# تحلیل جریان اعظمی (سیلاب) در ستیشن تنگی غارو

پوهندوی صدیق الله رشتین[۹]

تقریظ‌دهنده: پوهنوال نسرین فقیری

مجـلهٔ علمی-تحقیقی حـوزهٔ علوم طـبیعی پـوهـنتون کـابـل، ۱ (٤) ۱٤۰۰

## چکیده

سـیلاب یك پدیدهٔ طبیعی اسـت که از لحاظ خسـارات مالی و جانی از اهمیت زیاد برخوردار می‌باشـد که با استفاده از تدابیرلازمه می‌توان اثرات منفی سیلاب را کم کرد و حتـی از زیان‌های وارده جلوگیری به‌عمل آورد. جریان اعظمی یا سیلابی زمانی تشکیل می‌گردد که حجم آب یک دریا بیشتر گردد تا از بستر دریا خارج شده و زمین‌های اطراف آن‌را بپو شاند. این حالت در زمانی واقع می‌گردد که بارندگی بیشتر صورت گیرد و آن‌قدر زیاد باشد که دریاها نتواند آب‌های حاصل از آن را در بستر خود انتقال دهد و یا ممکن است برف‌ها حوزهٔ آب‌گیر دریاها به اثر گرم شـدن ناگهانی هوا، به سرعت ذوب شـوند و آب زیاد به دریاها سرازیر گردد و باعث به‌وجود آمدن جریان اعظمی گردد. در این مقاله سعی شده تا جریان اعظمی یا سیلابی در ستیشن تنگی غارو در ماه‌ها، سال‌ها و تمایلات آن تحلیل گردد.

اصطلاحات کلیدی: جریان اعظمی؛ سیلاب؛ ذوب برف؛ تغییر اقلیم؛ ستیشن تنگی غارو

# Analysis of Peak Discharge (Flood) in Tangi-E-Gharo Station

Asstt. Prof. Sediqullah Reshteen

## Abstract

Flood is a natural phenomenon that is very important in terms of financial and life damage caused by it. But again, using precautionary measures can reduce the negative effects of flooding and even prevent the damages. Peak discharge or flood occurs when the volume of water in a river exceeds that of the river bed and covers the surrounding land. This occurs when there is more rainfall and so high that the river cannot transfer the water from its bed, or the snow in the catchment area may melt rapidly as a result of sudden warming. And floods into the seas, causing floods .High currents or floods are a temporary stream that either carries or carries fertile soils. This article attempts to analyze the upstream or flood flow in the cave stenosis in Maha, its years and tendencies.

Keywords: Peak Discharge; Flood; Snow melt; Climate Change; Tangi-e-Gharu station

**ارجاع**

رشتین، صدیق الله. (۱٤۰۰). تحلیل جریان اعظمی (سیلاب) در ستیشن تنگی غارو. مجـلهٔ علمی- تحـقیقی حـوزهٔ علـوم طبیعی پوهـنتون کـابل، شماره ۱ (٤)، صص ۹۵ – ۱۱۰.

---

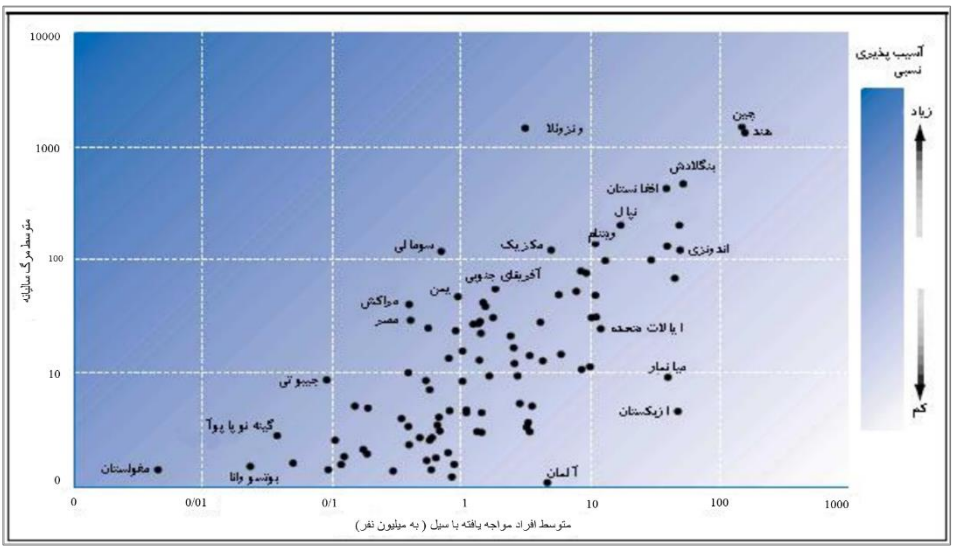
[۹] استاد پوهنځی زمین‌شناسی، پوهنتون کابل

**مقدمه**

انسان‌ها از دیر زمان با سیلاب آشنایی داشته و اثرات مخرب سیلاب در گذشته‌ها به مراتب کم‌تر از امروز بوده است که علت آن کاهش نفوس، فعالیت‌های صنعتی و زراعتی و بشری کم‌تر در مناطق تحت خطر سیلاب می‌توان اشاره کرد. در سال‌های اخیر توسعه‌ی شهرها که در کنار دریاها واقع گردیده یا بستر عبور دریاها می‌باشد، باعث گردیده که ساکنین و دارایی‌های موجود در مناطق مختلف را در معرض خطر سیلاب قرار دهد. افزایش نفوس و توسعه‌ی تکنالوژی از یک جانب و خطرات افزایشی سیلاب در مناطق شهری از طرف دیگر باعث شده که محققان انجنیری دریاها و هایدرولوجست‌ها به‌طور جدی عکس‌العمل‌های هایدرولوژیکی دریاها را در مناطق مختلف مورد مطالعه قرار دهند. سیل از جمله پدیده‌ی طبیعی است که هر سأله خسارات جبران‌ناپذیر جانی و مالی برای کشورها وارد می‌نماید که هر گونه تحقیق در باره‌ی خصوصیات وقوع آن زیاد با اهمیت می‌باشد. پارامترهای مهم برای دانستن خصوصیات سیلاب عبارت از مقدار جریان اعظمی با دوره‌ی برگشت های مختلف آن می باشد. سیلاب هم از نظر تلفات جانی و هم از خسارات مالی خطرناک‌ترین پدیده‌ی طبیعی در جهان محسوب می‌گردد. سیل از پدیده‌های است که بشر همواره از آن وحشت داشته و کوشش نموده تا به روش‌های مختلف با آن مقابله نماید. اولین قدم در راه مهار این پدیده‌ی مخرب، شناخت دقیق خصوصیات آن است. افغانستان همواره در معرض تهدید سیلاب‌ها قرار داشته و همه ساله شاهد خسارات جانی و مالی فراوان ناشی از وقوع سیل می‌باشد.

