

## مقایسه روش‌های یک نقطه‌ای و دو نقطه‌ای در برآورد پارامترهای نفوذ در آبیاری جویچه‌ای

جواد جعفری<sup>1</sup>، فرشید تاران<sup>2\*</sup>، رضا دلیر حسن نیا<sup>3</sup>، امیرحسین ناظمی<sup>4</sup>

1 و 2) دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه تبریز، گروه مهندسی آب، تبریز، ایران.

3 و 4) استادیار دانشگاه تبریز، گروه مهندسی آب، تبریز، ایران.

\* نویسنده مسئول مکاتبات: farshidtaran@gmail.com

تاریخ دریافت: 91/1/5

تاریخ پذیرش: 91/3/20

## چکیده

نفوذ یکی از مهم‌ترین پارامترهای هیدرولیکی مؤثر در آبیاری سطحی و از مشکل‌ترین پارامترهای قابل تعیین در مزرعه می‌باشد. معادلات نفوذ در تشریح هیدرولیک جریان و طراحی سیستم‌های آبیاری سطحی به کار می‌روند. اما تعیین پارامترهای این معادلات مستلزم وقت و هزینه زیادی است و به این منظور معمولاً از روش‌های تخمین این پارامترها استفاده می‌شود. در این مطالعه برای به دست آوردن پارامترهای معادله نفوذ از سه روش ورودی-خروجی به عنوان مبنا و روش‌های یک نقطه‌ای شپارد و همکاران و دو نقطه‌ای الیوت و واکر استفاده شد و دقت دو روش یک نقطه‌ای شپارد و همکاران و دو نقطه‌ای الیوت و واکر در تخمین حجم آب نفوذ یافته ارزیابی گردید. به این منظور از داده‌های مربوط به دو مزرعه 201C1 و 201E کشت و صنعت هفت تپه با سیستم آبیاری جویچه‌ای و در شرایط مختلف مزرعه‌ای با طول و دبی‌های ورودی متفاوت استفاده شد. نتایج نشان داد که روش دو نقطه‌ای الیوت و واکر در تخمین نفوذ تجمعی با خطای نسبی 8/08 درصد برای مزرعه 201C1 و خطای نسبی 12/85 درصد برای مزرعه 201E دارای دقت بیشتری نسبت به روش یک نقطه‌ای شپارد و همکاران بود. همچنین این روش در تعیین مرحله پیشروی با خطای نسبی 4/03 درصد برای مزرعه 201C1 و 6/41 درصد برای مزرعه 201E دارای بیشترین دقت بود.

واژه‌های کلیدی: آبیاری جویچه‌ای، پارامترهای نفوذ، روش یک نقطه‌ای، روش دو نقطه‌ای، روش ورودی-خروجی.

## مقدمه

مشخصات نفوذ خاک یکی از مهم‌ترین پارامترهای طراحی، ارزیابی و مدیریت آبیاری جویچه‌ای است. پارامترهای نفوذ در یک مزرعه از نظر زمانی و مکانی متغیر می‌باشند. شکل هندسی جویچه‌ها موجب می‌شود نفوذ در آبیاری جویچه‌ای در مقایسه با آبیاری نواری پیچیده‌تر باشد (Walker and Skogerboe, 1987). روش‌های مختلف اندازه‌گیری نفوذ آبیاری جویچه‌ای در مزرعه را می‌توان به دو گروه عمده مساحت کم و مساحت زیاد تقسیم نمود. در روش‌های گروه اول برای اندازه‌گیری‌های نفوذ از مساحت‌های در حد چند متر مربع و در روش‌های گروه دوم از مساحت مربوط به کل طول جویچه استفاده می‌گردد (Esfandiari and Maheshvari, 1987). از روش‌های مساحت کم می‌توان به استوانه مضاعف، جویچه مسدود، نفوذسنج گردشی و روش ورودی-خروجی و از روش‌های مساحت زیاد می‌توان به روش دو نقطه‌ای (Elliott and Walker, 1982) روش پیشروی (Ofen and Benami, 1984) روش یک نقطه‌ای (Shepard et al., 1993) و روش یک نقطه‌ای (Valiantzas et al., 2001) اشاره نمود. با توجه به این که نفوذ نسبت به مکان متغیر است، روش‌های با مساحت کم، ضریب اطمینان کمتری دارند. به همین دلیل روش‌های با مساحت زیاد که بر اصل موازنه حجم استوار می‌باشند کاربرد بیشتری دارند (Esfandiari and Maheshvari, 1997). برای تخمین پارامترهای نفوذ روشی بر پایه بهینه‌سازی روش موازنه حجم ارایه و آن را با روش‌های یک نقطه‌ای (Shepard et al., 1993) و دو نقطه‌ای (Elliott and Walker, 1982) مقایسه نمودند. آنها برای ارزیابی دقت این روش‌ها از مقادیر محاسبه شده و مقادیر مشاهداتی استفاده کردند. نتیجه به دست آمده حاکی از بالاتر بودن دقت روش بهینه‌سازی نسبت به روش دیگر بود. یکی از دلایل اصلی ضعف دو روش یک نقطه‌ای و دو نقطه‌ای، نامناسب بودن معادلات مربوط به این روش‌ها در شرایط مزرعه مورد مطالعه گزارش شد.

