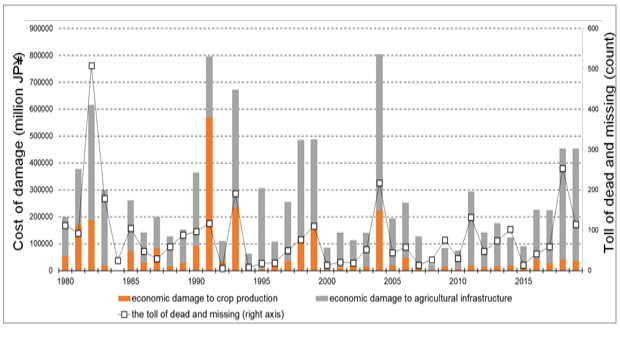
یادداشت تحلیلی

مدیریت ریسک سیلاب و ایمنی عمومی

کامران امامی، رییس کارگروه بین‌المللی مدیریت تطبیقی سیلاب (ICID)
kkemami@gmail.com

مقدمه

در دهه‌های اخیر ریسک سیلاب‌ها هم در سطح ملی و هم در سطح بین‌المللی روند افزایشی داشته است و پیش‌بینی می‌شود با افزایش تواتر وقوع سیلاب‌ها در اثر تغییر اقلیم، این روند افزایشی در دهه‌های آینده ادامه یابد. تجارب تندسیلاب‌های مرگبار کشور که در مردادماه ۱۴۰۱ در استهبان و امامزاده داوود، در فروردین ۱۳۹۸ در دروازه قرآن شیراز و در مردادماه ۱۳۶۶ در گلاب‌دره- دربند واقع شدند، می‌تواند شرایط لازم برای جلب افکار عمومی و مسئولان را به بحث راهبردی ایمنی عمومی فراهم کند. درست بعد از سیلاب‌های مردادماه ایران، بارش‌های مهیبی با شدت حداکثر ۱۴۰ میلی‌متر بر ساعت در سئول پایتخت کره‌جنوبی روی داد و با وجود جمعیت ۱۰ میلیون نفر و آبگرفتگی مناطق حساس از جمله ایستگاه‌های مترو، تعداد تلفات جانی کمتر از ۱۰ درصد تلفات تندسیلاب‌های مرداد ۱۴۰۱ ایران بود. در ژاپن هم با شرایط هواشناسی، زمین‌شناسی، توپوگرافی بسیار نامساعدتر از ایران و با تراکم جمعیتی بسیار زیاد در سیلاب‌دشتها، متوسط تلفات سالیانه سیلاب و زمین‌لغزش (حدود ۷۸ نفر) از تعداد تلفات سیلاب‌های مرداد ایران کمتر است (شکل ۱).



شکل ۱- آمار تلفات و خسارات سیلاب‌ها و چرخندهای حاره‌ای (توفندها) کشور ژاپن از ۱۹۸۰ تا ۲۰۲۰

با توجه به موارد فوق و آمار تلفات زلزله‌ها و سیلاب‌های بزرگ ۷۰ سال اخیر، کاملاً مشخص است که کارهای بسیار زیادی در رابطه با کاهش کاستی‌های راهبردهای ایمنی عمومی از جمله مدیریت سیلاب در کشور باید انجام گردد. تجربه تخریب مجموعه متروپل آبادان در سال ۱۴۰۱ به وضوح حساسیت افکار عمومی به کم‌توجهی در رابطه با ایمنی عمومی را مشخص ساخت.

مدیریت ریسک بلایای طبیعی

مدیریت ریسک از پیچیده‌ترین مباحث فنی است که نیاز به دیدگاه چندرشته‌ای از ریاضی، آمار و علوم مهندسی گرفته تا علوم اجتماعی، پزشکی و روانشناسی دارد. بر اساس مطالعات انجام شده درک عمومی از پرخطرترین ریسک‌ها هم در جوامع ابتدایی و هم در جوامع پیشرفته با واقعیت‌های فنی، فیزیکی و ریاضی هم‌خوانی ندارد. مطلب فوق به این معنا است که عموم مردم و حتی بسیاری از متخصصان، نمی‌توانند پرخطرترین مخاطرات را شناسایی کنند. مثلاً در برخی قبایلی که در آفریقا زندگی می‌کنند، بیشترین وحشت از مرگ در اثر صاعقه است، در حالیکه احتمال مرگ در اثر صاعقه کمتر از ۱ در میلیون در سال است و خطرات بسیار بزرگتری این قبایل را تهدید می‌کند.

به صورت بسیار ساده برای مدیریت ریسک عمومی اقدامات زیر را باید انجام داد:

۱. برآورد و تحلیل ریسک‌های مختلف (ریسک= احتمال× عواقب)
۲. تعیین ریسک‌های قابل قبول اجتماعی
۳. تعیین راهکارها و هزینه‌های کاهش ریسک‌های غیرقابل قبول

براساس تحقیقات دانشمندان در محدودهٔ احتمال وقوع ۱ واقعه در صد هزار سال تا ۱میلیون سال، وقایعی می‌توانند روی دهند که بخشی یا کل تمدن بشری را نابود کنند (بخش تحت تأثیر، یک یا چند قاره خواهد بود و تلفات جانی می‌تواند چند صد میلیون نفر باشد):

- احتمال برخورد شهاب‌سنگ‌هایی به قطر نیم و یک کیلومتر به زمین به‌ترتیب ۱ در ۲۵۰ هزار سال و ۱ در ۵۰۰ هزار سال برآورده شده است. برای مقایسه، انرژی شهاب‌سنگی ۶۰ متری که در سال ۱۹۰۸ در سیبری روسیه به زمین برخورد کرد، ۱۰۰۰ برابر انرژی بمب اتمی هیروشیما برآورد شده است. در این واقعه ۲۰۰۰ کیلومتر مربع جنگل یعنی ۴ برابر مساحت تهران و ۵ درصد مساحت کشور سوئیس با خاك یکسان شد. قدرت تخریبی شهاب‌سنگی به قطر نیم تا یک کیلومتر چند صد هزار تا چند میلیون برابر انرژی بمب اتمی هیروشیما خواهد بود.
- براساس تحقیقات انجام شده، برخورد شهاب‌سنگ عظیمی به قاره‌ی آمریکا در حدود ۵۰۰ هزار سال پیش موجب انقراض پستانداران بزرگ در این قاره گردید.
- در جریان آتشفشان عظیم یلوستون در ۶۴۰،۰۰۰ سال پیش، مواد آتشفشانی بیشتر مساحت آمریکا و شمال‌غربی مکزیک را در بر گرفت. آتشفشانی در این ابعاد می‌تواند موجب مرگ صدها میلیون نفر یا حتی میلیاردها نفر شود.
- در سال ۱۷۸۳ میلادی فوران ۳ میلیارد متر مکعب مواد آتشفشانی، یک چهارم جمعیت ایسلند را به کام مرگ کشید و دمای زمستانی آمریکای تازه استقلال‌یافته را ۹ درجه‌ی سانتیگراد افزایش داد!

