

بهینه‌سازی میزان جریان ورودی و زمان آبیاری در آبیاری جویچه ای با استفاده از مدل هیدرودینامیک کامل

الهام بیک زاده،^{۱*} علی نقی ضیایی،^۲ کامران داوری،^۳ حسین انصاری^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۱/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۳/۲۱

چکیده

در این تحقیق، از یک مدل هیدرودینامیک کامل برای شبیه‌سازی فازهای مختلف آبیاری در جویچه استفاده گردید. برای ارزیابی نتایج حاصل از مدل، از داده‌های مزرعه‌ای واکر و پرینتز استفاده شد. نتایج نشان داد که مدل پیشنهادی تطابق بسیار خوبی با نرم افزار SIRMOD و داده‌های مزرعه‌ای دارد. سپس با استفاده از بهینه‌سازی به روش سعی و خطا به تعیین بهترین جریان ورودی و زمان قطع جریان در آبیاری مرکلی پرداخته شد. پارامترهای جریان و زمان قطع، بر اساس حداکثر تابع هدف تعیین شد. به این ترتیب راندمان کاربرد از ۵۷٪ به ۷۰٪ و راندمان نیاز آبیاری از ۸۱٪ به ۹۵٪ افزایش پیدا کرد. سپس برای دستیابی به راندمان‌های دلخواه، دو سناریوی متفاوت برای بهینه‌سازی تعیین شد. در حالت اول فرض شد مقادیر راندمان نیاز آبیاری و یکنواختی توزیع بزرگ تر از ۹۰٪ بوده و در آن ناحیه حداکثر مقدار برای راندمان کاربرد انتخاب شود. راندمان کاربرد ۶۰٪، راندمان نیاز آبیاری ۹۸٪ و راندمان یکنواختی توزیع ۹۰٪ در این سناریو به دست آمد. در حالت دوم نیز فرض بر این بود که مقادیر راندمان نیاز آبیاری بالاتر از ۹۰٪، مقدار راندمان کاربرد بزرگ‌تر از ۷۰٪ و مقدار نفوذ عمقی حداقل باشد. راندمان کاربرد ۷۹٪، راندمان نیاز آبیاری ۹۲٪ و درصد نفوذ عمقی ۲۰٪ از نتایج این سناریو بوده است. بدین ترتیب با استفاده از این مدل عددی و با توجه به راندمان‌های مورد نظر، امکان مدیریت و برنامه‌ریزی بهتر در زمینه‌ی آبیاری سطحی فراهم خواهد شد.

واژه‌های کلیدی: مدل‌سازی عددی، جویچه، بهینه‌سازی، جریان ورودی، زمان قطع جریان

مقدمه

می‌تواند با شبیه‌سازی، ارزیابی و طراحی سیستم آبیاری سطحی، نیاز به مدیریت صحیح را در اجرا برطرف نماید که در این راستا تاکنون مدل‌های بسیاری مطرح شده است که هر کدام فرضیات، محاسن و محدودیت‌های خود را دارا می‌باشند (امینی‌زاده و همکاران، ۱۳۸۵). در رابطه با مدل‌های عددی ارائه شده در این زمینه می‌توان به مدل هیدرودینامیک کامل (Dholakia et al, 1997)، مدل موج سینماتیک (Camacho et al., 1997)، مدل اینرسی صفر عباسی و همکاران (۱۳۷۶)، مدل اینرسی صفر Zerihun et al, 2005، مدل اینرسی صفرامینی‌زاده و همکاران، (۱۳۸۵)، مدل اینرسی صفر Clemmens (Clemmens and Strelkoff, 2011) و مدل هیدرودینامیک کامل (Banti et al, 2011) اشاره نمود.

با در نظر گرفتن اهمیت فراوان منابع آبی در کشور ایران که جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشد، مصرف بهینه‌ی آب و علاوه بر آن افزایش راندمان آبیاری از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد که متأسفانه در حال حاضر به دلیل ضعف در طراحی و به ویژه مدیریت آن، چندان مطلوب نیست. به همین منظور با استفاده از مدل‌سازی جریان قبل از فرایند آبیاری می‌توان در راستای مدیریت، طراحی و

سیستم‌های آبیاری سطحی سهم عظیمی را در کشاورزی فاریاب در سراسر جهان در بر می‌گیرند و کیفیت اجرای این سیستم‌ها به شدت وابسته به مراحل مختلف طراحی آن‌ها می‌باشد. مشکل عمده روش‌های آبیاری سطحی، پایین بودن راندمان آن‌ها است که به طور عمده از ضعف مدیریت طراحی نامناسب ناشی می‌شود، همچنین با توجه به هزینه‌ها و سرمایه‌گذاری بالا در آبیاری تحت فشار، بهبود و اصلاح روش‌های آبیاری سطحی و افزایش راندمان در آن‌ها امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر می‌باشد (تقی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۱). یکی از مؤثرترین روش‌ها در اجرای مدیریت صحیح در زمینه آبیاری سطحی، استفاده از نرم افزارهای کامپیوتری و مدل‌های عددی می‌باشد که

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۲- استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۳ و ۴- دانشیاران گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*) نویسنده مسئول: (Email: Elhambz@ymail.com)

معادله جریان زیرسطحی

معادله نفوذ به کار رفته در مدل عددی استفاده شده، کوستیاکوف لویس می‌باشد که عبارت است از:

$$z = k\tau^a + f_0\tau \quad (3)$$

که در آن f_0 : پارامتر نفوذ نهایی یا پایه $(\frac{m^3}{m \cdot \min a})$ و k $(\frac{m^3}{m \cdot \min a})$ و a (بی‌بعد) ضرایب تجربی برای جویچه می‌باشند.

