بررسی وضعیت سیل در کشور؛
اقدامات انجام شده و تجربیات سایر کشورها

کد موضوعی: ۲۵۰
شماره مسلسل: ۱۵۵۵۴
آبان‌ماه ۱۳۹۶

معاونت پژوهش‌های زیربنایی و امور تولیدی
دفتر: مطالعات زیربنایی

به‌نام خدا

فهرست مطالب

چکیده ۱
مقدمه ۲
۱. کلیات ۳
۱-۱. انواع سیل ۳
۱-۲. مهمترین دلایل تشدید خسارات سیل در کشور ۴
۲. بررسی وضعیت سیل در کشور ۵
۳. اقدامات انجام شده در کشور در جهت پیشگیری و کنترل سیل ۱۰
۳-۱. روش‌های سازه‌ای مهار سیلاب ۱۰
۳-۲. روش‌های غیرسازه‌ای مهار سیلاب ۱۱
۴. تجربیات جهانی در زمینه پیش‌بینی و مدیریت سیلاب ۱۴
۴-۱. تجربیات کشور کانادا ۱۴
۴-۲. تجربیات ایالات متحده آمریکا ۱۵
۴-۳. سیستم هشدار سیل اروپا ۱۶
۴-۴. تجربیات کشور بنگلادش ۱۷
۴-۵. تجربیات کشور هند ۱۸
۴-۶. تجربیات کشور نپال ۱۹
۴-۷. تجربیات کشور ژاپن ۲۰
۵. مدیریت جامع سیل در کشور ۲۱
۶. تحلیل کارشناسی ۲۴
نتیجه‌گیری و پیشنهادها ۲۷
منابع و مآخذ ۲۹

بررسی وضعیت سیل در کشور؛ اقدامات انجام شده و تجربیات سایر کشورها

چکیده

در سال‌های اخیر به‌دلیل حاکم بودن پدیده تغییر اقلیم و برخی فعالیت‌ها و دخالت‌های نامطلوب انسان در طبیعت، تناوب، شدت و خسارات سیل‌های به‌وقوع پیوسته در کشور افزایش یافته است. به‌ویژه در سال‌های ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ اغلب مناطق کشور با سیل‌های شدید و مخربی مواجه بوده‌اند. در حالی که در سال ۱۳۹۳، تنها ۴ سیل با بارش بیشتر از ۱۰۰ میلی‌متر در کشور ثبت شده است، این رقم برای سال ۱۳۹۴، برابر ۲۹ سیل و برای سال ۱۳۹۵، برابر ۳۱ سیل بوده است. بررسی آمار مربوطه نشان می‌دهد که استان مازندران با ۵۶ سیل در فاصله بین سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۹۵ سیل‌خیزترین استان کشور بوده و بعد از آن، گیلان با ۲۲ سیل، بوشهر با ۱۶ سیل، لرستان با ۱۵ سیل و کرمانشاه با ۱۱ سیل در مقام‌های بعدی قرار دارند. در اثر سیل‌های به وقوع پیوسته در سال ۱۳۹۴، تعداد ۵۵ نفر و در سال ۱۳۹۵ تعداد ۵۷ نفر جان خود را از دست داده‌اند. علاوه‌بر تلفات جانی، خسارات مالی زیادی نیز به کشور وارد شده است که اغلب شامل تخریب منازل مسکونی، تأسیسات شهری و جاده‌ها و راه‌های مواصلاتی بوده است. جهت کنترل و مهار سیلاب از روش‌های سازه‌ای و غیرسازه‌ای استفاده می‌شود که در کشور ایران اغلب راهکارها از نوع سازه‌ای بوده و علیرغم کمتر بودن هزینه و کارآیی بیشتر روش‌های غیرسازه‌ای ازجمله عملیات آبخیزداری و مدیریت حوضه و سامانه‌های پیش‌بینی و هشدار سیل، این روش‌ها در کشور توسعه چندانی نیافته‌اند. بررسی تجارب کشورهای مختلف دنیا نیز نشان می‌دهد که اغلب کشورها به سمت استفاده از روش‌های غیرسازه‌ای و به‌خصوص سیستم‌های پیش‌بینی و هشدار سیل پیش می‌روند و در آن کشورها اساس مدیریت سیلاب بر مدیریت ریسک استوار است. در کشورهای پیشرفته‌ای مانند کانادا، ایالات متحده آمریکا و کشورهای اروپایی، سامانه‌های هشدار سیل پیشرفت بسیار زیادی کرده و با پیش‌بینی به‌موقع زمان و شدت وقوع سیلاب، اقدامات مؤثری در زمینه مدیریت و کنترل سیل انجام داده‌اند و خسارات و تلفات ناشی از آن را به حداقل رسانیده‌اند. همچنین کشورهای در حال توسعه جنوب شرق آسیا، مانند بنگلادش، هند و ژاپن نیز ازجمله سیل‌خیزترین کشورها هستند که با راه‌اندازی سیستم‌های پیش‌بینی سیل، اقدامات مؤثری در زمینه کنترل و مدیریت سیلاب انجام داده‌اند. اغلب سیل‌های به وقوع پیوسته در کشور ایران از نوع ناگهانی و رودخانه‌ای بوده و بنابراین مدیریت و ساماندهی رودخانه‌ها، نقش بسیار مهمی در مدیریت و کاهش خسارات سیل خواهد داشت. علیرغم فعالیت‌های انجام شده در راستای آزادسازی حریم و بستر رودخانه‌ها، همچنان ساخت‌وسازها در مناطق ممنوعه ادامه داشته و در بسیاری از موارد برخورد قاطع با متصرفین صورت نمی‌پذیرد که این موضوع، خود

زمینه‌ساز افزایش خسارات و تلفات ناشی از سیل خواهد بود. با توجه به نقش نهادهای مختلف در مدیریت سیلاب، لازم است که تمامی دستگاه‌ها با برنامه واحد و هماهنگ و در قالب برنامه مدیریت جامع سیلاب اقدامات خود را در زمینه کنترل، مهار و مقابله با سیلاب انجام دهند، چراکه با توجه به پیش‌بینی ادامه روند پدیده تغییر اقلیم و همچنین افزایش دخالت‌های انسان در طبیعت، اکثر نقاط کشور با سیلاب‌های مخرب و تلفات و خسارت‌های ناشی از آن مواجه خواهند شد.

مقدمه

شرایط اقلیمی ایران و غیریکنواخت بودن توزیع زمانی و مکانی بارش‌ها در کشور، باعث بروز سیل‌های مخرب در فصول مختلف سال و وارد شدن خسارات فراوان در مناطق مختلف کشور می‌شود. واقع شدن ایران در اقلیم مدیترانه‌ای باعث شده است که ریزش‌های جوی اغلب به‌صورت ناگهانی و در مدت زمان کوتاهی اتفاق بیافتد. با توجه به شرایط اقلیمی و جغرافیایی کشور و آب و هوای خشک و نیمه‌خشک، استفاده بهینه از این ریزش‌های جوی بسیار حائز اهمیت است (پرنده خوزانی و لشکری، ۱۳۸۹). در اغلب مناطق، ساخت‌وسازهای غیراصولی و استفاده بی‌رویه از طبیعت موجب شده است تا بخش اعظمی از باران، در سطح زمین جاری شده و ضمن وارد کردن خسارات مالی و جانی و عدم تغذیه سفره‌های زیرزمینی، بدون هیچ‌گونه استفاده‌ای از دسترس خارج شود. وقوع سیل در هر نقطه‌ای از کشور محتمل بوده و تقریباً تمام نقاط کشور، برخی مواقع از این پدیده متأثر می‌شوند. البته نوع و مشخصات سیلاب در مناطق مختلف، متفاوت است. به‌عنوان مثال در مناطق شمالی کشور با وجود رودخانه‌های با طول کوتاه و شیب تند، اغلب تلفات و خسارات سیل زیاد بوده در حالی که در مناطق جنوبی اغلب سیلاب‌ها، تدریجی و ناشی از بارش‌های سنگین در بالادست رودخانه‌ها است و تلفات جانی کم، اما خسارات بسیار بالای اراضی کشاورزی، مسکونی و صنعتی را به همراه دارد.

آمار و اطلاعات موجود نشان می‌دهد که در سال‌های اخیر، تناوب، شدت و خرابی‌های سیلاب‌هایی که در برخی نقاط جهان و ازجمله کشور ایران اتفاق می‌افتد، رو به افزایش است و دلیل اصلی آن نیز گرم شدن جهانی جو و تغییر اقلیم عنوان می‌شود. البته باید در نظر داشت از عواقب پدیده تغییر اقلیم رخداد پدیده‌های حدی هواشناسی است بدین معنا که همان‌طور که فراوانی وقوع دوره‌های خشک و خشکسالی‌ها در اثر پدیده تغییر اقلیم افزایش می‌یابد، به همان نسبت نیز تغییر الگوی بارش به شکل بارش‌های سیل‌آسا و در زمان نامناسب نیز افزایش می‌یابد (Kundzewic.*et al*., 2014). در ایران نیز با توجه به افزایش فراوانی وقوع سیلاب‌ها، همه‌ساله در قوانین بودجه اعتبارات قابل توجهی به‌منظور بازسازی مناطق سیل‌زده و کمک به سیل‌زدگان پیش‌بینی می‌شود.

در این گزارش ابتدا وضعیت وقوع پدیده سیل و اقدامات انجام شده در راستای مدیریت سیلاب در کشور

بررسی شده و سپس تجربیات سایر کشورها در این زمینه بیان خواهد شد. همچنین سعی خواهد شد چالش‌ها و راهکارهای موجود در زمینه کنترل و کاهش آثار و خسارات این پدیده جوی مورد ارزیابی قرار گیرد.

۱. کلیات

جریان سیل ناشی از رواناب سطحی است که رواناب سطحی نیز حاصل ویژگی‌های بارش و خصوصیات حوضه آبریز است. اصولاً سیل، رویدادی ناگهانی است که به‌دلیل بارندگی بیش از حد، شکسته شدن دیواره سد و یا خرابی سیل‌برگردان‌ها در طی چند ساعت اتفاق می‌افتد. در تعریف دیگر «سیل، بالا آمدن نسبتاً زیاد آب در یک رودخانه یا مسیل است. این بالا آمدن حالتی نسبی داشته و اصولاً نسبت به رژیم عادی یا نرمال سنجیده می‌شود» (Nied.*et al.*, 2014). عموماً وقوع سیل به زمانی اطلاق می‌شود که آب، اراضی، کشت و زرع، ساختمان‌ها و ابنیه را تهدید کند. بر این اساس تا زمانی که آب در بستر دائمی رودخانه یا مسیل جریان داشته و باعث خسارت و تلفات نشده باشد، سیل محسوب نمی‌شود. اما زمانی که حجم آب زیاد شده و بستر دائمی رودخانه توانایی انتقال آب را نداشته باشد و اراضی مجاور رودخانه را نیز در بربگیرد، عنوان سیل یا سیلاب اطلاق خواهد شد.

۱-۱. انواع سیل

در یک طبقه‌بندی کلی می‌توان سیلاب‌های کشور را در چند دسته زیر طبقه‌بندی کرد (Nied *et al.*, 2014):

ـ **سیل ناگهانی:**[1] این نوع سیل در اثر بارش شدید در حوضه‌های کوچک اتفاق می‌افتد. مانند سیل گلابدره تهران (۱۳۶۶)، ماسوله (۱۳۷۷) و گلستان (۱۳۹۶). این نوع سیلاب‌ها عموماً در فصل بهار و تابستان اتفاق افتاده و به‌دلیل نوع واکنش حوضه آبریز نسبت به بارش‌های شدید، اغلب این نوع سیلاب‌ها غافلگیرکننده بوده و باعث خسارات و تلفات زیادی می‌شوند.

ـ **سیل رودخانه‌ای:**[2] در اثر بارش نسبتاً شدید و بلندمدت در حوضه‌های آبریز با مساحت زیاد یا بارش‌های متوالی بیش از ظرفیت نفوذپذیری حوضه اتفاق می‌افتد. مانند سیل‌های اخیر استان فارس، سیستان و بلوچستان و آذربایجان غربی.

ـ **سیل دریایی:**[3] این نوع سیل در اثر بالا آمدن سطح آب دریاها و یا دریاچه‌ها اتفاق می‌افتد مانند بالا آمدن سطح دریاچه خزر در سال‌های ۱۳۷۱ و ۱۳۷۵.

ـ **سیل ناشی از ذوب برف:**[4] برخی اوقات به‌دلیل افزایش ناگهانی دما و به دنبال آن ذوب برف‌های

1. Flash Flood
2. River Flood
3. Sea Flood
4. Snow Flood

بالادست، سیل اتفاق می‌افتد که این رخداد می‌تواند با بارش نیز همراه باشد. مانند سیل رودخانه کارون در فروردین‌ماه ۱۳۷۷.

در ایران با توجه به ویژگی حوضه‌های آبریز و شبکه‌های رودخانه‌ای، اغلب سیل‌های به‌وقوع پیوسته از نوع سیل‌های ناگهانی و رودخانه‌ای بوده و در سال‌های اخیر خسارات مالی و تلفات جانی بسیاری را به همراه داشته است.

۲-۱. مهمترین دلایل تشدید خسارات سیل در کشور

علت وقوع سیل در رودخانه‌ها و مسیل‌های کشور، بارش‌های شدید و مداوم در حوضه‌های آبریز مناطق سیل گرفته و بالادست آنهاست. اما برخی اقدامات و عوامل، باعث تشدید خسارات سیل می‌شوند که در زیر به آنها اشاره می‌شود.

