مقاله

«لرزه نگاری»

گردآورنده :

محمد جلیلیان

شماره دانشجویی:

9100391180

دانشگاه علوم تحقیقات فارس

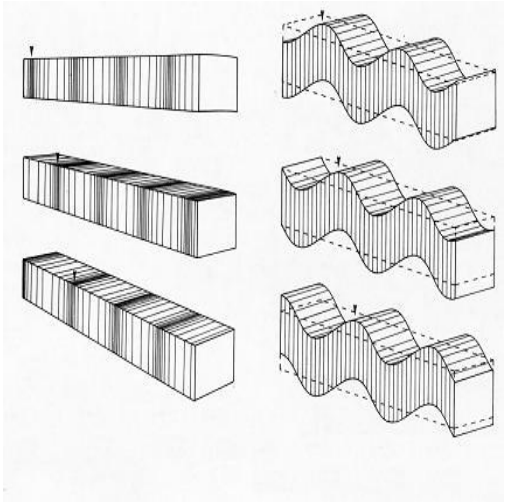
لرزه نگاری

زمین لرزه عبارت از لرزشهای قابل اندازه گیری سطح زمین است که توسط امواج حاصل از رها شدن ناگهانی انرژی در درون زمین بوجود می‌آید. آثار سطحی زمین لرزه ممکن است به صورت صدمه به سازه‌ها ، گسلش و حرکت پوسته ، نشست زمین و آبگونگی ، گسیختگی دامنه‌ها در خشکی و دریا و سرانجام ایجاد امواج در محیطهای آبی باشد. علمی که به بررسی زمین لرزه و پدیده‌های مربوط به آن می‌پردازد لرزه شناسی یا لرزه نگاری (Seismology) نام دارد.

تاریخچه

علاقه بشر به لرزه شناسی سابقه طولانی دارد، به نحوی که در بعضی از کشورها داده‌های مربوط به زمین لرزه‌ها از زمانهای دور ضبط شده است. به عنوان مثال چینیها سابقه زمین لرزه‌های تا 2 هزار سال پیش خود را در دست دارند. اینگونه سوابق عمدتا متکی بر مشاهدات و شرح وقایع است.

نخستین داده‌های علمی درباره زمین لرزه‌ها از اواخر قرن 18 ، که اولین لرزه نگارها درست شدند، در دست است. در کشور ما اولین فعالیتهای مربوط به ثبت اطلاعات مربوط به زمین لرزه‌ها از سال 1336 و با افتتاح اولین ایستگاه لرزه نگاری در شیراز آغاز شد. در سال 1339 نیز موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران آغاز به کار کرد .



ایستگاه لرزه نگاری

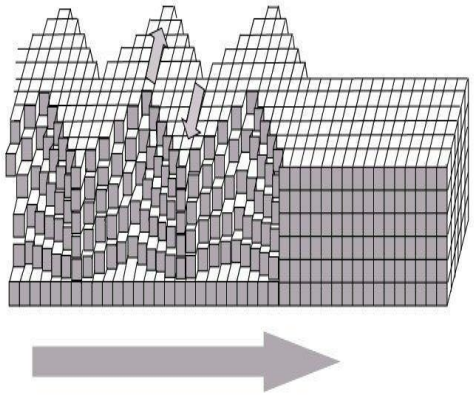
یک ایستگاه لرزه نگاری دارای چندین دسته دستگاه و هر دسته دارای 3 لرزه نگار است. توصیف دقیق دامنه حرکت زمین محتاج اندازه گیری لرزشها در سه مولفه عمود بر هم (قائم - شرقی - غربی و شمالی - جنوبی) است. علاوه بر آن نیاز به دستگاههایی داریم که برای محدوده‌های متفاوتی از زمان تناوب طراحی شده باشند. زیرا هیچ دستگاهی به تنهایی نمی‌تواند کل محدوده حساسیت مورد نیاز را ثبت نماید (معمولا یک دسته از دستگاهها به زمان تناوب 0.2 تا 2 ثانیه حساس بوده و دسته دیگر به زمان تناوب 15 الی 100 ثانیه حساس اند).

ایستگاههای لرزه نگاری درجه یک ایران (شش مولفه‌ای) در شهرهای شیراز ، مشهد ، تبریز و تهران قرار گرفته‌اند که زیر نظر موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران اداره می‌شوند. علاوه بر اینها ایستگاههایی در کرمانشاه ، بیرجند و کرمان نیز تاسیس شده و چند ایستگاه نیز در حال راه اندازی است. علاوه بر موسسه ژئوفیزیک برخی از دانشگاهها و سازمان انرژی اتمی ایران نیز در ثبت و گردآوری داده‌های لرزه خیزی فعالیت دارند .

ثبت امواج

ثبت و ضبط دامنه امواج زلزله توسط لرزه نگاره (Seismograph) صورت می‌گیرد. بخشی از این دستگاه که موج را دریافت می‌کند لرزه سنج نام داشته و در داخل سنگ نصب می‌شود. این قسمت منتهی به یک آونگ است. در زمان لرزش زمین پایه دستگاه حرکت می‌کند، در حالی که آونگ ثابت باقی می‌ماند و به این ترتیب حرکت نسبی زمین نسبت به آونگ سنجیده می‌شود. در دستگاههای جدیدتر ، ثبت حرکات به صورت الکتریکی - مکانیکی صورت گرفته و در نوار مغناطیسی ثبت می‌شود. در این دستگاهها ثبت لرزشها بطور مداوم صورت می‌گیرد .

لرزه نگاشت



اوراق حاوی نتایج ثبت شده دامنه حرکات زمین لرزه نگاشت نام دارد. لرزه نگاشتها اغلب صفحات سیاه و دود اندودی‌اند که آثار حرکت سوزن به صورت خطوط سفیدی به روی آنها ثبت شده است. بزرگی یک زمین لرزه را می‌توان از روی بزرگترین دامنه ثبت شده در لرزه نگاشت تعیین کرد. فاصله بین مرکز زمین لرزه و لرزه نگار با توجه به زمان ورود امواج P و S و L تعیین می‌شود و با مقایسه نتایج حاصل از چند ایستگاه محل منشا گرفتن امواج مشخص می‌شود.

لرزه نگارها حساس تر از آنند که بتوانند اطلاعاتی که مستقیما قابل استفاده در طراحی زلزله است، بدست دهند. در نتیجه زمین لرزه‌های شدیدی که نزدیک یک لرزه نگار عادی به وقوع می‌پیوندد باعث خارج شدن قلم ثبات از مقیاس و حتی صدمه به خود دستگاه می‌شود .از طرفی برای حذف اثرات محلی خاکها یا ساخت سنگی تضعیف شده ، معمولا لرزه نگارها در سنگ بستر قرار داده می‌شوند. از اینرو نتایج ثبت شده نمی‌تواند اطلاعاتی در مورد اینگونه مصالح بدست دهند .

شتاب نگار (شتاب سنج- لرزه نگار)

نوعی از لرزه نگارها که برای تعیین حرکت شدید زمین بکار می‌روند شتاب نگار یا شتاب سنج نام دارند. هدف از استفاده از شتاب نگار حرکات شدید ، دستیابی به نحوه پاسخ زمین در ناحیه‌ای است که طراحی دینامیکی سازه‌ها مورد نظر است. این دستگاه سه مولفه شتاب مطلق زمین را برای مدت زمانی از 0.1 تا 3 یا 4 و حتی 10 ثانیه ثبت می‌کند. شتاب نگارها بطور دائم کار نمی‌کنند بلکه به گونه‌ای طراحی شده‌اند که پس از آنکه تحت تاثیر یک حرکت افقی کوچک قرار گرفتند آغاز به کار کنند

محل استقرار اغلب شتاب نگارها ، سطح زمین (و نه الزاما سنگ بستر) است. از اینرو تعیین رابطه بین داده‌های مربوط به محلهای مختلف مشکل است، مگر آنکه شرایط سطحی در هر محل شناخته شده باشد. شتاب نگاشتها شتاب زمین را ثبت می‌کنند. در کشور ما شتاب نگارهایی در محل سدها و سازه‌هایی پراهمیت دیگر نصب شده

است. این شتاب نگارها عمدتا توسط مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن وزارت مسکن و شهرسازی نصب و قرائت می‌شوند.

سازمان انرژی اتمی ایران و چند موسسه دیگر نیز شتاب نگارهایی را در برخی نقاط مورد نظر نصب کرده‌اند. تحت پوشش قرار دادن یک ناحیه بطور کامل مستلزم نصب شبکه‌ای از شتاب نگارها در نقاط با شرایط زمین شناسی متفاوت است .این دستگاهها معمولا تا شعاع 50 کیلومتری مرکز یک زمین لرزه حساسیت خود را حفظ می‌کنند .

لرزه نما (Seismoscopes)

امروزه علاوه بر لرزه نگار و شتاب نگار ، دستگاههایی به نام لرزه نما نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد .لرزه نماها برای بازسازی تاثیرهای حرکت زمین به روی سازه و بر حسب جابجایی در یک زمان معین و نه مقادیر مولفه‌های حرکت زمین ، طراحی شده‌اند. لرزه نماها دستگاههایی به مراتب ارزانتر از شتاب نگار می‌باشند.

کالب زنی دستگاههای لرزه نگاری

سیگنال های لرزه ای که در یک ایستگاه لرزه نگاری ثبت می شوند با حرکت واقعی زمین تفاوت دارند. لرزه نگارها به استثنای لرزهنگارهای فیدبکی که پاسخ

دامنه و فاز تخت دارند، مانند یک فیلتر عمل می کنند و محتوای سیگنال های لرزهای را تغییر می دهند. به همین دلیل، عموماً ثابت میرایی سیستم، نزدیک میرایی بحرانی و برابر 0.7 انتخاب می شود تا این تغییرات حداقل باشد. قبل از تفسیر سیگنال های ثبت شده باید اثر پاسخ فرکانسی دستگاه را از روی داده ها حذف نمود؛ زیرا، دامنه های حرکت زمین مورد توجهند نه دامنه های ثبت شده. بعلاوه، پاسخ فرکانسی دستگاه لرزه نگاری به علت فرسایش قطعات مکانیکی، الکتریکی و الکترونیکی با گذشت زمان تغییر می کند و هدف کالب زنی (Calibration) دستگاههای لرزه نگاری، نظارت بر این تغییرات و تعیین پاسخ فرکانسی سیستم در زمان کالب زنی برای انجام عمل تصحیح دستگاهی با دقت لازم است و باید به دو نکته توجه نمود: یکی آنکه این تغییرات تا حد مجاز باشد و دیگر آنکه تصحیح دستگاهی برای هر واقعهء لرزه ای با کمک منحنی پاسخ به دست آمده از عمل کالب زنی در نزدیکترین زمان به زمان ثبت آن واقعه انجام گیرد. در نتیجه، کالب زنی لرزه سنجها در فواصل زمانی مناسب از اهمیت ویژه ای برخوردار است و عدم توجه به آن خطاهای قابل توجهی را در تحلیل امواج ثبت شده وارد خواهد کرد.

به طور کلی، بزرگنمایی یا پاسخ دامنهء لرزه سنجها با اعمال یک جا به جایی یا نیروی شناخته شده به جرم لرزه سنج و تحلیل خروجی روی نگاشت تعیین می شود. حرکت نشان داده شده روی نگاشتهای لرزه ای فقط به دلیل بزرگنمایی متفاوت در فرکانسهای مختلف با حرکت واقعی زمین تفاوت ندارد، بلکه یک

تغییر فاز بین عمل ثبت و حرکت زمین وجود دارد که به خواص لرزه نگـار (دوره آزاد و میرایی) بستگی دارد. دانش دقیق پاسخ فرکانسی لـرزه نگـار شـامل پاسـخ دامنه و پاسخ فاز، محاسبهء حرکت واقعی زمین را امکان پذیر می سازد.

لرزه نگار

بطور کلی ، لرزه نگار دستگاهی است که نوسانات زمینی ناشی از ورود امواج لـرزه‌ای را (به صورت تابع پیوسته‌ای از زمان) مانیتور یا در یک شکل خاص ، همراه با علائم بسیار دقیق زمانی ثبت می‌کند. محصول ثبت حرکات زمین لرزه ، نگاشت نام دارد. نقش لرزه نگارها در لرزه شناسی مشابه دستگاههای اشعه ایکس در پزشکی و تلسکوپها در نجـوم است. آنها اعماق غیرقابل دسترس زمینی را برای تجسسات دقیق « قابل دیـد» و قابـل دسترسی می‌سازند.

تاریخچه

علی رغم اینکه زلزله‌ها از مدتها قبل به عنوان پدیده‌های طبیعی توسط فلاسـفه یونـان باستان ، نظیر ارسطو (384 تا 322 قبل از میلاد) شناخته شده بودند. لـرزه شناسـی تنها بعد از اختراع و گسترش اولین لرزه نگارهای قابل اعتماد در اواخر قرن نوزدهم ، به عنوان شاخه‌ای از علوم طبیعی شکل گرفت .

طرز کار لرزه نگار

بخش اصلی لرزه نگارهای امروزی لرزه سنج است کـه انـرژی امـواج ورودی را بـه ولتـاژ الکتریکی تبدیل می‌کنـد. ایـن دسـتگاه بـه صـورت مبـدل (گیرنـده ، آشـکار کننـده) لرزه‌ای به الکتریکی عمل کرده و جابجایی ، سرعت و یا شتاب حرکـت زمینـی را ثبـت می‌کند. هر لرزه سنج معمولا در جهتی قرار داده مـی‌شـود کـه یکـی از مولفـه‌هـای (شرقی - غربی - شمالی - جنوبی یا عمودی) حرکت زمین را بسنجد. پس بـرای اینکـه شکل واقعی و کامل جنبش زمین ثبت شود، بسیاری از پایگاهها از سه لـرزه سـنج کـه در سه جهت فوق قرار می‌گیرند، استفاده می‌کنند .

اجزای لرزه نگار

هر لرزه نگار معمولا از سه بخش تشکیل شده که در زیر به هر یک از آنهـا بـه اختصـار می‌پردازیم :

لرزه سنج

لرزه سنج‌ها قسمت اصلی یک لرزه نگار هستند که انرژی مکانیکی حاصل از امواج را به ولتاژ الکتریکی تبدیل می‌کنند و شامل انواع زیر می‌باشند.

- **لرزه سنجهای آونگی :** در این قبیل از لرزه سنجها ، از اصل آونگها استفاده شده است.

- **لرزه سنجهای غیرآونگی :** اساس کار آنها آونگ نمی‌باشد مانند لرزه سنجهای واتنشی و لرزه
- سنجهای پیزو الکتریک .

واحد ثبت

ثبت امواج لرزه‌ای به راههای مختلفی امکانپذیر است که در زیر به انواع آن اشاره می‌کنیم.

- **ثبت مکانیکی :** لرزه نگارهای قدیمی ، نظیر وشیرت یا مینکا، از یک روش ثبت مستقیم کاملا مکانیکی استفاده می‌کنند که از آن یک اثر یا لرزه نگاشت از حرکت قلم جوهری روی کاغذ یا سوزن متصل به آونگ روی کاغذ دودی بوجود می‌آید.

- **ثبت مکانیکی - نوری :** بعضی از دستگاههای قدیمی دیگر ، نظیر میلند - شاو یا وود - آندرسون از روشهای مکانیکی - نوری استفاده می‌کند، بدین

ترتیب که آینه نصب شده روی آونگ یا هر قسمت متحرک دیگر باریکه نوری را روی کاغذ عکاسی منعکس می‌نماید.

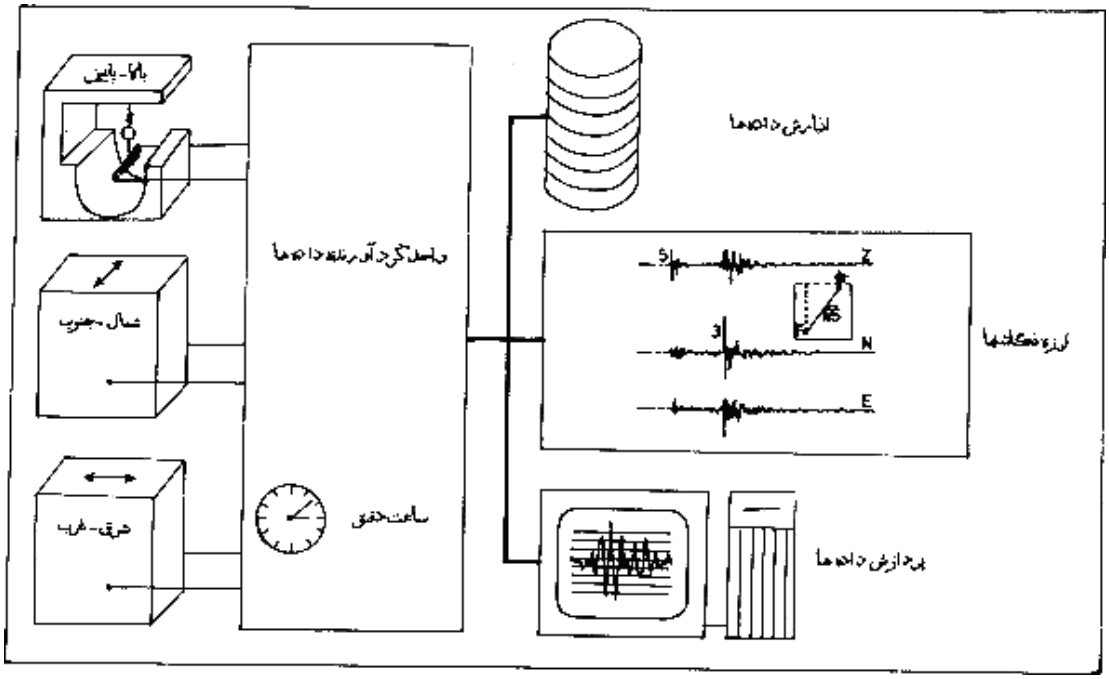
- **ثبت الکترومگنتیک :** دستگاههای جدیدتر از روشهای ثبت الکترومگنتیک یا به مقدار کمتر ، الکترواستاتیک سود می‌برند. در روش الکترومگنتیک ، یا در اثر جابجایی سیم پیچ در میدان مغناطیسی ثابت ، جریان الکتریکی تولید می‌شود یا در اثر تغییرات میدان مغناطیسی احاطه شده توسط یک سیم پیچ. در هر دو حالت نیروی الکترومگنتیک القا شده با مشتق زمانی جابجایی زمینی متناسب است .

ساعت دقیق

جهت تعیین زمان ورود فازهای ثبت شده مختلف ، وجود نشانه زمانی دقیق روی لرزه نگاشت ضروری است. بسیاری ازپایگاههای لرزه نگاری مدرن ساعت خود را با تنظیم روزانه با علائم زمانی رادیویی که توسط سرویسهای استاندارد جهانی اعلام زمان پخش می‌شود در حد 1 تا 10 هزارم ثانیه حفظ می‌کنند.

پایگاه زلزله نگاری

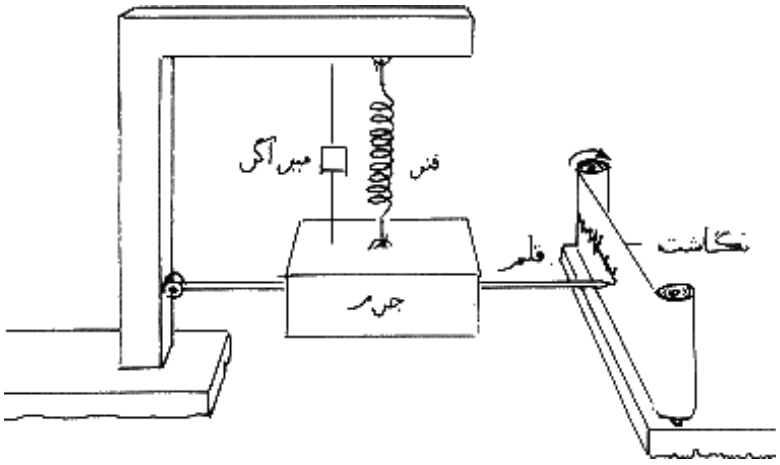
پایگاه یا ایستگاه زلزله نگاری محلی است که در آنجا ردگذر زمین لرزه یا به صورت نگارشی ویا به گونه ثبت مغناطیسی فراهم می شود. پایگاه زلزله نگاری دست کم شامل یک دستگاه لرزه سنج می باشد که در برگیرنده آونگ، میراگر، تقویت کننده و یک دستگاه ثبات با زمان سنج دقیق است. در یک پایگاه زلزله نگاری علاوه بر دستگاههای یاد شده ، تجهیزات کافی برای انبار کردن داده ها، ترسیم لرزه نگاشتها و پردازش داده ها نیز وجود دارد(شکل 19).



شکل (19): شمایی از تجهیزات یک پایگاه زلزله نگاری و مرکز پردازش.

لرزه سنج یک آونگ فیزیکی است که از یک جرم (ممکن است برای ثبت زمین لرزه های نزدیک 500 گرم باشد و برای ثبت زمین لرزه های دور حتی

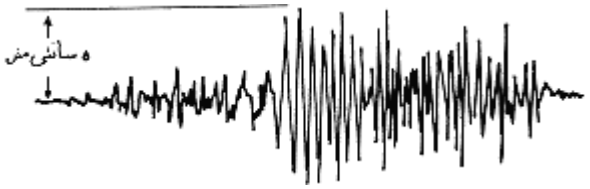
سه چهار کیلوگرم باشد) که به محوری وصل شده و با اصطکاک بسیار بسیار کم می تواند نوسان کند، تشکیل شده است. کوچکترین تکان، این جرم متحرک و متصل به محور را مدتها به نوسان درآورد. برای کنترل نوسان این آونگ یک دستگاه میراگر به آن اضافه شده است(شکل 20).



شکل (20): ساختمان ساده یک لرزه نگار شامل پایه، جرم، فنر، قلم و کاغذ.

اگر جرم این آونگ را به صورت یک سیم پیچ بسیازیم و محور آن را بین آهنربایی قوی قرار دهیم، وقتی آونگ نوسان می کند، با قطع میدان مغناطیسی آهنربا جریان برق بسیار ضعیفی در سیم پیچ القا می شود. این جریان برق توسط دستگاه تقویت کننده بزرگ می شود و سپس وارد یک دستگاه حساس به نام گالوانومتر می شود و آنجا یک قلم را به لرزه درمی آورد. اگر لرزش قلم را به فیلم یا کاغذ منتقل نماییم، رد قلم بر فیلم یا کاغذ ثبت می شود که به آن لرزه نگاشت می گویند. این مجموعه را که شامل لرزه سنج و دستگاه ثبت می باشد را لرزه نگار می نامند.

ایستگاههای لرزه نگاری کامل برای ثبت دقیق تـر ارتعـاش زمـین از سـه لـرزه سنج که به ارتعاشات زمین در امتدادهای بالا-پایین، شمال –جنوب، شرق-غـرب حساس هستند بهره می گیرند. چون معلوم است دستگاه چند هزار مرتبه حرکت را فقویت نموده، از روی نگاشت معلوم می شود که زمین چقـدر جابجـا شـده بـه طور مثال اگر روی نگاشت قائم (بالا-پایین) بزرگتـرین دامنـه 5 سـانتی متـر یـا 50000 میکرون باشد (شکل 21)،



شکل (21): نمونه ای از یک لرزه نگاشت با بیشینه دامنه 5 سانتی متر.

دستگاه هم صدهزار باشد، آنوقت دامنه واقعی جابجایی زمـین در امتـداد قـائم می شود 0/5 (نیم) بزرگنمایی میکرون. همانطور که گفتیم، این دامنه واقعی می تواند نماینده بزرگی زمین لرزه باشد. اگر فاصله زمین لرزه تا ایستگاه ثبت کننده هم اندازه گیری شود، می شود بزرگی زلزله را برآورد کرد. برای اینکه یک رابطـه ای بنویسیم که عددهای جمع و جوری داشته باشد، چنانچـه در تعریـف بزرگـی ریشتر هم دیدیم، از لگاریتم استفاده می گنیم. در حساب مثلاً تعریف مـی کننـد که لگاریتم صد می شود دو پس لگـاریتم ده هـزار مـی شـود 4 و لگـاریتم یـک میلیون می شود شش. حالا اگـر بزرگـی زمـین لـرزه را بـا حـرف M بنویسـیم و بزرگی آن را با دامنه و فاصله آن بستگی دهیم خواهیم داشت:

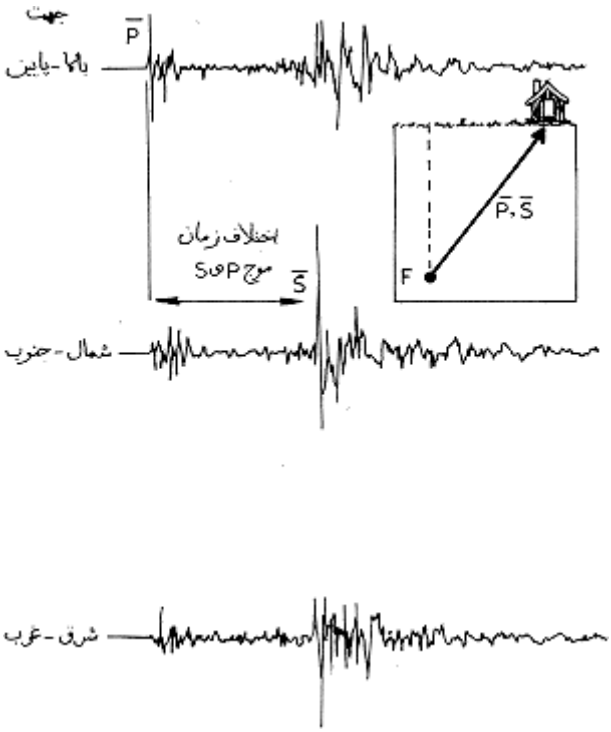
$$\text{Log } D + M = \text{Log } A$$

یعنی اگر دامنه (A) بـر روی نگاشـت چهـار سـانتیمتر و بزرگنمـایی 2000 و فاصله (1000D) کیلومتر باشد، بزرگی حـدود 4 درجـه مـی شـود. در حـال حاضر یک رقم اعشار برای بزرگی در نظر گرفته می شود.

$$M = 1/03+3 = 4 \text{ درجه}$$

همیشه رابطه به این سادگی نیست. مثلاً دوره حرکت نوسانی ثبت شـده یعنـی T ، مشخصات دستگاه لرزه نگار نیز منظور می شود و رابطه مفصـل مـی شـود. تا حال فهمیدیم که لرزه سنج ها از آونگ سیم پیچـی و آهنربـای قـوی درسـت شده اند و دستگاه ثبات نقش زمین لرزه را بر روی کاغذ یا فیلم فراهم می کند و به این مجموعه لرزه نگار می گویند. زمین لرزه را برحسب شدت تکان و مشاهده اثر آن به دوازده درجه تقسیم کرده اند، اما بزرگی زلزله بایـد از روی نگاشـت آن محاسبه کرد و آن هم یک محاسبه لگاریتمی در پایه ده می باشند. البتـه بزرگـی زلزله یک درجه قراردادی است و انرژی واقعی یک زمین لرزه را نشان نمی دهـد، اما می توان از طریق آن به طور نسـبی زمـین لـرزه هـا را بـا هـم مقایسـه کـرد. چنانچه زمین لرزه رودبار یک بزرگی مثلا 6/8 می دهد اما زلزله گرمسار بزرگـی 5/2 دارد. بین بزرگی و انرژی هم رابطه وجود دارد و می توان به طـور تخمینـی مقدار انرژی زمین لرزه را حساب کرد. برای تعیین محل زمین لرزه به ایـن نکتـه توجه داریم که همان طور که گفته شد، تعداد گروههای موجهای زمین لرزه زیاد

است. یک گروه بنام موج P با سرعت زیاد اول می رسد و روی کاغذ نقش می بندد. گروه دوم موج S است که با سرعتی 1/7 برابر کمتر از موج P کمی دیرتر می رسد. هر چقدر فاصله زمین لرزه از محل وقوع تا ایستگاه ثبت کننده بیشتر باشد، اختلاف زمان رسیدن موج P و S زیادتر می شود و از این ویژگی می فهمیم که زمین لرزه در چه فاصله ای اتفاق افتاده است (شکل 22).



شکل (22): شمایی از یک نگاشت سه مولفه که زمان ورود موجهای P و S را نشان می دهد موج اول P و بعد S موج به پایگاه زلزله نگاری می رسد اختلاف زمانی موجهای P و S بیانگر فاصله زمینلرزه از ایستگاه است.

به طور مثال اگر این اختلاف 25 ثانیه باشد، فاصله حدود دویست کیلومتر است. چون نگاشت در سه جهت تهیه می شود با یک ترسیم هندسی جهت زلزله

را می شود تشخیص داد. به شکل (22) نگاه کنید در روی سه مولفه اولین حرکت به سوی بالا است،این را به این صورت تفسیر می کنیم که نخستین حرکت بر روی مولفه قائم اگر به سوی بالا باشد موج رسید تراکم است و به سوی پایین انبساط. همینطور حرت به سوی بالابر روی مولفه شمال و جنوب و شرق و غرب به این ترتیب حرکت را از شمال و شرق نشان می دهد و بالعکس. آنوقت اگر این پایگاه در تهران باشد می گوییم زمین لرزه ای با بزرگی به طور مثال 4/5 در فاصله 200 کیلومتری جنوب غربی پایگاه تهران اتفاق افتاده است.

به این ترتیب دیدیم که یک پایگاه لرزه نگاری می تواند با ثبت ارتعاشات زمین و بررسی آنها زمان، محل و بزرگی زمین لرزه را مشخص کند. بدیهی است که هر چه تعداد این ایستگاهها بیشتر باشد، می توان این اطلاعات را بیشتری به دست آورد.

دستگاههای مورد استفاده در شبکه شتابنگاری

شرکت نانومتریکس

معرفی:

از زمان شروع به کار شرکت نانومتریکس در سال 1980 آنها روی گسترش سیستم ها و تجهیزات مطالعه زلزله های طبیعی و زلزله های واداری تمرکز کرده اند .

امروزه شرکت نانومتریکس به عنوان پیشرو درتکنولوژی لرزه نگار دیجیتال بـا بـیش از 85 شبکه تمام دیجیتال در بیش از 40 کشور جهان شناخته می شود .

لرزه نگار دیجیتال Taurus

Taurus، لرزه نگاری کوچک ،سبک و کامل است . این لرزه نگار که کاملا" قابل حمل و دستی است می تواند با تمامی سنسورهای موجود در بـازار بـه طور مستقیم کار کند و داده ها را تـا مـدت زمـان 600 روز به طور پیوسته ضبط و در حافظه خـود نگه دارد . لازم به ذکر است که مصرف ایـن لـرزه نگـــار فقـــط 650 میلـــی وات مـــی باشـــد. همچنین Taurus میتواند از طریق Ethernet, Cellular ، DSL , Radio, Telephone,

GSM/GPRS , خط انحصاری و یـا مـاهواره

برقـــــراری ارتبـــــاط را ممکـــــن ســـــازد.

لرزه سنج باند پهن Trillium :

Trillium یک لرزه سنج بـی نظیـر سـه مولفـه ای اسـت بـا واکـنش سـرعتی از 40 sec to 50 HZ و نوفـه کمتـر از آن مقداری که USGS اخیرا" بـه عنـوان مـدل کمتـرین نوفـه (یعنی 15 sec to 4HZ) معرفی کرده است .

دیجیتایزر Trident :

Trident یک دیجیتایزر فوق العاده است که قدرت تفکیک واقعی 24-bit را تضمین میکند و دارای دینامیک رنج 142 dbاست .

این ابزار با استحکام هم برای کاربری ثابت و هم پرتابل قابل استفاده است .این دیجیتایزرهای سه کاناله می توانند به هم متصل شده و یک سیستم 6 کاناله ارزان ، ساده و مناسب را برای تمام پروژه ها ایجاد نمایند

Libra (شبکه های ماهواره ای برای کسب داده های لرزه ای و محیطی):

نانومتریکس دارای بیش از 10 سال تجربه طراحی و نصب شبکه های دیجیتال لرزه ای می باشد. در بحث Libra نانومتریکس درحقیقت از منافع تکنولوژی VSAT در شبکه های داده های محیطی و لرزه ای استفاده نمود . Libraبه صورت تخصصی برای جمع آوری مقرون به صرفه

داده ها، با کیفیت بالا و قابلیت اطمینـان فـوق العـاده و نیـز برای دسترسی به اطلاعات مکانهـای غیـر قابـل دسترسـی و صعب العبور طراحی شده است

(لازم به ذکر است کـه ایـن سیسـتم دارای هزینـه عملکـرد بسیار ارزانی می باشد یعنی 30 دلار بـرای هـر ایسـتگاه دور در طول یک ماه)

- دستگاه شتابنگار آنالوگ SMA1

دسـتگاه شـتابنگار SMA1 در سـال 1969 مـیلادی طراحـی و در سـال 1970 وارد مجموعه شتابنگاری کشور آمریکا گردید. این دستگاه در زمان خود از پیشرفته تـرین و کار آمدترین دستگاههای شتابنگار آنالوگ محسوب می شد و هنوز هـم مـورد اسـتفاده قرار می گیرد. این دستگاه نیز از سال 1352 تا کنون در شبکه شتابنگاری ایران مـورد

استفاده قرار گرفته است. این دستگاه دارای دو مؤلفه افقی و یک مؤلفه قائم است. جنبش زمین توسط پرتوهای نور بر روی فیلم 70 میلیمتری ثبت می شود. عنصر نوسان کننده در این دستگاه که به ترانس دیوسر موسوم است و یک سیستم با یک درجه آزادی است که جرم آن یک آونگ صفحه ای است که به وسیله یک فنر پیچشی به یک محور متصل است، این محور از دو طرف به صورت لولایی بر روی دو تکیه گاه قرار دارد. فنر پیچشی در یک میدان مغناطیسی که یک میرایی لزجی تولید می کند قرار می گیرد. میرایی اسمی این فنر در حدود 0/6 مقدار بحرانی است. دستگاه تا قبل از رسیدن امواج در حالت آماده به کار قرار دارد، متعاقب رسیدن امواج زمینلرزه، دستگاه روشن شده و شروع به ثبت نگاشت می نماید. راه انداز قائم، حرکت اولین جنبش زمین را در صورتی که شتاب این حرکت از آستانه ای که برای دستگاه تنظیم گردیده است فراتر رود دریافت کرده و در زمانی کمتر از 0/05 ثانیه دستگاه را به طور کامل به راه می اندازد . دستگاه پس از روشن شدن تا 10 ثانیه پس از آخرین اوج شتابی را که بر اساس آن تنظیم شده است، به کار خود ادامه می دهد. پس از ثبت زمینلرزه، دستگاه در موقعیت آماده به کار باقی می ماند تا اینکه زمین لرزهٔ دیگری روی دهد.

دستگاه SMA1 با یک حلقه فیلم، یک یا چند زمینلرزه و پسلرزه های آن را حداکثر تا 25 دقیقه ثبت می نماید. مشخصه های فیزیکی این دستگاه عبارت است از جنس بدنه آلومینیم، وزن آن 11 کیلو گرم می باشد، و ابعاد آن 355 × 200× 200 میلیمتر است. دمای محدودهٔ عملکرد دستگاه از 20 – تا 55 درجه سانتیگراد است.

نیروی تغذیه دستگاه، دو باطری 6 ولت قابل شارژ بوده کـه توسـط جریـان بـرق 220 ولت یا 110 ولت شارژ می گردند. زمان سنجی دستگاه SMA1 توسط ژنراتور کدهای زمانی یا TCG صورت می گیرد.

دستگاه شتابنگار SSA2

دستگاه شتابنگار SSA2 از جدیدترین دستگاههای شـتابنگار دیجیتـالی اسـت کـه در حال حاضر مورد استفاده شبکه شتابنگاری ایران می باشد. دستگاه شتابنگار SSA2 به دلیل باند بسـامد وسـیعتر، دامنـه دینـامیکی بیشـتر نسـبت بـه SMA1، داده هـای کاملتری در حافظه ثبت می کند لذا پردازش داده هـا از طریـق نـرم افزارهـا ی خـاص پردازش به مراتب سریع تر و با اطمینان بیشتری از SMA1 می باشد. قابلیت ارتباط با

آن از طریق مدم کارآیی آنرا بالا برده است. حافظه دستگاه 256 kbyte است کـه مـی توان آن را به 2048 kbyte افزایش داد. زمان ثبت استاندارد دستگاه حدود 10 دقیقه است که با حافظه بیشتر تا 80 دقیقه نیز می رسد. نرخ ثبت داده 200 نمونـه در ثانیـه برای هر کانال است.

دستگاههای SSA2 زمینلرزه ها رااز طریق مانیتور کردن علائـم شـتاب حاصـل از هـر یک از سنسورهای سه گانه آن ثبت می کند. وقتی شـتاب از حـدی کـه توسـط کـاربر تعیین شده است فراتر می رود داده هـا مسـتقیماً در حافظـه ثبـت مـی شـوند. پاسـخ دستگاه از صفر تا پنجاه هر تز بوده و بدین لحاظ زمینه های کاربردی وسیعی دارد.

دستگاههای شتابنگار 2SSA از زمان نصب تا کنون رکوردهای زیادی را ثبـت نمـوده اند. زمان رویداد، مدت دوام و مقادیر اوج شتاب مربوط به هر حادثه در header فایـل مربوط به آن ثبت می شود. ارتباط با دستگاه از طریق رایانه و یا به وسیله خـط تلفـن برقرار می شود. ابعاد دستگاه (281× 222× 375 میلیمتر) بوده وزن آن 10 کیلـوگرم است. ولتاژ کار با دستگاه 11 تا 14 ولت DC و جریان مصرفی آن 75 تـا 200 میلـی آمپر است. دستگاه 2SSA دارای یک ساعت داخلی استاندارد است کـه زمـان رویـداد زمینلرزه را در header فایل مربوطه ثبت می کند. دقـت ایـن سـاعت کـم بـوده و بـه منظور افزایش دقت سنجش زمان از ژنراتور کدهای زمانی استفاده می گردد.

دستگاه شتابنگار- لرزه نگار SSR-1

دستگاه لرزه نگار SSR1 یک دستگاه رکوردر دیجیتال با قابلیت های زیاد است که رویدادهای لرزه ای را در حافظه COMS STATIC RAM با ظرفیت یک مگا بایت ذخیره می نماید . حافظه دستگاه به صورت اختیاری تا 4 مگابایت قابل افزایش است. دستگاه SSR1 به طور استاندارد دارای سه کانال ورودی است ولی به صورت اختیاری می تواند از شش کانال سیگنال ورودی را دریافت نماید. این دستگاه دارای یک مبدل A/D 16 بیتی بوده و رنج دینامیکی آن db96 است.

از قابلیتهای مهم این سیستم، برخورداری از 129 پنجره زمانی قابل برنامه ریزی است که با تنظیم پارامتری های مربوطه، انجام اندازه گیری های لرزه ای از زمانهای مشخص با ویژگیهای معین امکان پذیر می باشد. همچنین SSR-1 را می توان بگونه ای

تنظیم و برنامه ریزی نمود که سیگنالهای ورودی را از انواع سنسورهای لرزه ای دریافت نموده و با دو ئرخ نمونه برداری متفاوت ثبت نماید.

دستگاه SSR1 را می توان به صورت یک سیستم منفرد و یا به صورت همبسته با چند دستگاه SSR1 (با تریگر نمونه برداری و با زمان سنجی مشترک) بکار برد. انتقال داده ها و کنترل SSR1 در صحرا به کمک یک نوت بوک میسر است. به منظور پردازش کامل رویداد های لرزه ای ثبت شده توسط SSR1 ، نرم افزارهای متعددی طراحی شده است.

سنسورهای دستگاه با استفاده از سه مجموعه کابل ویژه، اتصال یک سنسور نوع FBA-23 یا سه سنسور FBA-11 و یا سه سنسور SSR-1 انجام می شود. تهیه کابلهای مناسب برای اتصال سایر انواع سنسورهای امکان پذیر است.

دستگاه لرزه نگار PS2 :

دستگاه لرزه نگار Ps-2 که در حال حاضر در شبکهٔ شتابنگاری ایران مورد استفاده قرار می گیرد یک لرزه نگار قابل حمل است که می توان براحتی آن را در فضا ی آزاد بکار انداخت. این دستگاه دارای یک سنسور تک مولفه ای SS-1 می باشد که توسط کابل به دستگاه اصلی وصل می گردد. دستگاه حرکت زمین را بر روی کاغذ ثبت می کند. این دستگاه می تواند بصورت منفرد یا گروهی مورد استفاده قرار گرفته و یکی از مناسبترین انتخابها برای مطالعه پسلرزه ها می باشد. منبع اصلی تغذیه دستگاه باطری قابل شارژ هست که دستگاه را قادر می سازد تا هشت روز بدون شارژ مجدد فعالیت نماید. ساعتی با دقت بالا در دستگاه قرار دارد که از آن می توان برای ثبت زمان رویداد زمینلرزه استفاده نمود. این دستگاه می تواند بر حسب نیاز در دوره های یکروزه تا 8 روز تنظیم شود.