

# برنامه کامپیوتری برای محاسبه پارامترهای توابع هندسی جویچه

فاطمه سروش - بهروز مصطفی زاده فرد<sup>۱\*</sup>

تاریخ دریافت: ۸۶/۱۱/۲۰

تاریخ پذیرش: ۸۷/۴/۱۷

## چکیده

آبیاری جویچه‌ای یکی از روش‌های قدیمی آبیاری است که در آن از سطح خاک برای انتقال و نفوذ آب استفاده می‌شود. اطلاعات سطح مقطع هندسی جویچه برای طراحی، ارزیابی و شبیه‌سازی آبیاری جویچه‌ای ضروری است. با استفاده از اطلاعات مقطع هندسی جویچه می‌توان نفوذ آب به جویچه و در نتیجه بازده آبیاری را با دقت بیشتری تخمین زد و تخمین دقیق‌تری از پدیده فرسایش و رسوب‌گذاری جویچه به عمل آورد. هندسه جویچه به وسیله یک سری معادلات توانی بیان می‌شود و ضرایب این معادلات به عنوان ورودی مدل‌های آبیاری سطحی مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این مقاله یک برنامه کامپیوتری با کد برنامه‌نویسی Matlab7 برای محاسبه مقطع هندسی جویچه نوشته شد که هندسه جویچه را به صورت توابع توانی و چند جمله‌ای درجه دو بیان می‌کند. برای ارزیابی نتایج مدل از داده‌های دستگاه مقطع‌سنج جویچه دو مزرعه آبیاری جویچه‌ای استفاده شد. ضرایب معادلات توانی مقطع هندسی جویچه با روش معمول دو نقطه‌ای الیوت و واکر محاسبه و با نتایج برنامه مقایسه شد و نتایج نشان دهنده اختلاف میان این دو بود. نتایج نشان داد که مدل با دقت بالایی قادر به پیش‌بینی ارقام صحرائی است. بررسی ضریب تعیین برازش معادلات توانی و چند جمله‌ای درجه دو بر داده‌های مقطع جویچه نشان داد که این معادلات برتری خاصی از لحاظ برازش بر داده‌ها بر یکدیگر ندارند.

واژه‌های کلیدی: مقطع هندسی جویچه، شبیه‌سازی، معادلات شکل جویچه

## مقدمه

در مزرعه را تحت تأثیر قرار می‌دهند (۷). تحقیقات هالزافل و همکاران نشان داده است که نفوذ آب در جویچه تحت تأثیر عواملی چون شکل جویچه، اندازه جویچه و سطح تماس آب با خاک در جویچه (محیط خیس شده) قرار می‌گیرد (۶). سرعت نفوذ آب در جویچه با محیط خیس شده جویچه همبستگی مثبتی دارد، به طوری که بعضی از محققین بر این باورند که تغییرات محیط خیس شده جویچه یک سوم تغییرات نفوذ را تشکیل می‌دهد. ناصری و همکاران با ایجاد همبستگی ساده و جزئی بین نفوذ تجمعی و متغیرهای مستقل نفوذ دریافتند که اثر سطح مقطع جریان و

آبیاری جویچه‌ای یکی از روش‌های قدیمی آبیاری است که در آن از سطح خاک برای انتقال و نفوذ آب استفاده می‌شود (۱). طراحی، مدیریت و ارزیابی آبیاری جویچه‌ای وابسته به خصوصیات نفوذ خاک است. سرعت پسروی و پیشروی تحت تأثیر نفوذ آب در مزرعه قرار می‌گیرد و هر یک از این عوامل به نوبه خود راندمان کاربرد و توزیع آب

۱- به ترتیب دانشجوی دوره دکتری، استاد گروه آبیاری دانشکده کشاورزی دانشگاه

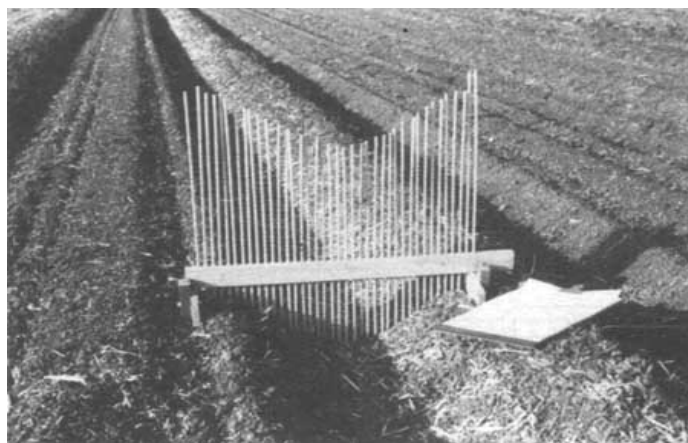
صنعتی اصفهان

Email: behrouz@cc.iut.ac.ir

\*- نویسنده مسئول

ضروری است. فرناندز-گمز و همکاران مقدار خاک فرسایش یافته از مقطع هندسی جویچه در قبل و بعد از آبیاری را بوسیله دستگاه مقطع سنج جویچه اندازه گیری کردند (۵). بیرن برگ و همکاران برای اندازه گیری انتقال رسوب در آبیاری جویچه‌ای، قبل از جمع آوری نمونه‌های آب حاوی رسوب، عرض بالایی و عمق جریان را در هر ربع جویچه اندازه گیری و با در نظر گرفتن یک شکل سهمی برای جویچه محیط خیس شده و سطح مقطع جریان را محاسبه کردند (۳).

دستگاه مقطع سنج جویچه (شکل ۱) که برای اندازه گیری مقطع هندسی جویچه مورد استفاده قرار می‌گیرد شامل تعدادی میله‌های نازک متحرک می‌باشد که به فواصل ۲ سانتی متری از هم واقع شده‌اند. معمولاً برای اندازه گیری هندسه جویچه پس از نصب افقی و کاملاً تراز دستگاه روی جویچه، میله‌ها تا برخورد به کف جویچه به سمت پایین حرکت داده می‌شوند و عمق جویچه در هر نقطه عرضی به فاصله ۲ سانتی متری یادداشت می‌شود (۱).



(شکل ۱) - دستگاه مقطع سنج جویچه (۱)

سری توابع توانی بیان می‌شوند. این توابع در ابتدا توسط ایوت و واکر به کار برده شدند. این محققین با ارزیابی

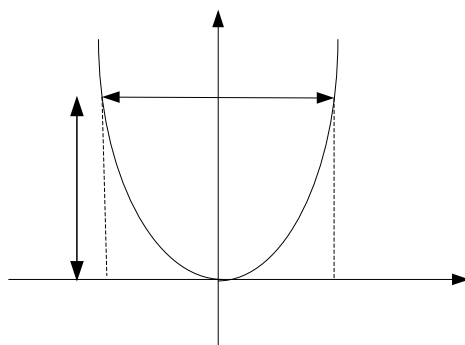
محیط خیس شده بر نفوذ تجمعی معنی‌دار بود (۸). تحقیقات عباسی و همکاران نشان داد که عمق جریان در جویچه نقش مهمی در جریان و توزیع آب در زیر جویچه دارد (۲).