ـ دخل و تصرف غیرمجاز در بستر و حریم رودخانه و مسیل‌ها که مطابق قانون توزیع عادلانه آب در اختیار وزارت نیرو بوده و معمولاً با توجه به سیلاب با دوره برگشت ۲۵ ساله تعیین می‌شود. تصرف مجرا و بستر رودخانه تقریباً در تمام سیل‌های حادثه‌ساز، عامل اصلی ایجاد خسارت و تلفات انسانی است.

ـ تخریب منابع طبیعی و پوشش گیاهی که در اثر عوامل طبیعی ازجمله تغییرات اقلیمی و خشکسالی‌های اخیر و همچنین عوامل انسانی و دخل و تصرف‌های غیرمجاز صورت گرفته است، از عوامل تشدید خسارت سیل است. به‌دلیل کاهش پوشش گیاهی در سطح حوضه‌های آبریز، ضریب نفوذپذیری زمین کاهش یافته و رواناب ناشی از بارش‌ها حتی تا ۳۰ برابر، نسبت به حالتی که پوشش گیاهی در سطح حوضه باشد در برخی از حوضه‌های با شیب تند و دارای خاک‌های فرسایش‌پذیر افزایش یافته است. این امر باعث جابه‌جایی گل و لای زیادی شده و قدرت سیلاب را افزایش داده و خسارات و تلفات را افزایش می‌دهد.

ـ احداث سازه‌های تقاطعی مانند پل‌ها و جاده‌ها بدون در نظر گرفتن شرایط و مسیر طبیعی رودخانه‌ها، منجر به کاهش و تغییر مسیر عبور جریان و حتی انسداد مسیر آنها می‌شود. در سیل‌های اخیر تلفات جانی زیادی ناشی از قرار گرفتن خودروهای عبوری در مسیر جریان سیل اتفاق افتاده است که ناشی از احداث سازه‌های تقاطعی نامناسب بوده است.

ـ نادیده گرفتن و عدم واکنش صحیح نسبت به هشدارها و پیش‌بینی‌های صورت گرفته در رابطه با وقوع سیلاب از دیگر عوامل افزایش خسارات ناشی از این پدیده است.

ـ در برخی موارد تصمیمات دیرهنگام و یا نامناسب ازسوی دستگاه‌های اجرایی ذیربط منجر به ایجاد خسارات و تلفات فراوان شده است. نمونه‌ای از تصمیم‌گیری نامناسب در مواجهه با سیلاب‌های شدید می‌توان به سیل فروردین‌ماه سال ۱۳۹۶ رودخانه دز اشاره کرد که زمان‌بندی نامناسب در تخلیه حجم آب ورودی به سدهای منطقه، منجر به افزایش خسارات وارده در حوضه آبریز مربوطه شد.

۲. بررسی وضعیت سیل در کشور

در سال‌های اخیر، افزایش تعداد وقوع، حجم و میزان خسارت ناشی از وقوع سیل، در سطح جهانی و ملی متأثر از عوامل گوناگونی ازجمله افزایش جمعیت، تغییر کاربری اراضی و توسعه و افزایش مناطق مسکونی بوده است. افزایش سطوح نفوذناپذیر و تجاوز به حریم رودخانه‌ها و محدود کردن عرض و مجرای عبوری سیل‌ها، رودخانه‌ها و آبراهه‌های طبیعی، آسیب‌پذیری مناطق مسکونی و تأسیسات شهری را در مقابل سیلاب‌های شهری افزایش داده است. به‌دلیل وجود حساسیت‌های اجتماعی، اقتصادی و سیاسی، موضوع مدیریت سیلاب و روش‌های کاهش خسارات وارده، اخیراً مورد توجه مسئولین مرتبط قرار گرفته است. خسارات ناشی از سیلاب را به‌صورت خلاصه می‌توان در جدول ۱ مشاهده کرد.

جدول ۱. خسارات ناشی از سیل در بخش‌های مختلف

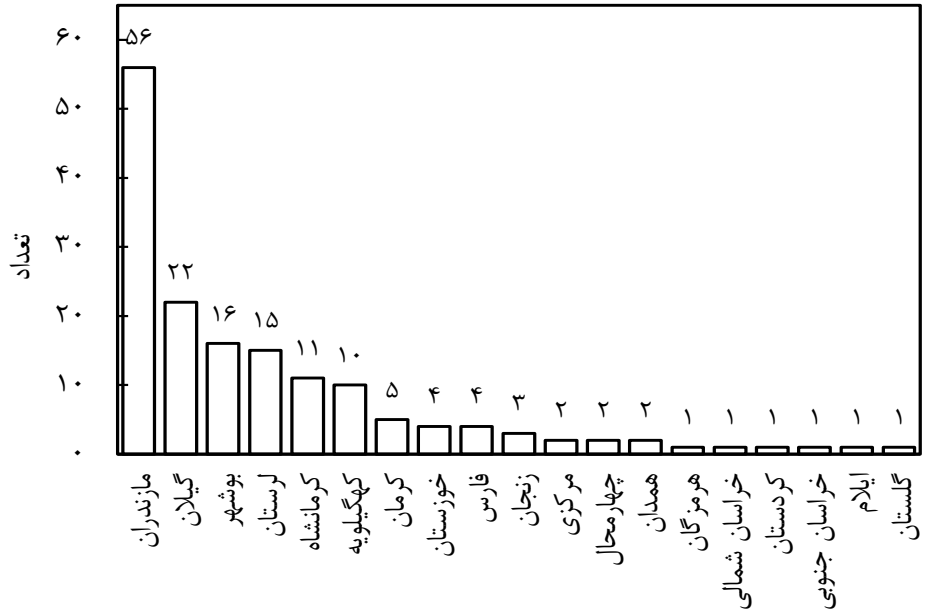
ردیف	بخش خسارت‌دیده	خسارت مستقیم	خسارت غیرمستقیم	خسارت نامحسوس
۱	مناطق مسکونی	ـ هزینه‌های ایجاد مسکن موقت ـ پاکسازی منطقه مسکونی و احداث مجدد ـ احیای سیستم خدماتی مانند آب و برق		ـ احساس عدم امنیت ـ آشفتگی‌های اجتماعی
۲	کشاورزی	ـ از بین رفتن کامل اراضی کشاورزی ـ از بین رفتن محصولات زراعی و باغی	ـ هزینه احیای اراضی و راه‌ها ـ هزینه عدم تولید و یا تأخیر در تولید ـ خسارات صنایع و خدمات وابسته	ـ فرسایش خاک ـ ایجاد عدم امنیت در سرمایه‌گذاری
۳	تأسیسات زیربنایی کشاورزی	ـ تخریب انهار و شبکه‌های آبیاری و زهکشی ـ تخریب قنوات ـ آسیب‌دیدگی ایستگاه‌های پمپاژ ـ آسیب‌دیدگی سرریز سد و بند انحرافی	ـ هزینه لایروبی ـ تأخیر در آبیاری اراضی و کاهش تولید	ـ پر شدن مخازن از رسوب
۴	دامداری	ـ تلفات دامی	ـ شیوع بیماری ـ کاهش بازدهی محصولات دامی	ـ ایجاد عدم امنیت ـ اختلال در چرخه زیست‌محیطی
۵	صنعت	ـ کارخانه‌ها ـ ایستگاه‌های پست آب و برق ـ ضایعات مربوط به مواد اولیه	ـ کاهش تولید	ـ ضایعات زیست‌محیطی
۶	خدماتی	ـ خسارت به شبکه راه‌ها،	ـ اختلال در حمل‌ونقل	ـ ایجاد رعب و وحشت

ردیف	بخش خسارت‌دیده	خسارت مستقیم	خسارت غیرمستقیم	خسارت نامحسوس
		پل‌ها و راه‌آهن ـ تخریب ساختمان‌های خدمات عمومی ـ تخریب خطوط انتقال نیرو و تلفن ـ خسارت وارده به شبکه آب آشامیدنی	ـ احداث راه‌های موقت ـ پاکسازی راه‌ها	
۷	بهداشتی	ـ بازسازی واحدهای بهداشتی ـ هزینه درمان و واکسیناسیون ـ هزینه حمل مجرومین ـ احداث درمانگاه‌های اضطراری	ـ شیوع بیماری‌ها ـ تلفات جانی ـ سالم‌سازی	ـ زیان‌های بلندمدت بهداشتی ـ ضایعات روانی
۸	زیست‌محیطی	ـ تغییرات شرایط فیزیکی حوضه ـ ایجاد باتلاق‌های جدید ـ شیوع بیماری‌ها	ـ فرسایش خاک ـ تغییر ویژگی‌های بیولوژیکی آب ـ تغییر در زیستگاه‌های آبی ـ بایر شدن زمین‌ها	ـ افزایش دبی اوج سیل‌های بعدی ـ مهاجرت روستائیان ـ از بین رفتن تالاب‌ها

خسارات محسوس و مستقیم ناشی از سیلاب شامل مواردی مانند تلفات و ضایعات انسانی، آبگرفتگی منازل و اماکن مسکونی و صنعتی، آبگرفتگی مزارع و از بین رفتن محصولات کشاورزی و تلفات دامی، تخریب تأسیسات زیربنایی نظیر جاده‌ها و پل‌ها و خطوط انتقال برق و شبکه‌های آب و گاز، این خسارات را با روش‌های مشخص می‌توان کمی کرد و در محاسبات اقتصادی مدنظر قرار می‌گیرد. در جدول ۲ خسارات برخی از مهمترین سیل‌های کشور آورده شده است. آمار نشان می‌دهد که میزان خسارات ناشی از سیل در سال‌های اخیر رو به افزایش بوده و عواملی ازجمله ساخت‌وسازهای غیرمجاز در حریم رودخانه‌ها، تخریب منابع طبیعی و همچنین تغییرات اقلیمی در این خصوص نقش عمده‌ای داشته است.

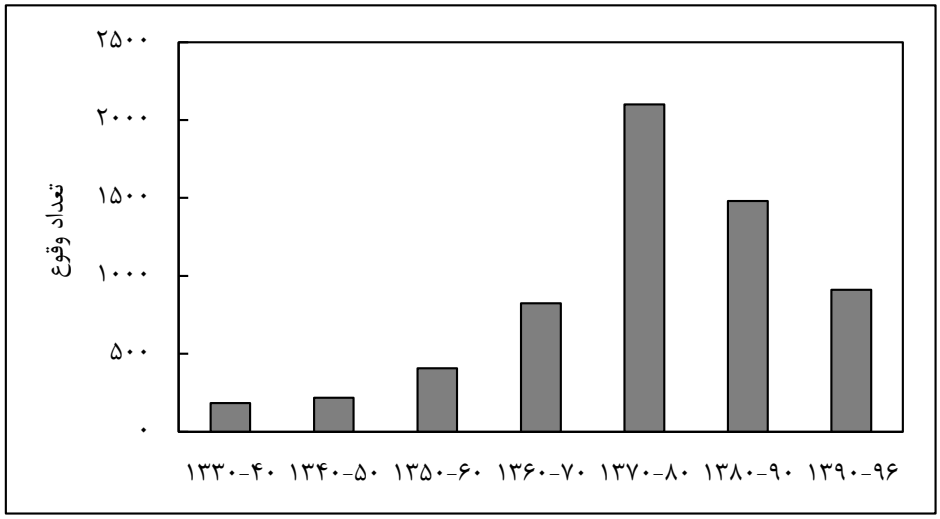
بررسی‌ها نشان می‌دهد که وقوع سیل در کشور یک پدیده فراگیر بوده و مناطق مختلف و متعددی را در مقاطع زمانی مختلف دچار بحران کرده است. به‌خصوص اخیراً که بسیاری از مناطق کشور درگیر سیل‌های شدید و مکرر بوده‌اند. نمودار ۱ تعداد بارش‌های سنگین را طی سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۵ در استان‌های مختلف کشور نشان می‌دهد. تحلیل آمارها نشان می‌دهد که استان‌های مازندران، گیلان و بوشهر با اختلاف نسبتاً زیادی در صدر استان‌های حادثه‌خیز قرار داشته و در ۵ سال اخیر سیل‌های مخرب و با قدرت زیاد در آنها اتفاق افتاده است.

نمودار ۱. تعداد سیل‌های با بارش بزرگ‌تر از ۷۰ میلی‌متر در سطح استان‌های کشور طی سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۵



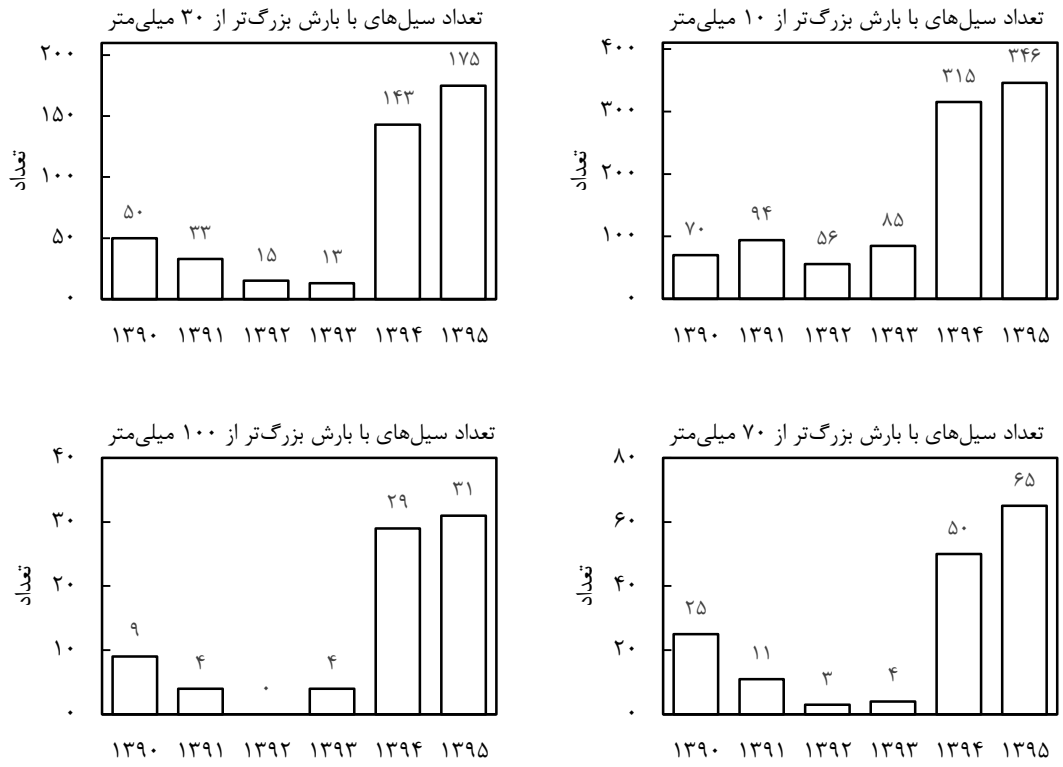
همچنین تحلیل آمار بارندگی‌های کشور و تعداد سیل‌های به‌وقوع پیوسته در سال‌های گذشته نشان می‌دهد بیشترین تعداد سیل در کشور در دهه ۷۰، با تعداد ۳۱۰۱ سیل اتفاق افتاده است و در دهه ۸۰ تعداد سیل‌های اتفاق افتاده، به ۱۴۸۱ رخداد، کاهش یافته و در دهه ۹۰ تاکنون تعداد ۹۱۱ سیل در کشور ثبت شده است. نمودار ۲ تعداد سیل‌های به‌وقوع پیوسته در کشور در دهه‌های اخیر را نشان می‌دهد. نکته حائز اهمیت آن است که علیرغم کاهش تعداد سیل‌ها، شدت و قدرت آنها در سال‌های اخیر افزایش یافته است.

