راه های پیش بینی زمین لرزه

علی گرجیان مهلبانی*

دبیر دبیرستان ها وسر گروه جغرافیای فریدونکنار ، مازندران

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

چکیده

در حال حاضر پیش گویی زلزله در فاصله ی زمانی کوتاه (بر مبنای ساعت یا روز) امری محال است. البته بررسی و پیش بینی زمین لرزه تازگی ندارد. در کشور چین از زمان امپراتوری های هان[1]، سونگ[2]، و تانگ[3]، پژوهشگران با زیر نظر قرار دادن تغییرات ژئوفیزیکی، ژئوشیمیایی و زیست شناختی مناطقی که احتمال وقوع زلزله در آن ها می رفت، سعی می کردند به شواهدی علمی دست یابند. این مشاهدات تاکنون نتوانسته اند، نشانه های قطعی در خصوص قریب الوقوع بودن روی داد زمین لرزه در اختیار بشر قرار دهند. غالباً قبل از وقوع زلزله های خطرناک، چند حرکت ملایم و خفیف به وقوع می پیوندد که به آن ها پیش لرزه می گویند. در مواردی، تجزیه و تحلیل پیش لرزه ها سبب پیش بینی زلزله های مخرب و بزرگ شده است.

مثلاً در زلزله ی شهر اورویل[4] در کالیفرنیا، زمین لرزه ی فریول در ایتالیا، و زمین لرزه هایی در جزیره ی ژاپنی هونشو به کمک پیش لرزه ها پیش بینی شده اند.

بر اثر انبساط سنگ ها، گاز رادون محبوس در کانی های دارای اورانیوم آزاد می شود و مقدار آن در آب چشمه ها افزایش می یابد که می تواند نشانه ای از وقوع زمین لرزه باشد. با شناسایی گسل های فعال و نقشه برداری از آن ها نیز می توان محل های وقوع زمین لرزه های احتمالی را مشخص کرد. به کمک روش تاریخی «وقفه ها و حدفاصل رجعت ها» هم می شود محل های آسیب پذیر بعدی را تخمین زد. بالا و پایین رفتن سطح آب در چشمه ها و مرداب ها و تغییرات سطح چاه های نفت و گاز که می تواند با وقوع زلزله همراه باشد، در پیش بینی زلزله کمک شایانی به ما می کند.

پیش‌بینی بلندمدت، بر تحقیقات میدانی و فرضیه‌ی دوره‌ای بودن لرزه‌ها استوار است. تنش به‌طور مداوم در طول گسل‌های فعال افزایش می‌یابد تا هنگامی که گسیختگی اتفاق افتد و بلافاصله پس از آن دوباره تجمع نیرو آغاز می‌شود. در پیش‌بینی بلندمدت زلزله، از مسائلی هم‌چون بررسی فاصله‌ی برگشت، پی‌گیری تغییر شکل‌های زمین و فرضیه‌ی شکاف لرزه‌ای استفاده می‌شود. یافتن گسل‌های جدید، علاوه بر گسل‌های از قبل فعال، می‌تواند به دانشمندان در پیش‌بینی بروز بالقوه‌ی زلزله‌ها در مکان‌های غیرمنتظره کمک کند. آقای **زونگائو**[5] حدود ۱۶ سال از زندگی خود را برای مطالعه درباره‌ی ابرهای زلزله صرف کرده است. وی در پیش‌بینی تعداد زیادی از زلزله‌های بزرگ، از جمله زلزله‌های رودبار، بم و ۱۷ آگوست ۱۹۹۹ ترکیه، توفیق یافته است.

بعضی از حیوانات قبل از وقوع زلزله‌های بزرگ از خود حرکات عجیب و استثنایی بروز می‌دهند. مرغ‌ها، سگ‌ها، اسب‌ها، گربه ماهی‌ها، مارها، موش‌ها و حیوانات دیگر ارتعاشات و امواجی را حس می‌کنند که آدمی قادر به احساس آن‌ها نیست. برخی از حیوانات می‌توانند صداهایی را بشنوند که از امواج درونی زمین برمی‌خیزد، یا بوی گاز رادون را که حاکی از وقوع زلزله است حس می‌کنند. تغییرات در میدان الکتریکی را که برای انسان نامحسوس است، برخی از حیوانات می‌توانند تشخیص دهند.

مقدمه

امروزه حتی با داشتن تجربیات ۵۰ ساله و با وجود فناوری‌های پیشرفته و دانش زلزله‌شناسی، هنوز بسیاری از دانشمندان معتقدند که نمی‌توان به‌درستی و با دقت وقوع زلزله را پیش‌بینی کرد، اما امکان وقوع آن از جهات کلی و براساس سوابق، قابل پیش‌بینی است. به‌نظر می‌رسد که در حال حاضر پیش‌گویی زلزله در فاصله‌ی زمانی کوتاه‌مدت (بر مبنای ساعت یا روز) امری محال باشد. البته بررسی و پیش‌بینی زمین‌لرزه تازگی ندارد. در کشور چین از زمان امپراتوری‌های هان، سونگ، و تانگ منجمان سعی می‌کردند زمین‌لرزه‌های بزرگ را پیش‌بینی کنند. مردم چین تصور می‌کردند که زلزله نشانه‌ی خشم خداوند نسبت به امپراتور است. جالب این که مرگ چند امپراتور بعد از وقوع زلزله‌ای بزرگ اتفاق افتاد. در کشورهای ژاپن، ایالات متحده، چین و اتحاد شوروی سابق که بیشتر در معرض وقوع زمین‌لرزه هستند، تحقیقاتی اساسی در دست انجام است. می‌توان با زیرنظر گرفتن دقیق اخطارهای مداومی چون کج‌شدن زمین، جابه‌جایی گسل‌ها و لرزه‌خیزی، زمین‌لرزه را پیش‌بینی کرد.

