

پیش بینی سیلاب در مناطق مرطوب

PREDICTION OF PEAK RUNOFF FROM RAINFALL IN A TEMPERATE AREA

By: H.A. Ghayoor (ph.D)

Department of Geography, University of Isfahan, Iran

Abstract: the purpose of this study is to investigate some of the factors controlling the rainfall- runoff relationship and, consequently, predicting flood events in a catchment. primarily, the research is concerned with the study of rainfall and runoff with respect to various hydrometeorological and physical factors.

An equation to predict the peak discharge is proposed. The prediction equation illustrates that the maximum peak discharge can be obtained as a function of rainfall intensity, rainfall duration, duration of rainfall up to time of concentration, and the previous discharge. such analyses are considered vital as the basis for flood warning systems in the area under consideration.

شواهد نشان می دهد که خسارات جانی و مالی ناشی از سیلاب بیش از سایر سوانح طبیعی است (Mouder ۱۹۷۰). در چند دهه اخیر مطالعات همه جانبه ای برای پیش بینی وقوع این پدیده انجام شده است. در همه طرحهای زیربنایی و اجرایی، انجام این مطالعه از اولویت خاصی برخوردار است. امروزه تخمین حداکثر سیلاب و پیش بینی آن قبل از وقوع، یکی از مسایل مهم و مورد بحث در هیدرولوژی است، معهدا با تراید روزافزون جمعیت و توسعه فزاینده صنعت و به دنبال آنها اشغال سرزمینهای مجاور رودخانه ها، زیانهای ناشی از سیلاب نه تنها کاهش نیافته بلکه روجه فزونی است (Bolt و همکارانش ۱۹۷۵، Neuson ۱۹۷۵). افزایش این خطر سبب شده است که بررسی سیلابها توجه بیشتر دانشمندان را به

خود جلب کند و حتی سازمانهای مطالعاتی و تحقیقاتی ممالک (وزارت نیرو) و سازمانهای بین المللی (W. M. O) نیز برای بررسی این پدیده سرمایه گذاری کرده اند. آنچه مسلم است سیلاب، ناشی از بارندگی است ولی مطالعات نشان می دهد که رابطه خطی و مستقیمی بین این دو عامل وجود ندارد. از جمله عوامل اصلی که برهم زننده این رابطه است، شرایط اقلیمی و طبیعی و جغرافیایی منطقه می باشند. از همین رو است که رابطه بین بارندگی و آبهای جاری به طور محسوسی از حوضه ای به حوضه دیگر متغیر است و نه فقط هر حوضه بلکه هر زیر حوضه شرایط ویژه خود را دارد که بایستی مستقلاً مورد بررسی قرار گیرد.

در این مقاله سعی شده تا عوامل موثر در به وجود آمدن سیلاب در مناطق مرطوب مورد شناسایی و تجزیه و تحلیل قرار گیرند. برای این کار، روابط علت و معلولی بین بارندگی و سیلاب با توجه به پدیده های طبیعی هیدرومتئورولوژیکی و فیزیکی منطقه شناسایی و به منظور تعیین چگونگی تاثیر این پدیده ها برهم بررسیهای منطقه ای زیر انجام شده است.

۱ - چهار دسته از آمارهای بارندگی متعلق به چهار فصل مختلف همراه هیدروگرافهای مربوطه انتخاب شده، که به منظور تعیین عوامل موثر در سیلاب منطقه و برای دستیابی به اطلاعات اولیه از کنشها و واکنشهای اساسی بین بارندگی و سیلاب، مورد مطالعه قرار گرفته اند.

۲ - ضرایب ثابت حوضه مثل ساختار زمین، شکل هندسی و زمان تمرکز حوضه مورد توجه واقع شده اند و برآیند نتایج این ضرایب در پیش بینی سیلاب به کار گرفته شده است. پس از بررسیهای مقدماتی و شناخت عوامل موثر در سیلاب منطقه، تاثیر هر یک از عاملها به طور مستقل بررسی شده و نهایتاً ضرایب تاثیر همه عوامل برهم و بر سیلاب منطقه تعیین شده است. براساس این مطالعات فرمولی ارائه می شود که به وسیله آن بتوان با دقت کافی سیلاب منطقه را پیش بینی کرد.

۱ - مقدمه:

در سال ۱۸۵۲ میلادی Nathaniel Beardmore فرمول زیر را برای تعیین رابطه بین بارندگی و جریان آب ارائه داد. (Walf ۱۹۶۶)

$$Q=(R+S+Qg+Qi)-(Ls+Lf+Lm+E+\Delta S)$$

در این فرمول (Q) مقدار آب جاری شده است که با مقدار بارش (R)، ذوب برف (S)، آب چشمه‌سارها (Q_g)، و آبهای ورودی به حوضه (Q_i) رابطه مستقیم دارد و با مخازن سطحی (L_s)، جریانات زیرسطحی (L_f)، گیش (L_m)، تبخیر (E)، و تغییرات مخزنی داخل حوضه (ΔS) رابطه معکوس. به دنبال آن دانشمندان با توجه به عوامل دیگر طبیعی مثل جنس زمین، وضع رسوب، پستی و بلندی، پوشش سطحی و متغیرات اقلیمی منطقه، روشها و فرمولهای تجربی و مدل‌های ریاضی زیادی برای تعیین رابطه بین بارش و جریان آب ارائه داده‌اند. در سالهای اخیر مطالعه سیستمهای هیدرولوژی هم از نظر تکنیکی و هم از لحاظ کاربردی توسعه زیادی یافته (Singh ۱۹۸۸) و روشهای ریاضی متعددی با اهداف مختلف مطالعاتی به وسیله دانشمندان ارائه شده است (سروشیان ۱۹۸۳). این دانشمندان مشکلات زیادی را که بر سر راه این مطالعات قرار دارد ذکر کرده‌اند که از آن جمله می‌توان نقصان، عدم دقت، و کوتاه بودن زمان آمارهای لازم را نام برد. لذا با توجه به آمارهای موجود از منطقه و با چشم‌پوشی از سایر آمارهای لازم و گاه با به کارگیری عوامل ثانویه متاثر از آنها، مطالعات خود را انجام داده‌اند و برای هر منطقه روش محاسباتی خاصی را ارائه کرده‌اند. بالطبع چنین روشی در حوضه دیگری قابل استفاده نیست.

