

یادداشت فنی

ارزیابی هیدروگراف SCS و هیدروگراف واحد لحظه‌ای ژئومورفولوژی (GIUH) در حوضه آبخیز جونقان

احمدرضا فتاحی^{۱*}، روح الله فتاحی نافچی^۲، حسین صمدی بروجنی^۳ و خدایار عبداللهی^۴

چکیده

استخراج هیدروگراف سیل حوضه یکی از مهمترین موارد مطالعات هیدرولوژی در طراحی سازه‌های آبی در حوضه است. یکی از پرکاربردترین مدل‌های تجربی ارایه شده در این زمینه هیدروگراف واحد بدون بعد SCS است. همچنین مدل معروف دیگری توسط رودریگوئز-ایتورب و همکاران (۱۹۷۹) به نام هیدروگراف واحد ژئومورفولوژی (GIUH) ارایه شد. این مدل با استفاده از عوامل کمی ژئومورفولوژی حوضه‌ها، هیدروگراف سیل را بر اساس بارش طرح برآورد می‌کند. مطالعه حاضر برای مقایسه کارایی این دو روش در حوضه جونقان از زیرحوضه‌های کارون واقع در استان چهارمحال و بختیاری انجام شده است. با تهیه نقشه‌های DEM، داده‌های ژئومورفولوژی حوضه استخراج و پس از شبیه‌سازی مدل‌ها، کارایی نسبی آن‌ها مقایسه شد. میانگین خطای نسبی در برآورد دبی اوج در مدل SCS، ۲۲ و در مدل GIUH، ۱۱ درصد محاسبه شد. نتایج نشان می‌دهد مدل GIUH در برآورد دبی اوج سیلاب و همچنین زمان تا اوج سیلاب موفق‌تر از مدل SCS عمل کرده است.

واژه‌های کلیدی: حوضه، دبی اوج، زمان تا اوج، ژئومورفولوژی، هیدروگراف.

ارجاع: فتاحی ا. ر. فتاحی نافچی ر. صمدی بروجنی ح. و عبداللهی خ. ۱۳۹۲. ارزیابی هیدروگراف SCS و هیدروگراف واحد لحظه‌ای ژئومورفولوژی (GIUH) در حوضه آبخیز جونقان. مجله پژوهش آب ایران. ۷(۱۳):۲۰۵-۲۰۸.

۱- دانشجوی دکتری مهندسی آبیاری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۲- استادیار گروه آبیاری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد.

۳- دانشیار گروه آبیاری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد.

۴- مربی گروه آبخیزداری، دانشگاه جامع علمی کاربردی.

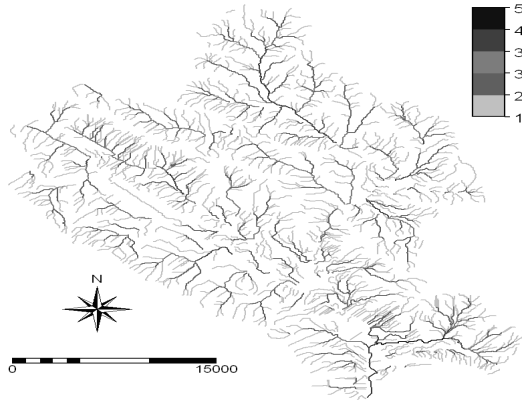
* نویسنده مسئول: rezafh@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۸/۲۷

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۰۷/۰۱

مقدمه

شبکه زهکشی حوضه، بر اساس رتبه‌بندی استراهلر اقدام به رتبه‌بندی شبکه آبراه‌های شد (شکل ۱). با نرم‌افزار ILWIS، پارامترهای نسبت انشعاب (R_B)، نسبت مساحت (R_A)، نسبت طول (R_L)، محاسبه شدند.



شکل ۲- رتبه‌بندی شبکه آبراه‌های حوضه جوقنان

در تئوری هیدروگراف واحد ژئومورفولوژیکی تلاش شده است با ارتباط دادن هیدروگراف با مشخصات ژئومورفولوژیکی حوضه، پاسخ هیدروگراف با مشخصات رواناب سطحی ارزیابی شود. می‌توان بر اساس پارامترهای هیدروپنایمیکی، سرعت اوج سیلاب و همچنین با استفاده از پارامترهای ژئومورفولوژیکی حوضه مانند R_B ، R_A ، R_L ، دبی اوج و همچنین زمان تا اوج هیدروگراف GIUH را استخراج کرد. برای محاسبه پارامترهای نسبت انشعاب (R_B)، نسبت مساحت (R_A) و نسبت طول (R_L) از روش ترسیمی جین و سینها (۲۰۰۳) استفاده شد. محاسبه دبی و زمان اوج به ترتیب از معادلات ۱ و ۲ انجام می‌شود.

