

روندیابی سیلاب و تخمین تلفات نشت در رودخانه‌های فصلی با حل همزمان معادلات جریان غیر ماندگار و نشت

رسول قبادیان^۱

تاریخ دریافت: ۸۹/۳/۲۳

تاریخ پذیرش: ۸۹/۸/۱۶

چکیده

روند یابی جریان در رودخانه‌های فصلی بدلیل تلفات انتقال و نبود جریان پایه قبل از وقوع سیلاب با روش‌های مرسوم روند یابی امکان پذیر نمی باشد و لازم است روشهای روند یابی این رودخانه‌ها توسعه داده شوند. بدین منظور در این تحقیق مدلی کامپیوتری برای مقاطع نامنظم رودخانه‌ای تهیه شده است که در آن معادلات دیفرانسیل جزئی جریان غیر ماندگار غیریکنواخت (معادلات سنت - ونانت) پس از خطی شدن، با روش تفاضل‌های محدود و تکنیک تناوبی حل می شوند. مدل مذکور این قابلیت را دارد که بطور همزمان جریان حوضه میانی و نشت در مسیر را در نظر بگیرد. به منظور تخمین تلفات انتقال روابط موسکات، دیویس - ویلسون و اینگهام در مدل مذکور با معادلات جریان غیر ماندگار جفت شده اند. بررسی دقت مدل از نقطه نظر برنامه نویسی، توانائی شبیه سازی جریان یکنواخت و ارضاء رابطه پیوستگی با استفاده از ۶۰ مقطع برداشت شده رودخانه قره سو در بازه‌ای به طول حدود ۱۸ کیلومتر و یک هیدروگراف دوزنقه‌ای که ناحیه جریان ماندگار آن به اندازه کافی طولانی است انجام شد. ارزیابی مدل به منظور پیش بینی رفتار جریان و تلفات انتقال با استفاده از هیدروگراف Lane و مشخصات رودخانه Hughes Wash انجام شد. نتایج این تحقیق نشان داد مدل تهیه شده با دقت بالائی توانائی شبیه سازی جریان ماندگار و ارضاء رابطه پیوستگی را دارد. علاوه براین استفاده از رابطه موسکات باعث می شود مدل زمان شروع و اوج سیلاب را به درستی تخمین زده و تلفات انتقال و حجم هیدروگراف خروجی را با خطای کمتر از ۲۰ درصد برآورد نماید. در حالیکه استفاده از روابط دیویس - ویلسون و اینگهام دلالت بر تطابق نامناسب نتایج مدل با مشاهدات صحرائی دارد.

واژه‌های کلیدی: تلفات انتقال، رودخانه فصلی، روند یابی سیلاب، معادلات سنت - ونانت

مقدمه

جریان و استفاده مستقیم از آب موجود منجر به تلفات انتقال بیشتری می شود، ۴- سازه‌های آبی ساخته شد از قبیل سدها، چک‌ها و پل‌ها، ۵- رقوم سطح آب زیر زمینی بدلیل تاثیر گذاشتن بر ظرفیت ذخیره موجود آبرفت، ۶- خصوصیات خاک بستر و کناره‌های رودخانه، ۷- حجم کل خلل و فرج خاک بستر و کناره‌ها، اندازه، شکل و پیوستگی آنها و ۸- فرآیند تبخیر که تا به امروز تاثیر آن بر تلفات انتقال بصورت دقیق مورد توجه قرار نگرفته است. مدل‌های توسعه داده شده برای روند یابی جریان در رودخانه‌های فصلی باید بتوانند برآوردی مناسب از تلفات انتقال ارائه دهند چرا که تعیین مقدار تلفات انتقال اطلاعات مفیدی در خصوص رواناب سطحی و تغذیه آب زیر زمینی می دهد. در مناطق خشک که سطح آب زیر زمینی پائین است تلفات انتقال قابل ملاحظه است برای مثال بروتو و گورجنز در مطالعه روی رودخانه لیمپوپو در ناحیه نیمه خشک افریقای جنوبی نشان دادند که تلفات انتقال تا ۳۰ درصد نیز رسیده است (۴). به هر حال معلوم

وقتی جریان سیلابی در یک رودخانه فصلی^۲ به راه می افتد در اثر تبخیر و نفوذ از بستر و کناره ها، حجم سیلاب کاهش می یابد. این کاهش حجم سیلاب تلفات انتقال نامیده می شود. پارامترهای موثر بر تلفات انتقال عبارتند از (۶): ۱- حجم و سرعت رواناب، معمولاً سیلاب‌های بزرگ تلفات نفوذ بیشتری را ایجاد می نمایند، ۲- هندسه کانال رودخانه، یک رودخانه در دره عمیق با کناره‌های شیبدار تند بصورت مرسوم از یک رودخانه کم عمق که نمی تواند سیلاب را به راحتی از خود عبور دهد تلفات نفوذ کمتری دارد. همچنین رودخانه‌های شریانی از یک نهر منفرد تلفات انتقال بیشتری را ایجاد می کند، ۳- پوشش گیاهی در مسیر رودخانه به دلیل کاهش سرعت

