

## بررسی سیل استان خوزستان طی سال آبی ۱۳۹۷-۱۳۹۸ و ارائه راهکارهای کنترل و مدیریت آن در آینده

یوسف رجبی زاده<sup>۱</sup>، سید علی ایوب زاده<sup>۲\*</sup>، مهدی قمشی<sup>۳</sup>

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه سازه‌های آبی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

۲. استاد گروه سازه‌های آبی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

۳. استاد گروه سازه‌های آبی، دانشگاه شهید چمران، اهواز

(تاریخ دریافت ۱۳۹۸/۰۳/۳۱؛ تاریخ تصویب ۱۳۹۸/۰۹/۳۰)

### چکیده

با توجه به وقوع سیلاب ویرانگر استان خوزستان در سال جاری، بررسی و ریشه‌یابی جوانب مختلف آن اهمیت زیادی دارد. این سیل در پی بارندگی شدید، گسترده و هم‌زمان در حوضه‌ها به وجود آمد و طبق گزارش‌ها، حداقل از ده روز قبل از وقوع، قابل پیش‌بینی بود. سیل یادشده موجب آب‌گرفتگی وسیع شهرها، روستاها، راه‌ها، راه‌آهن و اراضی کشاورزی و خسارت زیادی به تمامی بخش‌ها شامل نفت و انرژی، حمل‌ونقل و بازرگانی و صنعت و کشاورزی شد. پس از بررسی جوانب مختلف سیل استان خوزستان در سال جاری، مشخص شد که مشکل اصلی در تشدید آن، عدم اعتماد و اطمینان دست‌اندرکاران مدیریت سیل به پیش‌بینی‌ها و نتایج شبیه‌سازی‌های مربوط به آن در اجرای به‌موقع اقدامات کنترل سیل و نیز استفاده از کلیه قابلیت‌ها و ظرفیت‌های مخازن سدها برای کنترل و تعدیل سیل بود. بنابراین، تشکیل یک سامانه جامع فراقوه‌ای نظام‌نامه مدیریت و کنترل سیل، توجه لازم به اقدامات آبخیزداری و آبخوان‌داری، توجه به اصول مهندسی رودخانه‌زیستی، وضع قوانینی جدی برای رعایت حد و حریم بستر و در صورت لزوم، بازنگری در قانون مربوطه به منظور افزایش حدود، بازنگری و طراحی اصولی سازه‌های تقاطعی، بازسازی و احیای هر چه بیشتر مسیل‌ها و تالاب‌های طبیعی و رفع تعدی و تجاوزها به آنها، کسب اطلاعات کافی و شناسایی جامع منطقه، افزایش ظرفیت ذخیره سدها و جلوگیری از کاهش ظرفیت ذخیره مخازن، مدیریت و کنترل دقیق‌تر حوضه‌های دارای تعدد سد، تعبیه سامانه‌های هشدار سیل در نواحی سیل‌خیز و انجام اقدامات سازه‌ای اصولی از ضروری‌ترین اقدامات برای پیشگیری، بهبود مدیریت و کنترل این بلای طبیعی است.

**کلیدواژگان:** اقدامات پیشگیرانه، خسارت سیل، سیلاب، کنترل سیل.

## مقدمه

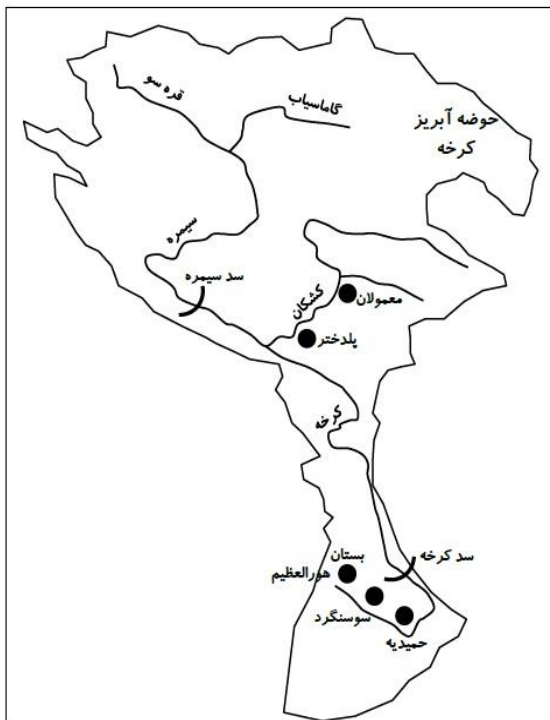
سیل یکی از مخاطرات بزرگ طبیعی است که همه‌ساله خسارت‌های سنگینی به جوامع مختلف تحمیل می‌کند و مشکلات عمده‌ای را در توسعه و عمران بسیاری از کشورها به وجود می‌آورد. اما می‌توان مشابه پدیده‌های طبیعی دیگر با مدیریتی کارا، خسارت جانی و مالی و آثار نامطلوب ناشی از آن را کاهش داد [۱]. هر ساله، سیل خسارت‌های فراوانی به خانه‌ها، مزارع، زمین‌های کشاورزی، راه‌ها، سدها، پل‌ها، و جاده‌ها وارد می‌کند و در برخی موارد، سبب مرگ بسیاری از انسان‌ها می‌شود و در نتیجه، تخریب ساختار اجتماعی جوامع و خسارت‌های مالی و جانی فراوان را در پی دارد. طبق تعریف فرهنگ آب‌شناسی یونسکو، سیل عبارت است از: افزایش معمولاً کوتاه‌مدت در سطح تراز آب یک رودخانه تا اوجی که سطح تراز آب از آن اوج با آهنگی آهسته‌تر عقب می‌نشیند. سیل ممکن است بر اثر بروز بارندگی‌ای شدید یا مستمر و یا ذوب ناگهانی برف‌ها در یک حوضه آبخیز یا در نتیجه شکسته شدن سدی به وقوع بپیوندد. به هر حال، بروز سیل و سیلاب سبب تخریب و ایجاد خسارت و تلفات به مراکز انسانی و سازه‌های مسیر سیلاب می‌شود [۲]. سیل می‌تواند از راه‌های زیادی ایجاد شود. شایع‌ترین راه زمانی است که رودخانه‌ها و نهرها از کناره‌هایشان سرریز می‌کنند. این سیل‌ها، سیل رودخانه‌ای<sup>۱</sup> نامیده می‌شوند [۱]. باران سنگین، سد یا خاکریز شکسته، ذوب سریع یخ در کوه‌ها و یا حتی شکستن سد در نقطه‌ای آسیب‌پذیر می‌تواند یک رودخانه را سیلابی کند و آن را در خشکی‌های اطراف نزدیک رودخانه گسترش دهد. خشکی‌های اطراف رودخانه، دشت سیل نامیده می‌شود [۳]. امروزه، به دلیل دخالت‌های بی‌رویه در بسیاری نقاط که قبلاً سیل نمی‌آمده، طغیان‌های بزرگی مشاهده می‌شود. در یک دسته‌بندی فشرده می‌توان سیلاب‌ها را به انواع فصلی، ناگهانی، سیلاب‌های ناشی از شکست سدها، سیلاب‌های نواحی ساحلی و خورها، سیلاب‌های ناشی از گرم شدن یخ مناطق یخچالی و یخ‌زده<sup>۲</sup>، توفان‌های دریایی و اقیانوسی تهاجمی به سواحل، سیلاب‌های ناشی از

بارش‌های تند در مناطق کوهستانی و با شیب تند و... تقسیم کرد. بعضی از سیلاب‌های فصلی در زمستان یا بهار هم‌زمان با ذوب برف رخ می‌دهند و به سرعت رودخانه را با حجم زیادی از جریان آب مواجه می‌کنند. ممکن است در این هنگام، زمین یخ بسته و نفوذپذیری خاک کاهش یافته باشد و رواناب زیادی ایجاد شود. زمانی که رطوبت سالیانه افزایش یافته و خاک نیز اشباع باشد، هر نوع بارش اضافی می‌تواند رواناب زیادی را راهی رودخانه کند و سیلاب منطقه‌ای به وجود آورد. سیلاب‌های ناگهانی<sup>۳</sup> می‌توانند طی چند ثانیه یا چند ساعت رخ دهند و هشدار آنها دشوار است. ممکن است تلفات این نوع سیلاب زیاد باشد، زیرا به سرعت سطح آب را بالا می‌برد و سرعت جریان بر اثر وقوع آن بسیار زیاد است. عوامل مختلفی مانند شدت بارش، مدت بارش، شرایط سطحی زمین، عوارض (توپوگرافی) و شیب حوضه در وقوع این نوع سیلاب مؤثرند. مناطق شهری در معرض این نوع سیلاب هستند، زیرا سطح زمین با انواع روکش‌های آسفالت، کاشی و غیره پوشانده شده و راه‌های نفوذ جریان بسته شده است و رواناب به سرعت در سطح شهر توزیع می‌شود. حتی بیابان نیز از وقوع این نوع سیلاب در امان نیست. نصب و فعالیت سیستم‌های هشدار سیلاب می‌تواند تلفات را تا حد زیادی کاهش دهد. برخی سیلاب‌ها در رودخانه‌هایی که به‌طور جزئی یا کامل یخ زده‌اند، رخ می‌دهد. افزایش سطح تراز آب می‌تواند موجب فشار و شکست یخ شود و جریان‌هایی از یخ شناور را در رودخانه به وجود آورد که حرکت آنها در مسیرهای تنگ یا کنار پایه‌های پل‌ها متوقف می‌شود و در این مکان‌ها سدهای یخی شکل می‌گیرند. با پس زدن آب در بالادست، آب از کناره‌ها سرریز می‌شود و سیلاب در بالادست رخ می‌دهد. همچنین، در پایین‌دست نیز با شکست سدهای یخی، سیلاب ناگهانی به وجود می‌آید و حجم زیادی از آب ذخیره‌شده به سرعت به پایین‌دست روانه می‌شود. با توجه به همراهی توده‌های یخ، خسارت‌های وارد شده افزایش خواهند یافت [۴]. برخی سیلاب‌ها ناشی از شکست سد و خاکریز هستند. سدها و خاکریزها با توجه به دوره برگشت سیلاب و معیارهای مهندسی و اقتصادی برای محافظت در برابر سیلاب ساخته

