

## تأثیر تغییرات پارامترهای اندازه‌گیری ورودی روی ضرایب معادله نفوذ در آبیاری جویچه‌ای

صدیقه رضایی پور<sup>۱\*</sup>، مهدی قبادی‌نیا<sup>۲</sup>، سید حسن طباطبائی<sup>۳</sup>

[Sadighehzeae37@yahoo.com](mailto:Sadighehzeae37@yahoo.com)

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

۲- استادیار، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

۳- دانشیار، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

### چکیده

نفوذ از مشخصه‌های مهم در طراحی و ارزیابی آبیاری سطحی است. برای تعیین این پارامتر، معادلات زیادی از جمله معادلات کوستیاکف-لوئیز و فیلیپ ارائه شده است. در این تحقیق، حساسیت ضرایب معادله نفوذ نسبت به دبی ورودی، نفوذ پایه، سطح مقطع و فاکتور شکل سطحی، در دو نوع خاک لوم شنی و شنی لومی رسی مورد بررسی قرار گرفت. همچنین برای شبیه‌سازی زمان پیشروی با استفاده از معادلات نفوذ بدست آمده، از نرم افزار Surface استفاده گردید. نتایج نشان می‌دهد که اثر تغییرات پارامترهای ورودی روی تغییرات ضرایب  $a$  و  $k$  در آبیاری دوم بیشتر از سایر آبیاری‌ها می‌باشد. همچنین ضرایب  $k$  و  $a$  به ترتیب نسبت به تغییرات دبی و نفوذ پایه بیشترین حساسیت و ضریب  $a$  کمترین حساسیت را نسبت به تغییرات سطح مقطع دارد. میزان تغییرات ضریب  $a$  به ازای ۱۰ درصد تغییر نفوذ پایه در خاک لوم-شنی و در خاک لوم-شنی-رسی به ترتیب برابر ۷/۸ و ۱۰۰ درصد است در حالیکه میزان تغییرات ضریب  $k$  به ازای ۱۰ درصد تغییر دبی در خاک لوم-شنی و خاک لوم-شنی-رسی به ترتیب ۱۷/۹ و ۱۲/۴ درصد بوده است. در معادله فیلیپ، ضریب  $S$  بیشترین حساسیت را نسبت به تغییرات دبی ورودی داشته است. میزان تغییرات ضریب  $S$  به ازای ۱۰ درصد تغییر دبی در خاک لوم-شنی و خاک لوم-شنی-رسی به ترتیب ۴۵/۷ و ۲۸ درصد بوده است. ضریب  $A$  نسبت به تغییرات سطح مقطع حساس بوده ولی با تغییر دبی ورودی هیچ تغییری نمی‌کند. نتایج حاصل از شبیه‌سازی نشان می‌دهد که روش یک نقطه‌ای شپارد برآورد بهتری نسبت به روش دونقطه‌ای الیوت و واکر دارد.

واژه‌های کلیدی: آبیاری جویچه‌ای، روش دو نقطه‌ای، شبیه‌سازی، ضرایب معادلات.

### مقدمه

برای طراحی و مدیریت مطلوب روش‌های مختلف آبیاری اطلاع از خصوصیات نفوذپذیری خاک ضروری است. نفوذپذیری به خصوصیات خاک و شرایط سطحی مزرعه بستگی دارد (رحیمی و کشکولی ۱۳۸۵). به دلیل تغییرپذیری زمانی و مکانی پارامتر نفوذ، اندازه‌گیری مستقیم آن نیاز به وقت و نمونه‌برداری فراوانی دارد، به همین علت معادلات تجربی و فیزیکی برای کمی کردن فرایند نفوذ در آبیاری سطحی وجود دارد که می‌توان به معادله کوستیاکف، کوستیاکف-لوئیز و فیلیپ اشاره کرد (محمدی و رفاهی ۱۳۸۴). برای تعیین ضرایب این معادلات روش‌های مختلفی ارائه شده است. از جمله این روش‌ها می‌توان به روش دو نقطه‌ای الیوت و واکر (۱۹۸۲) برای تعیین ضرایب معادله کوستیاکف-لوئیز و روش یک نقطه‌ای شپارد و همکاران (۱۹۹۳) برای ضرایب معادله فیلیپ اشاره نمود.

زرپهان و همکاران (۱۹۹۶) با استفاده از مدل اینرسی صفر آنالیز حساسیتی را برای پنج شاخص (بازده کاربرد، بازده نیاز آبی، ضریب یکنواختی، رواناب و نسبت نفوذ عمقی) و دو پارامتر (کفایت آبیاری و زمان پیشروی) انجام دادند. نتایج نشان داد که عوامل هندسی جریان تأثیر چندانی بر روی نتایج حاصل از مدل نداشته ولی پارامترهای ذکر شده نسبت به تغییرات عوامل هیدرولیکی مقطع جریان به شدت حساس می‌باشند.

افشارچمن‌آباد و سپاس‌خواه (۱۳۸۰) ضرایب معادله نفوذ کوستیاکف-لوئیز در آبیاری جویچه‌ای یک درمیان را با استفاده از دو روش محاسباتی بررسی کردند. دو روش برای واسنجی معادله نفوذ استفاده شد: روش اول استفاده از داده‌های پیشروی به

تنهایی (الیوت و واکر) و در روش دوم از داده‌های پیشروی و ذخیره (اسکالوپی و همکاران) استفاده گردید. با استفاده از دو روش محاسباتی ضرایب معادله نفوذ کوستیاکف - لوئیز برای دو روش آبیاری جویچه‌ای معمولی و یک در میان متفاوت بود. محاسبه ضرایب به روش دوم به علت اینکه از داده‌های آبیاری کامل استفاده می‌کند معادله نفوذ واقعی تری را نشان می‌دهد. طباطبائی و همکاران (۱۳۸۳) تغییرات زمانی ضرایب معادله کوستیاکف را شبیه‌سازی کردند. در این تحقیق ضرایب نفوذ با استفاده از روش ورودی و خروجی و دو نقطه‌ای الیوت و واکر انجام گردید. نتایج نشان داد که مقادیر نفوذ در طی فصل رشد تغییرات معنی‌داری داشته و با مدل لگاریتمی قابل شبیه‌سازی است.

