
 پژوهش عمران راهوار	صفحه ۱	گزارش نهایی مطالعات لرزه‌خیزی، تحلیل خطر زلزله و تهیه طیف بازتاب			 شرکت سرمایه گذاری عظام
	بهمن ماه ۱۳۹۱	CODE: 173	SEQ: 12	REV: 01	



شرکت سرمایه گذاری عظام



گزارش نهایی مطالعات لرزه‌خیزی، تحلیل خطر زلزله

و تهیه طیف بازتاب پروژه ۱۰۰۱ شهر



پژوهش عمران راهوار

						03
						02
	ا. اصغری	ز. خلیلی	ح. حمزه‌لو	۹۱/۱۱/۲۵	گزارش نهایی	01
	ا. اصغری	ز. خلیلی	ح. حمزه‌لو	۹۱/۹/۰۶	جهت بررسی و اعلام نظر	00
تصویب	تایید	کنترل	تهیه	تاریخ	شرح	REV

 پژوهش عمران راهوار	صفحه ۲	گزارش نهایی مطالعات لرزه‌خیزی، تحلیل خطر زلزله و تهیه طیف بازتاب			 شرکت سرمایه گذاری عظام
	بهمن ماه ۱۳۹۱	CODE: 173	SEQ: 12	REV: 01	

به نام خدا

پیشگفتار

پروژه هزار و یک شهر در شمال غربی شهر تهران و در انتهای بزرگراه همت واقع شده است. این مجتمع گردش-تفریحی در فضایی به وسعت ۲۲۰ هکتار ساخته می‌شود. این طرح شامل هتلها، ساختمانهای اداری، شهربازی، پارک آبی مرکز خرید، مسجد و غیره می‌باشد.

مطالعات ژئوتکنیک و تحلیل خطر زلزله و تهیه طیف طرح پروژه هزار و یک شهر بر اساس قرارداد شماره ECZB-MO-910002 مورخ ۹۱/۰۱/۲۳ به این مهندسين مشاور واگذار شده است. جهت انجام مطالعات ژئوتکنیک، تعداد ۳۶ گمانه و ۱۳ چاهک با اعماق مختلف، حفاری گردیده و آزمایشات مورد نیاز انجام شده است. در این مطالعات تعدادی آزمایش لرزه‌ای (Downhole) انجام شده و نتایج آنها ارائه گردیده است.

گزارش حاضر، بعنوان گزارش نهایی مطالعات لرزه‌خیزی، تحلیل خطر زلزله و تهیه طیف بازتاب می‌باشد. شایان ذکر است که قبلاً گزارش میانکار مطالعات لرزه‌خیزی ارائه شده است. در تهیه گزارش نهایی، به نظرات و پیشنهادات ارائه شده توسط شرکت رامبول نیز توجه شده است. ضمناً نسخه انگلیسی این گزارش نیز قبلاً تهیه و ارائه شده است.



از شرکت عظام و شرکت کریت عمران آریانا به خاطر مساعدت در انجام مطالعات قدردانی می‌شود.

مهندسين مشاور پژوهش عمران راهوار



بهمن ماه ۱۳۹۱

فهرست مطالب

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۵	فصل اول: زمین‌شناسی عمومی و لرزه زمین ساخت
۶	۱-۱- مقدمه
۸	۲-۱- وضعیت زمین شناسی محدوده طرح
۱۳	۳-۱- سرچشمه های لرزه ای و گسل های فعال
۱۹	فصل دوم: لرزه خیزی و تحلیل خطر زمین لرزه
۲۰	۱-۲- مقدمه
۲۰	۲-۲- بررسی آماری زمین لرزه ها
۲۱	۱-۲-۲- زمین لرزه های تاریخی
۲۲	۲-۲-۲- زمین لرزه های دستگاهی
۲۳	۳-۲- رابطه بین M_s و m_b
۲۴	۴-۲- بزرگای M_w
۲۵	۵-۲- ژرفای کانونی زمین لرزه ها
۲۶	۶-۲- ساز و کار زمین لرزه ها
۲۸	۷-۲- فرآیند پواسونی
۳۰	۸-۲- برآورد پارامترهای لرزه خیزی
۳۱	۱-۸-۲- روش پایه گوتنبرگ - ریشتر
۳۲	۲-۸-۲- روش کیکو
۳۵	۹-۲- دوره بازگشت بزرگای زمین لرزه ها
۳۵	۱-۹-۲- روش برازش مقادیر نهایی
۳۶	۲-۹-۲- دوره بازگشت بزرگا بر اساس روش کیکو
۳۷	۱۰-۲- تحلیل خطر زمین لرزه
۳۷	۱۱-۲- مدل لرزه زمین ساخت گستره طرح
۳۹	۱۲-۲- رابطه کاهندگی



 پژوهش عمران راهوار	صفحه ۴	گزارش نهایی مطالعات لرزه‌خیزی، تحلیل خطر زلزله و تهیه طیف بازتاب			 شرکت سرمایه گذاری عظام
	بهمن ماه ۱۳۹۱	CODE: 173	SEQ: 12	REV: 01	

۴۱	۱۳-۲- اثر حوزه نزدیک
۴۴	۱۴-۲- چشمه های لرزه زا
۴۶	۱۵-۲- برآورد بیشینه شتاب زلزله به روش احتمالی
۴۹	۱۶-۲- برآورد خطر زمین لرزه به روش تعیینی
۵۱	۱۷-۲- طیف خطر یکنواخت
۵۵	فصل سوم: بررسی اثرات ساختگاهی و تعیین پارامترهای لرزه ای طراحی
۵۶	۱-۳- مقدمه
۵۶	۲-۳- انتخاب حرکات ورودی
۵۷	۱-۲-۳- معیارهای انتخاب شتاب نگاشت ها
۵۸	۲-۲-۳- شتاب نگاشت های انتخابی
۵۹	۳-۳- مدل ژئوتکنیک لرزه ای ساختگاه
۵۹	۱-۳-۳- مشخصات لایه های زیر سطحی ساختگاه
۶۰	۲-۳-۳- موقعیت سنگ بستر لرزه ای
۶۰	۳-۳-۳- پروفیل‌های ژئوتکنیک لرزه ای نماینده ساختگاه
۶۲	۴-۳- روش تحلیل دینامیکی
۶۴	۵-۳- نتایج تحلیل دینامیکی آبرفت
۷۸	فصل چهارم: شتاب‌نگاشت‌های منطبق بر طیف
۷۹	۱-۴- انتخاب شتاب‌نگاشت‌های مناسب جهت تحلیل دینامیکی
۸۰	۲-۴- شتاب نگاشت های مقیاس شده
۱۱۳	مراجع
۱۱۷	پیوستها

 پژوهش عمران راهوار	صفحه ۵	گزارش نهایی مطالعات لرزه‌خیزی، تحلیل خطر زلزله و تهیه طیف بازتاب			 شرکت سرمایه گذاری عظام
	بهمن ماه ۱۳۹۱	CODE: 173	SEQ: 12	REV: 01	

فصل اول:

زمین‌شناسی عمومی و لرزه زمین‌ساخت



 پژوهش عمران راهوار	صفحه ۶	گزارش نهایی مطالعات لرزه‌خیزی، تحلیل خطر زلزله و تهیه طیف بازتاب			 شرکت سرمایه گذاری عظام
	بهمن ماه ۱۳۹۱	CODE: 173	SEQ: 12	REV: 01	

۱-۱- مقدمه

طرح مورد مطالعه در شمال غرب شهر تهران و انتهای بزرگراه همت (نرسیده به بلوار پژوهش) واقع شده است. در شکل (۱-۱) موقعیت منطقه مورد مطالعه بر روی عکس ماهواره‌ای نشان داده شده است. این مجتمع گردش-تفریحی در زمینی به مساحت تقریبی ۲۲۰ هکتار شامل هتل‌ها، ساختمان اداری، شهربازی، پارک آبی، مرکز خرید، مسجد و غیره می‌باشد. بخش تفریحی این مجموعه، شامل ۷ دیار (سرزمین) می‌باشد. این محدوده بخشی از مخروط افکنه‌ای است که توسط رودخانه‌های موجود در منطقه تشکیل شده است. لایه‌های زیرسطحی از رسوبات آبرفتی درشت‌دانه (تناوب رسوبات شن و ماسه قلوه سنگ دار) تشکیل شده است. شیب قرارگیری رسوبات تقریباً با شیب سطح زمین یکسان است. رسوبات مذکور در لایه‌های سطحی به مقدار کم و در اعماق بیشتر به طور متوسط سیمانته هستند. بر اساس نتایج آزمایشات نفوذ استاندارد (SPT) خاکهای محدوده مورد مطالعه در تمام گمانه‌های حفاری شده از تراکم بالایی برخوردار می‌باشند. در شکل‌های (۱-۲) و (۱-۳) تصاویری از محدوده طرح نشان داده شده است.



شکل (۱-۱): تصویر ماهواره‌ای محدوده پروژه



 پژوهش عمران راهوار	صفحه ۷	گزارش نهایی مطالعات لرزه‌خیزی، تحلیل خطر زلزله و تهیه طیف بازتاب			 شرکت سرمایه گذاری عظام
	بهمن ماه ۱۳۹۱	CODE: 173	SEQ: 12	REV: 01	



شکل (۱-۲): تصویری از محدوده طرح (دید به سمت شمال)



شکل (۱-۳): تصویری از محدوده طرح (دید به سمت جنوب)

 پژوهش عمران راهوار	صفحه ۸	گزارش نهایی مطالعات لرزه‌خیزی، تحلیل خطر زلزله و تهیه طیف بازتاب			 شرکت سرمایه گذاری عظام
	بهمن ماه ۱۳۹۱	CODE: 173	SEQ: 12	REV: 01	

۱-۲- وضعیت زمین‌شناسی محدوده طرح

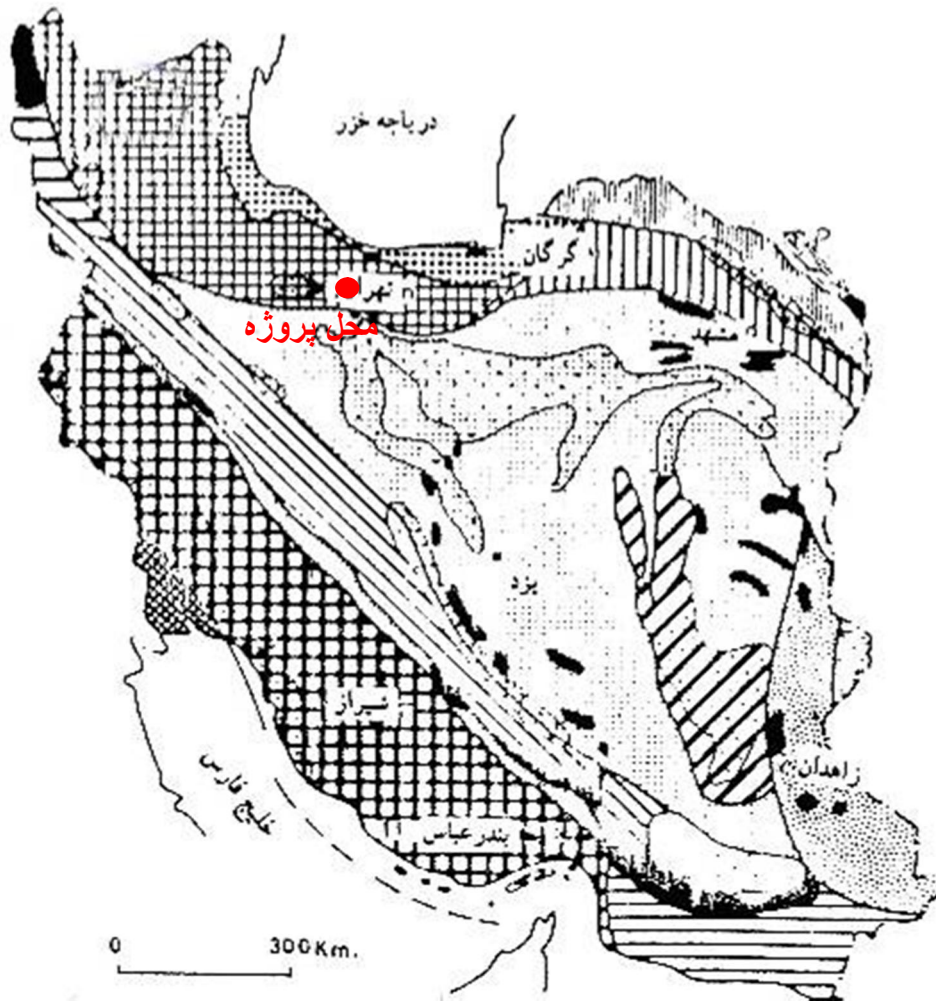
بر اساس تقسیم بندی نبوی (۱۳۵۵)، منطقه مورد مطالعه در زون البرز - آذربایجان قرار گرفته است (شکل ۴-۱). البرز یکی از بخش‌های مهم در تقسیم‌بندی‌های انجام شده در ایران است. البرز در بین زون‌های کپه‌داغ از شمال و ایران مرکزی از جنوب محصور شده است و جزء مناطق فعال دگرشکلی است که در اثر برخورد صفحه عربی به صفحه آسیایی بوجود آمده است. رشته کوه‌های البرز جزء کمربندهای فعال و بخشی از کمربند چین‌خورده آلپی است که پیش‌تر تصور بر این بود که فروچاله حاصل از کمربند چین‌خورده آلپی است. در اواخر دوران سوم (دوره میوسن) برپایی ارتفاعات البرز در اثر نیروهای فشارشی زمین‌ساختی که با فرسایش شدید این کوهها همراه بوده است، سبب انباشته شدن حجم عظیمی از نهشته‌های آبرفتی و سیلابی در پای ارتفاعات گردیده است. این آبرفتها بخش واسط بین کوههای البرز و دشت تهران را تشکیل می‌دهد. حد شمالی کوهپایه‌های تهران بر تراست رورانده شمال تهران منطبق بوده درحالی که مرز جنوبی آن با دشت تهران به طور کامل تدریجی است. بخش کوهپایه‌ای تهران از مواد درشت‌دانه رودخانه‌ای تشکیل یافته که با شیب قابل ملاحظه‌ای به دشت تهران ختم می‌شود. ضخامت رسوبات آبرفتی در برخی نواحی کوهپایه‌ای بیش از هزار متر تخمین زده می‌شود.

پی‌سنگ در زیر بخشهای آبرفتی کوهپایه‌ای، توفهای سازند کرج و در زیر بخش‌های آبرفتی دشت تهران سازند قرمز بالایی است. در بعضی از نقاط دشت تهران بخش قاعده‌ای کنگلومرای هزاردره با بخش‌های فوقانی سازند قرمز بالایی حالت بین‌لایه‌ای دارد که دلیل بر همزمانی این رسوبات می‌باشد. مجموعه رسوبات مذکور در فاز کوهزایی پاسادنین (از سری فازهای کوهزایی آلپ جدید) به شدت چین‌خورده و پس از یک دوره فرسایش رسوبات جوانتر با دگرشیبی زاویه‌دار آنها را می‌پوشانند (پدرامی، ۱۳۶۰) (شکل ۱-۵).

