

# بلایای طبیعی به نام زلزله

بهنام صبری  
دبیر جغرافیای منطقه جرقویه سفلی



## مقدمه

می‌دهیم و با تعریف کانون زلزله و نحوه‌ی پیدا کردن آن، مقیاس‌های اندازه‌گیری زلزله را همراه با مناطق عمده‌ی زلزله‌خیز تحلیل می‌کنیم و به‌طور جداگانه به بررسی عوامل طبیعی و انسانی مؤثر در ایجاد زلزله، نظیر: فعالیت‌های تکتونیکی، آتشفشان‌ها، فورریختگی سقف غارهای زیرزمینی، برخورد شهاب‌سنگ‌ها، دریاچه‌های پشت سد، انفجارهای هسته‌ای و ایجاد ارتعاش‌های ناگهانی ناشی از حرکت هواپیماها در ارتفاع پایین و بوق اتومبیل‌ها، می‌پردازیم. درنهایت، علائم مؤثر در پیش‌بینی زمین‌لرزه و آثار آن مانند، تخریب ساختمان‌ها، صداها و نورهای ناشی از زلزله، لرزش‌های دریا، تغییر آب چشمه‌ها، ایجاد شکاف و گسل، زمین‌لغزش و آبگونی را به‌طور کامل مورد توجه قرار می‌دهیم.

یکی از این بلایای طبیعی، زلزله است. در این مقاله، کوشیده‌ایم با استفاده از کار کتاب‌خانه‌ای و نرم‌افزارهای موجود و مراجعه به سایت‌های معتبر و استفاده از تصاویر اینترنتی، به بررسی این پدیده بپردازیم و دیدگاه‌های متفاوت را در تعریف زلزله، علل پیدایش و آثار و پیامدهای آن، و مطالب بسیار متنوع دیگری در این باره بیان کنیم. به گواهی اسناد تاریخی، یکی از مهم‌ترین حوادثی که هم در گذشته

در جهانی زندگی می‌کنیم که هر چند گاهی در گوشه و کنار آن، بلایای طبیعی عده‌ی بی‌شماری را به کام مرگ فرو می‌برند. تعدادی نیز زخمی و یا مفقود می‌شوند و خرابی‌های بسیار و هزینه‌های هنگفتی بر دوش بازماندگان بر جای می‌ماند؛ در جایی، سیل، در جای دیگری آتشفشان و زلزله، و در جایی دیگر، بلایای دیگر.

بشر از قدیم تا امروز سعی کرده است، با امکانات موجود در هر زمان، به مقابله با این بلایا بپردازد. هم‌چنین، با درایت در مکان‌گزینی مناسب، استفاده‌ی صحیح از مصالح و معماری حرفه‌ای، جمع‌آوری داده‌ها و اطلاعات و پردازش آن‌ها و محاسبه‌ی دوره‌های بازگشت هر حادثه‌ی طبیعی، استفاده از سنجش از دور و... میزان تلفات، خرابی‌ها و هزینه‌های آن را کاهش دهد.

## چکیده

در این مقاله، برای شناخت هرچه بیشتر و بهتر زلزله، به بیان تعاریف گوناگون این پدیده می‌پردازیم و پس از بیان علل وقوع زلزله در افسانه‌ها و دیدگاه‌های گوناگون، امواج زلزله را مورد بررسی قرار



شکل ۱. خرابی ناشی از زلزله

از حرکات ناگهانی و شدید سطح زمین [daneshnameh.roshd.ir]. در کتابی دیگر آمده است: «جنبش سریع و محسوس که در نتیجه‌ی جابه‌جایی و یا جای‌گیری تخته‌سنگ‌های زیر پوسته‌ی زمین پدید می‌آید. در نتیجه‌ی این جنبش، یک سلسله‌لرزش‌های موجی شکل پدید می‌آید و گاه تغییرات ارتفاعی پوسته‌ی زمین را باعث می‌گردد و اغلب، ضایعات و زیان‌های جانی و مالی فراوان از خود باقی می‌گذارد. زمین‌لرزه، بیشتر مخصوص نواحی آتشفشانی است و گاه با خروش و فوران کوه‌های آتشفشان همراه می‌شود و در حالت شدید، شکست‌ها و بریدگی‌های مهم و مشخص در روی پوسته‌ی زمین به جای می‌گذارد» [جعفری، ۱۳۶۶: ۱۹۶].

دکتر شایان می‌گوید: «زمین‌لرزه، لرزش‌هایی است که بر اثر آزاد شدن انرژی‌های تمرکز یافته در لایه‌های زیرین زمین به وجود می‌آید و ممکن است باعث تغییراتی در سطح زمین و بروز خسارات جانی و مالی شود» [شایان، ۱۳۶۹: ۱۱۵].

دکتر اسدیان، زلزله را مجموعه جنبش‌هایی می‌داند که به‌طور طبیعی در سطح زمین حادث می‌شود [اسدیان، ۱۳۸۲: ۲۱۹]. در نرم‌افزار پارسیکا آمده است: «زلزله حرکات شدید طبقات زمین است که بر اثر حرکت و جابه‌جا شدن مواد مذابی که زیر پوسته‌ی جامد زمین قرار دارند، یا بر اثر ریزش غارهای زیر پوسته‌ی جامد زمین تولید می‌شوند. زلزله در صورت شدت، ممکن است موجب خرابی و تلفات بسیاری شود (شکل ۱)» [شرکت مهندسی پژوهشی نوین، ۱۹۹۹].

دکتر معتمد نیز زلزله را چنین تعریف می‌کند: «فروریختگی یا تکان‌های منطقه‌ای در قشر جامد زمین، ارتعاش‌هایی در سطح زمین به وجود می‌آورد. حرکت این ارتعاش‌ها موجب پیدایش زمین‌لرزه است» [معتمد، ۱۳۶۷: ۳۱۷].

در کتاب «مبانی زمین‌شناسی» نیز در مورد زلزله آمده است: زمین‌لرزه، لرزش زمین است که بر اثر رها شدن سریع انرژی رخ می‌دهد. این انرژی درست مشابه ارتعاش هوای اطراف یک ناقوس است که از منبع خود به نام کانون در تمام جهات منتشر می‌شود [ناربوک

و هم در حال حاضر خسارات زیادی بر جوامع انسانی وارد کرده و می‌کند، زمین‌لرزه است. این پدیده که یکی از بلاای طبیعی است، اگر به درستی شناخته شود و پیش‌بینی‌های لازم برای مقابله با آن صورت گیرد، مانند بسیاری دیگر از بلاای طبیعی غالباً قابل کنترل است. در غیر این صورت، خسارات جبران‌ناپذیری بر جوامع انسانی وارد می‌سازد. لذا برای مقابله با زلزله و به حداقل رساندن خسارات ناشی از آن، اولین و مهم‌ترین کار، شناخت همه‌جانبه‌ی آن است.

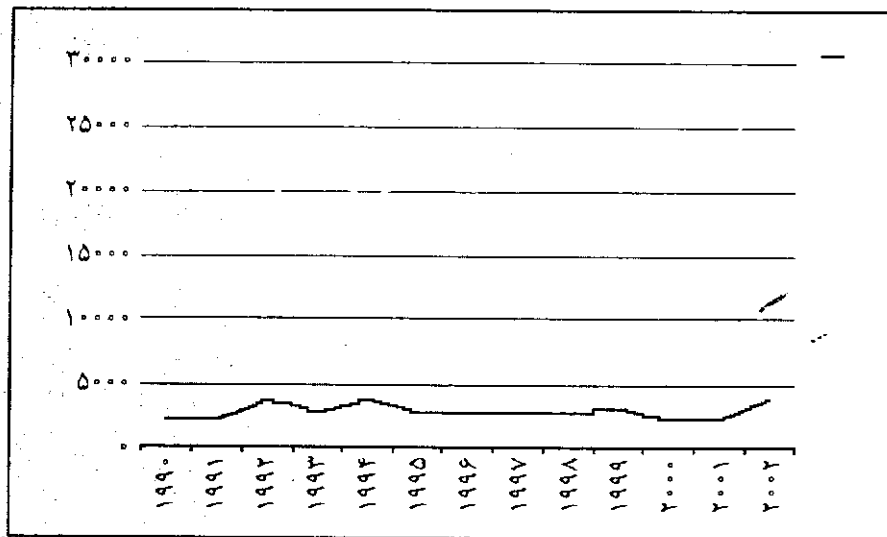
### تعریف زلزله

برای شناخت هر پدیده‌ای در جهان، لازم است ابتدا تعریفی مناسب و نسبتاً جامع از آن داشته باشیم. زیرا بدون تعریفی مناسب از یک پدیده، نمی‌توان به عمق آن پی برد و آن را به خوبی شناخت. لذا در ادامه تعاریف متعددی از زلزله را بیان می‌کنیم.