نمونه‌هایی از وقایع با دوره‌ی بازگشت صدسال تا چند هزار سال در زیر آورده شده است:

■ اسکاتلند- ۵۰۰۰ سال قبل از میلاد: زمین‌لغزش عظیمی در ۷۰۰۰ سال پیش موجب ایجاد امواج عظیم سونامی گردید که قسمت اعظم اسکاتلند امروزی را زیر آب برد. این واقعه را شاید بتوان به‌عنوان نماد یك واقعه با دوره بازگشت چند هزار ساله ارائه نمود.

■ یونان- قرن چهارم میلادی: در ۲۱ جولای ۳۶۵ میلادی، زلزله‌ای به بزرگی حداقل ۸ ریشتر در نزدیکی کرت یونان روی داد. تلفات انسانی سونامی ناشی از این زلزله ۳۰۰ تا ۳۵۰ هزار نفر برآورد شده است.

■ یونان- قرن هفدهم: در بین سال‌های ۱۶۰۰ تا ۱۶۵۰ میلادی سونامی حاصل از آتشفشان در جزیره سنتورینی یونان، امواج سونامی به ارتفاع ۱۰۰ تا ۱۵۰ متر ایجاد کرد. این امواج عظیم سواحل شمالی کرت را درنوردید و تمامی کشتی‌ها و قایق‌های آن سواحل را نابود کرد.

■ لیسبون ۱۷۵۵: در ماه نوامبر ۱۷۵۵ زلزله، آتش‌سوزی و سونامی عظیمی نزدیك به ۱۰۰۰۰۰ نفر از اهالی لیسبون پرتغال را به کام مرگ کشید (نزدیك به یك سوم جمعیت شهر). مردم پس از زلزله به منظور دوری از آتش‌سوزی‌های ناشی از آن به مناطق ساحلی روی آوردند. قبل از رسیدن موج‌های عظیم سونامی، آب دریا عقب‌نشینی کرده و کشتی‌های غرق‌شده در کف دریا را نمایان نمود. بسیاری از حیوانات خطر را حس نموده و به مناطق بلندتر گریخته بودند ولی افراد زیادی در اثر امواج سونامی غرق شدند. این واقعه موجب ایجاد یأس فلسفی عمیقی در اروپا در نیمه دوم قرن هیجدهم گردید.

■ کراکوتا اندونزی ۱۸۸۳: در ماه اوت ۱۸۸۳ فعالیت‌های آتشفشانی شدید در جزیره کراکوتا اندونزی موجب زمین‌لغزش‌های عظیم گردید و امواج سونامی به ارتفاع بیش از ۴۰ متر را ایجاد کرد. امواج سونامی در تمامی اقیانوس هند، اقیانوس آرام، سواحل غربی آمریکای شمالی و جنوبی حتی سواحل انگلیس مشاهده شد. در سواحل جاوا و سوماترای اندونزی امواج، چندین کیلومتر در خشکی پیشروی کردند. تلفات ناشی از این سونامی ۴۰ تا ۱۲۰ هزار نفر برآورد شده است.

■ سونامی ۱۹۵۸ آلاسکا: در سال ۱۹۵۸ یك سونامی منطقه‌ای ناشی از زمین‌لغزش‌های عظیم، امواجی به ارتفاع ۵۰۰ متر (پانصد متر!) ایجاد نمود. خوشبختانه این سونامی محدود به یك منطقه غیرمسکونی بود.

■ شیلی ۱۹۶۰: در ماه می ۱۹۶۰، بزرگ‌ترین زلزله ثبت شده جهان در نزدیکی سواحل شیلی روی داد و امواجی به ارتفاع ۲۵ متر در سراسر اقیانوس آرام ایجاد کرد. سونامی ۲۲ ساعت بعد از زلزله به سواحل ژاپن رسید. تلفات جانی این زلزله و سونامی حدود ۲۰۰۰ نفر برآورد شده است.

■ ژاپن ۲۰۱۱: در مارس ۲۰۱۱، زلزله‌ای به بزرگی ۹ ریشتر در ۷۰ کیلومتری سواحل ژاپن موجب ایجاد سونامی بزرگی گردید. تلفات انسانی نزدیك به ۲۰ هزار نفر و خسارت مالی ۳۶۰ میلیارد دلاری برای این سونامی گزارش شده است.

با توجه به موارد ارائه شده، در رابطه با ایمنی عمومی باید افق چند هزار ساله یا حتی بیشتر داشت، ولی با توجه به دورهٔ بازگشت طولانی وقایع نادر طبیعی، معمولاً افکار عموماً حساسیت لازم برای پرخطرترین وقایع را در بیشتر موارد ندارد. برای مثال در ۱۶ سال گذشته سه زلزله فاجعه‌بار منجر به تلفات بیش از یکصدهزار نفر در دنیا شده است:

- زلزله هائیتی در سال ۲۰۱۰ با ۲۳۰ هزار نفر کشته و ۳۰۰ هزار نفر زخمی
- زلزله ۲۰۰۵ کشمیر پاکستان با نزدیك به ۱۰۰ هزار نفر کشته و ۴ میلیون‌نفربی‌خانمان
- سونامی اقیانوس هند در سال ۲۰۰۴ با ۲۸۰ هزار نفر کشته

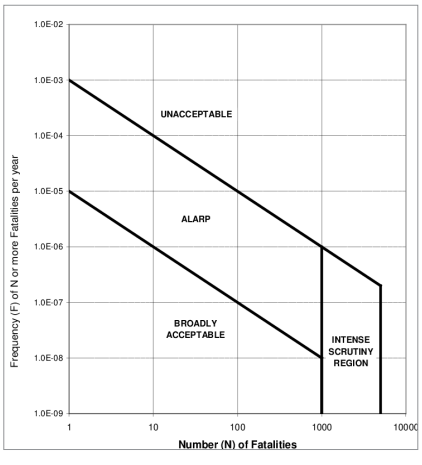
عمدتاً این بلایای بسیار فاجعه‌بار با فاصله زمانی طولانی در یك منطقه یا کشور روی می‌دهند و در نتیجه افکار عمومی تا زمان وقوع یك بلای طبیعی فاجعه‌بار و مهیب، حساسیت لازم در مورد خطرپذیری و نیاز به کاهش آسیب‌پذیری را ندارد. در این راستا کارشناسان باید ضمن ایجاد حساسیت لازم در مورد خطرپذیری (احتمال- عواقب- آسیب‌پذیری) برای جامعه، به تبیین راهبردها و راهکارهای لازم هم بپردازند.

