نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۳، جلد۸، مرداد - شهریور ۱۳۹۳، ص. ۵۵۵-۵۴۹

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 3, Vol. 8, Jul-Agu. 2014, p. 549-555

تعیین ضرایب نفوذ و زبری بهینه در آبیاری جویچه‌ای با استفاده از مدل هیدرودینامیک کامل

الهام بیک زاده[1*]- علی نقی ضیایی[2]- کامران داوری[3]- حسین انصاری[4]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۶/۱۹

چکیده

پارامترهای نفوذ و زبری تأثیر قابل توجهی بر میزان نفوذ و هم‌چنین شبیه‌سازی آبیاری جویچه‌ای دارند. علاوه بر آن تغییرپذیری این ضرایب در طول آبیاری و در زمان‌های متفاوت بر اساس تفاوت در محیط خیس‌شده، موجب تغییر در میزان نفوذ و در نهایت مدل‌سازی عددی نامطلوب می‌گردد. به همین منظور در این تحقیق ابتدا با استفاده از روش‌های دونقطه‌ای و واسنجی چند مرحله‌ای، ضرایب نفوذ و زبری بهینه توسط یک مدل هیدرودینامیک کامل برآورد گردید، سپس به بررسی یک روش مقیاس برای کنترل‌های زمان واقعی پرداخته شد. برای ارزیابی نتایج حاصل از مدل، از داده‌های مزرعه‌ای واکر و پرینتز استفاده شد. روش دونقطه‌ای در آبیاری پرینتز مقدار RMSE را در فاز پیشروی از ۵/۷۶ به ۳/۷۲ کاهش و در فاز پسروی از مقدار ۲/۷۲ به ۲/۷۵ افزایش داده است. در آبیاری واکر نیز موجب افزایش خطا از ۵/۹۹ به ۲۶/۹۸ در فاز پیشروی و کاهش خطا از ۱۵/۱۸ به ۱۳/۲۳ در فاز پسروی گردید. روش مقیاس نیز عملکرد مشابهی با روش دونقطه‌ای نشان داد. در صورتی‌که روش واسنجی در آبیاری‌های واکر و پرینتز در هر دو فاز پیشروی و پسروی نسبت به روش دونقطه‌ای و روش مقیاس بهتر عمل کرده و موجب کاهش خطای شبیه‌سازی گردید.

واژه‌های کلیدی: واسنجی چند مرحله‌ای، روش دونقطه‌ای، روش مقیاس، معادله سنت ونانت

مقدمه

نفوذ آب در داخل خاک یکی از حساس‌ترین پارامترهای هیدرولیکی مؤثر بر آبیاری سطحی و یکی از مشکل‌ترین پارامترهایی است که باید برآورد گردد (Ebrahimian and Liaghat., 2011). از دیگر عوامل مهم حرکت آب در آبیاری جویچه‌ای، مقاومت در مقابل جریان آب است که با ضریب زبری بیان می‌شود و تخمین آن در آبیاری جویچه‌ای دشوار است. تعیین مقادیر صحیح ضریب زبری مانینگ و ضرایب نفوذ در آبیاری از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد. تاکنون روش‌های متعددی جهت برآورد ضرایب نفوذ ارائه شده است که می‌توان به روش‌های دو نقطه‌ای الیوت و واکر، بنامی و افن، یک نقطه‌ای شیپارد و همکاران، یک نقطه‌ای والیانتزاس و همکاران و روش واسنجی چند مرحله‌ای واکر اشاره نمود (Ebrahimian and Liaghat., 2011). اکثر این روش‌ها مانند روش دونقطه‌ای الیوت و واکر و یک نقطه‌ای شیپارد بر پایه‌ی بیلان حجمی بوده و به ترتیب با استفاده از دو و یک نقطه‌ی پیشروی در مزرعه، ضرایب نفوذ را تخمین می‌زنند (Holzapfel et al., 2004). یکی از مسائل مهمی که در بسیاری از مدل‌های آبیاری در نظر گرفته نشده است، بررسی تغییرات خصوصیات خاک و در نتیجه ضرایب نفوذ در فواصل مکانی و زمانی متفاوت می‌باشد. اندازه‌گیری‌های مستقیم مانند استفاده از حلقه‌های مضاعف یا شیار مسدود جهت تعیین ضرایب نفوذ به دلیل تغییرپذیری مکانی خاک، نمی‌تواند نرخ واقعی نفوذ را در تمام طول جویچه به‌دست دهد. تقریباً تمامی معادلات نفوذ ارائه شده، تنها وابسته به فرصت زمانی نفوذ می‌باشند، در حالی که این مسأله بیش‌تر در حالت‌هایی که نفوذ به صورت یک‌بعدی می‌باشد (مانند کرت) صحت دارد، اما در جویچه به علت این‌که نفوذ به صورت دوبعدی رخ می‌دهد، محیط خیس‌شده نیز بر میزان نفوذ تأثیر خواهد داشت (Camacho et al., 1997). به این ترتیب با توجه به تغییرات زمانی و مکانی نفوذ در آبیاری جویچه‌ای، روش‌هایی به نام زمان واقعی معرفی گردید که با نیاز به داده‌های مزرعه‌ای کم‌تر بتواند همزمان با آبیاری مقدار نفوذ را تعدیل کند (Khatri and Smith., 2006 and koech et al., 2010). خاطری و اسمیت، فاکتور مقیاسی را جهت تصحیح مقدار نفوذ در آبیاری‌های متفاوت معرفی کردند، به این صورت که ابتدا در یک جویچه مدل، پارامترهای نفوذ را به‌دست آورده و در جویچه‌ها و یا آبیاری‌های بعدی مزرعه تنها با یک نقطه پیشروی نفوذ را تعدیل نمودند(Khatri and Smith., 2006).