در «فرهنگ جغرافیا»، تألیف پریدخت فشارکی و هم‌چنین در «فرهنگ جغرافیایی» تألیف مهدی مؤمنی، تعریفی مشابه از زلزله ارائه شده است: «جنبش و تکان پوسته‌ی زمین که به صورت طبیعی ناشی از زیر پوسته‌ی زمین است. گاهی زلزله باعث تغییراتی در سطح زمین می‌شود. ممکن است زلزله به وسیله یک انفجار آتشفشانی به وجود آید. زلزله در حقیقت در بیشتر نواحی آتشفشانی امری عادی است و غالباً قبل و یا هم‌زمان با انفجار اتفاق می‌افتد. اصل زلزله تکتونیک است و احتمالاً وجود یک شکست لازمه‌ی آن است.»

محمود صداقت، در کتاب «زمین‌شناسی برای جغرافیا»، تعریفی بدین گونه ارائه می‌دهد: «زمین‌لرزه عبارت است از حرکات و لرزش‌های ناگهانی و گذرا در زمین که از ناحیه‌ی محدودی منشأ می‌گیرند و از آن جا در تمام جهات منتشر می‌شوند.»

در کتاب «فیزیکیال جئوگرافی» آمده است: «زلزله یک سلسله تکان‌ها و لرزش‌های ناگهانی است که از آزاد شدن فشار در طول گسل‌های فعال و در مناطق آتشفشانی فعال ناشی می‌شود.» در «فرهنگ آکسفورد» نیز چنین بیان شده است: زلزله عبارت است



نمودار ۱. تعداد زمین‌لرزه‌ها

ولوتگن، ۱۳۸۰: ۲۳۷].

[۱۳۶۷: ۱۳].

از تعاریفی که بیان شد، می‌توان چنین برداشت کرد که: زلزله عبارت است از حرکات و ارتعاشات ناگهانی سطح زمین، ناشی از شکسته شدن سنگ‌های پوسته‌ی زمین و رها شدن انرژی ذخیره شده در آن‌هاست که در صورت شدت زیاد در مراکز انسانی، موجب خسارت‌ها و زیان‌های فراوان می‌شود. زلزله از یک طرف، موجب شکسته شدن و جابه‌جایی توده‌های سنگی پوسته‌ی زمین می‌شود و از طرف دیگر، همین جابه‌جایی و شکسته شدن، به ایجاد امواج و انتشار آن‌ها در درون زمین می‌انجامد؛ مانند انداختن قطعه سنگی در حوض یا دریاچه که به ایجاد امواج منجر می‌شود [daneshnameh.roshd.ir].

### علل وقوع زلزله

#### الف) علل وقوع زلزله در افسانه‌ها

در فرهنگ‌های گوناگون، افسانه‌های متعددی در مورد علت وقوع زلزله نقل شده‌اند؛ از جمله:

۱. یونانیان عقیده داشتند که خدای دریا، خدای زمین نیز هست. وقتی که او از روی خشم نیزه سه سر خود را تکان می‌دهد، دریا طوفانی می‌شود و زمین می‌لرزد.

۲. مردم جزیره‌ی هاوایی معتقدند که پله<sup>۲</sup> در کوه آتشفشان هرگاه خشمگین شود، پایش را به زمین می‌کوبد و در نتیجه زمین می‌لرزد.

۳. یونانیان عقیده داشتند که خدایان عده‌ای از غول‌های سرکش را شکست داده‌اند و آن‌ها را در زیر کوه‌های آتشفشانی زندانی کرده‌اند.

هنگامی که این غول‌ها به جنبش درمی‌آیند تا زنجیرهایشان را پاره کنند، زمین به لرزه می‌افتد [آسیموف، ۱۳۷۲: ۸ و ۹].

۴. بشر بدوی در ذهن خود کوه‌ی زمین را سوار بر لاک‌پشتی عظیم و یا قورباغه‌ای غول‌آسا فرض می‌کرد [هاالاسی، ۱۳۶۷: ۱۴]. لرزه‌های زمین ناشی از حرکت این حیوان تصور می‌شد.

۵. گروهی دیگر معتقد بودند که زمین بر پشت چهار گاو نر قرار گرفته است [همان: ۱۴] و از حرکت گاو‌ها زمین می‌لرزد.

۶. اولین نشانه‌ی تفکر عمیق مردم یونان باستان، به صورت خدایی انسان‌نما به نام اطلس<sup>۳</sup> جلوه کرد که کوه‌ی زمین را بر دوش خود داشت (شکل ۲).

البته این موضوع هیچ‌گاه مطرح نشد که نقطه‌ی اتکای اطلس، لاک‌پشت یا چهار گاو نر چه چیزی بوده است. هرگاه او تکان می‌خورد، زمین می‌لرزد.

۷. براساس سایر اسطوره‌ها، مار عظیم‌الجثه‌ای که سعی می‌کرد دم خود را ببلعد، دور کوه‌ی زمین حلقه زده بود و حرکت این مار را

### تعداد زمین‌لرزه‌ها

براساس تحقیقات جدید، هر ساله حدود سه میلیون زمین‌لرزه در گوشه و کنار جهان اتفاق می‌افتد که بیشتر آن‌ها خفیف هستند [howstuffworks.com]. شدت حدود ۵۰ هزار نوع از این زلزله‌ها به حدی است که انسان آن‌ها را حس می‌کند [ارشقی، ۱۳۷۵: ۷]. به‌طور میانگین حدود ۱۰ سال فقط یک زمین‌لرزه با بزرگی هشت ریشتر یا بیشتر اتفاق می‌افتد. البته، گاهی شدت این زمین‌لرزه‌ها بیشتر از مقدار میانگین است. در سال ۱۹۰۶ میلادی، هفت زمین‌لرزه با بزرگی بیش از هشت ریشتر روی داد (نمودار ۱) [آسیموف، ۱۳۷۲: ۲۵ و ۲۶].

### زمین‌لرزه‌ی تاریخی

زمین‌لرزه‌ای است که طی تاریخ تا قبل از سال ۱۹۰۰ روی داده باشد [ngdir.com]. اولین سابقه‌ی دقیق این پدیده برمی‌گردد به زمین‌لرزه‌ای که در شهر «کورینت»<sup>۱</sup> یونان در سال ۸۵۶ قبل از میلاد اتفاق افتاد، حاصل زلزله‌ی مذکور ۴۵ هزار نفر کشته بود. کورینت شهری است که نه بار زلزله آن را ویران ساخته است [هاالاسی،

موجب اصلی زمین لرزه می‌پنداشتند [همان: ۱۷].

۸. [در قرون وسطی] کشیش‌شان می‌گفتند که خداوند با این زمین لرزه‌ها انسان را به خاطر گناهانش مجازات می‌کند [رایشهات، ۱۳۷۶: ۷].

۹. بر اساس یک افسانه رومی، کره‌ی زمین بر سه ستون امید، ایمان و بخشش استوار است و هرگاه هر یک از این سه نماد اخلاقیات در اثر سوء رفتار مردم متزلزل شود، زمین برای متنبه کردن آن‌ها شروع به لرزش می‌کند [هالاسی، ۱۳۶۷: ۲۴].

### ب) علت وقوع زلزله به عقیده ارسطو

می‌توان گفت، نخستین کسی که کوشید علت زمین لرزه را چیزی غیر از خدایان بداند، ارسطو بود. او در سال‌های ۳۸۴ تا ۳۲۲ پیش از میلاد زندگی می‌کرد. ارسطو معتقد بود که در طبیعت، هر ماده‌ای جای مشخصی برای خود دارد. خاک سخت و سنگین در پایین، آب اقیانوس‌ها در بالای آن و هوا در بالای زمین و آب قرار گرفته است. اگر جسمی در محلی غیر از محل طبیعی‌اش قرار گیرد، می‌کوشد که به محل طبیعی خود بازگردد. بنابراین، هر جسم جامد که به زمین تعلق دارد، اگر در فشارها شود بی‌درنگ به زمین بازخواهد گشت و اگر هوایی درون زمین به دام افتاد، می‌کوشد تا به طرف بالا، یعنی محل طبیعی خود، حرکت کند. و وقتی این هوا تلاش می‌کند به طرف بالا برود، نتیجه‌اش زمین لرزه خواهد بود [آسیموف، ۱۳۷۲: ۹ و ۱۰].



