

## بررسی میزان تأثیر برخی از پارامترهای استفاده شده بر روی هیدروگراف واحد لحظه‌ای ژئومورفولوژیک (حوضه آبخیز کسلیان)

فاطمه بیاتی<sup>۱</sup>، رسول میرعباسی<sup>۲</sup>، روح الله فتاحی<sup>۲</sup> و مهدی رادفر<sup>۳</sup>

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه مهندسی آب دانشگاه شهرکرد (نویسنده مسؤل: fatemehbayati88@gmail.com)

۲ و ۳- دانشیار و استادیار، گروه مهندسی آب دانشگاه شهرکرد- گروه مهندسی آب دانشگاه شهرکرد

تاریخ دریافت: ۹۷/۱/۱ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۲/۲۶

صفحه: ۱۰۹ تا ۱۱۹

### چکیده

برآورد رواناب در حوضه‌های فاقد آمار همواره مورد توجه محققین و مدیران در برنامه‌ریزی، توسعه و اجرای بسیاری از پروژه‌های منابع آب بوده است. یکی از روش‌های برآورد رواناب حوضه، استفاده از مدل هیدروگراف واحد لحظه‌ای ژئومورفولوژیک است که بر اساس عوامل ژئومورفولوژیک کمی حوضه‌ها، هیدروگراف سیل را برآورد می‌کند. در این مطالعه، ابتدا خصوصیات ژئومورفولوژیک کمی حوضه با استفاده از نرم‌افزار ARC GIS محاسبه شد. سپس پارامترهای دو روش نش و روسو شامل k (پارامتر مقیاس)، n (پارامتر شکل) و سرعت (متر بر ثانیه) به دست آمد. در مرحله بعد، هیدروگراف واحد لحظه‌ای باروش GIUH به دست آمد و نهایتاً هیدروگراف سیل برای ۲۰ رویداد منتخب در حوضه کسلیان ایجاد و با هیدروگراف‌های مشاهداتی مورد مقایسه قرار گرفت. از طریق آنالیز حساسیت انجام شده شاخص نفوذ ( $\Phi$ ) از حساسیت بالاتر و n (پارامتر شکل) از حساسیت کمتری برخوردار بود. همچنین با مقایسه مقادیر دبی اوج، و پهنای هیدروگراف محاسباتی در وضعیتی که دبی هیدروگراف ۵۰ و ۷۵ درصد دبی اوج باشد، داده‌های مشاهداتی مشخص شد که روش روسو از خطای کمتری نسبت به روش نش و به لحاظ حجم و زمان پایه روش نش نسبت به روسو از دقت بالاتری برخوردار است.

واژه‌های کلیدی: آنالیز حساسیت، پارامتر شکل، پارامتر مقیاس، مدل GIUH، هیدروگراف

### مقدمه

کیلومتر مربع، هیدروگراف واحد استاندارد را ارائه کرد. هیدروگراف واحد علاوه بر تخمین دبی اوج قادر به ساخت هیدروگراف سیل نیز می‌باشد. یکی از روش‌های متداول در پیش بینی هیدروگراف سیل ناشی از بارش‌های مشخص در یک حوضه آبخیز، استفاده از هیدروگراف واحد لحظه‌ای است (۱۳). هیدروگراف واحد لحظه‌ای IUH<sup>۱</sup> رواناب بارشی واحد با زمان بی‌نهایت کوچک است. روش هیدروگراف واحد لحظه‌ای دارای انواع مختلفی از جمله ژئومورفولوژیک، ژئومورفولوژیکی، نش، روسو و ... است (۷). روش هیدروگراف واحد لحظه‌ای ژئومورفولوژیک GIUH<sup>۲</sup> بر اساس ارتباط عوامل ژئومورفولوژیک، اقلیم و هیدرولوژی، توسط رودریگز-اتیورب و همکاران (۱۸) ارائه گردید. این روش بر اساس پارامترهای ژئومورفولوژیک کمی حوضه‌ها مانند نسبت انشعابات، نسبت طول، نسبت مساحت، طول بالاترین درجه آبراهه، شدت بارش و سرعت در دبی اوج سیلاب، هیدروگراف واحد لحظه‌ای را استخراج می‌کند. (۵). کودنس و همکاران (۲) رابطه بین پارامترهای ژئومورفولوژیک و هیدروگراف واحد از طریق توزیع پارامتری گاما بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که بین پارامترهای ژئومورفولوژیک حوضه آبریز و پاسخ هیدرولوژیک آنی رابطه مستقیمی وجود دارد. کومار (۱۴) مدل‌های مختلف هیدروگراف واحد لحظه‌ای ژئومورفولوژی در حوضه رودخانه رامگانا در هند را با استفاده از آمار ۸ رویداد بارش- رواناب بررسی کرد. یکی از مدل‌ها، تابعی از شدت باران موثر و مدل دیگر براساس مفهوم زمان تمرکز بود. نتایج نشان داد که مدل دوم از نظر دبی اوج و زمان اوج با هیدروگراف‌های مشاهداتی

سیل یکی از عمده‌ترین مسائل بحرانی محیط زیست و حتی جوامع بشری است. تحقیقات متعددی در راستای شناخت بزرگی و زمان وقوع سیل انجام شده و روش‌های مختلفی جهت برآورد ارتفاع رواناب ابداع گردیده است (۲۴). اکثر روش‌های برآورد دبی سیل از دیدگاه هیدرولوژی مبتنی بر داده‌های بارش- رواناب است، اما به دلایل مختلفی از جمله کمبود ایستگاه‌ها یا عدم وجود ایستگاه در نقاط مختلف، آمار مورد نیاز یا موجود نیست و یا از بین رفته و قابل اطمینان نیستند. مدل‌های بارش- رواناب از جمله روش‌هایی هستند که قادر به پیش‌بینی و شبیه‌سازی هیدروگراف سیلاب ناشی از هر بارش می‌باشند. در صورت وجود داده‌های ثبت شده بارش و رواناب از روش‌های کولینز، ماتریس معکوس و کمترین مربعات خطا، برای تعیین هیدروگراف واحد حوزه استفاده می‌شود (۲۷). اما برای حوضه‌های فاقد آمار هیدرومتری می‌توان به هیدروگراف واحد، واحد لحظه‌ای ژئومورفولوژیک و روش زمان سطح اشاره کرد. این مدل‌ها بر اساس پارامترهای فیزیکی و هیدرولوژیکی پیک سیلاب را محاسبه می‌کنند (۱۰). برحسب تعریف هیدروگراف واحد t<sup>۱</sup> ساخته UH<sup>۱</sup> هیدروگرافی است که از t ساعت بارندگی حاصل شده باشد و مقدار ارتفاع رواناب در آن به اندازه یک واحد طولی باشد؛ یعنی اگر حجم رواناب این هیدروگراف را بر سطح حوضه تقسیم شود، ارتفاع حاصل از آن یک واحد می‌گردد. باید در نظر گرفت که منظور از رواناب، بارش مازاد است که به جریان سطحی یا سیل تبدیل شده است (۱). آشنایدر (۲۵) برای حوضه‌های کوهستانی آمریکا با مساحت ۳۰ تا ۳۰۰۰۰