عده‌ای از محققین روشهای ریاضی را با روشهای تجربی توأم به کار گرفته‌اند و به کمک آنها و با توجه به عوامل و آمار موجود در منطقه به محاسبه رابطه بارش و آب جاری پرداخته‌اند. به کارگیری این روشها برای مناطق دیگر به علت تعدد عوامل، و یکسان نبودن آنها با عوامل مشابه در سایر مناطق، به نتیجه مطلوب نمی‌رسد. نهایتاً ثابت شده است که برای تعیین ارتباط بین بارندگی و جریانات سطحی نمی‌توان روشی را ارائه داد که در همه جا کاربرد داشته باشد. زیرا این ارتباط تحت تاثیر عوامل عدیده اقلیمی مثل تواتر بارش، طول زمان بارش، شدت و نوع بارش، منطقه و عوامل حوضه‌ای مثل اندازه، موقعیت جغرافیایی و رطوبت موجود در حوضه تغییر می‌کند.

اندازه‌گیری مستقیم پاره‌ای از عوامل فوق‌الذکر مشکل است و بایستی به کمک عوامل ثانویه اندازه‌گیری شوند. چگونگی تعیین عوامل ثانوی از حوضه‌ای به حوضه دیگر متفاوت است. از جمله این عوامل رطوبت موجود در حوضه است که در ارتباط بین بارش و جریان آب تاثیر زیادی دارد. اندازه‌گیری لحظه‌ای و مستقیم این عامل مشکل و گاه غیر ممکن است، زیرا این عامل با شرایط اقلیمی مثل باد، بارندگی، حرارت، و فصل در تغییر است.

عده‌ای از محققین به کمک عوامل قابل اندازه‌گیری دیگری که تقریباً بتواند وضع رطوبت موجود در رسوب حوضه را تعیین کند، به محاسبه و تعیین رابطه بارش و جریانات سطحی پرداخته‌اند. از آن جمله: لنیزلی و آکرمن (۱۹۴۲) Linsley and Acherman با اندازه‌گیری مقدار تبخیر حوضه، ضریبی برای رطوبت خاک تعیین کرده‌اند. عده‌ای نیز با تعیین ضریب جریانات آب زیرزمینی و تغییر عمق سطح ایست‌آبی، به محاسبه رطوبت موجود در خاک پرداخته‌اند. (Linsley ۱۹۶۷)

دانشمندان زیادی نیز با محاسبه بارشهای روزهای قبل، ضریبی را به نام اندیس بارشهای قبلی یا A.P.I. به دست آورده‌اند. این دانشمندان با استفاده از این ضریب به جای رطوبت موجود در خاک به تعیین ارتباط بین بارش و آبهای جاری سطحی برای حوضه‌های مورد بررسی خود پرداخته‌اند. فرمول مورد استفاده آنها برای تعیین این ضریب عبارتست از

$$A.P.I. = aR_0 + bR_1 + cR_2 + \dots + mR_n$$

در این فرمول R_0 و R_1 و R_2 و R_n مقادیر بارندگی همان روز و روزهای قبل هستند. ضرایب a و b و c و m بسته به سایر خصوصیات طبیعی و پوشش سطحی حوضه برای هر مکانی به کمک روشهای ریاضی به گونه‌ای محاسبه می‌شوند که جمع آنها برابر یک باشد. به دلیل سهولت در اندازه‌گیری مقدار بارش، این روش یکی از پرکاربردترین روشهای مطالعاتی در هیدرولوژی است. ولی نتایج حاصله از این روش غالباً از دقت خوبی برخوردار نبوده، لذا عده‌ای از دانشمندان عوامل دیگری مثل قابلیت نفوذ خاک، فصل بارندگی و سایر عوامل طبیعی حوضه‌ای و اقلیمی را به آن افزوده‌اند (Weyman ۱۹۷۰، ۱۹۷۵). بنابراین تعیین رابطه بین بارندگی و جریانات سطحی برای هر حوضه و هر منطقه جغرافیایی نیاز به بررسی وضع اقلیمی و طبیعی همان منطقه دارد و الگوهای حوضه‌های دیگر نمی‌تواند جوابگوی مسایل حوضه‌ای دیگر باشد.

۲ - محدوده مطالعاتی:

محدوده مورد مطالعه دارای وسعت ۱۸۲ کیلومتر مربع است و در قسمت علیای حوضه رودخانه اوز واقعست^۱. این زیر حوضه از لحاظ اقلیمی جزو مناطق مرطوب محسوب می‌شود

۱ - رودخانه اوز در جنوب انگلستان قرار دارد. دلیل انتخاب این محدوده برای این مطالعه، در اختیار داشتن آمار از

دستگاههای ثبات باران سنجی و هیدروگرافی بوده است.

ورودخانه آن بیشتر سال دارای آب می‌باشد. حدود ۶۳٪ آن به وسیله ماسه سنگهای قابل نفوذ پوشیده شده است (غیور ۱۹۷۶) و بقیه زیر پوشش مواد رسی غیر قابل نفوذ است. پوشش سطحی آن را عمده زمینهای کشاورزی و نواحی جنگلی تشکیل می‌دهند و قسمت بسیار کمی از آن را مناطق مسکونی می‌پوشاند که عمده در جنوب مرکزی زیر حوضه واقعست. مرتفعترین محل آن قریب ۶۰۰ متر ارتفاع دارد و در شمال واقع می‌باشد و پست‌ترین محل آن در جنوب و در محل خروج آب است که دارای حدود ۱۰۰ متر ارتفاع است.

در این محدوده یازده ایستگاه بارانسنجی، یک بارانسنج ثابت، و یک ایستگاه اندازه‌گیری جریان رود ثابت وجود دارد. برای این مطالعه چهارسری آمارهای بارندگی و سیلاب متعلق به چهار فصل مختلف سال ۱۹۷۴ انتخاب شد. انتخاب چهار فصل سال به دلیل بررسی تاثیرات عوامل مختلف طبیعی و تغییرات فصلی بر این موضوع است. سال ۱۹۷۴ نیز به دلایل زیر انتخاب شد:

اولاً وقتی آمارهای منتخبه از یک سال باشند عواملی مثل شهرسازی، جنگلکاری و سایر پدیده‌های پوشش زمین که تغییراتشان می‌تواند در این ارتباط مؤثر باشد ناچیز است. ثانیاً دو سیلاب بزرگ در طول ۱۵ سال آمارگیری در این سال اتفاق افتاده است. آمارها از ایستگاههای یازده گانه بارانسنجی و ایستگاه اندازه‌گیری جریان رود به کمک چارت‌های دستگاههای ثابت در هر دو ساعت یک بار برداشت شد. بارندگیهایی که مدت توقف بین دو بارش آنها کمتر از زمان تمرکز حوضه (۱۳ ساعت) بود جزویک گروه بارندگی محاسبه شد.

عوامل ثابت حوضه مثل زمین‌شناسی، توپوگرافی، ساختمان خاک و زمان تمرکز حوضه مورد بررسی واقع شد که نتایج آن به اختصار ذکر شده و در مطالعات به کار گرفته شده‌اند.

