

## بررسی خصوصیات سیل در رودخانه قره‌چای رامیان

### \* ابوالفضل مساعدی<sup>۱</sup> و معصومه غریب<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup>دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد سوادکوه

تاریخ دریافت: ۸۵/۳/۲۲؛ تاریخ پذیرش: ۸۶/۲/۱۰

### چکیده

سیل یکی از حوادث مهم طبیعی در جهان است که خسارات مالی آن در بعضی دوره‌ها بیش از سایر حوادث طبیعی می‌باشد. در این تحقیق آمار دبی روزانه ۳۴ ساله دوره ۴۸-۱۳۴۷ تا ۸۱-۱۳۸۰ ایستگاه هیدرومتری رامیان مورد بررسی قرار گرفت. به این منظور، ابتدا آبنمودهای روزانه برای کل دوره آماری ترسیم گردید. سیل‌های مشاهده شده نیز به دو دسته سیل ساده و سیل مرکب تقسیم شدند و خصوصیات هر یک از سیل‌ها (بالغ بر ۳۷۰ مورد) شامل زمان‌های تداوم، اوج و فروکش، دبی اوج و حجم سیل تعیین گردید. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که تعداد وقوع سیل در طول دوره آماری در حال افزایش است و در فصل زمستان بیشترین احتمال وقوع سیل وجود دارد. همچنین، سیل‌های فصل بهار بیشترین زمان‌های تداوم، اوج و فروکش سیل را به خود اختصاص می‌دهند، علاوه بر آن بیشترین حجم سیل در این فصل اتفاق افتاده است که علت این امر، بارندگی توام با ذوب برف در این فصل می‌باشد. سیل‌های فصل تابستان نیز کمترین زمان‌های تداوم، اوج و فروکش و بیشترین دبی اوج را به خود اختصاص می‌دهند که علت آن را می‌توان به خصوصیات بارندگی در این فصل مرتبط دانست.

**واژه‌های کلیدی:** خصوصیات سیل، تغییرات زمانی سیل، آبنمود، گرگانرود، گلستان.

### مقدمه

سیل یک پاسخ طبیعی حوزه به بارندگی و سایر پدیده‌های هیدرولوژیکی است که تحت تأثیر مجموعه‌ای از عوامل اقلیمی، زمین‌شناسی، مورفولوژی، خاکشناسی، پوشش گیاهی و نحوه استفاده از اراضی و فعالیت‌های انسانی می‌باشد. (داوودی و مهدوی، ۱۹۹۹). بهره‌برداری غیراصولی از منابع طبیعی و منابع آب، تجاوز به حریم آبراهه‌ها و رودخانه‌ها و احداث سازه‌های نامناسب در

محدوده آنها نیز باعث تشدید خسارات سیل گشته به طوری که این خطر طبیعی در مواردی به یک فاجعه ملی تبدیل شده است (مساعدی، ۲۰۰۳). سیل‌های استان گلستان در سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۸۱ از آن جمله می‌باشند (مهدوی، ۲۰۰۳). در ضمن، فراوانی وقوع سیل و خسارات ناشی از آن در کل کشور و در استان‌های مختلف نیز از یک روند فزاینده برخوردار است (صادقی، ۱۹۹۵؛ توکلی، ۲۰۰۱؛ وطن‌فدا، ۲۰۰۳؛ میجانی و همکاران، ۲۰۰۶؛ محمدی و همکاران، ۲۰۰۶).

استفان (۲۰۰۲)، نیز به بررسی خصوصیات سیل‌های رخ‌داده در سال‌های ۱۹۹۶ و ۱۹۹۷ در حوزه آبخیز رودخانه سنگ زرد واقع در ایالت مونتانا، آمریکا پرداخت. نورث‌راپ (۲۰۰۴) به بررسی روابط ریاضی نحوه تغییر خصوصیات سیل بین ایستگاه‌های مختلف پرداخت. کوچمنت و همکاران (۲۰۰۷) نیز به بررسی و پیش‌بینی خصوصیات سیل براساس مقادیر دما و بارندگی در رودخانه‌های سه حوزه آبریز در کشور روسیه پرداختند.

در ایران نیز عابدی (۱۹۹۹)، سیلاب‌های به وقوع پیوسته استان کرمان را از سال ۱۳۳۰ تا ۱۳۷۵ مورد تجزیه و تحلیل قرار داد و نتیجه گرفت که تعداد وقوع سیلاب‌ها رو به ازدیاد است. وی در ادامه تحقیق خود ضمن بیان عوامل اصلی ایجاد سیلاب در استان کرمان درصد وقوع سیلاب در شهرستان‌های مختلف را محاسبه نمود. در نهایت با رسم نمودارهای پراکنندگی ماهانه سیلاب استان کرمان و با مشخص کردن درصد وقوع سیلاب در ماه‌های مختلف، نشان داد که بهمن با ۱۹/۱ درصد بیشترین و مهر با ۰/۶ درصد کمترین تعداد سیل‌های به وقوع پیوسته را در طی دوره آماری بررسی شده دارند. مساعدی (۲۰۰۳) به منظور بررسی عوامل ایجاد سیل‌های مرداد ۱۳۸۰ و ۱۳۸۱ در شرق استان گلستان، وضعیت سیل‌های رودخانه‌های اترک و گرگانرود را مطالعه نمود. وی نتیجه گرفت که در این رودخانه‌ها بدون استثنا در هر دهه نسبت به دهه قبل از آن، علاوه بر آنکه تعداد سیل‌های به وقوع پیوسته بیشتر شده است، حجم سیل و خسارات ناشی از آنها نیز زیاده‌تر شده است. وی اضافه می‌کند که در رودخانه‌های اترک و گرگانرود در حالی که کمترین درصد تعداد سیل در تابستان به وقوع می‌پیوندد اما، این سیل‌ها با توجه به منشأ آنها که بارندگی‌های رگباری می‌باشد، خسارات زیادی را باعث می‌شوند. وی در ادامه نتیجه می‌گیرد که در رودخانه اترک تعداد سیل‌های مرداد تقریباً دو برابر تعداد سیل‌های تیر و شهریور می‌باشد. دیگر اینکه بالاترین میانگین دبی اوج مربوط به سیل‌های مرداد می‌باشد، در حالی که حجم سیل و آورد کلی سیل در

تاکنون تعاریف متعددی برای سیل مطرح شده که هر یک از آنها خصوصیتی ویژه از سیل را برای اهدافی خاص بیان می‌کند. برخی از سیل‌ها فصلی هستند به طوری که در فصل‌های خاصی از سال مقادیر قابل توجهی آب حاصل از بارش و ذوب برف به سرعت وارد مجاری و رودخانه‌های موجود در حوزه‌ها می‌شوند. برخی دیگر از سیل‌ها ناگهانی بوده به گونه‌ای که بعد از بارندگی‌های شدید و یا تخریب سازه‌های آبی بوقوع می‌پیوندند و باعث طغیان رودخانه‌ها شده خسارات سنگینی را باعث می‌شوند. بنابراین سیل مانند سایر پدیده‌های هیدرولوژیکی نتیجه عوامل پیچیده‌ای است که ترکیب آنها خیلی مشکل‌تر از آن است که مکانیسم آن را بتوان به طور کامل تجزیه و تحلیل نمود (قادری و بهفروز، ۲۰۰۵).