نمودار ۲. تعداد سیل‌های به‌وقوع پیوسته در کشور در دهه‌های اخیر



همچنین آمار ثبت شده در طی سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۵ نشان می‌دهد که تعداد وقوع سیل‌های شدید در طی ۵ سال گذشته افزایش داشته و نمودار ۳ به‌خوبی مبین این مطلب است.

نمودار ۳. تعداد سیل‌ها با بارش‌های مختلف طی سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۵



تلفات جانی و خسارات مالی سنگین وارد شده به بخش‌های مختلف حاکی از اهمیت پدیده سیلاب بوده و لزوم اتخاذ روش‌های مناسب، پیش‌بینی، پیشگیری و مدیریتی را روشن می‌سازد. در جدول ۲ مشخصات برخی از سیل‌های مهم و مخرب کشور و خسارات ناشی از آنها، جهت تبیین شرایط و ایجاد نگرش مناسب در رابطه با سیل‌های به‌وقوع پیوسته در کشور آورده شده است.

جدول ۲. مشخصات و تلفات و خسارات تعدادی از سیلاب‌های مخرب در کشور

ردیف	محل سیلاب	سال وقوع	میزان بارش (میلی‌متر)	مدت بارش (ساعت)	دبی پیک سیلاب (مترمکعب بر ثانیه)	تلفات (نفر)	خسارات (میلیارد ریال)
۱	رودخانه گلابدره تهران	۱۳۶۶	۲۸	۳	۳۴۷	۳۰۰	۷۵۷
۲	ماسوله	۱۳۷۷	۹	۴	۲۳	۳۰	۰
۳	رودخانه نکا و داراب‌کلا	۱۳۷۸	۴۵	۱۲	۱۲۸۳	۳۶	۳۰
۴	رودخانه مشکین‌شهر اردبیل	۱۳۸۰	۶۵	۱	۲۵۰	۳۰	۰
۵	گلستان	۱۳۸۰	۴۵۰	۱۲	۳۰۱۷	۴۱۰	۶۱۰
۶	گلستان	۱۳۸۱	۱۰۸	۴	۶۴۴	۴۵	۲۲۰
۷	قم	۱۳۸۸	۱۰۵	۲۴	۱۲۰	۴	۷۰
۸	خراسان رضوی	۱۳۸۹	۲۶	۰	۱۰۵	۱۱	۰
۹	کرمان	۱۳۸۹	۹۰	۰	۶۱۱	۶	۰
۱۰	کلاردشت مازندران	۱۳۹۰	۳۵	ذوب یخچال علم کوه	۱۰۰	۰	۵۵۰
۱۱	مازندران ـ بهشهر	۱۳۹۱	۱۳۶	۰	۵۶	۷	۰
۱۲	بوشهر	۱۳۹۲	۶۰	۰	۱۹۰	۴	۰
۱۳	کرمان	۱۳۹۲	۱۷/۲	۰	۳۹۶	۴	۱۵۰
۱۴	مازندران ـ بهشهر	۱۳۹۳	۱۴۰	۰	۳۵۰	۳	۴۵/۵
۱۵	رودخانه کن در محدوده امامزاده داوود	۱۳۹۴	۲۵	۰/۵	۱۴۱	۱۲	۳۴۰
۱۶	سرشاخه‌های رودخانه کرج در محدوده روستای سیجان	۱۳۹۴	۱۷/۲	۱۰	۲۰	۱۰	۲۰۰
۱۷	مازندران (سوادکوه)	۱۳۹۴	۳۲۵	۱۲	۲۱۲	۱	۱۵۰۰
۱۸	ایلام	۱۳۹۴	۳۲۸	۷۲	۲۲۰۰	۸	۶۰۰
۱۹	خوزستان	۱۳۹۵	۱۸۳	۹۶	۵۷۰۰	۰	۱۰۵۳۰
۲۰	ایلام	۱۳۹۵	۱۸۱	۷۲	۷۷۵	۳	۱۰۰
۲۱	لرستان	۱۳۹۵	۲۱۶	۲۷	۲۳۰۰	۱	۵۰

مأخذ: گزارش جامع سیل، سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری، اردیبهشت ۱۳۹۶.

بررسی آمار سال‌های ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ نشان می‌دهد که تعداد و شدت سیل‌های به‌وقوع پیوسته نسبت به سال‌های قبل از آن به‌صورت چشمگیری افزایش داشته و طی این سال‌ها، کشور متحمل تلفات و خسارات زیادی شده است. جدول ۳ آمار مربوط به دو سال مذکور را نشان می‌دهد.

جدول ۳. آمار تلفات و خسارات سیل در سال‌های ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵

ردیف	سال	تعداد متوفیان	تعداد واحدهای مسکونی (نیازمند بازسازی)	تعداد واحدهای مسکونی (نیازمند تعمیر)	تسهیلات پیشنهادی (میلیون ریال)	اعتبار بلاعوض پیشنهادی (میلیون ریال)	اعتبار تملک دارایی‌های سرمایه‌ای (میلیون ریال)	اعتبار هزینه‌ای پیشنهادی (میلیون ریال)
۱	۱۳۹۴	۵۵	۱۴,۱۴۵	۳۴,۷۲۷	۷,۵۰۱,۹۱۰	۱,۳۰۲,۲۸۰	۷,۱۵۲,۰۰۰	۵۸۵,۸۷۴
۲	۱۳۹۵	۵۷	۳۰,۴۶۶	۵۰,۵۳۸	۱۵,۶۵۲,۶۰۰	۳,۷۹۱,۸۵۳	۷,۸۶۶,۵۰۰	۸۵۷,۳۴۶

مأخذ: سازمان مدیریت بحران کشور، ۱۳۹۶.

این آمار نشان می‌دهند که تعداد وقوع پدیده سیلاب و خسارات جانی و مالی ناشی از آن در کشور افزایش یافته و هشدار جدی برای مدیریت بلایای طبیعی در کشور است. همچنین افزایش حجم خسارات وارد شده به بخش‌های مختلف، لزوم تغییر رویکرد از مدیریت بحران به مدیریت ریسک را ضروری می‌نماید. مبحث مدیریت سیلاب، موضوعی فراسازمانی بوده و باید در ابعاد ملی مطرح شود. همان‌گونه که در قوانین و مقررات کشورهای مختلف نیز مشاهده می‌شود، مدیریت سیلاب متوجه بخش‌های گوناگون دولتی و غیردولتی است.

۳. اقدامات انجام شده در کشور در جهت پیشگیری و کنترل سیل

راهکارهای اجرایی برای پیش‌بینی، پیشگیری و کاهش خسارات سیل را می‌توان به دو دسته اقدامات سازه‌ای[1] و غیرسازه‌ای[2] تقسیم کرد. در زیر این روش‌ها تشریح شده و سپس اقدامات صورت گرفته در کشور مورد بررسی و ارزیابی قرار می‌گیرد.

۳-۱. روش‌های سازه‌ای مهار سیلاب

روش‌های سازه‌ای کنترل و مهار سیلاب شامل سه بخش زیر بوده و فعالیت‌های مربوط به هر بخش توسط دستگاه‌های اجرایی مربوطه انجام می‌شود.

۱. ساماندهی و مهندسی رودخانه به‌منظور اصلاح و حفاظت مسیر رودخانه، تثبیت بستر و کنترل فرسایش و رسوب و طراحی سازه‌های کنترل سیل،

۲. لایروبی و بازگشایی مسیر رودخانه به‌منظور افزایش ظرفیت عبوری جریان،

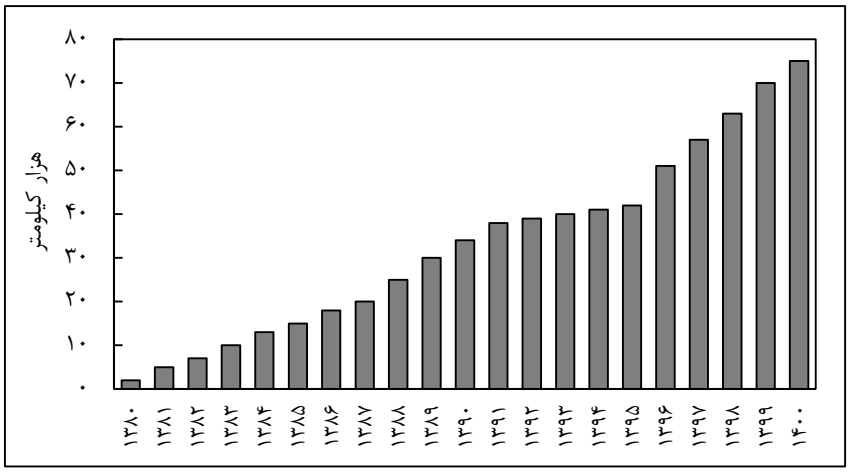
۳. بهسازی و افزایش ظرفیت آبگذری سازه‌های تقاطعی موجود در مسیر رودخانه‌ها.

با اجرای این طرح‌ها، ایمنی و پایداری رودخانه در مواجهه با سیلاب افزایش می‌یابد. به‌طور کلی اجرای

1. Structural measures
2. Non-Structural measures

عملیات ساماندهی در محدوده‌های شهری به عهده شهرداری‌ها و در محدوده‌های روستایی به عهده بنیاد مسکن است. وزارت نیرو نیز ساماندهی رودخانه‌های واقع در خارج از محدوده‌های شهری و روستایی و نظارت بر اجرای عملیات ساماندهی رودخانه‌های شهری و روستایی را عهده‌دار است. بر این اساس تا پایان سال ۱۳۹۵، حدود ۱۴۰۰ کیلومتر عملیات ساماندهی و لایروبی در رودخانه‌های کشور اجرا شده است. تعیین حد بستر و حریم رودخانه‌ها، از ملزومات ساماندهی حریم و بستر رودخانه‌ها و همچنین آزادسازی تصرفات صورت گرفته می‌باشد که در برنامه‌های توسعه نیز مورد توجه قرار گرفته است. نمودار ۴ اقدامات انجام شده در این خصوص که توسط وزارت نیرو صورت پذیرفته است، در طی برنامه‌های توسعه نشان می‌دهد. همچنین پیش‌بینی شده است روند ساماندهی حریم و بستر رودخانه‌ها طی سال‌های برنامه ششم نیز افزایشی بوده و تا پایان سال ۱۴۰۰، بیش از ۷۰,۰۰۰ کیلومتر از رودخانه‌های کشور ساماندهی شده باشند.

نمودار ۴. عملکرد تعیین حد بستر و حریم رودخانه‌ها طبق اهداف برنامه توسعه



مأخذ: وزارت نیرو، ۱۳۹۶.

۳-۲. روش‌های غیرسازه‌ای مهار سیلاب

روش‌های غیرسازه‌ای، راهکارهایی بسیار کارآمد و مؤثر در کاهش خسارات سیل هستند که در کشورهای مختلف مورد توجه قرار گرفته است. این روش‌ها شامل بخش‌های زیر می‌باشد:

۳-۲-۱. تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی سیل و پیاده‌سازی حد بستر و حریم رودخانه‌ها

یکی از مهمترین عوامل تشدید خسارت سیل‌های اخیر در کشور، توسعه ساخت‌وساز در سیلاب‌دشت‌ها و دخل و تصرفات غیرمجاز در بستر و حریم رودخانه‌ها و مسیل‌هاست. تعیین بستر و حریم رودخانه‌ها و مسیل‌ها و تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی سیل، بیمه سیل، نحوه تعیین کاربری اراضی حاشیه رودخانه و آزادسازی محل عبور ایمن جریان رودخانه است. وجود این نقشه‌ها در تعیین و ارزیابی خسارات وارده مورد نیاز بوده و ضرورت اجرای آن نیز مورد تأیید وزارت کشور به‌عنوان مسئول ستاد حوادث غیرمترقبه کشور است.