هالزافل و همکاران (۲۰۰۴) پارامترهای نفوذ را در آبیاری جویچه‌ای، مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان می‌دهد که نفوذ آب در جویچه تحت تاثیر عواملی چون شکل جویچه، اندازه جویچه و سطح تماس آب با خاک قرار می‌گیرد. خاطری و اسمیت (۲۰۰۵) به ارزیابی چند روش نفوذپذیری برای تعیین پارامترهای نفوذ در آبیاری جویچه‌ای پرداختند. روش‌های مذکور شامل روش دو نقطه‌ای الیوت و واکر، یک نقطه‌ای شپارد و همکاران، یک نقطه‌ای والیانتراس و همکاران، تابع خطی نفوذ و استفاده از مدل رایانه‌ای INFILT بودند. نتایج نشان داد که روش‌های دو نقطه‌ای الیوت و واکر و تابع خطی نفوذ عملکرد خوبی داشتند. اوجاقلو و همکاران (۱۳۸۷) برآورد پارامترهای نفوذ برای شبیه‌سازی جریان پیشروی آب در جویچه را مورد بررسی قرار دادند. در این تحقیق چهار روش دو نقطه‌ای، یک نقطه‌ای، نقطه انتهایی و بهینه‌سازی برای تعیین ضرایب معادله کوستیاکف برای سه جویچه مورد استفاده قرار و شبیه‌سازی جریان با استفاده از دو نرم افزار WINSRFR و SURFACE صورت گرفت. نتایج نشان داد روش‌های دو نقطه‌ای 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. هدف از این تحقیق بررسی حساسیت ضرایب معادلات نفوذ کوستیاکف - لوئیز و فیلپ به ازای درصد تغییر پارامترهای اندازه‌گیری ورودی در دو روش دو نقطه‌ای و یک نقطه‌ای در آبیاری جویچه‌ای است.

## مواد و روش‌ها

در این تحقیق با استفاده از داده‌های پیشروی، ضرایب معادله نفوذ کوستیاکف - لوئیز از روش دونقطه‌ای الیوت و واکر (۱۹۸۲) و معادله فیلپ از روش یک نقطه‌ای شپارد (۱۹۹۳) تعیین و جریان پیشروی توسط نرم‌افزار Surface شبیه‌سازی گردید. همچنین میزان حساسیت ضرایب معادلات نفوذ نسبت به تغییرات هر یک از پارامترهای اندازه‌گیری ورودی شامل دبی ورودی، نفوذ پایه، سطح مقطع و ذخیره سطحی، در دو نوع خاک لوم شنی و شنی لومی رسی مورد بررسی قرار گرفت.

## روش دو نقطه‌ای:

الیوت و واکر (۱۹۸۲) برای محاسبه ضرایب معادله کوستیاکف - لوئیز با استفاده از معادله بیلان حجمی روشی را ارائه کردند. اساس این روش بر پایه معادله پیوستگی و شکل نمایی مرحله پیشروی بوده و برای آبیاری جویچه‌ای توسعه یافت. در این روش از دو نقطه میانی و انتهایی مرحله پیشروی برای تخمین پارامترهای معادله نفوذ کوستیاکف - لوئیز استفاده می‌شود. ضرایب معادله از روابط زیر محاسبه می‌شوند:

$$a = \frac{\ln\left(\frac{V_L}{V_{0.5L}}\right)}{\ln\left(\frac{t_L}{t_{0.5L}}\right)} \quad (1)$$

$$k = \frac{V_L}{\sigma_z t^a} \quad (2)$$

در روابط فوق  $Z$  نفوذ تجمعی ( $m^3/m$ )،  $t$  زمان نفوذ،  $a$ ،  $k$  ضرایب نفوذ و  $f_o(m^3/m/m)$  نفوذ نهایی،  $t_{0.5L}$  زمان پیشروی آب تا نصف طول جویچه ( $min$ )،  $t$  زمان پیشروی آب تا انتهای جویچه ( $min$ )،  $L$  طول جویچه ( $m$ )،  $Q_{in}$  و  $Q_{out}$  به ترتیب دبی ورودی و خروجی از جویچه بر حسب ( $m^3/min$ ) و  $\sigma z$  فاکتور شکل زیرسطحی می‌باشد.

### روش شپارد و همکاران

شپارد و همکاران (۱۹۹۳) برای تعیین معادله نفوذ در آبیاری جویچه‌ای، با استفاده از معادله فیلیپ و داده‌های پیشروی، روش یک نقطه‌ای ارائه نمودند. این روش مشابه روش دو نقطه‌ای الیوت و واکر بوده با این تفاوت که مقدار نمای معادله پیشروی ( $r$ ) ثابت و  $0/5$  فرض شده است. در این روش اندازه‌گیری پیشروی آب در طول جویچه فقط در یک نقطه و آن هم در انتهای جویچه صورت می‌گیرد. روش مذکور متوسط نفوذ در طول جویچه را با استفاده از داده‌های زمان پیشروی در انتهای جویچه، دبی ورودی، سطح مقطع جریان و معادله فیلیپ محاسبه می‌نماید. در این روش، ضرایب  $S$  و  $A$  از روابط زیر محاسبه می‌شوند:

$$S = \frac{Q_{in} t_2 - 3c x_2}{\frac{\pi}{4} t_2^{1/2} x_2} \quad (3)$$

$$A = \frac{3c}{t_2} \quad (4)$$

که در آن،  $c$  متوسط سطح مقطع جریان،  $x_2$  طول جویچه،  $t_2$  زمان پیشروی در فاصله  $x_2$  و  $Q$  دبی ورودی به جویچه می‌باشد. در این تحقیق از دو مجموعه اطلاعات، داده‌های رساله دکتری طباطبائی (۱۳۸۳) و داده‌های پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد قبادی‌نیا (۱۳۸۳) استفاده شده است. مشخصات فیزیکی و مشخصات جویچه‌ها برای دو سری داده به ترتیب در جداول ۱ و ۲ آمده است.

