نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره ۳، جلد۶، پاییز ۱۳۹۱، ص. ۲۱۴-۲۰۶

Iranian Journal of Irrigation and drainage
No. 3, Vol. 6, Fall 2012, p. 206-214

تخمین تلفات نشت رودخانه زنگمار در شرایط جریان غیر ماندگار با استفاده از مدل ریاضی

رسول قبادیان[1*] و معصومه خلج[2]

چکیده

بررسی هیدروگراف سیلاب‌های اندازه‌گیری شده رودخانه زنگمار بین دو ایستگاه هیدرومتری ماکو در بالادست و پلدشت در پایین دست نشان می‌دهد حجم سیلاب اندازه‌گیری شده در ایستگاه پلدشت به مقدار قابل توجهی از حجم سیلاب در ایستگاه ماکو کمتر است. این در حالی است که از بازه مذکور با طول ۶۲ کیلومتر هیچ شاخه فرعی منشعب نمی‌شود و مقدار تبخیر و برداشت مستقیم از رودخانه در مواقع سیلابی بسیار ناچیز است. از این رو می‌توان نتیجه گرفت تلفات انتقال در رودخانه مذکور می‌تواند ناشی از نفوذ آب از بستر و دشت سیلابی باشد. با وجود تلفات نشت، روند یابی سیلاب در رودخانه زنگمار با روش‌های مرسوم روندیابی امکان پذیر نبوده به همین دلیل لازم است روش‌های روندیابی بگونه‌ای اصلاح شوند که تلفات نشت را در نظر بگیرند. در این تحقیق مدلی عددی تهیه شد که در آن معادلات دیفرانسیل جزئی جریان غیرماندگار غیریکنواخت (معادلات سنت- ونانت)، پس از خطی شدن، با روش تفاضل‌های محدود و تکنیک تناوبی حل شدند. رابطه نشت موسکات به گونه در معادلات مذکور گنجانده شده است تا به طور همزمان نشت در مسیر جریان را نیز محاسبه نمایند. نتایج این تحقیق نشان داد روندیابی سیلاب رودخانه زنگمار با در نظر گرفتن تلفات نشت، موجب می‌شود مدل نوشته شده، در مقایسه با داده‌های صحرایی، هیدروگراف خروجی را با دقت خوبی پیش‌بینی کند. همچنین نتایج روندیابی ۱۳ هیدروگراف سیل مربوط به ایستگاه هیدرومتری ماکو، نشان داد به طور متوسط حدود ۷۴٪ از حجم هیدروگراف ورودی، در انتقال از ایستگاه ماکو تا ایستگاه پلدشت تلف می‌شود.

واژه‌های کلیدی: تلفات انتقال، روندیابی سیلاب، رودخانه زنگمار، نشت

مقدمه

پیش‌بینی چگونگی طغیان و فروکش سیل یا صعود و نزول هیدروگراف رودخانه در نقطه مشخصی از آن را می‌توان با نام روند یابی سیل مورد تحلیل قرار داد. چنین پیش‌بینی‌هایی می‌تواند در برنامه ریزی‌های لازم برای توسعه سامانه‌های منابع آب مورد استفاده قرار گیرند. در مورد رودخانه‌های فصلی نبود جریان پایه قبل از وقوع سیلاب و همچنین نفوذ آب دربستر و دشت‌های سیلابی وکاهش حجم سیلاب در پایین دست و تنزیل دبی اوج هیدروگراف مسئله روند یابی را پیچیده می نماید. از این رو لازم است که روش‌های روندیابی در این رودخانه‌ها اصلاح شوند تا ضمن برآورد تلفات انتقال آب در این رودخانه‌ها، بتوان مقدار تغذیه آب زیرزمینی در این مناطق را نیز به دست آورد. مطالعات Boroto and Gorgens (2003) بر روی رودخانه لینپوپو در ناحیه نیمه خشک آفریقای جنوبی نشان داد تلفات انتقال آب در این رودخانه تا ۳۰٪ نیز می رسد. مطالعات De Vries and Simmers (2002) نشان داد نفوذ آب از رودخانه‌های فصلی به عنوان یک عامل مهم در جایگزینی آب برداشت شده از سفره آب زیرزمینی می‌باشد. تجزیه و تحلیل رگرسیونی انجام شده توسط Walter (1990) Sorman and Abdulazzak (1993) نشان داد نفوذ آب در رودخانه‌ها بستگی به حجم جریان ورودی و خصوصیات خصوصیات رودخانه از قبیل طول و هدایت هیدرولیکی دارد. Knighton and Nanson, (1994) در تحقیقی که روی دو رودخانه با طول‌های ۴۰۰ و ۳۲ کیلومتر در استرالیا انجام دادند به این نتیجه رسیدند که استفاده از روش ماسکینگام تنها در رودخانه‌های با طول کوتاه تخمین مناسبی از هیدروگراف خروجی به دست می دهد. دیدگاه‌های مختلفی در زمینه روندیابی سیلاب در رودخانه‌های مناطق خشک و برآورد تلفات انتقال در این رودخانه‌ها مطرح شده که Vivarelli and Perera (2002) این دیدگاه‌ها را در پنج دسته کلی طبقه بندی کردند: ۱- معادلات رگرسیونی ساده، ۲- معادله‌های دیفرانسیلی ساده شده، ۳- استفاده ترکیبی از معادله‌های رگرسیونی ساده و دیفرانسیلی ساده شده، ۴- مدل‌های روندیابی جریان (موج سینماتیک، ماسگینگهام و معادلات سنت و نانت) و ۵- بیلان هیدرولوژیکی. برای انتخاب هر یک از روش‌های مذکور محدودیت‌هایی از جمله مقیاس مسئله مورد مطالعه وجود دارد. قطعا

