تعيين نقش پايه‌هاي زماني مختلف بارش در ميزان دقت هيدروگراف واحد مصنوعي SCS[1] (مطالعه موردي: استان‌هاي تهران و البرز)

حمزه مجددي[1*]، محمود حبيب‌نژاد[2] و محمد مهدوي[3]
[1] دانشجوي كارشناسي ارشد آبخيزداري، دانشكده منابع طبيعي دانشگاه علوم كشاورزي و منابع طبيعي ساري، ايران
[2] دانشيار دانشكده منابع طبيعي دانشگاه علوم كشاورزي و منابع طبيعي ساري، ايران
[3] استاد دانشكده منابع طبيعي دانشگاه تهران، ايران
(تاريخ دريافت: ۸۸/۶/۱۴، تاريخ تصويب: ۹۰/۱/۲۳)

چكيده

يكي از مهم‌ترين اهداف مطالعات هيدرولوژيک، پيش‌بيني كمي چگونگي فرايند بارش- رواناب و انتقال رواناب به نقطه خروجي و تعيين دبي اوج، زمان تا اوج، حجم رواناب و زمان پايه هيدروگراف مي‌باشد. اين تحقيق با هدف بررسي نقش پايه‌هاي زماني مختلف بارش در ميزان دقت هيدروگراف واحد مصنوعي SCS در استانهاي تهران و البرز انجام شد. بدين منظور زيرحوزه‌هاي امامه، كن، كرج و طالقان به ترتيب با مساحت ۳۷/۲، ۱۹۷، ۷۶/۳ و ۶۵/۱۷ كيلومتر مربع انتخاب شد. علت انتخاب اين زيرحوزه‌ها كوچک بودن آن‌ها، وجود ايستگاه‌هاي باران‌سنج ثبات و ايستگاه‌هاي هيدرومتري و از همه مهم‌تر ثبت وقايع سيل همراه با رگبار متناظر آن بود. در همين راستا آمار ۳۱ واقعه سيل با رگبار متناظر در اين زيرحوزه‌ها جمع‌آوري شد. از طرف ديگر با استفاده از روش هيدروگراف واحد مصنوعي SCS، چهار مؤلفه دبي اوج، زمان تا اوج، حجم رواناب و زمان پايه هيدروگراف در هفت پايه زماني بارش محاسبه شد. در پايان نيز هيدروگراف‌هاي رواناب مستقيم برآوردي با هيدروگراف‌هاي رواناب مستقيم مشاهده‌اي به روش درصد خطاي نسبي مورد مقايسه قرار گرفت. نتايج نشان داد كه پايه زماني ۱۵ دقيقه در هر يک از مؤلفه‌هاي مورد بررسي داراي كمترين درصد خطاي نسبي (بالاترين صحت) و پايه زماني ۱۲۰ دقيقه، داراي بيشترين درصد خطاي نسبي (كمترين صحت) مي‌باشد.

واژه‌هاي كليدي: هيدروگراف، هيدروگراف واحد مصنوعي SCS، پايه زماني بارش، تهران، البرز.

* نويسنده مسؤول: تلفن: ۰۹۱۵۳۱۶۰۴۵۵ فاكس: ۰۵۱۱۸۴۶۲۰۷۴ E-mail: hmojadadi2007@yahoo.com

[1] Soil Conservation Service [Now: Natural Resources Conservation Service (NRCS)]

مقدمه

طغيان سيل همواره در بيشتر نواحي دنيا اتفاق افتاده و تهديدي براي زندگي بشر محسوب مي‌شود و از اين رو نياز به يك مديريت مؤثر خطر سيل وجود دارد (Drogue *et al.*, 2004). در اين راستا آگاهي از تغييرات فصلي و مكاني و احتمال وقوع سيل با بزرگي مشخص مي‌تواند كمك شاياني به مديريت سيل و كاهش خطرهاي ناشي از آن بنمايد. از طرف ديگر، بيشتر آمار بارندگي در مناطق مختلف به صورت بارندگي روزانه در دسترس مي‌باشد، درحالي‌كه براي مطالعات هيدرولوژيک مانند شبيه سازي بارندگي- رواناب، آمار بارندگي با فواصل زماني كوتاه‌تر مورد نياز مي‌باشد (Bo & Islam, 1994). برآورد هيدروگراف‌هاي رواناب مستقيم در حوزه‌هاي فاقد آمار، كاربرد زيادي در طرح‌هاي هيدرولوژيک دارد. به عنوان نمونه از اين هيدروگرافها براي ارزيابي پهنه‌بندي خطر سيل در يک دوره بازگشت مشخص و نيز اندازه‌گيري دبي و سطح مقطع رودخانه‌اي كه اطلاعات آن در دسترس نبوده و يا موجود نمي‌باشد، استفاده مي‌شود (Di Lazzaro, 2009). مقياس اندازه‌گيري زمان در بيشتر طرح‌هاي هيدرولوژيک نسبتاً بزرگ مي‌باشد، درحالي‌كه براي شبيه‌سازي‌هاي هيدرولوژيک مناسب‌تر و طراحي دقيق‌تر سازه‌هاي هيدرولوژيک، آمار مربوطه در مقياس زماني كوتاه‌مدت مورد نياز مي‌باشد (Bloschl & Sivapalan, 1995). علاوه بر ضرورت دسترسي به آمار بارندگي با پايه‌هاي زماني محدود، بررسي تأثير پايه زماني بارندگي بر تجزيه و تحليل فرآيندهاي هيدروليک و هيدرولوژيک، مقوله ديگري است كه كمتر مطالعه‌اي به طور مؤثر به آن پرداخته است (Quarda *et al.*, 1993). برخي داده‌هاي ثبت شده توسط باران‌سنج‌ها حاوي اطلاعاتي براي تعيين توزيع شدت بارش در يک رگبار و در طول يک دوره بارش مي‌باشند. در برخي از پروژه‌هاي هيدرولوژيک، داده‌هاي يک‌ساعته كفايت نموده و براي ديگر پروژه‌ها با توجه به هدف و اهميت پروژه، مقادير بارش ٣٠ دقيقه‌اي و يا حتي ٥ دقيقه‌اي مورد نياز مي‌باشد (Ward & Trimble, 2004).

از آنجا كه بالا بردن ميزان دقت هيدروگراف سيل، افزايش دقت در طراحي و تعيين ابعاد سازه‌هاي مهار سيلاب، سرريز سدها و غيره را به همراه دارد و نيز به علت كمبود وقت و هزينه كافي براي استخراج داده‌هاي ثبات بارش و ليمنوگراف و همچنين با توجه به اينكه بيشتر حوزه‌هاي آبخيز كوچک فاقد ايستگاه‌هاي هيدرومتري داراي ليمنوگراف و باران‌سنج ثبات مي‌باشند، ميزان دقت هيدروگراف‌هاي مصنوعي برآوردي SCS در برخي زيرحوزه‌هاي آبخيز استان تهران و البرز تعيين شد. به همين منظور جهت تهيه هيدروگراف سيل براي حوزه-هايي با آمار محدود يا فاقد آمار، از هيدروگراف‌هاي واحد مصنوعي (SUH)[1] مرسوم مانند اشنايدر[2]، كلارک[3]، SCS و گري[4] استفاده شد (Usul & Tezcan, 1995; Singh *et al.*, 2007). در زمينه هيدروگراف واحد مصنوعي SCS، مطالعاتي در كشور و خارج از كشور انجام گرفته كه نمونه هايي از آن در زير آمده است. Rezayee (1994) به منظور تطبيق هيدروگراف‌هاي واحد مصنوعي و طبيعي در تعدادي از حوزه‌هاي آبخيز كوچک از سه روش SCS، اشنايدر و مثلثي استفاده نمود. نتايج اين تحقيق، تطابق بهتر روش SCS را نسبت به دو روش اشنايدر و مثلثي نشان داد. Shamohammadi (1994) در حوزه آبخيز خرسان واقع در بخش جنوبي حوزه آبخيز كارون، هيدروگراف سيلاب‌هاي مشاهده‌اي را با هيدروگراف سيلاب‌هاي محاسبه‌اي مقايسه نمود و ضمن بررسي سه روش تهيه هيدروگراف واحد مصنوعي (اشنايدر، SCS و مثلثي)، در مجموع روش SCS را جهت بررسي هيدروگراف سيلاب‌هاي حوزه‌هاي آبخيز مشابه حوزه خرسان پيشنهاد كرد. Ghahrayee (2000) با بهره‌گيري از آمار بارندگي تعدادي از ايستگاه‌هاي باران‌سنج ثبات در سطح استان فارس، به بررسي توزيع زماني بارش در حوزه معرف مسيل پلنگان پرداخت و الگوي زماني بارندگي را به ازاي تداوم‌هاي مختلف ارائه نموده و در ادامه نيز به

[1] Synthetic Unit Hydrograph
[2] Snyder
[3] Clark
[4] Gray

منظور بررسي تأثير كاهش پايه زماني بارندگي بر رواناب خروجي، با استفاده از روش هيدروگراف واحد مصنوعي SCS نشان داد كه كاهش پايه زماني بارندگي، تأثير چشم‌گيري بر نقطه اوج هيدروگراف خروجي حوزه دارد.