جدول ۱- مشخصات فیزیکی خاک مورد آزمایش

ردیف	سری داده‌ها	منبع	شن (%)	سیلت (%)	رس (%)	بافت خاک
۱	اول	طباطبائی (۱۳۸۳)	۶۰	۳۵	۱۵	لوم شنی
۲	دوم	قبادی نیا (۱۳۸۳)	۶۲	۱۶/۵	۲۱/۵	شنی لومی رسی

جدول ۲- مشخصات کلی جویچه‌ها

ردیف	سری داده‌ها	محل آزمایش	طول جویچه	عرض جویچه	شیب (%)	دبی (lps)	دبی فرسایشی (lps)
۱	اول	اصفهان	۶۰	۰/۷۵	۰/۱۱	۱/۵	۵/۴۵
۲	دوم	کرج	۲۵۰	۰/۶۰	۱	۰/۶	۰/۶

همچنین میزان تغییرات خطای شبیه‌سازی به ازای میزان تغییرات پارامترهای اندازه‌گیری محاسبه گردید. برای شبیه‌سازی جریان پیشروی در جویچه از مدل Surface استفاده شد. این مدل با استفاده از مدل هیدرودینامیک شبیه‌سازی را انجام می‌دهد.

## نتایج و بحث

با استفاده از داده‌های موجود ضرایب نفوذ برای دو معادله کوستیاکف - لوئیز و فیلیپ به ترتیب از روش‌های دو نقطه‌ای و یک نقطه‌ای محاسبه گردید. در جدول ۳ ضرایب این معادلات برای دو مجموعه داده آورده شده است.

جدول ۳- ضرایب معادلات کوستیاکف- لوئیز و فیلیپ در دو سری داده

ضرایب معادلات نفوذ						
A	S	$f_0$	k	a	سری داده‌ها	شماره آبیاری
۰/۰۰۱۵۱۳	۰/۰۰۰۲۳۷	۰/۰۰۰۸۸	۰/۰۰۵۳	۰/۴۲	اول	اول
۰/۰۰۰۰۹۶	۰/۰۰۲۵۶	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۳۶۱	۰/۴۳	دوم	
۰/۰۰۱۰۶۳	۰/۰۰۰۷۱۵	۰/۰۰۰۶۱	۰/۰۰۴۴۶	۰/۳۱۶	اول	دوم
۰/۰۰۰۰۹۳۵	۰/۰۰۰۴۹۸	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۳۶۷	۰/۰۱۶	دوم	
۰/۰۰۰۰۶۲۷	۰/۰۰۰۴۵۲	۰/۰۰۰۵۶	۰/۰۰۸۳۴۴	۰/۳۴۳	اول	سوم
۰/۰۰۰۰۳۶۹	۰/۰۰۰۰۹۶	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۳۲۸	۰/۰۷۴	دوم	

## الف- بررسی تغییرات ضرایب معادله نفوذ در معادله کوستیاکف - لوئیز در روش دو نقطه‌ای

با تغییر هر یک از پارامترهای ورودی نسبت به مقادیر اندازه‌گیری شده مزرعه‌ای از قبیل دبی جریان، سطح مقطع، نفوذپایه و ضریب ذخیره سطحی درصد تغییرات ضرایب نفوذ بدست آمد. نتایج مربوط به روش دو نقطه‌ای برای دو مزرعه در جداول ۳ و ۴ آمده است.

جدول ۴- درصد تغییر ضرایب معادله نفوذ کوستیاکف - لوئیز به ازای درصد تغییر پارامترهای اندازه‌گیری در داده‌های سری اول

$A_0, \sigma_y$		$f_0$		Q		سری اول	شماره آبیاری
k	a	k	a	k	a	درصد تغییر پارامترها	
۶/۹	۴/۱	۰/۱۸	۴/۸	۱۷/۲	$\pm 3^*$	$\pm 10^*$	اول
۱۴	۷/۹	۰/۳	۱۰	۳۴/۴	۷/۳	۲۰	
۲۱	۱۱/۴	۰/۳۵	۱۵/۶	۵۱/۶	۱۴/۵	۳۰	
۷/۸	۵	۰/۱۱	۷/۸	۱۷/۹	۵/۵	۱۰	دوم
۱۵/۷	۹/۵	۰/۳	۱۵	۳۵/۷	۱۰/۸	۲۰	
۲۳/۶	۱۳/۶	۰/۶	۲۱/۷	۵۳/۵	۱۶/۲	۳۰	
۳/۳	۲	۰/۳	۴	۱۳	۲/۴	۱۰	سوم
۶/۶	۴/۲	۰/۶	۷/۷	۲۵/۸	۵/۳	۲۰	
۱۰	۶/۴	۰/۹	۱۱/۵	۳۸/۷	۱۱	۳۰	

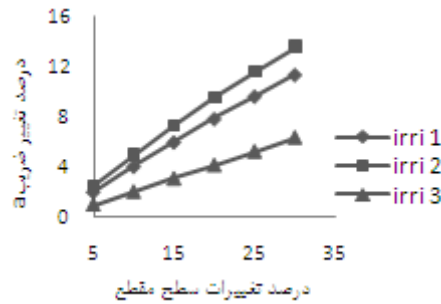
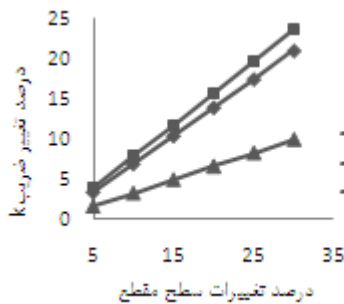
\*: در تمامی جداول درصد تغییر پارامترهای اندازه‌گیری و ضرایب معادلات بصورت افزایشی و کاهش می‌باشد

جدول ۵- درصد تغییر ضرایب معادله نفوذ کوستیاکف\_ لوئیز به ازای درصد تغییر پارامترهای اندازه‌گیری در داده‌های سری دوم

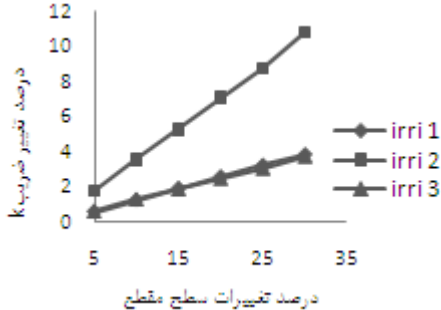
$A_0, \sigma_y$		$f_0$		$Q$		سری دوم
$k$	$a$	$k$	$a$	$k$	$a$	شماره آبیاری
۱/۳	۰/۵	۲/۶	۳/۳	۸/۶	۲/۶	۱۰
۲/۶	۱	۵/۱	۶/۵	۱۷/۵	۴/۶	۲۰
۳/۹	۱/۵	۷/۲	۹/۵	۲۶/۲	۶/۳	۳۰
۳/۶	۳/۵	۸/۴	۱۰۰	۱۲/۴	۱۰۰	۱۰
۷/۱	۷/۲	۱۵/۳	-	۲۷	-	۲۰
۱۰/۸	۱۱/۳	۲۱	-	۴۲/۷	-	۳۰
۱/۳	۱/۱	۵/۶	۵۱/۱	۶/۱	۴۵/۳	۱۰
۲/۵	۲/۲	۱۲/۵	۹۸	۱۲/۸	۷۹/۷۵	۲۰
۳/۸	۳/۵	۱۳	۱۰۰	۱۷/۵	۱۰۰	۳۰