با توجه به مباحث مطرح شده، هدف این تحقیق، ابتدا تعیین

۱- کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشگاه فردوسی مشهد
۲- استادیارگروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۳- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۴- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول Email: Elhambz@ymail.com)

ضرایب نفوذ و ضریب زبری با استفاده از روش‌های دونقطه‌ای و واسنجی چندمرحله‌ای و سپس بررسی فاکتور مقیاس بر ضرایب نفوذ معادله‌ی کوستیاکف لوئیس و همچنین میزان نفوذ می‌باشد.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق از یک مدل هیدرودینامیک کامل برای شبیه‌سازی جریان در جویچه استفاده شد که به روش ضمنی پریزمن و با استفاده از الگوریتم جاروب برگشتی، گسسته و حل گردیده است. این کد در محیط برنامه نویسی متلب تهیه شده و با استفاده از داده‌های مزرعه‌ای و همچنین نرم افزار SIRMOD صحت سنجی گردیده است (بیک‌زاده، ۱۳۹۱).

معادلات حاکم بر جریان سطحی:

معادله‌ی سنت ونانت مورد استفاده در مدل عبارت است از:

$$\frac{\partial A}{\partial t}+\frac{\partial Q}{\partial x}+\frac{\partial Z}{\partial_T}=0 \qquad (۱)$$

$$\frac{1}{Ag}\frac{\partial Q}{\partial t}+\frac{\partial Q}{A^2g}\frac{\partial Q}{\partial x}+\left(1-\frac{T^2\Gamma}{A^2g}\right)\frac{\partial y}{\partial x}-S_0+S_f=0 \qquad (۲)$$

که رابطه (۱) معادله پیوستگی و رابطه (۲) معادله مومنتوم می‌باشد و در آن‌ها، A: سطح مقطع جریان (m^2)، Q: دبی $(\frac{m^3}{sec})$، t: زمان سپری شده (sec)، x: فاصله از ابتدای جویچه (m)، τ: فرصت زمانی نفوذ (sec)، Z: نفوذ تجمعی (m)، g: شتاب جاذبه $(\frac{m}{sec^2}$ ۹/۸۱ $)$، y: عمق جریان (m)، S_0: شیب مزرعه $(\frac{m}{m})$، S_f: شیب اصطکاکی $(\frac{m}{m})$ و T: عرض سطح جریان (m) می‌باشد.

معادله جریان زیرسطحی:

معادله‌ی نفوذ به کار رفته در مدل عددی استفاده شده، کوستیاکوف لوئیس می‌باشد که عبارت است از:

$$z=k\tau^a+f_0\tau \qquad (۳)$$

که در معادله (۳) f_0: پارامتر نفوذ نهایی یا پایه $(\frac{m^3}{m.min})$ و k $(\frac{m^3}{m.min^a})$ و a (بی بعد) ضرایب تجربی برای جویچه می‌باشند.