بارزترین پیش‌بینی زمین‌لرزه در ایالت لانیونینگ چین انجام گرفت. چینی‌ها موفق شدند زمین‌لرزه‌ی بزرگی با قدرت ۷٫۳ ریشتر را پیش‌بینی و شهری ۳ میلیون‌نفری را از ساکنین آن تخلیه کنند. این زمین‌لرزه ۹۰ درصد ساختمان‌های شهر را ویران کرد.

پژوهشگران با زیرنظر قرار دادن تغییرات ژئوفیزیکی، ژئوشیمیایی و زیست‌شناختی در مناطقی که احتمال وقوع زلزله می‌رود، سعی می‌کنند به شواهدی علمی در این زمینه دست یابند، اما این مشاهدات تاکنون نتوانسته‌اند نشانه‌های قطعی در خصوص قریب‌الوقوع بودن زمین‌لرزه در اختیار ما قرار دهند؛ هرچند این امکان را فراهم آورده‌اند که شناخت بیشتری از زمین‌لرزه‌ها به‌دست آید. در این مقاله، مهم‌ترین علائم پیش‌بینی زمین‌لرزه‌ها بررسی می‌شوند.

بروز پیش‌لرزه‌ها

معمولاً قبل از وقوع زلزله‌های خطرناک، چند حرکت ملایم و خفیف به‌وقوع می‌پیوندد که به آن پیش‌لرزه گویند. تجزیه و تحلیل پیش‌لرزه‌ها در مواردی سبب پیش‌بینی زلزله‌های مخرب و بزرگ شده است. مثلاً در سال ۱۹۷۵ در شهر اورویل کالیفرنیا، زلزله‌نگارها زلزله‌های کوچکی را ثبت کرده بودند که تعداد آن‌ها پیوسته در حال افزایش بود. بر این اساس، زلزله‌شناسان وقوع یک زلزله‌ی مهم‌تر را پیش‌بینی کردند و در سال ۱۹۷۵ درست چند روز بعد که افزایش نامنظم زلزله‌های محلی مشاهده شد، زلزله‌ای با بزرگی ۵٫۷ ریشتر اتفاق افتاد [راهنمای معلم، ۱۳۷۹ : ۹۷].

به همین طریق، زلزله‌شناسان ایتالیایی توانستند بعد از زمین‌لرزه‌ی فریول، زمین‌لرزه‌ی دیگری را پیش‌بینی کنند. در این منطقه مشاهده شد که چند ماه بعد از وقوع زمین‌لرزه‌ی اصلی، به‌طور منظم ریز زلزله‌ها[6] در حال افزایش است. درنتیجه شهر را تخلیه کردند و سپس زمین‌لرزه‌ی دوم اتفاق افتاد [تاربوگ و لوتگن، ۱۳۷۲ : ۲۱]. وقوع زلزله‌ی وحشتناک و مخربی در جزیره‌ی ژاپنی هونشو[7]، با ثبت یک سلسله لرزش‌های ریز و خفیف که قبل از تکان اصلی به‌وجود آمده بودند، پیش‌بینی شد [هالاسی، ۱۳۶۷ : ۱۸۳]. مردم بم نیز قبل از وقوع زلزله‌ی اصلی، پیش‌لرزه‌هایی را حس کرده بودند. گویا صداهایی نیز از زمین شنیده شده بود. این موارد می‌توانست هشداری برای وقوع زلزله باشد [www.shax ghnewpaper . ص۵].

بررسی‌های تاریخی نشان می‌دهند که بسیاری از زلزله‌های بزرگ، بعد از یک دوره آرامش کامل، اتفاق می‌افتند، با این حال افزایش ناگهانی تعداد زلزله‌های کوچک را باید نشانه‌ای جدی تلقی کرد؛ هرچند ممکن است این لرزه‌ها بدون وقوع حادثه‌ای مهم خاتمه یابند.

انبساط و اتساع سنگ‌ها

حجم سنگ‌ها قبل از گسیختگی کمی افزایش می‌یابد. افزایش حجم مربوط به ایجاد درزها و ترک‌هایی است که در داخل سنگ ایجاد می‌شود. انبساط سنگ امواج زلزله را کاهش می‌دهد، ولی هدایت الکتریکی و قابلیت نفوذ سنگ را افزایش می‌دهد. مقاومت الکتریکی، مقدار مقاومتی است که یک ماده در مقابل جریان الکتریکی از خود نشان می‌دهد. هادی‌هایی چون مس و آلومینیوم مقاومت بسیار پائینی دارند، در حالی که عناصری چون کوارتز مثل عایق عمل می‌کنند و در مقابل جریان الکتریکی دارای مقاومت بسیار بالایی هستند. روی هم رفته زمین هادی خوبی است، اما مقاومت آن با مقدار آب زیرزمینی موجود در محل و برخی عوامل دیگر تغییر می‌کند. اگر از دو نقطه‌ی دور از یکدیگر به فاصله‌ی چند کیلومتر جریانی الکتریکی به زمین وارد شود، در صورتی که سنگ‌ها در مقابل آب مقاومت از خود نشان دهند، تغییری در ولتاژ برق صورت نمی‌گیرد [شایان، ۱۳۶۹ : ۱۹].

