

بررسی مقدار و شدت بارش‌های مولد سیل در حوضه آبریز خرم آباد

مهران زند^{۱*}، رنگینه سمعی^۲

۱- دانشیار مرکز تحقیقات کشاورزی و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی لرستان

۲- کارشناس ارشد جغرافیای طبیعی دانشگاه آزاد خرم آباد

(دریافت: ۹۴/۰۳/۲۵، پذیرش: ۹۵/۰۲/۱۲)

چکیده

استان لرستان یکی از استان‌های سیل‌خیز ایران است به طوری که سالانه خسارات زیادی به بخش‌های مختلف از قبیل اراضی کشاورزی، ساختمان‌ها، روستاها، شهرها، خطوط ارتباطی، صنایع و سایر بخش‌ها وارد می‌شود و باعث تلفات جانی هم می‌شود. به منظور اجرای هرگونه طرح مهار سیلاب نیاز به مطالعه عوامل مؤثر در سیل است. لذا با توجه به این که در حوضه آبریز خرم‌آباد سیلاب‌های زیادی رخ می‌دهد در این پژوهش سعی در یافتن رابطه‌ای بین بارش و سیل با تأکید بر عوامل اقلیمی به خصوص مقدار، مدت و شدت بارش بوده است. به این منظور پس از رسم هیدروگراف طغیان‌های رخ داده، حجم سیل محاسبه شد و به همراه خصوصیات بارش مورد تحلیل رگرسیونی قرار گرفت و روابطی به دست آمد. در این تحقیق با تحلیل نتایج مشخص شد که مقدار بارش بیشترین نقش را در بروز سیل در منطقه ایفا می‌کند. همچنین خصوصیات بارش (مقدار و شدت) تعیین کننده ۷۲/۹ درصد از حجم سیلاب‌ها بوده و سایر خصوصیات فیزیوگرافیکی حوضه کمتر از ۲۸ درصد از رواناب منطقه را توجیه می‌کنند.

واژه‌های کلیدی: سیل، بارش، هیدروگراف، هیتوگراف، الگوی زمانی بارش، حوضه آبریز خرم‌آباد.

مقدمه

خسارات ناشی از سیلاب اوایل آذر ماه ۱۳۹۴ به بخش کشاورزی حوضه خرم‌آباد ۴۵ میلیارد ریال برآورد شده است. با توجه به تلفات فزاینده و مخرب ناشی از سیل مطالعه عوامل مؤثر در بروز سیل از اهمیت خاصی برخوردار است که این عوامل عبارتند از: عوامل اقلیمی، خاکی و مدیریتی، که در این بین خصوصیات بارش (مقدار، شدت و مدت) مهمترین نقش را ایفا می‌کنند. در این تحقیق سعی بر آن بوده است که نقش خصوصیات بارش بر رواناب منطقه بررسی شود. به منظور مطالعه رابطه بارش - رواناب از روش‌های زیادی استفاده می‌شود که برخی از آن‌ها عبارتند از: روش همبستگی بارش - رواناب، روش همبستگی چند متغیره، روش‌های تجربی برآورد رواناب، استفاده از مدل‌های ریاضی، استفاده از سری‌های زمانی.

به یقین سیل ناشی از بارش است اما رابطه خطی و مستقیمی بین این دو پدیده وجود ندارد و عواملی چون شرایط طبیعی، اقلیمی و جغرافیایی بر هم زننده این رابطه است. بنابراین رابطه بارش و رواناب در یک حوضه را نمی‌توان به حوضه‌های دیگر تعمیم داد و کاربرد هر رابطه فقط در همان حوضه از اعتبار برخوردار است.

با وجود پژوهش‌های زیادی که در زمینه عوامل مؤثر در بروز سیل و ارائه فرمول‌ها و مدل‌های مختلف برای برآورد آن توسط محققین کشورهای دنیا صورت گرفته، فعالیت‌های انجام شده در ارتباط با موضوع تحقیق حاضر، نسبتاً محدود است. بارش یکی از پیچیده‌ترین عناصر چرخه آب شناختی همراه با تغییرات زیاد در زمان و مکان است. پیش‌بینی بارش کار ساده‌ای نیست و عدم قطعیت‌های زیادی در آن وجود دارد. در ارتباط با پیش‌بینی سیلاب و توسعه مدل‌های بارش - رواناب در زمان واقعی تحقیقات زیادی انجام شده است.