پارامترهای مقطع هندسی جویچه به عنوان ورودی در مدل‌های آبیاری سطحی نظیر SIRMOD و SRFR مورد استفاده قرار می‌گیرد (۹). این مدل‌ها امروزه نقش مهمی در ارزیابی، شبیه‌سازی و طراحی آبیاری سطحی ایفا می‌کنند. برآورد دقیق پارامترهای ورودی مدل‌ها منجر به خروجی دقیق و منطبق بر واقعیت خواهد شد.

هندسه سطح مقطع جویچه و خصوصیات هیدرولیکی مربوطه از یک آبیاری به آبیاری دیگر تغییر می‌کند. تغییر در سطح مقطع جویچه تحت تأثیر تورم، تثبیت، فرسایش و تخریب خاک قرار می‌گیرد (۷). فرسایش خاک یکی از مشکلات جدی کشاورزی است، چون سبب کاهش باروری خاک شده و آب‌های سطحی را آلوده می‌کند. لذا اندازه گیری سطح مقطع هندسی جویچه برای کمی کردن نفوذ آب به جویچه و تخمین میزان فرسایش در طول جویچه

عرض بالایی، مساحت و محیط خیس شده محاسبه شده از داده‌های دستگاه مقطع سنج جویچه عموماً به وسیله یک

همچنین فرسایش و رسوب گذاری جویچه کار می کنند بسیار سودمند است و با کاربرد آن امکان صرفه جویی در وقت فراهم می گردد. محاسبات مدل بر اساس درون یابی خطی است. داده های برداشت شده توسط دستگاه سطح مقطع جویچه به عنوان ورودی از یک فایل Excel که حاوی اطلاعات مربوط به مختصات برداشت شده در چند ایستگاه مختلف از جمله در ابتدا، وسط و انتهای جویچه است، گرفته می شود. این داده ها بایستی قبل از اجرای مدل در یک فایل Excel و در صفحه ای به نام data ذخیره شوند. برنامه پس از تعیین حداکثر عمق، تک عمق ها را از حداکثر عمق کم می کند و سپس مبدأ مختصات به محل حداکثر عمق خوانده شده انتقال می یابد. برای نقاط طرفین مبدأ مختصات یک مدل درون یابی خطی تعریف می شود. مدل درون یابی خطی Matlab بین هر دو نقطه مجاور یک رابطه خطی در نظر می گیرد. مدل درون یابی خطی تعریف شده در طرف راست مبدأ مختصات، مقدار  $x_2$  متناظر با عمق  $y$  و مدل درون یابی خطی طرف چپ مبدأ، مقدار  $x_1$  متناظر با  $y$  را تعیین می کند (شکل ۳).

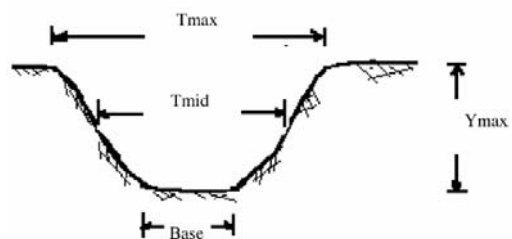


(شکل ۳) - روش محاسبه عرض بالایی در برنامه

سپس بر اساس معادله (۱) اختلاف فواصل  $x_1$  و  $x_2$  نسبت به مبدأ مختصات به عنوان عرض بالایی جویچه در عمق  $y$  محاسبه می شود. به این ترتیب برای فواصل دلخواه عمق، عرض بالایی جویچه تعیین می گردد.

داده های ۱۰۰ جویچه، در پنج محل در ایالت کلرادو دریافتند که محیط خیس شده و مقطع هندسی جویچه می توانند به صورت توابع ساده توانی از عمق بیان شوند (۴). محاسبه ضرایب معادلات تجربی توانی به روش الیوت و واکر کار سخت و خسته کننده ای است، لذا تلاش هایی در جهت ساده سازی و به دست آوردن این معادلات صورت گرفته است. یک روش ساده استفاده از چهار اندازه گیری نشان داده شده در (شکل ۲) با فرض دوزنقه ای شکل بودن مقطع جویچه است. در این روش مقدار ضرایب معادلات توانی سطح مقطع و محیط خیس شده با استفاده از یک سری معادلات به دست می آیند (۹).

هدف از انجام این پژوهش نوشتن یک برنامه کامپیوتری بر اساس شکل واقعی جویچه، برای شبیه سازی مقطع هندسی جویچه و محاسبه ضرایب معادلات مقطع هندسی جویچه بود.



(شکل ۲) - نمایش اندازه گیری های مورد نیاز برای روش ساده شده

## مواد و روش ها

### توسعه مدل

برنامه تحت نام Cross-section با استفاده از کد برنامه نویسی Matlab به منظور محاسبه معادلات سطح مقطع جویچه توسعه یافته است. این برنامه قادر است به طور هم زمان داده های چند ایستگاه مختلف در طول جویچه را مورد تجزیه و تحلیل قرار دهد. برنامه برای محققینی که در زمینه نفوذ، ارزیابی، طراحی، شبیه سازی آبیاری جویچه ای و

قسمت و بخش اول معادله که مربوط به مساحت مقطع تا عمق  $y_{j-1}$  می باشد، مساحت مقطع جویچه تا عمق  $y_j$  را تعیین می کند.

مانند حالت قبل ماتریسی دارای دو ستون (ستون اول عمق و ستون دوم سطح مقطع در عمق متناظر) تشکیل می شود. در نهایت برنامه یک مدل توانی (معادله ۴) و یک چند جمله ای درجه دو (معادله ۵) را به این دو دسته داده برازش داده و ضرایب این معادلات را تعیین می کند.

$$A = \sigma_1 y^{\sigma_2} \quad (4)$$

$$A = c_0 y^2 + c_1 y + c_2 \quad (5)$$

در روابط فوق،  $A$  سطح مقطع جویچه بر حسب متر مربع،  $y$  عمق جریان بر حسب متر،  $\sigma_1$  و  $\sigma_2$  پارامترهای برازش عددی و  $c_0$ ،  $c_1$  و  $c_2$  ضرایب برازش معادله چند جمله ای درجه دو سطح مقطع جویچه هستند.