بر اثر انبساط سنگ، گاز رادون محبوس در کانی‌های دارای اورانیوم آزاد می‌شود و به این ترتیب، مقدار آن در آب چشمه‌ها افزایش می‌یابد [راهنمای معلم، ص۹۷]. روس‌ها ثابت کردند که درست قبل از وقوع زلزله، مقدار گاز رادون (گازی که از تخریب اورانیوم موجود در سنگ‌ها حاصل می‌شود) افزایش می‌یابد، زیرا با انبساط سنگ، گاز رادون محبوس در کانی‌های واجد اورانیوم آزاد می‌شود [درویش‌زاده، ۱۳۶۸ : ۲۲]. گاز رادون ممکن است از شکاف‌های ریز تازه به‌وجود آمده در یک صخره‌ی تحت فشار ساطع شود. آبی که به درون صخره راه می‌یابد، مواد شیمیایی آن از جمله رادون را جذب می‌کند. درنتیجه، محتوای شیمیایی چنین موادی در آب چاه‌های منطقه افزایش می‌یابد [www.forum].

دکتر **عجب‌شیری‌زاده**، رئیس «مرکز تحقیقات نجوم و اختر فیزیک مراغه»، در همایش زلزله خاطرنشان کرد: «ما با دستگاهی که به صورت حسگر سنجش‌گر عمل می‌کند، می‌توانیم اختلالاتی را که بر اثر نفوذ گاز رادون در لایه‌های اتمسفر زمین در میدان الکتریکی آن ایجاد می‌شود، اندازه‌گیری کنیم.»

وی درباره‌ی ارتباط گاز رادون با زمین‌لرزه اظهار داشت: «حرکات تکتونیکی که در اعماق کره‌ی زمین اتفاق می‌افتد و در سطح زمین به صورت امواج زمین‌لرزه ظاهر می‌گردد، در اعماق زمین باعث آزاد شدن گاز رادون می‌شود که یک فاز اکتیو است. دستگاه‌های سنجش اکتیویته در فیزیک هسته‌ای، اکتیویته آن را اندازه‌گیری و منحنی آن را بر حسب زمان رسم می‌کنند. معمولاً وقتی گاز رادون از سطح زمین به لایه‌های اتمسفر نفوذ می‌کند، از آن‌جا منعکس می‌شود و دستگاه ما آن‌ها را شناسایی می‌کند.»

دکتر عجب‌شیری‌زاده تصریح کرد: «اگرچه این تحقیقات مستقیماً نجومی نیستند، ولی از آن‌جا که به موضوع اتمسفر ارتباط پیدا می‌کنند، با همکاری دانشگاه صنعتی ورشو (لهستان) در این طرح وارد شده‌ایم. در مرحله‌ی اول، به بررسی داده‌های حاصل از این دستگاه آزمایشی می‌پردازیم و در ادامه، در صورت موفق بودن طرح، دستگاه‌های مشابهی را در اقصانقاط کشور نصب می‌کنیم تا از آن‌ها در پیش‌بینی زمین‌لرزه‌های احتمالی و کاهش خسارات و تلفات این بلای طبیعی استفاده کنیم» [www.qudsdaily].

روش آماری و دانش احتمالات

بیشتر زلزله‌ها در محدوده‌ی گسل‌های فعال اتفاق می‌افتند. با شناسایی این گسل‌ها و نقشه‌برداری از آن‌ها، می‌توان محل وقوع زمین‌لرزه‌های احتمالی را مشخص کرد. به کمک روش تاریخ وقفه‌ها و حدفاصل رجعت‌ها، می‌توان محل‌های آسیب‌پذیر بعدی را تخمین زد. برای این کار، لازم است تعدادی کافی از دستگاه‌های زلزله‌سنج در محل‌های مناسب نصب شود تا بتوان با گردآوری اطلاعات در مورد زمین‌لرزه‌های تاریخی و ثبت‌شده و پیاده کردن آن‌ها روی نقشه، مناطق خطر را هرچه بهتر مشخص کرد.

تغییر در سرعت امواج اولیه‌ی لرزه‌ای (امواج p)

سرعت امواج اولیه ممکن است ماه‌ها قبل از وقوع زلزله کاهش یابد و درست قبل از وقوع زلزله افزایش پیدا کند تا به حد معمول برسد. در سال ۱۹۶۲، در تاجیکستان شوروی سابق، اندازه‌گیری‌های دقیق زلزله‌ها نشان داد که قبل از زلزله‌ی اصلی، از سرعت امواج p به میزان

۱۰ تا ۱۵ درصد کاسته شده بود [درویش‌زاده، ۱۳۶۸ : ۲۲].