1- Unit Hydrograph

2- Hydrograph Instantaneous Unit

3- Geomorphologic Instantaneous Unit Hydrograph

حوضه ماتریس همبستگی برقرار کردند و از انواع معادلات رگرسیونی جهت همبستگی میان هیدروگراف واحد و هریک از پارامترهای ژئومورفولوژیک استفاده کردند. نتایج نشان داد که از بین چند پارامتر ژئومورفولوژیک مورد بررسی سیزده پارامتر بیشترین ضریب همبستگی با پارامترهای هیدروگراف واحد را دارد. کرمی و اسماعیل پور (۱۲) با استفاده از خصوصیات مورفومتری حوضه آبخیز دریا چای از زیر حوضه‌های دریاچه ارومیه، هیدروگراف واحد ژئومورفولوژیک را برای ۵ رویداد بارش - رواناب استخراج کردند. نتایج نشان داد که اختلاف کمی بین زمان اوج شبیه سازی شده با استفاده از هیدروگراف واحد لحظه‌ای ژئومورفولوژیک و مقادیر مشاهداتی وجود دارد. سعیدی و همکاران (۲۰) به منظور بررسی هیدروگراف واحد لحظه‌ای ژئومورفولوژیک (GIUH) و هیدروگراف واحد لحظه‌ای تابع عرض (WFIUH) حوضه قروه استان کردستان را مورد بحث قرار دادند. نتایج نشان داد با اینکه دو روش هم‌خوانی خوبی در تخمین زمان تمرکز حوضه داشتند، ولی روش WFIUH با بهره‌گیری از سرعت جریان جزئیات بیشتری را تحت پوشش قرار می‌دهد. برای بدست آوردن هیدروگراف سیلاب در حوضه‌های فاقد آمار، می‌توان از روش‌های مناسب دیگری استفاده نمود. به منظور دستیابی به رواناب حوزه آبریز برقراری رابطه‌ای بین خصوصیات فیزیکی - هندسی حوضه و هیدروگراف سیلاب ضروری می‌باشد. در تحقیق انجام شده با هدف بررسی دقیق بارش موثر و مشخص کردن تأثیر گذارترین پارامتر بر روی رواناب حوضه، ابتدا برای ۲۱ رویداد از سال ۱۳۷۰ از طریق نرم‌افزار Arc hydro خصوصیات فیزیوگرافی استخراج شده، سپس از طریق روش هیدروگراف واحد لحظه‌ای ژئومورفولوژیک روسو و نش برآورد رواناب انجام شد. می‌توان گفت عمده ترین هدف، تحلیل تأثیر بارش موثر و آنالیز حساسیت پارامترهای تأثیرگذار بر روی شاخص نفوذ (هیدروگراف) می‌باشد. همچنین تلفیق نتایج مدل نش و روسو با توابع چند متغیره که در پژوهش‌های آتی به کار گرفته شده‌اند، می‌تواند از جمله اهداف این پژوهش باشد.

### مواد و روش‌ها

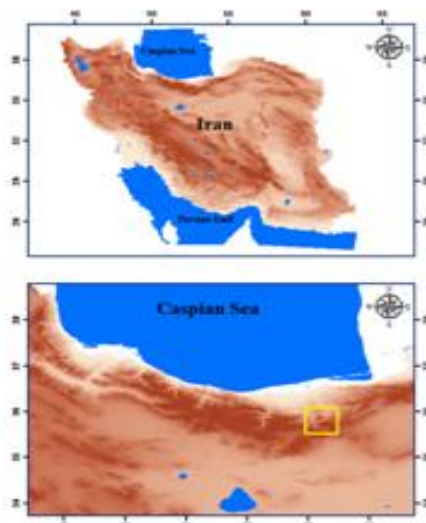
#### معرفی منطقه مورد مطالعه و داده‌های مورد استفاده

حوزه آبریز کسلیان دومین حوزه آبریز معرف کشور است که آمار برداری دقیق از آن از سال ۱۳۴۹ شروع شد. موقعیت آن بین عرض‌های جغرافیایی ۳۵ درجه و ۵۸ دقیقه و ۴۵ ثانیه تا ۳۶ درجه و ۷ دقیقه و ۵۴ ثانیه شمالی و طول‌های جغرافیایی ۵۳ درجه و ۱۰ دقیقه و ۳۰ ثانیه تا ۵۳ درجه و ۱۷ دقیقه و ۳۰ ثانیه شرقی واقع شده است (شکل ۱). اقلیم منطقه بر اساس نقشه اقلیمی ایران معتدل خزری است و میانگین بارندگی سالانه آن ۸۰۰ میلی‌متر می‌باشد. برای انجام این پژوهش در ابتدا کلیه آمار و اطلاعات حوضه شامل داده‌های بارش - رواناب و نقشه‌ها از سازمان آب منطقه‌ای تهران، امور مطالعات، گزارش‌های آماری و مطالعات زمین‌شناسی حوزه آبریز کسلیان جمع آوری و در نهایت باتوجه به دقت تهیه آن‌ها، جزئیات مورد نظر و همچنین هم‌زمانی با بارش به وقوع

