بررسی کارآیی روش زمان-سطح و هیدروگراف واحد لحظه‌ای کلارک در برآورد دبی سیلاب

مرتضی دهقانی[1]، کارشناس پژوهشکده حفاظت خاك و آبخیزداري
علی کرمی‌خانیکی، استادیار پژوهشکده حفاظت خاك و آبخیزداري
سیدحمیدرضا صادقی، دانشیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس

دریافت مقاله: 1389/11/03 پذیرش مقاله: 1390/04/17

چکیده

یکی از اهداف مهم مطالعات هیدرولوژي، پیش‌بینی کمی فرآیند بارش-رواناب و انتقال آن به نقطه خروجی و در نهایت تعیین میزان دبی خروجی حوزه است. هدف تحقیق حاضر بررسی دقت، صحت و اعتبار روش‌هاي زمان-سطح و هیدروگراف واحد لحظه‌اي کلارك در برآورد هیدروگراف سیلاب از نظر شکل، دبی اوج، زمان تا اوج، زمان پایه و حجم هیدروگراف در هر رگبار با شدت و مدت معین است. براي این منظور ابتدا با استفاده از نرم‌افزار R2V نقشه توپوگرافی حوزه آبخیز بازفت رقومی گردید. سپس با نرم‌افزار ILWIS نقشه DEM، خطوط هم‌زمان تمرکز و مرکز ثقل حوزه به‌دست آمد. با داده‌هاي باران‌نگار و انتخاب رگبار مناسب، هیدروگراف سیل مربوط به شش رگبار انتخابی با روش‌هاي زمان-سطح و هیدروگراف واحد لحظه‌اي کلارك برآورد و نتایج با هیدروگراف ثبت شده در انتهاي حوزه مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج این بررسی نشان می‌دهد که اگر چه نتایج هر دو روش براي محاسبه هیدروگراف خروجی با خطا همراه است، ولی در مجموع می‌توان گفت که روش کلارك نتایج بهتري نسبت به روش زمان-سطح ارائه می‌کند. به‌طوري‌که میزان خطاي نسبی در اوج سیلاب براي روش کلارك و روش زمان-سطح به‌ترتیب 23/3 و 32/8 درصد است.

واژه‌های کلیدی: باران‌نگار، بارش-رواناب، برآورد سیل، حوزه آبخیز بازفت، هیدرولوژي

مقدمه

به‌دلیل کمبود ایستگاه‌هاي هیدرومتري و بالا بودن هزینه ساخت و نگه‌داري آن، اطلاعات کافی در مورد هیدروگراف سیل و دبی جریان رودخانه در اکثر حوزه‌هاي ایران وجود ندارد. از طرفی در کارهاي مهندسی منابع آب و ساماندهی رودخانه، تعیین دبی سیلاب امري بسیار ضروري است.

مدل‌هاي بارش-رواناب، از روش‌هایی هستند که قادر به پیش‌بینی و شبیه‌سازي هیدروگراف سیلاب ناشی از هر بارش می‌باشند. از جمله این مدل‌ها می‌توان به هیدروگراف واحد[2]، هیدروگراف واحد لحظه‌اي[3]، هیدروگراف واحد لحظه‌اي ژئومورفولوژیکی[4] و روش زمان-سطح[5] اشاره کرد. این مدل‌ها بر اساس پارامترهاي فیزیکی و هیدرولوژیکی، دبی سیلاب را محاسبه می‌کنند.

[1] نویسنده مسئول mdehghani_uni@yahoo.com

[2] Unit Hydrograph
[3] Instantaneous Unit Hydrograph
[4] Geomorphology Instantaneous Unit Hydrograph
[5] Time Area Method

از مهم‌ترین قدم‌هایی که در تجزیه و تحلیل‌هاي هیدرولوژي و تهیه هیدروگراف سیل طرح برداشته شده است، استفاده از هیدروگراف واحد است که اولین بار به‌وسیله شرمن پیشنهاد شد. تهیه هیدروگراف واحد حوزه، براي تداوم‌هاي مختلف از اقدامات اساسی در هیدرولوژي می‌باشد (Mc Carhy، 1938). تئوري هیدروگراف واحد لحظه‌اي در سال1930 به‌وسیله کمیته مهندسی بوستون ارائه گردید و بیان‌گر توزیع رواناب سطحی حاصل از یک واحد بارش مازاد است که به‌طور لحظه‌اي و آنی در حوزه آبخیز اتفاق افتاده باشد. این هیدروگراف، یک هیدروگراف تک اوجی است و مقدار آن براي هر حوزه واحد است (علیزاده، 1382; Ramirez، 2000). هیدروگراف واحد لحظه‌اي براي هر حوزه منحصر به‌فرد بوده و شناسنامه آن حوزه محسوب می‌شود. این هیدروگراف فقط با داشتن خصوصیات فیزیوگرافیکی و ژئومرفولوژیکی حوزه (بدون نیاز به اطلاعات مربوط به بارندگی و مستقل از زمان) تعیین می‌شود و با کم‌ترین داده اولیه قادر به پیش‌بینی هیدروگراف سیل با دقت قابل قبول است (علیزاده، 1382).