بررسی آمار و ارقام نشان می‌دهد که ۵۸ درصد از کل افرادی که در دنیا بر اثر بلایای طبیعی کشته شده‌اند مربوط به سیلاب بوده است. در ایران نیز هر ساله شاهد وقوع سیلاب‌های بسیار مخرب با تلفات جانی و مالی هستیم؛ بطوری که نتایج حاصل از بررسی یک دور ۴۲ ساله (۱۳۷۲ - ۱۳۳۰) نشان داده که وقوع سیل ۲۷ درصد و فرسایش خاک ناشی از آن افزایش ۴۴۰ درصدی داشته است. وقوع سیل در سال‌های اخیر خسارات قابل توجهی به بخش‌های مختلف اقتصادی حوضه آبریز خرم‌آباد کرده است. برای مثال

است. گارامبویس و همکاران (۲۰۱۴) در تحقیقی با عنوان تجزیه و تحلیل سیل‌های سریع ناشی از بارندگی با یک مدل هیدرولوژیکی فرآیندگرا، نتایج پاسخ‌های هیدرولوژیکی حوضه آبودی Aude در پیرنئان Pirnean را بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که بین توزیع مکانی و زمانی بارش در مقیاس حوضه آبریز، ریخت‌شناسی حوضه آبریز و پاسخ رواناب وابستگی وجود دارد چوداری و همکاران (۲۰۱۴) نیز استفاده از مدل HEC-HMS در شبیه‌سازی وقایع بارش رواناب به منظور برآورد حجم رواناب، بده حداکثر سیل، و جریان پایه را در حوضه آبخیز بالیجوری نالا هند رضایت‌بخش دانستند.

قائمی (۱۳۷۳) ضمن معرفی شش عامل تأثیرگذار بر وقوع سیلاب شامل عمق بارندگی، زمان بارش، عمق برف، جنس زمین، پوشش گیاهی، شیب و شکل حوضه شدت سیل‌خیزی زیر حوضه‌های کرخه را تعیین نمود. علاوه بر روش‌های تجربی، روش‌های همبستگی تک و چند متغیره بین آب‌دهی سالانه و بارش و عوامل دیگر نظیر دما، شیب حوضه، نوع خاک و پوشش گیاهی استفاده شده است. نتایج مطالعات علایی طالقانی و همایونی (۱۳۹۰) در حوضه دینور در شمال‌شرق استان کرمان نشان داد که سیل‌خیزی این منطقه در اصل ناشی از ساختار زمین ریخت‌شناسی این منطقه است. با توجه به موارد ذکر شده عوامل متعددی در ظهور سیلاب هر حوضه نقش دارد، اما اینکه میزان تأثیر هر یک از عوامل و اثر ترکیبی آن‌ها در مواقع سیلاب روی تشدید یا تضعیف سیلاب چگونه خواهد بود هنوز به درستی معلوم نیست. یزدانی و همکاران (۱۳۹۳) در پژوهشی تحت عنوان برقراری سامانه هشدار سیل با استفاده از مدیریت یکپارچه مدل‌های هیدرولوژیکی و هیدرولیکی (مطالعه موردی: حوضه آبخیز سد گرمی چای) به منظور برقراری سیستم هشدار سیل با استفاده از مدل هیدرولوژیکی HEC-HMS و مدل هیدرولیکی HEC-RAS به این نتیجه رسیدند که نحوه مشارکت زیر حوضه‌ها در سیل خروجی لزوماً متناسب با دبی اوج زیر حوضه‌ها نبوده و زیر حوضه‌های با دبی اوج بالا ضرورتاً تأثیر بیشتری در سیل خروجی حوضه ندارند.

توماس (۱۹۶۸) با استفاده از ویژگی‌های حوضه و اقلیم و مشخصات جریان، عوامل مؤثر بر وقوع سیل را بررسی و نتیجه گرفت که سطح حوضه، شاخص ذخیره حوضه، بارش سالیانه و شدت و تواتر آن، تبخیر و دما مهم‌ترین مشخصه یک حوضه در تدوین معادلات برآورد سیلاب است. پاتون و بیکر (۱۹۷۶) در بررسی رویدادهای سیل در ۵۶ حوضه در ایالات تگزاس، شمال یوتا، جنوب کالیفرنیا، ایندیانا و فلات آپالچین و استفاده از روش رگرسیون چند متغیره بین عوامل مساحت، رتبه آبراهه اولیه (رتبه یک)، ناهمواری، تراکم آبراهه‌ای و بده اوج سیلاب روابطی را بدست آورده است.