برای آزمون و ارزیابی نتایج شبیه‌سازی از داده‌های مزرعه‌ای واکر و پرینتز (استخراج شده از مقاله‌ی Reddy, 1989) استفاده گردید که مشخصات آن‌ها در جدول (۱) نشان داده شده است (Walker, 1989 and Reddy, 1989). پس از اطمینان از صحت کد با استفاده از داده‌های مزرعه‌ای، به منظور دستیابی به بهترین راندمان و یکنواختی در فرآیند آبیاری، از یک روش بهینه‌سازی ساده جهت یافتن بهترین دبی ورودی و مناسب‌ترین زمان قطع جریان استفاده شد. در این روش باید شبکه‌ی جریان-زمان برای فرآیند بهینه‌سازی تعریف شود. به این صورت که ابتدا مقادیر حداکثر و حداقلی برای پارامترهای جریان ورودی و زمان قطع جریان توسط کاربر مشخص می‌گردد. حداکثر مقدار مجاز دبی ورودی (دبی غیر فرسایشی) در جویچه‌های با انتهای باز به صورت زیر محاسبه می‌شود که باید مد نظر قرار گیرد:

$$Q_{max} = \left(\frac{v_{max}^2 n^2}{3600 \rho_1 s_0} \right)^{\frac{1}{2-2}} \quad (4)$$

که در آن، Q_{max} : حداکثر جریان غیر فرسایشی در واحد عرض بر حسب مترمکعب بر دقیقه، n : ضریب زبری مانینگ مربوط به شرایط اولین آبیاری و v_{max} : حداکثر سرعت مجاز می‌باشد که در حدود ۱۰ تا ۱۵ متر بر دقیقه برای خاک‌های پایدار و ۸ تا ۱۲ متر بر دقیقه برای خاک‌های فرسایش‌پذیر و با پایداری کمتر در نظر گرفته می‌شود. دبی حداقل نیز باید به اندازه‌ای باشد که زمان قطع جریان از ۲۴ ساعت تجاوز نکند (انصاری، ۱۳۹۰). محدوده‌ی زمان قطع جریان نیز به دلخواه کاربر تعیین می‌گردد، اما زمانی که آبیاری کامل (زمانی که تمام منطقه‌ی ریشه به اندازه‌ی مورد نیاز رطوبت دریافت کرده باشد) مد نظر باشد، ابتدا باید فرصت زمانی لازم برای نفوذ عمق رطوبت مورد نیاز ریشه، از معادله‌ی کاستیاکوف لویس و با استفاده از روش تکرار نیوتن رافسون به صورت زیر به دست آید:

$$(\tau_{req})_{j+1} = (\tau_{req})_j + \frac{z_{req} - k(\tau_{req})_j^a - f_0(\tau_{req})_j}{(ka(\tau_{req})_j^{a-1} + f_0)} \quad (5)$$

که در آن j : شمارنده‌ی تکرار و τ_{req} : عمق رطوبتی مورد نیاز ریشه می‌باشد. در معادله‌ی (۵) مقداری فرضی برای $(\tau_{req})_1$ در نظر گرفته می‌شود و تکرار تا زمانی انجام می‌گردد که هر دو زمان متوالی برابر شوند و یا حداکثر ۰/۵ دقیقه اختلاف داشته باشند (انصاری، ۱۳۹۰ و Walker, 2003). پس از محاسبه‌ی زمان نفوذ مطلوب در هر نقطه، زمان پیشروی محاسبه می‌شود و زمان قطع جریان (حداقل) از مجموع زمان پیشروی و زمان نفوذ مورد نیاز به دست آمده از معادله‌ی

برنامه‌ریزی هرچه بهتر آبیاری سطحی گام برداشت (Ebrahimi and Liaghat, 2011). همچنین با در اختیار داشتن کد مربوط به شبیه‌سازی جریان در تمامی فازهای آبیاری در جویچه، می‌توان سناریوهای مدیریتی متفاوتی مانند بهینه‌سازی ضرایب نفوذ و ضریب زبری، تعیین زمان بهینه‌ی قطع جریان، جریان کاهش‌ی و روش‌های زمان واقعی را اعمال کرد (بیک‌زاده، ۱۳۹۱). مطابق پژوهش‌های انجام شده، بیش‌ترین حساسیت مدل‌های آبیاری سطحی بر روی دبی ورودی و زمان قطع جریان می‌باشد (تقی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۱، بیک‌زاده، ۱۳۹۱، Gillies, 2008; Walker, 2005). به این ترتیب که اگر پارامترهای زمان قطع جریان و دبی ورودی مناسب انتخاب شوند می‌تواند در بهبود مدیریت آبیاری جویچه‌ای تأثیر مهمی داشته باشد (Raghuwanshi and Wallender, 1998). از جمله تحقیق‌هایی که در این زمینه انجام شده است می‌توان به مدل‌های (Raghuwanshi and Wallender, 1998) و (Gillies, 2008) اشاره نمود که از روش‌های پیچیده در زمینه بهینه‌سازی استفاده کرده‌اند. بنابراین با توجه به اهمیت این دو پارامتر تأثیرگذار در مدیریت آبیاری سطحی، هدف از این تحقیق، ابتدا ارائه‌ی یک مدل هیدرودینامیک کامل جهت شبیه‌سازی تمام مراحل آبیاری جویچه‌ای است تا بتوان از آن برای طراحی و اعمال سناریوهای مدیریتی در آبیاری جویچه‌ای استفاده نمود و سپس استفاده از یک روش بهینه‌سازی ساده جهت تعیین مناسب‌ترین جریان ورودی و زمان قطع جریان می‌باشد.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق از یک مدل هیدرودینامیک کامل برای شبیه‌سازی جریان در جویچه استفاده شد که به روش ضمنی پریمن و با استفاده از الگوریتم جاروب برگشتی، گسسته و حل گردیده است. این مدل در محیط برنامه‌نویسی متلب تهیه شده و با استفاده از داده‌های مزرعه‌ای و همچنین نرم افزار SIRMOLD صحت‌سنجی گردیده است (بیک‌زاده، ۱۳۹۱). که در این تحقیق دو نمونه داده مزرعه‌ای بررسی خواهد شد.