۲-۲-۳. مدیریت حوضه‌های آبریز

از محورها و راهکارهای مؤثر در پیشگیری و کاهش خسارات سیل، انجام پروژه‌ها و عملیات آبخیزداری است. آبخیزداری با هدف اصلاح کاربری اراضی و حفاظت خاک باعث به حداقل رساندن رواناب سطحی، فرسایش و انتقال رسوب می‌گردد. اجرای عملیات آبخیزداری عملکرد قابل توجه و مناسبی داشته است و با توجه به عملکرد مطلوب این روش، ضرورت توسعه و حمایت از طرح‌های آبخیزداری به‌خوبی احساس می‌گردد.

اقدامات آبخیزداری از طریق ایجاد تأخیر در جریان و تعدیل جریان موجب کاهش خسارات سیل می‌شود. اقدامات آبخیزداری از طریق احداث گابیون، افزایش و توسعه پوشش گیاهی، شکستن شیب‌ها از طریق اقداماتی نظیر تراس‌بندی صورت می‌گیرد. از نمونه‌های مؤثر بودن اقدامات آبخیزداری می‌توان به سیلاب سال ۱۳۹۱ در بهشهر اشاره کرد. در آن سال در محدوده حوضه شهری بهشهر، ده‌ها میلیارد تومان خسارت ناشی از سیل برآورد گردید. اما در حوضه شهری نکا که در مجاورت حوضه بهشهر بوده و از لحاظ خصوصیات اقلیمی و هیدرولوژیکی بسیار شبیه یکدیگر هستند، به‌واسطه اجرای عملیات آبخیزداری، هیچ‌گونه خسارتی وارد نشد. از نمونه دیگر نقش فعالیت‌های آبخیزداری در کنترل و کاهش خسارات سیل می‌توان به منطقه روستای کندر در استان البرز اشاره کرد. به‌نحوی که کوچکترین خسارتی در این حوضه آبریز گزارش نشده است، اما در روستای سیجان که در مجاورت حوضه کندر قرار دارد و هیچ‌گونه، عملیات آبخیزداری در آن اجرا نشده است، میلیاردها تومان خسارت وارد شده و سیلاب، بیش از ۸۰ خودرو در یک حوضه ۱۰۰۰ هکتاری را با خود حمل و تخریب کرده است. (سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری، ۱۳۹۶)

۳-۲-۳. سیستم‌های پیش‌بینی و هشدار سیل

افزایش فراوانی وقوع سیلاب‌های خسارت‌زا در بیشتر حوضه‌های آبریز کشور و گسترش طرح‌های توسعه منابع آب در آنها، لزوم ایجاد و به‌کارگیری سیستم‌های پیش‌بینی، کنترل و مدیریت سیلاب را ضروری می‌نماید. گام اول در کاهش خسارات سیل، استفاده از ابزارهای پیش‌بینی زمان، مکان و شدت وقوع سیلاب است. پیش‌بینی سیل به‌عنوان ابزار مدیریت سیلاب بیش از چهار دهه است که در کشورهای در حال توسعه مورد توجه قرار گرفته است و در کشورهای پیشرفته استفاده از سیستم‌های هشدار سیل بسیار گسترش یافته است (کاراندیش و همکاران، ۱۳۹۲). حتی کشورهای در حال توسعه مانند کشورهای جنوب شرق آسیا، نیز در این زمینه پیشرفت زیادی داشته‌اند. از مزایای سامانه‌های هشدار سیل، اعلام هشدار جهت آماده باش برای اقدامات لازم و برخی اوقات تخلیه مناطق سیل‌گیر است. چنانچه این هشدارها به موقع اعلام شوند نقش زیادی در کاهش خسارات مالی و جانی سیل خواهند داشت. از مهمترین اجزای سیستم‌های هشدار سیل، سیستم پایش است. بنابراین توسعه سیستم‌های پایش دقیق از نظر اندازه‌گیری، مخابره، دریافت و پردازش داده‌ها، لازمه ایجاد سیستم پیش‌بینی پیشرفته و خودکار است. در کشورهای پیشرفته دنیا، از ابزار اندازه‌گیری خودکار با دقت بالا جهت اندازه‌گیری داده‌ها و از سیستم‌های ماهواره‌ای

برای ارسال و دریافت اطلاعات استفاده می‌شود. (Criss and Shock. 2001)

یکی از دلایل اصلی عدم گسترش سیستم‌های هشدار سیل در کشور، نبود امکانات و تجهیزات لازم و هزینه‌های بالای ایجاد و راه‌اندازی ابزارهای اندازه‌گیری است. در حال حاضر ایجاد سیستم‌های پیش‌بینی ساده و عموماً نادقیق و با حداقل امکانات و بازخور گرفتن از حوضه‌های آبریز، مهمترین چالش موجود در این زمینه است. با توجه به وجود پتانسیل سیل‌خیزی در غالب حوضه‌های آبریز و وجود رودخانه‌های بزرگ در مناطق مختلف کشور، لزوم به‌کارگیری سیستم‌های پیش‌بینی و هشدار سریع سیل به‌خوبی احساس می‌گردد. در حال حاضر دو سامانه هشدار سریع سیل در کشور راه‌اندازی و عملیاتی شده است. اولین سامانه در حوضه کارون بزرگ و دیگری در حوضه‌های استان گلستان، گیلان و قمرود می‌باشد. هدف اصلی و نهایی از اجرای سامانه‌های هشدار سیل، ارائه داده‌ها و محصولات آنلاین به سازمان مدیریت بحران کشور به‌عنوان متولی اصلی مدیریت سیلاب در شرایط اضطراری و سایر دستگاه‌ها و کاربران است.

در حوضه آبریز کارون بزرگ، بخش قابل ملاحظه‌ای از منابع آب ناشی از ذوب برف و جریان پایه است. برخی مواقع بارش باران‌های اواخر فصل زمستان و اوایل بهار نیز ذوب برف‌ها را تسریع کرده و سیلاب‌های بزرگی را در دشت خوزستان جاری می‌نماید. بزرگ‌ترین سدهای مخزنی ایران در این حوضه احداث شده و نقش مهمی در کنترل جریان سیلابی ایفا می‌کند.

سامانه هشدار سریع سیل در حوضه کارون بزرگ از سال ۱۳۸۵ عملیاتی شده و به‌صورت روزانه اجرا و خروجی آن در اختیار کاربران قرار می‌گیرد. اجزای این سامانه عبارتند از:

۱. مشخصات حوضه در محیط برنامه GIS (سیستم اطلاعات جغرافیایی)،

۲. مدل پیش‌بینی شرایط اولیه حوضه (میزان برف موجود، شرایط رطوبتی، جریان پایه و غیره)،

۳. مدل شبیه‌سازی بارش ـ رواناب (پیش‌بینی سیل)،

۴. مدل روندیابی جریان در مخزن سدها و بررسی سناریوهای بهره‌برداری،

۵. مدل روندیابی جریان در رودخانه و تعیین پهنه سیل در محیط GIS،

۶. مدل نمایش مقادیر حجم، دبی پیک، زمان وقوع، پهنه سیل، خط برف، تغییرات دما، مرکز طوفان و غیره،

۷. مدل بررسی تحلیل حساسیت دما و تغییر مرکز طوفان،

۸. مدل بانک اطلاعاتی ذخیره و بازیابی اطلاعات.

دومین سامانه هشدار سریع عملیاتی شده در کشور، در حوضه آبریز گلستان، گیلان و قمرود است. این استان‌ها نیز ازجمله مناطق سیل‌خیز کشور هستند که در سال‌های اخیر، عمدتاً به‌واسطه افزایش جمعیت و تغییر کاربری اراضی و توسعه شهری، خسارات سیل بسیار افزایش داشته و هرساله در این مناطق سیل‌های شدید و خسارت‌زا اتفاق می‌افتد. بنا به دلایل فوق‌الذکر، دومین سامانه هشدار سریع سیل، مشابه سامانه سیل کارون بزرگ برای این حوضه‌ها، طراحی و پیاده‌سازی شده و به مرحله عملیات رسیده است.

در حال حاضر، مدل جامعی که توانایی انجام کلیه عملیات فوق را دارا باشد یا توسعه نیافته‌اند و یا جزء مدل‌های

بسیار گرانقیمت هستند. در حال حاضر در اجرای هر یک از مراحل فوق از مدل‌های موجود استفاده می‌شود. بنابراین عملاً امکان اجرای همزمان این مدل‌ها وجود ندارد. لازمه هشدار سیل در یک حوضه، به‌ویژه در شرایط بحرانی، بررسی شرایط و امکانات موجود حوضه، اطلاع از زمان وقوع و درواقع آگاهی از فاصله زمانی پیش هشدار است که امکان اخذ تصمیم‌های اساسی و مهم فراهم باشد. در صورت طولانی شدن فرآیند پیش‌بینی، ممکن است نتوان به نتایج مناسب و بررسی سناریوهای مختلف به‌خصوص در مورد بهره‌برداری از سدها دست یافت. براساس برآوردهای صورت گرفته، هزینه مورد نیاز برای راه‌اندازی سیستم‌های هشدار سریع سیل در هر حوضه آبریز درجه یک، حدود ۶۰ تا ۸۰ میلیارد ریال است که این رقم برای کل کشور بالغ بر ۳۰۰ تا ۴۰۰ میلیارد ریال خواهد بود.

۴. تجربیات جهانی در زمینه پیش‌بینی و مدیریت سیلاب

در کشورهای مختلف دنیا بسته به امکانات موجود، از روش‌های مختلفی جهت پیش‌بینی و مدیریت سیلاب استفاده می‌شود. در کشورهای توسعه‌یافته، این روش‌ها با توجه به امکانات پیشرفته موجود در این کشورها، بسیار دقیق و کارآمد است. تنها در کشور آمریکا، ۴۰۰ سیستم هشدار سیل که غالباً در ایالت کالیفرنیا متمرکز هستند، راه‌اندازی شده است. نکته مهم آنکه این سیستم‌های پیشرفته هشدار سیل طی سال‌های متمادی توسعه یافته و تکمیل شده‌اند و ازجمله سیستم‌های هشدار سیل پیشرفته می‌توان سیستم‌های پیش‌بینی رودخانه‌های نیل و کلرادو را نام برد.

سیستم‌های هشدار سیل در کشورهای مختلف دنیا، با توجه به امکانات و بودجه‌های موجود هر کشور و همچنین شرایط و ویژگی‌های اقلیمی آنها تهیه شده‌اند. در ادامه به چند مورد از تجربیات کشورهای مختلف در زمینه پیش‌بینی و هشدار سیل اشاره می‌شود.

۴-۱. تجربیات کشور کانادا

در کشور کانادا، بیش از ۴۰ سال است که سیستم‌های هشدار سیل مورد استفاده قرار می‌گیرند. پنج مرکز ساسکاچوان، آلبرتا، سنت‌جان، آنتاریو و مونیتابا ازجمله مراکز مهم پیش‌بینی سیل در کانادا هستند. این سیستم‌ها اغلب پس از وقوع یک سیل بزرگ و مخرب راه‌اندازی شده‌اند. در مونیتابا، تفکر راه‌اندازی سیستم پیش‌بینی سیل پس از وقوع سیلاب فراگیر سال ۱۹۵۰ در رودخانه رِد[1] ایجاد شد. از این سیستم‌ها در فصول مختلف جهت اهداف متفاوتی استفاده می‌شود. به‌عنوان مثال در فصل بهار به‌علت تواتر زیاد وقوع سیل، مراکز پیش‌بینی برای کنترل و مدیریت سیل فعالیت می‌کنند. در سایر مواقع، پیش‌بینی جهت مدیریت بهره‌برداری از مخازن چندمنظوره با اهداف بهره‌برداری برق آبی، تأمین نیازهای کشاورزی و شرب، کنترل آلودگی، تفریحی

1. Red

و برخی موارد دیگر به‌کار می‌رود. از نمونه‌های دیگر در کشور کانادا، سیستم‌های هشدار سیل در رابطه با سد ابرفیلد[1] است. این سد، یک سد مبتنی‌بر ارتفاع ۳۲ متر است که بر روی رودخانه بوول[2] احداث شده است. براساس بررسی‌های انجام شده در آن منطقه، کانون‌های جمعیتی پایین در معرض ریسک ناشی از پتانسیل شکست سد قرار دارند. به همین دلیل یک برنامه اضطراری برای ارتقای ارتباطات با مراکز جمعیت پایین‌دست سد، نصب سیستم‌های هشدار و تجهیزات پایش و افزایش نظارت، طراحی و اجرا شده است. به این ترتیب امکان اعلام هشدار در تمامی ساعات شبانه‌روز، برای اولین مراکز جمعیت فراهم شده و پس از آن در سال بعد برنامه‌های بهبود پایداری سد، اجرا گردیده است. مورد دیگر، مجموعه سدهای شرکت هیدروکبک[3] است. اگرچه تأسیسات این سدها مانند سرریزها و دریچه‌ها بعد از سال ۱۹۵۰ ساخته شده و قاعدتاً برای عبور سیلاب‌های حدی طراحی شده‌اند، اما نیروگاه‌های قدیمی قبل از ارائه مفهوم ماکزیمم سیل محتمل، احداث شده بودند و در نتیجه دارای ایمنی کمتر در مقایسه با نیروگاه‌های جدید بودند. مجموعه چندسدی سنت موریس،[4] نمونه‌ای از این موارد است. بررسی‌ها نشان داده است که برنامه بازسازی و بهسازی این پروژه‌ها بیش از ۴۰۰ میلیون دلار کانادا هزینه دارد. با توجه به این هزینه سنگین، مطالعات برای تعیین روش‌های مطمئن و ایمن کنترل سیل‌های حدی انجام شده و نتیجه این مطالعات در مورد یک سد، برنامه افزایش ظرفیت سرریز، مورد تأیید قرار گرفته است. در سایر موارد، برخی اقدامات کاهش ریسک به‌منظور تأمین ایمنی عمومی توصیه شده است. این اقدامات شامل بهبود شرایط پیش‌بینی هیدرولوژیکی در حوضه، ازجمله افزایش تعداد ایستگاه‌های اندازه‌گیری بارش و رواناب، استفاده از ادوات اندازه‌گیری دقیق و نصب سامانه‌های هشدار سیل می‌باشد. درواقع با افزایش تعداد و دقت داده‌های ورودی به مدل‌های پیش‌بینی، سعی می‌شود تا عدم قطعیت این مدل‌ها، کمتر شده و پیش‌بینی‌های دقیق‌تری ارائه گردد. همچنین تهیه نقشه‌های راه‌های اضطراری، تهیه نقشه‌های تخلیه امن مناطق مسکونی، بهبود سیستم‌های ارتباطی و ایمن‌سازی ساختمان‌های در معرض خطر سیلاب، ازجمله اقداماتی است که به‌منظور مدیریت ریسک سیلاب در این کشور انجام می‌شود.