۳ - مطالعات مقدماتی:

برای مطالعه و بررسی رابطه بارش با جریانات سطحی بدوآ مقادیر هریک از چهار سری آمار تهیه شده از متوسط بارندگیها و جریانات سطحی دو ساعته متعلق به چهار فصل سال روی محور عمودی دستگاه مختصات در مقابل محور افقی زمان نقطه گذاری و بدین ترتیب هیدروگرافها و هایتروگرافهای چهارسری آمار موجود، در اشکال ۱ تا ۴ تهیه شد که

ذیلاً به شرح آنها می پردازیم.

شکل شماره (۱) که از جدول شماره (۱) تهیه شده است متعلق به فصل زمستان است. از سوم تا چهاردهم فوریه (۱۴ تا ۲۵ بهمن) حوضه مطالعاتی مجموعاً $۱۲۴/۵$ میلیمتر باران از ۱۱ بارش مجزا دریافت کرد که منتج به ۵ هیدروگراف مختلف شد. ۵ بارش اول ۲۶ میلیمتر بارندگی داشت. در این مدت که در مجموع ۵۱ ساعت طول کشید بارش سطح حوضه به طور متوسط معادل ۱۸ میلیمتر بود. به دلیل خشکی حوضه، بالا بودن نفوذ، تبخیر اولیه، گیرش و عوامل دیگر فقط ۱۵٪ از این مقدار بارش به جریانات سطحی تبدیل شد و هیدروگراف ۵ و ۶ فوریه را ایجاد کرد. تخلیه رود از $۲/۰۸$ متر مکعب در ثانیه در ابتدا به آرامی بالا رفت و به حداکثر $۱۰/۳۹$ متر مکعب در ثانیه رسید. (جدول ۱).

در روز دهم فوریه در یک بارش مداوم یک روزه به طور متوسط $۴۳/۶$ میلیمتر باران بر سطح حوضه بارید. به دلیل مرطوب بودن حوضه و شدید بودن بارندگی، ۵۸٪ از این مقدار بارش به صورت جریانات سطحی درآمد و سومین هیدروگراف را پدید آورد. مقدار جریانات سطحی از $۷/۳۳$ متر مکعب در ثانیه به ۷۲ متر مکعب در ثانیه رسید که دومین سیلاب ثبت شده در ظرف پانزده سال آمارگیری بود.

هیدروگرافها و هایتروگرافهای شکل شماره (۲) از بارندگی ۲۵ تا ۲۸ ژوئن (۴ تا ۷ تیرماه) یعنی بارشهای تابستانه به دست آمده اند. در این مدت، ۴ رگبار بر سطح حوضه بارید که موجب پدید آمدن سه هیدروگراف شد. در اوایل روز ۲۵ ژوئن طی یک بارندگی شدید ۱۰ ساعته مقدار $۴۰/۶$ میلیمتر باران بر سطح حوضه بارید. برخلاف بارندگی شدید، به علت خشکی منطقه، فقط $۱/۲$ درصد از بارندگی به صورت آبهای سطحی از منطقه خارج شد و مقدار آب خروجی از $۰/۲$ متر مکعب در ثانیه به $۶/۸۲$ متر مکعب در ثانیه رسید. بارش منطقه در طی چهار روز بارندگی جمعاً $۵۹/۳$ میلیمتر بود که $۹۶/۶$ درصد آن جذب حوضه شد و فقط $۳/۴$ درصد بارش به صورت آبهای جاری از منطقه خارج شد.

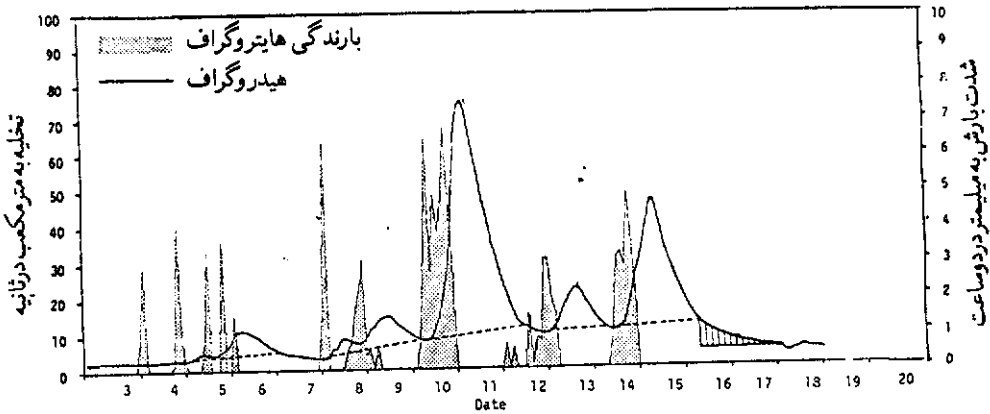
شکل شماره (۳) از بارندگی سی ام اوت تا هفتم سپتامبر (۸ تا ۱۶ شهریور) ترسیم شده است. بارندگی در اوایل روز آغاز شد و طی دو رگبار مختلف با فاصله زمانی ۱۰ ساعت بیش از ۱۰ میلیمتر باران بارید. ولی به علت خشکی زمین منطقه و پایین بودن شدت بارش، تغییر چندانی در مقدار آب خروجی حوضه داده نشد. بعد از ۵ روز بارندگی آرام و مداوم، رطوبت منطقه بالا رفت و در نتیجه در اثر $۴۸/۵$ میلیمتر بارندگی در ۱۷ ساعت آب خروجی