1. River Flood  
2. Snow Flood

3. Flash Flood

دو حوضه آبریز در تقسیم‌بندی حوضه‌های آبریز ایران، حوضه فرعی به شمار می‌روند و زیرمجموعه حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان هستند. مساحت حوضه کرخه، ۵۱۴۰۰ کیلومترمربع و مساحت حوضه کارون بزرگ ۶۷۱۱۲ کیلومترمربع است. رود کرخه که رود اصلی حوضه آبریز کرخه است، از کوه‌های زاگرس سرچشمه می‌گیرد، پس از طی مسیری حدود ۷۵۵ کیلومتر، در جهت جنوب غربی به تالاب هورالعظیم در مرز ایران و عراق می‌ریزد. رود کارون نیز که رود اصلی حوضه کارون بزرگ بزرگ‌ترین رودخانه ایران است، از کوه‌های زاگرس مرکزی سرچشمه می‌گیرد، در نزدیکی شوشتر به آب دز می‌پیوندد و از آنجا به بعد، کارون بزرگ نامیده می‌شود. این رود در نزدیکی خرمشهر به دو شاخه بهمن‌شیر و حفار تقسیم می‌شود. حفار از طریق اروندرود و بهمن‌شیر مستقیم به خلیج فارس وارد می‌شود. روی رودخانه کرخه، سد کرخه و بر رودخانه کارون از بالادست به پایین دست به ترتیب سدهای کارون ۴، کارون ۳، شهید عباسپور، مسجدسلیمان و گتوند واقع شده است [۶]. شکل‌های ۱ و ۲ به ترتیب جانمایی حوضه آبریز کرخه و کارون بزرگ را نشان می‌دهند.

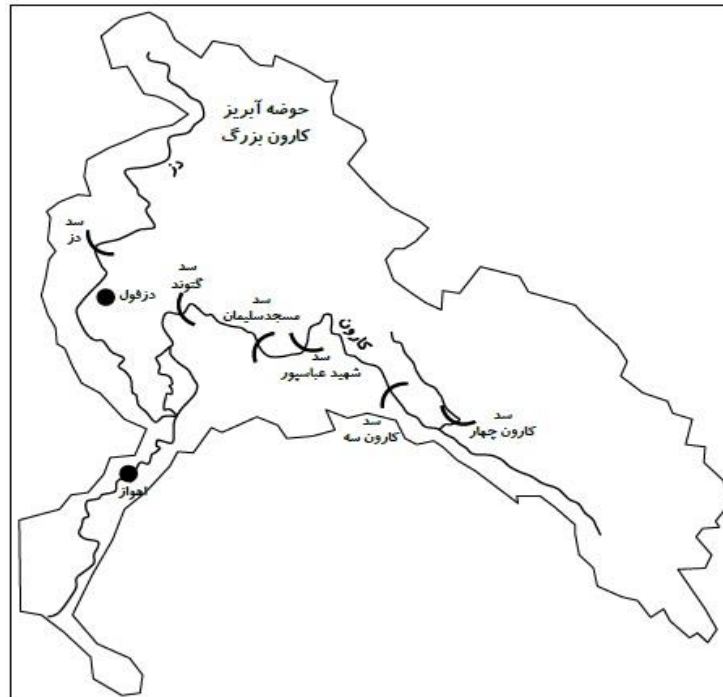


شکل ۱. جانمایی حوضه آبریز کرخه [۶]

می‌شوند. با وقوع سیلاب‌های بزرگ‌تر از سیلاب طراحی سازه مستغرق شده و نیز با شکست سازه، آب ذخیره‌شده در بالادست به صورت سیلاب ناگهانی به سمت پایین دست به راه می‌افتد. برخی دیگر از سیلاب‌ها ناشی از زمین لغزه هستند. بر اثر سقوط و تجمع حجم زیادی از سنگ و صخره، لجن و آشغال در رودخانه‌ها و انهار، سدهای موقتی به وجود می‌آید و با وقوع سیلاب، حجم زیادی از رواناب در بالادست این سدهای موقتی ذخیره می‌شوند و با شکست سد موقتی، سیلاب به راه می‌افتد. جریان لجن، هنگام وقوع آتشفشان و جاری شدن گدازه‌ها به وجود می‌آید که سبب ذوب یخ و گل‌آلود شدن خاک در محل می‌شود و در راستای شیب منطقه به راه می‌افتد. وقوع زمین لغزه می‌تواند سبب تولید امواج در دریاچه‌ها و سقوط مقادیری از خاک و سنگ به داخل کانال‌ها و رودخانه‌ها شود [۵]. وقوع سیلاب موجب آثار مخربی می‌شود که به طور کلی عبارت‌اند از: شستن و تخریب خاک‌های تشکیل شده و در حال تشکیل، فرسایش سریع زمین و ناهموار کردن آن، کاهش حاصل‌خیزی زمین بر اثر انباشته شدن رسوب‌های درشت، تخریب قنات، تلف شدن احشام و حیات وحش، تخریب راه، پل و منازل، پر شدن سریع دریاچه‌ها، هرز رفتن آب و نبود فرصت کافی برای بهره‌وری از آب [۴].

در اواخر سال ۱۳۹۷ و اوایل سال ۱۳۹۸ سیلاب‌های شدید و ممتدی در برخی استان‌های کشور رخ داد که حاصل آن، خسارت‌های جانی و مالی فراوان بود. بنابراین، بررسی و تحقیق در مورد این سیلاب‌ها، ارزیابی و مقایسه آنها و همچنین ریشه‌یابی و چاره‌اندیشی برای پیشگیری از موارد مشابه آن در آینده ضروری و لازم است. در مقاله حاضر سعی شده است به بررسی سیل استان خوزستان طبق گزارش‌های تهیه‌شده توسط کارشناسان، بحث در مورد علل وقوع آن و ارائه راه‌کارهای متناسب با آن پرداخته شود.

**مشخصات و موقعیت جغرافیایی استان خوزستان و حوضه‌های آبخیز آن**  
استان خوزستان با مساحت ۶۴۰۵۷ کیلومترمربع و متوسط بارش درازمدت سالیانه ۳۵۸ میلی‌متر دربرگیرنده بخشی از دو حوضه آبریز کرخه و کارون بزرگ است. این



شکل ۲. جانمایی حوضه آبریز کارون بزرگ [۶]

راه آهن اهواز به خرمشهر بر اثر سیل مسدود شد. این سیل در سوسنگرد نیز ۶۰ روستا را تخریب کرد و هزاران هکتار از زمین‌های دشت آزادگان به زیر آب رفتند. در مسیر آغاچاری به رامشیر خسارت‌های فراوانی به روستاهای اطراف زده شد، آب به داخل چاه‌های نفت نفوذ کرد و یک لوله انتقال نفت در حوالی رود مارون شکسته شد. پس از فروکش کردن آب در اهواز، سیل شهر سربندر را تحت تأثیر خود قرار داد و این شهر نیز به زیر آب رفت. طبق گزارش‌ها حدود ۲۹ نفر طی این حادثه جان خود را از دست دادند. در روز ۲۹ آبان ۱۳۹۰ نیز سیلابی بر اثر بارندگی و انسداد مسیر توسط پالایشگاه بیدبلند و پادگان بخردیان و طغیان رود مارون جاری شد و شهر بهبهان خوزستان را سیلاب فرا گرفت. سیلاب و بارندگی به جاده بهبهان - رامهرمز آسیب جدی وارد کرد و سبب انسداد آن شد. در شهر بهبهان ۱۳ نفر طعمه سیلاب شدند و ۵۵ میلیارد تومان خسارت مالی به بار آورد.

با توجه به سابقه این استان در متحمل شدن مکرر این بلای طبیعی و به بار آوردن خسارت‌های مالی و جانی جبران‌ناپذیر، بررسی و ریشه‌یابی علل وقوع این پدیده برای پیشگیری، مقابله و مدیریت آن در آینده ضروری است.

