نشریه آب و خاک
جلد ۲۴، شماره ۴، مهر - آبان ۱۳۸۹، ص. ۶۳۵-۶۲۵

Journal of Water and Soil
Vol. 24, No. 4, Sep-Oct 2010, p. 625-635

اهمّیت زمان پیمایش بین خطوط هم‌زمان تمرکز در دقّت تخمین سیلاب از آب‌نمود واحد لحظه‌ای کلارک

سیّدحمیدرضا صادقی[1*] - هانیه اسدی[2]

تاریخ دریافت:۸۷/۱۰/۸
تاریخ پذیرش:۸۹/۵/۲۴

چکیده

آب‌نمود واحد یکی از مهم‌ترین و رایج‌ترین روش‌های پیش‌بینی دبی سیل از داده‌های مشاهده‌ای است. در حوزه‌های آبخیز فاقد داده‌های بارش و روان‌آب، امکان تهیه آب‌نمود واحد با شیوه معمول وجود ندارد. به‌همین دلیل در حوزه‌های آبخیز بدون آمار، تهیه آب‌نمودها با استفاده از روش‌های تجربی و یا مدل‌های مبتنی بر ویژگی‌های حوزه آبخیز صورت می‌گیرد. در این راستا استفاده صحیح از تئوری مربوط به آب‌نمود واحد لحظه‌ای در حوزه های آبخیز بسیار کارا می‌باشد مشروط بر آن‌که پارامترهای مورد نیاز آن با دقت مناسب تعیین گردند. در این تحقیق اهمیت زمان پیمایش بین خطوط هم‌زمان تمرکز در تعیین منحنی زمان-مساحت با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و نهایتاً تهیه آب‌نمود واحد لحظه‌ای به روش کلارک در حوزه آبخیز جنگلی کسیلیان بررسی شد. نتایج ارزیابی آب‌نمودهای تخمینی مبتنی بر زمان پیمایش‌های بین ۰/۲۵ تا ۳ ساعت در مقایسه با نتایج مستخرج از آب‌نمودهای مشاهده‌ای با استفاده از روش کیفی و شاخص‌های آماری و هم‌چنین تأیید تغییرپذیری دقت آب‌نمودهای حاصل از زمان‌های پیمایش مختلف نشان داد که خطوط هم‌زمان تمرکز با فواصل زمانی ۳ ساعته در تهیه منحنی زمان-مساحت به‌منظور تخمین سیلاب حاصل از آب‌نمود واحد لحظه‌ای کلارک از بالاترین دقت برخوردار بوده است. نتایج به‌دست آمده بر ضرورت انتخاب و واسنجی پایه‌ی زمانی مناسب در تهیه‌ی آب‌نمود واحد تأکید داشته است.

واژه های کلیدی: آب‌نمود واحد لحظه‌ای، حوزه‌ی آبخیز کسیلیان، روش کلارک، زمان پیمایش، منحنی زمان-مساحت، نقشه هم‌زمان تمرکز

مقدمه

اصولاً تئوری‌های علمی تشریح‌کننده‌ی پدیده‌های هیدرولوژیکی در حوزه‌های آبخیز به‌دلیل ناهمگنی، پیچیدگی ارتباط و تعدد مؤلفه های تأثیرگذار بر پدیده‌ها هرگز قادر به توصیف کامل آن‌ها در مقیاس وسیع نیستند. بنابراین می‌توان با توجّه به خروجی مدل‌های طراحی شده منطبق با تئوری‌های علمی و ارزیابی مؤلفه‌های تأثیرگذار، درصد کارآیی مدل را نسبت به نمونه‌های مشاهده‌ای تعیین کرد. از آن‌جایی که تهیّه‌ی دقیق ورودی‌ها و خروجی‌های حوزه آبخیز نیاز به ایستگاه های مربوط و دستگاه‌های ثبات مخصوص داشته و از طرفی احداث و نگه‌داری چنین ایستگاه‌هایی از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نیست، لذا استفاده از خصوصیّات فیزیکی حوزه آبخیز برای تحلیل پاسخ‌های هیدرولوژیکی آن به ورودی‌های مختلف ضروری است. از این‌رو، شناسایی بهتر خصوصیّات مذکور، پیش‌بینی دقیق‌تر عمل‌کرد حوزه آبخیز را همراه خواهد داشت (۲). از طرفی برنامه‌ریزی و مدیریت صحیح منابع آب‌های سطحی، راهی مؤثر برای پیش‌گیری و کنترل سیل می‌باشد که خود نیازمند آمار و اطّلاعات است. به‌همین جهت در حوزه‌های آبخیز بدون آمار، استفاده از روش‌های تجربی و یا مدل‌های مبتنی بر خصوصیّات حوزه آبخیز به منظور استخراج مشخّصات سیلاب ضروری می‌باشد (۷).

در این راستا استفاده صحیح از تئوری مربوط به آب‌نمود واحد لحظه‌ای[3] به‌مفهوم روان‌آب سطحی حاصل از یک واحد بارش مازاد آنی در حوزه آبخیز (۱۵) بدون داشتن اطّلاعات مربوط به بارندگی و فقط با داشتن خصوصیّات قابل دست‌رس فیزیوگرافی و ژئومورفولوژی حوزه بسیار کاراست. مفهوم آب‌نمود واحد لحظه‌ای اوّلین بار توسط

۱و۲- به ترتیب دانشیار و دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرّس نور
(*- نویسنده مسئول: (Email: sadeghi@modares.ac.ir

3- Instantaneous Unit Hydrograph, IUH

کلارک مطرح شد (۱۵). از طرفی برای به‌دست آوردن IUH مدل های متعدّدی وجود دارد که روش کلارک یا روش تأخیر و تنسیق[1] به‌دلیل قابلیت به‌دست آوردن ساده متغیّرهای مورد نیاز آن به‌عنوان کاربردی‌ترین روش تهیّه آب‌نمود واحد لحظه‌ای محسوب می‌شود (۱۲).

بررسی کارآیی شیوه‌های مختلف تهیّه IUH در ونزوئلا (۲۶)، ایالت‌های مختلف امریکا (۱۹، ۲۱ و۲۳)، تایوان (۳۳)، هند (۱۷ و ۲۴) و ترکیه (۳۲) و در مقایسه با سایر روش‌ها صورت گرفته است. هم‌چنین بررسی کارآیی IUH در ایران نیز در حوزه‌های آبخیز پس کوهک شیراز (۳)، امامه (۱۳ و ۱۶)، کسیلیان (۲و۱۴)، درجزین (۱۱)، خانمیرزا (۱۰)، بازفت (۷) و کارده (۲۵) صورت گرفته است.

