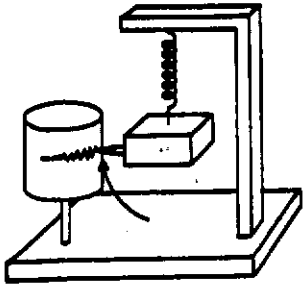


پیش‌بینی زمین‌لرزه‌ها



ترجمه: حسین حاتمی نژاد

مقدمه:

متنی را که در پیش‌روی دارید ترجمهٔ صفحاتی از کتاب "رخدادهای طبیعی در تاریخ زمین"^۱ است که توسط دکتر ابگور رضائفه زمین‌شناس با تجربه اتحاد جماهیر شوروی در سال ۱۹۸۰ به رشتهٔ تحریر درآمده و ترجمهٔ متن اصلی از زبان روسی به انگلیسی توسط ه. که. گرایتون^۲ در سال ۱۹۸۲ انجام گردیده است. این کتاب در مجموعه‌های نخت عنوان "انسان و محیط" توسط انتشارات مهر منتشر شده است. قبل از مطالعهٔ "پیش‌بینی زمین‌لرزه‌ها" که موضوع اصلی این ترجمه است، لازم به یادآوری است که بسیاری از افراد بشر، هر ساله در اثر رویدادهای طبیعی - کاتاستروفها - یا بهتر بگوئیم بلایای طبیعی جان خود را از دست می‌دهند. در اینجا جدولی از کتاب مرجع تقدیم حضور خوانندگان محترم می‌گردد تا با یک نظر اجمالی به اهمیت موضوع پی برده شود.

با توجه به اینکه در کشور ما، ایران، هر ساله با هر چند سال یکبار زلزله باعث خسارات جانی و مالی فراوانی می‌شود، لازم به نظر رسید تا جهت پیش‌بینی زلزله‌ها مطالبی ارائه گردد تا شاید در کاهش میزان تلفات مختلف موثر افتد. البته شیوه‌های جدید معماری با توجه به شکل ساختمان و جنس مصالح به کار رفته برای مقابله با زلزله در این مقوله جای نگرفته، همچنین از بلای طبیعی سیل که هر ساله تعداد زیادی از هموطنان ما را به کام نیستی می‌کشاند و در سطح جهانی، سومین عامل مهم طبیعی در نابودی انسان‌ها به شمار می‌رود بحثی به میان نیامده، که امید است در فرصت‌های بعدی در این مورد نیز مطالبی ارائه گردد.

پیش‌بینی زمین‌لرزه‌ها:

هیچکدام از بلایای طبیعی مانند زلزله تا این حد غیرمنتظره اتفاق نمی‌افتد. یکی از چهره‌های خاص آن این است که ساختمان‌های ساخته دست بشر را ویران می‌کند. البته ریزش سنگ‌ها و لغزش زمین در طول زمین‌لرزه‌های شدید به وقوع می‌پیوندد و گاهی اوقات رودخانه‌ها سدود می‌شوند ولی این پدیده‌ها نسبتاً نادر و محدود

بدنواحی کوچک می‌باشند و معمولاً به‌دانه‌های پرشیب کوهستان‌ها، جایی که ساکنان انسانی بسیار اندک است، منحصر می‌شود. اینکه تا چه حد زمین‌لرزه خطرناک خواهد بود برحسب سطح توسعه و شرایط جامعه انسانی فرق می‌کند. هنگامی که انسان اولیه، شکارچی بود و ساکن دائمی نداشتن بود زمین‌لرزه‌ها او را تهدید