Barkhordari (2006) در حوزه آبخيز سيخوران استان هرمزگان به منظور تعيين قابليت و كارآيي هيدروگراف واحد مصنوعي (اشنايدر، SCS، مثلثي و كلارک)، ضمن تعيين هيدروگراف‌هاي واحد طبيعي و مصنوعي با استفاده از داده‌هاي مورفولوژيک، باران‌سنجي و هيدرومتري و مقايسه و بررسي چهار روش تهيه هيدروگراف واحد مصنوعي و هيدروگراف‌هاي واحد طبيعي (مشاهده‌اي) به اين نتيجه رسيد كه روش اشنايدر در حوزه‌هاي كوهستاني پرشيب و روش‌هاي SCS و مثلثي در حوزه‌هاي دشتي و كم شيب، برآورد بهتري را ارائه مي‌نمايند.

Usul & Kupcu(1997) با استفاده از روش SCS به مقايسه هيدروگراف‌هاي مشاهده‌اي و به‌دست آمده از هشت واقعه رگبار در يک دوره ۱۱ ساله در چهار پايه زماني ۵، ۱۰، ۳۰ و۶۰ دقيقه‌اي در حوزه كومدر[1] واقع در شمال غربي تركيه پرداختند. مقايسه هيدروگراف‌ها در اين مطالعه به روش درصد خطاي نسبي انجام شد. نتايج نشان داد كه به‌جز پايه زماني۳۰ دقيقه كه اختلاف در دبي اوج هيدروگرافها در آن برابر با ۲۱/۲- درصد به‌دست آمد، در ساير پايه‌ها خطا كمتر از ۱۰ درصد بوده و در نتيجه SCS مي‌تواند براي حوزه‌هاي فاقد آمار به‌كار گرفته شود.

Singh(2000) بر اساس تحقيقات جامع خود اظهار داشته كه با تبديل هيدروگراف‌هاي مصنوعي عمومي نظير اشنايدر، SCS و گري به توزيع گاما، مي‌توان به شكل صاف‌شده‌اي از هيدروگراف‌هاي واحد با بارش مازاد واحد دست يافت كه اين صاف‌شدگي، افزايش دقت را در هيدروگراف به‌دست آمده نشان مي‌دهد.

Bhunya *et al.* (2007) با استفاده از چهار توزيع آماري گاما، بتا، ويبول و كاي‌اسكور و سه روش هيدروگراف واحد مصنوعي اشنايدر، SCS و گري به مقايسه اشكال هيدروگراف‌ها در دو زير حوزه در كشور هند با مساحت‌هاي ۱۱۴ و ۳۵۰ كيلومتر مربع پرداختند. در بين روش‌هاي برآورد هيدروگراف واحد مصنوعي، درصد خطاي نسبي در زمان تا اوج و دبي اوج هيدروگراف‌هاي به‌دست آمده از روش SCS به ترتيب ۲۰ و ۳ درصد و ميزان خطاي استاندارد اين روش ۲/۹۵ درصد برآورد شد كه نشان مي‌دهد اين روش براي حوزه‌هاي فاقد آمار مناسب مي‌باشد.

Mojaddadi *et al.* (2009) با مقايسه چهار روش هيدروگراف واحد مصنوعي در حوزه آبخيز ناورود، هماهنگي بالاي روش SCS را با هيدروگرافهاي مشاهده‌اي از نظر سه مؤلفه زمان پايه، زمان اوج و حجم رواناب خروجي نشان دادند، اما اين روش دبي‌هاي اوج را بيشتر از دبي‌هاي اوج مشاهده‌اي برآورد نمود كه اين مسأله تا حد زيادي به عوامل تأثيرگذار بر شكل هيدروگراف در حوزه مورد تحقيق مانند پوشش‌گياهي (جنگل متراكم) و شكل نسبتاً كشيده حوزه برمي‌گردد. در مجموع مقايسه كارايي روش‌هاي مورد بررسي حاكي از آن است كه روش SCS نسبت به روشهاي گري، ژئومورفولوژيك و ژئومورفوكليماتيك به ترتيب ۱۳۴/۶۷، ۱۴۴/۲۷ و ۱۰۶/۷۵ درصد كارآتر است.

با توجه به هدف تحقيق، يک روش هيدروگراف واحد مصنوعي (در اينجا روش هيدروگراف واحد مصنوعي SCS) به عنوان معيار سنجش دقت در مقايسه با هيدروگراف‌هاي مشاهده‌اي انتخاب شد. هرچند روش‌هاي زيادي براي تهيه هيدروگراف واحد مصنوعي وجود دارد اما از بين اين روش‌ها، روش SCS به علت اينكه تاكنون در چنين طرح‌هايي مورد ارزيابي قرار نگرفته و همچنين مؤلفه‌هاي موجود در اين روش، نسبت به ساير روش‌ها در دسترس‌تر مي‌باشد، انتخاب شد تا صحت و دقت آن در پايه‌هاي زماني مختلف بارش مورد بررسي قرار گيرد.

[1] Kumdere

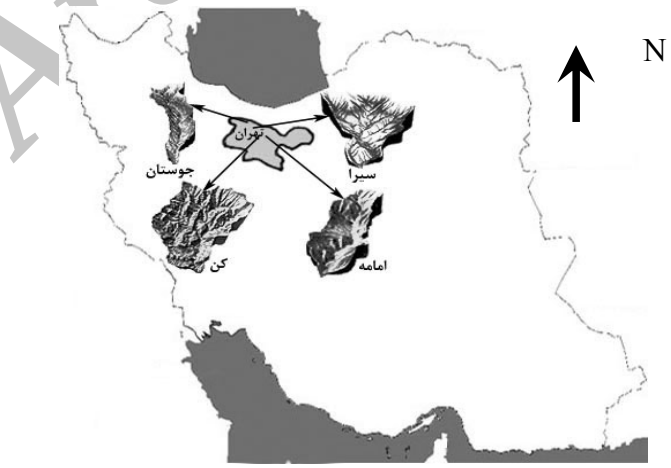
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

استانهاي تهران و البرز بين عـرض‌هـاي ۳۵ درجـه و ۱۴ دقيقه تا ۳۶ درجه و ۱۷ دقيقه شـمالي و طـول‌هـاي ۵۰ درجه و ۱۴ دقيقه تـا ۵۳ درجـه و ۶ دقيقـه شـرقي قـرار گرفته‌اند. در اين استانها ۷۴ ايستگاه هيـدرومتري وجـود دارد. از اين تعداد، چهار ايستگاه هيدرومتري (كمرخـاني، سولقان، سيرا و جوستان) در چهار حوزه امامه، كن، كـرج و طالقان داراي شرايط مناسب براي اين تحقيـق بودنـد و انجام مطالعه به اين حـوزه‌هـا محـدود گرديـد كـه علـت انتخاب آنها در قـسمت روش تحقيـق بيـان شـده اسـت. شكل۱ موقعيت زيرحوزه‌هاي منطقه مورد مطالعه را نشان مي‌دهد. برخي از مشخصات فيزيوگرافي اين حوزه‌هـا نيـز در جدول ۱ آمده اسـت (Eslamian & Mehrabi, 2005; Ghoddusi *et al.*, 2006).

