

تحلیل سیلاب حوضه رودخانه گاماسیاب با روش رگرسیون چندگانه

نی خزایی* - کارشناس ارشد ژئومورفولوژی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران
محمود علایی طالقانی - استادیار ژئومورفولوژی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران
حبیب جعفری - استادیار آمار، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

پذیرش: ۱۳۹۲/۰۲/۱۹

وصول: ۱۳۹۱/۰۹/۰۷

چکیده

بر آورد سیلاب در مناطق با آمار محدود و یا فاقد آمار یکی از مسائل مهم در طراحی سازه‌های آبی و مدیریت بهینه منابع آب به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک محسوب می‌شود. هدف از نوشتار پیش رو بر آورد سیلاب رودخانه گاماسیاب و پیش‌بینی سیلاب‌های حداکثر و تناوب وقوع آن‌ها با تکیه بر عوامل محیطی مؤثر در وقوع سیلاب است. برای دستیابی به این هدف از دو روش رگرسیون خطی چندگانه ساده و لگاریتمی استفاده شده است. بدین منظور ابتدا در محیط نرم‌افزار GIS حدود حوضه آبریز رودخانه گاماسیاب و هر یک از زیرحوضه‌های آن مشخص و سپس لایه‌های مورد نیاز با عنوان عوامل مؤثر در وقوع سیلاب تهیه شده است. این لایه‌ها عبارت بودند از لایه ژئومورفولوژیکی، زمین شناسی، کاربری اراضی، لایه تراکم آبراهه و داده‌های اقلیمی برای حوضه گاماسیاب و هر کدام از زیرحوضه‌ها به طور جداگانه استخراج شد؛ همچنین همه ایستگاه‌های آب سنجی موجود در منطقه بررسی شد، در این میان شش ایستگاه که دارای حداقل ده سال آمار بوده‌اند، انتخاب و پس از بازسازی چند آمار برای بعضی از ایستگاه‌ها پایه آماری مشترک شانزده سال انتخاب شد. در ادامه با استفاده از نرم‌افزار Hyfa و روش حداکثر درست‌نمایی بهترین تابع توزیع منطقه‌ای مشخص شد. با استفاده از توزیع غالب لوگ نرمال ۳ پارامتری برای هر حوضه سیلاب با دوره بازگشت‌های ۲، ۵، ۱۰، ۲۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ سال محاسبه، سپس بین مقادیر دبی با دوره بازگشت‌های مختلف در محل ایستگاه‌های یادشده و عوامل مؤثر بر سیلاب در بالادست آن‌ها، با استفاده از رگرسیون چندگانه ساده و لگاریتمی و با استفاده از روش‌های پیش‌رو، پس رو و گام‌به‌گام، روابط و مدل‌ها ارائه شد. نتایج نشان داد که مهم‌ترین عامل مؤثر در دبی حداکثر لحظه‌ای مساحت است، که بین سیلاب و مساحت حوضه رابطه معنی‌داری در سطح ۹۹٪ وجود دارد و پس از مساحت حوضه، بارش متوسط سالیانه و تراکم آبراهه، بیشترین تأثیر را در سیلاب دارند.

واژگان کلیدی: گاماسیاب، سیل، دوره بازگشت، رگرسیون خطی چندگانه.

مقدمه

بیش از چندین هزار سال است که مبارزه نابرابری بین انسان و رودخانه وجود دارد. نیاز به آب فراوان و خاک حاصلخیز باعث شده که انسان‌ها در کنار رودخانه‌ها و دشت‌های سیل‌گیر مستقر شده، بتوانند با استفاده از آب و خاک، غذای خویش را از دل زمین بیرون آورند؛ ولی وقتی که به دلایلی رودخانه‌ها نتوانند پاسخگوی آب تولیدشده از حوضه‌های آبخیز بالادستان باشند، مقدار آب اضافه بر ظرفیت آن‌ها سرریز کرده و زندگی و امکانات زیست آن‌ها را تهدید می‌کند؛ و از اینجا درگیری انسان با رودخانه آغاز می‌شود. سیل که حاصل افزایش سریع دبی جریان در فاصله مشخصی از بستر جریان است، در واقع نمایانگر رفتار یک رودخانه در مواقع بارش‌های سنگین است. امروزه سیل ویرانگرترین خطر طبیعی به‌شمار می‌رود که سالانه در دنیا خسارات هنگفتی را در جوامع انسانی وارد می‌آورد. تداوم این وضعیت صدمه‌های جبران‌ناپذیری بر منابع آب و خاک کشور وارد می‌کند. از این‌رو کنترل و مبارزه با این پدیده و عوامل و پارامترهای مؤثر بر سیلاب اهمیت بسیار زیادی دارد؛ به‌عبارت دیگر، قبل از هرگونه برنامه‌ریزی برای کنترل سیل باید رفتار فرایندهای آن را شناخت (اسمیت^۱، ۱۹۹۲). در این راستا آگاهی از تغییرات فصلی و مکانی سیل و احتمال وقوع آن با بزرگی مشخص می‌تواند کمک شایانی به مدیریت سیل و کاهش خطرات ناشی از آن کند (سرحدی و همکاران، ۱۳۸۷). هرچند این پدیده در مواقع بارش‌های شدید و متواتر روی می‌دهد، ولی شدت آن در حوضه‌های مختلف به‌دلیل تفاوت در ساختار مرفولوژی و متغیرهای محیطی و جغرافیایی حاکم بر آن متفاوت است. برآورد قابل اطمینان از سیلاب برای بسیاری از پروژه‌های مهندسی لازم است. بیشتر داده‌ها از جریان آبراهه‌های ثبت شده که از دوره بازگشت آن خیلی کوتاه‌تر هستند. در این شرایط واکاوی منطقه‌ای سیلاب می‌تواند برای وضوح بهتر و قابل اطمینان‌تر سیلاب به‌کار برده شود. برای برآورد سیلاب از شاخص‌های سیل پیشنهادشده دالری میل^۲ (۱۹۶۰) و روش رگرسیون منطقه‌ای بیشتر استفاده می‌شود. در روش شاخص سیل فرض بر این است که توزیع قلّه‌های سیل در مناطق مختلف درون همان رژیم سیل قرار دارد. روش رگرسیون بیشتر برای ساختن مدل‌های پیش‌بینی سیلاب به‌مثابه تابعی از ویژگی‌های فیزیوگرافی استفاده می‌شود (تامس و بنسون^۳، ۱۹۹۷).

با توجه به اهمیت پیش‌بینی وضعیت سیلاب در حوضه‌های آبخیز در سال‌های گذشته، پژوهشگران زیادی به مدل‌سازی و شبیه‌سازی رفتار سیلاب در مناطق گوناگون پرداخته‌اند. ایلوزی و آبی‌دا (۲۰۰۷) برای یافتن توزیع‌های منطقه‌ای مناسب و تحلیل فراوانی منطقه‌ای سیلاب در کشور تونس از روش گشتاورهای خطی L استفاده کرده‌اند. برای هفت منطقه همگن توزیع مقادیر حدی تعمیم‌یافته و برای سه نقطه همگن دیگر، توزیع لجستیک تعمیم‌یافته انتخاب شد. برای هر منطقه همگن رویکردهای سلسله‌مراتبی و مدل‌های رگرسیون در حوضه‌ای با آمار یا بدون آمار توسعه داده شده است. دو پارامتر اول این توزیع‌ها با استفاده از داده‌های اندازه‌گیری‌شده در ایستگاه‌ها و پارامتر سوم به‌وسیله میانگین وزنی (وزنی برابر با طول دوره آماری هر ایستگاه) منطقه‌ای تعیین کرده‌اند.

حسین و پاشا (۲۰۰۸) تحلیل فراوانی منطقه‌ای سیلاب را با استفاده از داده‌های هفت ایستگاه در ایالت پنجاب پاکستان به‌روش گشتاورهای خطی L انجام دادند. معیار ناجوری این روش برای غربالگری داده‌های این ایستگاه‌ها به‌کار رفت. تست همگنی نقطه‌ای به‌وسیله معیار ناهمگنی به‌دست‌آمده از ۵۰۰ شبیه‌سازی انجام‌شده با توزیع کاپای چهار پارامتری انجام گرفت و منطقه شامل این هفت ایستگاه همگن تشخیص داده شد. به‌منظور انتخاب

1- Smith

2- Dalrymple

3- Thomas. & Benson

توزیع مناسب برای انتخاب چندک‌ها از میان توزیع‌های لجستیک تعمیم‌یافته، مقادیر حدی تعمیم‌یافته، نرمال تعمیم‌یافته، پیرسون نوع ۳، پارتو تعمیم‌یافته و ویک بی پنج پارامتری، نمودار گشتاورهای خطی و آماره Z_{tist} به‌کار رفت و سه توزیع نرمال تعمیم‌یافته، پارتو تعمیم‌یافته و مقادیر حدی تعمیم‌یافته به‌مثابه توزیع‌های منطقه‌ای انتخاب شد. آن‌ها پس از مطالعه شبیه‌سازی‌ها توزیع نرمال تعمیم‌یافته را به‌منزله توزیع قدرتمند برای ناحیه مورد مطالعه تشخیص دادند و منحنی‌های نمو منطقه‌ای را ترسیم کردند.

