

تخمین پارامترهای تجربی روش SCS اصلاح شده در آبیاری جویچه‌ای

مصطفی قهرمان نژاد^{۱*} - سعید برومندنسب^۲ - عبدعلی ناصری^۳ - علی شینی دشتگل^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۲/۰۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۱/۳۰

چکیده

مهم‌ترین مشخصه‌ی فیزیکی خاک از نظر کشاورزی نفوذ می‌باشد. استفاده از روش‌های مستقیم اندازه‌گیری نفوذ مانند روش موازنه حجم اولاً مستلزم صرف وقت، دقت و هزینه زیاد بوده و ثانياً قبل از آماده‌سازی زمین و در زمان انجام مطالعات، استفاده از این روش میسر نیست. روش SCS اصلاح شده برای تبدیل پارامترها به شرایط هیدرولیکی جدید کاربرد دارد. در این تحقیق دقت روش SCS اصلاح شده در برآورد پارامترهای نفوذ آبیاری جویچه‌ای مزارع نیشکر کشت و صنعت امیر کبیر اهواز بررسی شد. برای این منظور نفوذ تجمعی شش ساعته به روش SCS اصلاح شده برآورد و با نفوذ اندازه‌گیری شده به روش مستقیم (ورودی - خروجی) مقایسه گردید. برای تعیین مقدار خطای برآورد از چهار شاخص آماری متوسط خطای پیش‌بینی مدل (E_p) و متوسط خطای نسبی (E_a)، توزیع نسبت به خط ۴۵ درجه (λ) و ضریب تبیین (R^2) استفاده شد. با توجه به نتایج، روش SCS اصلاح شده مقدار نفوذ را بیشتر از مقدار واقعی برآورد می‌کند و دارای خطای زیادی است. به دلیل خطای زیاد این روش معادلات تجربی جدیدی برای پارامترهای مرجع در شرایط آبیاری مورد نظر ارائه شد. بدین صورت که پارامترهای K ، f_0 ، WP و a در مزرعه اندازه‌گیری شدند و رابطه‌ی همبستگی آن‌ها با شماره منحنی نفوذ (F_n) تعیین شد. سپس روابط جوامعی برای تبدیل پارامترها به شرایط آبیاری‌های بعدی ارائه شد. بررسی دقت روابط ارائه شده نشان داد که این روابط با مقدار شاخص‌های R^2 ، λ و E_a به ترتیب برابر ۰/۹۵، ۰/۹۱ و ۴/۵ درصد، پارامترهای نفوذ را با دقت بالایی برآورد می‌کنند. ضریب مربوط به فاکتور شرایط آبیاری (ICF) برای شرایط آبیاری مورد نظر برابر ۰/۸۲ تعیین شد.

واژه‌های کلیدی: استوانه‌های مضاعف، روش ورودی - خروجی، شرایط هیدرولیکی، معادله نفوذ

مقدمه

استفاده از این روش اولاً مستلزم صرف وقت، هزینه بالا و اندازه-گیری‌های دقیق مزرعه‌ای بوده و ثانياً قبل از آماده‌سازی زمین و در زمان انجام مطالعات، استفاده از این روش میسر نیست. در سال ۱۹۷۴ سرویس حفاظت منابع خاک (SCS) وزارت کشاورزی آمریکا برای توسعه روابط کلی نفوذ و به منظور ارزیابی آبیاری سطحی و طراحی در زمانی که اندازه‌گیری‌های مزرعه‌ای موجود نیست، تلاش همه جانبه-ای را شروع کرد. این منحنی‌ها ابتدا برای بخش آبیاری نواری ارائه شدند (۱۴). در سال ۱۹۸۴ منحنی‌های ارائه شده برای آبیاری نواری، توسط SCS برای جویچه‌ها اصلاح شدند (۱۳). این دو بخش در سال ۲۰۰۴ با هم تلفیق شده و اصلاح شدند و در حال حاضر به عنوان بخش ۶۲۳، فصل ۴، آبیاری سطحی در دسترس هستند (۱۲). نظرسنجی از کاربران نرم‌افزارهای آبیاری سطحی نشان داد که فقط تعداد کمی از روش‌های برآورد پارامترهای نفوذ در کارهای عملی استفاده می‌شوند (۳) و پرسنل USDA در کارهای روزمره خود از منحنی‌های NRCS استفاده می‌کنند (۱۵). منحنی‌های نفوذ روابط جامعی هستند که رفتار نفوذ خاک را طبقه‌بندی می‌کنند. به لحاظ اینکه در راهنمای NRCS (مانند NRCS 1977) مقادیر مختلف

نفوذپذیری به‌عنوان فرایندی که انتقال و توزیع آب از سطح به نیم‌رخ خاک را انجام می‌دهد بیشترین تأثیر را در راندمان و یکنواختی آبیاری دارد. اندازه‌گیری یا پیش‌بینی شدت نفوذ به‌منظور برآورد آب وارد شده به خاک و توزیع آن ضروری است. نفوذپذیری همچنین بر پارامترهای پیشروی و پسروی آب در مزرعه تأثیر دارد. بنابراین این پارامتر در تعیین مقدار مناسب جریان ورودی آب به مزرعه اهمیت دارد (۱). روش‌های مرسوم اندازه‌گیری نفوذ همچون استوانه‌های مضاعف و شیارهای انتها بسته اغلب تخمین غیر واقعی از نفوذ را ارائه می‌دهند. روش‌های مستقیم اندازه‌گیری نفوذ مانند روش موازنه حجم به دلیل در نظر گرفتن شرایط طبیعی زبری، شکل هندسی و محیط خیس شده مقطع جریان از دقت نسبتاً خوبی برخوردار است اما

۱، ۲ و ۳ - به ترتیب دانش آموخته کارشناسی ارشد، استاد و دانشیار گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده علوم مهندسی آب، دانشگاه شهید چمران اهواز
* - نویسنده مسئول: (Email: m.gahraman@gmail.com)
۴ - کارشناس آب و خاک مرکز تحقیقات شرکت توسعه نیشکر امیر کبیر اهواز

توسط کار اولیه فانگامیر و رامسی تأیید می‌شود (به نقل از ۴ و ۱۱). چون نفوذ افقی در جویچه متفاوت از نفوذ عمودی در شیار است و باید متفاوت از نفوذ یک بعدی در آبیاری نواری و کرتی باشد، برای تعیین پارامترهای آبیاری کرتی و نواری، محیط خیس شده معادل تعریف می‌شود. WP_{eqv} برای تبدیل پارامترهای نفوذ مرجع آبیاری جویچه‌ای به پارامترهای آبیاری نواری و کرتی به کار می‌رود (WP_{eqv}) (۱۵) از معادله‌ی زیر به دست می‌آید (۱۵):

$$WP_{eqv} = WP_{ref}^{0.4} \quad (1)$$

واکر در سال ۲۰۰۸ (۱۸) معادله‌ی بالا را بر اساس خصوصیات نفوذ محاسبه شده مدل HYDRUS-2D امتحان کرد و به این نتیجه رسید که این معادله مقدار نفوذ آبیاری نواری برای عمق‌های ۱۸۰-۱۰۰ mm را به طور قابل قبولی برآورد می‌کند. برای عمق‌های بیشتر توان کوچک‌تری (۳۴/۰-۳/۰) پیشنهاد شد. اویانارت و همکاران در سال ۲۰۰۲ (۷) و واکر و کاسیلینگام در سال ۲۰۰۴ (۱۷) پارامترهای نفوذ آبیاری جویچه‌ای را بررسی کردند. اولین نویسنده رابطه‌ی زیر را برای محاسبه‌ی نفوذ در آبیاری جویچه‌ای به عنوان تابعی از محیط خیس شده پیشنهاد کرد:

$$Z = Z_{ref} \left(\frac{WP}{WP_{ref}} \right)^{\phi} \quad (2)$$

آن‌ها از طریق اندازه‌گیری‌های صحرائی مقدار ϕ را برای آبیاری اولیه برابر ۰/۶۴ و برای آبیاری‌های بعدی ۰/۲۹ تعیین کردند. از این رو اندازه‌گیری آن‌ها تأثیر غیر خطی محیط خیس شده روی مقدار نفوذ را در ابتدای فصل آبیاری نشان داد که تأثیر کمی در انتهای فصل آبیاری دارد. رودریگوئز آلوارز در سال ۲۰۰۳ برای ϕ در معادله بالا رابطه‌ای را بر حسب تابعی از توان a در معادله‌ی کوستیاکف و توان رابطه‌ی استفاده شده در این مطالعه برای توصیف سطح مقطع جویچه ارائه کردند (۸).