Holzappel و همکاران (2004) برای به دست آوردن ثابت‌های معادله نفوذ کوستیاکوف برای جویچه‌هایی با دو عرض باریک (40 سانتی‌متر) و عریض (60 سانتی‌متر) چهار روش مختلف دو نقطه‌ای (Elliott and Walker, 1982) نفوذسنج جویچه‌ای (روش ورودی-خروجی)، پیشروی (Benami and Ofen, 1984) و یک نقطه‌ای (Shepard et al., 1993) را به کار بردند. نتایج کار محققان مذکور نشان داد که نمای معادله کوستیاکوف، برای روش‌ها و اندازه‌های مختلف جویچه‌ها تفاوت معنی‌دار نداشت، در حالی که برای ضریب این معادله در روش‌های مختلف مقادیر مختلفی نشان می‌داد. منحنی نفوذ تجمعی برای جویچه‌های باریک در هر چهار روش، تقریباً مشابه بود، ولی برای جویچه‌های عریض تفاوت داشت. با استفاده از ثابت‌های به دست آمده برای معادله کوستیاکوف و با به کارگیری مدل موج سینماتیک، مرحله پیشروی در جویچه‌ها تخمین زده شد. نتایج نشان داد که برای جویچه‌های عریض، روش دو نقطه‌ای (Elliott and Walker, 1982) و برای جویچه‌های باریک، روش پیشروی (Ofen and Benami, 1994) بهترین عملکرد را داشت. بدترین عملکرد مربوط به زمانی بود که ثابت‌های معادله نفوذ با روش یک نقطه‌ای به دست آمدند.

Ebrahimiان و همکاران (2010) برای ارزیابی روش‌های تخمین نفوذ در آبیاری جویچه‌ای و نواری دو روش جدید بر اساس روش یک نقطه‌ای (Shepard et al., 1993) ارائه دادند و با روش‌های دو نقطه‌ای (Elliott and Walker, 1982) پیشروی (1994) Benami and Ofen یک نقطه‌ای (Shepard et al., 1993) و یک نقطه‌ای (2001) Valiantzas et al. مقایسه کردند. آنها با استفاده از موازنه حجم و پارامترهای نفوذ تخمین زده، کل حجم آب نفوذی و زمان‌های پیشروی را به دست آوردند و نتیجه گرفتند که روش (Elliott and Walker, 1982) کمترین خطای استاندارد را برای هر دو آبیاری نواری و جویچه‌ای دارد. همچنین این روش مرحله پیشروی را با دقت بالایی تخمین زد. بین روش یک نقطه‌ای ارائه شده و روش یک نقطه‌ای (Shepard et al., 1993) تفاوت زیادی وجود نداشت، ولی کارایی روش دو نقطه‌ای (Elliott and Walker, 1982) بهتر از روش دو نقطه‌ای پیشنهادی بود.

Smith و McClymont (1996) روشی برای تخمین پارامترهای معادله نفوذ کوستیاکوف-لوتیس با استفاده از مدل موازنه حجم و اندازه‌گیری‌های پیشروی و جریان ورودی به جویچه ارائه دادند. تفاوت این روش با روش‌های موجود این بود که در آن از بهینه‌سازی برای کمینه کردن خطای بین داده‌های پیشروی اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی شده استفاده گردید. این روش بهینه‌سازی بسیار سریع و ساده و در کنترل زمان آبیاری جویچه‌ای موثر می‌باشد.

Smith و Khatri (2005) شش روش را برای تعیین پارامترهای نفوذ آبیاری جویچه‌ای ارزیابی نمودند. این شش روش عبارت بودند از روش دو نقطه‌ای (Elliott and Walker, 1982)، یک نقطه‌ای (Shepard et al., 1993)، روش بهینه‌سازی (1996) McClymont and Smith، Upadhyaya and Raghuvanshi (1999)، یک نقطه‌ای (2001) Valiantzas et al. و تابع خطی نفوذ. نتایج این ارزیابی نشان داد که روش بهینه‌سازی (1996) McClymont and Smith، بیشترین دقت را داشت و روش‌های دو نقطه‌ای (Elliott and Walker, 1982) و تابع خطی نفوذ (1997) نیز عملکرد قابل قبولی داشتند. هدف از انجام پژوهش حاضر به دست آوردن پارامترهای معادله نفوذ از سه روش ورودی-خروجی، یک نقطه‌ای (1993) Shepard et al. و دو نقطه‌ای (Elliott and Walker, 1982) و ارزیابی دقت این سه روش در تخمین حجم آب نفوذ یافته است. در این مطالعه مقایسه دو روش فوق با روش ورودی-خروجی که کاربرد زیادی در اندازه‌گیری‌های مزرعه‌ای دارد، انجام شده است. همچنین تأثیر تفاوت طول جویچه‌ها در پارامترهای نفوذ مورد بررسی قرار گرفته است.

