اثر ارتفاع بر بارندگی‌های یک‌روزه سیل‌زا برای برآورد دبی اوج در حوزه آبخیز سد سفیدرود[۱]

علی رضائی[۲] محمد مهدوی[۳] کارو لوکس[۴] سادات فیض‌نیا[۵] محمد حسین مهدیان[۶]

چکیده

یکی از عوامل بسیار مؤثر بر رفتار سیلابی هر حوزه آبخیز وقوع بارش‌های تند است. داده‌های بارندگی روزانه فراوان‌ترین داده‌های قابل حصول در ایران می‌باشد. وجود روابط ریاضی غیر خطی بین بارندگی روزانه و بارش‌های کوتاه مدت در ایران پذیرفته شده است. در صورت وجود رابطه بین بارندگی‌های روزانه سیل‌زا و ارتفاع، ساخت دقیق‌تر مدل‌های ریاضی امکان‌پذیر خواهد شد. حصول به چنین امری، ساخت دقیق‌تر بعضی از مدل‌های برآورد دبی اوج را نیز ممکن می‌سازد.

در این تحقیق، بارندگی‌های یک‌روزه نظیر ۲۶۲ آبنمود منتج از بارندگی در سه زیر حوزه از حوزه آبخیز سد سفیدرود و از ۳۸ ایستگاه هواشناسی پراکنده در سطح آنها استخراج شده است. ضریب همبستگی بین ارتفاع ایستگاه‌ها و بارندگی یک‌روزه سیل‌زا نشان می‌دهد که این همبستگی در دو حوزه آبخیز به‌طور مستقیم و با سطح خطای یک درصد و در حوزه آبخیز سوم در سطح خطای پنج درصد می‌باشد. همچنین رابطه ضریب تغییرات بارندگی با ارتفاع نیز به‌صورت خطی معکوس در یک مورد در سطح یک درصد و در دو مورد در سطح پنج درصد معنی‌دار است. بررسی رابطه همبستگی بین بارندگی روزانه و دبی اوج هر آبنمود نظیر در هر سه زیر حوزه، رابطه معنی‌دار در سطح خطای یک درصد را نشان داد. نتیجه آنکه وارد کردن عامل ارتفاع از سطح دریا به‌عنوان یک متغیر برای ایجاد مدل ریاضی بارندگی‌های کوتاه مدت در رابطه با بارندگی‌های ۲۴ ساعته برای تولید مدل‌های برآورد دبی اوج در حوزه‌های فاقد ایستگاه آب‌سنجی می‌تواند مفید باشد.

واژه‌های کلیدی: *آبنمود، ارتفاع از سطح دریا، ایران، بارندگی، حوزه سفیدرود، دبی اوج، مدل ریاضی.*

---

[۱]- تاریخ دریافت:۸۲/۶/۲۵ ، تاریخ پذیرش:۸۳/۱/۲۷

[۲]- دانشجوی دکتری آبخیزداری دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران و مربی پژوهشی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی زنجان
(E-mail:rezaei_ali@hotmail.com)

[۳]- استاد دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

[۴]- استاد دانشکده فنی دانشگاه تهران

[۵]- استاد دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

[۶]- دانشیار پژوهشی پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

مقدمه

افزایش جمعیت، افزایش گازهای آلاینده در جو و در نتیجه به‌هم خوردن تعادل اقلیمی (۱۴) و بهره‌برداری‌های بسیار نامطلوب از منابع طبیعی تجدید شونده در حوزه‌های آبخیز، رفتار هیدرولوژیکی حوزه‌ها را به سوی تخریب سوق داده، که وقوع سیلاب‌های با دبی زیاد و افزایش بار معلق رودخانه‌ها از آن جمله است. سؤال اصلی این است که چگونه باید بر وقوع سیل‌های ویرانگر و فرسایش اراضی غلبه نمود. با توجه به عوامل دخیل در وقوع پدیده‌های یاد شده، نکته مهم پاسخ به این پرسش است که این عوامل مؤثر در رفتار چنین پدیده‌هایی کدامند و روابط بین آنها چگونه قابل تبیین است؟ چرا که انجام هر گونه برنامه‌ریزی و اقدامات مهندسی، موکول به برآورد صحیحی از پدیده‌های مورد بحث از جمله بارش‌های شدید کوتاه مدت و دبی اوج (دبی حداکثر لحظه‌ای) است. بی‌تردید راه‌کار اساسی، شناخت هر چه بیشتر و دقیق‌تر عوامل مؤثر در رخداد پدیده سیلاب‌ها و پیدا کردن ارتباطات داخلی بین آنها در قالب روابط ریاضی است. یکی از عوامل مؤثر بر وقوع این نوع پدیده‌ها وقوع بارندگی‌های شدید کوتاه مدت با توزیع‌های مکانی ذیربط است (۱۰). ولی مشکل اساسی در بسیاری از کشورها از جمله ایران، عدم دسترسی به داده‌های بارندگی کوتاه مدت با پراکنش مکانی و سال‌های آماری کافی است. به این دلیل متخصصین ذیربط برای فایق آمدن بر مشکلات فوق و با توجه به وجود آمار داده‌های بارندگی روزانه با پراکندگی و دوره آماری مناسب در ایران و برخی کشورهای در حال توسعه، سعی در تبیین رابطه‌های ریاضی بین بارندگی‌های روزانه با بارش‌های کوتاه مدت و برآورد دبی اوج بر اساس بارندگی یک‌روزه داشته‌اند. به طور مثال رابطه بل و یا وزیری (در ایران) با استفاده از عامل حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته، بارش‌های کوتاه مدت را برآورد می‌نماید (۴ و ۶).