مدل زمان-سطح تکامل یافته روش استدلالی[1] است که به‌وسیله Lioyd-Davis ارائه گردید، در این مدل شدت بارندگی متغیر و مساحت محاسباتی مربوط به مساحت بین دو خط هم‌زمان تمرکز می‌باشد (Singh، 1988). مدل هیدروگراف واحد لحظه‌اي کلارك حوزه را به‌عنوان یک مخزن فرضی با ویژگی‌هاي مشابه ذخیره حوزه، در نظر می‌گیرد و با استفاده از روش روندیابی ماسکینگام هیدروگراف ورودي را روندیابی می‌کند (Singh، 1988). از جمله تحقیقات انجام شده در این زمینه می‌توان به موارد زیر اشاره کرد.

در تحقیقی، Clark (1945)، عرض هیدروگراف واحد لحظه‌اي را به‌عنوان یک پاسخ ژئومرفولوژیکی حوزه و متناسب با منحنی تمرکز زمان-مساحت قلمداد نمود. Nash (1957)، گشتاور اول و دوم هیدروگراف واحد لحظه‌اي را با برخی ویژگی‌هاي ژئومرفولوژیکی حوزه‌هاي آبخیز انگلستان مرتبط کرد و این روش را براي تعیین هیدروگراف واحد حوزه مناسب ارزیابی نمود. در استرالیا Snell و Sivapalan (1994)، هیدروگراف واحد لحظه‌اي ژئومورفولوژیکی به‌دست آمده از قوانین هورتن و استراهلر را با روش تابع عرض مقایسه نمودند و روش تابع عرض را شاخص بهتري براي واکنش حوزه دانستند. Maidment (1993) مدلی توزیعی را بر اساس روش زمان-سطح و مدل رقومی ارتفاع بنا نهاد. Muzic (1995) مشابه کار Maidment را انجام داد، نمونه‌اي از این روش در مدل کامپیوتري HMS مورد استفاده قرار گرفته است. Singh (1997)، معتقد است که تولید رواناب به عوامل متعددي از جمله خصوصیات حوزه، دینامیک بارش، تراوایی خاك و رطوبت پیشین بستگی دارد، وي بیان می‌کند که رطوبت پیشین در رواناب تاثیر زیادي دارد. Fong Lin و Wang (1998)، پیشنهاد کردند که در استفاده از روش IUH از تکنیک‌هاي سنجش از دور استفاده شود، ایشان ثابت کردند که استفاده از شبکه آبراهه فرعی در این مدل‌ها اختلاف معنی‌داري نسبت به مدل Valdes و Rodrigue که فقط رودخانه اصلی را مد نظر دارد، به‌وجود می‌آورد.

در تحقیقی، Jain و همکاران (2000) با استفاده از ترکیب مدل کلارك و هیدروگراف واحد لحظه‌اي ژئومورفولوژیکی به‌وسیله سیستم اطلاعات جغرافیایی دریافتند که حساسیت دبی حداکثر به تغییرات الگوي بارش زیاد است. Saghafian و همکاران (2002) روش جدیدي را بر پایه استفاده از مدل‌هاي رقومی ارتفاع و تکنیک زمان-سطح براي مدل‌سازي توزیعی توسعه دادند. Raymond و Jeng (2003) با حل معادله موج سینماتیک با استفاده از تابع توزیع گاما و مفهوم مخازن خطی، هیدروگراف واحد لحظه‌اي را به‌دست آوردند و آن را تابع PKW-IUH[2] نامیدند.

رحیمیان (1374) هیدروگراف واحد لحظه‌اي ژئومورفولوژیکی را در حوزه پس‌کوهک شیراز مورد آزمایش قرار داد. وي نتیجه گرفت که روش‌هاي SCS و اشنایدر مثلثی با هیدروگراف مشاهده‌اي مطابقت بیش‌تري دارد. در تحقیق دیگري غیاثی (1374) در شش مورد هیدروگراف تهیه شده به‌روش مشابه براي حوزه معرف امامه، به نتیجه معکوسی نسبت به رحیمیان رسید و نشان‌داد که هیدروگراف واحد لحظه‌اي ژئومورفولوژیکی کارآیی مناسب‌تري نسبت به‌روش اشنایدر ندارد. قهرمان (1374) در حوزه معرف کسیلیان در اقلیم شمال کشور مدل فوق را نسبت به مدل ژئومورفوکلیماتیک داراي کارآیی کم‌تري یافت. روغنی (1376) با کالیبره نمودن یک مدل روندیابی رواناب با استفاده از

[5] Rational Method
[6] Pseudo Kinematics Wave Instantaneous Unit Hydrograph

سطوح هم‌زمان تمرکز و همچنین نحوه قرار گرفتن این سطوح در کل حوزه میزان تاثیر این سطوح را در دبی اوج مورد بررسی قرار داد. وي نتیجه گرفت که سطوح مختلف حوزه نقش متفاوتی در دبی خروجی حوزه ایفا می‌کنند. عرفانیان (1377) با بررسی‌هاي خود در حوزه جزین سمنان با استفاده از شاخص آماري مجموع مربعات خطا، ترتیب کارآیی مدل‌ها را به‌صورت Nash، S.C.S ،GIUH با توزیع گاما، GcIUH و GIUH مثلثی ارائه نموده است. عبدالهی (1381) بر اساس ویژگی‌هاي ژئومورفولوژیکی حوزه آبخیز خان‌میرزا با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و بررسی 4 رگبار بارش به این نتیجه رسید که هیدروگراف مشاهده‌اي در اغلب موارد دبی اوج بیش‌تري نسبت به مقادیر برآورد شده از مدل دارد و از نظر زمان تا اوج نیز هیدروگراف طبیعی، زمان تا اوج طولانی‌تري دارد.