معادلات حاکم بر جریان سطحی

معادله‌ی سنت ونانت مورد استفاده در مدل عبارت است از:

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial Z}{\partial x} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{1}{Ag} \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{2Q}{A^2g} \frac{\partial Q}{\partial x} + \left(1 - \frac{Q^2 T}{A^3 g}\right) \frac{\partial y}{\partial x} - S_0 + S_f = 0 \quad (2)$$

که در آن‌ها، A : سطح مقطع جریان (m^2)، Q : دبی ($\frac{m^3}{sec}$)، t : زمان سپری شده (sec)، x : فاصله از ابتدای جویچه (m)، τ : فرصت زمانی نفوذ (sec)، Z : نفوذ تجمعی (m)، g : شتاب جاذبه ($\frac{m}{sec^2}$)، y : عمق جریان (m)، S_0 : شیب مزرعه ($\frac{m}{m}$)، S_f : شیب اصطکاکی ($\frac{m}{m}$) و T : عرض سطح جریان (m) می‌باشد.

(۵)، حاصل می‌گردد (Walker, 2003).

مقدار عمق رطوبتی مورد نیاز (مقدار کمبود رطوبتی ناحیه‌ی ریشه) در این تحقیق نیز برابر ۵۰ میلی‌متر بوده است. نتایج به دست آمده از فرایند بهینه‌سازی در آبیاری مرکلی، استخراج شده از پایان نامه Gillies, 2008، به تفصیل شرح داده خواهد شد.

پس از تعیین محدوده‌ی جریان و زمان، باید تعداد فواصل مورد نظر در هر دو پارامتر تعیین شود. به این ترتیب گام‌های مربوط به جریان و زمان قطع آن توسط مدل محاسبه می‌گردد و شبکه‌ای متشکل از جریان و زمان تشکیل خواهد شد. به طور مثال اگر فواصل انتخابی برای جریان و زمان ۳۰ عدد انتخاب شود، شبکه‌ی حاصل، شامل 31×31 جفت دبی ورودی و زمان قطع خواهد بود. بسیار روشن است که هرچه تعداد جفت‌های شبکه بیشتر باشد مقادیر بهینه با دقت بیشتری تعیین می‌گردد، اما زمان بیشتری صرف محاسبات مورد نیاز در شبیه‌سازی در کل شبکه خواهد شد. در این تحقیق مقدار شدت جریان از $1/7$ تا ۵ لیتر بر ثانیه و زمان قطع از ۶۰ تا ۱۵۰ دقیقه انتخاب شده و فواصل میانی این مقادیر برابر ۹ در نظر گرفته شد. به این ترتیب شبکه‌ی تشکیل شده دارای ۱۰۰ جفت دبی و زمان می‌باشد که به منظور تسریع در بهینه‌سازی، شبکه زمان-جریان کوچکی انتخاب گردید.

نتایج و بحث

نتایج شبیه‌سازی شده توسط مدل برای دو نمونه آبیاری (واکر و پرینتز) ارائه شده در این تحقیق در شکل‌های ۱ و ۲ آورده شده است. همانطور که مشاهده می‌گردد، تطابق قابل قبولی با داده‌های مزرعه‌ای و مدل SIRMOD دارد.

شبیه‌سازی آبیاری ابتدا با جریان ورودی و زمان قطع ارائه شده توسط مرکلی که در جدول (۱) آورده شده است انجام شد. راندمان‌های به دست آمده با استفاده از این پارامترها به صورت زیر به دست آمد:

راندمان کاربرد: $56/8\%$ ، راندمان نیاز آبیاری: $81/19\%$ ، درصد یکنواختی توزیع: $89/7\%$ ، ضریب یکنواختی کریستین سن: $93/9\%$ ، درصد رواناب خروجی: $18/19\%$ و درصد نفوذ عمقی: 25% . پس از اعمال فرایند بهینه‌سازی و تعیین حداکثر تابع هدف، بهترین زمان قطع جریان ۱۰۰ دقیقه و مناسب‌ترین جریان ورودی $2/067$ لیتر بر ثانیه به دست آمد. شکل‌های (۳) تا (۷) نیز مقادیر تابع هدف و راندمان‌های کاربرد، نیاز آبیاری، یکنواختی توزیع و درصد رواناب خروجی به دست آمده در فرایند بهینه‌سازی را در تمامی نقاط شبکه‌ی جریان-زمان نشان می‌دهند.