روش دونقطه‌ای

روش دو نقطه‌ای یکی از معروف‌ترین روش‌های حل معکوس معادلات جریان در بیلان حجمی می‌باشد. روابط مورد استفاده در این روش به صورت زیر تعریف می‌گردد.

$$x=pt^r \qquad (۴)$$

رابطه‌ی (۴) معادله‌ی توانی پیشروی می‌باشد که در آن از دو نقطه پیشروی اندازه‌گیری شده در مرکز و انتهای مزرعه استفاده می‌گردد و به این ترتیب می‌توان ضرایب معادله‌ی پیشروی را به صورت زیر به‌دست آورد:

$$r=\frac{\ln(\frac{x_1}{x_2})}{\ln(\frac{t_1}{t_2})} \qquad (۵)$$

$$p=\frac{x_1}{t_1^r} \qquad (۶)$$

که در آن‌ها $x1$ و $x2$ به ترتیب طول پیشروی در مرکز و انتهای مزرعه، و $t1$ و $t2$ زمان پیشروی در مرکز و انتهای مزرعه می‌باشند. با استفاده از معادله‌ی بیلان حجمی می‌توان ضرایب a و k معادله‌ی نفوذ کوستیاکوف لوئیس را به صورت زیر اصلاح نمود:

$$a=\frac{\ln(\frac{V_{1,2}}{V_{2,2}})}{\ln(\frac{t_1}{t_2})} \qquad (۷)$$

$$k=\frac{V_{1,2}}{ox_2t_2^a} \qquad (۸)$$

$$V_{1,i}=\frac{Qt_i-\sigma_y x_i y_i-\sigma z_1 f_0 t_i x_i}{x_i} \qquad (۹)$$

که در معادلات (۷) تا (۹) i شماره‌ی گره (که در اینجا ۱ و ۲ می‌باشد)، σ_y ضریب ذخیره سطحی (در اینجا ۰/۷۷ درنظر گرفته شده است) و σz_1 و σz_2 ضرایب ذخیره زیرسطحی می‌باشند که به صورت زیر تعریف می‌گردد:

$$\sigma z_1=\frac{(2+r-r\bar{a}+1)}{(1+\bar{a})(1+r)} \qquad (۱۰)$$

$$\sigma z_2=\frac{1}{1+r} \qquad (۱۱)$$

نکته‌ی قابل توجه این است که این روش توانایی واسنجی کردن ضریب f_0 را ندارد و باید جداگانه و با استفاده از هیدروگراف ورودی و خروجی تخمین زده شود (Gillies, 2008).

واسنجی چند مرحله‌ای

برای تخمین ضرایب نفوذ و ضریب زبری، چهار مشخصه در مزرعه مطرح می‌شود که شامل ۱) زمان پیشروی، ۲) زمان پسروی، ۳) شکل هیدروگراف رواناب و ۴) مقادیر داده‌های رواناب می‌باشد. هر کدام از این مشخصات مزرعه به یکی از پارامترهای نفوذ و یا زبری حساسیت بیش‌تری دارند، به طور مثال زمان پسروی نسبت به ضرایب k و a در معادله‌ی کوستیاکف لوئیس غیرحساس می‌باشد، شکل و مقادیر هیدروگراف رواناب بیش‌تر تابعی از پارامترهای a و f_0 می‌باشد و به طور کلی زمان پیشروی بیش‌ترین حساسیت را به ضرایب k و u دارد. این تأثیرات متفاوت باعث شد روشی ارائه شود که بتواند به صورت گام به گام و چند مرحله‌ای پارامترهای نفوذ را تخمین بزند. یکی از مزایای این روش، ساده و پایدار بودن آن از نظر عددی می‌باشد. اما از معایب این روش نیاز به زمان طولانی در طول فرایند شبیه‌سازی می‌باشد. در این روش دو مسأله باید مد نظر قرار گیرد، یکی اینکه هر ضریب با توجه به تأثیر متفاوت آن، باید به یکی از مشخصات مزرعه نسبت داده شود، که بعد از آزمایش‌های گوناگون توسط واکر (Walker,2005)، پارامترهای k به زمان پیشروی، a به شکل هیدروگراف رواناب، f_0 به مقادیر رواناب و ضریب زبری مانینگ به زمان پسروی نسبت داده شد. مسأله‌ی بعدی ترتیب انجام محاسبات می‌باشد که باز هم بر اساس گزارش واکر بهتر است ابتدا

پارامتر k در حلقه‌ی داخلی و سپس f_0 ، a و n به ترتیب در حلقه‌های خارجی برآورد گردد (Walker, 2005).