نوع کاتاستروف	تعداد دکل قربانیان دوروی زمین بین سال های ۱۹۴۷-۷۰ تخمین تقریبی به نفر
سیکلون ها ، تیفون ها ، طوفان های ساحلی	۷۶۰۰۰۰۰
زمین لرزه ها	۱۹۰۰۰۰۰
سیل ها	۱۸۰۰۰۰۰
طوفان های رعد و برقی	۲۰۰۰۰۰۰
تسونامی ها	۱۵۰۰۰۰۰
فوران های آتشفشانی	۷۰۵۰۰۰
امواج گرمایی ناگهانی	۵۰۰۰۰۰
سه	۳۰۵۰۰۰
سرمای ناگهانی	۳۰۵۰۰۰
بهمن ها	۳۰۵۰۰۰
زمین لرزه ها	۳۰۰۰۰۰
باران	۱۰۰۰۰۰

نیستند. چادرهای پوستی و خیمه های مخصوص^۲ ساکنین سرزمین های قطبی از تیرها و پوستهای حیوانی ساخته شده و نسبت به لرزش های زمین عکس العمل نشان نمی دهند. همچنین ساختمان ها در ناحیه معتدله جنگلی به وسیله زمین لرزه ها تأثیر زیادی نمی پذیرند. کلبه های چوبی در مقابل زلزله بسیار مقاوم بوده و فقط با زمین لرزه های بسیار شدید خراب می شوند ولی فرو نمی ریزند.

تنها یک ناحیه اقلیمی یعنی ناحیه استپها و چمنزارهای مناسب برای کشت و زرع و واحه های کشت آبی به وسیله زمین لرزه ها به طور کامل تهدید می شوند. ساختارهای رسی زمین و بناهای آجری که در این ناحیه فراوان ترند به وسیله تکان های ناشی از زلزله بیشترین صدمه را می بینند. حتی یک تکان با نیروی متوسط، دیوارهای ساختمان های سنگی و آجری را خرد می کند که منجر به مرگ افراد داخل آنها می شود. تنها در طی ۱۰۰ تا ۱۲۰ سال گذشته در ارتباط با رشد سریع شهرها زمین لرزه های محسوس باری در تمام مناطق اقلیمی به وقوع پیوسته است. مانند زلزله های لیسن ۱۷۵۵، سانفرانسیسکو ۱۹۰۶، مسینا ۱۹۰۸، توکیو ۱۹۲۳، مشق آباد ۱۹۴۸، تقریباً^۳ چنین زلزله هایی در زمان های دیرین با اعمار میانه جز مورد استثنایی چین شرقی هرگز اتفاق نیفتاده است.

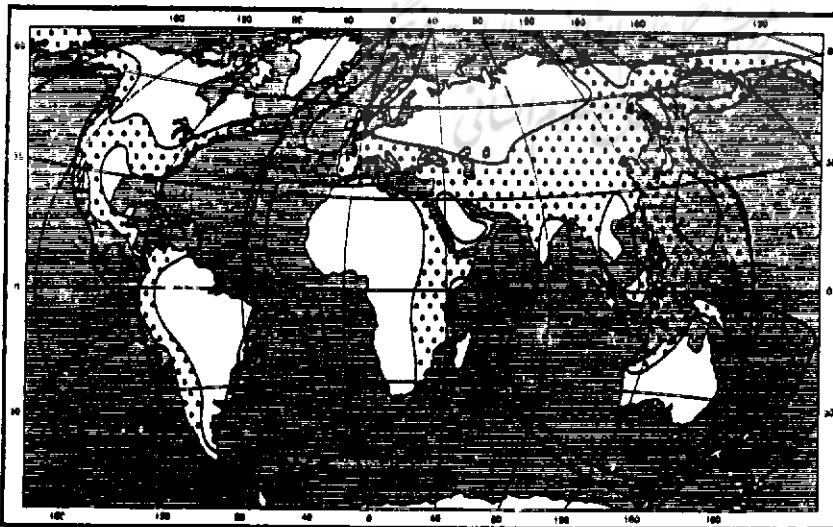
اگر زمین لرزه سانفرانسیسکو یک صد سال زودتر به وقوع می پیوست موجب هیچ ویرانی نمی شد زیرا مقرآن تنها به وسیله بناهای چوبی یک گروه کوچک اشغال شده بود.

