

آیا پیش بینی و کنترل زمین لرزه

امکان پذیر است؟

قسمت دوم

ترجمه و توضیح: سیاوش شایان

بزرگی آن بستگی دارد و اگر طول جابه جایی شناخته شود بزرگی زلزله نیز قابل برآورد می باشد. معدل بازگشت زمین لرزه های با بزرگی مشخص را می توان تخمین زد و این امر وقتی امکان پذیر است که میزان لغزش (میزان شکاف ایجاد شده) شناخته شده و مشخص گردد (شکل ۱ را ببینید). متأسفانه اطلاعات اولیه ما در مورد طول گسستگی و جابه جایی محدود می باشد. بنابراین باید سعی نمود که ارزیابی خطرات زلزله برای برخی از تأسیسات خطرناک ادامه پیدا کند. کاری که زمین شناسان می توانند در این مورد انجام دهند آن است که اطلاعات زمین شناسی مربوطه را تا حد مقدور فراهم سازند تا تصمیمات ما بر اساس اطلاعات کافی اتخاذ شود. در حال حاضر بحث ما درباره کفایت اطلاعات خویش است. مطمئناً لازم است که برای یک گسله خاص طول گسله، نحوه ایجاد گسله، کل جابه جایی صورت گرفته، سن حرکات اخیر، فاصله تقریبی بازگشت زلزله و بزرگی حداکثر زلزله را بدانیم.

در اغلب مواردی که مربوط به مکان گزینی تأسیسات خطرناک می باشد مهمترین مسئله ای که رخ می نماید برآورد ریسک لرزه ای و فعالیت یک سیستم گسلی معین است. مثلاً برای ارزیابی لرزه ای جهت مکان احداث سد اوپرون (Auburn) در نزدیکی ساکرامنتو (Sacramento) در کالیفرنیا میلیونها دلار خرج شده و چندین متر گودال در جریان مطالعات زمین شناسی حفر گردیده با این وجود هنوز در مورد سیستم احتمالی گسله فعال در مجاورت منطقه بی ریزی این سد و سازه ای که ممکن است اتفاق بیافتد توافق وجود ندارد. منطقه ای که برای احداث این سد در نظر گرفته شده منطقه ای فرضی می باشد که حداقل ریسک لرزه ای را داراست تا آن که در سال ۱۹۷۵ زمین لرزه ای با بزرگی ۵/۷ در فاصله ۸۰ کیلومتری این منطقه یعنی در منطقه سد اورویل (Orville) به وقوع پیوست. این زلزله توجه همگان را برانگیخت و یک سری ارزیابیهای جدید را مورد ریسک لرزه ای بنیاد نهاد.

بررسیهای زمین شناسی در مورد محل احداث ترمینال گاز طبیعی در پونت کانپشن (Point Conception) در کالیفرنیا (۱۹۸۰ - ۱۹۷۹) مدتها مورد بحث و جدال بود و اوقات فراوانی را به خود اختصاص داد. از نقاطی که عمدتاً مورد بحث و جدال قرار می گرفت وجود تعدادی گسله کوچک بود که احتمالاً توأم با خمیدگیهایی بر اثر لغزش در طول چین خوردگی سنگها بود. تعدادی