۱- استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی کرمانشاه

Email: rsglobal@gmail.com

2- Ephemeral river

مدل بستگی به استفاده از رابطه مناسب تخمین تلفات انتقال دارد. همانگونه که اشاره شد روند یابی سیلاب در رودخانه‌های فصلی به دلیل تلفات انتقال و شرایط اولیه غیر متعارف (عمق جریان صفر) پیچیدگی‌های خاص خود را دارد بدین منظور در این تحقیق مدلی کامپیوتری برای مقاطع نامنظم رودخانه‌ای تهیه شده است که در آن معادلات دیفرانسیل جزئی جریان غیر ماندگار غیریکنواخت (معادلات سنت - ونانت) پس از خطی شدن با روش تفاضل‌های محدود و تکنیک تناوبی حل می‌شوند. مدل مذکور این قابلیت را دارد که بطور همزمان جریان حوضه میانی و نشت در مسیر را در نظر بگیرد. به منظور تخمین تلفات انتقال از روابط متعدد از قبیل موسکات، دیویس و ویلسون و اینگهام در مدل مذکور استفاده شده است.

مواد و روش‌ها

تهیه مدل ریاضی

روند یابی هیدرولیکی سیل در یک بازه از رودخانه با حل همزمان معادلات پیوستگی و اندازه حرکت که به معادلات سنت - ونانت معروف می‌باشند انجام می‌شود. در این تحقیق از شکل قدیمی^۱ معادلات مذکور استفاده شده است:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + T_w \frac{\partial Z}{\partial t} = q_t \quad (1)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} - \frac{2\beta Q T_w}{A} \frac{\partial Z}{\partial t} + \frac{2\beta Q q_t}{A} - \beta \frac{Q^2}{A^2} \frac{\partial A}{\partial x} = -gA \frac{\partial A}{\partial x} - g \frac{n_m^2 Q Q}{AR^{4/3}} \quad (2)$$

که در آنها:

Q = دبی جریان، A = سطح مقطع جریان، Z = رقوم سطح آب، T_w = عرض سطح آب، β = ضریب اندازه حرکت n_m = ضریب زبری

مانینگ، R = شعاع هیدرولیکی مقطع، Q_L = دبی جریان ورودی یا خروجی (ورودی مثبت و خروجی منفی) در واحد طول کانال می‌باشد.

در این تحقیق برای محاسبه دبی نشت (Q_L) از بستر و کناره رودخانه از روابط دبی نشت از بستر کانال‌ها به شکل زیر استفاده شده است:

$$q_t = ky \left[1.071 \left(\frac{T}{y} \right) + 1.786 \right] \times \left(\frac{m}{1.5} \right) \quad (3)$$

موسکات

که در آن Q_L دبی نشت (متر مکعب بر ثانیه در واحد طول کانال)، K ضریب نفوذ پذیری (متر بر ثانیه)، T عرض سطح آب (متر)، y عمق جریان (متر) و m شیب جانبی کانال. لازم به ذکر است که رابطه ۳ برای شرایطی نوشته شده است که سطح آب زیر زمینی در

شده است که تغذیه غیر مستقیم سفره آب زیر زمینی به وسیله تلفات انتقال از رودخانه‌های فصلی در مناطق خشکتر بیشتر است و آن را به عنوان عامل کلیدی برای جایگزینی آب تازه برداشت شده از سفره آب زیر زمینی می‌دانند (۵).

مطالعات کوچک مقیاس انجام شده بر روی رودخانه‌های مختلف نواحی خشک نشان داده است که تلفات انتقال وابستگی شدیدی به مکان و زمان دارند (۱۱). اگر داده‌های هیدرومتری در بالا دست و پائین دست بازه مورد مطالعه در دست باشد بوسیله مقایسه حجم جریان ورودی و خروجی می‌توان تلفات انتقال را محاسبه نمود. با تجزیه و تحلیل رگرسیونی نشان داده شده است که تلفات انتقال بستگی به حجم جریان و خصوصیات رودخانه دارد (۱۱ و ۱۳). لانگ به بررسی تلفات نشت در طی ۱۴ رخداد هیدرولوژیکی در رودخانه کویسب در صحرای نامیبیا (Kuseb River, Namibia Desert, Namibia) به طول ۱۵۰ کیلومتر پرداخت. مطالعات وی نشان داد تلفات نشت وقتی که هیدروگراف ورودی با دبی اوج بالاتری اتفاق می‌افتد، بیشتر است. وی خاطر نشان کرد که هرچند درصد کمی تغذیه سفره آب زیر زمینی را نمی‌توان حساب نمود ولی مقدار تغذیه آب زیر زمینی در اثر وقوع یک سیلاب بزرگ منحصر بفرد بیشتر از مقدار تغذیه توسط چند سیلاب کوچک متوالی می‌باشد (۱۰).