در رابطه با حساسیت ایمنی عمومی می‌توان به تجربه انفجار انبارهای بندر بیروت در سال ۲۰۲۰ اشاره نمود. در این انفجار بیش از ۲۰۰ نفر کشته شدند، ۳۰۰ هزار نفر بی‌خانمان شدند و ۱۵ میلیارد دلار خسارت مالی ایجاد گردید. با توجه به شواهد موجود مشخص است که اصلاً خطرپذیری انبار آمونیم نیترات در بیروت در نظر گرفته نشده بود. برآورد می‌شود احتمال وقوع انفجار هولناك اخیر بیروت ۱ در چند ده سال بوده است که ۱۰۰۰ برابر بیشتر از استانداردهای جهانی است. در عین حال به نظر می‌رسد که برآورد بسیار تقریبی هم از عواقب انفجار یعنی چند صد کشته، بی‌خانمان شدن ۳۰۰ هزار نفر و خسارات مالی میلیارد دلاری در دست نبوده است. لازم به ذکر است که قیمت کل ۲۷۵۰ تن آمونیم نیترات که برای ۹ سال در بندر بیروت انبار شده ۱ تا ۲ میلیون دلار برآورد می‌شود. با توجه به موارد فوق مشخص است که نادیده‌گرفتن و سهل‌انگاری در مورد ریسك‌های اجتماعی در درازمدت به هیچ وجه قابل قبول نیست.

ریسك قابل قبول اجتماعی

ریسك قابل قبول اجتماعی در برخی کشورها و سازمان‌ها در نمودارهایی که موسوم به F/N هستند، ارائه می‌شود. در این نمودارها F احتمال تجمعی سناریوهایی که منجر به تلفات انسانی می‌شوند اعم از زلزله، تصادف قطار، شکست سد و غیره و N تعداد تلفات انسانی است. منحنی‌های F/N به این صورت تعریف می‌شوند که احتمال تلفات سالانه جانی به اندازه N نفر یا بیشتر در هر حادثه‌ای نباید از مقدار معینی که تابعی از N است، تجاوز کند. در

منحنی‌های F/N تعداد نفر مرگ و میر در حوادث با انواع مختلف به روشنی نشان داده شده و تطبیق چشمی حوادث مختلف از لحاظ احتمال تلفات جانی آسان است. به زبان ساده برای وقایعی با تلفات چند هزارنفری احتمالات ۱ در چند هزار سال تا صد هزار سال در نظر گرفته می‌شود. یك نمونه از منحنی‌های F/N در شکل (۲) ارائه شده است. بر اساس این منحنی احتمال قابل قبول برای حادثه‌ای با ۱۰۰ کشته در محدود ۱ واقعه در ۱۰۰ هزار سال تا ۱ واقعه در ۱۰ میلیون سال است. اگر تلفات بلایای طبیعی کشورمان در ۷۰ سال گذشته با استانداردهای F/N کشورهای پیشرفته مقایسه شود، فاصله‌ی زیادی وجود دارد و رسیدن به استانداردهای فوق، عزم ملی و تلاش و سرمایه‌گذاری عظیمی را می‌طلبد.



شکل ۲- یك نمونه از منحنی‌های F/N

درس‌هایی که باید از تندسیلاب‌های مردادماه ۱۴۰۱ گرفت

جمع‌بندی جامع تجارب تندسیلاب‌های مردادماه نیاز به مطالعات یك تیم چندرشته‌ای مستقل در یك دوره چند ماهه دارد؛ از طرف دیگر توجه به بلایای طبیعی به مرور زمان کاهش می‌یابد و در این چارچوب با اطلاعات موجود و با تکیه بر ۳۰ سال تجربهٔ حرفه‌ای و تحقیقاتی در زمینه مدیریت سیلاب و ایمنی عمومی، می‌توان موارد کلیدی زیر را به صورت محتاطانه ارائه نمود:

- پیش‌نیازهای مدیریت اثربخش و کارآی تندسیلاب‌ها:

تندسیلاب‌ها از خطرناک‌ترین سیلاب‌ها محسوب می‌شود که در حوضه‌های کوچک کوهستانی به وقوع می‌پیوندند و مدت وقوع آن از زمان شروع بارندگی تا زمانی که سیلاب حرکت می‌کند و به اوج می‌رسد چند دقیقه یا چند ساعت است. برخلاف تصور، تندسیلاب‌های حوضه‌های کوچک مثل گلاب‌دره و دربند ممکن است تلفاتی بسیار بیشتر از یک رودخانه بزرگ مثل کارون و یا کرخه داشته باشند. برای مثال در تندسیلابی در عمان در کمتر از ۴۵ ثانیه وضعیت تفرجگاهی به شرایط بسیار بحرانی تبدیل شد. با توجه به کم بودن زمان تمرکز تندسیلاب‌ها، پیش‌بینی و هشدار این سیلاب‌ها چالش‌آور است و نیاز به پیش‌بینی‌های هواشناسی خاص و مدل‌های هیدرولوژیکی دارد. مدیریت انسانی هم که باید در رابطه با این تندسیلاب‌ها کار کند، علاوه بر اشراف بر مدیریت بحران و تسلط بر منطقه، باید ابزار مناسب در اختیار داشته باشد. به‌طور خلاصه نیاز است توسعه‌یافتگی سازمانی و انسانی در دستور کار سازمان‌های مسئول قرار گیرد. در حال حاضر مدل‌هایی در آمریکا وجود دارد که بر روی اینترنت هر ۵ دقیقه به روز می‌شوند و تندسیلاب‌ها را پیش‌بینی می‌کند. اما متأسفانه در ایران در رابطه با این جنبه‌های پیش‌بینی و هشدار تندسیلاب‌ها و به طور کل روش‌های غیرسازه‌ای مدیریت سیلاب، سرمایه‌گذاری لازم صورت نگرفته است. در جریان تندسیلاب استهبان هشدار ساده یک موتورسوار، جان بسیاری را نجات داد. بنابراین با استفاده از سامانه‌های پیشرفته می‌توان از حداقل شدن تلفات این سیلاب‌ها اطمینان نمود.