۲-۴. تجربیات ایالات متحده آمریکا

در ایالات متحده آمریکا، سامانه‌های هشدار سیل متعددی طراحی و اجرا شده و از آنها بهره‌برداری می‌شود. ازجمله آنها می‌توان به‌عنوان نمونه به سامانه سد المپیوس[5] و سامانه پیش‌بینی مناطق شهری رودخانه کلرادو اشاره کرد. سد المپیوس بر روی رودخانه بیگ المپیوس[6] در کلرادو، احداث شده است. این سد برای عبور دادن حداکثر سیل محتمل طراحی نشده است و وقوع این سیل باعث روگذری و

1. Aberfeldie
2. Bull
3. Hydro-Quebec
4. Saint Morris
5. Olympus
6. Big Olympus

شکست سد خواهد شد. تغییرات سازه‌ای در کاهش ریسک شکست سد، ناکارآمد تشخیص داده شدند. به دلایل متعدد، نصب سیستم هشدار زودهنگام سیل به‌عنوان بهترین گزینه برای افزایش ایمنی انتخاب شده است. سخت‌افزار این سیستم عمدتاً شامل مجموعه‌ای از باران‌سنج‌ها، جریان‌سنج‌ها، ایستگاه‌های هواشناسی و ترازسنج‌های مخازن می‌باشد. اطلاعات از طریق امواج رادیویی به مکان تکرارگر انتقال می‌یابد و در سه ایستگاه اصلی دریافت می‌شود. براساس معیارهایی که از قبل مشخص گردیده‌اند، اقدامات و واکنش‌های مناسب برای هشدار سیل و اقدامات بعدی دیگر اجرا خواهد شد.

سامانه پیش‌بینی سیل در مناطق شهری کلرادو توسط سیستم‌های پیش‌بینی سیل متنوعی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در سیستم پیش‌بینی کلرادو، ایستگاه‌های واقع در حوضه دارای تجهیزات اندازه‌گیری باران و اندازه‌گیری جریان رودخانه و تبدیل مقادیر اندازه‌گیری به فایل‌های کامپیوتری است. این سیستم شامل واحدهای پایانه سنجش از دور، واحدهای پایانه امواج کوتاه و مرکز کنترل و بهره‌برداری در آوستین[1] واقع در تگزاس است سیستم به‌طور خودکار داده‌ها را اندازه‌گیری کرده و انتقال می‌دهد. مرکز کنترل مجهز به نرم‌افزار مدیریت داده‌ها بوده و می‌تواند ۱۲ رودخانه با ۲۵ نقطه کنترل را تحت پوشش قرار دهد. هر نقطه پیش‌بینی جریان، داده‌های مورد نیاز ۱ تا ۱۰ ایستگاه اندازه‌گیری را می‌تواند دریافت کند. پس از ورود اطلاعات زمان واقعی هواشناسی و هیدرولوژی و نیز اطلاعات فیزیکی حوضه‌ها، شبیه‌سازی صورت گرفته و پیش‌بینی توسط نرم‌افزارهای سیستم انجام می‌شود و پس از آن هشدار سیل و اقدامات بعدی انجام می‌گیرد. درواقع پس از اینکه آمار بارندگی‌ها، به‌عنوان ورودی به مدل‌ها داده شد، امکان پیش‌بینی ارتفاع آب در قسمت‌های مختلف مناطق پایین‌دست رودخانه وجود دارد. با مشخص شدن ارتفاع آب، مناطقی که دچار آبگرفتگی خواهند شد و همچنین شدت آبگرفتگی، پیش‌بینی می‌شود. پس از تهیه نقشه‌های لازم از میزان و نحوه آبگرفتگی مناطق پایین‌دست، هشدارهای لازم از طریق رسانه‌های عمومی صادر و اطلاع‌رسانی‌های مورد نیاز انجام می‌گیرد. چنانچه آبگرفتگی مناطق مسکونی شدید و جدی باشد، اقدامات نهایی ازجمله تخلیه کامل جمعیت در معرض خطر و اسکان موقت آنها در مناطق امن از طریق شهرداری‌ها و نهادهای امدادی صورت خواهد گرفت.

۳-۴. سیستم هشدار سیل اروپا

سیستم هشدار سیل اروپا (EFAS)[2] یکی از تجربیات موفق در زمینه راهکارهای غیرسازه‌ای کاهش خسارت در جهان می‌باشد که توسط مؤسسه دلفت[3] هلند و با همکاری ۱۸ مؤسسه دیگر در سطح اروپا اجرا شده است. مدت اجرای این طرح حدود ۳۶ ماه بوده که از سال ۱۹۹۹ میلادی شروع شده و در اوایل سال ۲۰۰۲ به پایان رسیده است. هدف اصلی این پروژه، طراحی سیستم پیش‌بینی وقوع سیل در اروپا با زمان پیش‌هشدار

1. Austin
2. European Flood Awareness System
3. Delft

۴ تا ۱۰ روز است و بخش بزرگی از قاره اروپا، شامل تمامی کشورهای عضو اتحادیه اروپا را پوشش می‌دهد. در این طرح محدوده مطالعات به ۱۲ حوضه آبریز بزرگ و کوچک تقسیم‌بندی شده است که مساحت‌های آنها بین ۱۵۰۰ تا ۱۶۵۰۰ کیلومتر مربع متغیر است.

این سیستم به‌عنوان قسمت اولیه و پیش‌هشدار سیستم جامع و کاربردی هشدار سیل است و مخاطب اصلی آن مسئولان اجرایی مرتبط برای انجام اقداماتی مانند تخلیه مخازن کنترل سیل، ذخیره آذوقه مناسب و آگاه نمودن افراد در معرض خطر می‌باشد.

با توجه به مشارکت بیشتر کشورهای اتحادیه اروپا در طرح پیش‌بینی سیل اروپا و مساحت گسترده محدوده مطالعات، ۱۲ حوضه آبریز اصلی در سطح اروپا که دارای بیشترین مشکلات از نظر وقوع سیل بوده‌اند، در این طرح به‌عنوان منطقه مورد مطالعه انتخاب شده‌اند. با توجه به مطالعات انجام شده در این حوضه‌های آبریز می‌توان دریافت که هشدار سیل به موقع می‌تواند زندگی افراد را نجات داده و از آسیب به اموال، زیرساخت‌ها و محیط زیست جلوگیری کند.

همان‌گونه که در بالا به سیستم‌های هشدار سیل در چند کشور پیشرفته دنیا اشاره شد، به‌دلیل پیچیدگی‌های سیستم‌های هشدار سیل در این کشورها و همچنین ماهیت روش‌های پیش‌بینی که با توجه به نوع اطلاعات مخابره شده و همچنین تجهیزات موجود عمل می‌کنند، انطباق این سیستم‌ها با امکانات و تجهیزات موجود در حوضه‌های آبریز کشور، کمتر فراهم بوده و الگو قرار دادن این سیستم‌ها و تلاش جهت ایجاد سامانه‌های مشابه عملاً غیرممکن خواهد بود. در مقابل امکانات موجود در بسیاری از کشورهای در حال توسعه، مشابه ایران بوده، اما سیستم‌های پیش‌بینی سیل در آنها به‌صورت قابل ملاحظه‌ای توسعه یافته و مورد استفاده قرار می‌گیرند. در ادامه چند نمونه از سیستم‌های هشدار سریع سیل در کشورهای آسیای جنوب شرقی مورد بررسی قرار می‌گیرند.

۴-۴. تجربیات کشور بنگلادش

حدود ۸۰ درصد مساحت کشور بنگلادش را مناطق سیلاب‌دشت و رودخانه‌های فرعی تشکیل می‌دهد. سیلاب‌های حاصل از بارش در کشور بنگلادش و سیلاب‌های ورودی از کشورهای همسایه سبب بروز خسارت فراوان در آن می‌شود. هشدار و پیش‌بینی سیل به‌عنوان راه‌حل کلیدی برای کاهش خسارات ناشی از وقوع سیل بیش از ۳۰ سال در این کشور مطرح بوده است. در سال ۱۹۷۲ مرکز هشدار و پیش‌بینی با هدف انتشار هشدار سیل و سرویس‌دهی به سازمان حوادث غیرمترقبه و کاهش آثار ناشی از سیل ایجاد شد. از سال ۱۹۷۲ تلاش زیادی برای به‌روز کردن تکنولوژی لازم جهت تأمین نیازهای بشری در هر دوره زمانی انجام شده است. این تلاش توسط سازمان‌های محلی و بین‌المللی و افراد با ملیت‌های مختلف صورت گرفته است.

شبکه پایش زمان واقعی در بنگلادش شامل ۴۸ ایستگاه تراز آب در رودخانه‌های اصلی و ۴۹

ایستگاه باران‌سنجی روزانه در سطح حوضه‌ها می‌باشد. علاوه‌بر اینکه ۱۴ ایستگاه تله‌متری در رودخانه‌های اصلی در نقاط مرزی کشور نصب شده‌اند، از ۵ ایستگاه در داخل کشور هند نیز اطلاعات تراز آب دریافت می‌گردد. دبی و تراز سیلاب در مرزهای کشور در ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت آتی براساس تجربیات متصدیان ایستگاه‌ها پیش‌بینی می‌شود. پیش‌بینی کمیت بارش و تراز آب جریان ورودی پیش‌بینی شده در مرز کشور، پایه محاسباتی سیستم پیش‌بینی را تشکیل می‌دهند و نتایج پیش‌بینی به‌خصوص برای پیش‌بینی ۲۴ ساعت آینده از دقت کافی برخوردار است.

۵-۴. تجربیات کشور هند

با توجه به تراکم جمعیت بالای هند هرجایی که بارش شدید باران اتفاق می‌افتد، احتمال وقوع سیلاب و آسیب وجود دارد. اگرچه بارش تنها عامل جاری شدن سیل نیست، در اثر بارش بیش از حد، شکسته شدن سد یا خاکریز، ذوب شدن سریع یخ در کوه‌ها، هنگام طوفان‌های بزرگ و سونامی می‌تواند سیل جاری شود. به گزارش سازمان جهانی هواشناسی (۲۰۰۹)، حدود ۷۰ درصد از تمام حوادث رخ داده در جهان با رویدادهای آب و هواشناسی مرتبط است. در میان بلایای طبیعی، سیل یکی از شدیدترین بلایای مؤثر بر مردم در سراسر جهان است.

پس از بنگلادش، هند بدترین کشور تحت تأثیر سیل در جهان است و گزارش شده است ۲۰ درصد آمار مربوط به مرگ جهانی ناشی از سیل در این کشور اتفاق می‌افتد. نزدیک به ۷۵ درصد از کل بارش هند در یک فصل باران‌های موسمی در چهار ماه (ژوئن تا سپتامبر) متمرکز است. در نتیجه، رودخانه‌ها شاهد تخلیه سنگین در طول این ماه‌ها هستند، که منجر به سیل گسترده می‌شود. به گفته کمیسیون ملی سیل، حدود ۴۰ میلیون هکتار زمین در این کشور مستعد سیل است و به‌طور میانگین ۱۸/۶ میلیون هکتار زمین سالیانه تحت تأثیر سیل قرار دارد.

سیستم هشدار سریع، حدود ۲ تا ۳ دهه پیش در هند تکامل یافته است. اولین سیستم پیش‌بینی سیل در کشور هند به‌وسیله کمیسیون مرکزی آب در سال ۱۹۵۸ بر روی رودخانه یامونا[1] تأسیس شد. از آن به بعد برنامه پیش‌بینی سیل تقریباً به همه رودخانه‌ها و انشعابات آنها گسترش یافته است. در این کشور ۱۵۷ ایستگاه پیش‌بینی سیل نصب شده که ۱۳۲ ایستگاه آن برای پیش‌بینی تراز آب در مناطق سیل‌گیر و ۲۵ ایستگاه برای پیش‌بینی جریان ورودی به مخازن می‌باشد. ۱۳۲ ایستگاه پیش‌بینی تراز رودخانه، ۶۲ حوضه و زیرحوضه را پوشش می‌دهد. همچنین سازمان هواشناسی، اطلاعات عمومی وضعیت هوا، مقدار بارش در ۲۴ ساعت گذشته و هشدار احتمال وقوع بارش شدید برای ۲۴ ساعت آتی در حوضه‌های مختلف و همچنین محدوده تغییرات کمیت بارش پیش‌بینی شده را تعیین می‌کند. نحوه

1. Yamuna

انتقال اطلاعات در زمان واقعی توسط شبکه ارتباطی مجهز بی‌سیم انجام می‌شود. یکی از مهمترین سیستم‌های هشدار سیل در هند، برای ایالت آسام[1] که وقوع سیل پدیده‌ای قدیمی در سواحل رودخانه این منطقه بوده است، راه‌اندازی و عملیاتی شده است. سیل یک رویداد سالیانه در این ایالت است و بیش از ۴۰ درصد زمین‌های آسام در معرض آسیب سیل است. در این منطقه دو سیستم رودخانه‌ای براهماپوترا و باراک وجود دارد. در سال ۲۰۰۹ سامانه هشدار سریع سیل به‌صورت آزمایشی برای این منطقه اجرا و پس از مطلوب بودن نتایج و صحت پیش‌بینی‌های ارائه شده توسط این سامانه، در سال ۲۰۱۰ به‌صورت کامل عملیاتی شد. به‌تدریج وسعت مناطقی که تحت پوشش این سامانه قرار داشتند افزایش یافته و علیرغم افزایش مساحت، صحت پیش‌بینی‌های ارائه شده، افزایش یافته است. بدین ترتیب حجم خسارات مالی و جانی در این مناطق به‌صورت معناداری کاهش یافته است. با افزایش میزان موفقیت سیستم‌های هشدار سیل، دولت هند این پروژه را به رسمیت شناخت و برای تمام مناطق مستعد سیل بودجه ویژه‌ای را اختصاص داد. پس از اجرای این پروژه، مناطق آسیب‌دیده، جمعیت تحت تأثیر و افراد جان‌باخته با قبل از آن مقایسه و تجزیه و تحلیل شد. نتایج نشان داد که پس از اجرای این پروژه و انجام اقدامات بعدی، خسارت و تلفات ناشی از سیل به‌طور قابل توجهی پایین آمده است.