ریگر (۱۹۸۲) نیز ابتدا در تحلیل منطقه‌ای سیلاب در امریکا از سطح حوضه، شیب آبراهه اصلی، درصد اراضی پوشیده از تالاب و دریاچه، بارش متوسط سالیانه، رواناب سالیانه، بارش ۲۴ ساعته، تعداد روزهای بارانی، عامل شکل، عامل جغرافیایی و عامل کوهستانی استفاده نمود و بعد برای منطقه اسنومیش امریکا فقط از عوامل سطح حوضه و متوسط بارش سالیانه در برآورد بده اوج جریان سیلابی استفاده نموده است. ناتان (۱۹۹۳) با استفاده از بده جریان متوسط سالیانه و ضریب تغییرات آن و خصوصیات اقلیمی و ریخت‌شناسی حوضه به کمک روش رگرسیون و منحنی‌های اندرو تشابه هیدرولوژیکی بین حوضه‌ها را تعیین نمود، سپس نتایج دو روش را در برآورد دبی‌های با احتمال مختلف مقایسه نمود و روش اندرو را در تعیین حوضه‌های مشابه بهتر تشخیص داد. پیتی لایک (۱۹۹۴) در پنج منطقه کوهستانی در غرب امریکا، که سازو کار تولید رواناب در حوضه از نظر برفی و بارانی و یا نوع جبهه‌های باران‌زایی متفاوت بود، روش سیل شاخص را برای برآورد اوج بده سیلابی بکار گرفت. سطح حوضه و متوسط بارندگی سالیانه از مهم‌ترین عوامل مستقل تأثیرگذار در تولید اوج بد سیلاب تشخیص داده شده است. تاسونگ (۲۰۱۳) به بررسی بهبود پیش‌بینی سیل حاصل از یک رگبار در یک حوضه آبخیز کوهستانی در کشور تایوان پرداختند، نتایج نشان داد که استفاده از مدل اقلیمی رژیم توفانی^۱ (TRCM) بهترین پیش‌بینی را ارائه داده

۳۳۰ عرض شمالی قرار گرفته، یکی از زیر حوضه‌های کشکان است که خود زیر حوضه کرخه می‌باشد. حوضه آبریز خرم‌آباد دارای وسعتی معادل ۱۶۱۳ کیلومتر مربع بوده و حدوداً ۱۶ درصد از حوضه کشکان را در بر گرفته و از اطراف به کوه‌های هشتاد پهلوی، بلومان، ریمله، کوه سفید و ازگن محدود می‌شود و دشت‌های کمالوند، ازنا، تجره و کرگاه در داخل آن قرار دارند. ارتفاع حداکثر حوضه ۲۸۰۰ متر و حداقل آن ۱۱۷۴ متر در خروجی حوضه (چم انجیر) قرار دارد. طول آبراهه اصلی آن ۴۹/۷ کیلومتر و کیفیت آب آن خوب است.

از این رو، رابطه منطقه‌ای آب‌دهی به دلیل پیچیدگی و تغییرات عوامل مؤثر بر آن به‌عنوان رابطه‌ای ثابت و یا فرمولی با ضرایب معین و ثابتی قابل ارائه نبوده و تعمیم ضریب و ثابت‌های بدست آمده از مناطق دیگر به حوضه‌های ایران همراه با خطای زیادی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

حوضه آبریز خرم‌آباد از نظر موقعیت جغرافیایی بین 37° تا $48^{\circ} 4'$ تا $48^{\circ} 37'$ طول شرقی و $16^{\circ} 15'$ تا $52^{\circ} 43'$



شکل ۱- نقشه موقعیت زیر حوضه خرم‌آباد در سطح کشور و حوضه کرخه

شدت بارش را در فواصل زمانی ۱۰ دقیقه نشان می‌دهد. همچنین آمار مربوط به دبی رودخانه خرم‌آباد در ایستگاه هیدرومتری چم انجیر در قالب برگه‌های محاسبه سیلاب تهیه شد و پس از تبدیل تاریخ، طغیان‌ها استخراج و هیدروگراف‌های مربوطه رسم گردید. سپس به منظور رسم هیتوگراف‌ها بارش‌های مقارن با آن‌ها شناسایی گردید. به

برای انجام این تحقیق نیاز به اطلاعات رگبارهای ثبت شده در حوضه توسط باران سنج‌های ثابت بود. با توجه به این که ایستگاه هواشناسی همدیدی خرم‌آباد (قدیمی‌ترین ایستگاه هواشناسی استان) در این حوضه واقع شده است. آمار مورد نیاز ایستگاه فوق‌الاشاره در محدوده سال‌های ۱۹۶۹ - ۱۹۷۹ از طریق سازمان هواشناسی اخذ گردید، این آمار

متغیرهای فوق روابطی برای بارش و رواناب در حوضه حاصل گردید.

علت نواقص آماری در آمار بده و باران از میان ۵۲ بارش مقارن با سیل تنها ۲۲ داده (در محدوده سال‌های ۱۹۶۹ - ۱۹۷۹) به دست آمد که دارای آمار کامل تری بودند.