۱- استادیار گروه مهندسی آب - کشاورزی دانشگاه رازی کرمانشاه
(* - نویسنده مسئول: Email: r_ghobadian@razi.ac.ir)
۲- دانش آموخته کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی دانشگاه رازی کرمانشاه

Archive of SID
www.SID.ir

روش‌های ساده به اطلاعات کمتری از ساختار فیزیکی مسئله نیاز دارند ولی کاربرد آنها عمومی نیست. با توجه به نظر Lan and et al (1980) از میان روش‌های ذکر شده روش ترکیبی به دلیل در نظر گرفتن فرایندهای فیزیکی وابسته به تلفات انتقال در مطالعه شکل عمومی معادلات و سپس استفاده از رگرسیون برای توسعه معادلات پیش‌بینی قابل اعتماد تر هستند. فتوحی و حسینی (۱۳۸۶) روش روندیابی دینامیکی برای رودخانه‌های مناطق خشک را با وارد کردن عبارت مربوط به تلفات انتقال اصلاح کردند و به منظور شناسایی رفتار جریان و پیش‌بینی تلفات انتقال مدل نوشته شده را برای بازه ای از رودخانه زشک در خراسان جنوبی اجرا کردند و نتایج تجزیه و تحلیل حساسیت روی رودخانه زشک نشان داد، نتایج حاصل از مدل روندیابی دینامیکی نسبت به پارامترهای طول و هدایت هیدرولیکی و دبی اوج هیدروگراف ورودی به بازه حساس تر است. قبادیان (۱۳۹۰) مدلی برای مقاطع نامنظم رودخانه ای تهیه کرد؛ مدل نوشته شده توسط وی این قابلیت را داشت که به طور همزمان جریان در حوزه میانی و نشت در مسیر جریان را در نظر می گرفت نتایج تحقیق انجام شده توسط او نشان داد استفاده از رابطه موسکات بر خلاف روابط اینگام و دیویس- ویلسون باعث می‌شود مدل نوشته شده زمان شروع و اوج سیلاب را به درستی تخمین زده و تلفات انتقال را با خطای کمتر از ۲۰٪ برآورد کند. به این ترتیب مدل‌های روندیابی سیلاب به روش موج دینامیک با در نظر گرفتن تلفات انتقال می‌تواند در تحلیل جریان و برآورد میزان تلفات در رودخانه‌های فصلی مفید باشد و دقت این مدل‌ها در محاسبه میزان تلفات بستگی به رابطه ای دارد که جهت محاسبه تلفات در این مدل‌ها مورد استفاده قرار می گیرد. همان گونه که اشاره شد در رودخانه‌های فصلی به دلیل نبود جریان پایه و نفوذ آب در بستر و کناره‌های کانال، روندیابی سیلاب پیچیده است. رودخانه زنگمار جزء رودخانه‌های فصلی کشور است؛ مقایسه حجم هیدروگراف‌های ورودی و خروجی اندازه‌گیری شده در ایستگاه‌های بالادست و پایین دست این رودخانه نشان می‌دهد که حجم هیدروگراف خروجی از بازه (در محل ایستگاه پلدشت) به مقدار قابل توجهی در تمام رخدادها از حجم هیدروگراف ورودی اندازه‌گیری شده (ایستگاه ماکو) کمتر است این موضوع نشان می‌دهد در حد فاصل بین دو ایستگاه مقداری برداشت یا در حالت کلی تلفات وجود دارد و از آنجایی که هیچ شاخه ای از رودخانه مذکور منشعب نمی‌شود، معمولا در مواقع سیلاب برداشتی از رودخانه صورت نمی گیرد، رودخانه فاقد جریان پایه است و تراز آب زیرزمینی در حد فاصل بین دو ایستگاه بالا نیست (حدود۷۰ متر تا کف رودخانه فاصله دارد). بنابراین کاهش حجم می‌تواند ناشی از تلفات نشت باشد لذا در این تحقیق معادلات سنت- و نانت به گونه ای توسعه داده شده اند که بتوانند تلفات انتقال را نیز حساب کنند.

مواد و روش‌ها

مشخصات عمومی منطقه

حوضه رودخانه ارس شمالی ترین گستره هیدرولوژی ایران بین عرض‌های ۳۸ تا ۴۰ درجه شمالی قرار دارد رودخانه زنگمار در شمال غربی ایران، یکی از زهکش‌های اصلی این حوضه به شمار می رود که ۵۵۷۴ کیلو متر مربع از این حوضه را زهکشی می کند. در این تحقیق برای روندیابی سیلاب رودخانه زنگمار از داده‌های هیدرومتری ایستگاه ماکو در بالادست و ایستگاه پلدشت در پایین دست این رودخانه استفاده شده است ایستگاه ماکو در موقعیت ۴۴ درجه،۳۱ دقیقه و ۳۶/۸ ثانیه طول جغرافیائی و ۳۹ درجه و ۱۷ دقیقه و ۲۰/۳ ثانیه عرض جغرافیایی و ایستگاه پلدشت در موقعیت ۴۵ درجه و ۳ دقیقه و ۳۶/۸۶ ثانیه طول جغرافیایی و ۳۹ درجه و ۲۰ دقیقه و ۴۸/۳ ثانیه عرض جغرافیایی واقع شده است؛ ارتفاع ایستگاههای ماکو و پلدشت از سطح دریای آزاد به ترتیب ۱۲۰۰ و ۸۱۰ متر است. طول رودخانه زنگمار بین دو ایستگاه مذکور ۶۲ کیلومتر، شیب رودخانه در۱۰ کیلومتر بالادست ۰/۰۲ و در ۵۲ کیلومتر پایین دست بین ۰/۰۰۷ تا۰/۰۰۳ است. با توجه به مشخصات رودخانه از قبیل زبری بستر، نوع و تراکم پوشش گیاهی و شکل مسیر، ضریب زبری در طول ۶۲ کیلومتر از مسیر رودخانه به صورت متغیر، بین ۰/۰۳۵ تا ۰/۰۵ بدست آمد.