- نیاز به طرح‌های عملیاتی شرایط اضطراری:

همانطوریکه اشاره شد پیش‌آگاهی‌ها برای کاهش اثرات بلایای طبیعی لازم است. علاوه بر پیش‌آگاهی، تدوین و به‌روزسازی طرح‌های عملیاتی شرایط اضطراری هم الزامی است. در این طرح‌ها، تخصص، دانش، تجربه و زمان برای شرایط بحرانی ذخیره می‌شود. به طور مثال در مدیریت سیلاب یك شهر با بررسی یک پل بر روی رودخانه متوجه می‌شوند که گرفتگی آن ممکن است آن را تبدیل به گلوگاه کند و در نهایت سیلاب مناطقی را در بر بگیرد. بنابراین باید آماده جلوگیری از وقوع این گرفتگی بود و در طرح عملیاتی سیلاب در مرحله اعلام هشدار سطح نارنجی یا زرد، یک بیل مکانیکی بالای آن پل مستقر شود که اگر گرفتگی ایجاد شد آن را باز کند. در این طرح مشخصات چند راننده و تعمیرکار بیل مکانیکی محلی هم باید ذکر شود. همانطور که گفته شد پیش‌بینی و هشدار تندسیلاب با چالش‌های زیادی روبرو است. پس نباید ریسک کرد و هیچ اشکالی ندارد که با هر هشدار نارنجی یا زرد ۵ بار آمادگی میدانی ایجاد کرد و نیروها را به کار گرفت، اما فقط ۱ بار از این ۵ بار سیلاب واقعاً اتفاق بیفتد. چرا که عدم قطعیت‌های جدی راجع به مدل‌ها و پیش‌بینی‌های هواشناسی و هیدرولوژیکی وجود دارد. بهتر است چندین بار هوشیار بود، اما حتی اگر سیلی اتفاق نیفتد تا این که یک بار اتفاق بیفتد و همه را غافلگیر کند. در رابطه با طرح‌های عملیاتی شرایط اضطراری سیلاب باید اشاره شود که مفاهیم این طرح‌ها ساده است ولی تدوین و اجرای اثربخش آنها در دراز مدت چالش‌آور خواهد بود.

- مدیریت ریسک سیلاب:

در یک نقطه‌ای ممکن است تاکنون سیل بزرگی هم مشاهده نشده باشد، اما پتانسیل بالایی برای سیلاب یا تندسیلاب وجود داشته

باشد. پس باید رگبارهای آن منطقه تحلیل شود و سپس مدل‌سازی هیدرولیکی سیلاب انجام شود. در مرحله بعدی بحث مدلسازی ژئوتکنیکی و رانش زمین هم انجام شود و نواحی پرخطر را پهنه‌بندی نمود. این روند معمول دنیا برای مقابله با سیلاب و کاهش خسارات و تلفات آن است. اما مقابله با سیلاب در ایران تبدیل به رفتارها و عمل‌های واکنشی شده است و پس از یک سیلاب مرگبار تلاش می‌شود اقدامات لازم برای کاهش اثرات سیلاب‌های بعدی «در آن منطقه» صورت پذیرد. چند سال پیش در مالزی تفریحگاهی بیرون از شهر وجود داشت که آنجا را سیل گرفت و ۴ نفر کشته شدند. پس از آن در مدت ۲ سال سامانه پیش‌بینی و هشدار سیلاب را کامل مستقر کردند و جلوی بسیاری از تلفات احتمالی بعدی را گرفتند (چون جایی که باران می‌آید با جایی که سیل می‌آید فاصله دارد). از طرف دیگر در گلاب‌دره و دربند تهران با وجود این که بیش از ۳۰۰ نفر در سال ۱۳۶۶ کشته شدند و ۳۶ سال هم گذشته، اما هنوز سامانه پیش‌بینی و هشدار به طور کامل راه‌اندازی نشده است، بنابراین ما حتی راهبرد واکنشی را هم درست انجام نمی‌دهیم.

- هم‌افزایی روش‌های سازه‌ای و غیرسازه‌ای:

روش‌های سازه‌ای مدیریت سیلاب عبارتند از سدها، سیل‌بندها، کانال‌های انحراف سیل، مخازن تأخیری، مخازن ذخیره‌ای برای پخش سیلاب و اصلاح و بهسازی مسیر. روش‌های غیرسازه‌ای که در دهه‌های اخیر کاربرد و اهمیت روزافزون داشته‌اند، در دو دسته فعالیت‌های برنامه‌ریزی و واکنشی دسته‌بندی می‌شوند:

فعالیت‌های برنامه‌ریزی: پیش‌بینی سیلاب، پیش‌بینی سیلاب‌های دریایی، مدیریت گسترش سیلاب‌دشت‌ها، بیمه سیلاب، مقاوم‌سازی در مقابل سیلاب، تدوین طرح‌های عملیاتی شرایط اضطراری، آموزش و جلب مشارکت مردم و مدیریت مخازن سدها.

فعالیت‌های واکنشی: هشدار سیلاب، مقابله با سیلاب، اطلاع‌رسانی، مدیریت جوامع محلی، تخلیه، مدیریت مخازن سدها در زمان واقعی و کمک‌های اضطراری.

در عمل باید طیفی گسترده‌ای از اقدامات را بسته به شرایط به کار گرفت و در بسیاری از موارد کاربرد توأمان این روش‌ها می‌تواند موجب هم‌افزایی شود. برای مثال در آمریکا جوامعی که قوانین مدیریت سیلاب‌دشت‌ها را رعایت کنند، مشمول دریافت بیمه سیلاب یارانه‌ای می‌شوند. بنابراین انگیزه لازم برای رعایت قوانین توسعه سیلاب‌دشت‌ها ایجاد می‌گردد. کاربرد روش‌های غیرسازه‌ای مدیریت سیلاب در کشورهای مختلف در جدول (۱) ارائه شده است.

