

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

١٤٢٢١

دیده

دانشکده فنی

گروه عمران
گرایش سازه

تولید شتاب‌نگاشت‌های مصنوعی با استفاده از برنامه کامپیوتری

از

مهرنوش حاجی‌پور

استاد راهنما

آقای دکتر سعید پورزینلی

استاد مشاور

آقای مهندس عطاء... غبرائی

۳ ۱۳۸۹/۷/۱

محل اطلاعات در کتابخانه

تسبیح پور



مرداد ۱۳۸۸

۱۴۱۶۲۱

تقدیم

به مادرم؛ که در سفر زندگیم خورشید روزهایم است و

به پدرم؛ که در شب‌های تاریک‌های ستاره آسمان و راه‌هایم است.

و به آنکه در سفر تحصیلیم قله دست‌نیافتنی‌ام بود که در آرزوی رسیدن به آن قله نهایت کوشش‌ام را کردم تا...

به نام یگانه مهندس و خالق هستی

شکر خدا که هر چه طلب کردم از خدا

برشتهای مطلب خود کامران شدم

تمامی حمد و ثنا از آن خداوندی است که بدون تفقد، محبت و رحمت او امری ممکن نمی‌گردد. در کنار آن ارج گذاشتن به افراد و شخصیتها و نهادهایی که در شکل‌گیری شخصیت یا حداقل تأثیرگذاری در فرد، مؤثر بوده است متاعی است بس ارزشمند، اگر به صورت یک ارزش در جامعه جاری شود. از این رو بر خود واجب می‌دانم که از تمامی اساتید بزرگواری که در دوران تحصیلی‌ام، از ابتدا تاکنون، از محضرشان بهره جستیم، تشکر نمایم. مراتب سپاس و قدردانی ویژه‌ی خود را از استاد بزرگوار، فاضل، فهیم و دانشمند، آقای دکتر هاشم صابری نجفی به خاطر تمامی راهنمایی‌های ارزنده‌ای که صبورانه و خالصانه در پیشبرد و کامل نمودن این پایان‌نامه در اختیار نگارنده قرار دادند، ابراز می‌دارم. قطعاً بدون راهنمایی ایشان انجام این پایان‌نامه غیرممکن می‌نمود.

از استاد مشاور گرانقدر جناب آقای مهندس عطاءالله غبرائی، به جهت متانت و حسن اخلاق و نیز از دکتر سعید پورزینی به عنوان استاد راهنما تشکر می‌نمایم. از دو استاد ممتحن محترم و فاضل، جناب آقای دکتر رضا جمشیدی، به خاطر دقت و نکته‌بینی و منش بزرگوارانه‌شان و جناب آقای دکتر رضا صالح جلالی به جهت راهنمایی‌های ارزشمندشان چه در پیشبرد پایان‌نامه و اصلاح آن و چه در سمت مدیریت گروه عمران در اختیار بنده قرار دادند، بی‌نهایت سپاسگزارم.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
ب	تقدیم پایان نامه
پ	تقدیر و تشکر
ت	فهرست مطالب
چ	فهرست جداول
ح	فهرست اشکال
ذ	چکیده (فارسی)
ر	چکیده (انگلیسی)

فصل اول؛ مقدمه‌ای بر شناخت زلزله و روشهای تولید آن

۱	۱-۱- پیشگفتار
۲	۲-۱- زمین لرزه چیست؟
۲	۳-۱- مقیاس اندازه‌گیری زمین لرزه
۴	۱-۳-۱- شدت زمین لرزه
۴	۲-۳-۱- بزرگی زلزله
۶	۴-۱- لرزه خیزی ایران
۷	۵-۱- ثبت حرکت زمین
۸	۶-۱- تولید شتاب‌نگاشت مصنوعی
۹	۷-۱- لزوم انجام تحقیق حاضر
۱۱	۸-۱- ساختار گزارش

فصل دوم؛ مروری بر تحقیقات گذشته

۱۵	۱-۲- مقدمه
۱۶	۲-۲- مدل‌های فیزیکی
۱۷	۱-۲-۲- مدل‌های دینامیک
۱۷	۲-۲-۲- مدل‌های سینماتیکی
۱۸	۱-۲-۲-۲- مدل‌های منبع زلزله
۲۰	۲-۲-۲-۲- حرکت زمین و پارامترهای منبع
۲۲	۳-۲-۲-۲- مدل‌سازی محیط زمین
۲۳	۴-۲-۲-۲- شبیه‌سازی حرکت زمین
۲۳	۵-۲-۲-۲- تابع گرین تجربی
۲۴	۳-۲- مدل‌های تصادفی شتاب‌نگاشت‌های مصنوعی
۲۶	۱-۳-۲- استفاده از موج سفید در شبیه‌سازی
۲۸	۲-۳-۲- فیلتر کانای-تاجیمی ایستا
۲۹	۳-۳-۲- ایده آغاز مدل نمودن فرایند غیرایستا
۳۰	

- ۳۲ تولید شتابنگاشتهای مصنوعی همساز با طیف هدف ۴-۳-۲
- ۳۴ استفاده از مدل ARMA ۵-۳-۲
- ۳۷ مدل تصادفی- لرزه‌ای تولید شتابنگاشتهای مصنوعی ۴-۲

فصل سوم؛ تولید شتاب نگاشت مصنوعی با استفاده از کانای- تاجیمی غیرایستا

- ۴۲ ۱-۳-۱ مقدمه ۱-۳
- ۴۳ ۲-۳-۱ آغاز استفاده از موج سفید در شبیه‌سازی ۲-۳
- ۴۷ ۳-۳-۱ فرایندهای احتمالاتی ایستا ۳-۳
- ۴۷ ۱-۳-۳ تابع هم بستگی فرایند ایستا ۱-۳-۳
- ۴۸ ۲-۳-۳ بیان طیفی مربوط به فرایندهای ایستا ۲-۳-۳
- ۴۹ ۳-۳-۳ تابع چگالی طیفی توان کانای- تاجیمی ۳-۳-۳
- ۵۳ ۴-۳-۳ فرایندهای گوسی ایستا ۴-۳-۳
- ۵۶ ۴-۳-۳ فرایندهای تصادفی غیرایستا در مدل کردن شتاب‌نگاشت‌ها ۴-۳-۳
- ۶۱ ۱-۴-۳ فرایندهای گوسی غیرایستا ۱-۴-۳
- ۶۲ ۵-۳-۱ فرایند تولید شتاب‌نگاشت مصنوعی با استفاده از کانای- تاجیمی غیرایستا ۵-۳-۱
- ۶۲ ۱-۵-۳ تعیین طول مدت حرکت قوی زمین ۱-۵-۳
- ۶۲ ۳-۱-۵-۱ روش زمان محدود ۳-۱-۵-۱
- ۶۲ ۳-۱-۵-۲ روش توزیع تجمعی انرژی ۳-۱-۵-۲
- ۶۳ ۲-۵-۳ تعیین اندازه پنجره زمانی (t_w) ۲-۵-۳
- ۶۳ ۳-۵-۳ تخمین دامنه پوش تابع $e(t)$ ۳-۵-۳
- ۶۴ ۴-۵-۳ محاسبه تابع فرکانسی زمین $\omega_g(t)$ ۴-۵-۳
- ۶۴ ۵-۵-۳ تولید سری زمانی تصادفی اغتشاش سفید گوسی ۵-۵-۳
- ۶۴ ۶-۵-۳ معرفی فیلتر کانای تاجیمی غیرایستا ۶-۵-۳

فصل چهارم؛ تولید شتاب نگاشت مصنوعی با استفاده از تبدیل موجک

- ۶۷ ۱-۴-۱ مقدمه ۱-۴
- ۶۸ ۲-۴-۱ از تبدیل فوریه تا تبدیل موجک ۲-۴
- ۶۹ ۱-۲-۴ خواص تبدیلات ۱-۲-۴
- ۶۹ ۱-۱-۲-۴ بازسازی و تجسم و شرح دادن توابع ۱-۱-۲-۴
- ۷۰ ۲-۱-۲-۴ بیان دقیق و بهتر تابع ۲-۱-۲-۴
- ۷۰ ۳-۱-۲-۴ تجزیه توابع ۳-۱-۲-۴
- ۷۰ ۲-۲-۴ آنالیز فوریه ۲-۲-۴
- ۷۱ ۱-۲-۲-۴ سری فوریه ۱-۲-۲-۴
- ۷۱ ۲-۲-۲-۴ تبدیل پیوسته فوریه ۲-۲-۲-۴
- ۷۳ ۳-۲-۲-۴ تبدیل فوریه و فیلتر نمودن ۳-۲-۲-۴
- ۷۴ ۱-۳-۲-۲-۴ فیلترهای پایین گذر ۱-۳-۲-۲-۴
- ۷۴ ۲-۳-۲-۲-۴ فیلتر بالا گذر ۲-۳-۲-۲-۴

۷۴	..... ۳-۳-۲-۲-۴- فیلتر نوار عبوری
۷۴	..... ۴-۳-۲-۲-۴- فیلتر متوقف کننده نوار
۷۵	..... ۳-۲-۴- تبدیل فوریه پنجره‌ای
۷۸	..... ۴-۲-۴- تبدیل موجک
۷۸	..... ۱-۴-۲-۴- معرفی موجک
۷۸	..... ۲-۴-۲-۴- روابط مربوط به تبدیل موجک
۸۰	..... ۳-۴-۲-۴- مقایسه تبدیل موجک با تبدیل فوریه پنجره‌ای
۸۱	..... ۴-۴-۲-۴- مقایسه تبدیل موجک با تبدیل فوریه
۸۲	..... ۳-۴- طیف‌های طراحی در مقابل زلزله
۸۴	..... ۴-۴- استفاده از موجک در سازگاری طیف
۸۴	..... ۱-۴-۴- تعریف موجک مادر
۸۷	..... ۲-۴-۴- روش پیشنهادی سازگاری طیف

فصل پنجم؛ مطالعات عددی

۹۴	
۹۵	..... ۱-۵- مقدمه
۹۵	..... ۲-۵- انتخاب شتاب‌نگاشت‌های حقیقی
۹۸	..... ۳-۵- نتایج مربوط به شتاب‌نگاشت‌های تولیدی با استفاده از کانای-تاجیمی غیر ایستا
۱۱۵	..... ۴-۵- نتایج مربوط به شتاب‌نگاشت‌های تولیدی با استفاده از تبدیل موجک
۱۳۱	..... ۵-۵- نتایج مربوط به تحلیل تاریخچه زمانی شتاب‌نگاشت‌های تولیدی
۱۳۲	..... ۱-۵-۵- تحلیل تاریخچه زمانی با استفاده از شتاب‌نگاشت تولید شده با روش کانای-تاجیمی غیرایستا
۱۳۹	..... ۲-۵-۵- تحلیل تاریخچه زمانی با استفاده از شتاب‌نگاشت تولید شده با تبدیل موجک

فصل ششم؛ نتیجه گیری

۱۴۳	
۱۴۴	..... ۱-۶- نتیجه گیری
۱۴۵	..... ۲-۶- پیشنهاد برای ادامه‌ی کار

۱۴۷	مراجع
۱۵۶	پیوست
۱۵۷	..... برنامه نوشته شده در محیط MATLAB برای تولید شتاب‌نگاشت مصنوعی

فهرست جداول

عنوان جدول	صفحه
جدول ۱-۳- پارامترهای تابع چگالی طیفی توان کانای- تاجیمی برای خاک‌های مختلف	۵۰
جدول ۱-۴- مقادیر مقیاس، فرکانس غالب و پرپود توابع جزئیات انتخابی	۸۹
جدول ۱-۵- مشخصات زلزله‌های واقعی انتخابی	۹۶
جدول ۲-۵- پارامترهای لرزه ای زلزله های واقعی انتخابی	۹۷
جدول ۳-۵- خصوصیات شتاب نگاشت مصنوعی تولید شده با روش کانای- تاجیمی در خاک نوع I	۱۰۷
جدول ۴-۵- خصوصیات شتاب نگاشت مصنوعی تولید شده با روش کانای- تاجیمی در خاک نوع II	۱۰۹
جدول ۵-۵- خصوصیات شتاب نگاشت مصنوعی تولید شده با روش کانای- تاجیمی در خاک نوع III	۱۱۱
جدول ۶-۵- خصوصیات شتاب نگاشت مصنوعی تولید شده با روش کانای- تاجیمی در خاک نوع IV	۱۱۳
جدول ۷-۵- خصوصیات شتاب نگاشتهای تولید شده با استفاده از تبدیل موجک در خاک نوع I	۱۲۹
جدول ۸-۵- خصوصیات شتاب نگاشتهای تولید شده با استفاده از تبدیل موجک در خاک نوع II	۱۲۹
جدول ۹-۵- خصوصیات شتاب نگاشتهای تولید شده با استفاده از تبدیل موجک در خاک نوع III	۱۳۰
جدول ۱۰-۵- خصوصیات شتاب نگاشتهای تولید شده با استفاده از تبدیل موجک در خاک نوع IV	۱۳۰
جدول ۱۱-۵- مشخصات مربوط به سازه‌ی فولادی مورد نظر	۱۳۲
جدول ۱۲-۵- نتایج تحلیل تاریخچه زمانی شتاب‌نگاشت مصنوعی تولید شده با روش کانای- تاجیمی در انواع خاک‌ها	۱۳۳
جدول ۱۳-۵- نتایج تحلیل تاریخچه زمانی شتاب نگاشت مصنوعی در خاک نوع I	۱۳۹
جدول ۱۴-۵- نتایج تحلیل تاریخچه زمانی شتاب نگاشت مصنوعی در خاک نوع II	۱۴۰
جدول ۱۵-۵- نتایج تحلیل تاریخچه زمانی شتاب نگاشت مصنوعی در خاک نوع III	۱۴۰
جدول ۱۶-۵- نتایج تحلیل تاریخچه زمانی شتاب نگاشت مصنوعی در خاک نوع IV	۱۴۱

فهرست اشکال

عنوان شکل	صفحه
شکل ۱-۱- نمایش تکتونیک صفحه ای	۵
شکل ۲-۱- جزئیات در مورد فرورفتگی ها	۵
شکل ۳-۱- مسیر انتشار امواج حجمی و سطحی ناشی از زلزله	۵
شکل ۴-۱- نحوه رسیدن امواج زلزله	۵
شکل ۵-۱- شکل گسل و انواع آن	۵
شکل ۶-۱- نقشه موقعیت ایران در تکتونیک خاورمیانه	۷
شکل ۱-۲- مؤلفه‌های تانسور گشتاور لرزه‌ای	۲۲
شکل ۱-۳- طیف شبه سرعت هوسنر	۴۴
شکل ۲-۳- خصوصیات الاستو- پلاستیک	۴۷
شکل ۳-۳- طیف چگالی طیفی توان برای، الف) موج سفید؛ ب) کانای-تاجیمی؛ ج) فیلتر قطع فرکانس پائین؛ د) کانای-تاجیمی فیلترشده	۵۱
شکل ۴-۳- طیف چگالی طیفی توان باند باریک	۵۲
شکل ۵-۳- طیف چگالی طیفی توان باند پهن	۵۲
شکل ۶-۳- طیف سرعت برای تحریک اغتشاش سفیدفیلتر شده ایستا حاصل از مطالعات لیو و بن‌زین	۵۳
شکل ۷-۳- شتابنگاشت حاصل از چند زیرپدیده	۵۸
شکل ۸-۳- تابع پوش فرکانسی	۵۹
شکل ۹-۳- تابع پوش انحراف معیار	۶۰
شکل ۱۰-۳- تابع پوش انحراف معیار با دوقله	۶۱
شکل ۱۱-۳- فلوجارت مربوط به تولید شتاب نگاشت مصنوعی با استفاده از کانای-تاجیمی غیرایستا	۶۶
شکل ۱-۴- تبدیل فوریه با استفاده از روی هم گذاری توابع سینوسی	۷۱
شکل ۲-۴- فیلتر پایین گذر	۷۵
شکل ۳-۴- فیلتر بالا گذر	۷۵
شکل ۴-۴- فیلتر باند عبوری	۷۵
شکل ۵-۴- فیلتر متوقف کننده‌ی نوار	۷۵
شکل ۶-۴- چگونگی قرار گیری پنجره در حوزه زمان - فرکانس در تبدیل فوریه پنجره زمانی	۷۷
شکل ۷-۴- تبدیل فوریه تابع موجک	۸۰
شکل ۸-۴- تبدیل موجک با استفاده از مقیاس ها مختلف وجابه جایی توابع پایه	۸۱
شکل ۹-۴- تابع موجک مورلت	۸۴
شکل ۱۰-۴- مقادیر تابع موجک پاسخ ضربه بر حسب زمان برای $\xi = 0.05$ و $\Omega = \pi$	۸۶
شکل ۱۱-۴- تبدیل فوریه تابع موجک پاسخ ضربه $\xi = 0.05$ و $\Omega = \pi$	۸۶
شکل ۱۲-۴- مقایسه سه حالت تابع موجک: ۱) تابع پاسخ ضربه برای $\xi = 0.05$ و $\Omega = \pi$ ، ۲) پاسخ ضربه برای $\xi = 0.05$ و $\Omega = 2\pi$ و ۳) پاسخ ضربه برای $\xi = 0.09$ و $\Omega = \pi$	۸۷
شکل ۱۳-۴- فلوجارت مربوط به تولید شتاب نگاشت مصنوعی با استفاده از تبدیل موجک	۸۷

- شکل ۵-۱- نمودار توزیع انرژی و مدت زمان حرکت شدید زمین مربوط به مؤلفه T زلزله کره‌بس در ایستگاه ذرات ۹۹
- شکل ۵-۲- نمودار تغییرات انحراف معیار نسبت به زمان مربوط به مؤلفه T زلزله کره‌بس ثبت شده در ایستگاه ذرات ۹۹
- شکل ۵-۳- میزان تقاطع صفر در ثانیه نسبت به زمان مربوط به مؤلفه T زلزله کره‌بس ثبت شده در ایستگاه ذرات ۹۹
- شکل ۵-۴- مقادیر اعداد تصادفی انتخابی نسبت به زمان مربوط به مؤلفه T زلزله کره‌بس ثبت شده در ایستگاه ذرات ۱۰۰
- شکل ۵-۵- اغتشاش سفید تولید شده نسبت به زمان مربوط به مؤلفه T زلزله کره‌بس ثبت شده در ایستگاه ذرات ۱۰۰
- شکل ۵-۶- پاسخ‌های فیلتر شده کانای- تاجیمی غیرایستا نسبت به زمان مربوط به مؤلفه T زلزله کره‌بس ثبت شده در ایستگاه ذرات ۱۰۱
- شکل ۵-۷- شتاب‌نگاشت مصنوعی با استفاده از فیلتر کانای- تاجیمی غیرایستا مربوط به مؤلفه T زلزله کره‌بس ثبت شده در ایستگاه ذرات، بدون در نظر گرفتن ضریب C_0 ۱۰۱
- شکل ۵-۸- نگاشت های مصنوعی تولید شده با استفاده از فیلتر کانای- تاجیمی غیرایستا مربوط به مؤلفه T زلزله کره‌بس ثبت شده در ایستگاه ذرات قبل و بعد از اصلاح خط مبنا مربوط به (الف): شتاب؛ (ب): تغییر مکان؛ (ج): سرعت ۱۰۱
- شکل ۵-۹- شتاب‌نگاشت‌های مصنوعی با استفاده از فیلتر کانای- تاجیمی غیرایستا مربوط به مؤلفه T زلزله کره‌بس ثبت شده در ایستگاه ذرات ۱۰۴
- شکل ۵-۱۰- شتاب‌نگاشت واقعی مربوط به مؤلفه T زلزله کره‌بس ثبت شده در ایستگاه ذرات در مدت زمان حرکت قوی ۱۰۴
- شکل ۵-۱۱- مقایسه میان طیف پاسخ شتاب‌نگاشت واقعی و شتاب‌نگاشت مصنوعی تولید شده با استفاده از روش کانای- تاجیمی غیر ایستا، حاصل از مؤلفه T زلزله کره‌بس ثبت شده در ایستگاه ذرات ۱۰۵
- شکل ۵-۱۲- مقایسه طیف فوریه شتاب‌نگاشت واقعی و شتاب‌نگاشت مصنوعی تولید شده با استفاده از روش کانای- تاجیمی غیر ایستا، در زمان‌های ۲، ۶، ۹، ۱۰، ۱۴، ۱۶، ۱۷ و ۱۸ ثانیه، حاصل از مؤلفه T زلزله کره‌بس ثبت شده در ایستگاه ذرات ۱۰۶
- شکل ۵-۱۳- ضریب بازتاب آئین نامه ۲۸۰۰ برای انواع خاک‌ها در مناطق با خطر لرزه خیزی مختلف ۱۱۵
- شکل ۵-۱۴- طیف طراحی آئین نامه ۲۸۰۰ برای انواع خاک‌ها و در منطقه‌ای با خطر لرزه‌خیزی خیلی زیاد ۱۱۶
- شکل ۵-۱۵- شتاب نگاشت واقعی مربوط به مؤلفه L ، زلزله قشم ثبت شده در ایستگاه بندرعباس ۱۱۶
- شکل ۵-۱۶- شتاب نگاشت واقعی مربوط به مؤلفه T ، زلزله قشم ثبت شده در ایستگاه بندرعباس ۱۱۶
- شکل ۵-۱۷- طیف پاسخ مربوط به دو مؤلفه T ، L مربوط به زلزله قشم در ایستگاه بندرعباس ۱۱۷
- شکل ۵-۱۸- ضریب $C(s,p)$ محاسبه شده از طریق تبدیل موجک برای شتاب‌نگاشت مربوط به مؤلفه L زلزله قشم ثبت شده در ایستگاه بندرعباس ۱۱۹
- شکل ۵-۱۹- ضریب $C(s,p)$ محاسبه شده از طریق تبدیل موجک برای شتاب‌نگاشت مربوط به مؤلفه T زلزله قشم ثبت شده در ایستگاه بندرعباس ۱۱۹
- شکل ۵-۲۰- نقشه موجک، نمای دوبعدی از ضریب $C(s,p)$ ، برای مؤلفه L شتاب‌نگاشت مربوط به زلزله قشم در ایستگاه بندرعباس ۱۲۰
- شکل ۵-۲۱- نقشه موجک، نمای دوبعدی از ضریب $C(s,p)$ ، برای مؤلفه T شتاب‌نگاشت مربوط به زلزله قشم در ایستگاه بندرعباس ۱۲۱
- شکل ۵-۲۲- تابع جزئیات (۱) با $z = -50$ و دامنه فوریه با فرکانس غالب $28,055$ Hz، مؤلفه T زلزله قشم ثبت شده در ایستگاه بندرعباس ۱۲۲
- شکل ۵-۲۳- تابع جزئیات (۵) با $z = -46$ و دامنه فوریه با فرکانس غالب $26,91$ Hz، مؤلفه T زلزله قشم ثبت شده در ایستگاه بندرعباس ۱۲۲
- شکل ۵-۲۴- تابع جزئیات (۲۰) با $z = -31$ و دامنه فوریه با فرکانس غالب $7,34$ Hz، مؤلفه T زلزله قشم ثبت شده در ایستگاه بندرعباس ۱۲۲

- ۱۲۳ شده در ایستگاه بندرعباس
- شکل ۲۵-۵- تابع جزئیات (#۳۰) با $z = -21$ و دامنه فوریه با فرکانس غالب 3.1 Hz ، مؤلفه‌ی T زلزله قشم ثبت شده
- ۱۲۳ در ایستگاه بندرعباس
- شکل ۲۶-۵- تابع جزئیات (#۴۰) با $z = -11$ و دامنه فوریه با فرکانس غالب 1.3 Hz ، مؤلفه‌ی T زلزله قشم ثبت شده
- ۱۲۴ در ایستگاه بندرعباس
- شکل ۲۷-۵- تابع جزئیات (#۵۰) با $z = -1$ و دامنه فوریه با فرکانس غالب 0.55 Hz ، مربوط به مؤلفه‌ی T زلزله قشم
- ۱۲۴ ثبت شده در ایستگاه بندرعباس
- شکل ۲۸-۵- تابع جزئیات (#۶۳) با $z = 12$ و دامنه فوریه با فرکانس غالب 0.18 Hz ، مربوط به مؤلفه‌ی T زلزله قشم
- ۱۲۵ ثبت شده در ایستگاه بندرعباس
- شکل ۲۹-۵- طیف پاسخ هدف و طیف پاسخ شتاب نگاشت مصنوعی ساخته شده از مؤلفه‌ی L و T زلزله قشم در
- ۱۲۵ ایستگاه بندرعباس
- شکل ۳۰-۵- شتاب‌نگاشت مصنوعی ایجاد شده مربوط به مؤلفه‌ی L و T ساخته شده از زلزله قشم در ایستگاه
- ۱۲۶ بندرعباس
- شکل ۳۱-۵- شتاب‌نگاشت مصنوعی ایجاد شده مربوط به مؤلفه‌ی L ساخته شده از زلزله قشم در ایستگاه بندرعباس،
- ۱۲۷ قبل و بعد از اصلاح خط مبنا
- شکل ۳۲-۵- شتاب‌نگاشت مصنوعی ایجاد شده مربوط به مؤلفه‌ی T ساخته شده از زلزله قشم در ایستگاه بندرعباس،
- ۱۲۸ قبل و بعد از اصلاح خط مبنا
- شکل ۳۳-۵- تابع زمانی بازتاب‌های سازه در جهت X و Y ناشی از تحلیل شتاب نگاشت مصنوعی تولید شده با روش
- ۱۴۲ تبدیل موجک از زلزله قشم در ایستگاه بندرعباس

طراحی نهایی بسیاری از سازه‌های مهم مانند نیروگاه‌های هسته‌ای، سدها و سازه‌های بلند، معمولاً بر پایه آنالیز تاریخیچه زمانی خطی یا غیرخطی است. بنابراین، فراهم نمودن شتاب‌نگاشت‌های واقعی مناسب برای این مقصود امری ضروری است. شبکه شتاب‌نگاری در ایران فعالیت خود را از سال ۱۳۵۲ آغاز نمود، بنابراین، دسترسی به تاریخیچه‌ی زلزله‌های گذشته، گاهی غیرممکن و یا با محدودیت همراه است. بدین منظور تولید شتاب‌نگاشت مصنوعی در مناطقی بدون داده‌های لرزه‌ای حرکت زمین، با در اختیار قراردادن حرکات شبه واقعی در رفع نیاز مهندسی نقش مهمی را ایفا می‌کند. بنابراین شتاب‌نگاشت مصنوعی تولید شده باید دارای انرژی، مدت زمان و محتوای فرکانسی منطقی باشد. به دلیل طبیعت پیچیده‌ی تولید امواج لرزه‌ای و مسیر انتشار آنها تا قبل از رسیدن به محل ثبت حرکت زمین، فرایندهای تصادفی برای تولید شتاب‌نگاشت بسیار مناسب و متداول است. مدل ایستای کانای-تاجیمی یک شاخه از همین روش تصادفی است.

مدل تعمیم یافته کانای-تاجیمی که بر پایه موج سفید ایستاست، در این تحقیق در تولید شتاب‌نگاشت استفاده شده است. در این مدل، از تکنیک حرکت پنجره زمانی، در محاسبه پارامترهای وابسته به زمان برگرفته از شتاب‌نگاشت واقعی استفاده می‌شود. این مدل برای چندین زلزله ایران به کار گرفته می‌شود. نشان داده می‌شود که مدل قادر خواهد بود که حالت غیرایستای شتاب‌نگاشت‌های واقعی انتخابی را منعکس کند.

در ادامه بر اساس تبدیل موجک، به تولید شتاب‌نگاشتی که طیف پاسخی منطبق بر طیف هدف داشته باشد، پرداخته می‌شود. شتاب‌نگاشت واقعی به تعدادی تاریخیچه زمانی تجزیه می‌شود و سپس هر یک از آنها به گونه‌ای که طیف پاسخ‌شان در پریود مشخص با طیف طرح سازگار گردد، با استفاده از ضریب سازگاری، همساز می‌شود. فرایند پیشنهادی در اصلاح شتاب‌نگاشت‌هایی با خصوصیات مختلف به گونه‌ای که طیف آنها با طیف طراحی پیشنهادی در آئین نامه طراحی لرزه‌ای ایران (استاندارد ۲۸۰۰) سازگار شود، مورد توجه قرار می‌گیرد.

کلید واژه: تولید شتاب‌نگاشت مصنوعی، مدل کانای - تاجیمی، اغتشاش سفید ایستای تبدیل موجک، انطباق طیفی، طیف پاسخ.

Abstract

Generation of artificial accelerograms through computer simulation Mehrnoosh Hajipour

In the design of critical facilities or major structures such as nuclear power plants, dams, or even high-rise buildings, the final design is usually based on a linear or nonlinear time-history analysis. So it is necessary to provide suitable input ground acceleration for this purpose. Iran strong motion network (ISMN) has started its activities since 1973, therefore, the availability of natural records' history is sometimes limited or impossible. For this reason the generation of synthetic accelerograms is important to provide engineers with reliable input excitations for sites with no strong ground motion data. Thus, simulated accelerograms must have realistic energy, duration, and frequency content. Due to the complex nature of the formation of seismic waves and their travel path before reaching the recording station, a stochastic approach may be most suitable for generating artificial accelerograms. Stationary Kanai-Tajimi model is a branch of this approach.

The generalized nonstationary Kanai-Tajimi model which is based on stationary Gaussian white noise process, is used in this thesis to describe and simulate the ground motion time histories. In this approach the moving time-window technique is used to evaluate the time varying parameters of the model using actual earthquake records. Application of the model for several Iranian earthquakes are presented. It is shown that the model is able to accurately capture the nonstationary features of these earthquake accelerograms.

A wavelet-based procedure is presented to generate an accelerogram whose response spectrum is compatible with a target spectrum. The actual ground acceleration is decomposed into a number of component time histories. Next, each of the time histories is appropriately scaled so that its response spectrum matches a specified design spectrum at selected periods. The proposed procedure is illustrated by modifying recorded accelerograms with different characteristics so that their spectra match a seismic design spectrum prescribed in the Iranian Code for seismic resistance design (standard No. 2800).

Keywords: Artificial Earthquake, Kanai-Tajimi Model, Stationary Gaussian White Noise, Wavelet Transform, Response Spectrum, Compatible Spectrum.

فصل اول؛

مقدمه‌ای بر شناخت زلزله و روشهای تولید آن

۱-۱- پیشگفتار

بی تردید زمین لرزه یکی از مؤثرترین پدیده‌های طبیعی در زندگی بشر می‌باشد. رویداد هزاران زمین لرزه در هر سال در نقاط مختلف گیتی و اثرات دیرپا و همیشه آسیب رسان آن به زندگی بشر امروزی باعث شده است تا اندیشمندان بسیاری در سراسر جهان به مطالعه جنبه‌های مختلف زمین لرزه پرداخته و راهکارهای مقابله با اثرات تخریبی آن را مورد شناسایی قرار دهند.

ماهیت تحمل ناپذیر و مصیبت بار این پدیده زمین باعث شده تا بشر از دیرباز زلزله را جز پدیده‌های ماورای طبیعی محسوب کند و آن را به خشم خدایان مرتبط سازد. بی‌تردید زمین لرزه جز محدود پدیده‌های طبیعی است که بشر تاکنون نتوانسته راهکار مناسبی در خصوص پیش‌بینی رویداد و مقابله با اثرات ویرانگر آن پیدا نماید. تاریخ مطالعه زمین‌لرزه به صدها سال پیش باز می‌گردد. شاید اولین قدم در شناخت این پدیده توسط مردم سرزمین چین، جایی که رویداد زمین لرزه همواره با تلفات بسیار بالایی همراه بوده، برداشته شده است [۱]. بی‌تردید اولین گام در تدوین راهکارهایی جهت مقابله با این قبیل پدیده‌های ویرانگر طبیعی، شناخت آنها و چگونگی تکوین و مسایل مرتبط با آنهاست.

ابعاد فاجعه بار اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی، سیاسی و... یک زلزله کوتاه مدت چند ثانیه‌ای می‌تواند حاکم بر سرنوشت چندین نسل باشد. بنابراین، طراحی سازه‌هایی که ایمنی لرزه‌ای کافی داشته‌باشد، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. برای طراحی یک سازه مقاوم در برابر زلزله، باید نیروهای وارد به سازه را مشخص کرد. نیروهایی که در طی عمر سازه به آن وارد می‌شوند، مسلماً به صورت دقیق قابل تعیین نیستند. از آنجایی که هزینه اجرای ساختمان و بنابراین توجیه اقتصادی پروژه، بستگی به یک طرح نهایی ایمن و با هزینه معقول دارد، برآورد واقع‌گرایانه از زلزله بسیار مهم است.

۱-۲- زمین لرزه چیست؟

ساده‌ترین تعریف از زمین لرزه را شاید بتوان به آزاد شدن ناگهانی انرژی ذخیره شده در سنگهای پوسته زمین اطلاق نمود [۲]. بدیهی است مدت زمان رهایی انرژی بیش از چند ده ثانیه یا حداکثر چند دقیقه نخواهد بود، و لیکن تجمع این انرژی در لایه‌های سخت زمین نیاز به سالیان درازی دارد.

در سال ۱۹۰۶ زمین لرزه ویرانگر شهر سان فرانسیسکو را در کالیفرنیا آمریکا ویران نمود و گسلش سطح با طولی نزدیک به ۴۰۰ کیلومتر ایجاد کرد. در پی این رویداد دانشمندی به نام رید^۱ نظریه‌ای به نام نظریه بازگشت الاستیکی^۲ را ارائه نمود [۳]. بر اساس این نظریه سنگهای دو طرف گسل در معرض افزایش تدریجی تنش قرار دارند این تنش دائمی منجر به

^۱ Reid

^۲ Elastic rebound theory

ایجاد خزش در سنگهای دو طرف گسل می‌گردد. نرخ این خزش می‌تواند در حد میلیمتر یا سانتی متر در سال باشد. در حالیکه در مقابل افزایش تدریجی تنش، تغییر شکل‌هایی در بلوک‌های طرفین گسل وجود خواهد داشت و لیکن این تغییر شکل‌ها تا زمانی که از مقاومت الاستیکی توده سنگ کمتر باشد ادامه یافته ولی در صورتی که تنش‌های ذخیره شده بیش از مقاومت الاستیکی سنگ گردد، ناگهان بلوک‌های دو طرف گسل برهم می‌لغزند و انرژی ذخیره شده آن به صورت امواج لرزه‌ای در تمام جهات آزاد می‌گردد. نظریه بازگشت الاستیکی رید، توجیه قابل قبولی برای رویداد زمین لرزه‌های کم عمق در سنگ‌های شکننده بود، ولی برای زمین لرزه‌های بسیار عمیق کاربرد نداشت.

نظریه تکتونیک صفحه‌ای که انقلابی در علوم زمین‌شناسی بوجود آورد، در اواسط دهه ۶۰ میلادی ارائه و به سؤالات بسیار زیادی که از سال ۱۹۱۲ در پی اعلام نظریه اشتقاق قاره‌ها توسط آلفرد وگنر، که اعتقاد داشت قاره‌های امروزی در میلیون‌ها سال پیش، به صورت یکپارچه بوده و بعدها از همدیگر جدا و فاصله گرفتند، پایان داد. بر اساس نظریه ساخت ورقه‌ای (تکتونیک صفحه‌ای)، لیتوسفر یا سنگ کره‌زمین از صفحات مجزا تشکیل یافته که این صفحات نسبت به یکدیگر در حال حرکت هستند. این ورقه‌های زمین‌ساختی بر روی گوشه بالایی کره زمین که حالت نیمه مذاب دارد، شناور هستند. صفحات پوسته به سه حالت عمده نسبت به یکدیگر در حرکت بوده که این سه حالت عبارتند از: حالت دور شونده، حالت نزدیک شونده و وضعیتی که صفحات در مجاورت یکدیگر حرکت می‌کنند. حرکت این صفحات به زیر یکدیگر یا در کنار هم باعث تجمع انرژی و نهایتاً بوجود آمدن زمین لرزه می‌گردد و با نگاهی به نقشه‌های تهیه شده از مراکز زمین لرزه‌های جهانی مشخص می‌گردد که اکثر زمین لرزه‌ها در مرز بین صفحات زمین‌ساختی روی می‌دهند؛ که در شکل‌های (۱-۱) و (۲-۱) به آن اشاره شده است.

زمین لرزه‌های زمین‌ساختی که در اثر حرکات صفحه‌های زمین‌ساختی به وقوع می‌پیوندند، یا به صورت بین صفحه‌ای هستند که در مرز صفحات زمین‌ساختی روی می‌دهند یا به صورت درون صفحه‌ای بوده که با فاصله نسبتاً زیادی از مرز صفحه‌ها رخ می‌دهند. بررسی‌های جدید نشان می‌دهند که مناطقی که محل کانون زمین لرزه‌های درون صفحه‌ای هستند خود در گذشته بسیار دور، مرز بین صفحه‌ها یا محل جدایش (حاشیه‌های غیرفعال) بوده‌اند. بیشتر زمین لرزه‌های رویداده در جهان از نوع تکتونیک می‌باشند. زمین لرزه‌های مرتبط با آتشفشان‌ها با عمق کانونی کم، و زمین لرزه‌های القایی که حاصل از دخالت انسان از جمله پر و خالی کردن سدهای بزرگ مثل آنچه که در سال ۱۹۷۶ در سد بزرگ کونیا در هند رخ داد، و یا انفجارات هسته‌ای، از دیگر اقسام زلزله است که در مقایسه با زلزله‌های تکتونیک از اهمیت کمتری برخوردار است.

در هر حال زلزله یک سیستم موج ارتعاشی است، که انتشار امواج در زمین به علت آزاد شدن مقدار زیادی انرژی ناشی از اغتشاش سریع در پوسته زمین و یا در قسمت‌های بالایی گوشته در مدت کوتاه می‌باشد. انواع موجهایی که از گسیختگی زمین حاصل می‌شوند عبارتند از: امواج حجمی یا اولیه که با P نشان داده می‌شوند و اثر آنها شبیه یک غرش صوتی است که باعث تکان دادن و به صدا درآمدن پنجره می‌شود؛ و امواج برشی یا ثانویه که با S نشان داده می‌شوند و باعث می‌شوند که تکانهای زمین، هم افقی و هم عمودی باشد و این امواج در تخریب سازه‌ها مؤثر است. شکل (۱-۳) به همین موضوع اشاره می‌کند.

سومین نوع از امواج زلزله موج سطحی نامیده می‌شود، زیرا حرکت آن محدود به نزدیک سطح زمین است، و خود به دو نوع لاول، که فاقد تغییر مکان قائم است و موج ریلی، با حرکتی عمودی و افقی در صفحه عمودی در امتداد مسیر حرکت موج، تقسیم می‌شود [۴]. سرعت امواج P، بیش‌تر از S بوده و با توجه به فاصله‌ی زمانی ورود دو موج به یک نقطه‌ی مشخص می‌توان فاصله‌ی یک نقطه تا منبع وقوع زلزله را تشخیص داد (شکل ۱-۴).

از جمله تعاریفی که بیش‌تر در زلزله‌شناسی وارد می‌شود، کانون زمین لرزه است، نقطه‌ای که شکستگی توده سنگ از آن آغاز و در واقع انرژی ذخیره شده از آنجا آزاد می‌گردد. درست در بالای کانون و بر روی سطح زمین نقطه‌ای قرار می‌گیرد که به آن مرکز زمین لرزه گفته می‌شود. فاصله بین این دو را عمق کانونی می‌نامند. گسل نیز معرف صفحه‌ای است که در طول آن حرکات زمین رخ می‌دهد و مبدأ حرکت و تکان زمین در یک زلزله از آن ناشی می‌شود. چندین نوع گسل در پوسته زمین وجود دارد که بعضی از آنها به حرکات موجود در مرز صفحات تکتونیک ارتباط دارند، که در شکل (۱-۵) به آن اشاره شده است.

۱-۳-۳- مقیاس اندازه‌گیری زمین لرزه

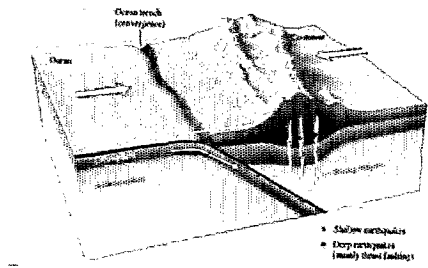
بی تردید شناخت پدیده‌ای مانند زمین لرزه بدون در دست داشتن روشهایی به منظور اندازه‌گیری کیفی و کمی آن غیر-ممکن است. از این رو دانشمندان در صدهای اخیر در پی تدوین مقیاس‌های اندازه‌گیری زمین لرزه بوده‌اند.

۱-۳-۳-۱- شدت زمین لرزه

قدیمی‌ترین معیار اندازه‌گیری زمین لرزه‌ها، شدت آن‌ها است. این مقیاس که معیاری کیفی بر اساس ارزیابی اثرات زمین-لرزه بر روی انسان و ساخته‌های دست بشر و خرابی‌ها است، یکی از مفیدترین روش‌های اندازه‌گیری زمین لرزه‌های تاریخی است. اولین بار در سال ۱۸۸۳ مقیاس شدتی به نام روسی- فورل تدوین شد که دارای ۱۰ درجه بود. در سال ۱۹۰۲ جوزپه مرکالی با توجه به مشکلات تشخیصی در مقیاس یاد شده، مقیاس شدت مرکالی را که دارای ۱۲ درجه بود ابداع نمود. مقیاس شدت مرکالی اصلاح شده در سال ۱۹۳۱ جایگزین مقیاس قدیمی مرکالی گردید و از آن پس به طور گسترده‌ای در آمریکای شمالی و سایر کشورها بکار گرفته شد. این مقیاس ۱۲ درجه‌ای با حروف اختصاری MMI نمایش داده می‌شود. از اوایل دهه نود میلادی کمیسیون زلزله‌شناسی اروپا تصمیم بر ارائه مقیاس جدید با عنوان European Macroseismic scale نمود، که این اولین مقیاس شدت زمین لرزه‌ای بود که به همراه دستورالعمل راهنمایی برای استفاده کنندگان ابداع شده بود. مقیاس هفت درجه‌ای دیگری در ژاپن مورد استفاده قرار گرفت که با نام اختصاری JMA شناخته شد.

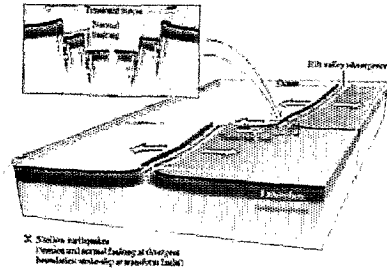
این ارزیابی‌ها بر اساس بازدید کارشناسان و جمع‌آوری اثرات رویداد بر بشر و ساخته‌های دست او صورت گرفت. با برآورد شدت در هر منطقه و با وصل کردن نقاط هم‌شدت، منحنی‌هایی با نام منحنی هم‌شدت لرزه‌ای حاصل شد که از روی آن نحوه کاهش شدت و میرایی با افزایش فاصله از مرکز سطحی زمین لرزه قابل دریافت بود [۴].

Plate Tectonics: Details in Subduction Zone



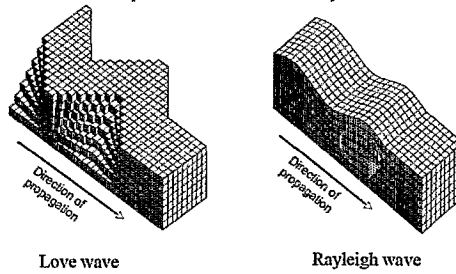
شکل ۱-۲ - جزئیات در مورد فرورفتگی ها

Plate Tectonics: Driving Mechanism



شکل ۱-۱ - نمایش تکتونیک صفحه ای

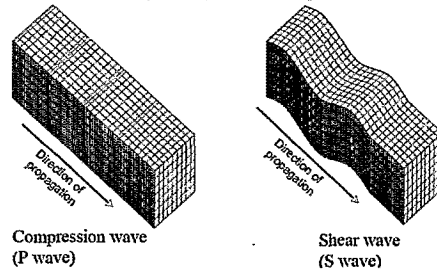
Seismic Wave Forms (Surface Waves)



Love wave

Rayleigh wave

Seismic Wave Forms (Body Waves)

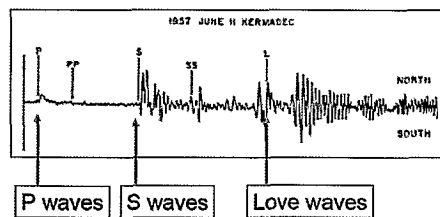


Compression wave (P wave)

Shear wave (S wave)

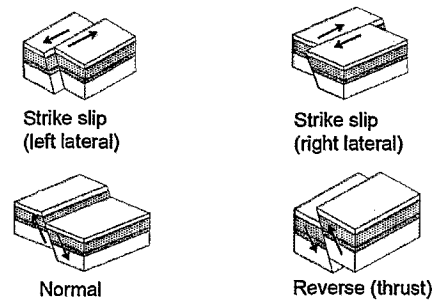
شکل ۱-۳ - مسیر انتشار امواج حجمی و سطحی ناشی از زلزله

Arrival of Seismic Waves



شکل ۱-۴ - نحوه رسیدن امواج زلزله

Types of Faults



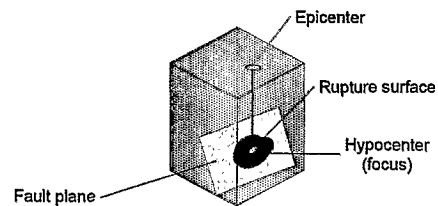
Strike slip (left lateral)

Strike slip (right lateral)

Normal

Reverse (thrust)

Faults and Fault Rupture



شکل ۱-۵ - شکل گسل و انواع آن

۱-۳-۲- بزرگی زلزله

برای مقایسه اندازه‌ی زلزله‌ها در تمام دنیا، باید معیاری وجود داشته باشد که به تعداد جمعیت و نوع ساختمان بستگی نداشته باشد. یک مقیاس عددی صریح که بتوان از آن هم در مناطق مسکونی و هم خالی از سکنه استفاده کرد، توسط چارلز ریشر در سال ۱۹۳۵ در کالیفرنیا تدوین شد. ریشر بزرگی یک زلزله‌ی محلی (M_L) را به صورت لگاریتم در مبنای ده پیشینه دامنه‌ی موج زلزله بر حسب میکرون که بوسیله‌ی یک زلزله‌نگار وود-آندرسن در فاصله‌ی ۱۰۰ کیلومتری از مرکز زلزله ثبت شده است، تعریف کرد. این بدان معنی است که هرگاه بزرگی یک واحد افزایش یابد، دامنه‌ی امواج زلزله ده برابر می‌شود.