رشد شهرهای قدیمی و ایجاد شهرهای جدید در آینده نزدیک حتی تشدید نیز خواهد شد. آبا این موضوع به این مفهوم است که متناسب با آن خطر زمین لرزه ها افزایش خواهد یافت. خیر به این مفهوم نیست، زمین لرزه ها کم و کثر هولناک خواهند شد. زیرا که ما اکنون وسایل فنی برای ساخت منازل با ارتفاعی و ساخت بناهای صنعتی در هر اندازه و ابعادی را داریم که از شدیدترین زلزله ها

نمی کردند و برای گروه های انسانی نیز که چادرهای نمادی قابل حمل و خیمه های گروهی^۳ می توانست در مقابل هر زلزله ای مقاومت کند، هولناک نبودند.

برای مدت زمانی طولانی، یک منطقه بندی مشخص در توزیع خطری که زلزله ها برای انسان داشتند، وجود داشته، منطقه بندی که اساساً به وسیله اقلیم مجزا شده است (شکل شماره ۱).

در منطقه مداری، جایی که مردم در تمام اوقات سال در مسکن خیزرانی یا ساخته شده از نی زندگی می کنند، زمین لرزه ها هولناک



شکل شماره ۱- کمربند های جهانی زلزله، نقطه ها نشانگر مناطقی هستند که در آنجا زلزله های ویرانگر اتفاق افتاده اند.

هراس ندارد. اکنون این بناهای قدیمی هستند که مدتی پیش ساخته شده‌اند و عمدتاً خسارت می‌بینند، بناهایی که بدون به‌کارگیری کمربندهای مخصوص مقاوم در برابر زلزله و سایر عناصری که قدرت آنها را افزایش دهد، بنا گردیده‌اند.

مبارزه علیه زمین‌لرزه‌ها از مدتی پیش شروع شده و انسان در این راه با دو مسئله روبرو بوده است:

الف - چگونه ساختمان‌ها را بنا کند تا از لرزش‌های زمین فروریزند.

ب - کدام نواحی را انتخاب کند یعنی جایی که زمین‌لرزه‌ها به وقوع می‌پیوندند و تکان‌های شدید وجود نداشته باشد.

کوشش‌هایی که در مورد مطالعه بر روی این مسایل انجام گرفته گرفته است منجر به ظهور علم زلزله‌شناسی^۵ شد یعنی علمی که زلزله‌ها و حرکت ساختمان‌های مصنوعی را تحت تأثیر تکان‌های زیرزمینی، مطالعه می‌کند. مهندسان ساختمان برای افزایش مقاومت ساختمان‌ها و بناهای صنعتی در مقابل زلزله به ساختن مصالح ساختمانی و تکمیل آنها پرداختند. مثلاً "سد مرتفع توکئوگل^۶ و نیروگاه ۱۲۰۰ مگاواتی، بر روی رودخانه نارین^۷ در کوه‌های تیان‌شان^۸ طوری طراحی و ساخته شده‌اند که در مقابل زلزله مقاوم باشند.

به‌منظور تعیین نواحی خطرناک زلزله‌خیز باید بدانیم که زمین‌لرزه‌ها در کجا به وقوع می‌پیوندند. در مورد آن‌ها می‌توان به‌وسیله ثبت امواج الاستیکی^۹ "برگشت پذیر" در زمینی که در اثر زلزله ایجاد شده اطلاعاتی به دست آورد. زلزله‌شناسان چگونگی تعیین مختصات یک زمین‌لرزه، عمق کانون آن و قدرت تکان را دریافته‌اند که این امر آنان را به‌گردآوری نقشه "ایپی‌سانترا" "۱۰" و نقشه مناطقی که تکان‌هایی با شدت‌های مختلف به‌وقوع می‌پیوندند، قادر می‌سازد.