## مواد و روش‌ها

### روش جریان ورودی-خروجی

دبی جریان ورودی به یک مزرعه را می‌توان با وسایل مختلف اندازه‌گیری تعیین کرد. برای این منظور در مزرعه مورد مطالعه از فلوم WSC تیپ 3 استفاده گردید. برای اندازه‌گیری جریان، دو سطح مقطع در طول جویچه به فاصله تقریبی 30 تا 300 متر از یکدیگر انتخاب و مقدار جریان ورودی و خروجی در دو سطح مقطع انتخابی در فواصل زمانی معین اندازه‌گیری می‌گردد. دبی نفوذی که تفاوت بین دبی‌های ورودی و خروجی است به صورت واحد حجم در واحد طول جویچه بیان می‌شود. با تقسیم دبی

نفوذی بر فاصله جویچه‌ها مقدار نفوذ در واحد طول به دست می‌آید. برای تعیین معادلات نفوذ معادله حجم آب نفوذ کرده در واحد طول جویچه با زمان به دست می‌آید. چنانچه اندازه‌گیری حجم آب نفوذ یافته در خاک در یک دوره زمانی نسبتاً طولانی صورت گیرد با معادله کوستیاکوف-لوئیس نتایج بهتری به دست خواهد آمد (مصطفی‌زاده فرد و عزیز، 1385):

$$Z = kt^a + f_0 t$$

(1)

در رابطه بالا  $Z$ : نفوذ تجمعی در واحد طول جویچه (متر مکعب بر متر)،  $t$ : زمان (دقیقه)،  $f_0$ : سرعت نفوذ نهایی (متر مکعب بر دقیقه بر متر) و  $a$  و  $k$ : پارامترهای تجربی برازش هستند.

در این مطالعه برای پیدا کردن معادله نفوذ، در مزرعه 201C1، 100 متر و در مزرعه 201E، 60 متر از طول جویچه انتخاب گردیده است. انتخاب این طول‌ها بر اساس جدول 1 بوده است (معروف‌پور، 1375):

جدول 1: طول مناسب جویچه برای به دست آوردن پارامترهای معادله نفوذ

خاک‌های با بافت ریز	خاک‌های با بافت متوسط	خاک‌های با بافت درشت
100 متر	60 متر	30 متر

#### معادله موازنه حجم

مدل موازنه حجم اساس بسیاری از روش‌های طراحی و ارزیابی مزرعه‌ای بوده و با اطلاعات مزرعه‌ای و آزمایشگاهی به اثبات رسیده است. این مدل اساساً در فاز پیشروی به کار گرفته می‌شود و می‌توان آن را برای شرایط نوار، کرت و یا جویچه نوشت. حاصل ضرب دبی  $Q_0$  در ورودی مزرعه در زمان  $t$  مساوی است با حجم آب روی سطح خاک  $V_y(t)$ ، به علاوه حجم نفوذ یافته  $V_z(t)$ ، که هر دو به زمان بستگی دارند. بنابر این (ابراهیمیان و همکاران، 1398):

$$Q_0 t = V_y(t) + V_z(t) \quad (2)$$

حجم آب روی سطح خاک با انتگرال‌گیری از سطح جریان در فاصله پیشروی به دست می‌آید، که  $s$  فاصله در جهت  $x$  و  $\bar{A}$  متوسط سطح مقطع جریان،  $\sigma_y$  فاکتور شکل پروفیل آب سطحی و  $A_0$  سطح مقطع ورودی می‌باشد:

$$V_y(t) = \int_0^x A(s, t) ds \quad (3)$$

$$V_y(t) = \sigma_y A_0 x = \bar{A} x \quad (4)$$

حجم آب نفوذ یافته را می‌توان با انتگرال‌گیری حجم نفوذ یافته در واحد طول  $Z(s, t)$  در طول پیشروی به دست آورد:

$$V_z(t) = \int_0^x Z(s, t) ds$$

(5)

با تعریف  $\sigma_z$  به عنوان فاکتور شکل زیرسطحی رابطه (6)، معادله بر اساس هر دو فاکتور شکل سطحی و زیرسطحی نوشته می‌شود.

$$\sigma_z = \frac{\int_0^x Z(s, t) ds}{Z_0 x} \quad (6)$$

$$Q_0 t = \sigma_y A_0 x + \sigma_z Z_0 x \quad (7)$$

$Z_0$ : حجم آب نفوذ یافته در ابتدای مزرعه است.

### روش دو نقطه‌ای (Elliott and Walker (1982)

Walker و همکاران در سال 1982 نتیجه گرفتند که بهترین و مؤثرترین روش ارزیابی سرعت پیشروی، استفاده از مقادیر اندازه‌گیری شده سطح مقطع هیدرولیکی و حجم پایاب است. از این اطلاعات و محاسبات موازنه حجم می‌توان رابطه متوسط نفوذ در شیار را به دست آورد. در این روش از دو نقطه میانی و انتهایی مرحله پیشروی برای تخمین پارامترهای معادله نفوذ کوستیاکوف-لوئیس استفاده می‌شود. با منظور کردن معادله پیشروی و لگاریتم‌گیری از طرفین معادله با استفاده از دو نقطه میانی و انتهایی، ضرایب ثابت  $p$  و  $r$  قابل محاسبه می‌باشند (Langat et al., 2008)

$$x = p t_a^r \quad (8)$$

در رابطه (8)،  $x$ : فاصله پیشروی در مدت زمان پیشروی  $t_a$  می‌باشد.  $p$  و  $r$ : پارامترهای تجربی معادله هستند.