همه ساله مناطق مختلفی از جهان انواع متفاوت سیل را تجربه می‌کنند. به عنوان مثال، می‌توان به چندین سیل که به طور متوالی از سال ۱۹۹۳ تا ۱۹۹۵ در حوزه رودخانه راین رخ داده است اشاره نمود، که شدیدترین آن مربوط به ژانویه ۱۹۹۵ بوده و باعث خسارات شدیدی در بسیاری از مناطق گردیده است (ویسل، ۱۹۹۵). به عنوان مثال دیگر می‌توان به بخش وسیعی از محدوده رودخانه‌های گنگ، برهماپوترا و مگنا که از کشور بنگلادش عبور می‌کنند، اشاره نمود. این مناطق هر ساله تحت تأثیر وقوع سیل قرار گرفته، خسارات زیادی را متحمل می‌شوند (اسلام و سادو، ۲۰۰۰). بنابراین مدیریت سیل و شناسایی خصوصیات آن ضروری به نظر می‌رسد. السن و همکاران (۲۰۰۰) از یک برنامه‌ریزی دراز مدت پویا برای مدیریت سیلاب‌دشت استفاده نمودند. یانگ و تسای (۲۰۰۰) به انجام مطالعاتی در زمینه خصوصیات سیل در کشور تایوان پرداخته و روش‌های مدیریتی را به منظور کاهش خسارات سیل ارائه دادند. پلیت (۲۰۰۲) مدیریت خطر سیل را به عنوان شیوه کاملاً مشخص برای سامان‌دهی و مدیریت خطرات ناشی از عوامل طبیعی، زیست‌محیطی و یا انسانی تعریف نمود. در سال‌های اخیر توجه به شناخت خصوصیات سیل بیشتر شده است.

حوزه آبخیز مورد مطالعه به سبب نفوذ جبهه‌های باران‌زای شمالی از مرکز پرفشار سیبری و جبهه‌های غرب از سوی دریای مدیترانه و توپوگرافی خاص خود از بارش سالانه مناسبی برخوردار است. اقلیم منطقه براساس طبقه‌بندی دومارتن بسیار مرطوب تا نیمه مرطوب است که بسته به ارتفاع تغییر می‌کند.

**روش کار:** در این تحقیق ابتدا آمار دبی روزانه، بارندگی و دمای روزانه ۳۴ ساله دوره ۱۳۴۷-۴۸ تا ۱۳۸۰-۸۱ ایستگاه هیدرومتری رامیان (شکل ۱) از مراکز مربوطه اخذ گردید و بررسی‌های اولیه از نظر کمیت و کیفیت آمار صورت گرفت. سپس با بررسی آمار بارندگی و دمای روزانه متوسط مقادیر دما و بارندگی ماهانه و سالانه تعیین گردید. آنگاه با استفاده از نرم‌افزار (TH)<sup>۱</sup> (گودا، ۱۹۹۵) برای کل دوره آماری آبنمودهای ماهانه و سالانه ترسیم گردید. نرم‌افزار TH نرم‌افزاری فوق‌العاده قوی در زمینه هیدرولوژی آماری و مدیریت منابع آب است که در دانشگاه صنعتی بوداپست در دپارتمان مدیریت منابع آب تهیه شده است. یکی از ابتدایی‌ترین کاربردهای این نرم‌افزار رسم آبنمود رودخانه در هر بازه زمانی می‌باشد (گودا، ۱۹۹۵). در این تحقیق از این نرم‌افزار فقط جهت رسم آبنمودها استفاده شده است و رسم این آبنمودها فقط به مقادیر سری زمانی دبی مشاهده‌ای بستگی داشته و مستقل از سایر خصوصیات حوزه است.

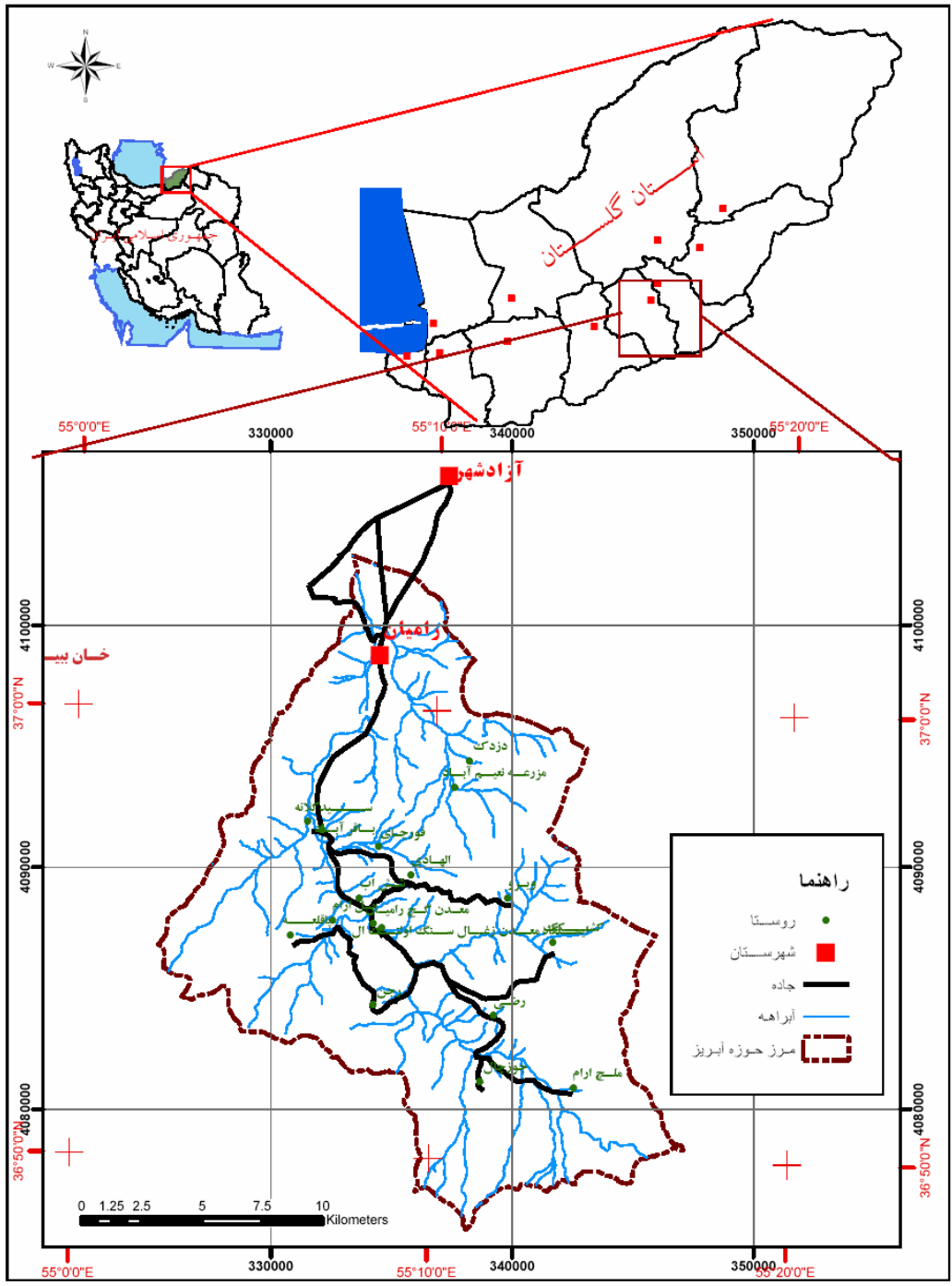
در این تحقیق با توجه به تعریفی که سیل را افزایش ناگهانی جریان رودخانه تا نقطه اوج و کاهش تدریجی آن می‌داند (توکلی و مساعدی، ۲۰۰۵)، جریان‌هایی به‌عنوان سیل در نظر گرفته شده است که شیب آبنمود جریان در آنها به‌صورت ناگهانی افزایش یافته و پس از رسیدن جریان به نقطه اوج، شروع به نقصان کرده و پس از مدتی دوباره به جریان پایه تبدیل شده است. در مواردی قبل از اینکه سیل کاملاً فروکش نماید در اثر وقوع بارندگی و یا ذوب برف دوباره جریان رودخانه افزایش یافته‌است. بنابراین، این سیل‌ها به‌عنوان سیل مرکب در نظر گرفته شده‌است.