$$q_p = \frac{1.31}{L} R_L^{0.43} V \quad (1)$$

$$t_p = \frac{0.44 L \Omega}{V} \left(\frac{R_B}{R_A} \right)^{0.55} R_L^{-0.38} \quad (2)$$

که در آن q_p دبی پیک هیدروگراف واحد لحظه‌ای (l/hr) و t_p زمان تا پیک هیدروگراف واحد لحظه‌ای (hr) هستند. همچنین در ترسیم شکل کامل هیدروگراف‌ها از معادلات ۳ و ۴ استفاده می‌شود.

$$\alpha = 3.29 (R_B / R_A)^{0.78} R_L^{0.07} \quad (3)$$

$$Q = Q_p [(t / t_p) \exp(1 - t / t_p)]^{\alpha-1} \quad (4)$$

که در این معادلات Q دبی هیدروگراف در ساعت t ام است. برای مقایسه هیدروگراف‌های مشاهده‌ای و هیدروگراف‌های محاسبه شده، برای ارزیابی توانایی هر کدام از مدل‌ها و

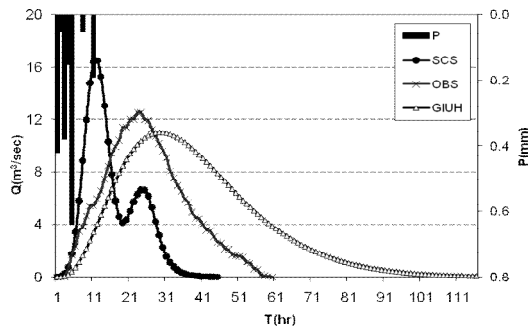
تهیه آب‌نمودهای سیل در کارهای مهندسی منابع آب، پیش‌بینی سیلاب، اجرای پروژه‌های عمرانی و تهیه نقشه‌های حساسیت سیل ضرورت دارد. با مطرح شدن مفهوم هیدروگراف واحد لحظه‌ای ژئومورفولوژیکی توسط رادریگز-ایتورب و والدز (۱۹۷۹)، مدل‌سازی رواناب بر اساس ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی حوضه، مرحله جدیدی را شروع کرد. تئوری هیدروگراف واحد لحظه‌ای ژئومورفولوژیکی توسط پژوهشگران دیگر نظیر گوپتا و همکاران (۱۹۸۰)، چن و سینگ (۱۹۸۶)، چوتا و دوگ (۱۹۹۰)، وندرتک و برس (۱۹۹۰) و همچنین کومار و همکاران (۲۰۰۷) بررسی شد و نتایج قابل قبولی از آن در کشورهای مختلف گزارش شد. سارانگی و همکاران (۲۰۰۹) با مقایسه روش‌های ژئومورفولوژی و SCS در حوضه‌های بدون آمار دریافتند که در حوضه‌های آبخیز کوچک با خصوصیات ژئومورفولوژی مشابه، روش GIUH دارای صحت بیشتری است. دباقیان و محمدی (۲۰۱۲) با بررسی هیدروگراف‌های مصنوعی در حوضه آبخیز مهران آماره RMSE در برآورد دبی اوج را به ترتیب در روش‌های مثلثی، SCS، اشنایدر و GIUH برابر ۲۵/۸۲، ۲۵/۳۷، ۱۶/۰۸ و ۱۴/۶۵ محاسبه کردند. نتایج پژوهش ثقفیان و همکاران (۱۳۹۰) در حوضه آبخیز چناران، نشان داد با توجه به کارایی هیدروگراف ژئومورفولوژیک در مدل‌سازی خصوصیات هیدرولیکی و هیدروگرافیک منطقه، می‌توان از این مدل برای حوضه‌های بدون آمار استفاده کرد.

هدف اصلی این مطالعه استخراج و ارزیابی مدل GIUH برای پیش‌بینی هیدروگراف رواناب در حوضه‌های بدون آمار است. دیگر هدف خاص این مطالعه مقایسه هیدروگراف GIUH با روش متداول و قدیمی SCS و در نهایت معرفی مدل با کارایی بالاتر است.

مواد و روش‌ها

حوضه آبخیز جوقنان با وسعت 909 km^2 ، محیط 154 km با ارتفاع متوسط 2224 m و شیب متوسط 23% در شمال غربی استان چهارمحال و بختیاری قرار دارد.