#### مرور برخی سیل‌های استان خوزستان در گذشته

در تاریخ ۲ خرداد ۱۳۳۳ در خرمشهر سیلی بر اثر طغیان و بالا آمدن آب در رودهای فرات و دجله و ازدیاد آب ارونرود روی داد. از خسارت‌های این سیلاب می‌توان به ویرانی ۲۴ دهکده و همچنین راه آهن خرمشهر- اهواز اشاره کرد. همچنین با بارندگی چندروزه از ۲۲ بهمن ۱۳۵۸، رودخانه‌های مارون، کارون و کرخه طغیان کردند و در شهرهای مسجدسلیمان، شوشتر، اهواز، شادگان، سوسنگرد خسارت‌هایی برجا گذاشت. در شهر مسجدسلیمان وضعیت آب و برق و سوخت به یک بحرانی شد و پل تمبی و لوله‌های انتقال نفت تخریب شدند. بر اثر شکسته شدن لوله‌های نفت در تمبی دریاچه‌ای از آب و نفت در مسجدسلیمان شکل گرفت. همچنین، در شوشتر سد گتوند (سد قدیم) بر اثر سیل کاملاً تخریب شد و خرابی پل اصلی و ورودی شهر (پل آزادگان امروز) نیز از جمله خسارت‌ها بودند. در شهرستان اهواز نیز اطراف رود کارون را با کیسه‌های شن به صورت دیوار درست کردند تا راه ورود سیل را ببندند. بر اثر شکسته شدن سد ساحلی، محله‌های نیوسایت، شهرک نفت، کیان پارس، کوی افسران و بیمارستان‌های پارس و جندی شاپور به زیر آب رفت، پل سفید نماد شهر اهواز در خطر فرو ریختن قرار گرفت و

### مروری بر سیل ۱۳۹۷-۱۳۹۸ خوزستان

در هفته‌ی نخست فروردین ۱۳۹۸ به دلیل افزایش آب خروجی سدهای دز و کرخه، روستاهای حاشیه‌ی این سدها و رودخانه‌ها با مشکلات زیادی مواجه شدند. در مسیر رودخانه دز بر اثر آب‌گرفتگی ۱۳ روستای بخش بام‌دژ از توابع استان خوزستان، آب تا بام خانه‌ها بالا آمد و سیل‌بندها از بین رفتند. براساس گزارش‌ها، از تاریخ ۱۳۹۷/۱۱/۰۱ تا ۱۳۹۸/۰۱/۳۱ حجم آبی معادل ۷۹۱۹ میلیون مترمکعب به مخزن سد کرخه وارد شده و ۵۹۵۰ میلیون مترمکعب نیز از آن خارج شده است. به این ترتیب، طی این مدت حجم ۱۹۶۹ میلیون مترمکعب نیز در مخزن ذخیره شده که با توجه به ذخیره موجود قبل از این دوره، در نهایت در تاریخ ۱۳۹۸/۰۱/۳۱، حجم ذخیره به ۵۸۲۲ میلیون مترمکعب رسیده است. درخور توجه است که از میزان ۷۹۱۹ میلیون مترمکعب آب واردشده به مخزن سد کرخه در ماه‌های بهمن، اسفند و فروردین، حدود ۶۰ درصد آن طی سیلاب‌های فروردین‌ماه وارد مخزن شده است. همچنین، وجود سدهای متعدد در حوضه آبریز کارون، رودخانه کارون را به رودخانه‌ای به‌شدت کنترل‌شده تبدیل کرده است. در مجموع، سدهای یادشده پتانسیل مخزن حدود ۱۵ هزار میلیون مترمکعبی را روی رودخانه کارون فراهم آورده‌اند. طبق گزارش‌ها از ابتدای مهرماه تا انتهای فروردین‌ماه سال آبی ۱۳۹۷-۱۳۹۸، کل حجم آورد کارون حدود ۲۲۲۴۲ میلیون مترمکعب بوده که از این میزان، حجم ۱۶۰۰۵ میلیون مترمکعب آن رهاسازی شده و ۶۲۳۷ میلیون مترمکعب نیز در سدها ذخیره شده است. شایان یادآوری است که حدود ۴۰ درصد آورد یادشده در

فروردین‌ماه ۱۳۹۸ صورت گرفته است [۶]. بنا به گزارش‌ها و طبق جدول ۱ مخازن سدهای حوضه‌های آبریز استان خوزستان که به عنوان اصلی‌ترین سدهای کشور شناخته می‌شوند، تا تاریخ ۲۰ فروردین ۱۳۹۸ تقریباً از آب پر شدند.

جدول ۱. وضعیت مخازن سدهای حوضه‌های آبریز کارون بزرگ و کرخه تا تاریخ ۱۳۹۸/۰۱/۲۰ [۶]

نام سد	درصد پر بودن مخزن
کارون ۴	۹۶
کارون ۳	۹۶
شهید عباس‌پور	۹۸
مسجدسلیمان	۹۴
گتوند علیا	۹۰
کرخه	۱۰۰
سیمره	۷۱
دز	۹۱

طبق گزارش‌ها، می‌توان خصوصیات و ماهیت سیل به‌وجودآمده در استان خوزستان را به صورت زیر بیان کرد:

- بارندگی شدید، گسترده و هم‌زمان در حوضه‌ها؛
- قابل پیش‌بینی حداقل از ده روز قبل؛
- حرکت آرام و تدریجی آب طی یک ماه از شمال حوضه آبریز تا پایاب کارون و اروندرود در خلیج فارس و کرخه در هورالعظیم؛
- آب‌گرفتگی وسیع شهرها، روستاها، راه، راه‌آهن و اراضی کشاورزی؛
- خسارت طولانی‌مدت به تمامی بخش‌ها شامل نفت و انرژی، حمل‌ونقل و بازرگانی و صنعت و کشاورزی [۷].



شکل ۳. نمایی از طغیان رودخانه و جاری شدن سیل در خوزستان

بارش‌های درخور توجه سال آبی ۱۳۹۷-۱۳۹۸، این میزان در تاریخ ۱۵/۱۱/۱۳۹۷ به ۸۲ درصد می‌رسد که بیانگر ذخیره‌سازی زیاد آب در این حوضه آبریز است. از این زمان، متولیان امر به دلیل احتمال زیاد وقوع بارش‌ها در اسفندماه و فروردین‌ماه پیش رو، اهتمام در کاهش حجم ذخیره و ایجاد فضای خالی برای ذخیره سیلاب‌های آتی کرده‌اند که به دلیل بارش‌های متوالی و محدودیت ظرفیت آبگذری پایین‌دست توفیق چندانی نداشته‌اند (شکل ۵).

جدول ۲. مقادیر بارش ده‌ساله شهرستان‌های استان خوزستان

شهرستان	متوسط بارش سالانه (میلی‌متر)
اهواز	۲۳۲/۳
آبادان	۱۶۸/۵
آغاجاری	۲۹۴/۵
بندر ماهشهر	۲۱۳/۲
بهبهان	۳۵۲/۲
بستان	۱۹۶/۹
دزفول	۴۳۰
هندیجان	۲۴۹/۹
ایذه	۶۶۸/۹
مسجدسلیمان	۴۱۶/۷
امیدیه	۲۶۱/۸
رامهرمز	۳۴۰/۴
صفی‌آباد	۳۲۱/۲
شوشتر	۳۱۲/۱
میانه	۳۱۸/۴

### دلایل وقوع و شدت سیلاب استان خوزستان در سال آبی ۱۳۹۷-۱۳۹۸

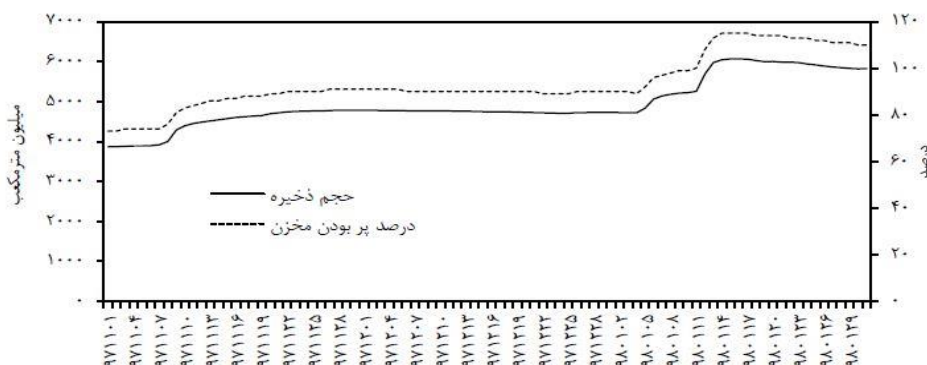
سیل در استان خوزستان به علت مد دریا و ورود آب آن به رودخانه و طغیان آب نهرهای روستاها ایجاد شد که نتیجه شدت بارندگی در این منطقه و گستردگی آن در تمامی حوضه‌ها بود. مطابق آمار تهیه‌شده از درگاه سازمان هواشناسی، برای شهرستان‌های استان خوزستان طی یک دوره ده‌ساله از ۱۹۹۵ تا ۲۰۰۵، متوسط سالیانه بارش شهرستان‌ها به صورت جدول ۲ است. همان‌طور که در جدول ۲ مشخص است، متوسط بارش سالانه طی ده سال استان خوزستان ۳۱۸ میلی‌متر است.

با توجه به جدول ۳، میزان بارندگی در سال جاری این استان نسبت به سال گذشته و همچنین، نسبت به آمار بارندگی در جدول ۲ افزایش چشمگیری داشته است و می‌توان گفت که این بارندگی‌ها در استان خوزستان بی‌سابقه بوده است.

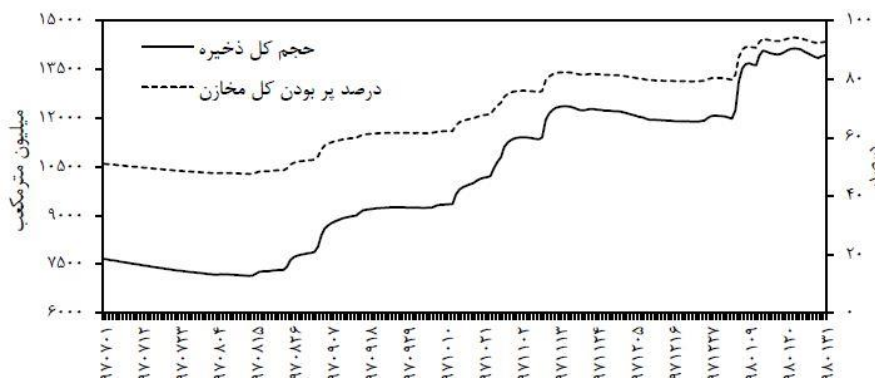
با توجه به وقوع بارش‌ها از ابتدای سال آبی، میزان ذخیره سد کرخه در تاریخ ۰۱/۱۱/۱۳۹۷ برابر با ۳۸۶۵ میلیون مترمکعب معادل ۷۳ درصد حجم مخزن بوده است (شکل ۴). همچنین، از اواسط آبان‌ماه ۱۳۹۷، میزان آورد رودخانه کارون روندی افزایشی داشته است. به‌طوری که در تاریخ ۱۵/۰۸/۱۳۹۷ درصد پر بودن جمع مخازن کارون بزرگ ۴۸ درصد بوده است و به دنبال آن، به دلیل

