

دومین سمینار (راهکارهای بهبود و اصلاح سامانه‌های آبیاری سطحی

۲ فرورداد ماه ۱۳۸۷

برآورد پارامترهای نفوذ برای شبیه‌سازی جریان پیشروی آب در جویچه

حسن اوجاقلو^۱، مهدی قبادی‌نیا^۲، بیژن مجدزاده^۳،

تیمور سهرابی^۴، فریبرز عباسی^۵

چکیده:

در آبیاری سطحی تعیین معادله نفوذ مناسب از اساسی‌ترین پارامترهای طراحی و ارزیابی سامانه‌های آبیاری است. معادله کوستیاکوف کاربردی‌ترین معادله‌ای است که برای این منظور مورد استفاده قرار می‌گیرد. روش‌های مختلفی برای برآورد پارامترهای معادله کوستیاکوف با توجه به شیوه آبیاری ارائه شده است. در این تحقیق چهار روش دونقطه‌ای، یک نقطه‌ای، نقطه انتهایی و بهینه‌سازی برای تعیین ضرایب معادله کوستیاکوف برای سه مجموعه جویچه مورد استفاده قرار گرفت. با استفاده از پارامترهای بدست آمده شبیه‌سازی جریان پیشروی روی سه مجموعه جویچه با استفاده از دو نرم‌افزار شبیه‌سازی *WinSRFR2.1* و *NRCS-Surface* انجام شد. نتایج نشان داد که روش‌های دونقطه‌ای و بهینه‌سازی برآورد مناسب‌تری برای پارامترهای معادله نفوذ داشتند و روش یک نقطه‌ای برآورد کمتر از حد و روش نقطه انتهایی برآورد بیش از حد داشت.

کلمات کلیدی: مدل‌های نفوذ-آبیاری جویچه‌ای- شبیه‌سازی - منحنی پیشروی

مقدمه

مهمترین مشخصه فیزیکی خاک از نظر آبیاری نفوذ است. نفوذ یکی از حساسترین پارامترهای هیدرولیکی موثر بر آبیاری سطحی و یکی از مشکل‌ترین پارامترهای قابل اندازه‌گیری در مزرعه است. ورود آب به

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه آبیاری و آبادانی دانشکده کشاورزی کرج

۲- دانشجوی دکتری گروه آبیاری و آبادانی دانشکده کشاورزی کرج

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد سابق گروه آبیاری و آبادانی دانشکده کشاورزی کرج

۴- استاد گروه آبیاری و آبادانی دانشکده کشاورزی- دانشگاه تهران

۵- عضو هیأت علمی مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی (کرج)

داخل خاک در نتیجه تأثیر توأم نیروهای ثقل و جذب سطحی صورت می‌گیرد. اهمیت دانستن معادله نفوذ جهت طراحی هیدرولیکی آبیاری سطحی، همراه با مشکلات تعیین تخمین‌های قابل اطمینان این پارامتر، به معنی این است که محققین وقت و هزینه زیادی را باید صرف کنند قبل از اینکه بتوانند وارد مرحله طراحی سیستم آبیاری گردند. تعیین پارامترهای نفوذ در تعیین اجرایی بودن آبیاری جویچه‌ای در زمان پیشروی و زمان آبیاری بسیار مؤثر است. مدل‌های ریاضی مختلفی برای تشریح جریان کلی در محیط‌های متخلخل و مخصوصاً نفوذ عمودی توسعه یافته‌اند. معادلات نفوذ را می‌توان بطور کلی به سه دسته مدل‌هایی که بر اساس روابط جریان در محیط‌های متخلخل بنا شده‌اند، معادلات فیزیکی و معادلات تجربی تقسیم کرد. مدل‌های تجربی کوستیاکوف و کوستیاکوف لوئیس معادله‌های ساده‌ای هستند که امروزه زیاد مورد استفاده قرار می‌گیرند. معادله کوستیاکوف به دلیل ساده بودن و بدست آمدن ساده ضرایب معادله کاربرد زیادی دارد.

$$Z = kt^a \quad (\text{کوستیاکوف}) \quad (۱)$$

$$Z = kt^a + f_0 t \quad (\text{کوستیاکوف - لوئیس}) \quad (۲)$$

که در آن Z نفوذ تجمعی (m^3/m)، t زمان تماس آب با خاک (فرصت زمان نفوذ)، a (بدون بعد) و k ($m^3/min^a/m$) پارامترهای تجربی هستند و f_0 ($m^3/min/m$) نفوذ نهایی است. این دو معادله برای اکثر خاکها مناسب است (Hanson 1990). روش‌های مختلفی برای محاسبه ضرایب این معادله‌ها در آبیاری جویچه‌ای وجود دارد از جمله این روش‌ها می‌توان روش‌های ورودی و خروجی، دونقطه‌ای، یک نقطه‌ای، بهینه سازی، نقطه انتهایی را نام برد که با استفاده از داده‌های پیشروی و میزان جریان ورودی و به کمک معادله بیلان حجمی ضرایب معادله نفوذ را تعیین می‌کنند.