منفصل سازی معادلات جریان غیرماندگار

وجود تلفات انتقال به صورت نشت در رودخانه زنگمار موجب شده روندیابی سیلاب در این رودخانه با حل همزمان معادلات پیوستگی و اندازه حرکت که به معادلات سنت و نانت معروف می باشند و با در نظر گرفتن تلفات نشت انجام شود. شکل سنتی معادلات مذکور که در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفته به صورت زیر بیان می‌شود.

$$\frac{\partial Q}{\partial t} - \frac{2\beta Q T_W}{A}\frac{\partial Z}{\partial t} + \frac{2\beta Q q_L}{A} - \beta\frac{Q^2}{A^2}\frac{\partial A}{\partial x} = -gA\frac{\partial A}{\partial x} - g\frac{n_m{}^2 Q|Q|}{A R^{(4/3)}} \quad (۱)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + T_W \frac{\partial Z}{\partial t} = q_L \quad (۲)$$

و در روابط بالا 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 در واحد طول کانال می‌باشد

Archive of SID

www.SID.ir

شکل ۱- پلان رودخانه زنگمار حد فاصل بین ایستگاه‌های ماکو و پلدشت

که در این تحقیق برابر با تلفات نشت در نظر گرفته شد. برای محاسبه آن از رابطه نشت موسکات استفاده شده است. رابطه موسکات برای محاسبه دبی نشت تغییرات سطح آب زیر زمینی را در نظر می گیرد و برای مواقعی که سطح ایستابی در عمق زیادی قرار دارد(همانند شرایط این تحقیق) به صورت رابطه زیر است (فتوحی و حسینی (۱۳۸۶)):

$$q_L = ky\left[1.071\left(\frac{T_w}{y}\right)+1.786\right]\times\left(\frac{m}{1.5}\right) \qquad (۳)$$

در رابطه بالا q_L (m^2/s) دبی نشت آب در واحد طول کانال، $T_W(m)$ عرض سطح آب و m شیب جانبی کانال و y (m) عمق جریان است. رابطه بالا برای شرایطی نوشته شده است که سطح آب زیرزمینی در فاصله بی نهایت از کف کانال قرار گرفته باشد.

با استفاده از روش تفاضل‌های محدود معادلات پیوستگی و اندازه حرکت منفصل شده اند، بازه رودخانه به صورت شبکه زیگزاگی شبکه بندی شده است. به این صورت که معادله پیوستگی بر روی مقاطع با شماره زوج و معادله مومنتم بر روی مقاطع با شماره فرد منفصل شده اند. شرط مرزی بالادست هیدروگراف ورودی به مقطع شماره ۱ و شرط مرزی پایین دست رابطه دبی – اشل در مقطع انتهایی می‌باشد. فرم خطی معادله پیوستگی روی گره‌های زوج وقتی که از رابطه موسکات برای نفوذ استفاده شود و حوزه میانی موجود نباشد به صورت زیر است:

$$a_i \times Q^{n+1}{}_{i-1} + b_i \times Z^{n+1}{}_i + c_i \times Q^{n+1}{}_{i+1} = d_i \qquad (۴)$$

$$a_i = -\frac{\theta}{x_{i+1}-x_{i-1}} = -c_i$$

$$b_i = \frac{T^n_{Wi}}{\Delta t}$$

$$d_i = -\frac{(1-\theta)(Q^n{}_{i+1}-Q^n{}_{i-1})}{x_{i+1}-x_{i-1}} + \frac{T^n_{Wi}\times Z^n{}_i}{\Delta t} - k(Z^n_i - Z_{\min i})\left[1.071\left(\frac{T^n_{Wi}}{(Z^n_i - Z_{\min i})}+1.786\right]\frac{m}{1.5}\right.$$

همچنین منفصل کردن معادله اندازه حرکت روی مقاطع با شماره فرد رابطه خطی زیر را نتیجه می دهد.

$$a_i \times Z^{n+1}{}_{i-1} + b_i \times Q^{n+1}{}_i + c_i \times Z^{n+1}{}_{i+1} = d_i \qquad (۵)$$