مقایسه با سیل‌های اسفند، فروردین و اردیبهشت کمتر است. آنها اضافه می‌کنند که سیل‌های مرداد نسبت به سایر سیل‌ها خطرناک‌تر می‌باشند، زیرا زمان تداوم، زمان اوج و زمان فروکش این سیل‌ها بسیار کم ولی دبی اوج آنها بسیار زیاد است. توکلی و مساعدی (۲۰۰۵)، در بررسی خصوصیات سیل‌های گذشته رودخانه اترک در محدوده ایستگاه هیدرومتری مراوه واقع در استان گلستان نتیجه گرفتند که سیل‌های فروردین بیشترین و سیل‌های تیر کمترین میانگین حجم سیل را دارند. علاوه بر آن در فصل بهار، بیشترین احتمال وقوع سیل وجود دارد و بیشترین زمان‌های تداوم، اوج و فروکش سیل در این فصل رخ می‌دهد.

از آنجایی که در سال‌های اخیر روند فراوانی وقوع سیل در استان گلستان و میزان خسارت ناشی از آن نیز به شدت افزایش یافته و جان و مال بسیاری از مردم را تحت تأثیر قرار داده است، این تحقیق با هدف بررسی خصوصیات سیل‌های مشاهده شده و الگوی زمانی آن‌ها در رودخانه قره‌چای رامیان (واقع در حوزه آبریز گرگانرود) پرداخته شده است.

## مواد و روش‌ها

**حوزه آبخیز قره‌چای رامیان:** حوزه آبخیز قره‌چای رامیان یکی از زیرحوزه‌های گرگانرود است که در شرق استان گلستان واقع شده است. منطقه مورد مطالعه که در دامنه شمال شرقی سلسله جبال البرز قرار دارد با وسعت ۲۵۰ کیلومتر مربع، دارای آبراهه‌ای به طول ۳۰/۶۵ کیلومتر بوده و در محدوده ۴۵° ۵۴ تا ۱۵° ۵۵ طول شرقی و ۴۸° ۳۶ تا ۱۲° ۳۷ عرض شمالی واقع شده است (شکل ۱). رودخانه قره‌چای رامیان در طول مسیر از رقوم ارتفاعی متفاوتی عبور می‌کند، به‌طوری‌که مناطق اطراف بالادست آن کاملاً کوهستانی بوده و از نظر کاربری اراضی نیز بیشتر جنگلی می‌باشد، ولی مناطق اطراف پایین دست آن تقریباً هموار بوده و به اراضی کشاورزی اختصاص یافته است. ارتفاع حداکثر، متوسط و حداقل حوزه به ترتیب ۲۹۷۷، ۱۳۱۵ و ۲۰۰ متر می‌باشد.



شکل ۱- نقشه موقعیت حوزه مورد مطالعه در کشور و استان گلستان.

درصد فراوانی وقوع سیل‌های ساده و مرکب در طول دوره آماری، برای هر دوره ۵ ساله، هر فصل و هر یک از ماه‌های سال استخراج و روند وقوع آنها بررسی شد. سپس متغیرهای زیر به‌عنوان پارامترهای خصوصیات سیل مورد بررسی قرار گرفت.

شکل ۲ نمونه‌ای از آبنمودهای ماهانه، ترسیم شده به وسیله نرم‌افزار TH، را که در آن یک سیل ساده اتفاق افتاده است، نشان می‌دهد. در تمامی آبنمودهای ترسیم شده ابتدا جریان پایه با فرض ثابت ماندن مقدار آن در طول سیل از آبنمود مشاهده شده جدا شده آنگاه آبنمود سیل استخراج شده است (علیزاده، ۲۰۰۶). آنگاه تعداد و

آنگاه میانگین دبی اوج سیل، برای ماه‌های مختلف محاسبه گردید. سپس حداکثر دبی اوج سیل، بیشترین مقدار دبی اوج سیل در هر یک از ماه‌ها در طول دوره آماری موردنظر، در مورد هر ماه استخراج گردید.

حجم سیل<sup>۵</sup>، با تعیین سطح زیر منحنی آبنمود هر یک از سیل‌های مشاهده شده تعیین گردید. آنگاه، متوسط حجم سیل در طول دوره آماری برای هر یک از ماه‌های سال محاسبه شد. در مرحله بعد بیشترین مقدار حجم سیل در هر ماه، به‌عنوان حداکثر حجم سیل در هر یک از ماه‌های سال و در طول دوره آماری تعیین شد.

