

ارزیابی مزرعه‌ای و تحلیل سیستم آبیاری جویچه‌ای با مدل‌های SIRMOD و WinSRFR

معصومه فراستی، سهیلا فرزی و پژمان پورمحمد

دوره ۴، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۷، صفحات ۲۰۷ - ۲۱۵

Vol. 4(3), Autumn 2018, 208 - 215

DOI: 10.22034/jewe.2018.129534.1259

**Field Evaluation and Analysis of Furrow Irrigation  
by SIRMOD and WinSRFR Models**

Farasati M., Farzi S. and Pourmohammad P.



[www.jewe.ir](http://www.jewe.ir)

OPEN ACCESS

ارجاع به این مقاله: فراستی م.، فرزی س. و پورمحمد پ. (۱۳۹۷). ارزیابی مزرعه‌ای و تحلیل سیستم آبیاری جویچه‌ای با مدل‌های SIRMOD و WinSRFR. مجله محیط‌زیست و مهندسی آب، دوره ۴، شماره ۳، صفحات: ۲۰۷ - ۲۱۵.

**Citing this paper:** Farasati M., Farzi S. and Pourmohammad P. (2018). Field evaluation and analysis of furrow irrigation by SIRMOD and WinSRFR models. J. Environ. Water Eng., 4(3), 207 - 215. DOI: 10.22034/jewe.2018.129534.1259

## ارزیابی مزرعه‌ای و تحلیل سیستم آبیاری جویچه‌ای با مدل‌های SIRMOD و WinSRFR

معصومه فراستی<sup>۱\*</sup>، سهیلا فرزی<sup>۲</sup> و پژمان پورمحمد<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup>استادیار، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گنبد کاووس، ایران  
<sup>۳</sup>کارشناس ارشد آبیاری و زهکشی، گروه مهندسی آب، دانشگاه رازی کرمانشاه، کرمانشاه، ایران  
<sup>\*</sup>نویسنده مسئول: farasati2760@gmail.com

### مقاله اصلی

تاریخ پذیرش: [۱۳۹۷/۰۶/۱۵]

تاریخ بازنگری: [۱۳۹۷/۰۵/۱۷]

تاریخ دریافت: [۱۳۹۷/۰۲/۱۳]

### چکیده

کمبود و بحران آب، بهبود مدیریت و به تبع آن افزایش بازدهی شبکه‌های آبیاری را ضروری می‌سازد. از آنجایی که درصد زیادی از زمین‌های کشاورزی در ایران به صورت جویچه‌ای آبیاری می‌شوند، پژوهش درباره‌ی کاربرد روش مذکور ضروری است. در این پژوهش دقت شبیه‌سازی مدل‌های SIRMOD و WinSRFR با داده‌های برداشت شده در مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه رازی مورد مقایسه و بررسی قرار گرفت. آزمایش‌های صحرایی در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه رازی کرمانشاه انجام شد. خاک مزرعه دارای بافت لوم رسی با چگالی ظاهری  $1/18 \text{ g/cm}^3$  بود که تحت آبیاری جویچه‌ای قرار گرفت. داده‌ها از یک جویچه انتها باز به طول ۲۵ m و عرض ۶۵ cm، شیب  $0/07 \text{ m/m}$  با دبی  $4 \text{ l/s}$  و شرایط آبیاری با جریان پیوسته برداشت شد. نتایج نشان داد که درصد متوسط خطای پیش‌بینی زمان پیشروی در مدل WinSRFR، به میزان ۷ درصد کمتر از SIRMOD بود. همچنین مقدار  $\lambda$  در شبیه‌سازی راندمان کاربرد با مدل WinSRFR و SIRMOD به ترتیب به میزان  $0/82$  و  $0/68$  بود که به ترتیب میزان خطا را ۱۸ و ۳۲ درصد برآورد نمودند. در برآورد متوسط عمق آب نفوذ یافته، مدل‌های WinSRFR و SIRMOD به ترتیب با مقدار  $\lambda$ ،  $0/97$  و  $1/11$  متوسط عمق آب نفوذ یافته را تخمین زدند. مدل WinSRFR با خطای ۳ درصدی و با دقت بالاتری نسبت به مدل SIRMOD راندمان کاربرد را شبیه‌سازی نمود. نتایج نشان داد مدل WinSRFR مدلی کاربردی و با دقت بالاتر نسبت به مدل SIRMOD است.