از طرفی روش‌های مختلف از قبیل کمینه‌ی مربعات (۳۴)، کاربرد سامانه اطّلاعات جغرافیایی[2] و سنجش از دور (۲۰،۱۸، ۲۲، ۲۹،۲۵و ۳۲)، روش‌های مختلف تعیین ضریب ذخیره (۸) و نیز روش‌های مختلف محاسبه منحنی زمان–مساحت (۲۸،۶،۵و۲۹) برای دست‌یابی دقیق‌تر به پارامترهای مورد نیاز در تهیّه IUH استفاده گردیده است.

بر اساس سوابق موجود تحقیق می‌توان اذعان نمود که به‌طور کلی IUH یک روش مناسب و کاربردی برای تخمین سیلاب در حوزه‌های فاقد آمار سیل مطرح است مشروط بر آن‌که پارامترهای مورد نیاز آن با دقّت مناسب تعیین گردند. ولی تا کنون تحقیق مشخّصی در رابطه با تعیین زمان پیمایش مناسب در تهیّه منحنی زمان–مساحت در تهیّه آب‌نمود واحد لحظه‌ای به‌روش کلارک صورت نگرفته است. از این‌رو کاربرد دوره‌های زمانی مختلف در تهیّه منحنی زمان–مساحت در بازسازی آب‌نمود واحد لحظه‌ای و سپس آب‌نمود واحد حوزه‌ی آبخیز کسیلیان و ارزیابی کارآیی آن در این تحقیق مدّ نظر قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

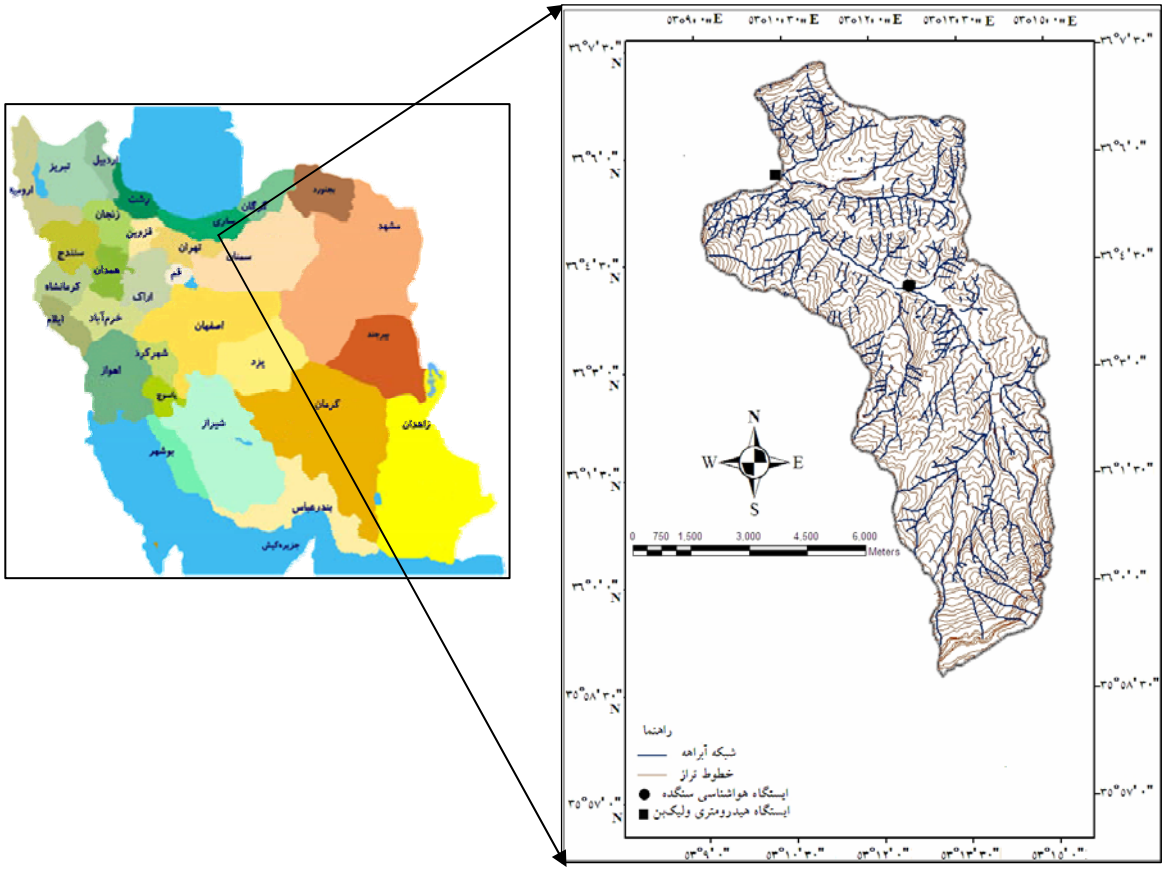
به‌منظور انجام تحقیق حاضر، حوزه‌ی آبخیز معرّف جنگلی کسیلیان واقع در دامنه‌ی شمالی سلسله جبال البرز و بین عرض جغرافیایی "۳۰ '۵۸ °۳۵ و"۱۵ '۷ °۳۶ شمالی و طول جغرافیایی "۴۴ '۸ °۵۳ و "۴۲ '۱۵ °۵۳ شرقی با میانگین بارندگی و تبخیر و تعرق سالانه‌ی به‌ترتیب ۸۵۳/۵ و ۷۶۵ میلی‌متر، متوسط درجه حرارت سالانه‌ی ۱۰/۸ درجه سانتی‌گراد، اقلیم بسیار مرطوب، مساحت ۶۶/۷۵ کیلومتر مربع، محیط ۴۲/۵ کیلومتر، ضریب گراولیوس ۱/۵۲، کمینه و بیشینه و میانگین ارتفاع به‌ترتیب ۱۱۰۰، ۲۷۰۰ و ۱۶۲۰ متر از سطح دریا، شیب متوسط ۱۶/۱ درصد، طول بزرگ‌ترین آبراهه ۱۷/۳۳ کیلومتر، زمان تمرکز مشاهده‌ای حدود ۱۰ ساعت و به‌صورت شمای کلی ارائه شده در شکل (۱)، انتخاب شد.