تغییر در آب زیرزمینی

قبل از وقوع بعضی از زلزله‌ها، دما و مقدار آب چشمه‌ها و چاه‌های منطقه تغییر می‌کند [ابروچف، ۱۳۶۸ : ۹۸]. اختلال و بی‌نظمی‌هایی که در وضع آب‌های زیرزمینی، هنگام وقوع زمین‌لرزه‌ها رخ می‌دهد، به‌خوبی قابل درک است. هنگام جابه‌جا شدن طبقات پوسته‌ی زمین، ممکن است شکاف‌هایی که از آن‌ها آب خارج می‌شود، مسدود شوند و شکاف‌های جدید دیگر به‌وجود آیند. چشمه‌ها ناپدید می‌شوند و در محل‌های دیگر، چشمه‌های جدیدی ظاهر می‌شوند. طبقات نفوذناپذیری که طبقات آب‌دار روی آن‌ها قرار دارند نیز ممکن است شکاف بردارند و آب از این شکاف‌ها به اعماق زمین راه یابد. درنتیجه آب بسیاری از چاه‌ها خشک می‌شود [همان، ص ۳۲۰].

بالا و پایین رفتن سطح آب چشمه‌ها و مرداب‌ها و تغییرات سطح چاه‌های نفت و گاز که با وقوع زلزله همراه است، می‌تواند به پیش‌بینی زلزله کمک شایانی کند. با نصب کردن دستگاه‌های حساس و دقیق در چاه‌های نفت، می‌توان میزان فشار مایعات را به پوسته‌ی زمین اندازه گرفت.

پیش‌بینی بلندمدت زلزله

پیش‌بینی بلندمدت زلزله براساس کارهای میدانی و فرضیه‌ی دوره‌ای بودن لرزه‌ها استوار است. تنش به طور مداوم در طول گسل‌های فعال افزایش می‌یابد تا هنگامی که گسیختگی اتفاق افتد. سپس بلافاصله پس از آن دوباره تجمع نیرو آغاز می‌شود [تاربوگ و لوتگن، ۱۳۷۲ : ۲۵۴].

در این زمینه، دانشمندان از روش‌ها و رویکردهای خاصی استفاده می‌کنند تا زمان تقریبی وقوع زمین‌لرزه‌ها را در آینده‌ی بلندمدت تخمین بزنند. هیچ کدام از این روش‌ها نمی‌توانند لحظه‌ی دقیق زمانی یا شدت دقیق زلزله را معین کنند، اما می‌توانند تقریبی از آن‌ها به دست دهند. بنابراین اطلاعات مفیدی در اختیار انسان قرار گرفت تا احتیاطات لازم مانند مقاوم‌سازی بناها را انجام دهد. در پیش‌بینی بلندمدت زلزله چند مسئله مورد بررسی قرار می‌گیرد [www.qudsdaily]:

الف) فاصله‌ی بازگشت

این فاصله به ما می‌گوید که زلزله‌ها با چه تناوبی در یک گسل معین رخ می‌دهند، و حداکثر حرکات در زمین را که احتمال دارد در یک ناحیه‌ی مشخص و در یک دوره‌ی معین زمانی ایجاد کنند، چه‌قدر است. این فاصله به کمک اطلاعاتی که از چند منبع متفاوت به‌دست می‌آیند، محاسبه می‌شود؛ از جمله: سوابق تاریخی زلزله‌ها، شواهد زمین‌شناختی (اثراتی که زلزله‌ها به جای می‌گذارند)، شواهد زمین‌سنجی (میزان کششی که در صخره‌ها به وجود می‌آید) و براساس این فرضیه که زلزله‌های بزرگ در فواصل دوره‌ای مشابه رخ می‌دهند، داده‌های حاصل از منابع بالا می‌توانند احتمال زلزله‌های آینده را پیش‌بینی کنند. با این حال، دقت این پیش‌بینی در بلندمدت براساس فواصل بازگشت کاملاً محدود است؛ زیرا وقایع درون یک گسل ممکن است به خاطر به‌وجود آمدن نیروهای جدید از دوره‌ای به دوره‌ای دیگر تفاوت کند.

ب) پی‌گیری تغییرشکل‌های زمین

راه دیگر پیش‌بینی زلزله، اندازه‌گیری میزان جابه‌جایی زمین در طول یک گسل است. براساس همین روش **هری اف رایدِ**، زلزله‌شناس کالیفرنیایی توانست پیش‌بینی کند که شوک بعدی در گسل «سنت‌آندرئاس» در کالیفرنیا، حدود یک صد سال پس از زلزله‌ی بزرگ ناشی از این گسل در سال ۱۹۰۶، به‌وجود می‌آید. اندازه‌گیری‌هایی که پیش از این زلزله انجام شده بود، نشان داد که زمین تحت کشش به‌طور متوسط ۰٫۶۵ متر در هر ده سال جابه‌جا می‌شود. باید خاطرنشان کرد: از آن‌جا که حداکثر جابه‌جایی در طول این گسل در زلزله‌ی ۱۹۰۶، ۵٫۶ متر بوده است، احتمالاً نتیجه یک قرن تجمع کشش در زمین بوده است. بنابراین زلزله‌ای با شدت مشابه زلزله‌ی ۱۹۰۶ در این گسل، حدوداً ۱۰۰ سال بعد رخ می‌دهد.