در رابطه بالا :

$$a_i = -\frac{\beta Q^n{}_i T^n_{W\,i}}{A^n_i \times \Delta t} - \frac{gA^n_i\theta}{x_{i+1}-x_{i-1}}$$

$$b_i = \frac{1}{\Delta t} - \frac{2\beta\theta k(Z^n_i - Z_{\min i})\left[1.071\left(\frac{T^n_{Wi}}{(Z^n_i - Z_{\min i})}+1.786\right]\frac{m}{1.5}\right.}{A^n_i} - \frac{\beta Q^n_i}{(A^n_i)^2}\times\frac{A^n_{i+1}-A^n_{i-1}}{x_{i+1}-x_{i-1}} + \frac{gQ^n_i n_{mi}{}^2}{A^n_i R_i^{4/3}}$$

$$c_i = -\frac{\beta Q^n{}_i T^n_{W\,i}}{A^n_i \times \Delta t} + \frac{gA^n_i\theta}{x_{i+1}-x_{i-1}}$$

$$d_i = \frac{Q_i}{\Delta t} + \frac{2\beta(1-\theta)k(Z^n_i - Z_{\min i})\left[1.071\left(\frac{T^n_{Wi}}{(Z^n_i - Z_{\min i})}+1.786\right]\frac{m}{1.5}\right.}{A^n_i} - \frac{\beta Q^n_i T^n_{Wi}(Z^n_{i+1}+Z^n{}_{i-1})}{A^n_i\Delta t} - gA^n_i(1-\theta)\frac{Z^n_{i+1}-Z^n_{i-1}}{x_{i+1}-x_{i-1}}$$

Archive of SID

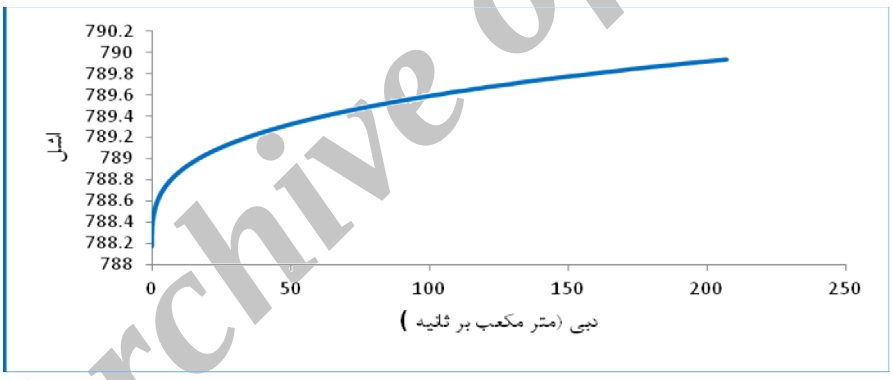
www.SID.ir

در روابط بالا n و n+1 نشان دهنده گام‌های زمانی Δt_{min} حداقل رقوم مقطع شماره i و θ پارامتر وزنی مربوط به زمان است که اگر برابر با صفر در گرفته شود روش کاملا صریح و اگر یک باشد روش کاملا ضمنی برای منفصل کردن استفاده شده است. به منظور حل معادلات (۴) و (۵)، و به دست آوردن دبی و عمق جریان، در مقاطع مورد نظر در هر زمان مطلوب مدل کامپیوتری در محیط ویژوال بیسیک نوشته شده است که در آن دستگاه معادلات سه قطری حاصل شده با الگوریتم ماتریس سه قطری (TDMA) حل می‌شود. اطلاعات مقاطع عرضی و شرایط مرزی بالادست و پایین دست در محیط اکسل وارد شده و سپس در محیط ویژوال بیسیک فراخوانی شدند.

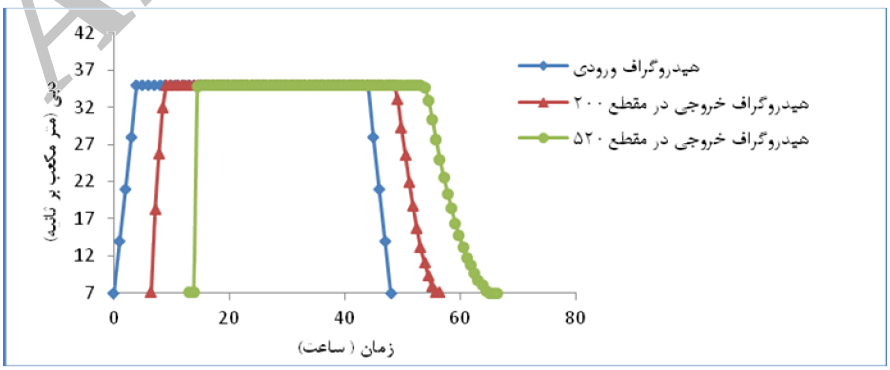
نتایج و بحث

ارزیابی مدل از نقطه نظر صحت برنامه نویسی

برای بررسی این موضوع که مدل توانایی شبیه سازی جریان یکنواخت و غیر ماندگار را دارد از ۵۲۲ مقطع عرضی رودخانه زنگمار استفاده شد. مقاطع عرضی رودخانه مذکور به همراه هیدروگراف ذوزنقه ای که ناحیه یکنواخت آن به اندازه کافی طولانی است به مدل معرفی شد، هیدروگراف مذکور به عنوان شرط مرزی بالادست و رابطه دبی – اشل شکل (۲) به عنوان شرط مرزی پایین دست به مدل معرفی شد. تحت شرایط حاکم بر رودخانه با استفاده از روش سعی و خطا پارامتر $\theta = 0.75$ بدست آمد، همچنین گام زمانی مناسب، ۲۵ ثانیه تعیین شد. با این شرایط و فرض غیر قابل نفوذ بودن بستر رودخانه مدل اجرا گردید. هیدروگراف ورودی و هیدروگراف خروجی محاسبه شده به وسیله مدل نوشته شده در دو مقطع ۲۰۰ و ۵۲۰ که به ترتیب در فواصل ۲۳/۷ و ۶۰ کیلومتر از ایستگاه ماکو واقع شده اند، در شکل (۳) ارائه شده است. نتایج روندیابی نشان می‌دهد هیدروگراف مقاطع میانی و خروجی زمانی که هیدروگراف ورودی به حالت ثابت در آمده افقی شده اند لذا می‌توان نتیجه گرفت که مدل نوشته شده توانایی شبیه سازی جریان یکنواخت را دارد. از طرفی محاسبات نشان می دهند حجم هیدروگراف ورودی به بازه و هیدروگراف‌های محاسبه شده در مقاطع شماره ۲۰۰ و ۵۲۰ به ترتیب ۵۷۰۲۴۰۰، ۵۶۴۴۸۰۰ و ۵۷۱۳۲۰۰ متر مکعب است. اختلافی حدود ۱٪ بین حجم هیدروگراف‌های ورودی، میانی و خروجی نشان دهنده دقت بالای مدل در ارضای رابطه پیوستگی است، همچنین سیلی که در ایستگاه ماکو اتفاق می افتد پس از ۶/۵ ساعت به مقطع ۲۰۰ و پس از ۱۳ ساعت به مقطع ۵۲۰ یعنی خروجی بازه می رسد.