مراحل واسنجی

مرحله‌ی اول :

$$k^* = \min[abs(t_i - \bar{t}_i)]_{a,f_0,n} \quad (۱۲)$$

که در معادله (۱۲) k^* مقداری است که زمان پیشروی شبیه‌سازی شده $\bar{t}_i$ و زمان پیشروی اندازه‌گیری شده t_i را در هر مقداری از a ، f_0 و n برابر می‌کند. در این مرحله تنها نقطه‌ی پیشروی انتهای زمین در نظر گرفته می‌شود.

مرحله‌ی دوم:

$$f_0^* = \min[RMSE]_{a,k^*,n} = \min\left\{\sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(ro_i - \overline{ro_i})^2}\right\}_{a,k^*,n} \quad (۱۳)$$

که در آن f_0^* مقداری است که ریشه‌ی میانگین مربعات خطای تمام داده‌های هیدروگراف رواناب خروجی اندازه‌گیری شده ro_i و داده‌های رواناب شبیه‌سازی شده‌ی متناظر $\overline{ro_i}$ را با مقادیر a ، n و k^* کمینه کند.

مرحله‌ی سوم:

$$a^* = \min\left\{\sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(ro_i - \overline{ro_i})^2}\right\}_{k^*,f_0^*,n} \quad (۱۴)$$

در این مرحله نیز مانند مرحله‌ی قبل، از داده‌های رواناب استفاده می‌شود و مقدار a^* با توجه به پارامترهای n ، f_0^* و k^* طوری به‌دست خواهد آمد که ریشه‌ی میانگین مربعات خطای بین تمام داده‌های هیدروگراف رواناب خروجی اندازه‌گیری شده و داده‌های رواناب شبیه‌سازی شده‌ی متناظر، حداقل گردد.

مرحله‌ی چهارم:

$$n^* = \min[abs(t_R - \bar{t}_R)]_{a^*,k^*,f_0^*} \quad (۱۵)$$

که در آن t_R مقدار زمان پسروی شبیه‌سازی شده در انتهای مزرعه و $\bar{t}_R$ زمان پسروی اندازه‌گیری شده در انتهای زمین می‌باشد. این مرحله نیز شبیه مرحله‌ی اول بوده و مقدار n^* با توجه به a^* ، k^* و f_0^* به‌دست می‌آید و در نتیجه در انتهای این مرحله، چهار پارامتر بهینه‌ی مورد نظر به‌دست خواهند آمد (Moravejalahkami et al., 2009).

مقیاس کردن نفوذ

خاطری و اسمیت، بیان کردند که با وجود مطالعات فراوانی که در زمینه‌ی تخمین پارامترهای نفوذ انجام شده است، هیچ‌کدام از آن روش‌ها قابلیت استفاده در آبیاری با زمان واقعی را ندارند و بزرگ‌ترین محدودیت آن‌ها نیاز به داده‌برداری زیاد می‌باشد. به همین علت روشی توسط آن‌ها ارائه گردید که در آن با استفاده از فاکتور مقیاس به‌دست آمده از یک جویچه مدل می‌توان شبیه‌سازی در آبیاری‌های بعدی و یا جویچه‌های دیگر را تعدیل نمود (Khatri and Smith., 2006). در این روش ابتدا پارامترهای نفوذ در جویچه مدل با استفاده از داده‌های پیشروی و پسروی به طور دقیق برآورد شده و سپس در بقیه جویچه‌ها و یا آبیاری‌های دیگر تنها با اندازه‌گیری یک نقطه پیشروی در مرکز زمین مقدار نفوذ تصحیح خواهد شد. فاکتور مقیاس در جویچه مدل برابر ۱ و در شرایط دیگر می‌تواند بزرگ‌تر یا کوچک‌تر از یک باشد. فاکتور مقیاس ارائه شده توسط خاطری و اسمیت که از معادله‌ی بیلان حجمی استخراج گردیده است به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$F = \frac{Q_0 t - a_c k a_{cr} x^n - \frac{k a i x}{1+r}}{a_c k a_{cr} x^n} \quad (۱۶)$$

که در واقع همان معادلات مورد استفاده در روش دونقطه‌ای می‌باشد. در معادله‌ی ۱۶ پارامترهای نفوذ مقادیر به‌دست آمده در جویچه مدل بوده اما i و x به ترتیب زمان و طول پیشروی در نقطه‌ی مرکزی جویچه مورد مطالعه می‌باشد سپس این فاکتور در معادله‌ی نفوذ کوستیاکف لوئیس ضرب شده و نفوذ تصحیح شده به‌دست خواهد آمد.