وجود گرادیان مثبت مقدار متوسط بارندگی ماهانه و سالانه با ارتفاع از سطح دریا در کوهستان‌ها (۱۸) و در تمام نواحی ایران به‌جز نوار ساحل شمالی (تا ارتفاعی مشخص) امری پذیرفته شده است (۳، ۵ و ۴). افزون بر این، ارتفاع از سطح دریا به‌عنوان متغیر اصلی در توزیع مکانی بارندگی در نواحی با پستی و بلندی زیاد (۲۱) و رعایت مقدار آستانه برای انجام تحلیل‌های نقطه‌ای بارندگی تأیید شده است (۲۲). در این تحقیق نیز انجام تجزیه و تحلیل‌های آماری بر روی سری مقادیر بارندگی حد (آستانه) در محاسبات برای برآورد دبی اوج سیلاب مورد توجه قرار گرفته است. در بعضی مواقع در تحلیل‌های رابطه شدت ـ مدت ـ فراوانی برای یک نقطه (ایستگاه ثبات باران)، شدت بارندگی‌های کوتاه مدت (تا ۲۴ ساعت) را تنها به‌صورت یک تابع توانی برای هر دوره بازگشت بر اساس انتخاب حداکثرهای سالیانه ایجاد کرده‌اند، در صورتی که انجام این نوع تحلیل‌ها بر روی سری‌های حد (آستانه) بارندگی‌های کوتاه مدت بیانگر روابط متفاوت و قابل قبول‌تر است (۲۲). در تعدادی از حوزه‌های آبخیز ایتالیا رابطه بارندگی‌های ۲۴ ساعته را به صورت احتمالاتی با دبی اوج برای بهبود بخشیدن به پیش‌بینی خطر سیلاب مورد بررسی قرار داده و به این نتیجه رسیدند که حوزه آبخیز به‌صورت یک صافی (فیلتر) احتمالاتی بر روی بارندگی عمل نموده و برای وقوع رواناب یک آستانه‌ای از بارندگی روزانه مورد نیاز است و رابطه بین بیشترین بارندگی و سیلاب توسط عامل‌های احتمالاتی قابل تبیین است (۸ و ۹). در فرمول پتیز، دبی اوج بر اساس بارندگی ۲۴ ساعته و مساحت حوزه محاسبه می‌شود (۴). اما یکی از سؤال‌های مطرح این است: آیا در مدل نمودن چنین فرآیندهایی، ارتفاع مناطق از سطح دریا نیز می‌تواند خود یک عامل مؤثر بر تغییرات بارندگی‌های یک‌روزه نظیر سیل‌زا در یک حوزه آبخیز باشد. به ویژه آن که قانون کوه‌پناهی نقش بسیار بارزی را در غالبیت عوامل اقلیمی در فرآیند تولید سیل به عهده دارد (۱۵ و ۲۰). در حال حاضر تصحیحات مربوط به اثر پستی و بلندی بر عمق بارندگی، مربوط به بارندگی‌های سالانه است، در صورتی که اثر این عامل برای هر واقعه بارندگی متفاوت است (۱۷ و ۱۲). جانسون و چن[1] (۲۰۰۳) اثر سرعت باد را بر افزایش مقدار

۱- Johnson & Chen

بارندگی روزانه دخیل دانسته و اعلام می‌دارند که افزایش سرعت باد نیز متأثر از افزایش ارتفاع است. لذا فرض بر آن است که برای کاربرد تحلیل‌های بارندگی نقطه‌ای کوتاه مدت بر اساس بارندگی‌های یک روزه سیل‌زا برای یک حوزه بایستی عامل ارتفاع نیز به عنوان یک متغیر در این فرآیند وارد شود.

داده‌های مورد استفاده در این مقاله به‌عنوان مطالعه موردی مربوط به حوزه آبخیز سد سفیدرود می‌باشد. حوزه آبخیز سد سفیدرود واقع در شمال‌غرب ایران دارای مختصات جغرافیایی ′۳۱، °۴۶ تا ′۴، °۵۱ طول شرقی و ′۵۴، °۳۴ تا ′۴۹، °۳۷ عرض شمالی است. سطح حوزه آبخیز حدود ۵۷۰۳۱ کیلومتر مربع تا سد سفیدرود بوده و یکی از حوزه‌های آبخیز مهم کشور می‌باشد. در این حوزه دو رودخانه اصلی قزل‌اوزن و شاه‌رود جریان دارند. رودخانه قزل‌اوزن بزرگترین رودخانه کشور بوده و دارای سرشاخه‌های پرآب است. در مقاله حاضر سعی شده است با تکیه بر داده‌های جمع‌آوری شده از سه زیر حوزه آبخیز سفیدرود شامل شاه‌رود ـ رجایی‌دشت، شاه‌رود ـ لوشان و تلوار ـ مهرآباد (شکل ۱) وجود رابطه منطقی بین ارتفاع از سطح دریا و بارندگی روزانه و دبی اوج آبنمود سیلاب نظیر بررسی شود. شایان ذکر است که داده‌های اولیه مورد استفاده این تحقیق در قالب اجرا پایان نامه دکتری نگارنده اول مقاله در رشته آبخیزداری می‌باشد.

مواد و روش‌ها

برای عملی نمودن این تحقیق در حوزه سد سفیدرود، با بررسی‌های لازم زیر حوزه‌هایی مد نظر قرار گرفتند که مجهز به ایستگاه آبسنجی ثبات، ایستگاه‌های هواشناسی به تعداد قابل قبول با پراکنش ارتفاعی و طول دوره آماری مناسب، اختلاف ارتفاع قابل توجه در بین ابتدا و انتهای هر حوزه و زمان تمرکز کمتر از ۲۴ ساعت بودند. با توجه به موارد فوق، سه زیر حوزه به نام‌های شاه‌رود در ایستگاه آبسنجی رجایی‌دشت، شاه‌رود در ایستگاه آب‌سنجی لوشان و تلوار در ایستگاه آبسنجی مهرآباد مورد انتخاب قرارگرفتند (جداول ۱، ۲ و شکل ۲). برای درک بهتر از اختلاف ارتفاع ایستگاه‌های هواشناسی نسبت به یکدیگر پراکنش ارتفاعی آنها به ترتیب نزولی در شکل سه به‌صورت ستونی ارایه شده است.

با استفاده از برگه‌های محاسبه سیلاب اخذ شده از اداره کل امور آب قزوین، سازمان آب منطقه‌ای گیلان و سازمان آب منطقه‌ای کردستان تاریخ، ساعت و دبی اوج آبنمودهای ثبت شده در ایستگاه‌های آب‌سنجی (جدول ۳) و در اقدام بعدی بارندگی‌های نظیر یک‌روزه آبنمودهای به دست آمده در کلیه ایستگاه‌های هواشناسی ذیربط استخراج شدند. این بارندگی‌ها تحت عنوان بارندگی‌های سیل‌زا ذکر می‌شوند. رابطه بارندگی‌های روزانه هم زمان ایستگاه‌های اندازه‌گیری باران با ارتفاع از سطح دریا تنها در موقع بروز آبنمود در خروجی حوزه (وقوع سیلاب) و در حالتی که تقریباً تمام ایستگاه‌های هواشناسی موجود در سطح حوزه دارای بارندگی بودند، مورد بررسی قرار گرفته است. منظور از انجام این اقدام عمدتاً بررسی گرادیان بارش‌های جبهه‌ای[1] که در سطح وسیع گسترش می‌یابند (۱۶)، حذف بارش‌های جابه جایی[2] که اغلب موضعی بوده و در تابستان اتفاق می‌افتند (۱۳ و ۱۱) و همچنین سعی در دلیل ننمودن آبنمودهایی است که منتج از ذوب برف بوده‌اند. در واقع وجود آبنمود در خروجی حوزه بدون وجود بارندگی در سطح حوزه بیانگر ذوب شدید برف است (۲۳ و ۱۹). بررسی‌ها و محاسبات انجام شده در مورد داده‌ها به این شرح می‌باشد:

جدول ۱ـ ویژگی‌های فیزیوگرافی زیر حوزه‌های آبخیز انتخابی

زیر حوزه آبخیز ـ آبسنجی	وسعت زیر حوزه (کیلومتر مربع)	ارتفاع میانه از سطح دریا (متر)	درصد شیب آبراهه اصلی (۱۰ـ۸۵)	زمان تمرکز به روش چاو (ساعت)
شاه‌رود ـ رجایی‌دشت	۲۳۰۴/۴۷	۲۳۸۰	۱/۵۹	۱۳/۹
شاه‌رود ـ لوشان	۴۹۴۱/۵۹	۱۸۷۰	۰/۹۹	۲۳/۹
تلوار ـ مهرآباد	۶۸۸۹/۸۹	۱۸۹۰	۰/۲۴	۲۹/۶۳

۱- Frontal

۲- Convective

جدول ۲ـ ویژگی ایستگاه‌های هواشناسی مورد استفاده

نام حوزه	نام ایستگاه	نوع ایستگاه	سال‌های آماری	ارتفاع	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	سازمان مسئول
شاه‌رود ـ رجایی‌دشت و شاه‌رود ـ لوشان	دهدر*	باران سنجی	۱۳۷۵	۲۸۰۰	۳۶_۱۲	۵۱_۰۴	نیرو
	گته‌ده*	باران سنجی	۱۳۴۴	۲۳۰۰	۳۶_۰۸	۵۱_۰۵	نیرو
	دیزان*	باران سنجی	۱۳۴۵	۲۳۰۰	۳۶_۱۳	۵۰_۵۷	نیرو
	ساکرانچال*	باران سنجی	۱۳۴۴	۲۳۰۰	۳۶_۱۱	۵۰_۵۰	نیرو
	اوانک*	باران سنجی	۱۳۶۴	۲۱۴۰	۳۶_۲۱	۵۰_۴۵	نیرو
	گلیرود*	باران سنجی	۱۳۴۴	۲۱۰۰	۳۶_۰۹	۵۰_۵۱	نیرو
	جوستان*	تبخیر سنجی	۱۳۷۰	۱۹۹۰	۳۶_۱۱_۲۲	۵۰_۵۳_۴۴	نیرو
	هرنج	کلیماتولوژی	۱۳۵۱	۱۹۸۰	۳۶_۱۶	۵۰_۴۶	هواشناسی
	انکه*	باران سنجی	۱۳۵۲	۱۹۲۰	۳۶_۱۵	۵۰-۲۷	نیرو
	هیله‌رود*	باران سنجی	۱۳۶۴	۱۸۷۰	۳۶_۱۹	۵۰_۲۴	نیرو
	آرموت*	باران سنجی	۱۳۴۴	۱۸۵۰	۳۶_۱۱	۵۰_۴۰	نیرو
	گلینک*	تبخیر سنجی	۱۳۴۴	۱۸۵۰	۳۶_۰۹_۵۷	۵۰_۴۵_۰۴	نیرو
	زیدشت*	تبخیر سنجی	۱۳۴۹	۱۷۵۰	۳۶_۰۹_۲۸	۵۰_۴۱_۴۷	نیرو
	هیر	باران سنجی	۱۳۶۶	۱۷۰۰	۳۶-۳۵	۵۰-۱۶	نیرو
	یارفیع*	باران سنجی	۱۳۶۴	۱۵۸۰	۳۶_۲۳	۵۰_۳۹	نیرو
	قسطین‌لار*	باران سنجی	۱۳۶۴	۱۵۴۰	۳۶-۲۲	۵۰-۱۱	نیرو
	فلار (کامیان)	باران سنجی	۱۳۶۴	۱۵۲۰	۳۶-۲۹	۵۰-۱۰	نیرو
	کماکان*	باران سنجی	۱۳۴۷	۱۵۰۰	۳۶_۱۲	۵۰_۳۶	نیرو
	باغ‌کلایه*	تبخیر سنجی	۱۳۴۴	۱۳۰۰	۳۶_۲۳_۴۲	۵۰_۲۹_۲۰	نیرو
	رازمیان	باران سنجی	۱۳۶۴	۱۲۸۵	۳۶-۳۴	۵۰-۱۴	نیرو
	خسرود	باران سنجی	۱۳۶۴	۱۱۸۰	۳۶-۳۴	۵۰--۰۴	نیرو
	گورد	باران سنجی	۱۳۶۴	۱۰۷۰	۳۶-۳۴	۴۹-۵۲	نیرو
	محمدآباد	باران سنجی	۱۳۶۴	۱۰۷۰	۳۶-۲۸	۵۰-۱۷	نیرو
	پررود	باران سنجی	۱۳۶۴	۱۰۴۰	۳۶-۳۶	۵۰--۰۹	نیرو
	رجایی‌دشت*	باران سنجی	۱۳۶۴	۹۷۰	۳۶-۲۷	۵۰-۱۷	نیرو
	سالارکیا	باران سنجی	۱۳۶۴	۸۱۰	۳۶-۳۲	۵۰-۱۰	نیرو
	پارودبار	تبخیرسنجی	۱۳۴۴	۶۰۰	۳۶-۳۶-۲۷	۴۹-۴۳-۳۲	نیرو
	لوشان	کلیماتولوژی	۱۳۳۰	۵۵۰	۳۶-۳۹	۴۹-۳۲	هوا شناسی
تلوار ـ مهرآباد	حسن‌تیمور	باران سنجی	۱۳۶۸	۱۸۹۰	۳۵-۴۹	۴۷-۵۸	هوا شناسی
	حسن‌خان	باران سنجی	۱۳۶۵	۱۶۹۰	۳۵-۲۶	۴۷-۴۰	نیرو
	سلامت‌آباد	تبخیر سنجی	۱۳۴۴	۱۶۵۰	۳۵-۳۹-۵۹	۴۷-۵۰-۱۵	نیرو
	خسروآباد	تبخیر سنجی	۱۳۷۰	۱۸۳۰	۳۵-۳۱-۰۰	۴۷-۳۷-۰۰	نیرو
	دوسر قروه	تبخیر سنجی	۱۳۶۴	۱۷۹۰	۳۵-۰۵-۵۷	۴۸-۰۱-۳۰	نیرو
	ناصرآباد	تبخیر سنجی	۱۳۵۳	۱۷۷۰	۳۵-۱۷-۴۴	۴۷-۳۰-۲۸	نیرو
	بلبلان‌آباد	تبخیر سنجی	۱۳۶۴	۲۰۲۵	۳۵-۰۷-۴۳	۴۷-۱۹-۰۰	نیرو
	بیجار	سینوپتیک	۱۳۶۶	۱۹۰۰,۴	۳۵-۵۳	۴۶-۵۶	هوا شناسی
	بای تمر	باران سنجی	۱۳۶۸	۱۸۰۰	۳۵-۲۳	۴۷-۳۴	هوا شناسی
	گرگ‌آباد	باران سنجی	۱۳۵۶	۲۰۶۰	۳۵-۱۷	۴۷-۱۲	هوا شناسی