**واژه‌های کلیدی:** راندمان کاربرد؛ زمان پیشروی؛ شبیه‌سازی؛ نفوذ.

## ۱- مقدمه

یکی از روش‌های افزایش کارایی و بهره‌وری مصرف آب، ارزیابی و طراحی بهینه سیستم‌های آبیاری و به‌ویژه سیستم‌های آبیاری سطحی به‌عنوان پرکاربردترین روش آبیاری است (Ansari 2011). آبیاری جویچه‌ای از قدیمی‌ترین روش‌های آبیاری سطحی است که در آن شکل هندسی، طول جویچه، فاصله بین جویچه‌ها، دبی جریان، زمان و شیب مزرعه، درجه خودکار شدن و مدیریت تأثیر زیادی دارند. در آبیاری مزارع با روش سطحی، حتی با انجام هزینه‌های گزاف و تسطیح اراضی، بازده آبیاری از ۵۰ درصد تجاوز نمی‌کند و در وضعیت سنتی، که اکثر اراضی کشور ما به همین ترتیب آبیاری می‌شوند، این میزان حتی کمتر از ۳۵ درصد می‌باشد (Moradzadeh et al. 2013). این موضوع با توجه به کمبود منابع آبی کشور و نیز آلودگی ایجاد شده به‌وسیله پساب‌های کشاورزی و زهاب‌های نفوذ یافته به منابع آب دارای اهمیت فراوانی است. از میان دلایلی که برای این مسئله ذکر می‌شود شاید هیچ‌کدام مهم‌تر از عدم قطعیت موجود در سرعت نفوذ آب به خاک نباشد. جذب آب از طریق خاک سطحی، یک فرایند غیرخطی است که با زمان و مکان تغییر می‌کند. این محدودیت‌ها و تغییرپذیری در سرعت نفوذ، سرعت به‌کارگیری عملیات مدیریتی در آبیاری سطحی را دوچندان نموده است. به‌منظور رفع این مشکلات می‌توان از شبیه‌سازی عددی و تحلیلی استفاده کرد و سعی در بهبود وضعیت موجود نمود. قابل‌اطمینان بودن شبیه‌سازی‌ها با ارزیابی مزرعه‌ای آن‌ها مشخص می‌شود (Moradzadeh et al. 2013). (Moridnejad 2010) در پژوهشی از مدل WinSRFR به‌منظور بهینه‌یابی پارامترهای آبیاری جویچه‌ای استفاده نمود که نتایج شبیه‌سازی آن‌ها برای ۱۰ مقدار مختلف دبی جریان و چهار مقدار مختلف شیب طولی جویچه، نشان داد که دبی بهینه جهت حصول بالاترین بازده آبیاری،  $1/5 L/S$  لیتر در ثانیه در تمام چهار شیب مورد آزمایش می‌باشد. همچنین در یک دبی جریان مشخص، حداکثر بازده آبیاری مربوط به شیب  $0/0025$  به دست آمد. (Taghizadeh 2013) در پژوهشی به‌منظور ارزیابی و تحلیل

عملکرد سیستم آبیاری جویچه‌ای با استفاده از اطلاعات مزرعه‌ای بر اساس دو روش حل اینرسی- صفر<sup>۱</sup> و موج سینماتیک<sup>۲</sup>، مدل آبیاری سطحی WinSRFR را واسنجی و ارزیابی کردند. نتایج آنها نشان داد که مدل بیشترین حساسیت را به ترتیب نسبت به دبی ورودی، زمان قطع جریان و پارامترهای معادله نفوذ داشته و می‌توان با مدیریت زمان قطع جریان و دبی ورودی، بازده کاربرد آب را با شرط تأمین عمق موردنیاز، از  $54/5$  به  $74$  درصد افزایش داد. (Moradzadeh et al. 2013) با ارزیابی نتایج حاصل از شبیه‌سازی هیدرودینامیک، اینرسی- صفر و موج سینماتیک با کاربرد اطلاعات مزرعه‌ای در نرم‌افزار SIRMOD نشان دادند که مدل‌های هیدرودینامیک و اینرسی- صفر برای پیش‌بینی فرایند پیشروی جریان مناسب بوده و مرحله پیشروی را نیز نسبت به مدل موج سینماتیک بهتر شبیه‌سازی می‌کند. (Bakker and Plunkett 2006) و Begzadeh et al. (2014) در پژوهشی استفاده از روش بیلان حجم دو نقطه‌ای را برای برآورد پارامترهای مدل کاستیاکوف- لوتیس و بر اساس داده‌های اندازه‌گیری شده فاز پیشروی ارائه کردند. (Akbari et al. 2018) به شبیه‌سازی آبیاری سطحی با استفاده از الگوریتم هیورستیک پرداختند. نتایج نشان داد که الگوریتم SSC به‌عنوان بهترین الگوریتم شناخته شد. (Katapodz and Jara 1991) روشی را برای برآورد پارامترهای نفوذ و زبری سطح خاک در سیستم‌های آبیاری سطحی و با استفاده از یک مدل اینرسی- صفر خطی شده ارائه دادند. (Mokari Ghahroodi et al. 2013) در مطالعه- ای به بررسی شبیه‌سازی آبیاری چغندر قند با استفاده از مدل SIRMOD پرداختند. نتایج نشان داد که نفوذ در خاک منطقه می‌تواند به‌وسیله توابع نفوذ ساده‌ای که بستگی به کمبود رطوبتی خاک دارند توصیف شود. این تابع برای جویچه‌های u شکل به‌عنوان جویچه دارای ترک‌های پر شده آبی، و برای جویچه‌های v شکل به‌عنوان جویچه بدون ترک- های پر شده توصیف شد. همچنین ارزیابی مجموعه‌ای از