جدول ۳. میزان بارندگی در استان لرستان و خوزستان از ابتدای سال آبی جاری تا تاریخ ۲۰/۰۱/۱۳۹۸ [۶]

استان	میزان بارندگی (میلی‌متر)		درصد اختلاف نسبت به:	
	سال آبی جاری	سال آبی گذشته	متوسط درازمدت	متوسط درازمدت
خوزستان	۵۵۹	۱۵۵	۳۲۵	۷۲



شکل ۴. حجم ذخیره و درصد پر بودن سد کرخه [۶]



شکل ۵. میزان حجم ذخیره و درصد پر بودن کل مخازن حوضه آبریز کارون بزرگ [۶]

مربوط به مدیریت و کنترل سیل منطقه ایجاد شود که متأسفانه در این امر به اندازه لازم و در بعضی از تصمیم‌گیری‌ها توجه کافی نشده است. به‌طور مثال، استفاده از کلیه قابلیت‌ها و ظرفیت‌های مخازن سدهای احداث‌شده روی رودخانه کارون می‌توانست بخش درخور توجهی از سیلاب‌های اخیر رودخانه دز را کنترل و تعدیل کند و از وارد آمدن خسارت در رودخانه کارون بزرگ بکاهد که به همان علت عدم اعتمادسازی و همکاری بین سازمان‌های مربوطه، این سیل با شدت بیشتری ایجاد شد. وزارت نیرو، شهرداری، محیط زیست، بنیاد مسکن برای روستاها، منابع طبیعی و مدیریت بحران استانداری از جمله نهادها در مدیریت رودخانه‌ها هستند. از نظر قانونی یک سری اراضی که در بستر وجود دارند ضمن اینکه به سازمان‌های وابسته به وزارت نیرو مربوط می‌شوند، در اختیار منابع ملی هم هستند و از نظر سیستمی یک سری اختیارات به عهده این سازمان‌ها، تأسیسات آبی و شهرداری است. اگر برای احداث سیل‌بندها با این سازمان‌ها در زمینه مدیریت و کنترل سیل هماهنگی می‌شد، خسارت‌های واردشده بسیار کمتر بود. از دیگر دلایل تشدید سیلاب و خسارت‌ها، می‌توان به اقدامات ضعیف سازه‌ای در پایین‌دست و نبود دیواره‌های سیل‌بند یا ضعیف بودن آنها اشاره کرد. سیل‌بندهای رودخانه دز با سیلاب ۲۵ ساله طراحی شده است. مطالعات پهنه‌بندی سیل و مطالعات حد بستر و حریم برای رودخانه دز انجام شده است. عوامل تخریب سیل‌بندها، نوع خاک منطقه و تداوم سیلاب در دبی کم بوده و یا توسط خود مردم تخریب شده اند (لوله‌گذاری و یا تخریب به دلیل زهکش‌ها). این اقدامات مربوط به قبل از سیلاب (نوع خاک منطقه نباتی بوده و به مرور زمان شسته

همچنین، در پی رهاسازی آب سدها در بالادست رودخانه کارون، حجم آب این رودخانه به شکل کم‌سابقه‌ای افزایش یافت. در حوضه آبریز کرخه به دلیل بارش‌های شدید و پر بودن حجم مخزن سد کرخه، وضعیت در پایین‌دست سد اضطراری بود که با این‌وجود، حتی با کاهش حجم ذخیره مخزن، ظرفیت خالی کافی برای ذخیره سیل‌های آینده آن امکان‌پذیر نبود و فقط راه موجود بازسازی و تقویت یا احداث سیل‌بند و سایر اقدامات سازه‌ای در نقاط حساس پایین‌دست این سد بود. همچنین، با توجه به اینکه ارزیابی پهنه سیلاب‌گیر و مسیل رودخانه‌ها و مدل‌سازی‌های هیدرولوژیکی بارش-رواناب مبنای اصلی برنامه‌های مدیریت پیشگیری از وقوع سیلاب در علوم مربوط به مهندسی رودخانه است؛ بنا به گزارش‌ها، عامل اصلی تشدید سیلاب به‌خصوص در حوضه آبریز کرخه عدم اعتماد و اطمینان دست‌اندرکاران مدیریت سیل به پیش‌بینی‌های بارش، نتایج مدل‌های بارش-رواناب و شبیه‌سازی‌های پهنه‌بندی سیل بوده است که این عدم اطمینان حاصل از نبود دقت کافی سامانه‌های اندازه‌گیری و پایش داده‌های مربوط به بارش و سیلاب در گذشته و همچنین، وقوع خشکسالی‌های ممتد قبل از سیلاب‌های اخیر است؛ و همین عامل سبب شد که در اجرای به‌موقع اقدامات کنترل سیل و رهاسازی آب از سد مخزنی کرخه اختلال و تأخیر ایجاد شود. در حوضه آبریز کارون بزرگ سدهای بسیار متعددی وجود دارد و این حوضه را به حوضه‌ای کنترل‌شده تبدیل کرده است که با توجه به حساسیت زیاد آن، باید مدیریت دقیق‌تر و قوی‌تری حاکم باشد و خطاهای انسانی و تصمیم‌های نادرست را به کمترین حد رساند. همچنین، باید همکاری، هماهنگی و اعتمادسازی بین ارگان‌ها و نهادهای

ساخته می‌شوند و برای بارش‌های استثنایی یا سنگین مناسب نیستند. به‌علاوه، در کشوری مانند ایران فرسایش خاک بسیار زیاد (در حد بالاترین رکوردهای جهان) است و به همین علت، چند سال پس از ساخته شدن یک سد، درصد درخور توجهی از ظرفیت مخزن پر از رسوب می‌شود و هیچ سدی نمی‌تواند چنان ظرفیتی داشته باشد که سیلاب‌های با دوره بازگشت بیست یا سی سال (یا حتی کمتر) را مهار کند. همچنین، رهاسازی آب سرریزها و تخلیه‌کننده‌های سدها در صورت مدیریت نادرست می‌تواند موجب بروز سیل شود. پیش از انقلاب سال ۱۳۵۷ فقط ۲۶ سد در ایران بهره‌برداری می‌شد و در سال‌های پس از آن، شمار سدهای بهره‌برداری شده به عدد ۶۴۷ رسیده. مطابق آمار شرکت مدیریت منابع آب ایران، در حال حاضر ۶۴۷ سد در حال بهره‌برداری، ۱۴۶ سد در حال اجرا و ۵۳۷ سد دیگر در مرحله مطالعاتی هستند. بر این اساس، صنعت سدسازی ایران در بیش از سه دهه گذشته سالانه ۸/۸ درصد رشد داشته است. بنابراین، با توجه به چنین رشدی در زمینه سدسازی می‌توان یکی از عوامل وقوع سیلاب‌ها در کشور را سدسازی متعدد و مدیریت نادرست آنها دانست. البته، مخازن سدهای استان خوزستان از نظر مدیریت مخازن بسیار کنترل شده و کارآمد هستند، اما به علت تعدد سدهای حوضه‌های آبریز استان خوزستان و به‌خصوص در حوضه آبریز کارون بزرگ باید در این زمینه حساسیت بیشتر و همچنین در برخی موارد بازنگری و تحقیقات و مطالعات جدید صورت گیرد.

با توجه به گزارش‌ها و بررسی دلایل وقوع این سیل، می‌توان نتیجه کلی گرفت که این سیل علاوه بر منشأ طبیعی، در عدم هماهنگی و همکاری ارگان‌های مدیریت سیل و مهندسی رودخانه و سایر عوامل یادشده منشأ انسانی نیز داشته است.

### راه کارهای کنترل و مدیریت سیلاب

#### راه کارهای در سطح جامع

- ایجاد سامانه فراسازمانی جامع نظام‌نامه مدیریت و کنترل سیل

در کشور ایران تا کنون فعالیت‌های مختلف پیشگیری و کاهش خسارت‌های سیلاب چه در زمینه‌های سازه‌ای و چه غیرسازه‌ای صورت پذیرفته است؛ ولی آنچه به عنوان

شده و چسبندگی از بین رفته و دایک تخریب شده است) و یا زمان وقوع سیلاب است. نوع کارکرد منفی دایک‌ها این بوده که اجازه بالا آمدن آب را می‌داده که سبب شکسته شدن ناگهانی آن می‌شد که خطرناک بود. در ضمن، برخی جاها شکسته نمی‌شده و آب را کنترل می‌کرده است که این ویژگی را می‌توان جزء کارکردهای مثبت آن دانست. امکان این بود که در حوضه دز در مناطق بام‌دژ، شعیبیه و آهودشت سیلاب‌ها را بشکنند تا آب پخش شود که این کار صورت نگرفت و بر اثر سیلاب شکسته شدند. دلایل دیگری مانند تغییر در کاربری اراضی، رعایت نکردن حد بستر و حریم رودخانه کارون و تردید در تصمیم‌گیری‌های مختلف به دلیل نداشتن اطلاعات کافی و صحیح از توپوگرافی و هیدرودینامیک رودخانه‌ها در تشدید این سیلاب تأثیرگذار بودند [۶].