Cleveland و همکاران (2006) داده‌هاي بیش از 1600 بارندگی را در 91 ایستگاه در تگزاس را به‌منظور ارزیابی مدل هیدروگراف واحد لحظه‌اي مورد بررسی قرار دادند. این مدل با داده‌هاي مشاهده‌اي واسنجی شده و سپس با مدل‌هاي NRCS و Rayleigh مقایسه شد. نتایج تحقیق ایشان نشان داد که هر دو مدل NRCS و Rayleigh نتایج یک‌سانی را نشان دادند ولی در صورت نیاز به مدلی پیوسته، مدل Rayleigh جاي‌گزین مناسبی براي مدل NRCS خواهد بود.

مصطفی زاده و همکاران (1388) در تحقیقی در حوضه جعفرآباد استان گلستان نقشه هم‌زمان تمرکز و هیستوگرام زمان-مساحت آبخیز در محیط سامانه‌هاي اطلاعات جغرافیایی تهیه و سپس هیدروگراف واحد لحظه‌اي را با مدل کلارك براي آبخیز مذکور شبیه‌سازي نمودند. هیدروگراف رواناب مستقیم براي شش رگبار بارش با استفاده از مدل یاد شده شبیه‌سازي، و آنالیز حساسیت مدل با دو پارامتر زمان تمرکز و ضریب ذخیره در مدل کلارك انجام شد. دقت و کارآیی مدل یاد شده در برآورد هیدروگراف رواناب سطحی با شاخص‌هاي ناش-ساتکلیف و میانگین خطاي نسبی در دبی اوج، خطاي نسبی در زمان تا اوج و خطاي نسبی حجم جریان و مجموع مربعات خطا با داده‌هاي ثبت شده مورد ارزیابی قرار گرفت. بر اساس نتایج این پژوهش، مدل کلارك فقط پارامتر زمان تا اوج و دبی اوج را با دقت قابل قبولی برآورد نمود و در شبیه‌سازي سایر مؤلفه‌هاي هیدروگراف سیل موفق نبوده است.

در تحقیق حاضر سعی شده است که دقت، صحت و اطمینان مدل‌هاي زمان-سطح و هیدروگراف واحد لحظه‌اي کلارك در تعیین شکل و ابعاد هیدروگراف سیل بررسی گردد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

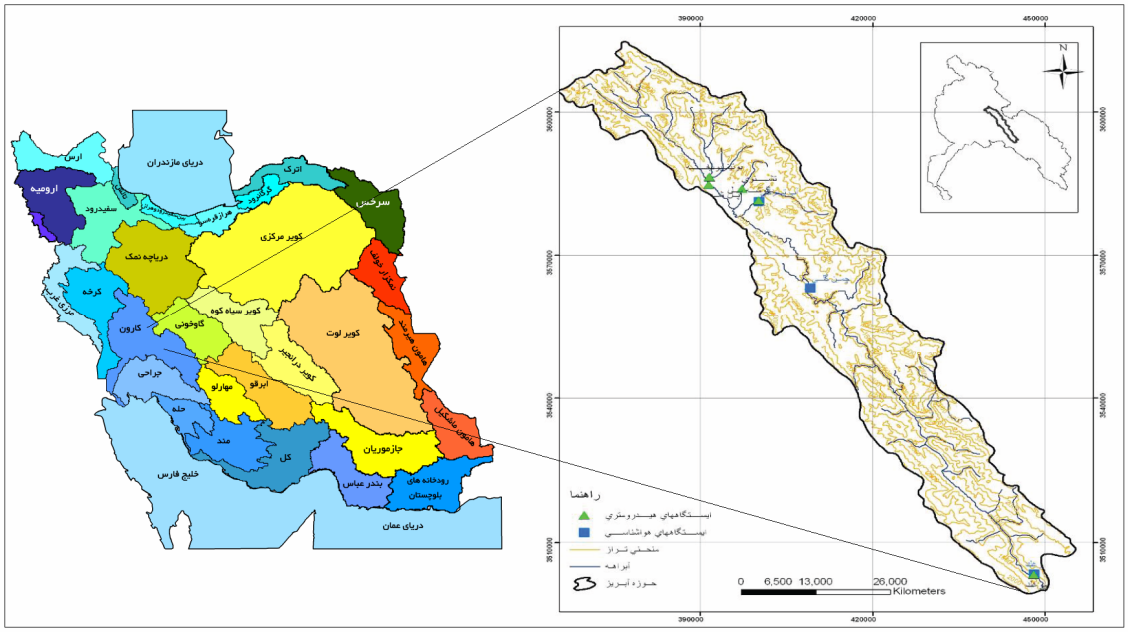
حوزه مورد مطالعه با توجه به معیارهاي زیر انتخاب گردید.