جدول ۱ - رابطه علت و معلولی بین بارندگی و سیلاب

تاریخ وقوع شماره سیلاب (۱۹۷۴)	بارندگی			Duration Hours	جرمات سطحی			مقدار آب از دست رفته		زمان تا خیر به ساعت				
	زمان به ساعت	مقدار	موازینت مکعب میلیمتر		Volume m ³ x 10	جرمات پایه‌ای	جرمات سیلاب	مکعب	% شروع باران تا شروع سیلاب	شروع باران تا حداکثر سیلاب	حداکثر باران تا سیلاب			
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
February														
1	51	18.0	3258	66	2.08	10.19	1304.5	811.4	493.1	2764.9	84.9	-8	10-12	
2	32	20.3	3674.3	48	2.89	14.21	1648.4	919.3	729.1	2945.2	80.2	5	14-16	
3	19	43.6	7891.6	48	7.33	72.00	6204.9	1600.1	4604.8	3266.8	41.7	6	8-12	
4	16	15.7	2841.7	28	8.95	20.89	1583.1	983.3	599.8	2241.9	78.9	11	14-16	
5	14	26.9	4868.9	42	9.66	44.32	3835.6	1582.3	2253.3	2615.6	53.7	4	13-15	
whole	264	124.5	22334.5	290			15912.3	7332.2	8680.1	13854.4	61.5		11.8- 14.2	
June														
1	10	40.6	7348.6	14	0.20	6.82	211.2	120.5	90.7	7257.9	98.8	2	7-9	
2	14	15.9	2877.9	14	0.27	5.30	121.4	96.3	25.1	2852.8	99.1	-3	13-14	
3	4	2.8	506.8	6	0.25	4.04	62.3	32.4	29.9	476.9	94.1	2	2	
whole	60	59.3	10733.3	62			562.8	414.6	145.7	10587.6	98.6		8.3	
September														
1	36	10.2	1846.2	-	0.23	0.82	20.8	15.8	5.0	1298.2	99.6	6	8-10	
2	6	7.2	1303.2	8	0.37	4.49	230.1	139.9	90.2	4308.1	98.0	4	24	
3	24	24.3	4398.3	30*	0.51	1.27	2267.1	520.3	1746.8	7031.7	80.1	9	22	
4	17	48.5	8778.5	44	1.27	24.25	2267.1	520.3	1746.8	7031.7	80.1	9	22	
5	4	8.4	1520.4	16	2.68	5.30	239.0	173.1	65.9	1454.5	95.7	6	10	
whole	172	98.6	17846.6	153			3185.3	1272.4	1907.9	15938.7	89.3		16	

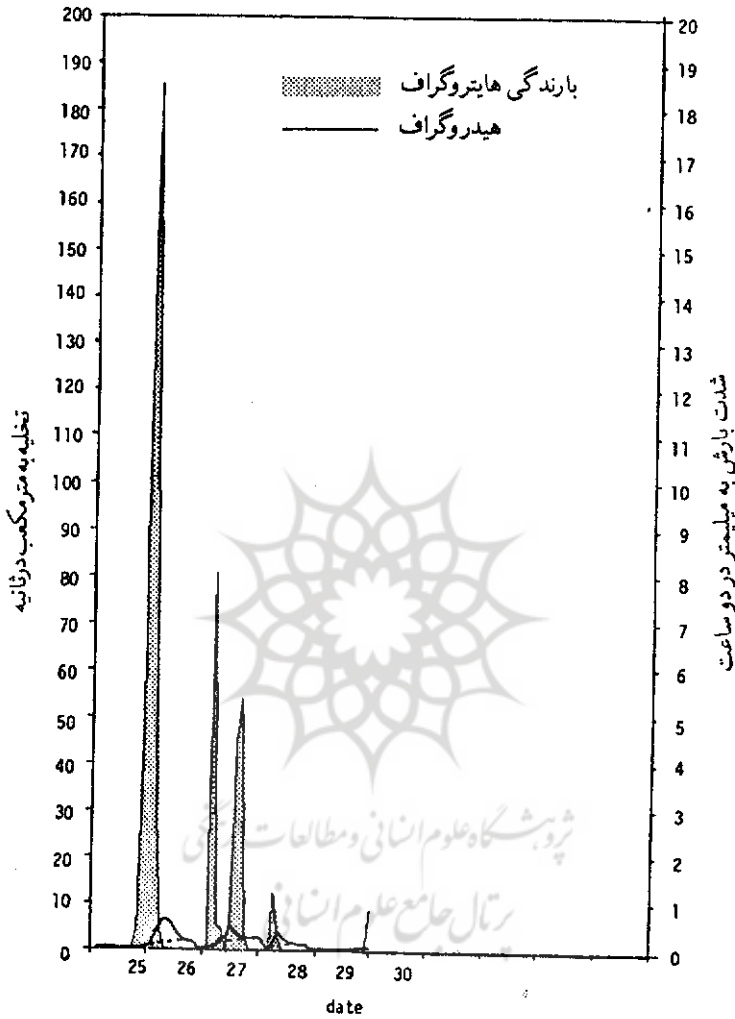
ادامه جدول شماره ۱

تاریخ وقوع (۱۹۷۹)	شماره سنجش	بارندگی			Duration hours	تخلیه		حجم			مقدار آب از دست رفته		زمان تا ختم به ساعت	
		زمان به ساعت	مقدار	میزان میلیمتر		تخلیه فولی	حد اکثر تخلیه	تخلیه	تخلیه	پایه ای	جرایان سیلاب	هزار متر مکعب	%	شروع باران تا شروع سیلاب
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
November														
1	12	15.5	2805.5		16	2.08	10.39	458.0	308.2	149.8	2655.7	94.7	13	14-16
2	24	32.3	5846.2		38	3.33	39.62	3195.2	995.9	2199.3	3647.0	62.4	12	14-16
3	14	15.1	2733.1		28	8.14	26.22	1878.9	1024.1	854.8	1878.3	68.7	11	18-20
4	24	25.7	4651.7		38	9.61	36.59	3226.1	1503.4	1722.7	2929	63.0	9	12-14
5	51	69.0	12489		90	9.51	86.9	10600.5	3377.7	7222.8	5266.2	42.2	1	8-12
whole	268	157.6	28525.6		314			21972.8	9823.4	12149.4	16376.2	57.4		14.3



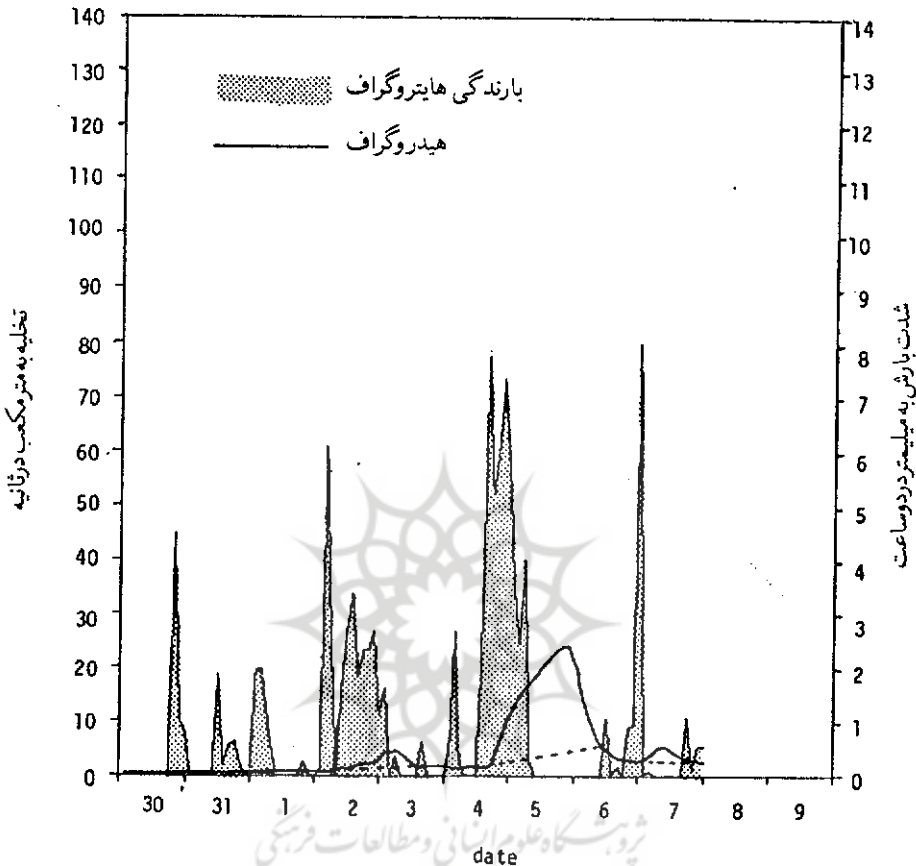
شکل ۱- هیدروگراف و هایتروگراف ترسیمی از بارندگی سوم تا چهاردهم فوریه ۱۹۷۴