یکی از عوامل مهمی که باید به آن توجه شود، آثار منفی سدسازی است. سدها با هدف کنترل سیلاب و کاهش شدت سیل احداث می‌شوند؛ اما در صورتی که مطالعات و شناسایی منطقه مد نظر برای احداث سیل ضعیف باشد و با اصول و قواعد مخصوص خود طراحی و احداث نشوند، در حد ظرفیت حوضه آبریز مربوطه نباشند و هنگام ساخت و بهره‌برداری تغییرات نامناسب فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی، بهداشتی و در نهایت تغییرات شدید اکولوژیکی را پدید آورند، نتیجه معکوس در زمینه کنترل سیل و همچنین مسائل زیست‌محیطی خواهند داشت. طبق آمار موجود، طی ۱۰ سال گذشته ۲۴۸ سد در دنیا با مطالعه و آگاهی به دلایل مختلف در کشورهای گوناگون تخریب شده‌اند و طبق آمار بانک توسعه تجارت جهانی نیز ۸۰ درصد سدهای احداث شده در جهان ضروری نبوده است. گزارش‌ها نشان می‌دهند ۶۵۶ سد بزرگ و کوچک در کشور وجود دارد و حجم مخازن سدهای کشور حدود ۵۰ میلیارد متر مکعب است که حدود ۳۸ میلیارد مترمکعب قدرت تنظیمی دارند. مهم‌ترین مسئله در مدیریت مخزن سد آن است که طوری باید از سد بهره‌برداری شود که در فصل‌های بارندگی و هنگام وقوع بارش‌های سنگین و سیل‌آسا حجمی از آب تخلیه شده باشد تا از وقوع سیل جلوگیری شود. به علاوه، اگر میزان بارندگی‌ها زیاد باشد، مخزن سدها پاسخ‌گوی مهار سیلاب نیستند، چراکه معمولاً سدها برای یک میانگین آورد



فراسازمانی باشد، زیرا ضرورت عملیاتی‌سازی و انسجام‌بخشی به اقدامات مدیریتی کنترل سیل قبل، هم‌زمان و پس از سیل و مرتبط بودن این اقدامات به هر سه قوه حاکمیتی و حتی بخش‌های دیگر مانند نیروهای مسلح و بنیادهای عمومی در ساختار نظام‌نامه، فقط نظام‌نامه فراسازمانی خواهد بود. این سامانه باید وظیفه پایش برخط دستگاه‌ها و نهادهای قوای مجریه، قضاییه و مقننه و به علاوه نهادهای دیگر از جمله قوای مسلح را هم به عهده داشته باشد. انجام اقدام‌های مقابله با سیلاب‌های شهری باید در سه دوره زمانی کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت صورت گیرد که مقدمه اجرای این روش‌ها، برنامه‌ریزی‌های کوتاه‌مدت، بلندمدت و میان‌مدت است. نکته درخور توجه اینکه چگونگی مدیریت سیل و هماهنگی تمامی استان‌های ذی‌سهم یک حوضه آبریز، قبل، هم‌زمان و پس از سیل بسیار مهم و تأثیرگذار است و حوضه‌های آبریز رودخانه‌ها را باید به عنوان سیستم‌هایی به‌هم‌پیوسته در نظر گرفت، زیرا در بسیاری از موارد مشاهده شده که اقدامات موضعی انجام‌شده توسط یک ارگان در بخشی محدود از مناطق سیل‌خیز که با هدف کاهش خسارت‌ها نیز صورت می‌گیرد، سیل را از لحاظ زمانی و مکانی به منطقه دیگر منتقل می‌کند و به بروز فاجعه‌های سنگین در دیگر مناطق منجر می‌شود. بنابراین، سازماندهی و هماهنگی مدیریت بحران در سطح حوضه آبریز بین استان‌ها نیز باید ملاک بررسی و حتی بازنگری این سامانه به صورت جدی واقع شود. همچنین، لازم است به منظور ایجاد بستری مناسب برای کاهش خسارت‌های سیل و نهادینه کردن مدیریت به‌هم‌پیوسته و جامع سیل در کشور یک کمیته بالادستی با حضور وزرای ذی‌ربط (وزرای دستگاه‌های تعریف‌شده در کارگروه سیل و طغیان رودخانه) به ریاست معاونت برنامه‌ریزی و نظارت ریاست جمهوری تشکیل شود و فعالیت‌های مدیریت سیل در کشور به‌ویژه در مرحله پیشگیری را هماهنگ کند. همچنین، اگر تدوین نظام‌نامه مدیریت حوضه‌های آبخیز با استفاده از تمام ذی‌نفعان دولتی و مردمی ملاک تحلیل و عمل قرار گیرد، در زمینه برنامه‌ریزی و پیش‌بینی‌های دقیق قبل از سیلاب و مدیریت مناسب هم‌زمان و پس از سیلاب عملکرد در زمینه مدیریت بحران سیل تقویت می‌شود.

معضل در این خصوص مشهود است، پراکنده بودن این فعالیت‌ها و انجام طرح‌های مطالعاتی و اجرایی توسط دستگاه‌های مختلف دولتی و نیمه‌دولتی در بخش‌هایی خاص از مبحث و بیشتر بدون هماهنگی با هم است. درخصوص هماهنگی اقدامات دستگاه‌ها در مرحله پیشگیری و قبل از رخداد سیل می‌توان گفت که هیچ ارگان خاصی وظیفه‌مند نشده و همین موضوع از خلأهای جدی در کشور محسوب می‌شود. از طرفی، با توجه به فرابخشی بودن موضوع سیلاب و درگیری هر یک از نهادهای ملی در قسمتی از چرخه مدیریت سیلاب به هنگام بروز سیل نیز عدم شفاف‌سازی مسئولیت‌ها و وظایف آنها و چگونگی تعامل و هماهنگی آنها به بروز مشکلاتی در زمینه کمک‌رسانی و انجام اقدامات لازم در مرحله پاسخ و احیا علاوه بر مرحله پیشگیری منجر می‌شود. مهم‌ترین مسئله همکاری، هماهنگی، تعامل و اعتمادسازی بین حوزه‌های سازمانی است، زیرا باید به این نکته توجه شود که اختیارات بسیاری از سازمان‌ها یا فقط بخشی از حوضه آبریز را پوشش می‌دهد یا اینکه از مرز حوضه آبریز بسیار فراتر می‌رود. در این رویکرد بر انتخاب استراتژی‌های انعطاف‌پذیر و مناسب برای هر یک از مناطق سیل‌خیز با شرایط فیزیکی، فرهنگی و اقتصادی مختلف تأکید اهمیت ارزیابی راه‌های مختلف و محاسن و معایب نسبی آنها لحاظ می‌شود. در حال حاضر، وظیفه اصلی هماهنگی اقدامات دستگاه‌ها به هنگام بروز سیل از لحاظ قانونی مشخص است. همچنین، وزارت کشور در سطح ملی و ستاد حوادث و کارگروه‌های استانی در سطح منطقه وظیفه‌مند است. ولی در این خصوص هنوز دستورالعمل‌های شفاف و مؤثر تدوین نشده است. یکی از مواردی که در مسائل سیل‌های اخیر مشهود بود، بحث مدیریتی و مشخص نبودن وظایف دستگاه‌ها قبل، هم‌زمان و پس از سیلاب است. از آنجا که عدم انسجام سازمانی در پیکره دولت بسیار تأثیرگذار است، باید براساس نظام‌نامه‌ای برنامه‌ریزی‌شده و ساختاریافته سامانه‌ای جامع برای مدیریت و کنترل سیل در سطح فراسازمانی ایجاد شود که در آن به‌دقت وظایف و اختیارات دستگاه‌ها و نهادها برنامه‌ریزی‌شده باشد، به طوری که امکان انجام کارهای موازی و همپوشان نباشد و این وظایف به همراه متصدی ایجاد شود. این سامانه باید

انجام گیرد و تمامی جزئیات مؤثر در وقوع این پدیده در نظر گرفته شود.

#### • برنامه‌ریزی شهری و مدیریت کاربری اراضی

سیاست‌های استفاده از اراضی از طریق تأثیر متقابل آن بر منطقه می‌تواند به کاهش خطر سیل کمک کند. برنامه‌ریزی شهری باید کمک کند تا شهرها بتوانند رخداد سیل را پیش از شرایط بحران پیش‌بینی کنند و رشد شهر و عملیاتی کردن خدمات (حمل‌ونقل، انرژی، آب و فاضلاب و...) از طریق اجرای نقشه‌های کارشناسی و توسعه شهری برنامه‌ریزی و کنترل شود.

مدیریت کاربری اراضی و توسعه شهری باید براساس موارد زیر ساماندهی شود:

- در مناطقی از شهر که آسیب‌پذیرند، به جای گسترش و توسعه شهری، تمهیداتی برای زمانی که بالا آمدن و طغیان رودخانه‌ها اتفاق می‌افتد، در نظر گرفته شود تا سایر نقاط شهر در امان باشند.
- ایجاد مناطق کشاورزی در بالادست برای تسکین سیلاب و در پی آن، کاهش خطر بالا آمدن و طغیان رودخانه‌ها در پایین‌دست (نزدیک مناطق شهری).
- جلوگیری یا محدود کردن توسعه جدید در نواحی سیل‌خیز. این اقدام می‌تواند بر مسائل اجتماعی و اقتصادی از لحاظ تجدید جمعیت و ضعف رشد اقتصادی مناطق تأثیرگذار باشد که باید راه‌کار جداگانه‌ای برای جبران آن اندیشیده شود.
- توسعه مدیریت مناطق بالادست به‌خصوص عملیات آبخیزداری. این اقدامات می‌تواند با کاهش فرسایش خاک یا فراهم کردن کشاورزی سازگار با محیط اتفاق افتد. مطالعات و تجربیات گذشته نشان داده‌اند که مدیریت استفاده از اراضی در نواحی سیل‌خیز در کنترل سیلاب ناشی از بالا آمدن آب رودخانه‌ها بسیار مؤثر بوده است [۷].