ساف^۱ (۲۰۰۸) برای تعیین مناطق همگن و تعیین تخمین‌های فراوانی سیلاب برای ۴۷ ایستگاه در حوضه آبخیز غرب مدیترانه در ترکیه از روش سیلاب شاخص و روش تخمین پارامتر گشتاورهای خطی L استفاده کرد. سه منطقه همگن با تحلیل خوشه‌ای و روش میانگین K و پنج آماره گشتاورهای خطی تعیین شد. توزیع پیرسون نوع ۳ بهترین برازش را برای دو منطقه همگن و توزیع لجستیک تعمیم‌یافته بهترین برازش را برای منطقه سوم با استفاده از آزمون نکویی برازش نشان داد. نوتو و لالوجیا^۲ (۲۰۰۸) با به‌کارگیری روش گشتاورهای خطی L و داده‌های حداکثر دبی اوج سالانه بیش از ۵۰ ایستگاه اندازه‌گیری دبی در سیسیل ایتالیا، تحلیل فراوانی منطقه‌ای را به منظور استخراج منحنی‌های منطقه‌ای فراوانی سیل انجام دادند. پنج منطقه همگن با استفاده از روش گشتاورهای خطی و تحلیل خوشه‌ای و معیار ناهمگنی موجود، تشخیص داده شد. توزیع مقادیر حدی تعمیم‌یافته به‌مثابه توزیع غالب منطقه مورد مطالعه آن‌ها انتخاب شد. با استفاده از این توزیع، رابطه منطقه‌ای بین سیلاب شاخص و خصوصیات آب‌وهوایی و زمین‌شناختی حوضه‌ها برقرار شد. این خصوصیات عبارت‌اند از: مساحت حوضه، متوسط بارندگی سالانه، متوسط ارتفاع حوضه، طول آبراهه اصلی، متوسط شیب حوضه، شماره منحنی^۳ است. همان‌طور که اشاره شد، پیش‌بینی وضعیت سیلاب در حوضه‌های آبخیز در سال‌های گذشته اهمیت زیادی یافته است؛ از این‌رو در پژوهش حاضر سعی می‌شود افزون بر شناسایی عوامل مؤثر در وقوع سیلاب‌های حوضه رودخانه گاماسیاب، سیلاب‌های حداکثر سالانه و تناوب وقوع آن‌ها در حوضه رودخانه گاماسیاب پیش‌بینی و زیرحوضه‌های رودخانه گاماسیاب از نظر وقوع سیلاب‌های حداکثر مقایسه شوند.

معرفی منطقه مورد بررسی

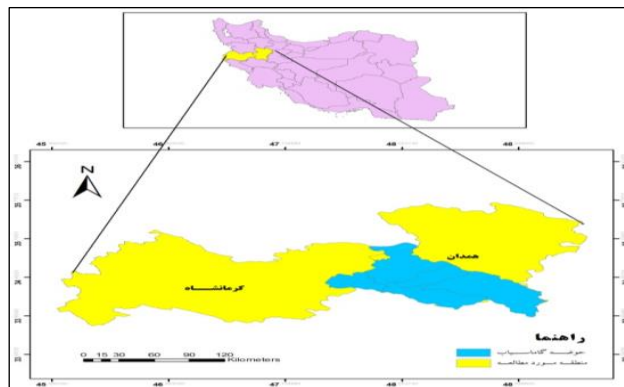
حوضه مورد مطالعه در مختصات $۲۷^{\circ} ۴۷'$ تا $۰۹^{\circ} ۴۹'$ طول شرقی و $۳۳^{\circ} ۴۹'$ تا $۰۹^{\circ} ۳۵'$ عرض شمالی واقع شده است. این حوزه در استان‌های همدان و کرمانشاه دربرگیرنده یکی از سرشاخه‌های اصلی و اولیه سیستم رودخانه‌ای کرخه است. در قلمرو این حوضه شهرستان‌های نهاوند، ملایر، تویسرکان، کنگاور و صحنه واقع شده‌اند. تقسیم این حوضه بین شهرستان‌های مختلف افزون بر ایجاد مشکلاتی در زمینه بهره‌برداری و مالکیت منابع آب، می‌تواند به دشواری مطالعه علمی آن نیز بیانجامد. در این حوضه رودهای ملایر، تویسرکان (قلقل رود) خرم‌رود و آبشار صحنه به رود اصلی گاماسیاب می‌پیوندند. تعیین مساحت حوضه آبریز گاماسیاب با تحدید منطقه از طریق سیستم خطوط آب‌ها بر روی نقشه‌های توپوگرافی $۱:۵۰۰۰۰$ اندازه‌گیری و انجام شد. مساحت کل حوضه برابر با ۸۹۸۴ کیلومتر مربع است. شیب متوسط حوضه براساس محاسبات برابر با $۷/۸۸\%$ و شیب آبراهه اصلی برابر با $۱/۹۲\%$ شیب کم حوضه و آبراهه اصلی سبب جریان آرام هیدرولوژیکی در منطقه می‌شود؛ اما این شیب در نواحی کوهستانی بیش از ۲۵% افزایش می‌یابد و این خواه‌ناخواه بر شدت جریان‌های سطحی، فرسایش عوارض و جابه‌جایی مواد تأثیر می‌گذارد. در دشت نهاوند و دشت چمچمال صحنه شیب حوضه به حداقل خود رسیده و گاه

1- Saf

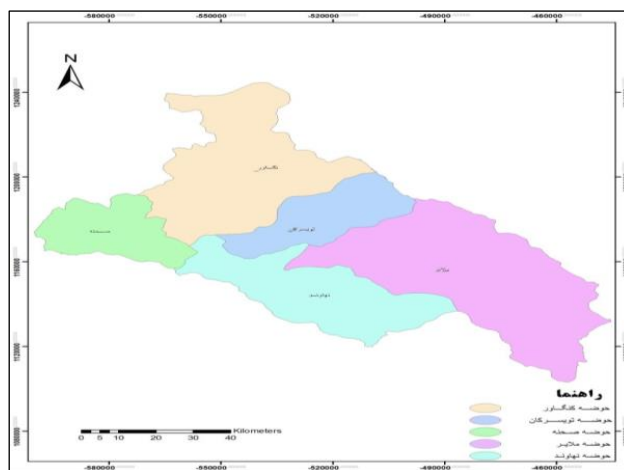
2- Noto & La Loggia

3- Curve number (CN)

به رقم ۱٪ نزدیک می‌شود؛ و این امر سبب کندی جریان و کاهش قدرت حمل مواد معلق و برجا گذاشتن بار می‌شود.



شکل ۱. موقعیت حوضه گاماسیاب



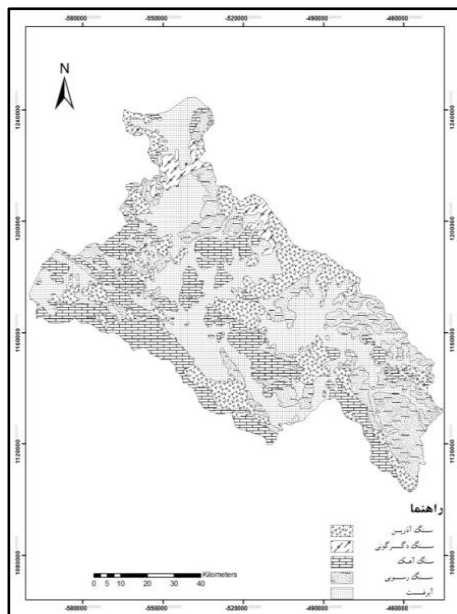
شکل ۲. نقشه زیرحوضه‌های رودخانه گاماسیاب

معدل سالیانه آبدهی رودخانه گاماسیاب در ایستگاه اندازه‌گیری برابر با $21/13$ مترمکعب بر ثانیه در سال است؛ البته این معدل بوده و در زمستان و بهار جریان‌ها شدیدتر و در پاییز و تابستان آبدهی از معدل سالانه کمتر است. طول آبراهه اصلی برابر با $236/05$ کیلومتر، مدت زمانی تمرکزی که یک قطره آب از دورترین نقطه به محل خروجی برسد، برابر با $12/2$ ساعت است و تراکم آبراهه در این حوضه برابر با $1/15$ است که سیلابی بودن حوضه را نشان می‌دهد.

