نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد بیست و یکم، شماره چهارم، ۱۳۹۳
http://jwsc.gau.ac.ir

# تغییرپذیری هیدروگراف واحد حوزه آبخیز کسیلیان در پایه‌های زمانی بارش مؤثر متفاوت

**محبوبه معتمدنیا[۱]، *سیدحمیدرضا صادقی[۲] و حمیدرضا مرادی[۳]**

[۱]دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گروه مهندسی آبخیزداری، دانشگاه تربیت مدرس، [۲]استاد گروه مهندسی آبخیزداری، دانشگاه تربیت مدرس، [۳]دانشیار گروه مهندسی آبخیزداری، دانشگاه تربیت مدرس

تاریخ دریافت: ۹۱/۱۰/۲ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۲/٤/۱۰

## چکیده

تهیه هیدروگراف‌های سیل در راستای تأمین اطلاعات پروژه‌های مهار سیلاب ضروری است. حال آن‌که امکان دست‌یابی به اطلاعات دقیق سیلاب به‌دلیل مشکلات اجرایی و نبود ایستگاه‌های هیدرومتری مناسب بسیار هزینه‌بر و مشکل است. در همین راستا تهیه و تحلیل هیدروگراف‌های واحد یکی از شیوه‌های معمول و کارآ در مطالعات سیل در حوزه‌های آبخیز محسوب می‌شود. از آن‌جایی‌که اصولاً فرضیات حاکم بر تهیه و کاربرد هیدروگراف واحد تأمین نمی‌شود، بنابراین بررسی تأثیر فرضیات نام‌برده و به‌ویژه خطی بودن و ثبات زمانی بر دقت هیدروگراف واحد حاصل دارای اهمیت فراوان است. بر خلاف اهمیت تغییرات زمانی هیدروگراف واحد، مطالعات انگشت‌شماری در خصوص ارتباط تغییرات زمانی هیدروگراف‌ها با تأکید بر هیدروگراف واحد صورت گرفته است. به همین دلیل این پژوهش با هدف بررسی تغییرپذیری هیدروگراف واحد در پایه‌های زمانی بارش مؤثر متفاوت با استفاده از تجزیه و تحلیل هیدروگراف و هایتوگراف سیل‌های به وقوع پیوسته طی ۳۳ سال گذشته در حوزه آبخیز کسیلیان انجام پذیرفته است. نتایج پژوهش ضمن تأیید معنی‌دار بودن اختلاف مؤلفه‌های مهم هیدروگراف‌های واحد با زمان بارش مؤثر یکسان بر تفاوت عملکرد هیدروگراف واحد با زمان‌های بارش مؤثر مختلف تأکید داشت. به‌نحوی‌که دامنه اختلاف مقادیر دبی اوج، زمان پایه و زمان تا اوج هیدروگراف‌های معرف واحد ۲ ساعته به‌دست آمده از سایر هیدروگراف‌های واحد ۰/۲۵ تا ٦ ساعت به‌ترتیب در حدود ۰/۷۵ تا ۲۸۱، ٦ تا ۳٦ و ۰ تا ۵۰ درصد به‌دست آمد.

***واژه‌های کلیدی:*** تغییرات زمانی، حوزه آبخیز معرف کسیلیان، هیدروگراف واحد، هایتوگراف

* مسئول مکاتبه: sadeghi@modares.ac.ir

**مقدمه**

برای برآورد سیلاب در مناطق بدون اطلاعات می‌توان از روش‌های مختلف استفاده نمود که هر کدام در شرایطی خاص دارای کاربرد می‌باشند. در این میان تنها روش‌های منتهی به تهیه هیدروگراف قادر هستند جزئیات دقیقی از خصوصیات سیل را ارایه نمایند (کامپلر و سلداتی، ۱۹۹۹). با توجه به عوامل متعدد و مؤثر در شکل هیدروگراف، مشاهده می‌شود که بسیاری از آن‌ها مربوط به خصوصیات فیزیکی حوزه آبخیز بوده که در یک آبخیز تقریباً ثابت باقی می‌ماند. بنابراین شکل هیدروگراف برای رگبارهای با خصوصیات مشابه باید یکسان باشد. بر همین مبنا شرمن (۱۹۳۲)، هیدروگراف واحد[1] را تعریف و ارایه نمود. هیدروگراف واحد، هیدروگرافی است که ارتفاع روان‌آب به‌دست آمده از آن به اندازه یک واحد باشد (سینگ، ۱۹۸۸؛ علیزاده، ۲۰۰۳). از طرفی هیدروگراف‌های خروجی در یک آبخیز از عوامل متعددی شامل فیزیوگرافی، پوشش گیاهی و بارندگی در مقیاس‌های مختلف زمانی تأثیر می‌پذیرد. بنابراین مطالعه تغییرات زمانی هیدروگراف‌های خروجی از حوزه آبخیز و تأثیرپذیری آن از عوامل حاکم یک حوزه آبخیز دارای اهمیت فراوان می‌باشند. از آن‌جایی‌که بارش مؤثر اصولاً به‌صورت یکنواخت در سطح حوزه آبخیز به‌وقوع نمی‌پیوندد، از این‌رو لحاظ تغییرات زمانی عوامل مؤثر بر شکل‌دهی هیدروگراف واحد به‌خصوص در حوزه‌های آبخیز بزرگ به‌واسطه تغییرات زمانی و مکانی شدت بارندگی باید به دقت مورد توجه قرار گیرد. دلیل این امر را می‌توان در پیچیدگی‌های حاکم بر تبدیل بارش به روان‌آب و به‌ویژه تأثیر تغییرات نام‌برده به خصوصیات نفوذ جستجو کرد.

