

## مدیریت سیلاب

عصمت شاهمرادی و حسین شریفان

به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشگاه شیراز و استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

shahmoradi\_ab88@yahoo.com ، Sharifan47@gmail.com

### کلیات

سیل، جریان آب بیش از حد طبیعی است. چنین حالتی در صورتی که جان انسان‌ها و زندگی بشر را به خطر بیندازد بلا به شمار می‌رود. از نظر هیدرولوژیست‌ها اندازه‌ی سیل به بهترین نحو با حداکثر جریان تشریح می‌شود (UN.1996). زلزله و سیل به عنوان مهمترین بلایای طبیعی در کشور ما مطرح هستند و آنچه که از این بلایا فاجعه می‌سازد عدم آگاهی برای مقابله با عواقب آن و پیشگیری از تأثیر سوء وقایع طبیعی بر ارکان تندرستی، اقتصادی و محیطی است.

از جمله عوامل وقوع سیل می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

الف) ریزش سریع نزولات آسمانی و عدم گنجایش محل نزول

ب) عدم نفوذپذیری زمین محل و ذوب سریع برف‌ها

پ) عدم گنجایش و عدم طراحی صحیح مسیر رودخانه

ت) عدم استفاده از سیل‌بند و دیوارهای محافظ در مناطق سیل‌خیز

ث) عدم گنجایش صخره‌ها و جوی‌ها جهت عبور آب در مناطق شهری و مسدود شدن رودخانه به علت ریزش کوه

ج) عدم لایروبی رودخانه و تجمع رسوبات سنگین و غیرطبیعی پشت سدها

چ) خرابی سیل‌بندها، سدها و مخازن آب.

از جمله مهم‌ترین خسارات ناشی از وقوع سیلاب می‌توان به تخریب پل‌ها، تخریب جاده‌ها، تخریب زمین‌های کشاورزی، تخریب چاه‌ها و قنات‌ها و تخریب بندها و سدها، تخریب منازل مسکونی ازدیاد ناقلین (مالاریا)، آلودگی آب، از بین رفتن محصولات و حیوانات اهلی (سوء تغذیه) آسیب به مکان‌های بهداشتی و ارتباطی اشاره نمود. همچنین زیان‌های ناشی از سیل مربوط به پوشیده شدن زمین از آب و نیز فشار خود آب است. سیل ممکن است لوله‌های آب یا فاضلاب را جابه‌جا کند.

برای مقابله با خطرات ناشی از سیل اقداماتی لازم است صورت گیرد که در زیر به بعضی از آن‌ها اشاره می‌گردد:

الف) اصلاح بستر رودخانه‌ها (عریض کردن بستر رودخانه، عمیق کردن در اثر لایروبی، عریان کردن رودخانه از نباتات، تسطیح رودخانه‌ها، تصحیح مسیر برای کم کردن طول رودخانه)

ب) ایجاد سیل برگردان (ایجاد دیواره‌ها در کنار رودخانه‌ها، کندن کانال‌های عرضی و موانع در مسیر سیل، منحرف کردن آب‌های جمع شده به مناطق دیگر، ایجاد سیل شکن در دره‌ها برای جلوگیری از تجمع آب)

پ) ایجاد و ساخت سدها و آب بندها (از بهترین موارد است که در تولید برق و آبیاری نیز از آن استفاده می‌گردد)

ت) حفاظت از بستر رودخانه‌ها (در حوضه‌های مرتفع با استفاده از مصالح ساختمانی)

ث) حفاظت بیولوژیکی (کاشت درخت در کنار رودخانه‌ها و ایجاد پوشش گیاهی و جنگل‌ها برای کم کردن سرعت قطرات باران، ایجاد سرعت شکن‌های بتونی و سنگی در مسیر بستر رودخانه‌ها و مسیر سیلاب‌ها).

