

## سیلاب و کنترل آن با روش‌های غیر سازه‌ای

**پوهنځی نظام الدین تیموری**

استاد پوهنځی انجینیرۍ، پوهنتون جامی، هرات.

N.timory@Jami.edu.af

۴۸۶۷-۴۱۸۴-۰۰۰۳-۰۰۰۹

نویسنده \*

نشانی برقی

نشانی ارکاید

**پوهنځی سید عبدالباسط رحمانی**

پوهنځی انجینیرۍ، پوهنتون جامی، هرات.

b.rahminy@jami.edu.af

۴۲۷۴-۴۴۲۸-۰۰۰۱-۰۰۰۹

نویسنده

نشانی برقی

نشانی ارکاید

**پوهنځی الف شاه احسان**

پوهنځی انجینیرۍ، پوهنتون جامی، هرات.

Alifshah.ehsan@Jami.edu.af

۴۲۷۴-۴۴۲۸-۰۰۰۱-۰۰۰۹

نویسنده

نشانی برقی

نشانی ارکاید

### چکیده

سیلاب از نظر تلفات جانی و هم از نظر خسارات مالی مهیب‌ترین بلاهای طبیعی در جهان محسوب می‌شود. سیلاب رویدادی است که بشر هم‌واره در طول حیات خود با آن مواجه بوده است. اما امروزه به علت فعالیت‌های گسترده بشر در سیلاب دشت‌ها ریسک خسارت آن بیشتر از گذشته بوده. از طرف دیگر مهار کامل سیلاب‌ها یا ممکن نیست یا در صورت امکان نیاز به سرمایه‌گذاری زیاد دارد. در این میان روش‌های غیرسازه‌ای کنترل سیلاب با صرف هزینه‌های نه چندان زیاد، می‌تواند در تعدیل سیل، تعدیل خسارات سیل و آمادگی و افزایش توان تحمل خسارات ناشی از سیل بسیار مؤثر عمل کند. هدف از تحقیق فوق کاهش خسارات جانی و مالی، افزایش آگاهی عمومی و بهبود مدیریت منابع آب به روش‌های غیر سازه‌ای می‌باشد. در این مقاله، مطالعات کامل روی انواع اقدامات غیر سازه‌ای موجود در کنترل سیلاب صورت گرفته است. نتایج نشان می‌دهد روش‌های غیرسازه‌ای می‌تواند نتایج بهتری برای کاهش سیلاب و کاهش خطرات مالی و جانی داشته باشد.

**کلید واژه‌ها:** سیلاب، مدیریت، کنترل و غیرسازه‌ای.

## A Study on Flood and Its Control with Non-Structural Methods

Author **Nazammaddin Timory**  
Email Jami University, faculty of Civil Engineering, Herat, Afghanistan  
N.timory@Jami.edu.af  
Orcid 009-0003-4184-4867

Author **Sayed Abdul Baset Rahmani**  
Email Jami University, faculty of Civil Engineering, Herat, Afghanistan  
Orcid 0009-0001-4428-4274

Author **AlifShah Eshan**  
Email Jami University, faculty of Civil Engineering, Herat, Afghanistan  
Orcid Alifshah.ehsan@Jami.edu.af  
0009-0006-3673-2598

### Abstract

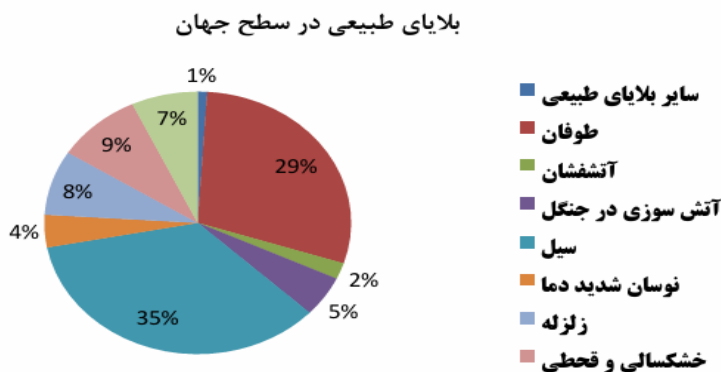
Floods are considered the worst natural disaster globally, both in terms of loss of life and financial impact. Flood is an event that humans have always faced during their lifetime. But today, due to extensive human activities in the plains, the risk of damage is much higher than in the past. On the other hand, it is not possible to control floods completely, or if possible, it requires a lot of investment. Meanwhile, non-structural methods of flood control can be effective in flood mitigation, reducing damage, increasing preparedness, and enhancing flood tolerance with minimal investment. In this article, an attempt is made to make a relatively complete review of the types of non-structural measures available in flood control. The results show that in a country like Afghanistan, non-structural methods can have better results mitigate floods and minimize financial and life risks

**Keywords:** Flood, non-structural, control, methods.

## مقدمه

رودخانه‌ها شریان‌های اصلی حیات کوهی زمین محسوب می‌شوند. نیاز انسان به آب باعث شده تا اکثر تمدن‌های بشری درکنار رودخانه‌ها شکل بگیرند. انسان با توسعه شهرنشینی و اجرای طرح‌های عمرانی برداشت بی‌رویه شن و جغل از بستر رودخانه‌ها، شهرک سازی در حریم و بستر رودخانه احداث سازه‌های تقاطعی و غیره اقدام به تعرض به رودخانه و برهم زدن رژیم متعادل و پایدار آن نموده است. اهمیت و بررسی رودخانه‌ها و کنترل سیلاب در دهه‌های اخیر بر همگان آشکار شده است. برداشت شن و ماسه از رودخانه‌ها و در نتیجه به هم ریختگی اکوسیستم رودخانه مشکلات بسیار زیادی به همراه داشته است که یکی از پیامدهای مهم این امر سیلاب‌های ویرانگر سال‌های اخیر بوده است. لذا بررسی روش‌هایی که بتواند به مدیریت رودخانه کمک کند و از وقوع سیلاب‌ها جلوگیری کند، ضروری به نظر می‌رسد. از طرفی، به دلیل محدودیت‌های مالی و بودجه‌های عمرانی رودخانه و کنترل سیلاب با استفاده از روش‌های سازه‌ای همیشه امکان پذیر نیست. لذا معرفی و استفاده از روش‌های غیر سازه‌ای می‌تواند گره گشای مشکلات امروز در زمینه رودخانه و سیلاب شود. پدیده سیل یکی از رویدادهای حدی هیدرو اقلیمی و از جدی ترین بلایای طبیعی است که جوامع بشری را مورد تهدید قرار می‌دهد. با این که قسمت اعظم کشورهای که در ردیف مناطق خشک و نیمه خشک قرار دارد، اما در طول سالیان متمادی این کشورها از سیل صدمات زیادی دیده است. سیلاب‌های سال‌های اخیر چنان وسعت و آهنگ شتابانی پیدا کرده است که به صورت یک معضل فراگیر اجتماعی - اقتصادی درآمده و برای ساماندهی آن نیازمند توجه به کنترل سیلاب می‌باشد. به این ترتیب پرداختن به مسأله‌ی سیل و بررسی علل بروز و افزایش آن و هم‌چنین ارایه راه کارهایی برای تخفیف و کاهش خطرات سیل از جمله مواردی است که همواره باید مورد توجه متخصصین قرار گیرد. فراوانی وقوع سیل در چند دهه اخیر باعث شده که اکثر مناطق کشور در معرض تهاجم سیلاب‌های ادواری و مخرب قرار گیرد و تلفات جانی و مالی سیل به نحوی چشم‌گیری افزایش یابد. در بحث‌های کارشناسی یکی از علل افزایش سیل کاهش نزولات جوی جامد و یا تغییر نزولات جامد به مایع در اثر تغییرات اقلیمی عنوان می‌شود اما افزایش جمعیت همراه با ضعف برنامه‌ریزی برای بهره‌برداری از زمین تخریب جنگل‌ها و مراتع توسعه سطوح غیر قابل نفوذ، سبب شده تا در حوضه‌های آبخیز، آب کمتری به زمین نفوذ کرده و سریع‌تر به طرف پایین دست جریان پیدا کند. در نتیجه سیل‌ها فراوان‌تر، شدیدتر و ناگهانی‌تر شده و مردم بیشتری از سیل‌های آسیب می‌بینند. گرچه وقوع سیلاب‌ها رابطه تنگاتنگی با بارندگی دارند اما از آن‌جا که در حال حاضر برای جلوگیری و یا کاهش بروز سیل نمی‌توان در عوامل و عناصر

