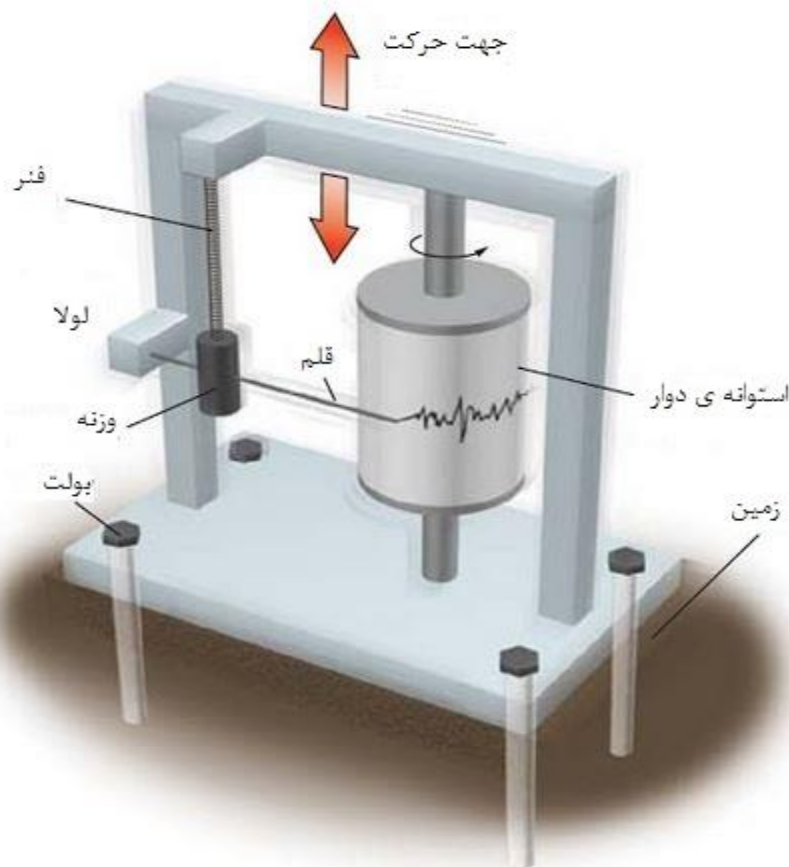


## چگونه زلزله‌ها را اندازه‌گیری و موقعیت‌یابی کنیم؟

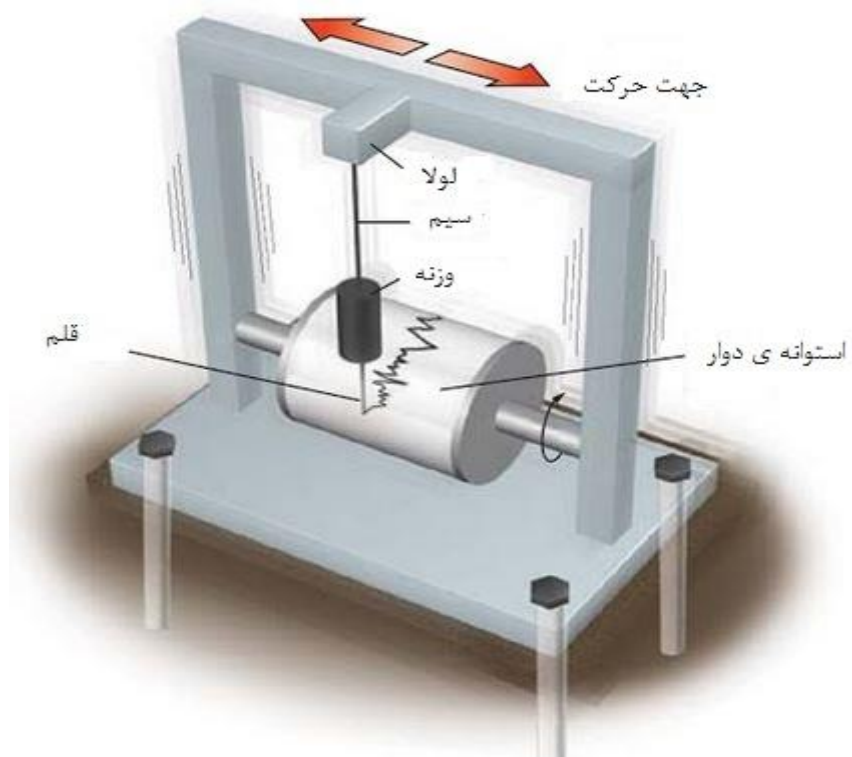
اکثر گزارشات خبری درباره زلزله‌ها اطلاعاتی را درباره اندازه و محل یک زلزله در اختیار می‌گذارند. این اطلاعات چه معنایی داشته و ما آن‌ها را چگونه به دست می‌آوریم؟ چه تفاوتی بین یک زلزله بزرگ و یک زلزله کوچک وجود دارد؟ زلزله‌شناسان چگونه مرکز زلزله را مکان‌یابی می‌کنند؟ برای پاسخ به این سؤالات ابتدا باید نحوه کارکرد یک لرزه‌نگار و چگونگی خواندن اطلاعاتی را که ارائه می‌دهد را بفهمیم.