آمار و تحقیقات نشان می‌دهد، سالانه حدود ۱۹۶ میلیون نفر در بیش از ۹۰ کشور دنیا در معرض خطر وقوع سیل قرار دارند (UNDP.2004). همزمان با توسعه اقتصادی، افزایش جمعیت، تجمع و انباشت سرمایه‌ها و کاربری نادرست اراضی در دشت‌های سیلابی رودخانه‌های بزرگ، خسارات و ضایعات اقتصادی مرتبط با سیلاب‌ها در حال افزایش است. بخش وسیعی از جمعیت جهان، به طور مستقیم یا غیرمستقیم، از طریق منابع طبیعی حیاتی در سیلاب‌دشت‌ها و همچنین درآمد تولید شده در اثر استفاده از آن‌ها، امرارمعاش می‌کنند. در ایران همانند سایر مناطق سیل‌خیز دنیا شدت وقوع سیلاب‌ها و خسارت‌های ناشی از آن در دهه‌های اخیر به طور چشمگیری افزایش یافته است (سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، ۱۳۸۰: ۶-۷)، همچنین در پنج دهه گذشته روند افزایش سیل نشان می‌دهد که تعداد وقوع سیل در دهه ۸۰ نسبت به دهه ۴۰ کمابیش ۱۰ برابر شده است و به عبارتی ۹۰۰ درصد افزایش یافته است (عبدی، ۱۳۸۵: ۲۰۰).

همچنین برآورد سیل‌خیزی و تعیین خطر ناشی از سیل در نواحی تحت بررسی خسارات سیل در ایران نشان می‌دهد خسارات محسوس و مستقیم ناشی از سیل از ۱۲۰ میلیارد ریال در دهه ۴۰ به ۱۵۰۰ میلیارد ریال در دهه ۸۰ رشد داشته است (مهدوی، ۲۰۰۳). برآورد صحیح سیل و خطر ناشی از آن علاوه بر تعیین نقاط دارای

خطر بالاتر، امکان شناسایی نقاط ساماندهی و پایین آوردن نرخ رشد خسارات سیل را فراهم می‌آورد. لذا با توجه به موارد فوق، بحث تصمیم‌گیری درزمینه‌ی مدیریت سیلاب نیازمند در نظر گرفتن معیارهای مختلف اقتصادی، اجتماعی، زیست محیطی است.

## بررسی منابع

نتایج حاصل از پژوهش‌های محققان نشان می‌دهد، میزان و دفعات بروز سیلاب در هر منطقه، به عوامل بسیاری وابسته است. ویژگی‌های فیزیکی حوضه‌ی آبریز مانند: شکل، شیب، شبکه‌ی آبراه‌های و ناهمواری زمین، همراه با ویژگی‌های هیدرولوژیکی مانند: بارش ذخیره و تلفات برگابی و چالابی، تبخیر و تعرق و نفوذپذیری و اقدامات ناشی از فعالیت‌های بشری، در بروز و تشدید سیلاب یا کاهش و افزایش میزان خسارت‌های ناشی از آن دخالت دارند. شناخت این عوامل و دسته‌بندی آنها در هر منطقه‌ای، از اصول اولیه‌ی مهار سیلاب و کاهش خطرات آن است (رضوی، ۱۳۸۷: ۷۵). به این ترتیب در کنترل و مبارزه با سیلاب، شناخت عوامل مؤثر بر آن اهمیت بسیار زیادی دارد. به گفته‌ی دیگر، پیش از هرگونه برنامه‌ریزی برای کنترل سیل، باید رفتار فرآیندهای آن را شناخت (اسمیت، به نقل از قنواتی، ۱۳۸۲: ۱۷۴-۱۸۲).

طبق تحقیقات پژوهشگران عوامل مؤثر بر وقوع یا تشدید خطر سیل به این شکل می‌باشد:

عامل شیب: هرچه شیب عمومی سطح حوضه افزایش یابد، فرصت زمان لازم برای نفوذ آب به داخل خاک کاهش یافته و به عبارتی با افزایش شیب حوضه زمان تمرکز کاهش خواهد یافت (نجمایی، ۱۳۶۹: ۱۷).  
عامل شکل حوضه: شکل حوضه، ویژگی‌های هیدرولوژیک حوضه (برای مثال شکل هیدروگراف) را تحت تأثیر قرار می‌دهد. یک حوضه‌ی باریک طویل با داشتن نسبت انشعاب بالا، پیکی پایین اما ثابت را بوجود می‌آورد، در حالی که حوضه‌های گرد با نسبت انشعاب پایین، یک هیدروگراف تیز را بوجود خواهند آورد (۲۱: ۲۰۰۶, Garde).