جدول ۱- مشخصات فيزيوگرافي حوزه‌هاي آبخيز مورد مطالعه

نام / زيرحوزه مشخصات	امامه	طالقان	كرج	كن
مساحت (km^2)	۳۷/۲	٦۵/۱۷	۷٦/۳	۱۹۷
طول آبراهه اصلي (km)	۱۳/۵۳	۱۸	۱۷	۲۳
شيب آبراهه (m/m)	۰/۱۳٤	۰/۰۷۲	۰/۱۳۸	۰/۰۸۷
اختلاف ارتفاع (m)	۲۱۱۲	۲۳۰٤	۲۱٦۵	۲۳۲۰
طول كل آبراهه (km)	۱۱٦/٦۳	۹٤/۳۲	۱۸۲/۹۳	۲۹۳/٤۱
تراكم زهكشي (km/km^2)	٤/٤	٤/۹۹	٤/٦	٤/۱
ارتفاع متوسط وزني (m)	۲۸۵٦	۲۹۳۰	۳۰۷۸/۵	۲۵۹۰
ميانگين بارش ساليانه (mm)	۷۵۸/٦	۷۰۲/۳۵	۵۹۸/۱	۳۸۸



شكل ۱- منطقه مورد مطالعه

روش تحقيق

به منظور انجام اين تحقيق چهار زيرحوزه امامه، كن، كرج و طالقان انتخاب شد. علت انتخاب اين زيرحوزه‌ها كوچك بودن آنها، وجود ايستگاه‌هاي هيدرومتري و باران‌سنجي ثبات بارش و از همه مهم‌تر ثبت چند واقعه سيل همراه با رگبار متناظر آن بود. بررسي‌هاي انجام شده نشان مي‌دهد يكي از رايج‌ترين مقياس‌هاي مورد استفاده در مطالعات هيدرولوژيک، مقياس واقعه رگبار يا بارش مجزا مي‌باشد (Bates & Ganeshanandam, 1990). با توجه به هدف مطالعه، تحقيق حاضر نيز بر اساس وقايع مجزاي بارش انجام گرفت، به‌طوري‌كه پس از بررسي‌هاي لازم در ميان زيرحوزه‌هاي استان تهران و البرز، ۳۱ واقعه انتخاب گرديده و رگبارهاي متناظر اين وقايع نيز هم‌زمان استخراج شد. سپس براي به‌دست آوردن رواناب مستقيم، دبي پايه از دبي سيلاب به روش جداسازي مستقيم كسر شد. اين روش به سبب سهولت و سرعت در كارهاي هيدرولوژي، روشي متداول و كاربردي مي‌باشد (Das, 2009; Mahdavi, 2005; Patra, 2003; Ward & Trimble, 2004). با تقسيم حجم رواناب مستقيم به سطح هر حوزه، ارتفاع رواناب مستقيم هر يک از وقايع محاسبه شد. از طرف ديگر رگبارهاي ۱۵دقيقه‌اي استخراج‌شده از گراف‌هاي ثبات بارش، به‌وسيله روش شاخص Φ كه يكي از روش‌هاي مرسوم و رايج محاسبه بارش مازاد مي‌باشد (Mahdavi, 2005; Chow *et al.*, 1988)، به بارش‌هاي مازاد تبديل شد. در اين تحقيق از بارش مؤثر در محاسبه زمان تمركز و همچنين در تهيه هيدروگراف رواناب مستقيم استفاده شد، بدين صورت كه با استفاده از اين شاخص در پايه زماني ۱۵ دقيقه بارش مازاد براي هر يک از وقايع استخراج شده و سپس نقطه عطف هيدروگراف‌ها با لگاريتمي كردن محور Yها (محور دبي) به‌دست آمد. فاصله زماني بين بارش مازاد و نقطه عطف هيدروگراف، بيانگر زمان تمركز مشاهده‌اي يا واقعي خواهد بود (Mahdavi, 2005). در هر حوزه براي هريک از وقايع موجود، زمان تمركز محاسبه شده و سپس ميانگين اين زمان‌ها به عنوان زمان تمركز مشاهده‌اي براي حوزه در نظر گرفته شد. پس از به‌دست آوردن هيدروگراف‌هاي مشاهده‌اي ۳۱ واقعه مورد نظر، هيدروگراف‌هاي مصنوعي SCS براي هريک از اين وقايع در هفت پايه زماني ۱۵، ۳۰، ۴۵، ۶۰، ۷۵، ۹۰ و ۱۲۰ دقيقه محاسبه شد. به منظور انجام اين محاسبات، محاسبه زمان تمركز، زمان تا اوج، دبي اوج و فاصله زماني بارش ضروري است. روابط مربوط به هيدروگراف واحد مصنوعي SCS در زير آمده است:

$$t_p = t_l + D/2 \qquad (۱)$$

$$t_l = 0.6\, t_c \qquad (۲)$$

$$Q_p = \frac{2.083AQ}{t_p} \qquad (۳)$$

كه در روابط فوق Q_p دبي اوج (متر مكعب بر ثانيه)، A مساحت حوزه (كيلومتر مربع)، Q ارتفاع بارش مازاد (سانتي‌متر)، t_p زمان تا اوج (ساعت)، D مدت زمان هيدروگراف واحد (ساعت)، t_l زمان تأخير (ساعت) و t_c زمان تمركز (ساعت) مي‌باشد. از آنجا كه در اين تحقيق، هدف بررسي نقش پايه‌هاي زماني مختلف بارش بود، به‌جاي D در رابطه ۱، كه در واقع همان مدت زمان هيدروگراف واحد مصنوعي مي‌باشد (هيدروگراف واحد D ساعته)، از هفت پايه زماني فوق بر حسب ساعت استفاده شد. در نتيجه براي هر واقعه سيل، هفت هيدروگراف واحد مصنوعي ۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵، ۱، ۱/۲۵، ۱/۵ و ۲ ساعته به‌دست آمد. در نهايت به منظور مقايسه و برآورد خطا در كارهاي آماري، از روش ميانگين درصد خطاي نسبي[1] (RE) كه از روش‌هاي متداول مي‌باشد (Bhunya *et al.*, 2007; Nourani *et al.*, 2009; Mobaraki, 2006; Singh *et al.*, 2007; Saghafian, 2006) استفاده شد. مؤلفه‌هاي اين روش نيز در زير ارائه شده است:

$$\%\,RE = \frac{O - P}{O} \times 100 \qquad (۴)$$

كه در رابطه فوق RE مقدار خطاي نسبي به درصد، O مقادير مشاهده‌اي و P مقادير محاسبه‌اي مي‌باشد.

[1] Ration Error Percent

نتايج

پس از انجام محاسبات مربوط به زمان تمركز هـر يـک از حوزه‌ها، نتايج اين پارامتر زماني در جـدول ۲ نـشان داده شده است. به علت تعداد زياد شكل‌ها، از ميان ۳۱ واقعـه بارش- رواناب، تنها ۶ مورد به عنوان نمونه جهت مقايـسه گرافيكي هيدروگراف‌هاي مـشاهده‌اي و محاسـبه‌اي ارائـه شده است (شكل ۲). لازم به ذكر است كه به علت تداخل نمودارها، از آوردن تمام هيدروگراف‌هاي هفت پايه زماني خـودداري شـده و تنهـا دو پايـه زمـاني كـه بيـشترين و كمترين دقت را داشتند، با هيدروگراف مشاهده‌اي مـورد مقايـسه قـرار گرفتنـد تـا اخـتلاف خطـاي محاسـباتي هيدروگراف‌ها با وضوح بيشتر نمايش داده شود. همچنين كليه پايه‌هاي زماني در قالب جداول درصد خطاي نـسبي مورد ارزيـابي قـرار گرفتنـد (جـداول ۳ تـا ۶). ميـانگين، انحراف معيار و انحراف از ميانگين خطاهاي نسبي وقـايع مورد مطالعه در پايه‌هاي زماني مختلف نيـز در جـدول ۷ نمايش داده شده است.