نتایج و بحث

پس از تعیین رخدادهای موردنظر (بارش‌های مقارن با سیل) و اطمینان از صحت و سقم داده‌ها از طریق آزمون اعداد پرت، ابتدا الگوی زمانی بارش در تداوم‌های معین (۱۲، ۱۸، ۲۴ و ۳۶ ساعته) به روش ترسیمی به دست آمد (شکل ۲) و نتایج نشان داد که موقعیت زمانی وقوع حداکثر رگبار در تداوم‌های گوناگون متفاوت است. به این معنی که در بارش‌های ۱۲ ساعته حداکثر بارش در چارک اول، در بارش‌های ۱۸ ساعته در چارک سوم و بارش‌های ۳۶ ساعته در چارک دوم می‌باشد. الگوی بارش‌های ۲۴ ساعته توزیع بسیار یکنواخت تری را نسبت به سایر الگوها نشان داد. در کلیه تداوم‌ها به جز تداوم ۱۸ ساعته کمترین بارش متعلق به چارک آخر می‌باشد (جدول ۱).

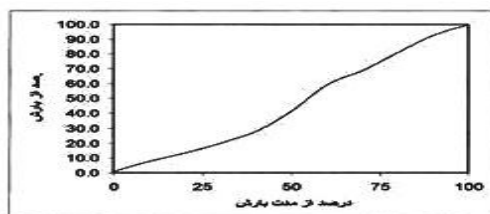
پس از تعیین داده‌های مورد نظر ابتدا الگوی زمانی بارش‌ها در تداوم‌های ۱۲، ۱۸، ۲۴ و ۳۶ ساعته به روش ترسیمی رسم گردید و برای هر تداوم، الگوی زمانی خاصی به دست آمد (شکل ۲).

توجه به هیدروگراف، هیتوگراف و الگوی زمانی بارش‌ها در تداوم معین، نقش شدت، مدت، مقدار و نحوه توزیع زمانی بارش بر شکل هیدروگراف و بده مورد بررسی قرار گرفت. برخی از هیتوگراف و هیدروگراف‌های مورد بررسی در شکل ۳ ارائه شده است.

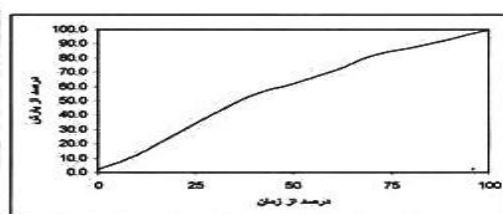
سپس برای محاسبه حجم سیلاب در هر هیدروگراف ابتدا آب پایه از رواناب به روش‌های مختلف جدا و پس از آن حجم سیلاب محاسبه گردید. حال حجم سیل به عنوان متغیر وابسته به همراه مقدار مدت و شدت بارش وارد تحلیل رگرسیونی شدند و پس از برقراری رگرسیون چندگانه بین

جدول ۱- الگوی زمانی بارش در بارش‌های با تداوم معین

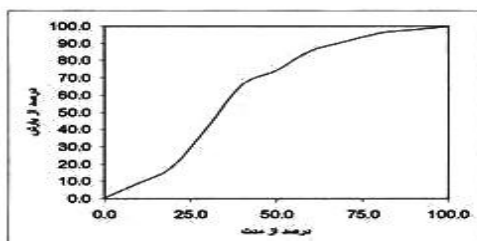
تداوم به ساعت	چارک اول	چارک دوم	چارک سوم	چارک چهارم
۱۲	۳۵	۲۷	۲۱	۱۷
۱۸	۱۸	۲۴	۳۲	۲۶
۲۴	۲۶	۲۵	۲۵	۲۴
۳۶	۳۰	۴۳	۱۷	۱۰