### نتایج و بحث

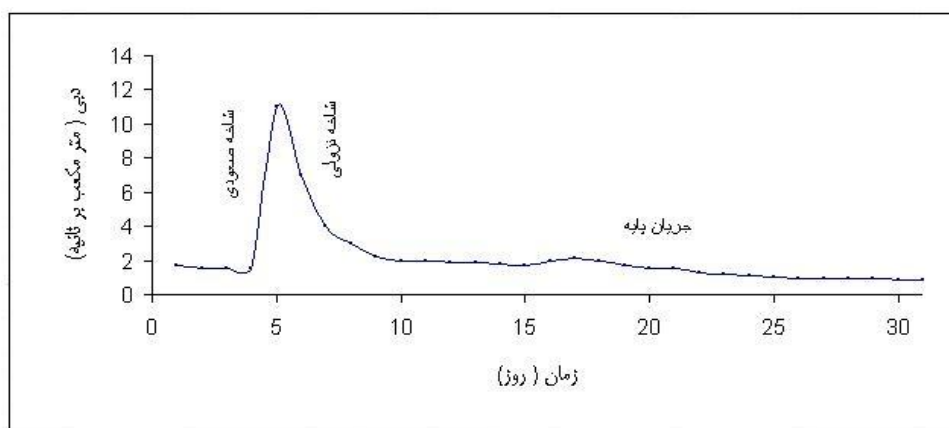
بررسی آمار روزانه و ماهانه بارندگی نشان می‌دهد که بیشترین مقدار بارندگی در ماه‌های بهمن و اسفند (۱۰۰ تا ۱۱۰ میلی‌متر) و کمترین مقدار بارندگی در ماه‌های فصل تابستان، بخصوص تیر (کمتر از ۲۵ میلی‌متر)، به‌وقوع می‌پیوندد. اسفند پر باران‌ترین و تیر کم‌باران‌ترین ماه سال می‌باشد. ضمن اینکه میانگین بارندگی سالیانه در طول دوره آماری مورد بررسی حدود ۸۵۸ میلی‌متر بوده‌است. در ضمن، شدیدترین بارندگی‌ها در ماه‌های فصل تابستان رخ می‌دهند و بارندگی‌های زمستانه عموماً به‌صورت برف می‌باشند.

زمان تداوم سیل<sup>۱</sup> با در نظر گرفتن فاصله زمانی بین شروع و ختم سیل در مورد تمامی سیل‌های مشاهده‌شده تعیین گردید. آنگاه میانگین زمان تداوم سیل در ماه‌های مختلف محاسبه و ماه‌های با بیشترین و یا کمترین زمان تداوم، مشخص شدند.

زمان اوج سیل<sup>۲</sup>، با در نظر گرفتن فاصله زمانی بین شروع شاخه صعودی آبنمود تا زمان رسیدن به حداکثر سیل پس از ترسیم آبنمودهای ماهیانه، در مورد تمامی سیل‌های مشاهده‌شده تعیین گردید. آنگاه میانگین زمان اوج در هر ماه محاسبه شد و ماه‌هایی که بیشترین و کمترین زمان اوج سیل مقدار را داشته‌اند، نیز مشخص شدند.

زمان فروکش سیل<sup>۳</sup> (زمان افت آبنمود) با در نظر گرفتن تفاوت زمان تداوم سیل با زمان اوج سیل در مورد تمامی سیل‌های مشاهده‌شده برای هر یک از ماه‌های سال تعیین گردید. سپس میانگین زمان فروکش برای هر ماه محاسبه شد. علاوه بر آن ماه‌هایی که در آن زمان فروکش سیل بیشترین و کمترین مقدار را داشته‌اند، مشخص شدند.

دبی اوج سیل<sup>۴</sup>، با در نظر گرفتن بیشترین مقدار دبی در یک سیل مشخص، با بررسی تمامی سیل‌های مشاهده شده برای هر یک از ماه‌های سال تعیین گردید.



شکل ۲- نمونه‌ای از آبنمود ماهانه ایستگاه رامیان (اردیبهشت ۱۳۵۰).

5- Flood volume

1- Base time  
2- Time to peak  
3- Falling time  
4- Peak of discharge

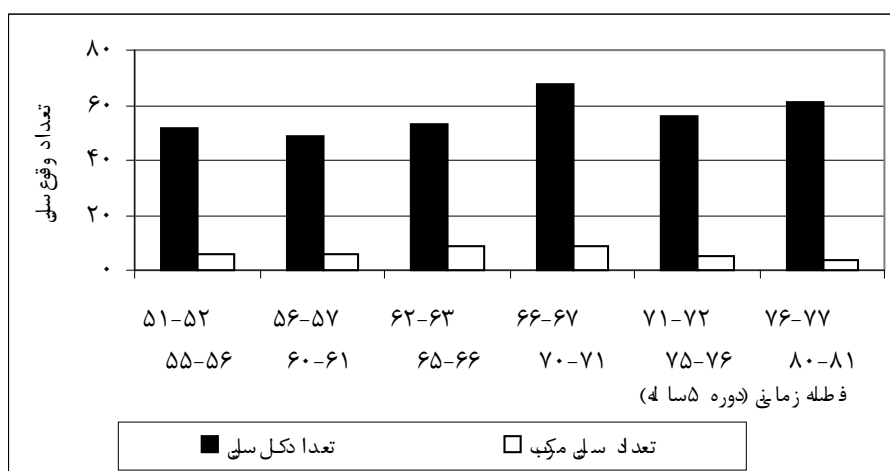
میانگین دمای سالانه حوزه در محل ایستگاه رامیان در طول دوره مورد بررسی ۱۶/۸ درجه سانتی‌گراد است. بهمن و مرداد با میانگین دمای ۷/۱ درجه سانتی‌گراد و ۲۶/۸ درجه سانتی‌گراد به ترتیب سردترین و گرم‌ترین ماه‌های سال هستند. متوسط تعداد روزهای یخبندان در این منطقه ۱۴/۲ روز در سال است که در فصل زمستان اتفاق می‌افتد.

نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که از ۳۷۴ سیل به وقوع پیوسته در طول دوره آماری ۳۴ ساله (دوره ۱۳۴۸-۱۳۴۷ تا ۱۳۸۱-۱۳۸۰)، ۴۵ سیل از نوع مرکب بوده‌اند که بزرگترین سیل مرکب در اسفند ماه ۱۳۷۰ (سیل با ده دبی پیک) رخ داده است. نتایج تجزیه و تحلیل این سیلاب‌ها مشتمل بر تعداد وقوع سیل در دوره‌های ۵ ساله، درصد فراوانی وقوع سیل در ماه‌های مختلف، درصد فراوانی وقوع سیل در فصول مختلف و درصد فراوانی وقوع سیل مرکب نسبت به کل سیل‌های مشاهده شده در فصول مختلف به ترتیب در شکل‌های ۳ تا ۶ نشان داده شده‌اند. همچنین مقادیر میانگین زمان تداوم، اوج و فروکش سیل‌ها، میانگین و حداکثر دبی اوج سیل‌ها و میانگین و ماکزیمم حجم سیل‌های مشاهده شده، در جدول‌های ۱ تا ۳ خلاصه شده‌اند.