* : ایستگاه‌های هواشناسی مشترک بین زیر حوزه‌های شاهرود ـ رجایی‌دشت و شاهرود ـ لوشان

شکل ۱ـ موقعیت زیر حوزه‌های آبخیز مورد مطالعه و ایستگاه‌های آبسنجی آنها در حوزه آبخیز سد سفیدرود (اقتباس از مرجع ۲)

شکل ۲ـ پراکنش ایستگاه‌های هواشناسی در داخل زیر حوزه‌های مورد بررسی

جدول ۳ـ تعداد آبنمود استخراجی و انتخابی در هر یک از زیر حوزه‌های مورد نظر

حوزه آبخیز ـ آبسنجی	تعداد آبنمود استخراجی	تعداد آبنمود انتخابی	درصد تعداد آبنمود انتخابی	سازمان مسئول
شاه‌رود ـ رجایی‌دشت	۳۳۱	۱۴۱	۴۳	قزوین
شاه‌رود ـ لوشان	۲۴۱	۱۰۶	۴۴	گیلان ـ سد سفیدرود
تلوار ـ مهرآباد	۱۹	۱۵	۷۹	کردستان

ـ آبنمودهایی که داده‌های بارندگی نظیر آنها در کمتر از ۷۵ درصد ایستگاه‌های هواشناسی واقع در داخل حوزه وقوع یافته بودند، حذف شدند. به این ترتیب این اطمینان حاصل گردید که برای آبنمودهای انتخابی، بارندگی تقریباً در کل سطح حوزه رخ داده و با توجه به گستردگی سطح حوزه‌های آبخیز انتخابی، بارندگی اتفاق افتاده از نوع بارش‌های جبهه‌ای است.

ـ میانگین حسابی بارندگی‌های یک‌روزه سیل‌زای نظیر آبنمودهای انتخاب شده در هر ایستگاه هواشناسی به‌عنوان مقادیر آستانه تهیه گردید. علت انتخاب روش میانگین حسابی این بوده است که توزیع مکانی ایستگاه‌های هواشناسی در سطح حوزه (به‌صورت مشاهده‌ای بر روی نقشه)، نسبتاً یکنواخت بوده‌اند (شکل ۲).

ـ رابطه میانگین بارندگی‌های یک‌روزه سیل‌زا با ارتفاع از سطح دریا، رابطه بین ارتفاع و ضریب تغییرات بارندگی روزانه سیل‌زا و رابطه بین بارش‌های یک‌روزه سیل‌زا با دبی اوج آبنمودهای نظیر بر اساس محاسبه ضریب همبستگی (ضریب تبیین) خطی و یا غیر خطی بین متغیر وابسته و متغیر مستقل و تعیین سطح اعتماد آنها با استفاده از نرم افزار اکسل مورد محاسبه قرار گرفته است (شکل‌های ۴، ۵ و ۶).

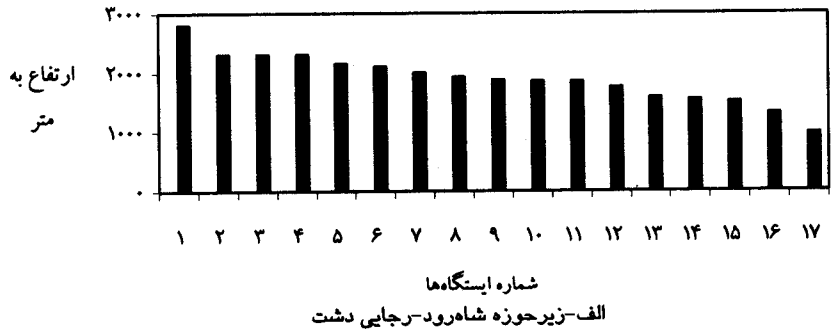
نتایج

از کل آبنمودهای استخراج شده، حدود نیمی از آنها به‌دلیل اعمال شرط انتخاب آبنمودهایی که منتج از وقوع بارندگی هم‌زمان در اکثر ایستگاه‌های هواشناسی موجود در سطح حوزه می‌باشند، از محاسبات حذف شدند (جدول ۳). با این اقدام باز هم تعداد قابل قبول داده‌های بارندگی جبهه‌ای و کوه‌پناهی منجر به تولید سیلاب در ایستگاه‌های هواشناسی وجود داشته است. به منظور شناخت اثر ارتفاع بر مقدار یک‌روزه بارندگی‌های نظیر سیل‌زا، میانگین حسابی آنها برای تعمیم دادن به کل مساحت هر زیر حوزه محاسبه شده و مقدار همبستگی آنها با ارتفاع مورد بررسی و محاسبه قرار گرفته است. نتیجه آنکه رابطه مستقیم و خطی معنی‌دار بین ارتفاع از سطح دریا و افزایش مقدار بارندگی یک‌روزه سیل‌زا وجود دارد. سطح معنی‌دار بودن در زیر حوزه شاه‌رود ـ رجایی‌دشت برابر با پنج درصد و در دو زیر حوزه دیگر یک درصد است (شکل ۴).

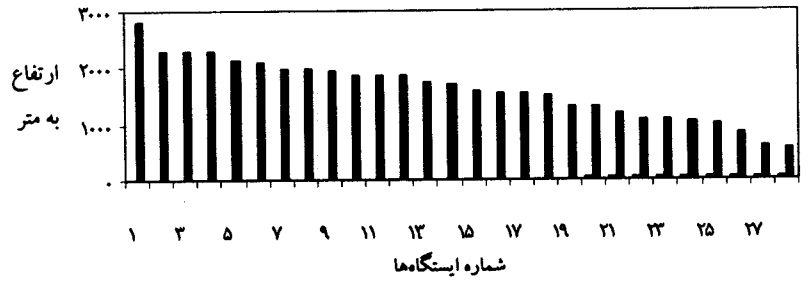
از سوی دیگر ضریب تغییرات در هر ایستگاه هواشناسی مورد محاسبه قرار گرفت. نتیجه آنکه با کاهش ارتفاع از سطح دریا بر مقدار ضریب تغییرات افزوده می‌شود. به عبارت دیگر رابطه معکوس خطی معنی‌داری بین ارتفاع از سطح دریا و ضریب تغییرات بارندگی یک‌روزه سیل‌زا وجود دارد. سطح معنی‌دار بودن در زیر حوزه شاه‌رود ـ رجایی‌دشت و تلوار ـ مهرآباد برابر با پنج درصد و در زیر حوزه شاه‌رود ـ لوشان یک درصد است (شکل ۵).