روابط ورودی و خروجی در یک بازه رودخانه ممکن است با یک روش ساده روند یابی ترکیب شود. نایگتون و نانسون یک رودخانه طولانی به طول ۴۰۰ کیلومتر و یک رودخانه کوتاه با طول ۳۲ کیلومتر را در استرالیا مطالعه کردند. نتایج آنها نشان داد که تنها در رودخانه کوتاه تخمین درستی از هیدروگراف خروجی با روش ماسکینگام بدست آمد (۷). ویوارلی و پررا (۱۲) روش‌های تخمین تلفات انتقال را به پنج دسته طبقه بندی می‌کند: ۱- معادلات رگرسیونی ساده، ۲- معادله‌های دیفرانسیلی ساده شده، ۳- استفاده ترکیبی از معادله‌های رگرسیونی و دیفرانسیلی ساده شده، ۴- مدل‌های روند یابی جریان (موج سینماتیک، ماسکینگام و معادلات سنت-ونانت) و ۵- بیلان هیدرولوژیکی. برای انتخاب هر یک از روشهای مذکور محدودیتهای از جمله مقیاس مسئله مورد مطالعه وجود دارد. قطعا روش‌های ساده نیاز به اطلاعات کمتری از ساختار فیزیکی مسئله دارند ولی کاربرد آنها عمومی نیست. با توجه به نظر لین و همکاران (۹) از میان روشهای ذکر شده روش ترکیبی بدلیل در نظر گرفتن فرآیندهای فیزیکی وابسته به تلفات انتقال در مطالعه شکل عمومی معادلات و سپس استفاده از رگرسیون برای توسعه معادلات پیش بینی قابل اعتمادتر هستند. مدل‌های روند یابی سیلاب به روش موج دینامیک با در نظر گرفتن تلفات انتقال می‌تواند در تحلیل جریان و برآورد تلفات مفید باشد. هرچند پدیده نفوذ و نشت در هنگام رخداد سیلاب به عنوان یک موضوع پیچیده همواره مطرح می‌باشد و دقت

معادلات بالا منفصل شده اند. بازه رودخانه بصورت شبکه زیگزاکی (Staggered Grid) گره بندی شده است بدین صورت که مطابق شکل ۱ معادله پیوستگی بر روی مقاطع با شماره زوج و معادله اندازه حرکت بر روی مقاطع با شماره فرد منفصل شده اند. برای حالت نشان داده شده در شکل زیر شرط مرزی بالادست هیدروگراف ورودی و شرط مرزی پائین دست رابطه دی-اشل می باشد. فرم خطی معادله پیوستگی روی گره های زوج وقتی که از رابطه موسکات برای نفوذ استفاده شود و حوضه میانی موجود نباشد بصورت زیر است:

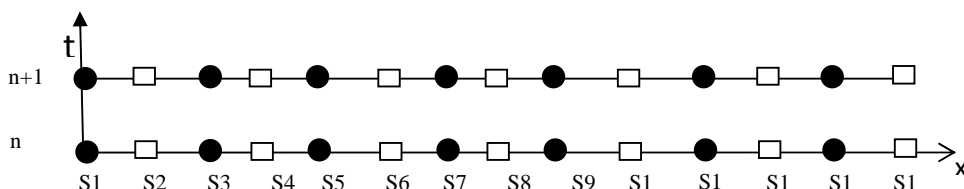
فاصله بی نهایت از کف کانال قرار دارد.

$$q_l = \frac{0.45CP\sqrt[3]{y}}{4 \times 10^6 + 3650\sqrt{v}} \quad \text{دیویس - ویلسون} \quad (4)$$

که در آن P محیط خیس شده کانال (متر)، v سرعت متوسط جریان (متر بر ثانیه)، C ضریبی که بر حسب جنس کانال از ۱ تا ۷۰ تغییر می کند و از جدول ۶-۲ منبع [8] به دست می آید.

$$q_l = 0.55CP\sqrt[3]{y} \times 10^{-6} \quad \text{اینگهام} \quad (5)$$

که در آن C ضریبی است که بسته به نوع خاک بستر کانال از ۱/۵ تا ۵/۵ متغیر است. سایر پارامترها همانند رابطه ۳ است. (finite difference) با استفاده از روش تفاضل های محدود



● (Q) مقطعی که بر روی آن معادله مومنتم منفصل می شود. و دی برای آن محاسبه میگردد.
□ (Z) مقطعی که بر روی آن معادله پیوستگی منفصل می شود. و رقوم سطح آب برای آن محاسبه می گردد.

شکل ۱- شبکه بندی بازه مورد مطالعه به روش زیگزاکی

$$a_i \times Q^{n+1}_{i-1} + b_i \times Z^{n+1}_i + c_i \times Q^{n+1}_{i+1} = d_i \quad (6)$$

که در آن:

$$a_i = -\frac{\theta}{x_{i+1} - x_{i-1}} = -c_i, \quad b_i = \frac{T^n_{w_i}}{\Delta t},$$

$$d_i = -\frac{(1-\theta)(Q^n_{i+1} - Q^n_{i-1})}{x_{i+1} - x_{i-1}} + \frac{T^n_{w_i} \times Z^n_i}{\Delta t} - k(z^n_i - z_{\min i}) \left[1.071 \left(\frac{T^n_{w_i}}{(z^n_i - z_{\min i})} + 1.786 \right) \right] \frac{m}{1.5}$$

همچنین منفصل کردن معادله اندازه حرکت روی مقاطع با شماره فرد رابطه خطی زیر را نتیجه میدهد:

$$a_i \times Z^{n+1}_{i-1} + b_i \times Q^{n+1}_i + c_i \times Z^{n+1}_{i+1} = d_i \quad (7)$$