جوی تغییری ایجاد نمود، لذا باید در جستجوی روش‌های بود که با مدیریت آن‌ها بتوان تا حدی شدت فراوانی سیل را کاهش داد.



شکل ۱: طبقه‌بندی بلایای طبیعی در سطح جهان

## تبیین مسأله

یکی از مهمترین بلایای طبیعی از دیدگاه<sup>۱</sup> (WHO) (رخداد واقعه‌ای که منجر به خسارت نابسامان، اقتصادی، مرگ و میر و کاهش سطح خدمات بهداشتی گردد به طوری که نیاز به درخواست کمک از منابع غیر محلی باشد) در جهان و از جمله در افغانستان چه از نظر خسارت مالی و چه جانی سیل (Flood) می‌باشد. بدون شک سیلاب به عنوان یک بلای طبیعی شناخته شده است. ولی در عمل سیلاب هم از نظر تلفات جانی و هم از نظر خسارات مالی مهیب ترین بلای طبیعی در جهان محسوب می‌شود. از سال ۱۹۸۸ تا ۱۹۹۷ حدود ۳۹۰۰۰۰ نفر در اثر بلایای طبیعی در جهان کشته شدند که ۵۸ درصد مربوط به سیلاب ۲۶ درصد در اثر زلزله و ۱۶ درصد در اثر طوفان و بلایای دیگر بوده است. خسارات کل در این ۱۰ سال حدود ۷۰۰ میلیارد دلار بوده است در این رابطه نکته نگران کننده روند افزایشی تلفات و خسارات سیلاب در جهان در دهه های اخیر بوده است. افزایش جمعیت و دارایی‌ها در سیلاب دشت‌ها، تغییرات هیدروسیستم‌ها و اثرات مخرب فعالیت‌های انسانی از دلایل عمده این روند افزایش بوده است. در این تحقیق سعی می‌شود که روش‌های غیرسازه‌ای مناسب و علمی برای کاهش خسارت جانی و مالی پیش‌نهاد شود.

<sup>۱</sup> Word Health Organization

## پرسش‌های تحقیق

پرسش اصلی: روش‌های غیرسازه‌ای برای کنترل سیلاب کدام‌ها اند؟

پرسش‌های فرعی

۱. سیلاب بیشترین خسارات جانی و مالی به وجود می‌آورد؟

۲. می‌شود با روش‌های غیرسازه‌ای سیلاب را کنترل کرد؟

۳. روش‌های غیر سازه‌ای قابلیت تطبیق را دارند؟

## اهداف تحقیق

۱. آشنایی با سیلاب و علل و قوع؛

۲. کنترل سیلاب به روش‌های غیر سازه‌ای؛

۳. معرفی روش‌های غیر سازه‌ای.

## اهمیت تحقیق

مناطق وسیعی از جهان اعم از کشورهای صنعتی یا در حال توسعه در معرض خطر سیلاب قرار دارند. علی‌رغم تمام تلاش‌هایی که در طول تاریخ به وسیله‌ی مردم یا دولت‌ها صورت گرفته است، هیچ کشوری صرف نظر از دارایی و پیشرفت تکنولوژی شان نتوانسته نواحی سیل‌گیر خود را کاملاً و برای همیشه از خطر سیل محفوظ بدارند. در تمام دنیا رودخانه‌ها تأمین‌کننده نیازهای اولیه زندگی و منبع درآمد هستند، نظیر سیستم‌های آب شرب، آبیاری، تولید انرژی، کشتی‌رانی، ماهی‌گیری و غیره بخصوص برای کسانی که در سواحل زندگی خود را بنا نهاده‌اند و دره‌هایی که از بقایای آب‌رفتی تشکیل شده‌اند غنی‌ترین اراضی از نظر کشاورزی و سایر الزامات زندگی و منابع توسعه‌ای کشورها می‌باشند. برای تضمین کامل در برابر خطر پذیری سیل نیاز به سرمایه‌گذاری بسیار زیاد و ایجاد سازه‌های پرهزینه و گران است که از عهده‌ی هر کشوری حتی کشورهای بسیار ثروتمند خارج است. به‌علاوه ایجاد چنین تمهیداتی ممکن است باعث از بین رفتن و حذف جاده‌ها خطوط ارتباطی و بسیاری از تأسیسات بشود که خود آن‌ها برای تشکیل مدنیت در طول رودخانه‌ها و در دشت‌های آب‌رفتی آن‌ها ایجاد شده‌اند. بنابراین سطوح ایجاد حفاظت در برابر سیل محدود است و در بسیاری از حالات، دوره‌ی برگشت سیل ۱۰ تا ۱۰۰ سال منظور می‌شود. پیش‌بینی سیل و همراه با آن اطلاع‌رسانی وقوع سیل ابزاری منطقی برای کاهش خطرات سیل نسبت به جان انسان‌ها در نقاط سیل‌گیر است. در واقع اهمیت در این تحقیق می‌توان به شناخت روش‌های غیرسازه‌ای برای کنترل سیلاب و نیز تکمیل روش‌های سازه‌ای به وسیله روش‌های غیرسازه‌ای اشاره نمود. بدیهی است که چنین اطلاعاتی می‌تواند در مدیریت کنترل سیلاب‌ها در کشوری مانند افغانستان موثر واقع شود.

## پیشینه‌ی تحقیق

پیشینه‌ی تحقیق کنترل سیلاب به روش‌های غیرسازه‌ای به مرور مطالعات و تجاربی می‌پردازد که در خصوص استفاده از این رویکردها برای مدیریت و کاهش خسارات ناشی از سیلاب آن‌جام شده است. در افغانستان در باره کنترل سیلاب به روش‌های غیرسازه‌ای کدام تحقیق مشخص آن‌جام نشده است و نیز در این باره منابع معتبر و مدون موجود نمی‌باشد و در باره تحقیقات آن‌جام شده بیرون از افغانستان می‌توان اشاره داشت. در این بخش، به مروری بر دستاوردهای مهم و پژوهش‌های مرتبط در این زمینه پرداخته می‌شود:

\* در گذشته، کنترل سیلاب عمدتاً به روش‌های سازه‌ای مانند سدها، دیوارهای سیل‌بند و کانال‌ها متمرکز بود. با این حال، از دهه‌های اخیر، توجه به روش‌های غیرسازه‌ای به دلیل هزینه‌های کمتر و سازگاری با محیط زیست افزایش یافت (Kundzewicz Z. W. 2002, 36).