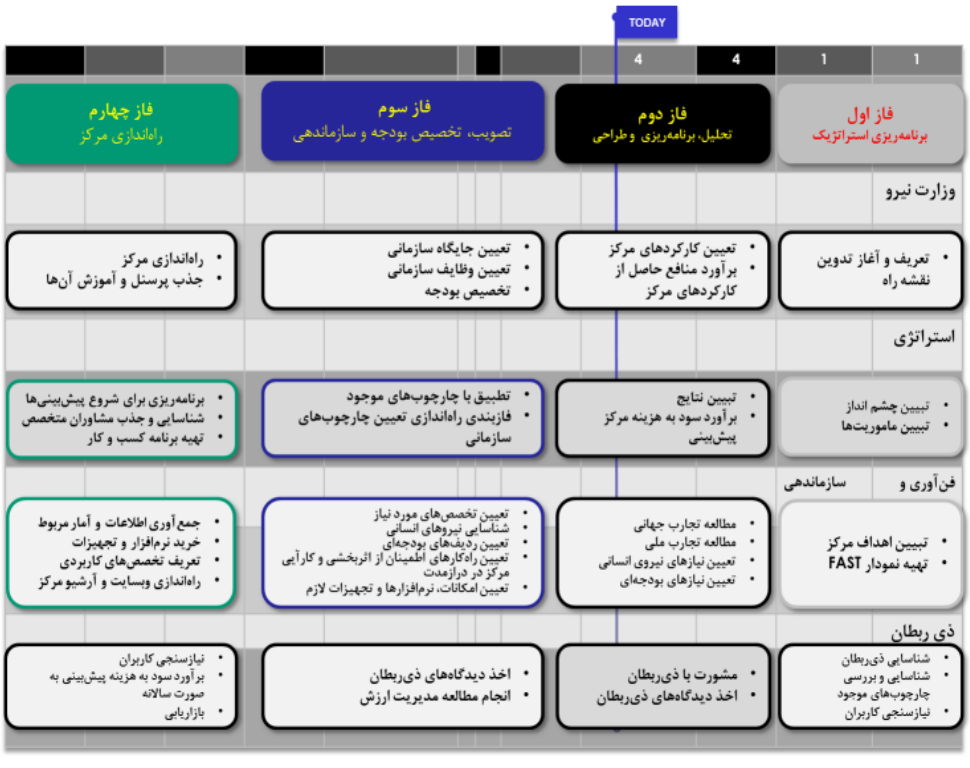
جدول ۱- کاربرد روش‌های غیرسازه‌ای مدیریت سیلاب در کشورهای مختلف

	اقدامات برنامه‌ریزی								اقدامات واکنشی								
	تحلیل‌های هیدرولیکی	پیش‌بینی سیل	کنترل توسعه سیلابدشت	بیمه سیل	ضد سیل کردن ساختمان‌ها	مدیریت حوضه آبریز	برنامه‌ریزی اقدامات واکنشی	تصمیم‌گیری	مقابله با سیلاب	مدیریت منابع آب	هشدار سیل	تخلیه	بازسازی و تجدید اسکان	امداد و کمک‌های اضطراری	تخلیه سیل	نیازهای پژوهشی
آرژانتین	++	+	+		+		+	+			+				+	+
استرالیا		+	++	+	+		+			+	+		+			
بنگلادش	+	++	+		++	+	+			+	++		++		+	
کانادا	+	+	++	+	++						+				+	
فرانسه	++	+	++	++		+	+	++		+	+		+		+	
آلمان	+	+	++	++	+	+	+		+	+	+					++
هند		++	+	+	+	+	+		++		++		+			
ایتالیا	+	+	+	+											+	
ژاپن	+	++				+	+	+	++	+	++	+	+	+		
مراکش	+	+					+	++	+		++	++	++	+		
هلند	+	+	++	+	+	+	+			+	++	+				
پاکستان	+	+				+				+	+					
پرتغال	+	+	+				+	+			+					+
جنوب شرقی آسیا	+	+	+		++	+	+		+		+				+	
اسپانیا	++	+	+	+	+		++	+	+	+	+	+			++	
انگلستان	+	+	++	++	+			+			+		+	+		
آمریکا	+	+	++	++	+	+	++		+		+		+	+	++	++

- نیاز به مرکز ملی پیش‌بینی‌های منابع آب و سیلاب:

بر اساس تجارب جهانی، هم‌افزایی پیش‌بینی‌های درازمدت اقلیمی، هواشناسی و هیدرولوژیکی با پیش‌بینی‌های کوتاه مدت، می‌تواند اثربخشی پیش‌بینی‌ها را به نحو چشمگیری افزایش دهد. مشکل آن است که این پیش‌بینی‌ها در سازمان‌های مختلفی انجام می‌شود: بارش در سازمان هواشناسی و آبدهی فصلی، سیلاب و اثرات سدها در وزارت نیرو مورد مطالعه قرار می‌گیرند. مناسب است مانند کشور استرالیا تمامی پیش‌بینی‌ها در یك مرکز ملی متمرکز شود. در این راستا سازمان هواشناسی استرالیا که مسئول پیش‌بینی‌ها گردید با استخدام ده‌ها کارشناس هیدرولوژی و فن‌آوری اطلاعات، ظرفیت

سازمانی خود را برای انجام وظایف محوله، افزایش داده است. در سال ۱۳۹۶ نقشهٔ راه برای تأسیس مرکز ملی پیش‌بینی‌های منابع آب و سیلاب به وزارت نیرو ارائه گردید (شکل ۳). اگر این مرکز پیشنهادی راه‌اندازی شده بود در سیلاب‌های اسفندماه ۱۳۹۷، بهار ۱۳۹۸ و مرداد ۱۴۰۱ می‌توانست در کاهش اثرات سیلاب‌های نقش مؤثری داشته باشد.



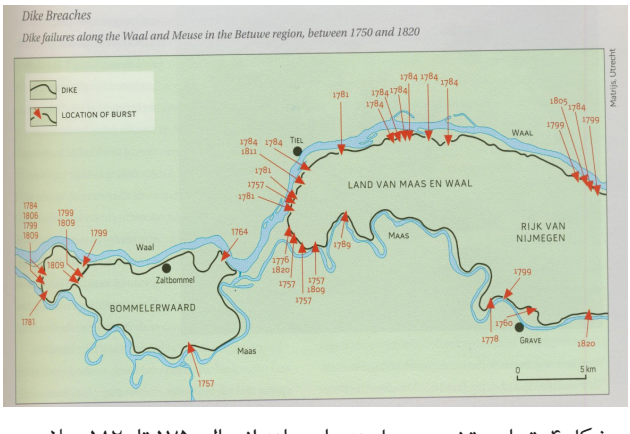
شکل ۳- نقشه راه تأسیس و راه‌اندازی مرکز پیش‌بینی‌های منابع آب وزارت نیرو (۱۳۹۶)

استفاده از تجارب کشورهای پیشرو در مدیریت سیلاب

با توجه به فاصله زیاد میان سیلاب‌های نادر، استفاده از تجارب سیلاب‌های بزرگ دیگر کشورها، یک الزام مهم است. باید توجه داشت که حتی در کشورهای پیشرفته ابعاد سیلاب‌ها از نظر تلفات و خسارات مالی می‌تواند خارج از انتظار باشد. برای مثال کشور آلمان معمولاً در مدیریت اکثر سیلاب‌های بزرگ، اثربخش و کارآ بوده است، ولی در تابستان ۲۰۲۱ مسئولین غافلگیر شده و سیلاب‌های مخرب منجر به ۲۰۰ کشته و ۵۴ میلیارد یورو خسارت شدند.