### لرزه‌نگاری

- اووید، شاعر معروف، عقیده جانب دیگری ابراز کرده است. وی گفت: زمین هنگامی که به خورشید نزدیک می‌شود، دست‌خوش لرزش و تکان می‌گردد.
- لوکرتوس<sup>۱</sup> فیلسوف رومی عقیده داشت که علت زمین لرزه جابه‌جایی توده‌های صخره‌ای، گازها و شکاف‌های زیر زمین است [هالاسی، ۱۳۶۷: ۲۷].
- پروفوسور ب. کوتو<sup>۲</sup> نیز می‌نویسد: با اطمینان کامل می‌توان گفت که گسلش یا پیدایش گسله‌ها علت اصلی زمین لرزه است، نه معلون آن [همان: ۳۳].

قرن هاست که انسان به مطالعه‌ی زمین لرزه‌هایی که موجب خسارت‌های جانی و مالی وسیعی می‌شده‌اند، علاقه‌مند بوده است. اولین تلاش در چنین راهی، به چینی‌ها مربوط می‌شود. ۱۳۲ سال ق م، فیلسوفی چینی به نام چانگ‌هنگ لرزه‌نگاری به نام لرزه‌نما<sup>۱</sup> اختراع کرد. چنین دستگاهی (شکل ۳)، مشاهده‌ی نشانه‌های بروز یک حرکت را امکان‌پذیر می‌کرد، ولی اندازه‌گیری میزان حرکت آن ممکن نبود [پیشین]. تا آن‌که نخستین دستگاه لرزه‌سنج توسط دانشمندی ایتالیایی به نام لوییجی پالمیری<sup>۲</sup> اختراع شد. پس از آن جان میلن<sup>۳</sup> دانشمند انگلیسی دستگاه لرزه‌سنج بهتری اختراع کرد [آسیموف، ۱۳۷۲: ۲۵]. از آن پس تاکنون ساخت انواع لرزه‌سنج‌ها ادامه یافته است.

### امواج زلزله و انواع آن

هنگامی که زلزله‌ای رخ می‌دهد، انرژی آزاد شده در اثر آن، به صورت امواج در همه‌ی جهت‌ها منتشر می‌شود (شکل ۴). این موج‌ها شباهت بسیار زیادی به امواج ایجاد شده در اثر فرو افتادن یک سنگ در آب آرام یک حوضچه دارند. به همان ترتیبی که ضربه‌ی سنگ باعث به‌جنبش درآوردن امواج آب می‌شود، یک زلزله هم امواجی لرزه‌ای ایجاد می‌کند که در زمین منتشر می‌شوند. با وجود این که انرژی آزاد شده، با فاصله گرفتن از کانون زلزله به سرعت پراکنده و میرا می‌شود، ابزارهای بسیار حساسی که در سراسر جهان به منظور ثبت ارتعاشات پوسته‌ی زمین نصب شده‌اند، آن را حس و ثبت می‌کنند [vojoudi.com]. امواج ناشی از زلزله را به چهار دسته

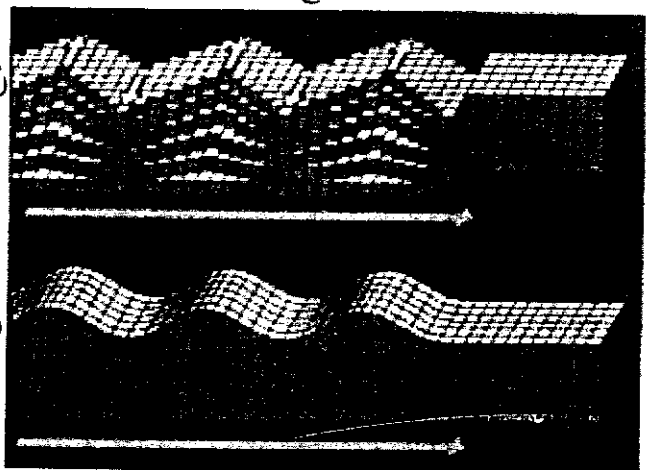
### ج) علت وقوع زلزله از نظر جان میچل<sup>۴</sup>

وی معتقد بود که زمین لرزه سبب حرکت‌های موجی زمین می‌شود. او عقیده داشت که فشار گازهایی که از جوش آمدن آب بر اثر گرمای آتشفشان‌ها پدید می‌آید، سبب زمین لرزه می‌شود. میچل را پدر لرزه‌شناسی، یعنی پژوهش علمی درباره زمین لرزه دانسته‌اند [آسیموف، ۱۳۷۲: ۱۳].

### د) نظرات دیگر در مورد علت وقوع زلزله

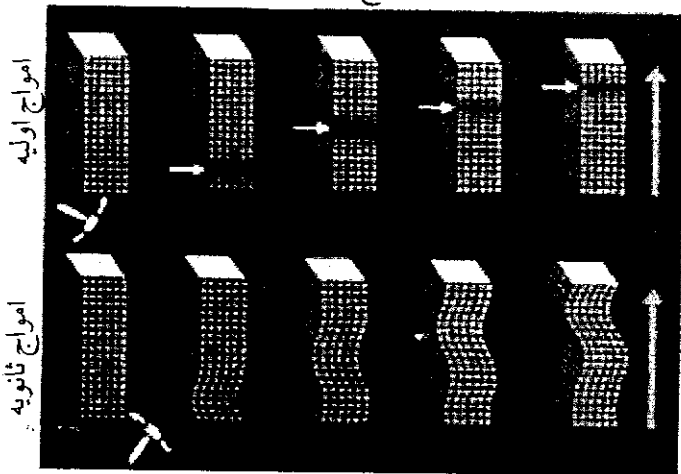
● دموکریتوس<sup>۵</sup> اولین کاشف اتم، باران را به عنوان عامل اصلی زمین لرزه معرفی کرده است.

امواج سطحی



شکل ۳. امواج زلزله

امواج داخلی



زیر می توان تقسیم کرد:

۱. امواج طولی<sup>۱۲</sup> یا P: این امواج با سرعت ۱/۵ تا ۸ کیلومتر در ثانیه حرکت می کنند. سرعت حرکت آن ها به جنس زمینی که این امواج از آن عبور می کنند، بستگی دارد. سرعت این امواج از موج های دیگر بیشتر است (حدود ۱/۷ برابر بیشتر از سرعت امواج S) [هالاسی، ۱۳۶۷: ۵۹]. بنابراین، سریع تر به سطح زمین می رسند. این امواج قابلیت عبور از جامدات، مایعات و گازها را دارند و به همین دلیل به طور کامل از زمین عبور می کنند. وقتی که این امواج از صخره ها عبور می کنند، در مسیر حرکت خود، به آن ها فشار وارد می کنند [howstuffworks.com].

۲. امواج برشی<sup>۱۳</sup> یا S: باعث می شوند که سنگ ها خم شوند و شکل خود را از دست بدهند. این امواج فقط از جامدات می گذرند. تقریباً اثر تخریبی تمام زلزله ها ناشی از امواج برشی است. به این معنا که وقتی در لحظه ی شکستن، سنگ ها سنگ شکاف بر می دارند، نقاط مجاور شکاف به طور جانبی نسبت به هم حرکت می کنند. در این زمان است که دو نوع موج P و S ایجاد می شوند. اگر طنابی را به دیواری متصل کنید و سر دیگر آن را در دست بگیرید و به طور قائم حرکت دهید، در طناب موجی ایجاد می شود که شبیه به موج S است [daneshnameh.roshd.ir].

لازم به ذکر است که سرعت امواج P و S با افزایش عمق زیادتر می شود و هر قدر وزن مخصوص اجسامی که امواج زلزله از آن ها می گذرند، بیشتر باشد، سرعت سیر امواج در آن ها زیادتر می شود [معتمد، ۱۳۶۷: ۳۲۱].