هدف از این تحقیق بدست آوردن ضرایب معادله‌های نفوذ در آبیاری جویچه‌ای با استفاده از چهار روش دونقطه‌ای، یک نقطه‌ای، بهینه سازی، نقطه انتهایی و سپس شبیه سازی هیدرولیکی جریان با استفاده از دو مدل *WinSRFR2.1* و *NRCS-Surface* برای تعیین معادله مناسب می‌باشد.

مواد و روش‌ها

۱- اصول تئوری

روش دو نقطه‌ای^۱: الیوت و واکر (۱۹۸۲) برای محاسبه ضرایب معادله کوستیاف برای آبیاری جویچه‌ای با استفاده از معادله بیلان حجمی روشی را ارائه کردند. در این روش با استفاده از میزان جریان ورودی مساحت سطح مقطع جریان در ابتدای شیار و دو نقطه منحنی پیشروی، ضرایب تعیین می‌گردند. روابط زیر برای محاسبه ضرایب معادله نفوذ بدست می‌آید:

$$a = \frac{\ln(V_L / V_{0.5L})}{\ln(t_L / t_{0.5L})} \quad (۳)$$

$$k = \frac{V_L}{T_L^a \sigma_z} \quad (۴)$$

$$\sigma_z = \frac{a + r(1 - a) + 1}{(1 + a)(1 + r)} \quad (۵)$$

$$f_0 = \frac{Q_{in} - Q_{out}}{L} \quad (۶)$$

در روابط فوق، $t_{0.5L}$ زمان پیشروی آب تا نیمه زمین (min)، t زمان پیشروی آب تا انتهای زمین (min)، L طول جویچه (m)، Q_{in} و Q_{out} به ترتیب دبی ورودی و خروجی از جویچه بر حسب (m^3/min) می‌باشد. روش بهینه‌سازی^۲: مک‌کلایمونت و اسمیت^۳ (۱۹۹۵) با استفاده از معادله بیلان حجمی و روش بهینه‌سازی روشی را برای تعیین پارامترهای نفوذ ارائه کردند. در این روش داده‌های ورودی شامل، دبی ورودی و داده‌های پیشروی است. در روش فوق تابع هدف، حداقل کردن مجموع مربعات خطای بین اندازه‌گیری‌ها و پیش‌بینی بر پایه معادله بیلان حجمی است. برای بدست آوردن پارامترهای نفوذ از روش مک‌کلایمونت و اسمیت نیاز به چهار حدس اولیه برای مقادیر a, k, f_0, σ_z, A_0 می‌باشد که توسط کاربر تعیین می‌گردد و برنامه با تغییر این پارامترها به تابع هدف می‌رسد. برای حل معادله بیلان حجمی بر پایه تابع هدف که حداقل کردن مجموع مربعات خطا بین مقادیر پیش‌بینی و اندازه‌گیری پیشروی می‌باشد:

1- Two Point Method
2- Optimization Method
3- McClymont & Smith

$$x = \frac{Q_0 t}{\sigma_y A_0 + \sigma_z k t_i^a + \frac{f_0 t_i}{1+r}} \quad (7)$$

بنابراین تابع هدف بصورت زیر می‌آید:

$$SSE = \sum_i^n \left[x_i - \frac{Q_0 t}{\sigma_y A_0 + \sigma_z k t_i^a + \frac{f_0 t_i}{1+r}} \right]^2 = \text{minimum} \quad (8)$$

که در آن x_i مسافت‌های اندازه‌گیری شده، t_i زمان‌های پیشروی تا نقطه i و n تعداد نقاط پیشروی است. برای تعیین پارامترهای نفوذ با استفاده از این روش مک‌کلایمونت و اسمیت بسته نرم‌افزاری را با عنوان *Infiltr V5* ارائه نمودند. ضرایب معادله با استفاده از این نرم‌افزار بدست آمد. روش یک نقطه‌ای^۱: روش یک نقطه‌ای که توسط شپارد و همکاران^۲ (۱۹۹۳) ارائه گردید مشابه روش دو نقطه‌ای است با این تفاوت که در این روش مقدار توان r در معادله پیشروی برابر ۰/۵ فرض می‌شود ($x=pt^r$). داده‌های ورودی شامل، میزان جریان ورودی، یک نقطه پیشروی جریان (نقطه انتهای جویچه) و مساحت مقطع متوسط جریان در طول فارو می‌باشد. عیب این روش اینست که مقدار ضریب r معادله پیشروی ۰/۵ فرض شده که به ندرت این مقدار حاصل می‌گردد. این روش مقدار متوسط سرعت نفوذ را در طول جویچه محاسبه می‌کند. ضرایب معادله نفوذ طبق روابط زیر تعیین می‌گردند:

$$a = \frac{\ln(Q_0 t_{L/2} / (L/2)) / (Q_0 t_L / L)}{\ln(t_{0.5L} / t_L)} \quad (9)$$

$$k = \frac{(Q_0 t_{L/2} / L) - A_0}{T_{L/2}^a \sigma_z} \quad (10)$$

در روابط فوق، Q_0 دبی جریان ورودی (m^3/min)، t_L زمان پیشروی آب تا انتهای جویچه (min)، L طول جویچه (m)، A_0 سطح مقطع جریان در ابتدا (m^2) می‌باشد.