واکر و کاسیلینگام در سال ۲۰۰۴ داده‌های آبیاری جویچه‌ای را تحلیل کردند و به این نتیجه رسیدند که زمانی که ضریب زبری n افزایش می‌یابد سطح مقطع جریان در طول اندکی کاهش دارد. این محققین نتیجه گرفتند که این اثر متقابل توانایی ما را برای اندازه‌گیری و مدل کردن تأثیر محیط خیس شده بر روی آبیاری جویچه‌ای تحت شرایط مزرعه کاهش می‌دهد (۱۷).

هدف از این تحقیق تعیین پارامترهای نفوذ آبیاری جویچه‌ای اجرا شده در مزارع نیشکر کشت و صنعت امیر کبیر اهواز با استفاده از روابط تجربی ارائه شده در روش SCS اصلاح شده، مقایسه آن با پارامترهای نفوذ اندازه‌گیری شده در مزرعه با روش ورودی-خروجی و تعیین روابط تجربی ارائه شده در این روش برای شرایط آبیاری این

منحنی‌های نفوذ برای همه رده‌های بافت خاک، گردآوری شده است، پرسنل SCS فقط بر اساس خصوصیات خاک و بدون هیچ گونه اندازه‌گیری صحرائی مقداری را برای یک مزرعه انتخاب می‌کنند (۱). منحنی‌های نفوذ می‌توانند در ترکیب با مدل‌ها استفاده شوند، مخصوصاً اگر داده‌های ارزیابی برای روابط توازن حجم موجود باشند (۲، ۱۰ و ۱۶). یکی از تغییرات اساسی در بخش اصلاح شده، مربوط به تعریف و کاربرد مفهوم منحنی نفوذ است. واکر و همکاران در سال ۲۰۰۶ فرضیات و روش‌های استفاده شده برای منحنی‌های NRCS اصلی را بررسی کردند (۱۹). این منحنی‌ها رفتار نفوذ خاک را بر اساس شدت نفوذ پایه بررسی می‌کنند و به صورت وسیعی برای آبیاری نواری توسعه یافته‌اند. به همین دلیل این منحنی‌ها در آبیاری نواری - کرتی بیشتر از آبیاری شیار کاربردی دارند. در سال ۲۰۰۴، NRCS تصمیم گرفت که به منظور افزایش کاربرد این منحنی‌ها در آبیاری جویچه‌ای، آن‌ها را اصلاح کند (۱۷ و ۱۹). بر خلاف روش SCS اصلی، واکر و همکاران در سال ۲۰۰۶ نفوذ را بر اساس متوسط شدت نفوذ در ۶ ساعت اولیه فرصت نفوذ طبقه بندی کردند (۱۹). منحنی‌های جدید برای داده‌های نفوذ آبیاری شیار توسعه پیدا کرد و سپس برای شرایط آبیاری نواری تعدیل شد. این اندازه‌گیری‌های نفوذ تحت شرایط شدت جریان ورودی، شیب، سطح مقطع و شرایط زبری به دست آمد. با اذعان به این که شرایط جریان روی عمق جریان و به تبع آن عمق جریان روی مقدار نفوذ در شیار مؤثر است، واکر و همکاران (۱۹) روش‌هایی را برای تبدیل پارامترها به شرایط هیدرولیکی جدید پیشنهاد کردند. این روش‌ها برای تبدیل به پارامترهای شرایط اواخر فصل آبیاری نیز به کار می‌رود. جنبه مهم دیگر منحنی‌های نفوذ جدید استفاده از معادله کوستیاکف لویس است که نفوذ پایه را بهتر از فرمول استفاده شده در منحنی‌های NRCS اصلی نشان می‌دهد. روش‌های استفاده شده برای تبدیل پارامترهای نفوذ آبیاری جویچه‌ای برای شرایط هیدرولیکی مختلف تجربی هستند (۱). واکر و همکاران (۱۹) با استفاده از داده‌های موجود، روابطی را برای مقادیر پارامترهای مرجع (b_{ref} , a_{ref} , k_{ref}) و شرایط هیدرولیکی مرجع (دبی ورودی Q_{ref} و محیط خیس شده WP_{ref}) به عنوان تابعی از شماره منحنی، F_n ارائه دادند (۱). برای به دست آوردن پارامترهای نفوذ، پارامترهای مرجع که در بالا ذکر شد در فاکتور شرایط آبیاری (Irrigation condition factor, ICF) و در نسبت محیط خیس شده در شرایط آبیاری خاص (شیب، سطح مقطع، شدت جریان ورودی) بر محیط خیس شده مرجع (WP_{ref}) ضرب می‌شود. مقادیر ضریب ICF برای شرایط معمولی آبیاری برابر ۰/۸، برای اولین آبیاری به روش موجی ۰/۸۵ و برای آبیاری‌های بعدی به روش موجی ۰/۷۵ می‌باشد که با توجه به شرایط محلی تغییر می‌کند (۱۹). از این رو فرض بر این است که متوسط خصوصیات نفوذ در طول شیار با تغییر محیط خیس شده بالادست به صورت خطی تغییر می‌کند. این فرض

منطقه است.

مواد و روش‌ها

زمان و محل اجرای طرح

این طرح در مزرعه ARC2-7 از مزارع تحقیقاتی موسسه‌ی تحقیقات توسعه نیشکر و صنایع جانبی خوزستان واقع در کشت و صنعت امیرکبیر در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ به اجرا در آمد. کشت و صنعت امیرکبیر در ۴۵ کیلومتری جنوب اهواز و در غرب رودخانه کارون و شرق جاده اهواز به خرمشهر و در طول جغرافیایی $31^{\circ}12'48''$ تا $31^{\circ}30'48''$ و عرض جغرافیایی $31^{\circ}15'$ تا $31^{\circ}40'$ قرار گرفته است. در کلیه مزارع کشت و صنعت امیر کبیر، قطعات در اندازه‌های ۲۵ هکتاری می‌باشند که طول آن‌ها ۱۰۰۰ متر و عرضشان ۲۵۰ متر می‌باشد. بنابراین متوسط طول جویچه‌ها ۲۵۰ متر است. همچنین متوسط فاصله دو جویچه متوالی برابر $1/83$ متر می‌باشد. شیب عمومی جویچه‌ها $0/0004$ می‌باشد. مزرعه مورد مطالعه دارای خاک عمیق با بافت سنگین لوم رسی سیلتی می‌باشد.