میزان همبستگی مقدار دبی اوج یک آبنمود با مقدار متوسط بارندگی نظیر (در سطح حوزه آبخیز) یکی از موضوعات مهم در توجیه دخالت دادن ارتفاع از سطح دریا در مدل نمودن دبی اوج با بارندگی‌های ۲۴ ساعته و یا بارندگی‌های کوتاه مدت حاصل از همان بارندگی‌ها است. لذا ضریب همبستگی بین دبی اوج و بارندگی‌های روزانه نظیر در سطح حوزه آبخیز مورد محاسبه قرار گرفت که رابطه خطی و منحنی بین دبی اوج و بارندگی‌های یک‌روزه نظیر با مقدارهای متفاوت وجود دارد. سطح معنی‌دار بودن در زیر حوزه شاه‌رود ـ رجایی‌دشت و شاه‌رود ـ لوشان در حالت خطی و منحنی برابر با یک درصد و در زیر حوزه تلوار ـ مهرآباد در حالت خطی پنج درصد و در حالت منحنی یک درصد است (شکل ۶). همچنین مقدار ضریب همبستگی دبی اوج با بارندگی‌های یک‌روزه نظیر در حالت

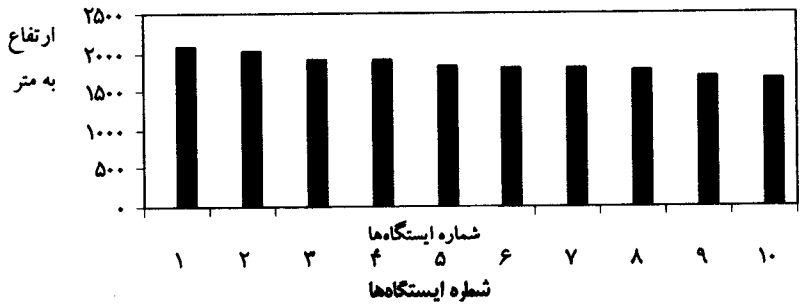
همبستگی منحنی در مقایسه با همبستگی خطی از مقدار بیشتری برخوردار بوده است (جدول ۴).



الف-زیرحوزه شاه‌رود-رجایی دشت



ب: زیر حوزه شاه‌رود ـ لوشان

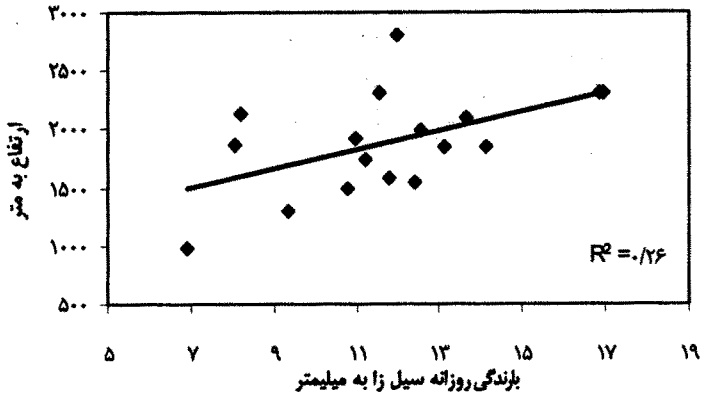


ج: زیر حوزه تلوار ـ مهرآباد

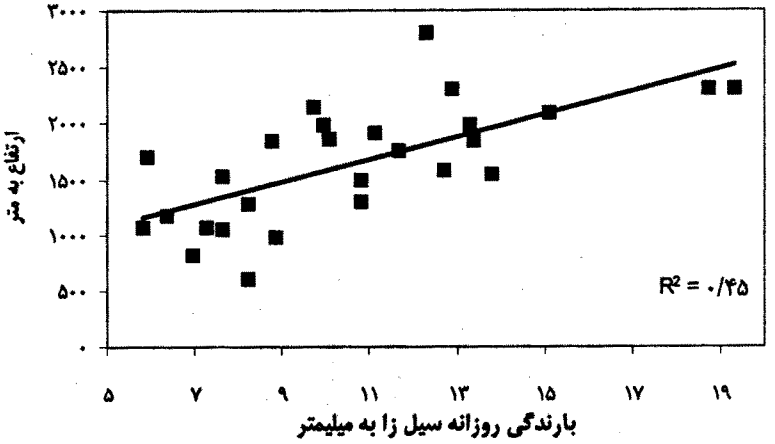
شکل۳ـ نمودارهای پراکنش ارتفاعی ایستگاه‌های هواشناسی در زیر حوزه‌های آبخیز مورد بررسی (الف، ب و ج)

جدول ۴ـ مقدار ضریب همبستگی رگراسیون دبی اوج با بارندگی یکروزه نظیر

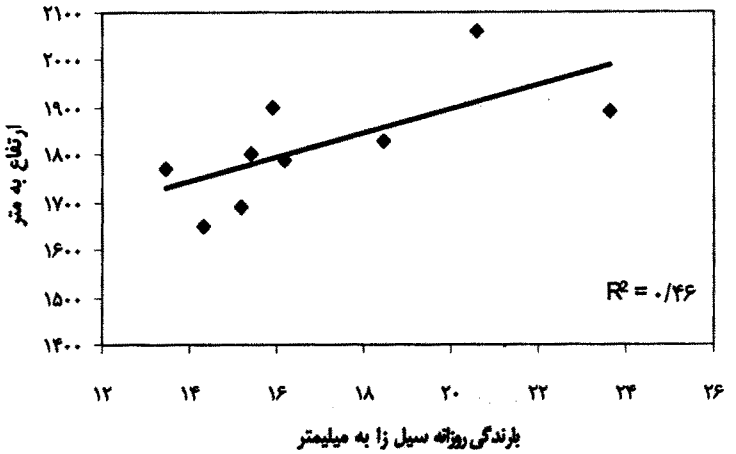
حوزه آبخیز ـ آبسنجی	ضریب همبستگی رگراسیون منحنی	ضریب همبستگی در حالت خطی	درصد افزایش ضریب همبستگی
شاه‌رود ـ رجایی‌دشت	۰/۴۳۳۴	۰/۴۲۱۰	۳/۸۰
شاه‌رود ـ لوشان	۰/۳۷۲۰	۰/۳۶۶۶	۱/۴۷
تلوار ـ مهرآباد	۰/۶۶۵۸	۰/۵۸۵۰	۱۳/۸۱