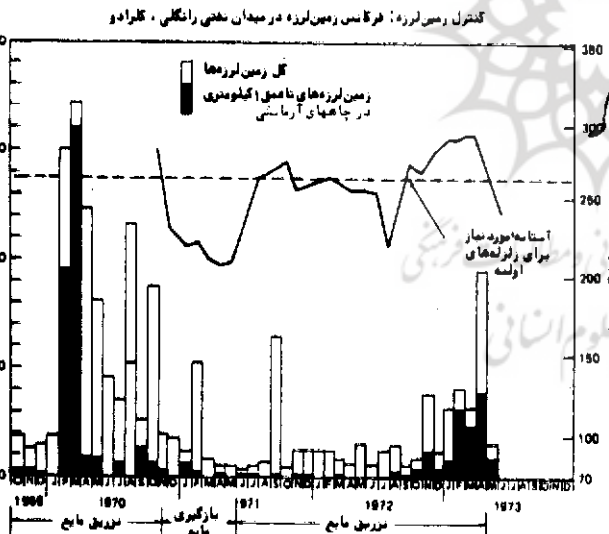
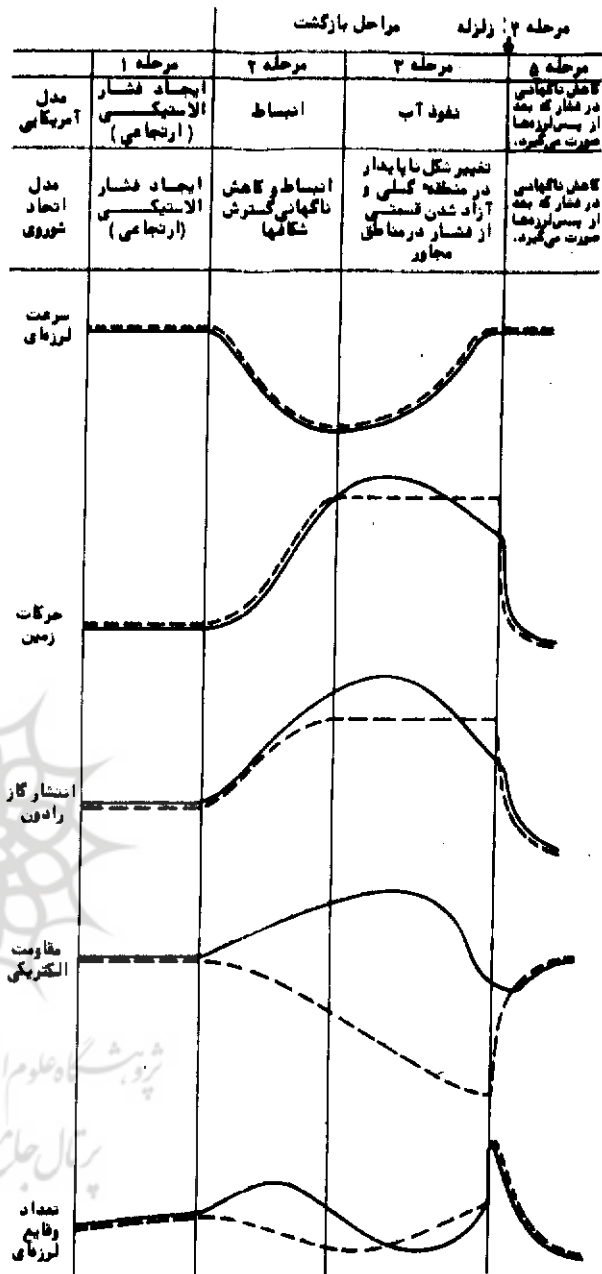
زمین لرزه ها و تأسیسات خطرناک

تأسیسات خطرناک، تأسیساتی هستند که بر اثر بروز زلزله خسارت دیده و یا ویران می شوند و صدمه خوردن آنها ممکن است باعث بروز فاجعه و مرگ افراد و یا رسیدن خسارت به اموال و یا تخریب یک جامعه و مرگ سدهای بزرگ، پروژه های نیروگاههای اتمی و یا تأسیسات گاز مایع. در مورد فرایند تصمیم گیری در مورد تأسیسات خطرناک در مواقع بروز زلزله سه مرحله باید مد نظر قرار گیرد:

- ۱- ارزیابی میزان خطر.
 - ۲- ارزیابی اینکه آیا می توان این تأسیسات را طوری طراحی نمود یا تعدیل کرد که با سازه لرزه همساز باشد.
 - ۳- ارزیابی معقول از "ریسک قابل قبول".
- دو مرحله اول بسیار مشخص هستند در حالی که برآورد ریسک قابل قبول مسئله ای است که با امنیت عمومی مردم سر و کار دارد زیرا که این تأسیسات را نمی توان کاملاً و مطلقاً ایمن ساخت.
- ایضاً از زمین لرزه را در مورد یک نیروگاه اتمی در نظر بگیرید. ارزیابی خطر نیازمند آن است که قابلیت گسله و حداکثر قابل اعتبار زمین لرزه ای که در محل آن اتفاق می افتد برآورد شود. گسله خطرناک از لحاظ زلزله خیزی طبق تعریف کمیسیون مقررات اتمی ایالات متحده گسله ای است که حداقل در ۲۵ هزار سال گذشته از خود حرکتی نشان داده و با در ۵۰۰ هزار سال گذشته حرکات متعدد داشته است. این مقررات، مقرراتی بسیار محافظه کارانه و با در نظر گرفتن ایمنی بیشتر برای گسله های فعال می باشد و نشاندهنده توجه روزافزون نسبت به محل استقرار نیروگاههای اتمی از جهت مسایل ایمنی عمومی می باشد. برآورد حداکثر قابل اعتبار زلزله را می توان با کار میدانی و ارزیابی اثرات فعالیت های لرزه ای در دوران تاریخی و قبل از تاریخ به انجام رسانید. طول گسستگی و جابه جایی در هر زمین لرزه به

لرزه‌های ثبت می‌گردد^۲، شواهد موجود نشان می‌دهد که هر دو مدل ذکر شده به صورت ناهنجاری با مشاهدات می‌خوانند، آنچه که اکنون مورد احتیاج ماست اطلاعات آفرینتری است که می‌تواند به مسئله پیش‌بینی و کنترل زمین‌لرزه‌ها کاربرد بیشتری ببخشد.

دانشمندان دریافته‌اند که می‌توان به وسیله فعالیت‌های انسانی، زمین‌لرزه‌ها را به اصطلاح روشن و خاموش کرد! این امر هنگامی مورد توجه قرار گرفت که به اثرات تزریق هوز آبها به چاه‌های فاضلاب در دنور (Denver) گذراد و پی بردند. تزریق این مایعات فعالیت‌های لرزه را در منطقه مذکور کنترل نمود. در نزدیکی رانگلی (Rangely) گذراد و یک پروژه تحقیقاتی از سوی سازمان زمین‌شناسی آمریکا انجام شد که طی آن امکان شروع حقیقی زمین‌لرزه‌ها با افزایش فشار مایع در سنگها به وسیله تزریق آب در منطقه شکست و متوقف ساختن لرزه‌ها با کاهش فشار آب به وسیله پمپاژ آب به مناطق مذکور مورد مطالعه قرار گرفت. این پروژه نشان داد که فرکانس زمین‌لرزه‌ها را می‌توان به وسیله دستکاری در فشار مایعات تحت کنترل درآورد^۳ (شکل ۳). امید می‌رود که نتیجه این تحقیق اطلاعات مورد نیاز را برای کاهش دادن خسارات لرزه از طریق آزاد کردن فشار در سنگها به صورت ملایم به وسیله تعدادی لرزه‌های کوچک و کنترل شده فراهم سازد و فشارهای مذکور به صورت سریع و یکباره به شکل زمین‌لرزه‌های بزرگ آزاد نشوند. هدف ما در این مورد حفاری در مناطق گسلی (که برخی قابل حفاری اند) می‌باشد و آنگاه



شکل ۳: کنترل زمین‌لرزه در میدان نفتی رانگلی، گذراد. این نخستین مثال در مورد زمین‌لرزه‌هایی است که به طور عمدی از طریق کنترل فشار آب به وسیله پمپاژ در آن لرزه شروع شده و بعد متوقف شده است. در این آزمایشات پی بردند که برای زمین‌لرزه‌های اولیه یک آستانه فشار خاص لازم است (آز. ا. ای. والاس، ۱۹۷۴).