تأثیر تغییر پارامترهای اندازه‌گیری در مرتبه آبیاری: همانگونه که جداول ۴ و ۵ و شکل‌های ۱

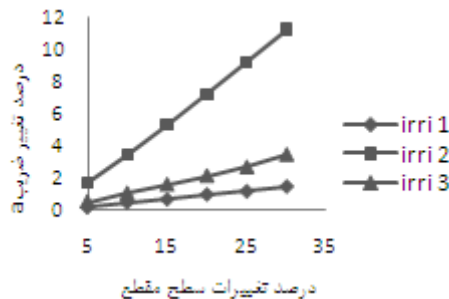
تا ۴ نشان می‌دهد آبیاری دوم بیشترین حساسیت را نسبت به سایر آبیاری‌ها برای تعیین ضرایب معادله نفوذ داشته است. بنابراین در آبیاری دوم نسبت به آبیاری اول و سوم، اندازه‌گیری پارامترهای ورودی باید با دقت بیشتری انجام شود. همچنین درصد تغییرات ضرایب  $k$  و  $a$  نسبت به تغییر درصد پارامترهای اندازه‌گیری به صورت خطی است.



شکل ۲- تغییرات ضریب  $k$  به ازای تغییرات سطح مقطع در آبیاری‌های مختلف در داده‌های سری اول



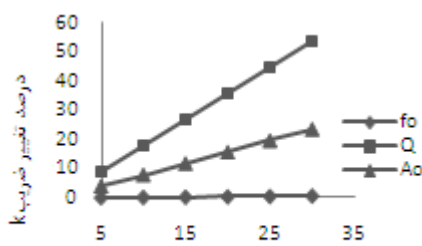
شکل ۱- تغییرات ضریب  $a$  به ازای تغییرات سطح مقطع در آبیاری‌های مختلف در داده‌های سری اول



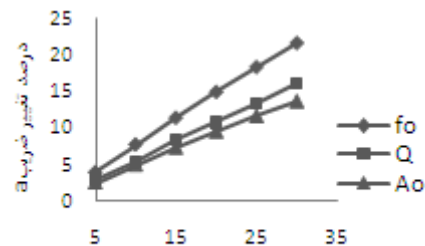
شکل ۳- تغییرات ضریب  $a$  به ازای تغییرات سطح مقطع در آبیاری‌های مختلف در داده‌های سری دوم

شکل ۴- تغییرات ضریب  $k$  به ازای تغییرات سطح مقطع در آبیاری‌های مختلف در داده‌های سری دوم

تأثیر تغییر پارامترها روی ضرایب نفوذ: با استفاده از داده‌های سری اول و دوم، ضرایب معادله کوستیاکف- لوئیز از روش دو نقطه‌ای البوت و واکر و درصد تغییرات ضرایب معادله نفوذ نسبت به درصد تغییر پارامترهای اندازه‌گیری محاسبه گردید. نتایج حاصل از محاسبات نشان می‌دهد که ضرایب  $a$  معادله نفوذ بیشترین و کمترین حساسیت را به ترتیب نسبت به تغییرات نفوذ پایه و سطح مقطع و ضریب  $k$  معادله بیشترین حساسیت را نسبت به تغییرات دبی داشت. (شکل ۵ و ۶). در خاک لوم- شنی ضریب  $a$  به ازای ۱۰ و ۲۰ درصد تغییر نفوذ پایه به ترتیب ۷/۸ و ۱۵ درصد و به ازای درصد تغییرات سطح مقطع به ترتیب ۵ و ۹/۵ درصد تغییر داشته است. ضریب  $k$  به ازای ۱۰ و ۲۰ درصد تغییر دبی به ترتیب ۱۷/۹ و ۳۵/۷ درصد و به ازای تغییر نفوذ پایه به ترتیب ۰/۱۱ و ۰/۳ درصد تغییر داشته است. در خاک لوم- شنی - رسی ضریب  $a$  به ازای ۱۰ درصد تغییر نفوذ پایه و سطح مقطع به ترتیب ۱۰۰ و ۱/۱ درصد و ضریب  $k$  به ازای ۱۰ درصد تغییر دبی و سطح مقطع به ترتیب ۱۲/۴ و ۱/۳ درصد تغییر داشتند (جدول ۵).



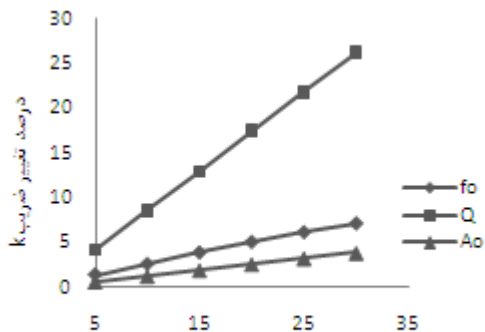
درصد تغییر پارامترهای اندازه‌گیری



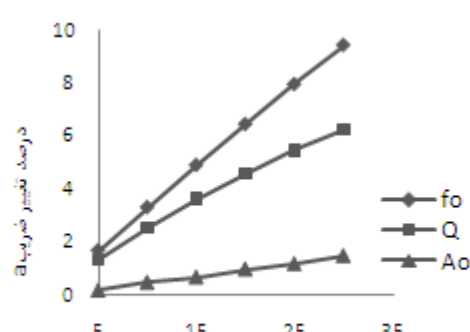
درصد تغییر پارامترهای اندازه‌گیری

شکل ۵- تغییرات ضریب  $a$  به ازای درصد تغییر پارامترهای اندازه‌گیری در آبیاری اول- سری اول

شکل ۶- تغییرات ضریب  $k$  به ازای درصد تغییر پارامترهای اندازه‌گیری در آبیاری



درصد تغییر پارامترهای اندازه‌گیری



درصد تغییر پارامترهای اندازه‌گیری

شکل ۸- تغییرات ضریب  $k$  به ازای درصد تغییر پارامترهای اندازه‌گیری در آبیاری اول- سری دوم

شکل ۷- تغییرات ضریب  $a$  به ازای درصد تغییر پارامترهای اندازه‌گیری در آبیاری اول- سری دوم

## ب- بررسی تغییرات ضرایب معادله نفوذ در معادله فیلیپ در روش یک نقطه‌ای

با تغییر هر یک از پارامترهای ورودی نسبت به مقادیر اندازه‌گیری شده مزرعه‌ای، شامل دبی جریان و سطح مقطع، درصد تغییرات ضرایب نفوذ بدست آمد. نتایج مربوط به روش دو نقطه‌ای برای دو مزرعه در جدول ۵ و ۶ آمده است.