با مقایسه ایپی‌سانتراها با ساختار زمین‌شناسی یک ناحیه، زمین‌شناسان محل‌هایی را تشخیص می‌دهند که در آنجا هنوز زمین‌لرزه‌ای وجود نداشته است ولی از تشابه ساختاری با محل‌هایی که در آنجا زلزله‌هایی رخ داده‌اند، امکان وقوع زلزله را در آینده نه‌چندان دور تشخیص می‌دهند به این صورت پیش‌بینی مکان‌هایی که ممکن است در آنجا زلزله‌هایی رخ دهد و حداکثر شدت زمین‌لرزه‌ها، آغاز گردید. اتحاد جماهیر شوروی اولین کشوری بود که در آنجا برای اولین بار یک نقشه منطقه‌بندی زلزله‌ای به عنوان سندی برای تمام سازمان‌های طراحی، برنامه‌ریزی و ساختمانی مورد تأیید قرار گرفت که براساس آن در مناطق خطرناک زلزله‌خیز معماران باید فقط آنچنان خانه‌ها، ساختمان‌های اداری و تأسیسات صنعتی را بنا کنند که نسبت به شدت زلزله نشان داده شده بر روی نقشه مقاوم باشند. مسلم است که این نقشه‌ها نمی‌توانند کامل شمرده شوند. چنانکه داده‌های آماری، هرچه بیشتر گردآوری شود این نقشه‌ها اصلاح و دقیق‌تر می‌شوند.

در این میان، نقشه‌های منطقه‌بندی زلزله‌ای از اهمیت بسیار

زیادی برخوردارند. این نقشه‌ها سندی مهم و ضروری برای برنامه‌ریزان و مهندسان راه و ساختمان، برای جمعیت در حال زیست در یک منطقه خطرناک زلزله‌خیز می‌باشد. با وجود این مهمتر این است که بدانیم یک زلزله دقیقاً چه موقع رخ خواهد داد. این موضوع برای معماران در سال‌های اخیر اهمیت بسزایی داشته‌است. همچنین دوایر طراحی و برنامه‌ریزی باید بدانند که هرچند وقت به چند وقت در طی یک‌هزار سال گذشته و باحتی در بیست سال گذشته زمین - لرزه‌هایی رخ داده‌اند. در وهله نخست از ساختمان‌های مقاوم ضد زلزله‌ای، زمانی لازم است استفاده شود که برای اهداف بلندمدت خاصی بنا شوند و البته نه در خانه‌سازی، در وهله دوم آن‌ها باید برای تمام بناها مورد استفاده قرار گیرند.

پیش‌بینی وقوع زلزله‌ها دسته‌بندی شده‌است به (الف) پیش - بینی بلندمدت و (ب) کشف نشانه‌ها (اطلاع از رخداد قریب‌الوقوع برای چند ساعت یا چند دقیقه).

پیش‌بینی بلندمدت بر اساس قضایای طبیعی ذیل می‌باشد. می‌توان شکل‌گیری و ظهور یک زلزله را روی یک طرح ساده شده نشان داد و آن به صورت انباشتگی و انتشار دوباره انرژی پتانسیل در یک ناحیه خاص پوسته زمین است. به انرژی فشارهای الاستیکی (برگشت - پذیر) توجه شود. وقتی که زمین‌لرزه‌ای اتفاق می‌افتد تمام یا بخشی از این انرژی آزاد می‌گردد. برای زمین‌لرزه بعدی که خواهد اتفاق بیفتد باید مقدار جدید انرژی وجود داشته باشد. در نتیجه زمان باید بگذرد تا اینکه انرژی انباشته‌گردد. در بعضی حالات این مدت زمان چند روز یا چند ماه به طول می‌انجامد ولی غالباً این مدت زمان، دهها و حتی صدها سال است. مثلاً "در عشق‌آباد (مرکز ترکمنستان شوروی)، مسجد آتاگو^{۱۱} که برای مدت زمان بیش از ۶۰۰ سال پابرجا مانده بود در اثر زلزله ویران گردید.