روش نقطه انتهایی^۱: ولیانزس و همکاران^۲ (۲۰۰۱) برای محاسبه ضرایب معادله نفوذ روشی ارائه کردند که مشابه روش یک نقطه‌ای است، با این تفاوت که مقدار توان معادله پیشروی در این روش برابر ۰/۵ نبوده و متناسب با مشخصات فیزیکی فارو و مقدار جریان ورودی متفاوت است. داده‌های ورودی در این روش شامل میزان جریان ورودی، یک نقطه پیشروی جریان (نقطه انتهایی جویچه) و مساحت مقطع متوسط جریان در طول فارو می باشد. این روش فقط از یک نقطه منحنی پیشروی (نقطه انتها) برای بدست آوردن ضرایب معادله نفوذ استفاده می‌کند روند محاسبات در این روش شبیه روش دونقطه‌ای بوده با این تفاوت که ضرایب معادله نفوذ با آزمون و خطا بدست می‌آیند و همچنین رابطه تحلیلی بین k و a که با استفاده از آنالیز رگرسیونی بدست آمده موجب می شود تا تنها مجهول برای محاسبه فقط توان معادله نفوذ (a) باشد.

$$k(a) = \frac{14088a^{45} + 0.148(-\ln a)^{-1.652}}{1000} \quad (11)$$

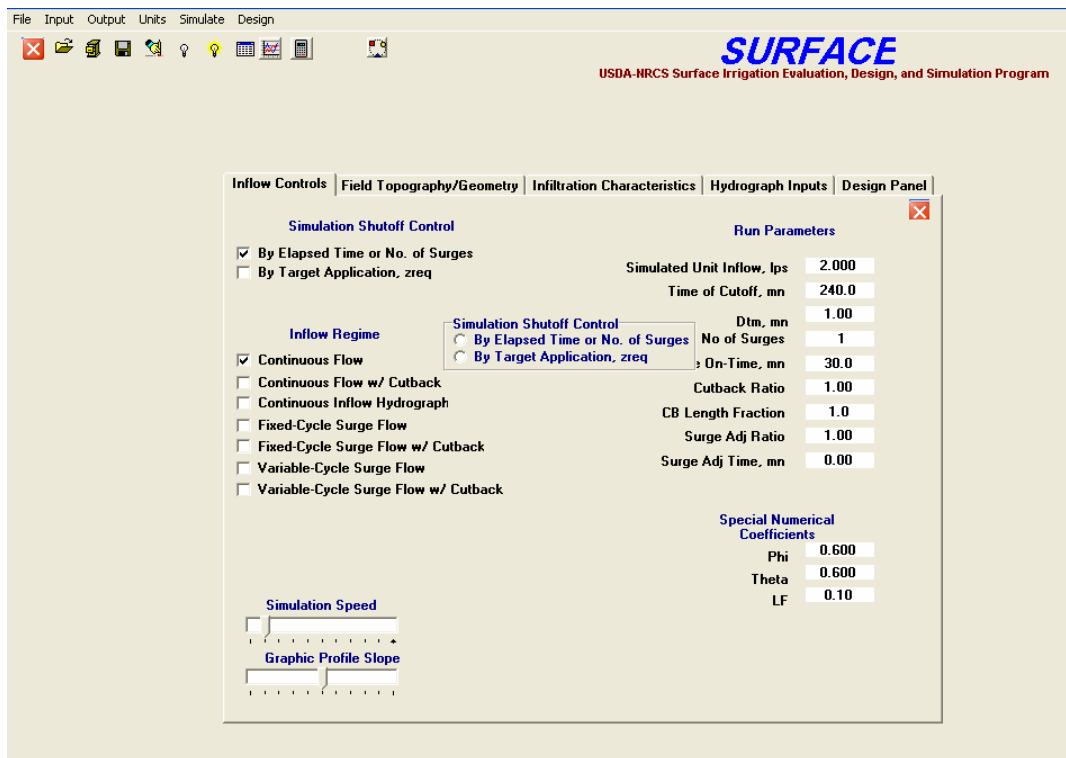
$$D = \frac{(Q_0 t_2 - \sigma_y A_0 x_2 - c p x_2)}{p x_2} \quad (12)$$