برای انجام این تحقیق از آمار بارندگی ایستگاه سنگده به‌عنوان نزدیک‌ترین ایستگاه به‌مرکز ثقل آبخیز و فاصله‌ی ۶/۵ کیلومتر تا خروجی و اطّلاعات ثبت شده سیل در ایستگاه ولیک‌بن واقع در خروجی (شکل ۱) استفاده گردید. تعداد ۴۸ رگبار منفرد ایستگاه باران نگار از مجموع کل رگبارهای اتّفاق افتاده طی سال‌های ۱۳۵۴ تا ۱۳۸۶ به‌لحاظ برخورداری از شرایط استفاده برای تهیّه آب‌نمود واحد و شماره منحنی بین ۵۷ تا ۸۸ (۴، ۱۲ و ۳۱) انتخاب شد. برای تعیین متوسط تلفات بارش از شاخص فی[3] و از طریق تجزیه باران‌نگار و آب‌نمود رگبار مربوطه و به‌روش سعی و خطا استفاده گردید. برای به دست آوردن آب‌نمود سیل از آب‌نمود کل آب پایه از طریق رسم خط با شیب مثبت از ابتدای شاخه‌ی بالارونده تا انتهای شاخه خشکیدگی استفاده شد (۱۲). در ادامه آب‌نمودهای واحد حوزه آبخیز مذکور پس از تعیین ارتفاع روان‌آب مستقیم و مدّت زمان بارش مؤثر تهیّه شدند (۱۲) بدین ترتیب آب‌نمودهای واحد با تداوم‌های مختلف و در نهایت آب‌نمودهای متوسط مربوط به‌هر کدام به‌دست آمد (۳۱).

برای تهیّه منحنی زمان–مساحت ابتدا نقشه رقومی شده‌ی حوزه ی آبخیز با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ از سازمان نقشه‌برداری کشور تهیّه و سپس نقشه مدل رقومی ارتفاع با پیکسل‌های ۲۰ متری تهیّه و نهایتاً نقشه‌های شیب و جهت شیب در محیط نرم افزار ARCGIS تهیّه شدند. سپس بر اساس روش نیم‌رخ آبراهه (۴)، نقشه هم‌زمان تمرکز حوزه آبخیز با زمان پیمایش ۰/۲۵ ساعت تهیّه شد. در این روش پس از تهیّه نیم‌رخ طولی بزرگ‌ترین آبراهه از طریق معرفی نقاط مختلف ارتفاعی فاصله‌های با تغییر شیب در محیط نرم افزار ARCGIS، ابتدا زمان تمرکز محاسبه و سپس نیم‌رخ به قطعاتی با فواصل زمانی مناسب تقسیم و با انطباق محور زمان تمرکز بر محور طول رودخانه، ارتفاع نقاط تقاطع هم‌زمان تمرکز با آبراهه اصلی به‌دست آمد. با اتّصال نقاط ارتفاعی متناظر آن‌ها، خطوط هم‌زمان تمرکز و نهایتاً مساحت محصور شده بین آن‌ها (۳۱) در سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی به‌دست آمد. بدین ترتیب با استفاده از نقشه‌ی هم‌زمان تمرکز به‌دست آمده، نمودار زمان–مساحت ۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵، ۱، ۱/۲۵، ۱/۷۵، ۲، ۲/۷۵ و ۳ ساعته با توجّه به موجودیّت اطلاعات، زمان مؤثر رگبارهای اتفّاق افتاده و رعایت کمینه‌ی تبدیل برای حوزه‌ی آبخیز مذکور تهیّه شد.

نمودارهای زمان–مساحت به‌دست آمده به‌عنوان جریان ورودی در نظر گرفته شدند. سپس آب‌نمود جریان خروجی با استفاده از روش ماسکینگام با برابر در نظر گرفتن مقدار ورودی در ابتدا و انتهای بازه زمانی مورد نظر با استفاده از رابطه (۱) به‌دست آمد (۳۱).

1- Lag and Route Technique
2- Geographical Information System, GIS
3- ϕ - Index



شکل ۱- شمای کلی و ایستگاه‌های هواشناسی و هیدرومتری حوزه آبخیز کسیلیان

$$Q_2 = \frac{\Delta t_c}{k + 0.5\Delta t_c} I_1 + \frac{K - 0.5\Delta t_c}{k + 0.5\Delta t_c} Q_1 \qquad (۱)$$

که در آن Δt_c زمان تمرکز هر بخش (ساعت)، I_1 میزان جریان ورودی اوّلیه، Q_1 جریان خروجی اوّلیه، Q_2 جریان خروجی بعد از زمان Δt_c (مترمکعب بر ثانیه) و K ضریب ذخیره (ساعت) می‌باشند. پارامتر K نشان‌دهنده‌ی اثر ذخیره‌ی کانال روی آب‌نمود می‌باشد و از تقسیم جریان در نقطه خمیدگی آب‌نمود مستقیم بر میزان تغییرات مخزن در همان زمان و با استفاده از رابطه (۲) به‌دست آمد (۱۵).

$$K = \frac{-Q}{dQ/dt} \qquad (۲)$$

بدین‌ترتیب پس از تعیین ضریب ذخیره (K) و تهیّه منحنی‌های زمان–مساحت با بازه‌های زمانی مذکور، آب‌نمود واحد لحظه‌ای کلارک محاسبه گردید و سپس برای مقایسه با آب‌نمود واحد مشاهده‌ای به آب‌نمود واحد متناظر با هر یک از آن‌ها تبدیل شدند.

برای ارزیابی کارآیی نتایج حاصل، از شاخص‌های آماری خطای نسبی[1] در دبی اوج، زمان پایه و زمان تا اوج، مجذور میانگین مربعات خطا[2]، ضریب کارآیی[3] و میزان انحراف[4] در دبی اوج به‌ترتیب با استفاده از روابط (۳) تا (۶) علاوه بر مقایسه کیفی آن‌ها (۹) استفاده گردید.

$$RE = \left| \frac{Y_o - Y_e}{Y_o} \right| \times 100 \qquad (۳)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (Q_{oi} - Q_{ei})^2}{n}} \qquad (۴)$$

1- Relative Error, RE
2- Root Mean Square of Error, RMSE
3- Coefficient of Efficiency, QE
4- Bias

$$QE=\frac{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(Q_{oi}-\overline{Q_o}\right)^2-\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(Q_{oi}-Q_{ei}\right)^2}{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(Q_{oi}-\overline{Q_o}\right)^2} \quad (۵)$$