فدوتف^{۱۲}، یک پیش‌بینی بلندمدت تقریبی زلزله‌ها را در دوره پنج‌ساله پیشنهاد کرده که از مطالعه جزئیات زلزله منطقه "کوریل - کامچاتکا"^{۱۳} حاصل شده‌است. پیش‌بینی شامل تخمین‌های احتمالی وقوع زمین‌لرزه‌های شدید و توصیف نواحی است که در آنجا در زمان حاضر ممکن است لرزش‌هایی رخ دهد. بعداً برای منطقه کالیفرنیا پیش‌بینی مشابهی به عمل آمد. در این زمینه به‌خصوص مشخص شده‌است که زمین‌لرزه‌های مخرب به شدت ۸ درجه هر یک صد سال یکبار و زمین‌لرزه‌های ضعیف‌تر هر بیست سال یکبار ممکن است رخ دهد. اگرچه چنین پیش‌بینی‌هایی مسایل را کاملاً حل نمی‌کند ولی به ما کمک می‌کند تا نقشه‌های منطقه‌بندی زلزله‌ای را با تخمین تقریبی وقوع مکرر زمین‌لرزه‌ها گردآوری کنیم.

حتی مهمتر این است که نشانه‌های یک زمین‌لرزه را کشف کنیم که بلافاصله یک زلزله قریب‌الوقوع را خبر می‌دهند. از زمان‌های پیش ملاحظه شده‌بود که حیوانات و قوم تکان‌های زیرزمینی را حس می‌کنند. چند دقیقه قبل از یک زلزله، گله‌های اهلی، سگ‌ها، گربه‌ها

و موش‌های صحرايي از خود ناآرامی نشان می‌دهند و سعی می‌کنند از محل فرار کنند. قبل از زلزله ناهل^{۱۳}، مورچه‌ها زیستگاهشان را ترک کردند. دو روز قبل از وقوع یک زلزله در نواحی ساحلی ژاپن یک ماهی غیرماده‌ای با شش متر طول، یعنی یک نوع ماهی خارداری که در اعماق زیاد زندگی می‌کند چندین بار ظاهر شد. در اساطیر ژاپنی گفته می‌شود که یک ماهی عظیم‌الجثه به نام "نامادزو"^{۱۵} به وسیله خارهایش کف دریا را به هم می‌زند و در ایجاد زمین‌لرزه‌ها مقصر است. تصاویر آن به عنوان یک هشدار روی پنجره‌ها چسبانده می‌شود. دانشمندان ژاپنی فکر می‌کنند این تصور خرافی از ظهور یک ماهی افسانه‌ای در ساحل، درست قبل از زمین‌لرزه‌های شدید ناشی شده است.

تمام این حقایق گواه هستند که قبل از تکان‌ها، پدیده‌های طبیعی به چند صورت ظاهر می‌شوند. اگر حیوانات می‌توانند آن‌ها را حس کنند پس باید توسط وسایلی نیز قابل ثبت باشند. اشاره می‌شود که تغییرات در پارامترهای طبیعی محیط در ناحیه کانون آینده زلزله به‌توقع می‌پیوندند. خواص الاستیکی (دارای خاصیت ارتجاعی)، فناتطبیعی و الکتریکی سنگ‌ها و غیره تغییر یافته و به‌عنوان نتیجه، سطح زمین از شکل طبیعی خارج می‌شود. موفقیت یک آزمایش بستگی دارد به اینکه چقدر وسایل آزمایش در نزدیک اپی‌سانتر زمین‌لرزه پیش‌بینی شده قرار داده شوند، زیرا به نسبت مربع فاصله از کانون زلزله، مقادیر مشخصه پارامترهای احتمالی محو می‌شوند. بنابراین به منظور حل مشکل پیش‌بینی زلزله، پیدا کردن مکان‌هایی که در آنجا زمین‌لرزه‌ها غالباً اتفاق می‌افتند ضروری است.