بر اساس بررسی‌های انجام شده روی سیلاب‌های رخ داده، می‌توان بیان نمود که روند وقوع سیلاب‌ها، از

سال ۱۳۴۷ تا ۱۳۸۱ از یک حالت نسبتاً افزایشی برخوردار بوده است (شکل ۳) که از این لحاظ نیز با تحقیقات صادقی (۱۹۹۵)، وطن‌فدا (۲۰۰۳)، مساعدی (۲۰۰۳)، میجانی و همکاران (۲۰۰۶) و محمدی و همکاران (۲۰۰۶) مشابهت دارد. به‌عنوان مثال در آخرین دوره (دوره پنج ساله ششم، سال آبی ۷۷-۱۳۷۶ تا سال آبی ۸۱-۱۳۸۰) تعداد سیل‌ها نسبت به بقیه دوره‌های پنج ساله به جز دوره پنج ساله چهارم بیشتر بوده است. به طوری که در دوره پنج ساله اول تا ششم به ترتیب ۵۲، ۴۹، ۵۳، ۶۸، ۵۶ و ۶۱ مورد سیل جاری شده است (شکل ۳). همچنین تعداد سیل مرکب در دوره پنج ساله سوم و چهارم نسبت به دوره‌های قبل و بعد از خود نیز افزایش شدیدی داشته که در نهایت در دوره پنج ساله ششم کمترین تعداد سیل مرکب را شاهد بوده (شکل ۳) و به نظر می‌رسد که وقوع سیل‌های مرکب در طول دوره مورد بررسی از روند خاصی پیروی نمی‌کند.

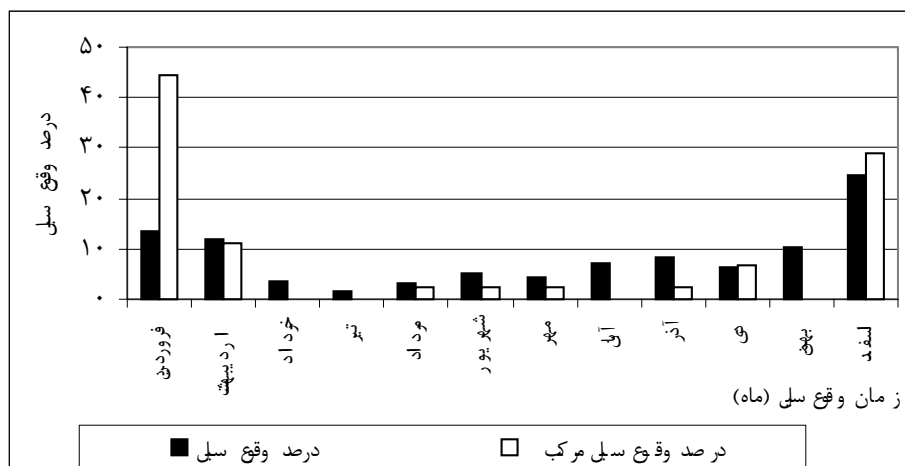
در یک دوره ۳۴ ساله از تعداد کل ۳۷۴ سیل مشاهده شده، ۴۵ سیل از نوع مرکب می‌باشد. از تعداد کل سیل‌های رخ داده، زمستان با ۴۱/۱۸ درصد بیشترین و تابستان با ۱۰/۱۶ درصد کمترین میزان وقوع سیل را داشته‌اند. یکی از علل این موضوع را می‌توان به میزان بارندگی مربوط دانست، به‌گونه‌ای که بارندگی فصل



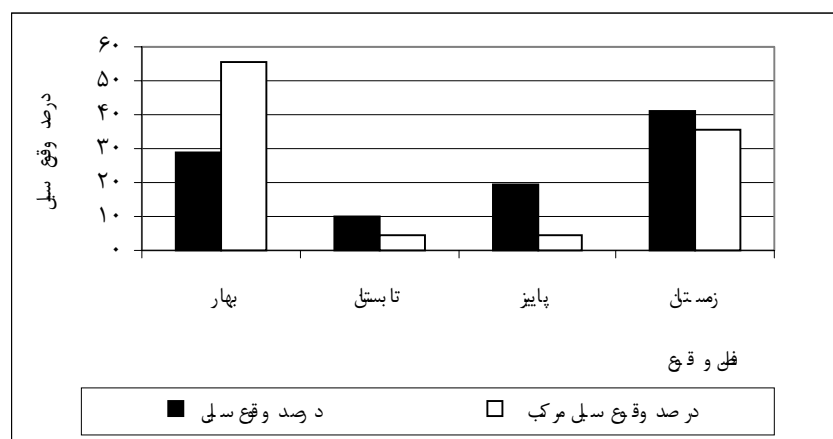
شکل ۳- هیستوگرام فراوانی وقوع سیل‌های رخ داده و سیل‌های مرکب در طی دوره‌های ۵ ساله.

زمستان ۳ برابر بارندگی تابستان می‌باشد. همچنین در این دوره، اسفند با ۲۴/۵۹ درصد (۹۲ سیل)، بیشترین و تیر با ۱/۶۰ درصد (۶ سیل)، کمترین درصد وقوع سیل در ماه‌های سال را داشته‌اند (شکل ۴). فروردین با ۴۴/۴۴ درصد (۲۰ سیل) بیشترین و خرداد، تیر، آبان و بهمن با صفر درصد (بدون سیل مرکب)، کمترین مقدار وقوع سیل مرکب را در ماه‌های سال داشته‌اند (شکل ۴). از میان سیل‌های مرکب مشاهده شده، بهار بیشترین و تابستان و پاییز کمترین درصد آن را به خود اختصاص داده است