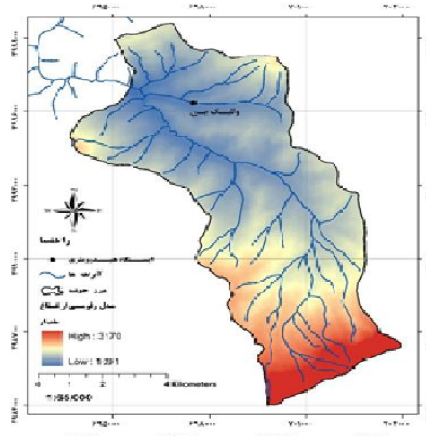
همبستگی بهتری دارد. ایسکندرا و ساجی کومار (۱۰) به منظور شبیه‌سازی سیل، به بررسی دو مدل SWOT<sup>۱</sup> و GIUH<sup>۲</sup> در حوضه منالی در هند پرداختند. استفاده از مدل SWOT نیازمند اطلاعات DEM<sup>۳</sup> منطقه، دما، تابش خورشیدی، رطوبت، سرعت باد، است. همچنین داده‌های بارش و رواناب برای دوره (۲۰۰۵-۲۰۱۰) در نظر گرفته شد. مقایسه هیدروگراف شبیه سازی شده دو مدل با هیدروگراف مشاهداتی نشان داد که میزان خطا در روش GIUH نسبت به روش SWOT کمتر است. در ایران نیز پژوهش‌های مختلفی در رابطه با هیدروگراف واحد و هیدروگراف واحد لحظه‌ای ژئومورفولوژیک انجام شده است. غیائی و روغنی (۴) در مطالعه‌ای کارایی هیدروگراف واحد لحظه‌ای ژئومورفولوژیک در مقایسه با هیدروگراف‌های مصنوعی اشنایدر، مثلثی و SCS در حوضه آبخیز کسلیان را مورد بررسی قرار دادند. با در نظر گرفتن ۶ رویداد از سال ۱۳۷۰ تا ۱۳۷۸ و داشتن دو دسته پارامترها شامل پارامترهای ژئومورفولوژیک و متغیرهای سرعت و بارش، هیدروگراف خروجی محاسبه شد. مقایسه هیدروگراف‌های محاسباتی با هیدروگراف مشاهداتی از طریق آزمون LSD انجام شد. نتایج نشان داد به دلیل اینکه بین میانگین اختلاف دبی اوج هیدروگراف محاسبه‌ای با مشاهده‌ای و نیز میانگین مجموع مربع خطاها، در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری وجود ندارد، پس هر ۵ روش برای تهیه هیدروگراف در حوضه کسلیان می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. سالاری جزی و همکاران (۲۱) برای ارزیابی هیدروگراف واحد لحظه‌ای ژئومورفولوژیک بر مبنای روش نش حوضه آبریز کسلیان رادر نظر گرفتند. آن‌ها ۱۲ رویداد از سال ۱۳۶۰ تا ۱۳۶۹ را در نظر گرفته و روش نش و روش هیدروگراف واحد لحظه‌ای ژئومورفولوژیک را بایکدیگر ترکیب کردند، مقایسه نتایج حاصله نشان دهنده توانایی مناسب روش ترکیبی در شبیه‌سازی شکل هیدروگراف رواناب، برآورد حجم سیلاب، برآورد دبی پیک و برآورد زمان رسیدن به دبی پیک است. به علاوه مقادیر پارامترهای روش نش که از روش ترکیبی و بدون داده‌های بارش به دست آمد، دارای دقت مناسب و قابل قبول می‌باشد. خالقی و همکاران (۱۳) کارایی مدل هیدروگراف واحد لحظه‌ای ژئومورفولوژی را در تعیین شکل و ابعاد هیدروگراف خروجی یک رگبار با شدت و مدت معین برای حوضه کسلیان مورد بررسی قرار دادند. سپس مدل مورد تحقیق را با مدل‌های اشنایدر، SCS، هیدروگراف مثلثی و ژئومورفوکلیماتیک در حوضه مقایسه کردند. نتایج مقایسه هیدروگراف‌های مشاهداتی و شبیه‌سازی شده نشان داد که مدل ژئومورفولوژی کمترین مقدار میانگین خطای نسبی و میانگین دوم خطا و نسبت به روش‌های اشنایدر، SCS، مثلثی و ژئومورفوکلیماتیک درصد برتری بالاتری دارد و از این روش می‌توان برای شبیه‌سازی هیدروگراف سیلاب استفاده کرد. شیرزادی و همکاران (۲۳) پارامترهای هیدروگراف واحد مصنوعی را در دو حوضه کانی سواران و مانج در سندج با استفاده از روش اشنایدر استخراج کردند و میان پارامترهای هیدروگراف واحد مصنوعی و پارامترهای ژئومورفولوژیک

برای هر واقعه سیل، داشتن هیدروگراف و تاج کاملاً مشخص انتخاب شد.

پیوسته، تعداد ۲۱ رویداد بارش- رواناب از سال‌های ۱۳۷۰ تا ۱۳۸۶ با توجه به داشتن یکسری شرایط مانند داشتن هایتوگراف متناظر سیل، داشتن ابتدا و انتهای کاملاً مشخص



شکل ۱- موقعیت حوزه آبریز کسلیان  
Figure 1. The Position of the Kasilian basin

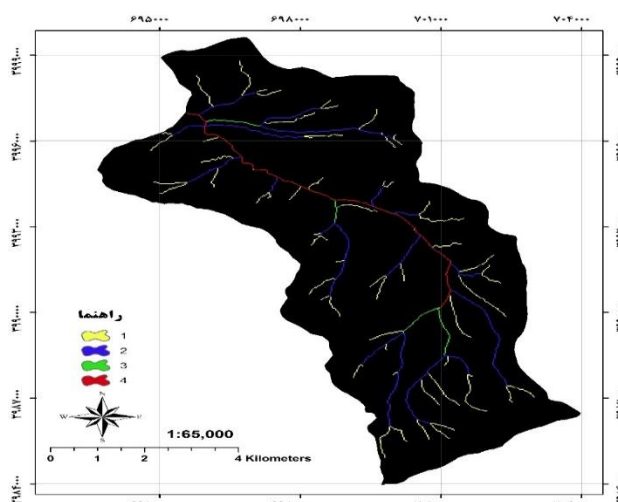


شکل ۲- نقشه DEM حوزه آبریز کسلیان  
Figure 2. DEM Map of the Kasilian basin

Preprocessing و Watershed Processing در محیط Arc Hydro خصوصیات فیزیوگرافی حوزه آبخیز مانند مساحت، محیط، طول آبراهه اصلی، رتبه‌بندی و ... برای حوزه کسلیان بدست آمد. جدول ۲ بیانگر خصوصیات فیزیوگرافی حوزه مذکور است. لازم به ذکر است رتبه‌بندی حوزه بر اساس روش استراهلر (۲۶) و ضرایب  $R_a$  و  $R_l$ ،  $Br$  طبق قوانین هورتن (۸) محاسبه شده است.

**تعیین خصوصیات فیزیوگرافی حوزه آبخیز با استفاده از نرم‌افزار Arc Hydro**

نرم‌افزار Arc Hydro ساختار داده‌ای در GIS است که داده‌های هیدرولوژیک را به روش‌های تصمیم‌گیری و مدل‌سازی منابع آب لینک می‌کند. با کمک Arc Hydro می‌توان مجموعه داده‌هایی ساخت که بتواند با مدل منابع آب یکپارچه شود. این نرم‌افزار از مدل ارتفاع رقومی به‌عنوان تنها پارامتر ورودی جهت استخراج پارامترهای حوزه و شبکه آبراهه‌ای استفاده می‌کند. با استفاده از دو دستور Terrain



شکل ۳- مشخص شدن رتبه‌بندی آبراهه‌های حوضه کسلیان  
Figure 3. Determination of the ranking of the channels of the Kasilian Basin

جدول ۱- مشخصات و رتبه‌بندی آبراهه‌های حوضه آبریز کسلیان

Table 1. Characteristics and Ratings of the Kasilian catchments

$R_a$	$R_l$	$B_r$	متوسط مساحت هر رده آبراهه (متر)	متوسط طول آبراهه هر رده (متر)	$\frac{N_i}{N_{i+1}}$	تعداد انشعابات	رده آبراهه	طول زهکش اصلی (متر)	محیط حوضه (متر)	مساحت (متر مربع)
۱/۲۷	۴/۳۱	۱/۶۲	۳۸۴۲۶۰۰	۱۶۰۰	۳/۸۱	۴۲	۱	۱۶۲۰۰	۵۸۹۳۱/۱	۶۶۴۸۴۵۹۶
			۵۲۹۴۰۰۰	۱۷۹۰	۳/۶۶	۱۱	۲			
			۶۲۲۴۵۰۰۰	۲۰۷۵۰	۳	۳	۳			
			۶۷۸۰۰۰۰۰	۴۶۵۰		۱	۴			

$$U(t) = \frac{1}{k\Gamma_n} \left(\frac{t}{k}\right)^{n-1} e^{-\frac{t}{k}} \quad (3)$$

که در آن،  $U(t)$  تابع توزیع احتمال گاما می‌باشد که انتگرال آن از صفر تا بی‌نهایت برابر با یک است. مؤلفه  $IUH$  بر اساس رابطه ۳، تابع مقادیر  $n$  و  $k$  است. برای بدست آوردن پارامترهای مدل نش از روابط زیر استفاده شده‌است:

$$MQ_1 - MI_1 = n \times k \quad (4)$$

$$MQ_2 - MI_2 = n(n+1)k^2 + 2nkMI_1 \quad (5)$$

که در آن،  $MI_1, MQ_1, MI_2$  و  $MQ_2$  به ترتیب گشتاورهای اول و دوم هیدروگراف رواناب و هیتوگراف بارش مزاد حول مبدأ می‌باشند.