هر تحقیقی برای یافتن نشانه‌ها در چندین جهت است. شاید یکی از اولین کوشش‌ها برای پیش‌بینی یک زلزله، مطالعه "پیش‌تکان‌ها" بود یعنی تکان‌های ضعیفی که گاهی اوقات قبل از تکان‌های شدید پیش می‌آیند. فرکانس (بسامد) ارتعاشات پیش‌تکان‌ها خیلی بیشتر از "پس‌تکان‌ها" است. منظور از پس‌تکان‌ها، تکان‌هایی است که به دنبال یک زلزله شدید پیش می‌آیند. طول زمان میان این تکان‌های آشکار شده با فرکانس بالا ممکن است با شدت زمین‌لرزه مشرف به طریتی پیوند بخورد و می‌تواند به تعیین لحظه‌ای که در آن موقع زلزله رخ خواهد داد کمک کند. متأسفانه همیشه این موضوع عملی نیست. بسیاری از زلزله‌ها زمانی شناخته شده‌اند که تکان شدیدی کاملاً دور از انتظار به وقوع پیوسته است. با وجود این به کمک دستگاه‌های خیلی حساس می‌توان تکان‌ها و صداهای ضعیف را ثبت کرد و بر اساس آن به اطلاعاتی در خصوص وقوع زلزله و نوع آن دست یافت.

راه دیگر برای کشف نشانه‌ها، مطالعه حرکات آهسته پوسته زمین است. به کج شدگی‌های سطح زمین توجه شود. انواع مختلف شیب سنج‌ها^{۱۶} بیش از ۳۵ سال قبل بر روی بلوک‌های بتنی یا در نقب‌های حفر شده در داخل تخته‌سنگ‌ها نصب شده‌اند که لرزش‌های بسیار ضعیف سطح زمین را ثبت می‌کنند. گاهی اوقات قبل از یک تکان زیرزمینی کج شدگی‌هایی در سطح زمین تشخیص داده شده است و در

این رابطه به نظر می‌رسد که یک منادی یافت شده است. ولی در بیشتر حالات شیب سنج‌ها چیزی ارائه نمی‌دهند. داده‌های اطلاعاتی آن‌ها به وسیله گروهی از عوامل مخصوصاً تغییرات در فشار جوی، استقرار بلندمدت دستگاه و نظایر آن‌ها، تحت تأثیر قرار می‌گیرند. هنوز نباید شیب‌سنج‌ها را به عنوان مفاهیم موثق پیش‌بینی زلزله در نظر گرفت. ولی با این‌همه تعدادی از نتایج آن‌ها مفید است. در نقب توکنوگل قبل از دو زمین‌لرزه‌ای که نزدیک دستگاه اتفاق بیفتد، یک تغییر کج شدگی مشاهده شد. یکی از زمین‌لرزه‌ها خیلی ضعیف (اپی‌سانتر ۲ کیلومتر) و دومی به شدت ۶ درجه (اپی‌سانتر ۵ کیلومتر) بود. در هر دو حالت یک تغییر در وضعیت کج شدگی‌ها، چند ساعت قبل از زلزله به وضوح مشهود بود.

در سال‌های اخیر برای پیش‌بینی زمین‌لرزه‌ها روش‌های دیگری پیدا شده است. تکان‌های زیرزمینی، رهایی فشارهای منشا گرفته از پوسته زمین است. این فشارها ظاهراً قبل از وقوع زلزله افزایش می‌یابند که به صورت‌های ذیل بیان می‌شوند:

الف - به صورت تغییر در سرعت انتقال امواج الاستیکی (برگشت پذیر).

ب - در میزان سرعت انتقال امواج طولی و عرضی.

ج - در میزان نوسان میدان آنها.

آزمایش‌های انجام شده در ناحیه گرمای ۱۷ ماهی‌رنجایی مفیدی به دست داد. از ویژگی‌های آن یکی شدت بیشتر زمین‌لرزه و دیگری طولانی‌تر بودن آن بود که حالت غیرمادی داشت.