نمونه‌هایی از تلاش‌های غیرسازه‌ای در کشورهایی مانند ژاپن و هلند، که تجربه زیادی در مدیریت سیلاب‌ها دارند، نشان می‌دهد که ترکیب این روش‌ها با سیاست‌های جامع‌نگر، می‌تواند اثربخشی بالایی داشته باشد.

\* یکی از مؤثرترین روش‌های غیرسازه‌ای، مدیریت و حفاظت از حوضه‌های آبریز است. این روش‌ها شامل جنگل‌کاری، حفاظت از پوشش گیاهی و کاهش فرسایش خاک می‌باشند که می‌توانند شدت سیلاب‌ها را کاهش دهند. مطالعه‌ای در رودخانه‌های بزرگ اروپا نشان داده است که احیای تالاب‌ها و استفاده از زمین‌های سیلابی به عنوان محوطه‌های جذب آب، می‌تواند خطر سیلاب را کاهش دهد (Radwan, A. 2022, 122).

\* در برخی مناطق، رویکردهای غیرسازه‌ای شامل تغییر کاربری زمین و استفاده از مناطق سیلابی برای فعالیت‌های کشاورزی یا فضای سبز بوده است. این مطالعات نشان داده‌اند که چنین روش‌هایی، انعطاف‌پذیری در مقابل تغییرات اقلیمی را افزایش می‌دهند (Gilvear, D.J. and Jeffries, R. 2012, 352).

تحقیقی در بنگلادش نشان داد که همکاری جوامع محلی و آموزش درباره خطرات سیلاب، می‌تواند نقش مهمی در کاهش آسیب‌ها داشته باشد (Radwan, A. 2022, 122).

\* توسعه‌ی سامانه‌های هشدار دهنده و استفاده از فناوری‌های پیش‌بینی، مانند سیستم‌های GIS و مدل‌سازی کامپیوتری، بخشی از رویکردهای غیرسازه‌ای محسوب می‌شوند. این سامانه‌ها به‌طور موثری به تصمیم‌گیری سریع‌تر و کاهش خسارات کمک می‌کنند.

در چین و هند، استفاده از داده‌های هواشناسی و هشدارهای زودهنگام منجر به کاهش چشمگیر مرگ و میر و خسارت ناشی از سیلاب شده است (Radwan, A. 2022, 122).

\* تجربیات در کشورهای مختلف نشان می‌دهد که آگاهی‌بخشی و آموزش مردم محلی درباره خطرات سیلاب و چگونگی واکنش به آن‌ها، یکی از ارکان اصلی کنترل سیلاب به روش‌های غیرسازه‌ای است. در مناطقی مانند فیلیپین و تایلند، برنامه‌های آگاهی‌بخشی و مشارکت جوامع محلی در برنامه‌های مدیریت سیلاب باعث کاهش ریسک‌ها و بهبود آمادگی افراد در مواجهه با بحرآن‌ها شده است. (Radwan, A. 2022, 122). بررسی مقایسه‌ای میان روش‌های سازه‌ای و غیرسازه‌ای در کشورهای مختلف نشان داده است که رویکردهای ترکیبی که شامل هر دو دسته می‌شوند، بهترین نتایج را در کاهش خسارات سیلاب به ارمغان می‌آورند. در مجموع، مطالعات انجام‌شده حاکی از آن است که استفاده از رویکردهای غیرسازه‌ای، به ویژه زمانی که با برنامه‌ریزی‌های دقیق و مشارکت فعال جامعه همراه باشد، می‌تواند به یک مدیریت مؤثر و پایدار سیلاب منجر شود.

### روش تحقیق

تحقیق حاضر به ارزیابی اثربخشی کنترل سیلاب به روش‌های غیرسازه‌ای پرداخته می‌شود. روش تحقیق در این مقاله متکی بر مطالعات انجام‌شده در باره سیلاب و مدیریت سیلاب خواهد بود. این امر با جمع‌آوری آمار و اطلاعات مورد نیاز و تحلیل روش‌های سازه‌ای و غیرسازه‌ای به روش کتابخانه‌ای می‌باشد. با در دست داشتن اطلاعات موجود می‌توان اثرات خسارات جانی و مالی را به روش‌های غیرسازه‌ای کاهش داد.

### نتایج و یافته‌ها

**سیل:** بالا آمدن نسبتاً زیاد آب در یک رودخانه به میزانی که از مواقع معمولی به طور وضوح بیشتر باشد و نیز فراگرفتن زمین‌های پست ناشی از بالا آمدن سطح آب را سیل گویند که به طغیان آب نیز معروف است (وفاخواه، ۱۳۹۷، ۳۳).

**آنالیز سیلاب:** تحلیل منطقه‌ای سیلاب در واقع ابزاری که به کمک آن می‌توان داده‌های موجود و محدود مناطقی خاص را به روش‌های مختلف برای تمام مناطق تعمیم داد. شناخت مناطق فاقد آماري که سيل گيرند، برای اجرای کارهای مدیریتی و احداث سازه‌های آبی از اهمیت فوق العاده‌ای برخوردار است که برای توسعه عمرانی مورد نیاز می‌باشند (حیدری، علی، و همکاران، ۱۳۸۴).

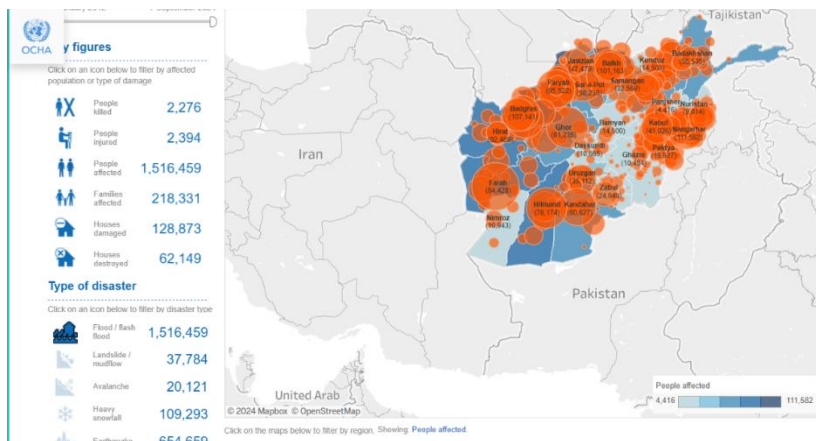
**تاریخچه‌ی سیل از نگاه آمار:** بر اساس آمار سازمان ملل متحد از ۱۹۶۷ تا ۱۹۹۱ سیل در جهان رخ داده است که ۵/۱۳ درصد از کل حوادث دنیا را شامل می‌شود. تعداد مجروحین بیش از ۲۶۶۰۰۰ نفر بوده و آسیب دیدگان بالغ بر ۱/۰۶ میلیارد نفر بود که از هر ۵ نفر یک نفر از سیل آسیب دیده است. چینی‌ها در ۲۰۰۰ سال گذشته بیش از ۱۰۰۰ بار سیل رودخانه یانگ تسه را تجربه کرده‌اند. در سیل سال ۱۸۸۷ میلادی در همین رودخانه بیش از ۲ میلیون نفر به کام مرگ فرو رفتند. سیل ۱۸۸۹ رودخانه پنسیلوانیا در آمریکا بیش از ۲۲۰۰ نفر تلفات داشته است. بر اساس آمار مرکز کنترل بیماری<sup>۲</sup> (CDC) آمریکا، سالانه حدود ۱۴۶ مرگ ناشی از سیل اتفاق می‌افتاد (Radwan, A2022, 155).