حال می‌توان  $\sigma_z$  به صورت زیر تعریف نمود (علیزاده، 1389):

$$\sigma_z = \frac{a+r(1-a)+1}{(1+a)(1+r)} \quad (9)$$

در نهایت برای یافتن پارامترهای نفوذ، روش موازنه حجم برای دو نقطه میانی و انتهایی بسط داده می‌شود (علیزاده، 1389):

$$Q_0 t = \sigma_y A_0 x + \sigma_z k t^a x + \frac{f_0 t x}{1+r} \quad (10)$$

$$V_L = \frac{Q_0 t_L}{L} - \sigma_y A_0 - \frac{f_0 t_L}{1+r} \quad (11)$$

$$V_{0.5L} = \frac{Q_0 t_{0.5L}}{L} - \sigma_y A_0 - \frac{f_0 t_{0.5L}}{1+r} \quad (12)$$

در رابطه بالا  $A_0$  با استفاده از دستگاه "مقطع‌سنج شیار" اندازه‌گیری می‌شود.

$$a = \frac{\ln\left(\frac{V_L}{V_{0.5L}}\right)}{\ln\left(\frac{t_L}{t_{0.5L}}\right)} \quad (13)$$

$$k = \frac{V_L}{\sigma_z t_L^a} \quad (14)$$

#### روش یک نقطه‌ای (Shepard et al(1993)

Shepard و همکاران در سال 1993 روش یک نقطه‌ای را برای تخمین پارامترهای نفوذ معادله فیلیپ ارایه دادند. در این روش اندازه‌گیری پیشروی آب در طول جویچه فقط در انتهای جویچه صورت می‌گیرد. این روش متوسط نفوذ در طول جویچه را با استفاده از زمان پیشروی در انتها، دبی ورودی، سطح مقطع جریان و معادله نفوذ فیلیپ محاسبه می‌نماید. توان معادله پیشروی در این روش برابر 0/5 گرفته می‌شود که یکی از نقاط ضعف آن می‌باشد. زیرا r به ندرت برابر 0/5 می‌شود (براهیمیان و همکاران، 1389). معادله نفوذ فیلیپ به کار برده شده به صورت زیر می‌باشد:

$$Z = St^{0.5} + At \quad (15)$$

که در این رابطه Z، نفوذ تجمعی در واحد طول جویچه (متر مکعب بر متر)، A: ضریب ثابت مربوط به آگذری (متر مربع بر دقیقه) و S: ضریب ثابت مربوط به جذب آب (متر مربع بر مجذور دقیقه) می‌باشد.

با ترکیب معادله فیلیپ و معادله موازنه حجم معادله زیر حاصل می‌شود (Ebrahimian et al, 2010):

$$Q_0 t = \sigma_y A_0 x + \frac{S}{4} x t^{0.5} + \frac{2A}{3} x t \quad (16)$$

با استفاده از داده‌های پیشروی در انتهای زمین ( $t_2$  و  $x_2$ )، پارامترهای A و S به دست می‌آید:

$$A = \frac{3\sigma_y A_0}{t_2} \quad (17)$$

$$S = \frac{Q_0 t_2 - 3\sigma_y A_0 x_2}{\frac{\pi}{4} t_2^{0.5} x_2} \quad (18)$$

#### موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

منطقه هفت تپه با عرض جغرافیایی 32 درجه و 4 دقیقه شمالی و طول جغرافیایی 48 درجه و 20 دقیقه شرقی، در شمال استان خوزستان و 100 کیلومتری شمال شهرستان اهواز واقع گردیده است. سطح کل اراضی آن بیش از 24500 هکتار می‌باشد که هر ساله تقریباً 9000 هکتار آن به کشت نیشکر اختصاص می‌یابد. دو مزرعه 201C1 و 201E از مزارع مرکزی نیشکر برای انجام آزمایش‌های تحقیق حاضر انتخاب گردید که به ترتیب نیشکر آنها، کشت جدید و بازرویشی سال قبل بود. در هر مزرعه سه آبیاری متوالی در ماه‌های تیر و مرداد ارزیابی شد. برخی از مشخصات مزارع مذکور در جدول 2 آورده شده است. مزرعه 201C1 شامل 6

جویچه و مزرعه 201E شامل 7 جویچه بود. اندازه‌گیری جریان فقط در جویچه‌های زوج انجام شد و جویچه‌های فرد نقش حایل را داشتند.

### جدول 2: برخی از مشخصات مزارع انتخاب شده برای انجام آزمایش‌ها

مشخصات	مزرعه 201C1	مزرعه 201E
مساحت کل مزرعه (هکتار)	15/32	10/25
متوسط طول جویچه‌های آزمایشی (متر)	268	165
متوسط فاصله دو جویچه متوالی (متر)	1/5	1/5
متوسط شیب جویچه (متر/متر)	0/001	0/001
ضریب زبری مانینگ	0/06	0/06

در هر آزمایش برای مشخص شدن وضعیت رطوبتی خاک در هر مزرعه در طول جویچه و در فواصل 50 متری نمونه‌های خاک در اعماق 0-33 و 33-66 سانتی‌متری به وسیله مته نمونه‌برداری تهیه شد. جدول 3 برخی از خصوصیات این نمونه‌ها را نشان می‌دهد.

