

دانشگاه گیلان

مرکز تحقیقات زمین لرزه شناسی

عنوان

ارزیابی اثرات منبع، مسیر و ساختگاه با استفاده از پنجره موج برشی داده های

شتابنگاشت

(مطالعه موردی در ناحیه کرمان)

دانشجو

بنت الهدی گرامی صادقیان

استاد راهنما

دکتر حسین صادقی

دکتر محمد رضا قیطانچی

استاد مشاور

دکتر کیوان حسینی

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

تیر ۱۳۸۸

چکیده

در این تحقیق پارامتر های منبع، مسیر و ساختگاه با استفاده از داده های شتابنگاشت در ایستگاه های شتابنگاری استان کرمان که در خلال سالهای ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۷ ثبت شده بودند، بدست آمد. تعداد ۲۷۰ رکورد ناشی از ۱۲۰ رخداد لرزه ای که در ۲۸ ایستگاه ثبت شده و فاصله هیپوسانتری کمتر از ۷۰ کیلومتر داشتند انتخاب شد. با استفاده از پنجره موج برشی داده های شتابنگاشت و در نظر گرفتن ایستگاه بم بعنوان ایستگاه مرجع، پارامتر های منبع، مسیر و ساختگاه با استفاده از روش معکوس خطی تخمین زده شد.

طیف بدست آمده برای اثر چشمه تطابق خوبی با طیف مدل ω^2 داشت. مقدار بدست آمده برای اثر مسیر بصورت حاصلضرب انتشار هندسی در فاکتور کیفیت در نظر گرفته شد و فاکتور انتشار هندسی یک در نظر گرفته شد. با برازش مقدار بدست آمده برای فاکتور کیفیت با تابع $Q_0 f^n$ مقادیر Q_0 و n تخمین زده شدند. اثر ساختگاه در ایستگاه هایی که به فاصله کمی از یکدیگر قرار گرفته و شرایط زمین شناسی مشابهی داشتند تقویت ساختگاه و فرکانس غالب مشابهی را نشان می داد.

در ادامه اثر ساختگاه با استفاده از روش *HVSR* محاسبه شد. داده هایی با نسبت سیگنال به نوفه بالا برای این روش انتخاب شد. اثر ساختگاه بدست آمده از دو روش در بازه فرکانسی ۲ تا ۸ هرتز در اکثر ایستگاه ها از نظر فرکانس و دامنه تقویت تطابق نسبتاً مناسبی داشتند.

فهرست مطالب

شرح	صفحه
مقدمه.....	۱
۱-۱-مقدمه.....	۳
۲-۱-زمین شناسی عمومی استان کرمان:.....	۴
۱-۲-۱-موقعیت جغرافیایی.....	۵
۳-۱-زمین شناسی ناحیه ای استان کرمان.....	۶
۴-۱-گسل های اصلی پیرامون کرمان.....	۶
۵-۱-شبکه شتابنگاری استان کرمان.....	۹
۱-۵-۱-زمین لرزه ۲۳ اسفند ۱۳۷۶ گلباف.....	۱۲
۲-۵-۱-زمینلرزه ۵ دیماه ۱۳۸۲ بم.....	۱۴
۳-۵-۱-زمین لرزه ۴ اسفند ۱۳۸۳ شرق- جنوب شرق زرنند کرمان (حتکن- داهوئیه).....	۱۸
۴-۵-۱-تاریخچه لرزه خیزی گستره کرمان.....	۲۱
۱-۲-مقدمه.....	۲۶
۲-۲-روشهای مطالعه اثر ساختگاه.....	۲۷
۱-۲-۲-روش نسبت طیفی استاندارد.....	۲۸
۲-۲-۲-نسبت دامنه طیف افقی به قائم (HVSJ) :.....	۲۹
۳-۲-۲-روش معکوس.....	۳۲
۱-۳-۲-۲-مقدمه ای بر مسائل معکوس.....	۳۲
۲-۳-۲-۲-مسائل معکوس خطی.....	۳۵
۳-۳-۲-۲-معکوس عمومی.....	۴۵
۴-۳-۲-۲-Singular Value Decomposition.....	۴۸
۵-۳-۲-۲-روش استفاده شده در مطالعه حاضر.....	۵۰
۵-۲-طبقه بندی اثرات ساختگاهی:.....	۵۲
۱-۵-۲-طبقه بندی های ارائه شده در ایران:.....	۵۳
۲-۵-۲-نتیجه گیری:.....	۵۸
۱-۳-مقدمه.....	۶۰
۲-۳-مدل های چشمه کنماتیک.....	۶۱
۳-۳-مدل چشمه هسکل.....	۶۴
۵-۳-جمع شدگی، انتشار و تغییر جهت گسل.....	۷۱
۶-۳-فاکتور چشمه.....	۷۳
۷-۳-طیف چشمه با دو فرکانس گوشه :.....	۷۷

شرح	صفحه
۱-۴- زلزله شناسی حرکات قوی	۸۲
۲-۴- شبکه شتاب نگاری کشور	۸۲
۳-۴- دستگاه شتابنگار $SSA - 2$	۸۳
۴-۴- هدف پردازش داده	۸۴
۵-۴- تصحیحات دستگاهی	۸۵
۶-۴- تصحیح خط مبنا	۸۵
۱-۶-۴- تصحیح خط مبنا طی چند مرحله	۸۷
۷-۴- <i>Taper</i>	۸۹
۸-۴- اضافه کردن صفر	۹۳
۹-۴- انتقال به حوزه فرکانس	۹۴
۱۰-۴- فیلتر زدن	۹۵
۱-۱۰-۴- انتخاب فیلتر	۹۷
۲-۱۰-۴- فیلتر علی و غیر علی	۹۷
۳-۱۰-۴- انتخاب فرکانس گوشه	۹۹
۵-۱۰-۴- فیلتر باترورث	۱۰۴
۲-۱۰-۴- فیلتر پایین گذر	۱۰۶
۳-۱۰-۴- فیلتر بالا گذر	۱۰۷
۱۱-۴- سرعت و جابجایی	۱۰۹
۱-۵- مقدمه	۱۱۲
۲-۵- نحوه انتخاب رکورد های زلزله برای روش معکوس:	۱۱۲
۳-۵- روش معکوس	۱۱۳
۱-۳-۵- اثر ساختگاه	۱۱۵
۲-۳-۵- فاکتور کیفیت	۱۲۵
۳-۳-۵- اثر چشمه	۱۲۸
۴-۵- محاسبه اثر ساختگاه با استفاده از روش نسبت طیفی	۱۳۰
نتیجه گیری	۱۴۸
پیشنهادات	۱۴۹
منابع	۱۵۱