۶-۴. تجربیات کشور نپال

در کشور نپال، تا پایان سال ۱۹۹۸، حدود ۴۵ ایستگاه هیدروکلیماتولوژی در شبکه تله‌متری تجهیز شده بود. در ژوئیه سال ۱۹۹۳ با وقوع بارش با تداوم ۲۴ ساعت حدود ۵۴۰ میلی‌متر در حوضه رودخانه باگماتی سیلاب با دبی‌پیک ۱۶۰۰ مترمکعب بر ثانیه اتفاق افتاد. این سیل بیشتر از سیلاب طراحی سازه‌های آبی احداث شده در این حوضه بود. پس از بروز خسارات فراوان ناشی از وقوع این سیل، بهترین روش کاهش خسارت سیل در حوضه ایجاد سیستم‌های پیش‌بینی و هشدار سیل تشخیص داده شد. بر این اساس بررسی و ایجاد تمهیدات لازم برای مخابره اطلاعات زمان واقعی حوضه به مرکز پیش‌بینی و هشدار شروع شده و امکانات ایستگاه‌های هواشناسی جهت پیش‌بینی سیل مورد استفاده قرار گرفتند. مهمترین هدف این سیستم، کاهش خسارات سیل مخصوصاً کاهش تلفات انسانی بود. بدین منظور نصب مقدماتی سیستم پیش‌بینی و هشدار سیل با استفاده از پشتیبانی شبکه رادار قوی برای مخابره اطلاعات آغاز شد. تجهیزات این سیستم شامل موارد زیر است:

۱. ایستگاه‌های رادار مجهز به دکل‌های رادار ذخیره‌ای ساده،

۲. شبکه ایستگاه‌های ثبت آمار با ۵ ایستگاه ثبت تراز آب و ۱۴ ایستگاه ثبت بارش،

۳. نمودارهای کمیت بارش قابل وقوع حاصل از سیستم رادارهای هواشناسی،

1. Asam

۴. مرکز پیش‌بینی و هشدار سیل،

۵. دفتر پیش‌بینی و هشدار در وزارتخانه،

۶. تجهیزات هشدار نظیر آژیر هشدار در کارخانه‌های منطقه.

هشدار سیل براساس نتایج پیش‌بینی شامل سه مرحله می‌باشد. در مرحله اول پیش‌بینی سیل براساس بارش مشاهده‌ای در سرشاخه‌ها انجام شده و هشدار به ساکنین و اعلام آماده‌باش صورت می‌گیرد. در مرحله دوم که فرسایش سواحل رودخانه‌ها در اثر عبور سیل شروع می‌شود. مقابله با سیل و افزایش تراز سواحل و مناطق ورود آب صورت می‌گیرد. در مرحله سوم تخلیه ساکنین به علت شدت زیاد سیل انجام می‌شود. مرحله اول ۳ تا ۴ بار در سال، مرحله دوم ۱ تا ۲ بار در سال و مرحله سوم ۱ بار در ده سال اتفاق می‌افتد. بررسی‌ها نشان داده است که این سیستم‌ها، به‌طور قابل توجهی خسارات و تلفات سیل را کاهش داده‌اند.

۷-۴. تجربیات کشور ژاپن

کشور ژاپن یکی از سیل‌خیزترین کشورهای آسیایی به‌شمار می‌رود. با پشتیبانی سیستم‌های پیش‌بینی سیل، سیلاب طراحی سازه‌های آبی در این کشور تا سیلاب ۲۰۰ ساله تقلیل یافته و به بهبود بهره‌وری مخازن کنترل سیل جهت کاهش پیک خسارات سیل توجه زیادی شده است. پیش‌بینی سیل در حوضه‌های آبریز این کشور شامل مراحل زیر بوده است:

۱. جمع‌آوری تغییرات شرایط اقلیمی از طریق ارتباط نزدیک با متصدیان ایستگاه‌ها،

۲. جمع‌آوری اطلاعات ثبت شده بارش، تراز آب، دبی ورودی و خروجی از حوضه و بودجه برفی و دمای حوضه در سیلاب‌های همراه با ذوب برف و بازسازی اطلاعات لازم در صورت عدم ثبت آنها یا ثبت آمار غلط،

۳. پیش‌بینی بارش در زمان‌های آتی و درجه حرارت در سیلاب‌های همراه با ذوب برف،

۴. جایگذاری مقادیر ثبت شده و پیش‌بینی شده در فرمول‌های محاسباتی و اشکال و نمودارهای مربوطه در هر حوضه و انجام محاسبات پیش‌بینی سیل (در مورد حوضه‌های دارای سد، سیلاب ورودی به سد به‌صورت مشابه پیش‌بینی می‌شود)،

۵. در رابطه با سدها، سیلاب خروجی از سد در گام زمانی آتی براساس منحنی نرمال با استفاده از جریان ورودی پیش‌بینی شده و تراز مخزن تعیین می‌شود،

۶. جایگذاری دبی سیل حاصل از بند «۴» و سیلاب خروجی از سد، بند «۵»، در فرمول‌های محاسباتی و انجام محاسبات پیش‌بینی تراز آب یا دبی سیل در طول مسیر رودخانه،

۷. در صورت لزوم پیش‌بینی تراز آب در سیلاب‌دشت در طول رودخانه با استفاده از سیلاب پیش‌بینی شده در بند «۴»،

۸. انتشار پیام پیش‌بینی سیل و هشدار براساس فرمت تصمیم‌گیری اولیه با هماهنگی متصدیان

ایستگاه‌های هواشناسی،

۹. ارسال و انتشار پیش‌بینی سیل به سازمان‌های دولتی و خصوصی از طریق شبکه انتشار اولیه.

در پیش‌بینی سیل آوریل ۱۹۸۳، حدود ۱۲۵۷ ایستگاه باران‌سنجی و ۱۱۰۵ ایستگاه هیدرومتری در شبکه تله‌متری با استفاده از ایستگاه‌های مایکروویو رادیویی کار جمع‌آوری و انتقال اطلاعات هیدرولوژیکی را در زمان واقعی انجام دادند. این اطلاعات هیدرولوژیکی در طی زمان وقوع سیل به‌صورت مؤثری برای پیش‌بینی و مقابله با سیل مورد استفاده قرار گرفتند.

همان‌گونه که در مورد کشورهای مختلف دنیا تشریح شد، سیلاب به‌عنوان یکی از پدیده‌های مخرب جوی، هرساله باعث وارد آمدن خسارات مالی و جانی بسیاری در سراسر دنیا می‌شود. به‌دلیل دستکاری‌های انسانی در طبیعت و پدیده تغییر اقلیم، فراوانی وقوع این پدیده به شکل فزاینده‌ای در حال افزایش است. پیش‌بینی زمان وقوع سیل و به‌دنبال آن صدور پیش‌آگاهی‌های لازم، نقش مؤثری در حفظ جان و مال انسان‌ها خواهد داشت. سیستم‌های پیش‌بینی سیلاب در سراسر دنیا به‌منظور کاهش خسارات سیل، راه‌اندازی شده و مورد استفاده قرار می‌گیرد. اما در کشور ایران این سیستم‌ها در ابتدای راه بوده و با توجه به افزایش وقوع سیل در کشور، نیازمند گسترش این سیستم‌ها و فراهم آمدن زیرساخت‌های لازم جهت افزایش کارآیی این سامانه‌ها در نقاط مختلف کشور است.

۵. مدیریت جامع سیل در کشور

با توجه به متفاوت بودن علل به‌وجود آورنده و تشدیدکننده سیلاب، لازم است تا تمام اقدامات مدیریتی و فنی در این زمینه در چارچوب یک سیستم مدیریتی یکپارچه و در قالب مجموعه‌ای از اقدامات سازه‌ای و غیرسازه‌ای انجام پذیرد. در سال‌های گذشته، موضوع مدیریت سیلاب چندان مورد توجه مسئولین و برنامه‌ریزان قرار نمی‌گرفت اما در سال‌های اخیر به‌دلیل افزایش فراوانی وقوع این پدیده، لزوم برنامه‌ریزی اساسی و هماهنگ توسط دستگاه‌های ذی‌ربط به‌خوبی احساس شده و رویکرد مهار سیلاب به مدیریت سیلاب تغییر یافته است. با توجه به لزوم انجام اقدامات متفاوت و گسترده و همچنین دخیل بودن دستگاه‌های مختلف در هر زمینه، در جدول ۴ تمامی جنبه‌های مدیریت جامع سیل و اقدامات لازم در این زمینه مورد بررسی قرار گرفته است.

جدول ۴. برنامه مدیریت جامع سیل

ردیف	فعالیت	اقدامات اجرایی
۱	استراتژی متناسب مدیریت سیل برای پرداختن به انواع مختلف سیل	ـ لحاظ کردن جغرافیا، ویژگی‌های ساکنان، منابع و تکنولوژی در دسترس برای رسیدن به استراتژی‌های مدیریت ـ پوشش دادن کل حوضه رودخانه و بهبود توسعه هماهنگ و مدیریت اقدامات با توجه به آب زمین و سایر موارد مربوطه
۲	اجرای طرح‌های آبخیزداری	ـ مطالعه و اجرای برنامه‌های حفاظت خاک و آب ـ مطالعه و اجرای برنامه‌های احیای جنگل
۳	لحاظ مفاهیم مدیریت سیل در برنامه‌ریزی کاربری اراضی	ـ تهیه و اجرای مقررات پهنه‌بندی، مقررات ساختمانی و غیره، به‌ویژه در امتداد دشت‌های سیلابی و کانال‌های فاضلاب ـ بازنگری و تقویت مقررات دشت سیلابی ـ آماده کردن سیستم‌های ایمن فاضلاب از لحاظ فنی و اجتماعی ـ اقتصادی در نواحی مسکونی ـ بازپس گرفتن دشت‌های سیلابی تصرف شده، با استفاده از اراده سیاسی و اجتماعی پس از سیل‌های رخ داده ـ فراهم کردن امنیت مالی و زمین برای برنامه اسکان مجدد ـ تقویت برنامه اسکان مجدد به‌منظور رفع ابهام و انحراف ـ طرح شهرهای جدید و توسعه روستایی دور از دشت سیلاب‌ها ـ تخصیص منابع مالی و برنامه‌های ویژه به توسعه روستایی دور از دشت سیلاب‌ها ـ توسعه و تقویت برنامه‌های احیای جنگل ـ مقررات شدید استخراج شن و ماسه ـ تعیین مناطق بیشتری از دشت‌های سیلابی به‌عنوان «مناطق حفاظت شده» زیرنظر مقررات اداره محیط زیست ـ انجام مطالعات محیطی بیشتر به‌منظور توسعه پایدار با توجه به پیشگیری سیل ـ استفاده از نقشه‌های سیل برای آماده‌سازی مقررات منطقه‌بندی و ساختمان‌سازی
۴	احداث سد	احداث سد و لحاظ ذخیره کنترل سیل در مخازن
۵	ساماندهی رودخانه	ـ تقویت اقدامات مهندسی رودخانه به‌منظور حفاظت مسیر، تثبیت بستر و کاهش رسوبگذاری و فرسایش رودخانه ـ لایروبی و آزادسازی مسیرهای رودخانه برای تسهیل جریان آب - بهبود و اصلاح ظرفیت بناهای ساخته شده بر مسیرهای رودخانه (سدها، بندها و غیره) و حفاظت از پل‌ها در مقابل خسارات ناشی از فشار آب
۶	مقاوم‌سازی ساختمان‌ها	ـ بالا بردن تراز همکف ـ استفاده از مصالح مقاوم به سیل
۷	تقویت اجرای نقشه‌های سیلاب‌دشت‌ها	ـ تقویت برنامه نقشه‌برداری کنونی با بهبود ظرفیت‌های نرم‌افزاری و سخت‌افزاری و تخصص‌های فنی ـ ایجاد حمایت‌های مالی برای تکمیل فعالیت‌های کنونی ـ بهبود ظرفیت فنی ادارات درگیر ـ اولویت دادن به نقشه‌برداری از محل‌های دارای خطر بیشتر ـ تهیه نقشه‌های پیش‌نویس برای شهرداری‌ها به‌منظور آماده کردن طرح‌های اقدامات اضطراری ـ استفاده از نقشه‌های سیل برای تهیه مقررات ساختمان‌سازی و منطقه‌بندی ـ پیوند دادن نقشه‌های سیل با بیمه سیل یا هر کمک مالی دیگر