### هیدروگراف واحد لحظه‌ای ژئومورفولوژیک بر مبنای روش نش

مدل نش (۱۵) را می‌توان به صورت زیر بیان کرد:

$$U(0, t) = \frac{1}{k\Gamma_n} \left(\frac{t}{k}\right)^{n-1} e^{-\frac{t}{k}} \quad (6)$$

که در آن،  $U(0, t)$  مقادیر  $IUH$ ،  $\Gamma$  تابع گاما،  $k$  ضریب ذخیره حوضه (پارامتر مقیاس) و  $n$  تعداد مخازن خطی (پارامتر شکل) می‌باشند. با مشتق جزئی گرفتن معادله بالا نسبت به زمان و حل آن برای  $t$ ، مقدار دبی پیک برای هیدروگراف واحد لحظه‌ای ژئومورفولوژیک به صورت زیر بدست می‌آید:

$$q_p = \frac{1}{\Gamma_n} e^{-(n-1)} (n-1)^{n-1} \quad (7)$$

### تعیین دبی پایه، شاخص نفوذ ( $\phi$ ) و سرعت ( $v$ )

بعد از تعیین خصوصیات فیزیکی، دبی پایه هیدروگراف‌ها جدا و سپس حجم رواناب مستقیم محاسبه گردید و از تقسیم حجم رواناب به مساحت حوضه آبریز مقدار ارتفاع متوسط رواناب مشخص شد. برای تعیین هیتوگراف مربوط به بارش مزاد از شاخص فی ( $\phi$ ) استفاده شد. شاخص  $\phi$  عبارت است از میانگین شدت بارشی که بیش از آن به طور کامل به رواناب تبدیل شده و برابر با حجم رواناب خروجی منطقه است.

$$\phi = \frac{P-R}{t} \quad (1)$$

ه در آن،  $P$  مجموع ارتفاع بارش (میلی‌متر)،  $R$  ارتفاع رواناب (میلی‌متر) و  $t$  بیانگر مدت زمان بارندگی (ساعت) است.

### تعیین هیدروگراف واحد لحظه‌ای ژئومورفولوژیک بر مبنای روش‌های روسو و نش هیدروگراف واحد لحظه‌ای نش

نش (۱۵) در مدل مفهومی خود، یک حوضه آبریز را به مثابه یکسری مخازن خطی یکسان متوالی با مشخصات ذخیره  $S$  در نظر گرفت. مخزن خطی یک مخزن غیرواقعی و فرضی است که با دبی خروجی رابطه مستقیم خطی دارد:

$$S = KQ \quad (2)$$

در این رابطه،  $K$  ثابت مخزن یا ضریب ذخیره نامیده می‌شود و دارای بعد زمان است. بر اساس تئوری هیدروگراف واحد لحظه‌ای، می‌توان هیدروگراف واحد لحظه‌ای  $n$  مخزن خطی را به صورت زیر بیان کرد (۲۱):

باشد، مدل برازش بهتری را نشان خواهد داد (معادله ۱۴ و ۱۵). در معادلات فوق  $Q_{cat}$ ،  $Q_{abs}$  و  $\bar{Q}$  به ترتیب مقدار دبی برآورد شده، دبی مشاهداتی و میانگین دبی مشاهداتی هستند. همچنین  $n$  تعداد نقاط مشاهداتی خواهد بود.

$$N_S = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{abs} - Q_{cat})^2}{\sum_{i=1}^n (Q_{abs} - \bar{Q})^2} \quad (14)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [(Q_{cat} - Q_{abs})^2]}{n}} \quad (15)$$

### بحث و نتایج

به جهت مقایسه دو روش نش و روسو ابتدا مقدار شاخص فی ( $\phi$ ) و سرعت در رویدادهای انتخابی کدی در محیط نرم افزار متلب نوشته شد، همان طور که نتایج این دو پارامتر در جدول ۳ آورده شده است، محدوده تغییرات سرعت بین ۰/۱۵ تا ۰/۸۹ برآورد شد. مقادیر  $k$  و  $n$  با استفاده از معادله‌های گفته شده محاسبه و نتایج در جدول ۴ گزارش شده است. نکته‌ای که باید به آن توجه شود این است که در استخراج مقادیر  $k$  عامل سرعت تاثیر به سزایی دارد، به گونه‌ای که هرچه سرعت جریان کمتر، پارامتر ( $k$ ) حوضه بیشتر خواهد شد. بعد از محاسبه این پارامترها، هیدروگراف واحد لحظه‌ای برای ۲۰ رویداد به دست آمد، سپس هیدروگراف واحد لحظه‌ای با استفاده از روش  $S$  به هیدروگراف واحد تبدیل شد. در شکل‌های ۴ تا ۶ هیدروگراف واحد مشاهداتی، نش و روسو رویدادهای ۱۳۷۸/۱/۱۳، ۱۳۸۰/۳/۱۶، ۱۳۸۲/۶/۱ برای نمونه نشان داده شده است. با مقایسه ظاهری بین نمودارهای شبیه‌سازی شده با هیدروگراف‌های مشاهداتی می‌توان مشاهده کرد که مدل روسو در اکثر رویدادها به لحاظ مقدار دبی اوج شبیه‌سازی بهتری نسبت به روش نش خواهد داشت. به جهت ارزیابی هیدروگراف‌های مشاهداتی با هیدروگراف شبیه سازی به لحاظ دبی پیک، حجم جریان، زمان پایه، پهنای هیدروگراف در وضعیتی که دبی هیدروگراف ۵۰ درصد دبی پیک باشد ( $W_{50}$ ) و پهنای هیدروگراف در وضعیتی که دبی هیدروگراف ۷۵ درصد دبی پیک باشد ( $W_{75}$ )، برای هر دو روش از معیارهای ارزیابی  $RMSE$  و  $N_S$  استفاده شد که نتایج در جدول ۵ ارائه شده است.

$$q_p \cdot t_p = \frac{(n-1)}{\Gamma_n} e^{-(n-1)} (n-1)^{n-1} \quad (8)$$

که در آن،  $q_p$  دبی اوج (بر ساعت) و  $t_p$  زمان اوج (ساعت) است. در نتیجه مقدار  $q_p \cdot t_p$  برحسب خصوصیات فیزیوگرافی حوضه به شکل زیر (معادله ۹) خواهد بود. معادله زیر نشان می‌دهد که مقدار  $n$  از یک واقعه بارش به واقعه دیگر ثابت است و فقط تابع خصوصیات فیزیوگرافی حوضه می‌باشد (۱۷).

$$\frac{(n-1)}{\Gamma_n} e^{-(n-1)} (n-1)^{n-1} = 0.5746 R_B^{0.55} R_A^{-0.55} R_L^{0.05}$$

همچنین مقدار پارامتر  $k$  علاوه بر خصوصیات فیزیوگرافی به پارامتر دینامیکی سرعت بستگی دارد که از یک بارش به بارش دیگر متفاوت است (۲۱).