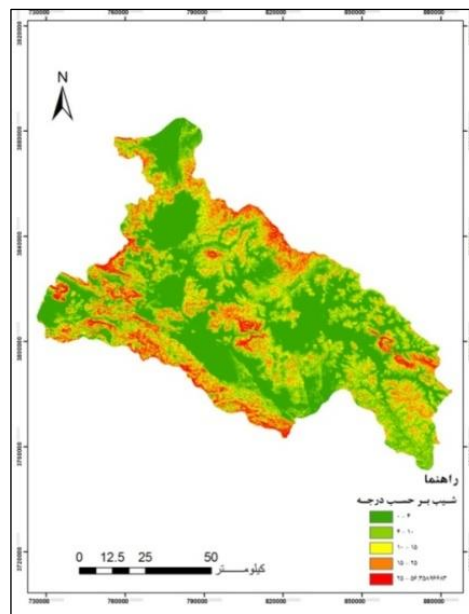
مواد و روش‌ها

عوامل مختلفی از جمله عناصر اقلیمی (آب‌وهوا) عناصر ژئومورفولوژیکی، جنس سنگ و کاربری اراضی در بروز سیلاب تأثیر دارند. ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی و فیزیکی حوضه روی ضریب رواناب، شدت و ضعف دبی سیلاب و بیلان آبی یک حوضه تأثیر فراوانی دارند. تعداد زیادی از ویژگی‌های فیزیوگرافی حوضه که در این مطالعه بررسی شد به شرح ذیل است: مساحت، محیط، طول آبراهه اصلی، ضریب فشردگی، ضریب شکل (گراویلیوس) تراکم زهکشی، شیب متوسط آبراهه اصلی، شیب متوسط حوضه، زمان تمرکز، تراکم آبراهه، بارش متوسط سالیانه، بارش روزانه (۲۴ ساعته)، زمین‌شناسی و کاربری اراضی برای حوضه مورد نظر و پنج زیرحوضه گاماسیاب به نام‌های ملایر، نهبوند، توپسرکان، کنگاور و صحنه به طور جداگانه محاسبه شد. برای محاسبه عوامل بالا نیاز به تهیه لایه‌های

مختلف از حوضه مورد نظر است. به همین منظور حدود ۴۵ فیلد از نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ در محیط نرم افزار Global mapper به هم متصل و حدود منطقه مورد نظر در محیط GIS تحدید شد؛ پس از تهیه نقشه های مورد نیاز در محیط GIS ویژگی های فیزیوگرافی، ژئومورفولوژی، اقلیمی، زمین شناسی و کاربری اراضی مورد نیاز برای حوضه گاماسیاب و سایر زیرحوضه ها جداگانه محاسبه شد و در جدول ۱ ثبت شد.



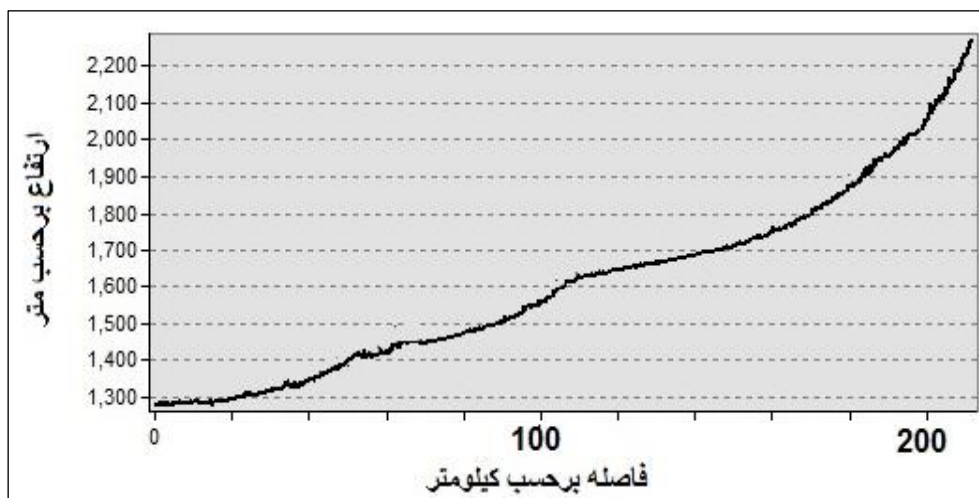
شکل ۴. نقشه زمین شناسی حوضه گاماسیاب



شکل ۳. نقشه سطوح ارتفاعی حوضه گاماسیاب

جدول ۱. ویژگی های ژئومورفولوژیکی، اقلیمی، زمین شناسی و کاربری اراضی حوضه گاماسیاب

صحنه	تویسرکان	کنگاور	نهایند	ملایر	گاماسیاب	علامت مشخصه	حوضه ها	
							ویژگی ها	مساحت km2
۷۹۷	۹۵۷	۲۳۳۰	۱۶۰۸	۳۰۷۹	۸۹۸۴	A	مساحت	km2
۱۴۹/۰۹	۱۵۳/۹۸	۲۸۹/۱۹	۲۳۸/۴۸	۳۱۴/۷۹	۵۸۱/۸	L	محیط	km
۲/۴	۱/۴	۱/۵	۱/۵	۱/۷	۱/۷	FF	ضریب گراویدلیوس	
۰/۴۱	۰/۱۷	۰/۱۹	۰/۲۷	۰/۱۳	۰/۱۶	C	ضریب هورتون	
۱۹۷۲	۲۰۹۰	۱۹۷۵	۲۱۵۷	۲۰۰۰	۲۴۹۰	H	ارتفاع متوسط	m
۴۶/۳۵	۷۴/۰۶	۱۱۰/۰۷	۱۲۶/۵۸	۱۴۸/۶۵	۲۳۶/۰۵	LR	طول آبراهه اصلی	
۱/۲	۱/۳	۳/۲	۲/۳	۵/۶	۱۲/۲	TC	زمان تمرکز	
۰/۸	۱/۲۶	۱/۰۳	۱/۱۷	۱/۳۴	۱/۱۵	D	تراکم آبراهه	
۳/۵۴	۳/۲۴	۲/۲۵	۱/۳	۳/۰۶	۱/۹۲	CR	شیب آبراهه اصلی	
۱۱/۲۲	۸/۹۵	۷/۸۸	۸/۹	۷/۲۵	۷/۸۸	C	شیب متوسط حوضه	
۴۸۸	۴۱۵	۳۸۸	۴۵۲	۳۱۵	۴۱۱	PA	بارش متوسط سالیانه	
۶۸/۶	۶۵/۲	۵۳/۳	۵۷/۴	۶۸/۷	۶۰/۲	P (24)	بارش روزانه (۲۴ ساعته)	
۲۵/۱۷	۵۱/۵۲	۷۵/۶	۶۵/۴۴	۹۶/۶	۲۹۷/۶	Q	دبی حداکثر لحظه ای	
۰/۶۱	۰/۳۳	۰/۵۲	۰/۴۶	۰/۳۲	۰/۴۲	HNZ	نفوذپذیری زیاد	ویژگی های زمین شناسی (/.)
۰/۱۷	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۳۰	۰/۱۷	۰/۱۸	MNZ	نفوذپذیری متوسط	
۰/۱۴	۰/۲۰	۰/۱۹	۰/۰۸	۰/۱۳	۰/۱۴	LNZ	نفوذپذیری کم	
۰/۰۸	۰/۳۱	۰/۱۵	۰/۱۶	۰/۳۸	۰/۲۶	VLNZ	نفوذپذیری خیلی کم	
۱/۲۴	۰/۳۷	۰/۳۸	۰/۳۲	۰/۳۸	۰/۳۲	HNA	نفوذپذیری زیاد	کاربری اراضی (/.)
۰/۵۷	۰/۳۹	۰/۴۶	۰/۵۵	۰/۵۶	۰/۵۱	MNA	نفوذپذیری متوسط	
۰/۱۷	۰/۲۲	۰/۱۵	۰/۱۲	۰/۱۳	۰/۱۴	LNA	نفوذپذیری کم	
۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۰۷	۰/۰۲	۰/۰۲	VLNA	نفوذپذیری خیلی کم	



شکل ۵ نیمرخ طولی حوضه رودخانه گاماسیاب

ایستگاه‌های آب‌سنجی موجود در منطقه: در نوشتار پیش رو ابتدا اطلاعات ایستگاه‌های آب‌سنجی در حوضه جمع‌آوری شد. پس از حذف ایستگاه‌های دارای آمار دبی حداکثر سالانه کمتر از ۱۰ سال، ۶ ایستگاه باقیمانده برای تحلیل مورد استفاده قرار گرفتند؛ که در جدول ۲ مشخصات آن‌ها ارائه شده است.