برای محاسبه محیط خیس شده نیز به همین ترتیب عمل شده با این تفاوت که از معادله (۶) برای محاسبه محیط خیس شده در عمق های مختلف استفاده می شود:

$$Wp_j = Wp_{j-1} + 2 \times ((0.5 \times (T_j - T_{j-1}))^2 + (y_j - y_{j-1} - 1)^2)^{0.5} \quad (6)$$

که در آن،  $Wp_{j-1}$  محیط خیس شده جویچه تا عمق  $y_{i-1}$  و  $Wp_j$  محیط خیس شده جویچه تا عمق  $y_i$  می باشد. قسمت دوم طرف راست (معادله ۶) محیط خیس شده مقطع بین عمق  $y_{j-1}$  و  $y_j$  را محاسبه می نماید. مجموع این قسمت و بخش اول معادله که مربوط به محیط خیس شده مقطع تا عمق  $y_{j-1}$  می باشد، محیط خیس شده مقطع جویچه تا عمق  $y_j$  را تعیین می کند. پس از محاسبه محیط خیس شده برای عمق های مختلف برنامه مجدداً یک مدل توانی (معادله ۷) و یک مدل چند جمله ای درجه دو (معادله ۸) را به این دو دسته داده برازش داده و ضرایب این معادلات را به دست می آورد.

$$T = X_2 - X_1 \quad (1)$$

نتیجه به صورت ماتریسی است که درایه های ستون اول آن عمق و درایه های ستون دوم آن عرض بالایی جویچه خواهد بود. سپس برنامه یک مدل توانی (معادله ۲) و یک چند جمله ای درجه دو (معادله ۳) را به این دو دسته داده برازش می دهد و ضرایب این معادلات تعیین می شوند:

$$T = a_1 y^{a_2} \quad (2)$$

که در آن،  $a_1$  و  $a_2$  ضرایب معادله هستند.

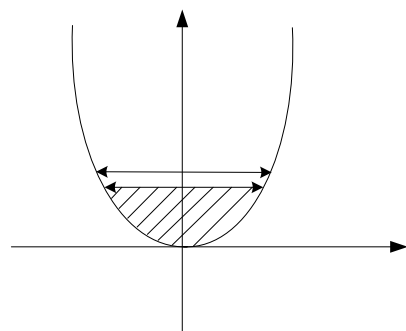
$$T = b_0 y^2 + b_1 y + b_2 \quad (3)$$

که در آن،  $b_0$ ،  $b_1$  و  $b_2$  ضرایب برازش معادله چند جمله ای درجه دو عرض بالایی جویچه هستند.

در مرحله بعد مساحت مقطع جویچه برای فواصل عمق مورد نظر با روش انتگرال ذوزنقه و با کاربرد معادله (۴) به دست می آید (شکل ۴):

$$A_j = A_{j-1} + ((T_j + T_{j-1}) \times (y_j - y_{j-1}) \times 0.5) \quad (4)$$

که در آن،  $T_{j-1}$  عرض بالایی جویچه در عمق  $y_{j-1}$ ،  $T_j$  عرض بالایی جویچه در عمق  $y_j$ ،  $A_{j-1}$  مساحت مقطع جویچه تا عمق  $y_{j-1}$  و  $A_j$  مساحت مقطع جویچه تا عمق  $y_j$  می باشد.



(شکل ۴) - روش محاسبه سطح مقطع در برنامه

قسمت دوم طرف راست (معادله ۴) مساحت مقطع بین عمق  $y_{j-1}$  و  $y_j$  را محاسبه می نماید. مجموع این

صفر، بدون هیچ محاسبه‌ای به عنوان خروجی نمایش داده می‌شود (۱).

وقتی به برنامه اعلام شود که سیستم آبیاری، جویچه‌ای است، برنامه از کاربر می‌خواهد فاصله عمق مطلوب برای محاسبه عرض بالایی، مساحت، محیط خیس شده و ... را وارد کند. سپس پنجره انتخاب فایل باز شده و کاربر بایستی فایل Excel حاوی داده‌های مقطع‌ها را انتخاب کند.

### خروجی مدل

خروجی مدل شامل معادلات توانی و چند جمله‌ای درجه دو برآزش داده شده به داده‌ها می‌باشد. همچنین برنامه شکل‌های مربوط به رابطه عرض بالایی، مساحت مقطع، محیط خیس شده و شعاع هیدرولیکی نسبت به عمق برای سه ایستگاه مختلف اندازه‌گیری مقطع جویچه (به طور مثال، ایستگاه ۱ ابتدای جویچه، ایستگاه ۲ میانه جویچه و ایستگاه ۳ انتهای جویچه) و همچنین متوسط سه ایستگاه را به عنوان خروجی ارائه می‌دهد.

این برنامه علاوه بر تعیین معادلات مقطع هندسی جویچه، مقادیر سطح مقطع، محیط خیس شده، عرض بالایی جویچه، شعاع هیدرولیکی را برای عمق‌های مختلف که به سلیقه کاربر انتخاب می‌شوند در فایل‌های Excel به ترتیب تحت عنوان A، W، T، R و عمق‌های متناظر را در فایل y ذخیره می‌کند.

برای ارزیابی مدل از اطلاعات دستگاه مقطع سنج جویچه در دو مزرعه، مزرعه آزمایشی دانشگاه صنعتی اصفهان و مزرعه آزمایشی رودشت استفاده شد.

$$Wp = \gamma_1 y^{r_2} \quad (7)$$

$$Wp = d_0 y^2 + d_1 y + d_2 \quad (8)$$

که در آن‌ها، Wp محیط خیس شده جویچه بر حسب متر،  $\gamma_1$  و  $\gamma_2$  پارامترهای برآزش عددی و  $d_0$ ،  $d_1$  و  $d_2$  ضرایب برآزش معادله چند جمله‌ای درجه دو محیط خیس شده جویچه هستند.

برای محاسبه شعاع هیدرولیکی مقطع با داشتن ماتریس A و ماتریس Wp، برنامه برای هر عمق با تقسیم سطح مقطع مربوط به آن عمق بر محیط خیس شده آن، شعاع هیدرولیکی مقطع را در آن عمق محاسبه می‌کند. ماتریس حاصله ماتریس شعاع هیدرولیکی خواهد بود که مانند حالت‌های قبل یک مدل توانی (معادله ۹) و یک مدل چند جمله‌ای درجه دو (معادله ۱۰) به داده‌ها برآزش داده شده و ضرایب معادلات به دست می‌آید.

$$R = r_1 y^{r_2} \quad (9)$$

$$R = e_0 y^2 + e_1 y + e_2 \quad (10)$$

که در آن‌ها، R شعاع هیدرولیکی جویچه بر حسب متر،  $r_1$  و  $r_2$  پارامترهای برآزش عددی که در آن،  $e_0$ ،  $e_1$  و  $e_2$  ضرایب برآزش معادله چند جمله‌ای درجه دو شعاع هیدرولیکی مقطع جویچه هستند. نمودار گردش کار برنامه رایانه‌ای در (شکل ۵) ارائه شده است.