### جدول 3: خصوصیات فیزیکی خاک دو مزرعه آزمایشی

نام مزرعه	خصوصیات فیزیکی خاک	عمق نمونه‌برداری (سانتی‌متر)
مزرعه 201C1	بافت خاک جرم مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	0-33 33-66
مزرعه 201E	بافت خاک جرم مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	رس سیلتی رسی لوم رسی
		رس سیلتی رسی لوم رسی

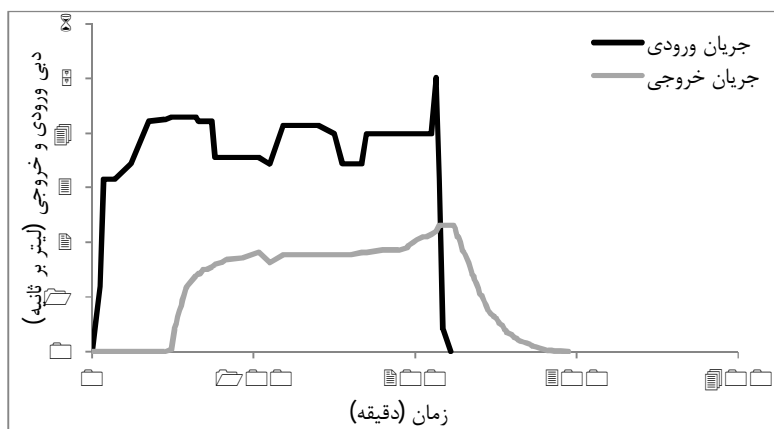
به نظر می‌رسد دلیل بالا بودن مقادیر جرم مخصوص ظاهری در جدول فوق، فشرده شدن خاک اراضی به دلیل تردد ماشین‌های کشاورزی و عملیات کشت و کار در چندین فصل متوالی می‌باشد.

همچنین میخ‌های 45 سانتی‌متری جهت تعیین اطلاعات پیشروی جبهه آب در طول جویچه‌های آزمایشی به فواصل 20 متری قرار داده شد به طوری که در مزرعه 201C1 تعداد 15 ایستگاه و در مزرعه 201E تعداد 10 ایستگاه تعیین گردید.

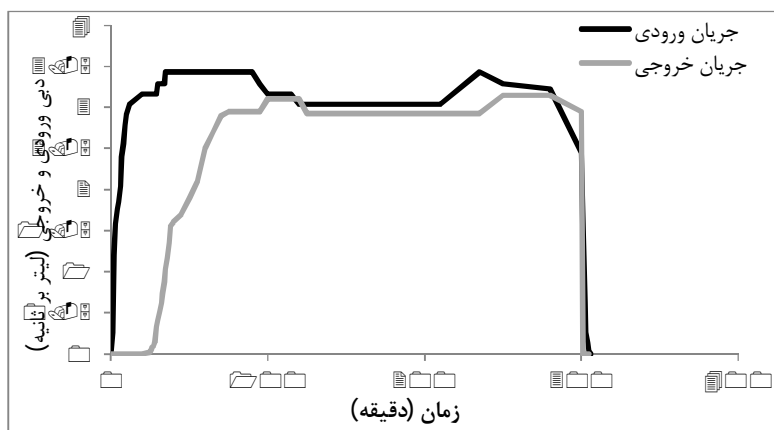
## نتایج و بحث

### هیدروگراف‌های جریان ورودی-خروجی

با نصب فلوم در جویچه‌های دو مزرعه مطالعاتی و اندازه‌گیری شدت جریان ورودی و خروجی از زمان شروع آبیاری تا زمان پسروی و تخلیه کامل آب جویچه‌ها، هیدروگراف‌های جریان ورودی و خروجی برای جویچه اول و آبیاری شماره یک مزرعه 201C1 و برای جویچه اول و آبیاری شماره دوم مزرعه 201E، مطابق شکل یک و 2 به دست آمد.



شکل 1: هیدروگراف جریان ورودی-خروجی برای مزرعه 201C1



شکل 2: هیدروگراف جریان ورودی-خروجی برای مزرعه 201E

استخراج معادلات نفوذ



در روش ورودی-خروجی به این صورت عمل شد که با استفاده از مقدار جریان ورودی و خروجی ثبت شده توسط فلوم‌ها، سرعت نفوذ لحظه‌ای محاسبه و بر روی کاغذ لگاریتمی رسم گردید. سپس با برازش یک خط مستقیم با روش حداقل مجزورات، معادله سرعت نفوذپذیری به دست آمد. معادلات نفوذ تجمعی نیز با انتگرال‌گیری از معادلات سرعت نفوذ حاصل شد:

معادله سرعت نفوذ برای مزرعه 201C1

$$I = 0.2529 t^{-0.544} + 0.06017 \quad (19)$$

معادله نفوذ تجمعی برای مزرعه 201C1

$$Z = 0.555 t^{0.455} + 0.06017 t \quad (20)$$

معادله سرعت نفوذ برای مزرعه 201E

$$I = 0.1979 t^{-0.5327} + 0.0469 \quad (21)$$

معادله نفوذ تجمعی برای مزرعه 201E

$$Z = 0.4235 t^{0.4673} + 0.0469 t \quad (22)$$

معادلات 19 و 20 مربوط به جویچه اول و آبیاری شماره یک مزرعه 201C1 و معادلات 21 و 22 مربوط به جویچه اول و آبیاری شماره دوم مزرعه 201E می‌باشد. در این معادلات Z: (نفوذ تجمعی در واحد طول جویچه) بر حسب متر مکعب بر متر و I: (سرعت نفوذ) بر حسب متر مکعب بر متر بر دقیقه است.