جدول ۲. مشخصات ایستگاه‌های آب‌سنجی حوضه گاماسیاب

نام ایستگاه	مشخصه	نام حوضه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع m	مساحت m ²
پل چهر	گاماسیاب	۴۷،۲۶	۳۴،۲۶	۱۲۸۰	۸۹۸۴	
آبشار	صحنه	۴۷،۴۱	۳۴،۲۵	۱۳۰۵	۸۹۷	
خرم رود	کنگاور	۴۷،۵۴	۳۴،۲۲	۱۴۰۵	۲۳۳۰	
پل علی‌آباد	تویسرکان	۴۸،۳۴	۳۴،۳۱	۱۴۶۰	۹۵۷	
وسج	ملایر	۴۸،۴۵	۳۴،۳۶	۱۴۹۳	۳۰۷۹	
سراب گاماسیاب	نهادند	۴۸،۱۱	۳۴،۱۲	۱۴۰۶	۱۶۰۸	

تکمیل و بازسازی نواقص آماری: تاریخ تأسیس ایستگاه‌ها در یک منطقه با یکدیگر متفاوت است؛ از طرف دیگر، نقایص احتمالی دستگاه‌ها، برداشت آمار اشتباه که توسط کارشناسان ارشد کنترل شده است و از مجموعه آمار حذف می‌شوند، از بین رفتن ایستگاه‌ها در اثر سوانح طبیعی مانند سیل، زلزله موجب می‌شوند تا پس از انتخاب پایه زمانی مشترک اپتیمم، داده‌های گم‌شده^۱ بازسازی شده یا داده‌ها تطویل شوند^۲. روش‌های مختلفی برای بازسازی داده‌های ایستگاه‌های آب‌سنجی مانند روش استفاده از ایستگاه معرف، روش نسبت نرمال^۳، روش همبستگی بین ایستگاه‌ها و روش محور مختصات وجود دارد که در نوشتار پیش رو از روش همبستگی بین ایستگاه‌ها استفاده شده است. پس از بازسازی و تکمیل نواقص داده‌ها، داده‌های شانزده ساله حداکثر دبی لحظه‌ای ایستگاه‌ها از سال‌های ۱۳۷۳ تا ۱۳۸۸ به‌مثابه سال‌های پایه در تحلیل مورد استفاده قرار گرفت. آمار حداکثر دبی لحظه‌ای ایستگاه‌های مورد نظر در جدول ۳ ثبت شده است.

1- Missing data

2- Data generation

3- Normal ratio method

جدول ۳. دبی حداکثر لحظه‌ای (m3)

ایستگاه سال آبی	گاماسیاب پل چهر	ملایر وسج	نهادند سراب	کنگاور خرم رود	تویسرکان پل علی آباد	صحنه آبشار
۷۲-۷۳	۶۵۰	۵۷/۴۶	۲۵	۵۴/۶	۴/۴۷	۴۵/۹۵
۷۳-۷۴	۳۰۰	۷۹/۸	۷۱/۰۲	۴۷/۲	۵۰/۶	۳۷/۸۶
۷۴-۷۵	۱۵۶	۴۳/۸	۲۸	۵۰/۲	۲۲	۴۶
۷۵-۷۶	۵۳۰	۶/۲۱	۱۰/۵	۶۴/۳	۴/۷	۵۴
۷۶-۷۷	۶۳/۵	۵۸/۷	۸۵	۲۶/۵	۱۳/۹	۱۳/۶
۷۷-۷۸	۳۳۰	۴/۷	۲/۰۶	۵۵/۲	۲/۵۸	۵۰/۲
۷۸-۷۹	۱۱۰	۵۹/۰۴	۱۳/۸۹	۲۵/۶	۱/۷	۲۶/۴
۷۹-۸۰	۲۷۰	۷/۱۸	۱۲/۲۵	۶۵/۶	۳/۱	۵۵/۶
۸۰-۸۱	۲۰۴/۵	۱۲/۲	۶/۶۵	۷۷/۲	۳/۵	۵۲/۱
۸۱-۸۲	۱۰۰/۳	۳۰/۸	۸	۵۵/۶	۱۰/۷۹	۲۵/۲
۸۲-۸۳	۳۵۰/۸	۲۷	۱۱/۷۴	۸۹/۳	۲۲/۱۶	۶۵/۸
۸۳-۸۴	۳۰۷/۹	۹۷/۳	۷۴/۷	۱۵/۴	۵/۲	۶/۹
۸۴-۸۵	۲۰۴/۲	۴۷/۵۶	۲۳/۵	۷۹/۳	۴/۶	۵۰/۴
۸۵-۸۶	۶۰/۲	۳۵	۴۱/۳	۱۴/۲	۶/۲	۱۳/۳
۸۶-۸۷	۳۰/۹	۵/۴	۳/۶۳	۱۷/۷	۱/۲	۶/۵
۸۷-۸۸	۱۵۰/۶	۳/۷۸	۲۷	۳۰/۱۵	۱/۲۹	۱۵/۶

آزمون‌های نیکویی برازش^۱: از آنجا که واکاوی فراوانی سیلاب منطقه‌ای براساس یک توزیع انجام می‌گیرد؛ لذا انتخاب بهترین توزیع فراوانی برای منطقه لازم است. بدین منظور با استفاده از نرم افزار HYFA آنالیز فراوانی سیلاب در ایستگاه‌های هیدرومتری انجام شد. آزمون نیکویی برازش مورد استفاده در نرم افزار یادشده، مربع کای و انحراف است. شرط اجرای آزمون مربع کای وجود حداقل ۲۵ داده است. از این رو در پژوهش حاضر از آزمون نیکویی برازش انحراف استفاده شده است. آزمون انحراف به دو روش میانگین انحراف نسبی و میانگین مربع انحراف نسبی انجام می‌گیرد که با توجه به مزایای روش میانگین مربع انحراف نسبی (هنریخس، ۱۳۷۴) روش پیش گفته در انتخاب بهترین توزیع فراوانی به کار رفته است؛ البته در موارد معدودی به علت عدم اجرای روش میانگین مربع انحراف نسبی، روش میانگین انحراف نسبی مد نظر قرار گرفته است.

در پژوهش حاضر آزمون نیکویی برازش انحراف با استفاده از نرم افزار HYFA برای مقایسه توزیع‌های فراوانی استفاده شد و توزیع لوگ نرمال سه پارامتری به مثابه توزیع برتر انتخاب شد. دبی سیلاب با دوره بازگشت‌های ۲، ۵، ۱۰، ۲۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ ساله برای ایستگاه‌های مختلف با استفاده از این توزیع آورده شده است.

جدول ۴. دوره بازگشت‌های مختلف به دست آمده با استفاده از توزیع لوگ نرمال سه پارامتری (m3)

دوره بازگشت	گاماسیاب	ملایر	نهادند	کنگاور	تویسرکان	صحنه
۲ ساله	۲۱۰/۵۰	۳۲/۸۵	۱۶/۱۶	۴۵/۰۵	۴/۸	۲۶/۰۱
۵ ساله	۳۳۸/۵۷	۵۸/۵۴	۴۰/۰۴	۶۵/۳۳	۱۴/۷۸	۴۹/۸۸
۱۰ ساله	۴۲۳/۳۷	۷۳/۸۷	۶۴/۵۷	۷۶/۵۷	۲۸/۰۸	۶۹/۶۹
۲۰ ساله	۵۰۴/۷۱	۸۷/۶۴	۹۵/۹	۸۶/۲	۴۸/۳۳	۹۱/۶۸
۲۵ ساله	۵۳۰/۵۱	۹۱/۸۵	۱۰۷/۶۳	۸۹/۰۶	۵۶/۶۸	۹۹/۲۷
۵۰ ساله	۶۰۹/۹۹	۱۰۴/۴۳	۱۴۹/۸۷	۹۷/۴۳	۸۹/۷۲	۱۲۴/۶۲
۷۵ ساله	۶۵۶/۱۹	۱۱۱/۵۲	۱۸۷/۸۶	۱۰۲/۰۱	۱۱۴/۹	۱۴۰/۷۵
۱۰۰ ساله	۶۸۸/۸۸	۱۱۶/۴۵	۲۰۱/۶۹	۱۰۵/۱۵	۱۳۵/۸۹	۱۵۲/۸۷

تحلیل رگرسیون^۱: در بیشتر روش‌های تحلیلی که با استفاده از ضرایب همبستگی بین دو متغیر صورت می‌گیرد، می‌توان فهمید که اولاً بین دو متغیر رابطه وجود دارد یا خیر و در صورت وجود رابطه، شدت آن چقدر است؛ اما در صورتی که پژوهشگر بخواهد اطلاعات بیشتری از رابطه و شدت بین دو و یا چند متغیر داشته باشد و نیز بداند به‌ازای تغییرات در متغیرهای مستقل X_i چه تغییری در متغیر وابسته Y حاصل می‌شود (y را به‌ازای تغییرات X_i پیش‌بینی کند) از تحلیل رگرسیون استفاده می‌شود (احمدی عامله، ۱۳۹۱).