آزمایش‌های صحرایی

برای تعیین ضرایب معادله نفوذ در مزرعه از روش ورودی-خروجی استفاده شد. همچنین برای محاسبه ضرایب معادله نفوذ به روش SCS اصلاح شده آزمایش استوانه‌های مضاعف انجام شد. برای اندازه‌گیری نفوذ آب در خاک به روش ورودی-خروجی پنج قطعه برای بررسی اثر تغییرات مکانی و تعداد هفت آبیاری برای بررسی اثر تغییرات زمانی بر نفوذپذیری در نظر گرفته شد. آزمایش‌ها در یک پلات شامل سه جویچه انجام گرفت که جویچه میانی برای اندازه‌گیری در نظر گرفته شد. فاصله جویچه‌ها $1/8$ متر و طول هر جویچه ۲۵۰ متر بود که ۱۴۰ متر آن برای آزمایش انتخاب گردید. برای بررسی تغییرات مکانی نفوذ در طول جویچه هر جویچه به چهار قطعه با طول ۳۵ متر تقسیم شده و پنج فلوم برای اندازه‌گیری جریان در ابتدا و انتهای هر قطعه مورد استفاده قرار گرفت. به وسیله فلوم اول شدت جریان ورودی قطعه اول و با فلوم آخر شدت جریان خروجی قطعه آخر اندازه‌گیری شد و از شدت جریان اندازه‌گیری شده با فلوم‌های میانی به عنوان شدت جریان خروجی قطعه قبلی و همچنین به عنوان شدت جریان ورودی قطعه بعدی استفاده شد. برای اندازه‌گیری شدت جریان از فلوم فایبرگلاس W.S.C تیپ دو استفاده شد. ورودی و خروجی‌های جریان در خلال هر آبیاری، توسط سنجش عمق جریان در فلوم‌ها اندازه‌گیری گردید و با استفاده از رابطه دبی - اشل ارائه شده توسط کارخانه سازنده فلوم، شدت جریان ورودی و خروجی برای هر قطعه تعیین شد. زمان پیشروی و پسروی در ۱۴ نقطه به فواصل ۱۰ متری اندازه‌گیری و ثبت گردید. حجم آب

کاربردی، حجم رواناب، متوسط میزان نفوذ آب برای هر قطعه و متوسط نفوذ آب در جویچه از هیدروگراف‌های ورودی و خروجی جریان استخراج شدند. سپس برای هر یک از چهار قسمت یک نفوذ نهایی تعیین شد. برای تعیین ضرایب معادله نفوذ به روش SCS اصلاح شده در هر یک از قطعات یک آزمایش استوانه‌های مضاعف انجام گرفت و با تعیین متوسط شدت نفوذ شش ساعته و با استفاده از روابط تجربی ضرایب معادله نفوذ به روش SCS اصلاح شده تعیین شد و با نتایج روش ورودی-خروجی مقایسه گردید.

اندازه‌گیری محیط خیس شده: در این تحقیق محیط خیس شده به سه روش مقطع سنجی (WP)، روش NRCS (WP_{NRCS}) و محیط خیس شده مرجع (WP_{ref}) تعیین شد. در روش مقطع سنجی برای تعیین محیط خیس شده از دستگاه مقطع سنج استفاده شد. برای تعیین محیط خیس شده به روش NRCS از معادله ۳ استفاده شد که در آن محیط خیس شده بر اساس تابعی از شدت جریان، شیب جویچه، ضریب مانینگ n و شکل جویچه به دست آمد. ضریب مانینگ معمولاً $0/03$ یا $0/04$ است و شکل جویچه معمولاً با ذوذنقه نمایش داده می‌شود.

$$WP = 26.472 \left(\frac{Qn}{\sqrt{S}} \right)^{0.4247} + 22.744 \quad (3)$$

در این معادله Wp محیط خیس شده بر حسب cm، Q شدت جریان بر حسب S dps و n ضریب زبری مانینگ است.

برای تعیین WP_{ref} نیز از رابطه تجربی ارائه شده در روش SCS اصلاح شده استفاده شد که بصورت زیر است:

$$WP_{ref} = 0.298 \times (Fn + 0.1417)^{0.548} \quad (4)$$

که در آن WP_{ref} : محیط خیس شده مرجع (m) و Fn: شماره منحنی نفوذ (inch/hr) می‌باشد.

محیط خیس شده‌ی معادل برای آبیاری نواری (WP_{eqv}) از رابطه ۱ تعیین شد.

روش ورودی-خروجی

حجم آب نفوذ یافته از تفاضل حجم آب ورودی و خروجی بدست آمد:

$$V_{ob} = V_{in} - V_{out} \quad (5)$$

حجم آب ورودی به هر قطعه (V_{in}) برابر مساحت زیر منحنی هیدروگراف جریان ورودی به آن قطعه است و حجم آب خروجی از هر قطعه (V_{out}) برابر مساحت زیر منحنی هیدروگراف جریان ورودی به قطعه بعدی است.

برای محاسبه شدت نفوذ نهایی در روش ورودی-خروجی از رابطه‌ی زیر استفاده شد:

$$k = \frac{ICF \times k_{ref}}{WP_{eqv}} \quad (۱۴)$$

$$f_0 = \frac{ICF \times f_{0ref}}{WP_{eqv}} \quad (۱۵)$$

تحلیل آماری

پس از اتمام اندازه‌گیری‌های مزرعه‌ای و استخراج خروجی هر روش، نفوذ واقعی و برآورد شده با هم مقایسه شدند. در این تحقیق برای مقایسه و ارزیابی مقادیر مشاهده شده (x_0) و مقادیر برآورد شده توسط روش‌ها (x_p) از برازش داده‌ها به معادله رگرسیونی زیر استفاده شده است:

$$X_p = \lambda X_o \quad (۱۶)$$

که در آن، λ : شیب بهترین خط برازش داده شده بر داده‌ها می‌باشد. همچنین شاخص ضریب تبیین (R^2) تعیین کننده تناسب برازش معادله فوق با داده‌ها می‌باشد. در این معادله مقادیر $\lambda < 1$ نشان دهنده پیش‌بینی کمتر از مقدار واقعی و $\lambda > 1$ ، پیش‌بینی بیشتر از مقادیر واقعی می‌باشد. درصد متوسط خطای پیش‌بینی مدل‌های انتخاب شده از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$E_r = |1 - \lambda| \times 100 \quad (۱۷)$$

شاخص فوق نشان‌دهنده روند کلی مقدار خطا در اکثر داده‌های به کار رفته در معادله ۱۶ می‌باشد. به منظور ارزیابی کلی از قابلیت کاربرد مدل‌های انتخاب شده برای شرایط مزرعه‌ای از امکان کاربرد معیار درصد متوسط خطای نسبی مدل (Ea) نیز استفاده شد تا بدین وسیله دیدگاهی کلی از عملکرد کلیه مدل‌ها به دست آید. این پارامتر به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$E_a = \frac{100}{N} \sum_{i=1}^N \frac{|X_{O_i} - X_{P_i}|}{X_{O_i}} \quad (۱۸)$$

نتایج و بحث

شدت جریان ورودی به جویچه در همه‌ی آبیاری‌ها برابر ۱/۵ لیتر در ثانیه بود. هیدروگراف جریان ورودی به هر قطعه به طور نمونه برای آبیاری اول در شکل ۱ ارائه شده است. در این شکل Q_0 ، Q_{35} ، Q_{70} ، Q_{105} و Q_{140} ، به ترتیب جریان ورودی به قطعات اول، دوم، سوم، چهارم و دبی خروجی از جویچه است. مساحت زیر هر منحنی حجم آب ورودی به آن قطعه را نشان می‌دهد و از تفاضل حجم آب ورودی به یک قطعه از حجم آب ورودی به قطعه قبلی حجم آب نفوذی به هر قطعه تعیین می‌شود.

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

که در آن Q_{in} و Q_{out} به ترتیب شدت جریان ورودی و خروجی (m^3/min) برای حالتی است که قرائت فلوم خروجی به مقدار ثابتی برسد، L طول شیار (m) و f_0 شدت نفوذ نهایی خاک ($m^3/m/min$) می‌باشد.

روش SCS اصلاح شده

برای تعیین ضرایب معادله نفوذ به روش SCS اصلاح شده از روابط ارائه شده توسط واکر و همکاران (۱۹) استفاده شد. در این روش متوسط شدت نفوذ شش ساعته (F_n) توسط آزمایش استوانه‌های مضاعف تعیین شد سپس با استفاده از روابط ۷، ۸، ۹، ۱۰ و ۴ به ترتیب پارامترهای a_{ref} ، f_{0ref} ، k_{ref} ، Q_{ref} و WP_{ref} محاسبه شد.

$$a_{ref} = \frac{(0.1571 + 2.5739 \times F_n)}{(1 + 3.6940 \times F_n - 0.1149 \times F_n^2)} \quad (۷)$$

$$f_{0ref} = 0.000454 (1.0149 - e^{-0.5596 \times F_n}) \quad (۸)$$

$$k_{ref} = 0.00247 (F_n + 0.00319)^{0.5817} \quad (۹)$$

$$Q_{ref} = 0.432 + 1.79 \times F_n - 0.225 \times F_n^2 \quad (۱۰)$$

که در آن:

F_n : شماره منحنی نفوذ ($inch/hr$)، Q_{ref} : شدت جریان مرجع (Lps)، a_{ref} (بی بعد)، k_{ref} ($m^3/m/(min)^a$) و f_{0ref} ($m^3/m/min$): ضرایب معادله نفوذ کاستیاکف لوئیس مرجع می‌باشند.