۳. امواج لاری<sup>۱۴</sup>: حرکت زمین توسط موج لاری، تقریباً شبیه موج قلبی است. با این تفاوت که ذرات ماده به موازات سطح زمین و در جهت عمود بر انتشار موج حرکت می کنند و در صفحه ی قائم حرکت ندارند. انتشار این امواج، مانند تکان هایی است که بر اثر حرکت طناب به سمت چپ یا راست ایجاد می شود. موج های لاری قدری سریع تر از امواج رایلی<sup>۱۵</sup> حرکت می کنند و زودتر روی لرزه نگاشت ظاهر می شوند [daneshnameh.roshd.ir].

۴. امواج رایلی: این امواج به نحو خاصی حرکت می کنند. بدین ترتیب که حرکت ذرات در امتداد مدارهای دایره ای یا بیضوی صورت می گیرد؛ درست مانند حرکت امواج در سطح اقیانوس. البته جهت حرکت دایره ها برخلاف حرکت امواج اقیانوس است. به عبارت دیگر، حرکات ذرات سنگ، مدار بیضوی پسگرد را در صفحه ی قائم به طرف منشأ لرزه طی می کنند [پیشین].

کانون زلزله و نحوه ی پیدا کردن آن

زمین لرزه یا زلزله، بازتاب حادثه ای زمین شناختی در سطح زمین است یا به عبارت دقیق تر، بازتاب گسیختگی سنگ هاست که معمولاً در عمق معینی از سطح زمین، در محلی به نام کانون<sup>۱۶</sup> ایجاد می شود (شکل ۵). نقطه یا منطقه ای که آثار بیشترین شدت را آشکار می سازد، مرکز زلزله یا منطقه ی مرکزی<sup>۱۷</sup> نام دارد و به طور تقریبی روی خط قائم کانون زلزله واقع شده است [روبو و کوپن، ۱۳۶۹: ۹۳]. به عبارت دیگر، کانون زلزله محلی است که معمولاً در اعماق زمین است و زمین لرزه از آن جا آغاز می شود [تاربوک و لوتگن، ۱۳۸۰: ۲۴۳]. یعنی همان جایی که سنگ ها شکسته می شوند و سبب آزاد شدن انرژی و انتشار آن به اطراف می شوند [daneshnameh.roshd.ir].



شکل ۴. کانون زلزله

گسل

امروزه برای تشخیص کانون زلزله از ابزاری استفاده می شود که «زلزله نگار» نام دارد. زلزله نگار، دستگاهی است که امواج گوناگون را ثبت می کند. برای یافتن فاصله ی بین زلزله نگار و کانون زلزله، دانستن زمان رسیدن امواج نیز ضروری است. با در اختیار داشتن این اطلاعات، اختلاف زمان رسیدن این امواج محاسبه و سپس نمودار ویژه ای رسم می شود که در آن فاصله ای را که موج می تواند طی مدت اختلاف زمان محاسبه شده طی کند، به دست آید. اگر اطلاعاتی از این دست را از سه یا چند نقطه ی متفاوت در اختیار داشته باشیم، می توانیم مکان کانون زلزله را به دست آوریم. برای این کار، کافی است که کره ای فرضی حول هریک از زلزله نگارها رسم کنیم که در آن، مکان اندازه گیری مرکز کره و فاصله ی محاسبه شده تا کانون زلزله، شعاع کره در نظر گرفته می شود. پس سطح این کره نشان دهنده ی تمام نقاطی است که از زلزله نگار به اندازه ی مورد نظر فاصله دارند. بنابراین، کانون زلزله باید در جایی در سطح این کره قرار داشته باشد. اگر دو کره را بر اساس اطلاعات به دست آمده از دو زلزله نگار رسم کنیم، از تقاطع دو کره یک دایره به دست می آید. از آن جا که کانون زلزله باید در سطح هر دو کره قرار گرفته باشد، محیط این دایره نشان دهنده تمام کانون های ممکن برای زلزله مورد نظر است. از تقاطع کره ی سوم با این دایره فقط دو نقطه حاصل می شود که کانون های محتمل برای زلزله را مشخص می کند. از این دو نقطه، یکی در سطح زمین و دیگری در هوا قرار دارد. با توجه به آن که کانون زلزله همیشه در سطح زمین قرار دارد، نقطه ی موجود در هوا کنار گذاشته می شود و نقطه ی موجود در سطح زمین مکان واقعی کانون زلزله را نشان می دهد [howstuffworks.com].

### اندازه گیری زمین لرزه

برای آگاهی از میزان تأثیر هر پدیده، لازم است به نحوی آن را به

صورت کمی بیان کنیم. برای کمی کردن اندازه ی زلزله، از دو مقیاس متفاوت استفاده می شود: یک مقیاس بر اساس بزرگی زلزله و دیگری به واسطه تأثیر پذیری دست سازهای بشری از زلزله یا شدت زلزله (شکل ۶). شدت زلزله در هر مکان متفاوت است و با دور شدن از کانون زلزله کم می شود، در حالی که بزرگی زلزله همواره ثابت است و ربطی به دور شدن از کانون آن ندارد.

### الف) مقیاس ریشتر

مقیاس اولیه را چارلز ریشتر<sup>۱۸</sup> در دهه ی قرن بیستم میلادی برای وضعیتی که در کالیفرنیا جنوبی به وجود آمد، ابداع کرد [اسمیت، ۱۳۸۲: ۲۰۴]. از مقیاس ریشتر برای بیان بزرگی زمین لرزه، یعنی مقدار انرژی آزاد شده توسط آن زمین لرزه استفاده می شود. اطلاعات مورد نیاز برای محاسبه ی بزرگی زمین لرزه را از لرزه نگار به دست می آورند. مقیاس ریشتر، لگاریتمی است. یعنی افزایش یک واحد در مقیاس ریشتر نشان دهنده ی افزایش ده واحدی در دامنه ی موج است. به عبارت دیگر، دامنه ی موج در زلزله ی ۶ ریشتری، ۱۰ برابر دامنه ی موج زلزله ی ۵ ریشتری است و دامنه ی موج زلزله ی ۷ ریشتری، ۱۰۰ برابر دامنه ی موج زلزله ی ۵ ریشتری است. مقدار انرژی آزاد شده در زلزله ی ۶ ریشتری، ۳۱٫۷ برابر زلزله ی ۵ ریشتری است [howstuffworks.com]. ذکر این نکته ضروری است که بزرگی زلزله، به تنهایی نمی تواند معیاری برای سنجش قدرت تخریب زلزله باشد. همان طور که گفته شد، بزرگی زلزله فقط بر اساس میزان انرژی آزاد شده در زلزله محاسبه می شود و عمق و یا سایر متغیرها در محاسبه ی آن دخالت ندارند. از این رو، دو زلزله با بزرگی یکسان، ولی عمق های متفاوت، خرابی های متفاوتی را به بار می آورند [vojouidi.com].

مقایسه تقریبی بین اندازه گیری های مختلف یک زمین لرزه و میزان انرژی آزاد شده

تعداد وقوع در سال	انرژی		اثرات	شدت (مرکالی اصلاح شده)	بزرگی (ریشتر)
	معادل مواد منفجره	حدود			
بسیار زیاد	TNT	حدود ۰/۴۵ کیلوگرم	فقط به وسیله دستگه ثبت می شود.	I	۱٫۹۵۰
۳۰۰٫۰۰۰	TNT	۲۵ تا کیلوگرم	فقط به وسیله افراد بسیار حساس احساس می شود. اشیاء معنق به لرزش در می آیند.	II	۲٫۹۵۲
۴۹٫۰۰۰			به وسیله برخی از مردم احساس می شود. لرزه ی مثل حرکت یک وسیله نقبه سنگین	III	۳٫۹۵۳
۶۲۰۰		حدوداً معادل یک سب	به وسیله بیشتر مردم احساس می شود. اشیاء سنگین به لرزش در می آیند. پنجره ها و ظروف به لرزه درآمده و ممکن است بشکنند.	IV-V	۴٫۹۵۴
۸۰۰			به وسیله همه مردم حس می شود و باعث فرار مردم می شود. مسدان و کمد های سنگین جابجا می شوند.	VI	۵٫۹۵۵
۱۲۰	حدوداً یک سب	حدوداً ۱۰۰ کیلوگرم	مردم وحشتناک می شوند. ساختمان ها ممکن است آسیب ببینند.	IX-VII	۶٫۹۵۶
۱۸		حدوداً ۱۰۰۰ کیلوگرم	وحشت عسوسی، ساختمان های کمی به جای می مانند. لرزش لرزش های بزرگ ترک های مختلف در زمین	XI-X	۷٫۹۵۷
۱/۴ (هر چند سال)	حدوداً ۱۰۰۰۰ کیلوگرم	حدوداً ۱۰۰۰ کیلوگرم	تخریب کامل - حرکت موج در زمین	XII	۸٫۶۵۸