• آموزش همگانی به منظور آگاهی از پدیده و خطرهای آن تقویت فرهنگ ریسک در جوامع یک پارامتر کلیدی در مدیریت بحران محسوب می‌شود. دو مورد مهم در این مقوله، ایجاد آگاهی عمومی نسبت به خطر محتمل و تقویت یکپارچگی رفتار و عملکرد هنگام مواجهه با بحران است. اغلب افراد درگیر در حوادث و ساکنان آن مناطق

• برنامه‌ریزی صحیح و مدیریت اقدامات کنترل سیلاب به طور کلی، وقوع سیل به صورت بلندمدت غیرقابل پیش‌بینی و پیشگیری است و فقط با مدیریت صحیح و اقدامات مناسب می‌توان میزان ویرانگری و خسارت‌های آن را کاهش داد و از احتمال وقوع یک سیل با شدت بیش از اندازه جلوگیری کرد. ضعف در مدیریت سیلاب، مهم‌ترین دلیل در به وجود آمدن خسارت‌های چشمگیر سیلاب‌های اخیر است. هرگونه اقدام هنگام وقوع بحران باید قبلاً و پیش از بحران برنامه‌ریزی شده باشد. این موضوع در مدیریت سیلاب‌های اخیر استان‌های سیل‌زده به چشم می‌خورد. از مهم‌ترین اقدامات در این زمینه می‌توان به چند مورد اشاره کرد:

- تهیه نقشه آسیب‌پذیری و خطرپذیری با توجه به سناریوهای مختلف وقوع سیلاب؛
- استقرار سامانه هشدار سیل در مخازن سدها و رودخانه‌های پایین‌دست؛
- پیش‌بینی ورودی به سد و چگونگی رهاسازی براساس ورودی و ظرفیت پایین‌دست؛
- رها کردن به موقع آب از مخازن سدها؛
- تعیین محل‌های طبیعی برای انحراف و تسکین سیلاب.

#### • جلوگیری و مقابله با فعالیت‌های انسانی سیل‌ساز

همان‌طور که اشاره شد، سیل به غیر از داشتن منشأ طبیعی مانند وقوع بارندگی‌های شدید در مدت کم یا طغیان رودخانه‌ها و ذوب سریع برف و یخ، منشأ انسانی نیز دارد که امروزه آثار فراوانی بر پیدایش سیل در بسیاری از مناطق شده است. عواملی مانند تخریب پوشش گیاهی و جنگل‌زدایی، تغییر کاربری و دخالت در حریم رودخانه با ساخت‌وساز غیر اصولی و شکسته شدن سدها و آب‌بندها در وقوع و تشدید سیلاب‌ها بسیار تأثیرگذارند و منشأ انسانی دارند. پرواضح است که با استفاده از اقدامات لازم و اصولی برای جلوگیری و پیشگیری از عوامل مؤثر در وقوع پدیده سیل با منشأ انسانی، می‌توان تا حد زیادی از احتمال وقوع این نوع سیلاب‌ها با شدت زیاد و به وجود آمدن خسارت‌های جبران‌ناپذیر جلوگیری کرد. درخور توجه است که این اقدامات باید در چارچوب قوانین و نظامی استاندارد متناسب با شرایط منطقه و اقلیم مد نظر

فرصت نفوذ آب به درون زمین خواهد شد. همچنین، با اجرا و مدیریت صحیح این عملیات می‌توان پس از کنترل و تعدیل سیلاب، آب را به درون آبخوان‌ها و سفره‌های آب زیرزمینی هدایت کرد تا از هدررفت آن جلوگیری شود. بنابراین، با استفاده از اقدامات آبخیزداری برای هر منطقه متناسب با مطالعات و خواص آن ناحیه می‌توان تمهیداتی برای پیشگیری از وقوع سیل‌های شدید و زیان‌بار انجام داد.

#### • استفاده و احیای ظرفیت تالاب‌ها و مسیل‌های طبیعی

##### برای کاهش شدت سیل

از مناطق طبیعی‌ای که بسیار به کاهش شدت سیلاب کمک می‌کنند، تالاب‌ها و مسیل‌های طبیعی هستند. تالاب به مناطق مردابی‌ای گفته می‌شود که مشخصاتشان چیزی بین خشکی و آب است. آب تالاب‌ها به صورت طبیعی یا مصنوعی، دائم یا موقت با آب ساکن یا جاری شیرین یا شور است که از لحاظ زیست‌محیطی بسیار مهم هستند. همچنین، چالاب‌گودالی است که آب باران یا آب سیل در آن مانده و جمع شده باشد و مسیل‌ها به جریان‌های سطحی آب گفته می‌شود که فقط در مواقع بارندگی و جاری شدن سیلاب، آب در آنها جریان می‌یابد. این نواحی طبیعی بستر می‌توانند در مواقع وقوع سیلاب پذیرنده سرریز آب رودخانه‌ها و رواناب‌های سطحی باشند و از شدت سیل بکاهند. بنابراین، اقدامات به منظور احیای ظرفیت تالاب‌ها به‌ویژه تالاب هورالعظیم و بام‌دژ در استان خوزستان و مسیل‌های طبیعی و حفاظت از آنها و از بین نبردن یکپارچگی این منابع از جمله راه‌کارهای مناسب برای پیشگیری و کاهش خسارت سیل است.

#### • طراحی و بازاحداث سازه‌های تقاطعی رودخانه با کفایت

##### ظرفیت آب‌گذری برای دوره بازگشت سیلاب طراحی

ایجاد سازه‌های تقاطعی مانند پل‌ها و سد انحرافی در مسیر رودخانه‌ها روی الگوی جریان تأثیر می‌گذارد. این تأثیر به نوبه خود، الگوی رودخانه، هندسه آبراهه و رابطه بین دبی و سطح آب را تغییر می‌دهد. برخی از این سازه‌ها سبب انحراف جریان شده که نتیجه آن آبشستگی در مجاورت سازه است. افزایش سرعت ناشی از وجود این سازه‌ها، عمق آبشستگی و افت انرژی عبور جریان را افزایش می‌دهد. افت انرژی بیشتر، سبب افزایش سطح آب در بالادست پل‌ها می‌شود و این خود افزایش سطح سیل‌گیری در بالادست را

آگاهی کافی از پدیده و خطرهای ناشی از آن ندارند و به یک آموزش مناسب توسط مدارس، رسانه‌ها، کارگاه‌های آموزشی و... نیاز دارند.

#### • اقدامات آبخیزداری

از مهم‌ترین و کلی‌ترین اقدامات لازم و ضروری برای مدیریت صحیح هر منطقه با هر اقلیم، اقدامات آبخیزداری<sup>۱</sup> است. آبخیزداری مطالعه و ویژگی‌های یک حوضه آبخیز و فرایند بررسی و اجرای طرح‌ها و برنامه‌ها با هدف توزیع پایدار منابع حوضه آبخیز و تضمین پایداری کارکردهای آن با توجه به تأثیری است که بر جوامع گیاهی و جانوری و انسانی آن حوضه دارد. هدف از آبخیزداری تحت کنترل درآوردن عملیات کشاورزی، دامپروری، ساختمان‌سازی، راهسازی، قطع درختان و به‌طور کلی، هرگونه عملی چه مفید و چه مضر، چه مثبت و چه منفی، ارزیابی آنها و توجه به وضعیت آبخیز براساس خصوصیات زمین‌شناسی، خاک‌شناسی، پوشش گیاهی، اقلیم‌شناسی، هیدرولوژی و ارائه رهنمودها و پیشنهادها برای اجرا و مدیریت صحیح در مورد همه عوامل طبیعی و زیستی هر اکوسیستم در واحدهای طبیعی خاص و اعمال مدیریت روی عواملی که در توزیع آب و کیفیت هیدرولوژیکی تأثیر دارند، تا به صورت مطلوب و علمی، خاک حوضه آبخیز از فرسایش حفظ شود. عملیات آبخیزداری به دو صورت بیولوژیکی و مکانیکی صورت می‌گیرد. عملیات بیولوژیکی به ارائه طرح‌های کاشت نهال، بذرکاری و... برای حفظ عرصه طبیعی آبخیز (از نظر پوشش گیاهی) و بهبود وضعیت آن و تثبیت بیولوژیک خاک از طریق پوشش گیاهی می‌پردازد. عملیات مکانیکی شامل ارائه طرح‌هایی مانند احداث بندهای خاکی، گابیون، خشکه‌چین و عملیات ذخیره نزولات آسمانی از طریق احداث فارو، تراس و بانکت‌بندی در این مجموعه است. در برخی موارد این عملیات به صورت تلفیقی انجام می‌شود و به تعبیری عصاره مطالعات بیولوژیکی و مکانیکی است که طرحی جامع و کلی ارائه می‌دهد. اجرای فعالیت‌های متنوع آبخیزداری موجب کاهش سرعت سیلاب، فیلتر کردن سیلاب با ترسیب مواد محموله سیل و افزایش

1. Watershed Management

رودخانه از سواحل طبیعی خود بیرون می‌رود، باشد و بخش عمده زمین‌های اطراف رودخانه را از آب‌گرفتگی محافظت کند. در مناطق شهری و سایر مناطق که ارزش زمین‌ها زیاد است، به جای گوره از دیواره‌های سیل‌بند استفاده می‌شود.

#### • تعبیه سامانه‌های هشدار سیل در رودخانه‌های سیلابی

امروزه سیستم‌های هشدار سیل به عنوان بهترین و مؤثرترین روش‌های غیرسازه‌ای، به دلایلی مانند هزینه بسیار کم، کارایی و عملکرد زیاد، سازگاری با محیط زیست و سهولت اجرا و بهره‌برداری، به طور وسیعی در کشورهای مختلف دنیا استفاده می‌شود. سیستم‌های هشدار سیل در مقایسه با سایر روش‌های غیر سازه‌ای، نظیر بیمه سیلاب و تغییر کاربری اراضی، در صورت ارائه آموزش‌های لازم، هیچ‌گونه مقاومتی را از سوی افراد و ساکنان بومی سیلاب‌دشت‌ها به دنبال نداشته و معمولاً با اقبال عمومی نیز روبه‌رو بوده است و بنابراین، قابلیت اجرایی و کارایی آن را می‌توان بیشتر از دیگر روش‌ها دانست [۱۰]. تا کنون تعداد کمی از این سامانه‌ها در ایران تعبیه شده و لازم است در تمامی رودخانه‌های کشور به‌خصوص رودخانه‌های سیلابی، چنین سیستمی تعبیه شود. حوضه‌های آبریز کرخه و کارون بزرگ به دلیل داشتن رودخانه‌های مهم و سیلابی که بیشترشان کنترل شده‌اند؛ ملزوم به تجهیز سامانه‌های هشدار سیل هستند که باید طی تحقیقات و مطالعات گسترده در این منطقه به عمل آید.