شکل ۲: دو مدل برای توضیح مکانیسم لرزه. مدل انتشار انبساطی عمدتاً در ایالات متحده مورد بحث قرار گرفته و مطرح شده است. مدل بی‌ثباتی انبساطی نیز در اتحاد شوروی مطرح شده است. منحنی‌های نقطه چین نشان‌دهنده علایم مقدماتی مورد انتظار در مدل آمریکایی است و خطوط پر رنگ علایم مقدماتی لرزه مورد انتظار در مدل روسی می‌باشد (از کتاب پیش‌بینی لرزه، ۱۹۷۵).

به وسیله پمپاژ و با تزریق مایعات فشار مایع در زمین کنترل می شود و یک سری لرزه های کوچک فشار ذخیره شده در سنگها را به آرامی آزاد می کند.

استفاده مناسب از انفجارات اتمی نیز ممکن است در کنترل زلزله موثر باشد. ما دریافته ایم که چنین انفجاری احتمالا فشار تکتونیکی طبیعی را آزاد خواهد کرد. از آنجا که انتظار می رود فشارهای طویل المدت زمین لرزه های احتمالی بزرگتری را به وجود آورند، احتیاط آن است که کوشش کنیم این فشارها را کاهش دهیم. برخی از دانشمندان بر این باورند که انفجارات اتمی متناسب با فشارهای زیرزمینی می توانند مثل روشهای تزریق مایعات برای آزاد نمودن فشار در سنگهای پوسته زمین مورد استفاده قرار گرفته و بدین ترتیب شدت زلزله ها را محدود نماید.

اقدامات تعدیل کننده برای کاهش خسارات ناشی از زلزله ها

مکانیسم زلزله هنوز به طور کامل شناخته نشده است و بنابراین اقداماتی چون سیستمهای هشدار دهنده و جلوگیری از زلزله هنوز راههای چاره قابل اتکالی نیستند^۴. به هر حال اقدامات حفاظتی زیر را می توان به عمل آورد:

اول اقدام در زمینه احداث ساختمانهای بزرگ است که طوری ساخته شوند که بتوانند حداقل خود را با زلزله های متوسط وفق دهند^۵.

دوم برنامه ریزی کاربری زمین جهت احداث ساختمانهای بزرگ، آموزشگاهها، بیمارستانها، تأسیسات امدادی سوانح یا بلایای طبیعی و سیستمهای ارتباطی است که نباید این تأسیسات در روی و یا نزدیک به گسله های فعال با مواد حساس زمین مثل محلهای وقوع زمین لرزه ها و نهشته های رسی سست یا سیلت های اشباع شده از آب و یا ماسه ها احداث شوند. مناطق مذکور عمدتاً در معرض امواج زمین لرزه بوده و بدین جهت بیشترین خسارات در آنها اتفاق می افتد.

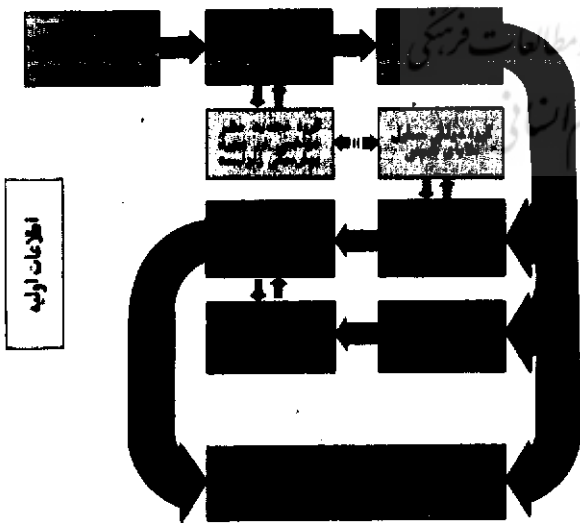
سومین اقدام بیمه کردن^۶ و اقدامات امدادی است. بیمه در مناطق زلزله خیز عمدتاً گران نیست با این حال عده کمی از مردم اقدام به بیمه می نمایند. کشور آمریکا دارای سیستم فدرال برای سوانح طبیعی ضروری می باشد و این اقدامات به وسیله سازمانهایی از جمله ساولیشن آرمی^۷ و صلیب سرخ نیز انجام می شود.