همچنین برای روش‌های دو نقطه‌ای (Elliott and Walker., 1982) و یک نقطه‌ای (Shepard et al., 1993) پارامترهای معادلات نفوذ به دست آمد که به ترتیب در جداول 4 و 5 آورده شده است.

جدول 4: نتایج مربوط به روش دو نقطه‌ای (Elliott and Walker., 1982)

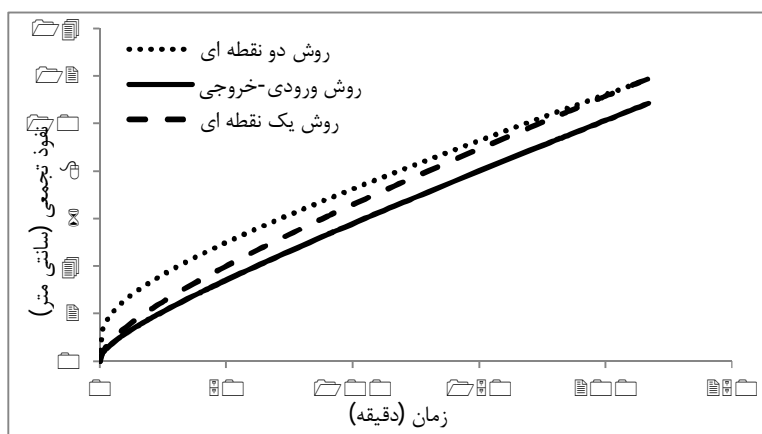
نام مزرعه	$Q_0$ دبی (متر)	$A_0$ سطح مقطع خیس شده (متر مربع)	$f_0$ سرعت نفوذ نهایی (متر)	$\sigma_y$ فاکتور مکعب بر دقیقه (متر)	$\sigma_z$ فاکتور شکل زیرسطحی	a	k	n ضریب مانینگ
201C1	0/201	0/0446	0/00048	0/77	0/85	0/253	0/019	0/06
201E	0/183	0/0435	0/000465	0/77	0/774	0/412	0/0118	0/06

جدول 5: نتایج مربوط به روش یک نقطه‌ای (Shepard et al., 1993)

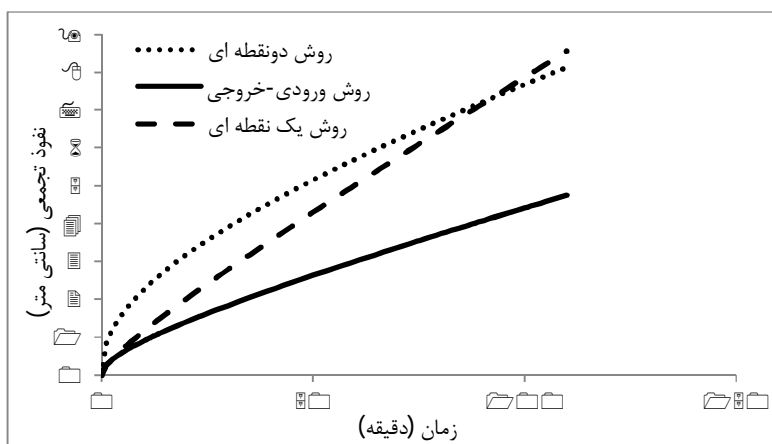
نام مزرعه	$Q_0$ دبی ورودی	$A_0$ سطح مقطع	n ضریب مانینگ	S ضریب ثابت جذب آب	A ضریب آبگذری (متر مربع بر دقیقه)
				(متر مربع بر مجذور)	

	دقیقه)	خیس شده (متر مربع)	متر مکعب بر دقیقه)		
0/00047	0/0052	0/06	0/0446	0/201	201C1
0/00091	0/0027	0/06	0/0435	0/183	201E

با استفاده از پارامترهای به دست آمده برای معادلات نفوذ کوستیاکوف-لوئیس و فیلیپ، منحنی‌های نفوذ تجمعی رسم و با منحنی نفوذ تجمعی مربوط به روش ورودی و خروجی مقایسه شد. اشکال 3 و 4. نتایج نشان داد که در هر دو مزرعه، تخمین روش دو نقطه‌ای بیشتر از دو روش دیگر بود. دلیل کمتر بودن تخمین روش ورودی-خروجی این است که در این روش برای پیدا کردن معادله نفوذ، از تمام طول جویچه استفاده نشده است، بلکه در مزرعه 201C1، 100 متر و در مزرعه 201E، 60 متر از طول جویچه انتخاب گردید. در حالی که در دو روش دیگر، از تمام طول جویچه برای تخمین نفوذ استفاده شده و این امر به شرایط واقعی نزدیک‌تر است. کمتر بودن تخمین روش یک نقطه‌ای نسبت به روش دو نقطه‌ای نیز به این علت می‌باشد که در روش یک نقطه‌ای تنها از داده‌های مربوط به یک نقطه (انتهای جویچه) استفاده شده اما در روش دو نقطه‌ای علاوه بر نقطه انتهایی جویچه، نقطه میانی نیز منظور گردیده است.