مطالعات گسترده‌ای در خصوص تأثیر عوامل مختلف بر هیدروگراف‌ها در مناطق مختلف جهان انجام شده است (حشمت‌پور و همکاران، ۲۰۰۲؛ صادقی و همکاران، ۲۰۰۵؛ آماندا و همکاران، ۲۰۰٤؛ کلولاند و همکاران، ۲۰۰۸؛ کالینا و همکاران، ۲۰۰۳؛ لی و چانگ، ۲۰۰۵؛ سینگ و همکاران، ۲۰۰۷). حال آن‌که بررسی و مطالعه هیدروگراف‌های واحد از بعد زمانی بسیار محدود بوده و در این زمینه می‌توان به پژوهش‌های سینگ (۱۹۹۲)، در تهیه هیدروگراف‌های واحد حوزه آبخیز W-۱ در امریکا اشاره نمود. ایشان ارتباط زمان از شروع باران مازاد و میزان روان‌آب، شدت بارندگی و میزان دبی اوج و همچنین شدت بارندگی و زمان تا اوج هیدروگراف واحد را مورد تحلیل قرار داد. نتایج پژوهش نام‌برده حکایت از تأثیر مشخص زمان از شروع بارش مازاد بر میزان روان‌آب داشته است. همچنین

1- Unit Hydrograph, UH

کروک (۲۰۰۵)، تغییرپذیری هیدروگراف واحد در ۲۸ حوزه آبخیز در استرالیا را بررسی نموده و به ارایه یک روش تخمین تجربی پارامترهای هیدروگراف واحد متوسط برای استفاده در تهیه مدل‌های بارش- روان‌آب حوزه‌های نام‌برده دست یافت. ثقفیان (۲۰۰٦) ضمن تأکید بر ثبات نداشتن دو فرض عمده متصور در تهیه هیدروگراف واحد (خطی بودن و ثبات زمانی) بر ضرورت لحاظ شرایط واقعی حاکم بر آبخیز از طریق ارایه روش غیرخطی تبدیل هیدروگراف واحد به سایر هیدروگراف‌ها تأکید داشت. نتایج پژوهش ایشان ضمن تأیید کفایت نداشتن فرض اول، زمینه‌ساز حذف محدودیت مرتبط با ثبات زمانی هیدروگراف واحد نیز بوده است. معتمدنیا و همکاران (۲۰۱۰) نیز ضمن گزارش اختلاف در هیدروگراف‌های واحد در حوزه آبخیز کسیلیان به تحلیل روابط بین ۳٦ ویژگی باران نمود و هیدروگراف واحد برای ۲۳ رگبار با استفاده از شکل‌های مختلف رگرسیون دو و چندمتغیره پرداختند.

بررسی پژوهش‌های صورت‌گرفته در این زمینه نشان می‌دهد که بیش‌تر پژوهش‌های انجام شده در خصوص تهیه هیدروگراف‌های واحد در زمینه تهیه مدل‌های منطقه‌ای مبتنی بر خصوصیات فیزیکی حوزهٔ آبخیز صورت پذیرفته و حتی پژوهش‌های بسیار محدودی نیز در خصوص ارزیابی فرضیات حاکم بر منطق تهیه هیدروگراف واحد صورت پذیرفته است. حال آن‌که انتخاب هیدروگراف واحد با دوام بارش مؤثر مناسب برای دست‌یابی به هیدروگراف قابل اعتماد سیل برای طراحی و مدیریت صحیح و جامع منابع آب و کنترل سیلاب حوزه‌های آبخیز از ضروریات است. از همین رو این پژوهش با هدف بررسی تغییرات هیدروگراف واحد با پایه‌های زمانی متفاوت در حوزه آبخیز کسیلیان انجام شده است. فرضیه مورد استفاده در این پژوهش را می‌توان معنی‌دار بودن اختلاف مؤلفه‌های اصلی هیدروگراف‌های واحد خروجی و نبود انطباق هیدروگراف‌های واحد منتج از پایه‌های زمانی مؤثر متفاوت دانست.

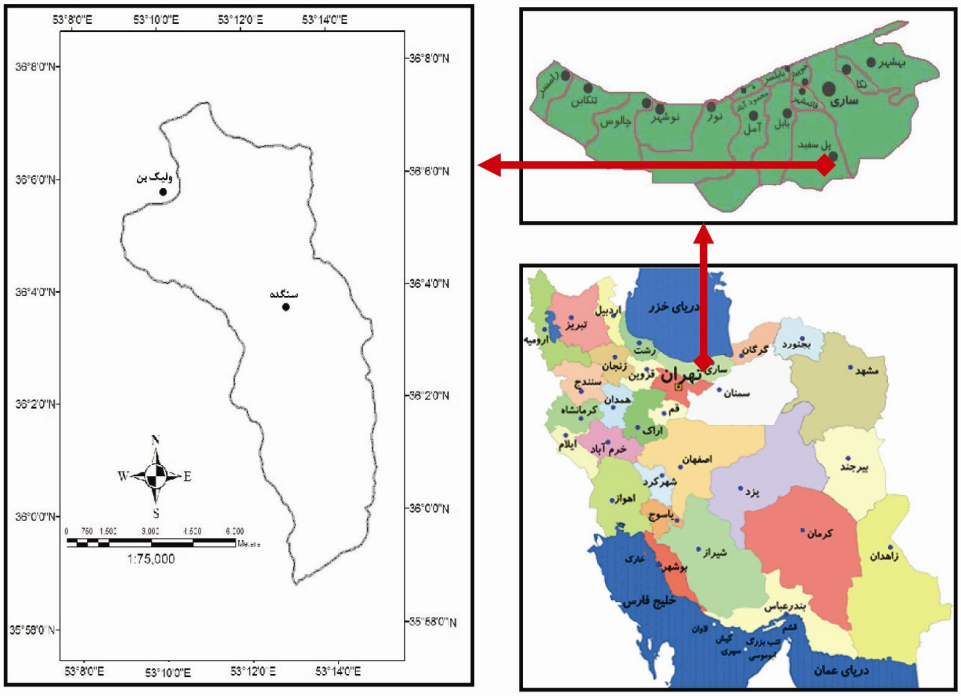
## مواد و روش‌ها

**منطقه مورد مطالعه:** منطقه مورد مطالعه حوزه آبخیز معرف کسیلیان با بارندگی متوسط سالانه ۸۱۳/۸۰ میلی‌متر و اقلیم متغیر از نیمه‌مرطوب تا مرطوب، واقع در مازندران و به مساحت ٦٦/۷۵ کیلومترمربع و در دامنه شمالی سلسله جبال البرز و بین عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۵۸ دقیقه و ۳۰ ثانیه و ۳٦ درجه و ۷ دقیقه و ۱۵ ثانیه شمالی و طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۸ دقیقه و ٤٤ ثانیه

و ۵۳ درجه و ۱۵ دقیقه و ٤۲ ثانیه شرقی قرار گرفته است (شکل ۱). حوزه نام‌برده دارای پوشش غالب جنگلی بوده که به مرور زمان در اثر افزایش جمعیت روستاها بر وسعت کاربری‌های دیگر افزوده شده و از وسعت جنگل‌ها کاسته شده است (حشمت‌پور و همکاران، ۲۰۰۲؛ سعادتی و همکارن، ۲۰۰٦؛ صادقی و همکاران، ۲۰۰۵).