شکل ۵. مقیاس اندازه گیری زلزله

## ب) مقیاس شدت یا مرکالی

شدت یک زمین لرزه در مکانی خاص، بر مبنای اثرات قابل مشاهده‌ی آن زمین لرزه در آن مکان تعیین می‌شود. دقت در تعیین شدت زلزله، به دقت مشاهده‌کننده وابسته است. تخمین شدت زلزله، وسیله‌ی مفیدی برای تخمین اندازه‌ی زلزله‌های تاریخی است؛ به‌ویژه در ناحیه‌هایی نظیر کشور ما که کشوری باستانی با میراث فرهنگی و تاریخی کهن است. بجز این، اطلاعات مهمی می‌توان از زلزله‌های روی داده در زمانی که ثبت تاریخی وجود دارد، به‌دست آورد [پیشین]. از جمله مقیاس‌های ارائه شده برای تعیین شدت زمین لرزه را مقیاس سزکالی<sup>۱۹</sup> است که در سال ۱۹۰۲، توسط مرکالی و بر مبنای میزان صدمات وارده به انواع ساختمان‌ها انتشار یافت [تاریوک و لوتگن، ۱۳۸۰: ۲۴۵]. در این مقیاس، ۱۲ درجه‌ی متفاوت برای شدت زلزله در نظر گرفته شده که هر کدام از آن‌ها با میزان ویرانگری و آسیب‌رسانی زلزله مربوط است [همان: ۳۶].

قوی‌ترین زلزله ثبت شده به بزرگی ۸٫۹ ریشتر است که در سال ۱۹۶۴ در جنوب شرقی آلاسکا به وقوع پیوست و خسارت بسیاری را به همراه داشت [ارشقی، ۱۳۷۵: ۳۴]. همین‌طور، زمین لرزه‌ای در سال ۱۵۵۶ در ناحیه‌ی شنسی چین رخ داد که حدود ۸۳۰ هزار نفر را در صبحگاه ۲۴ ژانویه به کام مرگ فرستاد [تاریوک و لوتگن، ۱۳۸۰: ۲۴۸].

## مناطق زلزله خیز کروی زمین

مهم‌ترین مناطق زلزله خیز دنیا در سه منطقه پراکنده‌اند:

۱. کمربند چین خورده‌ی آلپ-همالیا: جایی که صفحه‌ی آسیا - اروپا به صفحه‌ی آفریقا - هند برخورد می‌کند. کشورهای نظیر ایتالیا، یونان، ترکیه، ایران و هند در این کمربند قرار دارند.
۲. کمربند اطراف اقیانوس آرام: جایی که صفحه‌ی اقیانوس آرام، به صفحه‌ی آسیا - اروپا، و آمریکای جنوبی، استرالیا و آمریکای شمالی برخورد می‌کند.
۳. کمربند میانی اقیانوس اطلس: جایی که صفحه‌ی اقیانوس اطلس در حال گسترش است. زلزله‌های این ناحیه، نسبتاً ملایم هستند و آرامش مردم را چندان به هم نمی‌زنند؛ به استثنای گودال‌های اقیانوسی<sup>۲۰</sup>. کانون زمین لرزه‌ها در این کمربند، معمولاً در عمق ۵۰ کیلومتری زمین قرار دارند، اما در گودال‌های اقیانوسی، کانون زلزله‌ها در عمق ۳۰۰ تا ۷۰۰ کیلومتری نیز مشاهده شده‌اند [daneshnameh.roshd.ir].

## منشأ زمین لرزه‌ها

زمین لرزه در واقع ارتعاشی است که در طول پوسته‌ی زمین ایجاد می‌شود. اگر یک کامیون بزرگ از نزدیکی منزل شما عبور کند،

خیابان را به لرزه درمی‌آورد و شما احتمالاً لرزه‌های خانه را احساس می‌کنید. در این حالت، می‌توان گفت که زمین لرزه‌ی کوچکی رخ داده است. اما کلمه‌ی زمین لرزه، معمولاً به حوادثی اطلاق می‌شود که منطقه‌ی بزرگی همانند یک شهر را تحت تأثیر قرار دهند [howstuffworks.com]. برای یک زمین لرزه، دو منشأ اصلی می‌توان ذکر کرد که در هر کدام عوامل متعددی دخالت دارند. این دو منشأ عبارت‌اند از:

## ۱. عوامل طبیعی

الف) زمین لرزه‌های تکتونیکی: تمام جابه‌جایی‌های بطنی پوسته‌ی زمین، مثل چین خوردگی‌ها و گسل‌ها<sup>۲۱</sup> و روراندگی‌ها<sup>۲۲</sup>، اغلب باعث وقوع زمین لرزه می‌شوند. از طرف دیگر، برخی از دانشمندان حرکات قائم زمین، برای برقراری تعادل یا ایزوستازی<sup>۲۳</sup> را نیز در ایجاد این دسته از زلزله‌ها سهیم می‌دانند. از آن‌جا که کانون این دسته از زلزله‌ها در اعماق متفاوتی از زمین قرار دارد، پهنه پخش و شدت عمل آن‌ها به مقدار زیاد تغییر می‌کند. باید اضافه کرد، تمام عواملی که در پیدایش کوه‌ها و حرکات کوه‌زایی مؤثرند، به‌طور غیرمستقیم می‌توانند منشأ وقوع زلزله‌های تکتونیکی باشند. بنابراین، فعالیت زمین به صورت حرکات قاره‌ها و بلوک‌ها (تکتونیک صفحه‌ای، شکل ۷) نیز در ایجاد زلزله اثر عمده‌ای دارد [معمد، ۱۳۶۷: ۳۲۵].

ب) زلزله‌های آتشفشانی: در بیشتر مواقع، زمین لرزه هم‌زمان با انفجارهای آتشفشانی روی می‌دهد. در بعضی مواقع نیز بعد از فوران و انفجار آتشفشان اتفاق می‌افتد. این بستگی‌ها نشان می‌دهند که این دسته از زلزله‌ها با فعالیت‌های آتشفشان‌ها رابطه‌ی اساسی دارند. بدین معنی که افت ناگهانی فشار گازها در مجرای آتشفشان در اثر خروج مواد گداخته، باعث فروریختگی می‌شود که خود می‌تواند زلزله‌های کم‌و بیش خطرناکی را ایجاد کند. در مناطقی که آتشفشان‌ها فعالیت دارند، مانند کامچاتکا و اقیانوس کبیر، تکان‌های شدید عموماً با انفجارهای آتشفشانی همراه است. زلزله‌های آتشفشانی که گاهی خیلی مخرب نیز هستند، کانون‌های کم‌عمقی دارند [همان: ۳۲۴].

ج) زمین لرزه‌های فروریختگی: حفره‌ها و غارهایی<sup>۲۴</sup> که به وسیله‌ی آب‌های زیرزمینی در سنگ‌های قابل انحلال پوسته‌ی زمین ایجاد شده‌اند، بانی و اساس روی دادن این دسته از زلزله‌ها هستند. بدین معنا که گاه در اثر فروریختگی ناگهانی سقف این غارها، زلزله‌هایی سقوطی ایجاد می‌شود. زلزله‌های سقوطی، هم‌چنین ممکن است در اثر افتادن سنگ‌های بسیار بزرگ از کنار کوه‌ها به وجود آیند. این زلزله‌ها شعاع عمل ناچیز و کانونی کم‌عمق دارند، اما می‌توانند خیلی مخرب باشند [همان: ۳۱۷].

د) زمین لرزه در اثر برخورد شهاب سنگ ها<sup>۲۵</sup>: برخورد شهاب سنگ ها بر سطح کره ی زمین، می تواند تکان های شدیدی در نواحی مجاور ایجاد کنند.