نتایج و بحث

برای آزمون و ارزیابی نتایج شبیه‌سازی از داده‌های مزرعه‌ای واکر و پرینتز (استخراج شده از مقاله‌ی ردی (۱۹۸۹)) استفاده گردید که مشخصات آن‌ها در جدول ۱ نشان داده شده است. (Reddy, 1989 and Walker, 1989) نتایج این تحقیق در دو بخش تخمین ضرایب نفوذ و زبری و همین‌طور بررسی تأثیر فاکتور مقیاس و اثر محیط خیس‌شده بر مقدار نفوذ، به‌صورت جداگانه ارائه می‌گردد. جهت فرایند ارزیابی و اعتمادسنجی مدل، از معیارهای ریشه‌ی میانگین مربعات خطا (RMSE)، خطای استاندارد (SE) استفاده گردید که در جداول ۳ و ۴ آورده شده است.

تخمین ضرایب نفوذ و ضریب زبری

با استفاده از روش واسنجی چند مرحله‌ای ارائه شده توسط واکر (Walker., 2005)، کد مربوط به این بخش نیز در محیط متلب نوشته شد و پس از تلفیق با کد حل عددی معادلات حاکم (هیدرودینامیک کامل)، ضرایب نفوذ معادله‌ی کوستیاکوف لوئیس و ضریب زبری برای داده‌های مزرعه‌ای واکر و پرینتز به‌دست آمد که نتایج آن در جدول ۲ مشاهده می‌شود. سپس نتایج حاصل با روش دونقطه‌ای مقایسه گردید که در شکل‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است. همان‌طور که در جدول ۳ و ۴ ملاحظه می‌گردد، روش دونقطه‌ای در آبیاری پرینتز مقدار RMSE را در فاز پیشروی از مقدار۵/۷۶۷ به ۳/۷۲۲ کاهش و در فاز پسروی از مقدار ۲/۷۲ به ۲/۷۵ افزایش داده است. روش واسنجی چند مرحله‌ای نیز موجب

کاهش خطاهای پیشروی و پسروی به مقادیر ۲/۳۸۸ و ۲/۵۱ گردید که در مقایسه با روش دونقطه‌ای عملکرد بهتری را نشان می‌دهد. در آبیاری واکر روش دونقطه‌ای موجب افزایش خطای پیشروی از ۵/۹۹۸ به ۲۶/۹۸ و کاهش خطای پسروی از ۱۵/۱۸ به ۱۳/۲۳ گردید، در حالی‌که روش واسنجی خطای پیشروی و پسروی را به ترتیب به ۲/۳۹ و ۲/۱۶ کاهش داده است. به این ترتیب مشاهده می‌شود که روش دونقطه‌ای نمی‌تواند در هر شرایطی موجب بهبود شبیه‌سازی شود. همان‌طور که هولزاپفل و همکاران (Holzapfel., 2004) اشاره کردند، از معایب این روش آن است که شیب زمین، زبری و سطح مقطع جویچه باید در طول آن یکسان باشد و در صورت تغییر این پارامترها، این روش نتایج خوبی ارائه نمی‌دهد، هم‌چنین بیان کردند که روش دونقطه‌ای در جویچه‌های عریض (عرض سطح ۰/۶ متر) نتایج بهتری می‌دهد، اما در جویچه‌های با عرض کم (عرض سطح ۰/۴ متر) ضعیف‌تر عمل می‌کند. هم‌چنین به علت اینکه روش دونقطه‌ای تنها ضرایب α و k را بدست می‌دهد، مقدار f_0 باید به طور جداگانه و با توجه به هیدروگراف ورودی و خروجی اصلاح شود و این مورد می‌تواند از جمله معایب دیگر این روش محسوب شود و موجب عدم بهبود شبیه‌سازی گردد (Gillies, 2008). اما روش واسنجی چند مرحله‌ای علی‌رغم نیاز به زمان و داده‌های بیش‌تر، به علت استفاده از داده‌های هیدروگراف رواناب خروجی و واسنجی تمامی پارامترهای نفوذ و ضریب زبری می‌تواند نتایج بهتری را ارائه دهد و همان‌طور که در جدول ۳ و ۴ مشاهده می‌شود باعث ارتقای نتایج مدل در هر دو فاز پیشروی و پسروی گردد.