برای حوضه آبخیز مورد مطالعه با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ نقشه‌های رقومی ارتفاعی (DEM) ساخته شد. پس از استخراج مرزهای حوضه و



شکل ۲- هیدروگراف‌های استخراجی به روش‌های SCS و GIUH و مشاهده‌ای در تاریخ ۱۳۸۲/۲/۱

در این پژوهش ارزیابی مدل‌های SCS و GIUH بر اساس ۵ واقعه بارش- رواناب در حوضه جونقان در استان چهارمحال و بختیاری انجام شد. آماره MRE که در واقع مشخص کننده درصد خطای برآورد پارامتر است نشان می‌دهد که در برآورد دبی اوج مدل GIUH با ۱۱٪ خطای مجموع از مدل SCS با درصد خطای ۲۲٪ موفق‌تر عمل کرده است. کارایی مدل GIUH در این مطالعه با نتایج قهرمان و لطفی (۱۳۸۸) در حوضه جنگ، ثقفیان و همکاران (۱۳۹۰) در حوضه چناران و گیاهی و روغنی (۱۳۸۵) مطابقت دارد. همچنین با مقایسه نتایج پژوهش‌های آگیره و همکاران (۲۰۰۵)، کومار و همکاران (۲۰۰۷) و خالقی (۲۰۱۱) و مطالعه حاضر می‌توان نتیجه گرفت که با توجه به تأثیر کلیه پارامترهای فیزیکی حوضه در برآورد رواناب به روش GIUH، این روش دارای دقت بالایی در برآورد خصوصیات هیدروگراف حوضه است.

همچنین با توجه به مقادیر میانگین خطای نسبی (RME) و مجذور میانگین توان دوم خطا (RMSE) به دست آمده برای مدل GIUH می‌توان چنین نتیجه گرفت که مدل GIUH در مقایسه با مدل SCS هم در برآورد زمان تا اوج سیلاب و هم در برآورد دبی اوج سیلاب موفق‌تر عمل می‌کند، چنین نتیجه‌ای در پژوهش‌های مشابه این مطالعه مانند مطالعات صادقی و همکاران (۱۳۸۴)، شکوهی و ثقفیان (۲۰۰۵)، دباقیان و محمودی (۲۰۱۲) و کومار (۲۰۰۷) دارد. عدم توفیق مدل SCS را می‌توان در فرضیات محدود کننده هیدروگراف واحد دانست، که یکی فرض یکنواخت بودن بارش در تمامی سطح حوضه در فرضیات SCS است و دیگری تئوری خطی بودن واکنش حوضه. یکی از دلایل مهم در تنوع اشکال هیدروگراف GIUH و همچنین تطابق بیشتر آن با هیدروگراف مشاهده‌ای، اساس فیزیکی و هیدرولیکی این مدل و در

تعیین میزان خطای آن‌ها، لازم است تا مشخصات مهم هیدروگراف‌ها نسبت به هم سنجیده شود. بنابر پیشنهاد ثقفیان و همکاران (۱۳۹۰) و همچنین قهرمان و لطفی (۱۳۸۸)، در این مطالعه از آماره ارزیابی میانگین خطای نسبی به شرح زیر استفاده شد.

$$MRE = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Re_i \right) \times 100 \quad (5)$$

$$Re = \frac{X_o - X_e}{X_o} \quad (6)$$

که در آن MRE میانگین خطای نسبی (%) و Re خطای نسبی در هر برآورد (%) و X_o مقدار مشاهده‌ای پارامتر و X_e مقدار محاسبه‌ای پارامتر همچنین برای مقایسه کامل هیدروگراف محاسبه‌ای با هیدروگراف مشاهده‌ای به صورت نقطه به نقطه، از شاخص میانگین توان دوم خطا (RMSE) به صورت زیر استفاده می‌شود.

$$SE_i = (X_{oi} - X_{ci})^2 \quad (7)$$

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n SE_i \quad (8)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_{oi} - X_{ci})^2}{n}} \quad (9)$$

که در آن SE خطای استاندارد یا توان دوم میزان خطا در نقطه نام و MSE میانگین خطای استاندارد می‌باشند.