### هیدروگراف واحد لحظه‌ای بر مبنای روش روسو:

روسو (20) دبی و زمان اوج هیدروگراف واحد لحظه‌ای را به صورت زیر ارائه کرد:

$$q_p = 0.364 R_L L_{\Omega}^{-1} \cdot V \quad (10)$$

$$t_p = 1.584 \left(\frac{R_B}{R_A}\right)^{0.55} R_L^{-0.38} L_{\Omega} V^{-1} \quad (11)$$

که در آن،  $q_p$  دبی اوج (مترمکعب بر ثانیه)،  $t_p$  زمان اوج (ثانیه)،  $L_{\Omega}$  طول آبراهه با بالاترین رتبه (متر) و  $V$  سرعت جریان (متر بر ثانیه) می‌باشد. مقدار  $k$  و  $n$  نیز در روش روسو از معادلات زیر به دست می‌آیند:

$$k = 0.7 \left(\frac{R_A}{R_B \cdot R_L}\right)^{0.48} \cdot L_{\Omega} \cdot V^{-1} \quad (12)$$

$$n = 3.29 \left(\frac{R_B}{R_A}\right)^{0.78} \cdot R_L^{0.07} \quad (13)$$

که در آن،  $L_{\Omega}$  طول آبراهه با بالاترین رتبه (متر) و  $V$  سرعت جریان (متر بر ثانیه) می‌باشد. در معادله روسو برای محاسبه مقدار سرعت ( $V$ ) از رابطه همبستگی بین مقادیر سرعت و دبی برای هر رویداد استفاده شد.

### معیارهای ارزیابی

به جهت مقایسه بین نتایج بدست آمده در دو روش نش و روسو، از معیار ریشه دوم میانگین مربع خطا ( $RMSE$ ) و ضریب نش- ساتکیف ( $N_S$ ) استفاده شد.  $RMSE$  چون بیانگر میزان خطاست هرچه این ضریب به صفر نزدیکتر باشد، مدل مناسب‌تر خواهد بود و در مورد ضریب نش- ساتکیف ( $N_S$ ) می‌توان گفت هرچه این ضریب به عدد ۱ نزدیک‌تر

جدول ۲- پارامترهای سرعت و شاخص نفوذ برای هر رویداد به کار گرفته شده

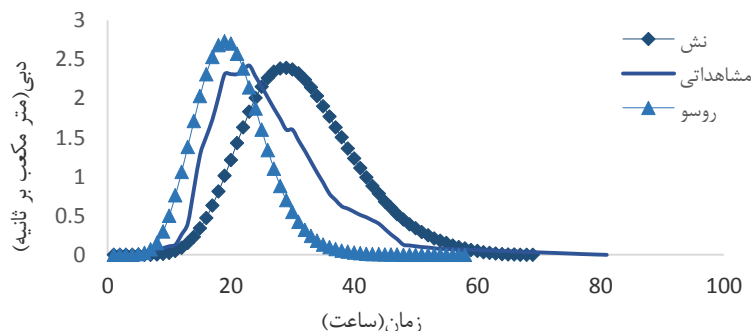
Table 2. Parameters of speed and intrusion index for each event

رویداد	شاخص نفوذ	سرعت (متر بر ثانیه)	رویداد	سرعت (متر بر ثانیه)	شاخص نفوذ
۱۳۷۱/۳/۳۱	۷/۴	-/۸۹	۱۳۸۲/۶/۱	-/۸۹	۴/۴۶
۱۳۷۱/۷/۱۶	۰/۰۱	-/۶۹	۱۳۸۲/۷/۱۳	-/۶۹	۰/۰۰۰۱۵
۱۳۷۲/۳/۱۵	۱/۲۹	-/۴۹	۱۳۸۳/۳/۳	-/۴۹	۰/۴۵
۱۳۷۲/۴/۲۲	۰/۹۷	-/۵	۱۳۸۳/۸/۲۸	-/۵	۰/۰۵
۱۳۷۳/۹/۶	۱/۳۱	-/۲۵	۱۳۸۳/۹/۴	-/۲۵	۰/۰۱۵
۱۳۷۴/۳/۲۷	۶/۸	-/۷۳	۱۳۸۴/۸/۱۵	-/۷۳	۰/۰۰۶۵
۱۳۷۶/۲/۱۶	-/۶۹۲	-/۵۹	۱۳۸۴/۸/۱۷	-/۵۹	۰/۳۳
۱۳۷۶/۴/۱۲	۸	-/۸۹	۱۳۸۵/۶/۲۶	-/۸۹	۰/۴۶
۱۳۷۸/۱/۱۳	-/۳۵	-/۶۵	۱۳۸۵/۱۱/۱۹	-/۶۵	۰/۰۰۰۱
۱۳۷۹/۸/۹	۰/۸۹	-/۸۴	۱۳۸۵/۲/۱۰	-/۸۴	۰/۰۸۹
۱۳۸۰/۳/۱۶	۰/۸	-/۵			

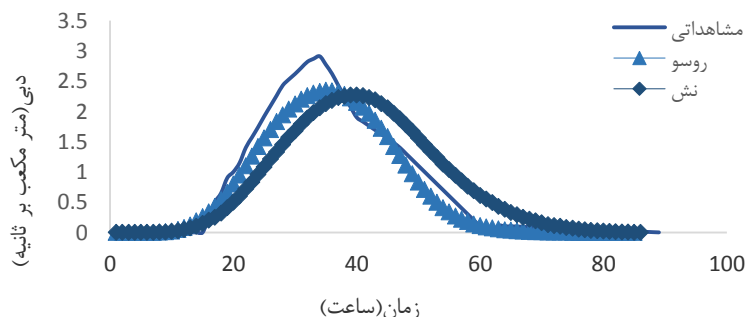
جدول ۳- مقادیر پارامترهای n و k برای هر دو روش نش و روسو