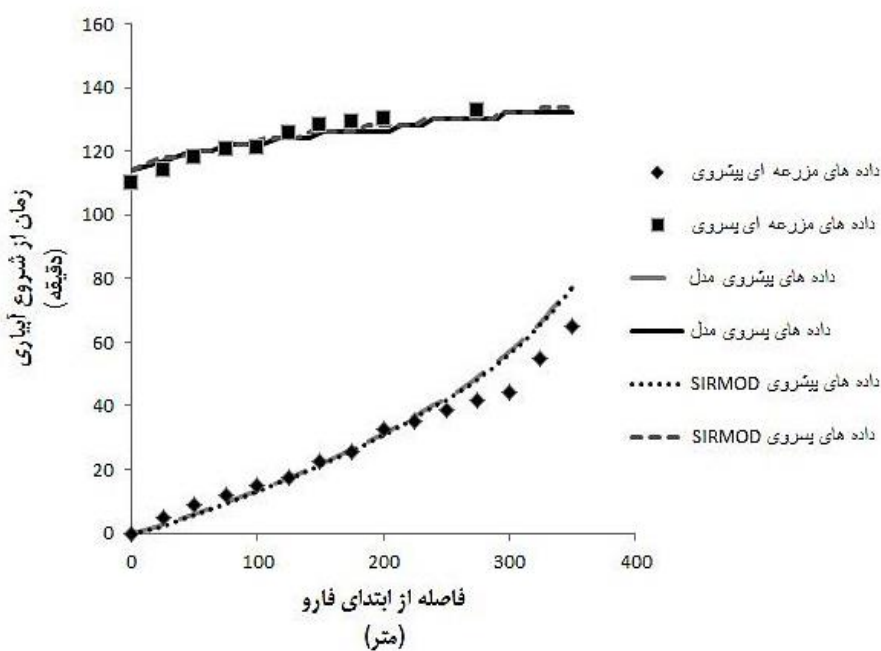
پس از تولید شبکه محاسباتی، باید تابع هدف مورد نظر برای فرایند بهینه‌سازی تعیین گردد، به همین منظور تابع استفاده شده در این تحقیق با توجه به راندمان‌های مورد نظر و وزن هر کدام، به صورت زیر تعریف شده است:

$$OBJ = 0.25(AE) + 0.25(RE) + 0.25(DU) + 0.25(100 - DP) \quad (6)$$

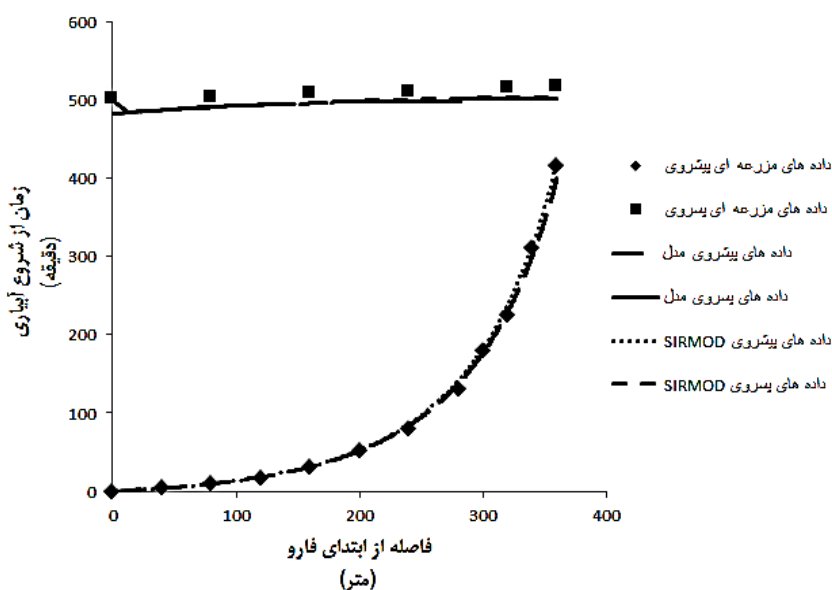
که در آن OBJ : تابع هدف، AE : راندمان کاربرد، RE : راندمان نیاز آبیاری DU : راندمان یکنواختی توزیع و DP : درصد نفوذ عمقی باشد. تابع هدف مورد استفاده در فرایند بهینه‌سازی می‌تواند به شکل‌های متفاوت و با ضریب وزن‌های دلخواه برای هر پارامتر تعریف شود.