پس از محاسبه a_{ref} و تعیین مقدار a از روش مستقیم (ورودی - خروجی) ضریب ICF از رابطه ۱۱ تعیین شد.

$$a = ICF \times a_{ref} \quad (۱۱)$$

ICF: فاکتور شرایط آبیاری

a : توان معادله‌ی نفوذ در هر آبیاری

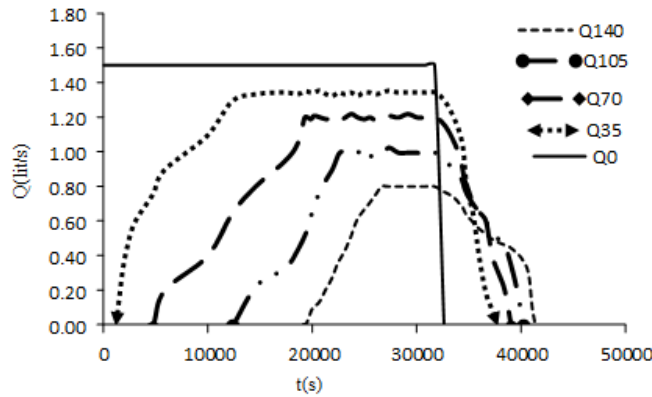
با استفاده از روابط زیر پارامترهای معادله نفوذ آبیاری جویچه‌ای از طریق آزمایش استوانه‌های مضاعف تعیین شد.

$$k = ICF \times k_{ref} \times \left[\frac{WP_a}{WP_{ref}} \right] \quad (۱۲)$$

$$(f_0 = ICF \times f_{0ref} \times \left[\frac{WP_a}{WP_{ref}} \right]) \quad (۱۳)$$

WP_a : محیط خیس شده اندازه‌گیری شده (m)، WP_{ref} : محیط خیس شده‌ی مرجع (m)، k ($m^3/m/(min)^a$) و f_0 ($m^3/m/min$): ضرایب معادله نفوذ کاستیاکف لوئیس می‌باشند.

برای تعیین پارامترهای کاستیاکف لوئیس برای آبیاری نواری از معادلات ۱۴ و ۱۵ استفاده شد.



شکل ۱- هیدروگراف جریان ورودی به هر مقطع در آبیاری اول
Figure 1- Inflow rate hydrograph to sections for initial irrigation

جدول ۱- پارامترهای معادله نفوذ به روش مستقیم (ورودی - خروجی)

Table 1- Infiltration parameters measured in field

شماره آبیاری Irrigation number	f_0 ($m^3/m/min$)	k ($m^3/m/min^a$)	a	z 6hr(m)	WP (m)
1	0.00023	0.0021	0.45	0.113	0.829
2	0.00021	0.0019	0.43	0.099	0.833
3	0.00019	0.0017	0.41	0.087	0.838
4	0.00018	0.0016	0.40	0.081	0.840
5	0.00018	0.0016	0.39	0.081	0.841
6	0.00018	0.0017	0.39	0.084	0.843
7	0.00018	0.0017	0.39	0.084	0.845

نتایج محاسبه پارامترهای مرجع در روش SCS اصلاح شده در جدول ۲ و پارامترهای معادله نفوذ به روش SCS اصلاح شده در جدول ۳ ارائه شده است. مقدار متوسط ICF برای این منطقه برابر ۰/۸۲ است که تقریباً با نتایج واکر و همکاران (۱۹) مطابقت دارد. آن‌ها مقدار ICF را برای آبیاری پیوسته برابر ۰/۸ تعیین کرده‌اند.

مقدار ضرایب معادله نفوذ به سه روش مستقیم (ورودی - خروجی)، روش SCS اصلاح شده با لحاظ روابط مربوط به آبیاری جویچه‌ای و روش SCS اصلاح شده با لحاظ روابط مربوط به آبیاری نواری محاسبه شد. نتایج مربوط به روش ورودی - خروجی در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۲- پارامترهای مرجع در روش SCS اصلاح شده

Table 2- References parameters in revised SCS method

شماره آبیاری Irrigation number	F_n (inch/hr)	k_{ref} ($m^3/m/min^a$)	f_{0ref} ($m^3/m/min$)	a_{ref}	W_{peqv} (m)	W_{pref} (m)	Q_{ref}	ICF
1	0.58	0.0018	0.00013	0.53	0.57	0.25	1.4	0.84
2	0.50	0.0017	0.00012	0.51	0.56	0.24	1.3	0.83
3	0.44	0.0016	0.00011	0.49	0.55	0.23	1.2	0.82
4	0.42	0.0015	0.00010	0.49	0.54	0.22	1.1	0.81
5	0.42	0.0015	0.00010	0.48	0.53	0.22	1.1	0.81
6	0.43	0.0015	0.00010	0.49	0.53	0.22	1.2	0.81
7	0.43	0.0015	0.00010	0.49	0.53	0.22	1.2	0.81
متوسط Average	0.46	0.0016	0.00011	0.50	0.53	0.23	1.2	0.82

جدول ۳ - پارامترهای معادله‌ی نفوذ به روش SCS اصلاح شده

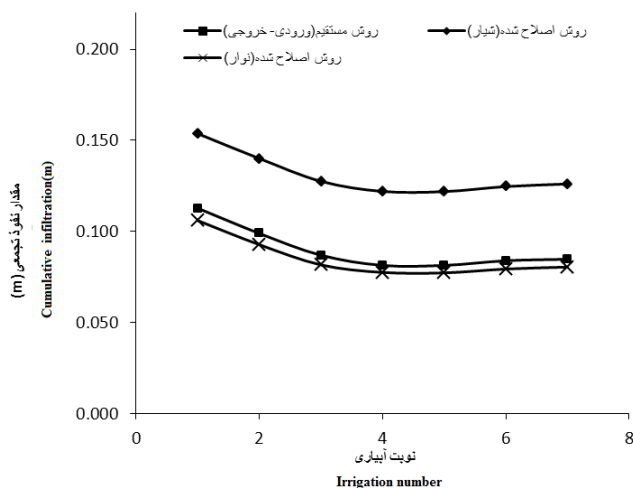
Table 3- Infiltration parameters in revised SCS method

شماره آبیاری Irrigation number	روابط مربوط به آبیاری جویچه‌ای Furrow irrigation equations			روابط مربوط به آبیاری نواری Border irrigation equations		
	f_0 (m ³ /m/min)	k (m ³ /m/min ^a)	z 6hr(m)	f_0 (m ³ /m/min)	K (m ³ /m/min ^a)	Z 6hr(m)
1	0.00028	0.0038	0.154	0.00019	0.0026	0.11
2	0.00026	0.0037	0.140	0.00017	0.0025	0.093
3	0.00025	0.0036	0.128	0.00016	0.0023	0.082
4	0.00024	0.0035	0.122	0.000185	0.0022	0.078
5	0.00024	0.0035	0.122	0.00015	0.0022	0.077
6	0.00024	0.0036	0.124	0.00015	0.0023	0.079
7	0.00024	0.0036	0.125	0.00016	0.0023	0.080
متوسط Average	0.00025	0.0036	0.130	0.00016	0.0023	0.085

مقدار نفوذ با شدت کمی رو به افزایش گذاشته است. تفاوت مقادیر نفوذ تجمعی بین آبیاری اول و دوم از بقیه آبیاری‌ها بیشتر است. دلیل این امر را می‌توان به نشست خاک و کوچک‌تر شدن خلل و فرج خاک پس از آبیاری اول نسبت داد (۱۹). نتایج گیلس و همکاران (۶) نیز موید این مطلب است. طبق نتایج آن‌ها بیشترین تغییرات فصلی نفوذ مربوط به آبیاری اول و دوم است. دلیل افزایش مقدار نفوذ تجمعی از آبیاری پنجم به بعد مربوط به افزایش پوشش گیاهی در سطح جویچه است که به نوبه خود باعث کاهش سرعت پیشروی یا به عبارتی افزایش فرصت نفوذ آب در جویچه و نهایتاً افزایش مقدار نفوذ تجمعی می‌باشد.