الف: زیر حوزه شاه‌رود ـ رجایی‌دشت

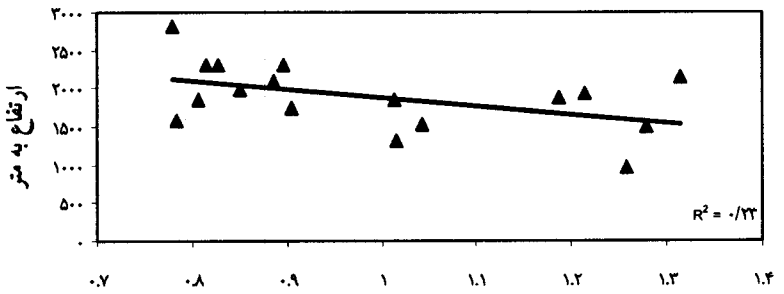


ب: زیر حوزه شاه‌رود ـ لوشان

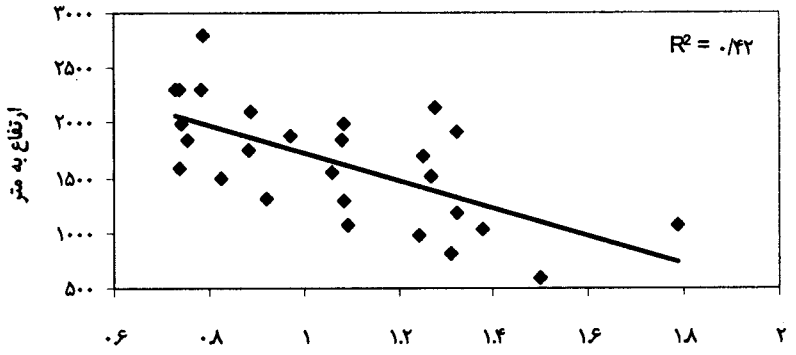


ج: زیر حوزه تلوار ـ مهرآباد

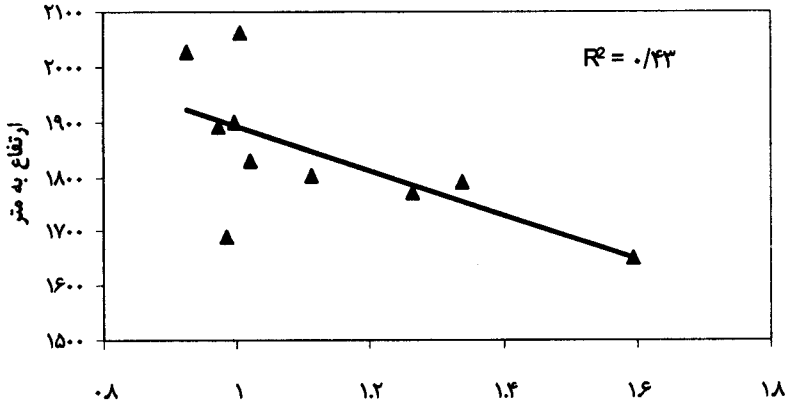
شکل ۴ـ نمودارهای رابطه ارتفاع با بارندگی‌های روزانه سیل‌زا (الف، ب و ج)



الف: زیر حوزه شاه‌رود ـ رجایی‌دشت

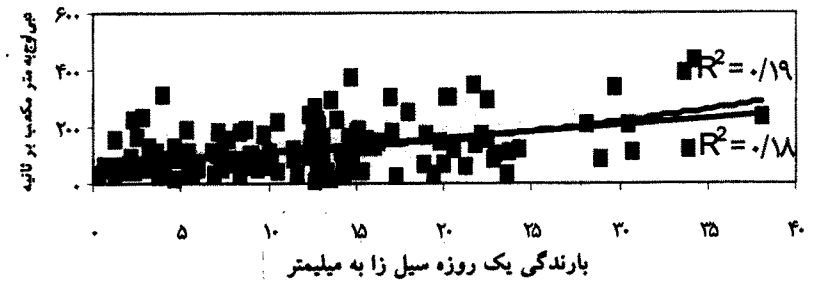


ب: زیر حوزه شاه‌رود ـ لوشان

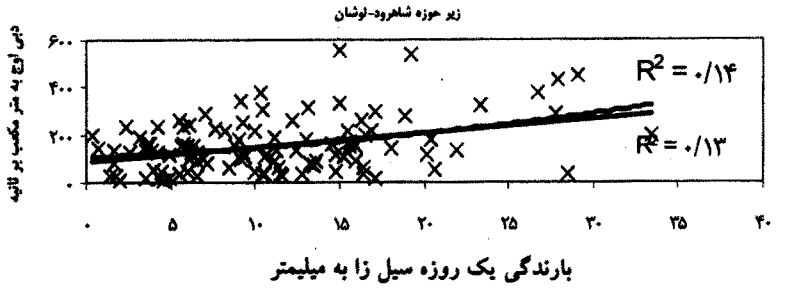


ج: زیر حوزه تلوار ـ مهرآباد

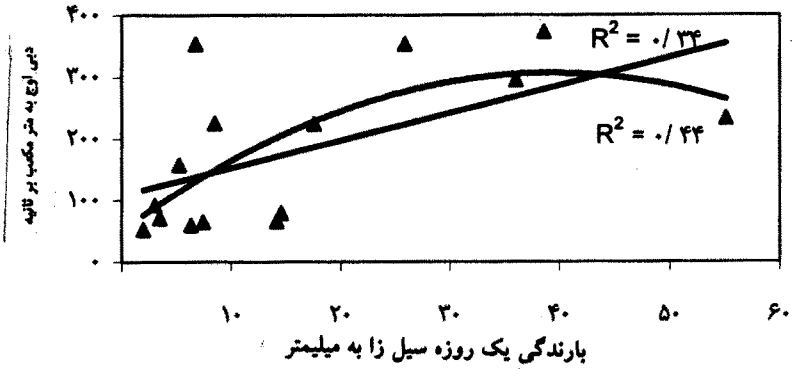
شکل ۵ـ نمودارهای رابطه ارتفاع از سطح دریا با ضریب تغییرات بارندگی روزانه سیل‌زا (الف، ب و ج)