عامل تراکم زهکشی: مقدار تراکم زهکشی، یک شاخص مهم در تعیین شدت سیلاب‌ها، میزان بار رسوبی، بیلان آب در کل حوضه و بطور کلی در چگونگی فعالیت فرایندهای رواناب‌های سطحی است (زاهدی، ۱۳۸۷: ۴۵).  
عامل ارتفاع رواناب: به دست آوردن ارتفاع رواناب ناشی از بارندگی با مقدار مشخص، در ارتباط با خطر وقوع سیلاب در حوضه‌های آبریز، از اهمیت بسیاری برخوردار است. در روش SCS (سازمان حفاظت خاک آمریکا) ارتفاع رواناب برای شرایط کلی از رابطه‌ی شماره‌ی (۱) به دست می‌آید (علیزاده، ۱۳۸۲: ۷۳۶).

$$Q_d = \frac{(P-0.2S)^2}{(P+0.8S)^2} \quad (1) \text{ رابطه‌ی (۱)}$$

که در آن؛  $Q_d$ : ارتفاع رواناب روی حوضه؛  $P$ : مقدار بارش (cm)؛  $S$ : حداکثر یا پتانسیل نگهداشت بارش روی سطح زمین (cm) می‌باشد که مقدار آن بستگی به شماره‌ی منحنی CN داشته و مقدار آن در سیستم متریک از رابطه‌ی شماره ی (۲) به دست می‌آید.

$$CN = \frac{2540}{25.4+S}(2)$$

شماره‌ی منحنی (CN)، نشان دهنده‌ی چگونگی نفوذ بارش یا چگونگی تبدیل به رواناب سطحی است. اگر شماره‌ی منحنی بالا باشد به معنای رواناب بیشتر و نفوذ کمتر است، در حالی که اگر شماره‌ی منحنی پایین باشد، به معنای رواناب کمتر و نفوذ بیشتر است (Zhan & Huang, ۲۰۰۴: ۱-۵).

عامل جنس سنگ: نوع سنگ و پوشش خاک، ظرفیت نفوذ را تحت تأثیر قرار می‌دهد. خاک یا سنگ قابل نفوذ، شرایط نفوذ آب به داخل زمین را فراهم می‌کند و تخلیه‌ی آن را به داخل آبراهه‌ی اصلی به تأخیر می‌اندازد؛ به همین جهت رواناب سطحی کاهش می‌یابد. حوضه‌هایی که سنگ بستر یا خاک به نسبت غیر قابل نفوذ داشته باشند، حجم بالایی از رواناب سطحی ایجاد می‌کنند (Garde, ۲۰۰۶: ۲۱).

عامل پوشش گیاهی: مطالعات پژوهشگران مختلف، نشان داده است که مقدار آب و بار رسوب، پیک های سیلاب و زمان وقوع آنها، و سرعت انتقال پیک جریان، به شدت توسط ماهیت و گسترش پوشش گیاهی تحت تأثیر قرار می‌گیرد (Garde, ۲۰۰۶: ۲۳).

تغییر در کاربری اراضی و پوشش زمین اثرات مستقیمی را بر فرآیندهای هیدرولوژیکی حوضه آبخیز دارد که منجر به تخریب و زوال در محیط‌های آبی و افزایش خطر سیل می‌گردد. همانطور که می‌دانیم توسعه شهری و افزایش ساخت‌وسازها موجب تغییر پوشش سطحی شهرها شده و سطوح غیرقابل نفوذ، پشت‌بام ساختمان‌ها، سطوح خیابان‌ها و امثال آنها در شهرها همانند مانعی در برابر نفوذ آب باران به داخل خاک عمل می‌کنند و سبب می‌شوند که بخش بیشتری از بارندگی به رواناب سطحی تبدیل شوند. این امر باعث افزایش روان آب در شهرها شده که خود عاملی بر تشدید سیلاب و آبرفتگی در شهرها می‌باشد. اثرات نامطلوب و خسارت‌های زیان‌بار سیلاب اغلب موجب بروز پیامدهای گسترده اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی شامل از دست دادن جان و دارایی افراد، مهاجرت دسته‌جمعی مردم و حیوانات، تخریب محیط‌زیست و کمبود مواد غذایی، انرژی، آب و سایر نیازهای اساسی، می‌شود.

تحقیقات بسیار گسترده‌ای در زمینه‌ی عوامل موثر بر افزایش خسارات سیلاب (نظیر کاربری اراضی، متوسط بارندگی سالانه، شیب متوسط حوضه، تراکم زهکشی، نوع خاک) مطرح گردیده است. با این وجود عدم در نظرگیری عوامل هیدرولیک جریان در مسیر آبراهه اصلی رودخانه‌ها سبب می‌شود تا تحلیل مناسبی از شرایط رودخانه در زمان وقوع سیل ارائه نگردد و فقط یک تحلیل قیاسی میان عوامل در نظر گرفته شده صورت گیرد.