### ورودی مدل

در شروع برنامه، نوع سیستم آبیاری سطحی مورد ارزیابی سوال می‌شود. در صورتی که سیستم آبیاری، سیستمی غیر از آبیاری جویچه‌ای باشد (سیستم کرتی یا نواری) مقدار  $\sigma_1$ ،  $\sigma_2$  و  $\gamma_1$  مساوی ۱ و مقدار  $\gamma_2$  مساوی

داده‌های صحرائی به صورت زیر محاسبه و نتایج آن با خروجی مدل مقایسه شد.

$$T = a_1 y^{a_2} \quad (11)$$

که در آن،  $T$  عرض بالایی جویچه بر حسب متر،  $y$  عمق جویچه بر حسب متر و  $a_1$  و  $a_2$  پارامترهای تجربی برازش هستند که به طریق زیر حساب می‌شوند:

$$a_1 = \frac{T_y}{y^{a_2}} \quad (12)$$

$$a_2 = \frac{\log(T_y/T_{0.5y})}{\log(y/0.5y)} \quad (13)$$

که در آن‌ها،  $T_y$  عرض بالایی جویچه در عمق  $y$  (حداکثر عمق جویچه) و  $T_{0.5y}$  = عرض بالایی جویچه در عمق  $0.5y$  (عمق متوسط جویچه) می‌باشند. سپس ضرایب معادله سطح مقطع هندسی جویچه (معادله ۴) به صورت زیر تعیین می‌شود:

$$\sigma_1 = \frac{a_1}{1 + a_2} \quad (14)$$

$$\sigma_2 = a_2 + 1 \quad (15)$$

برای تعیین ضرایب معادله محیط خیس شده جویچه (معادله ۷) به صورت زیر عمل می‌شود:

$$\gamma_2 = \frac{\log(Wp_y/Wp_{0.5y})}{\log(y/0.5y)} \quad (22)$$

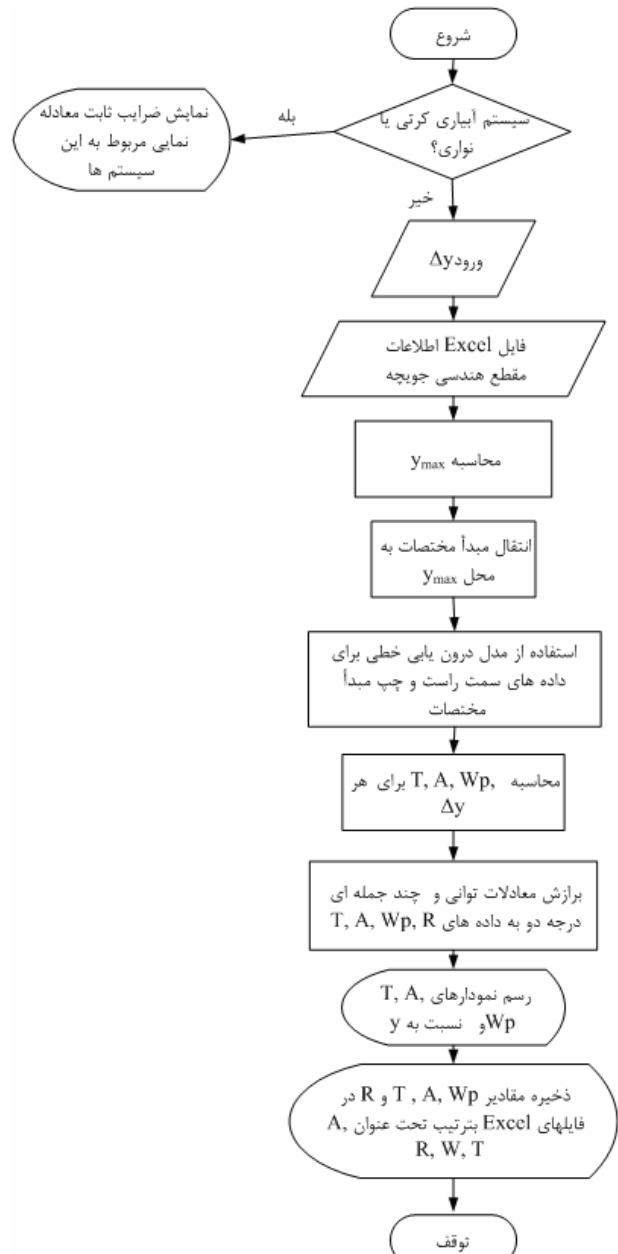
$$\gamma_1 = \frac{Wp_y}{y^{\gamma_2}} \quad (23)$$

که در آنها:

$$Wp|_{0.5y} = \sum_{i=1}^{0.5y} \left\{ 2[(y_i - y_{i-1})^2 + [0.5(T_i - T_{i-1})]^2]^{0.5} \right\} \quad (24)$$

و

$$Wp|_y = \sum_{i=1}^y \left\{ 2[(y_i - y_{i-1})^2 + [0.5(T_i - T_{i-1})]^2]^{0.5} \right\} \quad (25)$$



(شکل ۵) - نمودار گردش کار برنامه رایانه‌ای

### روش دو نقطه‌ای الیوت و واکر، برای تعیین معادلات مقطع هندسی جویچه

معمولاً برای محاسبه ضرایب معادلات مقطع هندسی جویچه از روش دو نقطه‌ای الیوت و واکر که معادلات آن در زیر آمده است، استفاده می‌شود (۸). ضرایب معادلات مقطع هندسی جویچه به روش دو نقطه‌ای با استفاده از

دو قرار می‌گیرند و ۹۹/۵۶ درصد داده‌ها روی منحنی توانی قرار می‌گیرند. اما در مزرعه رودشت ۹۷/۷۲ درصد داده‌های عرض بالایی آب روی منحنی چند جمله‌ای درجه دو، و ۹۹/۳۹ درصد داده‌ها روی منحنی توانی قرار می‌گیرند. بنابراین بسته به شکل مقطع هندسی جویچه در مزرعه ممکن است یکی از این معادلات برازش نسبی بهتری داشته باشند. اما در هر صورت هر دو معادله برازش خوبی بر داده‌های عرض بالایی در هر دو مزرعه آزمایشی دارند.