چهارمین قدمی که می توان برداشت آن است که عملی انجام ندهیم و منتظر پیامدها بمانیم. این فلسفه مورد تأیید و توصیه ما نیست ولی متأسفانه برخی این کار را می کنند یعنی عملی انجام نمی دهند! وقتی که ما یک ساختمان تازه را در روی مواد حساس زمین یا بر روی گسله های فعال از لحاظ زلزله بنا می کنیم در حقیقت

به طور مؤثری داریم مسایل جدیدی را به وجود می آوریم که قبلاً وجود نداشته اند. از مطالعه خسارات ناشی از زلزله می دانیم که احداث بنا در روی نهشته های سست و ناپایدار همچون مجاری و بستر رودهایی که از آبرفت پر شده است بسیار خطرناک تر است تا در روی سنگهای سخت و محکم. زیرا بستر آبرفتی رودها ناپایدار بوده و در معرض ورود مایعات و تکان خوردن می باشند. متأسفانه هنوز ما در حال ادامه این گونه استفاده های نابخردانه از کاربری زمین هستیم^۸.

برای اینکه پایان این مطلب نتیجه ای مثبت نیز همراه داشته باشد باید به اطلاع رسانید که کالیفرنیا جنوبی دارای پروژه تعاونی دولتی - فدرال برای برنامه های وسیع آماده باش در قبال زلزله های خطرناک و پیش بینی شده و یا پیش بینی نشده و غیرمنتظره می باشد. اگر زلزله ای به طور فرضی با بزرگی $8/3$ در امتداد گسله سن آندره در شمال لوس آنجلس رخ دهد ممکن است موجب قتل هزاران نفر از مردم شود. حدود ۲ میلیارد دلار خسارت به بار آورد، دو کانال آبی را که این منطقه را مشروب می کند از بین ببرد، نیروی الکتریکی (برق) را در منطقه تا حدود ۴ درصد کاهش دهد. تمامی شاهراهها و فرودگاهها را ببندد، باعث از بین رفتن خطوط ارتباطی تلفنی به صورت گسترده ای گردد و به سایر تأسیسات از جمله خطوط لوله گاز طبیعی خسارات عمده ای وارد سازد و شبکه فاضلاب و آب آشامیدنی شهر را قطع نماید. بنابراین محتاطانه و عاقلانه خواهد بود که برنامه هایی برای مواقع اضطراری تهیه شود.

امید ما آن است که نهایتاً قادر به پیش بینی زلزله باشیم. برنامه دولت فدرال برای مسئله پیش بینی آماده باش در مورد زلزله در شکل ۴ نشان داده شده است^۹. جریان عمده در این شکل از دانشمندان شروع شده و به مجمع پیش بینی می رسد تا در آنجا مورد



شکل ۴: برنامه فدرال برای پیش بینی زلزله و اعلان آماده باش، چارت جریان اطلاعات. (منبع وی. ای. مک کلوئی، ۱۹۷۶).

باید کامل قرار گیرد. در صورتی که پیش‌بینی مبنی بر وقوع زلزله‌ای بزرگی مشخص (با احتمال و یا با قطعیت) در یک منطقه خاص در یک طرف زمانی همین باشد این پیش‌بینی به صورت گزارشی به مقامات رسمی کشوری و محلی تسلیم می‌گردد زیرا آنان مسئول اعلان داده‌هاش به عموم برای اقدامات دفاعی می‌باشند. چگونگی واکنش

۱) ظرفیت واکنش نسبت به پیش‌بینی یک زلزله برحسب مهلت زمانی مقرر.