1. حوزه مورد نظر در خروجی خود داراي ایستگاه هیدرومتري مجهز به لیمینوگراف باشد و از طرفی ایستگاه مورد نظر در مناطق دشتی واقع نشده باشد. زیرا هدررفت و برداشت آب در مناطق دشتی زیاد است و هیدروگراف‌هاي حاصل (مشاهده‌اي) نمی‌تواند بیان‌گر دبی واقعی باشند.
2. سد یا بند انحرافی در بالادست ایستگاه هیدرومتري موجود نباشد، زیرا وجود سد باعث ذخیره موقت آب و کاهش دبی اوج شده و در نتیجه شیب شاخه نزولی هیدروگراف کاهش یافته و زمان پایه هیدروگراف طولانی‌تر می‌شود. لذا هیدروگراف خروجی چنین حوزه‌هایی، معرف خصوصیات واقعی حوزه نخواهد بود.
3. ایستگاه هیدرومتري مورد نظر داراي سیلاب‌هاي ثبت شده مناسب باشد و دست‌رسی به آمار و گراف‌هاي مربوطه امکان‌پذیر باشد.

با توجه به شرایط فوق، در نهایت حوزه آبخیز بازفت از زیر حوزه‌هاي اصلی کارون، واقع در استان چهار محال و بختیاري با مساحت 2111/4 کیلومترمربع براي این تحقیق انتخاب شد. حداکثر ارتفاع این حوزه 4018 متر و کمینه آن 860 متر از سطح دریا است. شکل 1، موقعیت حوزه کارون و زیر حوزه بازفت را نشان می‌دهد.

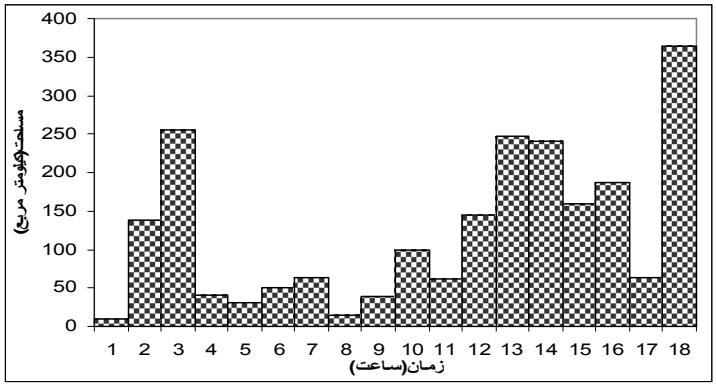
روش تحقیق

انجام تحقیق حاضر شامل مراحل گردآوري اطلاعات بارش-رواناب، استخراج هیدروگراف زمان-سطح حوزه با استفاده از GIS، استخراج هیدروگراف تخمینی مدل زمان-سطح، استخراج هیدروگراف تخمینی مدل هیدروگراف واحد لحظه‌اي كلارك با استفاده از روش گرافیکی براي تعیین پارامتر K، معادله ماسکینگام و ارزیابی نتایج به‌دست آمده است.



شکل ۱- موقعیت حوزه کارون، زیر حوزه بازفت و ایستگاه‌هاي مورد استفاده

نقشه توپوگرافی حوزه با استفاده از محیط نرم‌افزار R2V وILWIS رقومی گردید، سپس با استفاده از نقشه به‌دست آمده نقشه مدل رقومی ارتفاع[1] با اندازه پیکسل برابر با 30 متر به‌دست آمد. منحنی‌هاي هم‌زمان تمرکز با استفاده از نقشه DEM و فرمول California براي هر یک ساعت محاسبه گردید و با استفاده از منحنی‌هاي به‌دست آمده، نمودار زمان-سطح براي حوزه بازفت مطابق شکل 2 به‌دست آمد.



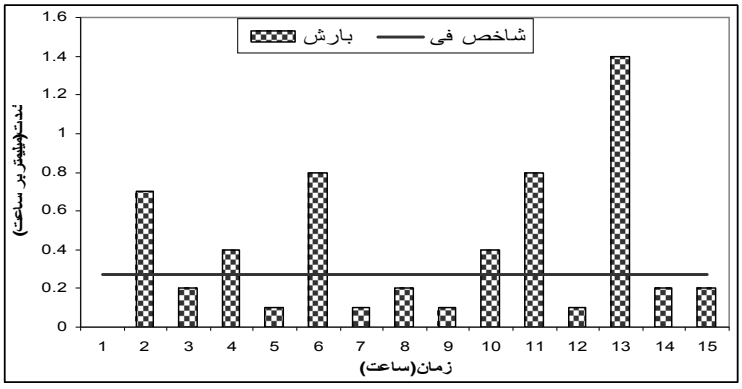
شکل ۲- نمودار زمان- سطح حوزه

براي تعیین مرکز ثقل حوزه، نقاط مختلفی روي محیط حوزه انتخاب و با توجه به طول و عرض آن‌ها مرکز ثقل حوزه تعیین شد. نقطه به‌دست آمده داراي طول 50 درجه و 4 دقیقه خاوري و عرض 32 درجه و 8 دقیقه شمالی