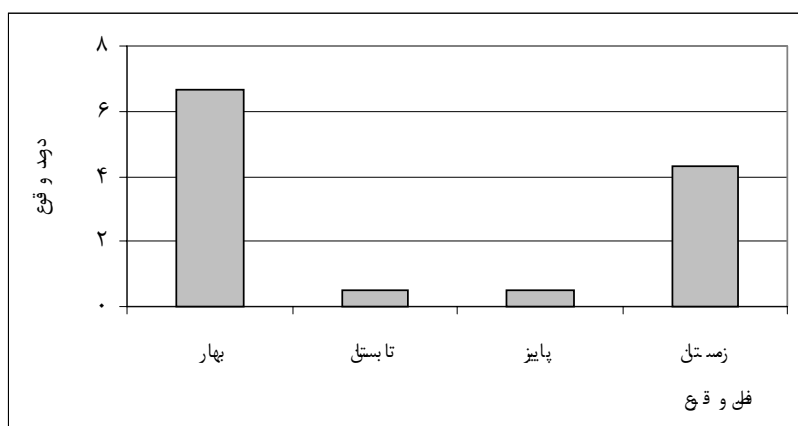
(شکل‌های ۵ و ۶). این یافته با نتایج مساعدی (۲۰۰۳) همسو است. علت وقوع بسیار زیاد سیل مرکب در فروردین بارندگی همراه با ذوب برف بخصوص در ارتفاعات می‌باشد. ضمن آنکه در ماه‌های خرداد، تیر، آبان بارندگی‌ها به صورت منفرد بوده و در بهمن نیز قسمت عمده بارندگی به دلیل سردی هوا به صورت برف است. این عوامل در این ماه‌ها مانع از شکل‌گیری سیل مرکب می‌شوند.



شکل ۴- هیستوگرام فراوانی وقوع سیل‌های مشاهده شده و سیل‌های مرکب در ماه‌های مختلف.



شکل ۵- هیستوگرام درصد فراوانی وقوع سیل‌های مشاهده شده و سیل‌های مرکب در فصول مختلف.



شکل ۶- هیستوگرام درصد فراوانی وقوع سیل مرکب نسبت به کل سیل‌های مشاهده شده در فصول مختلف.

ارديبهشت، بارندگی همراه با ذوب برف می‌باشد و این عمل باعث افزایش زمان اوج سیل می‌شود. سیل‌های فروردین با میانگین ۶/۶۷ روز، بیشترین و سیل‌های شهریور با میانگین ۱/۶۰ روز، کمترین زمان فروکش سیل را دارند (جدول ۱). علت این امر علاوه بر منشأ سیلاب‌ها، تا حدی به دمای منطقه مورد مطالعه نیز بستگی دارد. همان‌طور که قبلاً اشاره شد علت اصلی سیل‌های فروردین، گرم شدن هوا و سیلاب‌های ناشی از ذوب برف می‌باشد، در حالی که سیل‌های شهریور، تیر و مرداد ناشی از رگبارهای کوتاه مدت منفرد و موقتی می‌باشد. زمان فروکش سیل‌های آبان، آذر و دی کمتر از ۳ روز می‌باشد (جدول ۱). این ماه‌ها از ماه‌های سرد سال بوده که بارندگی در این ماه‌ها بیشتر به صورت برف (بخصوص در ارتفاعات حوزه) می‌باشد و رواناب چندانی در سطح حوزه جاری نمی‌شود.

با بررسی میانگین زمان تداوم سیل‌ها می‌توان نتیجه گرفت که سیل‌های فروردین، بیشترین و سیل‌های شهریور، کمترین زمان تداوم را دارا می‌باشند (جدول ۱). به‌طور کلی می‌توان بیان نمود که سیل‌های فصل تابستان زمان تداوم کمتر و سیل‌های فصل بهار، بیشترین زمان تداوم را دارند که این نتایج نیز با نتایج توکلی (۲۰۰۱) همخوانی دارد. علت این امر نیز به منشأ متفاوت این سیل‌ها بر می‌گردد. از نظر زمان رسیدن به اوج، سیل‌های فروردین با میانگین ۳/۲۹ روز، بیشترین و آذر ماه با میانگین ۱/۱۳ روز، کمترین زمان اوج را دارا می‌باشند (جدول ۱). علت این امر به منشأ سیل‌ها مربوط می‌شود. به‌علت اینکه بخش اعظمی از حوزه در نواحی کوهستانی واقع شده است و در ماه‌های آذر، دی و بهمن اکثر نزولات به صورت برف می‌باشد و رواناب چندانی در سطح حوزه جاری نمی‌شود. ولی منشأ سیل‌های اسفند تا

جدول ۱- میانگین زمان تداوم، اوج و فروکش سیل‌های رخ داده در ماه‌های مختلف (روز).

دوره زمانی (نام ماه)	میانگین زمان تداوم	میانگین زمان اوج	میانگین زمان فروکش	دوره زمانی (نام ماه)	میانگین زمان تداوم	میانگین زمان اوج	میانگین زمان فروکش
فروردین	۹/۹۶	۳/۲۹	۶/۶۷	مهر	۳/۰۰	۱/۳۱	۱/۶۹
اردیبهشت	۵/۹۸	۱/۸۹	۴/۰۹	آبان	۳/۳۸۷	۱/۲۳	۲/۱۵
خرداد	۳/۷۸	۱/۶۴	۲/۱۴	آذر	۳/۱۳	۱/۱۳	۲/۰۰
تیر	۳/۳	۱/۵۰	۱/۸۰	دی	۳/۵۰	۱/۴۶	۲/۰۴
مرداد	۳/۲۵	۱/۳۳	۱/۹۲	بهمن	۳/۲۷	۱/۵۰	۱/۹۲
شهریور	۲/۸۵	۱/۲۵	۱/۶۰	اسفند	۵/۹۱	۲/۶۴	۳/۲۷



در طول دوره آماری مورد بررسی، سیل‌های تیر با میانگین دبی اوج ۱۶/۷۰ متر مکعب در ثانیه، بیشترین و خرداد با میانگین ۳/۵۲ متر مکعب در ثانیه، کمترین مقدار دبی اوج در طول سال را دارا می‌باشند. علاوه بر آن سیل‌های مرداد و شهریور نیز دارای دبی اوج بسیار زیادی هستند (جدول ۲). این موضوع خطرناک بودن سیل‌های تابستانه را نشان می‌دهد. علت این امر به شدت بارندگی‌های تابستانه مربوط می‌شود، به گونه‌ای که براساس آمار موجود از مناطق اطراف حوزه مورد تحقیق شدیدترین بارندگی‌ها در این ماه‌ها اتفاق می‌افتد.

سیل‌های اسفند و مرداد با حداکثر دبی اوج ۸۴ و ۸۲/۷ متر مکعب بر ثانیه، بیشترین و خرداد با حداکثر دبی اوج ۹/۱۶ متر مکعب بر ثانیه کمترین مقدار حداکثر دبی اوج در طول سال را دارا می‌باشند (جدول ۲) که علت آن نیز به منشأ سیل‌ها و ویژگی‌های بارندگی و تفاوت آنها در این ماه‌ها مربوط می‌شود. در مورد سیل اسفند ماه براساس آمار و تجربیات موجود بارندگی توام با ذوب برف، در مورد سیل مرداد بارندگی شدید و در مورد سیل خرداد بارندگی پراکنده و کوتاه مدت عوامل ایجاد این سیل‌ها بوده‌اند.