مقایسه روش‌های برآورد پارامترهای معادله‌ی نفوذ

برای بررسی روند تغییرات زمانی نفوذ تجمعی در طول فصل زراعی از مقدار متوسط نفوذ تجمعی برای جویچه در مدت ۳۰۰ دقیقه استفاده شد. بدین صورت که پس از تعیین ضرایب معادله نفوذ برای هر قطعه، نفوذ تجمعی هر یک از قطعات در مدت ۳۰۰ دقیقه به دست آمد و با متوسط‌گیری از نفوذ تجمعی قطعات نفوذ تجمعی کل جویچه در مدت ۳۰۰ دقیقه تعیین شد. روند تغییرات نفوذ تجمعی ۶ ساعته در طول ۷ آبیاری برای هر روش در شکل ۲ ارائه شده است. همان‌طور در این شکل مشخص است، برای همه‌ی روش‌ها مقادیر نفوذ تجمعی با شماره آبیاری کاهش می‌یابد ولی این روند کاهش‌ی مربوط به تمام آبیاری‌ها نمی‌باشد به طوری که از آبیاری پنجم به بعد

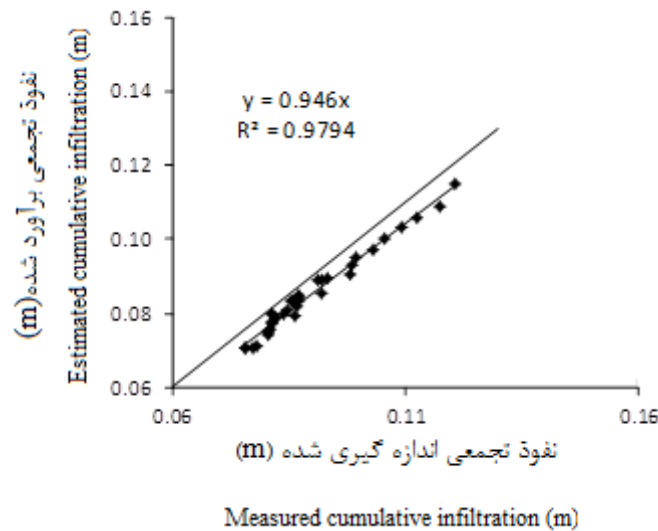


شکل ۲- تغییرات نفوذ تجمعی ۶ ساعته در طول هفت آبیاری برای هر روش
Figure 2-variety of cumulative 6 h intake during 7 irrigation for each method

روش‌های SCS اصلاح شده برای آبیاری نواری و SCS اصلاح شده برای آبیاری جویچه‌ای به ترتیب در شکل‌های ۳ و ۴ ارائه شده است.

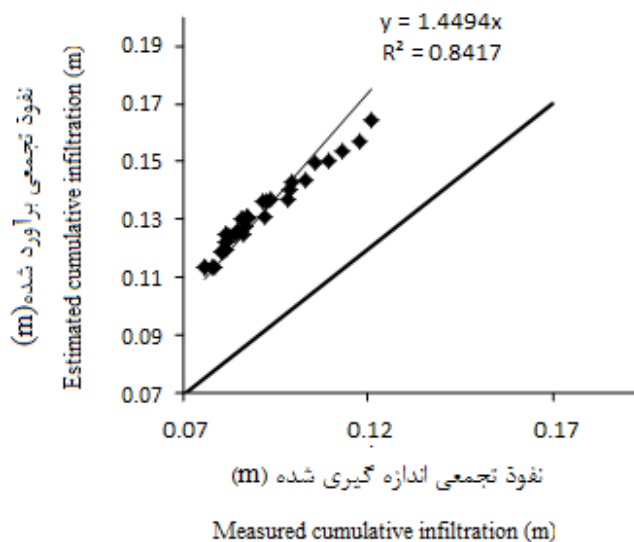
بررسی دقت روش SCS اصلاح شده

پس از استخراج نتایج هر روش، نفوذ واقعی و برآورد شده با هم مقایسه شدند. نمودار مربوط به برآزش نقاط واقعی و نقاط محاسبه شده توسط



شکل ۳- برازش نفوذ واقعی نسبت به روش SCS اصلاح شده برای نوار

Figure 3- Curve of fitting actual values of Z to values that estimated from revised SCS method with border equations



شکل ۴- برازش نفوذ واقعی نسبت به روش SCS اصلاح شده برای جویچه

Figure 4- Curve of fitting actual values of Z to values that estimated from revised SCS method with furrow equations

است که ابعاد جویچه‌های مورد مطالعه نسبت به ابعاد پیشنهادی توسط فائو که برای خاک‌های سبک و خاک‌های سنگین ارائه شده‌اند دارای عرض بیشتر و عمق کمتری هستند همچنین طبق توصیه‌ی فائو شیب جویچه باید حداقل ۰/۰۵ درصد و حداکثر ۰/۵ درصد باشد (۵)، که با توجه به شیب ۰/۰۴ درصدی این مزرعه، این مزرعه دارای شیب کمی است. عوامل ذکر شده باعث شده که جویچه‌های مورد نظر خصوصیات آبیاری نواری را داشته باشند و معادلات حاکم بر آبیاری نواری بیشتر در مورد آن‌ها صدق کند.

خلاصه‌ی نتایج و تحلیل آماری مربوط به برآورد مقدار نفوذ تجمعی برای روش‌های مختلف در جدول ۴ ارائه شده است. این نتایج نشان می‌دهد که روش SCS اصلاح شده با متوسط مقادیر R^2 و Ea به ترتیب برابر ۰/۴۵، ۸۴ و ۵۷/۷ درصد، دارای خطای زیادی است و مقدار نفوذ را بیشتر از مقدار واقعی برآورد می‌کند. ولی وقتی در روش SCS اصلاح شده از معادلات مربوط به آبیاری نواری استفاده می‌کنیم، این روش با متوسط مقادیر R^2 و Ea به ترتیب برابر ۰/۹۵، ۹۷ و ۶/۷ درصد، بهترین برآورد را دارد. دلیل اینکه معادلات مربوط به آبیاری نواری بیشتر در مورد این منطقه صدق می‌کند این

جدول ۴- مقادیر پارامترهای ارزیابی و شاخص‌های آماری

Table 4- Values of statistical indicators

روش Method	تعداد مشاهدات (N) Numbers of observation (N)	شیب خط (λ) distribution into 45° line (λ)	متوسط خطای پیش‌بینی مدل (%Er) average prediction error of model (%Er)	ضریب تبیین (%R ²) regression coefficient (R ²)	متوسط خطای نسبی (%Ea) average absolute error of model (%Ea)
SCS اصلاح شده برای جویچه Revised SCS method(furrow)	28	1.45	45	84	57.7
SCS اصلاح شده برای نوار Revised SCS method(border)	28	0.95	5.6	97	6.7

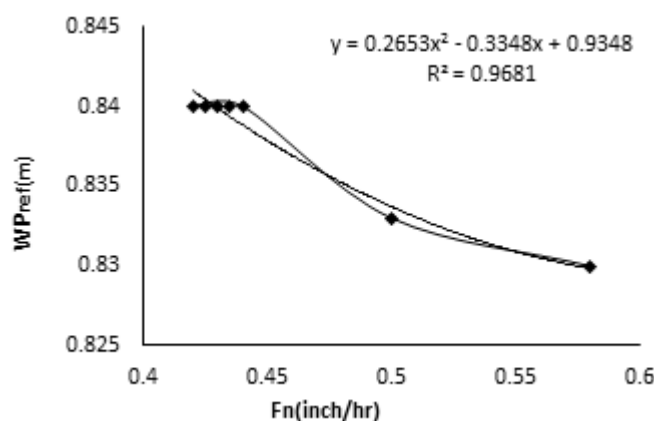
$$WP_{ref} = 0.24Fn^2 - 0.3Fn + 0.93 \quad (19)$$