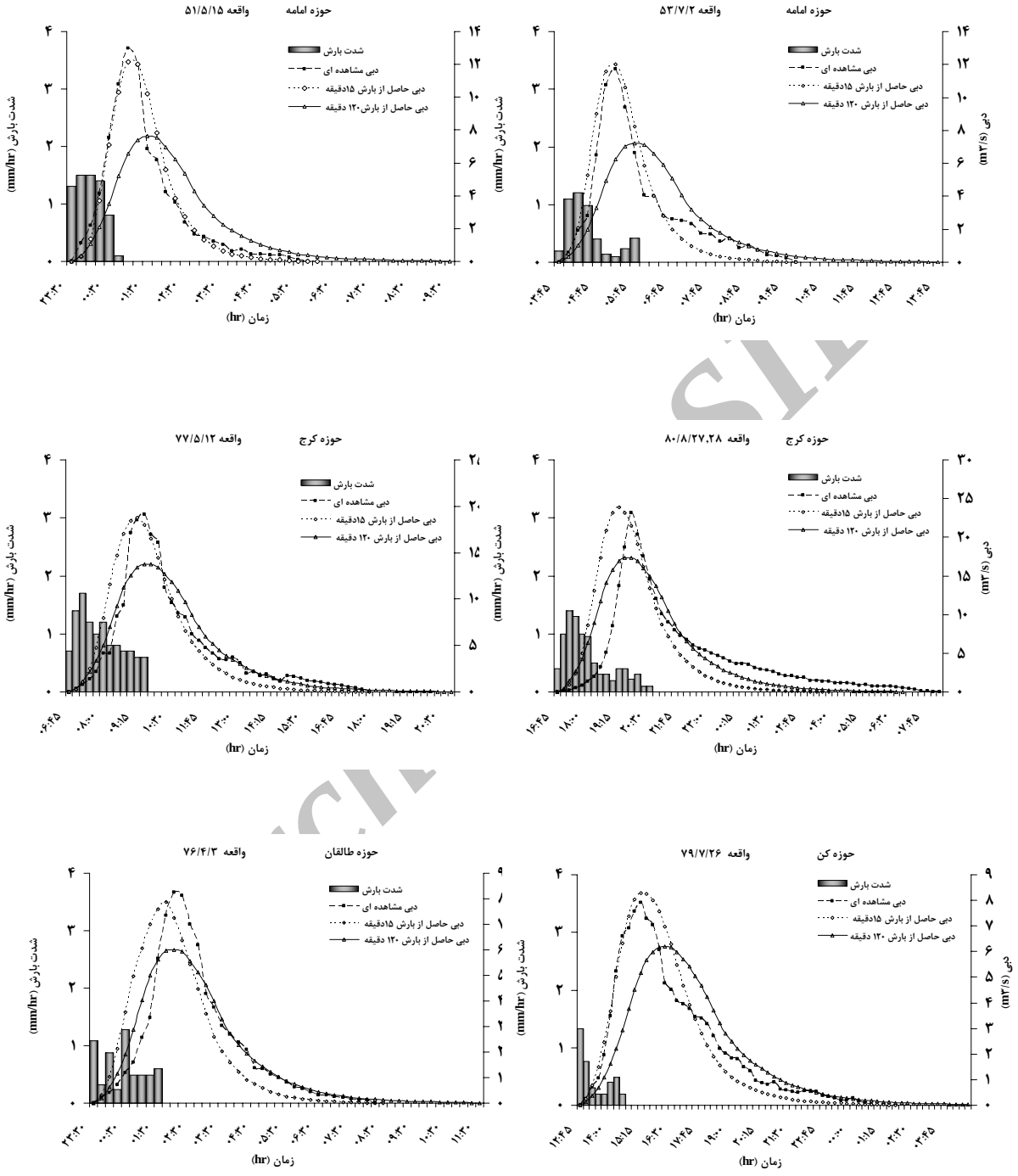
بحث و نتيجه گيري

در بررسي كه بر روي تأثير پايه زماني بارندگي بر رواناب حاصل انجام گرفت، ملاحظه شد كه مقدار اوج هيدروگراف در مقابل تغيير پايه زماني بارندگي، تغييرات نسبتاً چشمگيري از خود نشان مي‌دهد. با توجه به اينكه در طراحي بسياري از سازه‌هاي هيدرولوژيک، مقدار اوج هيدروگراف به عنوان معيار اصلي طراحي محسوب مي- گردد، لازم است در انتخاب مقدار پايه زماني بارندگي، دقت كافي به عمل آيد. منحني مربوط به تغييرات اوج هيدروگراف نشان مي‌دهد كه كاهش فواصل زماني بارندگي باعث افزايش مقدار اوج هيدروگراف مي‌شود. از اين‌رو انتخاب پايه زماني بهينه براي انجام محاسبات مربوط به مدل‌هاي هيدروگراف، يكي از پارامترهاي مهم اين مدل‌ها تلقي مي‌گردد. با بررسي پايه‌هاي زماني بارندگي كه براي هر يک از ۳۱ واقعه به‌دست آمد، ملاحظه گرديد كه تغييرات پايه زماني بارندگي اثري بر روي كل بارندگي مازاد حاصل از شاخص Φ ندارد، زيرا در اين شاخص، پارامترهايي كه با استفاده از آنها مقدار بارندگي مازاد به دست مي‌آيد، بستگي به عامل زمان نداشته و تنها تابعي از خصوصيات بارش مي‌باشند.

در بررسي كه بر روي تأثير گام زماني بارندگي بر هيدروگراف واحد SCS انجام گرفت، مشخص گرديد كه هرچه گام زماني بارندگي افزايش يابد، دبي اوج هيدروگراف واحد كاهش يافته، ولي زمان پايه آن بيشتر مي‌گردد. از اين‌رو هيدروگراف واحد SCS با افزايش گام زماني، كشيده‌تر ولي كوتاه‌تر مي‌گردد.

جدول ۲- مقادير زمان تمركز به‌دست آمده از روش تجزيه هيدروگراف (زمان تمركز مشاهده‌اي)

نام حوزه	امامه	كرج	طالقان	كن
زمان تمركز (**hr**)	۱/۷۲	۳/۱۳	۲/۴۶	۴/۱۷



شکل ۲- مقایسه هیدروگراف‌هاي به‌دست‌آمده از بارش‌هاي ۱۵ و۱۲۰ دقیقه‌اي با هیدروگراف مشاهده‌اي (نمونه‌هایي از کل وقایع)