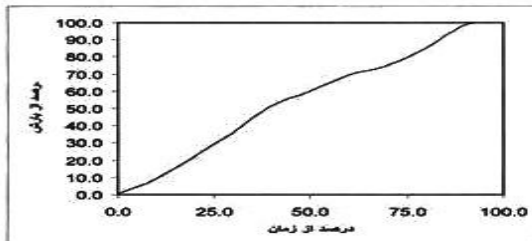
ب - الگوی زمانی بارش ۱۸ ساعته



الف - الگوی زمانی بارش ۱۲ ساعته

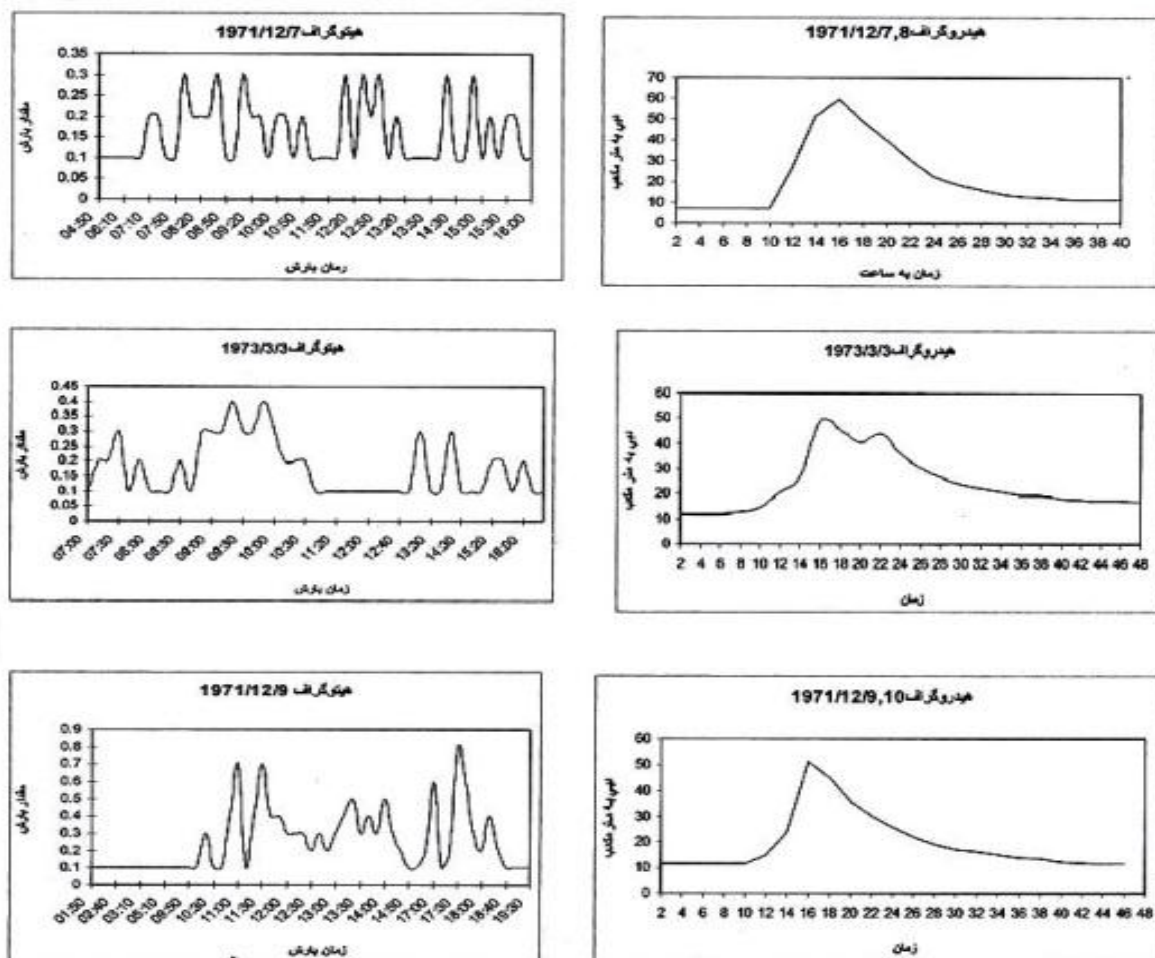


د - الگوی زمانی بارش ۳۶ ساعته



ج - الگوی زمانی بارش ۲۴ ساعته

شکل ۲- الگوی زمانی بارش‌های ۱۲، ۱۸، ۲۴ و ۳۶ ساعته ایستگاه سینوپتیک خرم آباد (۱۹۶۹-۱۹۷۹)



شکل ۳- تعدادی از هیتوگراف و هیدروگراف‌های بررسی شده

هیدروگراف‌های ناشی از بارش ۱۸ ساعته

زمان پایه اغلب ۴۸ ساعته بوده، شاخه صعودی هیدروگراف ابتدا با شیب کمتر و سپس با سرعت بیشتری بالا رفته که ناشی از افزایش شدت بارش در چارک‌های دوم و سوم می‌باشد. در زمانی معادل یک سوم زمان پایه هیدروگراف به اوج رسیده است. تغییرات شیب در منحنی صعودی کاملاً مشخص بوده که بیانگر تغییر در شدت بارش است. در حالیکه شیب شاخه پایین رونده ملایم می‌باشد. (شکل ۳)

هیدروگراف‌های ناشی از بارش‌های ۲۴ ساعته

زمان پایه تمامی هیدروگراف‌ها دو روزه بوده، شاخه صعودی ابتدا به آرامی و سپس با شیب بیشتری بالا رفته و در زمانی معادل نصف زمان آب پایه به اوج رسیده است. با