در این رابطه، Fn: شماره منحنی بر حسب اینچ بر ساعت و WP_{ref}: محیط خیس شده‌ی مرجع بر حسب متر می‌باشد. شکل ۶ برآزش بین شماره منحنی و شدت نفوذ نهایی را که از طریق آزمایش صحرایی به دست آمده است، نشان می‌دهد. رابطه بین این دو پارامتر نیز در معادله ۲۰ ارائه شده است که ضریب همبستگی بین این دو پارامتر ۰/۹۹ درصد بدست آمد.

$$f_{0ref} = -0.0007Fn^2 + 0.001Fn - 0.0001 \quad (20)$$

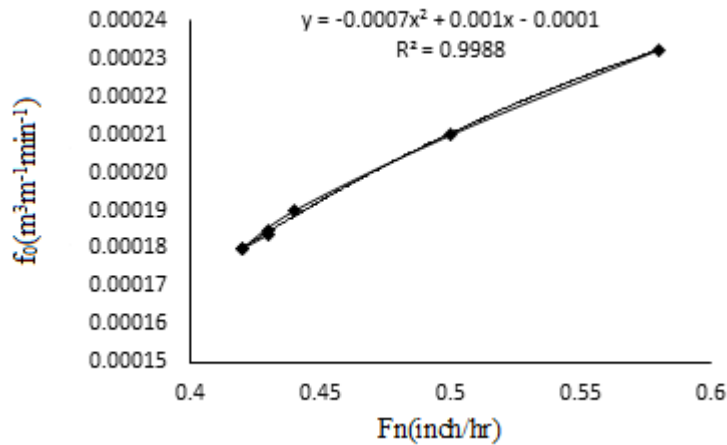
ارائه‌ی روابط تجربی جدید برای پارامترهای مرجع در منطقه‌ی مورد مطالعه

به دلیل خطای زیاد روش SCS اصلاح شده، معادلات تجربی جدیدی برای پارامترهای مرجع در شرایط آبیاری مورد نظر ارائه شد. بدین صورت که بین هر یک از پارامترهای WP، f₀، K و a که مستقیماً در مزرعه اندازه‌گیری شده‌اند با شماره منحنی نفوذ (Fn)، یک برآزش رگرسیونی انجام شد و رابطه‌ی بین آن‌ها تعیین شد. شکل ۵ برآزش بین شماره منحنی و WP را نشان می‌دهد. رابطه بین این دو پارامتر نیز در معادله ۱۹ ارائه شده است که ضریب همبستگی بین این دو پارامتر ۹۶ درصد بدست آمد.



شکل ۵- رابطه‌ی بین شماره منحنی و محیط خیس شده‌ی مرجع

Figure 5- The relation with Fn And reference wetted perimeter



شکل ۶- رابطه‌ی بین شماره منحنی و شدت نفوذ نهایی
Figure 6- The relation with Fn And f_0

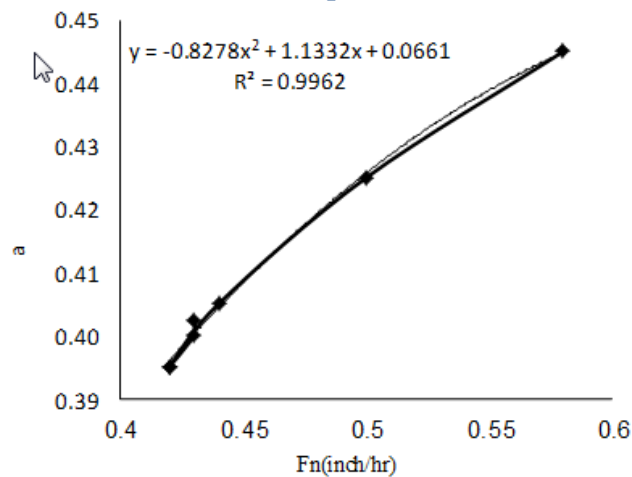
$$k_{ref} = -0.0067Fn^2 + 0.0096Fn - 0.0012 \quad (22)$$

پس از تعیین روابط تجربی جدید برای پارامترهای مرجع دقت این روابط در برآورد پارامترهای نفوذ بررسی شد. برای این منظور ضرایب معادله نفوذ (f_0 و k ، a) اندازه گیری شده به روش مستقیم و برآورد شده توسط روابط تجربی ارائه شده، نسبت به هم برازش داده شد و توزیع آن‌ها نسبت به خط ۴۵ درجه بررسی شد. شکل‌های ۹، ۱۰ و ۱۱ به ترتیب برازش مقادیر ضرایب f_0 ، a و k اندازه‌گیری شده در برابر مقادیر برآورد شده را نشان می‌دهد.

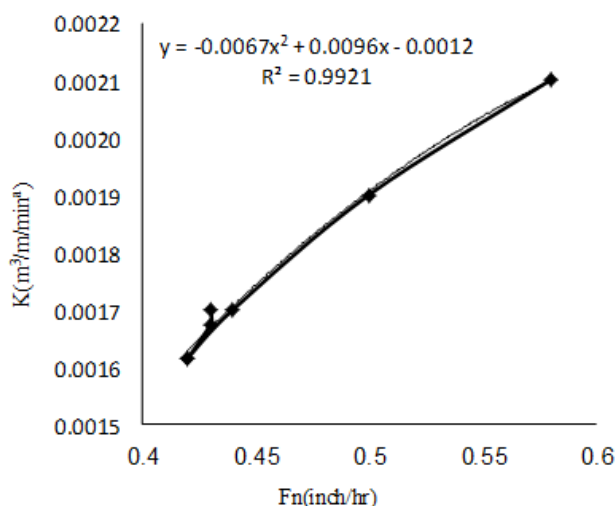
برآزش بین شماره منحنی و توان a در معادله‌ی کاستیاکف لوییس در شکل ۷ ارائه شده است. رابطه بین این دو پارامتر نیز در معادله ۲۱ ارائه شده است که ضریب همبستگی بین این دو پارامتر ۰/۹۹ درصد است.

$$a_{ref} = -0.83Fn^2 + 1.1Fn - 0.066 \quad (21)$$

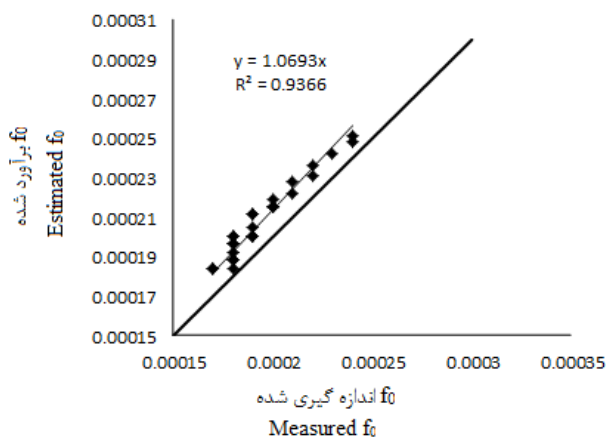
شکل ۸ برازش بین شماره منحنی و شدت نفوذ نهایی و ضریب K در معادله‌ی کاستیاکف لوییس نشان می‌دهد. رابطه بین این دو پارامتر نیز در معادله ۲۲ ارائه شده است که ضریب همبستگی بین این دو پارامتر ۰/۹۹ درصد بدست آمد.