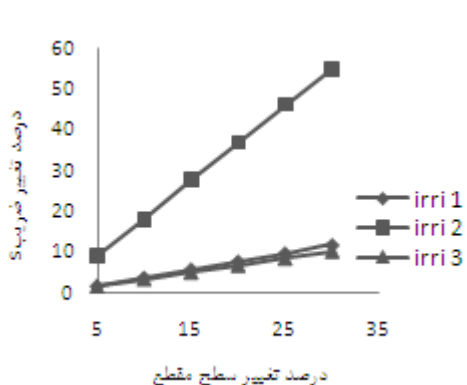
جدول ۷- درصد تغییر ضرایب معادله فیلیپ به ازای درصد تغییر پارامترهای اندازه‌گیری - سری دوم

Ao		Q		سری دوم	شماره آبیاری
A	S	A	S		
۱۰	۴	۰	۱۴	۱۰	اول
۲۰	۸	۰	۲۸	۲۰	
۳۰	۱۲	۰	۴۲/۱	۳۰	
۱۰	۱۸	۰	۲۸	۱۰	دوم
۲۰	۳۷	۰	۵۷	۲۰	
۳۰	۵۵	۰	۸۵	۳۰	
۱۰	۳/۵	۰	۱۳	۱۰	سوم
۲۰	۶/۹	۰	۲۶/۸	۲۰	
۳۰	۱۰/۳	۰	۴۰/۳	۳۰	

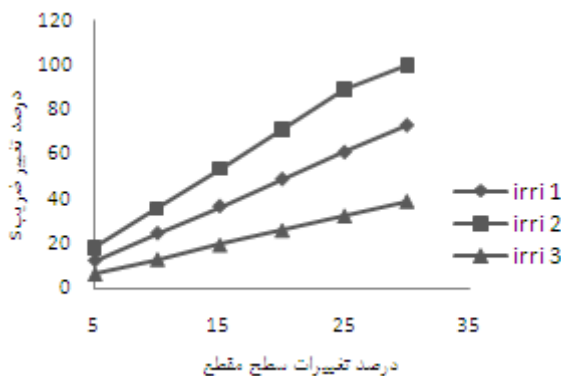
جدول ۶- درصد تغییر ضرایب معادله فیلیپ به ازای درصد تغییر پارامترهای اندازه‌گیری - سری اول

Ao		Q		سری اول	شماره آبیاری
A	S	A	S		
۱۰	۲۴/۴	۰	۳۴/۴	۱۰	اول
۲۰	۴۸/۸	۰	۶۸/۸	۲۰	
۳۰	۷۳	۰	۱۰۰	۳۰	
۱۰	۳۵/۷	۰	۴۵/۷	۱۰	دوم
۲۰	۷۱/۴	۰	۹۱/۴	۲۰	
۳۰	۱۰۰	۰	۱۰۰	۳۰	
۱۰	۱۳	۰	۱۷/۷	۱۰	سوم
۲۰	۲۶	۰	۳۵/۴	۲۰	
۳۰	۳۹	۰	۶۷	۳۰	

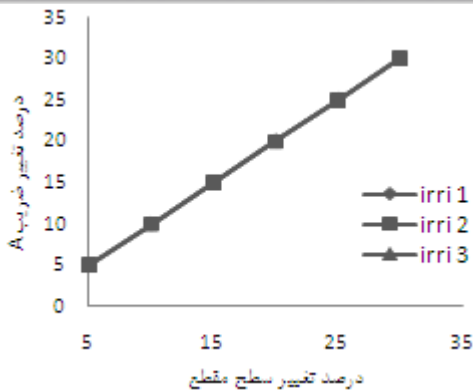
تأثیر تغییر پارامترهای اندازه‌گیری در مرتبه آبیاری: با استفاده از داده‌های سری و دوم، ضرایب معادله فیلیپ از روش یک نقطه‌ای شپارد محاسبه گردید و با توجه به نتایج بدست آمده در جداول ۵ و ۶ به ازای تغییر درصد پارامترهای اندازه‌گیری، آبیاری دوم نسبت به سایر آبیاری‌ها بیشترین تأثیر را روی ضرایب معادله نفوذ داشته است. ضریب S به ازای ۱۰ درصد تغییر دبی در آبیاری اول، دوم و سوم در خاک لوم- شنی به ترتیب ۳۴/۴، ۴۵/۷ و ۱۷/۷ درصد و در خاک لوم - شنی - رسی به ترتیب ۱۴، ۲۸ و ۱۳ درصد تغییر می‌کند. (شکل ۹ و ۱۰) پس در آبیاری دوم نسبت به سایر آبیاری‌ها، اندازه‌گیری پارامترهای ورودی باید با دقت بیشتری انجام شود. همچنین درصد تغییرات ضرایب S و k نسبت به تغییر درصد پارامترهای اندازه‌گیری به صورت خطی است. (شکل ۱۱ و ۱۲).