افزایش اوسط درجه‌ی حرارت جهان ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌یی، می‌تواند بی‌نظمی‌ها را در تمام متغیرهای سیستم اقلیمی در یک ساحه به‌وجود آورد. تغییرات عناصر اقلیمی مانند درجه‌ی حرارت و بارندگی نیز می‌تواند باعث تغییرات زیاد در شرایط اقلیمی و باعث تغییرات سیستم‌های هایدرولوژیکی در یک ساحه گردد (۲۲). افزایش نفوس سبب گسترش شهرها و مراکز دهاتی گردیده و در نتیجه‌ی آن تأثیر بالای محیط طبیعی و سیستم‌های دریا همراه بوده است. از طرف دیگر انسان‌ها در هر زمان کوشش نموده که در نزدیکی آب زندگی کنند. این گرایش درمدت زمان تغییر نکرده است، طوری‌که از هر ۲۰ شهرک پرنفوس جهان، ۱۹ مورد آن در امتداد جریان آب و یا در دهانه‌ی دریاها قرار دارند (۳۰). هم‌چنان تمرکز نفوس و فعالیت‌های اقتصادی و اجتماعی در مناطق که در معرض خطرهستند، احتمال سیل را به یک فاجعه تبدیل کرده می‌تواند (۲۳). یکی ازعوامل مؤثر در بروز سیلاب توسعه‌ی شهرنشینی می‌باشد. با توجه به تغییرات مشخص که در ساختمان شهرها به وجود آمده، آن‌ها را در برابر حوادث غیرمترقبه بسیار خطرپذیر کرده است. جهان نسبت به آن‌چه

سابقاً و پیش از این بوده است خطرناک‌تر شده است. هر سال سیل خسارات زیاد به مزرعه، زمین‌های زراعتی، راه‌ها، سدها، پل‌ها و جاده‌ها شده و در بعضی حالات باعث مرگ انسان‌ها و مواشی می‌گردد (۱۶). منابع مختلف برای کلمه‌ی سیل تعاریف مختلف کرده است. برای دهاقین اطراف دریای نیل در مصر باستان، سیل واقعه‌ی مطلوب بوده که باعث آب‌یاری طبیعی زمین‌ها می‌گردد (۱۷). سیل متداول‌ترین بلای طبیعی در تمام دنیا محسوب می‌شود و تقریباً در تمامی کشورهای جهان واقع می‌گردد. تقریباً ۷۰ فیصد سیلاب مجموعی جهان در هند و بنگلادیش رخ می‌دهد. جریان سیل سبب حمل مقادیر زیادی گل و لای و رسوبات می‌گردد و چنان‌چه سیلابی دارای مواد معلق باشد، قدرت تخریب و خسارات ناشی از سیل سه برابر بیشتر از سیل حاوی آب خالص می‌باشد (۱۸). بیشترین تعداد متأثرین و کشته‌شدگان سیل در منطقه‌ی آسیا و اقیانوسیه هستند، از شکل ۱ معلوم می‌گردد که کشورهای چین، هند، افغانستان، بنگلادش، نیپال در صدر کشورهای متأثر قرار دارند که در این شکل کشور ونزوئلا بیشترین میزان آسیب‌پذیری نسبی را در مقابل سیل دارد که دلیل اصلی آن ثبت دقیق‌تر وقایع مرگ و میر در اثر سیل در این کشور باشد.




شکل ۱: متأثرین و کشته‌شدگان سیلاب در منطقه‌ی آسیا و آقیانوسیه (18).

سیلاب ناشی از دخالت انسان‌ها در طبیعت نیز باعث بحران و تهدید شهرها می‌گردد (۳۳). سیل در اثر وقوع یک بارندگی شدید و یا ذوب ناگهانی برف‌ها در یك حوزه‌ی آب‌گیر و یا در نتیجه‌ی تخریب بند آبی به‌وقوع می‌پیوندد که در نتیجه باعث تخریب و خسارت و تلفات به مراکز انسانی و ساختمان‌ها مسیر سیلاب گردد (٤، ۱۰، ۲۹). دلایل افزایش سیلاب‌های مخرب می‌تواند

کاهش نزولات جوی جامد و تغییر آن به مایع در اثر تغییرات اقلیم و افزایش اوسط درجه‌ی حرارت هوا در دهه‌های اخیر اشاره نمود (٦). به عباره‌ی دیگر هر جریان سطحی آب صرف نظر از عامل وقوع آن در صورتی‌که در مقطع یک دریا بیشتر از جریان عادی، تداوم زمانی آن محدود باشد، جریان آب از بستر طبیعی آن تجاوز و اراضی پایین و کنار دریا را فراگیرد و خسارات مالی و جانی با خود داشته باشد، سیل محسوب می‌گردد (۱۱، ۱۹، ۲۸، ۳۲). عالمی به نام میز (Mays) سیل را در نتیجه‌ی شرایط آب و هوا و توپوگرافی یک منطقه که باعث بالا آمدن آب و جاری شدن آن در کنار و زمین‌های اطراف آن جاری شده و ممکن است خسارات به بار آورد، بیان می‌دارد (۱۵). سیل، آب زیاد است که با سرعت جاری شده و قسمت‌های زمین را که در شرایط عادی زیر آب نیست در بر می‌گیرد و یکی از بزرگ‌ترین آفات طبیعی در سطح جهان می‌باشد (۲۰). سیلاب یکی از آفات طبیعی خطرناک است و اکثراً باعث از بین رفتن زندگی و آسیب جدی به زیربناها و محیط زیست می‌شود (۲٤، ۲٦).

سیلاب از نظر تلفات جانی و مالی خطرناک‌ترین پدیده‌ی طبیعی در جهان می‌باشد. سیل بیشترین آسیب و خسارات را بر انسان‌ها وارد نموده، طوری‌که یک بر سوم خسارات اقتصادی آفات طبیعی مربوط به سیلاب می‌باشد (۲۷). پدیده‌ی طبیعی سیل ممکن است پیامدهای زیان‌باری در مناطق شهری، صنعتی و زراعتی داشته باشد. برای ممانعت از آثار مخرب سیل، شناخت خصوصیات سیل، خاصتاً مقدار جریان اعظمی سیل خیلی مهم به نظر می‌رسد (۳۱). با پیش‌بینی جریان دریاها علاوه بر مدیریت بهره‌برداری منابع آب می‌توان حوادث طبیعی مانند سیل وخشک‌سالی را نیز پیش‌بینی و مهار کرد (۷). برای طرح‌ریزی دقیق مدیریتی به سطح حوزه‌های آب‌گیر دانستن اطلاعات جریان ضرورت اساسی مدیریت منابع آب و مسائل انجنیری آب می‌باشد. سیلاب‌ها به‌طور عموم در دره های خشک که دیتا های اندازه‌گیری ندارند، رخ می‌دهند. برای دریافت جریان علی‌رغم روش‌های مختلف در حوزه‌های فاقد دیتا، امروز استفاده از GIS بیشتر مورد توجه محققان است (۲۵). تغییرات اقلیمی خطرات جدی را متوجه کشورهای آسیایی نموده است، خاصتاً افغانستان یکی از کشورهای است که بیشتر حساس و در معرض تغییرات اقلیمی قرار دارد. قرار پیش‌بینی تغییرات اقلیم اثرات زیادی را در معیشت روستایان، مصئونیت غذایی و در مجموع بالای وضعیت اقتصادی کشور به‌وجود می‌آورد. در افغانستان آفات مختلف طبیعی مانند زلزله، سیل، خشک سالی، لغزش زمین و برف‌کوچ رخ می‌دهد. زلزله نسبتاً متداول بوده خاصتاً در ساحات شمال و شمال شرقی که اکثراً باعث لغزش زمین درین ساحات می‌گردد. سیل در بهار بیشتر به وقوع می‌پیوندد هنگامی‌که برف

