد راندمان کاربرد آب در مزارع، از دقت مطلوبی برخوردار هستند و با خطای حدود ۵ تا ۱۲ درصد می‌توانند سناریوهای مختلف مدیریت آب در مزرعه را شبیه‌سازی نمایند. نتایج نشان می‌دهد که ابعاد ۱۰ در ۱۵۰ متر، بیشترین راندمان کاربرد را در سناریوهای قابل اجرا در منطقه داشته و با اعمال آن، می‌توان راندمان ۴۸ درصد را با آبیاری نواری تجربه نمود. لذا با در اختیار قرار دادن اطلاعات مستخرج از این مدل‌ها می‌توان مهندسین و مروجان پهنه را برای بهبود مدیریت آب در سطح مزارع یاری نمود تا در جهت ارتقاء راندمان کاربرد آب در سطح مزارع، از این اطلاعات استفاده نمایند.

پی‌نوشت

1 -Hydrodynamic
2 -Zero Initial
3 -Kinematic Wave

منابع

بهمنی، ا. و پلنگی، س. ۱۳۹۲. امکان‌سنجی برآورد پارامترهای ارزیابی مزرعه در آبیاری جویچه‌ای با کاربرد دو مدل WinSRFR و NRCS-SURFACE، اولین همایش سراسری کشاورزی و منابع طبیعی پایدار، تهران، موسسه آموزش عالی

مهر اروند، گروه ترویجی دوستداران محیط زیست و و انجمن حمایت از طبیعت ایران.

پورعیسی، م.، وطن‌خواه، ح. و بهزادی‌نسب. م. ۱۳۹۵. ارزیابی راندمان سیستم آبیاری نواری در برخی مزارع دشت زرینه‌رود میاندوآب. مهندسی آبیاری و آب ایران، ۶(۲۵): ۸۳-۹۶.

تافته، آ.، امداد، م. و غالبی، س. ۱۳۹۶a. بررسی تأثیر عوامل مؤثر بر راندمان کاربرد آب آبیاری نواری در شرایط عمق توسعه ریشه موجود و قابل توسعه گندم در اراضی حمیدیه (خوزستان). نشریه حفاظت منابع آب و خاک، ۶(۴): ۷۵- ۹۰.

تافته، آ.، امداد، م. و غالبی، س. ۱۳۹۶b. تعیین مناسب‌ترین شرایط آبیاری نواری به‌منظور افزایش راندمان کاربرد آب با استفاده از مدل SRFR. نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران، ۸(۲): ۲۰۰-۲۱۰.

حقیقتی، ب. ۱۳۹۲. بهبود مدیریت و مصرف بهینه آب در فرآیند تولید محصولات کشاورزی. گزارش طرح ترویجی. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. ۳۳ صفحه.

حیدری، ن. و عباسی، ف. ۱۳۹۵. بهینه کردن پارامترهای طراحی و مدیریت آبیاری نواری: مطالعه موردی شبکه آبیاری و زهکشی رامشیر. تحقیقات مهندسی سازه‌های آبیاری و زهکشی، ۱۷(۶۶): ۵۵-۷۰.

سفیدکوهی، غ. و کولائیان، م. ۱۳۹۳. ارزیابی مزرعه‌ای و آنالیز حساسیت مدل SIRMOD در آبیاری شیاری. نشریه آبیاری و زهکشی ایران، ۸(۳): ۴۷۳-۴۸۳.

عباسی، ف.، سهراب، ف. و عباسی، ن. ۱۳۹۵. ارزیابی وضعیت راندمان آب آبیاری در ایران. تحقیقات مهندسی سازه‌های آبیاری و زهکشی، ۱۷: ۱۱۳ - ۱۲۸.

فراستی، م.، فرزی، س. و پورمحمد، پ. ۱۳۹۳. ارزیابی مزرعه‌ای و تحلیل سیستم آبیاری جویچه‌ای با مدل‌های SIRMOD و WinSRFR. مجله محیط‌زیست و مهندسی آب، ۴(۳): ۲۰۷-۲۱۵.

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.

Chen B., Zhu O., Zhigang S., Lanfang W. and Fadong L. 2012. Evaluation on the potential of improving border irrigation performance through border dimensions optimization: a case study on the irrigation districts along the lower Yellow River. Irrigation Science, 31(4): 715–728.

Ebrahimian H. and Liaghat A.M. 2011.Field Evaluation of Various Mathematical Models for Furrow and Border Irrigation Systems. Soil and Water resource, 6(2): 91-101.

Eldeiry A., Garcia L., Ei-Zaher A.S.A. and ElSherbini Kiwan M. 2005. Furrow Irrigation System Design for Clay Soils in Arid Regions. Appl. Eng. Agric, 21(3): 411- 420.

Mailhol J.C., Ruelle P. and Popova Z. 2005. Simulation of furrow irrigation practices (SOFIP): A field-scale modelling of water management and crop yield for furrow irrigation. Irrigation Science, 24(1):37-48.

Mokari Gahroodi E., Liaghat AM. and Nahvinia M.J. 2013. Application of WinSRFR3.1 Model in Furrow Irrigation Simulation. Iranian Journal of Irrigation and Drainage, 7(1): 59-67.

Nie W.B., Fei L.J. and Ma X.Y. 2014. Applied Closed-end Furrow Irrigation Optimized Design Based on Field and Simulated Advance Data. Journal of Agricultural Science and Technology, 16(2): 395-408.

Singh A., Jhorar R.K. and Kumar S. 2017. Performance evaluation of border irrigation method for wheat field. Annals of Agri Bio Research, 22(1): 49-54.

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 Societyof Agricultural and Biological Engineers, St. Joseph, MI.

Tafteh A. and Emdad MR. 2017. Improvement of water use productivity through the SRFR model in border strip irrigation of wheat across hamidiyeh farms (khuzestan, iran). Fresenius Environmental Bulletin, 25(12): 7885-7892.

Zerihun D., Sanchez C.A., Farrell-Poe K.L. and Yitayew M. 2005. Analysis and design of border irrigation systems. Transactions of the ASAE, 48(5): 1751–1764.