شکل ۲- مشخصات هیدروگراف جریان ورودی و هیدروگراف‌های خروجی روندیابی شده به وسیله مدل موج دینامیکی

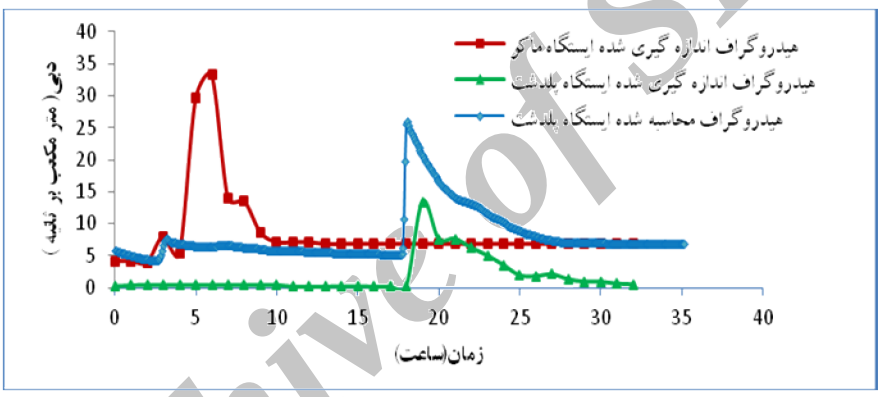


شکل ۳- رابطه دبی – اشل ایستگاه هیدرومتری پلدشت

Archive of SID

www.SID.ir

مقایسه نتایج مدل سازی و اندازه‌گیری‌های صحرایی به منظور ارزیابی مدل در شبیه سازی هیدروگراف سیل در رودخانه‌های فصلی و برآورد تلفات انتقال از داده‌های اندازه‌گیری مربوط به سیل رودخانه زنگمار، در ایستگاه‌های هیدرومتری ماکو و پلدشت استفاده شد. برای مقایسه نتایج به دست آمده توسط مدل موج دینامیکی با نتایج اندازه‌گیری‌های صحرایی، هیدروگراف سیل اندازه‌گیری شده در ایستگاه هیدرومتری ماکو مربوط به سی و یک اردیبهشت و یک خرداد سال ۱۳۸۶ به عنوان شرط مرزی بالادست به مدل معرفی شد و با در نظر گرفتن رابطه دبی – اشل (شکل۲) ایستگاه هیدرومتری پلدشت به عنوان شرط مرزی پایین دست و گام زمانی برابر با ۲۵ ثانیه و θ برابر با ۰/۷۵ روند یابی سیلاب توسط مدل انجام شد. نتایج این روندیابی در شکل (۴) و جدول (۱) ارائه شده که نشان می‌دهد برنامه نوشته شده زمان وقوع سیل و زمان نقطه اوج هیدروگراف را در مقایسه با نتایج داده‌های صحرایی به درستی مدل می کند همچنین حجم هیدروگراف ورودی در روندیابی انجام شده برابر با ۱۰۰۰۰۰ متر مکعب است که ۰/۸ درصد با حجم هیدروگراف خروجی محاسبه شده به وسیله مدل اختلاف داشته از این رو می‌توان نتیجه گرفت مدل با دقت بالا توانایی ارضای رابطه پیوستگی را دارد. تفاوت زیاد بین حجم هیدروگراف‌های ورودی و خروجی اندازه‌گیری شده و عدم وجود شاخه ای که از رودخانه زنگمار منشعب شود، باعث می‌شود توجه ما به پدیده ای به نام تلفات انتقال آب جلب شود. از این رو در مرحله بعد روندیابی سیلاب با اصلاح معادلات پیوستگی و مومنتم و در نظر گرفتن تلفات انتقال آب از کف و بستر رودخانه با استفاده از رابطه موسکات انجام شده به همین دلیل در قدم اول هدایت هیدرولیکی رودخانه زنگمار ماکو محاسبه شده است.