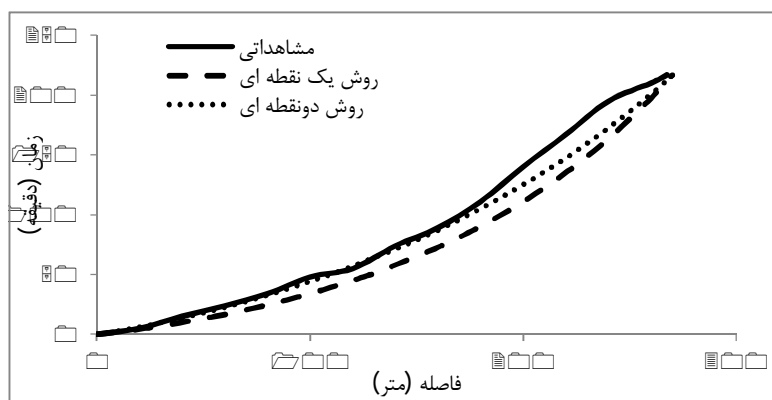


شکل 3: منحنی‌های نفوذ تجمعی مزرعه 201C1

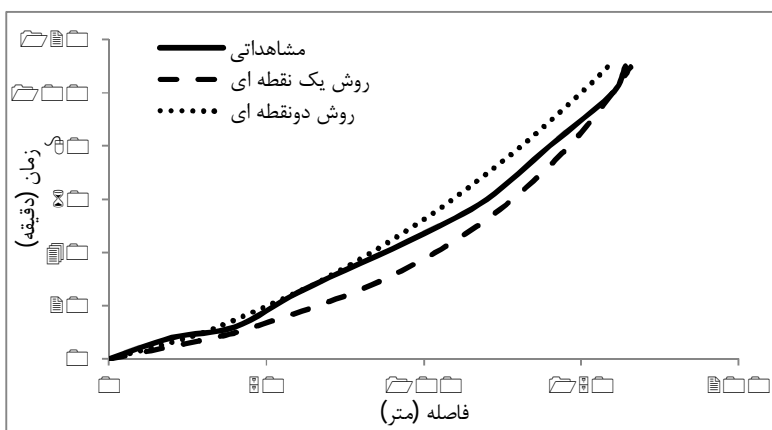


شکل 4: منحنی‌های نفوذ تجمعی مزرعه 201E

برای رسم منحنی‌های پیشروی مربوط به دو روش دو نقطه‌ای و یک نقطه‌ای به ترتیب با استفاده از معادله‌های (9) و (15) به ازای مقادیر مختلف زمان پیشروی، فاصله پیشروی محاسبه گردید اشکال‌های 5 و 6.



شکل 5: منحنی‌های پیشروی مزرعه 201C1



شکل 6: منحنی‌های پیشروی مزرعه 201E

همان‌طور که در این شکل‌ها پیداست منحنی پیشروی مربوط به روش دو نقطه‌ای در هر دو مزرعه، تطابق بهتری با داده‌های مشاهداتی دارد. برای ارزیابی دو روش ذکر شده در تخمین مرحله پیشروی از معیار خطای نسبی (RE) استفاده گردید:

$$RE = \frac{\sum |X_{obs} - X_{est}|}{\sum |X_{obs}|} \times 100 \quad (23)$$

که در رابطه فوق،  $X_{obs}$  مقادیر مشاهده‌ای و  $X_{est}$  مقادیر تخمین زده شده توسط رابطه موازنه حجم می‌باشد. درصد خطای نسبی برای دو روش در جدول (6) آورده شده است. مشاهده می‌شود که در هر دو مزرعه خطای نسبی روش یک نقطه‌ای بیشتر از روش دو نقطه‌ای است. در مزرعه 201C1 درصد خطای نسبی برای روش یک نقطه‌ای و دو نقطه‌ای به ترتیب برابر با 10/94 و 4/03 و در مزرعه 201E به ترتیب برابر با 9/34 و 6/41 می‌باشد. این مقادیر نیز همچون اشکال 5 و 6، تطابق بیشتر روش دو نقطه‌ای را در مقایسه با روش یک نقطه‌ای در هر دو مزرعه تأیید می‌کند.

جدول 6: درصد خطای نسبی روش‌های مورد استفاده برای پیشروی

نام مزرعه	روش	درصد خطای نسبی
C1201	یک نقطه‌ای (Shepard et al. (1993)	10/94
	دو نقطه‌ای (Walker and Elliott (1982)	4/03
E201	یک نقطه‌ای (Shepard et al. (1993)	9/34
	دو نقطه‌ای (Walker and Elliott (1982)	6/41

همچنین درصد خطای نسبی برای عمق آب نفوذ یافته به طور مشابه به دست آمده و در جدول 7 ارایه شده است. در این‌جا نیز مشاهده می‌گردد که درصد خطای نسبی روش یک نقطه‌ای در هر دو مزرعه بیشتر از روش دو نقطه‌ای می‌باشد:

جدول 7: درصد خطای نسبی روش‌های مورد استفاده برای عمق آب نفوذ یافته

نام مزرعه	روش	درصد خطای نسبی
C1201	یک نقطه‌ای (Shepard et al. (1993)	21/94
	دو نقطه‌ای (Walker and Elliott (1982)	8/08