جدول ۳- درصد خطاي نسبي دبي اوج در ۳۱ واقعه و در پايه‌هاي زماني مختلف

		درصد خطاي دبي اوج						
نام حوزه	تاريخ سيل	۱۵ دقيقه	۳۰ دقيقه	٤٥ دقيقه	٦۰ دقيقه	۷۵ دقيقه	۹۰ دقيقه	۱۲۰دقيقه
	۵۱/۵/۱۵	٦/٤٦	۱۳/۸۵	۱۵/۸۵	۳۳/٤٦	۳٦/۷۷	۳٦/۱۵	٤۱/٤٦
	۵۳/٦/٤	٦/۰۹	۱٦/٤٤	۲٦/٤۸	۳۰/۷۵	۳۳/٦۸	۳۳/۰۳	۳۸/۵۸
	۵۳/۷/۲	۲/٤۸	۹/۸۳	۲۱/٤۵	۲۹/٤	۳۳/۳۳	۳۲/۲۲	۳۸/٤٦
	٦۳/۲/۱۵	۱۵/۳۷	۲٤/۵۲	۳۵/۹٦	۳۸/٤۳	۳۹/۸٤	۳۹/٦۲	٤٤/۲۸
امامه	٦۸/۲/۲٤	۲۰/۰٦	۹/۹۸	٦/۵۸	۱۲/۷٤	۱۷/۰۹	۱٦/٦۷	۲۳/۲۵
	۷۳/۷/۱۱	۱/۵٤	۱۲/۱٤	۱۵/٦۱	۳۳/۳۱	۳٦/٦۱	۳٦/۰۳	٤۱/۲۳
	۷٤/۳/۹	۷/۹۹	۲۱/۱٤	۳۲/۵۵	۳٤/۳٦	۳٦/٦٤	۳۵/۹۱	٤۱/۲۱
	۷٤/۳/۱۵	۱۰/۰۷	۳/۸٤	۸/۱۵	۲۷/۳٤	۳۱/۱۸	۳۰/٤٦	۳۵/۹۷
	۷۸/۸/۳	۰/٤۸	۸/۵۲	۱۲/۰٦	۳۰/۳۹	۳۳/۹۲	۳۳/۲۸	۳۸/۹۱
	۷٦/۸/۱٤	۳/٤۲	۲/۸۸	۷/۵۵	۱۵/۹۵	۱٦/۳۱	۲۳/۱٤	٤۱/۰۱
	۷۷/۵/۱۲	۲/۲٤	۹/۰۳	۱٦/۸٦	۲۱/۰۹	۲۳/۳۳	۲۳/۸	٤۰/۹۲
	۷۸/۸/۱۷	۰/۵	۷/٤۷	۸/۸۳	۱۷/۵۹	۱۷/۹۵	۲٤/٦۲	٤۱/۵٦
	۲۷و۷۹/۷/۲٦	۰/٤۳	۷/٦۳	۱٦/٦۲	۲۱/۹۳	۱۷/٤۹	۲٤/۲	٤۱/۹۱
کرج	۲۲و۷۹/۹/۲۱	٦/۸	۰/۰۷	۵/۱۱	۱٤/۱۳	۱٤/۵٤	۲۱/۵۳	۳۹/۷
	۸۰/۳/۲٤	۱/۲۹	٤/۰۸	۸/۸۵	۱۷/۵	۱۷/۹٤	۲٤/۵۵	٤۲/۱۵
	۸۰/۸/٤	۱/۵۸	۷/۲۵	۱۱/۸۳	۲۰	۲۰/٦۷	۲۷/۰۸	٤۳/۹۲
	۲۸و۸۰/۸/۲۷	۲/۹۸	٤/۸۸	۱۰/۸	۱۷/۵۹	۱۵/۹۵	۲۰/۵۳	۳۸/۸۹
	۸۲/۳/۸	۱/٤	۷/۷٦	۱۲/٤۲	۲۰/۸۱	۲۱/۱۲	۲۷/٦٤	٤٤/۵۷
	۷٦/٤/۱	۹/۹۳	۰/۰۵	٦/۰۸	۷/۷۱	۱٦/۵	۳۰/۸۳	۲۹/۱
	۷٦/٤/۳	٤/۷۲	۱۲/۹۵	۹/۸۱	۲٦/۵۱	۱۹/٤۹	۳۳/٤۱	۳۱/۷۲
	۱۵و۷٦/۸/۱٤	۱۲/۰۷	۱/۱	۱۰/۱۹	۸/٦۲	۱۹/٦۷	۳۳/۳۹	۳۱/۷٤
طالقان	۷۷/۳/۳	۰/۸۲	٦/۸۹	۱۵/۲۳	۱۵/۳۳	۲۵/۳٦	۳۸/۲۷	۳٦/۷۳
	۷۷/۳/۲۵	۱۹/۹۱	٦/۰۵	۱/۱۱	۳/٤۵	۲۲/۵۱	۲۵/۳۷	۲۳/۳٦
	۷۷/۵/۱٦	٦/۰۳	۳/۹۳	۱۳/۳۲	۱۳/٤٦	۲۳/۸٤	۳٦/۸۹	۳۵/۳٤
	۷۸/٤/۲۳	۰/۵۸	٦/٦٦	۱۵/۳۷	۱۵/۵۳	۲۵/٦٤	۳۸/۳۷	۳۷/۱٤
	۸۰/۷/۲٦	۵/۷۷	٤/۰۹	۱۳/٦۳	۱۳/۷۳	۲٤	۳۷/۱۱	۳۵/٦٤
	۵و۷۷/۳/٤	۱/۳۳	۲/۱۲	٦/۹۲	۱۵/۷٤	۱۸/۷٤	۱٦/٦٤	۲٤/۸۷
	۱۲و۷۷/۵/۱۱	٤/۸٦	۰/۹	۲/۸۸	٦/۵٦	۱٦/۳۷	۱٤/۳۹	۲۲/۷۵
کن	۷۹/۷/۲٦	٤/٦۸	۰/۸۹	٤/۸۱	۸/۲۹	۱۷/۹۷	۱۸/۳۵	۲٤/۱۸
	۷۹/۹/۲۱	۳/۳۲	۱/۹۹	۵/٦۵	۹/۱٤	۱۸/۹٤	۱٦/۷۸	۲٤/۹۲
	۸۰/۸/٤	۵/٦۸	۱/۱٤	۳/٤۱	٦/۸۲	۱۳/۷۹	۱۵/۱۵	۲۲/۷۳

جدول ۴- درصد خطاي نسبي حجم رواناب مستقيم در ۳۱ واقعه و در پايه‌هاي زماني مختلف

درصد خطاي حجم رواناب مستقيم								
نام حوزه	تاريخ سيل	۱۵ دقيقه	۳۰ دقيقه	٤٥ دقيقه	٦٠ دقيقه	۷۵ دقيقه	۹۰ دقيقه	۱۲۰دقيقه
	۵۱/۵/۱۵	۰/۸۳	۰/۳٤	۰/۸۷	۰/۰٤	۱/۹۷	۰/۱٦	۰/۷۹
	۵۳/٦/٤	۰/۲۳	۰/٦۳	۰/۹۹	۰/۳۹	۲/۰۸	۰/٤۳	۰/۳۸
	۵۳/۷/۲	۰/۰۳	۰/۳۲	۰/۹۲	۰/٦۹	۱/۷۳	۱/۳	۰/۱۳
	٦۳/۲/۱۵	۰/٦۹	۰/۷۷	۱/۲۱	۰/۱۸	۲/۰۲	۰/٤۸	۰/۷
امامه	٦۸/۲/۲٤	۰/۲۳	۰/۲۲	۰/۸۵	۰/٤۸	۲/۱٦	۰/۱۵	۰/۷۹
	۷۳/۷/۱۱	۰/۰۹	۰/۲٤	۱/۰۳	۰/٦۱	۲/۰٦	۰/٤٦	۰/۸۸
	۷٤/۳/۹	۰/۱۳	۰/۲۱	۰/۸۲	۰/۵٦	۱/۷۷	۰/۷۳	۰/۸۱
	۷٤/۳/۱۵	۰/۰٦	۰/۲٤	۰/۸٤	۰/٤۸	۲/۰۷	۰/۳۲	۰/۹
	۷۸/۸/۳	۰/۰٦	۰/۱۹	۰/۸۵	۰/۵۸	۲/۱٤	۰/٤٦	۰/۷۳
	۷٦/۸/۱٤	۰/۰۲	۰/۲	۰/۲۷	۰/۹۲	۰/٦٤	۱/۱٦	۲/۱۷
	۷۷/۵/۱۲	۰/۰٤	۰/۱۵	۰/۳۳	۰/۹	۰/۷۱	۰/۹	۲/۲۵
	۷۸/۸/۱۷	۰/۰۷	۰/۱٦	۰/۱۹	۱/۰٤	۰/٦۵	۰/۸٦	۲/٦٤
	۲۷و۷۹/۷/۲٦	۰/۰۵	۰/۰۷	۰/۳٤	۰/۸۵	۰/٦۷	۰/۷۹	۲/۱۹
کرج	۲۲و۷۹/۹/۲۱	۰/۰۹	۰	۰/۲۸	۰/۸۹	۰/٦۳	۰/۹۳	۲/۰۱
	۸۰/۳/۲٤	۰/۱۵	۰/۰۲	۰/۳۸	۰/۸۵	۰/٦۳	۰/۹۳	۲/۱٦
	۸۰/۸/٤	۰/۰٦	/۰٤	۰/۲٤	۰/۸٦	۰/٦۵	۰/۹۳	۲/۳۵
	۲۸و۸۰/۸/۲۷	۰/۰۸	۰/۰۷	۰/۱۹	۰/۸۵	۰/۸۹	۰/۸۳	۲/۳۳
	۸۲/۳/۸	۰/۰٤	۰/۰۲	۰/۳۳	۰/۹۱	۰/۷٦	۰/۹۲	۲/۰۲
	۷٦/٤/۱	۰/۲۲	۰/۱۲	۰/٦۹	۰/۷۵	۰/۸۹	۰/۸۳	۰/۹۵
	۷٦/٤/۳	۰/۸	۰/۵۸	۰/۹۷	۰/۹۳	۰/۹۵	۰/۸٦	۱/۲۳
	۱۵و۷٦/۸/۱٤	۰/۱۲	۰/۲۵	۰/۷٦	۰/۸	۱/۰۲	۰/۹۹	۱/۱۲
	۷۷/۳/۳	۰/۲۱	۰/۰٦	۰/۷٦	۰/۸	۰/٦	۱/۰۹	۱/۳۲
طالقان	۷۷/۳/۲۵	۰/۱۲	۰/۳۷	۰/۸۵	۰/۹	۱/۱٤	۰/۸۷	۱/۰٦
	۷۷/۵/۱٦	۰/۰۱	۰/۵۵	۰/۸۸	۱/٤۱	۱/٦۵	۰/۵۳	۰/۹٦
	۷۸/٤/۲۳	۰	۰/۱۷	۰/٦۵	۰/۷٦	۱/۳۱	۰/۸۱	۱/۰۵
	۸۰/۷/۲٦	۰/۱۲	۰/۳۲	۰/٦۱	۰/۸۷	۱/۲۱	۰/٤۳	۰/٦۲
	۵و۷۷/۳/٤	۰	۰/۲	۰/۰٦	۰/۳	۰/۷٤	۰/۵	۱/۱۹
	۱۲و۷۷/۵/۱۱	۰/۱۷	۰/۱۱	۰/۰۲	۰/۱۹	۰/۵۸	۰/٦٤	۱/۱۸
کن	۷۹/۷/۲٦	۰/۳٤	۰/٤۵	۰/٦	۰/۹۳	۱/۰۵	۱/٤۳	۱/۵۳
	۷۹/۹/۲۱	۰	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۳۳	۰/۸۵	۰/٦۵	۲/۰۷
	۸۰/۸/٤	۰/۱۹	۰/۰۸	۰/۲۲	۰/۳۵	۰/۵۳	۰/٦۵	۰/۷۱