$$f(a) = \sigma_z^a k(a) t_2^a - D = 0 \quad (13)$$

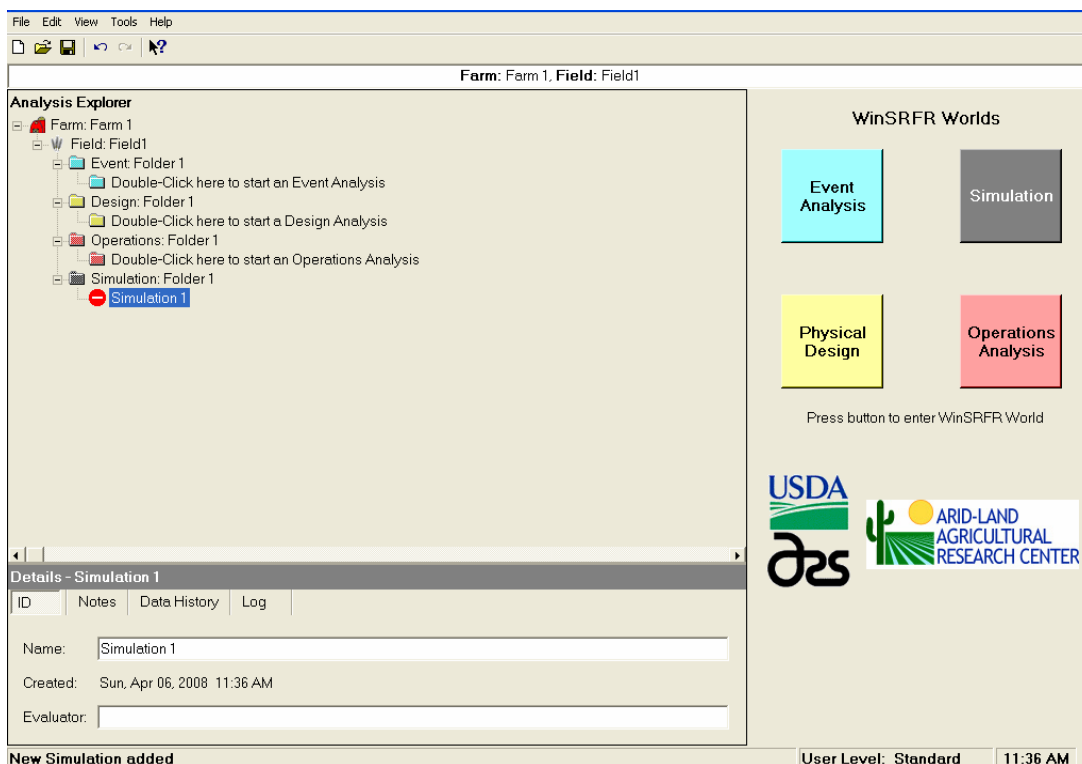
معادله خطی بدست آمده را با استفاده از روش نیوتون رافسون حل کرده و ریشه معادله که همان ضریب a می باشد بدست می آید سپس مقدار ضریب k از رابطه تحلیلی ذکر شده بدست خواهد آمد. برای شبیه سازی جریان پیشروی در جویچه از دو مدل *WinSRFR2.1* و *NRCS-Surface* استفاده شد. مدل *WinSRFR* با استفاده از مدل موج کینماتیک و مدل *NRCS-Surface* با استفاده از مدل هیدرودینامیک شبیه سازی را انجام می دهد. شکل های ۱ و ۲ نمایی از پنجره شروع برنامه نشان داده شده است.

1- Advance Point Method

2- Valiantzas et al.



شکل ۱. شمایی از نرم‌افزار NRCS-SURFACE



شکل ۲. شمایی از نرم‌افزار Win-SRFR

۲- آزمون روش‌ها

آزمایش‌های مزرعه‌ای برای جمع آوری داده‌های مورد نظر در دو مرحله و در مزرعه دانشکده کشاورزی (طول جغرافیایی $35^{\circ}48'16''$ و عرض جغرافیایی $50^{\circ}57'14''$) در شهرستان کرج و در شرایط بدون کشت انجام گردید. آب و هوای منطقه، مدیترانه‌ای با تابستان‌های گرم و خشک و زمستان‌های نسبتاً سرد تعیین شده است. متوسط بارندگی سالانه ۲۷۱ میلیمتر و میانگین بیشینه درجه حرارت ماهانه در تیرماه ۲۶/۱ سانتیگراد و میانگین کمینه درجه حرارت در دی ماه یک درجه سانتیگراد برآورد شده است. مشخصات عمومی آزمایش‌های انجام شده در جدول ۱ آورده شده است. آب و هوای منطقه، مدیترانه‌ای با تابستان‌های گرم و خشک و زمستان‌های نسبتاً سرد تعیین شده است. متوسط بارندگی سالانه ۲۷۱ میلیمتر و میانگین بیشینه درجه حرارت ماهانه در تیرماه ۲۶/۱ سانتیگراد و میانگین کمینه درجه حرارت در دی ماه یک درجه سانتیگراد برآورد شده است. خاک منطقه دارای بافت شنی لومی رسی است. آزمایش‌ها روی سه مجموعه مختلف جویچه در مزرعه با شکل، طول و شیب متفاوت اجرا گردید در جدول (۱) مشخصات جویچه‌ها آمده است (قبادی نیا ۱۳۸۳ و مجدزاده ۱۳۸۵).

جدول ۱- مشخصات کلی جویچه‌ها

تیمارها	عرض جویچه (m)	طول جویچه (m)	دبی (L/S)	بافت خاک	Pwp (%)	FC (%)	شیب (m/m)
جویچه ۱	۰/۶۵	۱۲۰	۱	سیلتی لومی	۹	۲۰/۴	۰/۰۰۸۶
جویچه ۲	۰/۶۵	۱۲۰	۱/۳	سیلتی لومی	۹	۲۰/۴	۰/۰۰۹۴
جویچه ۳	۰/۷۵	۲۵۰	۰/۶	شنی لومی رسی	۸/۳	۲۱/۶	۰/۰۱

نتایج و بحث

۱- انتخاب معادله نفوذ: با استفاده از روابط ارائه شده در بخش تئوری، ضرایب معادله کوستیاکوف و کوستیاکوف- لوئیس محاسبه گردید. نتایج نشان داد که در مواردی ضرایب معادله کوستیاکوف- لوئیس (k و a) منفی شده و بنابراین معادله کوستیاکوف برای شبیه سازی جریان در جویچه‌ها انتخاب گردید. این نکته نیز قابل توجه است که چون در زمان پیشروی نفوذ نهایی هنوز حاصل نشده است لذا می‌توان از معادله کوستیاکوف استفاده نمود.