18/73	یک نقطه‌ای (Shepard et al. 1993)	E201
12/85	دو نقطه‌ای (Walker and Elliott 1982)	

### نتیجه‌گیری

بررسی منحنی‌های نفوذ تجمعی نشان داد که روش دو نقطه‌ای (Elliott and Walker., 1982) تخمین دقیق‌تری نسبت به دو روش دیگر داشت. پایین بودن تخمین روش ورودی-خروجی ناشی از عدم انتخاب کل طول جویچه بود. تخمین نفوذ روش یک نقطه‌ای در انتهای مزرعه با روش دو نقطه‌ای مشابهت بیشتری داشت که دلیل این امر استفاده از داده‌های مربوط به نقطه انتهایی جویچه در هر دو روش بود. این در حالی است که روش یک نقطه‌ای (Shepard et al., 1993) در سایر نقاط جویچه تخمین کمتری نسبت به روش دو نقطه‌ای (Elliott and Walker., 1982) داشت. ارزیابی منحنی‌های پیشروی نشان داد که روش دو نقطه‌ای (Elliott and Walker., 1982) تطابق بیشتری با داده‌های مشاهداتی دارد. درصد خطای نسبی برای روش دونقطه‌ای (Elliott and Walker., 1982) در دو مزرعه 201C1 و 201E به ترتیب برابر با 4/03 و 6/41 به دست آمد که در مقایسه با مقادیر متناظر روش یک نقطه‌ای (Shepard et al. 1993) (به ترتیب برابر با 10/94 و 9/34) کمتر می‌باشد. با این که بین دو مزرعه اختلاف طول وجود داشت (201C1 با طول 268 متر و 201E با طول 165 متر)، اما این موضوع اختلاف زیادی در منحنی‌های نفوذ تجمعی و همچنین منحنی‌های پیشروی مربوط به دو مزرعه ایجاد نکرد.

### منابع

ابراهیمیان، ح.، قنبریان علویجه، ب.، عباسی، ف. و هورفر، ع. (1389). ارایه روش دو نقطه‌ای جدید به منظور برآورد پارامترهای نفوذپذیری در آبیاری جویچه‌ای و نواری و مقایسه آن با سایر روش‌ها. نشریه آب و خاک. 4. ص. 690-698.

علیزاده، ا. (1389). طراحی سیستم‌های آبیاری. جلد اول. انتشارات دانشگاه امام رضا مشهد.

مصطفی زاده فرد، ب. و عزیزی، آ. (1385). تعیین پارامترهای معادله نفوذ کوستیاکوف-لوتیس به روش بیلان حجم به روش آبیاری نواری. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. 13 (1)، ص. 1-9.

معروف پور، ع. (1375). ارزیابی راندمان‌های آبیاری در مزارع شرکت کشت و صنعت نیشکر هفت تپه. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران، ص. 135.

**Austin, N. R. and Prendergast, J. B. (1997).** Use of kinematic wave theory to model irrigation on a cracking soil *Irrigation Science*, 18, pp:1-10.

**Benami, A. and Ofen, A. (1984).** Irrigation engineering: sprinkler, trickle, surface irrigation. principles, design and agricultural practices. Irrigation Engineering Scientific Publication, IIIC Bet Dagan.

- Ebrahimian, H., Liaghat, A., Ghanbarian Alavijeh, B. and Abbasi, F. (2010).** Evaluation of various quick methods for estimating furrow and border infiltration parameters. *Irrigation Science*, 28, pp:479-488.
- Elliott, R.L. and Walker, W. R. (1982).** Field evaluation of furrow infiltration and advance functions. *Transaction American Society of Agricultural Engineers*, 25, pp:396-400.
- Esfandiari, M. and Maheshawari, B .L. (1997).** Application of the optimization method for estimating infiltration characteristics in furrow irrigation and its comparison with other methods. *Agricultural Water Management*, 34, pp:169-185.
- 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, pp:19-32.
- Khatri, K. L. and Smith, R.J. (2005).** Evaluation of methods for determining infiltration parameters from irrigation advance data. *Irrigation and Drainage*, 54: pp:467-482.
- Lnagat, P. K., Smith, R.J. and Raine, S. R. (2008).** Estimating the furrow infiltration characteristic from a single advance point. *Irrigation Science*, 26, pp:367-374.
- McClymont, D. J. and Smith, R.J. (1996)** Infiltration parameters from optimisation on furrow irrigation advance data. *Irrigation Science*, 17 (1), pp.15-22.
- Shepard, J. S., Wallender, W.W. and Hopmans, J.W. (1993).** One method for estimating furrow infiltration. *Transaction American Society of Agricultural Engineers*, 36 (2), pp.395-404.
- Upadhyaya, S. K. and Raghuwanshi, N.S. (1999).** Semiempirical infiltration equations for furrow irrigation systems. *Irrigation and Drainage*, 125 (4), pp.173-178.
- Valiantzas, J. D., Aggelides, S. and Sassalou, A. (2001).** Furrow infiltration estimation from time to a single advance point. *Agric Water Management*, 52, pp.17-32
- Walker, W. R. and Skogerboe, G. (1987).** *Surface irrigation: theory and practice*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, USA.