نتایج و بحث

استخراج و ارزیابی مدل‌های SCS و GIUH

در این پژوهش پس از تهیه نقشه شبکه آبراهه‌ای و رتبه‌بندی رودخانه‌ها به روش استراهلر، مقادیر نسبت انشعاب ($R_B=3.9$)، نسبت مساحت ($R_A=4.6$) و نسبت طول ($R_L=2.5$) محاسبه شدند. سپس با تعیین هایتوگراف بارش مازاد (هایتوگراف ۱ ساعته) و با استفاده از معادلات ۱ تا ۴، مختصات نقاط هیدروگراف سیلاب هر کدام از وقایع محاسبه شد. هیدروگراف استخراجی به همراه هیدروگراف سیلاب مشاهداتی برای یک رویداد منتخب در شکل ۲ ترسیم شده‌اند.

برای سهولت بررسی نتایج در جدول ۱ مقایسه‌ای بین ابعاد محاسبه شده هیدروگراف‌ها با دو روش مورد مطالعه و هیدروگراف وقایع انتخابی انجام شده است، علاوه بر این مقادیر آماره‌های مورد ارزیابی در کارایی روش‌های مدل‌سازی نیز محاسبه شده است.

تغییرات کاربری اراضی و پوشش در رفتار هیدرولوژی حوضه آبخیز استفاده کرد.

نظر گرفتن روابط هیدرولیکی و هیدرولوژیکی به جای روابط تجربی و ثابت است (شکوهی و ثقفیان، ۱۳۸۵).

منابع

۱. ثقفیان ب. شمسایی ا. تابنده س. م. و جلال پورح. ر. ۱۳۹۰. برآورد رواناب با استفاده از روش GIUH. اولین کنفرانس بین‌المللی سد و نیروگاه‌های برق آبی.
۲. صادقی س. ح. ر. و دهقانی م. ۱۳۸۵. دقت روش‌های تخمین ضریب ذخیره آبنمود واحد لحظه‌ای در بازسازی آبنمود واحد سیل. علوم کشاورزی و منابع طبیعی. ۳۳-۴۲.
۳. قهرمان ب. و لطفی م. ۱۳۸۸. کارایی مدل‌های هیدروگراف واحد در تعیین هیدروگراف سیلاب. گزارش نهایی، طرح تحقیقات کاربردی شرکت سهامی آب منطقه‌ای خراسان شمالی. ۱۳۰ ص.
4. Dabbaghian M. and Mohammadi A. A. 2012. Regional model for peak discharge estimation in ungauged drainage basin using GIUH, Snyder, SCS and triangular models. Journal of water Resources and Environmental Engineering. 4(18):86-96.
5. Kumar R. C. Chatterjee C. Lohani A. K. Sing R. D. and Kumar S. 2007. Runoff estimation for an ungauged catchment using geomorphological instantaneous unit hydrograph (GIUH) Models. Hydrological Process. 21:1829-1840
6. Sarangi A. Madramootoo C. A. Enright P. and Prahser S. O. 2005. Evaluation of three unit hydrograph models to predict the surface runoff from a Canadian watershed. Water Resource Management. 21:1127-1143.

جدول ۱- مقادیر خطای نسبی دبی اوج و زمان اوج برآورد شده با مدل‌ها

تاریخ واقعه	مقادیر مشاهده‌ای		روش SCS		روش GIUH	
	Q_p (m^3/s)	T_p (hr)	Q_p (m^3/s)	T_p (hr)	Q_p (m^3/s)	T_p (hr)
۸۲/۲/۱	۵۵	۲۳/۶	۱۹/۲	۱۳	۲۶/۱	۲۷
۸۲/۱۰/۶	۲۰	۱۲/۶	۱۶/۵	۱۱	۱۱	۲۸
۸۲/۱۱/۲۶	۲۸	۵۹	۴۳	۲۴	۵۴/۶	۲۳
۸۵/۲/۶	۲۴	۲۷	۲۰	۱۳	۲۳	۲۹
۸۶/۱/۶	۲۱	۴۱	۴۴/۳	۱۸	۳۷/۵	۲۴
MRE%	-	-	۲۲	۳۹	۱۱	۲۹
MSE	-	-	۷۰	۳۹۸	۱۱/۳	۳۶۷
RMSE%	-	-	۸/۴	۱۹/۹	۳/۴	۱۹/۱

نتیجه‌گیری

در مدل GIUH علاوه بر پارامترهای ژئومورفولوژیکی که ساختار مدل را شکل می‌دهند، متغیرهای توزیع زمانی بارش مازاد و خصوصیات هیدرولیکی بستر جریان نیز بسیار مهم هستند. از آنجا که تنوع و غیریکنواختی خصوصیات ژئومورفولوژی متفاوت حوضه و همچنین تغییرات بارش مازاد، نتایج این مدل را تحت تأثیر قرار می‌دهد، می‌توان از این روش مدل‌سازی در مطالعات اثرات