فهرست اشکال

شرح	صفحه
شکل ۱-۱. نقشه استان کرمان.....	۳
شکل ۲-۱. نقشه گسل های منطقه <i>Walker and Jackson (2001)</i>	۷
شکل ۳-۱. ایستگاه های استان کرمان.....	۱۲
شکل ۴-۱: پهنه رو مرکزی زلزله بم. شکل مربوط به سایت ساختمان مسکن و تحقیقات می باشد.....	۱۵
شکل ۵-۱. تصاویر دو بعدی و سه بعدی که نشاندهنده الگوی نردبانی گسل بم می باشد <i>Fu. et al., (2004)</i>	۱۷
شکل ۶-۱. توزیع مراکز کانونی پس لرزه ها و روند گسله زمین لرزه بم <i>(Nakamura et al., 2004)</i>	۱۸
شکل ۷-۱: پهنه رو مرکزی زلزله ۸۳/۱۲/۴ زرد در شمال غرب کرمان. شکل مربوط به سایت ساختمان مسکن و تحقیقات می باشد.....	۱۹
شکل ۸-۱: رویدادهای لرزه ای ثبت شده در پهنه استان کرمان لغایت ۸۴/۲/۲۵. دایره های آبی رنگ رویدادهای لرزه ای قبل از تاریخ ۸۳/۱۲/۴ و دایره های قرمز رنگ رویدادهای لرزه ای پس از ۸۳/۱۲/۴ را نشان می دهند.....	۲۰
شکل ۱-۲. فرایند معکوس سازی.....	۳۳
شکل ۲-۲. الف) خط راست (z, d) برازش شده به داده ها از روش کمترین مربعات ب) خط e_i در هر داده بین نقطه برازش شده و داده موجود متفاوت می باشد: $e_i = d_i^{obs} - d_i^{pre}$	۳۷
شکل ۳-۲. خط مستقیم با استفاده از مقیاس L_1 ، L_2 و L_∞ به داده ها برازش شده. مشاهده می شود که L_1 کمترین وزن را به داده <i>outlier</i> می دهد.....	۳۸
شکل ۴-۲. برازش خط مستقیم به یک داده. مشاهده می شود که خطای پیش بینی شده برای هر مورد صفر است $E = 0$ و بینهایت خط می توان به داده مزبور برازش کرد.....	۴۱
شکل ۵-۲. بدست آوردن مقدار m^{est} . مشاهده می شود که بهترین تخمین m^{est} در مینیمم $E(m)$ اتفاق می افتد. چنانچه مینیمم دارای پهنای کم باشد، با تغییرات کم در $E(m)$ تغییرات کمی خطای Δm در m بدست می آید. ب) اگر در مجاورت مینیمم پهنای زیاد باشد، مقدار خطای زیادی در m مشاهده می دهد.....	۴۴
شکل ۶-۲. ماتریس دقت داده N ، دقت پیش بینی داده ها را نشان می دهد. اگر پهنای ماکزیمم نشان داده شده روی قطر اصلی ماتریس (با خط چین نشان داده شده است) کم باشد نشان می دهد داده ها به خوبی پیش بینی شده اند.....	۴۶
شکل ۷-۲. ماتریس دقت پارامترهای مدل R ، چگونگی دقت پارامترهای مدل پیش بینی شده را نشان می دهد. اگر پهنای پیک نشان داده شده روی قطر اصلی ماتریس (با خط چین نشان داده شده است) کم باشد نشان دهنده دقت خوب در پیش بینی پارامترهای مدل می باشد.....	۴۷
شکل ۸-۲. الف) روش کمترین مربعات که برای برازش یک خط مستقیم به داده ها تصحیح نشده با واریانس مساوی که به دو صورت متفاوت توزیع شده اند را نشان میدهد. خط های عمودی مقدار خطا را نشان می دهند. از آنجایی که داده ها به خوبی توزیع نشده اند واریانس شیب و عرض از مبدا زیاد می باشد (که با دو خط متفاوت نشان داده شده است). ب) مشابه حالت (الف) است با این تفاوت که داده ها روی محور Z به خوبی توزیع شده اند. گر چه واریانس داده ها در دو حالت مساوی است با این حال شیب و عرض از مبدا در حالت (ب) دارای واریانس کمتری می باشد.....	۴۸
شکل ۹-۲. ماتریس مربوط به رابطه ۲-۵۴.....	۵۱
شکل ۱-۳. رکورد شتاب حاصل از یک زلزله که در فواصل مختلف ثبت شده است.....	۶۱
شکل ۲-۳. نمایش تغییرات فرکانس گوشه شکل (۳-۱).....	۶۲

شرح	صفحه
شکل ۳-۳. یک مدل چشمه به طول L ، با جابجایی Δu در راستای \hat{y} که باعث جابجایی الاستیک u در x_i شده است.	۶۲
شکل ۳-۴. مدل نمایی چشمه هسکل و نمودار جابجایی نسبت به زمان	۶۴
شکل ۳-۵. مدل راست گوشه چشمه هسکل	۶۵
شکل ۳-۶. تابع $\sin X / X$	۶۶
شکل ۳-۷. اثرات جهت انتشار روی الگوی انتشار امواج P	۶۷
شکل ۳-۸. شکل طیف دامنه امواج لرزه ای برای یک گسل با ابعاد محدود بصورت تابعی از فرکانس	۶۷
شکل ۳-۹. مدل چشمه دایره ای برون	۶۹
شکل ۳-۱۰. مدل برون برای یک گسل دایره ای	۷۰
شکل ۳-۱۱. لغزش بصورت تابعی از زمان و جابجایی از مدل گسل <i>Savage</i> از آغاز تا انتهای گسیختگی را نشان می دهد.	۷۲
شکل ۳-۱۲. مدل چشمه بصورت تابعی از سرعت لغزش از آغاز تا انتهای گسیختگی	۷۳
شکل ۳-۱۳. طیف دامنه فوریه یک رکورد ثبت شده	۷۴
شکل ۳-۱۴. مدل انتشار چشمه برون	۷۴
شکل ۳-۱۵. تابع $M_0(t)$ بصورت تابعی از زمان	۷۶
شکل ۴-۱. نقشه شبکه شتاب نگاری کشور. شتابنگارهای آنالوگ با مثلث و شتابنگار های دیجیتال با مربع نشان داده شده اند (میرزایی و همکاران ۲۰۰۵).	۸۳
شکل ۴-۲. دستگاه شتابنگاری $SSA-2$	۸۴
شکل ۳. مقدار انحراف از خط $y = 0$ که در سرعت و جابجایی حاصل از انتگرالگیری از شتابنگاشت که دارای مقدار جابجایی a_0 که در زمان $t = 20$ در نظر گرفته شده است.	۸۶
شکل ۴-۴. مقادیر سرعت و جابجایی که بعد از اعمال تصحیح خط مبنا بدست آمده است (Boore, et al., 2002).	۸۷
شکل ۴-۵. سمت چپ شکل تصحیح خط مبنا با استفاده از تابع درجه دو که با خط چین نشان داده شده است و تصحیح خط مبنا بصورت خطی طی دو مرحله از زمان t_1 تا t_2 و از t_2 تا انتهای رکورد اعمال می شود که t_2 یکبار ۳۰ ثانیه و یکبار ۷۰ ثانیه در نظر گرفته می شود. سمت راست شکل مربوط به مشتق توابع بکار رفته می باشد خط چین مربوط به مشتق تابع درجه دو است و مقدار a_m مربوط به شیب خط بین زمان t_1 و t_2 و a_f مربوط به شیب خط پس از زمان t_2 می باشد (Boore and Bommer 2005).	۸۸
شکل ۴-۶. جابجایی حاصل از دو بار انتگرالگیری مولفه <i>east - west</i> شتابنگاشت، بعد از برداشتن مقدار میانگین، که در ایستگاه <i>TCU129</i> در طی زلزله <i>1999 Chi - Chi</i> ثبت شده به ازای تصحیح خط مبنا متفاوت که در شکل ۴-۵ نشان داده شده است را نشان میدهد (Boore and Bommer 2005).	۸۸
شکل ۴-۷. رکورد جابجایی حاصل از دو بار انتگرالگیری از شتابنگاشت بدون اعمال تیپر.	۸۹
شکل ۴-۸. رکورد شکل ۴-۷ حاصل از دو بار انتگرالگیری از شتابنگاشت با اضافه کردن صفر بدون اعمال تیپر	۸۹
شکل ۴-۹. مولفه جابجایی بدون اعمال تیپر و به ازای اعمال تیپر ۲۰،۱۰ و ۳۰ ثانیه را نشان میدهد.	۹۰
شکل ۴-۱۰. مولفه جابجایی بدون اعمال تیپر و به ازای اعمال تیپر ۲۰،۱۰ و ۳۰ ثانیه و اضافه کردن صفر به ابتدا و انتهای رکورد، را نشان میدهد.	۹۱
شکل ۴-۱۱. یک نوع از تیپر که در معادله ۴ و ۵ داده شده است.	۹۲

- شکل ۴-۱۲. در این شکل در حالت اول به رکورد صفر اضافه نشده و در حالت دوم صفر اضافه شده بدون اعمال تیپر و در حالت سوم صفرهای اضافه شده قسمت انتهایی رکورد صفر شده است و در حالت چهارم هم به اندازه کافی صفر اضافه شده و هم از تیپر استفاده شده است (Converse and Brady 1992)..... ۹۳
- شکل ۴-۱۳. رکورد پردازش شده به ازای دو مقدار *nroll* متفاوت..... ۹۴
- شکل ۴-۱۴. مکانیزم بکار بردن فیلتر را نشان میدهد..... ۹۵
- شکل ۴-۱۵. شتاب، سرعت و جابجایی از رکورد آنالوگ (سمت چپ تصویر) و دیجیتال (سمت راست تصویر)، که قبل از پردازش (برداشتن مقدار میانگین از رکورد و تصحیح خط مبنا) با رنگ خاکستری رسم شده است. بعد از اعمال فیلتر با رنگ مشکی نمایش داده می شود (Boore and Bommer(2005)..... ۹۶
- شکل ۴-۱۶. جابجایی بدست آمده به ازای انتخاب پارامترهای مختلف برای فیلتر اعمال شده (Boore and Bommer 2005)..... ۹۶
- شکل ۴-۱۷. طول صفرهای لازم در حوزه زمان که توسط Converse, Brady(1992) برای یک فیلتر باترورث غیر علی، پیشنهاد شده است. تعداد صفرهای لازم که تابعی از درجه فیلتر می باشد به ازای سه مقدار متفاوت فرکانس گوشه نشان داده شده است (Boore, 2005)..... ۹۸
- شکل ۴-۱۸. شتاب، سرعت و جابجایی بدست آمده از مولفه شتابنگاشت در ایستگاه در طی زلزله، که اهمیت اضافه کردن صفر در پردازش داده های شتابنگاشت را نشان میدهد. در سمت راست تصویر رکورد را بدون اضافه کردن صفر انتگرالگیری می کنیم و در سمت چپ تصویر جابجایی و سرعت بعد از اضافه کردن صفر بدست آمده است (Boore, (2005)..... ۹۹
- شکل ۴-۱۹. طیف دامنه شتاب که به ازای سه مقدار متفاوت فرکانس گوشه بدست آمده است. همچنین یک تابع تئوری در فرکانس های پایین برای یک مدل با یک فرکانس گوشه رسم شده است (Boore and Bommer(2005)..... ۱۰۰
- شکل ۴-۲۰. شتاب، سرعت و جابجایی بدست آمده برای سه مقدار متفاوت فرکانس گوشه. تابع فیلتر نشده با رنگ خاکستری نشان داده شده است (Boore and Bommer(2005)..... ۱۰۱
- شکل ۴-۲۱. جابجایی به دست آمده از پردازش شتابنگاشت با فیلترهای علی و غیر علی برای دو ایستگاه HEC و 530 نشان داده شده است (Boore and Akkar, (2003)..... ۱۰۲
- شکل ۴-۲۲. که مربوط به شتابنگاشت مولفه NS که در ایستگاه TCU068 از زلزله 1999 Chi-Chi earthquake ثبت شده. برای دو فیلتر علی (بالا) و غیر علی (پایین) که با پرپود گوشه ۱۰۰، ۵۰، ۲۵ و ۱۲ ثانیه اعمال شده اند. خطوط خاکستری حالت بدون اعمال فیلتر را نشان می دهد..... ۱۰۳
- شکل ۴-۲۳. که مربوط به سرعت، بدست آمده از انتگرالگیری از شتاب (که با فیلتر علی (بالا) و غیر علی (پایین) که با پرپود گوشه ۱۰۰، ۵۰، ۲۵ و ۱۲ ثانیه تصحیح شده. خطوط خاکستری حالت بدون اعمال فیلتر را نشان می دهد). مولفه NS که در ایستگاه TCU068 از زلزله 1999 Chi-Chi earthquake ثبت شده..... ۱۰۳
- شکل ۴-۲۴. که مربوط به جابجایی، بدست آمده از انتگرالگیری از سرعت مولفه NS که در ایستگاه TCU068 از زلزله 1999 Chi-Chi earthquake ثبت شده. برای دو فیلتر علی (بالا) و غیر علی (پایین) که با پرپود گوشه ۱۰۰، ۵۰، ۲۵ و ۱۲ ثانیه اعمال شده اند. خطوط خاکستری حالت بدون اعمال فیلتر را نشان می دهد..... ۱۰۴
- شکل ۴-۲۵. نمودار سه فیلتر چپی شف، باترورث و بسل بر حسب تابعی از فرکانس..... ۱۰۵
- شکل ۴-۲۶. نمودار دو تابع علی و غیر علی در حوزه زمان (بالا) و در حوزه فرکانس بصورت دامنه (پایین سمت چپ) و فاز (پایین سمت راست) (Boore, (2005)..... ۱۰۶
- شکل ۴-۲۷. اثر فیلتر بالا گذر..... ۱۰۷
- شکل ۴-۲۸. یک فیلتر باترورث بالا گذر بصورت تابعی از فرکانس و زمان را نشان میدهد. فرکانس مرکزی این..... ۱۰۷

شرح	صفحه
شکل ۴-۲۹. شتاب، جابجایی و سرعت بدست آمده بعد از اعمال فیلتر	۱۱۰
شکل ۵-۱. تعیین فاز S	۱۱۴
شکل ۵-۲. اثر ساختگاه بدست آمده از روش معکوس	۱۱۶
اثر ساختگاه بدست آمده از روش معکوس (ادامه)	۱۱۷
شکل ۵-۴. مناطق در نظر گرفته شده برای تعیین فاکتور کیفیت	۱۲۶
شکل ۵-۵. عکس فاکتور کیفیت برای مناطق نشان داده شده در شکل ۵-۲ و همچنین میانگین منطقه یک و منطقه دو	۱۲۷
شکل ۵-۶. عکس فاکتور کیفیت بدست آمده برای کل منطقه که به تابع $Q_s(f) = Q_0 f^\alpha$ برازش شده است ...	۱۲۸
شکل ۵-۷. طیف چشمه بدست آمده توسط روش معکوس برای ۴ زلزله انتخاب شده	۱۲۹
شکل ۵-۸. مراحل انجام روش نسبت طیفی	۱۳۲
شکل ۵-۹. اثر ساختگاه بدست آمده از روش نسبت طیفی	۱۳۳
شکل ۵-۱۰. مقایسه اثر ساختگاه بدست آمده از دو روش معکوس و نسبت طیفی	۱۴۳

فهرست جداول

صفحه	شرح
۹	جدول ۱-۱. ایستگاه های شتاب نگاری استان کرمان.....
۳۰	جدول ۱-۲. اثر ساختگاه بدست آمده از روش نسبت طیفی.....
۵۴	جدول ۲-۲. طبقه بندی ساختگاهی (UBC, 1997).....
۵۵	جدول ۲-۳. طبقه بندی ژئوتکنیکی (Abrahamson and Bray (1999).....
۵۶	جدول ۲-۴. طبقه بندی آیین نامه ۲۸۰۰ ایران.....
۵۷	جدول ۲-۵. طبقه بندی زارع.....
۵۷	جدول ۲-۶. طبقه بندی کمک پناه.....
۷۹	جدول ۳-۱. مقادیر S_a و S_b بر اساس مدل های متفاوت.....
۸۰	جدول ۳-۲. مقادیر f_a ، f_b و ε بر اساس مدل های متفاوت.....

مقدمه

زلزله‌ها از جمله اسفناک‌ترین و پرهزینه‌ترین بلایای طبیعی هستند. با رشد شهرنشینی در نواحی لرزه‌خیز، آسیب‌پذیری در برابر اثرات زلزله‌ها نیز در حال افزایش است. تلفات جانی و آسیب‌های وارد شده به ساختمان‌ها، شریان‌های حیاتی و تأسیسات مهم، تأثیرات مادی و معنوی بسیاری در مناطق زلزله‌زده به جای می‌گذارد. این اثرات اجتماعی و اقتصادی را می‌توان با اقداماتی نظیر برآورد جامعی از خطرات زلزله در نتیجه ایجاد آگاهی عمومی و تدوین آیین‌نامه‌های ساختمانی کم‌نقص‌تر کاهش داد.

علیرغم تمامی پیشرفت‌ها در زمینه‌های علمی بعثت ماهیت پیچیده زمین، پیش‌بینی زلزله امکان‌پذیر نمی‌باشد. با وجود عدم اقبال در زمینه پیش‌بینی زلزله‌ها پیشرفت‌های شگرفی در زمینه مقاوم‌سازی سازه‌ها صورت گرفته است و در بسیاری از نقاط جهان سازه‌ها تحمل زلزله‌ها بزرگی ۷ را دارند.

در توزیع رقومی تعداد زمین‌لرزه‌ها در جهان ۱۵٪ کل زمین‌لرزه‌ها در کمربند آلپ-همیالیا رخ داده است که ایران نیز بخشی از این کمربند کوهستانی است. ضمن اینکه بسیاری از شهرهای مهم ایران از جمله تهران، در معرض آسیب جدی می‌باشند.

نگاشت‌های ثبت‌شده در سطح زمین منعکس‌کننده شرایط منشا زلزله، خصوصیات مسیر عبور موج از منشا تا ایستگاه و همچنین اثرات زمین‌شناسی محلی در محل ایستگاه می‌باشد. بررسی خسارات ناشی از زلزله‌های اخیر نشان می‌دهد که شرایط ساختگاه تأثیر بسزایی بر حرکت زمین دارند. با استفاده از نتایج تحلیل اثر ساختگاه می‌توان اثر پارامترهای دینامیکی رسوبات سطحی را بر مشخصات حرکات توانمند زمین محاسبه نمود.

بدین منظور رساله حاضر به ارزیابی اثر ساختگاه در استان کرمان که در سالهای اخیر از زلزله‌خیزترین نقاط کشور بوده و زمین‌لرزه‌های مخربی را تجربه کرده است می‌پردازد.

فصل اول

بررسی لرزه خیزی استان کرمان

۱-۱- مقدمه

استان کرمان با مساحت ۱۸۵۶۷۵ کیلومتر مربع در جبهه جنوب شرقی کشور قرار دارد. جمعیت این استان بر اساس سرشماری سال ۱۳۷۵ بالغ بر ۲ میلیون نفر گزارش شده است. این استان از شمال به استان خراسان جنوبی و یزد، از شرق به سیستان و بلوچستان، از جنوب به استان هرمزگان و از غرب به استان فارس و یزد محدود می شود. (مطالب این فصل به طور عمده از سایت سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور برگرفته شده است WWW.GSI.IR)



شکل ۱-۱. نقشه استان کرمان

منطقه کرمان از مناطق عمده باستانی کشور است که سابقه اسکان و زندگی در آن به هزاران سال قبل و همزمان با مهاجرت نخستین اقوام آریایی به ایران، باز می گردد. در متون تاریخی یونان که از آریایی ها و سلاطین هخامنشی آنان سخن به میان آورده، از کرمان و سکران و سیستان به

عنوان ساپراپ ها و ایالات شرقی ایران نام برده شده است. در دوره هخامنشیان جاده شاهی و راه ابریشم از استخر و شهر پارسه (پرسپولیس) به یزد و کرمان و سیستان ادامه داشت و تا هندوستان کشیده می شد.

می توان با اطمینان و بر مبنای گزارشات تاریخی گفت که سابقه سکونت و شهرنشینی در منطقه کرمان به چندین هزار سال قبل بر می گردد.

در دوره معاصر در نخستین تقسیمات کشوری که برای ایران، در دوران قاجاریه و آغاز مشروطیت انجام شد، کرمان و فارس به همراه هرمزگان یک ایالت شناخته می شدند. بر اساس تقسیمات کشوری استان کرمان شامل شهرستان زیر می باشد: بافت، بردسیر، بم، جیرفت، رفسنجان، راور، زرنند، سیرجان، شهرابک، کرمان و کهنوج.

به تبع قدمت استان آثار باستانی و مناطق گردشگری در این استان بسیار گسترده و حائز اهمیت است. وجود بزرگترین سازه خشتی جهان (ارگ بم) در این استان (که متأسفانه پس از زمین لرزه سال ۸۲ به طور کلی ویران گردیده) و همچنین کشفیات جدید در منطقه باستانی جیرفت که در میان باستانشناسان جهان بسیار بحث برانگیز گشته است این استان را از لحاظ تاریخی حائز ارزش و اهمیت بسیار کرده است.

۱-۲- زمین شناسی عمومی استان کرمان:

بطور کلی می توان استان کرمان را از نظر واحدهای ساختمانی و گسترش حوزه های رسوبی در زون ایران مرکزی قرار داد. همچنین این استان از نظر واحدهای تکتونیکی مرتبط با بلوک طبس و سلسله کوه های طبس- کرمان دانست. در این باره می توان چنین اضافه نمود که:

بلوک طبس با پی سنگ پر کامبرین در اینفراکامبرین و پالئوزوئیک از گسترش جانبی برخوردار است که در سلسله کوه های طبس- کرمان پالئوزوئیک بندرت دیده میشود در عوض رسوبات تریاس- لیاس بسیار ضخیم و روند کلی آنها شمالی- جنوبی است.

اگر بخواهیم حوزه رسوبی ایران مرکزی را بطور خلاصه شرح دهیم می توان گفت، در این حوزه ضخامت بیرون زدگی سنگ های پر کامبرین پیشین متجاوز از ده هزار متر می باشد که از فرسایش سنگ های قدیمی تر بوجود آمده است. این مجموعه، بر اثر کوهزائی کاتانگائی شدیداً دگرگون شده و پلاتفرم ایران مرکزی را تشکیل داده است که از پرکامبرین پسین تا تریاس رسوبات قاره ای یا دریایی کم عمق روی آنرا می پوشاند.

پی سنگ متبلور ایران مرکزی و پوشش پلاتفرمی آن، لاقلاً از دوران پالئوزوئیک، در امتداد غسل های بزرگ شکسته و با توجه به نبوده های چینه شناسی در برخی از مناطق آن، حرکات قائم

مداومی را متحمل گشته است که در پیدایش آتشفشان های ترشیر نیز بی تاثیر نبوده است. از نظر چینه شناسی، واحدهای سنگی در پرکامبرین در ایران مرکزی که مستقیماً زیر رسوبات فسیل دار پرکامبرین قرار دارند در آذربایجان، گلپایگان، کوههای یزد، کرمان و طبس بخوبی شناخته شده است.