امروزه ماهواره‌ها می‌توانند با فراهم آوردن اطلاعات درباره‌ی موقعیت دقیق زمین (GPS) به زلزله‌شناسان امکان دهند، میزان دقیق تغییرشکل پوسته‌ی زمین و محل دقیق آن را تعیین کنند. اندازه‌گیری‌های مکرر می‌تواند نشان دهد که آیا گسل در حال لغزش است یا نه. بنابراین، سرعت جابه‌جایی و میزان کشش در هر ناحیه از گسل را می‌توان شناسایی کرد و پیش‌بینی‌های حتی بهتری را انجام داد.

ج) فرضیه شکاف لرزه‌ای

در این مورد، فرض اصلی چنین است که زلزله‌های بزرگ گرایش دارند، هر بار در مکان مشابهی رخ دهند. اگر نمودار همه‌ی زلزله‌های بزرگ روی حد مرز صفحات زمین را داشته باشید، متوجه می‌شوید که آن‌ها قطعات جداگانه‌ی مجاوری را از یک حد مرز پر می‌کنند. شکاف لرزه‌ای[۸]، قطعه‌ای است که در آن برای مدتی طولانی زلزله‌ای رخ نداده است، اما سابقه‌ی تاریخی زمین‌لرزه در آن ناحیه در گذشته وجود دارد.

بیشتر زمین‌لرزه‌ها درنتیجه‌ی حرکت نسبی قطعات بزرگ پوسته‌ی زمین در طول حاشیه‌ی صفحات ایجاد می‌شوند. چون صفحات زمین به طور ثابت در حرکت‌اند، پیش‌بینی می‌شود که در طول زمان طولانی (یک تا دو قرن)، در طول تمام حاشیه‌ی این صفحات، لرزه‌های بزرگی رخ دهند. از پیش‌بینی‌های درازمدت می‌توان برای تدوین قوانین ساختمان‌سازی و بهره‌برداری از زمین‌ها استفاده کرد.

یافتن گسل‌های جدید

یافتن گسل‌های جدید، علاوه بر گسل‌های از قبل فعال، می‌تواند به دانشمندان در پیش‌بینی بروز بالقوه‌ی زلزله‌ها در مکان‌های غیرمنتظره کمک کند. در هر منطقه شواهد متعددی وجود دارند که ممکن است بر وجود گسل‌هایی دلالت کنند؛ گسل‌هایی که برای مدت‌های بسیاری حرکت نکرده‌اند. این گسل‌ها در چشم‌انداز منطقه برجستگی‌های مستقیم طولانی تشکیل می‌دهند که امکان دارد، توپوگرافی محلی و زهکشی طبیعی را تغییر دهند. بنابراین، آن‌ها زمین‌هایی اعوجاج یافته و دریاچه و حوضچه‌هایی تشکیل شده از انحنای زمین به سمت پایین به جای می‌گذارند. حتی می‌توانند، محل ظهور چشمه‌ها باشند و به‌خاطر زهکشی طبیعی، غالباً در طول مسیرشان از پوشش گیاهی انبوهی پوشیده شده‌اند. گسل‌ها را می‌توان به وسیله‌ی بررسی‌های انعکاس امواجی شناسایی کرد که از طریق یک شوک انفجاری از حد مرزهای لایه‌های پوسته‌ی زمین به‌وجود می‌آیند. صخره‌های موجود در طول خطوط گسل گاه به گاه به علت زلزله متلاشی می‌شوند. همه‌ی یخچال‌ها و نهرها در طول شکاف‌های حاصل به راه می‌افتند و ممکن است دره‌های بزرگی در طول یک گسل پوسته‌ی زمین به‌وجود آید [www.sharghnewspaper، ص۵].

پیش‌بینی زلزله به‌وسیله‌ی ابرهای زلزله

نخستین اطلاعات ثبت شده از نمونه‌ی مشاهده شده‌ی این نوع ابرها، به ۳۸۱ سال قبل در منطقه‌ی چرونید[9] واقع در استان «لُن‌دی»[10] چین باز می‌گردد: ۲۵ اکتبر ۱۶۲۲، «هوا گرم و آفتابی و آسمان آبی و شفاف بود. ناگهان لکه‌های سیاه ابر همانند مارهایی بسیار بلند تمام عرض آسمان را فرا گرفتند و زلزله‌ای به بزرگی ۷ ریشتر در منطقه به وقوع پیوست.»

روش مورد بحث، چندی پیش در ژاپن و چین مورد استفاده قرار گرفت. بدین ترتیب در صبح روز ششم مارس ۱۹۸۷، زلزله‌ای پیش‌بینی شد که فردای آن روز یعنی در تاریخ ۷ مارس ۱۹۷۸، با قدرت ۸/۷ ریشتر اتفاق افتاد. پس از این موفقیت، پیش‌بینی زلزله به کمک این ابرها، مدتی در این دو کشور رواج یافت، اما از سال ۱۹۸۵ استفاده از آن منسوخ شد.