- هلند:

بخش وسیعی از اراضی کشور هلند زیر تراز دریا است و اگر سیل‌بندهای محافظ تخریب گردند، فاجعه بزرگی ایجاد می‌شود. این اتفاق هم بارها افتاده است. اما هلندی‌ها از دو سه قرن پیش (از اواخر قرن ۱۸ میلادی!) که تجهیزات امروزی در دسترس نبوده، خود را به گونه‌ای اثربخش برای مقابله با سیل آماده می‌کردند. به طور خلاصه یک نوع طرح عملیاتی اضطراری کاملی داشتند از جمله اسب‌های سواره و گشت‌های نظامی برای اطلاع‌رسانی وضعیت سیل‌بندها در شرایط اضطراری و انبارهای خاص داشتند که در موقع بحران همه وسایل لازم آماده باشد. حتی پروتکل‌های خاص ارتباطی داشتند. بنابراین هلندی‌ها با وجود اینکه فن‌آوری‌های پیشرفته امروزی را نداشتند، اما توسعه‌یافتگی داشتند. در کشور آلمان به تماشاچیان سیلاب که در موقع سیلاب در کنار تیم‌های مدیریت بحران قرار می‌گیرند، گردشگر سیلاب می‌گویند و طبق قانون برای کاهش تعداد آنها، گردشگران سیلاب باید برای مدت معینی در پرکردن کیسه‌های شنی کمک کنند.

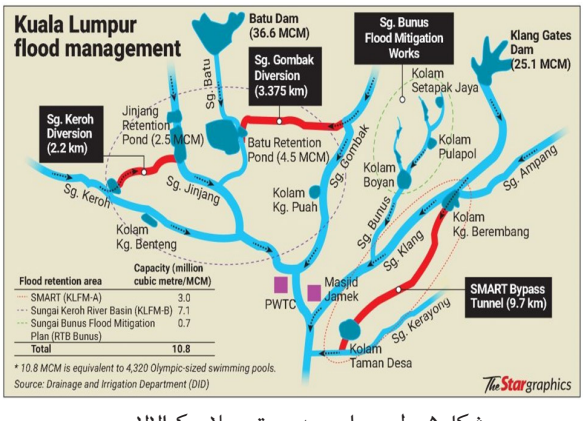


شکل ۴- تجارب تخریب سیل‌بندهای هلند از سال ۱۷۵۰ تا ۱۸۲۰ میلادی

- مالزی:

تونل دو منظوره اسمارت کوالالامپور (سیلاب – حمل و نقل) در نوع خود منحصر به فرد است. در همین راستا نگارنده در اوایل سپتامبر ۲۰۱۹ بازدیدی را از این تونل انجام داد. در جریان این بازدید دکتر کیزول بن عبداله رییس اسبق ICID که طراحی و احداث این تونل در زمان مدیریت ایشان انجام گردید، تاریخچه و اطلاعات کامل پروژه را ارائه دادند. بازدید از حوضچه ورودی آغاز گردید و ارائه‌ها در مرکز کنترل سیلاب تونل اسمارت انجام گردید.

پایتخت مالزی کوالالامپور پس از باران‌های سنگین (سه تا شش ساعته) به صورت ادواری در معرض طغیان سیل قرار می‌گیرد. پس از وقوع سیلاب‌های ویران‌کننده در این شهر (به‌خصوص سیلاب ۱۹۷۱ میلادی) که خسارات مالی سنگین بر جا گذاشت، دولت مالزی طراحی و اجرای یك پروژه نوآورانه در سطح دنیا را آغاز نمود. هدف اصلی این طرح کاهش خسارت سیلاب‌های مخرب و ترافیك شهری به صورت هم‌زمان بود. ابعاد مختلف طرح جامع مدیریت سیلاب کوالالامپور در شکل (۵) ارائه شده است.

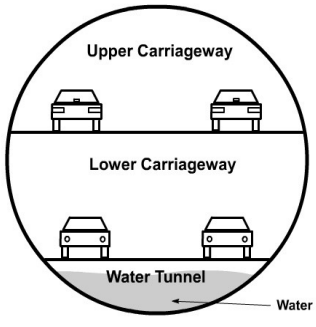


شکل ۵- طرح جامع مدیریت سیلاب کوالالامپور

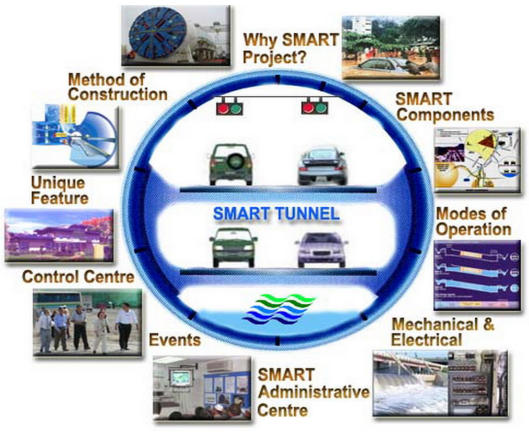
SMART مخفف «مدیریت طوفان آبی و تونل جاده»[1] است. این تونل به قطر ۱۳/۲ متر و طول ۹/۷ کیلومتر برای انحراف سیلاب احداث شده است. در طول ۴ کیلومتر، تونل به صورت دو عرشه برای رفت و برگشت خودروها ساخته شده است. به همراه یک جاده دوطرفه عبور وسایل موتوری (بزرگراه) به طول ۴ کیلومتر که درون تونل تشکیل شده است. هدف اصلی تونل اسمارت حل مشکل طغیان سیلابی در کوالالامپور از رودخانه‌های سونگای کلنگ و کرایونگ و همچنین کاهش ترافیک در ساعت شلوغی روزانه است.

تونل دومنظوره اسمارت، از مخزن کامپونگ برمبانگ شروع و به مخزن تامان دسا ختم می‌شود. تونل، سیلاب‌ها را دورتر از محل برخورد دو رودخانه اصلی که از مرکز کوالالامپور عبور می‌کنند، منحرف می‌کند. همچنین تونل ۴ کیلومتری بزرگراهی اسمارت به عنوان یک مسیر جایگزین کارآمد از دروازه جنوبی بزرگراه KL- Seremban، بزرگراه فدرال، Besraya و راه دسترسی شرق به غرب برای ورود و خروج از مرکز شهر عمل می‌کند.