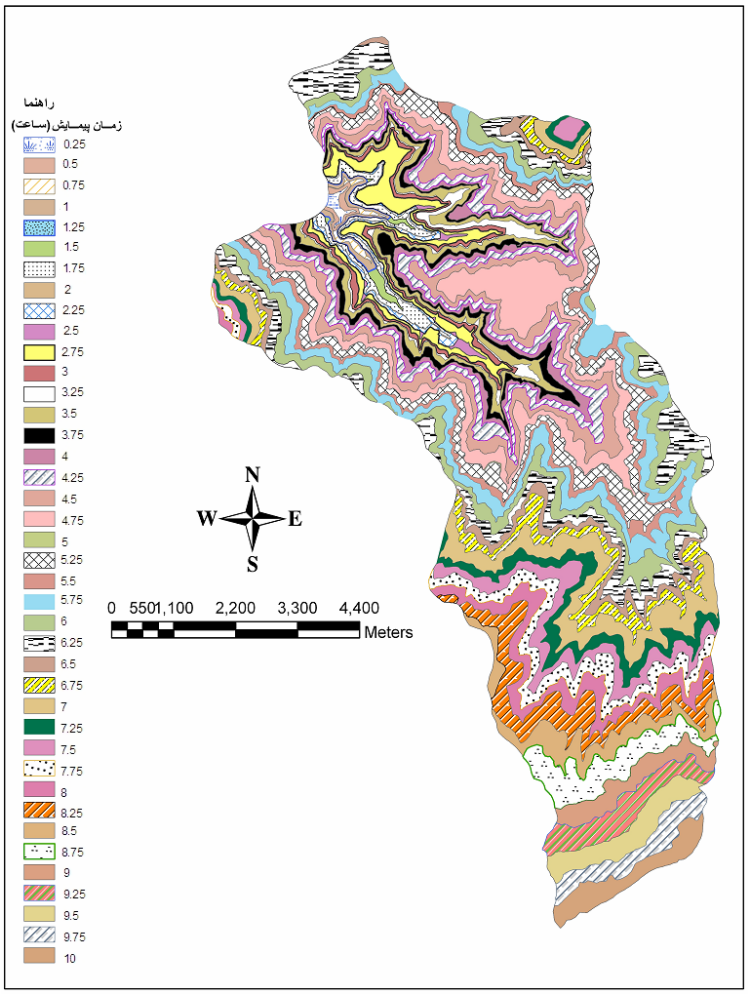
$$BIAS=\frac{Q_{oi}}{Q_{ei}} \quad (۶)$$

که در آن‌ها Y_o و Y_e به‌ترتیب مقادیر دبی اوج، زمان پایه و زمان تا اوج آب‌نمودهای مشاهده‌ای و تخمینی، n تعداد مشاهدات، Q_{oi} و Q_{ei} به‌ترتیب دبی‌های مشاهده‌ای و تخمینی در زمان‌های مختلف و $\overline{Q_o}$ متوسط دبی مشاهده‌ای می‌باشد.

گردید که از بین آن‌ها ۳۵ رگبار به‌واسطه‌ی برخورداری از شرایط استفاده برای تهیّه و تحلیل آب‌نمودهای واحد (۱۲) برای انجام مراحل تحقیق استفاده شدند. مقدار ضریب ذخیره در کاربرد روش زمان–مساحت در تهیّه آب‌نمود واحد لحظه‌ای سیلاب در حوزه‌ی آبخیز کسیلیان نیز با استفاده از رابطه (۲) برابر ۷/۹۸ ساعت به‌دست آمد. از طرفی نقشه هم‌زمان تمرکز حوزه آبخیز با زمان پیمایش ۰/۲۵ ساعت در شکل (۲) نشان داده شده و در نهایت وضعیت مقایسه‌ای آب نمودهای واحد محاسبه‌ای حاصل از روش کلارک با آب‌نمودهای واحد متوسط حاصل از داده‌های مشاهده‌ای و هم‌چنین نتایج کمّی مقایسه آب‌نمودهای مذکور با استفاده از آماره‌های مختلف به‌ترتیب در شکل‌های (۳) تا (۱۱) و جدول (۱) نشان داده شده‌اند.

نتایج و بحث

بر اساس روش کار ارائه شده، ۴۸ رگبار به‌طور دقیق تحلیل



شکل ۲- نقشه مناطق هم‌زمان تمرکز حوزه با استفاده از روش نیم‌رخ آبراهه و زمان پیمایش‌های مختلف درحوزه آبخیز کسلیان

در مقایسه کیفی نتایج به‌دست آمده و مقایسه چشمی آن‌ها، آب نمودها به‌لحاظ شکل ظاهر و مؤلفه‌های اصلی شامل زمان دبی اوج، زمان پایه و شکل عمومی با هم مقایسه گردیدند. در یک مقایسه‌ی کیفی از نتایج به‌دست آمده می‌توان دریافت که مدل کلارک در تمامی بازه‌های زمانی محاسبه شده به‌جزء بازه‌ی زمانی ۱/۲۵ و ۲ ساعته، دبی اوج کم‌تری را نسبت به آب‌نمود مشاهده‌ای نشان داده است. دلیل احتمالی یافته‌ی مذکور را می‌توان به وضعیت آب‌نمودهای ثبت شده برای بازه‌های زمانی مذکور و تفاوت پاسخ هیدرولوژیکی حوزه‌ی آبخیز مورد مطالعه در مقایسه با سایر بازه‌های زمانی بررسی شده نسبت داد. مقادیر زمان پایه نیز در اکثر موارد بیش‌تر از مقدار مشاهده‌ای به‌دست آمد. بیشینه‌ی اختلاف‌ها در وقوع اوج آب‌نمودها و زمان پایه آب‌نمودها به‌ترتیب ۷ و ۱۱ ساعت و کمینه‌ی اختلاف در وقوع اوج آب‌نمودها و زمان پایه آب‌نمودها به‌ترتیب ۱ و ۲ ساعت بوده است.

تغییرات خطای نسبی در برآورد دبی اوج (جدول ۱) نیز، مبیّن فرض غیر خطی بودن عمل‌کرد سامانه‌ی حوزه‌ی آبخیز در پاسخ هیدرولوژیکی آن بوده که با ایده اسنل (۳۰) در حوزه آبخیزی در استرالیا موافقت دارد. کشیدگی حوزه‌ی آبخیز مورد مطالعه و طبعاً عدم توزیع یک‌نواخت بارش در سطح آن نیز ممکن است یکی دیگر از دلایل این مسأله باشد که با نتایج تحقیق سابول (۲۷) در حوزه آبخیزی در کلرادوی غربی[1] در امریکا مبنی بر کارآیی روش کلارک برای حوزه‌های آبخیز با نسبت بزرگ طول به عرض هم‌خوانی کامل ندارد. با مقایسه نتایج حاصل از آماره‌های خطای نسبی دبی اوج، زمان پایه، انحراف در دبی اوج، مجذور میانگین مربعات خطا و ضریب کارآیی می‌توان گفت که آب‌نمود به‌دست آمده طی تخمین در بازه زمانی ۳ ساعته نسبت به موارد دیگر دارای دقّت بیش‌تری بوده است. هم‌چنین با توجّه به کمینه بودن خطای نسبی دبی اوج، زمان پایه و انحراف در دبی اوج حاصل از آب‌نمود واحد تخمینی ۲ ساعته و نیز با در نظر گرفتن کاهش خطای نسبی زمان تا اوج در آب‌نمودهای تخمینی حاصل از زمان پیمایش‌های ۰/۵ و ۱ ساعته، می‌توان برای تخمین هر یک از متغیّرهای مورد نظر (مثل دبی اوج، زمان تا اوج و زمان پایه) یک زمان پیمایش مشخّص را استفاده کرد. از طرفی نتایج نشان داد که مدل کلارک نسبت به دبی اوج و زمان پایه از حساسیّت زیادی در مقابل تغییرات زمان پیمایش خطوط هم‌زمان تمرکز برخوردار است که با نظرات جین و همکاران (۲۲) در هند هم‌خوان است.