تحلیل رگرسیون رابطه تنگاتنگی با ضریب همبستگی بین متغیرها، نمودار پراکندگی و خط رگرسیون دارد. ضریب رگرسیون (b) عبارت از شیب خط رگرسیون است و معادله رگرسیون چندگانه عبارت است از (رابطه ۱):

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_kx_k \quad \text{رابطه ۱}$$

ضریب رگرسیون (b) نشان‌دهنده مقدار تأثیر یک متغیر مستقل بر y است (به‌ازای یک واحد تغییر x_i y چه مقدار تغییر می‌کند) چون متغیرها دارای واحدهای اندازه‌گیری مختلفی هستند، واحدهای b نیز متناسب با آن‌ها، مختلف است. در صورتی که این واحدها استاندارد شوند، b ها دارای واحدهای مشابه می‌شوند و آن را با B (وزن بتا) نشان می‌دهند و به آن ضریب رگرسیون استاندارد می‌گویند.

معادله رگرسیون با ضرایب استاندارد به صورت $y = B_1z_1 + B_2z_2 + \dots + B_kz_k$ نشان داده می‌شود (z_i مقادیر استاندارد شده Z_i است که چون استاندارد شده به صورت Z نمایش داده شده‌اند). ضریب همبستگی هر متغیر مستقل با متغیر وابسته با r و ضریب همبستگی کل متغیرها با متغیر وابسته با R نمایش داده می‌شود. r_i^2 واریانس تبیین شده به وسیله هر متغیر است و R^2 نیز نشان‌دهنده واریانس تبیین شده به وسیله مجموعه متغیرهاست که به آن ضریب تعیین می‌گویند.

رگرسیون خطی چندگانه: ابتدا آن دسته از خصوصیات، ژئومورفولوژیکی، اقلیمی، هیدرولوژیکی، زمین‌شناسی و کاربری اراضی حوضه‌های آبریز که از نظر تئوری به نظر می‌رسید در میزان دبی سیلابی حوضه مؤثر باشند، به‌مثابه عوامل مؤثر بر سیلاب در نظر گرفته و در تحلیل مدّ نظر قرار گرفته‌اند؛ این عوامل عبارت‌اند از:

A- مساحت (Km ²)	VLNZ- سطوح زمین‌شناسی با نفوذپذیری خیلی کم
PA- بارش متوسط سالیانه (mm)	HNA- اراضی با نفوذپذیری زیاد
P24- بارش متوسط روزانه (mm)	MNA- اراضی با نفوذپذیری متوسط
S- شیب متوسط حوضه (درصد)	FF- ضریب شکل
SR- شیب آبراهه اصلی (درصد)	H- ارتفاع متوسط (m)
D- تراکم آبراهه (Km/ Km ²)	K- دبی متوسط سالیانه (Km ² /s)
C- ضریب فشردگی	LR- طول آبراهه اصلی (Km)
L- محیط (Km)	LNA- اراضی با نفوذپذیری کم
HNZ- سطوح زمین‌شناسی با نفوذپذیری زیاد	VLNA- اراضی با نفوذپذیری خیلی کم
MNZ- سطوح زمین‌شناسی با نفوذپذیری متوسط	TC- زمان تمرکز (ساعت)
LNZ- سطوح زمین‌شناسی با نفوذپذیری کم	Q- دبی حداکثر لحظه‌ای

بین سیلاب با دوره بازگشت‌های ۲، ۵، ۱۰، ۲۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ سال (متغیرهای وابسته) و سایر متغیرهای (مستقل) مدل‌هایی تنظیم شده است که با استفاده از آن‌ها می‌توان سیلاب را با دوره بازگشت‌های یادشده برای مناطق فاقد داده برآورد کرد. نحوه به‌دست‌آمدن مدل‌های یادشده بدین ترتیب خواهد بود که با

استفاده از روش رگرسیون گام به گام (با بهره‌گیری از نرم‌افزار SPSS) ابتدا همه متغیرهای مستقل به نرم‌افزار معرفی شد و سپس تک‌تک آن‌ها تا دستیابی به بهترین مدل مورد بررسی و آزمون قرار گرفتند^۱. لازم به ذکر است که در ابتدا برای برازش یک مدل مناسب مقدار تولرانس^۲ همه متغیرهای مستقل محاسبه شد که در نهایت آن دسته از متغیرهایی که دارای تولرانس بیشتر از ۰/۲ بودند در تحلیل ذکر شده قرار گرفتند که عبارت‌اند: ۱- مساحت؛ ۲- بارش متوسط سالیانه؛ ۳- شیب متوسط حوضه؛ ۴- شیب آبراهه اصلی؛ ۵- تراکم آبراهه؛ ۶- ضریب فشردگی؛ ۷- ضریب شکل؛ ۸- ارتفاع متوسط حوضه؛ ۹- سطوح زمین‌شناسی با نفوذپذیری زیاد؛ ۱۰- سطوح زمین‌شناسی با نفوذپذیری متوسط؛ ۱۱- سطوح زمین‌شناسی با نفوذپذیری کم؛ ۱۲- سطوح زمین‌شناسی با نفوذپذیری خیلی کم؛ ۱۳- کاربری اراضی با نفوذپذیری زیاد؛ ۱۴- کاربری اراضی با نفوذپذیری متوسط؛ ۱۵- کاربری اراضی با نفوذپذیری کم؛ ۱۶- کاربری اراضی با نفوذپذیری خیلی کم.

در مرحله بعد متغیرهای مستقل باقیمانده با روش رگرسیون گام به گام و تأثیر آن‌ها بر متغیر وابسته بررسی شد. در انتخاب بهترین مدل ملاک‌های زیر مد نظر بوده است:

۱- معنی‌دار بودن ضریب تعیین چندگانه تعدیل شده یا تصحیح شده در سطح ۰/۰۵ و ۰/۰۱ و نیز بالابودن این ضریب؛

۲- معنی‌دار بودن هر یک از متغیرهای مستقل حداقل در سطح ۰/۰۵؛

۳- عدم هم‌خطی مابین متغیرهای مستقل: هم‌خطی وقتی اتفاق می‌افتد که برخی از متغیرهای مستقل به سایر متغیرهای مستقل وابسته باشند. هم‌خطی در واقع شرط استقلال و یا متعامد بودن متغیرهای مستقل نسبت به هم را نقض می‌کند. راه ساده برای دوری جستن از هم‌خطی معنی‌دار بودن مقدار t مربوط به هر یک از متغیرهای مستقل در سطح ۰/۰۵ است.