1. Enersi

2. Kenematic

$$h_e = h + k_h \quad (2)$$

در این رابطه،  $\theta$  زاویه سرریز،  $C_e$ : ضریب فشردگی که با توجه به نمودار  $(\theta - C_e)$  به دست آمد. در این پژوهش این مقدار  $0.577$  به دست آمد،  $K_h$  ضریبی است که بر حسب  $\theta$  و با استفاده از گراف‌های مربوطه تعیین شدند که در اینجا  $0.00915$  به دست آمد و  $h$  ارتفاع آب روی سرریز که نسبت به راس شکاف سنجیده می‌شود. با استفاده از روش بیلان حجم، عوامل معادله نفوذ کاستیاکوف-لوییس برای جویچه تعیین گردید. در این روش ابتدا با استفاده از هیدروگراف‌های جریان ورودی و جریان خروجی جویچه، سرعت نفوذ نهایی خاک (رابطه ۳) محاسبه گردید (et al. Mokari Gahroodi 2013).

$$f_0 = \frac{Q_{in} - Q_{out}}{L} \quad (3)$$

در این رابطه،  $Q_{in}$  دبی ورودی به جویچه ( $m^3/min$ )،  $Q_{out}$  دبی خروجی از جویچه ( $m^3/min$ ) و  $L$  طول جویچه (m) است. به منظور برآورد پارامترهای معادله نفوذ از روش دونقطه‌ای الیوت و واکر استفاده شد (Ebrahimian et al. 2006; Bakker and Plunkett. 2010). اساس این روش بر پایه‌ی معادله پیوستگی و شکل‌نمایی مرحله پیشروی بوده و برای آبیاری جویچه‌ای توسعه یافته و سپس برای طراحی سامانه‌های آبیاری کرتی و نواری نیز مورد استفاده قرار گرفته است. در این روش از دو نقطه میانی و انتهایی مرحله پیشروی برای تخمین پارامترهای معادله نفوذ کاستیاکوف-لوییس (رابطه ۴) استفاده شده است:

$$I = kt^a + f_0 t + c \quad (4)$$

که،  $I$  و  $f_0$  به ترتیب مقدار نفوذ تجمعی و سرعت نفوذ نهایی آب در خاک ( $m^3/min/m$ )،  $t$  فرصت زمان نفوذ (m)،  $a$  و  $k$  ضرایب تجربی مربوط به نوع خاک می‌باشند. با در نظر گرفتن رابطه توانی (رابطه ۵) و لگاریتم‌گیری از طرفین رابطه و با استفاده از دو نقطه از منحنی پیشروی، ضرایب ثابت  $p$  و  $r$  قابل محاسبه هستند.

کرت‌های سنتی و کرت‌های تسطیح شده دقیق، با استفاده از نرم‌افزار SIRMOD نشان داد که کرت‌هایی که با دقت تسطیح شده بودند بیشترین میزان نفوذ را داشته و یکنواختی توزیع تا حدود ۹۴٪ نیز افزایش یافته بود (Katapodz and Jara 1991). (Golabi et al. 2016) در پژوهشی به بررسی شبیه‌سازی جریان در آبیاری جویچه‌ای با استفاده از نرم‌افزار WinSRFR به منظور تعیین طول مناسب جویچه‌ها پرداختند. نتایج نشان داد مقادیر پیش‌بینی شده در مرحله پیشروی برای تمامی مدل‌ها بیشتر از مقادیر مشاهداتی و مدل اینرسی صفر با متوسط خطای نسبی به میزان ۹/۵۸۸٪ بهترین نتایج را داشت. ضعیف‌ترین پیش‌بینی‌ها با متوسط خطای نسبی ۲۱/۳۳٪ مربوط به مدل موج سینماتیک بود. همچنین آنها بیان داشتند با افزایش طول جویچه و دبی ورودی به آن مدل اینرسی- صفر خطای کمتری داشته است. هدف از این پژوهش، ارزیابی و تحلیل آبیاری جویچه‌ای در شرایط مزرعه‌ای با استفاده از مدل‌های SIRMOD و WinSRFR است.

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱- جمع‌آوری اطلاعات صحرائی

در این تحقیق آزمایش‌های صحرائی در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه رازی کرمانشاه انجام شد. خاک مزرعه دارای بافت لوم رسی با چگالی ظاهری  $1.18 \text{ gr/cm}^3$  بود که تحت آبیاری جویچه‌ای قرار گرفت. داده‌ها از یک جویچه انتها باز به طول ۲۵ m و عرض ۶۵ cm، شیب  $0.07 \text{ m/m}$  با دبی ۴ l/s و شرایط آبیاری با جریان پیوسته برداشت شدند. دبی‌های ورودی و خروجی هر جویچه با استفاده از سرریز مثلثی با زاویه ۷۵ درجه و استفاده از روابط (۱) و (۲) اندازه‌گیری شد. سطح مقطع جریان با استفاده از مقطع سنج اندازه‌گیری شد. همچنین در ایستگاه‌های مختلفی از طول جویچه (فاصله ۵ m) زمان پیشروی اندازه‌گیری شد و در زمان ۹/۸۶ min جریان ورودی به جویچه مذکور قطع گردید.

$$Q = C_e \left( \frac{8}{15} \right) \sqrt{2g} \left( \tan \frac{\theta}{2} \right) H e^{2.5} \quad (1)$$

(مترمکعب)،  $V_{dp}$  حجم آبی که صرف نفوذ عمقی شده ( $m^3$ )،  $T_{ad}$  زمان پیشروی آب تا انتهای جویچه ( $T_{req}$  (min) زمان لازم برای نفوذ آب مورد نیاز (min) بوده است.