جدول ۱- پارامترهای ورودی مدل در آبیاری‌های پرینتز و واکر

مقادیر پارامترهای ورودی به مدل			پارامترهای ورودی به مدل
واکر	مرکلی	پرینتز	
۰/۰۰۲۰	۰/۰۰۲۶	۰/۰۰۲۵	دبی ورودی $Q_0(\frac{m^3}{s})$
۰/۰۰۸۰	۰/۰۰۲۸	۰/۰۰۲۵	شیب کف $S_0(\frac{m}{m})$
۰/۰۴۰۰	۰/۰۴۰۰	۰/۰۲۰۰	ضریب مانینگ n
۳۶۰/۰۰۰۰	۲۲۵/۰۰۰۰	۳۵۰/۰۰۰۰	طول جویچه $L(m)$
۴۸۰/۰۰۰۰	۷۵/۰۰۰۰	۱۱۰/۰۰۰۰	زمان قطع جریان $t_{cut}(min)$
۰/۰۰۲۸	۰/۰۰۲۴	۰/۰۱۲۵	$k(m^3 m^{-1} min^{-a})$
۰/۵۳۴۰	۰/۳۲۷۰	۰/۰۲۴۰	a (بدون بعد)
۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۰۵	$f_0(m^3 m^{-1} min^{-a})$
۰/۵۰۸۳	۰/۸۸۷۰	۰/۹۵۳۰	σ_1
۱/۵۵۴۶	۱/۴۶۱۰	۱/۳۳۳۰	σ_2
۰/۳۲۷۲	۰/۲۵۰۰	۰/۶۲۰۰	ρ_1
۲/۷۱۲۰	۲/۷۰۰	۲/۹۲۰۰	ρ_2



شکل ۱- مقایسه‌ی نتایج حاصل از مدل با نرم افزار SIRMOD و داده‌های مزرعه‌ای پربینتر



شکل ۲- مقایسه‌ی نتایج پیشرویی و پسرویی حاصل از مدل با نرم افزار SIRMOD و داده‌های مزرعه‌ای واکر

رواناب خروجی با افزایش زمان آبیاری و جریان ورودی افزایش پیدا کرده است.

راندمان‌های به دست آمده برای جریان و زمان بهینه به صورت زیر به دست آمد:

راندمان کاربرد: ۷۰/۰۸٪، راندمان نیاز آبیاری: ۹۵/۲۷٪، درصد یکنواختی توزیع: ۸۴/۵۶٪، ضریب یکنواختی کریستین سن: ۹۰/۵۲٪، درصد رواناب خروجی: ۹/۳۴٪ و درصد نفوذ عمقی: ۲۰/۵۷٪. با توجه به مقادیر به دست آمده می‌توان گفت با تغییر اندک پارامترهای

بدیهی است که با افزایش جریان ورودی و کاهش زمان قطع جریان، راندمان کاربرد بیش‌تر خواهد شد که در شکل شماره ۴ نیز مشهود است. با افزایش زمان قطع جریان و نرخ ورودی جریان، حجم ذخیره شده در منطقه ریشه افزایش و نیاز آبیاری به بیش‌ترین مقدار خود خواهد رسید. همچنین مقادیر کوچک جریان ورودی و زمان آبیاری، موجب کاهش نفوذ در انتهای زمین نسبت به میانگین نفوذ شده و به این ترتیب کاهش یکنواختی توزیع را به دنبال خواهد داشت که در شکل ۶ نشان داده شده است. همچنین با توجه به شکل ۷،

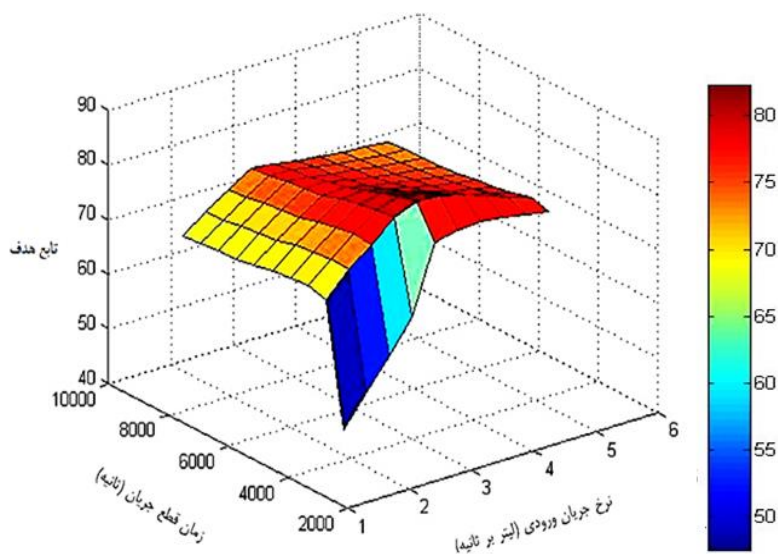
۲- مقدار راندمان نیاز آبیاری بالاتر از ۹۰٪ و مقدار راندمان کاربرد بزرگتر از ۷۰٪ نگاه داشته شود و مقدار نفوذ عمقی حداقل شود.

با اعمال حالت اول برای بهینه‌سازی، جریان ورودی بهینه ۲/۴۳ لیتر بر ثانیه و زمان قطع جریان ۱۰۰ دقیقه برآورد شد و مقدار راندمان نیاز آبیاری ۹۷/۹٪، راندمان یکنواختی توزیع ۹۰/۴۴٪ و راندمان کاربرد برابر ۶۰/۱٪ به دست آمد و در حالت دوم نیز جریان بهینه ۱/۷ لیتر بر ثانیه و زمان قطع جریان نیز ۱۱۰ دقیقه و با این مقادیر راندمان نیاز آبیاری ۹۱/۹۶٪، راندمان کاربرد ۷۹/۳۶٪ و درصد نفوذ عمقی ۱۹/۹۴٪ به دست آمد.