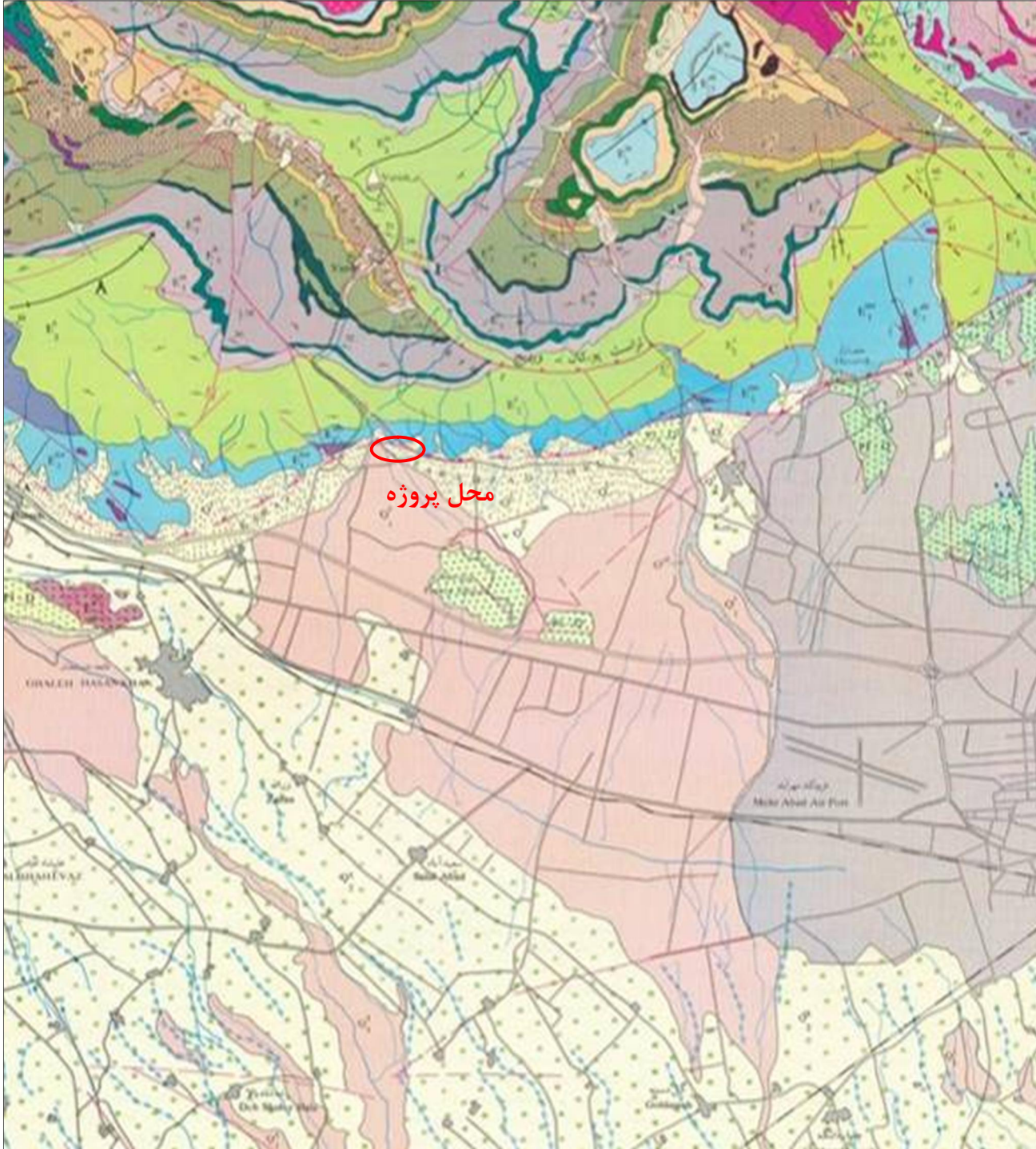
گسل‌های زیادی در این منطقه وجود دارند به همین خاطر تفاوت‌های زیادی در سازندها دیده می‌شود.

سازند کرج: شامل توف سبز، توفیت، شیل، ماسه سنگ و کنگلومرا. بر اساس تقسیم‌بندی Dedual (1964) چند بخش در این سازند وجود دارد: شیل پایینی، سیلت سنگ، توف میانی، شیل آستارا، توف بالایی و شیل کندوان.

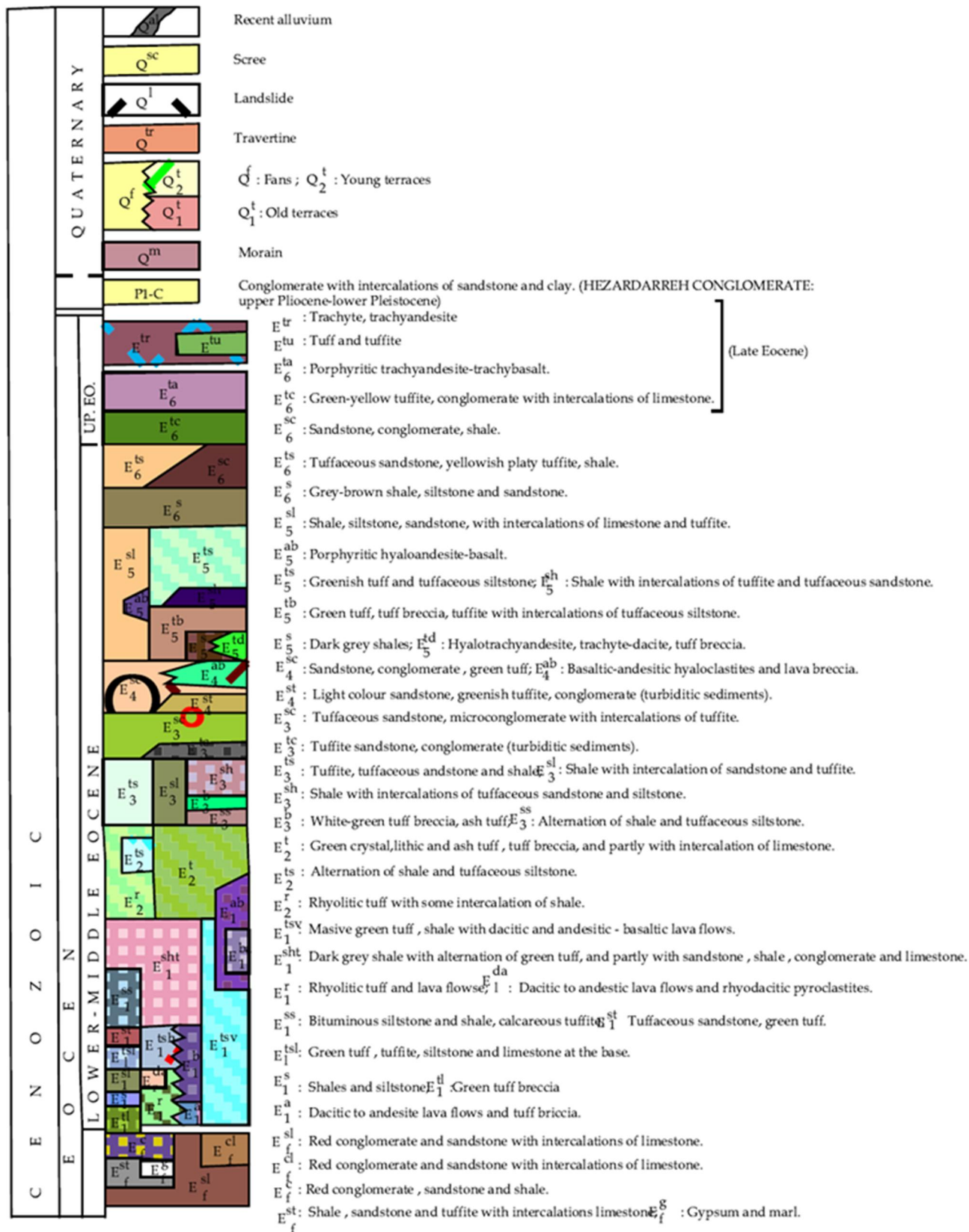
آبرفت تهران: این آبرفت به چهار بخش تقسیم می‌شود که شامل سریهای A، B، C و D (Rieben, 1966) هستند. در کنار رسوبات عهد حاضر می‌توان سازند کرج را مشاهده کرد (شکل ۱-۶)، همچنین در ترانشه حفر شده در محل طرح می‌توان قلوه سنگ‌ها و رسوبات سطحی حاصل از فرسایش سازند کرج را مشاهده کرد.



شکل (۱-۴): نقشه شماتیک تقسیم‌بندی ساختمانی - رسوبی (نبوی ۱۳۵۵)

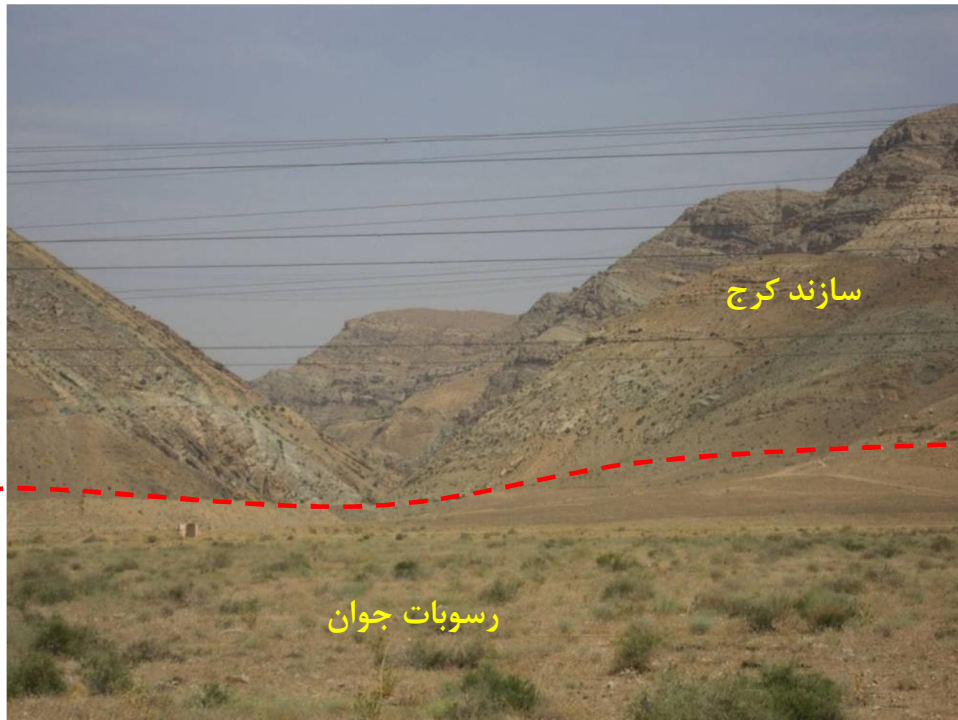


شکل (۱-۵): نقشه زمین‌شناسی منطقه طرح با مقیاس ۱:۱۰۰/۰۰۰
(برگه تهران، سازمان زمین‌شناسی کشور)



ادامه شکل (۵-۱): راهنمای نقشه زمین‌شناسی منطقه طرح با مقیاس ۱:۱۰۰/۰۰۰

(برگه تهران، سازمان زمین‌شناسی کشور)



شکل (۱-۶): سازند کرج در کنار رسوبات جوان عهد حاضر (نگاه به سمت شمال غرب)

مشخصات سازند "A"

سازند "A" در شمال شرق و شرق تهران بر روی سازند قرمز بالای (میوسن) قرار گرفته است. در بعضی از مناطق در جنوب دشت تهران این سازند سنگ‌های آتشفشانی را می‌پوشاند که دارای سن ائوسن هستند. در مناطق شرقی تهران گزارش‌هایی از پوشیده شدن لایه‌های مارن و گل‌سنگ مربوط به سازند قرمز بالایی با سازند "A" به صورت تدریجی وجود دارد. وجود خمیره ریزدانه و سیمان شدگی در این رسوبات آن را نفوذ ناپذیر کرده است.

مشخصات سازند "B"

این سازند توسط ریین (۱۹۶۶) کهریزک نامیده شده است. این سازند به دو بخش شمالی و جنوبی تقسیم می‌شود. سازند "B" یک کنگلومرای مخلوط از قلوه سنگ، شن و ذرات آواری، همراه با یک خمیره در اندازه ماسه و سیلت است، این سازند یک واحد ناهمگن می‌باشد.

مشخصات سازند "C"

سازند "C" شامل کنگلومرای جوان رسوبات آبرفتی است. سنگ‌شناسی این سازند شامل کنگلومرای همگن ترکیب شده از قلوه سنگ و گراول خاکستری تا قهوه‌ای رنگ در اندازه‌های آواری می‌باشد که همراه با خمیره در اندازه ماسه و سیلت است. بخش قابل ملاحظه‌ای از شهر تهران بر روی این سازند ساخته شده است.



بیشترین ضخامت این سازند حدود ۶۰ متر است. چندین چرخه رسوبگذاری (بیش از ۴ چرخه) برای این سازند قابل تعریف است. لایه‌های عمق موجود در محل طرح مربوط به این سازند می‌باشند.

مشخصات سازند "D" (رسوبات عهد حاضر)

سازند "D" جوانترین لایه در منطقه تهران است. و بصورت لایه‌های آبرفتی و رودخانه‌ای دیده می‌شود. در این مطالعه این سازند به دو بخش D_1 و D_2 تقسیم شده است. لایه‌های سطحی موجود در محل طرح متعلق به این سازند می‌باشند.

۱-۳- سرچشمه‌های لرزه‌ای و گسل‌های فعال

بطور کلی مناطقی که قادر به ایجاد زمین لرزه می‌باشند به سرچشمه‌های لرزه‌ای معروفند و یکی از مهمترین آنها گسل‌های فعال هستند. برای تشخیص گسل‌های فعال معیارهای متفاوتی ارائه گردیده است اما بطور کلی برای شناسایی گسل‌های فعال می‌توان از شواهد بسیاری استفاده کرد که در ادامه به اختصار به آنها اشاره شده است:



۱- ویژگی‌های تاریخی: رویداد زمین‌لرزه‌های تاریخی (پیش از سده بیستم)، مشاهده گسل‌ها و روانگرایی‌های قدیمی بر روی بخشی از درازای گسل، می‌توانند حاکی از فعال بودن آن قطعات گسلی باشند.

۲- ویژگی‌های زمین‌شناسی: به طور کلی گسل‌های فعال باعث جابجایی زمین ریخت‌ها می‌شوند، در حقیقت زمین ریخت‌هایی که توسط گسل‌ها شکل گرفته‌اند، زمین ریخت‌های جابجا شده در نتیجه گسل‌ها نامگذاری می‌شوند. از مهمترین این زمین ریخت‌ها می‌توان به افزای گسلی، پادگانه‌های رودخانه‌ای، مخروط افکنه‌ها، سطوح مثلثی شکل واقع بر افزای گسلی، آبراهه جابجا شده و جابجایی نهشته‌های کواترنر اشاره کرد.

۳- ویژگی‌های لرزه‌شناسی: ثبت هرگونه فعالیت لرزه‌ای بر روی بخشی از درازای گسل‌ها، از قبیل فعالیت‌های خرد لرزه‌ای و یا زمین لرزه‌های بزرگ، نشان دهنده فعال بودن آن قطعات گسلی می‌باشد. به بیان دیگر رخداد یک جنبش در ۳۵،۰۰۰ سال پیش و یا حداقل دو جنبش در ۵۰۰،۰۰۰ سال پیش گویای فعال بودن گسل است.

در فاصله حدود ۱۰۰ کیلومتری محل طرح چندین گسل بزرگ که مسبب بروز زلزله در گذشته بوده‌اند وجود دارند و همچنین گسل‌های کوچکی هستند که نمی‌توانند باعث رخداد زلزله شوند. مهمترین گسل‌های فعال در نزدیکی سایت عبارتند از:

۱- گسل شمال تهران در راستای غرب به شرق در قسمت شمالی پروژه به طول ۷۵ کیلومتر.