الف: زیر حوزه شاه‌رود ـ رجایی‌دشت



ب: زیر حوزه شاه‌رود ـ لوشان



ج: زیر حوزه تلوار ـ مهرآباد

شکل ۶ـ نمودارهای رابطه دبی اوج با بارندگی‌های یک‌روزه نظیر سیل‌زا (الف، ب و ج)

بحث و نتیجه‌گیری

یکی از موضوعات مهم از دیدگاه مدیریت آبخیزها و کنترل سیلاب این است که آیا در یک واقعه سیلابی، عمق رواناب می‌تواند در ارتباط با ارتفاع از سطح دریا تبیین شود و از دیدگاه مهندسی، افزایش مقدار بارندگی روزانه نظیر سیل‌زا، منجر به افزایش دبی اوج آبنمود نظیر شود؟ بر اساس تحقیقات موجود در ایران، رابطه بارندگی‌های ۲۴ ساعته و کمتر با زمان دوام و دوره برگشت‌های مختلف با ارتفاع ایستگاه‌های باران‌سنجی، در مناطق شمال و شمال‌غرب ایران دارای ضریب همبستگی قابل قبول نبوده است (وزیری، ۱۳۷۶). در صورتی که نتایج حاصل از تحقیقات انجام شده در شمال‌غربی کشور، نشان دهنده رابطه معنی‌دار بین ارتفاع از سطح دریا و بارندگی‌های روزانه سیل‌زا است. دلیل این موضوع عدم توزیع مناسب

ارتفاعی ایستگاه‌های باران‌نگار از سوی وزیری (۱۳۷۶) بیان شده است. به‌نظر می‌رسد علاوه بر مورد مذکور با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق که عمق بارش در یک منطقه را مورد توجه قرار داده، عدم تفکیک بارش‌های حداکثر ۲۴ ساعته سالانه به بارش‌های جبهه‌ای، کوه‌پناهی و جا به جایی می‌تواند یکی از عامل‌های اصلی باشد. به‌دلیل آنکه اصولاً در تحلیل رابطه شدت ـ مدت ـ فراوانی[1] تنها بارش‌های نقطه‌ای یا به عبارت دیگر بارش‌های هر ایستگاه بدون توجه به ایستگاه‌های مجاور مورد توجه قرار می‌گیرد.

تلوری (۱۳۸۱) اظهار داشته است که الگوهای میانگین بارش‌های با تداوم بیش از ۱۲ ساعته دارای توزیع زمانی نسبتاً یکنواخت بوده و در بارش‌های کمتر از ۱۲ساعت بیش از ۵۰ درصد از مقدار بارش در نصف مرکز بارش به وقوع می‌پیوندد. این امر به این معنی است که بارش‌های با تداوم بیش از ۱۲ ساعت تقریباً از یک روند یکنواخت تبعیت می‌کنند، که خود بر مقدار اعتبار رابطه بارندگی‌های روزانه سیل‌زا با ارتفاع افزوده و همچنین این موضوع قابل درک است که این چنین روابط همبستگی، تا کاهش دوام بارش‌ها به ۱۲ ساعت نیز قابل حصول است.

بررسی رابطه بین ضریب تغییرات بارندگی‌های روزانه سیل‌زا با ارتفاع ایستگاه‌ها نشانگر ضریب همبستگی معنی‌دار، با معادله خطی معکوس است. وجود چنین شرایطی دلالت بر آن دارد که مقدار پراکندگی و دگرگونی[2] بارندگی‌های روزانه سیل‌زا در مناطق پست زیاد بوده و در ارتفاعات کمتر است. به این معنی که با زیاد شدن ارتفاع علاوه بر افزایش عمق رواناب بر مقدار یکنواختی آن هم اضافه می‌شود، یعنی در مواقع سیلابی باید انتظار عمق رواناب بیشتر را از اراضی بالادست حوزه در مقایسه با اراضی پایین‌دست داشت و همین امر لزوم مدیریت آب و خاک در ارتفاعات را بیشتر تأیید می‌کند.

با توجه به جدول (۴) و شکل‌های (۴، ۵ و ۶) چنین بر می‌آید که رابطه دبی اوج با مقدار متوسط بارندگی نظیر روزانه سیل‌زا در سطح حوزه بیانگر یک رابطه مستقیم و معنی‌دار در حالت خطی و غیرخطی است، با این تفاوت که مقدار ضریب همبستگی در کل برای وضعیت غیرخطی در مقایسه با خطی بیشتر است. این حالت مؤید نظریه وجود رابطه غیرخطی بین بارندگی و رواناب می‌باشد (۷). لذا نتایج اجمالی و کاربردی این تحقیق عبارتند از:

ـ دخالت دادن ارتفاع برای تولید مدل‌های ریاضی رابطه بارندگی‌های یک‌روزه سیل‌زا با بارش‌های کوتاه مدت منجر به افزایش دقت این مدل‌ها می‌شود.

ـ محاسبه عمق رواناب برای یک واقعه سیلابی منتج از بارش در تمام حوزه آبخیز در ارتفاع‌های مختلف دقت محاسبه عمق رواناب را در سطح حوزه آبخیز افزایش می‌دهد.

ـ محاسبه دبی اوج بر اساس عمق رواناب و مساحت‌های جزء نظیر (۱۰) بر اعتبار برآورد تجربی دبی‌های اوج می‌افزاید.

تقدیر و تشکر

به این وسیله از همکاری‌های خوب و صمیمانه مسئولین و کارمندان محترم سازمان تحقیقات منابع آب به‌ویژه آقای بابایی (مسئول آمار)، سازمان هواشناسی کل کشور، سازمان آب گیلان، سازمان آب کردستان، اداره کل امور آب قزوین و مرکز تحقیقات منابع طبیعی و امور دام استان زنجان بالاخص آقای فرزاد بیات موحد و علیرضا زینعلی که در بازخوانی تنظیم و تایپ مقاله همکاری صمیمانه‌ای داشته‌اند، تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

۱ـ تلوری، عبدالرسول، ۱۳۸۱. بررسی ویژگی‌های باران در رابطه با روش‌های برآورد سیلاب در ایران، جلد دوم: الگوی توزیع زمانی باران، گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، انتشارات پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، ص ۳۶۱.

۲- شرکت سهامی آب منطقه‌ای گیلان ـ معاونت مطالعات پایه منابع آب، ۱۳۷۹. گزارش تلفیق مطالعات منابع آب حوزه آبریز سفیدرود و شرق و غرب گیلان، جلد اول (آمار و اطلاعات و بررسی مقدماتی آن ـ ضمیمه‌های ۱ـ۲ ، ۱ـ۳ و آلبوم نقشه‌ها).