نتایج و بحث

در نوشتار پیش رو با استفاده از روش رگرسیون خطی چندگانه ساده و لگاریتمی (رابطه بین متغیرهای مستقل و وابسته) سیلاب در حوضه گاماسیاب برآورد شد. بدین منظور ابتدا دبی‌های حداکثر لحظه‌ای ایستگاه‌های هیدرومتری حوضه مورد مطالعه جمع‌آوری شد. پس از رفع نواقص آماری و حذف داده‌های پرت پایه آماری شانزده سال انتخاب شد. در ادامه با استفاده از توزیع غالب لوگ نرمال^۳ پارامتری و آنالیز سیلاب برای دوره بازگشت‌های مختلف ۲، ۵، ۱۰، ۲۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ سال انجام شد و در نهایت پایه آماری مشترک شانزده سال برای همه ایستگاه‌ها انتخاب شد. در ارتباط با پارامترهای مورد استفاده در پژوهش حاضر با استفاده از نرم‌افزار Arc GIS بیست پارامتر فیزیوگرافی، اقلیمی، کاربری اراضی، زمین‌شناسی از قبیل مساحت، محیط، طول آبراهه اصلی، ضریب فشردگی، ضریب گراویلیوس، تراکم زهکشی، شیب متوسط حوضه، شیب متوسط آبراهه، زمان تمرکز، بارش متوسط سالیانه، بارش ۲۴ ساعته، کاربری اراضی و زمین‌شناسی منطقه استخراج و با استفاده از روش آنالیز مؤلفه‌های اصلی و رگرسیون گام به گام به مثابه پارامترهای مؤثر بر دبی سیلاب انتخاب شدند؛ و مدل‌سازی با استفاده از آن‌ها انجام شد. با توجه به مقدار تولرانس که تعیین‌کننده رابطه هم‌خطی بین هر کدام از متغیرهای مستقل با سایر متغیرهای مستقل است، نشان می‌دهد که اگر $T < 0/2$ یعنی متغیر مستقل وابستگی خطی با سایر متغیرهای مستقل دیگر داشته و باید از مدل خارج شود. بر همین اساس متغیرهای دبی متوسط سالیانه، زمان تمرکز، طول آبراهه اصلی و محیط با سایر متغیرها رابطه هم‌خطی داشته و در تحلیل رگرسیون خطی چندگانه از آن‌ها به مثابه

1- Stepwis mthoed

2- Tolerance

متغیر مستقل استفاده نمی‌شود؛ و سایر متغیرها با همدیگر رابطه هم خطی نداشته و در مدل رگرسیون خطی چندگانه از آن‌ها استفاده می‌شود. نتایج نشان می‌دهد که میزان ضریب تعیین رگرسیون خطی چندگانه برازش داده شده به داده‌ها از اعتبار بالایی برخوردار است، به طوری که می‌توان گفت تقریباً ۰/۹۹ از کل تغییرات مربوط به داده‌ها با مدل برازش داده شده قابل تعیین است؛ البته ضریب دیگری که در آن بر مناسبت بودن مدل مورد نظر صحت می‌گذارد، مقدار ضریب تعیین تعدیل شده است که بیان کننده ۹۸/۸٪ کل تغییرات توسط مدل مورد نظر است که در این حالت، با توجه به اختلاف ناچیزی که بین R^2 و $adjR^2$ وجود دارد، نشان دهنده مناسب بودن مدل رگرسیونی برازش داده شده است که نتایج حاصل در نوشتار پیش رو موضوع را تأیید و در نهایت نتایج تعیین کننده وجود رابطه رگرسیونی بین متغیرهای مستقل و متغیرهای وابسته است. نتایج آنالیز واریانس یا تحلیل واریانس که نشان دهنده نتیجه مربوط به آزمون مناسب بودن مدل معرفی شده بود که در این حالت مقدار سطح معنی داری نشان می‌دهد که در سطح معنی داری ۰/۵٪ مدل مورد نظر مناسب بوده است. این نتایج نشان می‌دهد که تنها متغیر مستقلی که بر متغیر وابسته در سطح معنی داری ۰/۵٪ تأثیر دارد، متغیر مساحت است. مشخص شده است که در سطح معنی داری ۰/۵٪ مدل رگرسیونی پیش بینی بدون عرض از مبدأ است؛ ولی شیب خط مربوط به تأثیر متغیر مستقل مساحت ۰/۳۲٪ است؛ بر همین اساس، مدل پیش بینی عبارت خواهد بود از رابطه ۲:

$$\hat{Q}=0.032A \quad \text{رابطه ۲}$$

مدل یادشده به روش گام به گام حاصل شده به طریق مشابه با توجه به همین روش مدل پیش بینی مربوط به دوره برگشت دوساله (QT2) و با توجه به متغیرهای معرفی شده که پیش تر گفته شد خواهیم داشت که (در سطح معنی داری ۰/۵٪) دوره بازگشت دوساله وابسته به مساحت و تراکم آبراهه است. به طوری که در رابطه ۳ آمده است:

$$QT2=0.026A-75.618D \quad \text{رابطه ۳}$$

حال با توجه به موارد تشریح و تحلیل شده برای سایر دوره‌های برگشتی تحلیل رگرسیونی و مدل پیش بینی به شرح ذیل محاسبه خواهند شد (در سطح معنی داری ۰/۵٪) که با توجه به نتایج برآورد پارامترها و آزمون فرض مربوط به تأثیر متغیرها این نتیجه کلی حاصل خواهد شد که مدل پیش بینی به شرح زیر خواهد بود (رابطه‌های ۴-۱۰).

$$QT5=-192.803+0.41A+0.405PA \quad \text{رابطه ۴}$$

$$QT10=-273.189+0.051A+10.274SR-0.382P24+7.837MNZ \quad \text{رابطه ۵}$$

$$QT20=-332.514+0.58A+0.756PA \quad \text{رابطه ۶}$$

$$QT25=476.113+0.618A+1.029PA+122.004VLNZ-0.067FVA \quad \text{رابطه ۷}$$

$$QT50=-699.894+0.678A+1.476PA+236.808VLNZ+31.102D+9.072VLN \quad \text{رابطه ۸}$$

$$QT75=-528.797+0.072A+1.675PA-349HNZ \quad \text{رابطه ۹}$$

$$QT100=-567.571+0.074A+1.869PA-426.906HNZ \quad \text{رابطه ۱۰}$$

رگرسیون خطی چندگانه (لگاریتمی)^۱: با استفاده از داده‌های موجود تبدیل لگاریتمی بر روی متغیرهای مستقل انجام داده شد. وقتی که متغیرهای مستقل با استفاده از تابع \ln تبدیل می‌شوند، در این صورت متغیرهای مستقل به صورت $\ln(PA)$ و $\ln(p24)$ و... تبدیل خواهند شد. با توجه به نتایج و مقادیر تکرانس همه متغیرهای مستقل از ۰.۲٪ بزرگ‌ترند؛ بنابراین برخلاف حالت نخست هیچ متغیر مستقلی دارای رابطه خطی معنی‌داری با سایر متغیرهای مستقل دیگر نبوده؛ بنابراین برای برآزش مدل رگرسیونی از همه متغیرهای مستقل استفاده می‌شود. در این حالت با توجه به نتایج تنها متغیر $\ln(A)$ یعنی لگاریتم مساحت است که بر متغیر وابسته یعنی Q تأثیرگذار بوده و مدل پیش‌بینی آن به شرح زیر خواهد بود (در سطح معنی‌داری ۰.۰۵٪) (رابطه‌های ۱۷-۱۱).

$$\widehat{Q} = -717.786 + 107.07\ln(A) \quad \text{رابطه ۱۱}$$

$$Q\widehat{T}2 = -1772.559 + 127.791\ln(A) + 355.570\ln(s) - 125.894\ln(mna) \quad \text{رابطه ۱۲}$$

$$Q\widehat{T}5 = -2355.317 + 183.93\ln(A) + 485.18\ln(s) \quad \text{رابطه ۱۳}$$

$$Q\widehat{T}10 = -2939.558 + 226.558\ln(A) + 618.414\ln \quad \text{رابطه ۱۴}$$

$$Q\widehat{T}20 = -1155.264 + 170.808\ln(A) \quad \text{رابطه ۱۵}$$

$$Q\widehat{T}25 = -1192.764 + 177.025\ln(A) \quad \text{رابطه ۱۶}$$

$$Q\widehat{T}50 = 193.639\ln(A) \quad \text{رابطه ۱۷}$$

نتایج نشان می‌دهد که بیشترین تأثیر در سیلاب را مساحت حوضه دارد و در همه دوره بازگشت‌های بالا سیلاب بیشتر تحت تأثیر مساحت حوضه است. کیتی (۱۹۷۸) نیز معتقد است که اثر مساحت حوضه به‌طور نسبی برای سیلاب با دوره بازگشت‌های بالا بیشتر است. این نتیجه کمابیش با نتایج پریدا^۲ و همکاران (۱۹۹۸)؛ اسلامیان و همکاران (۱۳۸۳)؛ نوتا و لوچیا (۲۰۰۸) که مساحت و شیب حوضه را به‌مثابه پارامترهای مناسب برای برآورد سیلاب انتخاب کرده‌اند، همخوانی دارد.