تاسیسات ویژه	اقدامات درمانی	وسایل موجود در ساختمان	ساختمانها
خاموش کردن نیروگاههای هسته‌ای، قطع جریان محصولات نفتی در خطوط لوله	آماده‌سازی مواد اضطراری درمانی	برداشتن وسایل انتخاب شده	تخلیه* ساختمانهای خطرناک که قبلاً شناسایی شده‌اند
تخلیه* مخازن آب، آریزین بردن یا حفظ کردن مواد سمی در محلهای امن	نوبتی کردن کادر بیمارستانها، اصلاح امکانات مورد نیاز	محکم کردن وسایل انتخابی (مثل محکم کردن و تقویت برخی وسایل)	بررسی و شناسایی خطرات بالقوه
جابه‌جا کردن انبارهای خطرناک کنار گذاشتن سدهای خطرناک از جریان کار	افزایش ظرفیت پذیرش بیماران	-	تقویت انتخابی ساختمانها
	-	تجدید نظر در کدبندی ساختمانها و مقررات کاربری زمین: اجرای جریبه و اعمال کمک در این مورد به مردم.	-

یادداشتها

واقع گردد. با توجه به اینکه زلزله اخیر ایران در گیلان و زنجان در محل احداث سد بزرگی چون سفیدرود واقع شده که گنجایش مخزن آن ۸۰۰ میلیون مترمکعب و حجم مفید آن ۶۵۰ میلیون مترمکعب و حجم آب کنترل شده سالانه آن ۲۰۰ میلیون مترمکعب است این سؤال مطرح می‌شود که آیا وزن عظیم آب دریاچه پشت این سد نقشی در بروز زلزله در منطقه داشته است یا خیر؟ در این مورد تحقیقات دقیق و وسیعی می‌تواند صورت گیرد.

۲- اخیراً "نوعی آژیر هشداردهنده برای زلزله ساخته شده که ۳۰ ثانیه قبل از وقوع زلزله‌های با بزرگی ۵ به بالا به صدا درمی‌آید و وقوع زلزله را خبر می‌دهد. با توجه به مدت و فرصت کمی که از شروع آژیر خطر تا وقوع زلزله باقی است این سؤال مطرح می‌شود که اگر این دستگاه برای شهرها و یا مراکز پرجمعیت و ساختمانهای بزرگ مورد استفاده قرار گیرد از کدام جمعیت و عجله آنها برای خروج از ساختمانها باعث تلفات بیشتری نسبت به زلزله اصلی نخواهد شد؟ شاید بتوان از این دستگاه در مقیاس محدود و برای خانواده‌ها استفاده کرد ولی استفاده وسیع از آن باید با

۱- در صورتی که مواد جدیدتر بر روی مواد و یا سطوح قدیمی‌تر قرار گرفته باشند تعیین سن مواد آسانتر است برعکس جای‌گیری مواد قدیمی بر روی مواد جدیدتر تعیین سن را دشوار می‌سازد. چنین حالتی معمولاً در چین‌های خوابیده مشاهده می‌شود در صورتی که در متن تعیین سن حالت اول یعنی قرار گرفتن مواد جدیدتر بر روی مواد و سطوح قدیمی‌تر مشکل شمرده شده است.

۲- علیرغم اینکه مدل آمریکایی در متن به طور تقریباً مفصلی توضیح داده شده ولی به مدل روسی عنایت چندانی نشده است برای پر کردن این خلأ توصیه می‌شود خوانندگان محترم در شکل ۲ با دقت بیشتری مدل روسی را مطالعه نمایند تا به وجوه تشابه و افتراق این دو مدل بیشتر پی ببرند.

۳- یکی از طرق دستگاری بشر در طبیعت که ممکن است باعث بروز زلزله در یک منطقه شود احداث مخازن بزرگ آب مثل دریاچه‌های پشت سدها عنوان شده است که باعث می‌شود بار پوسته زمین در یک منطقه سنگینتر شود و در فشارهای مناطق گسلی موثر