نظریه‌ی شکل‌گیری ابرهای زلزله بیان می‌دارد: وقتی صخره‌ای عظیم، تحت اثر نیروهای خارجی قرار می‌گیرد، قطعات ضعیف آن شکسته می‌شوند و قطعات قوی آن ترک می‌خورند. در این صورت، علائمی ظاهر می‌شوند که به پیش‌بینی زلزله کمک می‌کنند. افزایش فشار آب حفره‌ها، باعث بالا آمدن سطح آب آن‌ها و درنتیجه ورود آب به ترک‌ها می‌شود. فشار و دمای بالا نیز سبب تبخیر آب و درنهایت، نشت آن با فشار از میان شکاف گسل‌ها می‌شود و برخورد بخار به هوای سرد به تشکیل ابر می‌انجامد. آقای زونگائو حدود ۱۶ سال از زندگی خود را در مطالعه روی ابرهای زلزله صرف کرده و در پیش‌بینی تعداد زیادی از زلزله‌های بزرگ توفیق یافته است؛ از جمله زلزله‌ی بم که مطالعات و پیش‌بینی وی در این باب، مورد تأیید اکثر منابع ایرانی قرار گرفته است.

اولین پیش‌بینی آقای زونگائو به ۲۰ ژوئن ۱۹۹۰ بازمی‌گردد. ۱۸ ساعت پس از پیش‌بینی وی، زلزله‌ای به قدرت ۷/۷ ریشتر در رودبار و منجیل اتفاق افتاد و حدود ۳۵ هزار نفر کشته و تعداد زیادی زخمی بر جای گذاشت. وی در سال ۱۹۹۳ به کالیفرنیا رفت و زلزله‌ی ژانویه‌ی ۱۹۹۶ کالیفرنیا را شخصاً به طور کامل احساس کرد. این امر او را بر آن داشت که به مطالعات خود در مورد زلزله ادامه دهد. او ادعا می‌کند که نظریه‌اش تا ۳۰۰ سال دیگر به اثبات خواهد رسید و انسان به پیش‌بینی قاطع و کامل زلزله قادر خواهد شد. در روش پیش‌بینی او، پنج مشخصه برای ابرهای زلزله بیان شده است:

۱. ابرهای زلزله معمولاً به طور بسیار ناگهانی، حتی گاهی اوقات در چند ثانیه، شکل می‌گیرند. در حالی که ابرهای طبیعی این گونه نیستند.

۲. ابرهای زلزله، به‌دلیل فشار زیادی که هنگام خروج از زمین دارند، به شکل خاصی ظاهر می‌شوند؛ مثلاً به صورت خطوط موازی و در یک امتداد. در صورتی که ابرهای طبیعی، دارای شکل و فرم توده‌ای و حجیم هستند.

۳. گاهی اوقات این ابرها برخلاف جهت باد حرکت می‌کنند. مثلاً در جولای سال ۱۹۹۹، یک رشته ابر به طول ۸۰۰ کیلومتر بر فراز هند و سریلانکا دیده شد که نشان می‌داد، زلزله‌ای به‌قدرت بیش از ۷ ریشتر در حال وقوع است. زونگائو پیش‌بینی کرد که مرکز این زلزله بین ایران و ایتالیاست، ولی شرایط جوی نامناسب، پیش‌بینی مرکز دقیق زلزله را ناممکن ساخت. بالاخره در ۱۷ آگوست سال ۱۹۹۹، زلزله‌ای به قدرت ۷/۸ ریشتر در ترکیه به‌وقوع پیوست.

۴. اگر هوای اطراف مرکز زلزله سرد باشد، غالباً ابرها به صورت

چند رشته موازی به‌وجود می‌آیند. چون به محض خروج از زمین با هوای سرد برخورد می‌کنند و ابر تشکیل می‌دهند. تصویری از این نوع ابرها توسط ماهواره‌ی «ایندواکس»[11] در تاریخ ۲۰ دسامبر ۲۰۰۳، در آسمان ایران گرفته شد و زلزله‌ی بم در ۲۵ دسامبر همین سال به‌وقوع پیوست.

۵. اگر یک توده‌ی ابر طبیعی در بالای مرکز زلزله قرار داشته باشد، ابتدا بخارهای آب به‌علت گرمایی که دارند، حفره‌ی بزرگی در داخل ابر طبیعی ایجاد می‌کنند. در چنین مواردی، علوم مربوط به آب و هوا نمی‌توانند علت به‌وجود آمدن چنین تغییراتی را توضیح دهند و این نشان‌دهنده‌ی غیرطبیعی بودن این ابرهاست.

آقای زونگائو با استفاده از روش‌های زیر نیز مکان و زمان زلزله‌ها را مشخص می‌کند:

۱. مرکز زلزله جایی است که ابرها از آن‌جا به‌وجود می‌آیند.

۲. قدرت زلزله بستگی به سرعت و مقدار به‌وجود آمدن ابرها دارد.

۳. زمان به‌وجود آمدن زلزله پس از مشاهده‌ی ابر، حداکثر ۱۰۷ روز است. البته برای حدود ۵۰۰ مورد پیش‌بینی شده، این زمان کمتر از ۳۰ روز بوده است.

بیش از ۷۰ درصد پیش‌بینی‌هایی که آقای زونگائو در طول سال‌های ۱۹۹۶ تا ۲۰۰۱، به مرکز زمین‌شناسی آمریکا اعلام کرده است، کاملاً درست از آب درآمده‌اند [www.govashir، ص۱ تا ۴].