**روش پژوهش:** برای انجام این پژوهش از تعداد ۵۹ رگبار در سال‌های ۸٦-۱۳٥٤ (دوره آماری ۳۳ ساله) استفاده شد. برای همین منظور، ابتدا آب پایه برای هر یک از هیدروگراف‌های سیل با استفاده از خط شیب رو به بالا (سوبرامانیا، ۲۰۰۱) به‌دلیل همگونی روش کار و تطابق بهتر آن با شکل عمومی هیدروگراف‌ها جدا و سپس حجم روان‌آب مستقیم محاسبه گردید. سپس ارتفاع روان‌آب تعیین و در نهایت هیدروگراف واحد مرتبط از تقسیم دبی هیدروگراف مستقیم به ارتفاع متوسط روان‌آب به‌دست آمد (سینگ، ۱۹۸۸؛ سوبرامانیا، ۲۰۰۱؛ مهدوی، ۲۰۰۲؛ علیزاده، ۲۰۰۳).

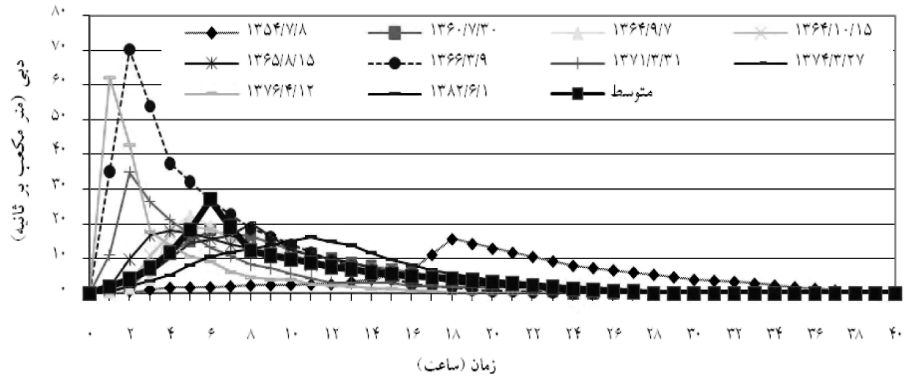
به‌منظور بررسی تغییرات زمانی هیدروگراف‌های واحد، همه هیدروگراف‌های واحد به‌دست آمده از تحلیل هیدروگراف‌های سیل با تنوع زمان بارش مؤثر ۰/۲۵، ۰/۵۰، ۰/۷۵، ۱، ۱/۲۵، ۱/۵۰، ۲، ۳/۵۰ و ٦ ساعته با توجه به تعداد نسبی زیاد آن‌ها در نظر گرفته شد. سپس تبدیل هیدروگراف‌ها با استفاده از طریق منحنی S (مهدوی، ۲۰۰۲) انجام و در نهایت تعداد به‌ترتیب ۱۰، ٦، ٦، ۷، ۷، ۵، ۸، ۵ و ۵ هیدروگراف واحد برای مدت‌های بارش مؤثر نام‌برده به‌دست آمد. پارامترهای بیشینه، کمینه، میانگین، انحراف معیار و ضریب تغییرات دبی، زمان پایه و زمان تا اوج مربوط به هر یک از هیدروگراف‌های محاسباتی نیز در مرحله بعد محاسبه گردید. در ادامه هیدروگراف واحد متوسط هر پایه زمانی، از طریق محاسبه متوسط زمان تا اوج، زمان پایه و دبی اوج و نیز عرض‌های هیدروگراف‌های مورد استفاده و از طریق چشمی و جابه‌جایی دبی اوج محاسبه و مقدار واحد ارتفاع روان‌آب هیدروگراف حاصل نیز کنترل گردید (سینگ، ۱۹۸۸؛ میرباقری، ۱۹۹۸؛ سوبرامانیا، ۲۰۰۱). سپس تمام هیدروگراف‌های متوسط نام‌برده با استفاده از منحنی S به هیدروگراف واحد ۲ ساعته به‌دلیل رعایت شرط زمانی مناسب بارش مؤثر به‌عنوان ۰/۳-۰/۲ زمان تأخیر حوزه آبخیز (علیزاده، ۲۰۰۳) تبدیل شد. در مرحله بعد خطای نسبی (صادقی و همکاران، ۲۰۰۵) دبی اوج، زمان پایه و زمان تا اوج این نوع هیدروگراف‌های تبدیلی نسبت به هیدروگراف واحد ۲ ساعته محاسبه و ارزیابی‌های لازم صورت گرفت.