Table 3. The values of the parameters n and k for both Nash and Rosseau methods

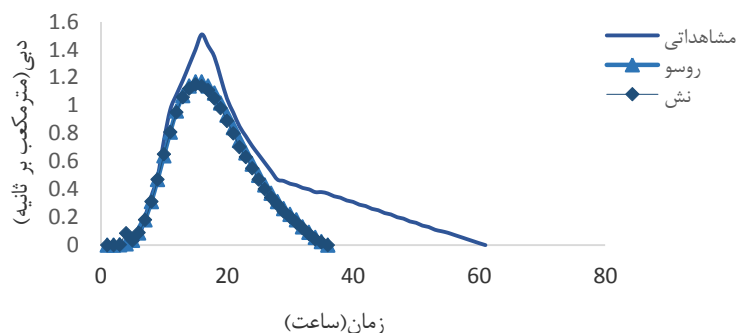
روش نش		روش روسو		رویداد	روش نش		روش روسو		رویداد
n	k	n	k		n	k	n	k	
۴/۳۸	۳/۱۱	۴/۳۹	۳/۱۶	۱۳۸۲/۶/۱	۸/۷۳	۲/۴۸	۴/۳۹	۲/۰۱	۱۳۷۱/۳/۳۱
۴/۳۸	۳/۱۱	۴/۳۹	۱/۶۷	۱۳۸۲/۷/۱۳	۴/۹۱	۱/۸۲	۴/۳۹	۲/۰۱	۱۳۷۱/۷/۱۶
۱۱/۱۱	۲/۲۳	۴/۳۹	۲/۶۲	۱۳۸۳/۳/۳	۶/۳۲	۳/۶۸	۴/۳۹	۳/۴۸	۱۳۷۲/۳/۱۵
۵/۰۹	۵/۹۲	۴/۳۹	۴/۵۹	۱۳۸۳/۸/۲۸	۷/۰۸	۳/۴۹	۴/۳۹	۲/۴	۱۳۷۲/۴/۲۲
۴/۳	۲/۲۷	۴/۳۹	۲/۰۷	۱۳۸۳/۹/۴	۲/۱۲	۵/۸۲	۴/۳۹	۴/۸	۱۳۷۳/۹/۶
۶/۱۳	۳/۶۲	۴/۳۹	۲/۹	۱۳۸۴/۸/۱۵	۱۰/۴	۱/۹۴	۴/۳۹	۲/۲۱	۱۳۷۴/۳/۲۷
۵/۵۳	۳/۲۹	۴/۳۹	۱/۶۳	۱۳۸۴/۸/۱۷	۹/۴۹	۲/۵۸	۴/۳۹	۲/۶۷	۱۳۷۶/۲/۱۶
۳/۶۴	۷/۵	۴/۳۹	۸/۴۴	۱۳۸۵/۶/۲۶	۸/۹۹	۲/۵۱	۴/۳۹	۱/۵۶	۱۳۷۶/۴/۱۲
۷/۴	۴/۰۸	۴/۳۹	۴/۹۷	۱۳۸۵/۱۱/۱۹	۵/۶۴	۳/۵۵	۴/۳۹	۶/۹۱	۱۳۷۸/۱/۱۳
۶/۹۳	۲/۹	۴/۳۹	۲/۰۳	۱۳۸۵/۲/۱۰	۳/۷۲	۲/۶۱	۴/۳۹	۱/۶۵	۱۳۷۹/۸/۹
					۳/۵	۵/۱۳	۴/۳۹	۲/۷۸	۱۳۸۰/۳/۱۶



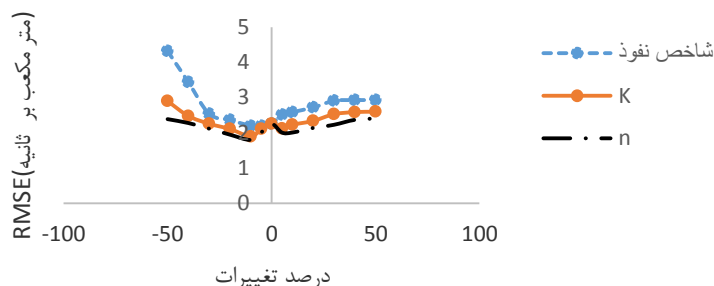
شکل ۴- مقایسه هیدروگراف مشاهداتی و محاسباتی برای رویداد ۱۳۷۸/۱/۱۳  
Figure 4. Comparison of observational and computational hydrographs for the event 1999/04/02



شکل ۵- مقایسه هیدروگراف مشاهداتی و محاسباتی برای رویداد ۱۳۸۰/۳/۱۶  
Figure 5. Comparison of observational and computational hydrographs for the event 2001/05/24



شکل ۶- مقایسه هیدروگراف مشاهداتی و محاسباتی برای رویداد ۱/۶/۲۰۰۳  
Figure 6. Comparison of observational and computational hydrographs for the event 2003/08/28



شکل ۷- نمودار آنالیز حساسیت برای هیدروگراف واحد لحظه‌ای ژئومورفولوژی  
Figure 7. Sensitivity analysis diagram for Geomorphologic Instantaneous unit hydrograph

جدول ۴- نتایج آزمون نکویی برازش به روش کولموگروف- اسمیرنوف

Table 4. The result of fitting by sample kolmogrove- smirnov

		Observe	GIUH- Rousseau	GIUH-Nash
N		۲۰	۲۰	۲۰
Normal Parameters <sup>a</sup>	Mean	۵/۲۳	۴/۳	۳/۹
	Std. Deviation	۵/۷۲	۴/۶۶	۳/۶۷
Most Extreme Differences	Absolute	-۰/۲۴۸	-۰/۲۵۸	-۰/۲۰۴
	Positive	-۰/۲۳۷	-۰/۲۵۸	-۰/۲۰۴
	Negative	-۰/۲۴۸	-۲/۲۷	-۰/۱۷۶
Kolmogorov-Smirnov Z		۱/۱۰۸	۱/۱۵۲	۰/۹۱۲
Asymp. Sig. (2-tailed)		-۰/۱۷۱	-۰/۱۴۱	-۰/۳۷۷

جدول ۵- نتایج آزمون t مستقل برای دبی اوج با دو روش هیدروگراف واحد لحظه‌ای ژئومورفولوژیک روسو و نش  
Table 5. Independent of t-test for time to peak with two methods of instantaneous Geomorphologic Instantaneous Unit Hydrograph of Rousseau and nash

روش‌های مورد استفاده	t-test for Equality of Means			
	F	Std Error Difference	Sig(2-tailed)	Mean Difference
هیدروگراف واحد لحظه‌ای ژئومورفولوژیک روسو	۰/۴۸۱	۱/۶۵	۰/۵۳۹	۱/۰۲
هیدروگراف واحد لحظه‌ای ژئومورفولوژیک نش	۱/۵	۱/۵۲	۰/۳۵۴	۱/۴۲

جدول ۶- نتایج آزمون t مستقل برای زمان تا اوج با دو روش هیدروگراف واحد لحظه‌ای ژئومورفولوژیک روسو و نش  
Table 6. Independent of t-test for time to peak with two methods of instantaneous Geomorphologic Instantaneous Unit Hydrograph of Rousseau and nash

روش‌های مورد استفاده	t-test for Equality of Means			
	F	Std Error Difference	Sig(2-tailed)	Mean Difference
هیدروگراف واحد لحظه‌ای ژئومورفولوژیک روسو	۰/۰۰۷	۳/۶۴	۰/۸۹۲	-۰/۵
هیدروگراف واحد لحظه‌ای ژئومورفولوژیک نش	۲/۳۳	۴/۴۱	۰/۴۰۱	-۳/۷۵

جدول ۷- معیارهای ارزیابی RMSE و  $N_s$  برای دو روش نش و روسو

Table 7. RMSE and  $N_s$  evaluation criteria for both Nash and Rousseau

(hr) W75		(hr)W50		زمان پایه (hr)		حجم ( $m^3$ )		دبی پیک ( $m^3/s$ )		معیار ارزیابی
نش	روسو	نش	روسو	نش	روسو	نش	روسو	نش	روسو	
۴/۵۹	۲/۲	۸/۲	۳/۹۱	۱۳/۳۵	۱۶/۶	۴/۶۷	۴/۸۸	۳/۰۹	۲/۲۶	RMSE
-۰/۹۷	-۰/۵۴	-۱/۰۰۵	-۰/۵۴	-۰/۲۷	-۰/۱۳	-۰/۸۱	-۰/۷۸	-۰/۶۷	-۰/۸۲	$N_s$

رسیدن به دبی اوج کافی نیست، بلکه نیاز است از روش‌های ترکیبی استفاده کرد.