شروع به ذوب شدن می‌کند و بارش سنگین رخ می‌دهد. افغانستان در معرض آفات حوادث طبیعی مانند زلزله، سیل، خشک سالی، لغزش زمین و برف‌کوچ و شرایط خراب آب و هوا است. مطالعه‌ی انجام شده توسط برنامه‌ی توسعه‌ی سازمان ملل متحد (UNDP) آسیب‌پذیری در اثر حوادث مختلف طبیعی را در ۲۱۱ کشور مورد بررسی قرار دادند، افغانستان به ترتیب در رتبه ۵ و 17از نظر آسیب‌پذیری زلزله و سیل قرار گرفته است (۲). افغانستان چهارمین کشور آسیب‌پذیر در برابر حوادث طبیعی است. سیل، زلزله و برف‌کوچ همواره از افغان‌ها قربانی گرفته در حالی که ظرفیت نهادهای مبارزه با حوادث طبیعی بسیار ضعیف‌تر از آن است که برای جلوگیری از این حوادث اقدام کند (۵). همه ساله دریاهای اصلی کشور سیلابی می‌باشند که باعث تحت سیل آمدن اراضی زیاد، تخریب کشت‌ها و تخریب دارائی‌ها می‌گردد. تخریب سواحل دریاها باعث می‌شود تا هزاران هکتار زمین‌های حاصل‌خیز شستشوی گردد، حتی در زمان عبور جریان اصغری در دریا، سواحل رسوبی دریا توسط جریان از قسمت پائینی تخریب شده و در نتیجه باعث لغزش سواحل به دریا می‌شود (۳). افغانستان دارای اقلیم متفاوت‌تر از منطقه و بارندگی‌های موسمی در طول سال به‌خصوص ریزش برف‌های زمستانی در قسمت‌های مرتفع کشور از مشخصه‌های اساسی اقلیمی کشور می‌باشد که سالانه انبار شدن برف در سلسله کوه‌های مرکزی و شمال شرقی آن سبب ایجاد فرصت‌ها و چالش‌های چشم‌گیر می‌گردد. ذوب شدن برف‌ها از یک طرف سبب تأمین آب آب‌یاری زمین‌های زراعتی گردیده ولی از طرف دیگر سبب افزایش آسیب‌پذیری اهالی کشور از بابت ایجاد سیلاب‌ها، برف‌کوچ‌ها و لغزش زمین می‌گردد (۱).

در افغانستان افزایش نفوس باعث گردیده تا در اکثر مناطق دوردست، تجاوز به حریم دریاها انجام شود که علت اصلی خطرات و خسارات ناشی از وقوع سیلاب در حوزه‌ی دریایی کابل می‌باشد. نبود زیربنای اساسی، سال‌های جنگ و ناپایداری سیاسی، باعث گردیده که کشور افغانستان دچار ویرانی‌های گسترده گردد. اگرچه آمار دقیق از تاریخچه‌ی سیل‌خیزی و خسارات سیل در افغانستان و حوزه‌ی آب‌گیر کابل وجود ندارد ولی باز هم منابع در خسارات و تلفات گوناگون در حوزه‌ی دریایی کابل نام‌برده است.

در تحریر این مقاله محاسبه‌ی جریان اعظمی (سیلابی) دیتاستیش تنگی غارو جمع‌آوری و تحلیل گردیده است. مقدار جریان اعظمی یا سیلابی با دوره‌های برگشت مختلف یکی از پارامترهای مهم در برنامه‌ریزی برای بهره‌برداری منابع آب و طراحی سیستم‌های آبی می‌باشد. در مطالعه‌ی حاضر،

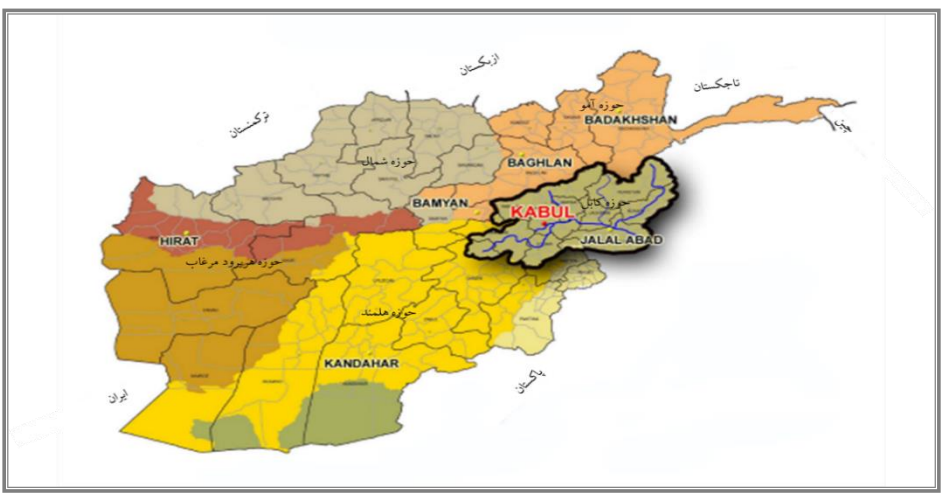
باجمع آوری دیتای جریان اعظمی(سیل) در ستیشن هایدرولوژیکی تنگی غارو تجزیه و تحلیل مقادیر جریان اعظمی (سیلاب) با دوره‌های برگشت مختلف محاسبه شده است.

جدول ۱: دیتای مقدار جریان اعظمی در ستیشن تنگی غارو (١٤).

| سال‌ها | ۱۹٦۰ | ۱۹٦۱ | ۱۹٦۲ | ۱۹٦۳ | ۱۹٦٤ | ۱۹٦٥ | ۱۹٦٦ | ۱۹٦۷ | ۱۹٦۸ | ۱۹٦۹ | ۱۹۷۰ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| جریان اعظمی | ۱۷٥ | ۹۸ | ۳۹ | ۱٦٥ | ۱٥۸ | ۱٥٦ | ۸۰ | ۱۹۲ | ۱۱٥ | ۸٦ | ۱۰۱ |
| سال‌ها | ۱۹۷۱ | ۱۹۷۲ | ۱۹۷۳ | ۱۹۷٤ | ۱۹۷٥ | ۱۹۷٦ | ۱۹۷۷ | ۱۹۷۸ | ۱۹۷۹ | ۱۹۸۰ | |
| جریان اعظمی | ٤٤ | ۱۰۷ | ۱۰۷ | ٤۸ | ٦۹ | ۱۲۸ | ٤۷ | ۱۰۹ | ۷۰ | ۱۰۷ | |

**ساحه‌ی مطالعه**

ساحه‌ی مورد مطالعه شامل حوزه‌ی آب‌گیر کابل در شرق افغانستان و در مختصات جغرافیایی **۳۳** درجه و **۲۹** دقیقه تا **۳٦** درجه و **٦** دقیقه عرض‌البلد شمالی و **٦۷** درجه و **٤۳** دقیقه تا **۷۱**درجه و **٤۰** دقیقه طول‌البلد شرقی قرار دارد. شکل **۲** موقعیت حوزه‌ی آب‌گیر کابل را در نقشه افغانستان نشان می‌دهد.