اجرای یک مدل هیدرولیکی در بر دارنده هد سرعت و عمق جریان برای مسیر آبراهه اصلی رودخانه و با در نظر گرفتن اراضی حاشیه رودخانه (به ویژه در سیل‌های ناگهانی و رودخانه‌های با مشخصات ریختی جوان و بالغ) از آن جهت که تغییرات آسیب ساز سیل را از یک سو و مشخصات زیربنایی رودخانه را از سوی دیگر در نظر می‌گیرد، معیار مناسبی برای تحلیل جریان در اراضی تحت تأثیر سیل به نظر می‌رسد (جوان و همکاران، ۱۳۹۲).

## نتیجه‌گیری

وقوع سیل و خشکسالی در چند سال اخیر در سطح جهان و کشور ما اهمیت و نقش حیاتی آب را بیشتر از گذشته برای همگان روشن کرد، بطوریکه جامعه انسانی بخوبی دریافت با وجود پیشرفت‌های عظیمی که در زمینه تکنولوژی‌های مختلف عاید بشر شده ولی هنوز در مقابله با شرایط طبیعی همچون سیل و خشکسالی ناتوان بوده و نیاز به مطالعه و ارائه راهکارهای مناسب و کاربردی برای مقابله با اینگونه رخداد‌های طبیعی است. در ایران گرچه در بسیاری از نقاط بارندگی کم است اما در بیشتر مناطق ممکن است ۶۰ درصد بارندگی سالیانه در یک شبانه روز رخ دهد. همین عامل به همراه شیب‌های تند کوهستانی البرز و زاگرس - که شهرهای ما را در دامنه خود جای داده‌اند - باعث شده است که بروز سیل یکی از نگرانی‌های عمده - تقریباً در تمام فصول سال - باشد. سیل در ایران به دلیل ویژگی‌های زمین‌شناسی و تخریب‌های زیست محیطی بسیار آلوده بوده و گل و لای زیادی به همراه دارد. به همین دلیل نیز اغلب سیلاب‌ها در ایران، خسارات زیادی وارد می‌کنند. در نتیجه لازم و ضروری است پیش‌بینی سیلاب‌ها و راه‌کارهای مقابله با آن به صورت جدی در دستور کار دولت قرار گیرد. پیش‌بینی سیلاب به دو صورت تحلیلی و زمین‌شناسی انجام می‌شود که اغلب مکمل یکدیگرند. عواملی که برای پیش‌بینی تحلیلی سیلاب مورد توجه قرار می‌گیرند شامل موارد زیر است:

الف) بررسی توپوگرافی بخشی از حوضه آبریز که جریان آب را به منطقه مورد مطالعه تامین می‌کند.  
ب) تعیین نوع پوشش سطح زمین (سنگ، خاک، گیاهان)، جهت تخمین نسبت آب جاری شده به آب نفوذی و تبخیرشده.

پ) تعیین بزرگترین رگبار و بارندگی محتمل با توجه به داده‌های موجود.  
ت) توجه به فصل، زیرا شرایطی مثل اشباع بودن زمین از آب یا پوشیده بودن سطح آن از برف تاثیر مستقیمی بر جریان سطحی آب دارند.

ث) تعیین ظرفیت ذخیره بستر اصلی رود و دشت سیلابی اطراف آن، تغییرات احتمالی در ظرفیت ذخیره بخش‌های پائین رود در آینده نیز مورد توجه قرار گیرد.

یکپاز راه‌حل‌های بهینه جهت استفاده صحیح از سیلاب‌های شهری، پخش سیلاب یا تغذیه مصنوعی بالادست حوزه‌های شهری می‌باشد.