سیل‌های فروردین بیشترین میانگین حجم سیل و سیل‌های ماه‌های آذر و خرداد، کمترین حجم سیل را دارند (جدول ۳). علت این امر را می‌توان به مقدار دبی اوج سیل‌ها و مدت زمان تداوم آن‌ها و منشأ این سیل‌ها مرتبط دانست. نتایج این بخش از تحقیق با تحقیقات توکلی (۲۰۰۱) همسو است.

در مورد سیل‌های مرکب نیز، سیل‌های فروردین، دارای بیشترین میانگین حجم و خرداد، تیر، آبان و بهمن کمترین مقدار حجم سیل را دارا می‌باشند (جدول ۳) که در واقع میانگین حجم سیل در این ماه‌ها برابر صفر می‌باشد و هیچ سیل مرکبی در این ماه‌ها رخ نداده است. علت این امر را می‌توان به خصوصیات بارش در ماه‌های مختلف مربوط دانست. در ماه‌های خرداد و تیر بارندگی‌ها در منطقه منفرد هستند. در ضمن علت حجم زیاد سیل‌های فروردین، بارندگی توام با ذوب برف به علت گرم شدن تدریجی هوا است.

به طور کلی براساس خصوصیات سیل‌های گذشته می‌توان نتیجه‌گیری کرد که بیشترین احتمال وقوع سیل مرکب در فصل بهار می‌باشد. ضمن آنکه بیشترین احتمال وقوع سیل (اعم از مرکب یا ساده) در فصل زمستان می‌باشد (شکل ۵) و بیشترین زمان‌های تداوم، اوج و فروکش (جدول ۱) و بیشترین میانگین حجم و حداکثر حجم (جدول ۳) سیل در این فصل بوقوع می‌پیوندد. سیلاب‌های فصل تابستان به علت اینکه ناشی از رگبارهای کوتاه مدت ولی شدید می‌باشند، دارای زمان اوج، تداوم و فروکش کم و دبی اوج زیاد بوده (جدول‌های ۱ و ۲) و در نتیجه دارای آب‌نمود تیزتری می‌باشند. ولی سیل‌های فصل بهار به دلیل اینکه اکثراً ناشی از بارندگی توام با ذوب برف می‌باشند دارای آب‌نمود گسترده‌تر می‌باشند که از این لحاظ نیز با نتایج تحقیقات توکلی (۲۰۰۱) و استفان (۲۰۰۲) همسو می‌باشد.

جدول ۲- میانگین و حداکثر دبی اوج سیل‌های رخ داده در ماه‌های مختلف (مترمکعب بر ثانیه).

دوره زمانی (نام ماه)	میانگین دبی اوج	حداکثر دبی اوج	دوره زمانی (نام ماه)	میانگین دبی اوج	حداکثر دبی اوج
فروردین	۱۰/۹۰	۳۶/۷۰	مهر	۷/۴۴	۲۴/۱۴
اردیبهشت	۹/۸۳	۵۳/۹	آبان	۷/۳۵	۶۰/۲۰
خرداد	۳/۵۲	۹/۱۶	آذر	۴/۱۲	۳۰/۵۰
تیر	۱۶/۷۰	۸۱/۴	دی	۳/۵۷	۱۲/۴۰
مرداد	۱۵/۰۱	۸۲/۷	بهمن	۴/۲۵	۱۹/۵۲
شهریور	۱۴/۷۳	۸۰/۰۰	اسفند	۹/۲۲	۸۴/۰۰

جدول ۳- میانگین و ماکزیمم حجم سیلاب‌های رخ داده در ماه‌های مختلف (میلیون متر مکعب).

دوره زمانی (نام ماه)	میانگین حجم سیل	میانگین حجم سیل‌های مرکب	حداکثر حجم سیل	حداکثر حجم سیل‌های مرکب
فروردین	۴/۳۶	۸/۶۳	۳۲/۹۱	۳۲/۹۱
اردیبهشت	۲/۵۴	۵/۱۳	۱۴/۱۷	۱۴/۷۰
خرداد	۰/۴۲	-	-	۱/۰۹
تیر	۱/۵۵	-	-	۶/۹۲
مرداد	۱/۹۹	۰/۴۰	۰/۴۰	۱۰/۵۲
شهریور	۱/۸۰	۰/۴۰	۰/۴۰	۶/۹۱
مهر	۰/۹۴	۳/۷۵	۳/۷۵	۳/۷۵
آبان	۰/۷۸	-	-	۵/۱۸
آذر	۰/۴۱	۰/۴۸	۰/۴۸	۲/۵۸
دی	۰/۴۶	۱/۳۹	۲/۹۷	۲/۹۷
بهمن	۰/۵۴	-	-	۶/۳۴
اسفند	۲/۴۹	۷/۴۸	۲۳/۵۸	۲۴/۴۶

با بررسی وضعیت هیدروگراف و خصوصیات سیل‌های رخ داده رودخانه قره‌چای، مشخص شد که سیل‌های اسفند و فروردین نه تنها حجم و زمان تداوم بیشتری دارند بلکه فراوانی وقوع آنها بیشتر بوده و رواناب بیشتری تولید می‌کنند. به‌طور کلی حداکثر دبی اوج مربوط به سیل‌های فصل تابستان می‌باشد که سیل‌های این فصل نیز در واقع سیل ناشی از رگبارهای سیل‌آسا و خطرناک می‌باشند که میزان خسارات ناشی از این سیل‌ها نیز زیاد می‌باشد. بنابراین پیشنهاد می‌گردد که با انجام اقدامات آبخیزداری شامل عملیات بیولوژیکی و مکانیکی و همچنین مدیریت کاربری اراضی علاوه بر ذخیره جریان و نفوذ آن در بالادست، میزان دبی اوج سیلاب را کاهش و زمان تمرکز را افزایش داد تا در جهت کاهش میزان خسارات ناشی از سیل گام مؤثری برداشت. از طرف دیگر با انجام عملیات آبخیزداری از انتقال رسوبات به پایین دست جلوگیری می‌شود. زیرا در صورت انتقال رسوب به پایین دست مانعی در برابر جریان ایجاد می‌گردد که احتمال سیل‌گیری اراضی بالا رفته و بخش وسیع‌تری را سیل می‌گیرد.