**سیل در افغانستان:** سیلاب‌ها در افغانستان تنها حوادث طبیعی نیستند، بل که پدیده‌هایی پیچیده‌ی هستند که تحت تاثیر عوامل طبیعی و انسانی قرار می‌گیرند. این سیلاب‌ها می‌توانند عواقب ویرانگری داشته باشند که بر جامعه‌ها از لحاظ جسمی، اقتصادی، اجتماعی و روانی تاثیر می‌گذارند. درک علل سیلاب‌ها در افغانستان برای افزایش آگاهی، آمادگی و مقاومت در برابر این بلایا بسیار مهم است. سیل‌ها اخیر در افغانستان بیش از ۳۰۰۰۰ نفر را در سراسر کشور تحت تاثیر قرار داده بود.

آمار به دست آمده از اوچا بین سال‌های ۲۰۱۲ الی ۲۰۲۴ در باره سیلاب‌های افغانستان قرار ذیل است.

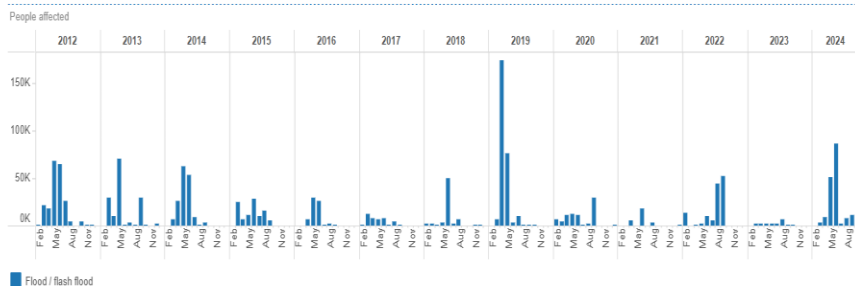
- \* تعداد کشته شده گان : ۲۲۷۶ نفر؛
- \* تعداد زخمیان ۲۳۹۴ ؛
- \* تعداد افرادی که تحت تاثیر سیل قرار گرفته اند ۱۵۱۶۴۵۹؛
- \* تعداد فامیل‌های که تحت تاثیرات سیل قرار گرفته اند ۲۱۸۳۳۱؛
- \* تعداد خانه‌های آسیب دیده ۱۲۸۸۷۳ ؛
- \* تعداد خانه‌های تخریب شده ۶۲۱۴۹ ؛

<sup>۲</sup> Centers for Disease Control and Prevention



شکل ۲. آمار مووسسه‌ی اوچا در باره‌ی سیلاب‌های افغانستان

#### Monthly trends (2012 to 2024)



■ Flood / flash flood

نظر به گراف فوق بیشتر سیلاب بین سال‌های ۲۰۱۲ الی ۲۰۲۴ در سال ۲۰۱۹ اتفاق افتاده است.

#### چرخه‌ی ایجاد سیل (The Flood life Cycle)

- ۱- مرحله غیر فعال: افزایش جمعیت و ساخت و سازهای بدون ضابطه در مناطق حاصل خیز
- ۲- مرحله نیمه فعال: مرحله قبل از وقوع سیل که مرحله هشدارها و اختطارها می‌باشد.
- ۳- مرحله حادثه: مرحله شروع سیل باعث بی‌پناه شدن تعداد بی‌شماری از افراد می‌شود.
- ۴- مرحله بهبودی: مرحله برگشت سیل

#### صدمات ناشی از سیل

- \* خطرات الکتریکی ناشی از سیل؛
- \* خطرات ناشی از گاز و مواد کیمیای؛

\* بیماری‌های قابل انتقال و ناقلان بیماری.

## علل وقوع سیل‌ها

- **عوامل طبیعی:** شدت، میزان و تداوم بارش، زمین شناسی و خاک، شیب و پوشش طبیعی.

## عوامل تشدید کننده

- \* تغییر کاربری کاهش تراکم جنگل‌ها و مراتع؛
- \* جانمایی نامناسب ابنیه مسکونی و راه‌های ارتباطی؛
- \* فقدان سیستم هشدار دهی و آموزش مقابله با سیل؛
- \* خشک‌سالی و افزایش دامنه سیل؛
- \* بروز جریان‌های کلی واریزه‌ای و حمل درختان؛
- \* استفاده خارج از ظرفیت طبیعی حوضه آبخیزی در اثر رشد جمعیت و مهاجرت؛
- \* عدم رعایت حریم و بستر رودخانه‌ها و مسیرها؛
- \* معیشت سنتی وابسته به جنگل و مرتع مثل حضور دام و تأمین سوخت؛
- \* مسدود بودن مقطع رودخانه‌ها؛
- \* مسدود شدن دهانه پل‌ها.

روند رو به افزایش سیل در سال‌های اخیر حاکی از آن است که اکثر مناطق در معرض تهاجم سیلاب‌های ادواری و مخرب قرار دارند و ابعاد خسارات و تلفات جانی و مالی سیل افزایش یافته است. چنانچه ابعاد و گستردگی پیامدهای وقوع سیل مستقیم و غیر مستقیم (از لحاظ اقتصادی مورد ارزیابی قرار گیرد آنگاه پرداختن به مسائلی چون سیل در اولویت قرار می‌گیرد، بنابراین برای پیش‌گیری و مهار سیلاب باید در درجه اول مناطقی که پتانسیل بالایی در تولید سیل دارند تعیین و سپس عوامل تولید و ایجاد سیل شناسایی شوند. در بروز و یا تشدید سیلاب عوامل متعددی دخالت دارند، این عوامل را می‌توان در حوزه آبخیز و رودخانه مورد بررسی قرارداد. به طور کلی دو دسته از عوامل اقلیمی و حوضه‌ای در ایجاد سیلاب‌ها نقش دارند. منشأ بسیاری از سیلاب‌ها به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک رگبارهای با شدت زیاد و تداوم نسبتاً کوتاه است، بنابراین، در بررسی رگبارها باید به تداوم شدت و توزیع زمانی و مکانی آن‌ها در بروز سیل توجه شود. از مهمترین عوامل حوضه‌ای می‌توان به کاربری اراضی، وضعیت زمین شناسی، پوشش گیاهی، مساحت شیب و شبکه زهکشی اشاره نمود. در مدیریت سیل برخی از این عوامل قابل کنترل هستند که در طرح‌های کنترل سیل بیشتر باید آن‌ها را مدنظر قرار داد (اسدی، ۱۳۹۹، ۱۰۵).

**عوامل مؤثر در بروز و یا تشدید سیلاب:** هر چند عوامل مؤثر بر سیل خیزی یا عواملی که به طور عام در بروز و یا تشدید سیلاب مورد بررسی قرار می‌گیرد، تفاوت دارد اما لازم است

ابتدا این عوامل کلی در حوزه‌ی آبخیز و رودخانه به طور جداگانه بررسی شود و سپس بر اساس اهداف و روش مورد نظر نسبت به شناسایی آن‌ها اقدام شود (Gray, D.M 1993, 149)

**عوامل مؤثر در بروز و یا تشدید سیلاب در حوزه‌ی آبخیز:** به طور کلی این عوامل را می‌توان به دو دسته عوامل اقلیمی و عوامل حوضه‌ای تقسیم نمود که هر یک به سهم خود تأثیر به‌سزایی در تشکیل سیلاب دارند.