(جدول ۳) ضرایب معادلات توانی و چند جمله‌ای درجه دو برای سطح مقطع جویچه و ضریب تعیین ( $r^2$ ) هر معادله را نشان می‌دهد. مقایسه (جدول ۱ و ۳) نشان می‌دهد که پارامترهای  $\sigma_1$  و  $\sigma_2$  (جدول ۱) در دامنه اطمینان ۹۵ درصد تعیین شده توسط مدل برای مزارع دانشگاه و رودشت قرار نمی‌گیرند که بیانگر اختلاف نتایج برنامه و روش دو نقطه‌ای است. مقایسه نتایج دو مدل توانی برنامه و معادله توانی به دست آمده از روش دو نقطه‌ای برای مقاطع انتخابی تفاوت قابل ملاحظه‌ای را نشان نداد، هر چند احتمالاً در مورد مقاطع نامنظم این تفاوت قابل توجه خواهد بود. (جدول ۳) نشان می‌دهد که در مزرعه دانشگاه تقریباً ۱۰۰ درصد داده‌های سطح مقطع روی منحنی چند جمله‌ای درجه دو قرار می‌گیرند در حالی که ۹۹/۱۰ درصد داده‌ها روی منحنی توانی قرار می‌گیرند. همچنین نتایج برای مزرعه رودشت نشان داد که ۹۹/۹۹ درصد داده‌های سطح مقطع روی منحنی چند جمله‌ای درجه دو، و ۹۹/۸۴ درصد داده‌ها روی منحنی توانی قرار می‌گیرند. بنابراین، برای مزارع مورد ارزیابی معادلات توانی و چند جمله‌ای درجه دو برای سطح مقطع جویچه برازش خیلی خوبی دارند، اما چند جمله‌ای درجه دو به‌طور نسبی برازش بهتری بر داده‌های سطح مقطع دارد.

که در آنها،  $Wp|_y$  محیط خیس شده جویچه در عمق  $y$ ،  $Wp|_{0.5y}$  محیط خیس شده جویچه در عمق  $0.5y$ ،  $y_i$  عمق آب در جویچه بر حسب متر و  $T_i$  عرض بالایی جویچه در عمق  $y_i$  می‌باشند.

## نتایج و بحث

### ارزیابی مدل

ضرایب معادلات توانی مقطع هندسی جویچه با استفاده از روش دو نقطه‌ای الیوت و واکر (۹)، برای مزارع دانشگاه و رودشت محاسبه گردید که نتایج حاصله در (جدول ۱) ارایه شده است. مزرعه دانشگاه دارای بافت لوم شنی رسی، شیب ۰/۲۹ درصد و وزن مخصوص ظاهری ۱/۵ گرم بر سانتی متر مکعب می‌باشد. مزرعه رودشت دارای بافت رسی، شیب ۰/۱ درصد و وزن مخصوص ظاهری ۱/۴۵ گرم بر سانتی متر مکعب می‌باشد. در این مقاله واحدها در سیستم متریک به کار برده شده است و عمق، محیط خیس شده، و شعاع هیدرولیکی بر حسب متر و مساحت بر حسب متر مربع می‌باشد. (جدول ۱) نشان می‌دهد که مقدار  $a_1$  برای جویچه مزرعه دانشگاه به روش دو نقطه‌ای برابر با ۳/۹۷۳ می‌باشد. (جدول ۲) نتایج مدل را برای ضرایب معادلات توانی و چند جمله‌ای درجه دو برای عرض بالایی جویچه و ضریب تعیین ( $r^2$ ) هر معادله را نشان می‌دهد. (جدول ۲) نشان می‌دهد که مقدار  $a_1$  برابر با ۳/۹۷۳ در دامنه اطمینان ۹۵ درصد یعنی (۳/۳۴۸-۴/۱۳۸) قرار می‌گیرد، در حالی که مقدار پارامتر  $a_2$  (جدول ۱) نیز در دامنه اطمینان ۹۵ درصد تعیین شده توسط مدل برای مزارع دانشگاه و رودشت قرار نمی‌گیرد. (جدول ۲) نشان می‌دهد که در مزرعه دانشگاه ۹۹/۶۶ درصد داده‌های عرض بالایی آب روی منحنی چند جمله‌ای درجه

۹۹/۰۸ درصد داده‌ها روی منحنی توانی قرار می‌گیرند. همچنین نتایج برای مزرعه رودشت نشان داد که ۹۹/۷۱ درصد داده‌های شعاع هیدرولیکی روی منحنی چند جمله‌ای درجه دو، و ۹۹/۷۳ درصد داده‌ها روی منحنی توانی قرار می‌گیرند. در مزرعه دانشگاه چند جمله‌ای درجه دو برازش نسبی بهتری داشت، درحالی که در مزرعه رودشت تفاوتی بین دو معادله از لحاظ برازش وجود ندارد. لذا برازش هر یک از این معادلات بسته به شکل مقطع هندسی جویچه اندکی متفاوت است، ولی نتایج برازش هر دو معادله بسیار به هم نزدیک است.

مقایسه ضرایب معادلات توانی محاسبه شده به روش دو نقطه ای الیوت و واکر و نتایج برنامه نشان می‌دهد که مقدار پارامترهای هندسی شیار متفاوت از مقادیر برآورد شده توسط روش دو نقطه‌ای می‌باشد هر چند مقدار این تفاوت در مورد مقاطع منظم (مانند مقاطع مورد بررسی) کمتر است و با افزایش نامنظمی جویچه به نظر می‌رسد افزایش یابد. بررسی ضرایب تعیین نشان می‌دهد که دو معادله مورد بررسی مزیت خاصی از لحاظ برازش بر داده‌ها بر هم نداشته و هر دو با دقت بالا بر داده‌ها برازش می‌شوند. لذا با توجه به استفاده متداول معادلات توانی در مدل‌های آبیاری سطحی به دلیل کم بودن تعداد ضرایب آن‌ها بهتر است، معادلات تجربی سطح مقطع جویچه به شکل مرسوم آن‌ها یعنی به فرم توانی مورد استفاده قرار گیرند.

(جدول ۴) ضرایب معادلات توانی و چند جمله‌ای درجه دو برای محیط خیس شده جویچه و ضریب تعیین ( $r^2$ ) هر معادله را نشان می‌دهد. مقایسه (جدول ۱ و ۴) نشان می‌دهد که پارامترهای  $\gamma_1$  و  $\gamma_2$  (جدول ۱) در دامنه اطمینان ۹۵ درصد تعیین شده توسط مدل برای مزارع دانشگاه و رودشت قرار نمی‌گیرند که بیانگر اختلاف نتایج برنامه و روش دو نقطه‌ای است. مقایسه نتایج دو مدل توانی برنامه و معادله توانی به دست آمده از روش دو نقطه‌ای برای مقاطع انتخابی تفاوت قابل ملاحظه‌ای را نشان نداد. (جدول ۴) نشان می‌دهد که در مزرعه دانشگاه ۹۹/۷۹ درصد داده‌های محیط خیس شده روی منحنی چند جمله‌ای درجه دو قرار می‌گیرند، در حالی که ۹۹/۶۳ درصد داده‌ها روی منحنی توانی قرار می‌گیرند. همچنین نتایج برای مزرعه رودشت نشان داد که ۹۹/۲۱ درصد داده‌های محیط خیس شده روی منحنی توانی جمله‌ای درجه دو، و ۹۹/۵۵ درصد داده‌ها روی منحنی توانی قرار می‌گیرند. برازش این دو معادله بر محیط خیس شده جویچه در مزارع مورد ارزیابی اندکی متفاوت بوده است، ولی نتایج برازش هر دو معادله بسیار به هم نزدیک است.