در بررسی هیتوگراف و هیدروگراف‌های هم‌زمان، با توجه به الگوی زمانی بارش مشاهده شد که شدت، مدت و توزیع زمانی بارش در شکل هیدروگراف، شیب منحنی بالارونده، منحنی نزولی و زمان اوج آبنمود و ... مؤثر است. نتیجه این بررسی در تداوم‌های مختلف بارش به شرح زیر است:

هیدروگراف‌های ناشی از بارش‌های ۱۲ ساعته

زمان اوج کمتر از نیمی از زمان پایه بوده که با توجه به الگوی زمانی این بارش‌ها به علت ریزش ۵۸ درصد بارش در نیمه اول بارندگی است. شیب شاخه صعودی در هیدروگراف‌های با زمان پایه ۲۴ ساعته از همان ابتدا بیشتر از سایر هیدروگراف‌های با زمان ۴۸ ساعته می‌باشد که ناشی از شدت بیشتر بارش است. (شکل ۳)

توجه به الگوی زمانی یکنواخت این بارش‌ها طبیعی است که پس از گذشت نیمی از زمان بارش بده رود به اوج برسد. (شکل ۳)

بیشترین وقایع سیل ناشی از بارش‌های ۱۸ ساعته می‌باشد که با توجه به الگوی زمانی این بارش‌ها، ناشی از وقوع حداکثر بارش در چارک سوم است. در این شرایط زمین بر اثر بارندگی مرطوب بوده و با ادامه بارش و شدت حداکثر آن در چارک سوم فرصت ایجاد رواناب بیشتر است.

هیدروگراف‌های ناشی از بارش ۳۶ ساعته

بیشترین بده سیلابی ثبت شده ناشی از بارش‌های ۳۶ ساعته بوده که جزء داده‌های نادر می‌باشد. در این هیدروگراف‌ها شاخه صعودی ابتدا به آرامی، سپس با سرعت بیشتر بالا رفته و در نیمی از زمان پایه به اوج خود رسیده است. شیب منحنی بالارونده در این هیدروگراف‌ها نسبت به سایر هیدروگراف‌ها بیشتر است که با توجه به الگوی زمانی این بارش‌ها به علت ریزش حداکثر بارش در نیمه اول بارندگی می‌باشد.

پس از مقایسه هیتوگراف و هیدروگراف‌ها، در یک تحلیل رگرسیونی متغیرهای خصوصیات بارش (شدت، مدت Z و مقدار بارش X) به عنوان متغیرهای مستقل و حجم سیل به عنوان متغیر وابسته مورد تحلیل رگرسیونی قرار گرفتند. به این ترتیب که ابتدا حجم سیل (Y) و مقدار بارش (X) وارد رگرسیون شدند و نتایجی به شرح (جدول‌های ۲ و ۳) زیر به دست آمد.

جدول ۲- ضرایب رگرسیونی رابطه حجم سیل با مقدار بارش

متغیرها	ضریب همبستگی R	ضریب تعیین R-Square	ضریب تعیین اصلاح شده R-adj
X, Y	۰/۷۹۰	۰/۶۲۵	۰/۶۰۵

جدول ۳- ضرایب X, Y برای برآورد حجم سیل بر اساس مقدار بارش

Model	ضرایب غیر استاندارد		ضریب استاندارد	آماره T	سطح اعتماد Sig.
	B	Std. Error	Beta		
Y وابسته	۵۳۸۳۷۱/۲	۱۰۰۳۷۴۷	۰/۷۹	۰/۵۳۶	۰/۵۹۸
X مستقل	۱۸۰۸۰۰/۷	۳۲۱۵۷/۲۹		۵/۶۲۲	۰۰۰

باتوجه به ضریب تعیین محاسبه (جدول ۲) شده که برابر ۰/۶۲۵ می‌باشد می‌توان گفت ۶۲/۵ درصد از تغییر در حجم سیلاب ناشی از مقدار بارش می‌باشد. همچنین با توجه به جدول (۳) بر اساس آماره t (۵/۶۲۲) و سطح اطمینان (<۰/۰۱) برای متغیر پیش‌بین (x) و بر اساس ضریب B، معادله رگرسیونی بین حجم سیلاب و مقدار بارش به شرح رابطه ۱ می‌باشد.

$$y = 538371/22 + 180800/7X \quad (1)$$

در گام بعد مدت بارش (z) هم به رگرسیون فوق اضافه گردید. اما عملاً هیچ تغییری در میزان ضریب همبستگی مشاهده نشد و تنها ضریب تعیین، اندکی کاهش یافت. بر این اساس می‌توان چنین استنباط نمود که نقش مدت بارش در مقدار آن مستتر می‌باشد. در مرحله بعد شدت بارش (مقدار بارش تقسیم بر مدت بارش) نیز به رگرسیون فوق وارد و نتایجی به شرح جداول (۴ و ۵) به دست آمد.