۲- تعیین ضرایب معادله نفوذ: ضرایب بدست آمده برای معادله کوستیاکوف با استفاده از روش‌های مورد استفاده در جدول (۲) آمده است.

جدول ۲ - ضرایب نفوذ بدست آمده برای معادله کوستیاکوف با استفاده از چهار روش تعیین معادله نفوذ

		نقطه انتهایی		دو نقطه ای		بهینه سازی		یک نقطه‌ای	
		<i>k</i>	<i>a</i>	<i>k</i>	<i>a</i>	<i>k</i>	<i>a</i>	<i>k</i>	<i>a</i>
آبیاری اول	جویچه ۱	۰/۰۰۴۲۰	۰/۷۳۷	۰/۰۰۵۴۵	۰/۲۷۸	۰/۰۰۵۴۷	۰/۲۷۷	۰/۰۰۲۰۹	۰/۱۹۹
	جویچه ۲	۰/۰۰۵۳۰	۰/۷۵۶	۰/۰۰۶۸۴	۰/۳۰۳	۰/۰۰۶۹۵	۰/۲۹۷	۰/۰۰۳۱۳	۰/۲۱۹
	جویچه ۳	۰/۰۰۲۳۰	۰/۶۴۱	۰/۰۰۶۹۵	۰/۰۵۱	۰/۰۰۵۳۲	۰/۲۰۸	۰/۰۰۰۵۵	۰/۰۳۹
آبیاری دوم	جویچه ۱	۰/۰۰۱۸۲	۰/۶۰۴	۰/۰۰۱۱	۰/۵۶۱	۰/۰۰۱۱۱	۰/۵۵۲	۰/۰۰۰۴۶	۰/۱۱۴
	جویچه ۲	۰/۰۰۲۲۷	۰/۶۴۴	۰/۰۰۰۸۹	۰/۷۴	۰/۰۰۰۰۹	۰/۷۳۷	۰/۰۰۰۵۴	۰/۲۶۱
	جویچه ۳	۰/۰۰۱۷۸	۰/۶۰۱	۰/۰۰۳۳۹	۰/۱۴	۰/۰۰۴۷۴	۰/۱۳۹	۰/۰۰۲۴۳	۰/۰۹۹

۳- مقایسه روش‌های تعیین ضرایب: نتایج شبیه سازی پیشروی جریان در نمودارهای ۱۴-۲ نشان داده شده است همانگونه که از نمودارها مشخص است شبیه سازی با استفاده از معادلات بدست آمده از روش‌های دو نقطه‌ای و بهینه‌سازی توانسته است برآورد مناسب‌تری برای منحنی پیشروی آب در جویچه داشته باشد در نتیجه این دو روش ضرایب معادله نفوذ را مناسب‌تر از دو روش دیگر برآورد می‌نمایند. روش نقطه انتهایی زمان پیشروی را بیش از زمان پیشروی مشاهداتی برآورد کرده است. این تفاوت برای آبیاری اول بیشتر از آبیاری دوم است همانگونه که از نمودارها مشخص است در تمام حالات منحنی بدست آمده از این روش تنها در نقاط ابتدای جویچه منطبق بر داده‌های مزرعه است. روش یک نقطه ای زمان پیشروی را کمتر از زمان پیشروی داده‌های مشاهداتی برآورد کرده است. این تفاوت برای تمام آبیاری‌ها و همه جویچه‌ها یکسان است و به جز جویچه سوم می‌توان جواب‌های این روش را قابل قبول دانست. می‌توان بیان داشت که فرض روش یک نقطه‌ای ($r=0.5$) نسبت به روش نقطه انتهایی به واقعیت نزدیک‌تر است. همانگونه که از جدول (۲) مشخص است ضرایب بدست آمده از روش‌های بهینه‌سازی و دو نقطه‌ای برای سه مجموعه جویچه، به جز مجموعه سوم آبیاری اول، تقریباً یکسان است. در این مورد نیز نتایج شبیه سازی منحنی پیشروی جریان تقریباً یکسان است. همانگونه که از جدول مشاهده می‌شود روش نقطه انتهایی توان a را بیش از سایر روش‌ها برآورد می‌کند و روش یک نقطه‌ای کمتر از سایر روش‌ها برآورد می‌کند.

۴- تأثیر مرتبه آبیاری: همانگونه که از نتایج مشخص است شبیه‌سازی‌ها برای آبیاری دوم مناسب‌تر از آبیاری اول است. در آبیاری دوم روش یک نقطه‌ای جواب مناسب‌تری نسبت به روش‌های دیگر داشته است. شبیه‌سازی انجام شده بوسیله روش نقطه انتهایی اگر چه بهتر از آبیاری اول می‌باشد اما همچنان برآورد بیش از حد دارد. روند شبیه‌سازی با استفاده از روش‌های بهینه‌سازی و دو نقطه‌ای برای آبیاری اول بهتر از آبیاری دوم می‌باشد.