رفتار غیرعادی حیوانات

مطالعه‌ی رفتار حیوانات، یکی از راه‌های پیش‌بینی زمین‌لرزه به‌حساب می‌آید که توجه متخصصان را به‌خود جلب کرده است. بعضی از حیوانات قبل از وقوع زلزله‌های بزرگ از خود حرکات عجیب و استثنایی بروز می‌دهند. مرغ‌ها که معمولاً شب‌ها چرت می‌زنند، بیدار می‌شوند و پاها را بر زمین میخکوب می‌کنند. هم‌چنین تخم نمی‌گذارند و وحشت‌زده می‌شوند. سگ‌ها، به‌خصوص آن‌هایی که به‌طور عادی ساکت هستند، بدون وقفه پارس می‌کنند. در زلزله‌ی گیلان و زنجان چند توله سگ به‌وسیله مادرشان از کنار دیوار به زیر درختان منتقل شدند. ممانعت صاحب سگ نیز از انجام این عمل، خشم سگ را برانگیخت. احتمال دارد که سگ‌ها گمان کرده بودند حادثه‌ای در پیش است و شب را در حیاط به‌سر بردند و زلزله در همان شب اتفاق افتاد. اسب‌ها با وضعی ناآرام و جنون‌آمیز، پای خود را به زمین می‌کوبند و دور خود می‌گردند. در زلزله‌ی گیلان و زنجان از رم کردن اسبی از یک طویله گزارشی داده شده است. خانواده صاحب اسب با دیدن این حالت اسب، هراسان به فکر می‌افتند که شاید اتفاقی در شرف وقوع است. بنابراین آن شب را در بیرون خانه به سر می‌برند و از زلزله در امان می‌مانند [شایان، ۱۳۶۹: ۲۳].

گروهی از پژوهشگران ژاپنی در گزارش‌های خود خاطرنشان ساخته‌اند که گربه‌ماهی‌ها ساعت‌ها قبل از وقوع زلزله ملتهب و بی‌قرار می‌شوند. نکته‌ی جالب این‌که گربه‌ماهی در افسانه‌های قدیم ژاپن، مظهر زمین‌لرزه شناخته شده است. البته این موضوع که آکواریوم می‌تواند آخرین وسیله‌ی هشداردهنده‌ی وقوع زلزله باشد، هنوز تأیید نشده است [هالاسی، ۱۳۶۷: ۱۸۲ و ۱۸۳]. مارها هم از سوراخ‌های خود به سطح زمین می‌آیند و تمساحان از آب خارج می‌شوند. در کوبا، مارهای بی‌زهر خانگی قبل از وقوع زلزله، از خانه‌ها به مزارع می‌گریزند [اوبروچف، ۱۳۶۸: ۳۱۳]. موش‌های صحرایی از لانه‌های زیرزمینی خود خارج می‌شوند و هم‌چون داروخورده‌ها و گیج‌ها عمل می‌کنند. پرندگان آوازخوان هم در قفس رفتاری غیرعادی نشان می‌دهند و جانوران وحشی مانند شیر و پلنگ، در جنگل‌ها مخفی می‌شوند و می‌غرند.

تشخیص دادن رفتار غیرعادی حیوانات قدری مشکل است و برای پیش‌بینی زمین‌لرزه‌ها قابل اعتماد نیست. علت واکنش حیوانات قبل و یا مقارن با وقوع زلزله، از نظر علمی دقیقاً معلوم نیست. شاید حیوانات ارتعاشات و امواجی را حس می‌کنند که آدمی قادر به احساس آن‌ها نیست. برخی از حیوانات می‌توانند صداهایی را بشنوند که از امواج درونی زمین برمی‌خیزد. یا بوی گاز رادون را که حاکی از وقوع زلزله است حس می‌کنند. تغییرات در میدان الکتریکی که برای انسان‌ها نامحسوس است، برای برخی از حیوانات قابل تشخیص است.

رابطه‌ی بین زمین‌لرزه و دیگر پدیده‌های طبیعی

از زمان‌های بسیار قدیم انسان میل داشته است که بداند آیا زمین‌لرزه، ترجیحاً در بعضی از مواقع سال یا بعضی از ساعت‌های خاص در شبانه‌روز رخ می‌دهد یا نه. آمارها نشان می‌دهد که زمین‌لرزه‌ها در مواقع زیر بیشتر روی می‌دهند:

۱. در پاییز و زمستان، بیشتر از بهار و تابستان (به نسبت ۴ به ۳)؛

۲. هنگام هلال و بدر بیشتر از سایر مواقع ماه؛

۳. در حضیض، یعنی موقعی که ماه بیش از همیشه به زمین نزدیک است؛

۴. هنگامی که ماه روی سطح نصف‌النهار محل موردنظر باشد که در این صورت، تکان‌های زمین‌لرزه فراوان‌تر و شدیدتر است؛

۵. بادهای خیلی شدید هم موجب ارتعاشاتی در زمین می‌شوند.

پایین آمدن یا بالا رفتن ناگهانی فشار جو نیز فشار بر چین‌خوردگی‌ها و گسله‌ها را کاهش می‌دهد. درنتیجه موجب جابه‌جا شدن طبقات زمین می‌شود که این جابه‌جایی ارتعاشاتی را در زمین ایجاد می‌کند [اوبروچف، ۱۳۶۸ : ۳۲۳].

روش‌های دیگر

در مواردی، قبل از وقوع زمین‌لرزه، تغییراتی قابل اندازه‌گیری در رسانای الکتریکی سنگ‌ها گزارش شده است. در چند مورد، آنتن‌های خاصی که به این منظور طراحی و نصب شده بودند، امواج رادیویی غیرمعمول و غیرقابل توضیحی را دریافت کردند. برخی از محققان در مورد تغییرات قابل اندازه‌گیری در میدان‌های گرانی و مغناطیسی زمین گزارش‌هایی داده‌اند.