جدول ۵- درصد خطاي نسبي زمان تا اوج در ۳۱ واقعه و در پايه‌هاي زماني مختلف

نام حوزه	تاريخ سيل	درصد خطاي زمان تا اوج							
		۱۵ دقيقه	۳۰ دقيقه	٤٥ دقيقه	٦٠ دقيقه	۷۵ دقيقه	۹۰ دقيقه	۱۲۰دقيقه
	٥١/٥/١٥	٠	٠	٠	٣٣/٣٣	١٦/٦٧	٠	٣٣/٣٣
	٥٣/٦/٤	١٢/٥	٢٥	٢٥	٠	٣٧/٥	٢٥	٠
	٥٣/٧/٢	٠	٠	٠	٣٣/٣٣	١٦/٦٧	٠	٣٣/٣٣
امامه	٦٣/٢/١٥	٢٠	٦٠	٢٠	٦٠	٠	٢٠	٦٠
	٦٨/٢/٢٤	٠	١٤/٢٩	١٤/٢٩	١٤/٢٩	٢٨/٥٧	١٤/٢٩	١٤/٢٩
	٧٣/٧/١١	٠	٢٠	٢٠	٦٠	٠	٢٠	٦٠
	٧٤/٣/٩	٢٥	٠	٢٥	٠	٣٧/٥	٢٥	٠
	٧٤/٣/١٥	٠	٢٠	٢٠	٦٠	٠	٢٠	٦٠
	٧٨/٨/٣	٠	٠	٠	٣٣/٣٣	١٦/٦٧	٠	٣٣/٣٣
	٧٦/٨/١٤	٠	١١/١١	٠	١١/١١	١١/١١	٣٣/٣٣	١١/١١
	٧٧/٥/١٢	٩/٠٩	٩/٠٩	٩/٠٩	٩/٠٩	٩/٠٩	٩/٠٩	٢٧/٢٧
	٧٨/٨/١٧	٠	١١/١١	٠	١١/١١	١١/١١	٣٣/٣٣	١١/١١
كرج	٧٩/٧/٢٦و٢٧	١٠	٠	٢٠	٢٠	٠	٢٠	٢٠
	٧٩/٩/٢١و٢٢	٠	٠	١٢/٥	٠	٢٥	٥٠	٠
	٨٠/٣/٢٤	٠	١١/١١	٠	١١/١١	١١/١١	٣٣/٣٣	١١/١١
	٨٠/٨/٤	٠	٠	١٢/٥	٠	٢٥	٥٠	٠
	٨٠/٨/٢٧و٢٨	١٦/٦٧	٠	٠	٠	١٦/٦٧	٠	٣٣/٣٣
	٨٢/٣/٨	٠	٠	١٢/٥	٠	٢٥	٥٠	٠
	٧٦/٤/١	٠	٠	١٢/٥	٠	٢٥	٥٠	٠
	٧٦/٤/٣	١٠	٠	١٠	٢٠	٠	٢٠	٢٠
	٧٦/٨/١٤و١٥	٠	٠	٥٠	٣٣/٣٣	٦٦/٦٧	١٠٠	٣٣/٣٣
طالقان	٧٧/٣/٣	١٢/٥	٠	٢٥	٠	٢٥	٥٠	٠
	٧٧/٣/٢٥	١١/١١	١١/١١	٠	٣٣/٣٣	١١/١١	٣٣/٣٣	١١/١١
	٧٧/٥/١٦	٠	١٤/٢٩	١٤/٢٩	١٤/٢٩	٤٢/٨٦	٧١/٤٣	١٤/٢٩
	٧٨/٤/٢٣	٠	٠	٢٥	٠	٢٥	٥٠	٠
	٨٠/٧/٢٦	٠	١٤/٢٩	١٤/٢٩	١٤/٢٩	٤٢/٨٦	٧١/٤٣	١٤/٢٩
	٧٧/٣/٤و٥	١٤/٢٩	١٤/٢٩	٧/١٤	١٤/٢٩	٧/١٤	١٤/٢٩	١٤/٢٩
كن	٧٧/٥/١١و١٢	٠	٠	٠	٠	٢٥	٠	٣٣/٣٣
	٧٩/٧/٢٦	٠	٠	٢٠	٢٠	٥٠	٢٠	٦٠
	٧٩/٩/٢١	٨/٣٣	٠	٠	٠	٢٥	٠	٣٣/٣٣
	٨٠/٨/٤	٩/٠٩	٩/٠٩	٩/٠٩	٩/٠٩	٣٦/٣٦	٩/٠٩	٤٥/٤٥