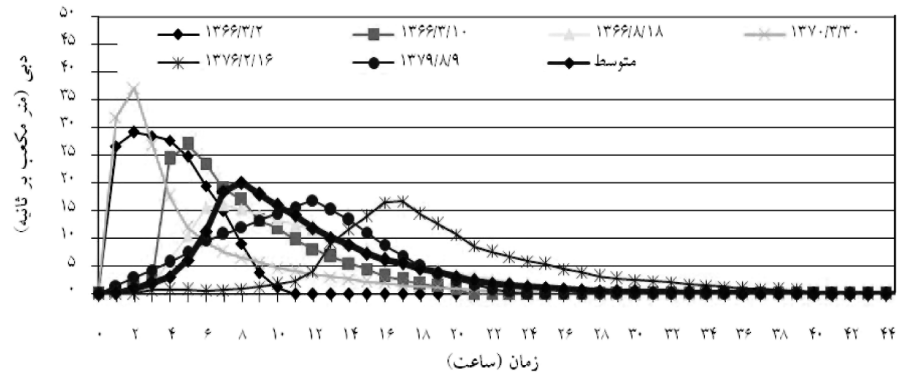

**شکل ۱- سیمای کلی و محل ایستگاه‌های هواشناسی (سنگده) و هیدرومتری (ولیک‌بن) حوزه آبخیز کسیلیان.**

## نتایج و بحث

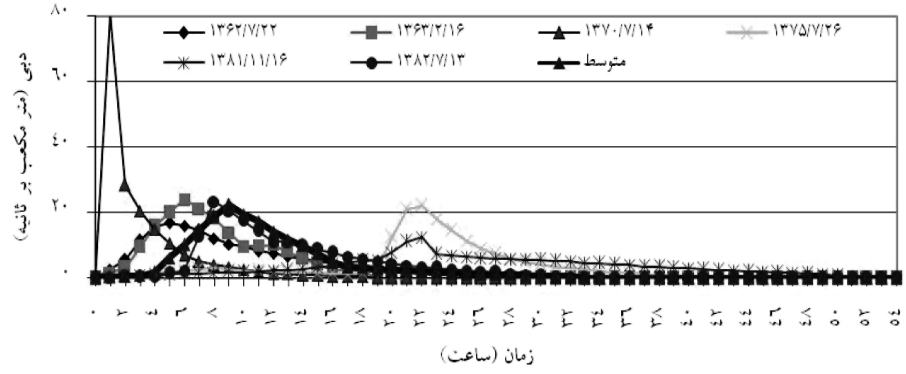
با توجه به روش کار ارایه شده، هیدروگراف‌های واحد متعدد با زمان بارش مؤثر مختلف از تحلیل همه هیدروگراف‌های قابل تجزیه و تحلیل در حوزه آبخیز کسیلیان حاصل شد. شکل‌های ۲ تا ۱۰، هیدروگراف‌های واحد مختلف و متوسط هر یک از آن‌ها در حوزه آبخیز کسیلیان را نشان می‌دهد. نمایش ترسیمی عرض‌های هیدروگراف‌های دو ساعته به‌دست آمده از تبدیل سایر هیدروگراف‌های واحد t ساعته حوزه آبخیز کسیلیان در شکل ۱۱ ارایه شده است.