حوضه از $1/3$ به $24/25$ مترمکعب در ثانیه رسید و در مجموع از 102 میلیمتر بارش در مدت 9 روز حدود 11 درصد آن به صورت آبهای سطحی از منطقه خارج شد. گرافهای شکل (۴) از 12 روز بارندگی متوالی ترسیم شده‌اند که از دهم نوامبر (۱۹ آبان) آغاز شده است (با توجه به جدول شماره ۱). حوضه در این مدت $157/6$ میلیمتر بارندگی دریافت کرد. در اثر این بارشها که هر روز متناوباً، سطح حوضه را فرا گرفته بود تعداد 5 هیدروگراف به وجود آمد که یکی از آنها بیشترین رقم تخلیه را در مدت 15 سال از منطقه نشان می‌دهد. بارندگی از ساعت 2 صبح دهم نوامبر آغاز شد و در مدت 12 ساعت $15/5$ میلیمتر باران بارید که حدود 50% آن به صورت آبهای سطحی از حوضه خارج شد و اولین هیدروگراف را به وجود آورد و سطح آب از $2/08$ به $10/4$ مترمکعب در ثانیه رسید. دومین بارش در 13 نوامبر به مقدار 32 میلیمتر بارید که به دلیل خیس خوردگی زمین اولاً سبب زمین لغزه در بعضی از نواحی رسی شد و ثانیاً قسمت اعظم آب به صورت آبهای جاری درآمد و سطح آب به 40 مترمکعب در ثانیه رسید. بعد از 9 بارش متوالی در 20 و 21 نوامبر یک بارش شدید 69 میلیمتری بر سطح حوضه فرو ریخت که 58% آن به صورت آبهای سطحی درآمد و سطح آب از $9/5$ به 87 مترمکعب در ثانیه رسید. بالاترین رقم تخلیه را در طی 15 سال آمارگیری ثبت کرد و خسارات فراوانی به تاسیسات و مزارع وارد ساخت. در مجموع 44% از $157/6$ میلیمتر بارندگی 12 روزه به صورت آبهای جاری از منطقه خارج شد.



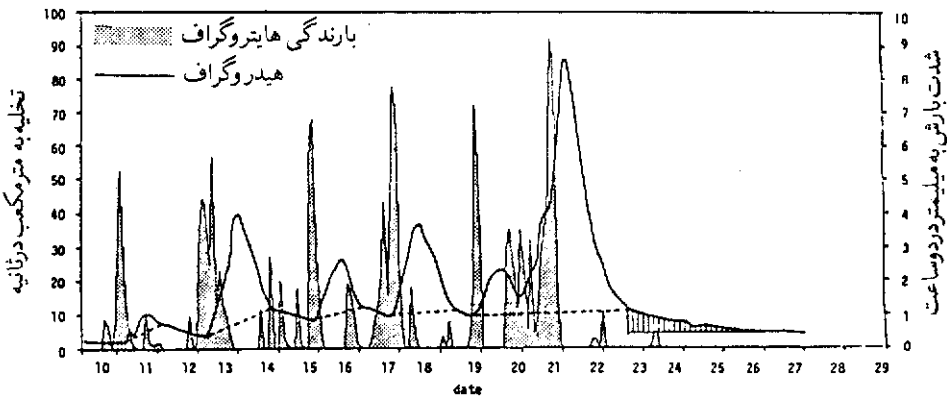
شکل ۲- هیدروگراف و هایتروگراف ترسیمی از بارندگی ۲۵ تا ۲۸ ژوئن ۱۹۷۴

با بررسی هیدروگرافهای فوق نتایج زیر حاصل می شود:
 با توجه به شکل‌های شماره ۱ و ۴، هنگامی که زمین منطقه بعد از بارندگی از رطوبت اشباع است سطح آب جاری در رودخانه که به وسیله آب‌های زیر سطحی، آب‌های زیرزمینی و آب‌های تأخیری تامین می شود به حدود ۱۲ مترمکعب در ثانیه می رسد. البته این مقدار ثابت



شکل ۳- هیدروگراف و هایتروگراف ترسیمی از بارندگی ۳۰ اوت تا ۷ سپتامبر ۱۹۷۴

نیست و معمولاً بعد از ۳ تا ۵ روز بسته به وضع پوشش سطحی منطقه و فصل بارش به ۴ مترمکعب در ثانیه می رسد. به عبارت دیگر وقتی حوضه از رطوبت کافی برخوردار است جریانات آب زیرزمینی که رودخانه را تغذیه می کند معادل ۴ مترمکعب در ثانیه است. با نگاهی به دوگراف (۲) و (۳) و جدول شماره (۱) به این نتیجه می رسیم که عوامل به وجود آورنده سیلاب در این حوضه عبارتند از: شدت بارندگی، مدت بارندگی و حجم آب موجود در رودخانه قبل از بارش.



شکل ۴- هیدروگراف و هایتروگراف ترسیمی از بارندگی دهم تا بیست و سوم نوامبر ۱۹۷۴

۱-۳- شدت بارندگی:

مطالعات مقدماتی نشان داد که هرچه شدت بارندگی زیادتر باشد لایه های سطحی خاک زودتر خیس خورده و قابلیت نفوذی خاک پایین می آید و جریانات سطحی آغاز می شود. در شکل شماره (۱) از ۲۷ میلیمتر بارندگی با شدت ۱/۹۲ میلیمتر در ساعت که در ۱۴ و ۱۵ فوریه بارید، حدود ۵۴٪ جذب زمین شد در حالی که از ۲۶ میلیمتر بارانی که با شدت یک میلیمتر در ۱۹ و ۲۰ نوامبر بارید ۶۳٪ جذب شد. در هر دو مورد خیزی منطقه تقریباً یکسان بود و سطح آب خروجی منطقه قبل از شروع بارش تقریباً مساوی ۹/۶ و ۹/۵ مترمکعب در ثانیه بوده است.