 پژوهش عمران راهوار	صفحه ۱۴	گزارش نهایی مطالعات لرزه‌خیزی، تحلیل خطر زلزله و تهیه طیف بازتاب			 شرکت سرمایه گذاری عظام
	بهمن ماه ۱۳۹۱	CODE: 173	SEQ: 12	REV: 01	

۲- گسل طرشت در راستای غرب به شرق در جنوب پروژه با طول ۴۶ کیلومتر.

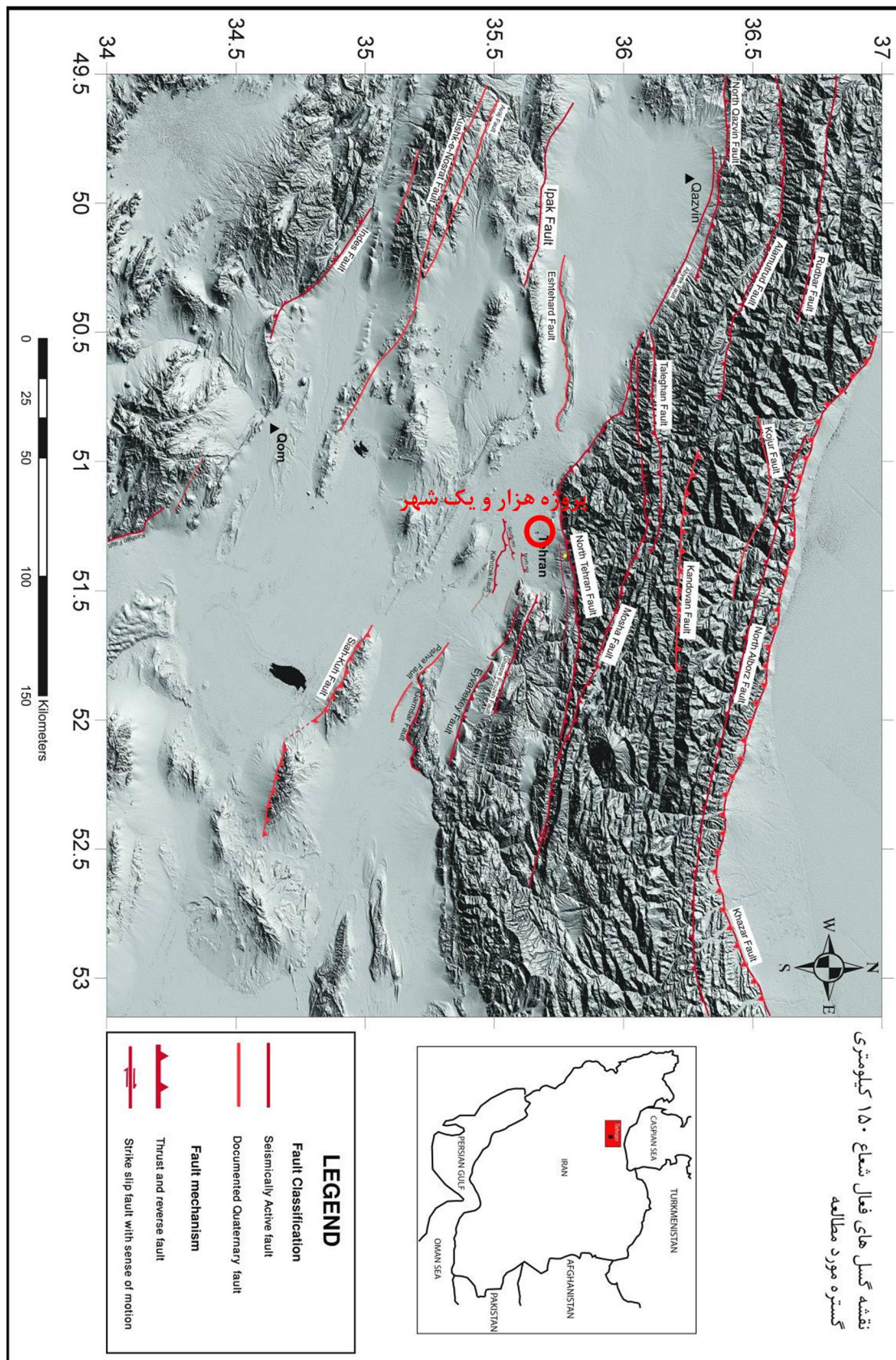
۳- گسل چیتگر در راستای شمال غرب به جنوب شرق در جنوب پروژه.

گسل شمال تهران مهمترین عامل تکتونیکی در نزدیکی تهران است. این گسل از سرایشی البرز و ارتفاعات توچال شروع و از منطقه کن تا لشگرک در شرق گسترش می‌یابد. فاصله این گسل تا محل طرح کمتر از ۳۰۰ متر است.

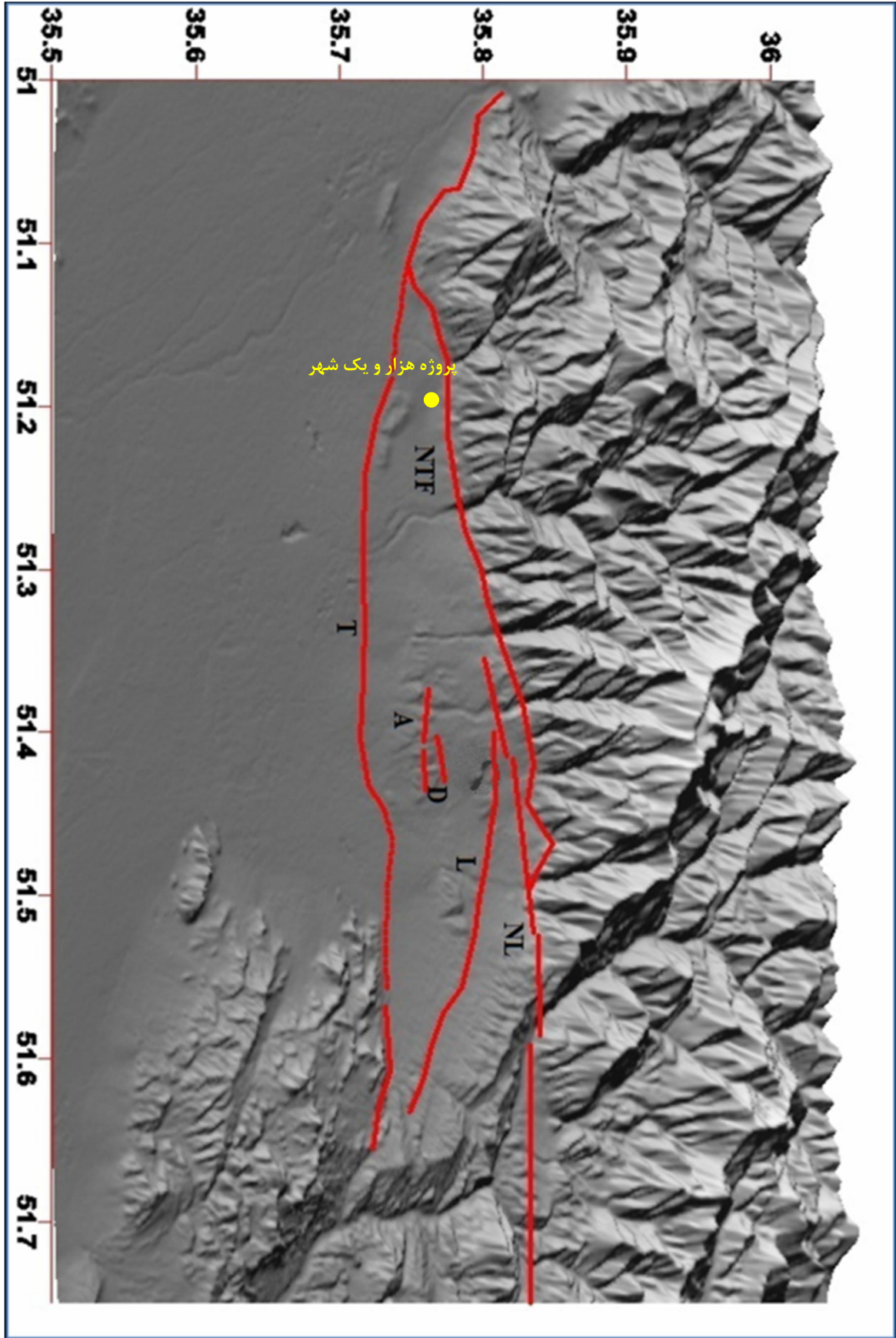
علاوه بر گسل شمال تهران در محدوده شمال پروژه، گسل‌های کوچکتری هم در جنوب قرار گرفته‌اند که گسل چیتگر نامیده می‌شود. فاصله این گسلها تا پروژه بیشتر از ۲ کیلومتر است.

نقشه گسل‌های فعال در گستره شعاع ۱۵۰ کیلومتری ساختگاه و همچنین گسل‌های فعال در محدوده سایت به ترتیب در شکل‌های (۷-۱) و (۸-۱) نشان داده شده است. همچنین اطلاعات مربوط به گسل‌های مهم منطقه در جدول (۱-۱) آمده است.

نقشه ساز و کار گسل‌های مهم و اصلی محدوده گستره در شکل (۹-۱) ارائه شده است. همانطور که در این شکل مشاهده می‌شود اکثر گسل‌های موجود در اطراف پروژه دارای ساز و کار معکوس می‌باشند.



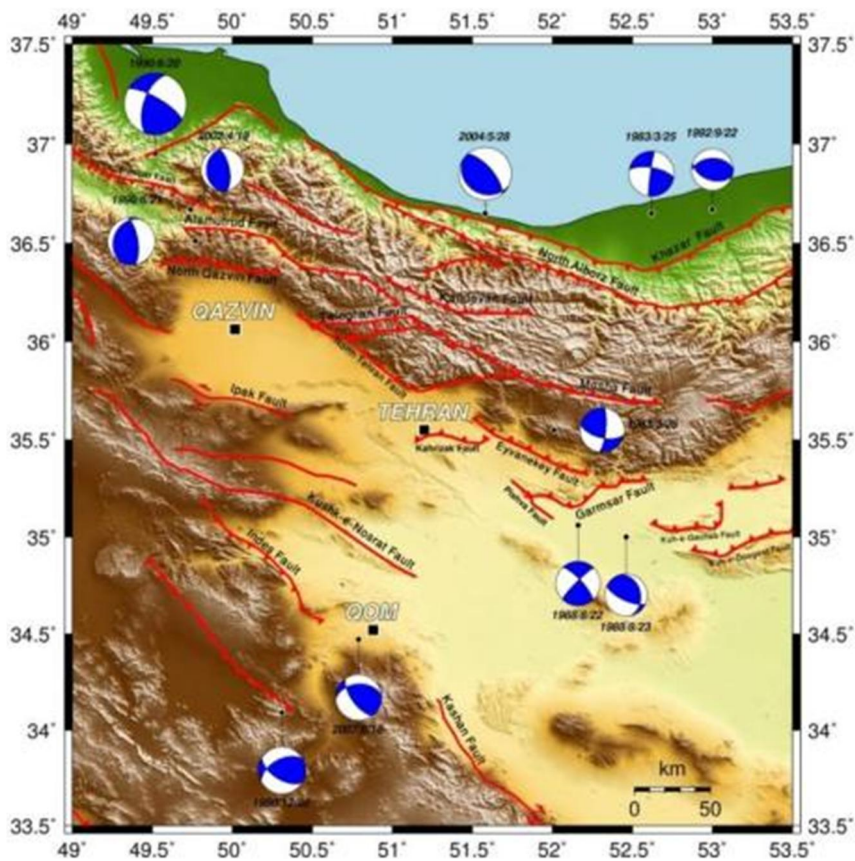
شکل (۱-۷): نقشه گسله های شعاع ۱۵۰ کیلومتر پیرامون گستره مورد بررسی بر پایه تصاویر ماهواره ای Landsat.



شکل (۸-۱): گسل‌های اصلی فعال در اطراف سایت (NTF=گسل شمال تهران، T=گسل طرشت)

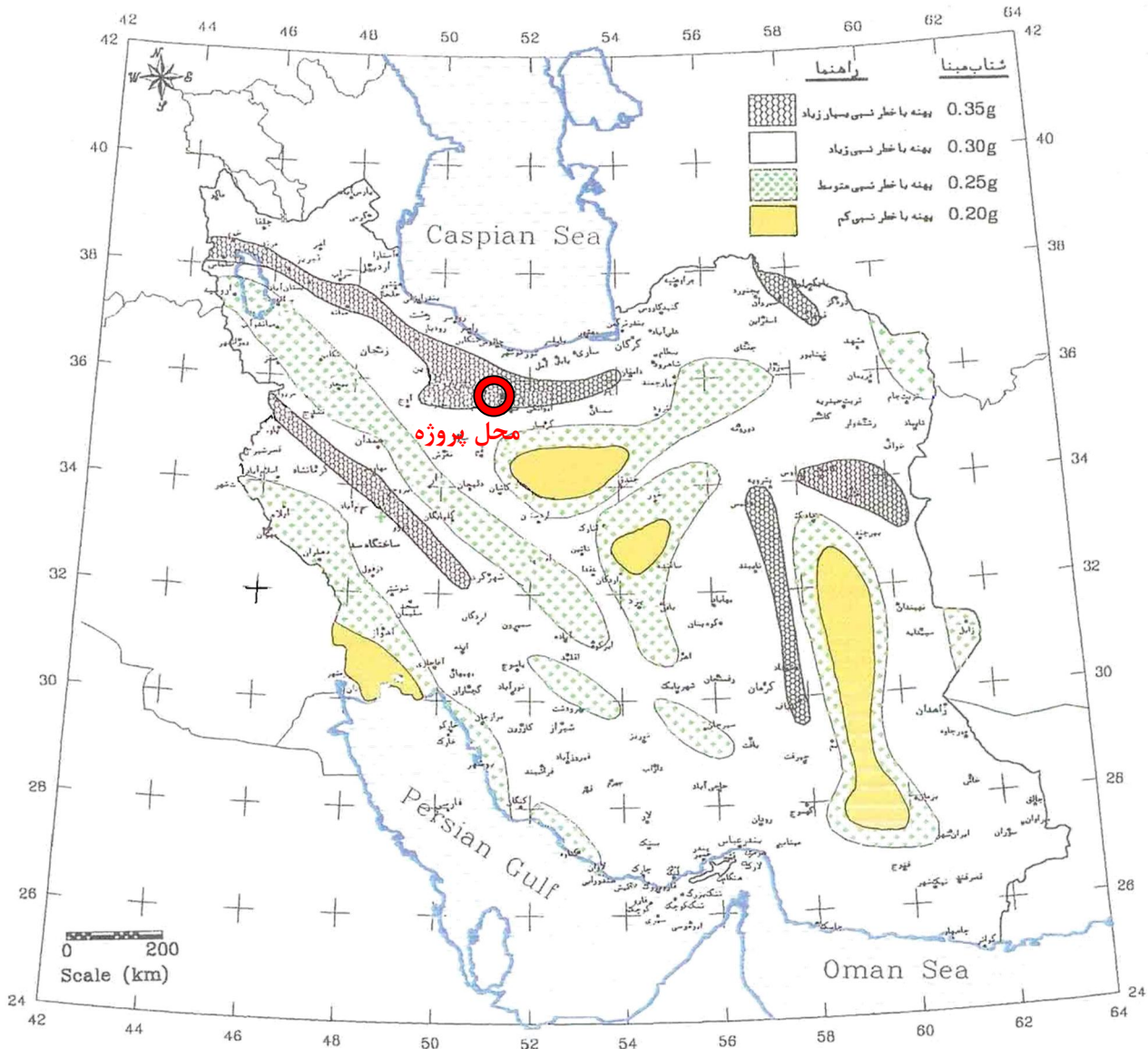
جدول (۱-۱): فهرست گسلهای فعال گستره‌ای به شعاع ۱۵۰ کیلومتر از ساختگاه

شماره	نام گسل	ساز و کار	طول گسل (کیلومتر)	فاصله (کیلومتر)
۱	خزر	راندگی	۴۵۴	۱۰۵
۲	شمال البرز	راندگی	۴۲۷	۹۵
۳	بنان	راندگی	۶۵	۸۵
۴	الموترود	راندگی	۱۰۰	۷۰
۵	کندوان	راندگی	۱۵۱	۴۷
۶	شمال قزوین	راندگی	۷۵	۱۱۸
۷	طالقان	راندگی	۷۶	۴۴
۸	مشا	راندگی با مؤلفه چپگرد	۴۰۰	۲۸
۹	شمال تهران	راندگی با مؤلفه چپگرد	۱۰۸	۰/۳
۱۰	اشتهارد	راندگی	۶۴	۲۷
۱۱	ایپک	راندگی	۱۰۰	۱۰۵
۱۲	شمال ری	راندگی	۱۶/۵	۲۳
۱۳	جنوبی ری	راندگی	۱۸/۵	۲۴
۱۴	کهریزک	راندگی	۴۰	۲۵
۱۵	ایوانکی	واژگون	۷۰	۷۵
۱۶	پیشوا	واژگون	۳۴	۷۲
۱۷	گرمسار	راندگی	۷۰	۸۷
۱۸	کوشک نصرت	راستالغز فشاری	۱۲۰	۱۰۳
۱۹	سیاه کوه	راندگی	۱۵۰	۹۷
۲۰	ایندس	راندگی	۱۰۰	۱۴۵





شکل (۱-۹): ساز و کار کانونی زمین لرزه های اطراف تهران

بر اساس آئین‌نامه طرح ساختمانها در برابر زلزله (آئین‌نامه ۲۸۰۰)، ایران به چهار پهنه با خطر نسبی بسیار بالا، بالا، متوسط و پائین تقسیم می‌شود. با توجه به این که منطقه مورد مطالعه در حد پهنه با خطر نسبی بسیار زیاد قرار گرفته است، لذا شتاب مبنای طرح آن $0.35g$ خواهد بود (شکل ۱-۱۰).