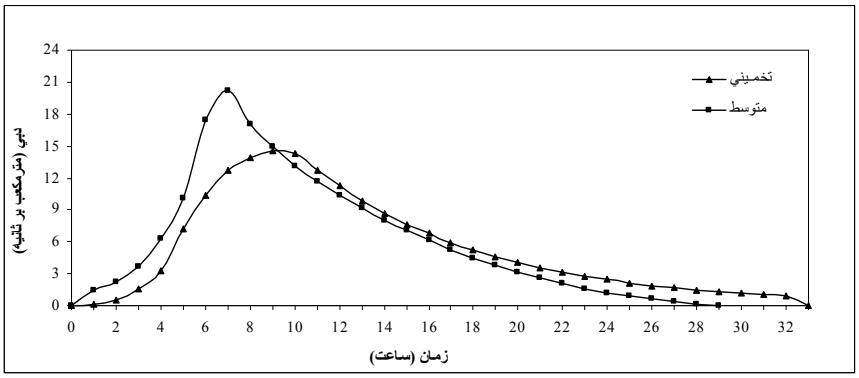
هم‌چنین استفاده از GIS در تهیّه نقشه هم‌زمان تمرکز، زمینه های محاسبه‌ی دقیق منحنی زمان–مساحت را مهیّا کرده که با تأکیدات گراشیا (۲۰)، جین و همکاران (۲۲)، ثقفیان و همکاران (۲۹)، نوربخش و همکاران (۲۵)، بورلتسیکاس و همکاران (۱۸) و اصول و ییلماز (۳۲) مبنی بر استفاده از GIS برای دست‌یابی دقیق‌تر به پارامترهای مورد نیاز در تهیّه‌ی آب‌نمود واحد لحظه‌ای هم‌سو می باشد. تأکید در ارائه‌ی مدل مناسب برای تعیین منحنی زمان–مساحت توسط ثقفیان و جولین (۲۸)، ثقفیان و همکاران (۲۹) و شکوهی و ثقفیان (۵ و ۶) به‌منظور شبیه‌سازی دقیق آب‌نمود سیلاب انجام گرفته که با نتایج این تحقیق نیز موافقت دارد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که بخشی از دقّت برآورد خصوصیّات آب‌نمود به روش مورد استفاده در تعیین پارامتر وابسته بوده که با نتایج به‌دست آمده توسط سابول (۲۷) و اظهارات افشار (۱) نیز مطابقت دارد.

به‌طور کلی مقایسه‌ی نتایج این تحقیق با سایر مطالعات مربوط به تهیّه آب‌نمود واحد لحظه‌ای با استفاده از روش‌های مختلف در خارج از کشور (۱۷، ۲۱، ۲۳، ۲۴، ۲۶ و۳۳) و هم‌چنین در ایران (۳،۲، ۷، ۱۰، ۱۱، ۱۳ ،۱۴و۱۶) دلالت بر توانایی قابل قبول روش آب‌نمود واحد لحظه‌ای در برآورد سیلاب دارد. هم‌چنین از نتایج این تحقیق می‌توان استنباط نمود که دبی حاصل از روش آب‌نمود واحد کلارک دارای دقّت کافی در شبیه‌سازی مقادیر مشاهداتی بوده که با تحقیقات چی (۱۹)، نوربخش و همکاران (۲۵)، اصول و ییلماز (۳۲) و صادقی و دهقانی (۸) نیز تطابق دارد.

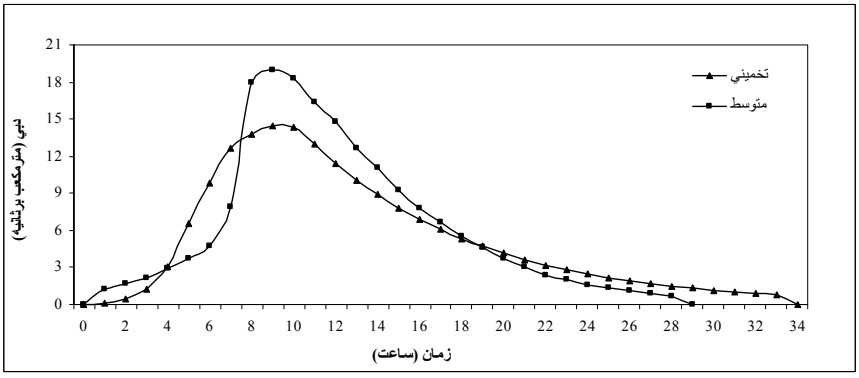
جمع‌بندی

در نهایت با استفاده از نتایج به‌دست آمده طی تحقیق حاضر می توان جمع‌بندی نمود که مدل کلارک در شبیه‌سازی آب‌نمود واحد سیلاب در حوزه آبخیز کسیلیان به‌طور کلی از کارآیی بالا برخوردار بوده که با توجّه به معرف بودن حوزه‌ی آبخیز مذکور، می‌توان نتایج حاصله را به اکثر آبخیزهای مجاور و مشابه آن تعمیم داد که این مسأله از لحاظ کاربردی حائز اهمیّت فراوان است. هم‌چنین با توجّه به یافته‌های منتج از این تحقیق، توجّه لازم در تعیین پارامترهای مدل مذکور تأیید می‌گردد. از طرفی ارزیابی کاربرد مدل کلارک در سایر نقاط کشور و انجام واسنجی‌های لازم و نیز بررسی تأثیرگذاری سایر عوامل پویا در تبیین مؤلفه‌های آب‌نمود واحد لحظه‌ای برای حصول نتایج جامع و جمع‌بندی کلی پیشنهاد می‌شود.