جدول ۶- درصد خطاي نسبي زمان پايه در ۳۱ واقعه و در پايه‌هاي زماني مختلف

نام حوزه	تاريخ سيل	درصد خطاي زمان پايه						
		۱۵ دقيقه	۳۰ دقيقه	٤۵ دقيقه	٦۰ دقيقه	۷۵ دقيقه	۹۰ دقيقه	۱۲۰دقيقه
	۵۱/۵/۱۵	۴	۱۲	۸	۱۲	۲۰	٤٤	٦۰
	۵۳/٦/٤	۳/۵۷	۷/۱٤	۷/۱٤	۱٤/۲۹	۷/۱٤	۲۸/۵۷	٤۲/۸٦
	۵۳/۷/۲	۰	۱۲	۲۰	۱۲	۲۰	٤٤	٦۰
امامه	٦۳/۲/۱۵	۳۵	۵۰	۵۰	٦۰	۵۰	۸۰	۱۰۰
	٦۸/۲/۲٤	٦/۹	۳/٤۵	۳/٤۵	۳/٤۵	۳/٤۵	۲٤/۱٤	۳۷/۹۳
	۷۳/۷/۱۱	٤/۱۷	۱٦/٦۷	۱۲/۵	۱٦/٦۷	۲۵	۵۰	٦٦/٦۷
	۷٤/۳/۹	۰	۱۵/۳۸	۱۵/۳۸	۲۳/۰۸	۱۵/۳۸	۳۸/٤٦	۵۳/۸۵
	۷٤/۳/۱۵	۹/۰۹	۱۸/۱۸	۲۲/۷۳	۲۷/۲۷	۳٦/۳٦	٦۳/٦٤	۸۱/۸۲
	۷۸/۸/۳	۱٦/٦۷	٦/٦۷	۱۰	٦/٦۷	۰	٤۰	۳۳/۳۳
	۷٦/۸/۱٤	۸/۱۱	۱۸/۹۲	۲۹/۷۳	۲۹/۷۳	۳۵/۱٤	٤۵/۹۵	۵٤/۰۵
	۷۷/۵/۱۲	۰	۹/۰۹	۹/۰۹	۱۸/۱۸	۲۵	۲۲/۷۳	۲۹/۵۵
	۷۸/۸/۱۷	۲/۳۳	۲/۳۳	٤/٦۵	۱۱/٦۳	۱٦/۲۸	۲۵/۵۸	۳۲/۵٦
کرج	۲۷و۷/۷/۷۹	۲/۳۸	۹/۵۲	۱٤/۲۹	۲۳/۸۱	۱۹/۰۵	۲۸/۵۷	۳۵/۷۱
	۲۲و۹/۹/۷۹	۱۷/٦۵	۲۳/۵۳	۳۲/۳۵	٤۱/۱۸	٤۷/۰٦	۵۸/۸۲	٦۷/٦۵
	۸۰/۳/۲٤	۲/۵	۵	۱۲/۵	۲۰	۲۵	۳۵	٤۲/۵
	۸۰/۸/٤	۱۳/۸۹	۱٦/٦۷	۲۵	۲۲/۲۲	۳۸/۸۹	۵۰	۵۸/۳۳
	۲۸و۸/۸/۸۰	۲۹/۰۳	۲۵/۸۱	۲۲/۵۸	۱٦/۱۳	۱۱/۲۹	۱۲/۹	۸/۰٦
	۸۲/۳/۸	۲۵	۳۱/۲۵	٤۰/٦۳	۵۰	۵٦/۲۵	٦۸/۷۵	۷۸/۱۲۵
	۷٦/٤/۱	۱۲/۵	۵	۲/۵	۰	۰	۵	۲۲/۵
	۷٦/٤/۳	۲/۸٦	۸/۵۷	۱۱/٤۳	۱٤/۲۹	۱٤/۲۹	۲۰	٤۰
	۱۵و۸/۱٤/۷٦	۱٤/۲۹	۲۱/٤۳	۳۹/۲۹	۲۸/۵۷	٤۲/۸٦	۵۰	۷۵
طالقان	۷۷/۳/۳	۸/۱۱	۲/۷	۲/۷	۲/۷	۸/۱۱	۱۳/۵۱	۳۲/٤۳
	۷۷/۳/۲۵	۱۸/۱۸	۱۳/٦٤	۱۱/۳٦	۹/۰۹	۲/۲۷	۹/۰۹	۱۱/۳٦
	۷۷/۵/۱٦	۰	۳/۰۳	۹/۰۹	۹/۰۹	۲۱/۲۱	۲۷/۲۷	٤۸/٤۸
	۷۸/٤/۲۳	۰	۵/۸۸	۵/۸۸	۵/۸۸	۱۷/٦۵	۲۳/۵۳	٤٤/۱۲
	۸۰/۷/۲٦	۸/۳۳	۵/۵٦	۰	۰	۱۱/۱۱	۱٦/٦۷	۳٦/۱۱
	۵و۷۷/۳/٤	۱۲/۵	۹/۳۸	۱/۵٦	۰	۱/۵٦	٦/۲۵	۹/۳۷۵
کن	۱۲و۷۷/۵/۱۱	۵/۸۸	۹/۸	۱۱/۷٦	۱۷/٦۵	۱۷/٦۵	۱۷/٦۵	۳۷/۲۵
	۷۹/۷/۲٦	۸/۳۳	۱۲/۵	۱۸/۷۵	۲۵	۲۵	۲۵	٤۵/۸۳
	۷۹/۹/۲۱	۲٦/۸۳	۳۱/۷۱	۳۹/۰۲	٤٦/۳٤	٤٦/۳٤	٤٦/۳٤	۷۰/۷۳
	۸۰/۸/٤	۱۰/۲	۱٤/۲۹	۱٦/۳۳	۲۲/٤۵	۲۲/٤۵	۲۲/٤۵	٤۲/۸٦

جدول ۷- ميانگين، انحراف معيار و انحراف از ميانگين خطاهاي نسبي ۳۱ واقعه در هفت پايه زماني

		۱۵دقيقه	۳۰دقيقه	٤۵دقيقه	٦۰دقيقه	۷۵دقيقه	۹۰دقيقه	۱۲۰دقيقه
دبي اوج	ميانگين درصد خطاي نسبي	۵/۵۱	۷/۱	۱۲/۳۲	۱۸/۹٦	۲۳/۴۶	۲۷/۹۲	۳۵/٤۳
	انحراف معيار	۵/۳۳	۵/۹۹	۸/۰۸	۹/۵۱	۷/۷٦	۷/۸۷	۷/۳۵
	انحراف از ميانگين	۳/۹۱	٤/٤٦	۵/۸۸	۷/۸۳	٦/٤۱	٦/۸۵	٦/۲۸
حجم رواناب	ميانگين درصد خطاي نسبي	۰/۱۷	۰/۲۳	۰/۵۸	۰/٦۹	۱/۱۹	۰/۷٤	۱/۳۳
	انحراف معيار	۰/۲۲	۰/۱۹	۰/۳٤	۰/۳	۰/۵۸	۰/۳	۰/٦۸
	انحراف از ميانگين	۰/۱٤	۰/۱۵	۰/۳	۰/۲٤	۰/۵۱	۰/۲۵	۰/۵۹
زمان تا اوج	ميانگين درصد خطاي نسبي	۵/۱۲	۷/۹	۱۲/۲	۱٦/٦۲	۲۱/٦	۲۸/۸	۲۲/۱۸
	انحراف معيار	۷/۲۳	۱۲/۳٤	۱۱/٤٦	۱۸/۵۷	۱٦/۱۷	۲٤/٦	۱۹/۸۷
	انحراف از ميانگين	٦/۲۷	۸/٦٦	۸/۷٤	۱٤/٤٤	۱۲/٦۹	۱۹/٤۷	۱٦/٦۳
زمان پايه	ميانگين درصد خطاي نسبي	۱۱	۱٤/۹۲	۱۷/۵٤	۲۰/۱۵	۲۳/۲۲	۳۵/۱٤	٤۵/۳۹
	انحراف معيار	۱۰/۳۹	۱۲/۰٤	۱۳/٦٦	۱۵/۵۹	۱٦/۸٤	۲۱/۳٤	۲۵/۱۳
	انحراف از ميانگين	۸/۱۵	۸/۹	۱۱/۰۸	۱۱/۹٤	۱۳/٤۸	۱۷/۳۳	۱۹/۵۱

همان‌طور كه در نتايج مشاهده مي‌شود در هر پايه زماني، با تغيير پايه زماني بارش، پارامترهاي مختلف هيدروگراف‌هاي به‌دست آمده با استفاده از روش SCS دچار تغييراتي شده‌اند. اين تغييرات نشان مي‌دهد هر چه پايه زماني بارش كوتاه‌تر استخراج شود هيدروگراف‌هاي به‌دست آمده، صحت بيشتري نسبت به هيدروگراف مشاهده‌اي خواهند داشت. در اين ميان مشاهده مي‌شود كه بالاترين صحت و كمترين درصد خطا را در هر چهار پارامتر مورد ارزيابي، پايه زماني ۱۵ دقيقه به خود اختصاص داده و پايين‌ترين صحت و بيشترين درصد خطاي نسبي را پايه زماني ۱۲۰ دقيقه‌اي دارا ميباشد.