## ۲. عوامل انسانی

الف) زمین لرزه های القایی: آب گیری یا تغییرات ناگهانی سطح آب دریاچه های پشت سد ها<sup>۲۶</sup>، مخورق آب یا سیال های دیگر به داخل زمین و یا استخراج آن ها، مخصوصاً در جاهایی که گسل های فعال وجود دارند، می تواند زمین لرزه هایی ایجاد کنند. در واقع، دلیل اصلی این زمین لرزه ها را می توان بارگذاری سریع روی زمین و یا برداشتن ناگهانی بار زیادی از روی آن ذکر کرد. این لرزه ها به نام لرزه های القایی موسومند. لرزه های ناشی از مین گذاری<sup>۲۷</sup> معادن نیز در این دسته قرار می گیرند. برای مثال، می توان به زمین لرزه ای که در ارتباط با آب گیری و تغییرات فصلی سطح آب دریاچه ی سد سفید رود اتفاق افتاد، اشاره کرد [vojoudi.com]. حفر معادن در عمق ۱۰ هزار پایی از سطح زمین نیز موجب بروز زمین لرزه هایی با قدرت بعضاً ۴ ریشتر می شود [رها لاسی، ۱۳۶۷: ۱۹۲].

ب) زمین لرزه های ناشی از انفجارها: آزمایشات هسته ای (بمب اتمی)<sup>۲۸</sup> یا مانورهای نظامی و برخی از فعالیت های صنعتی و ساختمانی موجب بروز زمین لرزه هایی می شوند که شدت، زمان وقوع و محل آن ها قابل پیش بینی است. قدرت تخریبی بمب اتمی را می توان با شدیدترین زمین لرزه های طبیعی مقایسه کرد. به همین دلیل، برای اندازه گیری قدرت و شدت لرزه های ناشی از انفجار این گونه بمب ها، از همان وسایل و ابزاری استفاده می شود که برای سنجش زمین لرزه به کار می آیند [همان: ۱۹۹].

ج) زمین لرزه های ارتعاشی: حرکت هواپیماهای مافوق صوت و شکسته شدن دیوار صوتی<sup>۲۹</sup> یا صدای بوق در داخل تونل ها<sup>۳۰</sup>، ایجاد ارتعاش ها و تکان هایی می کنند که آثاری شبیه زلزله دارند. از این کار برای ایجاد زلزله مصنوعی به منظور پاک سازی جاده ها در فصول بعد از یخ بندان استفاده می کنند. این نوع زلزله های مصنوعی، سطحی هستند و کانون آن ها بیرون سطح زمین قرار دارد [معتمد، ۱۳۶۷: ۳۲۵-۳۲۶].

## پیش بینی زلزله و علائم آن

فناوری های پیشرفته، انسان را به کره ی ماه، ربات ها را به سیاره ی مشتری و سفینه ها را به سیارات بسیار دور دست فرستاده است. علائم رادیویی، امکان خلق تصاویر باور نکردنی را برای دانشمندان فراهم آورده اند. تلسکوپ فضایی هابل<sup>۳۱</sup>، انرژی الکترومغناطیسی را به دام انداخت که با استفاده از آن می توان تصاویری از کهکشان هایی<sup>۳۲</sup> به دست آورد که میلیارد ها سال نوری با ما فاصله دارند. با وجود این، آیا بشر می تواند مانند حیوانات،

زمان تقریبی وقوع زلزله را پیش بینی کند؟ [ایرنا، ۲۴ فروردین ۱۳۸۴].

منظور از پیش بینی زلزله چیست؟ منظور پیش بینی مکان، بزرگی و زمان وقوع زلزله است. برای بسیاری از افراد جامعه، مفهوم پیش بینی، فقط به معنای پیش بینی زمان زلزله است. تلاش های بسیاری برای به دست آوردن سر نخ های فیزیکی برای پیش بینی زلزله انجام پذیرفته [vojoudi.com] که اغلب بی نتیجه بوده اند.

سابقه ی اولین پیش بینی زلزله به دوران امپراتوری چین بازمی گردد [daneshnameh.roshd.ir]. پس از آن، تلاش های متعدد دیگری نیز صورت گرفت، اما به طور رسمی و علمی اولین دانشمندی که به فکر یافتن علائم هشدار دهنده ی زلزله افتاد، گروو ژیلبرت<sup>۳۳</sup> بود. او به پژوهش در این زمینه ادامه داد، ولی توفیق چندانی به دست نیاورد. ۴۰ سال بعد، روس ها تحقیقات ژیلبرت را پی گیری کردند و به نتایجی هم دست یافتند [بیضایی، ۱۳۷۶: ۱۸]. امروزه، کشورهای پیشرفته و صاحب علم و دانش، دانشمندان خود را موظف کرده اند، در این زمینه دست به کاوش بزنند، ولی هنوز به نتایج امیدوار کننده ای نرسیده اند. در هر حال، پژوهشگران با زیر نظر قرار دادن تغییرات ژئوفیزیکی، ژئوشیمیایی و زیست شناختی در مناطقی که احتمال زلزله می رود، سعی می کنند به شواهدی علمی دست یابند. اگرچه پاره ای از زلزله ها را از روی علائم آن ها پیش بینی کرده و از خطرات آن کاسته اند، اما وجود همان علائم در جای دیگر نتوانسته است، موفقیت آمیز باشد. یکی از علائم پیش بینی زلزله، تجزیه و تحلیل پس لرزه ها<sup>۳۴</sup> است. با این که پیش لرزه ها بسیار ضعیف تر از لرزه های اصلی هستند، اما گاهی سبب خرابی های عمده در برخی بناها می شوند. به زمین لرزه های خفیفی که روزها یا در بعضی موارد ساعت ها قبل از زمین لرزه ی اصلی اتفاق می افتند. پیش لرزه<sup>۳۵</sup> می گویند. شناخت این پیش لرزه ها در پیش گویی زمین لرزه های بزرگ و قریب الوقوع اهمیت دارد [تار بوک و لوتگن، ۱۳۸۰: ۲۳۹].

به هر حال، برای پیش بینی زلزله، وجود این علائم لازم است:

۱. لرزش های کوچک زمین<sup>۳۵</sup>.

۲. تغییر شکل پوسته ی زمین: اکثر زلزله های بزرگ در اثر شکستن ناگهانی بخشی از پوسته ی جامد زمین که مانع از حرکت آزاد ورقه های تشکیل دهنده ی پوسته می شوند، ایجاد می گردند. بر اساس این نظریه، نقاط مشخصی روی زمین نسبت به یک دیگر تغییر مکان نسبی می دهند و هر چه به زمان شکستن سنگ ها نزدیک تر می شود، در این وضعیت تغییرات محسوس تری ایجاد می شود.

۳. تغییر سطح آب چاه ها: این تغییر بر اثر تغییر دما و کاهش یا افزایش فشار بر حفره های خاک به وجود می آید و باعث پایین رفتن سطح آب چاه ها یا فوران آب آن ها یا خشکیدن آب چاه ها و چشمه ها و تغییر دمای آن ها می شود.



به ارتعاش در می آید و اگر ارتعاشات شدید باشند، باعث تخریب ساختمان‌ها می‌شوند. میزان تخریب ساختمان‌ها تابع کیفیت کارهای ساختمانی، ترکیب خاک، خصوصیت تکان‌های زمین‌لرزه، و نیرو و جهت تکان‌هاست. هنگام زلزله، امواج تولید شده به شدت به ساختمان‌ها، به ویژه به دیوارهایی که به موازات آن است آسیب می‌رساند. این امواج، دیوارها را بالا می‌برد و آن‌ها را پیچ و تاب می‌دهد. امواجی که تحت زاویه‌ی ۴۵ تا ۵۵ درجه به زمین می‌رسند، خرابی‌های شدیدی به بار می‌آورند. در زمان زلزله، خطر زمین‌های خشک از زمین‌های اشباع شده از آب کم‌تر است. جنس مصالح ساختمانی نیز مؤثر است. ساختمان‌های خشتی در مقابل ساختمان‌هایی که از آجر و ملاط خوب ساخته شده باشند، مقاومت کمتری دارند [daneshnameh.roshd.ir].