جدول ۴- ضرایب رگرسیونی رابطه حجم سیل با مقدار بارش و شدت بارش

	ضریب همبستگی R	ضریب تعیین R ²	ضریب تعیین تعدیل شده R-adj
X, Y, Z	۰/۸۵۴	۰/۷۲۹	۰/۶۸۱

جدول ۵- ضرایب متغیرهای وابسته و مستقل برای برآورد حجم سیل بر اساس مقدار، مدت و شدت بارش

Model	ضرایب غیر استاندارد		ضریب استاندارد	آماره T	سطح اعتماد Sig.
	B	Std. Error	Beta		
1 (Constant)	۴۹۱۳۷۳۸	۲۰۶۶۵۹۷		۲۳۸۷	۰/۰۲۹
X مقدار بارش	۲۹۳۳۸۹	۵۸۶۹۴/۵۸	۱/۲۸۲	۴/۹۹۹	۰/۰۰۰
Z مدت بارش	-۱۶۰۱۴۹	۹۱۸۱۳/۱۳	-۰/۴۰۴	-۱/۷۴۴	۰/۰۹۹
V شدت بارش	-۳۰۰۴۳۰۴	۱۱۷۴۲۳۵	-۰/۴۸۵	-۲/۵۵۹	۰/۰۲۰

- سعی گردد ثبت بده رودخانه به طور مشاهداتی و واقعی باشد و حتی المقدور از رابطه دبی- اشل استفاده نشود. چرا که بارش یک پدیده تصادفی و غیرقابل پیش بینی است و بازده آن که رواناب می باشد، ناشی از همان بارش است.

- با توجه به این که بارش مقدم بر سیل می باشد بنابراین آگاهی از خصوصیات بارش از قبیل: مقدار، شدت و مدت آن می تواند در پیش بینی حجم سیلاب مؤثر باشد. لذا دست اندر کاران و سازمان های مربوطه در مطالعات، برنامه ریزی و پیش بینی های خود از نتایج این تحقیق می توانند استفاده کنند. چرا که این تحقیق بیان کننده ی رابطه واقعی بین بارش و رواناب در منطقه می باشد.

منابع

۱- پروانه، ب، ۱۳۷۰، مطالعات مقدماتی هیدرولوژی حوضه خرم آباد، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد واحد تهران.

۲- پورمند، غ، ۱۳۷۵، بررسی عوامل اقلیمی و ژئومورفولوژیک سیلاب در حوضه رودخانه بیدواز اسفراین، پایان نامه کارشناسی ارشد.

۳- سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، ۱۳۸۵، بررسی تأثیر مکانی مناطق مؤثر بر دبی اوج سیلاب به منظور کاهش خسارات سیل، گزارش نهائی طرح تحقیقاتی وزارت جهاد کشاورزی.

۴- سازمان مدیریت و برنامه ریزی استان لرستان، ۱۳۷۸، مطالعات قابلیت سنجی توسعه استان لرستان، بخش منابع آب.

با وجود کمترین میزان همبستگی بین شدت بارش و حجم سیل، با اضافه شدن این متغیر میزان همبستگی و ضریب تعیین به طور قابل ملاحظه ای افزایش یافت و به ترتیب به ۰/۸۵۴ و ۰/۷۲۹ رسید. نتایج حاصل از جدول (۴) نشان داد که ۷۲/۹ درصد از تغییرات در حجم سیل به طور قطع وابسته به متغیرهای مستقل فوق (مقدار و شدت بارش) می باشد و سایر خصوصیات فیزیوگرافیک حوضه نقشی کمتر از ۲۸ درصد در بروز سیل دارند. همچنین با توجه به میزان همبستگی و ضریب اطمینان بین حجم سیل V و مقدار بارش X (جدول ۲ و ۳) میزان بارش مهمترین عامل مؤثر در بروز سیل محسوب می شود. بر اساس جداول ۳ و ۵ رابطه ۲ برای بارش - رواناب در حوضه به دست آمد. باتوجه به جدول (۵) ملاحظه می شود که سطح اطمینان متغیر، مدت بارش (Z) بیشتر از ۰/۰۵ می باشد.