که در آن:

$$a_i = -\frac{\beta Q^n_i T^n_{w_i}}{A_i^n \times \Delta t} - \frac{g A_i^n \theta}{x_{i+1} - x_{i-1}}, \quad c_i = -\frac{\beta Q^n_i T^n_{w_i}}{A_i^n \times \Delta t} + \frac{g A_i^n \theta}{x_{i+1} - x_{i-1}}$$

$$b_i = \frac{1}{\Delta t} - \frac{2\beta\theta k(z^n_i - z_{\min i}) \left[1.071 \left(\frac{T^n_{w_i}}{(z^n_i - z_{\min i})} + 1.786 \right) \right] \frac{m}{1.5}}{A_i^n} - \frac{\beta Q^n_i}{(A_i^n)^2} \times \frac{A_{i+1}^n - A_{i-1}^n}{x_{i+1} - x_{i-1}} + \frac{g Q^n_i n_{m_i}^2}{A_i^n R_i^{4/3}}$$

$$d_i = \frac{Q_i}{\Delta t} + \frac{2\beta(1-\theta)k(z^n_i - z_{\min i}) \left[1.071 \left(\frac{T^n_{w_i}}{(z^n_i - z_{\min i})} + 1.786 \right) \right] \frac{m}{1.5}}{A_i^n} - \frac{\beta Q^n_i T^n_{w_i} (Z^n_{i+1} + Z^n_{i-1})}{A_i^n \Delta t} - g A_i^n (1-\theta) \frac{Z^n_{i+1} - Z^n_{i-1}}{x_{i+1} - x_{i-1}}$$

مدل در شکل (۲-ج) نشان داده شده است. با این شرایط و فرض غیر قابل نفوذ بودن بستر رودخانه مدل اجرا گردید. گام زمانی مناسب ۲۵۰ ثانیه و پارامتر θ ، 0.7 انتخاب شد. هیدروگراف دبی محاسبه در سه مقطع شماره ۲، ۳۰ و مقطع ۵۸ در شکل ۳ نشان داده شده است. همانگونه که در این شکل نشان داده شده است مدل توانائی شبیه سازی جریان یکنواخت را دارد زیرا هیدروگراف مقاطع میانی و خروجی زمانیکه هیدروگراف ورودی به حالت ثابت در آمده افقی شده اند. از طرفی محاسبات نشان می‌دهد که حجم هیدروگراف‌های مقاطع ورودی، شماره ۲، شماره ۳۰ و ۵۸ به ترتیب $43/2007$ ، $43/1694$ و $43/1366$ میلیون متر مکعب است. که نشان دهنده دقت بالای مدل در ارضاء رابطه پیوستگی است.

مقایسه نتایج مدل سازی و اندازه گیری‌های صحرائی با وجود نشت

به منظور ارزیابی مدل در شبیه سازی سیلاب در رودخانه‌های فصلی و پیش بینی تلفات نشت از داده‌های اندازه گیری مربوط به سیل سی ام ژولای ۱۹۶۶ رودخانه فصلی هاگز واش حوضه والنات گالچ در جنوب شرقی آریزونا در حد فاصل فلوم شماره ۱۱ و فلوم شماره ۸ در شکل ۴ استفاده شد (۸). هیدروگراف‌های این سیل بنام هیدروگراف Lane شناخته شده اند. رودخانه مذکور در محدوده مورد مطالعه داری طول $6/4$ کیلومتر با شیب تند و عمق کم می‌باشد. عرض رودخانه از $4/6$ تا $13/7$ متر متغیر است و مقدار میانگین آن حدود ۱۱ متر گزارش شده است. بیشتر طول رودخانه دارای بستر شنی و سنگریزه‌ای با ضخامت از صفر تا $3/4$ متر و تخلخل میانگین ۳۶ درصد می‌باشد. شیب رودخانه در حد فاصل فلوم‌های اندازه گیری ۱/۲ درصد است. عمق جریان در بیشتر سیلاب‌های اتفاق افتاده در این رودخانه کمتر از $0/45$ متر و سرعت جریان ۱/۲ تا $2/1$ متر بر ثانیه بر آورد شده است. حداقل حدود ۵ میلیمتر بارندگی لازم است تا در رودخانه مذکور رواناب تولید شود.

هیدروگراف‌های سیل اندازه گیری شده مربوط به سیل سی ام ژولای ۱۹۶۶ در فلوم‌های ۱۱ و ۸ به همراه مقطع تیپ رودخانه با پهنای حدود ۱۱ متر در فاصله $1/5$ مایل پائین دست فلوم ۱۱ در شکل ۵ نشان داده شده است.

در روابط فوق n و $n+1$ نشان دهنده گامهای زمانی، $Z_{\min i}$ حداقل رقوم مقطع شماره i و θ پارامتر وزنی مربوط به زمان است که اگر برابر با صفر در نظر گرفته شود روش کاملاً صریح و اگر یک باشد روش کاملاً ضمنی برای منفصل کردن استفاده شده است.

به منظور حل معادلات (۶ و ۷) و به دست آوردن دبی و عمق جریان در مقاطع موردنظر در هر زمان مطلوب مدل کامپیوتری نوشته شده است که در آن دستگاه معادلات سه قطری حاصل شده با الگوریتم ماتریس سه قطری (TDMA) حل می شود. اطلاعات مقاطع عرضی و شرایط مرزی بالا دست و پائین دست، در محیط اکسل وارد شده و سپس در محیط ویژوال بیسیک فراخوانی می شوند. در مدل مذکور علاوه بر اینکه رابطه - دبی اشل را می توان بصورت دستی وارد کرد این قابلیت نیز وجود دارد که مدل رابطه دبی- اشل را با استفاده از رابطه استخراج کند.