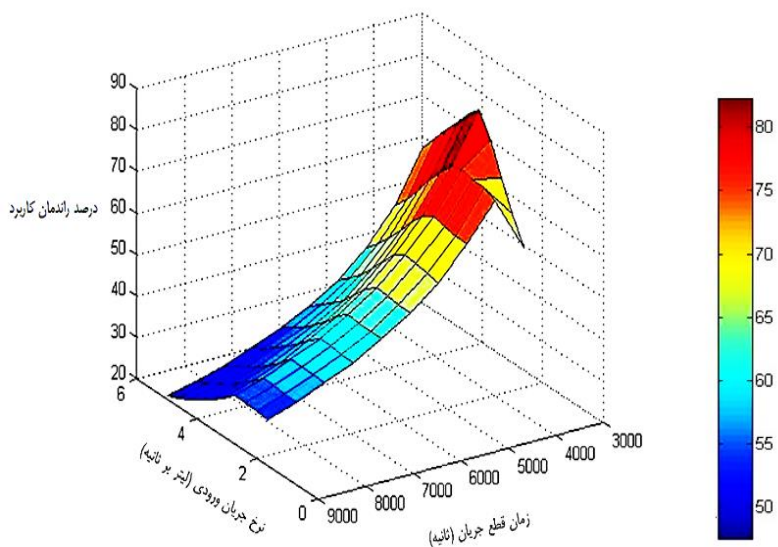
جریان ورودی و زمان قطع جریان می‌توان راندمان و در نهایت مدیریت آبیاری سطحی را بهبود بخشید. البته در اینجا مقدار راندمان یکنواختی توزیع حدود ۵٪ کاهش پیدا کرده که این مسأله بستگی به شکل تابع هدف و همچنین مقادیر ضرایب وزنی مربوط به هر کدام از پارامترها می‌باشد.

به همین علت سناریوهایی به دلخواه به مدل عددی اضافه گردید تا بر حسب دلخواه کاربر، دبی ورودی و زمان قطع جریان بهینه شده موجب راندمان‌های مورد نظر گردد. به طور مثال در این تحقیق دو حالت بررسی شد:

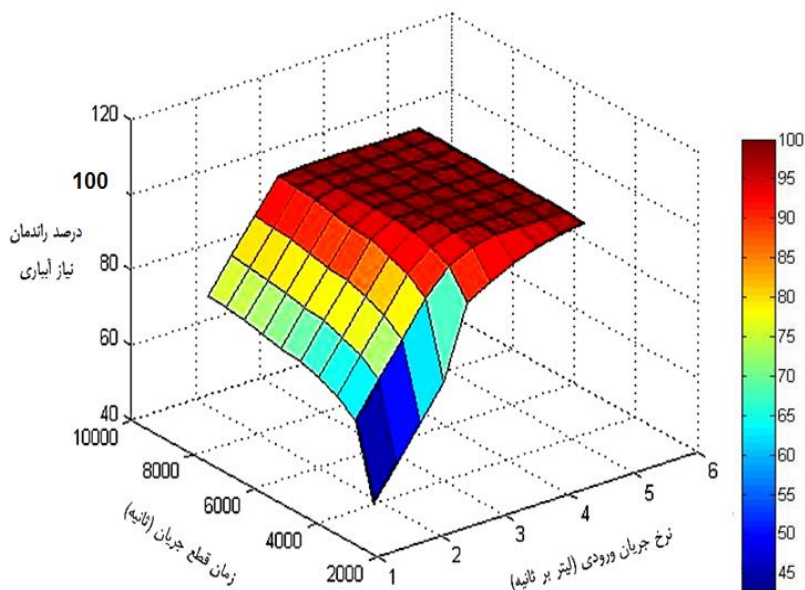
۱- مقادیر راندمان نیاز آبیاری و یکنواختی توزیع بزرگتر از ۹۰٪ بوده و در آن ناحیه حداکثر مقدار برای راندمان کاربرد انتخاب شود.



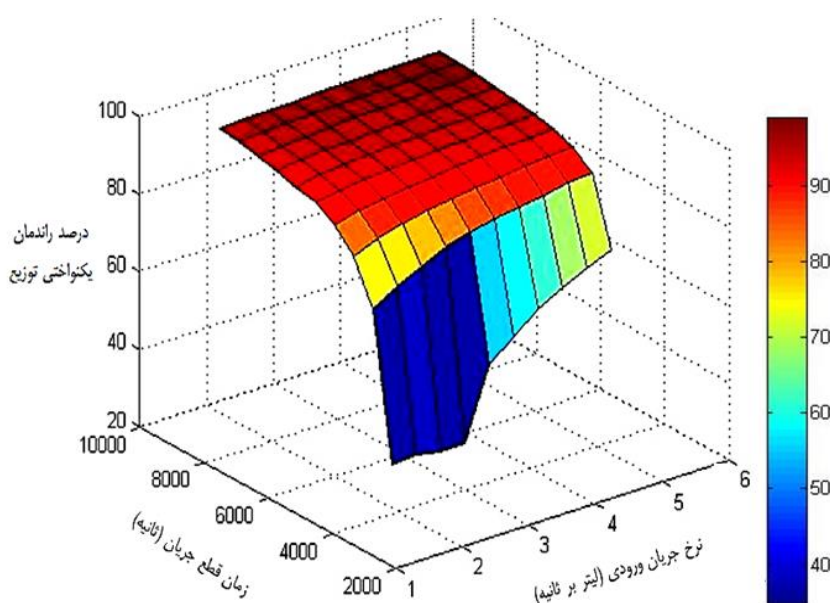
شکل ۳- مقادیر تابع هدف به دست آمده در فرایند بهینه‌سازی در آبیاری مرکزی