با استفاده از نرم افزار SPSS سطح معنی‌داری پارامترهای مساحت و بارش متوسط سالیانه با دوره بازگشت سیلاب‌ها (خروجی) در روش رگرسیون خطی چندگانه به اثبات رسید؛ و مقدار آن به ترتیب ۰.۹۹٪ و ۰.۹۵٪ به‌دست آمد که بیانگر ارتباط قوی بین پارامترهای انتخابی و دبی سیلابی است. لازم است گفته شود که در بیشتر پژوهش‌های صورت‌گرفته، مساحت حوضه به‌مثابه پارامتر مؤثر برای برآورد سیلاب به‌کار گرفته شده است. به منظور تحلیل فراوانی و سیلاب از آزمون نیکویی برآزش با استفاده از نرم‌افزار Hyfa استفاده شد. نتایج حاصل نشان داد که توزیع لوگ نرمال سه پارامتری توزیع غالب برای منطقه مورد مطالعه است که در پژوهش‌های هنربخش (۱۳۷۴)، سرمدیان و همکاران (۱۳۸۷)، جینگی و هال^۳ (۲۰۰۲) و احمدی عامله (۱۳۹۱) این توزیع را به‌مثابه توزیع برتر در تحلیل فراوانی سیلاب مورد استفاده قرار دادند. درنهایت در مدل‌های خروجی برنامه مهم‌ترین و مؤثرترین عامل در سیلاب در دوره بازگشت‌های مختلف مساحت است.

در دوره بازگشت دوساله، مساحت و تراکم آبراهه مؤثر هستند. در دوره بازگشت پنج‌ساله مساحت و بارش سالیانه مهم‌ترین عامل است. در دوره ده‌ساله، مساحت، بارش سالیانه، شیب آبراهه اصلی، بارش ۲۴ ساعته و سطوح

۱- در این بخش هدف برآزش مدل رگرسیونی خطی چندگانه‌ای است که ارتباط بین متغیرهای مستقل و متغیر وابسته به‌صورت لگاریتمی است.

2- Parida

3- Jingyi & Hall

زمین‌شناسی با نفوذپذیری متوسط به ترتیب مهم‌ترین عوامل هستند. در دوره بازگشت بیست‌ساله، مساحت و بارش سالیانه تأثیرگذارترین عوامل هستند. در دوره بازگشت ۲۵ ساله، مساحت، بارش سالیانه و سطوح زمین‌شناسی با نفوذپذیری کم مهم‌ترین عوامل هستند. در دوره بازگشت‌های پنجاه‌ساله، مساحت، بارش سالیانه، سطوح زمین‌شناسی با نفوذپذیری کم و تراکم آبراهه تأثیرگذارترین عوامل هستند و در دوره بازگشت‌های ۷۵ و ۱۰۰ ساله، مساحت، بارش سالیانه و سطوح زمین‌شناسی با نفوذپذیری زیاد مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در سیلاب هستند؛ بنابراین مساحت، بارش سالیانه و سطوح زمین‌شناسی به ترتیب مهم‌ترین عوامل و تأثیرگذارترین آن‌ها در سیلاب هستند.

جریان سطحی در نواحی خشک و نیمه‌خشک هم از نظر هیدرولوژی و هم از نظر ژئومورفولوژی بسیار مهم هستند. از ویژگی‌های بارز مناطق خشک و نیمه‌خشک وجود جریان موقتی سیلابی در آبراهه‌ها و خشکه‌رودها است. بیشتر مراکز جمعیتی در چنین مناطقی در مکان‌هایی نظیر اراضی پایکوهی، مخروطه‌افکنه‌ها، رسوبات ضخیم و دشت‌های آبرفتی قرار گرفته‌اند؛ بنابراین در معرض دبی‌های مخرب سیلابی خروجی از حوضه‌های آبخیز کوهستانی بالادست خود هستند. چنانکه گفته شد، هدف از انجام نوشتار پیش رو شناسایی و دستیابی به مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در بروز و تشدید دبی‌های سیلابی در حوضه آبخیز گاماسیاب است. در مدیریت سیلاب باید با اعمال و روش‌های مدیریت آب‌و‌خاک و با ملحوظ‌داشتن نظرهای کارشناسان تصمیم‌گیرنده و اداره‌کننده حوضه به هدف نهایی، یعنی کاهش و تخفیف دبی‌های سیلابی دست یافت. آنچه مسلم است اینکه نمی‌توان به‌طور کامل سیل را محو کرد، ولی می‌توان با به‌کارگیری اقداماتی در سطح حوضه‌های آبخیز تکرار و شدت دبی‌های سیلابی را کاهش داد و از خسارات وارده تا حد زیادی کم کرد. با شناخت وضعیت شبکه آبراهه‌ها و دبی جریان و ویژگی‌های مورفومتری حوضه برنامه‌ریزی برای ایمن‌سازی مراکز سکونت از طریق اجرا و ساماندهی مکان خاکریز در بالادست و اجرای عملیات آبخیزداری در آن به‌منظور انحراف و تبدیل جریان‌های سیلابی باید صورت پذیرد.

در نگاه نخست پذیرش این موضوع که چاره‌ای جز زندگی، سازش با سیل و پیامدهای آن در شرایط حاضر و نیز در آینده وجود ندارد، برای ساکنین چنین مناطقی موضوعی ساده به‌نظر می‌رسد؛ ولی در عمل موارد زیادی در این امر دخالت کرده و آن را تحت تأثیر قرار می‌دهند. زیرا اثرگذاری سیلاب و رواناب جریان‌یافته بر بسیاری از ساختارها نمود یافته است و روی هم‌رفته کلاف سردرگمی از مشکلات مربوط به هم را در مقابل تصمیم‌گیرندگان قرار می‌دهد. که در این خصوص اجرای برنامه‌های آمایش سرزمین و تعریف کاربری‌ها براساس خطرپذیری ضرورتی مسلم است. با توجه به مطالب ارائه‌شده می‌توان با دیدی روشن و مبتنی بر محاسبات علمی و مدّ نظر قراردادن مفروضات مهندسی از وضعیت هیدرولوژی حوضه آبخیز و عوامل مؤثر بر آن دست یافت. به‌نحوی که این امر به برنامه‌ریزان و تصمیم‌گیران مدیریتی این امکان و توانایی را می‌دهد که در اجرای پروژه‌های عمرانی و توسعه‌ای همه موارد را به‌ویژه در مبحث سیستم حرکت آب‌های سطحی مدّ نظر قرار دهند.

حوضه گاماسیاب نیز با توجه به اینکه در منطقه آب‌وهوایی نیمه‌خشک واقع شده و یکی از ویژگی‌های حوضه‌های آبریز مناطق خشک و نیمه‌خشک از جمله ایران طغیانی‌بودن رودخانه‌ها است که رودخانه گاماسیاب نیز از این امر مستثنی نیست، هر از چندگاهی دبی‌های حداکثر در این حوزه اتفاق می‌افتد که تعدادی از آن‌ها به‌طور مثال آورده شده است. در سال‌های ۴۷، ۵۶، ۶۴، ۶۵، ۸۴، دبی‌های بیش از ۵۰۰ متر مکعب ثبت شده است و همچنین در سال ۷۳ دبی حداکثر بیش از ۱۳۰۰ متر نیز اتفاق افتاده است. با توجه به آمارهای ثبت‌شده بالا این حوضه، حوضه‌ای سیلابی است که بیشترین سیلاب‌ها نیز در فصول زمستان و بهار ثبت شده است. در فصل تابستان آب رودخانه بالا به حداقل خود رسیده، و در بیشتر سال‌ها رودخانه بالا از ورودی دشت چمچمال صحنه تبدیل به

رودخانه فصلی شده و خشک می‌شود.

با توجه به افت سطح آب های زیرزمینی در دشت چمچمال صحنه، در بعضی از روستاها مردم برای آب آشامیدنی خود و دام هایشان دچار مشکل می‌شوند. امری که نگارنده در تابستان ۹۱ در چندین مورد شاهد آن بوده است. این در حالی است که در دشت چمچمال دولت بیش از ۱۵۰ کیلومتر کانال آب رسانی ایجاد کرده و همچنین دو بند نیز در منطقه برای مسلط کردن آب رودخانه بر زمین‌های کشاورزی بوده احداث شده اما در عمل فصل تابستان، آبیاری لازم است؛ در این منطقه رودخانه خشک می‌شود، برای جلوگیری از تکرار چنین مشکلاتی در این حوضه ایجاد سد ضروری به نظر می‌رسد. ضرورت ایجاد سد بر روی رودخانه گاماسیاب، افزون بر مهار سیلاب‌ها باعث تنظیم بیلان آبی رودخانه نیز می‌شود.