یکی از مشکلات اساسی در برخی شهرهای بزرگ، ساخت بناهای مسکونی در نزدیکی یکدیگر است. در این گونه موارد در اثر لرزش‌های زلزله بناها به هم برخورد می‌کنند و خسارات مالی بسیاری را به بار می‌آورند. لذا بهتر است، در چنین نواحی بناها را با فاصله‌ی معین از یکدیگر بسازند تا خسارات ناشی از آن به حداقل تقلیل یابد. مشکل بعدی، وجود ساختمان‌های غیر منظم است، زیرا این گونه بناها بیشتر در معرض خسارات ناشی از زلزله قرار دارند.

شکل ۶. لغزش



به طور کلی، طرح جعبه‌ای شکل ساختمان‌ها، راه حل پابرجا ماندن آن‌ها در مقابل زلزله است. ساختمان‌های چند طبقه نیز که معماری آن‌ها پیچیده، ولی از نظر استحکام سست هستند، به شدت صدمه می‌بینند. آزمایشات نشان داده‌اند که ساختمان‌های یک طبقه‌ی چوبی در مقابل لرزش‌های زمین به خوبی ایستادگی می‌کنند [هاالاسی، ۱۳۶۷: ۱۷۲-۱۷۳]. در بعضی مناطق هم مهندسان، ساختمان‌ها

۴. افزایش فاصله‌ی بین شکستگی‌ها و گسل‌ها: با اندازه‌گیری فاصله‌ی بین شکستگی‌ها و کنترل شکاف گسل‌ها، با استفاده از دستگاه‌های اندازه‌گیری دقیق و عکس‌های ماهواره‌ای و هوایی<sup>۳۶</sup>، می‌توان به تغییرات درونی زمین پی برد.

۵. تغییر دمای زمین و خروج گازها: تغییر دمای زمین و خروج گازهایی مثل رادون و آرگون که سبب خارج شدن حیوانات از سوراخ‌ها و لانه‌های خود می‌شوند و نیز تغییر شیمیایی در آب چشمه‌ها و تغییرات شدید در گازهای طبیعی خروجی از زمین نیز می‌تواند از علائم زلزله باشد.

۶. تغییر مقاومت الکتریکی در سطح زمین: تغییر در ویژگی‌های زمین، مانند میدان مغناطیسی و میدان الکتریکی [daneshnameh.roshd.ir].

۷. رفتار حیوانات: می‌دانیم که جانوران، درست پیش از وقوع زلزله، آرامش خود را از دست می‌دهند. اسب‌ها ناگهان شیهه می‌کشند و از سویی به سوی دیگر می‌روند. سگ‌ها پارس می‌کنند و ماهی‌ها در آب شروع به جست و خیز می‌کنند. جانورانی مانند مار و موش صحرایی که همیشه در سوراخ‌ها پنهان‌اند، ناگهان از سوراخ‌های خود بیرون می‌آیند. در باغ وحش‌ها شامپانزه‌ها آرامش خود را از دست می‌دهند و بیشتر وقت خود را روی زمین می‌گذرانند [آسیموف، ۱۳۷۲: ۵۸].

#### ساز و کار خرابی در زلزله

وقتی زلزله‌ای رخ می‌دهد، در اثر عوامل زیر خساراتی به بار می‌آورد:

۱. آتش‌سوزی. برای مثال، بیش از ۸۰ درصد خسارت زلزله سانفرانسیسکو که در سال ۱۹۰۶ اتفاق افتاد، به علت آتش‌سوزی بود (شکل ۸) [اسمیت، ۱۳۸۲: ۱۹۹].
۲. نیروهای درونی شدید که بر اثر جنبش شدید زمین ایجاد می‌شوند.
۳. تغییر در خواص فیزیکی خاک‌ها (نشست خاک‌ها و...).
۴. جابه‌جایی مستقیم گسل‌ها در محل ساخت و سازها.
۵. زمین‌لغزش‌ها<sup>۳۷</sup>، مثل فروریزش دامنه‌ی شیب‌ها (شکل ۹).

۶. موج‌های بلند ایجاد شده توسط زلزله در دریاها [vojoudi.com].

#### آثار زلزله

۱. لرزش‌های زمین و تخریب ساختمان‌ها: در اثر زلزله، زمین

را کوتاه و سبک می سازند و از ساختن بناهای بزرگ اجتناب می ورزند و زمین های افقی و غیر شیب دار را برای بناها انتخاب می کنند [معمتمد، ۱۳۶۷: ۳۲۳].

به هر حال، رعایت آیین نامه های ساختمان سازی و روش های ساخت و ساز مقاوم در برابر زلزله که بعضی از آن ها سابقه ی طولانی و تاریخی دارند و ساخت ساختمان های قوی با مواد سبک (که در دست بررسی است) و انعطاف پذیر، و انتخاب شکل، وزن و حجم مناسب برای ساختمان، خودداری از ساخت و ساز در محل گسل ها و جاهایی که خاک نرم دارند، مقاوم سازی ساختمان ها، شامل ایجاد داربست های متقاطع از جنس یا ترکیبات سبک و به کارگیری اسکلت فولادی در کل ساختمان و ایجاد پی ریزی های عمیق، ایجاد ورودی های کافی در ساختمان، اجرای طرح های مقاومت در مقابل زلزله در مورد بیمارستان ها، سدها، شاهراه ها، ایستگاه های هسته ای قوی و کارخانه هایی که در آن ها مواد سمی و قابل اشتعال وجود دارد، می تواند در کاهش خسارات ناشی از زلزله سهم به سزایی داشته باشد. با وجود این، هنوز راه بسیار درازی برای ایمن سازی بناها و کاهش خسارات ناشی از زلزله در پیش روست که باید با درایت مسئولین و بسیج همگانی به آن مهم دست یافت.

۲. صداهای زلزله: در اغلب موارد، زلزله ها با صداهای خاصی همراه اند که ایجاد وحشت می کنند. البته همه ی این صداها ناشی از زلزله نیستند. صداهای زلزله به خاطر ایجاد امواج ارتعاشی است که در اثر زلزله به وجود می آیند. این صداها در بعضی موارد شبیه صدای رعد، باد، خمپاره، غلغل آب جوش، انفجار گلوله های بزرگ توپ و چرخ قطار هستند. صدای زلزله گاهی جلوتر از موج های آن می رسد، ولی ممکن است نسبت به آن تأخیر هم داشته باشد. ممکن است صدای شدید زیر زمین، هیچ زلزله ای را در پی نداشته باشد یا همراه زلزله ای خفیف باشد.

۳. نورهای زلزله: هنگام وقوع بعضی زلزله ها، آثاری نورانی مثل نورافشانی در آسمان و جرقه های نور دیده می شود. اگر چه پاسخ مناسبی برای آن داده نشده و یا نیافته اند، ولی به عقیده ی دانشمندان این نورها اثرات ثانویه زلزله هستند.

۴. لرزش های دریا یا تسونامی<sup>۳۸</sup>: زمانی که کانون زلزله در کف دریا یا نزدیک آن باشد، امواج متعددی در آب ایجاد می کند که به «تسونامی» معروف است. این امواج به بدنه ی کشتی ها می خورند و موجب ارتعاش آن ها می شوند. اگر تکان قائم باشد، کشتی ناگهان بالا می آید و بعد پایین می رود و تحدبی در آب مشاهده می شود [daneshnameh.roshd.ir]. فعال ترین منطقه از لحاظ منبع و کانون این پدیده، امتداد قوس جزیره ای بین ژاپن و تایوان است [اسمیت، ۱۳۸۲: ۲۱۹]. به دنبال تسونامی اخیر که در جنوب شرق آسیا رخ داد، سرعت چرخش زمین ۳ میکروثانیه یا به عبارت دیگر ۳ میلیونیوم ثانیه سریع تر شد و به اندازه ی یک اینچ یا حدود

۲/۵ سانتی متر در محورش خمیدگی ایجاد شد (شکل ۱۰) [chubineh.persianblog.com].

۵. تغییر مشخصات آب چشمه ها: به علت وقوع زلزله، معمولاً در وضع چشمه ها و چاه ها تغییراتی به وجود می آید. زیرا بر اثر ارتعاش، مجاری زیرزمینی آب تنگ، گشاد و یا مسدود می شوند. هنگام زلزله، در اثر جابه جایی طبقات زمین، ممکن است چشمه های جدید ایجاد شوند و یا به علت لغزش زمین مجاری قدیمی آب بسته شود و آب در جایی دیگر جاری شود. هم چنین ممکن است، طبقات نفوذناپذیری که طبقات آب دار روی آن ها قرار دارند، شکاف بردارند و آب به طبقات زیرین زمین فرو رود و موجب خشکیدن چشمه ها شود.