شکل (۱-۱۰): نقشه پهنه‌بندی خطر نسبی زمین‌لرزه در ایران و موقعیت منطقه طرح (آئین‌نامه ۲۸۰۰)

 پژوهش عمران راهوار	صفحه ۱۹	گزارش نهایی مطالعات لرزه‌خیزی، تحلیل خطر زلزله و تهیه طیف بازتاب			 شرکت سرمایه گذاری عظام
	بهمن ماه ۱۳۹۱	CODE: 173	SEQ: 12	REV: 01	

فصل دوم:

لرزه‌خیزی و تحلیل خطر زمین لرزه

 پژوهش عمران راهوار	صفحه ۲۰	گزارش نهایی مطالعات لرزه‌خیزی، تحلیل خطر زلزله و تهیه طیف بازتاب			 شرکت سرمایه گذاری عظام
	بهمن ماه ۱۳۹۱	CODE: 173	SEQ: 12	REV: 01	

۲-۱- مقدمه

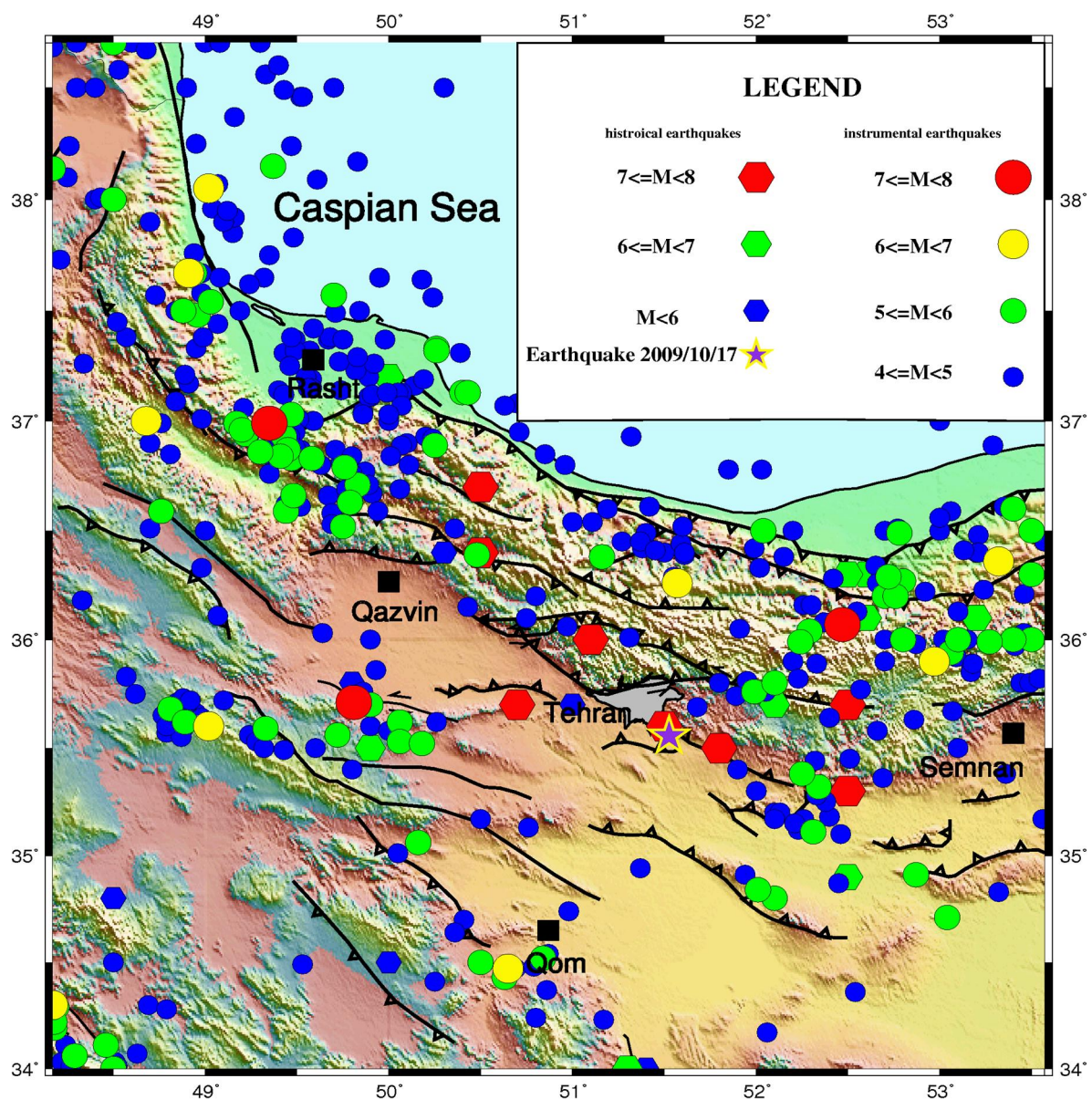
به منظور برآورد خطر لرزه‌ای، لرزه زمین ساخت و لرزه‌خیزی گستره ۱۵۰ کیلومتری ساختگاه مورد توجه قرار گرفته است. از آنجا که تعیین پارامترهای لرزه‌خیزی در مطالعات تحلیل خطر زمین‌لرزه دارای اهمیت ویژه‌ای است، کاتالوگ زمین لرزه‌های رخ داده در شعاع ۱۵۰ کیلومتری ساختگاه در مطالعات لرزه‌خیزی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. طرح مورد مطالعه در شمال غربی شهر تهران و در انتهای بزرگراه همت و سمت شرق بلوار پژوهش واقع شده است. محدوده طرح حالت کوهپایه‌ای داشته و در قسمتهای شمالی به صورت تپه ماهوری با آبراهه‌های فصلی دیده می‌شود. این محدوده بخشی از مخروط افکنه‌ای است که توسط رودخانه‌های موجود در منطقه تشکیل شده است. در این گزارش لرزه‌خیزی ناحیه تهران و برآورد خطر زمین لرزه به روش احتمالی و تعیینی ارائه شده است.

۲-۲- بررسی آماری زمین لرزه‌ها

مبنا و پایه تحلیل خطر لرزه‌ای آنالیز لرزه‌خیزی یا رویداد زمین‌لرزه‌ها در حوزه زمان و مکان می‌باشد. بدین منظور مجموعه اطلاعات از پایگاه‌های اطلاع‌رسانی جهانی مثل ISC, NEIC و کاتالوگ Engdal برای تجزیه و تحلیل آماری زمین لرزه‌ها به منظور برآورد ویژگیهای لرزه‌خیزی در گستره مورد مطالعه جمع آوری شده است. تعیین پارامترهای لرزه‌خیزی در مطالعات تحلیل خطر زمین لرزه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در واقع این پارامترها بیان‌کننده وضعیت لرزه‌خیزی یک پهنه یا یک گسل می‌باشد که با کمیت عددی بیان می‌گردد. برای مطالعه این پارامترها ابتدا نیاز است که خصوصیات زمین لرزه‌های رویداده در گستره طرح مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد. این زمین لرزه‌ها که اطلاعات آنها از مراکز مختلف جمع آوری شده در پیوست ارائه شده است. پارامترهای گزارش شده در پیوست عبارتند از: تاریخ رویداد زمین‌لرزه، ساعت وقوع، مختصات رومرکز زمین‌لرزه، عمق کانونی، بزرگای زمین لرزه شامل بزرگای امواج سطحی (M_s)، بزرگای امواج پیکری (m_b)، بزرگای گشتاوری (M_w) و بزرگای محلی (M_L). کاتالوگ ارائه شده شامل دو بخش زمین لرزه‌های تاریخی (قبل از ۱۹۰۰ میلادی) و زمین لرزه‌های دستگاهی (بعد از ۱۹۰۰ میلادی) می‌باشد.

۲-۲-۱- زمین لرزه‌های تاریخی

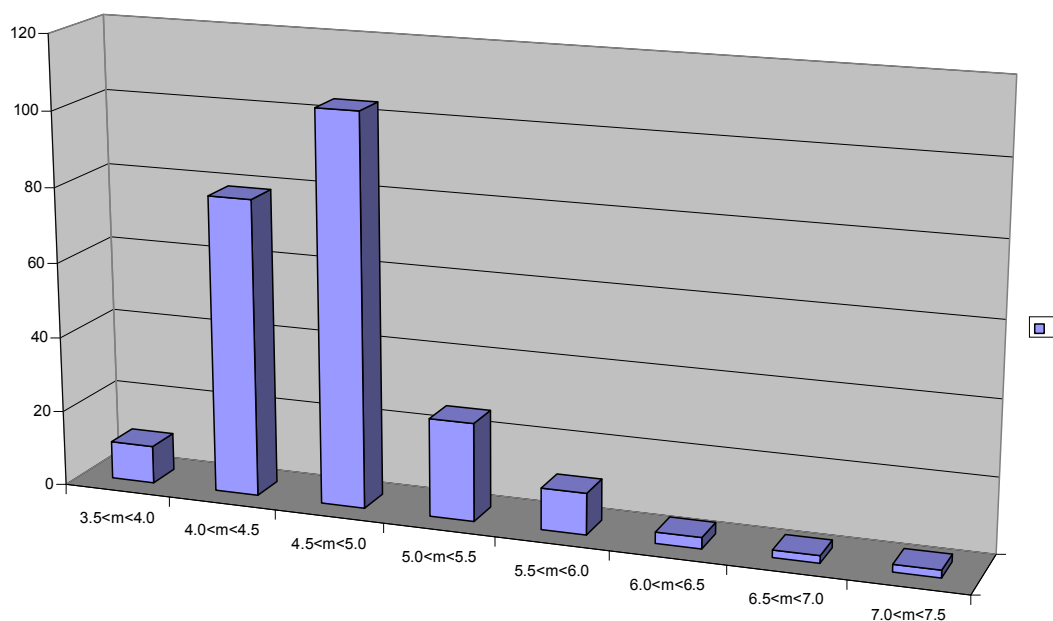
اطلاعات زمین‌لرزه‌های تاریخی از گزارش‌های تاریخی این زمین‌لرزه‌ها جمع‌آوری شده است که توسط بربریان (۱۳۷۰) و آمبرسیز و ملویل (۱۹۸۲) مورد بررسی قرار گرفته است. مهمترین زمین‌لرزه‌های تاریخی و دستگاهی در شکل (۱-۲) نشان داده شده است. بزرگای نسبت داده شده به زمین‌لرزه‌های تاریخی دارای خطای بالایی نسبت به زمین‌لرزه‌های دستگاهی می‌باشد. این خط تا ± 0.5 برای بزرگای زمین‌لرزه‌های تاریخی در نظر گرفته می‌شود. بزرگترین زمین‌لرزه تاریخی در گستره طرح مربوط به زمین لرزه ۹۵۸ ری با بزرگای $M_s = 7/7$ می‌باشد.



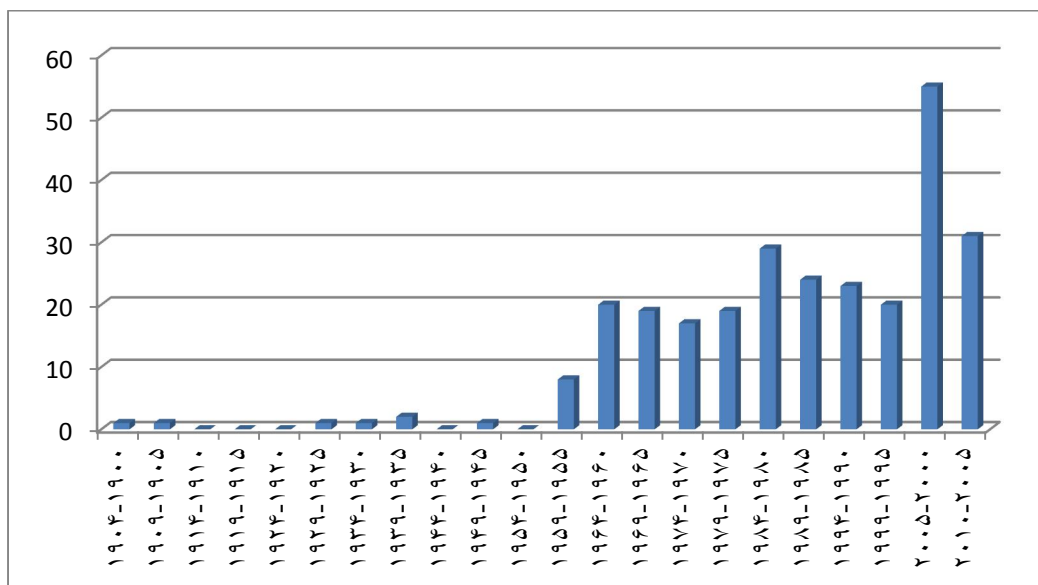
شکل (۱-۲): زمین لرزه‌های تاریخی و دستگاهی در گستره طرح مطالعاتی

۲-۲-۲- زمین لرزه‌های دستگاهی

به منظور بررسی آماری زمین لرزه‌های دستگاهی در محدوده طرح، زمین لرزه‌های رویداده که از منابع مختلف جمع آوری شده، مورد بررسی قرار گرفته است. زمین لرزه‌های دستگاهی مانند زمین لرزه‌های تاریخی دارای خطای مکانی و بزرگای می‌باشند. این خطا، با افزایش دستگاههای لرزه نگاری به مرور زمان کمتر شده است. این خطا برای بازه زمانی ۱۹۰۰ تا ۱۹۶۳ دارای مقادیر بیشتری برای زمین لرزه‌های دستگاهی می‌باشد. به دلیل کامل نبودن فهرست زمین لرزه‌ها برای بزرگای و ژرفای کانونی که محاسبات برپایه آنها انجام می‌شود، لازم است که با استفاده از شیوه‌های مختلف نظیر بررسیهای خاص آماری و یا اطلاعات موجود در رابطه با برخی زمین لرزه‌ها و همچنین داده‌های لرزه‌زمین‌ساختی این پارامترها در فهرست زمین لرزه‌ها تکمیل گردد. شکل (۲-۲) رومرکز زمین لرزه‌های دستگاهی در گستره سایت را نشان می‌دهد. این شکل دسته بندی بزرگای زمین لرزه‌ها برحسب تعداد آنها را نشان می‌دهد. بیشترین تعداد زمین لرزه‌ها دارای بزرگای بین ۴/۵ تا ۵/۰ می‌باشند. شکل (۲-۳) تعداد رویداد زمین لرزه‌ها را برای بازه زمانی ۵ سال را نشان می‌دهد. باتوجه به شکل (۲-۳) تعداد رویداد زمین لرزه‌ها از بازه زمانی ۱۹۶۳ به بعد افزایش می‌یابد. علت این امر افزایش تعداد ایستگاههای لرزه‌نگاری و گسترش شبکه‌های لرزه‌نگاری می‌باشد. علت افزایش تعداد زمین لرزه‌ها در بازه زمانی ۲۰۰۴ تا ۲۰۰۵ مربوط به رویداد زمین لرزه ۱۳۸۳ فیروزآباد کجور و پس لرزه‌های آن می‌باشد.