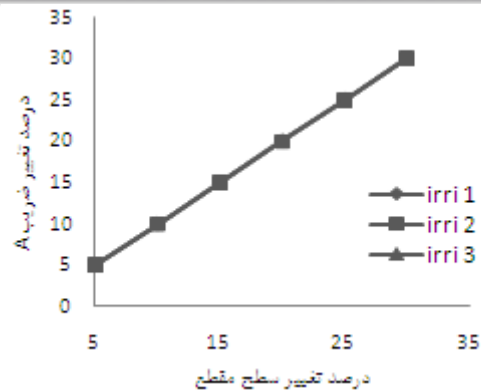
شکل ۹- تغییرات ضریب S به ازای تغییرات سطح مقطع در آبیاری‌های مختلف در داده‌های سری اول



شکل ۱۰- تغییرات ضریب S به ازای تغییرات سطح مقطع در آبیاری‌های مختلف در داده‌های سری دوم

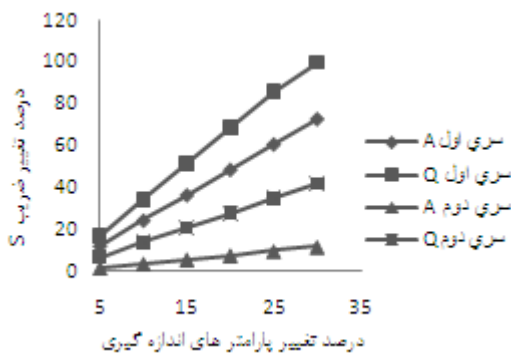


شکل ۱۱- تغییرات ضریب A به ازای تغییرات سطح مقطع در آبیاری‌های مختلف در داده‌های سری دوم

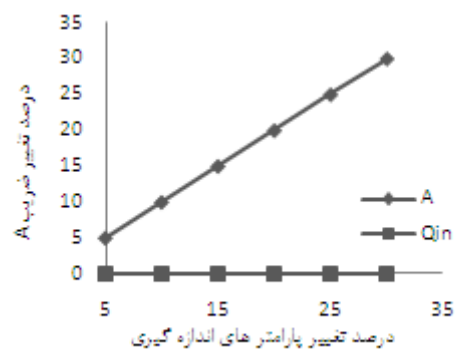


شکل ۱۲- تغییرات ضریب A به ازای تغییرات سطح مقطع در آبیاری‌های مختلف در داده‌های سری اول

**تأثیر تغییر پارامترها روی ضرایب نفوذ:** درصد تغییرات ضرایب معادله نفوذ نسبت به درصد تغییر پارامترهای اندازه‌گیری محاسبه گردید. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که ضرایب S معادله فیلیپ بیشترین و کمترین حساسیت را در هر دو سری خاک مورد مطالعه به ترتیب نسبت به دبی و سطح مقطع داشته است (شکل ۱۴). با توجه به شکل ۱۳ تغییرات دبی ورودی روی ضریب A معادله فیلیپ تاثیری نداشته است. ضریب S به ازای ۱۰ و ۲۰ درصد تغییر دبی در خاک لوم - شنی به ترتیب ۴۵/۷ و ۹۱/۴ درصد و در خاک لوم - شنی - رسی به ترتیب ۲۸ و ۵۷ درصد تغییر داشته است. همچنین به ازای ۱۰ و ۲۰ درصد تغییر سطح مقطع، ضریب S در خاک لوم - شنی به ترتیب ۳۵/۷ و ۷۱/۴ درصد و در خاک لوم - شنی - رسی به ترتیب ۱۸ و ۳۷ درصد تغییر می‌کند. ضریب A به ازای ۱۰ و ۲۰ درصد تغییر سطح مقطع در هر دو سری خاک مورد مطالعه به ترتیب ۱۰ و ۲۰ درصد تغییر داشته است.



شکل ۱۳- تغییرات ضریب S به ازای درصد تغییر پارامترهای اندازه‌گیری در آبیاری اول



شکل ۱۴- تغییرات ضریب S به ازای درصد تغییر پارامترهای اندازه‌گیری در آبیاری اول

## شبیه‌سازی جریان پیشروی

همچنین به ازای درصد تغییرات پارامترهای اندازه‌گیری، میزان خطا در شبیه‌سازی (RMSE) برای هر دو معادله بررسی گردید که نتایج روش دو نقطه‌ای در جداول ۸ و ۹ و روش یک نقطه‌ای در جداول ۱۰ و ۱۱ نشان داده شده است.



جدول ۹- خطای شبیه‌سازی به ازای درصد تغییر پارامترها در معادله کوستیاکف- لوئیز- سری دوم

$\sigma_y$	Ao	fo	Q	سری دوم	سری اول
RMSE				شماره درصد	شماره تغییر پارامترها
۲۰/۳۲۲۵	۲۰/۳۲۲۵	۲۰/۳۲۲۵	۲۰/۳۲۲۵	۰	
۲۰/۳۶۱	۲۰/۱۰۹	۸/۸۹	۲۰/۲۱۵	۱۰	اول
۲۰/۴۲۹	۲۰/۹۷۱	۲۱/۳۹۸	۲۰/۳۹۸	۲۰	
۹/۹۷۵	۲۱/۲۶۲	۲۱/۴۹۹	۲۰/۴۳۲	۳۰	
۱۲/۰۳۵	۱۲/۰۳۵	۱۲/۰۳۵	۱۲/۰۳۵	۰	
۱۲/۷۵۲	۱۴/۶۱۷	۴/۴۸۳	۳/۲۷۱	۱۰	
۱۳/۱۳۷	۶/۴۵۸	-	-	۲۰	دوم
۱۴/۳۹	۴/۲۱۷	-	-	۳۰	
۸/۶۱۳	۸/۶۱۳	۸/۶۱۲۳	۸/۶۱۲۳	۰	
۹/۳۱۴	۸/۳۷۵	۹/۱۳۷	۸/۵۳۴	۱۰	
۹/۵۷۴	۱۰/۰۷۲	۹/۱۳۵	۹/۱۱۶	۲۰	سوم
۱۱/۹	۸/۵۳۹	۹/۱۰۱	۹/۰۱۵	۳۰	

جدول ۸- خطای شبیه‌سازی به ازای درصد تغییر پارامترها در معادله کوستیاکف- لوئیز- سری اول