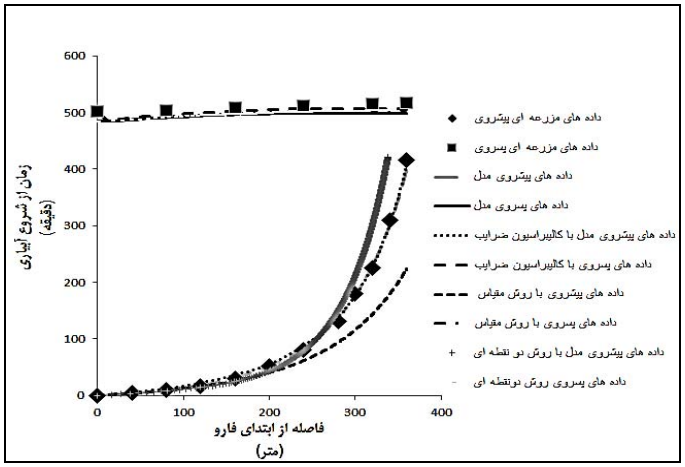
با توجه به نتایج به‌دست آمده از روش مقیاس که در جداول ۳ و ۴ نشان داده شده است می‌توان مشاهده کرد که با مقیاس کردن نفوذ با استفاده از این روش در آبیاری پرینتز خطای پیشروی و پسروی کاهش پیدا کرده اما این روش نیز مانند روش دونقطه‌ای در آبیاری واکر موجب افزایش خطای پیشروی از ۵/۹۹۸ به ۷۴/۳۳ گردیده که می‌تواند به علت استفاده از روابط مشابه با روش دونقطه‌ای باشد و اینکه مانند روش دونقطه‌ای نمی‌تواند در تمام شرایط نتایج مطلوبی ارائه دهد اما در شرایطی که روش دونقطه‌ای به خوبی عمل می‌کند روش مقیاس می‌تواند برای روش‌های زمان واقعی در مزارع به کار رود و نتایج قابل قبولی را ارائه دهد. بدیهی است این روش که فقط به یک نقطه اندازه‌گیری نیاز دارد از این نظر بر روش دونقطه برتری دارد.

جدول۱- پارامترهای ورودی مدل در آبیاری‌های پرینتز و واکر

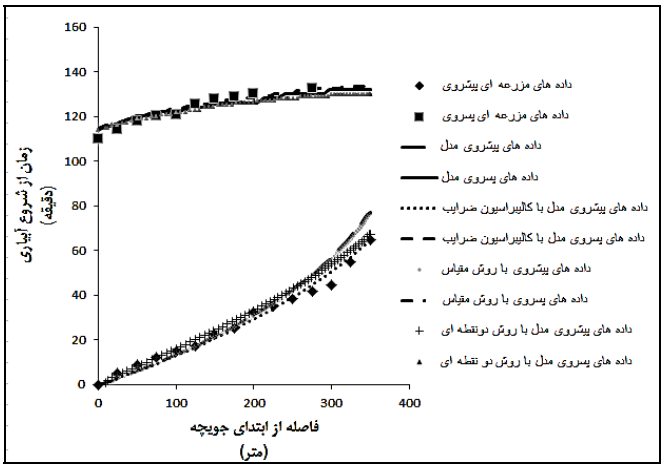
پارامترهای ورودی به مدل	مقادیر پارامترهای ورودی به مدل	
	پرینتز	واکر
دبی ورودی: $q_0(\frac{m^3}{s})$	۰/۰۰۳۵	۰/۰۰۲۰
شیب کف: $s_0(\frac{m}{m})$	۰/۰۰۲۵	۰/۰۰۸۰
ضریب مانینگ: n	۰/۰۲۰۰	۰/۰۴۰۰
طول جویچه: $l\,(m)$	۳۵۰	۳۶۰
زمان قطع جریان: $t_{cut}(min)$	۱۱۰	۴۸۰
$k(m^3m^{-1}min^{-a})$	۰/۰۱۲۵	۰/۰۰۲۸
a(بدون بعد)	۰/۰۲۴۰	۰/۵۳۴۰
$f_0(m^3m^{-1}min^{-a})$	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰۲
σ_1	۰/۹۵۳۰	۰/۵۰۸۳
σ_2	۱/۳۳۳۰	۱/۵۵۴۶
ρ_1	۰/۶۲۰	۰/۳۲۷۲
ρ_2	۲/۹۲۰	۲/۷۱۲۰