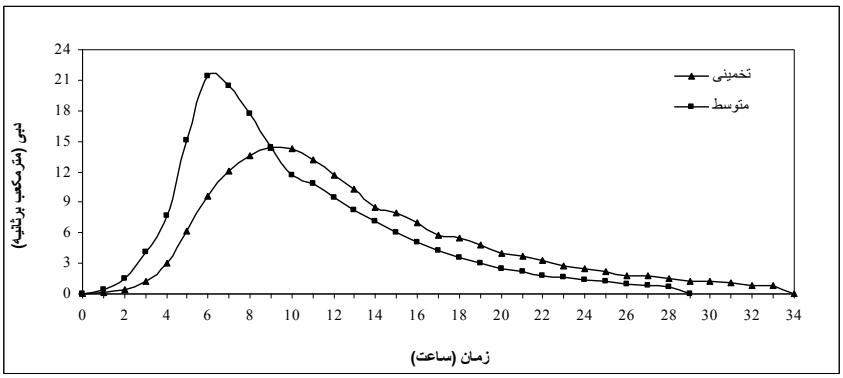
1- Western Colorado



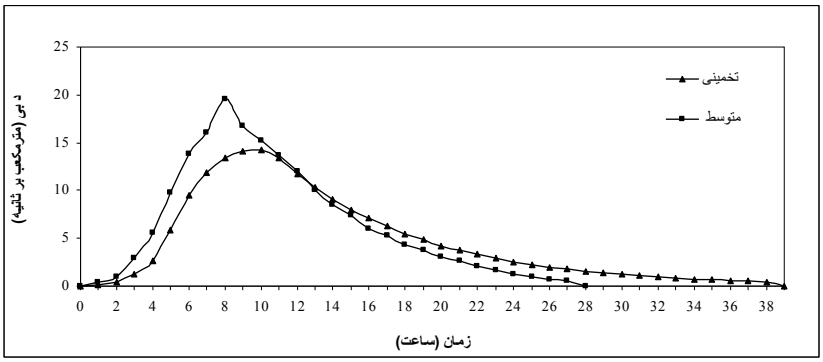
شکل ۳- آب‌نمود واحد متوسط مشاهداتی و آب‌نمود واحد تخمینی ۰/۲۵ ساعته



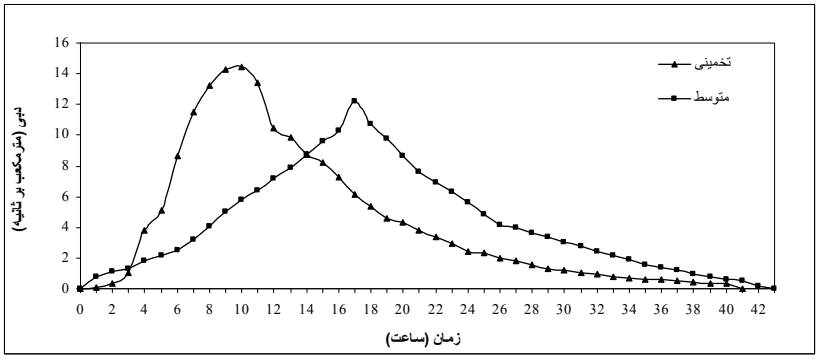
شکل ٤- آب‌نمود واحد متوسط مشاهداتی و آب‌نمود واحد تخمینی ۰/۵ ساعته



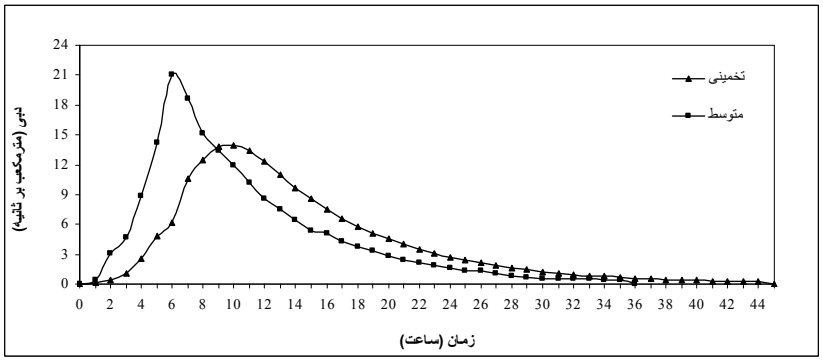
شکل ۵- آب‌نمود واحد متوسط مشاهداتی و آب‌نمود واحد تخمینی ۰/۷۵ساعته



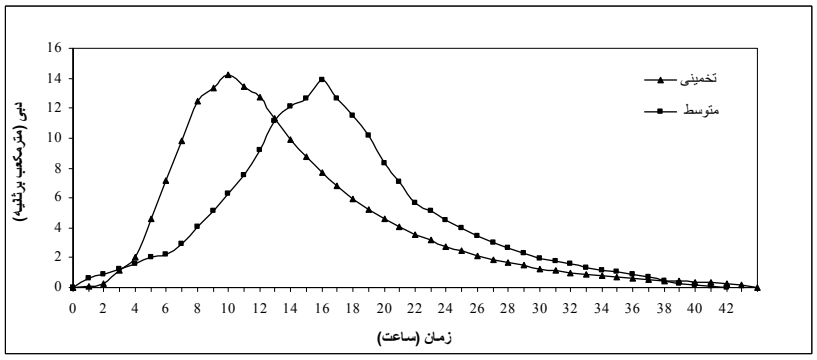
شکل ٦- آب‌نمود واحد متوسط مشاهداتی و آب‌نمود واحد تخمینی ۱ ساعته



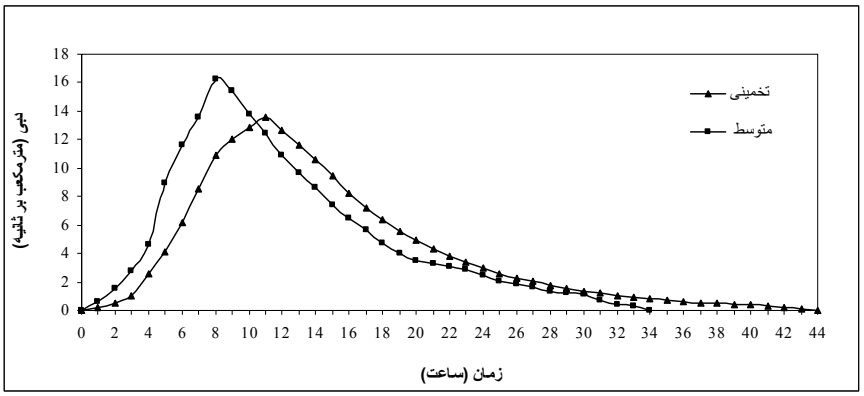
شکل ۷- آب‌نمود واحد متوسط مشاهداتی و آب‌نمود واحد تخمینی ۱/۲۵ ساعته