۱- Intensity-Duration-Frequency
۲- Anomaly

۳ـ خلیلی، علی، ۱۳۷۰. طرح جامع آب کشور (شناخت اقلیمی ایران، بررسی‌های بنیادی ـ بارندگی، بخش اول)، شرکت مهندسین مشاور جاماب وابسته به وزارت نیرو، ص۴۴۲ .

۴ـ علیزاده، امین، ۱۳۸۰. اصول هیدرولوژی کاربردی، انتشارات دانشگاه امام رضا، ص ص ۱۸۹ و ۶۷۲.

۵ـ مهدوی، محمد، ۱۳۷۸. هیدرولوژی کاربردی، انتشارات دانشگاه تهران، جلد اول، ص ص ۲۴۳-۲۴۲.

۶ـ وزیری، فریبرز، ۱۳۷۶. هیدرولوژی کاربردی در ایران، (کتاب نخست، اصول و مبانی، نرم افزار و بانک اطلاعات برای ترسیم منحنی‌های شدت ـ مدت بارندگی در ایران، ۱۳۵۹ ـ ۱۳۷۶)، ص ۱۲۵ .

7-Babovic, V. & V.H. Bojkov, 2001. Runoff Modelling with Genetic Programming and Artificial Neural Networks, D2K Technical Report D2K TR 0401-1, DHI., 131 pp.

8-Claps, P. & P. Villani, 1999. Analysis of Peaks Over Threshold Within Daily Data for Flood Frequency Curve Assessment in: Claps P and F. Siccardi (eds.) Mediterranean Storms (Proc. of the EGS Plinius Conference held at Maratea, Italy, 277-286, BIOS (Cosenza, Italy), 2000.

9- Claps, P. & P. Villani, 2001. Using Rainfall and Runoff Peaks Over Threshold in the Analysis of Flood Generation Mechanisms, Proceedings of the 3rd EGS Plinius Conference held at Baja Sardinia, Italy.

10-Iacobellis, V. & M. Fiorentino, 2000. Derived Distribution of Floods Based on the Concept of Partial Area Coverage with a Climatic Appeal, Water Resources Research, VOL. 36(2): 469-482.

11-Johnson, B. & D. Chen, 2003. the Influence of Wind and Topography on Precipitation Distribution in Sweden: Statistical Analysis and Modelling, Int. J. Climatol. 23:1523–1535.

12-Konrad, CE., 1996. Relationships Between Precipitation Event Types and Topography in the Southern Blue Ridge Mountains of the Southeastern USA. International Journal of Climatology, 16: 49–62.

13-Lecce, S. A., 2000. Seasonality of Flooding in North Carolina, Southeastern Geographer Journal,Vol. XXXXI(2):168-175.

14-Matondo, I.J., K.M. Msibi. & G. Peter., 2002. Water Demand Management for Sustainable Development, 3rd WaterNet/Warfsa Symposium Evaluation of the Impact of Climate Change on Hydrology and Water Resources in Swaziland.

15-Merz, R., P. Ellena, U. Bloschl & G. Gutknecht D., 1999. Seasonality of Flood Processes in Austria. In: "Hydrological Extremes", Proceedings of the IUGG 99 Symposium, Birmingham. IAHS Publ. (255): 273-278.

16-Nishiyama, K., I. Ishikawa, K. Jinno, A. Kawamura, & K. Wakimizu, 2002. Radar and GPV-based Consideration on Significant Indices for Detecting Heavy Rainfall, Proceedings of ERAD : 272–276.

17-Peck, E.L., 1973. Relation of Orographic Winter Precipitation Patterns to Meteorological Parameters. In Distribution of Precipitation in Mountainous Areas. Proceedings of the Geilo Symposium, Norway. WMO publication, II(326): 234–242.

18-Roger, G.B., 1992. Mountain Weather & Climate 2nd Ed., Routledge.

19-Sensoy, A., A.E. Tekeli, A.A. Orman & A. Orman, 2003. Simulation of Event-Based Snowmelt Runoff Hydrographs Based on Snow Depletion Curves and the degree-day Method, Can. Journal Remote Sensing, 29(6): 693–700.

20-Smith, R.B., 1979. The influence of mountains on the atmosphere Advances in Geophysics 21: 87–229.

21-Sevruk, B., 1997. Regional Dependency of Precipitation-Altitude Relationship in the Swiss Alps, Climatic Change Journal, Kluwer Acadimic Publishers The Netherlands, 36: 355-369.

22- Vaes, G., 1999. The Influence of Rainfall and Model Simplification On Combined Sewer System Design, Ph.D Thesis, Copyright © Katholieke Universiteit Leuven, Belgium.

23-Westerstrom, G. & V.P. Singh, 2000. An investigation of Snowmelt Runoff on Experimental Plots in Lulea, Sweden, Hydrological Processes Journal 14:1869-1885.

Effect of Altitude on Daily Flooding Rainfall for Estimation of Peak Flow

A. Rezaei[1] M. Mahdavi[2] C. Lucas[3] S.Feiznia[4] M. H. Mahdian[5]

Abstract

One of the most important factors which affect the flooding behavior in every watershed is high rainfall. The daily rainfall data are the most available data with non-linear mathematical relations (between daily rainfall and short duration rainfalls) having been established and accepted in Iran. If there existed some relationships between daily flooding rainfall and altitude, the creating of precise mathematical models would be possible. Such asituation will facilitate precise estimation of peak flows.

In this research 262 hydrographs were selected in three subwatersheds and their corresponding daily rainfal data extracted from 38 raingauges scattered all over their areas. The correlation cofficience between altitudes for raingauges and daily flooding rainfalls indicate that there are direct correlation at a confidence level of 1% for two watersheds and at 5% for others. Also the correlation between coefficient of variation (CV) in daily flooding rainfalls and altitudes were significant by linear negative regressions at a confidence level of 1% in one subwatershed and at 5% for others. Also the correlation between peak flows of hydrographs and corresponding daily flooding rainfalls was significant at a confidence level of 1% in all subwatersheds. This research indicated that introducing altitude as a variable factor in producing mathematical equations for short duration rainfalls (from daily rainfalls) can help improve the models of estimation of peak flows at ungauged watersheds.

Keywords: Rainfall, Hydrograph, Peak flow, Altitude, Mathematical model, Sefidrood watershed, Iran.

1- Ph.D.Candidate, Watershed Management, Faculty of Natural Resources, University of Tehran and Sientific Member, Research Center of Agriculture and Natural Resources, Zanjan (E-mail: rezaei_ali@hotmail.com)

2- Professor,Faculty of Natural Resources,University of Tehran

3- Professor, Technical Faculty, University of Tehran

4- Professor,Faculty of Natural Resources,University of Tehran

5- Associate Professor in Research,Soil Conservation and Watershed Management Research Institute