**عوامل اقلیمی:** قطعاً اگر بارندگی اتفاق نیافتد، سیلی ایجاد نمی‌شود. پس ایجاد سیل در درجه‌ی اول به بارش وابسته است. از طرفی، هر بارشی منجر به ایجاد سیل نمی‌شود. بنابراین، منشأ بسیاری از سیلاب‌های عظیم، باران‌های است که به صورت رگبارهایی با شدت زیاد تداوم نسبتاً طولانی تکرارهای متوالی و یا در سطح وسیعی از حوضه رخ می‌دهند (حاجی قلیزاده، م. ۱۳۸۳، ۴۹).

**رگبارهای کوتاه مدت ولی با شدت زیاد:** رگبارهای کوتاه مدت ولی با شدت زیاد که به صورت موضعی بر سطح حوضه‌های کوچک به ویژه در نواحی شیبدار و کوهستانی میبارد در بسیاری از مواقع سبب طغیان‌های خیلی تند و سریع می‌شود که می‌تواند خسارات فراوانی را در پایین دست حوضه به وجود آورد (حاجی قلیزاده، م. ۱۳۸۳، ۵۰).

### توزیع زمانی و مکانی باران

توزیع زمانی و مکانی باران نقش بسیار مهمی در ایجاد سیلاب و شکل هیدروگراف دارد. به طور مثال؛ اگر در زمان بارش، حوضه از نظر رطوبت خاک اشباع و یا در حد اشباع باشد، میزان بارش مازاد به شدت افزایش می‌گردد و سیلاب به وجود می‌آید و یا اگر بارش در نزدیکی خروجی حوضه اتفاق افتد، امکان تشکیل سیلاب خیلی بیشتر از مواقعی است که در نقطه‌ای دورتر از آن اتفاق می‌افتد (حاجی قلیزاده، م. ۱۳۸۳، ۵۱).

### ذوب سریع برف در اثر افزایش ناگهانی درجه حرارت

به ویژه اگر همراه با وقوع بارش باشد، منجر به ایجاد سیلاب می‌شود. این گونه سیلاب‌ها در مناطقی که دارای رژیم بارندگی از نوع برفی بارانی باشند، اتفاق می‌افتد و معمولاً سیلاب‌های بزرگی ایجاد می‌کنند (حیدری، علی، و همکاران. ۱۳۸۴، ۶۸).

**عوامل حوضه‌ای:** حوزه‌های آبخیز به عنوان خاستگاه و منشأ اصلی سیلاب‌ها باید مورد شناسایی قرار گیرند و نقش خصوصیات فیزیوگرافی و تغییر و تحولاتی که به مرور زمان و یا با توجه به برنامه‌های بهره‌برداری از اراضی و توسعه و گسترش سایر فعالیت‌ها در سطح حوضه به وقوع می‌پیوندد، درکم و کیف سیلاب‌ها پیشاپیش مورد ارزیابی قرار گیرد (امی، برگسما، ۱۴۰۰).

برخی از این عوامل

**اندازه‌ی حوضه:** در رابطه با مساحت حوضه ارتباط آن با مقدار روان‌آب تولید شده تحقیقات زیادی آن‌جام شده است. پاره‌ای از تحقیقات فزونی مساحت را به افزایش حجم روان‌آب و بعضی دیگر افزایش مساحت را به فزونی دبی ارتباط داده اند. اگرچه آبخیزهای بزرگ در مقایسه با آبخیزهای کوچک روان‌آب بیشتری تولید می‌کنند، اما مقدار روان‌آب از واحد سطح حوضه آبخیز به ازای افزایش مساحت آن کاهش می‌یابد، زیرا در سطوح گسترده شدت بارش یک‌نواخت و متغیر است. هر چه حوضه بزرگ‌تر باشد، میزان نزولات آسمانی بیشتری دریافت می‌کند، ولی معمولاً دبی اوج حوضه‌های بزرگ‌تر به طور نسبی از حوضه‌های کوچک‌تر کمتر است. به عبارتی دبی سیل در واحد سطح حوضه‌های کوچک‌تر، بزرگ‌تر است (امی، برگسما، ۱۴۰۰).

**شکل حوضه:** شکل حوضه اساساً بر جریان سیل تأثیر دارد، به‌طوری‌که هر چقدر شکل حوضه کشیده‌تر و طولی‌تر باشد اوج سیل کوچک‌تری دارد. حوضه‌های گرد با زمان تمرکز کوتاه نسبت به حوضه‌های هم سطح اما کشیده دبی اوج بزرگتری دارند، زیرا به‌هنگام وقوع یک رگبار، قطرات بارش اضافی زمان کمتری را برای رسیدن به خروجی حوضه صرف می‌کنند (امی، برگسما، ۱۴۰۰).

**شیب حوضه:** شیب حوضه آبخیز اثری محسوس و قابل توجه در جریان سطحی آن دارد. تأثیر شیب روی مقدار روان‌آب ناشی از اثر آن بر عمق و ظرفیت نگهداری آب و خاک و همچنین فرصت نفوذ آب در آن و میزان نفوذ آب در خاک است. چنان‌چه مقدار شیب فزونی یابد، نقش عوامل افزایشنده نفوذ کاهش یافته و میزان رواناب زیاد می‌شود، زیرا تجمع آب درناهمواری‌های سطحی رابطه نزدیک با شیب آبخیز داشته و با افزایش آن تقلیل می‌یابد. در شرایط مساوی سرعت جریان در حوضه‌های با شیب تند نسبت به حوضه‌های با شیب ملایم سریع‌تر است. زیرا هر چه شیب بیشتر باشد، سرعت آب بیشتر شده و سریع‌تر به انتهای حوضه رسیده و زودتر تجمع پیدا کرده و در نتیجه دبی اوج هیدروگراف تیزتر می‌گردد (امی، برگسما، ۱۴۰۰).

**شیب آبراه‌ی اصلی:** شیب آبراه‌ی اصلی یکی از ویژگی‌های مهم حوضه آبخیز است که به لحاظ اهمیت خاص خود در مطالعات هیدرولوژی مدنظر قرار گرفته است. شیب آبراه‌ی عمدتاً از طریق تأثیر بر سرعت حرکت آب و تخلیه حوضه و در نتیجه مقدار تلفات آبراه‌ی در میزان آبراه‌ی حوضه مؤثر است با افزایش شیب آبراه‌ی سرعت حرکت آب بیشتر و در نتیجه نسبت زیادتری از آب ورودی در آن، از حوضه تخلیه می‌شود. رودخانه‌های پرشیب در مقایسه با انواع کم شیب از آبراه‌ی کمتری برخوردارند، ولی برعکس دبی اوج بالاتری دارند (امی، ۱۴۰۰، ۱۱۱).