جدول۲- پارامترهای نفوذ و زبری بدست آمده از روش واسنجی چند مرحله‌ای در آبیاری‌های پرینتز و واکر

پارامترهای ورودی به مدل	مقادیر پارامترهای ورودی به مدل	
	پرینتز	واکر
ضریب مانینگ: n	۰/۰۲۰۰	۰/۰۶۵۰
$k(m^3m^{-1}min^{-a})$	۰/۰۱۲۵	۰/۰۰۲۹
a(بدون بعد)	۰/۰۲۴۰	۰/۵۰۰۰
$f_0(m^3m^{-1}min^{-a})$	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰۲



شکل ۱- مقایسه‌ی نتایج مدل با استفاده از روش‌های دونقطه‌ای، واسنجی چند مرحله‌ای و روش مقیاس با داده‌های مزرعه‌ای واکر



شکل ۲- مقایسه‌ی نتایج مدل با استفاده از روش‌های دونقطه‌ای، واسنجی چند مرحله‌ای و روش مقیاس با داده‌های مزرعه‌ای پرینتز

جدول ۳- بررسی شاخص‌های آماری در مدل ارائه شده در آبیاری واکر

	(الف)		(ب)		(پ)		(ت)	
شاخص آماری	پیشروی	پسروی	پیشروی	پسروی	پیشروی	پسروی	پیشروی	پسروی
SE	۰/۰۳	۰/۴۹	۰/۰۲	۰/۳۲	۰/۰۱	۰/۰۸	۰/۰۲	۰/۹۷
RMSE	۱۵/۱۸	۵/۹۹	۱۳/۲۳	۲۶/۹۸	۲/۱۶	۲/۳۹	۱۲/۱۳	۷۴/۳۳

معرفی ستون‌ها: الف- مدل ارائه شده با ضرایب نفوذ ثابت، **ب**- مدل ارائه شده با روش دو نقطه‌ای
پ- مدل ارائه شده با اعمال واسنجی ضرایب نفوذ و زبری، **ت**- مدل ارائه شده با روش مقیاس

جدول ٤- بررسی شاخص‌های آماری در مدل ارائه شده در آبیاری پرینتز

	(الف)		(ب)		(پ)		(ت)	
شاخص آماری	پیشروی	پسروی	پیشروی	پسروی	پیشروی	پسروی	پیشروی	پسروی
SE	۰/۰۲	۰/۱۹	۰/۰۲	۰/۱۲	۰/۰۲	۰/۰۸	۰/۰۲	۰/۱۸
RMSE	۲/۷۲	۵/۷۶	۲/۷۵	۳/۷۲	۲/۵۱	۲/۳۸	۲/۷۵	۵/۶۱

معرفی ستون‌ها: الف- مدل ارائه شده با ضرایب نفوذ ثابت، **ب**- مدل ارائه شده با روش دو نقطه‌ای
پ- مدل ارائه شده با اعمال واسنجی ضرایب نفوذ و زبری، **ت**- مدل ارائه شده با روش مقیاس

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج ارائه شده در جدول ۳ و ۴ روش واسنجی چند مرحله‌ای ۵۸٪ و ۷٪ کاهش خطا (RMSE) را در آبیاری پرینتز و ۶۰٪ و ۸۵٪ کاهش خطا را در آبیاری واکر به‌ترتیب برای شبیه‌سازی فازهای پیشروی و پسروی (نسبت به مدل بدون واسنجی ضرایب نفوذ و زبری) به همراه داشت. اما روش دونقطه‌ای در آبیاری واکر موجب افزایش خطای پیشروی از ۵/۹۹۸ به ۲۶/۹۸ گشته است که با توجه به نتایجی که پیش‌تر اشاره شد، می‌توان بیان کرد که به طور کلی روش واسنجی چند مرحله‌ای نسبت به روش دونقطه‌ای عملکرد بهتری را نشان داده است و می‌تواند موجب ارتقای نتایج مدل گردد. روش مقیاس نفوذ با توجه به جداول ۳ و ۴ نیز همانند روش دونقطه‌ای در آبیاری واکر موجب افزایش خطا گشته است. به این علت که معادلات مورد استفاده در روش مقیاس فرم ساده شده‌ای از معادلات روش دونقطه‌ای می‌باشد، به نظر می‌رسد در شرایطی که روش دونقطه‌ای عملکرد مطلوبی نشان ندهد روش مقیاس نیز نمی‌تواند نتایج خوبی ارائه دهد. اما همانطور که پیش‌تر اشاره شد اگر شرایط مزرعه برای به کار بردن روش دو نقطه‌ای مناسب بود بهتر است از روش مقیاس(به جای روش دونقطه‌ای) به علت سادگی و نیاز به تنها یک نقطه پیشروی استفاده نمود.