با استفاده از رابطه زیر که از منفصل کردن معادله پیوستگی روی مقطع آخر بدست آمده و با کمک از رابطه دبی- اشل رقوم سطح آب برای گام زمانی $n+1$ در مقطع آخر به عنوان شرط مرزی وارد دستگاه معادلات می شود.

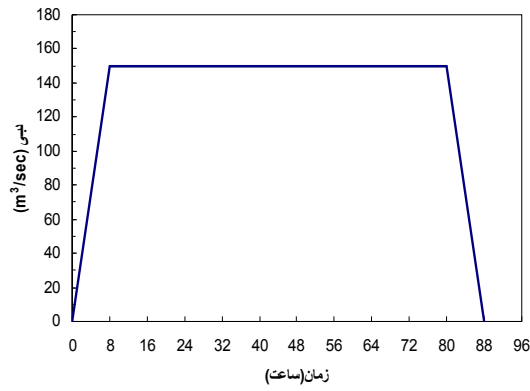
$$Z_{ns}^{n+1} = Z_{ns}^n - \frac{\Delta t}{Tw_{ns}^n} \times \frac{Q_{ns}^n - Q_{ns-1}^n}{x_{ns} - x_{ns-1}} \quad (8)$$

در رابطه بالا اندیس ns نشان دهنده مقطع آخر می باشد. همچنین Z_{ns}^n و Q_{ns}^n توسط رابطه دبی- اشل پایاب با هم مرتبط هستند.

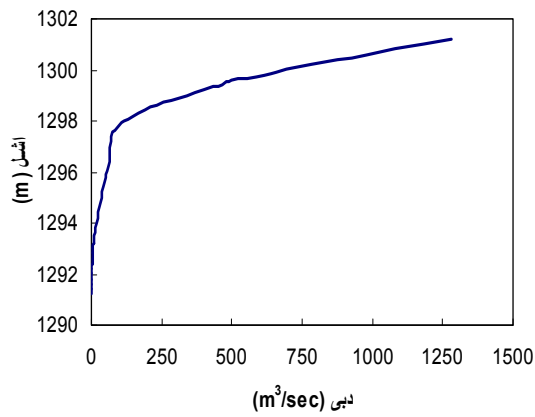
نتایج و بحث

ارزیابی مدل از نقطه نظر دقت برنامه نویسی

به منظور ارزیابی دقت مدل مذکور از نقطه نظر برنامه نویسی از ۶۰ مقطع برداشت شده رودخانه قره سو کرمانشاه از محل دوآب قزانچی تا ورودی به شهر به طول حدود ۱۸ کیلومتر استفاده شد (شکل ۲-الف). علاوه بر این برای بررسی این موضوع که مدل توانائی شبیه سازی جریان یکنواخت را نیز دارد از یک هیدروگراف دوزنقه‌ای که ناحیه جریان ماندگار آن به اندازه کافی طولانی است استفاده شد (شکل ۲-ب). این هیدروگراف به عنوان شرط مرزی بالا دست به مدل معرفی شد. شرط مرزی پائین رابطه دبی اشل است که توسط مدل با استفاده از رابطه مانینگ با ضریب زبری 0.32 و شیب طولی 0.002 ساخته شده است. رابطه دبی اشل ساخته شده توسط



ب.

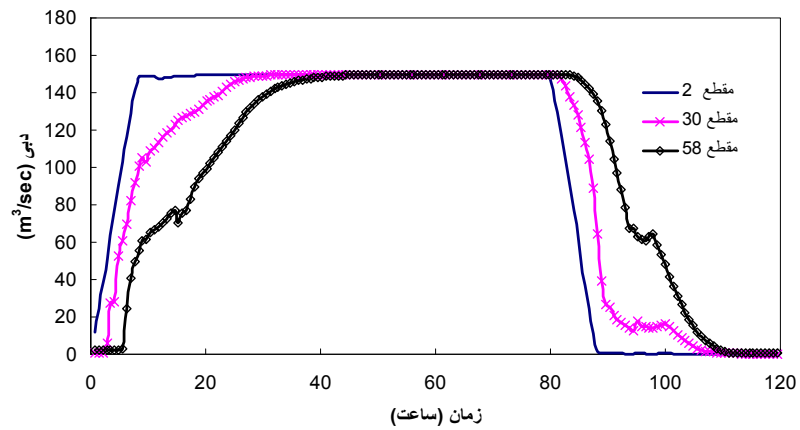


ج.

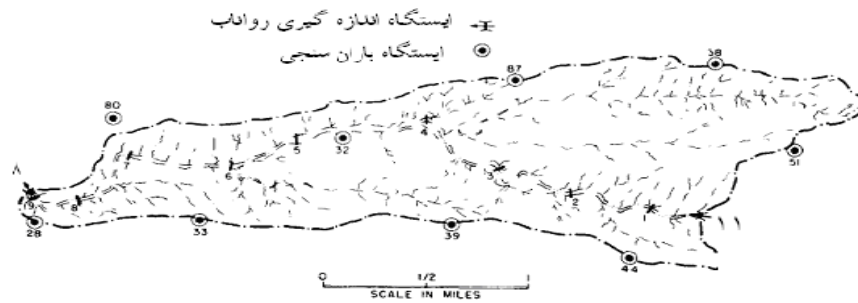


د.