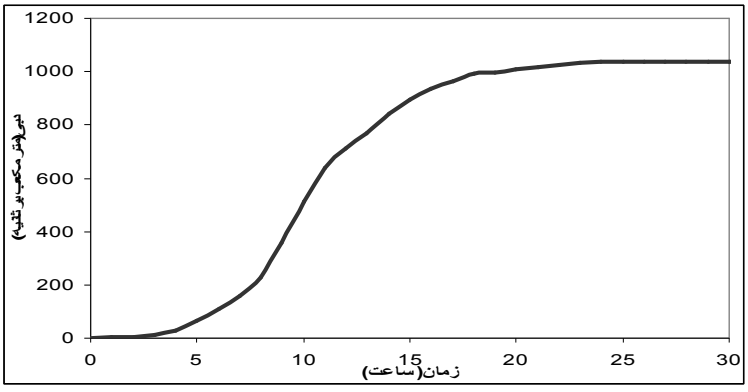
[1] Digital Elevation Models

است. فاصله این نقطه تا خروجی حوزه برابر با 79/75 کیلومتر و عرض حوزه در این نقطه حدود 18/75 کیلومتر می‌باشد. با توجه به مرکز ثقل حوزه (ایستگاه چلگرد) با ارتفاع 2300 متر و طول 50 درجه و 4 دقیقه خاوري و عرض 32 درجه و 26 دقیقه شمالی به‌عنوان نزدیک‌ترین ایستگاه داراي باران‌نگار، انتخاب شد.

براي محاسبه هیدروگراف خروجی با استفاده از مدل‌هاي یادشده، تعداد شش رگبار منفرد ایستگاه چلگرد که مقادیر سیل مربوط به آن در ایستگاه مرغک ثبت شده بود، انتخاب و گراف‌هاي باران‌نگار مربوط به آن تجزیه و بارش مازاد هر یک محاسبه گردید. بارش مازاد با استفاده از شاخص φ (مقدار متوسط تلفات باران به نحوي که بیش‌تر از این مقدار، رواناب تولید می‌شود) تعیین گردید. به‌عنوان نمونه رگبار ثبت شده درتاریخ 73/10/27 و شاخص فی مربوط به آن در شکل 3 نشان‌داده شده است. گراف‌هاي لیمینوگراف (ایستگاه مرغک) مربوط به رگبارهاي انتخابی تعیین و هیدروگراف آن به‌دست آمد. براي مقایسه هیدروگراف سیل پیش‌بینی شده به‌وسیله مدل با مقادیر ثبت شده در ایستگاه مرغک، لازم است که مبناي هیدروگراف‌ها یکی باشد. لذا منحنی S مربوط به هر سیل تهیه و با توجه به آن، هیدروگراف واحد با ساعت دل‌خواه به‌دست آمد. براي جداکردن دبی پایه، از شاخه خشکیدگی هیدروگراف استفاده شد. در شکل‌هاي 4 و 5 منحنی S، هیدروگراف کل، دبی پایه و دبی سیلابی براي تاریخ 73/10/28 به‌عنوان نمونه نشان‌داده شده است. با توجه به منحنی S مربوط به هر سیل به‌دست آمده در مرحله قبل، هیدروگراف واحد مربوطه تهیه شد که بعداً به‌عنوان هیدروگراف‌هاي مشاهداتی، مبناي مقایسه قرار گرفتند.



شکل ۳- مقادیر شدت بارندگی و شاخص فی مربوط به آن

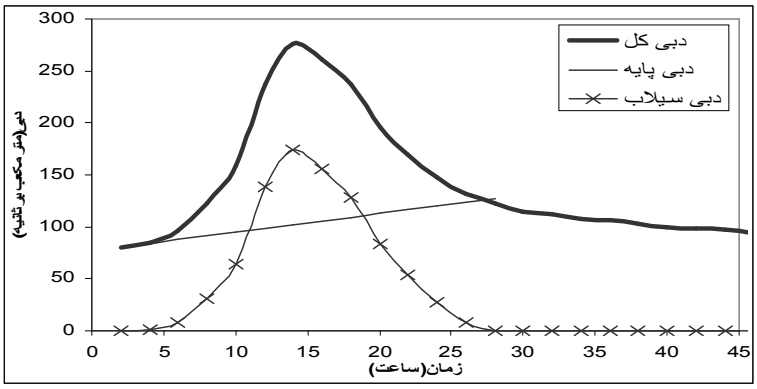


شکل ۴- منحنی S

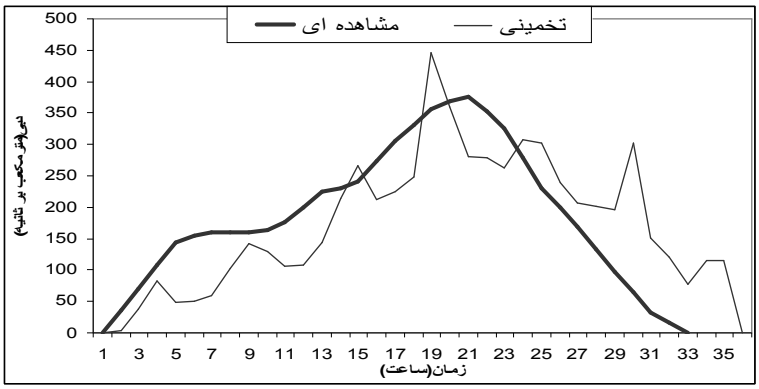
نتایج و بحث

در شکل‌هاي 6 تا 11 هیدروگراف‌هاي تخمینی به‌دست آمده از مدل زمان-سطح با هیدروگراف‌هاي مشاهده‌اي ایستگاه مرغک مقایسه شده‌اند. براي ارزیابی کارآیی هیدروگراف واحد لحظه‌اي کلارك ابتدا با توجه به هیدروگراف سیلاب‌هاي مختلف به‌دست آمده از ایستگاه خروجی (ایستگاه مرغک) هیدروگراف واحد متوسط حوزه به صورتی‌که