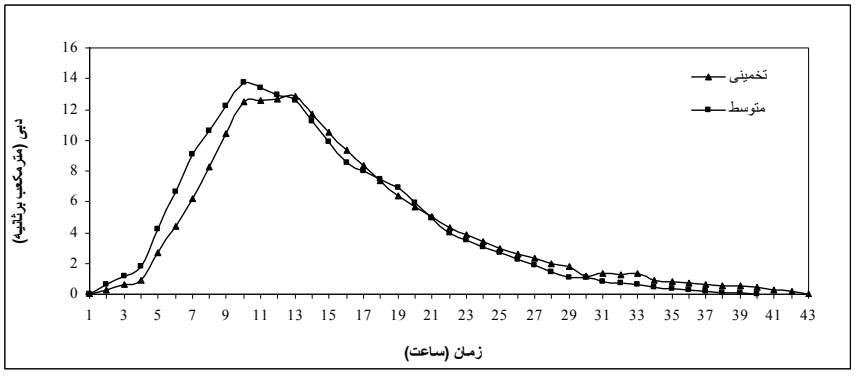
شکل ۸- آب‌نمود واحد متوسط مشاهداتی و آب‌نمود واحد تخمینی ۱/۷۵ ساعته



شکل ۹- آب‌نمود واحد متوسط مشاهداتی و آب‌نمود واحد تخمینی ۲ ساعته



شکل ۱۰- آب‌نمود واحد متوسط مشاهداتی و آب‌نمود واحد تخمینی ۲/۷۵ ساعته



شکل ۱۱- آب‌نمود واحد متوسط مشاهداتی و آب‌نمود واحد تخمینی ۳ ساعته

جدول ۱- ارزیابی کمّی آب‌نمودهای واحد مشاهده‌ای و تخمینی حاصل از زمان‌های مختلف پیمایش با استفاده از آماره‌های مختلف

شاخص	خطای نسبی (درصد)			انحراف در دبی اوج	کل آب‌نمود	
زمان پیمایش (ساعت)	دبی اوج	زمان پایه	زمان تا اوج		مجذور میانگین مربعات خطا	ضریب کارآیی
۰/۲۵	۲۸/۳۸	۱۳/۷۹	۲۸/۵۷	۱/۳۹	۲/۲۱	۰/۸۳
۰/۵	۲۰/۷۳	۱۷/۲۴	۱۰/۰۰	۱/۲۶	۲/۱۴	۰/۸۴
۰/۷۵	۳۲/۸۲	۱۷/۲۴	۵۰/۰۰	۱/۴۸	۳/۲۶	۰/۶۵
۱	۲۶/۶۶	۳۹/۲۸	۲۵/۰۰	۱/۳۶	۱/۸۵	۰/۸۶
۱/۲۵	۱۸/۰۰	۴/۰۶	۴۱/۱۱	۰/۸۵	۳/۸۱	-۰/۳۱
۱/۷۵	۳۸/۶۱	۲۵/۰۰	۶۶/۶۶	۱/۶۲	۳/۷۸	۰/۴۷
۲	۲/۱۱	۴/۷۶	۳۷/۵۰	۰/۹۸	۳/۴۳	۰/۲۹
۲/۷۵	۱۶/۴۵	۲۹/۴۱	۳۷/۵۰	۱/۲۰	۱/۹۱	۰/۸۰
۳	۶/۹۸	۷/۶۹	۳۳/۳۳	۱/۰۷	۰/۸۹	۰/۹۵

منابع

۱- افشار ع. ۱۳۶۴. هیدرولوژی مهندسی، انتشارات مرکز نشر دانشگاهی، ۴۴۰ ص.

۲- حشمت‌پور ع. ۱۳۷۸. بررسی کارآیی آب‌نمود واحد لحظه‌ای ژئومورفولوژیک و ژئومورفوکلیماتیک در حوزه آبخیز معرف کسیلیان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۱۳۷ ص.

۳- رحیمیان ر. ۱۳۷۴. بررسی مدلهای مختلف آب‌نمود واحد لحظه‌ای ژئومورفولوژیکی و کاربرد آن‌ها جهت سنتز آب‌نمود در حوزه‌های آبریز فاقد آمار، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه زمین‌شناسی آب دانشگاه شیراز، ۱۰۴ ص.

۴- سینگ وی.پی. ۱۳۸۱. سیستم‌های هیدرولوژیکی (مدل‌سازی بارندگی- روان‌آب)، ترجمه نجفی م.ر.، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۰۵۶ ص.

۵- شکوهی ع. و ثقفیان ب. ۱۳۸۵. مقایسه روش‌های استخراج خطوط همزمان پیمایش برای استفاده در روش روندیابی زمان-مساحت، مجله تحقیقات منابع آب ایران، ۲ (۳): ۳۹-۵۰ .

۶- شکوهی ع. و ثقفیان ب. ۱۳۸۶. تولید خطوط همزمان پیمایش جریان‌های همگرا به منظور استفاده در روش زمان- مساحت، مجله تحقیقات منابع آب ایران، ۳ (۳): ۲۰-۲۹.

۷- صادقی س.ح.ر. و دهقانی م. ۱۳۸۴. کارآیی آب‌نمود واحد لحظه‌ای Clark در بازسازی آب‌نمود واحد سیل (مطالعه موردی: حوزه آبخیز بازفت)، مجله تحقیقات منابع آب ایران، ۱ (۲): ۹۷-۹۹.

۸- صادقی س.ح.ر. و دهقانی م. ۱۳۸۵. دقّت روش‌های تخمین ضریب ذخیره آب‌نمود واحد لحظه‌ای در بازسازی آب‌نمود واحد سیل (مطالعه موردی: حوزه آبخیز بازفت)، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۳ (۳): ۱۵۲-۱۶۰.

۹- صادقی س.ح.ر.، مرادی ح.ر.، مزین م. و وفاخواه م. ۱۳۸۴. کارآیی روشهای مختلف تجزیه و تحلیل آماری در مدلسازی بارش-روان‌آب (مطالعه موردی: حوزه آبخیز کسیلیان)، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۲(۳): ۸۱-۹۰.

۱۰- عبدالهی خ. ۱۳۸۱. مدلسازی روان‌آب بر اساس ویژگیهای ژئومورفولوژیکی حوزه آبخیز خانمیرزا با استفاده از GIS، پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشگاه تربیت مدرّس، ۷۷ ص.