$\sigma_y$	Ao	fo	Q	سری اول	سری دوم
RMSE				شماره درصد	شماره تغییر پارامترها
۳/۵۰۲۱	۳/۵۰۲۱	۳/۵۰۲۱	۳/۵۰۲۱	۰	
۵/۵۶۹	۳/۱۵۹	۳/۵۵۱۸	۴/۳۲۵	۱۰	اول
۵/۹۵۹	۳/۲۷۹	۳/۵۴۰۵	۴/۱۱۹۵	۲۰	
۶/۳۴۳	۳/۳۶۵	۳/۵۵۶۷	۴/۲۴۳	۳۰	
۳/۱۹۱۲	۳/۱۹۱۲	۳/۱۹۱۲	۳/۱۹۱۲	۰	
۳/۴۷۷	۳/۴۷۷	۳/۲۰۵	۳/۰۵	۱۰	
۱۰/۱۸۳	۴/۰۳۵	۳/۷۲۴	۳/۰۹۵	۲۰	دوم
۱۰/۴۶۶	۴/۲۵۸	۳/۲۸۶	۲/۷۸	۳۰	
۴/۴۶۰۲	۴/۴۶۰۲	۴/۴۶۰۲	۴/۴۶۰۲	۰	
۲/۸۵۶	۴/۶۵۷	۵/۶۹۵	۴/۳۸۵	۱۰	
۲/۴۷۳	۴/۹۸۲	۴/۴۷۸	۱/۳۶۸	۲۰	سوم
۲/۰۰۳	۵/۰۹۸	۴/۴۶۲	۴/۲۰۳	۳۰	

در جدول ۹ به دلیل اینکه درصد تغییرات ضرایب معادله کوستیاکف - لوئیز در آبیاری دوم به ازای ۲۰ درصد تغییر پارامترهای اندازه‌گیری بیش از صد درصد بوده است شبیه‌سازی صورت نگرفته است.

جدول ۱۱- خطای شبیه‌سازی به ازای درصد تغییر پارامترها در معادله فیلیپ

Ao	Q	سری دوم	سری اول
RMSE		شماره درصد تغییر پارامترها	شماره آبیاری
۷/۱۷۸۹	۷/۱۷۸۹	۰	
۶/۳۱۵	۷/۸۹	۱۰	اول
۵/۵۸۱	۸/۵۸	۲۰	
۵/۱۶۵	۹/۰۶۵	۳۰	
۱۱/۸۳	۱۱/۸۳	۰	
۱۳/۵۶۷	۱۰/۶۴	۱۰	دوم
۱۷/۴۴۶	۹/۷۹	۲۰	
۱۷/۳۶۴	۹/۱۵	۳۰	
۵/۶۲۱۷	۵/۶۲۲	۰	
۵/۳۶۴	۵/۶۹۹	۱۰	سوم
۵/۰۶۹۸	۵/۷۴	۲۰	
۴/۸۲۴	۵/۷۶	۳۰	

جدول ۱۰- خطای شبیه‌سازی به ازای درصد تغییر پارامترها در معادله فیلیپ

Ao	Q	سری اول	سری دوم
RMSE		شماره درصد تغییر پارامترها	شماره آبیاری
۲/۰۰۲	۲/۰۰۲	۰	
۱/۹۶۵	۲/۱۲۴	۱۰	اول
۱/۸۴۸	۲/۲۳۰	۲۰	
۲/۱۵۳	۲/۳۲	۳۰	
۲/۳۴	۲/۳۴	۰	
۲/۱۳۰	۲/۳۲۲	۱۰	دوم
۲/۱۲۶	۲/۱۲	۲۰	
-	-	۳۰	
۰/۴۱۱	۰/۴۱۱	۰	
۱/۷۸۸	۰/۷۲۱	۱۰	سوم
۱/۴۸۹	۰/۹۹۴	۲۰	
۱/۳۹۱	۱/۲۲۱	۳۰	

**تأثیر تغییر پارامترها روی خطای شبیه‌سازی:** با استفاده از دو روش یک نقطه‌ای شپارد و دونقطه‌ای الیوت و واکر ضرایب معادله نفوذ کوستیاکف - لوئیز و فیلیپ محاسبه گردید و توسط نرم افزار Surface زمان پیشروی شبیه‌سازی شد. زمان شبیه‌سازی شده با داده‌های اندازه‌گیری مورد مقایسه قرار گرفتند و خطای شبیه‌سازی محاسبه گردید. نتایج بدست آمده از شبیه‌سازی برای معادله کوستیاکف- لوئیز در خاک لوم- شنی جدول ۸ و در خاک لوم- شنی- رسی جدول ۹ نشان می‌دهد که روند خاصی بین درصد تغییر پارامترهای اندازه‌گیری و خطای شبیه‌سازی در آبیاری‌های مختلف وجود ندارد. در معادله فیلیپ با افزایش درصد تغییرات دبی، خطای شبیه‌سازی در هر دو نوع خاک برای آبیاری اول و سوم بصورت افزایشی و آبیاری دوم بصورت کاهش‌ی تغییر می‌کند ولی در درصد تغییرات سطح مقطع روند خاصی مشاهده نمی‌شود (جدول ۱۰ و ۱۱).

**تأثیر روش محاسباتی روی خطای شبیه‌سازی:** با توجه به شبیه‌سازی توسط Surface از دو روش یک نقطه‌ای شپارد و دو نقطه‌ای الیوت و واکر نتایج نشان می‌دهد که میزان خطای شبیه‌سازی در روش یک نقطه‌ای کمتر از روش دو نقطه‌ای است پس معادله فیلیپ نسبت به معادله کوستیاکف- لوئیز برآورد بهتری از زمان پیشروی را نشان می‌دهد. (جدول ۱۱-۸)

### نتیجه‌گیری

در این تحقیق ضرایب معادله نفوذ با روش دو نقطه‌ای الیوت و واکر و یک نقطه‌ای شپارد محاسبه گردید و درصد تغییر پارامترهای اندازه‌گیری بر روی درصد تغییرات ضرایب نفوذ در دو نوع خاک مورد بررسی قرار گرفت و شبیه‌سازی زمان پیشروی به کمک مدل رایانه‌ای Surface انجام شد. میزان درصد خطا به ازای تغییر پارامترهای اندازه‌گیری محاسبه گردید. نتایج نشان داد:

- ۱- تغییر پارامترها در آبیاری دوم بیشترین تأثیر را بر روی ضرایب نفوذ در هر دوسری خاک و برای هر دو معادله نفوذ، داشته است.
- ۲- از بین پارامترهای اندازه‌گیری، دبی ورودی بیشترین تأثیر را بر روی ضریب  $k$  و دبی ورودی کمترین و نفوذپایه بیشترین تأثیر را بر روی ضریب  $a$  داشتند. در معادله فیلیپ، دبی ورودی بیشترین تأثیر و سطح مقطع کمترین تأثیر را بر روی ضریب  $S$  داشته است. ضریب  $A$  نسبت به تغییرات سطح مقطع تأثیر پذیر بوده ولی تغییرات دبی روی آن تأثیری نداشته است.
- ۳- ضریب  $k$  معادله کوستیاکف- لوئیز، در خاک شنی- لومی- رسی نسبت به تغییرات نفوذپایه و در خاک لوم- شنی نسبت به تغییرات سطح مقطع کمترین حساسیت را داشته است که نشان می‌دهد ضریب  $k$  به خصوصیات فیزیکی خاک وابسته است.
- ۴- در آبیاری دوم، دقت اندازه‌گیری پارامترها باید بیشتر از آبیاری‌های دیگر باشد.
- ۵- در هر دو سری خاک مورد مطالعه تأثیر پارامترهای اندازه‌گیری در آبیاری دوم بیشتر ولی میزان تغییرات پارامترها برای معادله فیلیپ سری اول بیشتر از سری دوم است.
- ۶- با توجه به شبیه‌سازی توسط نرم افزار Surface معادله فیلیپ نسبت به معادله کوستیاکف- لوئیز برآورد بهتری از زمان پیشروی را نشان می‌دهد.

### منابع

- ۱- اوجاقلو، ح.، م. قبادی نیا، ب. مجدزاده، ت. سهرابی و ف. عباسی. ۱۳۷۸. برآورد پارامترهای نفوذ برای شبیه‌سازی جریان پیشروی آب در جویچه. دومین سمینار راهکارهای بهبود و اصلاح سامانه‌های آبیاری سطحی، کمیته ملی آبیاری و زهکشی. کرج، ص ۳۰۹ - ۳۲۰.
- ۲- رحیمی، ا.، ح.ع. کشکولی. ۱۳۸۵. ارزیابی و تعیین ضرایب مدل‌های نفوذ آب در خاک در اراضی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد سنندج. همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی، دانشگاه شهید چمران اهواز

- ۳- قبادی‌نیا، م. ۱۳۸۳. آبیاری موجی با تغییرات دبی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.
- ۴- طباطبایی، ح. ۱۳۸۳. تغییرات زمانی معادله نفوذ آب در خاک در آبیاری جویچه‌ای متأثر از بافت خاک و شرایط مدیریتی مزرعه. پایان‌نامه‌ی دکتری علوم و مهندسی آبیاری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.
- ۵- طباطبایی، ح. ج. فرداد، م. ر. نیشابوری و ع. م. لیاقت. ۱۳۸۳. تغییرات زمانی و مکانی مقطع جریان در آبیاری جویچه‌ای. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. سال یازدهم، شماره ۲.
- ۶- محمدی، م. ح. و ح. ق. رفاهی. ۱۳۸۴. تخمین پارامترهای معادلات نفوذ توسط خصوصیات فیزیکی خاک. مجله علوم کشاورزی ایران، ۳۶، شماره ۶، ص ۱۳۹۸-۱۳۹۱.
- 7- Elliott, R.L. and W.R. Walker. 1982. Field evaluation of furrow infiltration advance functions. Trans ASAE 25: 396 – 400.
- 8- Holzapfel, E.A., J. and Jara, C. and Zuñiga, M.A. Mariño, J. Paredes & M. Billib. 2004. Infiltration parameters for furrow irrigation. Agricultural Water Management 68(1):19-32.
- 9- Khatri, K.L. & R.J. Smith. 2005. Evaluation of methods for determining infiltration parameters from irrigation advance data. Irrigation and Drainage 54(4): 476-482.
- 10- Kostiakov, A.N. 1937. On the dynamics of coefficient of water- percolation in soils and on the necessity for studying it from a dynamic point of view for purposes of amelioration. Trans. 6 th Com. Intern. Society Soil Science Russian. Part A. : 17-21.
- 11- Lewis, M.R. 1937. The intake rate infiltration of water in irrigation practice. Trans. Am. Geophys. Union. 361- 368
- 12- Philip, J.R. 1957. The theory of infiltration, the infiltration equation and its solution. Soil Sci.83: 345- 357
- 13- Sepaskhah, A.R. & H. Afshar-Chamanabad. 2002. Determination of Infiltration Rate for Every-other Furrow Irrigation. Bisystems Engineering.82: 479-484
- 14- Shepard, j.s.1993. One-point method for estimating furrow infiltration. Amrican society of agricultural 36: 395-404
- 15- Zerihum, D.J. Feyen & M.J. Reddy. 1996. Analysis of the sensitivity of furrow irrigation performance parameters. J.of Irrig. & Drain. Eng. Asce, 122: 49- 57

## Evaluation of the input parameters variations on the infiltration coefficients in surface irrigation system

Sedighe Rezaeepour<sup>1\*</sup>, Mahdi Ghobadi Nia<sup>2</sup>, Sayyed-Hassan Tabatabaei<sup>3</sup>

- 1- MSc. Student, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Shahrekord, Iran.
  - 2- Assistant Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Shahrekord, Iran.
  - 3- Associate Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Shahrekord, Iran.
- Corresponding author: ()

### Abstract

Infiltration is one of the most important parameter in design and evaluation of surface irrigation system. To determination of the infiltration equations parameters, several methods such as Kostiakov–Lewis and Philip, has been proposed. In this study, the sensitivity of infiltration equation's coefficients has been investigated due to variation of inflow discharge, the basic infiltration rate, cross section and surface shape factor in sandy loam and sandy clay loam soils. SURFACE software was used for simulation of advancing phase. The results showed that the effect of changing in input parameters on coefficients a and k variation is more considerable in second irrigation. Also k and a are most sensitive to changing inflow discharge and basic rate respectively and coefficient a is less sensitive to changing cross section. The variation of coefficient a, per 10 percent change in the basic infiltration rate for loam - sand and loam - sand - clay soils, respectively is 7.8 and 100 percent while the variation coefficient k per 10 percent changing inflow discharge in loam - sandy and loam - sand - clay soils, respectively is 17.9 and 12.4 percent. In Philip equation, the coefficient S has been more sensitive to changing inflow discharge. The variation of coefficient S per 10 percent change inflow discharge in loam – sandy and loam - sand - clay soils is respectively 45.7 and 28 percent. Coefficient A is sensitive to variation of cross section. Also results show that simulation of advance phase with Shepard's method is better than Elliott and Walker's method.