جدول ۱- ضرایب معادله کاستیاکوف لوییس

Table 1 Coefficients of the Kostiakov-Lewis equation

$K(m^3/m/min)$	$F_0(m^3/m/min)$	$c$	$a$
0.0032	0.0014	0	0.99

## ۲-۲-۲ مدل SIRMOD

یک بسته نرم‌افزاری کامل برای شبیه‌سازی هیدرولیک سیستم‌های آبیاری سطحی در سطح مزرعه با حل هیدرودینامیکی معادلات سنت و نانت<sup>۳</sup> است که با استفاده از انتگرال اولری، زمان و مکان متغیر خروجی را ارائه می‌دهد. نقش اصلی این نرم‌افزار ارزیابی الگوهای مختلف در مزرعه (شیب و ابعاد سیستم) و نیز ارزیابی عملیات مدیریتی (زمان قطع آبیاری و شدت جریان ورودی) می‌باشد. در این نرم‌افزار برای توصیف خصوصیات نفوذ از معادله کاستیاکوف-لوییس<sup>۴</sup> استفاده شده است.

## ۲-۳-۲ مدل WinSRFR

اجرای برنامه WinSRFR دارای چهار قسمت آنالیز رخداد، آنالیز اجرا، طراحی فیزیکی و شبیه‌سازی می‌باشد. هدف اولیه ارزیابی توصیف وضعیت آب کاربردی می‌باشد؛ اما می‌تواند برای تخمین نفوذ و همچنین خصوصیات زبری هیدرولیکی که در آنالیز بعدی اطلاعات کلیدی هستند مورد استفاده قرار گیرد. مرحله دوم فرآیند تحلیلی آزمون سناریوهای مختلف کاربردی با سیستم داده شده است. این آزمون‌ها برای ارزیابی عملکرد سیستم آبیاری، ترکیبات متفاوتی از میزان جریان و زمان قطع جریان را برای یک سیستم با ابعاد، شیب و خصوصیات خاک مشخص استفاده می‌کند. پارامترهای عملکرد آنالیز شده به‌وسیله مدل شامل یکنواختی توزیع، پتانسیل راندمان کاربرد، ضرایب نفوذ

$$x = pt^r \quad (5)$$

با استفاده از معادلات (۶)، (۷) و (۸) به ترتیب ضریب تجربی  $a$ ، فاکتور شکل زیرسطحی ( $\sigma_z$ ) و ضریب تجربی  $k$  به دست آمد.

$$a = \frac{\log \left[ \frac{Q_1 t_1}{x_1} - \bar{A}_1 - \frac{f_0 t_1}{1+r} \right] - \log \left[ \frac{Q_2 t_2}{x_2} - \bar{A}_2 - \frac{f_0 t_2}{1+r} \right]}{\log \left( \frac{t_1}{t_2} \right)} \quad (6)$$

$$\sigma_z = \frac{a + r(1-a) + 1}{(1+a)(1-a)} \quad (7)$$

$$k = \frac{\left[ \frac{Q_1 t_1}{x_1} - \bar{A}_1 - \frac{f_0 t_1}{1+r} \right]}{\sigma_z t_1^a} \quad (8)$$

که در این روابط،  $\bar{A}$  متوسط سطح مقطع جریان،  $t$  زمان پیشروی،  $Q$  دبی ورودی به جویچه،  $X$  طول پیشروی و  $f_0$  سرعت نفوذ نهایی آب در خاک می‌باشند. اندیس‌های ۱ و ۲ در معادلات بالا به ترتیب مربوط به پیشروی تا نصف و تمام طول جویچه می‌باشد. در نهایت پارامترهای معادله کاستیاکوف لوییس (رابطه ۴) به دست آمد که نتایج آن در جدول (۱) آمده است. برای تعیین زمان قطع جریان ورودی ( $T_{Co}$ )، حجم جریان ورودی ( $V_{in}$ )، درصد نفوذ عمقی ( $DPR$ )، بازده کاربرد ( $E_a$ ) و درصد رواناب ( $TWR$ ) به ترتیب از روابط (۹)، (۱۰)، (۱۱)، (۱۲) و (۱۳) استفاده شد (Moradzadeh et al. 2013).