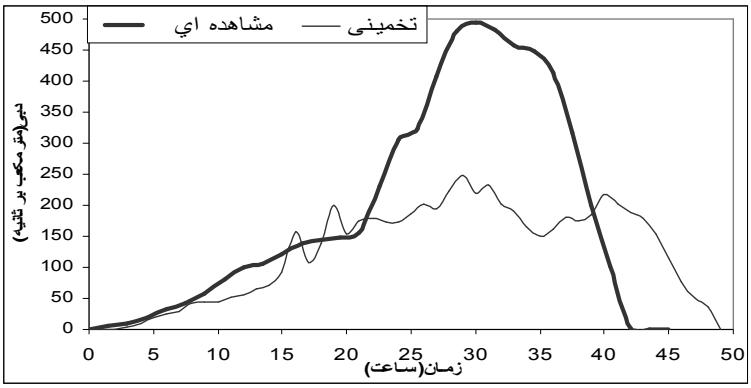
Visman و همکاران (1996) پیشنهاد کرده‌اند، تهیه گردید (شکل 12) سپس هیدروگراف واحد متوسط حوزه با هیدروگراف واحد به‌دست آمده از مدل کلارك مورد مقایسه قرار گرفت (شکل 13).



شکل ۵- هیدروگراف جریان و طرز جداکردن دبی پایه



شکل۶- هیدروگراف واحد مشاهداتی و تخمینی (76/12/29)



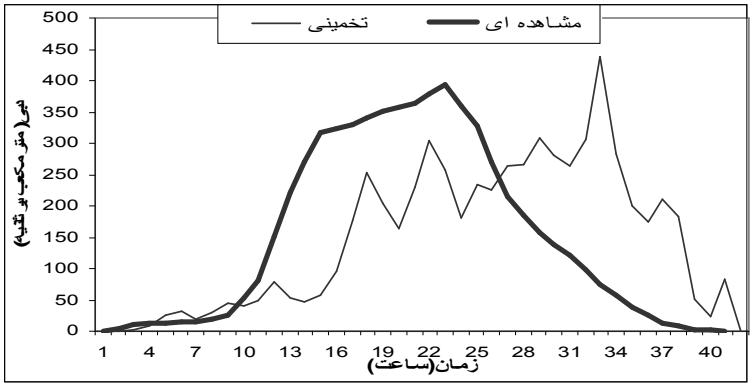
شکل ۷- هیدروگراف واحد مشاهداتی و تخمینی (77/12/2)

براي ارزیابی‌کارآیی مدل‌هاي زمان-سطح و کلارك از شاخص‌هاي آماري شامل خطاي نسبی (RE)[1]، مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE)[2] و میزان انحراف (Bias) استفاده شد. شاخص‌هاي مذکور براي بررسی وقایع مرکب و منفرد به‌وسیله ASCE[3] در سال 1993 توصیه گردیده است (عبدالهی، 1381). مقادیر خطاي نسبی براي حداکثر،

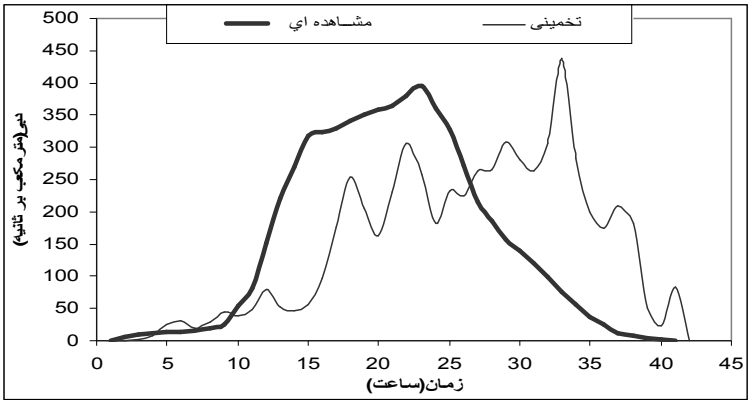
[1] Relative Error
[2] Root Mean Square Error
[3] American Society of Civil Enginees

حجم، زمان پايه هيدروگراف و زمان تا حداكثر هيدروگراف و هم‌چنين مجذور ميانگين مربعات خطا و ميزان انحراف براي هر يک از مدل‌هاي زمان-سطح و كلارك در جدول 1 ارائه شده است.

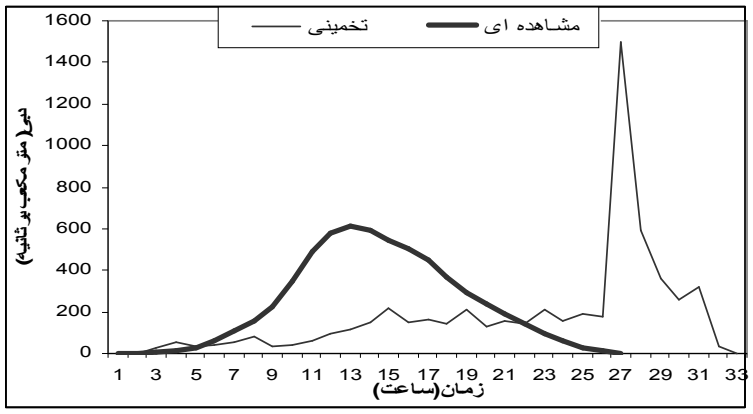
نتايج نشان می‌دهد بر اساس شاخص مجذور ميانگين مربعات خطا، هر دو مدل داراي خطاي زيادي هستند. براساس شاخص آماري خطاي نسبی، ميزان خطا در حجم سيلاب، پيک سيلاب و زمان تا پيک هيدروگراف پيش‌بينی شده در مدل كلارك بسيار كم و از نظر آماري قابل قبول است (از نظر آماري خطاي نسبی كم‌تر از 40 درصد، هم‌چنين مجذور ميانگين مربعات خطا بايستی به صفر و ميزان انحراف به يک ميل كند تا پارامتر مورد ارزيابی، مناسب باشد).