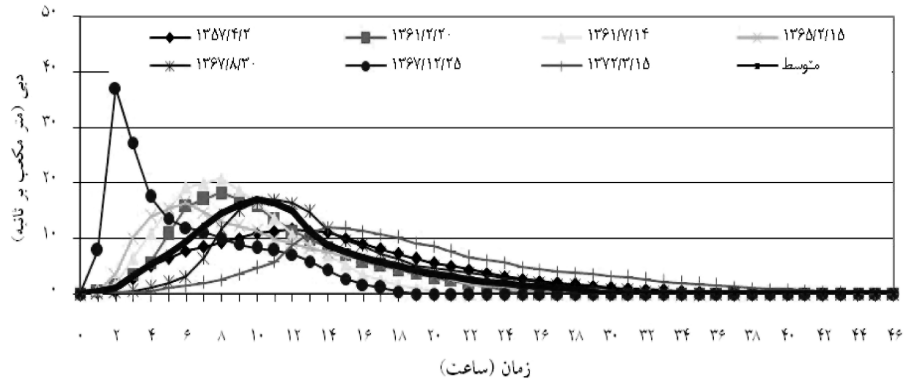

**شکل ۲- هیدروگراف‌های واحد و متوسط ۰/۲۵ ساعته در حوزه آبخیز کسیلیان.**



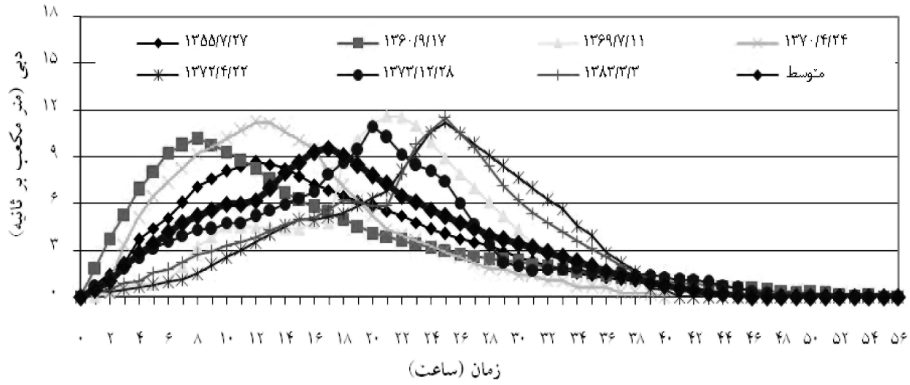

**شکل ۳- هیدروگراف‌های واحد و متوسط ۰/۵۰ ساعته در حوزه آبخیز کسیلیان.**



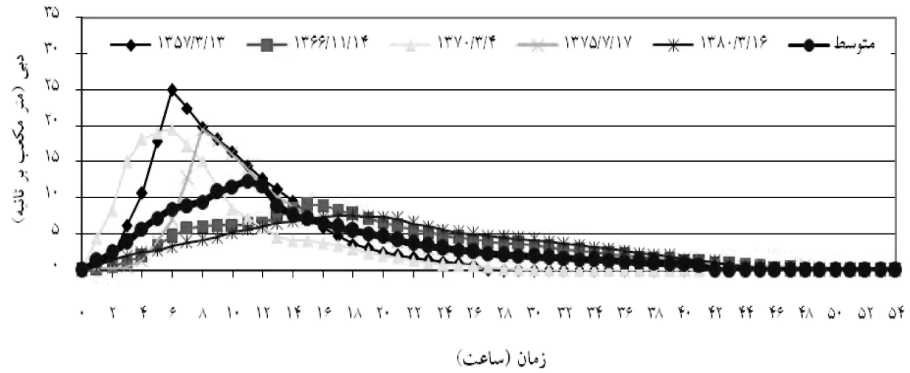

**شکل ٤- هیدروگراف‌های واحد و متوسط ۰/۷۵ ساعته در حوزه آبخیز کسیلیان.**



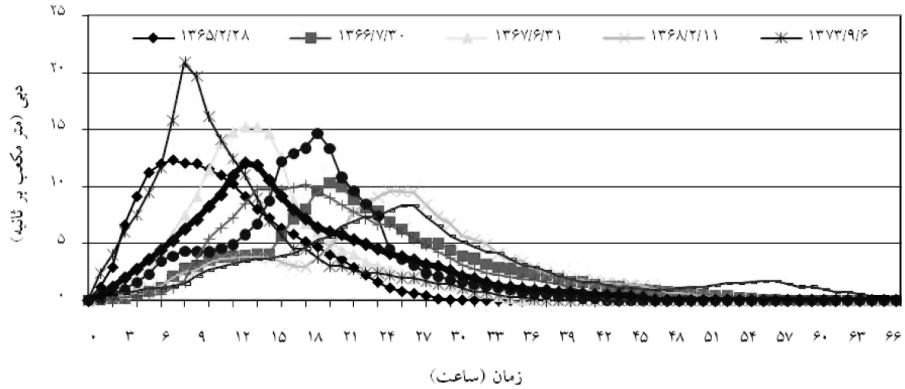

**شکل ۵- هیدروگراف‌های واحد و متوسط ۱ ساعته در حوزه آبخیز کسیلیان.**



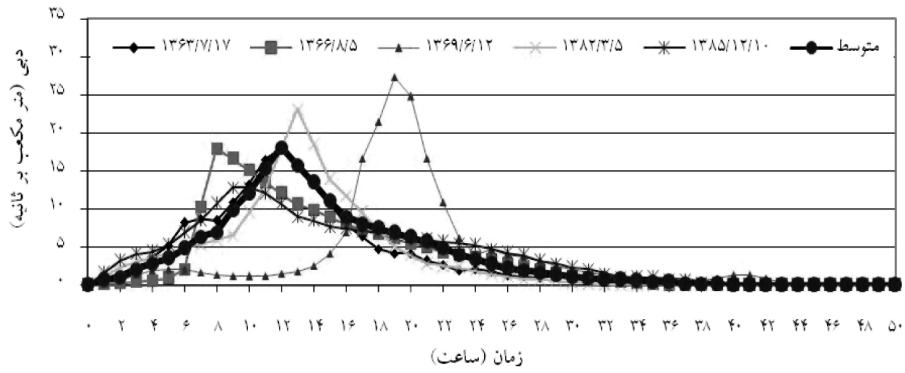

**شکل ٦- هیدروگراف‌های واحد و متوسط ۱/۲۵ ساعته در حوزه آبخیز کسیلیان.**



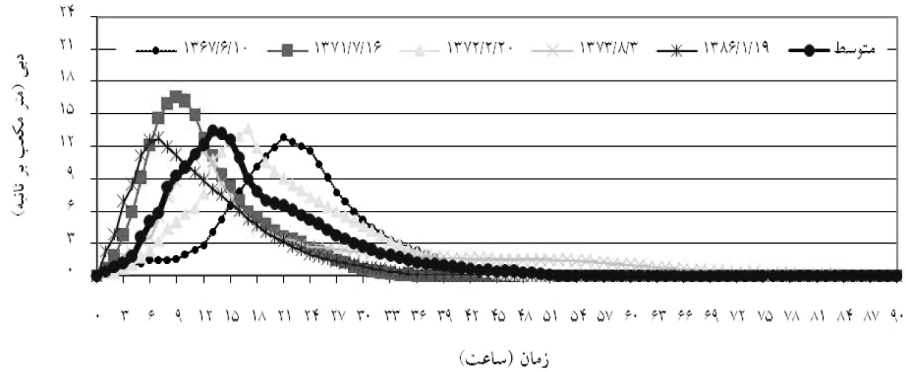

**شکل ۷- هیدروگراف‌های واحد و متوسط ۱/۵۰ ساعته در حوزه آبخیز کسیلیان.**



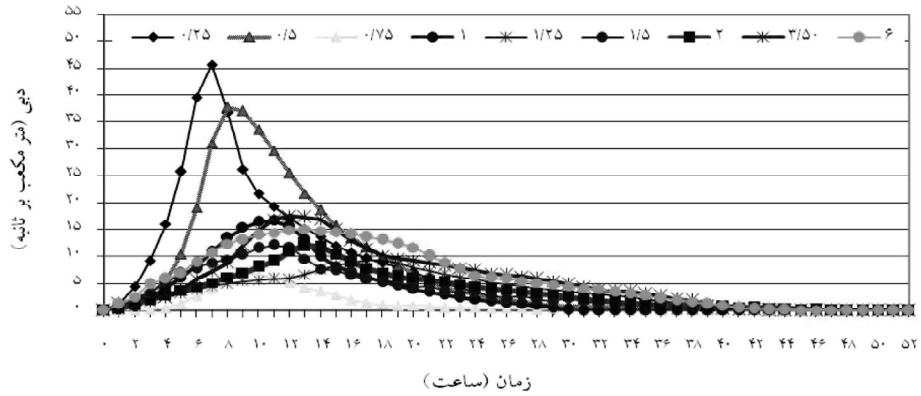

**شکل ۸- هیدروگراف‌های واحد و متوسط ۲ ساعته در حوزه آبخیز کسیلیان.**




**شکل ۹- هیدروگراف‌های واحد و متوسط ۳/۵۰ ساعته در حوزه آبخیز کسیلیان.**




**شکل ۱۰- هیدروگراف‌های واحد و متوسط ٦ ساعته در حوزه آبخیز کسیلیان.**




**شکل ۱۱- هیدروگراف‌های واحد ۲ ساعته به‌دست آمده از انواع متوسط هیدروگراف‌های واحد در حوزه آبخیز کسیلیان.**

همچنین آماره‌های مختلف هر یک از هیدروگراف‌های واحد t ساعته در رابطه با مؤلفه‌های اصلی دبی اوج، زمان پایه و زمان تا اوج آن‌ها در جدول ۱ ارایه شده است. جدول ۲ نیز درصد خطای نسبی در مؤلفه‌های اصلی هیدروگراف واحد ۲ ساعته منتج از سایر هیدروگراف‌های واحد تبدیلی را نشان می‌دهد.