$$T_{Co} = T_{ad} + T_{req} \quad (9)$$

$$V_{in} = T_{Co} \times Q_{in} \quad (10)$$

$$DPR = \frac{V_{dp}}{V_{in}} \times 100 \quad (11)$$

$$E_a = \frac{V_{in} - V_{out} - V_{dp}}{V_{in}} \times 100 \quad (12)$$

$$TWR = \frac{V_{OUT}}{V_{in}} \times 100 = 100 - E_a - DPR \quad (13)$$

که در این روابط،  $Q_{in}$  دبی جریان ورودی ( $m^3/min$ )،  $V_{in}$  و  $V_{out}$  به ترتیب حجم جریان ورودی و خروجی جویچه

<sup>3</sup>. Cent va nant

<sup>4</sup>. Kostiakov-Lois

نشان‌دهنده پیش‌بینی بیشتر از مقدار واقعی می‌باشد. درصد متوسط خطای پیش‌بینی نیز از رابطه (۱۵) به‌دست آمد. مقدار  $\lambda$  نزدیک به یک و خطای نزدیک به صفر نشان‌دهنده‌ی یک برآورد خوب توسط مدل‌ها است.

$$E_r = |1 - \lambda| \times 100 \quad (15)$$

ضرایب معادله کاستیاکوف لوییپس پس از کالیبراسیون به صورت: پارامتر A برابر ۰/۹۹، C برابر صفر،  $F_0$  برابر صفر و k برابر ۲۰۹ mm/h به‌دست آمد.

### ۳- یافته‌ها و بحث

#### ۳-۱- شبیه‌سازی مرحله پیشروی

نتایج حاصل از شبیه‌سازی مرحله پیشروی توسط داده‌های مزرعه‌ای و دو مدل SIRMOD و SRFR در شکل (۱) آمده است. نتایج نشان داد مقادیر پیش‌بینی شده در مورد زمان پیشروی برای هر دو مدل کمتر از مقادیر مشاهده شده است که با نتایج (Esfandiari and Maheshwari 2001; Taghizadeh, 2013; Behbahani and Babazadeh 2005) مطابقت دارد. مقدار  $\lambda$  در شبیه‌سازی با مدل WinSRFR و SIRMOD به ترتیب برابر ۰/۳۶ و ۰/۳۱ به دست آمد که نشان داد درصد متوسط خطای پیش‌بینی ( $E_r$ ) در مدل WinSRFR، به میزان ۷ درصد کمتر از SIRMOD بود که نشان‌دهنده دقت بالاتر مدل WinSRFR در پیش‌بینی فاز پیشروی در جویچه بوده است که با نتایج (Majdzadeh et al. 2008) که به بررسی دقت شبیه‌سازی مدل‌های SIRMOD و WinSRFR بر اساس داده‌های مزرعه‌ای و برای دبی‌های مختلف جریان پیوسته و موجی آبیاری جویچه‌ای پرداختند مطابقت دارد. همچنین (Sayari et al. 2016) نیز بیان داشتند که در حالتی که دبی ورودی ثابت است مدل WinSRFR دقت خوبی در برآورد زمان پیشروی دارد. همچنین با نتایج (Golabi et al. 2016) نیز مطابقت دارد.

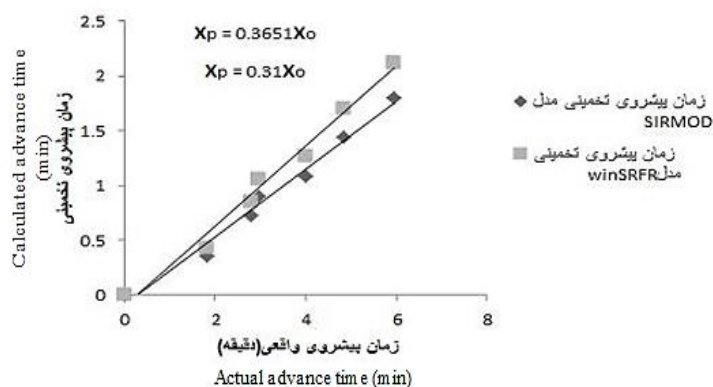
عمقی و رواناب، حداقل عمق نفوذ یافته، کل عمق آب بکار رفته و نسبت زمان قطع جریان به زمان پیشروی می‌شود. مرحله‌ی سوم طراحی برای بهینه‌سازی ابعاد فیزیکی (طول و عرض) یک سیستم آبیاری با اطلاعات ورودی داده شده بکار می‌رود. مرحله‌ی چهارم اطلاعات داده شده در آنالیز رویداد، طراحی و اجرا را شبیه‌سازی می‌کند تا سناریوهای شبیه‌سازی به‌صورت تناوبی اجرا شود. در این مدل نیز حجم آب نفوذ یافته در خاک به‌وسیله بیشتر معادلات نفوذ از جمله معادله کاستیاکوف-لوییپس برآورد می‌شود. برای اجرای مدل WinSRFR اطلاعاتی مانند روش آنالیز عملکرد، اطلاعات هندسی جویچه، ضریب زبری، هیدروگراف ورودی و خروجی و رواناب، زمان پیشروی و پسروری و اطلاعات نفوذ به نرم‌افزار داده شد. در این تحقیق از روش آنالیز مریام و کلر استفاده شد و برای کالیبراسیون از اطلاعات نفوذ معادله‌ی کاستیاکوف اصلاح شده استفاده شد. همچنین پارامترهای ورودی به نرم-افزار SIRMOD شامل شدت جریان ورودی، مشخصات هندسی مانند سطح مقطع جویچه، شیب و طول جویچه، پارامترهای نفوذپذیری و پارامترهای مقاومت هیدرولیکی نیز وارد شد. پس از اتمام اندازه‌گیری‌های مزرعه‌ای و استخراج خروجی هر مدل با روش هیدرودینامیک، آمار مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده با هم مقایسه شدند.