بالاخره روش امیدبخش دیگری که اخیراً مورد توجه واقع شده است مطالعه تغییرات در میدان فناتطبیعی زمین است. میدان فناتطبیعی دایمی زمین شامل دو بخش است: بخش اصلی به وسیله فرآیندهای داخلی هسته زمین اعمال می‌شود، و بخش دیگر به وسیله سنگ‌هایی ایجاد می‌شود که در حین تشکیل، فناتطبیعی شده‌اند. میدان فناتطبیعی ایجاد شده به وسیله سنگ‌های فناتطبیعی شده با تغییر در فشارهای موجود در پوسته زمین تغییر می‌یابد.

همانطوری که تاکنون ذکر کردیم ایجاد زلزله در اثر تراکم و انباشتن فشارها در بعضی قسمت‌های زمین می‌باشد که مآلاً میدان فناتطبیعی را در سطح زمین تغییر می‌دهد. بعد از زلزله‌ای تغییرات مشخصی به صورت غیر متناوب و محلی در میدان فناتطبیعی کشف شده‌اند. تخمین‌های تجربی، حجم تغییراتی را که در زمان لرزش ممکن است اتفاق بیفتد مشخص کرده‌اند. و در این رابطه آزمایش‌هایی با انفجارات مصنوعی صحت آن‌ها را تأیید نموده‌اند.

در سال‌های اخیر تغییرات به‌وجود آمده در میدان فناتطبیعی قبل از وقوع یک زمین‌لرزه نیز ملاحظه شده‌اند. یک ساعت و شش دقیقه قبل از زلزله ویرانگر در آلاسکا در مارس ۱۹۶۴ یک آغستگی در میدان فناتطبیعی زمین ملاحظه شد. در سال ۱۹۶۶ تغییر در انحراف میدان بین‌دو نقطه که نزدیک آن یک سری زمین‌لرزه اتفاق افتادند، مشاهده شد. این یافته‌های جالب استثنایی هنوز احتیاج به کنترل

و تأیید دارد. آیا آن‌ها مستقیماً با زمین‌لرزه‌ها مرتبط بوده‌اند یا خیر؟ برای یافتن نشانه‌ها نیز به وسیله تحقیق در مورد قابلیت انتقال الکتریکی سنگ‌ها در نواحی زلزله‌خیز کاوش‌هایی صورت می‌گیرد. مشاهده شده است که زمین‌لرزه‌ها گاهی اوقات در بعضی نواحی با رعد و برق همراه بوده‌اند. فشار زلزله‌ای ممکن است نتیجتاً به‌طریقی با یک میدان الکتریکی ارتباط یابد. مثلاً در ژاپن یک روش قدیمی برای پیش‌بینی زلزله به کمک ظهور نمیر مترقبه برق زدن در آسمان صاف مرسوم است.

بالاخره با شواهدی از زمین‌لرزه تاشکند^۸ در سال ۱۹۵۶ و تغییر در میزان رادان^۹ موجود در آب زیرزمینی، شاخص مهمی برای قریب‌الوقوع بودن یک تکان شدید حاصل شده است. زیرا مدت‌قبل از یک تکان، افزایش مشخصی در غلظت و میزان رادان به‌وجود می‌آید. اخیراً ارتباطی بین زلزله‌ها و فوران آبفشان‌ها (جهش‌دوره‌ای آب و بخار داغ در بعضی نواحی آتشفشانی) کشف شده است. در پارک ملی یلواستن^{۱۰} (واقع در ایالات متحده آمریکا) این موضوع تشخیص داده شده است که فاصله زمانی بین فوران آبفشان‌ها برای مدت دو تا چهار سال قبل از هر زلزله‌ای گاهی و بعد از لرزش دوباره افزایش می‌یابد.