شکل ۴– هیدروگراف‌های ورودی و خروجی اندازه‌گیری شده در تاریخ ۱۳۸٦/۲/۳۱ و۱۳۸٦/۳/۱و هیدروگراف محاسبه شده توسط مدل موج دینامیکی بدون در نظر گرفتن تلفات انتقال

جدول ۱ – مشخصات هیدروگراف خروجی اندازه‌گیری شده در تاریخ ۱۳۸۶/۲/۳۱ و۱۳۸۶/۴/۱و هیدروگراف شبیه سازی شده به وسیله مدل موج دینامیکی بدون در نظر گرفتن تلفات انتقال

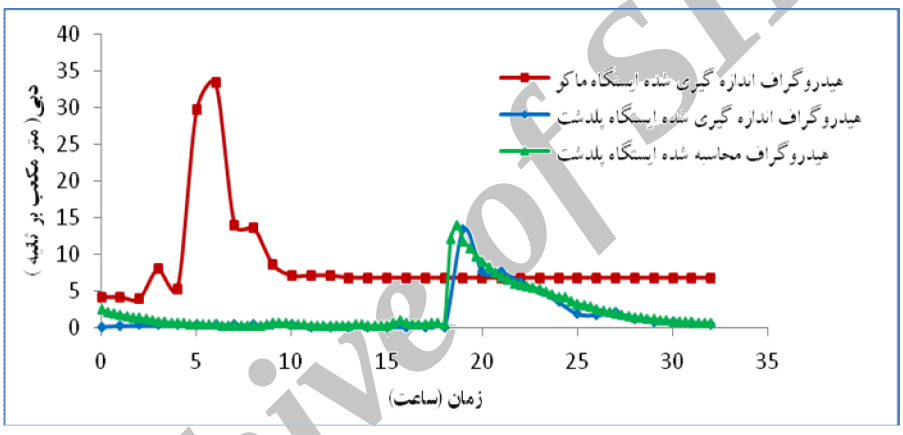
مشخصات هیدروگراف	هیدروگراف ایستگاه هیدرومتری پلدشت	هیدروگراف محاسبه شده به وسیله مدل	برآورد خطای مدل عددی
حجم سیلاب(m^3)	۲۱۲۰۲۹/۲	۱۰۰۰۰۰۷	٪-۷۸
زمان نقطه اوج هیدروگراف(hr)	۱۹	۱۸/۵	٪-۲/۶
دبی پیک هیدروگراف$\frac{m^3}{s}$	۱۳/۴۳	۲۲/۴۲	٪۴۰
زمان شروع سیل(hr)	۱۸	۱۷	٪-۵/۵

Archive of SID

www.SID.ir

با توجه به طولانی بودن مسیر رودخانه تعیین هدایت هیدرولیکی خاک بستر رودخانه با استفاده از روش‌های صحرایی مشکل بوده، از این رو برای تعیین هدایت هیدرولیکی خاک بستر رودخانه به این صورت اقدام شد که ابتدا هیدروگراف سیل مربوط به ایستگاه هیدرومتری ماکو در تاریخ‌های سی و یک خرداد و یک تیر ۱۳۸۶ به عنوان شرط مرزی بالادست و رابطه دبی – اشل مربوط به ایستگاه پلدشت در همان تاریخ به عنوان شرط مرزی پایین دست به مدل معرفی شد؛ سپس مدل عددی تهیه شده برای شرایط ذکر شده، با در نظر گرفتن گام زمانی ۲۵ ثانیه و θ ، ۰/۷۵ با نفوذ پذیری‌های مختلف اجرا گردید. نهایتا مقدار نفوذ پذیری بستر رودخانه به طور متوسط $k = 4.8\ 10^{-6}\frac{m}{s}$ محاسبه گردید. تحت این شرایط و با در نظر گرفتن تلفات انتقال رونديابی سیلاب اندازه‌گیری شده درتاریخ سی و یک خرداد و یک تیر ۱۳۸۶ انجام شد که نتایج آن در شکل (۵) و جدول (۲) آورده شده است.

نتایج به دست آمده در جدول (۲) و شکل (۵) نشان می‌دهد در صورتی که رونديابی با اصلاح معادلات سنت و نانت و در نظر گرفتن تلفات نشت انجام شود نتایج به دست آمده با مدل برازش خوبی با نتایج آزمایشات صحرایی خواهد داشت. تحت این شرایط مدل نوشته شده در این تحقیق، زمان شروع سیل و دبی پیک هیدروگراف و زمان نقطه اوج هیدروگراف و حجم سیلاب را با دقت بسیار خوبی برآورد می کند؛ همچنین تلفات انتقال در اندازه‌گیری‌های صحرایی ۷۸۸۰۰۴ متر مکعب و تلفات انتقال محاسبه شده به وسیله مدل ۷۸۲۷۸۴ مترمکعب است که این مقدار ۰/۶ درصد کمتر از مقدار اندازه‌گیری شده می‌باشد.



شکل۵ – هیدروگراف‌های ورودی و خروجی اندازه‌گیری شده در تاریخ ۱۳۸۶/۳/۳۱ و۱۳۸۶/۴/۱و هیدروگراف محاسبه شده توسط مدل نوشته شده با در نظر گرفتن تلفات انتقال

جدول ۲ – مشخصات هیدروگراف خروجی اندازه‌گیری شده در تاریخ ۱۳۸۶/۳/۳۱ و۱۳۸۶/۴/۱ و هیدروگراف شبیه سازی شده به وسیله مدل موج دینامیکی با در نظر گرفتن تلفات انتقال

مشخصات هیدروگراف	هیدروگراف ایستگاه هیدرومتری پلدشت	هیدروگراف محاسبه شده به وسیله مدل	برآورد خطای مدل عددی
حجم سیلاب(m^3)	۲۱۲۰۲۹/۲	۲۱۷۲۲۴	٪۲/۴
زمان نقطه اوج هیدروگراف(hr)	۱۹	۱۸/۶۶	٪-۱/۷
دبی پیک هیدروگراف($\frac{m^3}{s}$)	۱۳/۴۳	۱۳/۹۷	٪۳/۸
زمان شروع سیل(hr)	۱۸	۱۷	٪-۵/۵