۶. ایجاد شکاف و گسل: هر نوع زلزله ای، هر اندازه هم کم اهمیت باشد، باز شکاف هایی در پوسته ی زمین ایجاد می کند. این شکاف ها در ناحیه ی مرکز زلزله بیشتر مشاهده می شوند. شکاف ها گاهی به صورت شعاعی از یک مرکز هستند، اما بیشتر بی نظم اند و در جهات مختلف پراکنده اند. شکاف ها در دامنه ی کوه ها در جهت دامنه و در کرانه و در طول آن ایجاد می شوند. پهنای شکاف ها از ۲۰ سانتی متر تا ۱۰ یا ۱۵ متر و در طول چند کیلومتر هم مشاهده شده است. شکاف ها با نخستین تکان های زلزله به وجود می آیند و ممکن است در تکان های بعدی بیشتر شوند.

۷. زمین لغزش: این پدیده عموماً توسط زلزله ایجاد می شود و در اثر آن، حجم بزرگی از خاک و سنگ و حتی برف در مناطق دارای شیب تند به سمت پایین حرکت می کند. البته بعضی از این لغزش ها در اثر اشباع منطقه از آب به وجود می آیند. این پدیده می تواند خطرات زیادی ایجاد کند، مثل مدفون شدن روستاها یا شهرها به زیر خروارها خاک. در بعضی مناطق، زمین لرزه منجر به فرو نشستن زمین به عمق ۶۰ متر هم شده است. سنگ ریزش هم گاهی وقت ها ناشی از زلزله است.

۸. آبگونی یا روانگرایی<sup>۳۹</sup>: اگر در عمق کمتر از ۸ متری سطح زمین، خاک از ماسه های یکدست سستی که از آب اشباع شده است، تشکیل شده باشد، ممکن است در اثر زلزله ی شدید، رفتار آن مانند رفتار یک سیال باشد. یعنی خاک به صورت فوران و جوشش گل و ماسه در سطح زمین پدیدار شود. در نتیجه، اگر ساختمانی بر روی این زمین واقع باشد، فرو می ریزد [daneshnameh.roshd.ir].

### نتیجه گیری

زلزله از جمله بلایایی است که به واسطه ی تلفات و خساراتی که بر جای می گذارد، همواره مورد توجه جدی انسان ها قرار داشته است؛ چه زمانی که علت آن رانسی دانستند و برای پاسخ گویی به کنجکاوی های خود به افسانه ها پناه می بردند و چه زمانی که به علت واقعی آن پی برده است. دانشمندان با تحقیقات مداوم در طول

19. giuseppi mercalli
20. trench
21. fault
22. overthrust
23. isostasy
24. cave
25. meteorite
26. reservoir dam
27. mine
28. atomic bomb
29. sound barrier
30. tunnel
31. hubble
32. galaxy
33. grove gilbert
34. fore shock
35. microseisms
36. aerial photograph
37. slide
38. tsunami
39. liquefaction

#### منابع

۱. آسیموف، آیزاک. زمین لرزه. ترجمه‌ی نسرین امیرحسینی. چاپ سوم. ۱۳۷۲.
۲. ارشقی، عادل. زمین لرزه. چاپ خانه سپهر. تهران. چاپ چهارم. ۱۳۷۵.
۳. اسدیان، خدیجه. زمین شناسی برای جغرافیا. انتشارات سمت. چاپ اول. ۱۳۸۲.
۴. اسمیت، کیت. مخاطرات طبیعی. ترجمه‌ی دکتر ابراهیم مقیمی و دکتر شاپور گودرزی نژاد. انتشارات سمت. تهران. چاپ اول. ۱۳۸۲.
۵. ایرنا، روزنامه‌ی هم وطن سلام. چهارشنبه ۲۴ فروردین ۱۳۸۴.
۶. تاربوک، ادواردجی و لونگن، فردریک. ک. مبنای زمین شناسی. ترجمه‌ی دکتر رسول اخروی. انتشارات مدرسه. چاپ ششم. ۱۳۸۰.
۷. جعفری، عباس. فرهنگ بزرگ گیتاشناسی. انتشارات گیتاشناسی. چاپ اول. ۱۳۶۶.
۸. رایشهارت، هانس. بلایای طبیعی. ترجمه‌ی بهروز بیضایی. چاپ شفق. تهران. چاپ دوم. ۱۳۷۶.
۹. روبرو، مارسل و کوپن، رنه. جابه‌جایی قاره‌ها. ترجمه‌ی مصطفی دزبلی. سازمان انتشارات و آموزش انقلاب اسلامی. چاپ اول. ۱۳۶۹.
۱۰. شایان، سیاوش. فرهنگ اصطلاحات جغرافیای طبیعی. انتشارات مدرسه. چاپ پنجم. ۱۳۸۳.
۱۱. معتمد، احمد. زمین شناسی عمومی. انتشارات دانشگاه تهران. چاپ دوم. ۱۳۶۷.
۱۲. نرم افزار دایرة المعارف پارسیکا. شرکت مهندسی پژوهشی نوین. سال ۱۹۹۹.
۱۳. هالاسی، د. س. زمین لرزه. ترجمه‌ی عباس کریمی بیگ آبادی. شرکت انتشاراتی علمی و فرهنگی. چاپ اول. ۱۳۶۷.
14. <http://daneshnameh.roshd.ir>
15. [www.howstuffworks.com](http://www.howstuffworks.com) (ملاصدرا).
16. <http://www.ngdir.com> (پایگاه علوم زمین).
17. [www.vojoudi.com](http://www.vojoudi.com)
18. <http://chubineh.persianblog.com> (آموزش جغرافیا در ایران، ۹ دی‌ماه ۱۳۸۳).

سالیان دراز، به اطلاعات ارزشمندی در این مورد دست یافته و نکات مبهم بسیاری را مشخص ساخته‌اند. اقدامات دانشمندان در این زمینه تاکنون بدین شرح بوده‌اند:

● توانستند کانون زلزله را شناسایی و تأثیر امواج تولیدشده در اثر زلزله را بررسی کنند و نقش مخرب هر یک را جداگانه ترسیم نمایند.

● مقیاس‌هایی به نام ریشتر و مرکالی را برای اندازه‌گیری قدرت و شدت زلزله تعیین کرده و مناطق سسّمده‌ی زلزله‌خیز را مشخص ساخته‌اند.

● با مطالعه‌ی زلزله‌های متعدد و تغییرات رخ داده در قبل و هنگام زلزله، نظیر تغییر سطح آب چاه‌ها، عکس‌العمل حیوانات، ... و حتی امروزه از طریق تصاویر ماهواره‌ای، به دنبال راه‌حلی برای پیش‌بینی زمین لرزه و حتی جلوگیری از قدرت و شدت زلزله و به حداقل رساندن خسارات ناشی از آن هستند. اما تاکنون به نتیجه‌ی قطعی و مطمئنی دست نیافته‌اند.

هر چند گروهی از دانشمندان، این‌گونه تحقیقات را بی‌نتیجه می‌دانند، فعالیت و تحقیقات در این زمینه هم‌چنان ادامه دارند. همان‌طور که برخی از کشورهای پیشرفته توانسته‌اند خطرات ناشی از زلزله را با درایت به حداقل برسانند، دیگران نیز می‌توانند با اقدامات مناسب نظیر هم‌کاری و هماهنگی نهادها، سازمان‌ها و ارگان‌های ذی‌ربط، و نیز فرهنگ‌سازی و استفاده از مکان‌های مناسب برای ایجاد سازه‌ها، کاربرد مصالح استاندارد، استفاده از معماری صحیح و ایمن‌سازی ساختمان‌های مسکونی با این بلای طبیعی مقابله کنند و خسارات و تلفات ناشی از آن را به حداقل ممکن کاهش دهند.

زیرنویس

1. corint
2. pele
3. atlas
4. john michell
5. democritus
6. ovid
7. lucretius
8. b. koto
9. seismograph
10. luigi palmieri
11. john milne
12. primary waves
13. secondary waves
14. love waves
15. rayleigh waves
16. hypocenter
17. epicenter
18. charles richter