شكل ۸- هيدروگراف واحد مشاهداتی و تخمينی (79/1/2)

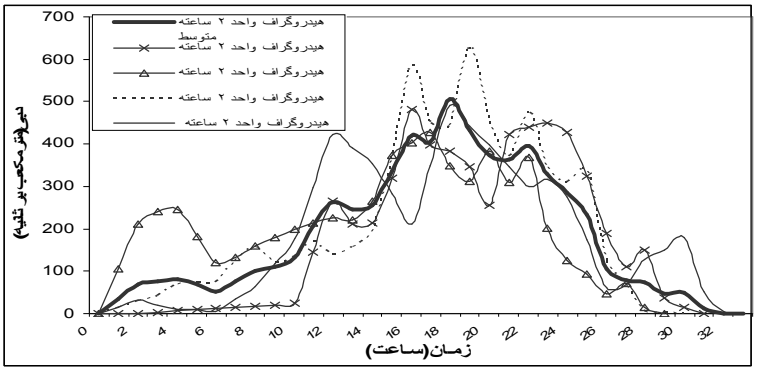


شكل ۹- هيدروگراف واحد مشاهداتی و تخمينی (72/1/19)

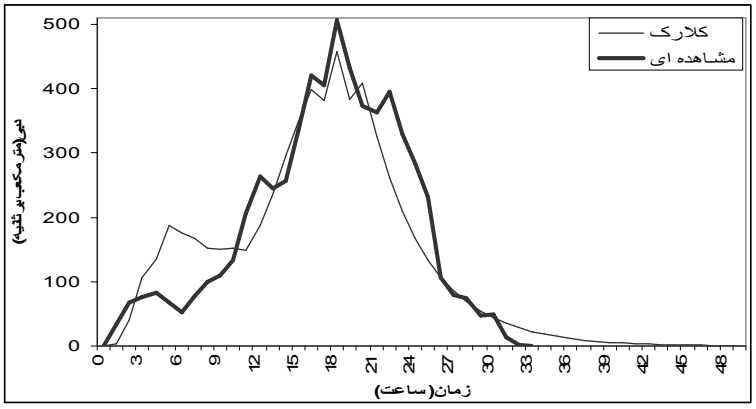


شكل ۱۰- هيدروگراف واحد مشاهداتی و تخمينی (73/10/28)

شکل ۱۱- هیدروگراف واحد مشاهداتی و تخمینی (76/12/29)



شکل۱۲- هیدروگراف واحد متوسط حوزه



شکل ۱۳- مقایسه هیدروگراف واحد کلارك و هیدروگراف واحد متوسط حوزه

جدول ۱- نتایج ارزیابی مدل‌ها

شاخص آماري	مجذور میانگین مربعات خطا	درصد خطاي نسبی				انحراف در پیک
		دبی پیک	زمان تا پیک	زمان پایه	حجم سیلاب	
روش زمان- سطح	136/9	32/8	20/7	14/5	57	1/4
روش کلارك	52/8	23/3	0	48/48	1/8	1/3

کمینه خطا در حجم سیلاب و زمان تا اوج دیده می‌شود همچنین میزان انحراف دبی اوج با توجه به پارامتر Bias برابر با 1/3 می‌باشد که بسیار نزدیک به یک است؛ ضمن این‌که شکل هیدروگراف تخمینی در این روش شباهت زیادي به هیدروگراف مشاهده‌اي دارد. جدول فوق نشان می‌دهد که میزان خطاي نسبی در دبی اوج سیلاب، زمان پایه و زمان

تا دبی اوج مدل زمان–سطح از نظر آماري قابل قبول است، ولی دقت آن کم می‌باشد و این مدل ارزیابی خوبی در مورد حجم و دبی اوج سیلاب ارائه نمی‌کند. حجم و دبی اوج سیلاب در کارهاي مهندسی از اهمیت بالایی برخوردار است، لذا در مجموع می‌توان گفت که روش کلارك نتایج قابل قبول‌تري ارائه می‌کند و این مدل قادر به شبیه‌سازي هیدروگراف سیل در حوزه‌هاي فاقد آمار است.