شکل ۲- الف) پلان مسیر، ب) هیدروگراف ورودی، ج) رابطه دبی - اشل مقطع خروجی



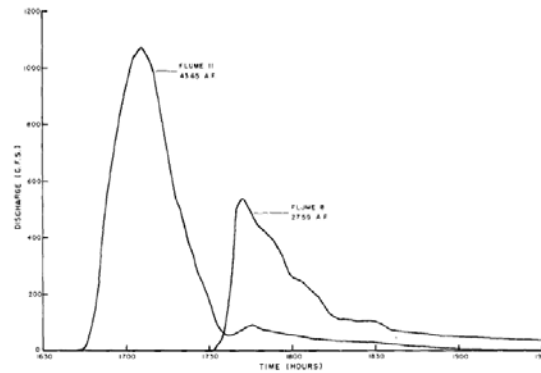
شکل ۳- هیدروگراف روند یابی شده در مقاطع مختلف



شکل ۴- بازه رودخانه Hughes Wash بین فلوم‌های شماره ۱۱ و ۸ در حوضه Walnut Gulch



ب



الف

شکل ۵- الف) هیدروگراف‌های سیل اندازه‌گیری شده در فلوم‌های ۱۱ و ۸ (ب) مقطع تیپ رودخانه در زمان اندازه‌گیری

سیل در هیدروگراف Lane و هیدروگراف محاسبه شده توسط مدل به ترتیب ۱/۰۲۳ و ۱/۰۵ ساعت می‌باشد همچنین زمان اوج هیدروگراف‌های مذکور به ترتیب ۱/۱۹ و ۱/۱۵ ساعت می‌باشد. به عبارتی زمان شروع سیل و زمان پیک سیلاب در انتهای بازه تقریباً یکسان است. دبی اوج هیدروگراف Lane ۱۵/۱۳ متر مکعب بر ثانیه و دبی اوج هیدروگراف محاسبه شده توسط مدل ۱۹/۸۴ متر مکعب بر ثانیه است که نشان می‌دهد مدل دبی اوج را بیشتر پیش بینی می‌کند. لازم به ذکر است که مدل ارائه شده توسط فتوحی و حسینی (۳) دبی اوج هیدروگراف مذکور را ۲۳/۲ متر مکعب بر ثانیه پیش بینی نمود. حجم هیدروگراف Lane و هیدروگراف خروجی محاسبه شده توسط مدل به ترتیب ۲۹۷۹۰ و ۲۴۴۱۴ متر مکعب است به عبارتی حجم هیدروگراف ایجاد شده توسط مدل ۱۸ درصد کمتر است. تلفات انتقال در اندازه‌گیری‌های Lane ۲۱۹۱۵ متر مکعب و تلفات انتقال محاسبه شده توسط مدل ۲۷۲۹۱ متر مکعب است که ۱۹/۶ درصد بیشتر از مقدار اندازه‌گیری شده می‌باشد. دلایل این اختلاف می‌تواند ناشی از فرضیات اعمال شده در روابط سنت-وانانت که معمولاً برای رودخانه‌های با شیب بیشتر از یک درصد با این فرضیات خطا قابل

با توجه به مشخصات رودخانه ضریب زبری مانینگ برای بازه مورد مطالعه ۰/۰۳۵ در نظر گرفته شده است. لازم به ذکر است که در تحقیق انجام شده توسط فتوحی و حسینی (۳) نیز همین ضریب زبری برای رودخانه مذکور لحاظ شده است. با توجه به بستر شنی سنگریزه‌ای مواد بستر ضریب نفوذ پذیری k برای رابطه موسکات ۰/۰۰۰۱ متر بر ثانیه و ضریب C در رابطه دیویس-ویلسون و اینگهام به ترتیب ۷۵ و ۵/۵ در نظر گرفته شد. با توجه به شیب تند رودخانه معادل ۱/۲ درصد، گام زمانی مناسب برای این حالت ۱ ثانیه و پارامتر θ ، ۰/۶ بدست آمد. از آنجائیکه رودخانه مذکور قبل از وقوع سیلاب خشک بوده در نظر گرفتن عمق جریان صفر یا دبی صفر به عنوان شرط اولیه برای مدل باعث واگرا شدن آن در شروع محاسبات می‌شود. از اینرو برای جلوگیری از کاهش دقت مدل و عدم واگرا شدن آن عمق جریان در تمام مقاطع برابر یک سانتیمتر به عنوان شرط اولیه در نظر گرفته شده است.