ردیف	فعالیت	اقدامات اجرایی
۸	مطالعه و اجرای سیستم‌های هشدار سیل	ـ عرضه سیستم‌های رسمی‌تر کشوری اعلام خطر زودهنگام ـ عرضه تجهیزات و سیستم‌های مطمئن‌تر جمع‌آوری اطلاعات هواشناختی ـ توسعه و ارتقای ایستگاه‌های آب و هواشناسی ـ بررسی و بازنگری دوره‌ای تکنولوژی‌ها، تجهیزات و تخصص‌های فنی ضروری نیازمند ـ تقویت سیستم‌های غیردولتی موجود مانند داوطلبان بسیج به‌منظور اطلاع‌رسانی به همه منازل واقع در منطقه سیل ـ فراهم آوردن حمایت مالی برای تکمیل فعالیت‌های کنونی
۹	مدیریت سدها در سیلاب	ـ تهیه برنامه مدیریت سیل در هر سد ـ تهیه سیستم پهنه‌بندی و پایش مدیریت سیل در سدها ـ تهیه برنامه مدیریت در سیستم چند سدی
۱۰	بیمه سیل	ـ پوشش بیمه‌ای نقاط و اراضی سیل‌گیر در حاشیه رودخانه‌ها
۱۱	مطالعه و اجرای سیستم‌های جمع‌آوری آب شهری	ـ تهیه برنامه مطالعه و اجرای سیستم‌های جمع‌آوری آب شهری
۱۲	سازماندهی و تصمیم‌سازی و هماهنگی در سطح ملی	ـ تدوین نظامنامه طرح عمل و ایجاد هماهنگی در اقدامات دستگاه‌های مرتبط با سیل ـ تصمیم‌گیری درخصوص تخلیه اماکن مسکونی ـ تهیه و تدارک تخلیه و اقامت موقت
۱۳	تهیه طرح‌های ملی اضطراری برای مدیریت سیل	ـ ادارات محلی باید خطرات، منابع و طرح‌های موجود مدیریت سیل را ارزیابی کنند ـ برگزاری جلسات با حضور تمام ارگان‌های مسئول، سازمان‌های مردم‌نهاد و دیگر گروه‌های علاقمند برای مذاکره در مورد مسئولیت‌ها و همه طرح اضطراری ـ گنجاندن فعالیت‌های قبل، هنگام و بعد سیل در نقشه ـ حفظ و کنترل شرایط و امنیت ساختارهای کنترل سیل و دیگر زیرساخت‌های فیزیکی ـ لایروبی و آزادسازی مسیرهای فاضلاب برای جریان راحت آب ـ تدارک روش‌هایی برای انتقال سریع مردم به مکان‌های امن‌تر ـ تعیین و معرفی مسیرهای انتقال به عموم ـ تعیین و معرفی پناهگاه‌های موقتی بالقوه مانند مدارس، ساختمان‌ها ـ مؤسسات دولتی و غیره ـ تعیین مسئولیت آتش‌نشانی، هلال احمر و سایر سازمان‌های محلی ـ تعیین و اطلاع‌رسانی وسایل نقلیه در دسترس برای انتقالات و کمک‌های پزشکی ـ تعیین عوامل و روش‌های تهیه مواد غذایی، لباس، کمک‌های پزشکی و سایر خدمات حمایتی برای افراد منتقل شده ـ تضمین کمک‌های مالی و فنی برای پاکسازی، بازگرداندن سرمایه ـ زمین، بازسازی و غیره
۱۴	گسترش برنامه‌های ظرفیت‌سازی، اطلاع‌رسانی و مشارکت عمومی	ـ گروه کاری استانی و هلال احمر بایستی هماهنگ با دیگر سازمان‌های علاقمند، برنامه‌های آموزش مدیریت سیل را تدارک ببینند. ـ آرایش مجدد برنامه‌های ظرفیت‌سازی در سطوح ملی، محلی و اجتماعات ـ آموزش و کارآموزی مقامات محلی درباره جنبه‌های مختلف مدیریت سیل ـ درگیر کردن سازمان‌های مردم‌نهاد علاقمند به مدیریت سیل ـ در جریان گذاشتن عامه مردم درباره همه ابعاد برنامه مدیریت سیل ـ طراحی و اجرای برنامه‌های اطلاع‌رسانی و آموزشی گسترده و سازمان‌یافته درباره اقدامات انسانی در محیط مانند استخراج معادن، تجاوز به دشت‌های سیلابی و غیره

۶. تحلیل کارشناسی

ایران ازجمله کشورهای حادثه‌خیز آسیایی در زمینه حوادث طبیعی است و پس از چین، هندوستان و بنگلادش در رتبه سوم آسیا قرار دارد (طرح جامع سیلاب، وزارت نیرو، ۱۳۹۵). وقوع سیل نیز یکی از مهمترین تهدیداتی است که مناطق مختلف کشور را در بازه‌های زمانی متفاوت تحت تأثیر قرار می‌دهد. در سال‌های اخیر، غالب سیل‌های به‌وقوع پیوسته در کشور از نوع سیل‌های ناگهانی و رودخانه‌ای بوده‌اند. عمده‌ترین دلیل افزایش فراوانی و شدت سیلاب‌های به‌وقوع پیوسته را می‌توان در پدیده تغییر اقلیم و عواقب آن جستجو کرد. کشور ایران نیز با افزایش وقوع پدیده‌های حدی مانند خشکسالی‌ها و سیلاب‌های بزرگ در مناطق مختلف، با پیامدهای تغییر اقلیم دست به گریبان است.

ازجمله سیل‌های مخرب می‌توان به سیل فروردین‌ماه ۱۳۹۶ آذربایجان شرقی اشاره کرد. در این حادثه بارشی بیش از ۴۰ میلی‌متر در مدت زمان کوتاهی در حدود ۲۴ ساعت اتفاق افتاده و خسارات جانی و مالی فراوانی را به‌همراه داشته است. تعداد جانباختگان این حادثه ۴۸ نفر بوده و حدود ۲۹۵۰ میلیارد ریال خسارت مالی به بخش‌های کشاورزی، راه و مسکن برآورد شده است. اگرچه حوادث غیرمترقبه صد درصد قابل پیشگیری نیستند، اما با مدیریت صحیح می‌توان میزان قابل توجهی از حجم خسارات را کاهش داد.

در کشور ایران عمده راه‌های مدیریت و مقابله با سیلاب مبتنی‌بر راهکارهای سازه‌ای بوده و در بسیاری از موارد عملکرد این روش نیز دچار نقصان و ضعف است. نمونه‌ای از این موارد می‌توان به سیل فروردین ۱۳۹۵ دزفول اشاره کرد که با وجود سد عظیمی مانند دز که یکی از اهداف آن نیز کنترل سیلاب‌های منطقه است، در اثر عدم اتخاذ تصمیم صحیح و به‌موقع در رابطه با مدیریت بهره‌برداری از سد، خسارات و تلفات زیادی را به‌همراه داشت. در صورتی که با برخی اقدامات غیرسازه‌ای و کم‌هزینه می‌توان اقدامات مفید و مؤثرتری در جهت کنترل سیلاب انجام داد. اقدامات آبخیزداری و مدیریت حوضه ازجمله روش‌های مفیدی است که در برخی از مناطق خسارات ناشی از سیل را به حداقل رسانده است. نمونه‌ای از این موارد می‌توان به سیلاب سال ۱۳۹۱ در بهشهر اشاره کرد. در آن سال در محدوده حوضه شهری بهشهر، ده‌ها میلیارد تومان خسارت ناشی از سیل برآورد گردید. اما در حوضه شهری نکا که در مجاورت حوضه بهشهر بوده و از لحاظ خصوصیات اقلیمی و هیدرولوژیکی بسیار شبیه یکدیگر هستند، به‌واسطه اجرای عملیات آبخیزداری، هیچ‌گونه خسارتی وارد نشد. با توجه به اینکه اراضی این مناطق ارزشمند و عمدتاً دارای مالکیت شخصی هستند، عمده فعالیت‌های آبخیزداری انجام شده به‌صورت ساخت انواع بندهای کوچک اصلاحی (چک‌دم) بوده است. این بندها با مصالح مختلف و با اهداف مشخص ساخته شده و ازجمله این سازه‌ها می‌توان به بندهای سنگی- ملاتی، سنگی- گابیونی و چوبی- چپری (برخی اوقات با پایه‌های بتنی) اشاره کرد.

همچنین در حال حاضر در اکثر کشورهای پیشرفته دنیا و در برخی از کشورهای جنوب شرق آسیا استفاده از سیستم‌های هشدار سریع سیل به‌عنوان روشی بسیار مؤثر در جهت پیش‌بینی و مدیریت سیلاب

کاربرد داشته و در حال توسعه است. اما در ایران، علیرغم وجود پتانسیل سیل‌خیزی در اکثر حوضه‌های آبریز کشور، تنها دو سامانه هشدار سریع سیل عملیاتی شده و برای بقیه مناطق کشور چنین امکاناتی وجود ندارد. همچنین عملکرد و کیفیت پیش‌بینی این سیستم‌ها نیز تا سطح مطلوب، فاصله زیادی دارد.

علاوه‌بر موارد مدیریتی و فنی، ضعف عملکرد در زمینه کنترل و مقابله با سیلاب، از عمده‌ترین دلایل خسارات جانی و مالی ناشی از سیل، می‌توان به ساخت‌وسازهای غیرمجاز در حریم و بستر رودخانه‌ها اشاره کرد. به‌موجب تبصره «۳» ماده (۲) قانون توزیع عادلانه آب، قانونگذار صدور هرگونه ساخت‌وساز در مجاورت رودخانه‌ها را منوط به اخذ مجوز وزارت نیرو نموده است و در ماده (۱۳) آیین‌نامه اجرایی قانون مذکور تحت عنوان «آیین‌نامه مربوط به بستر و حریم رودخانه‌ها و مجاری آبی» مصوب سال ۱۳۷۹ هیئت وزیران، تمامی ارگان‌های صادرکننده پروانه ساخت‌وساز، قبل از هرگونه اقدامی باید حد بستر و حریم را از وزارت نیرو استعلام کنند. اما با توجه به رشد جمعیت و افزایش روزافزون تقاضای تغییر کاربری اراضی کشاورزی به مسکونی به‌علت عدم رعایت مفاد مواد مذکور خصوصاً توسط شهرداری‌ها و دهیاری‌ها، ساخت‌وسازهای غیرفنی در محدوده اراضی حریم و بستر رودخانه‌ها اتفاق می‌افتد.

احداث سازه‌های تقاطعی نظیر جاده‌ها سیل‌ها که فاقد آبگذری مناسب هستند بدون رعایت ضوابط استاندارد و عدم رعایت حدود بستر و حریم رودخانه‌ها در طرح‌های تفصیلی و هادی شهرها و روستاها توسط وزارت راه و شهرسازی، شهرداری‌ها و بنیاد مسکن و انقلاب اسلامی از دیگر عوامل افزایش خسارات سیل است. براساس مطالعات صورت گرفته بیش از ۲۰۰۰ مورد سازه تقاطعی غیرمجاز شناسایی و برای اصلاح و بهسازی معرفی شده‌اند.

سایر چالش‌ها و مشکلات پیش‌روی مدیریت سیلاب در کشور را می‌توان به‌صورت زیر برشمرد:

ـ عدم تهیه نقشه جامع خطرپذیری سیلاب در استان‌های کشور توسط ارگان‌های ذیربط،

ـ عدم بررسی ریسک ایجاد سیل در رودخانه‌های کشور،

ـ اجرا نشدن صحیح مدیریت حوضه‌های آبریز،

ـ عدم توجه به سیستم‌های هشدار محلی سیل،

ـ عدم دسترسی به بانک اطلاعاتی شامل نیروی انسانی، اماکن، تجهیزات، ماشین‌آلات سبک و سنگین، نقشه‌های خطرپذیری و پهنه‌بندی سیل و سایر امکانات بالفعل و بالقوه امور سیل توسط متولیان مدیریت سیلاب،

ـ کمبود آموزش تخصصی مدیریت سیلاب در سطوح مختلف کارشناسی و مدیران،

ـ عدم وجود اتاق مدیریت بحران با امکانات و تجهیزات لازم همراه با سامانه مدیریت و فرماندهی واحد سانحه جهت مدیریت سیلاب،

ـ نبود قوانین، دستورالعمل‌ها و آیین‌نامه‌های مربوط به سیلاب.

با توجه به حاکم بودن پدیده تغییر اقلیم و ادامه روند آن در اکثر مناطق دنیا ازجمله ایران و رخداد پدیده‌های حدی ازجمله افزایش فراوانی وقوع سیلاب‌های مخرب و بزرگ، به‌منظور کاهش خسارات و تلفات ناشی از سیل در کشور لازم است مسئولین و مدیران مربوطه سیاست‌های صحیحی را با توجه به مشکلات و کاستی‌های موجود در این زمینه اتخاذ نمایند. در جدول ۵ که براساس برنامه‌های ارائه شده

در مدیریت جامع سیل تهیه شده است، ضمن تعیین دقیق تمامی اقدامات مفید و مؤثر، وظایف نهادهای ذیربط نیز مشخص شده است تا بدین ترتیب از موازی‌کاری و هدررفت منابع جلوگیری شود. بر این اساس وزارت نیرو مهمترین نهاد مسئول در مدیریت ریسک سیل بوده و از طریق احداث سازه‌های مختلف و همچنین ساماندهی رودخانه‌ها، نقش مؤثری در کاهش خسارات سیل به عهده دارد. پس از آن، وزارت جهاد کشاورزی از طریق مدیریت حوضه‌های آبریز و اجرای طرح‌های آبخیزداری، وزارت مسکن، راه و شهرسازی از طریق مقاوم‌سازی ساختمان‌های در معرض خطر و بهبود وضعیت جاده‌ها و راه‌های مواصلاتی و وزارت کشور در مدیریت بحران به هنگام رخداد سیلاب‌های بزرگ و مخرب و همچنین از طریق تقویت نهادهای امدادی و ایجاد هماهنگی بین تمامی ارگان‌های دخیل در مدیریت جامع سیل، مهمترین نهادهای تأثیرگذار در مدیریت جامع سیل هستند.