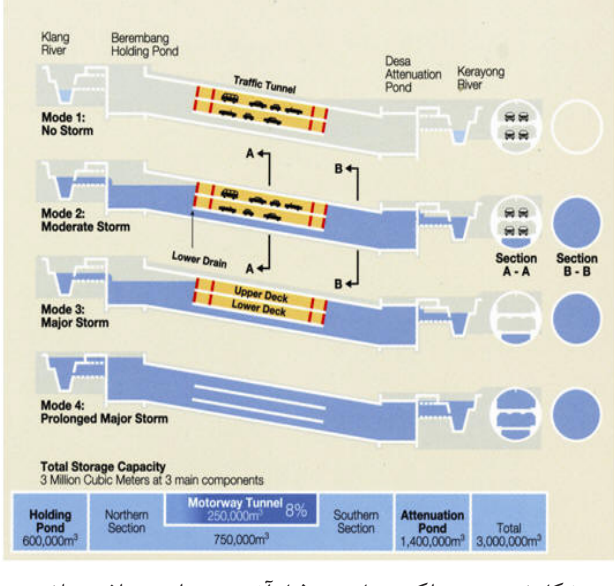
این تونل زمان سفر خودروها را بیش از ۷۰ درصد کاهش می‌دهد (حدود ۱۵ دقیقه به فقط چهار دقیقه).



شکل ۶- مقطع تونل اسمارت



شکل ۷- ابعاد مختلف طرح اسمارت



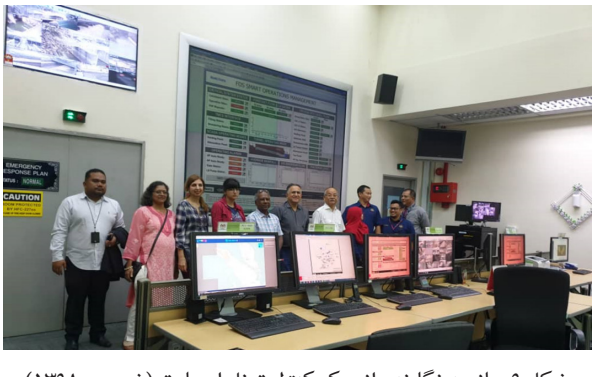
شکل ۸- نحوه عملکرد تونل و پروفیل آن در مدهای مختلف سیلاب

تونل اسمارت شامل سه بخش است. دو بخش فوقانی، معابری هستند که جریان ترافیک را منتقل می‌کند، یکی برای رفت و یکی برای برگشت. بخش سوم در پایین نیز ، تونل هدایت سیلاب است.

در شرایط عادی، هنگامی که بارندگی کم است و طوفان وجود ندارد، بخش بزرگراه بر روی رانندگان باز و بخش سیلاب بسته است. در شرایط نسبتاً طوفانی، سیستم اسمارت فعال شده و آب جاری شده در کانال تحتانی تونل بزرگراه به درون تونل بای‌پس محور هدایت می‌شود و این در حالی است که در بخش فوقانی مخصوص رانندگان کماکان جریان ترافیکی وجود دارد. در جریان طغیان قریب‌الوقوع، دو جاده فوقانی برای ترافیک بسته شده و ترافیك عبوری تخلیه می‌شود. برای بزرگترین سیلاب‌ها سه بخش تونل آماده حمل آب‌های سیلاب هستند. عملکرد دقیق و به موقع سامانه پایش، مدل‌های پیش‌بینی سیلاب و مدل‌های هیدرولیکی، پیش‌نیاز بهره‌برداری موفقیت‌آمیز تونل اسمارت می‌باشند.

پس از چهار سال عملیات ساخت‌وساز، تونل اسمارت بر روی ترافیك عبوری بازگشایی شد. هزینه‌های اجرایی پروژه حدود ۵۱۴ میلیون دلار بود که هزینه‌های سامانه‌های پایش و غیرسازه‌ای تنها ۴ درصد از هزینه کل را شامل می‌شد. به‌طور متوسط روزانه ۳۰۰۰۰ ماشین از تونل عبور می‌کنند و درآمد سالانه عوارض، بالغ بر ۱۰ میلیون دلار است. در عین حال این تونل تاکنون ۴۴ بار از زمان بهره‌برداری، سیلاب‌های بزرگ را با موفقیت از خود عبور داده است.

از سال ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۲ شش بار از وقوع سیلاب‌های بسیار بزرگ جلوگیری شده است. بزرگترین سیل در ۷ مارس ۲۰۱۲ در نتیجه ۲۳۷ میلی‌متر بارندگی در ۵ ساعت در حوضه‌آبریز آمپنگ رخ داد (بارش حداکثر۱۰۰ میلی‌متر در یك ساعت). دوره بازگشت ۱۰۰ ساله برای این سیلاب تخمین زده شده است. در همین زمان میزان بارندگی در حوضه آبریز کلنگ ۱۵۰ میلی‌متر (با دوره بازگشت نزدیک به ۱۰۰ سال) بود. بهره‌برداری تونل اسمارت با وجود آبگرفتگی شدید غیرمنتظره در نزدیکی مرکز کنترل با موفقیت انجام شد. با توجه به عملکرد موفق دوگانه تونل اسمارت، می‌توان آن را به عنوان طرح موفق مدیریت تطبیقی سیلاب ارائه نمود.



شکل ۹- بازدید نگارنده از مرکز کنترل تونل اسمارت (شهریور ۱۳۹۸)

شکل ۱۰- بازدید امپراطور ژاپن در زمان ولیعهدی از تونل اسمارت

نیاز به جامع‌نگری مدیریت ارشد و سرمایه‌گذاری

اجرای تمامی روش‌های فوق نیاز به سرمایه‌گذاری قابل ملاحظه و درک و حمایت مدیریت ارشد دارد. در این راستا تجربه سیلاب ۱۳۱۳ تبریز می‌تواند بسیار آموزنده باشد (شکل ۱۱):

«درست ۸۹ سال پیش در هشتم مردادماه سال ۱۳۱۳ باران در تبریز بند نیامد. هیچ چیز در شهر خبر از سیل نمی‌داد؛ همه گمان می‌کردند بارانی شبیه همیشه خواهد بارید. اما وقتی «میدان چای» و «قوری چای» از آب باران لبالب شد دیگر مسیل تحمل حجم آب را نداشت و کم‌کم خیابان‌های شرق تبریز زیر آب رفت. از خیابان‌ها جز لجن‌زاری نماند و بیش از ۱۳۰۰ مغازه از بین رفت. هرچند این فاجعه تلفات جانی نداشت، اما تقریبا دمار از روزگار کسبه درآورد و خانه‌ها را ویران کرد. تیرهای تلگراف را گند تا هیچ‌کس از بلایی که بر جان شهر رفته بود، خبر نداشته باشد. دولت مرکزی روز ۱۱ مرداد از سیل آگاه شد و بلافاصله نمایندگان و چهره‌های سرشناس حکومتی به تبریز آمده‌اند. شهرهای مختلف به جمع‌کردن کمک مشغول شدند و تجار تبریزی ساکن مرکز هرچه از دستشان برمی‌آمد، روانه شهر کردند.»