#### ۳-۲- ارزیابی مدل‌ها

برای مقایسه و ارزیابی مقادیر مشاهده شده  $X_0$  و مقادیر پیش‌بینی شده به‌وسیله مدل‌ها  $X_p$ ، از برازش داده‌ها با معادله رگرسیونی به‌صورت رابطه (۱۴) استفاده شد.

$$X_p = \lambda \times X_0 \quad (14)$$

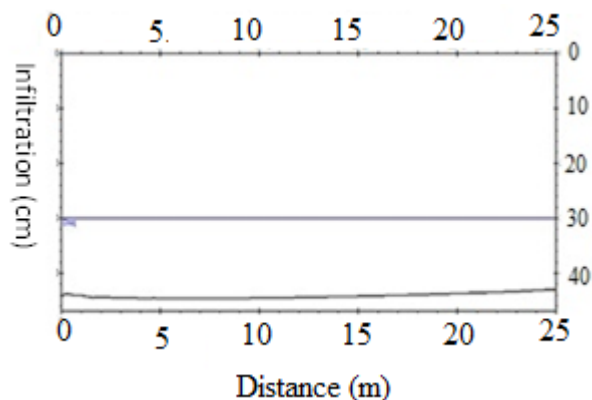
که در این معادله اگر  $\lambda$  کوچک‌تر از یک باشد نشان‌دهنده پیش‌بینی کمتر از مقدار واقعی و اگر بیشتر از یک باشد



شکل ۱- زمان پیشروی واقعی و شبیه‌سازی شده توسط مدل‌ها

Fig. 1 Actual and simulated advance time with by models

محاسبه شد. لازم به ذکر است که در آزمایش‌های این تحقیق، به دلیل کوچک بودن طول جویچه و نیز باز بودن انتهای جویچه، از زمان پسروی صرف نظر شد. نتایج مدل‌های WinSRFR و SIRMOD به ترتیب در شکل‌های (۲) و (۳) آورده شده است.

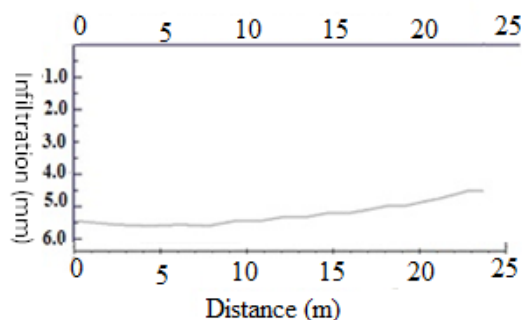


شکل ۳- متوسط عمق آب نفوذ یافته (mm) تخمینی با

WinSRFR

Fig. 3 The average infiltrated depth(mm) estimation by WinSRFR

همان‌طور که در شکل (۲) مشاهده می‌شود مدل SIRMOD متوسط عمق آب نفوذ یافته را ۵۰ mm تخمین زده است. همچنین در شکل (۳) مدل WinSRFR متوسط عمق آب نفوذ یافته را ۴۴ mm برآورد کرده است، که نتایج تحقیق (Taghizadeh et al. 2013) را اثبات می‌کند. با مقایسه خروجی‌های هر دو مدل با متوسط عمق آب نفوذ یافته اندازه‌گیری شده در مزرعه و استفاده از معادله‌های (۱۴) و (۱۵)،



شکل ۲- متوسط عمق آب نفوذ یافته (cm) تخمینی با

SIRMOD

Fig. 2 The average infiltrated depth(cm) estimation by SIRMOD

### ۲-۳- نفوذ

در این مرحله متوسط عمق آب نفوذ یافته به وسیله مدل‌های مورد مطالعه و داده‌های اندازه‌گیری شده در مزارع، مورد بررسی قرار گرفتند. در روش اندازه‌گیری مزرعه‌ای با استفاده از روش ورودی و خروجی، حجم آب نفوذ یافته با استفاده از اختلاف بین حجم آب ورودی و خروجی از زمین تعیین و سپس برای دستیابی به متوسط عمق آب نفوذ یافته، مقدار آن بر طول و فواصل جویچه مربوطه تقسیم گردید. عمق آب نفوذ یافته با این روش ۴۵ mm به دست آمد. فرصت زمان نفوذ در مدل‌های WinSRFR و SIRMOD با استفاده از زمان‌های پیشروی و پسروی در طول جویچه محاسبه و با قرار دادن آن‌ها در معادله نفوذ اصلاح شده، عمق آب نفوذ یافته