در این پژوهش، به منظور دستیابی به خصوصیات فیزیکی حوزه آبریز از نرم‌افزار GIS و برنامه الحاقی ARC HYDRO استفاده شد. سپس در مورد هیدروگراف واحد لحظه‌ای ژئومورفولوژیک از دو روش نش و روسو استفاده شد. هیدروگراف واحد به روش ژئومورفولوژیک (GIUH) علاوه بر پارامترهای ژئومورفولوژیک که ساختار کلی مدل را تشکیل می‌دهند، متغیرهای توزیع زمانی بارش مازاد (موثر) و خصوصیات هیدرولیک بستر جریان رودخانه که در سیلاب از اهمیت زیادی برخوردار است را در بر دارد. این موضوع با نتایج به دست آمده از تحقیقات خالقی و همکاران (۱۳)، حاجی‌زاده و همکاران (۷)، سلامی و همکاران (۲۲) و پیرایی و همکاران (۱۶) همخوانی دارد. با در دست داشتن زمان و مقدار بارش موثر و با توجه به ثابت بودن عوامل ژئومورفولوژیک حوضه با به کارگیری پارامتر سرعت به سادگی هیدروگراف حاصل از هر بارش با روش روسو قابل استخراج است. با مقایسه کلی نتایج در هر دو روش روسو و نش با هیدروگراف‌های مشاهداتی مشخص شد که روش روسو به دلیل داشتن مقدار سرعت در محاسبه پارامترهای دبی پیک و حجم از روش نش دقیق‌تر است، زیرا پارامتر شکل در روش نش به خصوصیات ژئومورفولوژیک و پارامتر مقیاس به خصوصیات ژئومورفولوژیک و پارامتر دینامیکی سرعت وابسته شده است. علت دقت کم در محاسبه هیدروگراف با روش نش را می‌توان به علت وجود خطا در برآورد پارامترهای  $k$  و  $n$  و عدم دخالت پارامتر سرعت دانست. از این رو، به نظر می‌رسد روش روسو برای تخمین سیلاب طرح برای مناطقی از کشور که با کمبود داده‌های مشاهده‌ای مواجه‌اند، می‌تواند سودمند باشد. براساس نتایج تحقیق حاضر، باتوجه به اینکه در سطح اکثر حوزه‌های آبخیز کشور خصوصاً حوزه‌های آبخیز با مساحت پایین، ایستگاه‌های هیدرومتری وجود ندارد یا دارای آمار ناقص می‌باشند، درحوزه‌های آبخیز با خصوصیات مشابه حوضه مورد نظر، می‌توان از روش روسو در برآورد سیلاب استفاده نمود. البته پیشنهاد می‌شود در جداسازی دبی پایه از روش‌های دیگری استفاده شود تا دقت دو مدل افزایش یابد و تعیین تلفات با روش‌های دقیق‌تری صورت گیرد. همچنین استفاده از روش WFIUH که با بهره‌گیری از سرعت جریان متناسب با شیب، جزئیات بیشتری را تحت پوشش قرار می‌دهد، توصیه می‌شود.

به منظور میزان تشابه داده‌های مشاهده‌ای و برآوردی از آزمون  $t$  (جدول ۵ و ۶) استفاده شد. نتایج نشان داد بین روش‌های مورد بررسی با داده‌های مشاهده‌ای در پارامترهای دبی اوج و زمان تا اوج تفاوت معنی‌داری در سطح ۹۵ درصد مشاهده نشد. همچنین با در نظر گرفتن هیدروگراف واحد بدست آمده برای اغلب رویدادها مشاهده می‌شود که در هر دو روش نش و روسو زمان رسیدن به دبی اوج کمتر از مقدار مشاهداتی بدست آمده است. اگرچه هر دو روش مقدار دبی اوج را کمتر برآورد می‌کنند، ولی روش روسو با خطای کمتری میزان دبی اوج را برآورد کرده‌است. اما بازوی بالارونده هیدروگراف بیشتر تحت تأثیر خصوصیات بارش، شکل حوضه و شیب حوضه است، در حالی که بازوی پایین رونده تحت تأثیر خصوصیات زهکشی حوضه است که شیب می‌تواند به عنوان یکی از پارامترها مورد بحث قرار گیرد. هرچه شیب بازوی پایین رونده هیدروگراف بیشتر باشد، سرعت آب در حوضه بیشتر بوده و آب با سرعت بیشتری از منطقه خارج می‌شود (۱). در ابتدای بارندگی که میزان نفوذ زیاد است بازوی بالارونده با شیب کمی افزایش می‌یابد و هرچه زمان می‌گذرد به دلیل کاهش نفوذ و تلفات، سرعت افزایش دبی یا شیب منحنی نیز افزایش می‌یابد. به طور کلی با بدست آوردن هیدروگراف سیلاب برای ۲۰ رویداد می‌توان گفت روش روسو در قسمت بازوی بالارونده و برای مدل کردن فرآیندهای زهکشی و تخلیه آب از حوضه تقریباً مشابه با هیدروگراف مشاهداتی بوده است. اما به لحاظ میزان حجم و زمان پایه با مقایسه مقادیر RMSE و  $N_s$  برای هیدروگراف‌های محاسباتی و مشاهده‌ای در مجموع روش نش از دقت بالاتری برخوردار بوده است. در این مطالعه، پارامترهای مورد بررسی در روش روسو شامل شاخص نفوذ  $(\phi)$ ،  $K$  (پارامتر مقیاس) و  $n$  (پارامتر شکل) هستند. به منظور بررسی اینکه کدام یک از سه پارامتر مذکور در نتیجه مدل روسو تأثیر داشته است از آنالیز حساسیت استفاده شد. به این صورت که با تغییر یک پارامتر و ثابت نگه داشتن پارامترهای دیگر، مدل روسو دوباره اجرا شده و معیار ارزیابی RMSE نیز سنجیده می‌شود. در صورتی که با تغییر کوچک در یک پارامتر، تغییر قابل توجهی در نتایج حاصل شود، می‌توان گفت که مدل نسبت به آن پارامتر حساسیت بیشتری داشته است. طبق آنچه که در شکل ۲ مشخص شده است، شاخص نفوذ  $(\phi)$  از حساسیت بالاتر و  $n$  (پارامتر شکل) از حساسیت کمتری برخوردار است. در نهایت می‌توان گفت طبق نتایج به دست آمده توسط سالاری جزی و همکاران تنها روش نش در برآورد دبی پیک و زمان