(جدول ۵) ضرایب معادلات توانی و چند جمله‌ای درجه دو برای شعاع هیدرولیکی جویچه و ضریب تعیین ( $r^2$ ) هر معادله را نشان می‌دهد. جدول ۵ نشان می‌دهد که در مزرعه دانشگاه ۹۹/۷۱ درصد داده‌های شعاع هیدرولیکی روی منحنی چند جمله‌ای درجه دو قرار می‌گیرند در حالی که

(جدول ۱) - ضرایب معادلات توانی عرض بالا، سطح مقطع و محیط خیس شده جویچه به روش دو نقطه‌ای

مزرعه آزمایشی		ضرایب معادله توانی عرض بالا، سطح مقطع		ضرایب معادله توانی عرض بالایی	
ضرایب معادله توانی محیط خیس شده		ضرایب معادله توانی سطح مقطع		ضرایب معادله توانی عرض بالایی	
$\gamma_2$	$\gamma_1$	$\sigma_2$	$\sigma_1$	$a_2$	$a_1$
۰/۹۹۲	۴/۹۱۶	۱/۹۱۳	۲/۰۷۶	۰/۹۱۳	۳/۹۷۳
۰/۷۰۶	۲/۲۸۷	۱/۵۶۶	۱/۰۲۹	۰/۵۶۶	۱/۶۱۲



(جدول ۲) - ضرایب معادلات توانی و چند جمله‌ای درجه ۲ و دامنه اطمینان ۹۵٪ برای عرض بالایی جویچه

مزرعه آزمایشی				ضرایب معادله توانی				ضرایب معادله چند جمله‌ای درجه دو							
		دامنه اطمینان a <sub>1</sub> %۹۵		دامنه اطمینان a <sub>2</sub> %۹۵		r <sup>2</sup>		b <sub>0</sub>		b <sub>1</sub>		b <sub>2</sub>		r <sup>2</sup>	
دانشگاه		۳/۳۴۸-۴/۱۳۸		۱/۹۰۹		/۹۹۵۳		۰/۲۸۳		/۴۶۷		۰/۱۹۱		/۹۹۶۶	
رودشت		۱/۲۸۶-۱/۴۵۲		/۵۱۳		/۹۹۳۹		۱۳/۷۳		۴/۸۶۶		۰		/۹۷۷۲	

(جدول ۳) ضرایب معادلات توانی و چند جمله‌ای درجه ۲ و دامنه اطمینان ۹۵٪ برای سطح مقطع جویچه

مزرعه آزمایشی				ضرایب معادله توانی				ضرایب معادله چند جمله‌ای درجه دو							
		دامنه اطمینان σ <sub>1</sub> %۹۵		دامنه اطمینان σ <sub>2</sub> %۹۵		r <sup>2</sup>		c <sub>0</sub>		c <sub>1</sub>		c <sub>2</sub>		r <sup>2</sup>	
دانشگاه		۰/۷۱۱-۱/۲۶۷		۱/۶۱۹		/۹۹۱۰		۲/۲۵		/۰۱۵۸		۰/۰۰۰۱		۱	
رودشت		۰/۹۹۱-۱/۲۰۱		۱/۶		/۹۹۸۴		۱/۳۵۵		/۱۴۸۸		۰/۰۰۰۹		/۹۹۹۹	

(جدول ۴) - ضرایب معادلات توانی و چند جمله‌ای درجه ۲ و دامنه اطمینان ۹۵٪ برای محیط خیس شده جویچه

مزرعه آزمایشی				ضرایب معادله توانی				ضرایب معادله چند جمله‌ای درجه دو							
		دامنه اطمینان γ <sub>1</sub> %۹۵		دامنه اطمینان γ <sub>2</sub> %۹۵		r <sup>2</sup>		d <sub>0</sub>		d <sub>1</sub>		d <sub>2</sub>		r <sup>2</sup>	
دانشگاه		۳/۸۴۲-۴/۶۰۳		/۹۲۱۱		/۹۹۶۳		۱/۱۸		/۷۲۱		/۰۲۴۳۶		/۹۹۷۹	
رودشت		۱/۸۶۹-۲/۱۰۲		/۶۳۲۴		/۹۹۵۵		۸/۶۳۴		/۷۵۶		/۰۷۵۸۴		/۹۹۲۱	

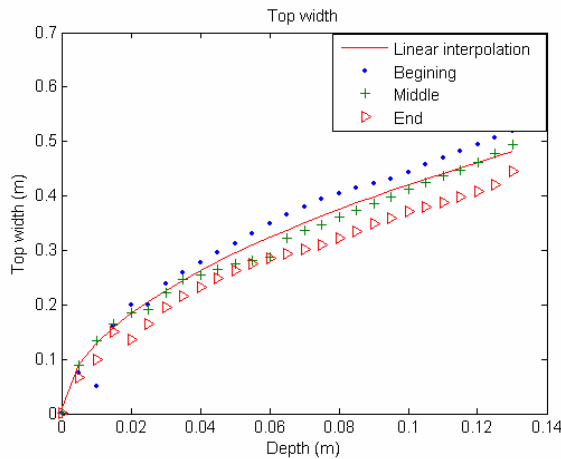
(جدول ۵) - ضرایب معادلات توانی و چند جمله‌ای درجه ۲ و دامنه اطمینان ۹۵٪ برای شعاع هیدرولیکی جویچه

مزرعه آزمایشی				ضرایب معادله توانی				ضرایب معادله چند جمله‌ای درجه دو							
		دامنه اطمینان t <sub>1</sub> %۹۵		دامنه اطمینان t <sub>2</sub> %۹۵		r <sup>2</sup>		e <sub>0</sub>		e <sub>1</sub>		e <sub>2</sub>		r <sup>2</sup>	
دانشگاه		۰/۴۱۳-۰/۵۵۶		۱/۰۰۲		/۹۹۰۸		۱/۰۹۱۹		/۴۴۰۶		/۰۰۲۶۳		/۹۹۷۱	
رودشت		۰/۴۳۶-۰/۴۹۸		/۸۹۲۷		/۹۹۷۳		۱/۲۷۵		/۷۳۲۳		۰/۰۰۰۳		/۹۹۹۵	

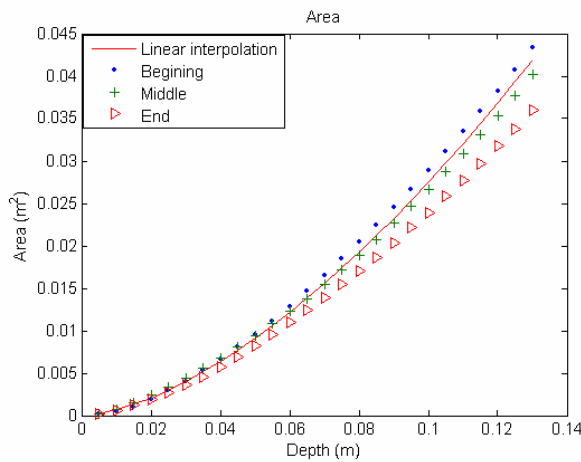
### خروجی مدل

برنامه، نمای کلی سطح مقطع، عرض بالایی، مساحت مقطع، محیط خیس شده و شعاع هیدرولیکی جویچه نسبت