بيشتر تحقيقاتي كه در زمينه SCS صورت گرفته، به مقايسه اين روش با ساير روش‌هاي هيدروگراف مصنوعي پرداخته و كمتر به ارزيابي ميزان دقت اين روش در فاصله‌هاي زماني مختلف بارش توجه نموده‌اند كه اين مسأله خود يكي از دلايل انجام اين تحقيق بود. در ميان تحقيقات مشابه صورت گرفته، (Usul & Kupcu, 1997) در مقايسه چهار پايه زماني ۵، ۱۰، ۳۰ و۶۰ دقيقه‌اي نشان دادند كه غير از پايه زماني۳۰ دقيقه، با كاهش زمان پايه، دقت دبي اوج هيدروگراف محاسبه‌اي افزايش مي-يابد. همچنينGhahrayee (2000) به منظور بررسي تأثير كاهش پايه زماني بارندگي بر رواناب خروجي با استفاده از روش هيدروگراف واحد مصنوعي SCS، نشان داد كه كاهش پايه زماني بارندگي، تأثير چشمگيري بر پيک (نقطه اوج) هيدروگراف خروجي حوزه دارد. نتايج اين تحقيق با نتايج اين محققان مطابقت دارد.

References

- Barkhordari, J., 2006. Investigation of using and evaluating ability of synthetic unit hydrograph preparation methods on flood estimation of Seikhoran basin of Hormozgan Province. Research and Construction 71: 57-65.
- Bates, B., Ganeshanandam, S., 1990. Bootstrapping non-linear storm event models. In: ASOC Engineering (Ed.), National Conference of Hydraulic Engineering, San Diego, California, United States.
- Bhunya, P.K., Berndtsson, R., Ojha, C.S.P., Mishra, S.K., 2007. Suitability of gamma, chi-square, weibull, and beta distributions as synthetic unit hydrographs. Journal of Hydrology 334: 28– 38.
- Bloschl, G., Sivapalan, M., 1995. Scale issues in hydrological modeling. Hydrological processes 9: 1-40.
- Bo, Z., Islam, S., 1994. Aggrgation-disaggregation properties of a stochastic rainfall model. Water Resources Research 30(12): 3423-3425.
- Chow, V.T., Maidment, D.R., Mays. L.W., 1988. Applied Hydrology, McGraw-Hill, 572p.
- Das, Gh., 2009. Hydrology and soil conservation Engineering including watershed management, 2nd Ed., CRC Press Phi learning, 539p.
- Di Lazzaro, M., 2009. Regional analysis of storm hydrographs in the Rescaled Width Function framework. Journal of Hydrology 373(3-4): 352-365.
- Drogue, G., Pfister, L., Leviandier, T., El Idrissi, A., Iffly, J.F., Matgen, P., umbert, J., Hoffmann, L., 2004. Simulating the spatio-temporal variability of streamflow response to climate change scenarios in a mesoscale basin. Journal of Hydrology 293(1–4): 255–269.
- Eslamian, S.S., Mehrabi, A., 2005. Determination of empirical relations to estimate concentration time of highland basins. Sciences of Agriculture and Natural Resources 12(5): 36-45.
- Ghahrayee, M.R., 2000. Representing rainfall temporal algorithm and investigation of effect of rainfall interval on basin outlet hydrograph. M.Sc. thesis. University of Shiraz. 130 pp.
- Ghoddusi, J., Feiznia, S., Ahmadi, H., Shabani, M., Sarreshtedari, A., 2006. Investigation of relation between land use changing and amounts of erosion and sediment. Research and Construction 73: 123-130.
- Mahdavi, M., 2005. Applied Hydrology, 2nd vol, 4th Edition, University of Tehran press, 441p.
- Mobaraki, J., 2006. Investigation of accuracy of empirical relations on estimation of concentration and peak time of hydrographs. M.Sc. thesis. University of Tehran. 97 pp.
- Mojaddadi, H., Habibnejad, M., Solaimani, K., Hadian-Amri, M.A., Ahmadi, M.Z., 2009. An Investigation of efficiency of outlet runoff assessment models: Navrood watershed, Iran. Journal of Applied Sciences 9(1): 105-112.
- Nourani, V., Singh, V.P., Delafrouz, H., 2009. Three geomorphological rainfall–runoff models based on the linear reservoir concept. Catena 76: 206–214.
- Patra, K.C., 2003. Hydrology and water resources engineering, CRC Press, 561p.
- Quarda, T.B.M.J., Ashkar, F., El-Jabi, N., 1993. Peak over threshold model for seasonal flood variation. Engineering hydrology, proceeding of the symposium ASCE, San Francisco, California, United States.
- Rezayee, A., 1994. Adaption of synthetic and natural unit hydrographs in some small basins. M.Sc. thesis. University of Tehran. 167 pp.
- Saghafian, B., 2006. Nonlinear transformation of unit hydrograph. Journal of Hydrology 330: 596– 603.
- Shamohammadi, Z., 1994. Comparison of observed floods hydrographs with obtained floods hydrographs in Khersan watershed. M.Sc. thesis. University of Tarbiat Modares. 186 pp.
- Singh, P.K., Bhunya, P.K., Mishra, S.K., Chaube, U.C., 2007. An extended hybrid model for synthetic unit hydrograph derivation. Journal of Hydrology 336: 347– 360.
- Singh, S.K., 2000. Transmuting synthetic unit hydrograph into gamma distribution. Journal of Hydrologic Engineering 5(4): 380-385.
- Usul, N., Kupcu, O., 1997. Obtaining SCS synthetic unit hydrograph by GIS techniques. Journal of Soil and Water Conservation 52: 112-123.
- Usul, N., Tezcan, B., 1995. Determining synthetic unit hydrographs and parameters for four Turkish basins. Journal of Soil and Water Conservation 50: 170-173.
- Ward, D.A., Trimble, S.W., 2004. Environmental Hydrology, 2nd Ed., CRC Press Lewis publishers, 465p.

Determining the Role of Rainfall Time Intervals in Accuracy of SCS Synthetic Unit Hydrograph (Case study: Tehran and Alborz Provinces)

H. Mojaddadi[*1], M. Habibnejad [2] and M. Mahdavi[3]

[1] MSc. Student, Faculty of Natural Resources, University of Agricultural Scinces and Natural Resources of Sari, Sari, I.R. Iran

[2] Associate Prof., Faculty of Natural Resources, University of Agricultural Scinces and Natural Resources of Sari, Sari, I.R. Iran

[3] Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, I.R. Iran

(Received: 05 September 2009, Accepted: 12 April 2011)

Abstract

One of the most important purposes of hydrology is quantitative prediction of rainfall-runoff process, transferring of runoff to the outlet and determination of peak discharge, time to peak, runoff volume and base time of hydrograph. The present research has done with the goal of study of the role of different temporal bases of rainfall in the accuracy of SCS synthetic unit hydrograph in Tehran and Alborz provinces. Amameh, Kan, Karaj and Taleghan sub-basins were selected, which have 37.2, 197, 76.3 and 65.17 square kilometers area, respectively because of their relatively small size, existence the hydrometery and rain gauge stations; and availability of paired records of flood and storm event. In such manner, 31 flood events and corresponding storms were collected and four parameteres including peak discharge, time to peak, runoff volume and base time of seven rainfall intervals were calculated using SCS synthetic unit hydrograph method. Finally, the calculated and observed direct runoff hydrographs were compared based on relative error percentage method. The results showed that the rainfall intervals of 15 minutes in each studied parameter, had the minimum relative error percentage (maximum accuracy) while rainfall interval of 120 minutes, had the maximum of relative error percentage (minimum accuracy).

Keywords: Hydrograph, SCS synthetic unit hydrograph, Rainfall interval, Tehran, Alborz

*Corresponding author: Tel: +98 915 3160455 Fax: +98 511 8462074 E-mail: hmojadadi2007@yahoo.com