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳- تلفات انتقال رودخانه زنگمار

تاریخ وقوع سیل	حجم سیلاب هیدروگراف ورودی (m^3)	درصد تلفات انتقال	تلفات انتقال		خطای مدل عددی
			مشاهدات صحرایی (m^3)	مدل عددی (m^3)	
۱۳۸۴/۴/۱۰ و ۱۳۸۴/۴/۹	۸۸۴۳۷۶	٪۹۴	۸۳۱۷۲۹/۶	۸۲۰۸۷۶/۱	٪-۱/۳۴
۱۳۸۴/۵/۱۴ و ۱۳۸۴/۵/۱۳	۱۶۸۵۱۶۰	٪۸۸/۴	۱۴۸۹۸۴۷/۲	۱۲۸۹۱۸۰/۱۶	٪۱۵
۱۳۸۴/۶/۸ و ۱۳۸۴/۶/۷	۲۲۰۰۶۸۰	٪۷۶	۱۶۷۳۱۴۷	۱۶۷۳۱۴۰	٪۲۰
۱۳۸۵/۴/۱۲و ۱۳۸۵/۴/۱۱	۱۴۸۵۵۲۲	٪۷۲/۷	۱۰۸۰۰۶۴/۸	۱۱۱۸۶۶۹/۷	٪۳/۴
۱۳۸۶/۲/۳۱و ۱۳۸۶/۳/۱	۱۰۰۰۰۰۸	٪۷۸/۷۹	۷۸۸۰۰۴	۷۸۲۷۸۴	٪۰/۶۶
۱۳۸۶/۳/۳۱و ۱۳۸۶/۴/۱	۱۱۴۴۴۲۲	٪۷۶/۵۶	۸۹۹۱۶۴/۸	۸۳۰۲۶۲/۱۱	٪۸/۲۹
۱۳۸۶/۵/۱۳و ۱۳۸۶/۵/۱۲	۱۵۸۵۵۳۰	٪۸۹/۸۲	۱۴۲۴۱۵۱	۱۱۵۹۵۳۴	٪۱۸
۱۳۸۸/۳/۲۵و ۱۳۸۸/۳/۲۴	۶۹۶۰۶۰	٪۹۶/۶۸	۶۷۲۹۶۲/۴	۵۹۴۸۰۲/۸	٪۱۱
۱۳۸۸/۴/۱۳و ۱۳۸۸/۴/۱۲	۱۱۴۰۰۴۸	٪۶۸/۵۱	۷۸۱۱۱۵/۴	۸۶۳۱۳۱/۷	٪۱۰/۴۹
۱۳۸۸/۴/۱۹و ۱۳۸۸/۴/۱۸	۶۵۳۱۱۲/۲	٪۸۷/۸۳	۵۳۲۳۸۶	۴۹۱۲۱۲/۵	٪-۷/۷۳
۱۳۸۸/۵/۹و ۱۳۸۸/۵/۸	۶۳۹۹۰۰	٪۸۹/۹۵	۵۷۵۶۰۵/۸	۵۱۴۶۶۰/۴۲	٪۱۱
۱۳۸۸/۶/۶و ۱۳۸۸/۶/۵	۴۱۳۶۹۴	٪۷۰/۶۴	۲۹۲۲۴۰/۸	۲۸۰۰۱۱	٪-۴/۱۸
۱۳۸۹/۴/۲و ۱۳۸۹/۴/۱	۸۳۲۵۳۶	٪۶۷/۳۷	۵۴۱۳۶۸	۶۷۵۵۲۴/۴۹	٪۱۸

برآورد تلفات انتقال در رودخانه زنگمار

در مرحله بعد، به منظور برآورد تلفات انتقال رودخانه زنگمار، با همان شرایط ذکر شده (گام زمانی ۲۵ ثانیه و θ، ۰/۷۵ و $\frac{m}{s}$ $k = 4.8\ 10^{-6}$) مدل نوشته شده برای هیدروگراف‌های دیگری که بین سال‌های ۱۳۸۴ تا ۱۳۸۹ اندازه‌گیری شده اند اجراشد و با توجه به حجم سیلاب هیدروگراف ورودی و حجم سیلاب هیدروگراف‌های خروجی محاسبه شده و اندازه‌گیری شده، مقدار تلفات انتقال در این رودخانه محاسبه شد که نتایج این بررسی در جدول (۳) ارائه شده است.

نتایج جدول (۳) نشان می‌دهد به طور متوسط ۷۴٪ حجم هیدروگراف ورودی بین ایستگاه‌های ماکو و پلدشت تلف می‌شود و مدل نوشته شده به طور متوسط با خطایی برابر با ۹/۹۳ مقدار تلفات انتقال در رودخانه زنگمار را برآورد می کند. دلایل خطا می‌تواند ناشی از فرضیات اعمال شده در روابط سنت و نانت، خطای روش‌های عددی، هیدرولیکی بستر رودخانه و تغییر مقاطع عرضی رودخانه، خطا در تخمین ضریب زبری مانینگ، تغییر هدایت هیدرولیکی بستر رودخانه و تغییر مقاطع عرضی رودخانه طی سال‌های مختلف باشد؛ همچنین از آنجایی که رابطه شبه دائمی موسکات اساسا برای مقاطع منظم ارائه شده است لذا استفاده از این رابطه برای محاسبه مقدار تلفات نشت می‌تواند در مقدار خطای مدل عددی نوشته شده موثر باشد.