شکل ۴- مقادیر راندمان کاربرد به دست آمده در فرایند بهینه‌سازی در آبیاری مرکزی



شکل ۵- مقادیر راندمان نیاز آبیاری به دست آمده در فرایند بهینه‌سازی در آبیاری مرکزی

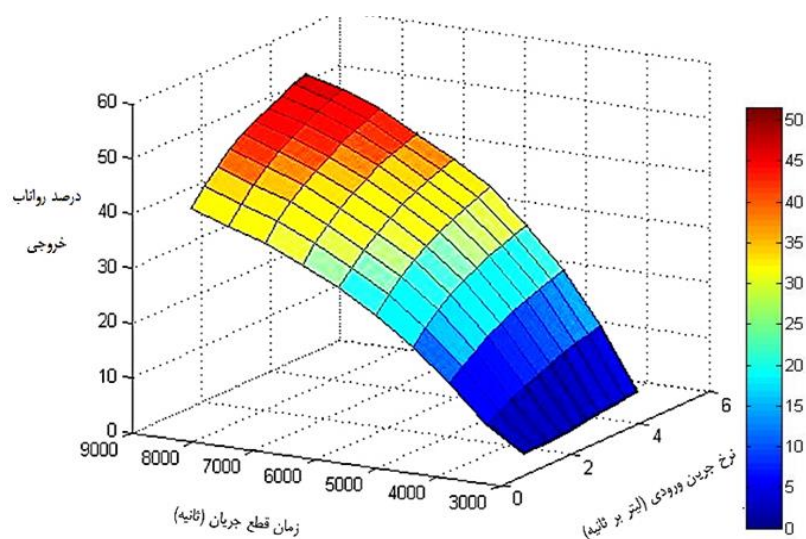


شکل ۶- مقادیر راندمان یکنواختی توزیع به دست آمده در فرایند بهینه‌سازی در آبیاری مرکزی

نتیجه‌گیری

نیاز آبیاری پس از بهینه‌سازی افزایش پیدا کرده، در صورتی که یکنواختی توزیع تا حدودی کاهش پیدا کرده است. نتایج به دست آمده می‌تواند با تغییر تابع هدف و وزن مربوط به هر راندمان متفاوت باشد. در سناریوی اول با فرض راندمان نیاز آبیاری و یکنواختی توزیع بزرگتر از ۹۰٪ و راندمان کاربرد حداکثر در این ناحیه، جریان ورودی ۲/۴۳ لیتر بر ثانیه و زمان قطع ۱۰۰ دقیقه موجب بدست آمدن راندمان نیاز آبیاری ۹۷/۹٪، یکنواختی توزیع ۹۰/۴۴٪ و راندمان کاربرد ۶۰٪ گردید که در همان محدوده مورد نظر کاربر به‌دست آمده‌است.

پس از اعمال بهینه‌سازی جریان ورودی و زمان قطع جریان بر اساس تابع هدف مورد نظر، مقادیر راندمان کاربرد از ۵۶/۸٪ به ۷۰/۰۸٪، راندمان نیاز آبیاری از ۸۱/۱۹٪ به ۹۵/۲۷٪، درصد یکنواختی توزیع از ۸۹/۷٪ به ۸۴/۵۶٪، ضریب یکنواختی کریستین‌سن از ۹۳/۹٪ به ۹۰/۵۲٪، درصد رواناب خروجی از ۱۸/۱۹٪ به ۹/۳۴٪ و درصد نفوذ عمقی از ۲۵٪ به ۲۰/۵۷٪ تغییر پیدا کردند. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، مقادیر راندمان‌های کاربرد و



شکل ۷. مقادیر درصد رواناب خروجی به دست آمده در فرآیند بهینه‌سازی در آبیاری مرکزی

تقی‌زاده، ز.، وردی نژاد، ر.، ابراهیمیان، ح.، خان محمدی، ن. ۱۳۹۱. ارزیابی مزرعه‌ای و تحلیل سیستم‌های آبیاری سطحی با WinSRFR (مطالعه موردی آبیاری جویچه‌ای). نشریه آب و خاک، جلد ۲۶، شماره ۶.

عباسی، ف.، محمودیان شوشتری، م.، پذیرا، الف. ۱۳۷۶. مدل اینرسی صفر برای تخمین عوامل طراحی آبیاری نواری. مجله علوم و فنون کشاورزی، جلد ۲۸، شماره ۳.

Banti, M., Zisis, Th and Anastasiadou-Partheniou, E. 2011. Furrow irrigation advance simulation using a surface-subsurface interaction model. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 137: 304-314.

Camacho, E., Lucena, C.P., Canas, J.R and Alcaide, M. 1997. IPE: Model for management and control of furrow irrigation in real time. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 123: 264-269.

Clemmens, A.J and Strelkoff, T. 2011. Zero-inertia recession for kinematic wave model. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 137: 263-266.