در این میان اما شهردار تبریز به چیز دیگری می‌اندیشید. ارفع‌الملک جلیلی می‌دانست که اگر این اتفاق یک‌بار به وقوع پیوست، پس می‌تواند بارها و بارها اتفاق بیافتد پس به دنبال چاره‌ای گشت تا تبریز را برای همیشه از سیل در امان نگه‌دارد. هنوز یک سال از وقوع سیل نگذشته بود که ارفع الملک، ۲ میلیون تومان برای ساخت سیل‌بند و عریض‌تر کردن مسیر ۱۲ کیلومتری میدان چای و قوری چای جذب کرد. بدین ترتیب یک شهردار با کفایت توانست تبریز را برای سال‌ها از شر سیل در امان نگه دارد. اما داستان وقتی جالب‌تر می‌شود که ارفع الملک جلیلی با ابتدایی‌ترین وسایل ممکن و با بودجه حدود یک میلیون تومان این پروژه را به اتمام رساند. شهردار تبریز با ته‌مانده بودجه ساخت سیل‌بند، عمارت باشکوه شهرداری یا همان عمارت ساعت را ساخت.

شکل ۱۱- سیلاب تاریخی ۱۳۱۳ تبریز

از تجربه سیلاب تاریخی ۱۳۱۳ تبریز می‌توان درس‌های زیر را آموخت:

۱. با توجه به خسارت بالای سیلاب ۱۳۱۳ (حدود یک و نیم میلیون تومان آن روز)، هم مردم و هم شهردار وقت متوجه شدند که برای پیشگیری بلایای بعدی باید هزینه کرد و در کمتر از یک‌سال، دو میلیون تومان از کمک‌های مردمی جمع‌آوری شد.

۲. در کشورهای توسعه‌یافته ۱۰ تا ۲۰ درصد از ثروت تولید شده را در زمینه ایمنی و کاهش ریسک و سلامت عمومی سرمایه‌گذاری می‌کنند. اما چنین سرمایه‌گذاری در ایران به هیچ عنوان انجام نمی‌شود. در سال ۲۰۰۴ سونامی بزرگی در جنوب شرق آسیا اتفاق افتاد که حدود ۳۰۰ هزار نفر تلفات به جا گذاشت. یک سال پیش از این سونامی پیشنهاد شده بود که یک سامانه هشدار سونامی در اقیانوس هند اجرا شود، اما از آنجایی که از سال ۱۸۸۳ سونامی بزرگی در جنوب شرق آسیا به وقوع نپیوسته بود، افراد تصمیم‌گیر، ضرورت این مسئله را درک نمی‌کردند. هزینه ایجاد این سامانه ۷۰ میلیون دلار برآورد شده بود و برای کشورهای آن منطقه خیلی رقم بزرگی نبود و اگر این سامانه راه‌اندازی شده بود، تلفات به وجود آمده بسیار کمتر از ۳۰۰ هزار نفر می‌بود.

آموزش مردم نقش کلیدی در کاهش تلفات و خسارات سیلاب دارد

حمایت مردمی در جمع‌آوری کمک برای طرح مدیریت سیلاب تبریز در سال ۱۳۱۳ به وضوح نشان می‌دهد که درک مردم از خطرپذیری سیلاب، می‌تواند نقش کلیدی در کاهش تلفات و خسارات داشته باشد. فیلم‌های سیلاب استهبان و رفتارهای بسیار پرخطر برخی از افراد نشان می‌دهد که آموزش همگانی سیلاب باید در دستور کار رسانه‌ها قرار گیرد. در برخی مواقع زمان واکنش، چند دقیقه و یا چند ثانیه است و آگاهی مردم نسبت به خطرات پیش‌رو می‌تواند نقش کلیدی در کاهش تلفات داشته باشد. در این رابطه ممکن است آموزش‌های غیرمستقیم از طریق فیلم‌ها اثرات بیشتری در ارتقاء آگاهی عمومی داشته باشند. برای مثال در سونامی ۲۰۰۴ اقیانوس هند، آگاهی یك دانش‌آموز به پس‌روی دریا در فاز اول سونامی و هشدار او جان چندین نفر را نجات داد. با بررسی فیلم‌های تندسیلاب دروازه قرآن شیراز در سال ۱۳۹۸ و تندسیلاب‌های مردادماه ۱۴۰۱ می‌توان نتیجه گرفت که آگاهی بیشتر مردم قطعاً می‌توانست تعداد تلفات جانی را کاهش دهد. در مدارس ژاپن پشت کتاب درسی دانش‌آموزان نقشه سیل‌گرفتگی آن شهر وجود دارد تا اگر سیلاب جاری شد دانش‌آموزان بدانند که کجای شهر امن است. مردم باید بدانند جریانی به عمق حدود ۳۰ سانتی‌متر انسان را و سیلابی به عمق ۵۰ سانتی‌متر می‌تواند یک ماشین را با خود ببرد. در رابطه با آموزش عمومی فعالیت زیادی در رسانه‌ها و به‌خصوص رسانه‌های تصویری مورد نیاز است.

جمع‌بندی

بر اساس تجارب بلایای طبیعی ۷۰ سال گذشته کشورمان، سهل‌انگاری‌های جدی هم از طرف مردم و هم از طرف دولت‌ها در رابطه با ایمنی عمومی وجود داشته و فاصله زیادی با استانداردهای ایمنی کشورهای پیشرفته داریم. تاکنون برنامه‌ی موفق، جامع، جدی، پیوسته و درازمدت برای ارتقاء ایمنی عمومی در بلایای طبیعی نداشتیم. در صورتیکه ارتقاء ایمنی عمومی به جدیّت در دستور کار باشد، بر اساس تجارب ملی و جهانی، راهکارهای اثربخش و کارآ در دسترس خواهد بود.

پی‌نوشت

1-Strom Management and Road Management Tunnel