#### • مدیریت صحیح مخزن سد

بحث مهم دیگر در کنترل سیلاب حوضه‌های آبریز استان خوزستان، مدیریت صحیح و اصولی مخازن سدها در رهاسازی به موقع آب در زمان بحرانی است که باید با پیش‌بینی و برنامه‌ریزی صحیح اجرا شود. به این منظور، وجود سرریزهای مجهز به درچه، سازه‌های تنظیم متحرک و کنترل کامل مخزن در شرایط سیلابی و نرمال توسط بهره‌برداران بسیار ضروری و در عین حال نیازمند کنترل جدی‌تر و قوی‌تر نیز است.

#### • کنترل دقیق‌تر در حوضه‌های با سدهای متعدد

در استان خوزستان و به‌ویژه در حوضه کارون بزرگ سدهای متعددی وجود دارد که این منطقه را به حوضه‌ای

در پی دارد [۸]. میزان افزایش تراز سطح آب در بالادست سازه بیشتر به عواملی مانند نوع سازه، مورفولوژی رودخانه و دشت سیلابی آن، موقعیت قرارگیری رودخانه در دشت سیلابی، وضعیت قرارگیری سازه و دبی عبوری رودخانه بستگی دارد [۹]. بنابراین، طراحی و ساخت سازه‌های تقاطعی باید اصولی و به منظور کمترین تشدید سیل در رودخانه‌ها باشد. بنابراین، سازه‌هایی که طبق گزارش‌های کارشناسان در تشدید سیلاب و خسارت‌ها تأثیر داشته‌اند نیز باید مورد بازنگری و بازسازی قرار گیرند. در ضمن، باید علاوه بر مورد توجه قرار دادن دوره‌های بازگشت مناسب برای سیل طراحی در این سازه‌ها، پایداری سازه‌ای آنها برای سیل‌های تاریخی و بیش از سیل طراحی نیز بررسی شود. در استان خوزستان و به‌ویژه روی رودخانه کرخه سدهای مخزنی، تنظیمی و انحرافی و پل‌های متعددی با اهداف مختلفی احداث شده است. تعدادی از پل‌ها در مسیر این رودخانه نظیر پل باستانی و پل فلزی مخروبه هستند که بازسازی و ترمیم اصولی آنها به منظور بهبود وضعیت تشدید سیل باید مورد توجه قرار گیرد.

#### • راه‌کارهای در سطح حوضه‌های آبریز کارون بزرگ و کرخه اقدامات سازه‌ای

اقدامات سازه‌ای با هدف کاهش پیک سیلاب، افزایش ظرفیت رودخانه‌ها و جلوگیری از طغیان رودخانه‌ها و انتقال و هدایت آب اضافی به مناطق دیگر انجام می‌شوند و به این وسیله، خسارت‌های سیل کاهش می‌یابد. از جمله اقدامات ضروری که برای کنترل سیل و محدود کردن جریان سیلاب در یک عرض معینی از رودخانه‌ها در حوضه‌های آبریز استان خوزستان باید مورد توجه قرار گیرد، بازسازی، تقویت یا احداث سیل‌بندها و خاکریزهای مناسب در نقاط پایین‌دست سدهاست. این سازه‌ها از پخش شدن و گسترش سیلاب در زمین‌های اطراف رودخانه جلوگیری کرده و آن را در یک مسیر و مجرای مشخص و محدود هدایت می‌کند. همچنین، ساخت گوره‌ها (خاکریزهای سیل‌بند) قدیمی‌ترین، رایج‌ترین و نیز یکی از روش‌های مهم مهار سیلاب از دیرباز تا کنون بوده است. گوره، بند خاکی کوتاهی است که در فواصل مختلف از کناره رودخانه و در امتداد آن ساخته می‌شود تا به عنوان سواحل مصنوعی در دوره‌های سیلابی که آب

کردن رودخانه‌ها و یا دریاچه‌ها و یا حوضچه بنادر، پر کردن گودی‌ها در زیر آب یا خشکی، جایگزینی مواد با کیفیت خوب و مناسب به جای مواد ضعیف در زیر آب می‌شود. همچنین، باید عملیات لایروبی که گستردگی زیادی در منطقه دارد و تأثیرات زیست‌محیطی متفاوت مانند خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و فیزیولوژیکی را دارد، بررسی شود. به‌طور مثال، در بسیاری موارد این اقدام موجب افزایش غلظت رسوبات در پایین‌دست رودخانه می‌شود و در تخم‌ریزی برخی ماهیان اختلال ایجاد می‌کند. بنابراین، تا حد ممکن بهتر است که قبل از لایروبی اقدامات پیشگیرانه از کاهش ظرفیت ذخیره سدها انجام گیرد و از ورود رسوبات به مخازن جلوگیری شود. طی وقوع سیل اخیر در حوضه آبریز کرخه، فرسایش بستر رودخانه کرخه و رسوبات حاصل از تخریب مناطق پلدختر و معمولان توسط دبی سیلابی رودخانه کشکان (دبی ۶۴۰۰ مترمکعب در ثانیه یعنی حدود ۳ برابر حد معمول در این فصل)، سبب انتقال این رسوبات به مخزن سد کرخه و کاهش حجم ذخیره مخزن این سد شد. سدسازی با کاهش رسوبات رودخانه‌ای که در مخزن و یا دریاچه سد رسوب می‌کنند، توازن طبیعی پتانسیل رسوب‌گذاری را در پایین‌دست سد به هم می‌زند و موجب فرسایش شدید مسیر رودخانه پایین‌دست می‌شود. معمولاً آبی که در پشت سدها ذخیره می‌شود، حاوی گل و لای است که گاه تا یک سوم حجم مواد سیلابی جمع‌شده در مخزن سدها را شامل می‌شود. در اصل خروجی سرریز سد گل و لای ندارد و این مورد سبب کاهش حجم ذخیره مخزن سد و افزایش ظرفیت انتقال رسوب یا به بیانی، افزایش شدت سیلاب و فرسایش رودخانه می‌شود. کاهش رسوب ورودی به دریاچه یا مخزن سد با عملیات آبخیزداری، جنگل‌داری، مرتع‌داری و زیست‌محیطی ممکن است.

- استفاده از پوشش گیاهی موجود در اطراف رودخانه برای کاهش شدت سیل

در مناطقی از حوضه آبریز کرخه به‌ویژه در اطراف رودخانه کرخه پوشش گیاهی و بیشه‌زارهایی با تراکم گوناگون وجود دارد (شکل‌های ۶ و ۷). عرض بستر سیلابی در نقطه‌ای واقع در حدود ۸ کیلومتری جنوب شهر شوش به حدود ۴ کیلومتر رسیده است. رسوبات غالب در بستر سیلابی از نوع

بسیار کنترل‌شده تبدیل کرده است. بنابراین، این منطقه به کنترل جدی و دقیق نسبت به سایر مناطق دیگر نیاز دارد و باید در برنامه‌ریزی و مدیریت آن با کمترین خطاهای انسانی و تصمیم‌های نادرست بهره‌برداری صورت گیرد. استفاده از سیستم‌های پیشرفته هشدار سیل به مدیریت بهتر در این منطقه کمک شایانی خواهد کرد.

- رعایت حد بستر و حریم رودخانه و سیلاب‌دشت‌ها

یکی از عوامل انسانی‌ای که موجب وقوع سیل در استان خوزستان می‌شود، بحث رعایت نکردن حد بستر و حریم رودخانه و سیلاب‌دشت‌هاست. تجاوز به حریم‌ها و اسکان‌های غیرمجاز در حاشیه رودخانه‌ها خطرهای بروز سیل را تشدید می‌کنند. ساخت‌وسازهای انجام‌شده در بستر رودخانه، علاوه بر نابودی پوشش گیاهی اطراف رودخانه‌ها، تخریب خاک و دیگر منابع طبیعی را به همراه دارد و وجود سازه‌ها در مسیل‌ها به عنوان مانع، حرکت طبیعی آب را سد می‌کند و سیل را با شدت بیشتری داخل شهر جاری می‌سازد. همچنین، با توجه به این نکته که دشت‌های حاشیه رودخانه دز در حوضه آبریز کارون بزرگ وسیع و کم‌ارتفاع هستند و در نظر گرفتن وجود اختلاف ارتفاع بین لبه رودخانه و سیلاب‌دشت پیرامون آن، در صورت خارج شدن سیلاب از مقطع رودخانه و جاری شدن در سیلاب‌دشت‌ها، شاهد دو نوع جریان با عمق و سرعت متفاوت، در مقطع اصلی رودخانه و سیلاب‌دشت خواهیم بود. همچنین، به دلیل شیب کم سیلاب‌دشت‌ها، امکان برگشت سریع سیلاب به مقطع اصلی رودخانه وجود ندارد و بسته به حجم سیلاب، جریان سیلابی تا مدتی در سیلاب‌دشت‌ها باقی می‌ماند. بنابراین، باید حریم بستر و سیلاب‌دشت‌های رودخانه‌های حوضه‌های آبریز استان خوزستان و به‌ویژه حوضه کارون بزرگ توسط ارگان‌های مربوط به آن بازمینی و بازنگری شوند و نظارت جدی در خصوص امنیت حدود بستر و حریم رودخانه‌ها به عمل آید.