**جدول ۱- آماره‌های مختلف مؤلفه‌های اصلی مورد بررسی در انواع هیدروگراف‌های واحد در حوزه آبخیز کسیلیان.**

| | زمان بارش مؤثر (ساعت) | ۰/۲۵ (تعداد=۱۰) | ۰/۵۰ (تعداد=٦) | ۰/۷۵ (تعداد=٦) | ۱ (تعداد=۷) | ۱/۲۵ (تعداد=۷) | ۱/۵۰ (تعداد=۵) | ۲ (تعداد=۸) | ۳/۵۰ (تعداد=۵) | ٦ (تعداد=۵) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| دبی اوج (متر مکعب بر ثانیه) | بیشینه | ۷۰/۳۰ | ۳۷/۱۱ | ۸۰/۵۸ | ۳۷/۱٤ | ۱۱/٦۰ | ۲٤/۹۸ | ۲۰/۸۷ | ۲۷/۳۵ | ۱٦/٦۱ |
| | کمینه | ۱۵/۷۲ | ۱٦/۱۷ | ۱۲/۵۱ | ۱۱/٦۸ | ۸/۷۰ | ۷/۵۸ | ۸/۲٦ | ۱۲/۸۵ | ۱۱/۵۵ |
| | میانگین | ۲۹/۷۷ | ۲۳/۸۷ | ۲۹/۹۲ | ۱۹/۰٤ | ۱۰/۷۹ | ۱٦/۱٤ | ۱۲/٦٦ | ۱۹/۸۸ | ۱۳/٤۸ |
| | انحراف معیار | ۲۰/۰۵ | ۸/٦۲ | ۲۵/۲۱ | ۸/٦۲ | ۱/۰۳ | ۷/۵۰ | ٤/۱۲ | ۵/۵٤ | ۱/۹۱ |
| | ضریب تغییرات (درصد) | ٦۷/۳۵ | ۳٦/۱۱ | ۸٤/۲٦ | ٤۵/۲۷ | ۹/۵۵ | ٤٦/٤۷ | ۳۲/۵٤ | ۲۷/۸۷ | ۱٤/۱۷ |
| زمان پایه (ساعت) | بیشینه | ٤۰/۰۰ | ٤۳/۰۰ | ۵٤/۰۰ | ٤٤/۰۰ | ۵٤/۰۰ | ۵۳/۰۰ | ٦۸/۰۰ | ٤۹/۰۰ | ۸۷/۰۰ |
| | کمینه | ۱۸/۰۰ | ۲۱/۰۰ | ۱۹/۰۰ | ۱۹/۰۰ | ٤۰/۰۰ | ۳۰/۰۰ | ۳۳/۰۰ | ۳۲/۰۰ | ۳٦/۰۰ |
| | میانگین | ۲٦/۵۰ | ۲۸/۸۳ | ۳۳/۵۰ | ۳۰/۰۰ | ٤٦/۱٤ | ٤۲/٦۰ | ٤۷/٦۳ | ٤۰/۲۰ | ۵۲/٤۰ |
| | انحراف معیار | ۵/٦۲ | ۷/۵۷ | ۱۳/۳۱ | ۹/۰۰ | ۵/۳۹ | ۱۰/۷٦ | ۱۲/۵۰ | ٦/٦۵ | ۲۰/۳۷ |
| | ضریب تغییرات (درصد) | ۲۱/۲۰ | ۲٦/۲٦ | ۳۹/۷۳ | ۳۰/۰۰ | ۱۱/٦۸ | ۲۵/۲٦ | ۲٦/۲٤ | ۱٦/۵٤ | ۳۸/۸۷ |

**ادامه جدول ۱-**

| | زمان بارش مؤثر (ساعت) | ۰/۲۵ (تعداد=۱۰) | ۰/۵۰ (تعداد=٦) | ۰/۷۵ (تعداد=٦) | ۱ (تعداد=۷) | ۱/۲۵ (تعداد=۷) | ۱/۵۰ (تعداد=۵) | ۲ (تعداد=۸) | ۳/۵۰ (تعداد=۵) | ٦ (تعداد=۵) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| زمان تا اوج (ساعت) | بیشینه | ۱۸/۰۰ | ۱۷/۰۰ | ۲۲/۰۰ | ۱٤/۰۰ | ۲۵/۰۰ | ۱۸/۰۰ | ۲۷/۰۰ | ۱۹/۰۰ | ۲۱/۰۰ |
| | کمینه | ۱/۰۰ | ۲/۰۰ | ۱/۰۰ | ۲/۰۰ | ۸/۰۰ | ٦/۰۰ | ۷/۰۰ | ۸/۰۰ | ۷/۰۰ |
| | میانگین | ٦/۲۰ | ۷/۵۰ | ۱۰/٦۷ | ۸/۷۱ | ۱۷/۵۷ | ۱۰/٦۰ | ۱۷/۲۵ | ۱۲/۲۰ | ۱۳/۲۰ |
| | انحراف معیار | ۵/۱۲ | ۵/۹٦ | ۹/۰۷ | ٤/۰۳ | ٦/۸۲ | ۵/۵۵ | ۷/٤۸ | ٤/۳۲ | ۵/۷٦ |
| | ضریب تغییرات (درصد) | ۸۲/۵۸ | ۷۹/٤۷ | ۸۵/۰۰ | ٤٦/۲۷ | ۳۸/۸۲ | ۵۲/۳٦ | ٤۳/۳٦ | ۳۵/٤۱ | ٤۳/٦٤ |

**جدول ۲- درصد خطای نسبی مربوط به مؤلفه‌های اصلی هیدروگراف واحد ۲ ساعته به‌دست آمده از تبدیل انواع هیدروگراف‌های واحد در حوزه آبخیز کسیلیان.**

| زمان بارش مؤثر هیدروگراف واحد (ساعت) | ۰/۲۵ | ۰/۵۰ | ۰/۷۵ | ۱ | ۱/۲۵ | ۱/۵۰ | ۳/۵۰ | ٦ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| دبی اوج (مترمکعب بر ثانیه) | ۲۸۱/۱۰ | ۲۱۵/۲۱ | ٤۳/۳٤ | ۳۸/۹۲ | ۲۱/٦۹ | ۰/۷۵ | ٤۷/٤۰ | ۲۵/۹۲ |
| زمان پایه (ساعت) | ۳٦/۱۷ | ٦/۳۸ | ۲۹/۷۹ | ۳٤/۰٤ | ۲/۱۳ | ۸/۵۱ | ٦/۵۲ | ٤/۳۵ |
| زمان تا اوج (ساعت) | ۵۰/۰۰ | ٤۲/۸۵ | ۲۸/۵۷ | ۲۱/٤۳ | ۲۱/٤۳ | ۲۱/٤۳ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ |

با توجه به نتایج جدول ۱ ملاحظه می‌شود که ضریب تغییرات زمان تا اوج بیش‌ترین مقدار و بعد از آن دبی اوج و کم‌ترین آن مربوط به زمان پایه در ۹ هیدروگراف واحد با بارش‌های مؤثر زمانی مختلف در حوزه آبخیز معرف کسیلیان بوده است. همچنین بیش‌ترین مقدار ضریب تغییرات دبی اوج، زمان پایه و زمان تا اوج با مقدار عددی به‌ترتیب ۸٤/۲۹، ۳۹/۷۲ و ۸۵/۰۳ درصد، مربوط به هیدروگراف واحد ۰/۷۵ ساعته و همچنین کم‌ترین آن با مقدار عددی به‌ترتیب ۹/۵۱ و ۱۱/٦۹ درصد مربوط به هیدروگراف ۱/۲۵ ساعته به‌جز زمان تا اوج با مقدار عددی ۳۵/٤۵ درصد مربوط به هیدروگراف ۳/۵۰ ساعته بوده است. همچنین با نگاهی دقیق به شکل‌های ۲ تا ۱۰ مشخص می‌شود که تغییرپذیری مؤلفه‌های اصلی دبی اوج، زمان پایه و زمان تا اوج هیدروگراف‌های واحد مشابه نبوده و گاهی بسیار متفاوت نیز می‌باشد. برای نمونه، ضریب تغییرات مؤلفه‌های اصلی دبی اوج، زمان پایه و زمان تا اوج در هیدروگراف واحد ۱/۲۵ ساعته بسیار کم می‌باشد. در حالی‌که، در هیدروگراف واحد ۰/۷۵ ساعته هیچ‌یک از سه مؤلفه مطرح شده بر هم انطباق نداشته و دارای اختلاف زیادی بوده به‌طوری‌که، دبی اوج از ۱۲/۵۱ تا ۸۰/۵۸ مترمکعب بر ثانیه، زمان پایه از ۱۹ تا ۵۳ ساعت و بالاخره

زمان تا اوج از ۱ تا ۲۲ ساعت آورده شده است. حال آن‌که، متغیرهای مزبور در هیدروگراف واحد ۱/۲۵ ساعته به‌ترتیب ۸/۷ تا ۱۱/٦ مترمکعب بر ثانیه، ٤٠ تا ٥٤ و ۸ تا ۲۵ ساعت بوده و نشانگر تغییرات کم‌تر در هیدروگراف مزبور می‌باشد. همچنین با توجه به شکل‌های نام‌برده مشخص شد که تغییرات زمانی هیدروگراف‌های واحد بسیار زیاد بوده‌اند و بر خلاف پایه‌های زمانی بارش مؤثر یکسان، بر هم منطبق نیستند. این تغییرات به‌طور مشخص به سبب تغییر در رفتار هیدرولوژیکی حوزه در ارتباط با ورودی‌های مختلف بوده که این موضوع خود دلیلی دیگر بر ضرورت لحاظ هیدروگراف واحد مناسب برای حوزه آبخیز و حتی تبدیل‌های مربوطه می‌باشد. از طرفی در برخی اوقات نیز یک رگبار خاص با شرایط متفاوت از دیگر هیدروگراف‌های واحد، وضعیت هیدروگراف واحد متوسط را تحت‌تأثیر فراوان قرار داده است. برای نمونه این وضعیت را می‌توان در هیدروگراف واحد ۳/۵ ساعته روز ۱۳٦۹/٦/۱۲ در شکل ۹ مشاهده نمود. این یافته نیز ضمن تأیید فرضیه متصور بر این پژوهش با نظریات کروک (۲۰۰۵) و ثقفیان (۲۰۰٦) به‌ترتیب مبنی بر ضرورت تهیه هیدروگراف واحد متوسط و نیز لحاظ مفهوم غیرخطی بودن تبدیل هیدروگراف‌های واحد به یکدیگر به سبب تغییرپذیری زمانی آن‌ها کاملاً مطابقت دارد.

همچنین با توجه به جدول ۲ مشخص می‌شود که در اثر تبدیل هیدروگراف‌های واحد با پایه‌های مؤثر زمانی مختلف به هیدروگراف واحد ۲ ساعته، میزان درصد خطاهای نسبی هیدروگراف‌های واحد با پایه‌های زمانی کوچک‌تر به واحد مزبور میزان خطاها بیش‌تر از شرایط تبدیل هیدروگراف‌های واحد با پایه‌های مؤثر بزرگ‌تر به هیدروگراف واحد مزبور بوده است. دلیل این امر را احتمالاً می‌توان به تغییرپذیری و نداشتن ثبات رفتاری بیش‌تر حوزه آبخیز به رگبارهای با پایه زمانی بارندگی مؤثر کم‌تر نسبت داد. همچنین میزان خطای نسبی به‌دست آمده در خصوص دبی اوج، زمان پایه و زمان تا اوج هیدروگراف‌های واحد از مدت بارش مؤثر ۰/۲۵ به طرف ٦ ساعت کاهش زیادی پیدا کرده به‌طوری در دبی اوج، زمان پایه و زمان تا اوج به‌ترتیب از ۲۸۱/۱۰، ۳٦/۱۷ و ۵۰ به ۲۵/۹۲، ٤/۳۵ و صفر درصد رسیده است که نشان‌دهنده نبود خطی بودن تهیه هیدروگراف واحد و تغییرپذیری آن با زمان بوده که ضمن تأیید ضرورت استفاده از هیدروگراف‌های واحد با زمان مؤثر بزرگ‌تر در تبدیل به هیدروگراف واحد حوزه، با دیگر فرضیه پیش‌بینی شده برای این پژوهش و نظرات سینگ (۱۹۹۲) و ثقفیان (۲۰۰٦) مبنی بر رفتار غیرخطی پاسخ‌های هیدرولوژیک حوزه و نیز ارتباط غیرخطی هیدروگراف‌های واحد با یکدیگر هم‌خوانی دارد.