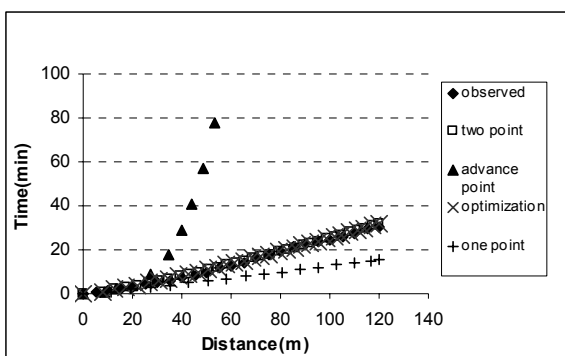
۵- تأثیر طول شیار: بررسی نتایج نشان می‌دهد که با افزایش طول شیار منحنی‌های شبیه‌سازی شده با استفاده از روشهای مختلف از منحنی واقعی فاصله می‌گیرد. با این وجود منحنی بدست آمده از روش دو نقطه‌ای برآورد مناسب‌تری نسبت به سایر روشها داشته است. از جدول (۲) مشاهده می‌شود که با افزایش طول جویچه در تمام روشها توان a کاهش می‌یابد.

در نهایت روشی مناسب است که نیاز به داده‌های کمتری داشته باشد و در عین حال اندازه‌گیری این داده‌ها ساده‌تر باشند و بتواند برآورد دقیق‌تری از میزان نفوذ داشته باشد. از میان روشهای فوق، سه روش دو نقطه‌ای، یک نقطه‌ای و نقطه انتهایی برای برآورد ضرایب نفوذ نیاز به تعیین سطح مقطع جریان در ابتدای جویچه دارند در حالی که در روش بهینه‌سازی سطح مقطع جریان توسط مدل بدست می‌آید و داده‌های ورودی در این مدل تنها منحنی پیشروی و دبی جریان است که اندازه‌گیری آنها در مزرعه ساده‌تر می‌باشد. در نتیجه با توجه به داده‌های ورودی مورد نیاز، روش بهینه‌سازی روشی است که نیاز به داده‌هایی دارد که اندازه‌گیری آنها در مزرعه ساده است و نیاز به ابزار خاصی ندارد و همچنین با توجه به نتایج این روش می‌تواند تخمین مناسبی از پارامترها داشته باشد. بنابراین به عنوان روشی مناسب برای محاسبه ضرایب معادله نفوذ کوستیاکوف در آبیاری جویچه‌ای می‌توان توصیه نمود.

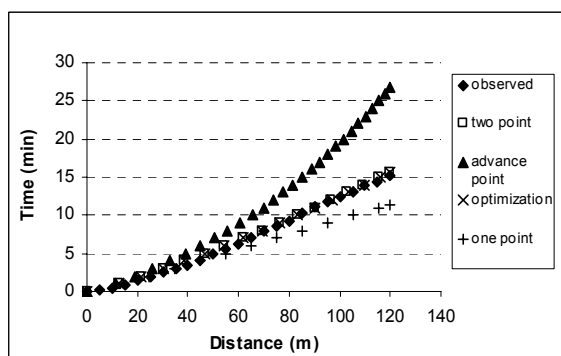
جمع‌بندی

در این تحقیق پارامترهای معادله کوستیاکوف با استفاده از چهار روش دونقطه‌ای، یک نقطه‌ای، نقطه انتهایی، بهینه‌سازی محاسبه گردید سپس شبیه‌سازی جریان پیشروی جریان آب در جویچه به کمک دو مدل رایانه‌ای *WinSRFR2.1* و *NRCS-Surface* انجام شد. نتایج حاصل از شبیه‌سازی نشان داد:

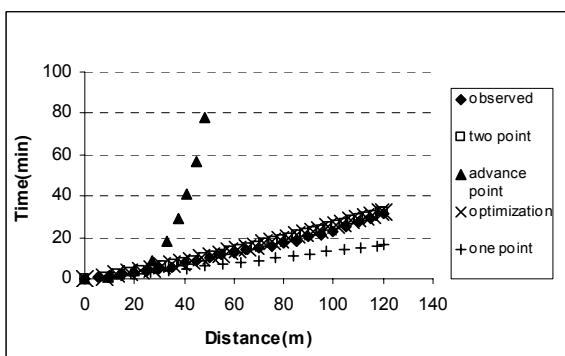
- ۱- روش دونقطه‌ای و بهینه‌سازی برآورد مناسب‌تری از ضرایب معادله نفوذ داشتند و در نتیجه شبیه‌سازی منحنی پیشروی جریان به داده‌های مزرعه‌ای نزدیک‌تر بودند.
- ۲- روش یک نقطه‌ای برآورد کمتر از حد داشت بدین معنی که ضرایب نفوذ را کمتر از میزان واقعی برآورد می‌کند.
- ۳- روش نقطه انتهایی برآورد بیشتر از حد دارد. بدین معنی که ضرایب نفوذ را بیشتر از میزان واقعی برآورد می‌کند.
- ۴- روش‌های دو نقطه‌ای و بهینه‌سازی در آبیاری اول بهتر از آبیاری دوم ضرایب را برآورد نمودند در حالیکه روشهای یک نقطه‌ای و نقطه‌انتهایی برای آبیاری دوم برآورد مناسب‌تری نسبت به آبیاری اول داشتند.
- ۵- روش بهینه‌سازی روشی مناسب برای تخمین پارامترهای نفوذ در آبیاری جویچه‌ای می‌باشد.