سنگ های آهکی شیلی و ماسه سنگی، لیتولوژی اصلی کامبرین را تشکیل میدهند که ضخامت آن در ازبک کوه به ۲۰۰۰ متر میرسد. بخش آهکی در کرمان حاوی فسیل تریلوبیت و مشخصه بخش پایانی کامبرین زیرین است.

پس از یک دوره نبود رسوبگذاری در کربنیفر بالائی (بجز منطقه شیر گشت)، پیشروی دریایی پرمین آغاز می شود. رسوبات این پیشروی در شمال و جنوب یزد و ناحیه کرمان روی رسوبات کربنیفر زیرین را می پوشاند. در دوره لیاس رسوبات قاره ای و دریایی کم عمق که بیشتر از نوع کرانه ای و مردابی بوده، متشکل از شیل و ماسه سنگ می باشد و بدلیل گسترش انبوه جنگلها و گیاهان، وازطرفی در اثرپسروی وپیشروی متناوب آب دریا، معادن عظیم ذغالسنگ در طبس و کرمان بوجود آمده است.

از سایر رخساره های مشاهده شده در این واحد ساختمانی میتوان به رخساره های آهکی مربوط به نواحی عمیق دریا با سن نئوکومین، رسوبات کنگلومرا، ماسه سنگ، آهک و شیل های اربیتولین دار باسن کرتاسه زیرین، رسوبات مربوط به پالئوسن وفازکوهزائی لارامید متشکل از کنگلومرا، ماسه سنگ ورسوبات مردابی و همچنین، بعد از فاز لارامید که ایران مرکزی از رسوبات تخریبی پوشیده می شود و به دنبال فاز کشش بعدی، فاز آتشفشانی شدیدی در این زون رخ میدهد اشاره نمود، که پس از این فوران، برآمدگیها وارتفاعات تحت فرسایش شدید قرار می گیرد که نتیجه آن پیدایش رسوبات پیش رونده و قاره ای الیگوسن است.

۱-۲-۱- موقعیت جغرافیایی

استان کرمان که در بخش جنوب شرقی فلات ایران، بین طول شرقی ۲۰° و ۵۴° تا ۳۴° و ۵۹° عرض شمالی و ۲۹ و ۲۶ تا ۵۸ و ۳۱ قرار گرفته، با وسعتی معادل ۱۸۵۶۷۵ کیلومترمربع، ۱۱ درصد از خاک کشور را دربر می گیرد. آب و هوای استان کرمان گرم و خشک بوده و از مشخصات بارز آن رطوبت و بارندگی کم، تبخیر زیاد و اختلاف شدید درجه حرارت در فصول تابستان و زمستان و در طول شبانه روز است. اقلیم استان به سه منطقه کویری و حاشیه کویری، گرمسیری و سردسیری و معتدل کوهستانی تقسیم می شود. منطقه مورد مطالعه، شامل نشانه های معدنی مس

پورفیری و چند فلزی در کمر بند آتشفشانی نفوذی ایران است که در منطقه کرمان به نام کمر بند دهج - ساردوئیه نامیده می شود، قرار دارد.

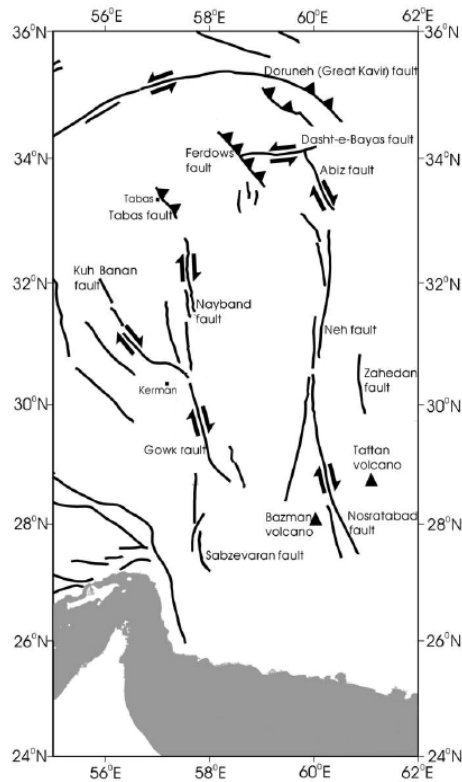
۳-۱- زمین شناسی ناحیه ای استان کرمان

مطالعات *Dimitrijevic, 1973* که کمر بند وسیعی از شمال غرب تا جنوب شرق استان کرمان را دربر گرفته است منجر به تقسیم بندی ساختاری این منطقه به صورت ذیل گردیده است :

- کمر بند رفسنجان : شامل بلوک مراد - بلوک جوپار و بلوک گوک
- منطقه دهج - ساردوئیه که بخشی از کمر بند آتشفشانی - نفوذی سهند- بزمان می باشد.
- کمر بند آمیزه رنگین
- ناحیه اسفندقه - سبزواران
- کمر بند سیرجان

۴-۱- گسل های اصلی پیرامون کرمان

گسل نایبند. این گسل راستای شمالی - جنوبی ترین بخش رشته کوه شتری در جنوب خاور طبس تا باختر شهداد با درازای ۳۵۰ کیلومتر قرار گرفته است. رخنمون گسل نایبند مرکب از چهار قطعه گسلی اصلی هم پوشان، بسیار پرشیب و بیشتر به صورت قائم است و مولفه حرکتی آن راستالغز راست بر می باشد. ادامه جنوبی آن با هندسه و سازو کار مشابه از طریق سامانه گسلی سیرچ با درازای حدود 100 کیلومتر با نام گسل سبزواران از باختر بم گذر کرده و به گسل میناب در شمال تنگه هرمز ختم می شود .



شکل ۱-۲. نقشه گسل های منطقه (Walker and Jackson (2001)

گسل لکر کوه. این گسل به طول حدود ۶۵ کیلومتر با راستای شمالی - جنوبی و موازی با گسل نایبند در بخش جنوبی بلوک طبس و خاور شهر راور واقع شده است. گسل لکر کوه با شیب به سوی باختر یک گسل راندگی با مولفه راست بر می باشد.

گسل راور. گسل راور خطوره ای زمین ساختی است که بخش های زیادی از آن پوشیده می باشد. این گسل از جنوب خاور کویر آبدوخی در جنوب طبس آغاز می گردد و قطعه های رخنمون یافته آن با راستای تقریبی شمالی- جنوبی و در طولی حدود یکصد کیلومتر تا جنوب شهر راور ادامه می یابند. حرکت راستالغز راست بر برای این گسل در نظر گرفته شده است.

گسل بهاباد. این گسل از پای بلندی های شمال بهاباد شروع می گردد و به صورت قطعه های گسله که به وسیله نهشته های کواترنری از یکدیگر جدا می گردند در طولی بیش از ۱۷۰ کیلومتر به سوی جنوب خاور کشیده شده است. در بیشتر رخنمون ها گسل بهاباد یک گسل جدا کننده مرز بین کوه و دشت می باشد که با حرکت راست بر و واژگون همراه است.

گسل کوهبنان. این گسل از شمال باختر بهاباد آغاز می گردد و در راستای جنوب خاوری به طول حدود ۱۶۰ کیلومتر تا جنوب خاور زرنند ادامه می یابد. گسل کوهبنان خود تشکیل یافته از چند قطعه گسلی کوتاه و بلند است که در دو انتهای خود به صورت هم پوشان نسبت به یکدیگر

قرار گرفته اند. تمامی این قطعه های گسلی دارای ساز و کار راستالغز راست بر و واژگون می باشند. این گسل در انتهای جنوب خاوری به شاخه های ترفشاری خود (راندگی های تیگدر، پاسور و بازرگان) ختم می گردد.

گسل تیگدر. گسل تیگدر یک گسل راندگی است به طول حدود ۴۰ کیلومتر و راستای باختر، شمال باختری - خاور، جنوب خاوری. این گسل از جنوب آبادی هورجند تا شمال چترود و درون بلندی های شمال کرمان قرار دارد.

گسل پاسو. گسل پاسو مانند گسل تیگدر یک گسل راندگی و جدا شده از بخش انتهایی جنوب خاوری گسل کوهبنان است که موازی با گسل تیگدر به طول حدود ۴۰ کیلومتر و در سوی جنوب آن قرار گرفته است.

گسل بازرگان. این گسل جنوبی ترین گسل از مجموعه گسل های ترفشاری جدا شده از انتهای گسل کوهبنان است که موازی با دو گسل پیشین با درازای مشابه دارای حرکت واژگون است.

گسل باخترسیرچ. این گسل با درازای بیش از ۶۰ کیلومتر یک گسل راستالغز راست بر با مولفه کوچک حرکت قائم است. صفحه آن بسیار پرشیب و نزدیک به قائم می باشد و با راستای تقریباً شمالی - جنوبی از میان کوه سیرچ در خاور کرمان گذر می کند.

گسل گوک. گسل گوک یکی از مهمترین ساختارهای گسلی است که با راستای تقریباً شمالی - جنوبی به طول بیش از یک صد کیلومتر در خاور کرمان قرار گرفته است و در واقع ادامه ای از گسل نایبند می باشد. این گسل در بخش زیادی از راستای خود تشکیل یافته از دو ساختار گسلی موازی و پرشیب با مولفه حرکت اصلی راستالغز بر به همراه یک مولفه کوچکتر واژگون می باشد.

گسل راندگی شهداد. راندگی شهداد یک گسل خمیده می باشد که تحدب و جهت رانش آن به سوی شمال خاور است. شیب صفحه این گسل بسیار ملایم به سوی جنوب باختری است. این گسل از جنوب باختری شهداد بیش از ۱۲۰ کیلومتر به سوی جنوب خاور کشیده شده است.

گسل باغین-باقق. این گسل با راستای شمال باختر - جنوب خاور و درازای حدود ۱۰۰ کیلومتر از جنوب باختر زرنند گذر می کند. دارای حرکت اصلی راندگی با مولفه راست بر می باشد و سبب بالا راندگی های جنوب باختر زرنند شده است.

گسل بم. گسل بم تا کنون به عنوان گسلی کوچک با راستای شمالی-جنوبی و درازای ۱۰ کیلومتر در خاور شهر چندان شناخته شده نبوده است. در حال حاضر با احتمال فعال شدن این

گسل به صورت یک گسل راستالغز راست در زمین لرزه بم ۱۳۸۲، مطالعات برای شناخت دقیق تر هندسه و سازو کار آن در دست بررسی است.

۵-۱- شبکه شتابنگاری استان کرمان

شبکه شتابنگاری استان کرمان تا سال ۱۳۷۲ دارای ۱۳ دستگاه شتابنگار $SMA-1$ بود که در ایستگاه های رفسنجان، سیرچ، شهداد، رابین، راور، بم، کهنوج، جیرفت، سیرجان، انار، زرنده، کوهبانان و گلباف نصب شده بودند. در حال حاضر شبکه شتابنگاری استان کرمان دارای ۶۳ دستگاه شتابنگار $SSA-2$ و سه دستگاه شتابنگار $SMA-1$ و سه دستگاه گورالپ می باشد و تا کنون ۵۴۹ شتابنگاشت توسط شتابنگار های این استان ثبت شده است (جدول ۱-۱). موقعیت ایستگاه ها در شکل ۱-۲ نشان داده شده است.

استان کرمان یکی از لرزه خیز ترین استان های کشور محسوب می شود و در سال های اخیر زمین لرزه های زیادی در ایستگاه های شتاب نگاری این استان به ثبت رسیده است، که در ذیل به آنها اشاره می شود.

جدول ۱-۱. ایستگاه های شتاب نگاری استان کرمان

ردیف	نام	نوع دستگاه	کد	ارتفاع	موقعیت جغرافیایی		زاویه نصب	
					عرض	طول	L	T
1	ابارق	SSA-2	ABR	1598	57.94	29.347	72	162
2	ارزوئیه	SSA-2	ORZ	1120	56.362	28.452	185	275
3	اسفندقه	SSA-2	ESQ	1714	57.144	28.713	230	320
4	انار	SSA-2	ANR	1423	55.271	30.866	24120	23850
5	اندوهجرد	SSA-2	ANJ	851	57.752	30.231	290	20
6	باغین	SSA-2	BGN	1718	56.815	30.191	100	190
7	بافت	SSA-2	BFT	2284	56.603	29.234	0	90
8	بردسیر	SSA-2	BDS	2113	56.576	29.913	75	165
9	بروات	SSA-2	BAR	976	58.402	29.071	190	280
10	بلورد	SSA-2	BLV	2088	56.052	29.416	145	235
11	بم ۱	SSA-2	BAM1	1034	58.353	29.079	0	90
12	بم ۲	Guralp	BAM2	1034	58.353	29.079		
13	بیاض	SSA-2	BYZ	1453	55.446	30.701	140	230
14	پاریز	SSA-2	PRZ	2319	55.746	29.87	10	100

ادامه جدول ۱-۱

ردیف	نام	نوع دستگاه	کد	ارتفاع	موقعیت جغرافیایی		زاویه نصب	
					طول	عرض	L	T
15	پشت رود	SSA-2	POS	1028	58.381	29.123	255	345
16	جوزم	SSA-2	JZM	2149	55.02	30.5	105	195
17	جوشان	SSA-2	JSH	1650	57.61	30.124	142	232
18	جیرفت	SSA-2	JIR	725	57.736	28.671	125	215
19	چترود	SSA-2	CHT	1841	56.911	30.605	60	150
20	چشمه سبز	SSA-2	CMZ	2581	56.418	29.465	65	155
21	حتکن	SSA-2	HOT	2340	56.788	30.848	165	255
22	حرجند	SSA-2	KJA	2320	57.154	30.675	0	90
23	حسین آباد دهمدار	SSA-2	HSD	613	57.741	28.462	25	115
24	حصن	SSA-2	HON	1694	56.119	30.769	140	230
25	خانوک	SSA-2	KHA	1898	56.776	30.717	0	90
26	داوران	SSA-2	DVR	1863	56.189	30.582	40	130
27	دریبهشت	SSA-2	DMZ	2620	57.33	29.238	115	205
28	دشت خاک	SSA-2	DKH	2226	56.555	31.066	260	350
29	ده علی	SSA-2	DHL	1736	56.039	31.443	10	100
30	راور	SSA-2	RVR	1242	56.791	31.263	320	50
31	راین	SSA-2	RYN	2221	57.431	29.607	335	65
32	رفسنجان	SSA-2	RFJ	1520	55.993	30.411	340	70
33	ریگان	SSA-2	RGN	725	59.012	28.654	120	210
34	زرند	SSA-2	ZRN	1678	56.577	30.81	125	215
35	زه کلوت	SSA-2	ZEH	372	58.594	27.79	0	90
36	سد جیرفت ۱	SSA-2	JRD1	1196	57.465	28.86	0	90
37	سد جیرفت ۲	SSA-2	JRD2	1176	57.466	28.86	0	90
38	سد جیرفت ۳	SSA-2	JRD3	1176	57.466	28.86	0	90
39	سد شیرین رود	SSA-2	SHX	1788	57.031	30.811	15	105
40	سد قدرونی	SSA-2	QAD	1662	56.819	30.962	170	260
41	سد نسا ۱	SSA-2	NES1	1561	58.411	28.634	205	295
42	سد نسا ۲	SSA-2	NES2	1421	58.389	28.65	170	260
43	سیرجان	SSA-2	SRJ	1813	55.682	29.602	225	315
44	سیرچ	SSA-2	SRC	1685	57.557	30.203	30	120
45	شهداد	SSA-2	SDD	515	57.689	30.414	78	168
46	شهر بابک	SSA-2	SBB	1784	55.124	30.107	86	176
47	صوغان	SSA-2	SOQ	1528	56.877	28.346	280	10

ادامه جدول ۱-۱

ردیف	نام	نوع دستگاه	کد	ارتفاع	موقعیت جغرافیایی		زاویه نصب	
					طول	عرض	L	T
48	طرز	SSA-2	TRZ	1820	56.498	31.398	158	248
49	فاریاب	SSA-2	FRI	642	57.229	28.099	180	270
50	فردوسیة	SSA-2	FDN	1373	55.809	30.82	145	235
51	فهرج	SSA-2	FHR	772	58.885	28.948	170	260
52	قطب آباد	SSA-2	QOB	839	58.483	28.883	270	360
53	قلعه گنج	SSA-2	GLG	442	57.881	27.523	330	60
54	کرمان ۱	SSA-2	KER01	1767	57.066	30.295	0	90
55	کرمان ۳	SSA-2	KER03	1768	57.083	30.256	155	245
56	کرمان ۴	Guralp	KER04	1767	57.066	30.295		
57	کشکویه	SSA-2	KSK	1467	55.638	30.525	240	330
58	کهنوج	SSA-2	KAH	485	57.705	27.947	340	70
54	کرمان ۱	SSA-2	KER01	1767	57.066	30.295	0	90
55	کرمان ۳	SSA-2	KER03	1768	57.083	30.256	155	245
56	کرمان ۴	Guralp	KER04	1767	57.066	30.295		
57	کشکویه	SSA-2	KSK	1467	55.638	30.525	240	330
58	کهنوج	SSA-2	KAH	485	57.705	27.947	340	70
59	کوشک علیا	SSA-2	KSB	1999	56.76	28.763	225	315
60	کوهبنان	SSA-2	KBN	2008	56.276	31.421	72	162
61	کیانشهر	SSA-2	KYR	2104	56.378	31.153	270	360
62	گلیاف ۱	SSA-2	GBF1	1698	57.731	29.887	150	240
63	گلیاف ۲	Guralp	GBF2	1698	57.731	29.887		
64	گلزار	SSA-2	GLZ	2320	57.032	29.715	185	275
65	لاله زار	SSA-2	LZR	2822	56.812	29.524	65	155
66	ماهان	SSA-2	MHN	1864	57.289	30.065	160	250
67	محمد آباد مسکون	SSA-2	MAM	1961	57.888	28.908	350	80
68	هینمان	SSA-2	LOL	2069	57.289	30.529	148	238
69	کشت	SSA-2	KES	344	58.151	29.845	190	280