## لرزه‌نگارها و ثبت یک زلزله

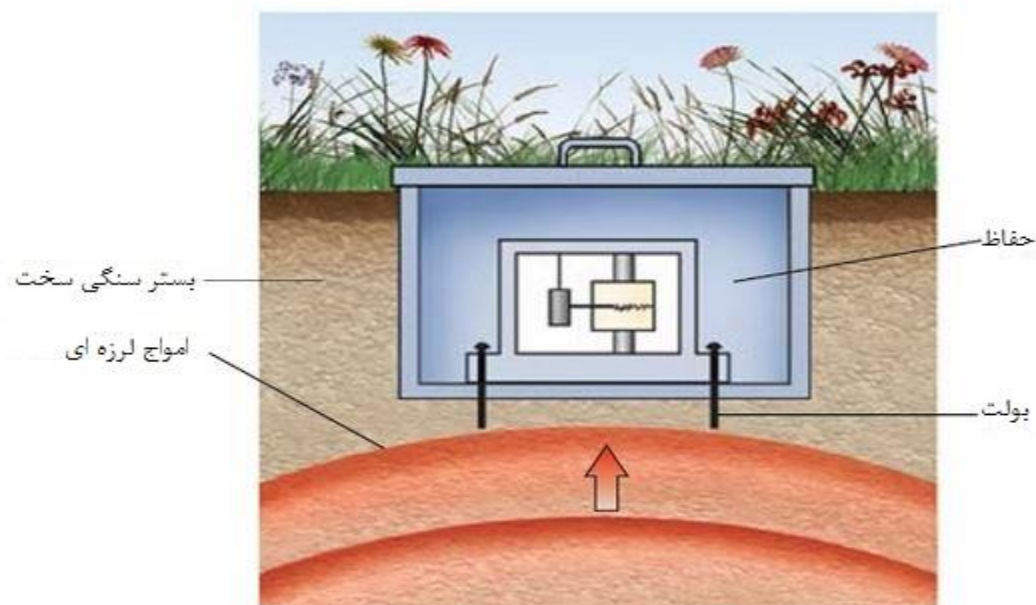
محققان برای اندازه‌گیری قاعده‌مند حرکت زمین ناشی از یک زلزله از ابزاری به نام لرزه‌نگار (لرزه‌سنج) استفاده می‌کنند. در حال حاضر زلزله‌شناسان از لرزه‌نگارها به دو صورت اساسی استفاده می‌کنند، یکی برای اندازه‌گیری حرکت قائم زمین (بالا و پایین) و دیگری برای اندازه‌گیری حرکت افقی (جلو و عقب) آن.



(a) یک لرزه‌نگار تحریک قائم حرکت بالا و پایین زمین را ثبت می‌کند.



(b) یک لرزه نگار تحریک افقی حرکت جلو و عقب زمین را ثبت می‌کند.