۱۱- عرفانیان م. ۱۳۷۷. بررسی آب‌نمود واحد لحظه‌ای ژئومورفولوژیکی و ژئومورفوکلیماتیکی در حوزه آبخیز درجزین سمنان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۱۵۴ ص.

۱۲- علیزاده ا. ۱۳۸۵. اصول هیدرولوژی کاربردی، انتشارات دانشگاه امام رضا، ۵۷۰ ص.

۱۳- غیاثی ن.ق. ۱۳۷۴. واسنجی آب‌نمود واحد لحظه‌ای ژئومورفولوژی و ژئومورفوکلیماتولوژی حوزه آبخیزامامه، پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشگاه تهران، ۴۰۰ ص.

۱۴- قهرمان ب. ۱۳۷۴. آب‌نمود واحد لحظه‌ای ژئومورفو-آب و هوایی، نشریه دانشکده مهندسی دانشگاه فردوسی مشهد، ۷ (۱): ۲۸-۵۴.

۱۵- کارآموز م. و عراقی‌نژاد ش. ۱۳۸۴. هیدرولوژی پیشرفته، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۴۶۴ ص.

۱۶- نصیری ع. ۱۳۸۴. آنالیز روابط متغیّرهای ژئومورفولوژی- هیدرولوژی در مدل‌سازی برآورد سیل (مطالعه موردی حوزه آبخیز امامه)، رساله دکتری ژئومورفولوژی و مدیریت محیط زیست، دانشگاه تهران، ۲۲۸ ص.

17- Bhadra A., Panigrahy N., Singh R., Raghuwanshi N.S., Mal B.C., and Tripathi M.P. 2008. Development of a geomorphological instantaneous unit hydrograph model for scantily gauged watersheds, Environmental Modelling & Software, 23: 1013-1025.

18- Bourletsikas A., Baltas E. and Mimikou M. 2006. Rainfall-runoff modeling for an experimental watershed of western Greece using extended time-area method and GIS, Journal of Spatial Hydrology, 6(1): 93-104.

19- Chih H.W. 1995. Rainfall-runoff modeling Down Creek watershed, Journal of Chineese Soil and Water Conservation, 4:279-292.

20- Gracia S.G. 1998. Geomorphological analysis based on GIS applied to distributed hydrological modeling, Hydroinformatics, 98:511-518.

21- Hjelmfelt A., and Wang M. 1994. General stochastic unit hydrograph, Journal of Irrigation and Drainage Engineering, ASCE 120 (1): 138-148.

22- Jain S.K., Singh R.D., and Set S.M. 2000. Design flood estimation using GIS supported GIUH approach, Water Resources Management, 14: 369-376.

23- James W.P., Winsor P.W., and Williams J.R. 1987. Synthetic unit hydrograph Journal of Water Resources Planning and Management, 113(1): 70-81.

24- Kumar R., Chatterjee C., Lohani A.K., Kumar S., and Singh R.D. 2002. Sensitivity analysis of the GIUH based Clark model for a catchment, Journal of Water Resources Management, 16: 263-278.

25- Noorbakhsh M.E., Rahnama M.B., and Montazeri S. 2005. Estimation of instantaneous unit hydrograph with Clark's method using GIS techniques, Journal of Applied Science, 5(3): 455-458.
26- Rodriguez-Iturbe I., Devoto G., and Valdes J.B. 1979. Discharge response analysis and hydrologic similarity: The interrelation between the geomorphological IUH and the storm characteristics, Water Resources Research, 15(6): 1435-1444.
27- Sabol G.V. 1988. Clark unit hydrograph and R-parameter estimation, Journal of Hydraulic Engineering, 114(1): 103-111.
28- Saghafian B., and Julien P.Y. 1995. Time to equilibrium for spatially variable watersheds, Journal of Hydrology, 172: 231-293.
29- Saghafian B., Julien P.Y., and Rajaie H. 2002. Runoff hydrograph simulation based on time variable isochrone technique, Journal of Hydrology, 261: 193-203.
30- Snell J.D. 1996. A physically based representation of channel network response, Ph.D Thesis, Centre for Water Research, University of Western Australia, 247 p.
31- Subramanya K. 2000. Engineering hydrology, Tata McGraw-Hill, India, 391 p.
32- Usul N., and Yilmaz M. 2007. Estimation of instantaneous unit hydrograph with Clark's technique GIS: 1-16.. http://gis.esri.com/library/userconf/proc02/pap1229 /p1229.htm
33- Yen B.C., and Lee K.T. 1997. Unit hydrograph derivation for ungauged watershedseds by stream order laws, Journal of Hydrologic Engineering, 2(1): 1-9.
34- Zhao B., Tung Y.K., and Yang J.C. 1995. Estimation of unit hydrograph by ridge least squares method, Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 121(3): 253-259.

Journal of Water and Soil
Vol. 24, No. 4, Sep-Oct 2010, p. 625-635

نشریه آب و خاک
جلد ۲۴، شماره ۴، مهر - آبان ۱۳۸۹، ص. ۶۳۵-۶۲۵

Importance of Travel Time Duration between Isochrones in Estimation of Flood Resulting from Clark Instantaneous Unit Hydrograph

S.H.R. Sadeghi[1]* – H. Asadi[2]

Abstract

The unit hydrograph is one of the most important and usual methods to estimate flood discharge from observed data. Development of unit hydrographs using precipitation and runoff analysis is impossible in watersheds with lack of basic data. Therefore, empirical methods or models based on watershed characteristics can be used to estimate hydrographs. The proper application of instantaneous unit hydrograph theory is very efficient for watershed with lack of rainfall data unless the necessary parameters are determined with high accuracy. In this research, the effects of changes in travel time between isochrones in determining time-area curves and leading to Clark instantaneous unit hydrographs were evaluated with the help of geographical information system for forest Kasilian watershed. The comparison of estimated and observed hydrographs by using qualitative and quantitative criteria for travel times between 0.25 to 3h showed that the 3h-travel time of isochrones has had the highest accuracy in determination of time- area curve in estimation of flood resulting from Clark instantaneous unit hydrograph. The results emphasized on the necessity of proper selcetion and calibration of time intervals in unit hydrograph development.

Key words: Instantaneous Unit Hydrograph, Kasilian Watershed, Clark Method, Travel Time, Time-Area Curve, Isochrone Map

1,2- Associate Professor and former M.Sc. Student, Department of Watershed Management Engineering, College of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University of Noor
(*- Corresponding Author Email: sadeghi@modares.ac.ir)