- افزایش ظرفیت ذخیره سدها

از دیگر مباحثی که باید توجه ویژه‌ای در راستای مدیریت و کنترل سیل در استان خوزستان به آن صورت گیرد، بحث افزایش ظرفیت ذخیره سدهای حوضه‌های آبریز است که معمولاً این هدف با اقدامات لایروبی انجام می‌شود. لایروبی اهدافی را در پی دارد که به‌اختصار شامل عمیق

بازداشته می‌شود. یعنی سرعت باران با میزان پوشش گیاهی و تراکم آن، نسبت عکس دارد. مطابق این بررسی، هرچه تراکم و میزان پوشش گیاهی بیشتر باشد، سرعت جریان آب و باران کمتر خواهد بود و امکان ایجاد و شکل‌گیری سیل کاهش خواهد یافت [۱۱]. بهتر است در مواقع سیلابی، جریان سیلاب را با استفاده از آبراه‌های کنترل‌شده، سازه‌های کنترل جریان و احداث سد انحرافی متناسب با محل مد نظر به سمت این مناطق متمرکز کرد تا حجم زیادی از این جریان نفوذ یابد و یا سبب کاهش سرعت جریان سیل شود.

ماسه و سیلت است. این مسئله سبب ایجاد شرایط مناسب برای رشد بیشه‌ها و بوته‌زارها شده است. کاهش مقدار شیب بستر رودخانه، ایجاد فرسایش کناری، تشکیل بستر سیلابی عریض عواملی هستند که در تشکیل بیشه‌های انبوه در بازه یادشده (به‌خصوص منطقه شوش و نواحی شمالی و جنوبی آن) کارکردی اساسی داشته‌اند. پوشش گیاهی در مسیر جریان سیل موجب افزایش نفوذ، کاهش سرعت رواناب و در نتیجه کاهش شدت سیلاب و خسارت‌های آن می‌شود. در صورت وجود پوشش گیاهی، حرکت بخشی از نزولات جوئی توسط تاج‌پوشش گیاهان و بقایای گیاهی و آلی پای آن



شکل ۶. تشکیل بیشه‌زار انبوه در جوار ساحل راست رودخانه کرخه در منطقه سرخه



شکل ۷. بیشه‌زار انبوه در بستر سیلابی رودخانه کرخه در جنوب منطقه شوش

#### • کسب اطلاعات کافی و شناسایی جامع منطقه

به‌طور کلی، شناخت منطقه از نظر زمین‌شناسی، خاک‌شناسی، توپوگرافی و... برای مدیریت بهتر و صحیح سیلاب و پیشگیری از شدت و خسارت‌های آن بسیار مفید و کارآمد خواهد بود. همچنین، شناخت هیدرودینامیک رودخانه‌های موجود در حوضه‌های آبریز استان خوزستان و بررسی و کسب اطلاعات مناسب از آنها توسط کارشناسان مربوطه در امر تصمیم‌گیری مسئولان و متولیان امر بسیار اهمیت دارد، زیرا بسیاری از خسارت‌ها و شدت یافتن بی‌رویه سیل در برخی مناطق به دلیل نبود شناخت صحیح از منطقه و تصمیم‌گیری نادرست در راستای آن بوده است. حتی بازنگری در برخی مناطق که در آنجا مطالعات و تحقیقاتی نیز صورت گرفته، لازم و مهم است.

#### نتیجه‌گیری

با توجه به اینکه خطرهای ناشی از سیل جان بسیاری از انسان‌ها را تهدید می‌کند، امروزه آشنایی با این‌گونه خطرهای و خسارت‌های ناشی از آنها، و همچنین راه‌کارهای ارزیابی و مقابله با آن، اهمیت زیادی در سیستم‌های مدیریتی دارد. با توجه به سابقه استان خوزستان در وقوع مکرر این بلای طبیعی و به بار آوردن خسارت‌های جانی و مالی فراوان، بررسی و ارزیابی سیل در این استان بسیار ضروری به نظر می‌رسد. پس از بررسی گزارش‌ها و تحقیقات کارشناسان مربوطه در این زمینه مشخص شد که اصلی‌ترین دلیل وقوع سیل و تشدید خسارت‌ها در کشور و استان خوزستان، عدم اعتماد دست‌اندرکاران مدیریت سیل به پیش‌بینی‌ها و نتایج شبیه‌سازی‌های بارش-رواناب مربوط به سیل یادشده در اجرای به‌موقع اقدامات کنترل سیل و نیز استفاده از کلیه قابلیت‌ها و ظرفیت‌های مخازن سدها برای کنترل و تعدیل سیل است. به بیانی دیگر، عدم اطمینان، همکاری و هماهنگی بین ارگان‌ها و نهادهای مرتبط با مدیریت و کنترل سیل در قبل، هم‌زمان و بعد از وقوع سیل مهم‌ترین عامل بروز سیل و تشدید آن بود. بنابراین، ایجاد یک سامانه فراسازمانی جامع براساس نظام‌نامه‌ای برنامه‌ریزی‌شده و ساختاریافته ضروری است. همچنین، با توجه به انسانی بودن عوامل پیدایش سیل در استان خوزستان، جلوگیری و مقابله با این اقدامات سیل‌ساز اهمیت فراوان دارد. به مواردی مانند برنامه‌ریزی

شهری و مدیریت کاربری اراضی، آموزش همگانی به منظور آگاهی از پدیده سیلاب و خطرهای آن، استفاده احیای ظرفیت تالاب‌ها و مسیل‌های طبیعی برای کاهش شدت سیل، طراحی و بازاحداث سازه‌های تقاطعی رودخانه با کفایت ظرفیت آبخیزی برای دوره بازگشت سیلاب طراحی نیز باید توجه ویژه شود. توجه به اقدامات آبخیزداری نیز برای مدیریت و کنترل سیلاب بسیار مهم است. اگر عملیات آبخیزداری در قالب مدیریت جامع حوضه آبخیز انجام شود، سایر عملیات از جمله سدسازی اصولی نیز کارآمد خواهد بود و می‌توان با سیل‌های ویرانگر مقابله کرد. به‌طور کلی، با مدیریت و اجرای عملیات آبخیزداری به صورت اصولی و صحیح می‌توان تهدید سیلاب را به فرصتی برای مقابله با کم‌آبی و خشکسالی کشور تبدیل کرد.

همچنین، راه‌کارهایی برای مدیریت و کنترل سیل در سطح حوضه‌های آبریز کارون بزرگ و کرخه ارائه شد که بی‌توجهی به آنها سبب تشدید سیلاب و خسارت در سال ۱۳۹۷-۱۳۹۸ شد. با توجه به اقداماتی مانند بازسازی، تقویت یا احداث سیل‌بندها و خاکریزهای مناسب در نقاط پایین‌دست سدها، تعبیه سامانه‌های هشدار سیل در نواحی بحرانی و سیل‌خیز، مدیریت صحیح و اصولی مخازن سدها در رهاسازی به‌موقع آب در زمان مناسب، کنترل دقیق‌تر در حوضه‌های با سدهای متعدد، رعایت حد بستر و حریم رودخانه و سیلاب‌دشت‌ها، افزایش ظرفیت ذخیره سدهای حوضه آبریز، استفاده از پوشش گیاهی موجود در منطقه برای نفوذ بیشتر و کاهش شدت سیلاب و کسب اطلاعات کافی و شناسایی جامع منطقه به منظور تصمیم‌گیری و مدیریت صحیح سیلاب در استان خوزستان، می‌توان تا حد زیادی از بروز و شدت این بلای طبیعی و خسارات آن جلوگیری کرد.

#### منابع

- [1]. Ardestani M. and Golestaneh M. Investigating the River Flood Properties and its Role in Flood Management (Case Study: Korkanloo Stream). 3th Conference on Iran Water Resources Management. Faculty of Civil Engineering. Tabriz University; 2008. [Persian]
- [2]. Asghari moghadam, M. City Natural Geography, City Hydrology and Flood, Masei Publishers, Tehran; 1999. [Persian]

- [3]. Yamani M., Moradi A. and Rahimi Harabadi S. Determination of flood privacy and its role in the sustainability of residential development (Case study: Tootshami River). *Journal of Geography and Environmental Sustainability*. 2013; 3(9): 1-10. [Persian]
- [4]. Moayeri M. and Entezari M. Floods and review floods in province of Esfahan. *Journal of Geographic perspective*. 2008; 3(6): 110-124. [Persian]
- [5]. Bambaiechi S., Banihashemi M. and Monem M. Types of floods due to dam failure and Crisis Management Operational Program in Golestan Province. 2th National Conference on Flood Management and Engineering with Urban Flood Approach. Tehran; 2014. [Persian]
- [6]. Report on the investigation and analysis of flood events in Farvardin of 1398, Researches Center of the Islamic Consultative Assembly; 2019. [Persian]
- [7]. Flood Investigation Report Farvardin 1398 (Housing and Urban Development), Researches Center of the Islamic Consultative Assembly; 2019. [Persian]
- [8]. Farraday RV. and Charlton, FG. Hydraulic factors in bridge design. Report No. IT 180, Pp. 4-5, Hydraulics Research Station, Wallingford; 1978.
- [9]. George AB. Devon floods and Watereays of bridges. Part2: 125-134. *Proc. Instn Civ. Engrs*; 1982.
- [10]. Fadaei fard, M. and Salavi tabar. Flood warning systems and flood management, 4th Conference on Dam Construction, Tehran; 2001. [Persian]
- [11]. Ebrahimi gajouti, T., Zarban haghghi, A. and Abdi ghazi jahani, A. Investigating the effect of vegetation density on preventing damaging effects of flood, 2th International Conference on Integrated Natural Disaster Management, Tehran; 2007. [Persian]