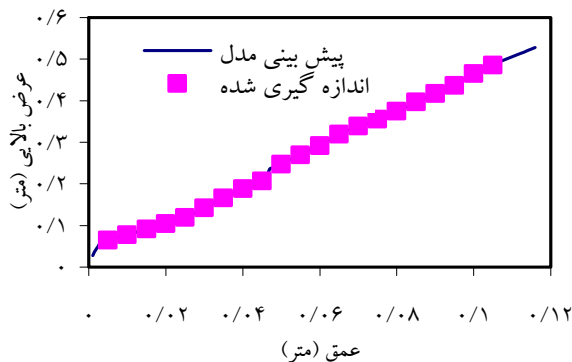
به عمق را به صورت خروجی ارائه می‌دهد. شکل‌های ۵ تا ۷ به ترتیب نمودارهای مقطع کلی، عرض بالایی جویچه و سطح مقطع جویچه را بطور نمونه برای مزرعه رودشت نشان



(شکل ۶) - عرض بالایی جویچه نسبت به عمق برای مزرعه رودشت، خط ممند بیانگر متوسط برای سه مقطع، ابتدا، وسط و انتهای جویچه است



(شکل ۷) - سطح مقطع جویچه نسبت به عمق برای مزرعه رودشت، خط ممند بیانگر متوسط برای سه مقطع، ابتدا، وسط و انتهای جویچه است



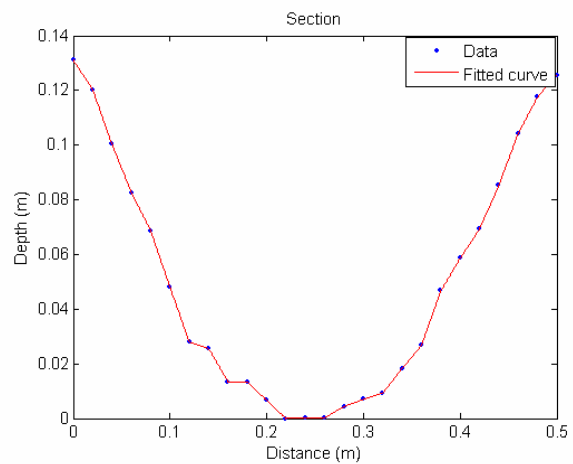
(شکل ۸) - مقایسه پیش بینی برنامه با ارقام اندازه گیری شده برای عرض بالایی جویچه برای مزرعه دانشگاه

می دهد. مقایسه نمودارهای خروجی مدل برای مقاطع هندسی جویچه قبل و بعد از آبیاری می تواند در تعیین میزان رسوب و فرسایش حاصل از جویچه برای مقطع معین جویچه مورد استفاده قرار گیرد.

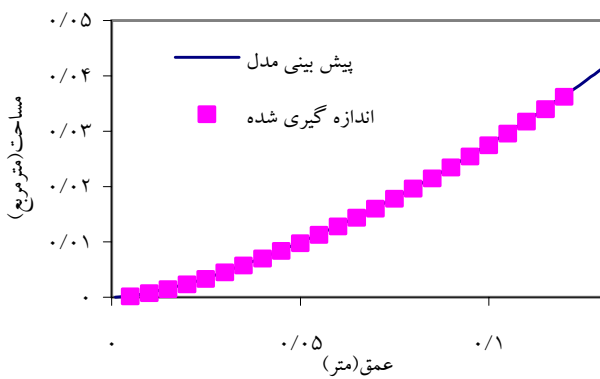
بررسی این نمودارها به تنهایی، علاوه بر آن که چگونگی تغییرات این عوامل را نسبت به عمق نمایش می دهد، حاکی از آن است که سطح مقطع جویچه کمی در طول جویچه متفاوت بوده به طوری که در ابتدای جویچه عرض بالا و محیط خیس شده بیشتر از وسط و انتهای جویچه بوده است.

### مقایسه پارامترهای شبیه سازی شده مقطع جویچه با ارقام اندازه گیری شده

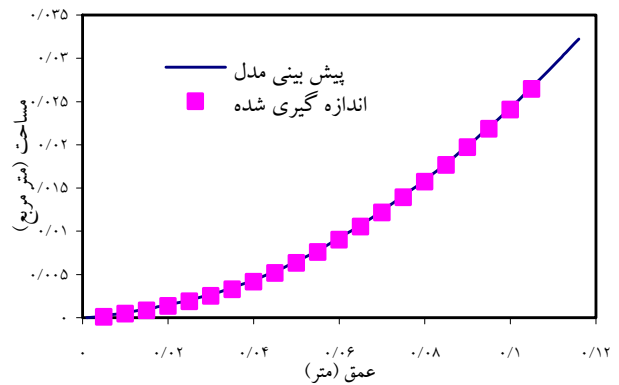
مدل برای فواصل عمق ۰/۰۰۱ متری جویچه برای مزارع دانشگاه و رودشت اجرا شد و نتایج آن با مقدار اندازه گیری شده عرض بالایی، مساحت و محیط خیس شده برای این مزارع مقایسه شد. نتایج (شکل های ۸ تا ۱۳) نشان می دهد که مدل با دقت خوبی توانسته است عرض بالایی، مساحت و محیط خیس شده را برآورد نماید.



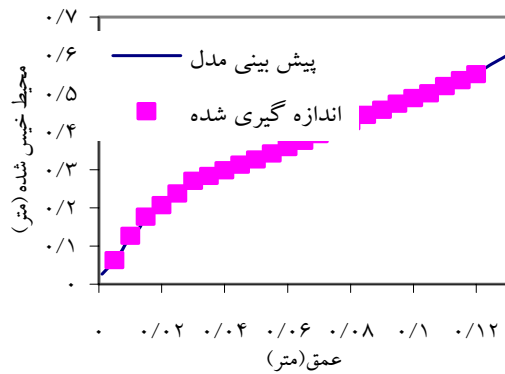
(شکل ۹) - سطح مقطع متوسط جویچه برای مزرعه رودشت، نقاط مربوط به اعداد خوانده شده از دستگاه مقطع سنج جویچه و خط ممند درونیایی خطی برنامه می باشد