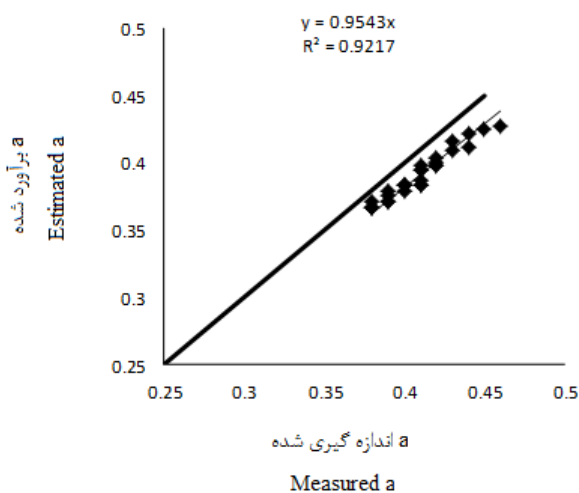
شکل ۷- رابطه‌ی بین شماره منحنی و توان a در معادله‌ی کاستیاکف لوییس
Figure 7- The relation with Fn And a in Kostiakov-Lewis relationship



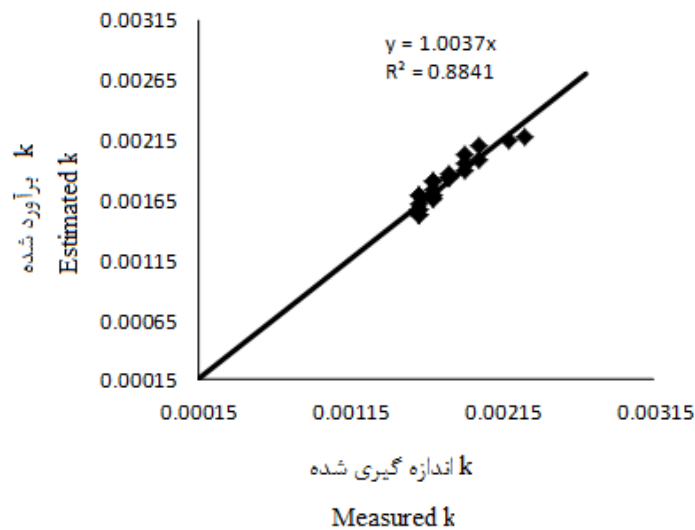
شکل ۸- رابطه‌ی بین شماره منحنی و ضریب K در معادله‌ی کاستیاکف لوئیس
 Figure 8- The relation with Fn And K in Kostiakov-Lewis relationship



شکل ۹- برازش f_0 برآورد شده توسط معادلات تجربی نسبت به f_0 واقعی
 Figure 9- Curve of fitting estimated values of f_0 to field measurement values of f_0



شکل ۱۰- برازش a برآورد شده توسط معادلات تجربی نسبت به a واقعی
 Figure 10- Curve of fitting estimated values of a to field measurement values of a



شکل ۱۱- برازش k برآورد شده توسط معادلات تجربی نسبت به k واقعی
Figure 11- Curve of fitting estimated values of k to field measurement values of k

جدول ۵- متوسط مقادیر پارامترهای ارزیابی و شاخص‌های آماری مربوط به روابط تجربی ارائه شده

Table 5- Values of statistical indicators for presented empirical equations

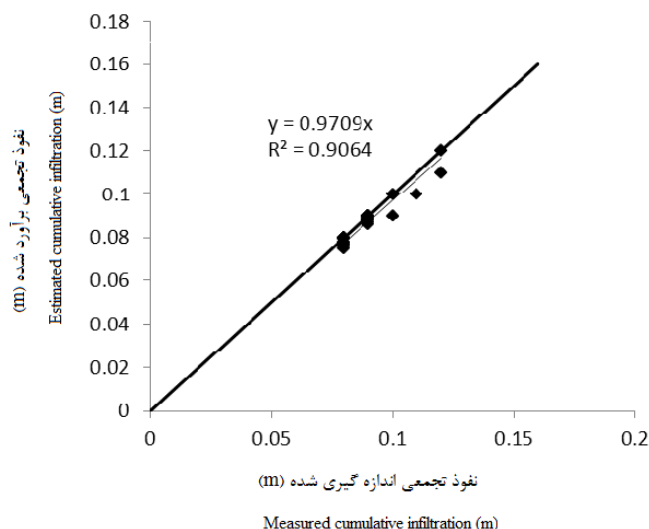
پارامتر parameter	تعداد مشاهدات (N) Numbers of observation (N)	شیب خط (λ) distribution into 45° line (λ)	متوسط خطای پیش‌بینی مدل (%Er) average prediction error of model (%Er)	ضریب تبیین (%R ²) regression coefficient (R ²)	متوسط خطای نسبی (%Ea) average absolute error of model (%Ea)
a	28	0.95	5	92	4.5
k	28	1	0	88	3
F ₀	28	1.07	7	94	7

نتیجه گیری کلی

در این تحقیق دقت روش SCS اصلاح شده در تخمین پارامترهای نفوذ آبیاری جویچه‌ای اجرا شده در مزارع نیشکر کشت و صنعت امیر کبیر اهواز بررسی شد. بر اساس نتایج، این روش مقدار نفوذ را بیشتر از مقدار واقعی برآورد می‌کند و دارای خطای زیادی است خطای این روش به این دلیل است که روابط استفاده شده در آن تجربی هستند و با شرایط این منطقه متناسب نیستند به منظور رفع این مشکل روابط تجربی جدیدی برای تعیین پارامترهای مرجع در شرایط آبیاری جویچه‌ای کشت و صنعت امیر کبیر ارائه شد. مقایسه‌ی نفوذ به دست آمده از روابط ارائه شده نسبت به نفوذ اندازه‌گیری شده نشان داد که این روابط با ضریب تبیین (R²) و خطای نسبی (Ea) به ترتیب برابر با ۹۱ و ۴/۵ درصد، مقدار نفوذ را با دقت خوبی برآورد می‌کند. همچنین مقدار فاکتور شرایط آبیاری (ICF) برای این منطقه تعیین شد که مقدار آن برابر ۰/۸۲ است.

نتایج تحلیل آماری مربوط به برآورد مقدار ضرایب a و k با استفاده از روابط تجربی پیشنهادی، در جدول ۵ ارائه شده است. نتایج حاصل نشان می‌دهد که این روابط ضرایب معادله‌ی نفوذ را با دقت خوبی برآورد می‌کنند.

پس از تعیین روابط تجربی مربوط به ضرایب معادله نفوذ دقت این روابط در برآورد مقدار نفوذ بررسی گردید. برای این منظور مقدار نفوذ تجمعی ۶ ساعته (Z) با استفاده از این روابط محاسبه شد و با مقدار به دست آمده از روش ورودی- خروجی مقایسه گردید. برازش مقدار نفوذ برآورد شده توسط روابط ارائه شده و نفوذ واقعی اندازه‌گیری شده در مزرعه در شکل ۱۲ ارائه شده است. مقدار شاخص‌های λ ، R² و Ea برای این روش به ترتیب برابر ۰/۹۷، ۰/۹۱ و ۴/۵ درصد تعیین شد که نشان دهنده‌ی دقت بالای روابط ارائه شده در تعیین مقدار نفوذ است.



شکل ۱۲- برازش نفوذ واقعی نسبت به نفوذ حاصل از روابط ارائه شده در روش اصلاح شده
 Figure 12- Curve of fitting estimated values of cumulative infiltration to field measurement values

روابط مربوط به آبیاری نواری در روش SCS اصلاح شده، مقدار نفوذ را با دقت خوبی برآورد می کند که علت آن عریض و کم عمق بودن جویچه ها می باشد که باعث شده شرایط هیدرولیکی جویچه ها شبیه نوار باشد.