Dholakia, M., Misra, R and Zaman, M.S. 1997. Simulation of border irrigation system using explicit MacCormack finite difference method. Agricultural Water Management, 36: 181-200.

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

Gillies, M.H. 2008. Managing the effect of infiltration variability on the performance of surface irrigation. Ph.D. thesis. Faculty of Engineering and

این سناریو می‌تواند در حالتی انتخاب گردد که از نظر کشاورز، یکنواختی توزیع و برآورده شدن نیاز آبیاری از اهمیت بیش‌تری برخوردار می‌باشد. در سناریوی دوم با فرض مقدار راندمان نیاز آبیاری بزرگ‌تر از ۹۰٪، مقدار راندمان کاربرد بزرگ‌تر از ۷۰٪ و حداقل مقدار نفوذ عمقی، مقدار جریان ورودی ۱/۷ لیتر بر ثانیه و زمان قطع ۱۱۰ دقیقه موجب بدست آمدن راندمان نیاز آبیاری ۹۱/۹۶٪، راندمان کاربرد ۷۹/۳۶٪ و نفوذ عمقی ۱۹/۹۴٪ گردید. به طور کلی، با توجه به نتایج این تحقیق می‌توان گفت که شبیه‌سازی یک بعدی آبیاری جویچه‌ای و استفاده از معادلات تجربی نفوذ، می‌توانند نتایج قابل قبولی را به منظور برنامه‌ریزی‌های آبیاری ارائه دهند که با اعمال سناریوهای متفاوت و همچنین بهینه‌سازی پارامترهای ورودی مزرعه، می‌توان در جهت ارتقای مدیریت آبیاری و دستیابی به راندمان یکنواختی توزیع مورد نظر گام برداشت.

منابع

امینی‌زاده، م.ر.، لیاقت، ع.م.، محمودیان شوشتری، م و کوچک زاده، ص. ۱۳۸۵. ارائه یک حل صریح معادلات مدل اینرسی - صفر با تأثیر محیط خیس شده جهت شبیه سازی آبیاری جویچه‌ای. پژوهش کشاورزی آب، خاک و گیاه در کشاورزی، جلد ۶، شماره ۳.

انصاری، ح. ۱۳۹۰. آبیاری سطحی؛ ارزیابی، طراحی و شبیه‌سازی. چاپ اول انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، مشهد.

بیک زاده، ا. ۱۳۹۱. مدل‌سازی عددی همزمان جریان سطحی و زیرسطحی در آبیاری شیاری، ابزاری جهت مدیریت آبیاری سطحی. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه فردوسی مشهد.

- Walker, W.R. 2003. SIRMOD III surface irrigation design, evaluation and simulation software, user's guide and technical documentation. Utah State University, Logan, Utah.
- Walker, W.R. 1989. SIRMOD a model of surface irrigation, Utah State University, Logan, Utah.
- Zerihun, D., Furman, A., Warrick, A.W and Sanchez, C.A. 2005. Coupled surface-subsurface flow model for improved basin irrigation management. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 131: 111-128.
- Surveying. University of Southern Queensland. Australia.
- Raghuwanshi, N.S., Wallender, W.W. 1999. Forecasting and optimizing furrow irrigation management decision variables. Irrigation Science, 19, 1-6.
- Reddy, M.J. 1989. Integral equation solutions to surface irrigation. Journal of Agricultural Engineering Research, 42, 251-265.
- Walker, W.R. 2005. Multilevel calibration of furrow infiltration and roughness. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 131: 129-136.

Optimization Of Inflow Rate And Cutoff Timeusing The Full Hydrodynamic Model

E.Beykzadeh,^{۱*}A.N,Ziaei,^۲ K.Davari,^۳ H. Ansari^۴

Recived: Feb.19, 2014

Accepted: Jun.11, 2014

Abstract

In this study, a complete hydrodynamic model was used to simulate all phases of the furrow irrigation. Two sets of field data, walker and Printz were adopted for the verification of the results. The good agreement was observed among the code, SIRMOD and field data. Then, an optimization scheme was used to determine the best inflow rate and cutoff time in Merkle irrigation. The inflow rate and cutoff time were determined based on the maximum objective function. Therefore application efficiency increased from 57% to 70% and irrigation requirement efficiency increased from 81% to 95%. Then two different scenarios for optimization were determined to obtain desirable efficiencies. In the first case it was assumed that requirement irrigation efficiency and distribution uniformity was greater than 90% and the maximum values for application efficiency to be selected in this area. Application efficiency 60%, requirement efficiency 98% and distribution uniformity 90% were obtained in this scenario. In the second case, it was assumed that requirement irrigation efficiency was greater than 90%, application efficiency was greater than 70% and deep percolation to be minimum in this area. application efficiency 79%, requirement irrigation efficiency 92% and deep percolation percentage 20% was the result of this scenario. Therefore, this numerical model according to desirable efficiencies could be implemented to enhance the surface irrigation scheduling and management.

Keywords: Numerical method, Furrow, Optimization, Inflow rate, Cutoff time

۱- Graduated MSc student of Irrigation and Drainage, Ferdowsi University of Mashhad

۲- Assistant Professor, Department of Water Engineering, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

۳, 4- Associate, Professor, Department of Water Engineering, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

(*-Corresponding Author Email: elhambz@ymail.com)