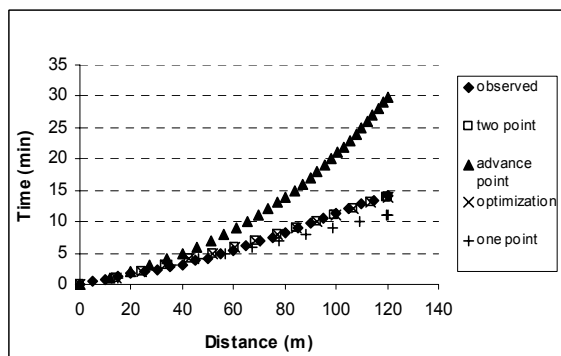
شکل ۴. منحنی‌های پیشروی جویچه ۱ در آبیاری اول (مدل Surface)



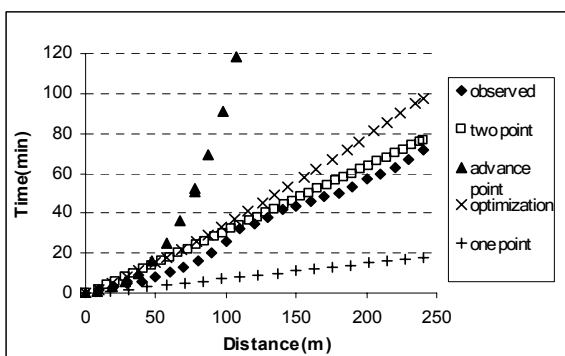
شکل ۵. منحنی‌های پیشروی جویچه ۱ در آبیاری دوم (مدل Surface)



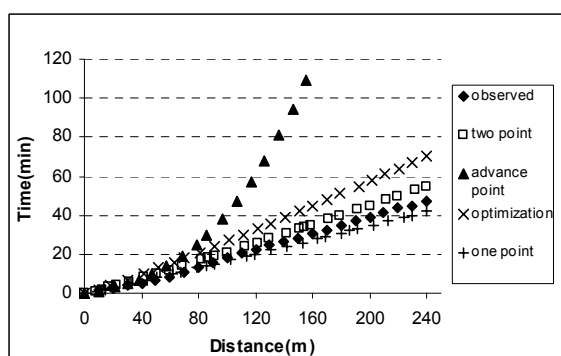
شکل ۶. منحنی‌های پیشروی جویچه ۲ در آبیاری اول (مدل Surface)



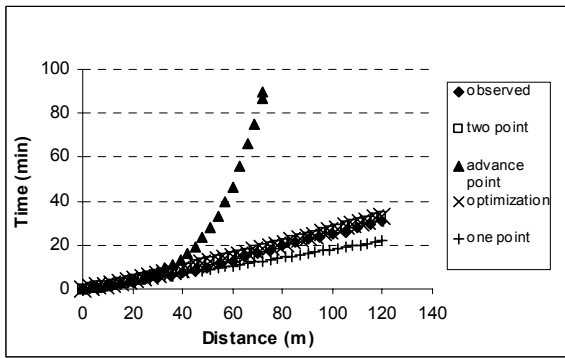
شکل ۷. منحنی‌های پیشروی جویچه ۲ در آبیاری دوم (مدل Surface)



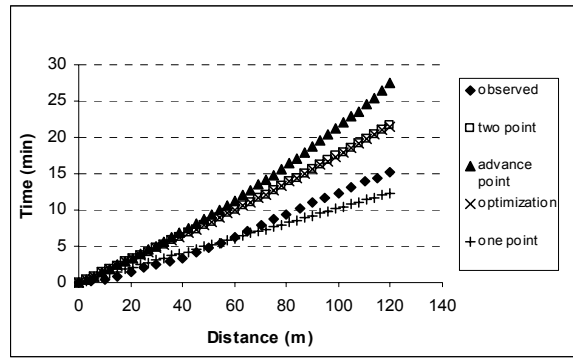
شکل ۸. منحنی‌های پیشروی جویچه ۳ در آبیاری اول (مدل Surface)



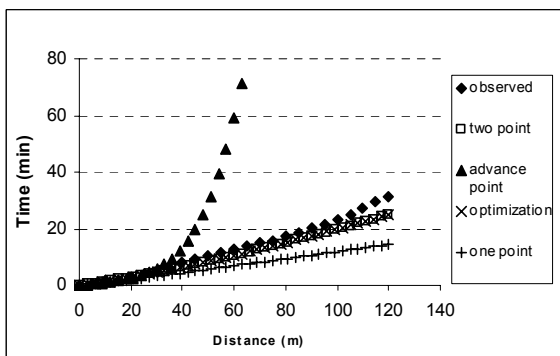
شکل ۹. منحنی‌های پیشروی جویچه ۳ در آبیاری دوم (مدل Surface)