شکل (۲-۲): رومرکز زمین لرزه‌ها با بزرگای گزارش شده m_b



شکل (۲-۳): تعداد رویداد زمین لرزه‌ها در بازه زمانی ۵ سال از ۱۹۰۰ تا ۲۰۰۵ میلادی

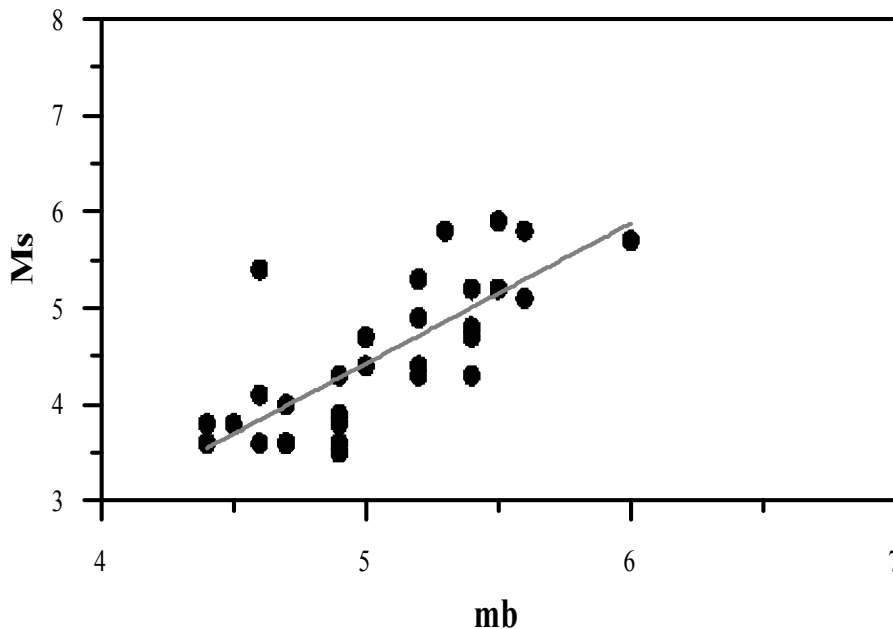
۲-۳ - رابطه بین M_s و m_b

به منظور یکنواخت نمودن بزرگای زمین‌لرزه‌ها در کاتالوگ و برای برآورد پارامترهای لرزه‌خیزی ابتدا رابطه بین بزرگای امواج سطحی و بزرگای امواج حجمی در ناحیه مورد مطالعه بدست آمده است. مطالعاتی که بر روی بزرگای امواج سطحی و بزرگای امواج حجمی انجام شده است، نشان می‌دهد که یک رابطه خطی بین این دو وجود دارد. این رابطه به صورت زیر می‌باشد.

$$M_s = a m_b + b \quad (۱-۲)$$

ضرایب a و b از روی برازش بین مقادیر M_s, m_b که برای هر زمین لرزه گزارش شده به دست می‌آید. در فهرست زمین‌لرزه‌های جمع‌آوری شده در منطقه مطالعاتی برای تعدادی از زمین‌لرزه‌ها هر دو بزرگای M_s, m_b گزارش شده است. با برازش تابع رابطه (۱-۲) بر روی این داده‌ها رابطه زیر بین این دو بزرگای به دست آمده است (شکل ۲-۴).

$$M_s = 1.499 m_b - 3.068 \quad (۲-۲)$$



شکل (۲-۴): رابطه خطی بین m_b و M_s زلزله‌ها در منطقه طرح

۲-۴- بزرگای M_w

فهرست زمین‌لرزه‌ها (پیوست الف) شامل چهار ستون برای بزرگای می‌باشد که عبارتند از بزرگای امواج حجمی (m_b)، بزرگای امواج سطحی (M_s)، بزرگای گشتاور (M_w) و بزرگای محلی (M_L). شکل (۲-۵) رابطه بین بزرگای گشتاوری و بزرگاهای دیگر را نشان می‌دهد. از آنجا که برای بزرگای امواج حجمی و بزرگای امواج سطحی پدیده اشباع روی می‌دهد، لذا به منظور برآورد پارامترهای لرزه‌خیزی و تحلیل خطر زمین‌لرزه‌ها بایستی بزرگای زمین‌لرزه‌ها یکنواخت گردد. با توجه به این که بزرگای گشتاوری M_w وابسته به فرایند فیزیکی گسلش بوده، لذا تمام بزرگاها برحسب بزرگای M_w یکنواخت شده است. بدین منظور ابتدا برای زمین‌لرزه‌هایی که بزرگای m_b یا M_s گزارش نشده است، مقادیر متناظر m_b و M_s با استفاده از رابطه (۲-۲) بدست آمده است. به منظور یکنواخت نمودن بزرگاها برحسب M_w برای زمین‌لرزه‌هایی که M_w برای آنها گزارش شده همان مقدار M_w در نظر گرفته شده است. برای زمین‌لرزه‌هایی که M_w برای آنها گزارش نشده پس از تکمیل مقادیر بزرگای m_b و M_s و بر اساس رابطه اشتروم و زیونسکی (۱۹۸۸) به بزرگای گشتاوری تبدیل شده است. رابطه (Ekstrom and Dziewonski (1988) به شکل زیر می‌باشد:

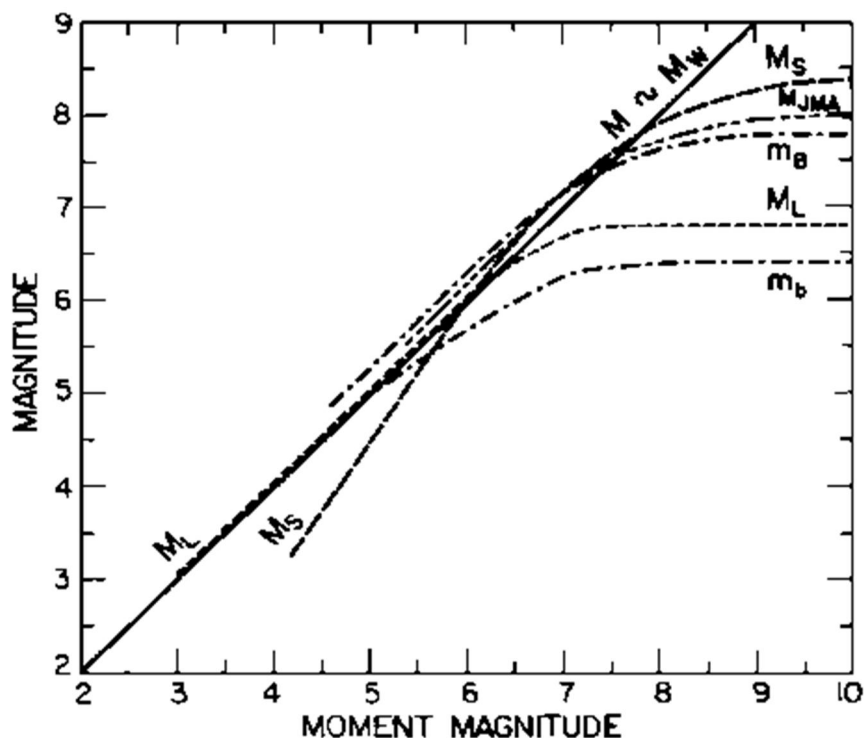
$$\log M_0 = 19.24 + M_s \quad \text{for } M_s < 5.3 \quad (3-2)$$

$$\log M_0 = 3.02 - \sqrt{92.45 - 11.4 M_s} \quad \text{for } 5.3 \leq M_s \leq 6.8$$

$$\log M_0 = 16.14 + \frac{3}{2} M_s \quad \text{for } M_s > 6.8$$

سپس با استفاده از رابطه هنکس-کاناموری (۱۹۷۹) مقدار بزرگای گشتاوری بدست آمده است.



$$M_w = \frac{\log M_0}{1.5} - 10.73$$



شکل (۲-۵): رابطه بین بزرگای گشتاوری و بزرگای دیگر (بور و جویئر، ۱۹۸۲)

۲-۵- ژرفای کانونی زمین لرزه‌ها

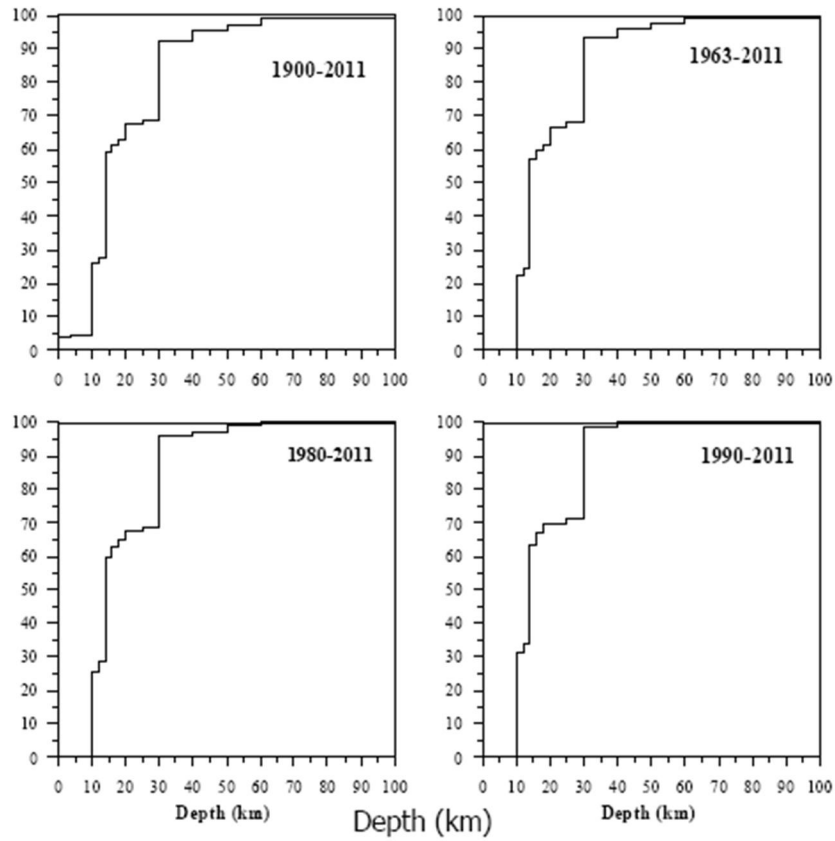
ژرفای کانونی یکی از پارامترهای زمین لرزه‌ها است که با خطای قابل ملاحظه‌ای همراه است. این خطا بستگی به چگالی ایستگاههای لرزه‌نگاری در منطقه و همچنین روشهای مورد استفاده در تعیین ژرفا دارد. برای تعدادی از زمین لرزه‌های جمع آوری شده در کاتالوگ ژرفای کانونی گزارش نشده است. لذا برای تکمیل ژرفای کانونی برای این رویدادها مدل لرزه‌زمین‌ساختی برای زمین لرزه‌ها در این ناحیه بایستی مورد توجه قرار گیرد. بدین منظور ابتدا براساس ژرفای کانونی گزارش شده برای زمین لرزه‌ها توزیع تجمعی زمین لرزه‌ها مورد بررسی قرار گرفته است. بررسی توزیع تجمعی برای کل بازه کاتالوگ یعنی از ۱۹۰۰-۲۰۰۵ و بازه زمانی ۱۹۶۳-۲۰۱۱، ۱۹۸۰-۲۰۱۱ و ۱۹۹۰-۲۰۱۱ انجام شده است. شکل (۲-۶) توزیع تجمعی ژرفای زمین لرزه‌ها را برای این بازه‌های زمانی نشان

 پژوهش عمران راهوار	صفحه ۲۶	گزارش نهایی مطالعات لرزه‌خیزی، تحلیل خطر زلزله و تهیه طیف بازتاب			 شرکت سرمایه گذاری عظام
	بهمن ماه ۱۳۹۱	CODE: 173	SEQ: 12	REV: 01	

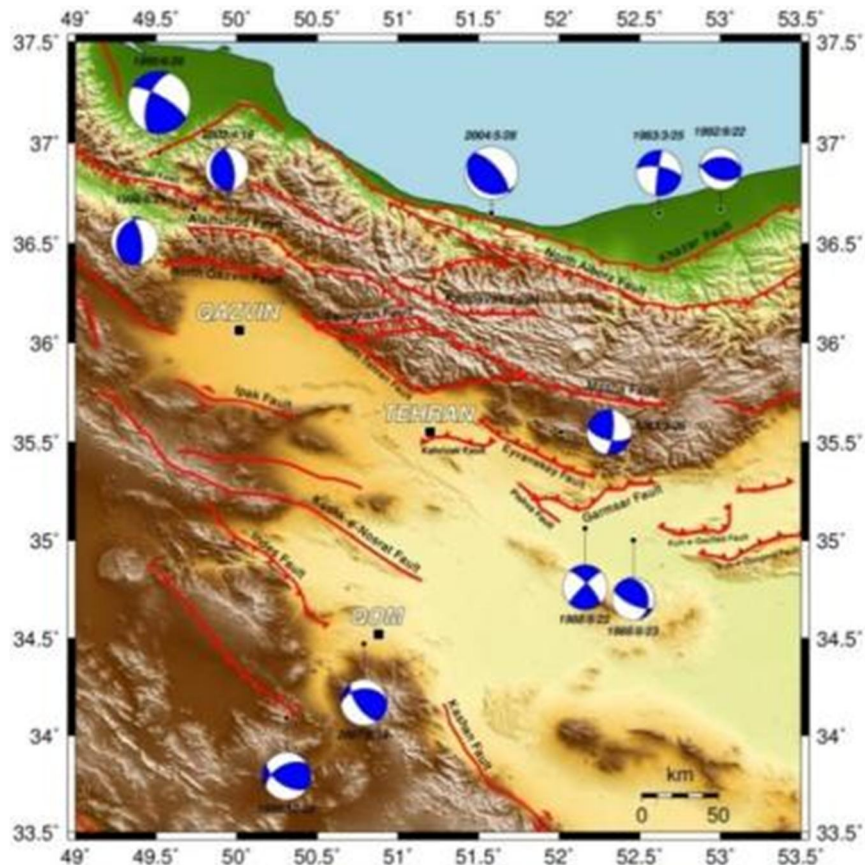
می‌دهد. با توجه به این که ژرفای کانونی دارای خطای بالایی برای قبل از ۱۹۶۳ می‌باشد، تجزیه تحلیل توزیع تجمعی براساس داده‌های از ۱۹۶۳ به بعد در نظر گرفته شده است. همان طور که در شکل (۶-۲) مشخص است ۲۲ درصد زمین‌لرزه‌ها دارای ژرفای کانونی کمتر از ۱۲ کیلومتر برای بازه زمانی ۱۹۶۳-۲۰۱۱ می‌باشند. این مقادیر برای بازه‌های زمانی ۱۹۸۰-۲۰۱۱، ۱۹۹۰-۲۰۱۱ به ترتیب ۲۵٪ و ۳۱٪ برای ژرفای کانونی کمتر از ۱۲ کیلومتر می‌باشد. جهش ناگهانی در ژرفای ۳۰ تا ۳۵ کیلومتر نشان‌دهنده مواردی است که مراکز زلزله شناسی قادر به تعیین ژرفای کانونی نبوده و مقدار آن را ۳۳ کیلومتر گزارش نموده اند. لذا با توجه به رویداد زمین لرزه در البرز و شکل (۷-۲) عمق ۱۰ کیلومتر برای زمین لرزه‌ها در نظر گرفته می‌شود.