شکل ۶ هیدروگراف‌های خروجی اندازه‌گیری شده و محاسبه شده توسط مدل را نشان می‌دهد. همانگونه که ملاحظه می‌شود وقتی که از رابطه موسکات برای محاسبه نشت استفاده شده است زمان شروع

شده با معادلات بر آورد نشت شبه ماندگار موسکات، دیویس- ویلسون و اینگهام می‌تواند روند یابی سیلاب در رودخانه‌های فصلی را انجام دهد. دقت مدل مذکور از نقطه نظر برنامه نویسی و توانایی شبیه سازی جریان ماندگار با استفاده از ۶۰ مقطع برداشت شده رودخانه قره سو کرمانشاه در بازه‌ای بطول ۱۸ کیلومتر و یک هیدروگراف دوزنقه‌ای بررسی شد. نتایج تحقیق در این خصوص نشان داد که:

۱- مدل توانایی شبیه سازی جریان ماندگار را دارد زیرا هیدروگراف مقاطع میانی و خروجی زمانی که هیدروگراف ورودی به حالت ثابت در آمده افقی شده اند.

۲- با توجه به یکسان بودن حجم هیدروگراف‌های مقاطع ورودی، میانی و خروجی دقت مدل در ارضاء رابطه پیوستگی موفقیت آمیز ارزیابی می‌شود. نتایج مذکور نشان می‌دهد که می‌توان از مدل مذکور نه تنها برای روند یابی سیلاب در شرایط بدون نشت استفاده نمود حتی می‌توان برای محاسبات جریان متغیر تدریجی هنگامی که هیدروگراف ورودی ماندگار فرض شود استفاده نمود.

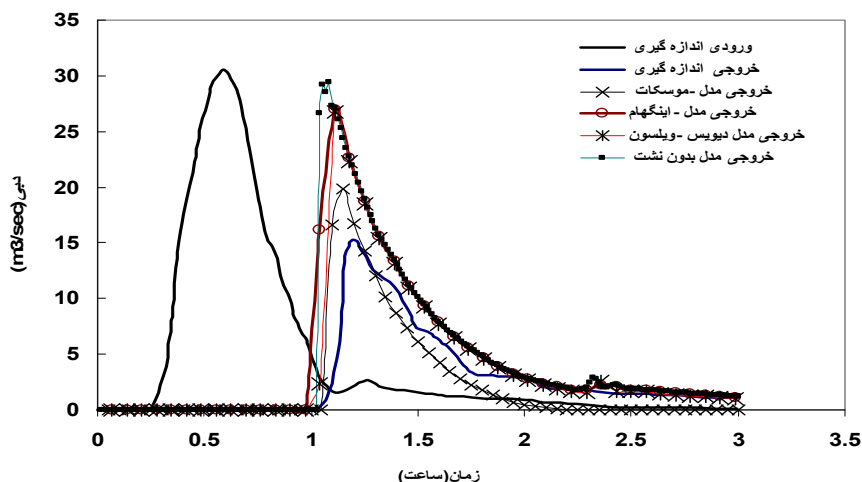
همچنین نتایج این تحقیق نشان داد که وقتی از رابطه موسکات برای محاسبه نشت استفاده می‌شود عملکرد مدل در شبیه سازی هیدروگراف مشاهداتی Lane رضایت بخش است و تلفات نشت محاسبه شده کمتر از ۲۰ درصد با مقدار اندازه گیری شده اختلاف دارد. استفاده از روابط نشت دیویس- ویلسون و اینگهام تلفات انتقال را بسیار کمتر از مقدار اندازه گیری پیش بینی می‌کند و نتایج رضایت بخشی را ارائه نکردند. لازم است برای استفاده از روابط مذکور ضرایب c این روابط برای هر منطقه مجدداً واسنجی گردد.

ملاحظه است، خطای روشهای عددی، خطا در تخمین ضریب زبری مانینگ، خطا در برآورد ضریب نفوذ پذیری و همچنین استفاده از رابطه شبه دائمی موسکات برای محاسبه دبی نشت باشد. رابطه موسکات برای شرایط جریان دائمی و اشباع ارائه شده است. یکی دیگر از دلایل اینکه حجم هیدروگراف خروجی Lane بیشتر از مقدار محاسبه شده توسط مدل باشد می‌تواند ناشی از جریان آبراه‌های فرعی (حوضه میانی) بین فلوام شماره ۱۱ و ۸ باشد که بدلیل نبود اطلاعات در مدل مذکور در نظر گرفته نشده است. هرچند Lane فرض نموده برای رگبارهای در نظر گرفته شده جریان آبراه‌های فرعی وجود ندارد. به هر حال در محدود مسائل عملی مواجهه با پدیده پیچیده نشت این اختلاف توجیه پذیر است.

استفاده از روابط دیویس - ویلسون و اینگهام برای محاسبه دبی نشت باعث می‌شود هیدروگراف‌های خروجی متفاوتی از روش موسکات بدست آید. مقایسه هیدروگراف خروجی محاسبه شده توسط دو روش اخیر با هیدروگراف خروجی اندازه گیری نشان می‌دهد که این روش‌ها مقدار تلفات انتقال را اندک بر آورد می‌کند. تحقیق انجام شده توسط سالمی و سپاسخواه (۲) بر روی کانال‌های خاکی منطقه رودست اصفهان نشان داد برای اینکه روابط تجربی موجود از جمله روش‌های دیویس - ویلسون و اینگهام بتوانند تخمین درستی از تلفات نشت در کانال‌های خاکی داشته باشند باید ضرایب c در روابط مذکور حتی بیشتر از ۱۰ برابر بزرگتر در نظر گرفته شوند.