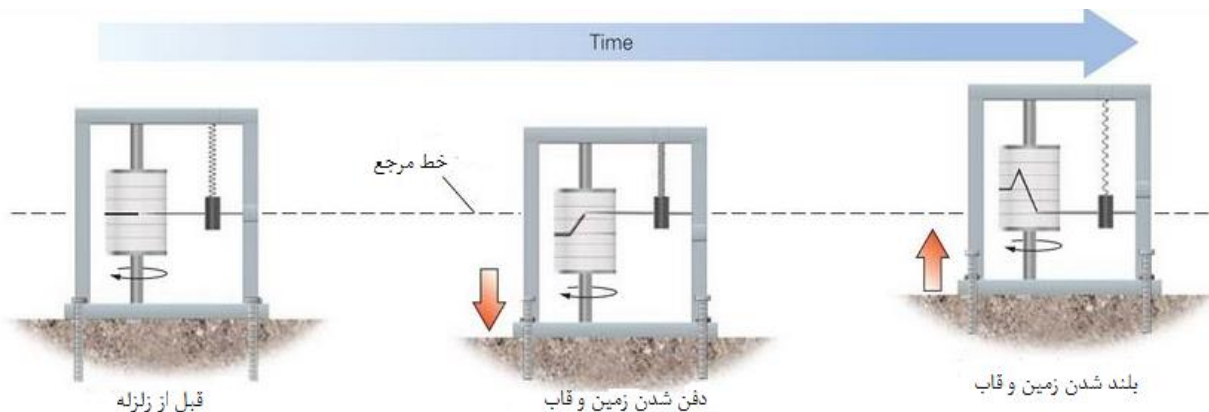


(c) لرزه نگارها درون یک حفاظ یا قفسه‌ای محافظت شده به بستر سنگی بولت می‌شوند.

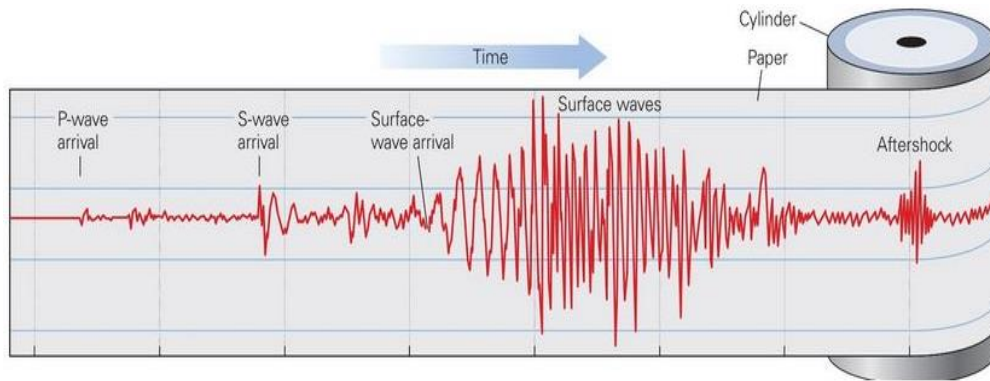
اساس کارکرد یک لرزه نگار.

یک لرزه نگار مکانیکی حساس به حرکت قائم، شامل وزنه‌ای سنگین (مانند یک آونگ) است که از یک فنر آویزان شده است (شکل a). این فنر به یک قاب مستحکم که به زمین پیچ شده است، متصل می‌شود. یک قلم از سمت جانبی از وزنه تا استوانه قائم که دارای کاغذ در حال چرخش است، امتداد داده شده است. این قلم بر اثر حرکت قائم استوانه کاغذ که به قاب لرزه نگار متصل شده است، لمس می‌کند. در صورتی که زمین ثابت باشد، با عبور استوانه از زیر قلم، یک خط صاف رسم می‌شود؛ اما زمانی که یک موج زلزله فرا می‌رسد و باعث می‌شود که سطح زمین به بالا و پایین حرکت کند، باعث می‌شود که قاب لرزه نگار نیز به بالا و پایین حرکت کند. با این حال، وزنه به علت خاصیت اینرسی خود (تمایل یک جسم ساکن برای باقی ماندن در حالت سکون) در فضا به صورت ثابت باقی می‌ماند. در نتیجه استوانه کاغذ در حال چرخش در زیر قلم به بالا و پایین حرکت می‌کند و موقعیت قلم نسبت به خط مرجع انحراف پیدا می‌کند؛ بنابراین تغییر مکان مشخص قلم حرکت بالا و پایین را نشان می‌دهد. همان‌طور که استوانه کاغذ در زیر قلم در حال چرخش است؛ قلم منحنی‌هایی را که از امواج پیروی می‌کنند رسم می‌کند. یک لرزه نگار مکانیکی حساس به حرکت افقی با اصولی مشابه کار می‌کند با این تفاوت که استوانه کاغذ افقی بوده و وزنه از یک سیم آویزان می‌شود (شکل b). حرکت افقی جلو و عقب استوانه و قاب نسبت به قلم باعث می‌شود قلم امواج را رسم کند.

لرزه نگارهای مدرن با اصولی مشابه کار می‌کنند، با این تفاوت که وزنه آهنربایی است که نسبت به یک سیم پیچ حرکت می‌کند که یک سیگنال الکتریکی را که می‌تواند به صورت دیجیتالی ثبت شود، تولید می‌کند. این لرزه نگارها به اندازه‌ای حساس می‌باشند که می‌توانند حرکات زمین به اندازه یک میلیونوم میلی‌متر (تنها ده برابر قطر یک اتم) را ثبت کنند که مردم قادر به احساس آن‌ها نیستند. عموماً این ابزار در محفظه‌ای بر روی بستر سنگی در نواحی محافظت شده و دور از ترافیک و دیگر سروصداهای شهری (شکل c فوق) قرار داده می‌شوند. کل تشکیلات مذکور یک ایستگاه لرزه نگاری را به وجود می‌آورد.



(a) قبل از زلزله، قلم خطی صاف را رسم می‌کند. در هنگام زلزله، در حالی که قلم در جای خود ثابت است، استوانه قلم به بالا و پایین حرکت می‌کند.

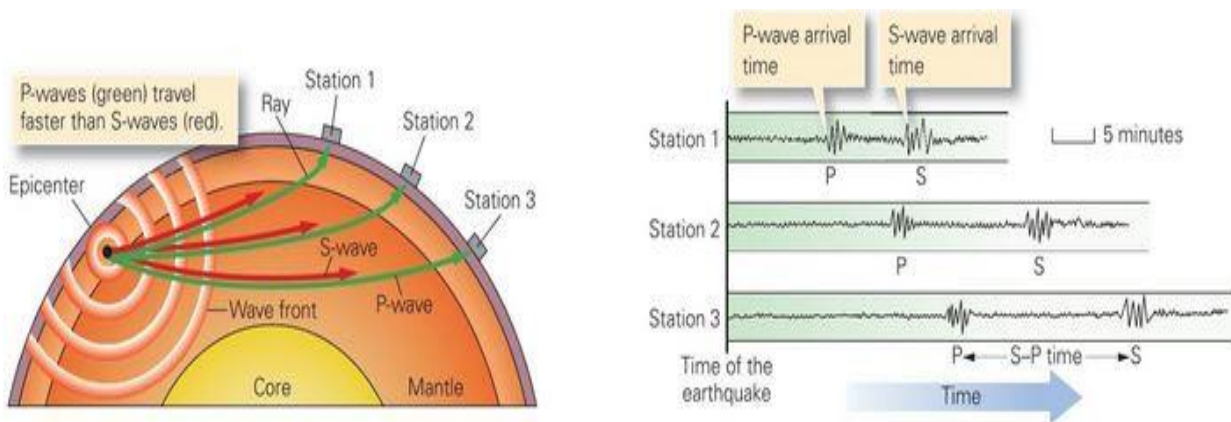


(b) تصویر نزدیک یک لرزه نگاشت که سیگنال‌های تولید شده توسط انواع مختلف موج‌های لرزه‌ای را نشان می‌دهد.

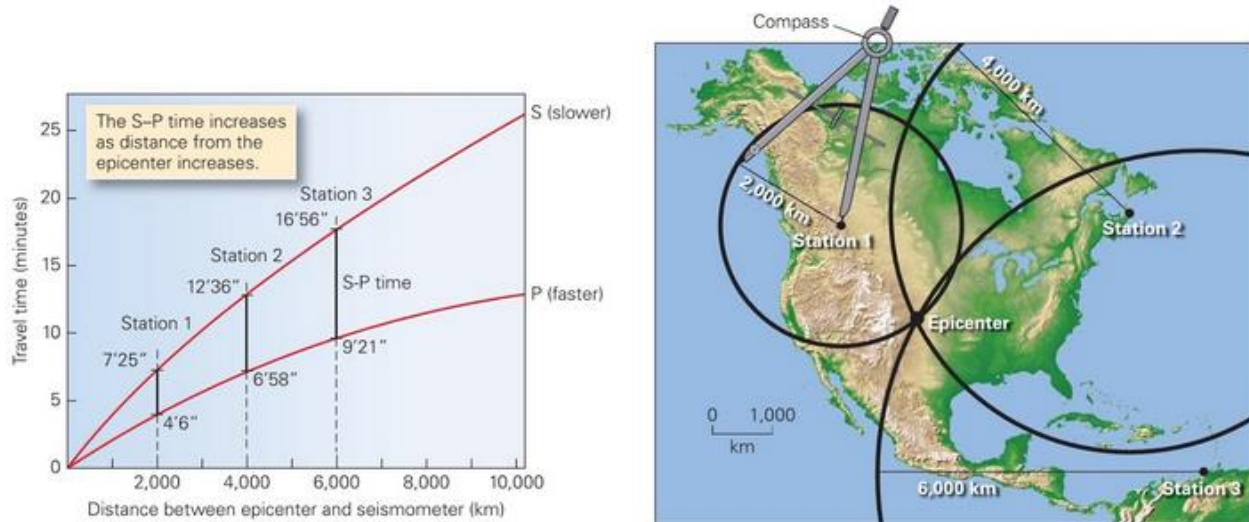
### ماهیت لرزه نگاشت

یک رکورد زلزله که توسط یک لرزه نگار تولید شده است، لرزه نگاشت نامیده می‌شود (شکل a و b فوق). در نگاه اول، یک لرزه نگاشت معمولی شبیه چندین خط درهم است اما برای یک لرزه شناس انبوه اطلاعات را دربردارد. محور افقی نشان دهنده زمان و محور قائم نشان دهنده شدت (اندازه) امواج لرزه‌ای است. لحظه‌ای که در آن یک موج زلزله در ایستگاه زلزله نگاری ظاهر می‌شود، زمان ورود آن موج نامیده می‌شود. اولین امواج موجود در رکورد نشان دهنده امواج P می‌باشند زیرا این امواج بیشترین سرعت عبور را دارند. سپس امواج S و در نهایت امواج سطحی (امواج R و امواج L) می‌آیند. معمولاً امواج سطحی بیشترین شدت را داشته و در بازه زمانی نسبتاً طولانی می‌رسند.

### پیدا کردن رومرکز



(a) امواج لرزه‌ای با سرعت‌های مختلفی عبور می‌کنند. هرچه فاصله بین رومرکز و ایستگاه زلزله نگاری بیشتر باشد زمان بیشتری طول می‌کشد که امواج زلزله برسند و تأخیر بین زمان‌های رسیدن موج P و موج S بیشتر می‌شود.