۶-۲- ساز و کار زمین لرزه‌ها

ساز و کار زمین‌لرزه‌ها در البرز در شکل (۷-۲) نشان داده شده است. اطلاعات مربوط به ساز و کار زمین لرزه‌ها در این ناحیه از دانشگاه هاروارد گرفته شده است. سازوکار زمین‌لرزه‌ها در البرز اکثراً معکوس و معکوس با مولفه چپ گرد می‌باشد. همچنین سازوکار راستا لغز در این ناحیه مشاهده شده است. ساز و کار راستالغز مثل زمین‌لرزه ۱۹۹۰ رودبار منجیل و معکوس با مولفه راستا لغز چپ گرد مثل زمین‌لرزه ۱۳۸۳ فیروزآباد کجور در ناحیه به وقوع پیوسته است.



شکل (۲-۶): توزیع تجمعی عمق زمین لرزه ها در گستره سایت برای بازه های زمانی ۱۹۰۰-۲۰۱۱



شکل (۲-۷): ساز و کار زمین لرزه های با بزرگای $m_b \geq 5$

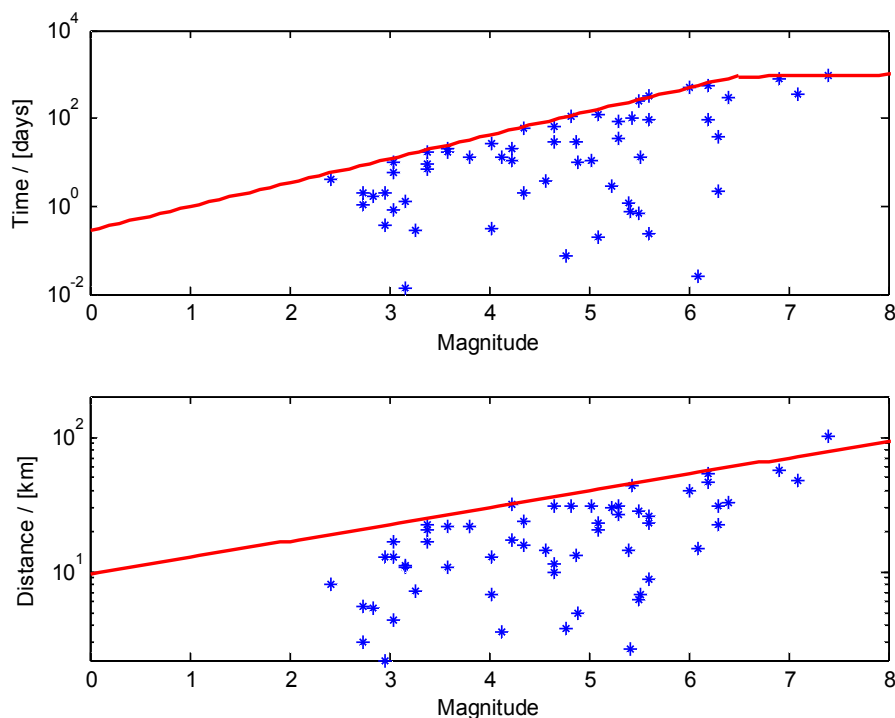


۲-۷- فرآیند پواسونی

در مطالعات مربوط به برآورد پارامترهای لرزه خیزی و تحلیل خطر زمین لرزه معمولاً فرض براین می باشد که رویداد زمین لرزه‌ها از یک فرآیند پواسونی که در حوزه زمان و مکان مستقل از همدیگر می‌باشند، پیروی می‌نماید. به منظور دستیابی به توزیع پواسون، رویدادهای وابسته شامل پیش‌لرزه‌ها و پس‌لرزه‌ها بایستی از کاتالوگ حذف گردد. لذا فهرست خام زمین لرزه‌ها می‌بایست به منظور تبعیت از فرآیند پواسونی مورد پردازش قرار گیرد. به این منظور در فهرست زمین لرزه‌ها پیش‌لرزه‌ها و پس‌لرزه‌ها از رویدادهای اصلی تشخیص داده شده و حذف گردیده اند و پس از حذف آنها برآزش داده‌های نهایی صورت گرفته است.

معیار تشخیص پیش‌لرزه‌ها و پس‌لرزه‌ها براین اساس است که در مورد پیش‌لرزه‌ها بزرگای افزایش و فاصله زمانی بین آنها کاهش می‌یابد تا رویداد اصلی به وقوع بپیوندند و در مورد پس‌لرزه‌ها پس از رویداد زمین لرزه اصلی، بزرگای پس‌لرزه‌ها کاهش و فاصله زمانی بین آنها افزایش می‌یابد. در کاتالوگی که تعداد رویدادها کم و دارای رویداد اصلی بزرگ و کمی هستند حذف رویدادهای وابسته به روش دستی با دقت خوبی امکان پذیر است. اما در مورد کاتالوگهای بزرگ استفاده از روش دستی مشکل می‌باشد. در مورد این گونه کاتالوگها استفاده از روش پنجره‌های متغیر توصیه می‌شود.

متداولترین روش برای حذف پیش‌لرزه‌ها و پس‌لرزه‌ها استفاده از پنجره‌های زمانی برای رویداد آنها می‌باشد. روشهای معرفی شده برای حذف رویدادهای وابسته از یک پنجره زمانی و مکانی $(0 < \Delta t < T, 0 < \Delta r < R)$ استفاده می‌نماید که R, T تابعی از رویداد اصلی و در ارتباط با زمان و فاصله می‌باشند. چنان چه R, T بالا تخمین زده شوند، علاوه بر رویدادهای وابسته رویدادهای غیروابسته دیگر نیز ممکن است از کاتالوگ حذف شود. از آنجا که رویداد و گسترش پس‌لرزه‌ها برای رویدادهای اصلی مختلف متغیر می‌باشد، لذا استفاده از پنجره‌های زمانی باعث فراتخمین در حذف رویدادهای وابسته می‌گردد. برای حذف رویدادهای وابسته سه شرط در نظر گرفته شده است. ۱- بزرگای آنها از مقدار زمین لرزه اصلی تجاوز نکند. ۲- فاصله رومرکز آنها از مقدار $R(M)$ تجاوز نکند و ۳- اختلاف زمانی رویدادهای وابسته با زمین لرزه اصلی از مقدار $T(M)$ تجاوز نکند. شکل (۲-۸) طول پنجره‌های زمانی و مکانی را برای حذف رویدادهای وابسته را نشان می‌دهد.



شکل (۲-۸): طول پنجره‌های زمانی و مکانی برای حذف رویدادهای وابسته به روش (gardner&knopoff (1974

پس از حذف پیش‌لرزه‌ها و پس‌لرزه‌ها تعداد سالیانه رویداد زمین‌لرزه‌ها مورد آزمون پواسونی قرار گرفته است. برای یک فرایند پواسونی احتمال یک متغیر تصادفی که معرف تعداد رویدادهای یک زلزله مشخص در یک بازه زمانی مشخص می‌باشد با رابطه زیر بیان می‌گردد.

$$P[N.n, t] = \frac{(vt)^n}{n!} e^{-vt} \quad (۴-۲)$$

که v آهنگ زمانی وقوع زمین‌لرزه‌ها برای یک سال می‌باشد. بدین منظور برای بازه زمانی ۱۹۶۰ تا ۲۰۱۰ برای بزرگای بزرگتر از ۵ پس از حذف پیش‌لرزه‌ها و پس‌لرزه‌ها مدل پواسون آزمایش گردید. علت انتخاب این بازه به خاطر توزیع غیریکنواخت قبل از ۱۹۶۰ می‌باشد. مقدار v از تقسیم تعداد کل رویدادها به بازه زمانی به دست می‌آید. برای ارزیابی مدل پواسون از رابطه زیر بین توزیع مشاهده شده و موردانتظار استفاده شده است.

$$X = \sum \frac{(Ny_i - K_i)^2}{K_i} \quad (۵-۲)$$

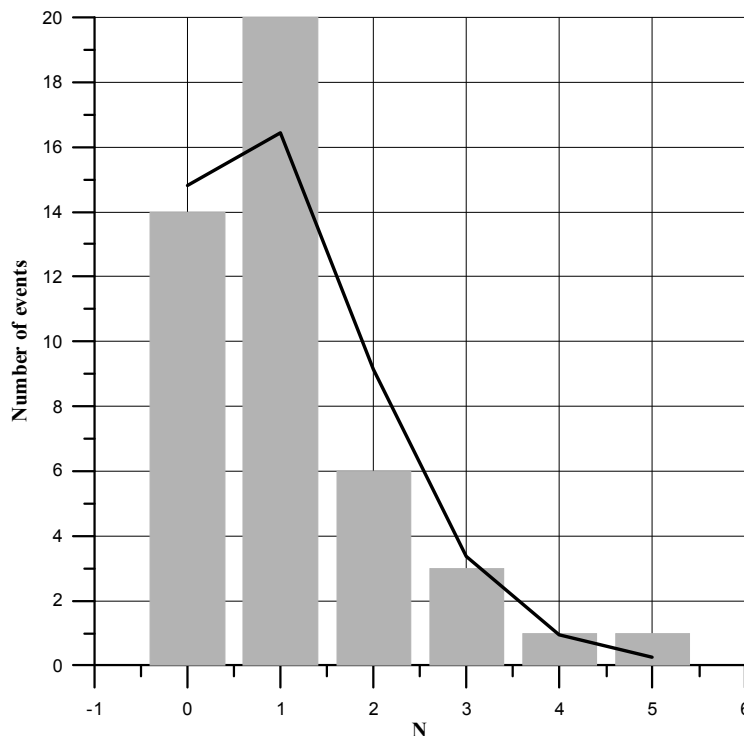
در این رابطه Ny_i توزیع مشاهده شده و K_i توزیع مورد انتظار می‌باشد. هر چقدر مقدار X کمتر باشد تطابق بهتری بین دو توزیع وجود دارد. شکل (۲-۹) مقایسه توزیع مشاهده شده و مورد انتظار را نشان می‌دهد. با توجه

شکل (۲-۹) و جداول احتمالی برای Chi Square Test رویداد زمین‌لرزه‌ها پس از حذف رویدادهای وابسته به صورت پواسونی توزیع شده است.

۲-۸- برآورد پارامترهای لرزه‌خیزی

با توجه به وقوع زمین‌لرزه‌های تاریخی و دستگامی و لرزه‌خیزی بالای البرز، برآورد پارامترهای لرزه‌خیزی با استفاده از روشهای مختلف انجام شده است. بدین منظور از روش پایه گوتنبرگ-ریشتر و روش کیکو استفاده شده است. فرضیات پایه که در اینگونه مطالعات می‌بایست مورد توجه قرار گیرند به شرح زیر می‌باشد:

- تبعیت زمین لرزه از فرایند پواسونی به معنای مستقل نمودن رویداد زمین لرزه‌ها در حوزه زمان و مکان از یکدیگر.
- همگن بودن گستره در نظر گرفته شده از نظر لرزه‌خیزی و دارا بودن خصوصیات مشخص لرزه‌ای (در صورت در نظر گرفتن استانهای لرزه‌زمین‌ساخت یا گستره‌های لرزه‌ای ناحیه ای).



شکل (۲-۹): مقایسه توزیع مشاهده شده و مورد انتظار

- استفاده از توابع توزیعی که توان محاسبه دقیق روابط بزرگ-فراوانی را همخوان با لرزه‌خیزی واقعی گستره طرح داشته باشد. نظیر تابع توزیع دو کراندار گوتنبرگ-ریشتر که دارای حد بالا و پائین برای وارد نمودن بزرگای زمین لرزه‌ها در محاسبات می‌باشد.

- بکارگیری روشهای آماری مناسب و همخوان با تابع بکار گرفته شده نظیر روش آماری تخمین بیشینه که



در روش کیکو از آن استفاده شده است.

• امکان انجام دسته بندیهای مناسب برای زمین‌لرزه‌ها با توجه به دقت ثبت بزرگای و پراکندگی زمین‌لرزه‌ها نسبت به بزرگای و زمان و همچنین استفاده صحیح از زمین‌لرزه‌های تاریخی (در صورت وجود) به همراه زمین‌لرزه‌های ثبت شده دستگاهی.

• توان وارد نمودن عدم قطعیت (خطا) بزرگای زمین‌لرزه‌ها به صورت متغیر برای دسته بندیهای مختلف در محاسبات.

• در نظر گرفتن بزرگای آستانه و بزرگای حداکثر برای دسته بندیهای مختلف.

• توان در نظر گرفتن بازه‌هایی به منظور نشان دادن نبود اطلاعات لرزه‌ای که به دلایل مختلف از جمله کمبود اطلاعات نبوده‌های لرزه‌ای و یا بی لرزه بودن منطقه ممکن است وجود داشته باشد.

لازم به بیان است که دو شرط اول فرضیات پایه و اصلی در مطالعات لرزه‌خیزی می‌باشد که تمامی محاسبات پس از رعایت آنها می‌بایست انجام گیرد.



۲-۸-۱- روش پایه گوتنبرگ- ریشتر

تابع توزیع مقدماتی یا پایه گوتنبرگ-ریشتر در سال ۱۹۵۸ ارائه گردید. در این رابطه فراوانی انباشتی زمین‌لرزه‌ها (N_c) به طور خطی و با در نظر گرفتن رابطه ساده زیر به بزرگای نسبت داده می‌شود.

$$\text{Log}N_c = a - bM \quad (۲-۶)$$

که M بزرگای زمین‌لرزه و (N_c) فراوانی تجمعی می‌باشد. a و b ضرایب ثابتی هستند که از روش کمترین مربعات به دست می‌آیند. این روش، برای زمین‌لرزه‌های سده بیستم به بعد به کار می‌رود زیرا اطلاعات سده‌های قبل به صورت تاریخی می‌باشد و استفاده از این روش برای سده‌های قبل ممکن است جوابهای قابل قبولی برای دوره بازگشت‌های طولانی ارائه ندهد. لذا از روشهای کامل تری برای برآورد دوره بازگشت زمین‌لرزه‌ها می‌توان استفاده نمود.

با بکارگیری این رابطه ساده می‌توان با انجام یک دسته بندی مناسب برای بزرگای زمین‌لرزه‌ها رابطه لرزه-خیزی و ضرایب مربوط به آن را (a, b ضرایب) را به دست آورد. اما با توجه به محدودیت‌های این رابطه از یک طرف امکان استفاده از زمین‌لرزه‌های تاریخی وجود نداشته و از سوی دیگر به دلیل نداشتن حد بالا و پائین برای

 پژوهش عمران راهوار	صفحه ۳۲	گزارش نهایی مطالعات لرزه‌خیزی، تحلیل خطر زلزله و تهیه طیف بازتاب			 شرکت سرمایه گذاری عظام
	بهمن ماه ۱۳۹۱	CODE: 173	SEQ: 12	REV: 01	

بزرگا نتایج به دست آمده تنها تابع ماهیت ریاضی رابطه بوده با واقعیات لرزه‌خیزی منطقه سازگار نمی‌باشد. باید توجه کرد که به دلیل عدم استفاده از زمین‌لرزه‌های تاریخی نتایج مربوط به دوره بازگشت بزرگای زمین‌لرزه‌ها را نمی‌توان معیار صحیحی برای پیشینه لرزه‌خیزی دراز مدت منطقه که دارای زمین‌لرزه‌های متعدد و بزرگ در سده‌های پیشین می‌باشد دانست.

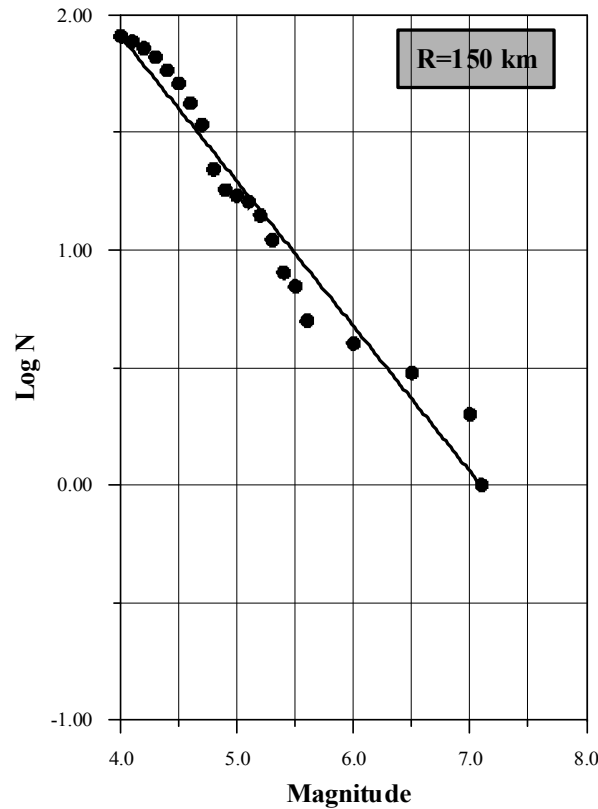
به منظور مقایسه بهتر، نتایج زمین‌لرزه‌های روی داده در گستره شعاعی ۱۵۰ کیلومتر پیرامون سایت دسته-بندی شده و سپس با استفاده از روش آماری کمترین مربعات ضرائب رابطه گوتنبرگ-ریشتر برای گستره‌های شعاعی فوق به دست آمده است (شکل ۲-۱۰). رابطه گوتنبرگ-ریشتر در شعاع ۱۵۰ کیلومتری سایت عبارت است از:

$$\text{Log } N = 4.31 - 0.61 M_w \quad (2-7)$$

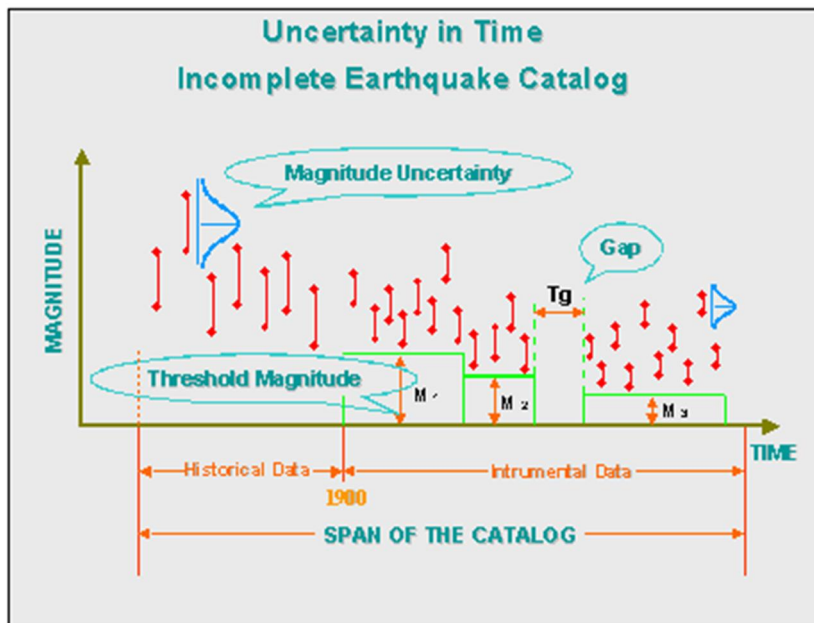
۲-۸-۲- روش کیکو

کاتالوگ زمین لرزه‌های رویداده در گستره مطالعاتی از سه بخش تشکیل شده است. بخش اول مربوط به زمین لرزه‌های تاریخی که در دوره های بیش از چند صد سال گذشته روی داده اند. بخش دوم مربوط به زمین لرزه‌های دستگاهی یعنی از ۱۹۰۰ میلادی به بعد می‌باشد. بخش سوم شامل فواصل زمانی است که در این فواصل داده های کافی در دسترس نمی‌باشد. کیکو و سلوول (۱۹۹۲) با استفاده از بخش های مختلف کاتالوگ پارامترهای لرزه خیزی را تخمین زدند. مزیت‌های این روش به طور خلاصه عبارت است از:

- ۱) استفاده از توابع نمایشی دوکراندار (۲) استفاده از زمین‌لرزه‌های تاریخی همراه با زمین لرزه‌های دستگاهی در برآورد پارامترهای لرزه‌خیزی و (۳) در نظر گرفتن خطای بزرگای با احتساب عدم ثبت زمین‌لرزه‌ها در فواصل زمانی مشخص برای فهرست‌های ناقص رویداد زمین‌لرزه‌ها (شکل ۲-۱۱).



شکل (۲-۱۰): رابطه گوتنبرگ ریشتر در گستره شعاعی ۱۵۰ کیلومتر.



شکل (۲-۱۱): مجموع اطلاعات استفاده شده در روش کیکو

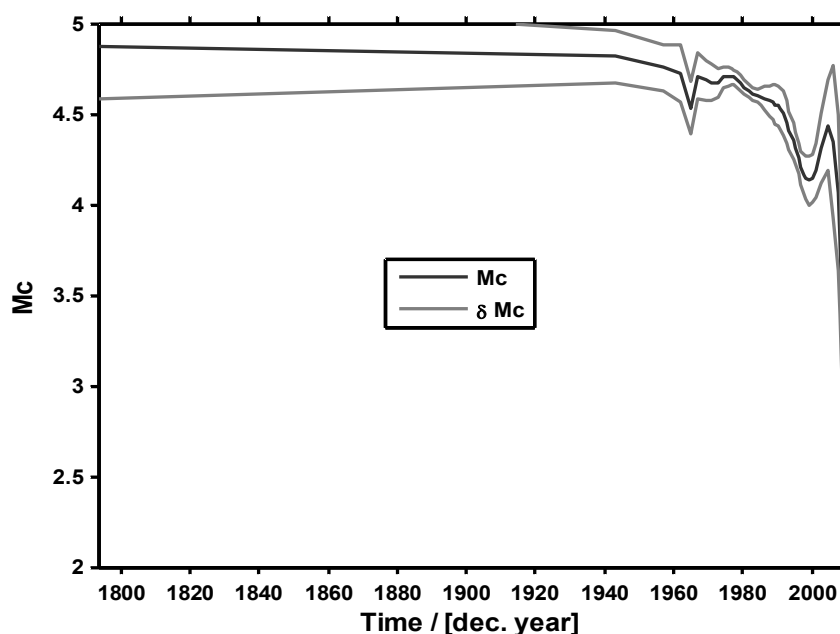
روش ارائه شده توسط کیکو و سلوول (۱۹۹۲) دارای قابلیت‌های سودمندی در بکارگیری فهرست زمین لرزه-های آمیخته و ناهمگون می‌باشد که مناسب با خصوصیات داده‌های لرزه‌ای ایران است. توابع استفاده شده در برنامه کیکو شامل تابع توزیع برازش مقادیر نهائی برای زمین لرزه‌های پیش از سده بیستم که اغلب بزرگ ولی

دارای خطای بالا می‌باشند و تابع توزیع دوکراندار گوتنبرگ-ریشتر برای زمین‌لرزه‌های ثبت شده دستگامی و بکارگیری روش آماری تخمین بیشینه درست نمائی می‌باشد. در این روش همچنین توابع بکارگیری توام زمین لرزه‌های تاریخی و ثبت شده دستگامی با انجام دسته بندیهای مناسب با در نظر گرفتن خطای بزرگا، بزرگای آستانه و بزرگای حداکثر به صورت متفاوت برای هر دسته وجود دارد. همچنین می‌توان اثر نبوده‌های لرزه‌ای و یا کمبود اطلاعات را به نحوی در محاسبات وارد نمود .



برای برآورد پارامترهای لرزه‌خیزی لازم است تا بانک اطلاعاتی زمین‌لرزه‌ها از جهت کامل بودن بررسی شود و مقدار بزرگای M_c برای آن بدست آید. بدین منظور از روش بیشینه خمیدگی واینر (۲۰۰۰) استفاده گردیده است (شکل ۲-۱۲). نتیجه بررسی این منحنی‌ها در جدول زیر آمده است.

جدول (۲-۱): مقادیر بدست آمده برای M_c به همراه انحراف معیار آن.

SD	M_c	محدوده زمانی
0.3	4.8	1900-1960
0.2	4.6	1960-1980
0.1	4.6	1980-1990
0.1	4.5	1990-2000
0.1	4.0	After 2000



شکل (۲-۱۲): منحنی تغییرات کمیت M_c با زمان

 پژوهش عمران راهوار	صفحه ۳۵	گزارش نهایی مطالعات لرزه‌خیزی، تحلیل خطر زلزله و تهیه طیف بازتاب			 شرکت سرمایه گذاری عظام
	بهمن ماه ۱۳۹۱	CODE: 173	SEQ: 12	REV: 01	

پارامترهای لرزه‌خیزی برآورد شده، شامل حداکثر بزرگای زمین‌لرزه (M_{max})، ضریب β و آهنگ سالیانه λ در گستره ۱۵۰ کیلومتری، به روش کیکو عبارتند از:

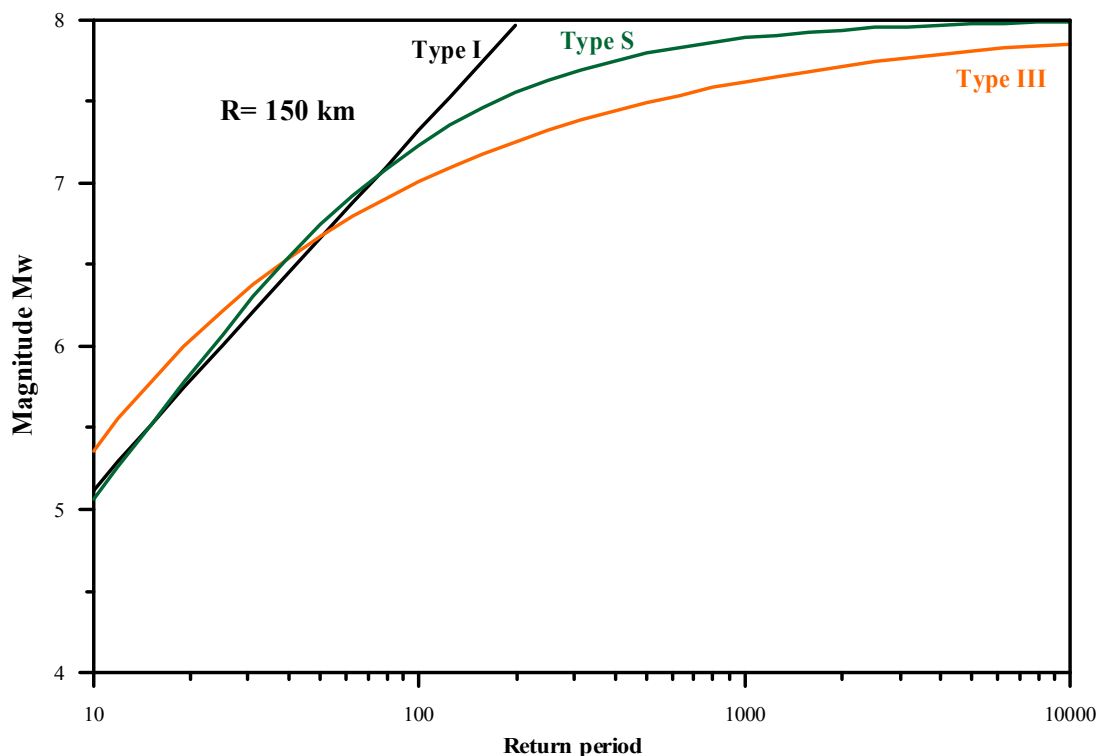
$$M_{max} = 7.8, \quad \beta = 2.16, \quad \lambda = 0.8$$

۹-۲- دوره بازگشت بزرگای زمین‌لرزه‌ها



به منظور برآورد دوره بازگشت بزرگای زمین‌لرزه‌ها در گستره مطالعاتی از دو روش برازش مقادیر نهایی و روش کیکو استفاده شده است.

۹-۲-۱- روش برازش مقادیر نهایی

در این روش از سه تابع توزیع نوع III, I و S ارائه شده توسط گامبل، یگولاب و کئو وهاول به روش کمترین مربعات استفاده می‌شود. برای برازش نهایی بزرگای زمین‌لرزه‌ها از زمین‌لرزه‌های دستگاهی استفاده گردیده است. برای هر فاصله زمانی پنج سال بزرگترین زمین‌لرزه رویداده انتخاب شده و محاسبات برپایه آن انجام می‌شود. نتایج حاصل از این تحلیل در شکل (۲-۱۳) نشان داده شده است. براساس برازش مقادیر نهایی بزرگای زمین‌لرزه‌ها برای دوره بازگشت ۷۵، ۴۷۵ و ۲۴۷۵ سال در شعاع ۱۵۰ کیلومتری به ترتیب برابر با ۶/۹، ۷/۵ و ۷/۹ برای نوع III و ۷/۱، ۷/۸ و ۷/۹ برای نوع S برآورد گردیده است.