**وضعیت زمین‌شناسی و خاک‌شناسی حوضه:** این عوامل مهم‌ترین نقش را در توزیع رواناب سطحی و زیر سطحی ایفا می‌کنند. به‌طوری‌که سیمای عمومی حوضه از جمله چگونگی

فرسایش پذیری تراکم و الگوی زهکشی و در نتیجه تولید رواناب سطحی همگی متأثر از وضعیت زمین شناسی حوضه است. ویژگی‌های سنگ‌شناسی و خاک‌شناسی در میزان نفوذ پذیری آب در درون زمین و یا آبدوی مستقیم و در نتیجه تعادل جریان رودخانه و یا سیل خیزی حوضه تأثیر بسزایی دارند چگونگی تخلیه آب زیر قشری و آب‌های زیرزمینی کم عمق به رودخانه که متأثر از ویژگی‌های زمین‌شناسی است بر روی جریان پایه و در نتیجه دبی سیلاب اثر می‌گذارد (اسدی، ۱۳۹۹، ۱۱۲)

**پوشش گیاهی:** وجود پوشش گیاهی در سطح حوضه به دلیل اثراتی که در اجزاء سیکل هیدرولوژی در مقیاس حوضه دارد، از عوامل کاهش دهنده سیل خیزی یک حوضه است. به عقیده بسیاری از متخصصین، آب‌خیزداری حفاظت خاک و جنگل و مرتع در اراضی جنگلی سیلاب کمتر تولید می‌شود و یا اصلاً رخ نمی‌دهد. می‌توان گفت رونمایی سیل در حوضه‌ها آب‌خیز دارای پوشش گیاهی بیشتر در پارامترهای ضریب زیری و نفوذ نقش خود را نمایان می‌سازد (اسدی، ۱۳۹۹، ۸۸)

**کاربری اراضی:** کاربری اراضی روی جریان رودخانه و وقوع سیلاب به روش‌های مختلفی تأثیر می‌گذارد. مثلاً از بین بردن پوشش گیاهی و یا تغییر در نوع و نحوه کشت و کار گیاهانی که تلفات برگ آبی زیادی ندارند، سبب افزایش حجم جریان و فزونی بده سیلاب می‌گردد. هر گونه عملیاتی در حوضه که سبب کاهش ذخیره رطوبت خاک و یا کاهش نفوذپذیری گردد، موجب افزایش سیلاب می‌گردد. چرای مفرط دام سبب فشرده‌گی خاک و از بین رفتن پوشش گیاهی می‌گردد و از سوی دیگر، احداث مخازن تا خیری و تبدیلی موجب کاهش بده سیلابی می‌شود. تعیین مناطق مولد سیل و اولویت بندی زیر حوضه‌ها از نظر سیل خیزی در مدیریت حوضه‌ها آب‌خیز بزرگ نقش مهمی دارد، به دلیل وسعت زیاد حوزه‌های آب‌خیز و محدودیت‌های اقتصادی و اجرایی احیاء آب‌خیزها از دیدگاه کنترل سیل در یک پروژه واحد نه تنها عملی نیست بل که ممکن است اثرات معکوس داشته باشد. انتخاب اولویت مناطق برای اجرای پروژه‌های کنترل سیل یک تصمیم‌گیری مدیریتی است که باید به وسیله مطالعه شرایط فیزیکی، اجتماعی و اقتصادی منطقه و برآورد تأثیرات حاصل از آن‌جا برنامه‌ها تأیید گردد (اسدی، ۱۳۹۹، ۱۰).

**کنترل سیلاب به روش‌های غیر سازه‌ای:** با وجودی که بشر در طول تاریخ با سیلاب‌ها زندگی کرده است، هیچ‌گاه اثرات مخرب سیلاب‌ها در گذشته مانند امروز نبوده است. زیرا افراد بسیار کمتری در سیلاب دشت‌ها زندگی می‌کردند و فعالیت‌های انسانی در گذشته این چنین موجب افزایش پتانسیل سیلاب نمی‌گردید. امروزه مشخص شده است، که مهار همه سیلاب‌ها امکان‌پذیر نیست، تنها می‌توان با مدیریت آن‌ها خسارت را حداقل نمود. بر اساس تجارب جهانی، مهار همه

سیلاب‌ها امکان پذیر نیست. روش‌های مختلفی برای مدیریت جلوگیری از خسارات سیلاب به کار گرفته می‌شوند. این روش‌ها را می‌توان در چهار دسته زیر طبقه بندی نمود (صابر، صدقی، ۱۳۶۳).

- \* تلاش در جهت کاهش سیلاب؛
  - \* تلاش در جهت کاهش آسیب پذیری در مقابل سیلاب؛
  - \* تلاش در جهت کاهش خسارات؛
  - \* ایجاد آمادگی برای تحمل خسارات.
- اولین دسته بر مبنای حفاظت فیزیکی به وسیله سازه‌ها می‌باشد و روش‌های سازه‌ای نامیده می‌شود. سه دسته دیگر در گروه روش‌های غیر سازه‌ای طبقه بندی می‌شوند.
- به عبارت دیگر روش‌های سازه‌ای
- \* قبل از وقوع سیلاب اعمال می‌شوند؛
  - \* ماهیت عمدتاً سازه‌ای دارند؛
  - \* به منظور دورکردن سیلاب از مردم به کار گرفته می‌شوند.

جدول ۱. رهیافت‌های غیرسازه‌ای مقابله با مهار سیلاب در گروه برنامه ریزی

| هدف                   | زمان              | ماهیت       | روش                        | تجهیزات لازم |
|-----------------------|-------------------|-------------|----------------------------|--------------|
| دورکردن مردم از سیلاب | هنگام وقوع سیلاب  | غیر سازه‌ای | پیش بینی سیلاب             | تجهیزات لازم |
| دورکردن مردم از سیلاب | هنگام وقوع سیلاب  | غیر سازه‌ای | پیش بینی سیلاب های دریایی  |              |
| دورکردن مردم از سیلاب | قبل از وقوع سیلاب | غیر سازه‌ای | کنترل گسترش سیلاب دشت      |              |
| دورکردن مردم از سیلاب | قبل از وقوع سیلاب | غیر سازه‌ای | بیمه سیلاب                 |              |
| دورکردن مردم از سیلاب | قبل از وقوع سیلاب | غیر سازه‌ای | مقاوم سازی در مقابل سیلاب  |              |
| دورکردن مردم از سیلاب | قبل از وقوع سیلاب | غیر سازه‌ای | آموزش عمومی                |              |
| دورکردن مردم از سیلاب | قبل از وقوع سیلاب | غیر سازه‌ای | مدیریت حوضه آبخیز          |              |
| دورکردن مردم از سیلاب | قبل از وقوع سیلاب | غیر سازه‌ای | تصمیم گیری                 |              |
| دورکردن مردم از سیلاب | قبل از وقوع سیلاب | غیر سازه‌ای | مدیریت سیلاب فصلی در مخازن |              |

کلیه روش‌های کاهش مشکلات سیلاب که در برگیرنده توام سه مشخصه فوق نباشند، روش‌های غیرسازه‌ای مدیریت سیلاب می‌باشند. برای مثال مقابله به هنگام با سیلاب، دارای ماهیت سازه‌ای است و به منظور دورکردن سیلاب از مردم صورت می‌گیرد ولی در هنگام سیلاب آن‌جام می‌شود یا مدیریت حوضه آبخیز قبل از وقوع سیل و به منظور دورکردن سیلاب از مردم صورت می‌گیرد، ولی ماهیت آن عمدتاً غیرسازه‌ای است. روش‌های دیگر مانند هشدار سیلاب و تخلیه ساکنین به هنگام سیلاب و به منظور دورکردن مردم از سیلاب آن‌جام می‌شوند، و دارای ماهیت غیر سازه‌ای

می‌باشند. با وجودی که برخی روش‌های غیر سازه‌ای مدیریت سیلاب مانند پیش بینی سیلاب، مقاوم سازی سیل بندها در جریان سیلاب، پهنه بندی و مقاوم سازی در مناطق مسکونی و اراضی کشاورزی از ۲۰۰۰ سال پیش در برخی کشورهای جنوب شرقی آسیا مانند چین، ویتنام و بنگلادش به کار گرفته شده است در اواخر دهه ۱۹۸۰ روش‌های غیر سازه‌ای در بسیاری از کشورها یا ناشناخته بودند و یا مورد توجه قرار نمی‌گرفتند. از آن زمان بسیاری از کشورهایی که تصور داشتند موفق به مهار سیلاب شده اند، مجدداً خسارت‌های عمده‌ای را در اثر سیلاب‌ها متحمل شدند. در بسیار از این کشورها این تصور وجود داشت که روش‌های غیر سازه‌ای برای کشورهای فقیر مناسب است و با احداث سدها سیل بندها و کانال‌های سیل بر، می‌توان به طور کامل سیلاب‌ها را کنترل نمود و از آب گرفتگی جلوگیری کرد. تجربیات جهانی نشان داده است که این راهبرد غیر عقلانی و جاهلانه می‌باشد. اکنون در بسیاری از کشورهای ثروتمند غربی کارشناسان سیلاب اعتقاد دارند که ترکیب روش‌های سازه‌ای و غیر سازه‌ای راه حل بهینه برای حداقل نمودن خسارات سیلاب است، در عین حال ترکیب روش‌های سازه‌ای و غیر سازه‌ای کم هزینه تر از روش‌های سازه‌ای به تنهایی می‌باشد. به هر حال همیشه روش‌های غیر سازه‌ای باید توأم در طراحی‌های سازه‌ای مورد توجه قرار گیرند. زیرا استفاده از آن‌ها موجب افزایش در اثر بخشی می‌شود. در شرایط حاکم بر بعضی از حوضه‌های رودخانه‌ها ممکن است روش‌های غیر سازه‌ای از روش‌های سازه‌ای مهار سیلاب کم هزینه تر باشند (ملکی، ۱۳۹۴، ۸۹).

## جدول ۲. رهیافت‌های غیر سازه‌ای مقابله با مهار سیلاب در گروه واکنشی

| روش                           | ماهیت       | زمان             | هدف                    |
|-------------------------------|-------------|------------------|------------------------|
| برنامه ریزی جهت مقابله با سیل | غیر سازه‌ای | قبل وقوع سیلاب   | دور کردن مردم از سیلاب |
| مقابله با سیل                 | سازه‌ای     | هنگام وقوع سیلاب | دور کردن مردم از سیلاب |
| هشدار سیل                     | غیر سازه‌ای | هنگام وقوع سیلاب | دور کردن مردم از سیلاب |
| تخلیه                         | غیر سازه‌ای | هنگام وقوع سیلاب | دور کردن مردم از سیلاب |
| مدیریت مخزن                   | غیر سازه‌ای | هنگام وقوع سیلاب | دور کردن مردم از سیلاب |
| کمک‌های اضطراری               | غیر سازه‌ای | هنگام وقوع سیلاب | دور کردن مردم از سیلاب |

به طور بسیار خلاصه دلایل الزامی بودن تکمیل روش‌های سازه‌ای به وسیله‌ی روش‌های غیر سازه‌ای به شرح ذیل می‌باشند:

- \* عدم قطعیت‌های هیدرولیکی، هیدرولوژیکی، ژئوتکنیکی و همچنین کاستی‌های اجرا مانع از آن میشوند که اطمینان کامل از عمل کرد سازه‌ها وجود داشته باشد.
- \* در دهه‌های اخیر فعالیت‌های انسانی تغییرات شدیدی در هیدرو سیستم‌ها ایجاد نموده و روند کند تغییرات طبیعی را بسیار افزایش داده است. از جمله این تغییرات می‌توان به تغییر اقلیم، تغییرات

ناشی از احداث سازه‌های هیدرولیکی، تغییرات ناشی از کاربری اراضی تغییرات مورفولوژی تغییرات زیست محیطی و اثرات اندرکنشی اشاره نمود.

\* در حین احداث سازه‌ها اعمال روش‌های غیرسازه‌ای تنها گزینه ممکن است. این دوره در طرح‌های بسیار بزرگ می‌تواند طولانی باشد و از نظر اقتصادی کاهش خسارات در سال‌های اول بسیار با اهمیت تر از سال‌های بعدی است.

\* روش‌های غیرسازه‌ای بهتر می‌توانند با پیشرفت تکنولوژی تطبیق کنند و این مسئله می‌تواند ارزیابی برای مقابله با آثار زیان بار تغییرات هیدروسیستم‌ها و استفاده از منافع آن‌ها باشد.

\* در بسیاری از موارد به علت محدودیت منابع مالی امکان اعمال محافظه کاری در پروژه‌های مدیریت سیلاب وجود ندارد. به علاوه در مواردی که محدودیت منابع مالی وجود ندارد نیز انتخاب دوره‌های بازگشت طولانی توجیه اقتصادی ندارد.

\* هزینه‌های روش‌های غیر سازه‌ای عموماً کمتر از روش‌های سازه‌ای بوده و به علاوه این هزینه در زمان پخش می‌شود.

\* افزایش دوره بازگشت سیلاب طراحی و افزایش ابعاد سازه‌ها در طولانی مدت می‌تواند خطرات ناشی از سیلاب را بیشتر کند، زیرا تخریب سازه‌های بزرگ عواقب بسیار فاجعه‌بارتری از زمانی که اصلاً سازه‌ای احداث نشده باشد، به دنبال دارد.

\* در موارد زیادی محدود کردن مسیر رودخانه عواقب زیست محیطی نامطلوبی به دنبال داشته است. در این راستا حداقل کردن ابعاد سازه‌ها به وسیله تلفیق روش‌های سازه‌ای و غیر سازه‌ای مطلوب است.

\* در بسیاری موارد روش‌های غیر سازه‌ای تنها گزینه ممکن می‌باشند مانند هشدار و تخلیه مردم در موج‌های عظیم ناشی از سونامی در سواحل اقیانوس‌ها و یا طوفان‌های دریایی و یا شکست سدها اکنون در بسیاری از کشورها برقراری سیستم اضطراری در پایین دست سدها الزامی است.

\* در موارد زیادی به علت هزینه کم، روش‌های غیر سازه‌ای را می‌توان به تنهایی اعمال نمود.

\* روش‌های غیر سازه‌ای موجب ایجاد شناخت بهتر از هیدروسیستم و تغییرات آن می‌شوند و در نتیجه این تغییرات را می‌توان بهتر هدایت کرد و با آن تطبیق نمود.

\* در بسیاری از رودخانه‌ها احداث سیل بندها و سیل برها می‌تواند موجب وخیم‌تر شدن مشکلات سیلاب در پایین دست گردد (خادمی، السادات، فایزه، اکبری، محمود. ۱۳۹۳، ۲۲۵).