نتیجه‌گیری

پژوهش به‌منظور دست‌یابی به راه‌حل‌های مفید و علمی برای پیش‌بینی زمین‌لرزه و جلوگیری از کاهش اثرات مخرب آن قبل از وقوع، هم‌چنان ادامه دارد. پیش‌بینی زلزله در گروه تشخیص علائم آن است؛ این‌که آیا می‌توان علائم زلزله را تشخیص داد یا خیر، به مطالعه‌ی دقیق و بیشتری نیاز دارد. برخی از افراد، براساس بعضی علائم و شواهد که در گذشته اتفاق افتاده‌اند و به کمک بررسی تاریخچه‌ی زلزله‌های محلی، احتمال وقوع یک زمین‌لرزه‌ی کمابیش شدید و درجه‌ی بزرگی آن را حدس می‌زنند.

وقتی فشار لایه‌های درونی زمین، هزاران و یا میلیون‌ها سال به‌طور مداوم به منطقه‌ای وارد می‌شود، ولی اثرات آن ظرف چند ثانیه آشکار می‌شود، چگونه می‌توان دقیقاً، محل، تاریخ و ساعت وقوع زلزله را تخمین زد؟!

امروزه می‌دانیم که زلزله‌ها چه از لحاظ زمانی و چه از لحاظ مکانی متغیر و پراکنده هستند. به‌جای تلاش برای پیش‌بینی این‌که چه هنگامی شهرهای ما ویران خواهند شد، باید بر اطمینان یافتن از سالم ماندن آن‌ها هنگام بروز زلزله متمرکز شد. در کنار پیش‌بینی‌ها و روش‌های آن، آموزش عمومی و برنامه‌های آمادگی در برابر بلایای طبیعی، به‌ویژه زمین‌لرزه، احتیاط لازم در بهره‌برداری از زمین در مناطق حفاظت‌شده، و ایجاد سازه‌های مقاوم، در کاهش خسارت‌های جانی و مالی مؤثر است.

* سرگروه جغرافیا، شاغل در مرکز پیش‌دانشگاهی شهید بهشتی، فریدونکنار مازندران.

زیرنویس

1. Han
2. Sung
3. Tang
4. Oroville
5. Zhonghao
6. Miniseismе
7. Honshu
8. Selsmic gap
9. Chronide
10. Lon-De
11. Indo EX

منابع

۱. اوبروچف. مبانی زمین‌شناسی. ترجمه‌ی عبدالکریم قریب. انتشارات خوارزمی. چاپ چهارم ۱۳۶۸.

۲. تاربوگ و لوتگن. مبانی زمین‌شناسی. ترجمه‌ی رسول اخروی. انتشارات مدرسه. چاپ هفتم ۱۳۷۲.

۳. درویش‌زاده، علی. آیا زمین‌لرزه را می‌توان پیش‌بینی کرد؟ مجله‌ی رشد آموزش زمین‌شناسی. سال پنجم. پاییز ۱۳۶۸.

۴. راهنمای معلم. سال سوم آموزش متوسطه و دوره‌ی پیش‌دانشگاهی. وزارت آموزش و پرورش. سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی. شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران. چاپ اول ۱۳۷۹.

۵. شایان، سیاوش. آیا پیش‌بینی و کنترل زمین‌لرزه امکان‌پذیر است؟ رشد آموزش جغرافیا. شماره‌ی ۲۲. تابستان ۱۳۶۹.

۶. هالاسی، د. س. زمین‌لرزه. ترجمه‌ی عباس کریمی بیک‌آبادی. انتشارات علمی و فرهنگی. چاپ اول ۱۳۶۷.

7. www.forum.p30world.com/showthread.php?t=78647-82k

8. www.govashir.com/science/civileneerineering/2005/11/post-l. thml-28k

9. www.qudsdaily.com/archirc/138/html/12/1384-12-03/page8 همایش زلزله html-44

10. www.shargh newspaper.com/821024/life.htm-40k

11. www.sharghnewspaper.com/feedback.htm

۱۲. کان یرز، دایان. رهنمودهایی درباره‌ی تحلیل اجتماعی برای برنامه‌ریزی توسعه‌ی نواحی روستایی. ترجمه‌ی عبدالرسول مرتضوی. نشر ارغوان. ۱۳۸۱.

۱۳. لینچ، کوین. تئوری شکل خوب شهر. ترجمه‌ی دکتر سیدحسین بحرینی. انتشارات دانشگاه تهران. چاپ اول ۱۳۷۶.

۱۴. مدنی‌پور، علی. طراحی فضای شهری. ترجمه‌ی فرهاد مرتضایی. انتشارات شرکت پردازش و برنامه‌ریزی شهری. چاپ اول ۱۳۷۹.

۱۵. معین، محمد. فرهنگ فارسی (تلخیص شده‌ی شش جلد). نشر سرایش. چاپ ششم. ۱۳۸۳.

۱۶. نشریه‌ی شهرهای جدید. شرکت عمران شهرهای جدید. سال سوم. شماره‌ی ۲۰. فروردین ۱۳۸۲.