## نتیجه‌گیری و پیشنهادها

این پژوهش با هدف بررسی تغییرات زمانی هیدروگراف واحد و همچنین بررسی ارتباط بین مؤلفه‌های هیدروگراف واحد و باران در حوزه آبخیز معرف کسیلیان انجام شده است. از مجموع نتایج به‌دست آمده از این پژوهش می‌توان به سادگی جمع‌بندی نمود که هیدروگراف واحد به‌دست آمده از دوام بارش مؤثر مشابه به‌دلیل تفاوت در رژیم‌های بارندگی ورودی به سامانه آبخیز، تغییر در پوشش مکانی توده‌های بارانزا و حتی مشارکت متفاوت اجزای مختلف چرخه آب در تولید روان‌آب ناشی از رگبارهای مطالعاتی کاملاً متفاوت بوده که ضمن تأیید تغییرپذیری درونی[1] هیدروگراف‌های واحد در یک دوام بارش مؤثر بر تفاوت معنی‌دار هیدروگراف‌های واحد متوسط به‌دست آمده از دوام بارش‌های مختلف[2] تأکید دارد. اگرچه انجام مطالعات جامع و گسترده‌تر و نیز تلاش در طبقه‌بندی تفاوت‌های به‌دست آمده از شرایط گوناگون و به‌خصوص در سایر حوزه‌های آبخیز کشور برای انجام جمع‌بندی‌های نهایی پیشنهاد می‌شود.

## سپاسگزاری

به این وسیله از زحمات ارزشمند خانم‌ها مهندس هانیه اسدی و ملیحه مزین، دانش‌آموختگان دانشگاه تربیت مدرس، به‌واسطه همکاری مستمر در پیش‌برد پژوهش و نیز تأمین بخشی از اطلاعات اولیه سپاسگزاری می‌گردد.

## منابع

1.Alizadeh, A. 2003. Applied hydrology principals, Emam Reza Press, 815p. (In Persian)
2.Amanda, B., Patricia, P.K., Saco, M., Rhoads, B.L., and Yen, B.C. 2004. Hydrodynamic and geomorphologic dispersion: Scale effects in the Illinois River Basin. J. Hydrol. 288: 237-257.
3.Campolor, M.A., and Solodati, A. 1999. River flood forecasting with a neural network model. J. Water Resour. Res. 35: 1191-1197.
4.Cleveland, G.T., Thompson, D.B., Fang, X., and He, X. 2008. Synthesis of unit hydrographs from a digital elevation model. J. Irrig. Drain. E-ASCE. 134: 2. 212-221.

1- Inter-Change
2- Intra-Change

5.Croke, B.F.W. 2005. A Technique for deriving an average event unit hydrograph from Stream flow-only data for ephemeral quick-flow-dominant catchments. Adv. Water Res. 29: 493-502.
6.Heshmatpour, A., Mohseni Saravi, M., Sadoddin, A., and Erfanian, M. 2002. Development of efficiency of geomorphologic and geoclimatic instantaneous unit hydrograph in estimation of flood discharge. J. Iran Nat. Resour. 55: 1. 3-25. (In Persian)
7.Kalina, L., Govindarajua, R.S., and Hantushb, M.M. 2003. Effect of geomorphology resolution on modeling of runoff hydrograph and sediment graph over small watershed. J. Hydrol. 276: 89-111.
8.Lee, K.T., and Chang, C.H. 2005. Incorporating subsurface-flow mechanism into geomorphology-based IUH modeling. J. Hydrol. 311: 91-105.
9.Mahdavi, M. 2002. Applied hydrology, Tehran University Press, 356p.
10.Mirbagheri, S.A. 1998. Engineering hydrology, Shiraz University Press, 250p. (In Persian)
11.Moatamednia, M., Sadeghi, S.H.R., Moradi, H.R., and Asadi, H. 2010. Evaluation of Different Modeling Procedures in Unit Hydrograph-Hyetograph Relationship. J. Sci. Technol. Agric. Nature. Resour. (Water and Soil Science). 14: 52. 27-36. (In Persian)
12.Saadati, H., Golami, A., Sharifi, F., and Ayobzadeh, S.A. 2006. Simulation of daily discharge and water balance in Kasilian representative watershed land uses, J. Iran Nature. Resour. 59: 2. 301-313. (In Persian)
13.Sadeghi, S.H.R., Moradi, H.R., Mozaian, M., and Vafakhah, M. 2005. Efficiency of different methods of statistical analysis and modeling of rainfall-runoff (Case study: Watershed Kasilian), J. Iran Nature. Resour. 12: 3. 81-90. (In Persian)
14.Saghafian, B. 2006. Nonlinear transformation of unit hydrograph. J. Hydrol. 330: 596-603.
15.Singh, P.K., Bhunya, P.K., Mishra, S.K., and Chaube, U.C. 2007. An extended hybrid model for synthetic unit hydrograph derivation. J. Hydrol. 336: 347-360.
16.Singh, V.P. 1988. Hydrologic system (Rainfall-Runoff Modelling), 1: 960p
17.Singh, V.P. 1992. Elementary hydrology. Economy Edition. New Delhi, India, 670p.
18.Subramanya, K. 2001. Engineering Hydrology. Tata McGraw-Hill. 392p.

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

*J. of Water and Soil Conservation, Vol. 21(4), 2014*
*http://jwsc.gau.ac.ir*

# Variability of main unit hydrograph components of Kasilian Watershed in different effective precipitation time bases

**M. Moatamednia[1], *S.H.R. Sadeghi[2] and H.R. Moradi[3]**

[1]M.Sc. Graduate, Dept. of Watershed Management Engineering, Tarbiat Modares University,
[2]Professor, Dept. of Watershed Management Engineering, Tarbiat Modares University,
[3]Associate Prof., Dept. of Watershed Management Engineering, Tarbiat Modares University
Received: 12/22/2012; Accepted: 07/01/2013

**Abstract**

The flood hydrographs preparation is essential in order to provide the necessary information to control flood projects. However, getting access to accurate flood information is too difficult and expensive due to practical problems and the lack of suitable hydrometric stations. In addition, providing and analyzing unit hydrograph is considered as a usual and useful method for flood studies in watershed scale. Since the theories of making and applying the unit hydrograph cannot be provided, the investigation on the effects of mentioned theories and especially linearity and time stability on the precision of derived unit hydrograph is important. In spite the importance of variability of unit hydrograph, there are a few studies in this field. Towards this attempt, this study has been formulated in Kasilain watershed with the aim of investigating the unit hydrograph variability in different effective time bases using the hydrograph and hyetograph analysis of floods reports recorded during last 33 years. So that the range of differences between peak discharge, base time and time to peak of representative 2h unit hydrograph and those obtained from 0.25 to 6h unit hydrographs were found about 0.75 to 281, 6 to 36 and 0 to 50%, respectively.

***Keywords:*** Unit hydrograph, Hyetograph, Kasilain watershed, Temporal variation

* Corresponding Author; Email: sadeghi@modares.ac.ir