**مقابله با سیلاب:** اقدامات صورت گرفته برای جلوگیری از وارد آمدن خسارات و شکست سازه‌های کنترل سیلاب در جریان سیلاب و هم‌چنین انحراف سیل از نواحی حساس مقابله با سیلاب نامیده می‌شود. مقابله با سیلاب اقدامی اضطراری است که به منظور کاهش اثرات مخرب

سیلاب بر جامعه و محیط به کار گرفته می‌شود به خصوص زمانی که مشخص شود سازه‌های کنترل سیلاب مؤثر نبوده و یا تخریب شده اند. اقدامات و ابزار مقابله با سیلاب متعدد بوده و همیشه لازم است که با شرایط محلی انطباق داشته باشند (اسدی، ۱۳۹۹، ۱۱۷) بعضی از این اقدامات عبارتند از:

- \* بهره برداری اضطراری و حفاظت سازه‌های کنترل سیلاب، قبل و در جریان؛
  - \* دفاع فعال، تقویت و ترمیم سازه‌های کنترل سیلاب در حین جریان سیل؛
  - \* احداث سازه‌های اضطراری (با توجه به طرح هایی که از قبل یا در حین جریان سیل تهیه می‌شوند)؛
  - \* تمهیدات اضطراری کاهش سیلاب با ایجاد ذخیره آن در اراضی حفاظت شده یا نشده؛
  - \* دفع اشیاء بازدارنده جریان سیل از قبیل تنه درختان با اشیاء شناور و غیره؛
  - \* تسریع در حرکت اشیاء شناور و تخلیه آن از روی سرریزها و بندها؛
  - \* انحراف سیلاب از اراضی حساس و مهم به مناطق کم اهمیت تر.
- مقابله با سیلاب یکی از عناصر مهم تمهیدات غیر سازه‌ای کاهش خطرات سیل است و باید به عنوان جزء لاینفک طرح‌ها و پروژه های حفاظتی مورد توجه قرار گیرد. انجام این مهم مستلزم برنامه‌ریزی و دانش حرفه‌ای و حمایت کامل مناطق در معرض خطر و بالاترین مقام های اداری و قانونی مربوطه می‌باشد. در تمهیدات مقابله با سیل مهم‌ترین وجه آمادگی همه جانبه در نیروی انسانی در دست بودن ابزارهای فنی و منابع پشتیبانی مقامات مسوول مربوطه و مشارکت‌های مردمی است (حاجی قلیزاده، م. ۱۳۸۳)

## نتیجه‌گیری

با توجه به مطالعات انجام شده، سیل به عنوان یکی از مخرب‌ترین بلایای طبیعی، بیشترین تلفات و خسارت‌ها را به دنبال داشته است. از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۲، بیش از ۴۷۰۰ مورد سیل در ۱۶۸ کشور ثبت شده که بر زندگی بیش از ۳/۲ میلیارد نفر تأثیر گذاشته و موجب مرگ بیش از ۲۱۸ هزار نفر و خسارت اقتصادی به میزان بیش از ۱/۳ تریلیون دلار شده است. این امر نشان‌دهنده اهمیت توجه به روش‌های مقابله با سیلاب‌ها است. بر اساس اطلاعات موسسه اوچا، سیلاب یکی از آسیب‌پذیرترین حوادث طبیعی در جهان به شمار می‌رود و در سال‌های اخیر بیشتر تلفات و خسارات بین بلایای طبیعی در کشورهای مختلف به سیلاب‌ها مربوط بوده است. افزایش جمعیت و دارایی‌ها در دشت‌های سیلابی، تغییرات در سیستم‌های هیدرولوژیکی و اثرات منفی فعالیت‌های انسانی از جمله دلایل عمده افزایش وقوع سیلاب‌ها و شدت آن‌ها در سال‌های اخیر بوده است. براساس تجربیات جهانی و آمارهای موجود، مهار تمام سیلاب‌ها امکان‌پذیر نبوده و بهترین راهکار، ترکیب روش‌های سازه‌ای و غیرسازه‌ای است که می‌تواند خسارات سیلاب‌ها را به حداقل برساند. علاوه بر این، تغییرات آب و هوایی، تخریب منابع طبیعی هم‌چون جنگل‌ها و مراتع، و ساخت‌وسازهای نایمن در مناطق مستعد سیل از دیگر عوامل تشدیدکننده بحران سیلاب‌ها بوده است. در این راستا، افزایش آگاهی عمومی درباره خطرات سیلاب و آرایه آموزش‌های لازم در مورد نحوه مقابله با این بحرآن‌ها از جمله اقدامات اساسی است که می‌تواند به کاهش تلفات جانی و مالی کمک کند. به طور کلی، مناطق و مردمی که در معرض خطرات سیلاب قرار دارند، باید به طور کامل از تهدیدات موجود و راه‌های مقابله با آن‌ها آگاه شوند تا بتوانند با آمادگی و آگاهی بیشتری از بحرآن‌ها عبور کنند.

## منابع

- اسدی، امید، تیموری، مهدی، رحمتی، امید. (۱۳۹۹). مدیریت رودخانه و کنترل سیلاب با استفاده از روش‌های غیر سازه ای. چاپ اول، انتشارات نوروزی، تهران: ایران
- امی، برگسما. (۱۴۰۰). کنترل و مدیریت سیلاب: مفاهیم، روش‌ها و تجربیات تهران: انتخاب، چاپ اول.
- حاجی قلیزاده، م. (۱۳۸۳). بررسی نقش داخل انسانی بر رفتار سیل در بخشی از رودخانه کن تهران، پایان نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشگاه تربیت مدرس.
- حیدری، علی، و همکاران. (۱۳۸۴). گروه کار رهیافت‌های فراگیر مدیریت سیلاب، پیش بینی و هشدار سیلاب، چاپ اول، کمیته آبیاری و زهکشی ایران
- خادمی، السادات، فایزه، اکبری، محمود. (۱۳۹۳). روش‌های کنترل سیلاب، اقدامات سازه ای، دومین کنفرانس ملی مدیریت و مهندسی سیلاب با رویکرد سیلاب‌های شهری، تهران: صابر، صدقی. (۱۳۶۳). اصول مهندسی هیدرولوژی. چاپ اول، جلد دوم، انتشارت نیرو، تهران: ایران.
- ملکی، احد، یعقوب، رفیعی، و محسن، رفیعی. (۱۳۹۴). روش‌های غیرسازه ای در کنترل سیلاب. کنفرانس بین المللی علوم، مهندسی و فناوری‌های محیط زیست، دانشگاه تهران، دانشکده محیط زیست.
- وفاخواه، مهدی، مقدم نیا، علی رضا. (۱۳۹۷). کنترل سیلاب، تهران: دانشگاه تربیت مدرس، چاپ دوم.
- Gray, D.M. (1993). Handbook on the principles of Hydrology Port Washington. N., Y., water information, Inc
- Radwan, A. (2022.) Flood Analysis and Mitigation for Area in Jordan. *Journal of Water Resources and Management*, 125(3), 199-198
- Kundzewicz Z. W. (2002) Non-structural flood protection and sustainability. *Water International*, 27, 3-13.
- Gilvear, D.J. and Jeffries, R. (2012). Fluvial Processes and River Management. In J. Holden and A. McDonald (Eds), *Foundations in Physical Geography*, Addison Wesley Longman, pp. 336-366.
- Kundzewicz Z. W., Takeuchi K. (1999) Flood protection and management: Quo vadimus?. *Hydrol. Sci. J.*, 44, 417-432.
- OCHA Afghanistan: Overview of Natural Disasters (as of 1 October 2024) Natural disaster events from 10 January 2024 to 7 September 2024.