داد که مقدار  $\lambda$  در شبیه‌سازی راندمان کاربرد با مدل WinSRFR و SIRMOD به ترتیب به میزان ۰/۸۲ و ۰/۶۸ بوده که به ترتیب میزان خطا (Er) را ۱۸ و ۳۲ درصد برآورد کرده است. با توجه به نتایج به دست آمده، مدل WinSRFR با خطای کمتری نسبت به مدل SIRMOD راندمان کاربرد را تخمین زده است. اما نباید توانایی مدل SIRMOD را در شبیه‌سازی نادیده گرفت. همچنین در برآورد میزان رواناب در جدول (۲)، مشاهده می‌شود که مدل‌های WinSRFR و SIRMOD میزان رواناب را بیشتر از مقدار واقعی تخمین زده‌اند که با نتایج (Behbahani and Babazadeh. 2005; Taghizadeh et al. 2013) همخوانی دارد.

مشاهده شد که مدل‌های WinSRFR و SIRMOD به ترتیب با  $\lambda = 0/97$  و  $\lambda = 1/11$  متوسط عمق آب نفوذ یافته را تخمین زده‌اند که نشان می‌دهد مدل WinSRFR با خطای ۳ درصدی و با دقت بالاتری نسبت به مدل SIRMOD عمق نفوذ را شبیه‌سازی نموده است.

### ۳-۳- بیان حجمی و راندمان کاربرد

یک روش مناسب ارزیابی و بررسی دقت مدل‌های ریاضی، ارزیابی بیان حجم آب در آن‌هاست (Ghahroodi Mokari et al. 2013). با توجه به نتایج ارائه شده در جدول (۲) می‌توان دقت شبیه‌سازی مدل‌ها در تخمین پارامترهای ارزیابی و راندمان کاربرد را بررسی کرد. عمق مورد نیاز آبیاری در طول جویچه مورد نظر ۳۰ mm بود. نتایج حاصل از بیان آب نشان

جدول ۲- بیان حجم در داده‌های مزرعه‌ای و مدل‌های مورد مطالعه

Table 2 Volume calculations in field data and studied models

Method	Input volume (m <sup>3</sup> )	Volume infiltration (m <sup>3</sup> )	Output volume (m <sup>3</sup> )	Deep penetration (m <sup>3</sup> )	Deep penetration (%)	Runoff (%)	Application efficiency (%)
Measured	1.04	0.73	0.30	0.24	23	28	47
WinSRFR	1.26	0.72	0.55	0.22	17	43	39
SIRMOD	1.50	0.81	0.69	0.32	21	46	32

پیشروی، عمق نفوذ و بیان حجمی را در جویچه‌های کوتاه تا نسبتاً طولانی پیش‌بینی می‌کند.  
۳- نتایج تحلیل حساسیت نشان داده است که بیشترین حساسیت مدل نسبت به دبی ورودی، زمان قطع جریان و پارامترهای معادله نفوذ می‌باشد.

برای دستیابی به نتایج قابل اطمینان، لازم است که پارامترهای مدل با دقت قابل قبول اندازه‌گیری گردد. البته باید به این مسئله توجه داشت که دقت شبیه‌سازی این مدل‌ها بستگی به عوامل ورودی به خصوص شدت جریان، ضرایب معادله نفوذ، ضریب زبری مانینگ و سایر پارامترهای ورودی دارد.

### ۴- نتیجه‌گیری

در این پژوهش، با استفاده از مدل‌های WinSRFR و SIRMOD به شبیه‌سازی داده‌های برداشت شده از مزرعه پرداخته شد. در زیر به مهم‌ترین نتایج این پژوهش اشاره می‌شود.

۱- در مقایسه هر دو مدل، نتایج نشان داد که مدل WinSRFR با دقت خوبی نسبت به مدل SIRMOD زمان پیشروی، عمق نفوذ و راندمان کاربرد را که از عوامل مهم در آبیاری جویچه‌ای می‌باشد، شبیه‌سازی کرده است.

۲- مقایسه نتایج مدل WinSRFR و داده‌های مزرعه‌ای نشان داد که مدل WinSRFR با دقت خوبی زمان