منابع

بیک زاده، الف. ۱۳۹۱. مدل‌سازی عددی همزمان جریان سطحی و زیرسطحی در آبیاری شیاری، ابزاری جهت مدیریت آبیاری سطحی. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه فردوسی مشهد.

Camacho,E., Lucena,C.P., Canas,J.R and Alcaide,M. 1997.IPE: Model for management and control of furrow irrigation in real time. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 123(4):264-269.

Ebrahimian,H., Liaghat,A. 2011. Field evaluation of varios mathematical models for furrow and border irrigation systems. Soil and Water Research, 6: 91-101.

Gillies,M.H. 2008. Managing the effect of infiltration variability on the performance of surface irrigation. Thesis of PH.D. Faculty of Engineering and Surveying. University of southern Queensland. Australia.

Holzapfel,E.A., JaraJ., Zuniga,C., Marino,M.A., Paredes,J and Billib,M. 2004. Infiltration parameters for furrow irrigation. Agricultural Water Management, 68, 19-32.

Khatri,R.L and Smith,R.L. 2009. Real-time prediction soil infiltration characteristics for the management of furrow irrigation. Irrigation Science, 25: 33-43.

Koech,R., Gillies,M., Smith,R. 2010. Simulation modeling in surface irrigation systems. Southern Region Engineering Conference.

Moravejalahkami,B., Mostafazadeh-Fard,B., Heidarpour,M and Abbasi,F. 2009. Furrow infiltration and roughness prediction for different furrow inflow hydrographs using a zero-inertia model with a multilevel calibration approach. Biosystems engineering, 374-381.

Reddy,M.J. 1989. Integral equation solutions to surface irrigation. Journal of Agricultural Engineering Research,42, 251-265.

Walker,W.R. 1989. SIRMOD a model of surface irrigation, Utah State University, Logan, Utah.

Walker,W.R. 2005. Multilevel calibration of furrow infiltration and roughness. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 131(2):129-136.

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 3, Vol. 8, Jul-Agu. 2014, p. 549-555

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۳، جلد۸، مرداد - شهریور ۱۳۹۳، ص. ۵۵۵-۵۴۹

Finding the Optimum Infiltration and Roughness Parameters in Furrow Irrigation Using Complete Hydrodynamic Model

E.Beykzadeh[1*], A.N. Ziaei[2], K.Davari[3], H .Ansari[4]
Recived: Apr. 5, 2014 Accepted: Sep. 10, 2014

Abstract

Infiltration and roughness coefficients have significant effect on infiltration and furrow irrigation simulation. The variability of these coefficients and also wetted perimeter during irrigation and among different irrigations can lead to inaccurate modeling results. Therefore, in this study, the infiltration parameters and roughness coefficient were first estimated using two point method and multilevel calibration method with a complete hydrodynamic model. The effect of scaling method was then evaluated. Two sets of field data, walker and Printz were utilized for the verification of the results. RMSE values for advance phase were reduced from 5/76 to 3/72 for Prints irrigation data with two point method and increased for recession phase from 2/72 to 2/75. This method caused the recession simulation error to increase from 5/99 to 26/98 and the advance error to reduce from 15/18 to 13/23 for walker irrigation data. The scaling method had the similar results to two point method. However, the advance and recession error in both Walker and Printz irrigations were reduced using the multilevel calibration method.

Keywords: multilevel calibration, two point method, scaling method, Saint-Venant equation

1 - Graduated MSc student of Irrigation and Drainage, Ferdowsi university of Mashhad
2 - Assistant Professor, Department of Water Engineering, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
3 - Associate Professor, Department of Water Engineering, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
4 - Associate Professor, Department of Water Engineering, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
(*-Corresponding Author Email: elhambz@ymail.com)