لذا با حذف این متغیر و بر اساس ضرایب رگرسیونی مدل نهائی رگرسیون چندگانه به صورت زیر به دست آمد:
رابطه (۲) $y = 49413738 + 293389 X - 3004304 V$
بنابراین در حوضه های بزرگ چون شدت بارش نایکخواخت و متغیر است باید به دنبال یافتن رابطه بین مقدار بارش و رواناب بود.

پیشنهادها

- توصیه می شود که در روزهای بارندگی به خصوص بارش های طولانی، ثبت بده رودخانه تا چند روز بعد از طغیان به صورت ساعتی انجام گیرد تا در تهیه هیدروگراف دقیق سیل ها مشکل رخ ندهد.

- 13-Dsa, G.H., 2000, Hydrology and Soil Conservation Engineering, Printed Hall of India, New Delhi, 490 p.
- 14- French, M., Krajewskj, W., and Cuykendall, R. 1992. Rainfall forecasting in space and time using a neural network, Journal of Hydrology, Vole 132, P, 1-31.
- 15-Garambois, P.A., H.K. Larnier, D. Roux, D. Labat, 2014. Analysis of flash flood triggering rainfall for a process-oriented hydrological model, Atmospheric Research, Vol. 137, Issue14, pp. 14-24.
- 16-Kamp, R., and Savenije, H. 2007. Hydrological Model coupling with Anns, Hydrology and Earth System Sciences, 11, 1869-1881.
- 17-Nathan, R.J. (1993). On the assessment of catchment similarity for the transposition of hydrologic indices. Hydrology and water resources symposium: 93-98.
- 18-patton, P.C. and V. R. Backer (1967) morphometry and floods in small drainage basins subject to diverse hydro geomorphic controls. Water resources research. 12: 941-952.
- 19-pitiick, J. (1994), relation between peak flows, precipitation and physiography for five mountainous regions in the western U.S.A jour, of hydrology, 158:219-240.
- 20-Riggs, H. C. (1990) Estimating flow characteristics at ungagged sites, IAHS pub., 191:159-169.
- 21- Thomas. W. O. (1987) comparison flood frequency estimates based on observed and model generated peak flows. Proceedings of the international symposium on flood frequency and Risk analysis.
- 22-Toth, E., Brath, A., and Montanari, A. 2001. Comparison of short-term rainfall predication models for real-time flood forecasting, Journal of Hydrology, 239,132-147.
- 23-Tsung, Y., Yi-Ting, Y., and Hung-Chi, K., 19 August 2013, Improvement of watershed flood forecasting by typhoon rainfall climate model with an ANN-based southwest monsoon rainfall enhancement, Journal of Hydrology, In Press, Corrected Proof.
- ۵- علایی طالقانی، م. و همایونی، ص، ۱۳۹۰، پهنه‌بندی حوضه دینور از نظر تولید سیلاب با استناد به مؤلفه ژئومورفولوژی. پژوهش‌نامه جغرافیایی، شماره ۱، ص ۳۹-۴۹
- ۶- علیزاده، ا، ۱۳۸۴، اصول هیدرولوژی کاربردی، انتشارات دانشگاه امام رضا، چاپ ۱۸، نشر.
- ۷- قائمی، ه، ۱۳۷۳، مطالعات مرحله شناسائی تکمیلی طرح آبخیزداری حوضه کرخه، معاونت آبخیزداری وزارت جهاد سازندگی.
- ۸- لشنی زند، م، ۱۳۷۵، تحقیق در مورد فرسایش مراتع حوضه آبریز کشکان در ارتباط با میزان و شدت بارندگی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد جغرافیای طبیعی، دانشگاه اصفهان.
- ۹- وزارت جهاد و سازندگی و مدیریت آبخیزداری، مطالعات جامع کنترل سیل در استان لرستان، جلد ۲.
- ۱۰- یزدانی، و. بهجی، ا. و ارفع، ع، ۱۳۹۳، برقراری سیستم هشدار سیل با استفاده از مدیریت یکپارچه مدل‌های هیدرولوژیکی و هیدرولیکی (مطالعه موردی: حوضه آبخیز سد گرمی چای). فصل‌نامه علمی پژوهشی اکوسیستم‌های طبیعی ایران، سال پنجم، شماره چهارم، ص ۱۰۹-۱۲۲.
- 11 -Barth, A., Montanari, A., and Toth, E. 2002. Neural networks and non-parametric methods for improving real-time flood forecasting through conceptual hydrological models, Hydrology & Earth System Sciences, 6(4), 627-640.
- 12- Choudhari, K.; Panigrahi, B.; Paul, J.C. (2014). Simulation of rainfall-runoff process using HEC-HMS model for Balijore Nala watershed, Odisha, India, International Journal of Geomatics and Geosciences, 5(2): 253-266.