منابع

- 1- Bautista E., and Walker W.R. 2010. Advances in estimation of parameters for surface irrigation modeling and management. An ASABE Conference Presentation. Paper Number: IRR10-9643. Phoenix, Arizona. December 5 - 8, 2010
- 2- Bautista E., Clemmens A.J., Strelkoff T.S., and Schlegel J. 2009. Modern analysis of surface irrigation systems with WinSRFR. Agricultural Water Management, 96:1146-1154
- 3- Bautista E., English M., and Zerihun D. 2001. Estimation of soil and crop hydraulic properties for surface irrigation: Theory and practice. ASAE Paper 01-2254. ASAE Int. Meeting. Sacramento, CA July 30-Aug 1.
- 4- Fangmeier D.D., and Ramsey M.K. 1978. Intake characteristics of irrigation furrows. Trans. ASAE 21: 696-705.
- 5- FAO. 1988. Irrigation Water Management: Irrigation methods. FAO Land and Water Development Division.
- 6- Gillies M.H. 2008. Managing the effect of infiltration variability on the performance of the surface irrigation. University of Southern Queensland, 373p
- 7- Oyonarte N.A., Mateos L., and Palomo M. J. 2002. Infiltration variability in furrow irrigation. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 128(1):26-33.
- 8- Rodriguez A. 2003. Estimation of advance and infiltration equations in furrow irrigation for untested discharges. Agricultural Water Management, 60(3):227-239.
- 9- Simunek J., Sejna M., and Van Genuchten M.T. 1999. The HYDRUS-2D software package for simulating the two-dimensional movement of water, heat, and multiple solutes in variably saturated media. IGWMC-TPS 53, Version 2.0. International Ground Water Modeling Center, Colorado School of Mines, Golden, CO.
- 10- Strelkoff T.S., Clemmens A.J., and Bautista E. 2009a. Field properties in surface irrigation management and design. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 135:525-536.
- 11- Strelkoff T.S., Clemmens A.J., and Bautista E. 2009b. Estimation of soil and crop hydraulic properties. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 135:537-555.
- 12- US Department of Agriculture Natural Resources and Conservation Service. 2005. National Engineering Handbook, Part 623, Surface Irrigation. National Technical Information Service, Washington, DC, Chapter 4.
- 13- USDA-NRCS (US Department of Agriculture, Natural Resources and Conservation Service). 1997. National Engineering Handbook. Part 652. Irrigation Guide. National Technical Information Service, Washington, DC
- 14- USDA-SCS (US Department of Agriculture, Soil Conservation Service). 1974. National Engineering Handbook.

- Section 15. Border Irrigation. National Technical Information Service, Washington, DC, Chapter 4.
- 15- USDA-SCS (US Department of Agriculture, Soil Conservation Service). 1984. National Engineering Handbook. Section 15. Furrow Irrigation. National Technical Information Service, Washington, DC, Chapter 5.
- 16- 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.
- 17- Walker W.R., and Kasilingam B. 2004. Correcting the volume balance equation for shape factors during advance. In: Proc. 2004 World Water & Env. Res. Cong. Critical Transitions in Water and Environmental Resources Management. pp: 1690-1695.
- 18- Walker W.R. 2008. The effects of geometry and wetted perimeter on surface irrigation infiltration. In: Proc. World Environmental and Water Resources Congress 2008: Ahupua'a. ASCE-EWRI. May 12-16
- 19- Walker W.R., Prestwich C., and Spofford T. 2006. Development of the revised USDA-NRCS intake families for surface irrigation. *Agricultural Water Management*, 85:157-64.

Determination of Empirical Parameters of Revised SCS Method for Furrow Irrigation

M. Ghahremannejad^{1*}-S. Boroomandnasab² -A. A. Naseri³ - A. Sheini Dashtegol⁴

Received: 25-02-2013

Accepted: 19-04-2015

Introduction: Infiltration is the most important physical properties of agricultural soils. Infiltration families are general relationships that attempt to categorize the infiltration behavior of soils. Walker et al. (2006) discussed the assumptions and procedures used to develop the original NRCS families. Those families categorize infiltration behavior according to their steady-intake rate and were developed largely from border irrigation data. As such, those families have been more widely adopted in border/basin irrigation analyses than in furrow studies. In 2004, NRCS decided to revise the families, largely with the goal of enhancing their applicability to furrow irrigation (Walker et al., 2006). In contrast with the original families, Walker et al. (2006) categorized infiltration based on the average rate during the first 6 h of opportunity time. The new families were developed from furrow infiltration measurements, and then adapted to border conditions. Those infiltration measurements were obtained under inflow rate, slope, cross section, and roughness conditions. Recognizing that these flow conditions affect flow depth and that flow depth affects infiltration in furrows, Walker et al. (2006) proposed procedures for adapting the parameters to new hydraulic conditions. Procedures are also provided for adapting the parameters to events late in the irrigation season. Another important aspect of the new families is the use of the Extended Kostiakov equation, which represents steady-state infiltration better than the Kostiakov formula employed by the original NRCS families. The procedures used to adapt the furrow infiltration parameters to different hydraulic conditions are empirical. From the available data, Walker et al. (2006) developed relationships for the reference parameter values (K_{ref} , a_{ref} , and f_{0ref}) and reference hydraulic conditions (discharge Q_{ref} and wetted perimeter WP_{ref}) as a function of F_n , the family value.

In this study the currency of revised SCS method to estimate infiltration parameters of furrow irrigation systems in Amirkabir sugar cane fields was evaluated. For this purpose, infiltration parameters and the cumulative 6 hours infiltration (z) for furrow irrigation systems of this region was estimated with revised SCS method and, then compared with field measurement of z . Then, general functions were developed to adjust the parameters to later flow irrigation conditions.

Materials and Methods: This research was carried out from January 2010 to December 2011. As one of the research fields of Sugarcane Research Center in Amir Kabir Sugarcane Planting and by Products Company of Khuzestan. The field work was conducted on one set of furrow irrigation. This set had three furrows 1.8 m wide and 140 m long. The middle furrow of each set was used to take measurements, while the side furrows were used as buffering area. The intake family numbers in revised SCS method (F_n) based on the average infiltration rate during the first 6 h of irrigation. To determine the F_n , double ring experiment were performed before irrigation. Then revised SCS parameters and original SCS parameters were determined. By measuring inflow, outflow, and calculating surface water storage, the volume of infiltrated water was determined. The advance and recession times were recorded at 14 points at 10 m intervals along each furrow. Seven irrigation events were examined. Fiberglass flumes (WSC) type II was used at the beginning and the end of each furrow in the first set where inflow/outflow measurements were to be taken. Experiments were carried out in order to determine the final infiltration rate (f_0) with the assumption of uniform soil infiltration characteristics. First, inflow and outflow of the furrow were measured at the beginning and the end of two Fiberglass WSC flumes. Then, when the flow reached a constant level, f_0 was measured.

Results and Discussion: For evaluation of the results, four statistical indices: average prediction error of model (E_r), distribution into 45° line (λ), determination coefficient (R^2) and average relative error of model (E_a) were used. According to the results, revised SCS method overestimated infiltration value and it had an excessive error. Due to the high error of this technique, empirical formulas for reference parameters to this irrigation conditions was determined. The values of a , K , and F_0 parameters were measured in field and correlated with the

1, 2, 3, - Former M.Sc Student, Professor and Associate Professor, Department of Irrigation and Drainage, Faculty of Water Science Engineering, Shahid Chamran University, Respectively

(*- Corresponding Author Email: m.gahraman@gmail.com)

4- Expert of Water and Soil, Sugarcane Research and Training Development, Khuzestan

NRCS Family Number, Fn. Then, general functions were developed to adjust the parameters to later flow irrigation conditions. Review the accuracy of the presented functions showed that these functions with values of λ , R^2 and Ea respectively 0.95, 0.91 and %4.5, has the best prediction of infiltration. The coefficient of irrigation condition factor (ICF) for the desired area was determined that the average numeric value equal to 0.82. According to the results of Walker et al. (2006), a typical later continuous intake can be estimated by ICF of 0.80. The average value of the 6 h intake rate (Fn) for the desired area is 0.46 and the average value of basic infiltration rate (f_0) is 0.48 which is larger than Fn. This is consistent with the results of Walker et al. (2006).

Conclusion: Results of this study showed that the original SCS method has underestimated cumulative infiltration and revised SCS method with furrow irrigation equations has the overestimated cumulative infiltration. General functions were developed to adjust the parameters to later flow irrigation conditions. Review the accuracy of the presented functions showed that these functions have the best prediction of infiltration. The coefficient of irrigation condition factor (ICF) was also determined, (ICF= 0.82).

Keywords: Double ring experiment, Hydraulic conditions, Inflow-outflow method, Infiltration parameters