مدیریت سیلاب از اقدامات اساسی در برنامه‌ریزی منابع آب است که برای کمینه کردن خسارات بالقوه و رسیدن به توسعه پایدار جوامع به کار می‌رود. برای مدیریت سیلاب دودسته اقدام یا رویکرد شامل اقدامات سازه‌ای و غیرسازه‌ای وجود دارد. تجربه‌های بدست آمده از سیل‌های تاریخی نشان داده است که اقدامات سازه‌ای به تنهایی برای بازرسی و مدیریت سیلاب کافی نیست و باید روش‌های غیرسازه‌ای به عنوان مکمل روش‌های سازه‌ای، همزمان به کار گرفته شود (Lund, 2002, Ahmad and Simonovic 2011). از جمله روش‌های سازه‌ای می‌توان به گزینه‌های مخازن تأخیری و دیوار سیل‌بند و برای روش‌های غیرسازه‌ای می‌توان به گزینه‌های هشدار سیل، مقاوم‌سازی ساختمان‌ها و ایجاد پوشش گیاهی اشاره نمود. در عین حال این ترکیب روش‌های سازه‌ای و غیرسازه‌ای کم هزینه‌تر از روش‌های سازه‌ای به تنهایی می‌باشد. میلر و همکاران در سال ۲۰۰۲ با تلفیق مدل‌های هیدرولوژیک و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی، اثر تغییرات کاربری اراضی و پوشش گیاهی را بر عکس العمل هیدرولوژیک دو حوضه‌ی آبخیز ایالات متحده‌ی آمریکا مورد مطالعه قرار دادند و در نهایت تحقیقاتشان نشان داد که در حوضه‌ی آبخیز رودخانه‌ی San Pedro با مساحت ۳۱۵۰ کیلومترمربع به علت کاهش سطح جنگل‌ها و ازدیاد اراضی کشاورزی و مناطق شهری بین سال‌های ۱۹۷۳ تا ۱۹۹۷، رواناب متوسط سالانه افزایش یافته است (میلر و همکاران، ۲۰۰۲). استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور به منظور تخمین رواناب حوضه آبریز در سال‌های اخیر افزایش یافته است این امر به خاطر آن است که مدل‌های بارش رواناب هر دو تغییر ژئومورفولوژی و مکانی را شامل می‌شود.

## منابع

- ۱- جوان، پ. و محمدرضاپور طبری، م. و میرزایی، م. (۱۳۹۲). پهنه‌بندی خطر سیل گرفتگی توسط معادله انرژی جریان و سیستم اطلاعات جغرافیایی، مجله آب و فاضلاب، شماره ۳، ص ۱۰۱.
- ۲- رضوی، ا. (۱۳۸۷). اصول تعیین حریم منابع آب، چاپ اول، انتشارات دانشگاه صنعت آب و برق، تهران.
- ۳- زاهدی، م. و بیاتی خطیبی، م. (۱۳۸۷). هیدرولوژی، چاپ اول، انتشارات سمت، تهران.
- ۴- سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، دفتر امور فنی و تدوین معیارها. (۱۳۸۰). راهنمای مهار سیلاب رودخانه (روش‌های سازه‌ای)، نشریه‌ی شماره‌ی ۲۴۲.
- ۵- عبدی، پ. (۱۳۸۵). بررسی پتانسیل سیل خیزی حوضه‌ی زنگان رود با روش SCS و سیستم اطلاعات جغرافیایی، کمیته‌ی ملی آبیاری و زهکشی، کارگاه فنی همزیستی با سیلاب.

۶-علیزاده، ا. (۱۳۸۳). اصول هیدرولوژی کاربردی، چاپ هفدهم، موسسه‌ی چاپ و انتشارات آستان قدس رضوی، مشهد.

۷-قنواتی، ع. (۱۳۸۲). مدل ژئومورفولوژیکی سیلاب در حوضه‌ی گاماسیاب، تحقیقات جغرافیایی، شماره‌ی ۱۸، صص. ۱۷۴-۱۸۲.

۸-نجمایی، م. (۱۳۶۹). هیدرولوژی مهندسی، ج دوم، چاپ دوم، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران.

9- Ahmad, S.S. and Simonovic, S.B. (2011), "A three-dimensional fuzzy methodology for flood risk analysis", Journal of Flood Risk Management, DOI:10.1111/j.1753-318X. 2011. 01090.x

10-Garde, R. J., 2006, River Morphology, Published by New Age International (P) Ltd., publishers, New York.

11- Lund, J.R., (2002), "Floodplain planning with risk-Based optimization", Journal of Water Resources Planning and Management, ASCE, 128: 3(202).

12- Mahdavi, M. (2003). The flood effect to economic, social and environmental, Natural Resources Faculty Publisher, Tehran. (In Persian)

13-Miller S.N. Kepner W.G. and Mehaffey M.H. 2002. Integration Landscape Assessment and Hydrologic Modeling for Land Cover Change Analysis. Journal of the American Water Resources Association. 38(4):919-929.

14-UN, IDNDR Natural Disaster and Disaster Reduction, Contribution of the German Scientific Community, 1996.

15-United Nations Development Programme, A global report Reducing disaster risk A challenge for development,2004. Vol 267,p.p 2541-2553.

16-Zhan, X. & Huang, M. L., 2004, ArcCN-Runoff: an ArcGIS Tool for Generating Curve Number and Runoff Maps, Environmental Modelling & Software, Vol. 19, No. 10, PP. 875-879.