از تعریف بزرگی زلزله نتیجه گرفته می‌شود که مقدار آن به طور نظری دارای هیچ گونه حد بالا یا پایین نیست. اما اندازه‌ی یک زلزله به خاطر مقاومت سنگ‌های پوسته‌ی زمین دارای حد بالاست. از سال ۱۹۳۵، فقط تعداد اندکی زلزله با بزرگی بیشتر از ۸٫۰ توسط لرزه نگارها ثبت شده‌اند. در حالت کلی زلزله‌های سطحی باید به بزرگی بیشتر از ۵/۵ در مقیاس ریشر برسند تا بتوانند ایجاد خرابی زیاد در نزدیک منبع زلزله کنند.

در آغاز، فکر موجود در مقیاس بزرگی محلی ریشر (M_L) چندان فراگیر نبود و در واقع برای کالیفرنیا جنوبی، زلزله-های سطحی و فواصل کمتر از تقریباً ۶۰۰ کیلومتر از مرکز زلزله تعریف شده بود. امروزه این روش برای کاربرد در انواع مختلف لرزه‌نگارهای سرتاسر دنیا تعمیم داده شده است.

انواع مقیاس‌های بزرگی [۴]، براساس فرمول بندیهای مختلف برای فاصله از مرکز و راههای انتخاب یک دامنه‌ی موج مناسب، ارائه شده‌اند:

▪ **بزرگی موج سطحی (M_s):** گوتنبرگ بر اساس برآورد دامنه‌ی امواج سطحی با زمان تناوب حدود ۲۰ ثانیه مربوط به زلزله‌های با فواصل بیشتر از ۲۰۰۰ کیلومتر از مرکز زلزله، این مقیاس بزرگی را تعریف نمود. این تعریف برای زلزله‌های با بزرگی بین ۵٫۵-۷٫۵ به کار می‌رود.

▪ **بزرگی موج حجمی (m_b):** زلزله‌های با کانون عمیق فقط مقدار کم یا بسیار ناچیز از امواج سطحی را ایجاد می‌کنند. بنابراین، در زلزله‌شناسی رسم بر این است که دامنه موج P را که عمق کانونی زلزله در آن بی‌تأثیر است، در نظر می‌گیرند و بزرگی را بر اساس موج P (m_b) تعیین می‌کنند. این تعریف برای زلزله‌هایی با بزرگی بین ۳-۷ به کار می‌رود.

▪ **بزرگی مدت زمان (M_D):** این مقیاس بزرگی برای برآورد سریع زلزله‌های کوچک ($M_L \leq 3$) به طور گسترده مورد استفاده واقع شده است. در این روش بر اساس مدت زمان کل وقوع یک زلزله بر حسب ثانیه، مقداری به عنوان بزرگی به آن نسبت داده می‌شود.

▪ **بزرگی گشتاور (M_w):** به خاطر ناتوانی زیاد M_L ، m_b ، و ناتوانی کمتر M_s در تمایز بین زلزله‌های بزرگ، مقیاس بزرگی گشتاور پیشنهاد شد. این مقیاس بر اساس گشتاور زلزله، M_o ، که به طور مستقیم با انرژی آزاد

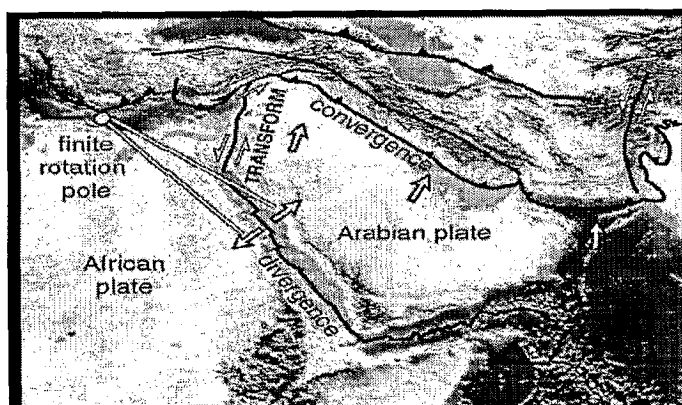
شده در هنگام وقوع زلزله مرتبط است، تعریف شده است. در واقع این مقیاس برای زلزله‌های بزرگتر از ۷٫۵ که در آن زمین از موج اشباع شده، تعریف شده است.

۴-۱- لرزه خیزی ایران

بی‌تردید سرزمین ایران یکی از فعالترین مناطق لرزه‌خیز دنیا محسوب می‌شود. موقعیت زمین ساختی این پهنه به صورتی است که به طور مداوم تحت تأثیر تنش‌های وارده ناشی از بازشدگی بستر دریای سرخ و فشار وارده از سوی صفحه عربی می‌باشد. با نگاهی به نقشه لرزه زمین‌ساختی خاورمیانه مشخص است که موقعیت ایران به صورت یک پهنه تحت فشار مابین صفحه توران در شمال و صفحه عربی در جنوب می‌باشد.

در طول نئوژن و کواترنر (دوران اخیر زمین شناسی) صفحه عربستان مجموعاً ۷۰۰ کیلومتر به طرف شمالشرق حرکت کرده که موجب ۵۰۰ کیلومتر کوتاه شدگی در کپه داغ، البرز و ایران مرکزی و ۲۰۰ کیلومتر کوتاه شدگی در زاگرس گردیده است.

بررسی روندهای زمین ساختی موجود در فلات ایران نشان‌دهنده وجود سه جهت گیری کلی می‌باشد که عبارتند از جهت شمالغرب و جنوب شرق، جهت شمال شرق - جنوب غرب و جهت شمالی - جنوبی که گسل‌های واجد جهات نوع اول و سوم تحت تأثیر جابجایی‌های امتداد راستگرد و گسل‌های واجد جهت نوع دوم تحت تأثیر جابجایی چپ گرد هستند. بی‌تردید مجموعه گسل‌های فعالی که در پهنه زمین ساختی ایران قرار دارند قادر به بوجود آوردن زمین لرزه‌های ویرانگری می‌باشند.



شکل ۱-۶ - نقشه موقعیت ایران در تکتونیک خاورمیانه.

رویداد زمین لرزه‌های ویرانگری نظیر زلزله ۱۹۸۶ دشت بیاض خراسان، ۱۹۷۸ طبس خراسان، ۱۹۸۱ گلباف کرمان، ۱۹۹۰ رودبار منجیل و ۱۹۹۷ زیرکوه قائنات و زمین لرزه‌های اخیر مناطق بم و کجور مازندران نشان می‌دهد که فلات ایران ناحیه‌ای به شدت پویاست و بی‌گمان تکرار این زمین لرزه‌های ویرانگر در آینده‌ای نه چندان دور در نقاط مختلف ایران محتمل می‌باشد.