منابع مورد استفاده

1. رحیمیان، ر. 1374. بررسی مدل‌هاي مختلف هیدروگراف واحد لحظه‌اي ژئومورفولوژیکی و کاربرد آن‌ها جهت سنتز هیدروگراف در حوزه‌هاي آبریز فاقد آمار. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شیراز، گروه زمین‌شناسی.
2. روغنی، ع. 1376. بررسی تاثیر مکانی مناطق مؤثر بر دبی اوج سیلاب با به‌کارگیري GIS و مدل روندیابی رواناب در حوزه آبخیز رودك. پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبخیزداري، دانشگاه منابع طبیعی تهران.
3. عبدالهی، خ. 1381. مدل‌سازي رواناب بر اساس ویژگی‌هاي ژئومورفولوژیکی حوزه آبخیز خان‌میرزا با استفاده از GIS. پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبخیزداري، دانشکده منابع طبیعی نور، دانشگاه تربیت مدرس.
4. عرفانیان، م. 1377. بررسی آب‌نمود واحد لحظه‌اي ژئومورفولوژیکی و ژئومورفوکلیماتیکی در حوزه آبخیز جزین سمنان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه مهندسی آبخیزداري، دانشگاه گرگان.
5. علیزاده، ا. 1382. هیدرولوژي کاربردي. انتشارات آستان قدس رضوي.
6. غیاثی، ن. 1374. واسنجی هیدروگراف واحد لحظه‌اي ژئومورفولوژي حوزه امامه. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه مهندسی آبخیزداري، دانشگاه تهران.
7. قهرمان، ب. 1374. طرح پژوهشی بررسی هیدروگراف واحد لحظه‌اي ژئومورفولوژیکی. دانشگاه فردوسی مشهد.
8. رئوف مصطفی‌زاده، ر.، ع.ر. بهره‌مند و ا. سعدالدین. 1388. شبیه‌سازي هیدروگراف رواناب مستقیم با مدل هیدروگراف واحد لحظه‌اي کلارك، مطالعه موردي: آبخیز جعفرآباد استان گلستان. فصل‌نامه پژوهش‌هاي حفاظت آب و خاك، سال شانزدهم، شماره 3، صفحه 122-105.
9. Clark, C.O. 1945. Storage and unit hydrograph. Trans of American Society of Civil Engineering, 110:1419-1446.
10. Cleveland, T.G., H. Xin, W.H. Asquith, X. Fang and D.B. Thompson. 2006. Instantaneous unit hydrograph evaluation for rainfall-runoff modeling of small watersheds in north and south central Texas. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 132(5):479-485.
11. Fong Lin, G. and Y.M. Wang. 1998. General stochastic instantaneous unit hydrograph. Journal of Hydrology, 182(4):227-235.
12. Jain, S.K., R.D, Singh and S.M. Set. 2000. Design flood estimation using GIS supported GIUH approach. Journal of Water Resources Management, 14:369-376.
13. Maidment, D.R. 1993. Development of a spatially distributed unit hydrograph by using GIS. Proceedings of Hydro. GIS, IAHS Publication, No 212.
14. Mc Carthy, G.T. 1938. The unit hydrograph based on flood routing. Proceedings of Conference of North Atlantic Div., Crops of Engineering Publication.
15. Muzic, I. 1995. Lumped modelling and GIS in flood predictions. Kluwer Academic Publications.
16. Nash, J.E. 1957. The form of the instantaneous unit hydrograph. Hydroloical Sciences Journal of Iash, 72:114-118.
17. Ramírez, J.A. 2000. Prediction and modelling of flood hydrology and hydraulics. Ellen Wohl Cambridge University Press.
18. Raymond, I. and P. Jeng. 2003. True form of instantaneous unit hydrograph of linear reservoirs. Journal of Hydrology, 122(1):11-17.
19. Saghafian, B., P.Y. Julien and H. Rajaie. 2002. Runoff hydrograph simulation based on time variable isochrones technique. Journal of Hydrology, 261:193-203.
20. Singh, V.P. 1988. Hydrology system. Prentice Hall Publications.
21. Singh, V.P. 1997. Flood routing based on diffusion wave equation using mixing cell method. Hydrological Processes, 11(14):1881-1894.
22. Snell, J.D. and M. Sivapalan. 1994. On geomorphologic dispersion in natural catchments and geomorphologic unit hydrograph. Water Resources Research, 30(7): 2311-2323.
23. Viessman, V., J. Knapp, G. Lewis and T. Harbaugh. 1996. Introduction to hydrology. Harper Collins College Publications.

Efficiency of Time–Area and Clark instantaneous unit hydrograph models in estimating flood discharge

Morteza Dehghani[1], BSc, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Iran
Ali Karami Khaniki, Assistant Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Iran
Seyed Hamid Reza Sadeghi, Associate Professor, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Iran

Received: 22 January 2011 Accepted: 07 July 2011

Abstract

One of the main objectives of hydrology is rainfall–runoff forecasting process for determination of flood hydrograph at the outlet of a watershed. The aim of this study was to investigate the consistency, accuracy and reliability of time–area and Clark instantaneous unit hydrograph models for estimating the shape, peak discharge, time to peak, base time and volume of flood resulting from a rainfall with certain intensity and duration. For this purpose, the topographic map of Bazoft watershed was digitized by using R2V package, the digital elevation model (DEM) and isochronal prepared with the ILWIS software. Finally, the flood hydrographs were estimated by Clark and time-area models for six selected storm events. The computed hydrographs then compared with those obtained by measured data an outlet of the basin. The results showed that while both methods have some errors, the Clark model gives a better estimation of outlet hydrograph in comparison with time-area model. The amount of relative error for peak discharge for Clark and Time- Area methods were 23.3% and 32.8%, respectively.

Key words: Bazoft watershed, Flood estimation, Hydrology, Rain gauge, Rainfall–runoff

[1] Corresponding author: mdehghani_uni@yahoo.com