نتیجه گیری

در این تحقیق مدلی کامپیوتری تهیه شده است که در آن با استفاده از حل عددی معادلات جریان تک بعدی (سنت- ونانت) جفت



شکل ۶- هیدروگرافهای ورودی و خروجی Lane و هیدروگراف خروجی محاسبه شده

محاسبه در مقاطع مختلف با حل معادله ریچاردز مقدار نشت محاسبه و سپس گام زمانی بعدی شروع شود. هر چند چنین مدل‌های کامپیوتری برای اجرا زمان زیادی لازم دارند ولی با پیشرفت سریع در ساخت رایانه‌های قدرتمند این امر امکان پذیر می‌باشد.

در تحقیقات بعدی به منظور افزایش دقت محاسبات تلفات نشت توصیه می‌شود مدل‌های کامپیوتری به گونه‌ای نوشته شوند که معادلات سنت-وانت به همراه معادله ریچاردز بصورت همزمان در هر گام زمانی حل شوند. به گونه‌ای که در انتهای هر گام زمانی بعد از محاسبه پروفیل جریان در طول مسیر با توجه به اعماق جریان

منابع

- ۱- سالمی ح.ر. و سپاس خواه ع.ر. ۱۳۸۵. اصلاح معادلات نشت آب از کانال در منطقه رودشت اصفهان. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. سال دهم، شماره ۱، ص ۴۲-۲۹.
- ۲- شمسائی ا. ۱۳۸۵. سیستم‌های انتقال آب. انتشارات دانشگاه صنعتی امیر کبیر (تهران)، ۶۱۴ ص.
- ۳- فتوحی م. و حسینی س.م. ۱۳۸۶. تحلیل حساسیت پارامترهای روند یابی سیلاب و تلفات نشت در رودخانه‌های مناطق خشک. مجله علوم و مهندسی آبخیزداری ایران. سال اول، شماره ۱، ص ۲۳-۱۲.
- 4- Boroto R.A.J., Görgens A.H.M. 2003. Estimating transmission losses along the Limpopo River – an overview of alternative methods. *Hydrology of the Mediterranean and Semiarid Regions*, IAHS Pub. No.278, 138-143.
- 5- De Vries J.J., Simmers I. 2002. Groundwater recharge: an overview of processes and challenges. *Hydrogeology J.* 10, 5–17.
- 6- Joseph C., Christopher B., Franco M., Robert J.P. 2004. A Summary of Published Reports of transmission losses in ephemeral streams in the U.S., A Report to the National Center for Housing and the Environment, 42 pp.
- 7- Knighton A.D., Nanson G.C. 1994. Flow transmission along an arid zone anastomosing river, Copper Creek, Australia. *Hydrological Processes* 8, 137–154.
- 8- Lane L.J., Diskin M.H., and Reynard K.G. 1971. Input-output relationships for an ephemeral stream channel system. *Journal of Hydrology*, 13, pp. 2-40.
- 9- Lane L.J., Ferreira V.J., Shirley E.D. 1980. Estimating transmission losses in ephemeral stream channels. *Hydrology and Water Resources in Arizona and the South West. Proc. 1980 meeting Arizona Section, A.W.R.A. and Hydrology Section Arizona Nevada Academy of Science*, 193-202.
- 10- Lange J. 2005. Dynamics of transmission losses in a large arid stream channel. *Journal of Hydrology*, 306, 112–126.
- 11- Sorman A.U., Abdulrazzak M.J. 1993. Infiltration-recharge through wadi beds in arid regions. *Hydrological Sci. J.* 38, 173–186.
- 12- Vivarelli R., Perera B.J.C. 2002. Transmission losses in natural rivers and streams – a review. Victoria University of Technology, Melbourne.
- 13- Walters M.O. 1990. Transmission losses in arid regions. *Journal of Hydraulic Eng. ASCE* 116, 129–138.



Flood Routing and Estimation of Transmission Losses in Ephemeral Streams by Simultaneity Solution of Unsteady flow Equations and Infiltration

R. Ghobadian¹

Received:13-6-2010

Accepted:7-11-2010

Abstract

Due to transmission losses and lack of initial flow, flood routing in ephemeral streams is not possible with common methods and it is necessary the flood routing models have been developed for these streams. Therefore in this study a computer model for natural river cross section has been developed in that after linearization of partial differential equations of unsteady none uniform flow, they are solved by stagger method. This model can consider tributary flow and infiltration into river bed simultaneity. For estimation of transmission losses Muscat, Davis-Wilson, and Ingham methods have used and liked with unsteady flow equations in prepared model. Evaluation of model accuracy viewpoint programming, ability to simulate uniform flow and satisfying the continuity equation performed using 60 Garasoo River cross sections in a reach with about 18 km length. Lane's hydrograph and Hughes Wash river properties were used to investigation model accuracy to estimate flow behavior and transmission losses. The result showed that prepared model can simulate uniform flow and satisfies continuity equation with height accuracy. Additionally when Muscat relation is used developed model can predict start and peak flood times correctly. Also transmission losses and volume of output hydrograph have predicted with maximum error less than 20 percent. While application of Davis – Wilson and Ingham relations showed unsatisfied result compare in situ measurement data.

Keywords: Transmission losses, Ephemeral stream, Flood Routing, Saint-Venant equations

1- Assistant Professor, Department of Water Engineering, Razi University Kermanshah
Email:rsghobadian@gmail.com