شکل۲: حوزه‌های دریایی کابل در نقشه‌ی افغانستان (۱۲).

حوزه‌ی آب‌گیر کابل از نظر آب و هوا دارای اقلیم نسبتاً متنوعی است. عواملی مختلف مانند سلسله جبال مرتفع و مناطق کم‌ارتفاع و هم‌چنان دوری از ابحار و نیز برخورد جبهه‌های مختلف آب و هوا که وارد حوزه‌ی آب‌گیر می‌شود، سبب تنوع آب و هوا این حوزه‌ی آب‌گیر می‌گردد. به همین دلیل در قسمت‌های کوهستانی حوزه‌های (شرق، شمال و شمال شرقی) زمستان‌های سرد و طولانی است ولی تابستان‌ها گرم و معتدل می‌باشد و در قسمت‌های هموار حوزه‌های (مناطق مرکزی و

غربی) هوا در تابستان‌ها گرم و در زمستان‌ها سرد و نیمه خشك می‌باشد. به صورت عموم این قسمت حوزه نسبت به مناطق شرقی آن دارای اقلیم گرم و خشك‌تری می‌باشد و مقدار تولید جریان در آن کم است. شهر بزرگ کابل که پایتخت افغانستان است در این قسمت حوزه قرار دارد.

**ستیشن تنگی غارو**

این ساحه حوزه‌ی آب‌گیر در جنوب غرب حوزه‌ی کابل قرار دارد که شامل دریای اصلی شهر کابل بوده که سر شاخه‌های سنگ نوشته، تنگی سیدان، پل سوخته، بندامیر غازی و چند سر شاخه کوچك دیگر را در بر می‌گیرد. در داخل این حوزه ستیشن‌های هایدرولوژیکی کجاب، میدان، پل سوخته، سنگ نوشته، شیخ آباد و تنگی غارو قرار دارند. ستیشن تنگی غارو تقریباً در قسمت خروجی این قسمت حوزه‌ی آب‌گیر قرار دارد. آب مورد ضرورت مصارف زراعتی، شرب و صنعت در این نواحی از منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی تأمین می‌گردد. مساحت حوزه‌ی آب‌گیر در این قسمت تقریباً ۱۲۸۵۰ کیلومتر مربع بوده و آب‌دهی متوسط آن در دوره‌ی شاخص ۲۱ ساله مساوی به ۱٤,٤٥ متر مکعب در ثانیه و معادل ٤٦۰ میلیون متر مکعب در سال محاسبه گردیده است. مقدار بارندگی متوسط سالانه در سطح این حوزه‌ی آب‌گیر ٤٦٤ میلی متر و ضریب جریان ۸ فیصد می‌باشد (۱۳).

**یافته‌ها**

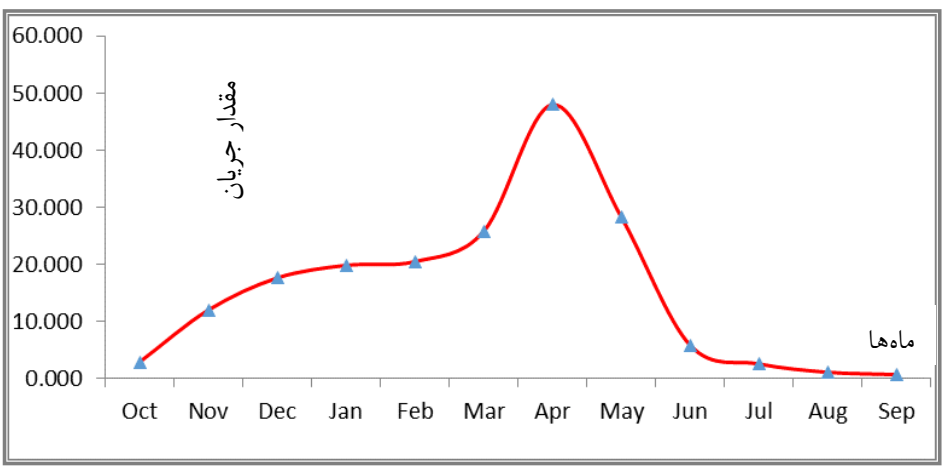
سیل، زلزله و خشك‌سالی پدیده‌های طبیعی هستند که از لحاظ خسارات مالی و جانی دارای اهمیت زیاد می‌باشند. خسارات ناشی از سیل در بعضی نقاط دنیا خاصتاً در آسیا، بیشترین تلفات را در بین خسارات ناشی ازپدیده‌های طبیعی دارا می‌باشد. گرچه اطلاعات دقیق راجع به خسارات ناشی از سیل و زلزله در افغانستان منتشر نگردیده است، ولی چنین به نظر می‌رسد که خسارات مالی سیل به لحاظ تناوب زیاد وقوع سیل از یك سو و گسترش وسیع آن از سوی دیگر در مرتبه‌ی بالاتر قرار می‌دارد. جاری شدن سیل در دریاها و کنار دریاها به طور عموم از عوامل مختلف طبیعی سر چشمه می‌گیرد. باران شدید و کوتاه‌مدت و یا ضعیف طویل‌المدت، ذوب برف یا ترکیب هر دو (باران و ذوب برف) از عوامل اصلی وقوع سیل می‌باشند. عوامل دیگر هم وجود دارد که باعث تشدید سیلاب می‌گردد. مانند، زلزله، لغزش زمین و طوفان‌های دریایی می‌باشد. سیلاب‌ها ترکیبی باران و ذوب برف در دریاهای واقع می‌گردد که که حداقل یك قسمت بزرگ مساحت حوزه‌ی آب‌گیر دریاها در منطقه‌ی برفی واقع گردیده باشد. با در نظر داشت تنوع اقلیم حوزه‌ی آب‌گیر کابل، سیلاب‌های‌که در این حوزه واقع می‌گردد، به طور عموم به سه نوع، یعنی سیلاب‌های ناشی از انواع باران‌ها، سیلاب ترکیبی ذوب برف و باران و در بعضی موارد ذوب برف تقسیم می‌گردد. در شمال و شرق حوزه‌ی آب‌گیر کابل

که شامل مناطق کنر، نورستان و پنجشیر می‌باشد، نظر به اقلیم نیمه‌مرطوب سرد بخش اعظم سیلاب‌ها ناشی از ترکیب ذوب برف و باران می‌باشد. در قسمت‌های کابل و لوگر نیز با توجه به اقلیم نیمه‌خشک سرد، اکثر وقت‌ها باران‌های شدید و کوتاه‌مدت باعث سیلاب‌ها می‌گردد. در قسمت‌های حاصل‌خیز پروان و جلال‌آباد وقوع سیلاب‌های ناشی از استمرار باران‌های طویل‌المدت می‌باشد.

آب‌دهی ماهانه در ساحه‌ی ستیشن تنگی غارو به دو فصل یعنی فصل مرطوب و فصل خشک تقسیم گردیده است. فصل مرطوب سال از ماه مارچ آغاز گردیده و در اواخر جون پایان می‌یابد. در این دوره به‌طور متوسط حدود ۷۵ فیصد جریان سطحی در دریاها وجود داشته است، در حالی‌که در ۸ ماه متباقی سال تنها ۲۵ فیصد آب‌دهی مجموعی سالانه در ستیشن به ثبت رسیده است. این رژیم آب‌دهی به دلیل شرایط بارندگی و خصوصیات فزیکی حوزه‌ی آب‌گیر به وجود آمده است.

جدول ۲: مساحت، بارندگی، مقدار جریان، و ضریب جریان درستیشن تنگی غارو

| شماره | ستیشن | مساحت حوزه‌ی آب‌گیر $Km^2$ | بارندگی به ملی‌متر | آب‌دهی مترمکعب در ثانیه | آب‌دهی به میلیون‌متر مکعب | جریان به ملی‌متر | ضریب جریان به فیصد |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | تنگی غارو | ۱۲۷۹۵,٦ | ٤۲۷ | ۱۵,٤ | ٤٦٤ | ۳٦ | ۸ |




شکل ۳: مقدار جریان متوسط ماه‌هانه در ستیشن تنگی غارو

برای پیش‌بینی خصوصیات سیلاب در یک منطقه‌ی مشخص، بهتر است که تعدادی از سیلاب‌های را که قبلاً در آن منطقه اتفاق افتاده است اندازه‌گیری و ثبت کرده باشیم تا با تجزیه و تحلیل دیتاهای آن‌ها وضعیت سیلاب‌های را که در آینده مشاهده خواهد شد، پیش‌بینی کنیم. هدف از تحلیل تکراریت وقایع در هایدرولوژی به‌دست آوردن احتمال وقوع یک حادثه مانند حداکثر سیلاب، حد اقل جریان

یک دریا و یا حد اکثر بارندگی ۲۴ ساعته است. در این‌جا از سلسله دیتاهای اعظمی مقدار جریان ستیشن تنگی غارو برای دوره‌های برگشت مختلف با در نظر داشت فورمول ذیل استفاده شده است.

$$X = \overline{X} + k^{*}\partial x \quad \text{.....۱}$$

در فورمول فوق

$X$ - عبارت از مقدار جریان اعظمی با دوره‌های بازگشت مختلف برای مدت چندین سال آینده می‌باشد.

$\overline{X}$ - عبارت از اوسط مقدار جریان اعظمی چندین ساله (پیک سیلابی)

$k$ - عبارت از ضریب گمبل ا ست که می توان برای ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰، ۱۰۰۰ سال آینده سیلاب را پیش‌بینی کرد.

$\partial x$ - عبارت از انحراف معیاری مقدار جریان اعظمی می‌باشد.

جدول ۳: مقدار جریان اعظمی (سیلابی) در ستیشن تنگی غارو طی سال‌های مختلف

| سال‌های آبی | جریان اعظمی | جریان متوسط | انحراف معیاری |
|---|---|---|---|
| ۱۹٦۰ | ۱۷۵ | ۱۰٤,۸۱ | ٤٤,۹٤ |
| ۱۹٦۱ | ۹۸ | ۱۰٤,۸۱ | ٤٤,۹٤ |
| ۱۹٦۲ | ۳۹ | ۱۰٤,۸۱ | ٤٤,۹٤ |
| ۱۹٦۳ | ۱٦۵ | ۱۰٤,۸۱ | ٤٤,۹٤ |
| ۱۹٦٤ | ۱۵۸ | ۱۰٤,۸۱ | ٤٤,۹٤ |
| ۱۹٦۵ | ۱۵٦ | ۱۰٤,۸۱ | ٤٤,۹٤ |
| ۱۹٦٦ | ۸۰ | ۱۰٤,۸۱ | ٤٤,۹٤ |
| ۱۹٦۷ | ۱۹۲ | ۱۰٤,۸۱ | ٤٤,۹٤ |
| ۱۹٦۸ | ۱۱۵ | ۱۰٤,۸۱ | ٤٤,۹٤ |
| ۱۹٦۹ | ۸٦ | ۱۰٤,۸۱ | ٤٤,۹٤ |
| ۱۹۷۰ | ۱۰۱ | ۱۰٤,۸۱ | ٤٤,۹٤ |
| ۱۰۷۱ | ٤٤ | ۱۰٤,۸۱ | ٤٤,۹٤ |
| ۱۹۷۲ | ۱۰۷ | ۱۰٤,۸۱ | ٤٤,۹٤ |
| ۱۹۷۳ | ۱۰۷ | ۱۰٤,۸۱ | ٤٤,۹٤ |
| ۱۹۷٤ | ٤۸ | ۱۰٤,۸۱ | ٤٤,۹٤ |
| ۱۹۷۵ | ٦۹ | ۱۰٤,۸۱ | ٤٤,۹٤ |
| ۱۹۷٦ | ۱۲۸ | ۱۰٤,۸۱ | ٤٤,۹٤ |
| ۱۹۷۷ | ٤۷ | ۱۰٤,۸۱ | ٤٤,۹٤ |
| ۱۹۷۸ | ۱۰۹ | ۱۰٤,۸۱ | ٤٤,۹٤ |
| ۱۹۷۹ | ۷۰ | ۱۰٤,۸۱ | ٤٤,۹٤ |
| ۱۹۸۰ | ۱۰۷ | ۱۰٤,۸۱ | ٤٤,۹٤ |
| مجموعه | ۲۱ | | |
| اوسط | ۱۰٤,۸۱ | | |
| انحراف معیاری | ٤٤,۹٤ | | |

جدول ۴: پیش‌بینی مقدار جریان اعظمی (سیلابی) در ستیشن تنگی غارو برای سال‌های مختلف

| دوره برگشت | X` | σx | K | σx*K | σx X+K* |
|---|---|---|---|---|---|
| سال‌ها | مترمکعب در ثانیه | | | | مترمکعب در ثانیه |
| ۵ | ۱۰٤,۸۱ | ٤٤,۹٤ | ۰,۹۱۲۸ | ٤۱,۰۲ | ۱٤۵,۸۳ |
| ۱۰ | ۱۰٤,۸۱ | ٤٤,۹٤ | ۱,٦۱۵ | ۷۲,۵۸ | ۱۷۷,۳۹ |
| ۲۵ | ۱۰٤,۸۱ | ٤٤,۹٤ | ۲,۵۰۲٤ | ۱۱۲,٤٦ | ۲۱۷,۱۷ |
| ۵۰ | ۱۰٤,۸۱ | ٤٤,۹٤ | ۳,۱٦۰۸ | ۱٤۲,۰۵ | ۲٤٦,۸٦ |
| ۱۰۰ | ۱۰٤,۸۱ | ٤٤,۹٤ | ۳,۸۱٤۱ | ۱۷۱,٤۳ | ۲۷٦,۲٤ |
| ۵۰۰ | ۱۰٤,۸۱ | ٤٤,۹٤ | ۵,۳۱۱۸ | ۲۳۸,۷۱ | ۳٤۳,۵۲ |
| ۱۰۰۰ | ۱۰٤,۸۱ | ٤٤,۹٤ | ۵,۹۷۳۲ | ۲٦۸,٤٤ | ۳۷۳,۲۵ |

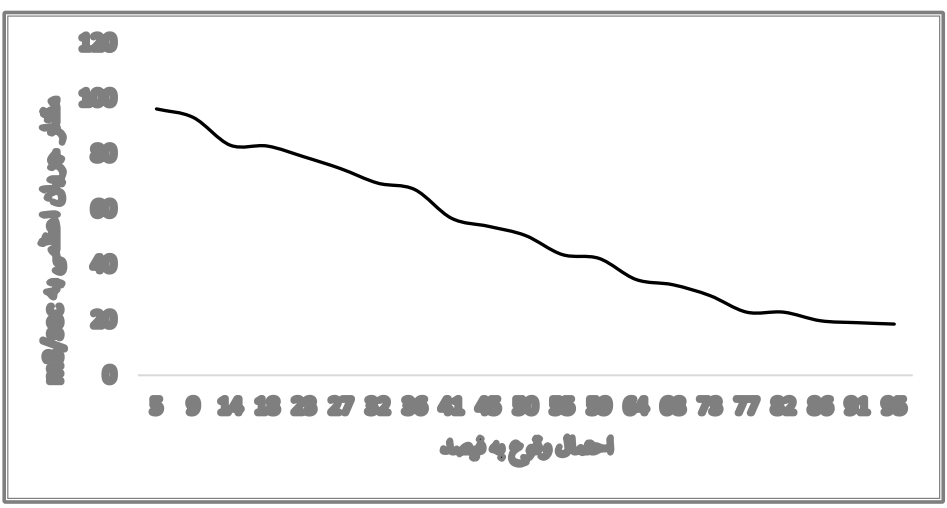
پیش‌بینی جریان دریاها نقش به سزایی در برنامه‌ریزی، مدیریت و بهره‌برداری منابع آب دارد. هدف محاسبات فوق امکان پیش‌بینی جریان دریا (جریان اعظمی) با دوره‌های برگشت مختلف است. طوری‌که مشاهده می‌گردد، دوره‌ی برگشت جریان اعظمی در ستیشن تنگی غارو قرار ذیل است:

جریان اعظمی قابل پیش‌بینی درستیشن تنگی غارو برای ۱۰۰ سال آینده به اساس جریان متوسط اعظمی چندین ساله مساوی به **۲۷٦,۲۴** مترمکعب فی ثانیه می‌باشد که بیشترین مقدار جریان اعظمی براساس مشاهدات جریان **۲۱** سال پیش‌بینی می‌گردد.

اولین مطالعه همه‌جانبه منحنی تداوم جریان توسط دانشمندی به‌نام سارسی (Searcy) در سال **۱۹۵۹**م انجام یافت. منحنی تداوم جریان یکی از روش‌های ارزنده با اطلاعات مفید که همه مقادیر جریان دریاها را اعم از کم‌ترین تا زیادترین (جریان سیلابی) را نمایش می‌دهد. این منحنی رابطه بین مقادیر جریان و فیصدی مدت زمان راکه این مقادیر جریان مساوی یا بیشتر از آن است به نمایش می‌گذارد (۸). برای ترسیم منحنی تداوم جریان اولاً باید مقادیر جریان هرستیشن را به صورت نزولی ترتیب کرده در محور Y قرار داده و در محور X فیصدی احتمال وقوع تجربی آن‌راکه از فرمول تجربی ویبول Weibul به دست می‌آید نمایش می‌دهیم.

جدول ۵: محاسبه‌ی احتمال وقوع جریان به روش ویبول در ستیشن تنگی غارو طی سال‌های ۱۹۶۰-۱۹۸۰

| شماره | سال آبی | مقدار جریان متوسط | شماره ترتیبی | به ترتیب نزولی | احتمال وقوع P= m/n+1*100 |
|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | ۱۹٦۰ | ۸۳,۱ | ۱ | ۹٦,۲ | ۵ |
| ۲ | ۱۹٦۱ | ٦۹,٤ | ۲ | ۹۳,۱ | ۹ |
| ۳ | ۱۹٦۲ | ۲۸,۸ | ۳ | ۸۳,۱ | ۱٤ |
| ٤ | ۱۹٦۳ | ۵۰,۵ | ٤ | ۸۲,۸ | ۱۸ |
| ۵ | ۱۹٦٤ | ۹٦,۲ | ۵ | ۷۸,۹ | ۲۳ |
| ٦ | ۱۹٦۵ | ۹۳,۱ | ٦ | ۷٤,٦ | ۲۷ |
| ۷ | ۱۹٦٦ | ٤۲,۲ | ۷ | ٦۹,٤ | ۳۲ |
| ۸ | ۱۹٦۷ | ۷٤,٦ | ۸ | ٦۷,۱ | ۳٦ |
| ۹ | ۱۹٦۸ | ۵٦,۷ | ۹ | ۵٦,۷ | ٤۱ |
| ۱۰ | ۱۹٦۹ | ۳۲,۷ | ۱۰ | ۵۳,۸ | ٤۵ |
| ۱۱ | ۱۹۷۰ | ۱۹,۷ | ۱۱ | ۵۰,۵ | ۵۹ |
| ۱۲ | ۱۰۷۱ | ۱۹ | ۱۲ | ٤۳,٦ | ۵۵ |
| ۱۳ | ۱۹۷۲ | ۵۳,۸ | ۱۳ | ٤۲,۲ | ۵۹ |
| ۱٤ | ۱۹۷۳ | ۷۸,۹ | ۱٤ | ۳٤,٦ | ٦٤ |
| ۱۵ | ۱۹۷٤ | ۲۲,۸ | ۱۵ | ۳۲,۷ | ٦۸ |
| ۱٦ | ۱۹۷۵ | ٤۳,۸ | ۱٦ | ۲۸,۸ | ۷۳ |
| ۱۷ | ۱۹۷٦ | ٦۷,۱ | ۱۷ | ۲۲,۸ | ۷۷ |
| ۱۸ | ۱۹۷۷ | ۲۲,۸ | ۱۸ | ۲۲,۸ | ۸۲ |
| ۱۹ | ۱۹۷۸ | ۱۸,۵ | ۱۹ | ۱۹,۷ | ۸٦ |
| ۲۰ | ۱۹۷۹ | ۳٤,۵ | ۲۰ | ۱۹ | ۹۱ |
| ۲۱ | ۱۹۸۰ | ۸۲,۸ | ۲۱ | ۱۸,۵ | ۹۵ |




شکل۴: نمونه‌ی منحنی تداوم جریان برای جریان اعظمی سالانه در ستیشن تنگی غارو.

با در نظرداشت منحنی تداوم جریان اعظمی ستیشن تنگی غارو مقدار جریان اعظمی ۹٦,۲ متر مکعب فی ثانیه دارای احتمال وقوع ۵ فیصد بوده، در حالی‌که کم‌ترین مقدار جریان اعظمی ۱۸,۵ مترمکعب فی ثانیه احتمال وقوع ۹۵ فیصد را دارا می‌باشد. با درنظرداشت منحنی تداوم جریان و تعیین پارامترهای آن برای دریافت مشخصه‌های دریاها (جریان اعظمی، متوسط و اصغری) در برنامه‌ریزی‌های آب یک دریا جهت استفاده‌ی آب آشامیدنی و یا احداث بندهای انحرافی برای زراعت حایز اهمیت بوده و باید در هر طرح‌هایدرولوژی برای دریاها انجام شود. مثلاً اگر قرار باشد از آب دریا برای زراعت استفاده شود، با استفاده از این منحنی می‌توان نمونه و تراکم کشت را مشخص کرد با استفاده از آب برای مصارف شهری کاهش و افزایش آب را تخمین نموده و به ذخیره‌سازی آب اقدام کرد (۲۳).

**مناقشه**

جهان نسبت به قبل مخاطره‌انگیزتر شده است. همه ساله سیل خسارات زیاد و دربعضی حالات باعث مرگ انسان‌ها و مواشی می‌گردد (۱٦). برای دهاقین اطراف دریای نیل در مصر باستان، سیل واقعه‌ی مطلوب بوده که باعث آب‌یاری طبیعی زمین‌ها می‌گردد (۱۷). سیل از متداول‌ترین آفات طبیعی در تمام دنیا محسوب می‌شود و تقریباً در تمامی کشورهای جهان واقع می‌گردد (۱۸). بیشترین تعداد متأثرین و کشته‌شدگان سیل در منطقه‌ی آسیا و اقیانوسیه هستند که کشورهای چین، هند، افغانستان، بنگلادش، نیپال در صدر کشورهای متأثر قرار دارند. افغانستان یکی از کشورهای است که بیشتر حساس و در معرض تغییرات اقلیم قرار دارد. در افغانستان آفات مختلف طبیعی مانند زلزله، سیل، خشک‌سالی، لغزش زمین و برف‌کوچ رخ می‌دهد. سیل در بهار بیشتر به وقوع می‌پیوندد هنگامی‌که برف شروع به ذوب شدن می‌کند و بارش سنگین رخ می‌دهد (۲). افغانستان چهارمین کشور آسیب‌پذیر در برابر حوادث طبیعی است. سیل، زلزله و برف‌کوچ همواره از افغان‌ها قربانی گرفته در حالی که ظرفیت نهادهای مبارزه با حوادث طبیعی بسیار ضعیف‌تر از آن است که برای جلوگیری از این حوادث اقدام کند (۵). همه ساله دریاهای اصلی کشور سیلابی می‌باشند که باعث تحت سیل آمدن اراضی زیاد، تخریب کشت‌ها و تخریب دارائی‌ها می‌گردد. تخریب سواحل دریاها باعث می‌شود تا هزاران هکتار زمین‌های حاصل‌خیز شستشو گردد، حتی در زمان عبور جریان اصغری در دریا، سواحل رسوبی دریا توسط جریان از قسمت پائینی تخریب شده و در نتیجه باعث لغزش سواحل به دریا می شود (۳). افغانستان دارای اقلیم متفاوتر از منطقه و بارندگی‌های موسمی در طول سال به‌خصوص ریزش برف‌های زمستانی در قسمت‌های مرتفع کشور از مشخصه‌های اساسی اقلیمی

کشور میباشد که سالانه انبار شدن برف در سلسله کوههای مرکزی و شمال شرقی آن سبب ایجاد فرصتها و چالشهای چشمگیر میگردد. ذوب شدن برفها از یک طرف سبب تأمین آب آبیاری زمینهای زراعتی گردیده ولی از طرف دیگر سبب افزایش آسیبپذیری اهالی کشور از بابت ایجاد سیلابها، برف کوچها و لغزش زمین میگردد (۱). در افغانستان افزایش نفوس باعث گردیده تا در اکثر مناطق دوردست، تجاوز به حریم دریاها انجام شود. این عامل علت اصلی خطرات و خسارات ناشی از وقوع سیلاب در حوزهی دریایی کابل میباشد. نبود زیربنای اساسی، سالها جنگ و ناپایداری سیاسی، باعث گردیده که کشور افغانستان دچار ویرانیهای گسترده گردد. اگرچه آمار دقیق از تاریخچهی سیلخیزی و خسارات سیل در افغانستان و حوزهی آبگیر کابل وجود ندارد ولی باز هم منابع در خسارات و تلفات گوناگون در حوزهی دریایی کابل نامبرده است.

**نتیجهگیری**

از جمله پدیدههای طبیعی که از نظر تلفات جانی و خسارات مالی خطرناکترین پدیدهی طبیعی در سطح جهان به حساب میآید، سیلاب میباشد. پیشرفتها در عرصههای تکنالوژی، این واقعیت را برای محققان نمایان ساخته که امکان کنترل قاطع خسارات ناشی از سیلاب غیر ممکن و بعضاً غیر قابل جیران میباشد. پیشبینی و تخمین مقدار کمی پروسههای تولید جریان و انتقال آن به نقطهی خروجی حوزهی آبگیر از اهمیت زیاد برخوردار است.

هر سال آفات طبیعی خسارات زیاد مالی و جانی را را به جوامع مختلفه وارد میسازد و متأسفانه کشور ما هم طعم تلخ این وقایع را هرسال میچشد. جریانات ناشی از بارندگی، در مسیر خود پس از جریان یافتن در سطحزمین و عبور از شاخههای کوچک و بزرگ دریاها بههم میپیوندند و حجم بزرگ آب را ایجاد نموده که بهسمت خروجی حوزههای آبگیر هدایت داده میشود. در زمان بحرانی سیلابها از مقاطع دریاها ساریز شده، تأسیسات، شهرها و قریهجات راکه داخل حوزه و یا در پایان دست این حوزهها واقع هستند، بیشتر اوقات در معرض سیلاب قرار میگیرند.

معلومات از چگونگی جریان، حجم، شدت، مدت دوام، مکان و نهایتاً زمان وقوع سیلابها اهمیت ارزنده در طراحی و نگهداری ساختمانها، تأسیسات آبی دارد. به دلیل تنوع و خصوصیات اقلیمی افغانستان سیلابها، چه از نوع بهاری ناشی از ذوب برف باشند و چه از نوع ناگهانی ناشی از بارندگیهای رگبار، قسمت عمدهی جریان سطحی اکثر دریاهای حوزهی دریایی را تشکیل میدهد. رشد نفوس، توسعهی شهرها و صنعتی شدن جوامع و تأثیرات منفی ناشی از آن مانند تغییر اقلیم نیز

تأثیرات نامطلوب در هایدرولوژی حوزه‌های آب‌گیر گذاشته، و باعث تشدید سیلاب‌ها، افزایش آلودگی در قسمت‌های پایان آب، کاهش جریانات اساسی و کاهش تغذیه آب‌های زیرزمینی می‌گردد. افزایش سطوح نفوذناپذیر حوزه نسبت به سطوح نفوذناپذیر حوزه که نقش بزرگ در جذب بارندگی دارند، کاسته و متعاقباً بر حجم جریانات می‌افزاید. هم‌چنان مقادیر سیلاب در مطالعات کنترول سیل و حفاظت سیلاب نیز دارای اهمیت زیاد است.

با محاسبه‌ی سیلاب در دوره‌های بازگشت مختلف و محاسبه‌ی ساحه‌ی سیلاب می‌توان مناطق و نواحی آسیب‌پذیر سیلاب را شناسائی کرده و تدابیر لازم برای حفاظت آن‌ها را پیش‌بینی کرد. مقدار سیل با دوره‌های بازگشت مختلف دارای اهمیت زیاد در مطالعات کنترول و مهار سیلاب می‌باشد. هم‌چنان مقادیر سیلاب در ساحات احداث ساختمان‌های آبی و تأسیسات ذخیروی، انحرافی، انتقالی و یا باستفاده از آب، یکی از پارامترهای مهم در طراحی و برنامه‌ریزی برای بهره‌برداری منابع آب می‌باشد.

## منابع


(۱) اداره ملی احصاییه و معلومات. گزارش تحلیلی پیرامون بارندگیهای اخیر در کشور. سال ۱۳۹۸.

(۲) اداره ملی آمادگی مبارزه با حوادث افغانستان. استراتیژی اداره ملی آمادگی مبارزه با حوادث در افغانستا از سال ۲۰۱۵ تا ۲۰۱۹. سال ۲۰۱۵، ص ۲.

(۳) استراتیژی انکشاف ملی افغانستان. داره منابع آب. جلد دوم. سال ۱۳۸٦، صص ٤٤-٤٥.

(۴) اصغری مقدم، محمدرضا، درآمدی برجایگاه مطالعات عوامل طبیعی در برنامهریزی روستایی، انتشارات سرا، تهران.

(۵) افغانستان ما. افغانستان آسیبپذیرترین کشور در برابر حوادث طبیعی. روزنامه. سال ۲۰۱۷، ص ۵.

(۶) بهارلو، سید محمد علی و عبدالهی، محمد. پیشبینی پاسخ هیدرولوژیکی حوزه آبریز مارون در مقابل توسعه شهری توسط نرم افزار، HEC-HMS پایان نامه کارشناسی، به راهنمایی هما رزمخواه، مهندسی آب، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت. سال ۱۳۸۷.

(۷) تهرودی، محمد ناظری،هاشمی، سید رضا و احمدی، فرشاد. بررسی دقت مدلهای ANFIS, SVM و GP در مدل سازی مقادیر دبی جریان رودخانه. اکوهیدرولوژی، سال ۱۳۹۵، شماره ۳، ص ۳۴۸.

(۸) چاهوکی .اصغر زارع و دیگران. مدل منطقه ای منحنی تداوم جریان حوزه های آبخیز بدون آمار مناطق خشک مجله شماره ۲ منابع طبیعی ایران. سال ۱۳۹۲.

(۹) شمسایی، ابوالفضل و یلمی، افشین امیر پورد. مهندسی سیستمهای منابع آب. موسسه انتشارات علمی دانشگاه صنعتی شریف. سال ۱۳۹۰، صص ۳٦۷-۳۷۲.

(۱۰) علیزاده، امین. هیدرولوژی کاربردی. انتشارات آستان قدس رضوی. سال ۱۳۸۵، صص ۷۳٤-۷۳۹.

(۱۱) محمدپور، ر، سبزواری، ت. پهنه بندی سیلاب با استفاده از سیستم ساماندهی جغرافیایی (GIS) طرح مطالعاتی: قسمتی از رودخانه قرهآغاج در استان فارس، مجموعه مقالات اولین همایش GIS شهری. سال ۱۳۸۱.

(۱۲) وزرات انرژی و آب. طرح جامع مدیریت منابع آّب. حوضه آبریز رودخانه (دریای)کابل. جلد پانزده هم کنترل و مهار سیلاب. سال ۱۳۸۴، صص۱-٦۰.

(۱۳) وزرات انرژی و آب. طرح جامع مدیریت منابع آّب. حوضه آبریز رودخانه (دریای)کابل. جلد سوم-بخش اول. هیدرولوژی. سال ۱۳۸۴، ص ٦۳.

(۱۴) وزرات انرژی و آب. ریاست عمومی تنظیم امور منابع آب. دیتا ستیشن تنگی غارو.

(15) Asian Disaster Reduction Center :http ://www.adrc.or.jp/countryreport/JPN/2002/CR_JPN 2002 .htm.

(16) Beck, U, .world risk society, combridse , enfland : polity press. 1999.

(17) Chow, V. T., Maidment, D.R., Mays, L. W. "Applied Hydrology", McGraw-Hill.

(18) EM-DAT: The OFDA/CRED International Disaster Database. 1988.

(19) Garg, S.K. Hydrology and Water Resources Engineering. Khanna Publishers. 2005, P. 405.

(20) Getahun, Y. S, & Gebre, S. L. Flood hazard assessment and mapping of flood inundation area of the Awash River Basin in Ethiopia using GIS and HEC-GEORAS/HECRAS Model", Journal of Civil & Environmental Engineering. 2015; Vol. 5, No. 4, pp. 1-12.

(21) Henderson. Roddy and Diettrich. Jan. Statistical Analysis of River Flow Data in the Horizons Region. Niwa Client Report. 2007, P. 3.
(22) IPCC. Climate Change, Working Group I, the Physical Science Basis. UNEP and WMO. 2013.
(23) Lyu HM, Shen SL, Zhou A, Yang J. Perspectives for flood risk assessment and management for mega-city metro system. Tunneling and Underground Space Technology. 2019, pp. 31-44.
(24) Pacione, M. Applied Geography; principles and practice. 1999, P. 95
(25) Patil, J. P., Sarangi, A., Singh, O.P., Singh, A.K., Ahmad, T. Development of a GIS Interface for Estimation of Runoff from Watersheds. Water Resources Management. 2008; Vol. 22, No. 9. pp. 1221-1239.
(26) Petit-Boix A, Sevigne-Itoiz E, Rojas-Gutierrez LA, Barbassa AP, Josa A, Rieradevall J, et al. Floods and consequential life cycle assessment: integrating flood damage into the environmental assessment of storm water best management practices. 2017, pp. 601–608.
(27) Pilon JP. United Nations- International strategy for disaster reduction (ISDR). Guidelines for Reducing Flood Losses, New York, USA. 2005.
(28) Raghunath, H.M. Hydrology-Principle, Analysis, Design. Third Edition. New Age International Publishers. 2014, P. 212.
(29) Reddy, P.Jaya. Rami. A Textbook of Hydrology. University Science Press. 2011, P. 453.
(30) Samela c, Troy J, Manfreda S. Geomorphic classifiers for flood-prone areas delineation for data-scarce environments. Journal of the Advances in Water Resources. 2017, pp. 13–28.
(31) Soentoro, Edya. Comparison of Flood Routing Methods, Master of Applied Science. Department of Civil Engineering, University of British Columbia, 1991. P.106.
(32) Subramanya, K. Engineering Hydrology. Fourth Edition. New Delhi. 2013, P. 296.