۲-۳- مدت بارندگی:

اگر بارندگی به طور یکسان و دائمی بر سطح حوضه ای ببارد به مرور آب خروجی حوضه افزایش می یابد این افزایش تا زمانی است که آب باریده شده بر تمام سطح حوضه یک جا از محل خروج عبور کند. یعنی تا زمان تمرکز حوضه. از آن پس مقدار آب تقریباً ثابت می ماند. بنابراین محاسبه زمانی تمرکز حوضه برای تعیین حداکثر جریان آب خروجی حوضه لازمست. با توجه به مطالعات Gregory، Hollis، ۱۹۷۴، Rossmiller، ۱۹۸۰ عوامل عدیده ای در زمان تمرکز حوضه مؤثرند که از آن جمله می توان به عوامل طبیعی

مثل بافت زمین شناسی، توپوگرافی، پوشش گیاهی و عوامل اقلیمی مثل جهت حرکت جبهه، و عوامل انسانی مثل اشغال زمینها به وسیله ساختمانها و ایجاد موانع در مسیر آب اشاره کرد.

در حوضه مطالعاتی دوروش در تعیین زمان تمرکز به کار گرفته شد. یکی روش مشاهده‌ای و دیگری روش تجربی. در روش مشاهده‌ای همان گونه که در ستون ۱۵ جدول شماره (۱) آمده است حد فاصل زمانی بین حداکثر تراکم باران و قله هیدروگراف برای بارشهای متعدد محاسبه و میانگین گرفته شده است.

این زمان را که در هیدرولوژی به نام زمان تأخیر می‌شناسند، برای حوضه‌های کوچک به جای زمان تمرکز به کار می‌برند (Chow ۱۹۶۴) ولی برای حوضه‌های بزرگ از دقت کافی برخوردار نیست.

میانگین ارقام محاسبه شده برای زمستان از ۸ تا ۱۶ ساعت در نوسان است. این رقم برای اواخر بهار که رگبارهای محلی حوضه را می‌پوشاند بین ۲ تا ۱۴ ساعت است و بستگی به کمی و زیادی فاصله مرکز حداکثر باران به محل خروج حوضه دارد. در زمان تأخیر برای بارشهای تابستانه بین ۸ تا ۲۴ ساعت و برای بارشهای پاییزه بین ۸ تا ۲۰ ساعت در نوسان می‌باشد. میانگین ارقام محاسبه شده که از روشهای آماری به دست آمده معادل ۱۳ ساعت است.

رقم فوق با اصلاح فرمول برانزبی ویلیامز، (۱۹۲۲) به شرح زیر برای حوضه تأیید شد. (۱)

$$T_c = \frac{L}{D} \sqrt[5]{\frac{A^2 L}{671 H d}} \quad (1)$$

در این فرمول T_c زمان تمرکز حوضه است. L طول کانال رود، D قطر دایره هم سطح حوضه، A وسعت حوضه و Hd اختلاف ارتفاع بین حداکثر ارتفاع و محل خروج آب.

۳-۳- حجم آب موجود در رودخانه قبل از شروع بارش:

یکی از مهمترین عواملی که در تغییر حجم آب خروجی حوضه موثر است مقدار رطوبت موجود در منطقه می‌باشد. این مقدار با بافت رسوب منطقه و عواملی مثل باد، باران، و حرارت تغییر می‌کند. همان طور که در شناخت حوضه ذکر شد. ۶۳٪ از پوشش سطحی حوضه را ماسه سنگهای قابل نفوذ می‌پوشاند. این حالت باعث می‌شود که اگر برای مدتی

بارندگی انجام نشود، ظرفیت نفوذ حوضه بالا رفته و در نتیجه مقادیر زیادی از بارشهای اولیه جذب حوضه شود. حتی بارش شدید هم تغییری خیلی جزئی در مقدار آب خروجی می دهد. (شکلهای شماره ۲ و ۳). در شکل شماره (۴) دیدیم که به دلیل خشکی حوضه از ۱۵/۵ میلیمتر بارش ۱۶ ساعته دهم نوامبر، ۹۵٪ بارش جذب حوضه شد و سطح آب خروجی از ۲ به ۱۰/۴ مترمکعب در ثانیه رسید. در حالی که از ۱۵ میلیمتر بارش که ۵ روز بعد در مدت ۲۸ ساعت و با تراکم کمتر بارید فقط ۶۹٪ آن جذب حوضه شد و بقیه از حوضه خارج و سطح آب از ۸ مترمکعب به ۲۶ مترمکعب در ثانیه رسید. به طوری که ملاحظه می شود ضریب نفوذ از جمله عوامل اصلی تعیین کننده مقدار حجم آب خروجی حوضه است. با توجه به مطالعات Hibbert ۱۹۶۷ چنین ضریبی را نمی توان مستقیماً محاسبه کرد زیرا این ضریب از نظر زمانی و مکانی تحت تاثیر عوامل مختلفی تغییر می کند.

این ضریب را می توان در منطقه مورد مطالعه از طریق اندازه گیری حجم آب خروجی حوضه اندازه گرفت. به عبارت دیگر حجم آب خروجی حوضه بیانگر مقدار رطوبت موجود در سوب حوضه و نشانگر وضع جریانات آب زیرزمینی می باشد.

۴- روش محاسبه حداکثر آب خروجی از حوضه:

در این مبحث سعی شده روشی ارائه شود تا به وسیله آن بتوان حجم آب خروجی از حوضه را قبل از وقوع محاسبه کرد. برای این منظور عوامل موثر در افزایش آب خروجی حوضه که در مباحث قبلی تعیین شده، از ۸۵ سری آمارهای بارندگی و سیلاب که به وسیله دستگاههای ثبات از حوضه مطالعاتی ضبط شده بود استخراج شد. سپس مقدار تاثیر هر یک از این عوامل بر حجم آب خروجی از حوضه به ترتیب زیر مورد بررسی و محاسبه قرار گرفت.

۱- تراکم باران:

با تقابل این عامل که از تقسیم مقدار بارش هر زمان بارندگی به دست آمد با مقدار حداکثر لحظه ای آب خروجی حوضه بعد از بارندگی فرمول زیر اتخاذ شد.

$$Q_c = 8/67 I = 2/91 \quad (2)$$

در این فرمول Q_c حجم حداکثر لحظه ای آب خروجی از حوضه به مترمکعب در ثانیه I تراکم باران به میلیمتر در ساعت می باشد.