با توجه به اینکه استان گلستان یکی از استان‌هایی است که به‌طور مکرر در معرض خطر سیل قرار دارد و محدوده مورد مطالعه نیز در همین استان واقع شده و سیل‌های بزرگی نیز در آن مشاهده شده است، تجهیز ایستگاه هیدرومتری رامیان به سیستم هشدار سیل می‌تواند تا حدود زیادی از خطرات جانی سیل در منطقه بکاهد.

با بررسی وضعیت هیدروگراف و خصوصیات سیل‌های رخ داده رودخانه قره‌چای، مشخص شد که سیل‌های اسفند و فروردین نه تنها حجم و زمان تداوم بیشتری دارند بلکه فراوانی وقوع آنها بیشتر بوده و رواناب بیشتری تولید می‌کنند. به‌طور کلی حداکثر دبی اوج مربوط به سیل‌های فصل تابستان می‌باشد که سیل‌های این فصل نیز در واقع سیل ناشی از رگبارهای سیل‌آسا و خطرناک می‌باشند که میزان خسارات ناشی از این سیل‌ها نیز زیاد می‌باشد. بنابراین پیشنهاد می‌گردد که با انجام اقدامات آبخیزداری شامل عملیات بیولوژیکی و مکانیکی و همچنین مدیریت کاربری اراضی علاوه بر ذخیره جریان و نفوذ آن در بالادست، میزان دبی اوج سیلاب را کاهش و زمان تمرکز را افزایش داد تا در جهت کاهش میزان

## منابع

1. Abedi, Gh. 1999. Damage from natural hazards in Kerman province. *Sepehr*. 8:31.53-67.
2. Alizadeh, A. 2006. Principle of applied hydrology. 18<sup>th</sup> edition. Imam Reza university press. 815p.
3. Davoudi, A., and Mahdavi, M. 1999. Study of climatological and morphological models for estimating of flood discharge in arid and semi- arid regions (case study Salt Lake watershed). *Proceeding of 2<sup>nd</sup> regional conference on climate change*. Pp:182-189.
4. Ghaderi, J., and Behforouz, M.R. 2005. Studying of flood in hydrological and water resources engineering projects. *International conference on geohazards, natural disasters and methods of confronting with them*. Tabriz, Iran. Pp:1181-1189.
5. Goda, L. 1995. Statistical and probability analysis of high waters in rivers and creeks. *statistical methods in hydrological sciences*. Conference Paris, UNESCO September, Pp: 11-13.

6. Islam, M.D., and Sado, K. 2000. Development of flood hazard maps of Bangladesh using NOAA-AVHRR images with GIS. *Hydrological Sciences Journal*. 45:3.221-232.
7. Kuchment, L.S., Gelfan, A.N., and Demidov, V.N. 2007. Long-term ensemble forecasting of spring/summer flood characteristics. *Geophysical Research Abstracts*. 9:04845
8. Mahdavi, M. 2003. Flood in Iran. Abstract of seminar on flash flood prevention & mitigation. Pp:101.
9. Mijani, K., Ghaem Maghamian, Sh., and Amini Zadeh, M.R. 2006. Water floods and its resulting damages in Kerman. Proceeding of 2<sup>nd</sup> national conference on Watershed and Soil & Water Management. Kerman, Iran. Pp: 2126-22130.
10. Mohammadi, A., Mosaedi, A., and Tahmasebi, A. 2006. Flood characteristics of Gorgan Roud river in Gonbad hydrometric station. Proceeding of 2<sup>nd</sup> national conference on Watershed and Soil & Water Management. Kerman, Iran. Pp: 2255-2261.
11. Mosaedi, A. 2003. Study of factors increasing flood damages in the north of Iran on august 2001 and 2002. *Geophysical Research Abstracts*. 5:03945.
12. Northrop, P. 2004. Likelihood-based approaches to flood frequency estimation. *Journal of Hydrology*. 292: 96–113
13. Olsen, J.R., Beling, P.A., and Lambert, J.H. 2000. Dynamic models for floodplain management. *Journal of Water Resources Planning Management*. 126: 3.167–175.
14. Plate, E.J. 2002. Flood risk and flood management. *Journal of Hydrology*. 267.2-11.
15. Sadeghi, S.H.R. 1995. Study on effective factors on flood occurrence and assessment of its controllable factors. *Journal of Forest and Rangeland*. 29:54-61.
16. Stephen, R. 2002. Hydrologic investigation by the USGS following the 1996 and 1997 flood in the upper Yellowstone river, Montana. American water resources association, 19<sup>th</sup> annual Montana section meeting, section one: 1-18.
17. Tavakoli, M. 2001. Flood hazard zonation and its characteristics in a part of Atrak River (Iran). M.Sc. thesis on watershed management, Gorgan University of agricultural science and natural resources. 92 p.
18. Tavakoli, M., and Mosaedi, A. 2005. Investigation of flood characteristics of Atrak river on Marave Tapeh region. Proceeding of 2<sup>nd</sup> national conference on soil and water management (in cd). Kerman. Iran.
19. Vatan Fada, M. 2003. Study of flood situation in Iran, problems and troubles. Proceeding of seminar on flash flood prevention & mitigation. Pp: 302-313.
20. Wessel, J. 1995. Flood management of the transnational Rhine River, U.S. Italy research workshop on the hydrometeorology, impacts, and management of extreme flood. *Physics and Chemistry of the Earth*. 20:5-6. 503-506.
21. Yang, C.R., and Tsai, C.T. 2000. Development of a GIS based flood information system for floodplain management and damage calculation. *Journal of the American Water Resources Association*. 36:3.567-577.

## **Investigation of flood characteristics in Gharahchy basin of Ramian**

**\*A. Mosaedi<sup>1</sup> and M. Gharib<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Associate Prof. Dept. of Water engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran, <sup>2</sup>Islamic Azad University, Savadkooh branch, Iran

---

---

### **Abstract**

Flood is one of the most important natural phenomena in the world. In this research Statistical data of daily discharge for 34 years (from 1968 to 2002) from Ramian hydrometric station were used. First of all daily hydrographs were drawn using a software so called Technical Hydrology. Then characteristics of observed floods including duration of flood, time to peak discharge, falling time, peak discharge and volume of flood were obtained. Afterwards, numbers of floods, average of peak, falling and duration times, average and maximum of peak discharge and average and maximum of flood volumes for different time scales were determined. The results illustrated that the probability of flooding days in winter is higher than other seasons. Meantime, springs floods have the highest average times of duration, peak and falling. Moreover, maximum of flood volumes were occurred in this season. In spite of, spring floods, floods of summer have the lowest average times of duration, peak and falling and the highest amount of peak discharge, because of precipitation characteristics in summer. Spring floods have blunted hydrographs while summer floods have sharp hydrographs, because of precipitation characteristics in this season.

**Keywords:** Flood properties; Flood temporal variation; Hydrograph; Gorgan rood; Golestan.