**Reference**

- Ansari H. (2011). Surface irrigation: evaluation, design and simulation. Mashhad University Press, 60 pp [In Persian].
- Akbari M., Gheysari M., Mostafazadeh-Fard B. and Shayannejad M. (2018). Surface irrigation simulation-optimization model based on meta-heuristic algorithms. *Agri. Water Manag.*, 201(31), 46-57.
- Bakker D. M. and Plunkett G. (2006). Application efficiencies and furrow infiltration functions of irrigations in sugar cane in the Ord River Irrigation Area of North Western Australia and the scope for improvement. *Agri. Water Manag.*, 83(1), 162-172.
- Begzadeh E., Ziaei A.N., Davari K. and Ansari H. (2014). Optimization of inflow rate and cutoff time using the full hydrodynamic model. *Iran. J. Irrigat. Drain.*, 2(8), 377-385 [In Persian].
- Behbahani M. R. and Babazadeh H. (2005). Field evaluation of surface irrigation model (sirmod) SRFR (Case study: In Furrow Irrigation). *J. Agri. Sci. Natur. Res.*, 12(2), 1-10 [In Persian].
- Ebrahimian H., Ghanbarian Alavijeh B., Abbasi A. and Hoorfar H. (2010). A new two-point method for estimating infiltration parameters in furrow and border irrigation and comparison with other methods. *J. Water Soil.*, 24(4), 690-698 [In Persian].
- Esfandiari M and Maheshwari B. L. (2001). Field evaluation of surface irrigation models. *J. Agri. Engi. Res.*, 79(4), 459-479.
- Golabi M., Sikakinezhad M. R., Afrous A. and Albaji M. (2016). Simulation furrow irrigation by winsrfr 4.1 in order to determine the optimum length of furrow. *J. Water Soil.*, 30(2), 355-366.
- Katapodz, E. A. and Jara J. (1991). Infiltration parameters for furrow irrigation. *Agri. Water Manag.*, 68, 19-32.
- Majdzadeh B., Ghobadinia M., Sohrabi T. and Abbasi F. (2008). Assessment of two mathematical models SIRMOD and SPFR in assessing the continuous and wave irrigation performance. 2<sup>nd</sup> Seminar on improvement and modification solutions for the surface irrigation systems. Iran National Committee of Irrigation and Drainage, 335-343.
- Mokari Ghahroodi E., Liaghat A. M. and Nahvinia M. J. (2013). Application of WinSRFR3.1 model in furrow irrigation simulation. *J. Irrig. Drain.*, 1(7), 59-67 [In Persian].
- Moradzadeh M., Boroumandesab S., Laleh Zari R. and Bahrami M. (2013). Performance evaluation and sensitivity analysis of various models of SIRMOD software in furrow irrigation design. *J. Manag. Sys.*, 6(18), 63-74 [In Persian].
- Moridnejad A., Kawi, R. and Saadi, A. (2010). Optimization of irrigation irrigation under conditions performed in Salman Farsi Cultivation and Industry using WinSRFR software. Third National Conference. *Irrig. Drain, Shahid Chamran Uni., Ahwaz.*
- Sayari S., Rahimpour M. and Zounemat Kermani M. (2016). Evaluation of furrow irrigation for different inflow hydrographs. *J. Water Irrig. Manage.*, 5(2), 191-202 [in Persian].
- Taghizadeh Z., Verdinejad V. R., Ebrahimian H. and Khanmohammadi N. (2013). Field evaluation and analysis surface irrigation system with win SRFR (case study furrow Irrigation). *J. Water Soil (Agri. Sci. Tech.)*, 26(6), 1450-1459 [In Persian].

## Field Evaluation and Analysis of Furrow Irrigation by SIRMOD and WinSRFR Models

Masoumeh Farasati<sup>1</sup>, Soheila Farzi<sup>2</sup> and Pejman Pourmohammad<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Assist. Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Gonbad Kavous University, Gonbad, Iran

<sup>2</sup>M.Sc., Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Razi University, Kermanshah, Iran

\*Corresponding author: [farasati2760@gmail.com](mailto:farasati2760@gmail.com).

### Original Paper

Received: May 03, 2018

Revised: August 08, 2018

Accepted: September 06, 2018

### Abstract

Shortage and water crisis have made it essential to improve management and consequently to increase the efficiency of irrigation systems. Since a large percentage of agricultural lands in Iran are irrigated by furrow irrigation, research on this method application is required. In this study, the simulation accuracy of WinSRFR and SIRMOD models were compared and analyzed with the data taken from the farm of Agricultural Faculty, Razi University, Kermanshah, Iran, where the field experiments were also performed. The farm soil had clay loam texture with bulk density of  $1.18 \text{ g/cm}^3$  under furrow irrigation. The length, depth, slope, and flowrate of the open-ended furrow under continuous flow were 25 m, 65 cm, 0.007 m/m and 4 l/s respectively. The results showed that the percentage of average prediction error of advance time in the WinSRFR model was 7 percent less than the SIRMOD model. The value of  $\lambda$  in simulation of WinSRFR and SIRMOD models was 0.82 and 0.68 respectively, which estimated the error rate of 18 and 32 percent, respectively. In estimating the average infiltrated depth, the WinSRFR and SIRMOD models estimated the average infiltrated water depth with  $\lambda = 0.97$  and  $\lambda = 1.11$ , respectively, showing that the WinSRFR model has carried out the simulation of application efficiency with a three-percent error and with higher accuracy than the SIRMOD model. The results showed that WinSRFR model is more applicable and higher accuracy than the SIRMOD model.

**Keywords:** Application Efficiency; Advance Time; Simulation; Infiltration.