ما در پیش‌بینی زلزله‌ها از این حد فراتر نرفته‌ایم زیرا زمین‌لرزه‌ها غیرمنتظره‌ترین و پیچیده‌ترین پدیده طبیعی به شمار می‌روند. اکنون خطر سایر رخداد های طبیعی شامل تسونامی‌های عظیم، فوران آتشفشان‌ها، با سقوط شهاب سنگ‌های بزرگ نسبتاً کوچک و با گذشت هر دهه کمتر خواهد شد زیرا می‌توانیم پیش‌پیش در مورد آنها تقریباً آگاهی داشته باشیم.

در سال‌های اخیر آشکار گردیده است که فعالیت انسانی می‌تواند موجب لرزش‌های زمین گردد. در ایالت کلرادو وزارت جنگ ایالات متحده آب محتوی محلول مواد سمی پایدار را به زمین پمپاژ کرد. شش هفته بعد زلزله‌ای که از ۷۰ سال قبل سابقه نداشت در ناحیه به وقوع پیوست. تکان‌های بعدی شروع به بازگشت کردند. ظاهراً آب تزریق شده با فشار زیاد می‌تواند موجب جا بجایی سنگ‌ها در طول گسل‌های قدیمی گردد. وقتی که پمپاژ آب متوقف گردید، تدریجاً زمین‌لرزه‌ها باز ایستادند.

این حقیقت اساس یک طرح بنیادی جهت جلوگیری از زمین‌لرزه‌های قوی قرار گرفت. اگر از دیاد شکاف‌ها و فشار آب تزریق شده در آن‌ها موجب وقوع زلزله می‌شود، پس شاید با پمپاژ منظم آب به داخل بخش‌های مختلف یک گسل بزرگ، فشارهای موجود در زمین بتواند به‌وسیله یک سری تکان‌های ضعیف همراه آن آزاد گردد و بنابراین از وقوع یک زلزله جلوگیری شود. نحوه عمل شامل مراحل ذیل است: سه چاه باید در یک قسمت انتهایی گسل تقریباً به فاصله ۵۰۰ متر از یکدیگر حفر گردد. آب‌های زیرزمینی از دو چاه طرفین به بیرون پمپاژ می‌شود، و سپس با مسدود کردن گسل‌ها در این دو

نقطه، آب به درون چاه مرکزی با فشار پمپاژ می‌گردد و موجب زمین‌لرزه خفیف^{۱۱} شده و فشارها را در سنگ‌های طبقات پائین آزاد می‌سازد. آب چاه مرکزی را نیز می‌توان بعداً به بیرون پمپاژ کرد و تمام بخش می‌تواند لاقطل برای یک مدت زمان معین آیین گردد. ولی چنین عملی برای یک گسل عمده به حفر حدود ۵۰۰ چاه به عمق هر یک ۵۰۰۰ متر احتیاج دارد.

همچنین در نواحی که آب انبارهای بزرگ ساخته و پر شده‌اند زلزله‌های ضعیفی رخ می‌دهد. وزن اضافی آب روی سنگ‌های زیرین فشار وارد می‌کند و بنابراین برای ایجاد لرزش‌ها شرایط را مهیا می‌کند. این لرزش‌ها ممکن است به وسیله تراوش طبیعی آب در طول شکاف‌ها نیز ایجاد و موجب تسهیل در جا بجایی سنگ‌ها در طول گسل‌ها بشوند.

یادداشتها

- 1- *Catastrophes in the Earth's History, I.A. Rezanov.*
- 2- *H. Campbell Creighton.*
- 3- *Yurt.*
- 4- *Yarangas.*
- 5- *Seismology.*
- 6- *Toktogul.*
- 7- *Naryn.*
- 8- *Tien-Shan.*
- 9- *Elastic.*
- 10- *Epicentres.*
- 11- *Annau.*
- 12- *S.A. Fedotov.*
- 13- *Curile-Kamchatka.*
- 14- *Naples.*
- 15- *Namadzu.*
- 16- *Clinometers.*
- 17- *Garma.*
- 18- *Tashkent.*
- 19- *Radon.*
- 20- *Yellowstone National Park.*
- 21- *Miniearthquake.*

مطالعات فرسشی
م انسانی