نتیجه‌گیری

به طور کلی نتایج نوشتار پیش رو نشان داد مهم‌ترین و مؤثرترین عامل در سیلاب در دوره بازگشت‌های مختلف مساحت حوضه است و افزون بر مساحت، بارش سالیانه و سطوح زمین‌شناسی به ترتیب مهم‌ترین عوامل و تأثیرگذارترین آن‌ها در سیلاب هستند؛ همچنین سطح معنی‌داری پارامترهای مساحت و بارش متوسط سالیانه با دوره بازگشت سیلاب‌ها (خروجی) در روش رگرسیون خطی چندگانه به اثبات رسید؛ و مقدار آن به ترتیب ۹۹٪ و ۹۵٪ به دست آمد که بیانگر ارتباط قوی بین پارامترهای انتخابی و دبی سیلابی است. یکی دیگر از اهداف پژوهش حاضر تحلیل فراوانی سیلاب بود که نتایج نشان داد توزیع لوگ نرمال سه پارامتری به‌مثابه توزیع برتر در تحلیل فراوانی سیلاب است.

منابع

- احمدی عامله؛ علیرضا؛ (۱۳۹۱) تحلیل منطقه‌ای سیلاب با استفاده از روش‌های نروفازی؛ شبکه عصبی مصنوعی و رگرسیون خطی چندگانه در حوزه کارون شمالی با تأکید بر استان چهارمحال و بختیاری، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، استاد راهنما: افشین هنربخش و علی احمدی عامله، دانشگاه شهرکرد.
- اسلامیان سیدسعید؛ سلطانی کویانی؛ سعید؛ (۱۳۸۱) تحلیل فراوانی سیل، چاپ اول، انتشارات ارکان، اصفهان.
- خسروشاهی محمد؛ (۱۳۸۰) تعیین نقش زیرحوضه‌های آبخیز در شدت سیل خیزی حوضه (مطالعه موردی حوضه آبخیز دماوند)، رساله دکتری، استاد راهنما: دکتر بهرام ثقفیان، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.
- ذوقی، مهرداد (۱۳۸۸) تحلیل فراوانی منطقه‌ای سیلاب و پهنه‌بندی پتانسیل سیل خیزی در حوضه آبخیز کارون شمالی (با تأکید بر استان چهارمحال و بختیاری)، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه شهرکرد.
- رضایی‌مقدم، حسین؛ اصغری، صیاد؛ فیض‌اله‌پور، مهدی (۱۳۹۰) مدل‌سازی جریان سیلاب حوضه آبریز رودخانه جاجرود با استفاده از رگرسیون چندمتغیره، فصلنامه انجمن جغرافیای ایران دوره جدید، ۹ (۳۰)، صص. ۱۷۶-۱۶۳.
- سرحدی، علی؛ سلطانی، سعید؛ خواجه‌الدین، سیدجمال‌الدین؛ مدرس، رضا (۱۳۸۷)؛ آنالیز سیل خیزی منطقه جیرفت با استفاده از مدل دبی آستانه، مجله علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، ۲ (۳)، صص. ۳۶-۳۰.
- سرمیدیان، فریدون؛ تقی‌زاده مهرجردی، روح‌اله؛ محمدعسکری، حسین؛ اکبرزاده، علی (۱۳۸۹) مقایسه روش‌های شبکه عصبی؛ نروفازی و رگرسیون چندمتغیره در پیش‌بینی برخی خصوصیات خاک (مطالعه موردی: استان گلستان)، مجله تحقیقات آب و خاک ایران، ۴۱ (۲)، صص. ۲۲۰-۲۱۱.
- سلیمانی، کریم؛ یوسفی، عبدالرضا؛ کوچک‌نژاد، قاریقلی (۱۳۸۲) بررسی نقش عوامل فیزیوگرافیک حوضه بر دبی‌های حداکثر لحظه‌ای در زیرحوضه‌های گرگانرود به‌منظور ارائه مدل منطقه‌ای سیلاب، مجله علوم کشاورزی و منابع

طبیعی، ۱۰ (۴)، صص. ۱۷۴-۱۶۱.

شایان، سیاوش (۱۳۷۸) تعیین محدوده طبیعی نهبوند با استفاده از داده‌های رقومی ماهواره‌ای و لزوم رعایت این محدوده در برنامه‌ریزی‌های منطقه‌ای، فصلنامه فرهنگیان، ۱ (۱)، صص. ۹۰-۱۰۱.

شایان، سیاوش (۱۳۷۹) حوضه گاماسیاب؛ حوضه‌ای مناسب برای آموزش‌ها و پژوهش‌های میدانی ژئومورفولوژیک و هیدرولوژیک، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، (۷۳)، صص. ۱۳۳-۱۴۳.

شایان، سیاوش (۱۳۸۲) ویژگی‌های ژئومورفولوژیک مخروطه‌افکنه حوضه گاماسیاب، پژوهش‌های جغرافیایی، (۴۶)، صص. ۹۹-۱۱۳.

علیزاده، امین (۱۳۸۵) اصول هیدرولوژی کاربردی، چاپ بیست و هفتم، انتشارات دانشگاه فردوسی، مشهد.

غیاثی، نجفقلی؛ عرب‌خدری، محمود؛ غفاری، علیرضا؛ حاتمی، حمید (۱۳۸۳)؛ بررسی تأثیر برخی ویژگی‌های هندسی آبخیزها بر سیلاب‌ها حداکثر لحظه‌ای با دوره برگشت مختلف، پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی، ۱۷ (۶۲)، صص. ۱۰-۲.

کارآموز، محمد؛ عراقی‌نژاد، شهاب (۱۳۸۴) هیدرولوژی پیشرفته؛ چاپ اول، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران.

معاون هاشمی، احمد (۱۳۷۹) تحلیل منطقه‌ای سیلاب در خراسان، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد دانشگاه تربیت مدرس تهران.

مهدوی محمد (۱۳۸۴) هیدرولوژی کاربردی، جلد ۲، انتشارات دانشگاه تهران.

مهدوی محمد؛ شریفی فرود؛ احمدی، سیده زهرا (۱۳۷۸)؛ عوامل مؤثر بر سیل‌خیزی و ارائه مدل کمی با استفاده از سیستم‌های اطلاعاتی جغرافیایی، مطالعه موردی حوضه آبخیز کن، نشریه جنگل و مرتع، (۶۵)، صص. ۶۸-۷۴.

همایونی، صدیقه (۱۳۸۶) بررسی تطبیقی رواناب‌های زیرحوضه‌های دینور با توجه به ویژگی‌های ژئومورفولوژی، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه رازی.

هنربخش، افشین (۱۳۷۴) آنالیز منطقه‌ای سیلاب در حوضه آبخیز دریاچه نمک، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه تهران.

- Dalrymple, T. (1960) **Flood-frequency analyses, manual of hydrology: Part 3 (No. 1543-A)**, USGPO.
- Ellouze, N., Abida, H. (2007) Regional Flood Frequency Analysis in Tunisia: Identification of Regional Distribution, **Water Resources Management**, 22 (8), pp. 943-957.
- Hussain, Z., Pasha, G. R. (2009) Regional flood frequency analysis of the seven sites of Punjab, Pakistan, using L-moments, **Water resources management**, 23 (10), pp. 1917-1933.
- Jingyi, Z., Hall, M. J. (2002) Regional flood frequency analysis for the Gan-Ming River basin in China, **Journal of Hydrology**, 296 (1-4), pp. 98-117.
- Kite, G. W. (1974) Case Study of Regional Analysis Techniques for Design Flood Estimation, **Canadian Journal of Earth Sciences**, 11 (6), pp. 801-808.
- Noto, L. V., & La Loggia, G. (2009) Use of L-moments approach for regional flood frequency analysis in Sicily, Italy, **Water resources management**, 23 (11), pp. 2207-2229.
- Pitilick, J. (1994) Relation between pick flow Precipitation and - physiographic for five mountaionous regions in the western U.S.A J, **Journal of Hydrology**, 158 (3-4), pp. 219-226.
- Saf, B. (2009) Regional flood frequency analysis using L-moments for the West Mediterranean region of Turkey, **Water Resources Management**, 23 (3), pp. 531-551.
- Smith, K. (1992) **Environmental hazards Assessing risks and reducing disaster**, Routledge.
- Thomas, D. M., Benson, M. A. (1970) **Generalization of streamflow characteristics from drainage-basin characteristics**