## منابع

1. Alizadeh, A. 2010. Principles of applied hydrology. Ferdowsi University of Mashhad. Twenty-Nine (In Persian).
2. Cudennec, C.Y., I. Fouad, J. SumarjoGotot and J. Duchesne. 2004. A geomorphological explanation of the unit hydrograph concept. Hydrological Processes, 18: 603-621(In Persian).
3. Ghahreman, B. and M. Lotfi. 2009. Efficiency of unit hydrograph models in determining the profile of hydrograph of flood. (Applied Research Plan). Northern Khorasan Regional Water Company, 1-117 (In Persian).
4. Ghiasi, P. and M. Roghani. 2004. Efficiency of the instantaneous geomorphological unit hydrograph and its comparison with Schneider.triangular and SCS synthetic hydrographs in the Kashelian basin. Journal of Research and Development, 70: 23-32 (In Persian).
5. Gholami, F., A. Fakherifard and Y. Dinpajoo. 2011. Extracting unit hydrograph geomorphologic based on cascade linear reservoirs (Case study: Lighvan basin). Journal of Irrigation Engineering, 34: 83-93 (In Persian).
6. Heshmatpour, A. 1999. An Investigation of the efficiency of geomorphologic and geomorphologic-climatic instantaneous unit hydrographs in the basin of Kasilian Basin. Master's Degree. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources (In Persian).
7. Hajizadeh, A., M. Mohseni, J. Varvani and M. Vafakhah. 2009. The Relationship of Parameters of Instantaneous Unit Hydrographs with Rainfall and Physiographic Characteristics in Some Watersheds of Iran. Journal of Watershed Research, 83: 22-29 (In Persian).
8. Horton, R.E. 1932. Drainage basin characteristics. Trans Am Geophy Union, 13: 350-361.
9. Iskender, I. and N. Sajikumar. 2016. Evaluation of surface runoff estimation in ungauged watersheds using SWAT and GIUH. International Conference on Emerging Trends in Engineering, Science and Technology, 109-115.
10. Jahanbakhsh, S., B. Rezai, M. Goodarzi, M. Ghafouri, A. Mehdian and M. Mehdian. 2012. Assessment of Clark's time-level method and time-unit hydrograph for estimating flood discharge of Karun basin. Geography and Planning Scientific Journal, 16: 49-66 (In Persian).
11. Narayan, K. 2012. GIS supported geomorphologic instantaneous unit hydrograph (GIUH) of Varuna river basin using Geomorphological Characteristics. International Journal of Advances in Earth Sciences, 2: 68-76.
12. Kerami, F. and M. Ismail Pour. 2014. Estimation of runoff using geomorphologic moment unit hydrograph model. A case study of the Daryan tea basin. Hydrogeomorphology Journal, 1: 157-145 (In Persian).
13. Khaleghi, M. and J. Ghodousi. 2010. Evaluation of the efficiency of geomorphologic unit hydrograph methods in estimating peak flood discharge. Quarterly journal of natural resources science and technology. Fifth year Second Issue, 89-100 (In Persian).
14. Kumar, A. 2014. Geomorphologic Instantaneous Unit Hydrograph Based Hydrologic Response Models for Ungauged Hilly Watershed in India. Water Resources Management, 29: 863-883.
15. Nash, J.E. 1957. The form of the instantaneous unit hydrograph. Institute for Advanced Studies in the Humanities, 45: 114-121.
16. Pirabi, D. and G. Mrinmoy Kr. 2016. Derivation of unit hydrograph from GIS based GIUH. Imperial Journal of Interdisciplinary Research, 2: 555-563.
17. Rahimian, R. and M. Zarea. 1995. Application of geomorphologic unit's hydrograph model for hydrograph synthesis in non-statistical basins. Proceedings of the Third Hydrological Seminar of the Ministry of Energy. Tehran, 3: 203-227 (In Persian).
18. Rodriguez-Iturbe, I., M. Gonzalez-Sanabria and R. Bras. 1982. A geomorphoclimatic theory of the instantaneous unit hydrograph. Water Resources Management, 18: 877-886.
19. Rosso, R. 1984. Nash model relation to Horton order ratios. Water Resources Research, 20: 914- 920.
20. Saeedi, P. and M. NickSokhan. 2015. Estimate the unit geomorphologic unit (GIUH) and unit wavelength hydrograph (WFIUH) in unserved areas. Case study of Ghorve Basin. Journal of Ecohydrology, 2(1): 51-62 (In Persian).
21. Salarijazi, M., A. Adib and M. Akhoundali. 2009. Evaluation of geomorphologic unit hydrograph based on Nash method in basin without rainfall statistics. 5th National Conference on Watershed Management Sciences and Engineering (Sustainable Management of Natural Disasters). Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, 2 to 3 May (In Persian).
22. Salami, W. and I. Ibitoy. 2017. Run off hydrographs using Snyder and SCS synthetic unit hydrograph methods (a case study of selected river in south west Nigeria). Journal of Ecological Engineering, 18: 25-34.
23. Shirzadi, A., K. Chapi and P. Fathi. 2011. Estimation of synthetic unit hydrograph using regional flood analysis and geomorphologic parameters (case study: Maringan and Kaniyat watersheds of Kordestan). Journal of Agricultural Science and Technology. Water and Soil Science, 15: 231-240 (In Persian).

24. Shokri, S., A. Behnia and A. Akound ali. 2012. Estimation of Watershed Watershed Using HEC-HMS Homosexual and Geographic Information Model (Case Study: Idenak Watershed). Watershed Management Research. Sari Agricultural and Natural Resources University, 5: 63-80 (In Persian).
25. Snyder, F.F. 1938. Synthetic unit graphs. Trans. Amer. Geophys. Union, 19: 447-454.
26. Strahler, A.N. 1952. Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography. Geological Society of America Bulletin, 3: 1117-1142
27. Zakizade, F. and A. Talebi. 2015. Investigating the Effects of Methods on the Properties of Parameters and Hydrographs at the Point of View of the Faculty of Agriculture and Natural Resources (Case Study: Monshad Abbas). Watershed Management Research. Sari Agricultural and Natural Resources University, 14: 197-205 (In Persian).

## Study the Effect of used Parameters on Geomorphologic Instantaneous unit Hydrograph

Fatemeh Bayati<sup>1</sup>, Rasoul Mirabbasi<sup>2</sup>, Rouhollah Fatahi<sup>2</sup> and Mahdi Radfar<sup>3</sup>

1- Graduated M.Sc. Student, Department of Water Engineering, Shahrekord University Department of Water Engineering, Shahrekord University, (Corresponding author: fatemehbayati88@gmail.com)

2 and 3- Associate Professor and Assistant Professor, Department of Water Engineering, Shahrekord University Department of Water Engineering, Shahrekord University  
Received March 21, 2018 Accepted: March 17, 2019

### Abstract

Estimating the runoff in the basins lacking statistics is always considered by researchers and managers in planning, development and implementation of many projects of water Resource. One of the methods for estimating the runoff is to use geomorphology instantaneous unit hydrograph which estimates the hydrograph of flood based on quantitative geomorphology factors. In this study, first the quantitative geomorphology of the Nash and Rousseau methods including k (scale parameter), n (shape parameter) and speed (Meters per second) were obtained. In the next step, instantaneous unit hydrograph was obtained by GIUH method and ultimately flood hydrograph was created for 20 selected events from 1991 to 2007 in kasilian region and compared to the observational hydrographs. Through sensitivity analysis, infiltration Index ( $\phi$ ) had higher sensitivity analysis, infiltration Index ( $\phi$ ) had higher sensitivity and n (Parameter of shape) were less sensitive. Also, by comparing peak discharge values and computational hydrograph widths in the state where the discharge of hydrographs is 50 and 75% of peak discharge, observational data revealed that the Rousseau method and lower error than the Nash method and Nash method had a higher accuracy than Rousseau in terms of the volume and time.

**Keywords:** Hydrograoh, Model GIUH, Parameter of shape, Scale parameter