این فرمول برای تعیین حداکثر لحظه‌ای آب خروجی از حوضه به کار گرفته شد و نتایج حاصله در محور افقی شکل شماره (۵) در مقابل حداکثر لحظه‌ای آب خروجی واقعی روی محور عمودی نقطه گذاری شد. به طوری که مشهود است اگرچه بارندگی عامل اصلی سیلابها می باشد ولی نتیجه مطلقاً مطلوب نیست و رابطه همبستگی این دو عامل معادل ۰/۰۱۸ است. زیرا عوامل موثر دیگری وجود دارند که باعث سیلاب می شوند.

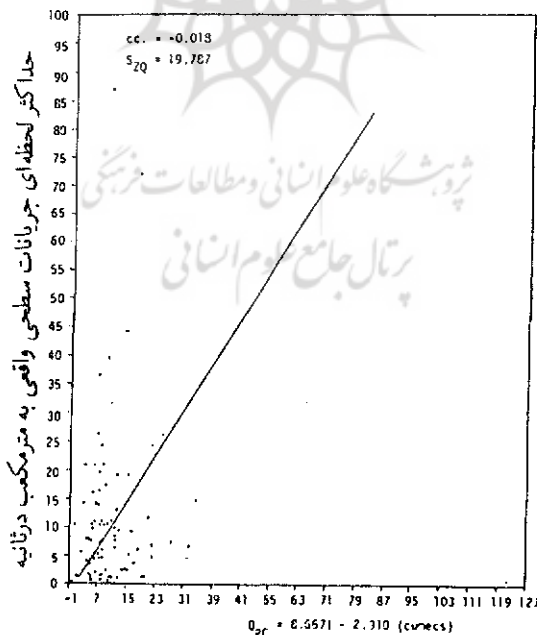
۲- مقدار باران:

برای تعیین تاثیر مقدار بارش بر حجم لحظه‌ای آب خروجی از حوضه، ۸۵ سری آمارهای متخذه به روش بالا محاسبه و فرمول زیر به دست آمد.

$$Q_c = 1/0.2 R - 6/91 \quad (3)$$

R مقدار بارش است به میلی‌متر.

این فرمول برای تعیین حداکثر حجم لحظه‌ای جریان آب به کار گرفته شد و نتایج به دست آمده در مقابل حجم لحظه‌ای جریانات واقعی در شکل شماره (۶) نقطه گذاری



شکل ۵- رابطه جریانات سطحی واقعی و جریانات سطحی محاسباتی متخذه از شدت بارش

شده‌اند. اگر چه نتایج حاصله بهتر از محاسبه از طریق فرمول اول می باشد و رابطه همبستگی آنها به ۰/۶۳ می رسد ولی هنوز پراکندگی زیادی بین حجم محاسبات و حجم واقعی آب خروجی حوضه وجود دارد.

۳- مقدار باران و رطوبت موجود حوضه:

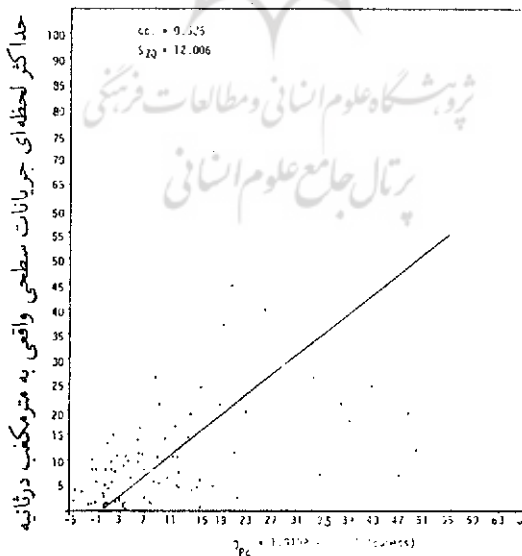
همان گونه که قبلاً هم اشاره شد یکی از عوامل مهم در تعیین مقدار لحظه ای آب خروجی از حوضه، رطوبت موجود در حوضه است که در حوضه مطالعاتی این عامل از حجم آب خروجی قبل از بارش اتخاذ می شود.

این عامل و دو عامل زمان بارش و تراکم باران در مقابل حجم آب خروجی بعد از بارش محاسبه شدند که نتیجه در فرمول زیر آمده است:

$$Q_{pc} = 35Q_a^{0.758} I^{0.024} D_u^{0.926} + 1.203 \quad (4)$$

در این فرمول Q_a حجم آب خروجی از حوضه قبل از شروع بارندگی است به متر مکعب در ثانیه

D_u مدت زمان بارندگی است به ساعت



شکل ۶- رابطه جریانات سطحی واقعی و جریانات سطحی محاسباتی متخذه از مقدار بارش

I و Qc همان واحدهای مذکور در بالا می‌باشند.

نتایج به دست آمده از این فرمول با حداکثر آب خروجی حوضه در شکل شماره (۷) مقایسه شده است. به طوری که مشاهده می‌شود پراکندگی نقاط خط محاسباتی بسیار نزدیکند و همبستگی حداکثر حجم آب خروجی محاسباتی با حداکثر حجم آب خروجی واقعی معادل ۰/۹۶۷ می‌باشد و نشان‌دهنده این است که با اطمینان می‌توان از این فرمول برای محاسبه حجم حداکثر جریانات سیل استفاده کرد. فقط در مواردی که بارندگی بیش از ۱۳ ساعت به طول انجامیده است اختلاف به چشم می‌خورد. برای رفع این نقیصه مرحله چهارم محاسبات انجام شد.

۴ - مقدار باران، رطوبت موجود حوضه، و زمان تمرکز:

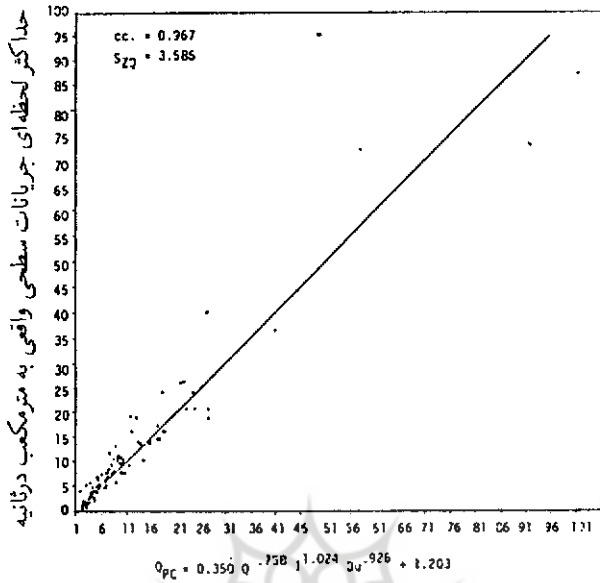
در این مرحله زمان بارش برای آن دسته از بارشهایی که بیش از ۱۳ ساعت طول کشیده‌اند حداکثر ۱۳ ساعت در نظر گرفته شد بدین معنی که اگر زمان بارش از ۱۳ ساعت کمتر بوده است دوبار در محاسبات وارد می‌شود و اگر بیشتر بوده است یک بار زمان واقعی بارش وارد محاسبات می‌شود و یک بار هم عدد ۱۳. از نتیجه محاسبات در این روش فرمول زیر به دست آمده:

$$Q_{pc} = .326Q_a^{.759} I^{.033} T_c^{.182} D_u^{.808} + 796 \quad (5)$$

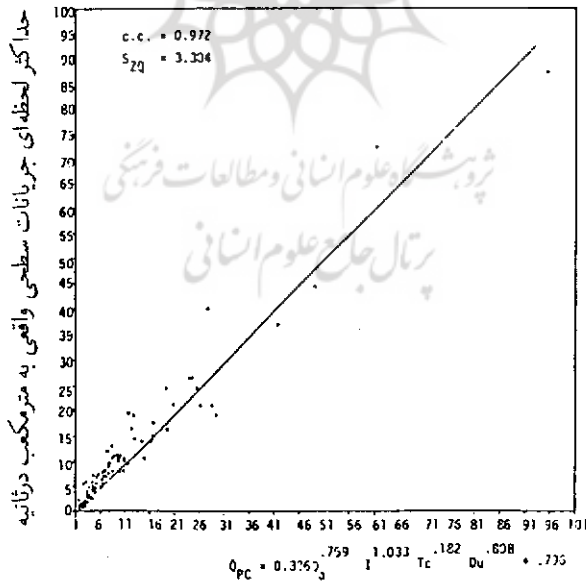
در این فرمول علاوه بر فاکتورهای قبلی، T_c به عنوان زمان تمرکز به ساعت آمده است. این فرمول برای محاسبه حداکثر حجم ۸۵ سیلاب به کار گرفته شد و نتایج حاصل روی محور افقی در مقابل حداکثر حجم واقعی ۸۵ سیلاب در شکل شماره (۸)، قرار داده شد. به طوری که مشاهده می‌شود نقاط با پراکندگی بسیار کمی در اطراف محور محاسباتی قرار دارند و همبستگی بین دو سری ارقام فوق برابر ۰/۹۷۲ و بیانگر این مطلب است که این فرمول می‌تواند با درصد اطمینان قابل قبولی سیلابهای منطقه را قبل از وقوع پیش‌بینی کند.

۵ - نتیجه گیری:

در این تحقیق پاره‌ای از عوامل هیدرو لوژیکی که در مقدار تخلیه آب از حوضه موثر می‌باشند، مورد بررسی قرار گرفته و در نتیجه فرمولی ارائه شده است که به کمک آن می‌توان سیلابهای منطقه را پیش‌بینی کرد. برای انجام این کار مقدمه چهارسری آمار هیدرو-



شکل ۷ - رابطه جریانات سطحی واقعی و جریانات سطحی محاسباتی متخذه از شدت بارش، زمان بارش، و تخلیه قبلی رود



شکل ۸ - رابطه جریانات سطحی واقعی و جریانات سطحی محاسباتی متخذه از شدت بارش، زمان بارش، تخلیه قبلی و زمان تمرکز

لوژیکی منطقه متعلق به چهار فصل سال بررسی و عوامل موثر در سیلاب منطقه شناخته شد. سپس میزان تاثیر این عوامل بر سیلاب بررسی و معلوم شد که عوامل اقلیمی به تنهایی باعث سیلابهای منطقه نمی‌شوند. بنابراین، عامل تاثیر وضع موجود حوضه بر سیلاب مورد بررسی قرار گرفت و زمان تمرکز حوضه محاسبه شد که معادل ۱۳ ساعت می‌باشد. محاسبات بعدی نشان داد که یکی از عوامل مهم موثر در سیلاب حوضه رطوبت موجود در حوضه قبل از شروع بارش است. عده‌ای از دانشمندان برای تخمین این عامل که به طریق مستقیم بسیار مشکل است از اندازه‌گیری جریان‌ات آب زیرزمینی، بارشهای روزهای قبل، تبخیر از منطقه، و حجم پوشش گیاهی استفاده کرده‌اند. در این مطالعه عامل مقدار جریان آب موجود در زهکش منطقه به جای رطوبت موجود در حوضه به کار گرفته شد. این روش به این دلیل مطلوبتر است که اولاً روشهای دیگر نیاز به زمان و کار بیشتری دارند و ثانیاً عواملی مثل باد، باران، حرارت، فصل، و پمپاژ آبهای زیرزمینی به طور محلی روی رطوبت منطقه تاثیر داشته و موجب بروز اشتباه در محاسبات می‌شوند در صورتی که هیچ یک از عوامل یاد شده نمی‌توانند چنین تاثیری را روی مقدار جریان‌ات سطحی در رودخانه داشته باشند و این عامل از لحاظ رطوبت، گویای وضع کلی و عمومی منطقه می‌باشد. از همه مهمتر، سرعت و دقت در اندازه‌گیری این عامل است. نهایتاً دو عامل شدت و مدت بارندگی به عنوان عوامل اقلیمی و دو عامل زمان تمرکز حوضه و مقدار جریان‌ات سطحی قبل از آغاز بارش به عنوان عوامل حوضه‌ای در پیش‌بینی سیلاب منطقه در نظر گرفته شدند و فرمول شماره (۵) برای این منظور معرفی شد.

برای پی بردن به درجه صحت این فرمول، آمارهای بارندگی و سیلاب سالهای ۱۹۷۵-۷۶ منطقه که در محاسبات قبلی به کار گرفته نشده بود با این فرمول مورد آزمایش قرار گرفتند که نتایج حاصله کاملاً رضایت بخش بود. ضریب همبستگی نتایج با آمارهای حقیقی برابر ۰/۹۶ می‌باشد. لذا با استفاده از فرمول شماره (۵) می‌توان سیلابهای منطقه را تا ۱۳ ساعت قبل از وقوع پیش‌بینی کرد. (سیلابهای ناشی از ذوب برف از این قاعده مستثنی است). اگر چه آگاهی از سیلاب سیزده ساعت قبل از وقوع کوتاه به نظر می‌رسد و به عقیده Birnash و Ferral (۱۹۸۲) زمان پیش‌بینی سیلاب بایستی آن قدر باشد که بتوان عوامل بازدارنده از زیانهای سیلاب را به کار برد ولی باز هم در طول این زمان اقدامات زیادی را می‌توان انجام داد که از زیانهای مالی و جانی ناشی از سیلاب به حداقل ملاحظه‌ای خواهد کاست.