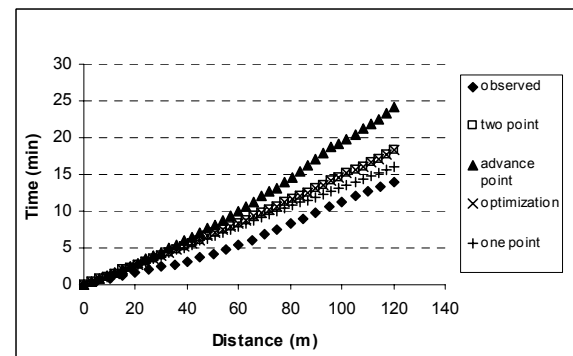
شکل ۱۰. منحنی‌های پیشروی جویچه ۱ در آبیاری اول
(مدل Win SRFR)



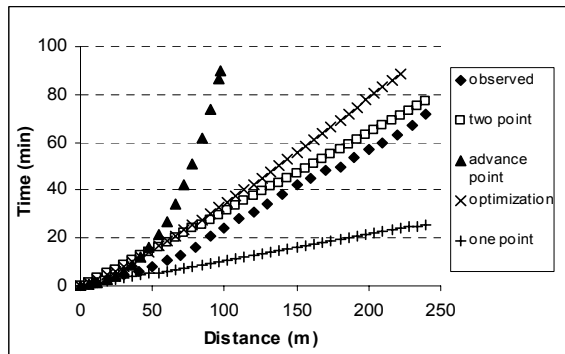
شکل ۱۱. منحنی‌های پیشروی جویچه ۱ در آبیاری دوم
(مدل Win SRFR)



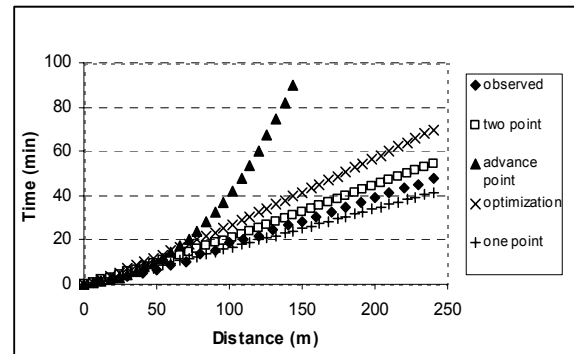
شکل ۱۲. منحنی‌های پیشروی جویچه ۲ در آبیاری اول
(مدل Win SRFR)



شکل ۱۳. منحنی‌های پیشروی جویچه ۲ در آبیاری دوم
(مدل Win SRFR)



شکل ۱۴. منحنی‌های پیشروی جویچه ۳ در آبیاری اول
(مدل Win SRFR)



شکل ۱۵. منحنی‌های پیشروی جویچه ۳ در آبیاری دوم
(مدل Win SRFR)

منابع

- ۱- قبادی‌نیا، م. (۱۳۸۳). " آبیاری موجی با تغییر دبی " پایان نامه کارشناسی ارشد. گروه مهندسی آبیاری و آبادانی. دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران
- ۲- مجدزاده، ب. (۱۳۸۶). " بررسی عملکرد آبیاری جویچه‌ای تحت تغییرات سطح مقطع جریان " پایان نامه کارشناسی ارشد. گروه مهندسی آبیاری و آبادانی. دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران.
- 3- Elliott, R.L. and Walker, W.R., 1982. Field evaluation of furrow infiltration advance functions. Trans ASAE 25: 396 – 400
- 4- Hanson BR, Prichard TL, Schulbach H (1990) Estimating furrow intake. Visions of the Future – Proc Third National Irrigation Symposium held in conjunction with the 11th Annual International Irrigation Exposition, American Society of Agricultural Engineers, Michigan
- 5- Holzapfel, E.A., Jara, J., Zuniga, C., Marino, M.A., Paredes, J. and Billib, M., 2004. Infiltration parameters for furrow irrigation. Agricultural Water Management 68: 19-32
- 6- INFILT software version 5 (1995-1999). "Help menu" National center for engineering in Agriculture University of southern Queensland. Australia. <http://www.ncea.org.au/>
- 7- McClymont, D. J. and Smith, R. J., 1996. Infiltration parameters from optimisation on furrow irrigation advance data. J. Irrigation Science: 15-22
- 8- Shepard, J.S., Wallender, W.W. and Hopmans, J.W., 1993. One-point method for estimating furrows infiltration. Trans. ASAE 36: 395–404.
- 9- Valiantzas J.D., Aggelides, S. and Salsalou, A., 2001. Furrow infiltration estimation from time to a single advance point. Agricultural Water Management 52:17-32
- 10- Walker, W. R. and Skogerboe, G.V., 1982. surface irrigation , Theory and practice . Prentice-Hall New Jersey
- 11- Walker, W. R., 1989. Guideline for desiging and evaluatin surface irrigation systems. FAO. Corporate document repository, <http://www.fao.org/docrep/T0231E/t0231e00.HTM>
- 12- Walker, W. R., 2003. SIRM0D III Surface Irrigation Simulation Evaluation and Design; Guide and Technical Documentation. Utah State University.
- 13- WINSRFR 2.1 User Manual-DRAFT. 2006. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Arid-Land Agricultural Research Center, 21881 N. Cardon Lane, Maricopa, AZ 85239. <http://www.uswcl.ars.ag.gov/>