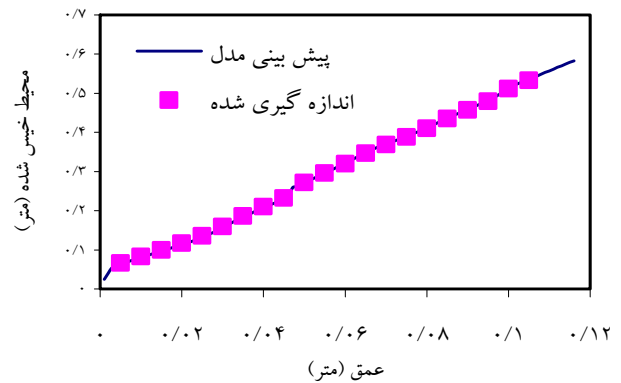
شکل ۱۲ - مقایسه پیش‌بینی برنامه با ارقام اندازه‌گیری شده برای مساحت جویچه برای مزرعه رودشت



شکل ۹ - مقایسه پیش‌بینی برنامه با ارقام اندازه‌گیری شده برای مساحت جویچه برای مزرعه دانشگاه



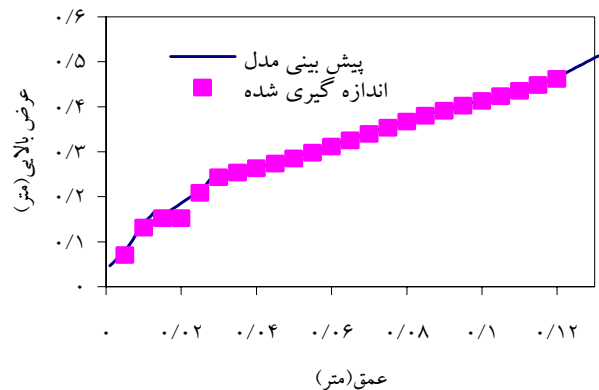
شکل ۱۳ - مقایسه پیش‌بینی برنامه با ارقام اندازه‌گیری شده برای محیط خیس شده برای مزرعه رودشت



شکل ۱۰ - مقایسه پیش‌بینی برنامه با ارقام اندازه‌گیری شده برای محیط خیس شده جویچه برای مزرعه دانشگاه

### نتیجه

یک برنامه کامپیوتری با کد برنامه‌نویسی Matlab7 برای محاسبه مقطع هندسی جویچه نوشته شد که قادر است توابع مقطع هندسی جویچه را به صورت توابع توانی و چند جمله‌ای درجه دو بیان کند. مقایسه نتایج مدل با ارقام اندازه‌گیری شده نشان داد که برنامه قادر است پارامترهای معادلات مقطع هندسی جویچه را با دقت بالایی پیش‌بینی نماید. در مجموع، معادلات توانی و چند جمله‌ای درجه ۲ مزیت خاصی از لحاظ برازش بر داده‌های مقطع هندسی جویچه بر هم نداشته و هر دو با دقت بالایی قادر به برازش داده‌های صحرائی هستند. استفاده از برنامه کامپیوتری برای



شکل ۱۱ - مقایسه پیش‌بینی برنامه با ارقام اندازه‌گیری شده برای عرض بالایی جویچه برای مزرعه رودشت

اصفهان که در انجام این پژوهش کمک نمودند، قدردانی می‌گردد.

طراحی، ارزیابی و شبیه‌سازی سیستم‌های آبیاری جویچه‌ای و همچنین تعیین میزان رسوب و فرسایش جویچه و کاربرد در مدل‌های آبیاری سطحی مفید خواهد بود.

### تشکر و قدردانی

بدین وسیله از خانم‌ها بیتا مروج الاحکامی و سمیرا اخوان دانشجویان گروه آب داشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی

### منابع

- ۱- مصطفی‌زاده، ب. و س. ف. موسوی. ۱۳۸۵. آبیاری سطحی: تئوری و عمل. ترجمه، چاپ سوم، نوشته دلیو. آر. واکر و ک. وی. اسکوگربو، انتشارات کنکاش، ۵۸۲ صفحه.
- 2- Abbasi, F., Adamsen, F.J., Hunsaker, D.J., Feyen, J., Shouse, P., and van Genuchten M.Th. 2003. Effects of flow depth on water flow and solute transport in furrow irrigation: field data analysis. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 129: 237-246.
- 3- Bjerneberg, D.L., Westermann, D.T., Aase, J.K., Clemmens, A.J., and Strelkoff, T.S. 2006. Sediment and phosphorus transport in irrigation furrows. *Journal of Enviromental Quality*, 35: 786-794.
- 4- Elliott, R.L., and Walker, W.R. 1982. Field evaluation of furrow infiltration and advance functions. *Trans. ASAE* 25(2): 396-400.
- 5- Fernandez-Gomez, R., Mateos, L., and Giraldez, J.V. 2004. Furrow irrigation erosion and management. *Irrigation Science*, 23: 123-131.
- 6- Holzapfel, E.A., Jara, J., Zuñiga, C., Mariño, M.A., Paredes, J., and Billib, M. 2004. Infiltration parameters for furrow irrigation. *Agricultural Water Management*. 68: 19-32.
- 7- Mostafazadeh-Fard, B., and Walker, W.R. 1987. Furrow geometry under surge and continuous flow. *Iran Agricultural Research*, 6: 57-71.
- 8- Nasser, A., Neyshabari, M.R., Fakheri Fard, A., Moghadam, M., and Nazemi, A.H. 2004. Field-measured furrow infiltration functions. *Turk Journal Agriculture*, 28: 93-99.
- 9- Walker, W. R. 2003. SirmodIII: Surface irrigation simulation, evaluation and design, Utah State University, Logan, Utah, U.S.A. Available at: [www. Irri- net. Org/ sirmod/ -9k](http://www.Irri-net.Org/sirmod/).

## Computer model for computation of the parameters of furrow geometry functions

F.Soroush – B.Mostafazadeh – Fard<sup>\*1</sup>

### Abstract

Furrow irrigation is one of the oldest methods of irrigation in which soil surface is used to convey and infiltrate water. The furrow geometry data are used for design, evaluation and simulation of furrow irrigation. With furrow geometry data, the furrow infiltration, irrigation efficiency and furrow erosion and sedimentation can be estimated more precisely. Furrow geometry is expressed with some power functions and the coefficients of these functions are used as input for surface irrigation models. In this article, a computer program with Matlab version 7 was written to calculate the furrow cross section functions. The functions are power functions and second order polynomial. To evaluate the model, two cross section data of a furrow irrigation field were used. The model predictions were compared with the two-point method of Elliott and Walker and the results showed that the coefficients of furrow cross section equations obtained by the Elliott and Walker are different with the model output. The results showed that the model is capable to predict the field cross-sectional data with high accuracy. The comparison of coefficient of determinations of the fitted power function and second order polynomial function to the field data showed that both functions can predict the field data closely.

**Key words:** Furrow cross section, Simulation, Geometry functions, Surface irrigation.

---

\*- Corresponding author Email: behrouz@cc.iut.ac.ir

1 - Contribution from College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran