نگاه

آموخته‌های زلزله رودبار- منجیل

اکبر حسن‌نژاد*

● زلزله ۳۱ خرداد ۱۳۶۹ رودبار و روستاهای تابعه گیلان و زنجان در ناحیه طارم علیا تأثیرگذارترین زلزله در ساخت‌وساز و اصول مقاوم‌سازی در زلزله و حوادث طبیعی بود و نقطه عطفی در مطالعات زمین‌شناسی و زلزله ایجاد شد. ستاد مدیریت بحران وزارت کشور و سازمان نظام مهندسی شکل گرفتند. آیین‌نامه ساخت‌وساز و مقاوم‌سازی کشور تدوین شد و به کمک بانک جهانی، شبکه شتاب‌نگاری مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن تجهیز شد و توسعه یافت. درس‌های آموخته‌شده از این زلزله در سازمان‌های پاسخ‌گوی حوادث و سوانح، تاثیرگذار بوده و در سه دهه اخیر شاهد رشد چشمگیر تغییروتحولاتی در این زمینه بوده‌ایم که به برخی از این تغییرات اشاره می‌کنیم.

آموزش: از آنجایی‌که اکنون در اکثر جوامع بشری رویکرد مقابله با سوانح به سمت جامعه‌محوری سوق پیدا کرده است، بنابراین در کشور ما نیز آموزش‌های عمومی و تخصصی کمک‌های اولیه و جست‌وجو و نجات توسط هلال‌احمر (انجمن پرستاری)، جهاد دانشگاهی و... برای اقدامات صحیح و بهینه با هدف کاهش تلفات و خسارات در حوادث و سوانح توسط مردم به‌عنوان اولین حاضران در صحنه تا رسیدن نیروهای تخصصی انجام گرفته است. از طرفی شاهد اضافه‌شدن رشته‌های امداد و نجات (آتش‌نشانی)، مدیریت بحران و... در دانشگاه‌های مختلف و نیز چاپ، تدوین و ترجمه کتب تخصصی در رشته‌های بحران بوده‌ایم تا در سازمان‌های متولی امداد و نجات در سال‌های اخیر با بدنه علمی و رویکرد تخصصی متوازن با استانداردهای جهانی باشیم. از طرح‌های جامعه‌محور برای ارتقای سطح علمی شهروندان می‌توان به موارد طرح دوام (داوطلب واکنش اضطراری محله)، طرح خادم (خانواده آماده در مخاطرات)، طرح دادرس (دانش‌آموز آماده در روزهای سخت)، طرح جاهد (جنبش آموزش همگانی دانش‌آموزان)، طرح آتش‌نشان داوطلب، طرح محب (مشاوره حمایتی در بلایای طبیعی) و... اشاره کرد.

امداد و نجات: در گذشته جست‌وجو و نجات با ابزارهای پیش‌پاافتاده و دانش کم فنی صورت می‌گرفت، اما با تخصصی‌شدن رشته‌های امداد و نجات و پیشرفت تکنولوژی و بهره‌گیری از آن شاهد کاهش آمار تلفات و خسارات هستیم.

تشکیل مرکز EOC: با تشکیل سازمان مدیریت بحران کشور و نیاز به مدیریت یکپارچه در حوزه بحران و ارتباط بین سازمان‌ها، مرکز و سامانه کنترل آتش‌نشانی، اورژانس، هلال‌احمر و... تشکیل شد که به‌عنوان هماهنگ‌کننده در حوادث طبیعی و غیرطبیعی، با اطلاعات و آمار دقیق زمانی و مکانی و ارتباطات بین‌سازمانی باعث پوشش کافی مناطق آسیب‌دیده و نیز کاهش تداخل کاری شد.

تشکیل تیم‌های واکنش‌سریع: این تیم‌ها از سال ۸۸ در جمعیت هلال‌احمر و در برخی از سازمان‌های امدادی با تربیت نیروی چندمنظوره با توجه به تعدد نوع مخاطرات در کشور تشکیل و در سال ۹۴ با آموزش تخصصی هزارساعتی به‌عنوان تیم آنکال موجب تسریع در عملیات امداد و نجات شد.

تجهیزات و امکانات: در دو دهه گذشته با گسترش و توسعه پایگاه‌های چندمنظوره امداد و نجات و نیز تجهیزات و امکانات به‌روز نجات در تیم‌های عملیاتی در حوادثی مانند آواربرداری، سیلاب، جاده و... مانند گسترش ناوگان ترابری هوایی و زمینی (استفاده از ست‌های نجات هیدرولیک و پنوماتیک)، زنده‌یاب‌ها و تشکیل مرکز آنست (آموزش و نگهداری سگ‌های تجسس) شاهد اثرات مثبت بسزایی در امر امداد و نجات بوده‌ایم.

اسکان اضطراری: تغییرات رخ‌داده در ساخت چادر، توزیع و نحوه اسکان آسیب‌دیدگان پس از حوادث موجب کاهش بیماری‌ها در اردوگاه‌های ایجادشده پس از سوانح شده است.

کمک‌های مردمی: ارگان‌های مسئول جمع‌آوری کمک‌های مردمی و بین‌المللی شامل هلال‌احمر، کمیته امداد، بهزیستی و انجمن‌های مردم‌نهاد برخلاف گذشته با تفکیک، جمع‌بندی و... متناسب با نیاز منطقه آسیب‌دیده، اقلام ارسال می‌کنند.

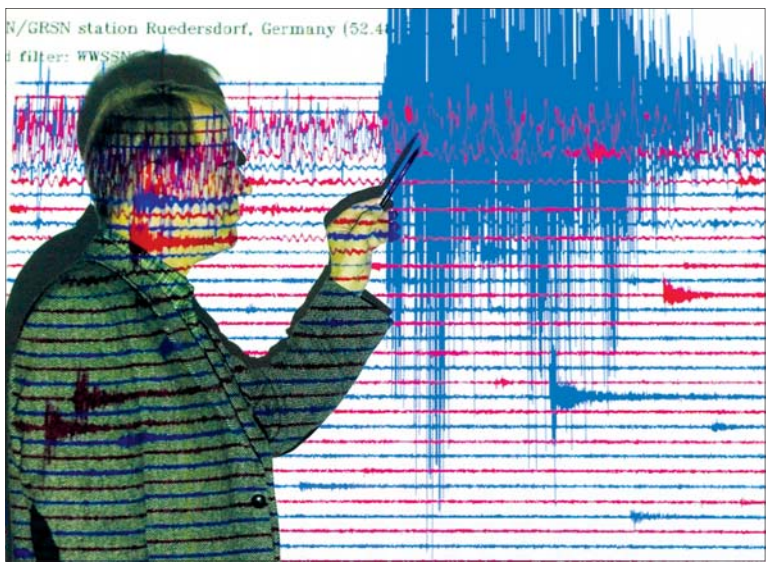
- با توجه به مطالب فوق‌الذکر، لزوم گنجاندن مباحث امداد و نجات برای خودیاری و دگریاری در دروس مدارس حائز اهمیت است.
- تهیه نقشه‌های خروج اضطراری مراکز اداری، مسکونی، آموزشی و... در سطح کوچه و خیابان تا نقاط امن ازپیش‌تعیین‌شده نیاز است.
- تعیین مخاطرات هر شهر و استان و ریسک و آسیب‌پذیری مناطق مختلف و نحوه مشارکت مردم در کاهش اثر مخاطرات قبل، حین و بعد از حوادث.
- همکاری و سازماندهی کمک‌های مردمی و اعتمادسازی با ارائه گزارش دقیق از مراحل دریافت تا اهدا به آسیب‌دیدگان.
- آموزش نحوه همکاری مردم پس از سوانح می‌تواند موجب سرعت‌بخشیدن برای طی مراحل جست‌وجو و نجات و نیز بازسازی سریع فیزیکی و روانی شود.
- آموزش نحوه پناه‌گیری (تخلیه و خروج اضطراری)، تهیه کیف نجات و نقشه ایمنی می‌تواند کاهش آسیب شهروندان را به‌همراه داشته باشد.

*** کارشناس مدیریت سوانح طبیعی**

آیا می‌توان زلزله‌ها را پیش‌بینی کرد؟

با نصب «سامانه هشدار اولیه زلزله» و اجراکردن «برنامه کاهش خطر زلزله» می‌توان خطر زمین‌لرزه را به حداقل رساند

خلیل سرکاری‌نژاد*



زمین‌شناسان گسل‌ها را برای شناخت هرچه بیشتر منشأ زلزله‌های بزرگ در مناطق مختلف پوسته زمین مورد مطالعه قرار می‌دهند تا بتوانند به دانش پیش‌بینی لحظه گسیختگی و لرزش زمین در مقیاس‌های میکروسکوپی تا ماکروسکوپی پی ببرند و اثرات زلزله و گسلش را روی ساختمان و سازه‌های حیاتی مانند بیمارستان‌ها، نیروگاه‌ها، سدها و مدارس به‌صورت ژرف‌بینانه واکاوی کنند. صفحات پوسته قاره‌ای و اقیانوسی کُره زمین به‌طور مداوم در حال حرکت هستند و در نتیجه یا به هم برخورد می‌کنند که به آنها صفحات همگرا می‌گویند یا از هم دور می‌شوند که به آنها صفحات واگرا می‌گویند یا صفحات در کنار هم می‌لغزند که آنها را گسل‌های ترادیسی می‌نامند.

یکی از خصوصیات کُره زمین، پویابودن آن است و می‌توان گفت که هیچ‌چیز در جهان هستی ثابت نیست و همه‌چیز در حال حرکت است و زلزله نیز نتیجه برهمکنش قانونمند نیروها در جهان هستی است. به هنگام زمین‌لرزه‌های بزرگ، گسل‌های لرزه‌زا به‌صورت اصطکاکی قفل می‌شوند؛ به‌این‌ترتیب زمانی که دو صفحه پوسته قاره‌ای با یکدیگر برخورد می‌کنند و پوسته اقیانوسی در زیر پوسته قاره‌ای فرورانش می‌کند، در اثر برخورد دو پوسته و فشار تدریجی نیروهای محل برخورد، سنگ‌های اطراف گسل به‌تدریج دگرشکل می‌شوند. در این دگرشکلی در مقیاس نانو و میکروسکوپ الکترونیکی، فاصله اتم‌های شبکه بلوری کانی‌های تشکیل‌دهنده سنگ‌ها کمتر و کمتر می‌شود و مانند فشردن تدریجی فنر، انرژی را به‌صورت بالقوه در خود ذخیره می‌کنند. مجموعه عظیمی از تمام این خُرد- انرژی‌های جمع‌شده، انرژی بالقوه قدرتمند ذخیره‌شده واتنش الاستیک را شکل می‌دهند. در زمانی که نیروی وارده بیش از توان مقاومت کانی‌ها و سنگ‌های دگرشکل‌شده باشد، گسل شروع به لغزش می‌کند و انرژی ذخیره‌شده بالقوه قدرتمند ناگهان به شکل‌های دیگری از انرژی تبدیل می‌شود. به همین ترتیب که لغزش گسل ادامه پیدا می‌کند، مقدار کمی از این انرژی در اثر اصطکاک دو صفحه گسل در حال لغزش به انرژی گرمایی تبدیل می‌شود و در زلزله‌های بزرگ، سبب ذوب قسمتی از سطح گسل می‌شود. مقدار قابل‌توجهی از این انرژی به صورت امواج لرزه‌ای (انرژی کنیتیک یا انرژی جنبشی) آزاد می‌شود. تعدادی از زمین‌لرزه‌ها بسیار کوچک هستند و مقدار انرژی بالقوه جنبشی آزادشده آنها به اندازه‌ای کم است که امواج به‌وجودآمده فقط با دستگاه‌های مخصوص لرزه‌نگاشت قابل تشخیص هستند و به وسیله انسان قابل تشخیص نیستند. در تعدادی از حرکت گسل‌ها، میزان آزادشدن انرژی آن‌قدر زیاد و پرقدرت است که امواج لرزه‌ای به‌وجودآمده، سبب تخریب و ویرانی گسترده می‌شود. در بعضی از زمین‌لرزه‌ها، حرکت گسل و لغزش گسلی در زیر سطح زمین باقی می‌ماند که به آن گسل کور می‌گویند، اما در بعضی از زلزله‌های بزرگ، حرکت گسل و لغزش گسلی به سطح زمین می‌رسد که آن را گسل سربرآورده می‌نامند. این نمونه گسل‌ها به صورت خطی و با رنگ قرمز روی نقشه‌های زمین‌شناسی نشان داده می‌شوند. تعیین زمان و مکان و بزرگی زلزله در اثر لغزش لحظه‌ای گسل برای تدارک به‌حداقل‌رساندن خسارات وارده، دارای اهمیت بسیاری است.

برای شناخت هرچه بیشتر زلزله، ما باید بدانیم که گسل در چه قسمتی از کمربند کوه‌زایی قرار گرفته است. باید سوگیری نیروهای عمودی و مماسی وارده به گسل را شناسایی کنیم و توان لرزه‌زایی گسل را مورد ارزیابی قرار دهیم. دانستن دانش دست‌نیافتنی‌تر در زمان کنونی، مانند لحظه آزادشدن انرژی ذخیره‌شده واتنش الاستیک و لحظه گسست پیوند بین اتم‌های فشرده‌شده تشکیل‌دهنده کانی‌ها و سنگ‌های دگرشکل‌شده در لحظه گسلش در مقیاس نانو و محاسبه مقدار انرژی بالقوه ذخیره‌شده سبب می‌شود تا با توجه به تفسیر این اطلاعات به‌دست‌آمده به شناخت دقیقی برسیم تا در کنار گسل‌های لرزه‌زا باشیم، ولی خطری ما را تهدید نکند. تاکنون هیچ‌کدام از دانشمندان علم لرزه‌شناسی، زمین‌شناسی ساختاری و زمین‌شناسی ریزساختاری قادر نبوده‌اند و نیستند با توجه به عدم شناخت معادله چندمجهولی گفته‌شده لحظه گسلش وقوع یک زلزله بزرگ را پیش‌بینی کنند. ما نمی‌دانیم چگونه و در چه زمانی در آینده نزدیک زلزله‌ای بزرگ را پیش‌بینی کنیم.

پیش‌بینی زلزله باید سه اصل مهم را مدنظر قرار دهد. این سه اصل مهم عبارت‌اند از تاریخ و زمان، مکان و بزرگی زلزله. تعدادی از افراد ادعا می‌کنند که می‌توانند زلزله‌ها را پیش‌بینی کنند، ولی استدلال آنها به دلایل زیر نادرست است و مبنای علمی ندارد:

۱- پیش‌بینی آنها براساس دلایل علمی نیست. زلزله قسمتی از روند سامان‌مند علمی است که باید تمام اجزای مجهول آن را شناخت، زیرا به‌وجود آمدن آن ارتباط مستقیمی با هُمرفت حرارتی و حرکت نوردپذیر سُست‌کُره در عمق ۱۵۰-۶۷۰ کیلومتری زمین دارد. این حرکت نوردپذیر سبب می‌شود که پوسته قاره‌ای و یا سنگ‌کُره روی آن را به حرکت درآورد. برای مثال، زلزله هیچ ارتباطی با حرکت و تجمع ابرها ندارد، علاوه‌براین زلزله هیچ ارتباطی با درد یا تیرکشیدن بدن انسان ندارد.

جدیدترین نوآوری دانشمندان در پیش‌بینی خطر زلزله طراحی دستگاه «سامانه هشدار اولیه زلزله» است که در کشورهای مکزیک، ژاپن، ترکیه، رومانی و چین نصب شده و به صورت سریع وقوع زلزله را اطلاع می‌دهد. گرچه نوآوری دستگاه «سامانه هشدار اولیه زلزله» بسیار ارزشمند است ولی نمی‌تواند جای «برنامه کاهش خطر زلزله» را بگیرد

۲- پیش‌بینی آنها در چارچوب سه اصل گفته‌شده که عبارت‌اند از تاریخ و زمان، مکان و بزرگی زلزله نمی‌گنجد.

۳- پیش‌بینی آنها بسیار کلی است و همیشه وقوع یک زلزله در چارچوب ادعای آنها می‌گنجد؛ برای مثال زلزله‌ای با بزرگای چهار در ۳۰ روز آینده در جایی و در فلان کشور اتفاق می‌افتد یا زلزله‌ای با بزرگی دو در قسمت‌های ساحلی، امروز رُخ می‌دهد. اگر زلزله‌ای در منطقه دورافتاده‌ای اتفاق بیفتد، کاملا با پیشگویی آنها سازگار است. آنها ادعای پیروزی می‌کنند. حتی اگر پیش‌بینی آنها با سه اصل تعریف‌شده شدیدا در تضاد باشد. پیش‌بینی‌های غیرعلمی آنها هم‌زمان با مطالبی که در رسانه‌های اجتماعی به‌طور گسترده و به‌شکلی عامیانه از وقوع زلزله در آینده نزدیک خبر می‌دهد، شروع می‌شود. این به اصطلاح هشدار، معمولا عبارت است از افزایش تعداد زیادی از زلزله‌های با قدرت کم، افزایش مقادیر گاز رادون در آب‌های محلی، رفتار غیرعادی حیوانات مانند پارس‌کردن غیرطبیعی سگ‌ها، بی‌قراری اسب‌ها و قاطرها در اصطبل‌ها، فرار دسته‌جمعی موش‌ها از لانه، بیرون‌آمدن دسته‌جمعی مارها در زمستان و افزایش تدریجی بزرگای زلزله‌های متوسط که به‌نظر می‌رسد نماینده پیش‌لرزه باشد. متأسفانه بیشتر پیش‌لرزه‌ها غالبا بدون همراهی با یک زلزله بزرگ شروع شده و در نتیجه پیش‌بینی واقعی را ناممکن می‌کند.

چندین دهه پیش، در ۱۹۷۵ دانشمندان چینی زلزله‌ای با بزرگای ۷.۳ را پیش‌بینی کردند. گرچه این پیش‌بینی به‌صورت تصادفی موفقیت‌آمیز بود و سبب نجات جان هزاران نفر شد، اما دانشمندان چینی در پیش‌بینی زلزله‌های بعدی موفق نبودند و درنتیجه نتوانستند زلزله‌های بزرگ دیگر را پیش‌بینی کنند. در زلزله پیش‌بینی‌شده، اگرچه حدود نیمی از ساختمان‌های هایچنگ در چین ویران شد، اما با تخلیه موفق تعداد زیادی از خانه‌های ناامن، حدود ۹ هزار نفر از مردم آن منطقه از مرگ نجات پیدا کردند. پیش‌بینی دانشمندان چینی براساس مجموعه‌ای از پیش‌لرزه‌ها بود که به‌صورت پیش‌رونده‌ای قدرت آنها بزرگ‌تر می‌شد. این پیش‌لرزه‌ها در حدود چهار روز قبل از زلزله اصلی ویرانگر اتفاق افتادند. متأسفانه در زلزله‌های بزرگ دیگر در چین، پیش‌لرزه‌ای اتفاق نیفتاد و روشی نیز برای تشخیص پیش‌لرزه از زلزله‌های دیگر وجود نداشت. در سال ۱۹۷۶، یکی از مرگبارترین زلزله‌های تاریخ با بزرگی ۷.۵ در شهر معدنی تانک‌شان چین به وقوع پیوست و سبب مرگ حدود ۲۴۰ هزار نفر شد.

یکی از دلایل اصلی که زلزله سبب تخریب گسترده و گرفتن جان انسان‌ها می‌شود، ضربه‌زدن بدون اخطار است. به‌همین‌دلیل تحقیقات گسترده‌ای در زمینه پیش‌بینی زلزله ازسوی محققان کشورهای مختلف در حال انجام است. تنها چیزی که ما می‌توانیم درحال‌حاضر برای پیش‌بینی زلزله انجام دهیم، آن است که بر پایه روش‌های آمار و احتمالات میزان خطرپذیری را در یک منطقه تعیین کنیم. پیش‌بینی با استفاده از روش‌های آمار و احتمالات می‌گوید که زلزله‌ای با بزرگی و شدت معین، به احتمال زیاد در یک منطقه مشخص یا قطعه‌ای از یک یا چند گسل فعال در محدوده زمانی چندین سال یا چندین دهه اتفاق می‌افتد. همین روش‌های آمار و احتمالات نیز ممکن است درست جواب ندهد؛ برای مثال در ایران، دو شهر بم و منجیل با استفاده از روش‌های آماری در نقشه ارائه‌شده با عنوان «خطر لرزه‌ای ایران» در رابطه با خطرپذیری مناطق مختلف ایران، جز مناطق با خطر لرزه‌ای پایین و متوسط برآورده شده‌اند. اما دیدیم که زلزله بم با بزرگای ۶.۵ و زلزله منجیل با بزرگای ۷.۵ باعث خرابی این مناطق و کشته‌شدن تعداد زیادی از هم‌وطنانمان شدند. به‌هرحال، پیش‌بینی‌های درازمدت کمکی به ساکنان یک منطقه فعال لرزه‌زا به‌منظور پیش‌بینی و تدارک برای یک زلزله مشخص را نمی‌کند. یک پیش‌بینی واقعی با مشخص‌کردن مکان و بزرگی زلزله، گرچه مفید است، ولی قادر به اعلام تاریخ و زمان وقوع زلزله نیست.

جدیدترین نوآوری دانشمندان در پیش‌بینی خطر زلزله، طراحی دستگاه «سامانه هشدار اولیه زلزله» است که در کشورهای مکزیک، ژاپن، ترکیه، رومانی و چین نصب شده و به صورت سریع وقوع زلزله را اطلاع می‌دهد. هشدار این دستگاه از نظر زمانی بسیار کوتاه است. می‌توان گفت با توجه به فاصله ژرف مرکز زلزله نسبت به حسگرهای دریافت‌کننده، در حد چند ثانیه و چند دقیقه است. به عبارتی دیگر، این فاصله زمانی اختلاف زمانی بین رسیدن موج -P و موج -S به حسگرهای دریافت‌کننده این امواج است. روش کار این دستگاه هشداردهنده به این صورت است که در زمان گسلش و زلزله، بر اثر آزادشدن انرژی ذخیره‌شده واتنش الاستیک از ژرف مرکز زلزله، امواج مختلفی به تمام جهات کره زمین فرستاده می‌شود. موج -P اولین موج و سریع‌ترین موجی است که با سرعت شش کیلومتر در ثانیه از طریق حسگرهایی که با فاصله ۱۰ تا ۲۰ کیلومتری در اطراف شهر مدنظر نصب شده‌اند، دریافت می‌شود. موج -S و موج -سطحی که دارای سرعت کمتری هستند و در واقع تخریب را انجام می‌دهند، در فاصله زمانی طولانی‌تری به حسگرها می‌رسند. حسگرها اطلاعات را بلافاصله به «سامانه هشدار اولیه زلزله» انتقال می‌دهند و سامانه نیز بزرگی و مکان زلزله را محاسبه می‌کند. پیام، بلافاصله به‌روز شده و شدت و زمان لرزش مکانی را از طریق کامپیوتر شخصی و تلفن همراه به مردم اطلاع و هشدار می‌دهد تا در زمانی بسیار کوتاه، به حفظ جان و دارایی‌های خود اقدام کنند.

گرچه نوآوری دستگاه «سامانه هشدار اولیه زلزله» بسیار ارزشمند است، ولی نمی‌تواند جای «برنامه کاهش خطر زلزله» را بگیرد. سازمان زمین‌شناسی آمریکا، دانشگاه‌ها و دانشمندان، برنامه‌ای را تحت عنوان «برنامه کاهش خطر زلزله» تدوین کرده‌اند که همه کشورها با استفاده بهینه از این برنامه و اجرای آن می‌توانند امیدوار باشند که میزان خطر زمین‌لرزه را به حداقل برسانند. هدف‌های عمده این برنامه عبارت‌اند از:

- **توسعه فهم منشأ زلزله:** برای رسیدن به این هدف، نیاز است اطلاعاتی درباره خصوصیات فیزیکی و رفتار مکانیکی گسل به همراه توسعه مدل‌های کمی روندهای فیزیکی کره زمین به دست آید.
- **مشخص‌کردن خطر بالقوه زلزله:** برای این منظور باید مناطق فعال لرزه‌زا و میزان بیشینه زمین‌لرزه‌خیزی این مناطق مشخص شود. علاوه بر این، باید گسل‌های فعال و میزان دگرشکلی پوسته زمین در این مناطق نیز مشخص شود. گردآوری این اطلاعات برای محاسبه آماری و توسعه روش‌های بهینه پیش‌بینی زلزله‌های کوتاه‌مدت و متوسط ضروری است.
- **پیش‌بینی اثرات زمین‌لرزه:** برای رسیدن به این هدف، پیش‌بینی گسیختگی و لرزش زمین و اثرات زلزله بر روی ساختمان و سازه‌های دیگر مورد نیاز است. این اطلاعات برای ارزیابی ضایعات و تلفات وابسته به خطر زلزله مورد استفاده قرار می‌گیرد.
- **به‌کاربستن تحقیقات:** این برنامه عموم افراد و ملت را درباره خطرات زلزله تعلیم می‌دهد. این هدف به برنامه‌ریزی‌های بهتر برای مواجهه با زلزله و راه‌های کم‌کردن تلفات انسانی و جلوگیری از تخریب ساختمان نیاز دارد.

*** استاد بخش علوم زمین دانشگاه شیراز**

زاویه دید

درباره سامانه هشدار سریع زلزله

مسعود مجرب*

● ۱- سامانه هشدارسریع زلزله، یک سامانه اطلاع‌رسانی و انجام اقدامات برای زلزله‌هایی است که در عمق زمین به وقوع پیوسته‌اند، ولی امواج مخرب آنها هنوز در محل سکونتگاه‌ها احساس نشده است. درحال‌حاضر برخی از کشورهای لرزه‌خیز جهان از آن برای آگاهی‌رسانی به شهروندان و خاموشی ایمن تأسیسات راهبردی خود، لحظاتی قبل از احساس‌شدن امواج ثانویه یا امواج مخرب زلزله استفاده می‌کنند. این سامانه‌ها که انواع مختلفی دارند، به‌طورکلی متشکل از سنسورهای حساس شتاب‌نگاری هستند که در مناطق مختلف نصب شده و امواج اولیه (P) زلزله را دریافت می‌کنند و بعد از انجام محاسبات، خصوصیات زلزله رخ‌داده را تعیین، میزان شدت آن و خسارت احتمالی را به طور نسبی در محل موردنظر اعلام و چندثانیه پیش از رسیدن امواج مخرب هشدار را صادر می‌کنند. ژاپن به‌عنوان یکی از زلزله‌خیزترین کشورهای جهان به‌طور گسترده از این سامانه‌ها استفاده می‌کند و تنها کشوری است که وقوع زلزله را عمومی و با پیامک به اطلاع مردم رسانده و در شبکه‌های تلویزیونی نیز زیرنویس می‌کند.

۲- اگرچه استفاده از این سامانه‌ها می‌تواند از خسارات جانی و مالی زلزله بکاهد، اما سؤالی که در اینجا می‌توان مطرح کرد این است که برای همه شهرهای زلزله‌خیز جهان مناسب هستند یا خیر؟ از آنجا که گسل‌های مسبب زلزله مانند تهران در داخل بعضی شهرهای پرجمعیت زلزله‌خیز قرار دارند و در این صورت زمان هشدار گاه حتی به چندثانیه کاهش می‌یابد، آیا متوسل‌شدن به این سامانه‌ها برای کاهش خسارات مفید است؟ آیا امکان استفاده از سامانه هشدارسریع بدون توجه به سرعت پوسته و گسل مسبب زلزله با توجه به هزینه‌های نصب و نگهداری و دیگر هزینه‌های زیرساختی برای تأسیسات شهری قابل‌توجیه است یا خیر؟ به‌طورکلی اگر چشمه‌های لرزه‌ای داخل شهر باشد و با درنظرگرفتن سناریوی رخداد بدبینانه؛ یعنی درست در زیر یک سکونتگاه زلزله بزرگی رخ دهد، استفاده از سامانه‌های هشدارسریع برای عکس‌العمل و پناه‌گیری مردم چندان مفید نیست، اما می‌توان از آن برای کاهش اثرهای ثانویه زلزله مانند آتش‌سوزی و حفظ مخازن آب شهر یا به‌طورکلی برای حفظ هر سیستمی که به‌طور خودکار قابل کنترل باشد، بهره گرفت، اما این سؤال وجود دارد که آیا امکان وقوع زلزله در گسل‌های اطراف و دورتر از شهر تهران که مخرب هم هستند، نیست؟ واضح هست که این احتمال همواره وجود دارد. در این صورت بعد از رسیدن امواج اولیه به سامانه هشدارسریع، این سیستم می‌تواند رسیدن امواج ثانویه را که مخرب هستند، هشدار دهد. تخریب پالایشگاه، مخازن آب، خطوط انتقال نفت و گاز و شریان‌های حیاتی در زمان زلزله می‌توانند میزان خسارت‌ها را افزایش دهند. ازاین‌رو سامانه‌های هشدارسریع می‌توانند پیش از وقوع زلزله اصلی موجب خاموش‌شدن ایمن این تأسیسات و کاهش آسیب‌های بیشتر شوند؛ هرچند برای خاموش‌شدن ایمن این تأسیسات غیر از سامانه هشدارسریع باید سیستم‌های قطع‌کننده خودکار نیز نصب شوند.

۳- سامانه‌های هشدارسریع انواعی دارند که درحال‌حاضر در شهرهای مختلف زلزله‌خیز جهان طراحی و اجرا شده‌اند. یک نوع آنها سامانه‌هایی هستند که در محل نصب می‌شوند و به سامانه on-site معروفند. درحال‌حاضر شرکت آب و فاضلاب شهر تهران در حال مطالعه برای راه‌اندازی این سامانه به صورت on-site برای تأسیسات مهم و اساسی خود است. این سامانه‌ها برای دارایی‌های مهم استفاده می‌شوند تا چندثانیه قبل از رسیدن امواج مخرب، هشدار مورد نیاز صادر شود. همچنین سامانه‌های ناحیه‌ای (regional) نیز وجود دارند که شامل شبکه‌ای از شتاب‌نگارها هستند و به صورت پراکنده در ناحیه مشخصی نصب می‌شوند. خوشبختانه سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران از چندسال پیش یک شبکه چهار ایستگاهی را در شرق تهران به صورت آزمایشی راه‌اندازی کرده و اخیرا طرح توسعه آن به ۴۶ ایستگاه، برای پوشش شهر تهران را به صورت بهینه در دستور کار خود دارد. نوع دیگری نیز هست که تشخیص پیشاپیش یا front-detection نامیده می‌شود. این سامانه معمولا بسیار نزدیک به چشمه لرزه‌ای نصب می‌شود. گفتنی است که در برخی از شهرهای جهان (مانند استانبول) از سامانه‌های ترکیبی استفاده می‌شود. درواقع ترکیبی از این سامانه‌ها می‌توانند کارایی بیشتری در زمان رخداد یک زلزله مخرب داشته باشند.

۴- در پایان ذکر این نکته ضروری است که زمان هشدار در مورد هر زلزله متفاوت بوده و بیان آن بدون دانستن رومرکز زلزله، سرعت پوسته و توزیع مکانی شبکه هشدار، غیرعلمی است. علاوه‌براین، همواره این احتمال وجود دارد که هشدار غلط هم صادر شود. ضمن اینکه در هنگام رخداد هر زلزله مخرب به‌ناچار برخی مناطق جزء نقاط کور قرار می‌گیرند و به دلایل مختلف امکان ارسال هشدار به آن مناطق وجود ندارد. با جمع‌بندی آنچه که گفته شد، می‌توان این‌طور نتیجه‌گیری کرد که اگرچه نصب سامانه هشدارسریع در شهرهای زلزله‌خیز همه مشکلات را هنگام وقوع زلزله حل نمی‌کند، اما با توجه به فوایدی که دارد، از نظر هزینه‌ای به‌صرفه بوده و میزان خسارات را کاهش می‌دهد.

***عضو انجمن مخاطره‌شناسی ایران**

قفسه

چالش‌های مهم قرن پیش‌رو در ایران

درباره کتاب مخاطرات زمین ایران، بیرونی و درونی (زلزله و آتشفشان)

مینو زمانی

زمین سومین سیاره نزدیک به خورشید و تنها سیاره‌ای است که آب در آن به سه صورت مایع، بخار و جامد یافت می‌شود. ضمنا، دما، فشار و ترکیب هوا در آن به صورتی است که امکان برقراری شرایط حیات ۳.۵ میلیارد سال گذشته در آن فراهم شده و از این نظر سیاره منحصربه‌فردی در منظومه شمسی به شمار می‌رود که سطح آن زیستگاه موجودات زنده است که خود را با محیط‌های مختلف دریا و خشکی تطبیق داده و به نحوی با آن در حال تعادلند. هر عاملی که این تعادل را در کوتاه‌مدت به‌هم بزند، موجب انهدام تمام یا بخشی از محیط زیست موجودات زنده می‌شود. عوامل تغییر تعادل در محیط زیست ممکن است بیرونی (مثلا بروز سیل، طغیان آب دریا، زمین‌لغزش، گرمایش هوا و...) یا درونی (زلزله و آتشفشان) یا حتی فرازمینی باشند. کشور ما، ایران، علاوه‌بر مخاطرات طبیعی بیرونی، دچار مخاطرات درونی؛ یعنی آتشفشان و زلزله است که همگان مورد دوم؛ یعنی بروز زلزله‌های مخرب در اکثر نقاط ایران را به یاد دارند. بد نیست اضافه کنیم که مسئولان دولتی اعلام کرده‌اند که در سال ۱۳۹۶ بیش از ۱۰هزار زلزله در کشور رخ داده است که از مهم‌ترین زلزله‌های رخ‌داده در این سال می‌توان به زلزله ۲۱ آبان با بزرگای ۷.۳ در ازگله- سرپل ذهاب کرمانشاه، زلزله ۲۹ آذر با بزرگای ۵.۳ در ملارد تهران، رخداد سه زلزله از ۱۰ تا ۲۲ آذر با بزرگای شش در شرق هجدک کرمان و زلزله‌های پی‌درپی با بزرگای بیش از پنج در سومار کرمانشاه اشاره کرد. با توجه به لرزه‌خیزی بالای فلات ایران و افزایش ساخت‌وساز و گسترش شهرهای ایران (خصوصا شهرهای تهران، تبریز و مشهد) در نزدیکی پهنه‌های گسل‌های لرزه‌زا و همچنین وجود آتشفشان‌های مهم در مناطق مختلف کشور، ارزیابی خطر و ریسک مخاطرات زمینی ضروری بوده و افزایش تاب‌آوری شهرها در برابر این مخاطرات جزء چالش‌های مهم قرن پیش‌رو در ایران خواهد بود. در این راستا، کتاب مخاطرات زمین ایران، بیرونی و درونی (زلزله و آتشفشان) بیانگر داستان مهم‌ترین مخاطرات زمین ایران؛ یعنی زلزله و آتشفشان است. این کتاب که بر پایه آخرین دستاوردهای پژوهشی در مورد مهم‌ترین مخاطرات زمین ایران تنظیم شده است، در شش فصل به عمده‌ترین این مخاطرات می‌پردازد. فصل اول کتاب به مخاطرات زمین‌شناختی ایران اختصاص دارد که در آن مهم‌ترین موارد مطالعه‌شده و شناخته‌شده مخاطرات زمین‌شناختی ایران مرور و معرفی شده‌اند. در فصل دوم مهم‌ترین ویژگی‌های زمین‌شناختی ایران ارزیابی و معرفی شده و بر اساس ویژگی‌های ساختاری و ژئودینامیکی و زمین‌شناسی کواترنرِ ایران به مخاطرات زمین در ایران امروز پرداخته شده است. فصل سوم به آتشفشان‌های فلات ایران اختصاص دارد و به‌ترتیب آتشفشان‌های فعال و خاموش، توزیع جغرافیایی آنها در ایران و همچنین دسته‌بندی آنها از دیدگاه زمین‌شناختی را مرور می‌کند. در فصل‌های چهارم، پنجم و ششم به‌ترتیب لرزه‌خیزی ایران، مروری بر زلزله‌های تاریخی و باستانی فلات ایران و در نهایت مهم‌ترین گسل‌های ایران بررسی شده است. بنابراین تنظیم فصول کتب به نحوی بوده که به زمین‌لرزه و آتشفشان‌ها به‌عنوان مهم‌ترین مخاطرات در فلات ایران‌زمین با تفصیل بیشتری پرداخته شود. کتاب مخاطرات زمین ایران، بیرونی و درونی (زلزله و آتشفشان)، نوشته دکتر علی درویش‌زاده و دکتر مهدی زارع، با قیمت ۱۸۰۰۰ تومان، توسط انتشارات امیرکبیر چاپ و منتشر شده است.