(ب) (چپ) می‌توانیم زمان‌های مختلف ورود امواج P و امواج S را بر روی یک نمودار منحنی‌های زمان ورود نشان دهیم. (c) (راست) در صورتی که رومرکز زلزله در فاصله ۲۰۰۰ کیلومتر از ایستگاه ۱ اتفاق بیفتد دایره‌ای با شعاع ۲۰۰۰ کیلومتر اطراف ایستگاه مذکور با مقیاس نقشه موجود می‌کشیم. این کار را برای دو ایستگاه دیگر انجام می‌دهیم. نقطه تقاطع همان رومرکز می‌باشد.

#### روش تعیین محل رومرکز زلزله

ما چگونه محل یک مرکز زلزله را تعیین می‌کنیم؟ کلید این مشکل با اندازه‌گیری اختلاف بین زمانی که موج P و زمانی که موج S به یک ایستگاه لرزه‌نگاری می‌رسند، به دست می‌آید. امواج P و S از محیط درونی زمین در سرعت‌های مختلفی عبور می‌کنند. اختلاف زمان ورود موج P و موج S با افزایش فاصله مرکز زلزله افزایش می‌یابد (شکل a فوق). برای درک علت آن، یک مسابقه اتومبیل‌رانی را تصور کنید. در صورتی که یک اتومبیل سریع‌تر از دیگری حرکت کند، با ادامه مسابقه فاصله بین آن‌ها افزایش می‌یابد. می‌توانیم تأخیر زمانی بین امواج P و S را بر روی یک نمودار نشان دهیم که در آن محور افقی فاصله از مرکز زلزله را نشان می‌دهد و محور قائم زمان را نشان می‌دهد. یک منحنی بر روی این نمودار منحنی زمان عبور نامیده می‌شود که نشان می‌دهد چگونه زمان حرکت موج زلزله از منبع خود به ایستگاه لرزه‌نگاری با افزایش فاصله بین مرکز زلزله و ایستگاه افزایش می‌یابد (شکل b فوق).

برای استفاده از نمودار منحنی‌های زمان عبور در تعیین فاصله تا مرکز زلزله، با محاسبه اختلاف زمانی بین امواج P و S بر روی لرزه‌نگاشت خود آغاز کنید؛ این مقدار زمان S-P نامیده می‌شود (S منهای P تلفظ می‌شود). سپس یک قسمت از خط را بر روی تکه‌ای از کاغذ رسم کرده تا این مقدار زمانی را در مقیاسی که برای محور قائم استفاده شده است نشان دهید. آن قسمت خط را موازی با محور زمانی قرار دهید و آن را تا زمانی که یک انتها منطبق بر منحنی موج P و انتهای دیگر منطبق بر منحنی موج S باشد امتداد دهید (مقدار به دست آمده زمان S-P را می‌دهد). خط مذکور را تا محور افقی ادامه دهید و به‌سادگی فاصله رومرکز از ایستگاه لرزه‌ای را قرائت کنید.

آنالیز یک لرزه‌نگاشت به شما تنها فاصله بین مرکز زلزله و ایستگاه لرزه‌نگاری را می‌گوید. برای تعیین موقعیت مرکز زلزله بر روی نقشه، ما از روشی به نام مثلث‌سازی استفاده می‌کنیم که در آن باید فاصله از مرکز زلزله تا سه ایستگاه را رسم نماییم. برای مثال با

فرض اینکه بدانید که مرکز زلزله ۲۰۰۰ کیلومتر از ایستگاه ۱، ۴۰۰۰ کیلومتر از ایستگاه ۲ و ۶۰۰۰ کیلومتر از ایستگاه ۳ فاصله دارد. بر روی نقشه دایره‌ای اطراف هر ایستگاه به گونه‌ای رسم کنید که شعاع دایره فاصله بین ایستگاه و مرکز زلزله با مقیاس موجود نقشه باشد. مرکز زلزله در محل تقاطع سه دایره قرار خواهد داشت چراکه این محل تنها نقطه‌ای است که در آن مرکز زلزله فاصله اندازه گیری شده مناسبی را از هر سه ایستگاه دارد (شکل C).

مترجم: علی برزگر

منبع:

<http://geologylearn.blogspot.co.uk/۰۳/۲۰۱۶/how-do-we-measure-and-locate-earthquakes.html>