نتیجه‌گیری

کاهش قابل توجه حجم سیلاب در ایستگاه پایین دست رودخانه زنگمار، پایین بودن تراز آب زیرزمینی، خشک بودن بستر رودخانه در هنگام سیل و عدم وجود شاخه فرعی بین ایستگاه‌های بالادست وپایین دست، موجب شد توجه به تلفات انتقال به صورت نشت جلب شود. از این رو در این تحقیق برای روندیابی سیلاب رودخانه مذکور، مدل عددی تهیه شد که در آن رابطه شبه ماندگار نشت موسکات در معادلات جریان تک بعدی (سنت- ونانت) گنجانده شده است. دقت مدل از نقطه نظر برنامه نویسی و توانایی شبیه سازی جریان ماندگار با استفاده از ۵۲۲ مقطع برداشت شده رودخانه زنگمار بین ایستگاه‌های ماکو و پلدشت و هیدروگراف ذوزنقه ای، بررسی و نتایج موفقیت آمیز بررسی شد. در صورت روندیابی سیلاب رودخانه زنگمار با در نظر گرفتن تلفات انتقال با رابطه موسکات، مدل نوشته شده، با دقت بسیار خوبی هیدروگراف خروجی در ایستگاه پلدشت را شبیه سازی می کند. نتایج روندیابی حدود ۱۳ هیدروگراف سیل مربوط به ایستگاه هیدرومتری ماکو درسال‌های ۸۴ تا ۸۹، نشان داد به طور متوسط حدود ۷۴ درصد از حجم هیدروگراف ورودی، در انتقال از ایستگاه ماکو تا ایستگاه پلدشت تلف می‌شود. مدل نوشته شده به طور

Archive of SID

www.SID.ir

متوسط با خطایی برابر با ۹/۹۳ مقدار تلفات انتقال در رودخانه زنگمار را برآورد می کند.

مراجع

شمسائی، ابوالفضل (۱۳۸۵)." سیستم‌های انتقال آب " انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر (تهران)،۶۱۴ص.

فتوحی، م. و حسینی، م. (۱۳۸۶) ." تحلیل حساسیت پارامترهای روندیابی سیلاب و تلفات نشت در رودخانه‌های مناطق خشک". مجله علوم و مهندسی آبخیزداری ایران . سال اول ، شماره ۱

قبادیان، ر. (۱۳۹۰). " روند یابی سیلاب و تخمین تلفات نشت در رودخانه‌های فصلی با حل همزمان معادلات جریان غیر ماندگار و نشت ". مجله آب و خاک مشهد. جلد ۵ و شماره۲

Boroto, R. A. j., Gorgens, A. H. M. (2003). "Estimating transmission losses along the Limpopo River- an overview of alternative methods". Hydrology of the Mediterranean and Semiarid Regions, IAHs Publ . no.278, 138-143

De Vries, J . j., Simmers , I. (2002). "Ground water recharge: an overview of prosses and challenges" Hydrology J.10,5-17

Knighton, A.D., Nanson,G.C. (1994)."Flow transmission along an arid zone anastomosing river, Copper Creek, Austoralia". Hydrological Processes 8,137-154.,

Lan, L. J., Ferreira, V. J., Shirley, E. D. (1980). "Estimating transmition losses in ephameralstream 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

Sorman, A.U.,Abdulazzak, M.J.(1993). "Infiltration – recharge through wadi beds in arid region". Hydrological Sci.J.38,173-186

Vivarelli, R., Perera, B. J. C.(2002). "tansmission losses in natural rivers and streams – a review" Victoria University of Technology, Melbourne

Walters, M. O. (1990)."Transmission losses in arid region". J.Hydraulic Eng. ASCE116,129-138.

تاریخ دریافت: ۹۰/۱۰/۱۱
تاریخ پذیرش: ۹۱/۵/۲

Archive of SID

www.SID.ir

Iranian Journal of Irrigation and drainage
No. 3, Vol. 6, Fall 2012, p. 206-214

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره ۳، جلد۶، پاییز ۱۳۹۱، ص. ۲۱۴-۲۰۶

Estimating of Unsteady Seepage losses in the Zangemar River Using Mathematical Model

R. Ghobadian[1]*, M. khalaj [2]

Abstract

Measured flood hydrograph of Zangmar Ephemeral River between Makoo and Poldasht hydrometry showed that the volume of exit hydrograph from Poldasht station is significantly less than input hydrograph in Makoo station. While there are not any lateral outflow from the river reach with 62 km length and the amount of evaporation and direct remove during flood occurring is very little. These transmission losses can be caused by water infiltration from the river's bed and flood plains. Due to transmission losses and lack of initial flow flood routing in these rivers is impossible with conventional methods and it is necessary to develop methods of flood routing. Therefore in this study a computer model for natural river cross section has been developed in which partial differential equations of unsteady none uniform flow (Saint-Venant equations) is linearization by finite difference method. To calculate seepage losses Muskat's equation integrated with Saint-Venant equations. The equations have been developed in such a way that seepage losses can be calculated simultaneously. The results showed that with considering seepage losses, the developed model can predict the output hydrograph in comparison with field data with good accuracy. The results of flood routing for 13 input hydrograph showed seepage losses in the river reach is an average of about 74% of the input hydrograph volume.

Keyword: Flood routing, Seepage losses, Unsteady flow, Zangemar river

Archive of SID

1-Assistant Professor, Deparment of Water Engineering, Razi University
(* - Corresponding Author Email: r_ghobadian@razi.ac.ir)
2- Msc. Student of Irrigation and Drainage, Deparment of Water Engineering, Razi University

www.SID.ir