جدول ۵. وظایف نهادهای مختلف در برنامه مدیریت جامع سیلاب

ردیف	نهاد مسئول	محورها	اقدامات
۱	وزارت نیرو	مطالعه و اجرای طرح‌های سازه‌ای مهار سیل	- احداث سد - ساماندهی رودخانه‌ها
		مطالعه و اجرای طرح‌های غیرسازه‌ای	- تقویت اجرای نقشه‌های سیلاب‌دشت‌ها - اولویت دادن به نقشه‌برداری از محل‌های دارای خطر بیشتر - تهیه نقشه‌های پیش‌نویس برای شهرداری‌ها جهت انجام اقدامات اضطراری - لحاظ کردن نقشه‌های سیل در مقررات ساختمانی - اجرای دقیق مدیریت سدها در زمان وقوع سیل
۲	وزارت نیرو- وزارت مسکن، راه و شهرسازی (سازمان هواشناسی)	مطالعه و اجرای طرح‌های غیرسازه‌ای	- راه‌اندازی سیستم‌های هشدار سریع سیل در کشور با اولویت مناطق سیل‌خیز - تجهیز ایستگاه‌های هواشناسی و استفاده از ابزار و ادوات اندازه‌گیری به‌روز - بهبود فرآیند اعلام هشدار رسمی در کشور
۳	وزارت جهاد کشاورزی	مدیریت و حفاظت حوضه آبریز	- اجرای طرح‌های آبخیزداری - اتخاذ استراتژی‌های مختلف مدیریت سیلاب با توجه به ویژگی‌های اقلیمی و جغرافیایی مناطق مختلف کشور
۴	وزارت کشور	مطالعه و اجرای طرح‌های غیرسازه‌ای	- تقویت نهادهای غیردولتی امدادرسان - افزایش حمایت‌های مالی جهت تقویت فعالیت نهادهای کنونی مانند هلال‌احمر
		سیستم‌های جمع‌آوری آب‌های سطحی	مطالعه و اجرای سیستم‌های جمع‌آوری آب شهری (از طریق سازمان شهرداری‌ها)
			- تدوین نظامنامه درخصوص ایجاد هماهنگی بین دستگاه‌های متولی مدیریت سیلاب - برنامه‌ریزی جهت تخلیه و اسکان اضطراری در مواقع بحرانی
		مدیریت بحران سیل	تهیه طرح‌های محلی اضطراری جهت مدیریت سیلاب

ردیف	نهاد مسئول	محورها	اقدامات
			ازجمله: - ایجاد هماهنگی بین نهادهای مردمی و دستگاه‌های دولتی متولی مدیریت سیلاب - تهیه نقشه راه مدیریت جامع سیلاب با مشارکت تمامی ارگان‌های مسئول - حفظ امنیت سازه‌های کنترل سیلاب - تعیین مسیرهای اضطراری و پیش‌بینی سازوکار انتقال سریع مردم به مکان‌های امن - کمک‌های مالی جهت جبران خسارات وارده
۵	وزارت مسکن، راه و شهرسازی	مطالعه و اجرای طرح‌های سازه‌ای مهار سیل	مقاوم‌سازی ساختمان‌ها از طرق بالا بردن تراز همکف و استفاده از مصالح مقاوم
۶	سازمان برنامه و بودجه	مدیریت و حفاظت حوضه آبریز	- تنظیم و بازنگری مقررات در دشت‌های سیلابی - کمک به آزادسازی اراضی تصرف شده در مسیرهای سیلاب - فراهم کردن امکانات مربوط به اسکان موقت - تخصیص بودجه جهت احداث شهرها و روستاها به دور از سیلاب‌دشت‌ها - جلوگیری از جنگل‌زدایی و برداشت غیرمجاز شن و ماسه از رودخانه‌ها با تنظیم مقررات مالی و تنظیم جریمه‌ها
۷	کلیه دستگاه‌ها	آموزش همگانی و تخصصی	- آموزش مدیران محلی در زمینه مدیریت سیلاب - آموزش سازمان‌های مردم‌نهاد - آموزش به عامه مردم

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

نتایج بررسی آمارها نشان می‌دهد در چند سال اخیر، شدت و تعداد وقوع پدیده سیلاب و خسارات جانی و مالی ناشی از آن در کشور در حال افزایش بوده و لزوم تغییر استراتژی‌های مدیریتی از مدیریت بحران به مدیریت ریسک جهت بهبود وضعیت حال حاضر و کاهش تلفات و خسارات وارده به کشور احساس می‌گردد. امروزه روش‌های کاهش خسارت سیلاب با توجه به تجارب به‌دست آمده در سال‌های اخیر، باید از نگرش «مهار سیلاب» به «مدیریت بهم پیوسته سیلاب» و «همزیستی با سیلاب» تغییر یابد. در مدیریت به هم پیوسته سیلاب، توسعه بهم پیوسته اراضی و منابع آب در یک حوضه آبریز در قالب مدیریت به هم پیوسته آب مدنظر است و در دیدگاه همزیستی با سیلاب توسعه روش‌های غیرسازه‌ای همراه با ارائه آموزش‌های لازم به مردم جهت به‌کار بستن روش‌های زندگی با سیلاب به‌نحوی که کمترین خسارت به آنها وارد شود، مدنظر است.

در دو سال اخیر ۱۱۲ نفر در کشور در اثر سیل جان خود را از دست داده‌اند و ۴۵۰۰۰ واحد

مسکونی به‌طور کامل از بین رفته است. علاوه‌بر مشکلات و معضلات اجتماعی ناشی از مرگ‌ومیر ناشی از سیل، هرساله مبالغ زیادی اعتبارات باید جهت بازسازی راه‌ها، شبکه‌های آبرسانی، منازل مسکونی و سایر زیرساخت‌های شهری درنظر گرفته شود. با توجه به این موارد اصلاح ساختار مدیریتی سیلاب در کشور، اولین گام در جهت کاهش این خسارات است. موضوع مدیریت سیلاب، مبحثی فراسازمانی و ملی است که مسئولیت آن متوجه نهادها و سازمان‌های مختلف است.

طرح‌ها و راهکارهایی که به‌منظور پیشگیری و کاهش خسارت سیل برنامه‌ریزی و اجرا می‌شود در قالب دو بخش اقدامات سازه‌ای و غیرسازه‌ای تقسیم‌بندی می‌شود. در بخش اقدامات سازه‌ای، با احداث سد و یا اصلاح و انحراف مسیر رودخانه و برخی اقدامات دیگر باعث دور کردن سیل از مناطق مسکونی شده و بدین ترتیب خسارات سیل تقلیل می‌یابد. در روش‌های غیرسازه‌ای مانند مدیریت حوضه‌های آبریز، پهنه‌بندی سیلاب‌دشت و اعمال مقررات کاربری اراضی، ایجاد سیستم‌های هشدار سیلاب و اطلاع‌رسانی رخداد سیل پیش از وقوع آن و تهیه نظامنامه‌های عملیاتی مدیریت بحران سیلاب، با دور کردن مردم از مسیر سیل (برعکس روش اول) و اجازه عبور سیل از مناطق مورد سکونت باعث کاهش خسارات و تلفات ناشی از سیل می‌شوند. اغلب راهکارهای کنترل و مهار سیلاب در ایران از نوع اقدامات سازه‌ای است که در برخی موارد نیز عدم مدیریت صحیح، این روش‌ها را نیز ناکارآمد می‌کند. روش‌های غیرسازه‌ای ازجمله فعالیت‌های آبخیزداری و مدیریت حوضه و سیستم‌های هشدار سریع سیل، روش‌های غیرسازه‌ای بسیار مؤثر و کارآمدی جهت پیش‌آگاهی، کنترل و مقابله با سیل و خطرات ناشی از آن هستند. این روش‌ها در اکثر کشورهای دنیا ازجمله کانادا، ایالات متحده آمریکا، ژاپن و هند اجرایی شده و نقش بسیار مؤثری در کاهش تلفات و خسارات سیل داشته‌اند. اما در کشور ایران این روش‌ها توسعه چندانی نیافته‌اند و تا سطح مطلوب فاصله زیادی دارند. علاوه‌بر آن عدم نظارت بر تغییر کاربری اراضی به‌خصوص در استان‌های شمالی که در معرض سیل‌های ناگهانی هستند، به تشدید خسارات سیل دامن زده است. فقدان قوانین کارآمد و دارای ضمانت اجرایی در زمینه تغییر کاربری اراضی و همچنین ساخت‌وسازهای غیراصولی در بستر و حریم رودخانه‌ها ازجمله چالش‌های اصلی مدیریت و کنترل سیلاب در کشور است.

مجموع راهکارهای مدیریتی سازه‌ای و غیرسازه‌ای کنترل سیلاب باید تحت مدیریتی جامع و با برنامه مشخص عمل نماید. پیشنهادهای زیر جهت بهبود وضعیت و کاهش مخاطرات سیل ارائه می‌گردد:

- اولویت دادن به اجرای برنامه مدیریت پیشگیری، به‌جای بازسازی تأسیسات و مناطق تخریب شده،
- توسعه مدل‌های منطقه‌ای پیش‌بینی هواشناسی در سطح کشور،
- رعایت ملاحظات زیست‌محیطی در مدیریت و ساماندهی آبراهه‌ها و مسیل‌ها،
- به‌کارگیری سیستم‌های پایش و هشدار محلی سیلاب مبتنی‌بر اندازه‌گیری بهنگام بارش و جریان رودخانه و مجهز به سیستم‌های هشدار سریع،

ـ تعیین حد و بستر و حریم رودخانه‌ها به‌عنوان یکی از روش‌های غیرسازه‌ای مؤثر در کاهش خسارات سیلاب و برخورد قاطع با متصرفین اراضی بستر و حریم رودخانه‌ها،

ـ آگاه‌سازی مردم در زمینه خطرات موجود در مناطق خطرپذیری از سیل،

ـ عدم صدور مجوز ساخت‌وساز در مناطق خطرپذیر،

ـ گسترش فرهنگ بیمه سیل.

منابع و مآخذ

۱.وزارت جهاد کشاورزی، سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری، دفتر کنترل سیلاب، گزارش جامع سیل، اردیبهشت‌ماه ۱۳۹۶.

۲.وزارت جهاد کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی،گزارش تهیه اطلس حوزه‌های آبخیز کشور، ۱۳۹۴.

۳.وزارت نیرو، شرکت مدیریت منابع آب ایران، طرح جامع سیلاب، ۱۳۹۶.

۴.مصاحبه‌های شفاهی با مسئولین سازمان هواشناسی کشور.

۵.استعلام از سازمان مدیریت بحران کشور.

۶.مصاحبه‌های شفاهی با مسئولین سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور.

۷.حیدری، علی. سیستم‌های پیش‌بینی و هشدار سیل، کارگاه فنی روش‌های غیرسازه‌ای مدیریت سیلاب، ۱۳۹۵.

۸.تقوایی ابریشمی، علی‌اصغر. پیش‌بینی سیل و پهنه‌بندی سیلاب در حریم رودخانه‌ها اصلی‌ترین مؤلفه طرح‌های مدیریت سیلاب و پیش‌بینی و هشدار و عملیات امداد و نجات، کارگاه فنی همزیستی با سیلاب، ۱۳۸۵.

۹. پرنده خوزانی، اکرم و لشکری، حسن. بررسی سینوپتیکی سیستم‌های سیل‌زا در جنوب ایران، تحقیقات منابع آب ایران، ۱۳۸۹.ص

۱۰.کاراندیش، فاطمه؛ ابراهیمی، کیومرث و پرهمت، جهانگیر. بررسی شدت سیل‌خیزی زیرحوضه‌های کارون و عوامل مؤثر بر آن در شبیه‌سازی مدیریت یکپارچه و نیمه‌توزیعی سیلاب، مدیریت آب و آبیاری، ۱۳۹۲.

11. Nied, M., Pardowitz, T., Nissen, K., Ulbrich, U., Hundecha, Y., & Merz, B. 2014. On the relationship between hydro-meteorological patterns and flood types. Journal of hydrology, 519, 3249-3262.

12. Criss, R.E. and Shock, E.L., 2001. Flood enhancement through flood control. Geology, 29(10), pp.875-878.

13. Kundzewicz, Z.W., Kanae, S., Seneviratne, S.I., Handmer, J., Nicholls, N., Peduzzi, P., Mechler, R., Bouwer, L.M., Arnell, N., Mach, K. and Muir-Wood, R., 2014. Flood risk and climate change: global and regional perspectives. Hydrological Sciences Journal, 59(1), pp.1-28.

مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی

شناسنامه گزارش	شماره مسلسل: ۱۵۵۵۴

عنوان گزارش: بررسی وضعیت سیل در کشور؛ اقدامات انجام شده و تجربیات سایر کشورها

نام دفتر: مطالعات زیربنایی (گروه آب)

تهیه و تدوین: نرجس‌السادات عبدالمنافی

مدیر مطالعه: جمال محمدولی سامانی

ناظران علمی: حسین افشین، محسن صمدی

متقاضی: عبدالغفور ایران‌نژاد (نماینده محترم مجلس شورای اسلامی)

ویراستار تخصصی: ـــــ

ویراستار ادبی: ـــــ

واژه‌های کلیدی:

۱. سیل

۲. مدیریت جامع سیل

۳. سیستم هشدار سریع

۴. حوضه آبریز

۵. کنترل سیلاب

تاریخ انتشار: ۱۳۹۶/۸/۲۴