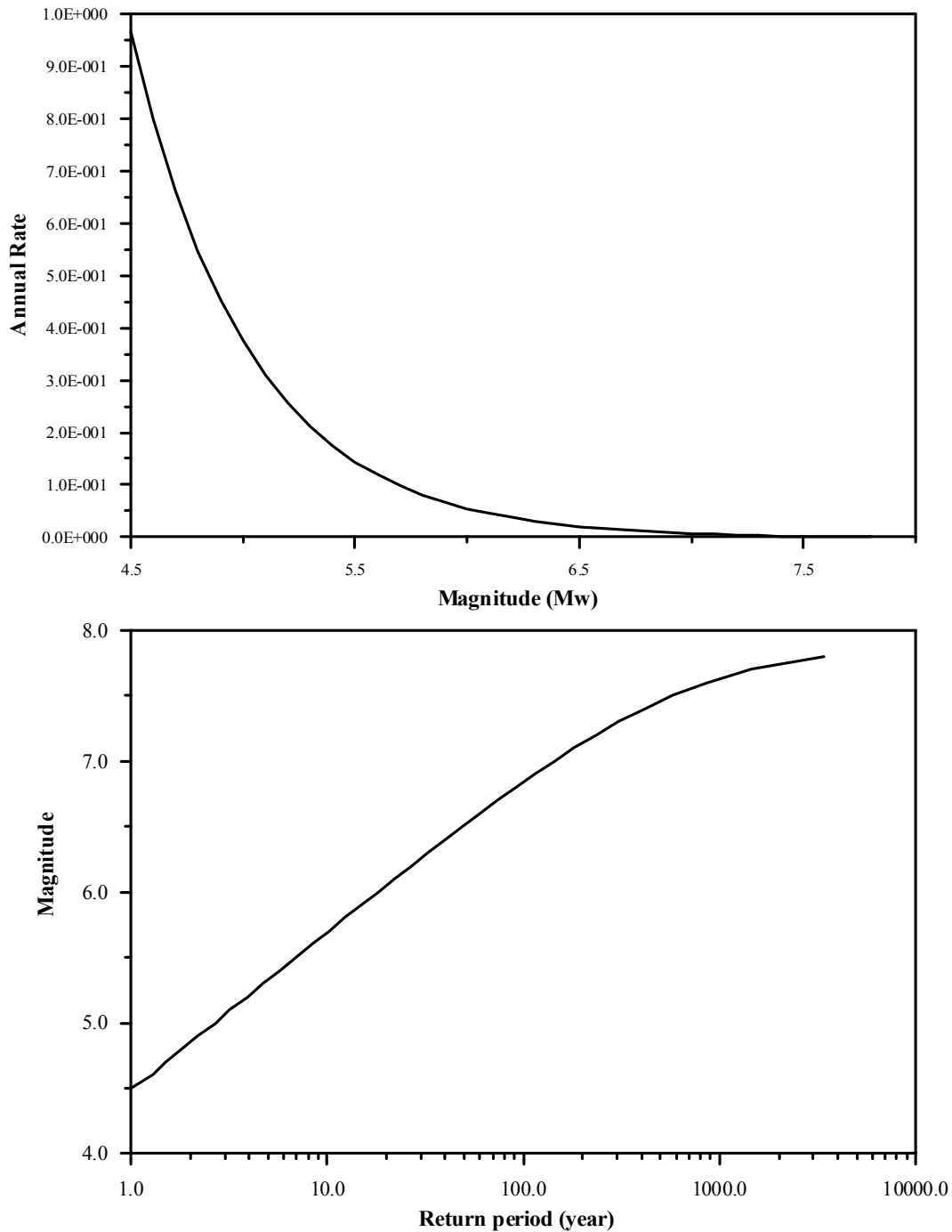


شکل (۲-۱۳): دوره بازگشت براساس توابع نوع III, I و S در گستره ۱۵۰ کیلومتری.

 پروهش عمران راهوار	صفحه ۳۶	گزارش نهایی مطالعات لرزه‌خیزی، تحلیل خطر زلزله و تهیه طیف بازتاب			 شرکت سرمایه گذاری عظام
	بهمن ماه ۱۳۹۱	CODE: 173	SEQ: 12	REV: 01	

۲-۹-۲- دوره بازگشت بزرگای براساس روش کیکو

دوره بازگشت بزرگای زمین‌لرزه‌ها با استفاده از پارامترهای لرزه‌خیزی محاسبه شده به روش کیکو در شکل (۱۴-۲) نشان داده شده است. با استفاده از این روش بزرگای زمین‌لرزه‌ها برای دوره بازگشت های ۷۵، ۴۷۵ و ۲۴۷۵ سال در گستره ۱۵۰ کیلومتری به ترتیب $6/7$ ، $7/4$ و $7/7$ تخمین زده شده است.



شکل (۱۴-۲): دوره بازگشت و آهنگ سالیانه برحسب بزرگای در گستره های شعاعی ۱۵۰ کیلومتری



۲-۱۰- تحلیل خطر زمین لرزه

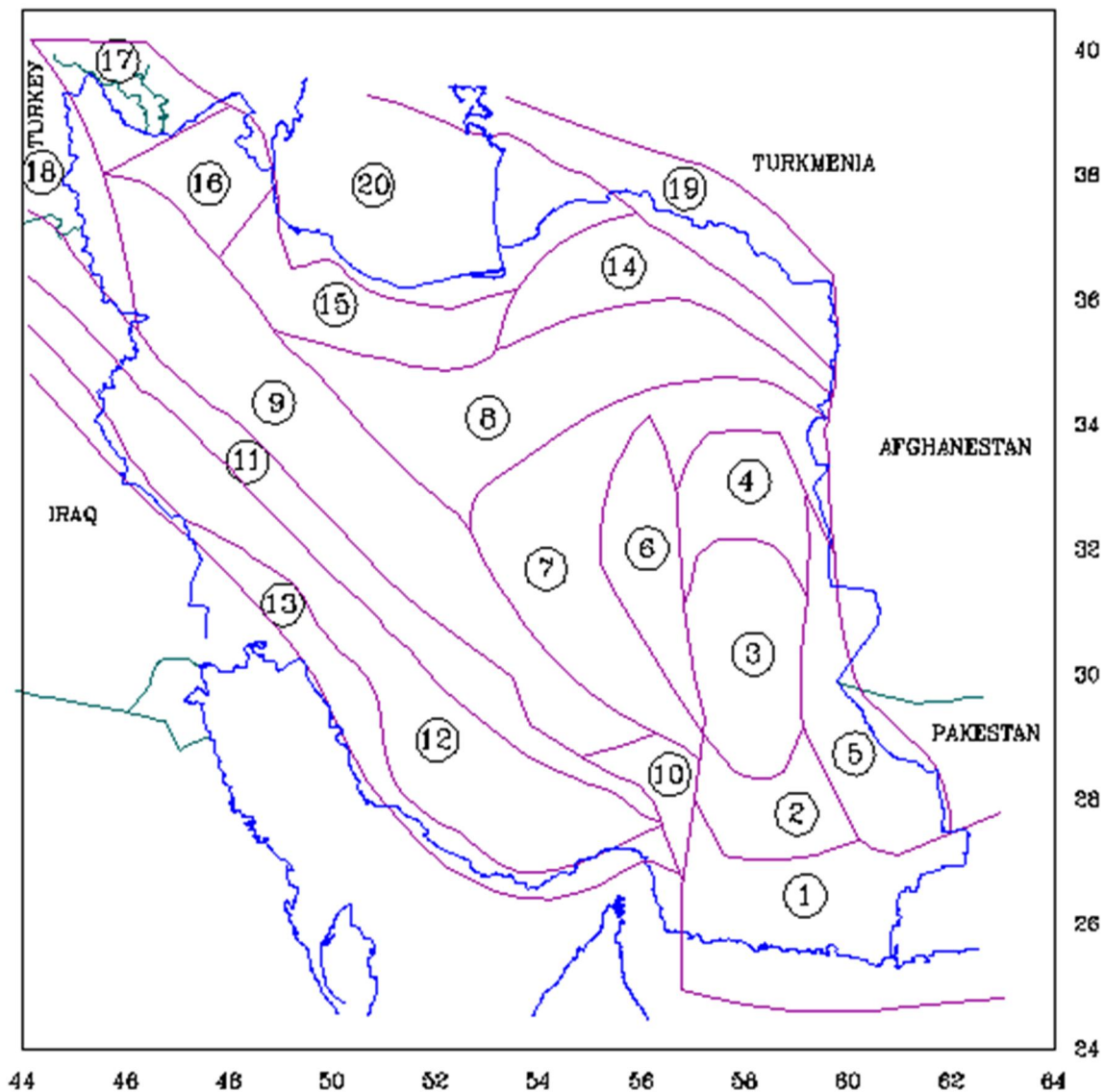
جنبش نیرومند زمین ناشی از زمین‌لرزه براساس پارامترهای مختلفی که توصیف‌کننده اثرات ناشی از یک زمین‌لرزه می‌باشند بیان می‌شود. مهمترین پارامترهای جنبش نیرومند زمین که در ارزیابی‌های خطر زمین‌لرزه و رفتار سازه‌های مختلف در برابر آنها مورد نظر بوده و دارای کاربرد مهندسی است، شامل بیشینه مقادیر شتاب، سرعت، تغییر مکان و همچنین طیف پاسخ شتاب یا سرعت در میراثیهای مختلف می‌باشد. به طور کلی در انجام تحقیقات مربوط به تحلیل خطر زمین‌لرزه برای یک ساختگاه معین، دو رهیافت اساسی وجود دارد. این دو روش، روش تحلیل خطر زمین‌لرزه با رهیافت تعیینی و روش احتمالی می‌باشند که هدف هر دو روش به دست آوردن پارامترهای اساسی جنبش زمین همچون بیشینه شتاب زمین می‌باشد. رهیافت تعیینی بیشتر براساس مطالعات و روابط تجربی استوار بوده و اساس کار در روش احتمالی، مطالعات آماری زمین‌لرزه‌های گذشته منطقه و تعیین ویژگی رخدادهای لرزه ای آینده با در نظر گرفتن احتمالات مختلف می‌باشد.

به طور کلی می‌توان گفت که فقط در صورت کامل بودن بانک اطلاعاتی و آماری زمین‌لرزه‌های منطقه، روش احتمالی روشی مناسب برای تحلیل خطر زمین‌لرزه می‌باشد. ولی به سبب کمبود اطلاعات و تاریخچه موجود از زمین‌لرزه‌های گذشته (حداکثر تا یک قرن گذشته برای زمین‌لرزه‌های دستگاهی و تا چند قرن پیش برای زمین‌لرزه‌های تاریخی) و نیز با توجه به دوره بازگشت چند صد ساله بسیاری از زمین‌لرزه‌های بزرگ در بسیاری از کشورهای جهان که قدمت آنها به زحمت به یکی دو قرن می‌رسد، نتایج مطلق از این رهیافت به دست نمی‌آید، ولی در مجموع از مناسب‌ترین روشها در برخورد با مسأله خطر رویداد زمین‌لرزه است.

۲-۱۱- مدل لرزه‌زمین ساخت گستره طرح

یکی از مراحل اساسی در تحلیل خطر زمین‌لرزه، تعریف چشمه یا چشمه‌های لرزه‌زا، که در پیرامون ساختگاه قرار دارند می‌باشد. تعریف چشمه‌های لرزه‌زمین‌ساختی اغلب نیاز به دانشی از زمین‌شناسی، لرزه‌خیزی و زمین‌ساخت محلی و منطقه‌ای دارد. در مطالعه چشمه‌های لرزه‌زا گسله‌های فعال یکی از ساختارهای مهم به شمار می‌آیند. استان لرزه‌زمین‌ساختی، منطقه یا بخشی از یک منطقه است که در آنجا هیچ گسله فعال یا ساختار لرزه‌زمین‌ساختی قابل شناسایی نباشد و این چشمه‌ها می‌توانند به صورت یک منطقه جغرافیایی که از

دیدگاه زمین‌شناسی، ژئوفیزیکی و زلزله‌شناسی دارای شرایط یکسان می‌باشد و در سراسر آن توان لرزه‌زایی یکنواخت فرض می‌شود، تعریف گردد. زمین‌لرزه‌ها هرچند ممکن است در بعضی از مکانهای آن به طور متمرکز به وقوع بپیوندند ولی فرض می‌شود که در سراسر یک استان لرزه‌زمین‌ساختی زمین‌لرزه‌ها به طور کاتوره‌ای و با احتمال مساوی روی می‌دهد. به عبارت دیگر مقدار b در رابطه گوتنبرگ-ریشتر برای یک استان لرزه‌زمین‌ساخت ثابت فرض می‌شود. داده‌های زمین‌شناسی، زمین‌ساختی، لرزه‌ای و لرزه‌خیزی برای شناسایی و تفکیک این چشمه‌ها مفید هستند. بر همین پایه با توجه به مدل زمین‌ساختی (شکل ۲-۱۵) ایران به ۲۰ استان لرزه‌زمین-ساختی تفکیک گردیده است (توکلی و آشتیانی، ۱۹۹۹).



شکل (۲-۱۵): منطقه بندی چشمه‌های لرزه‌ای ایران و زمین‌لرزه‌های موجود در هر چشمه (توکلی و آشتیانی، ۱۹۹۹).



۲-۱۲- رابطه کاهندگی

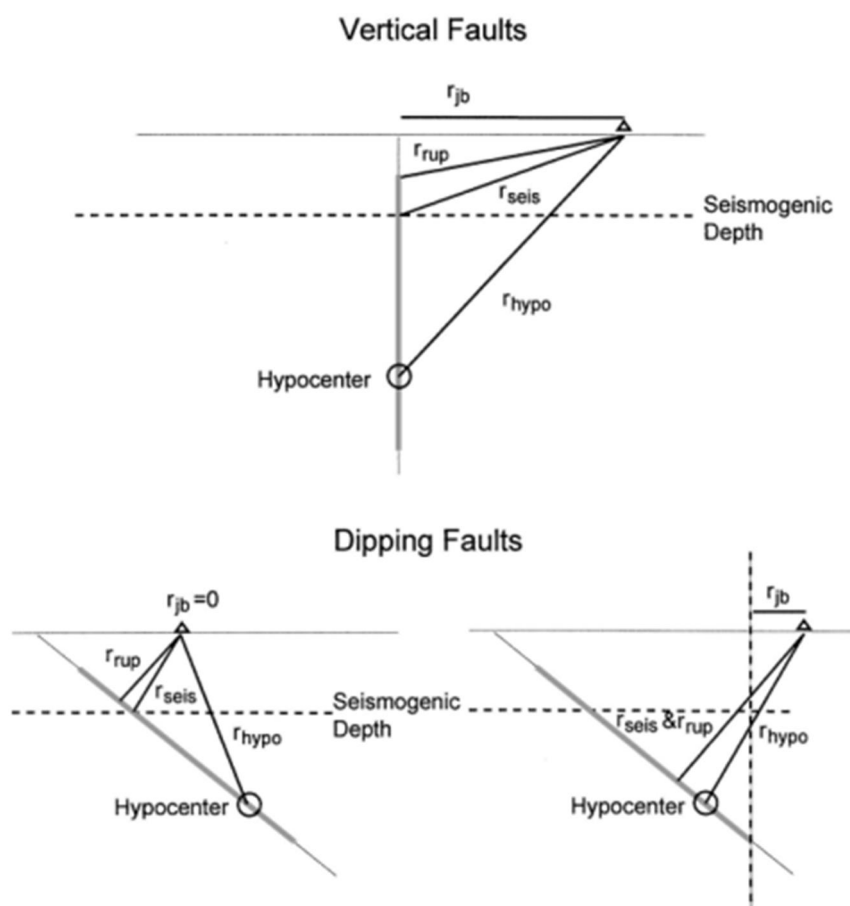
در تحلیل خطر زمین‌لرزه، روابط کاهندگی (Attenuation Relationships)، جزئی کلیدی به شمار می‌روند. این روابط، یک رابطه ریاضی بین پارامترهای وابسته به زمین لرزه و پارامترهای وابسته به حرکت زمین را ارائه می‌دهد. پارامترهای وابسته به حرکت زمین، پارامترهایی هستند که توسط مهندسیین طراح، در طراحی لرزه‌ای سازه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند، لذا اهمیت این روابط به خوبی مشخص می‌شود. این روابط عموماً از طریق تحلیل آماری بر روی اطلاعات ثبت شده از زلزله‌های رخ داده، حاصل می‌شوند. رابطه کاهندگی عبارتست از یک معادله ریاضی که پارامترهای حرکت زمین را به صورت توابعی از بزرگی زلزله، فاصله، شرایط ساختگاهی و احیاناً پارامترهای دیگر تخمین می‌زند. جهت تعریف شکل تابع کاهندگی به صورت مناسب، ابتدا لازم است که ارتباط بین پارامترهای مختلف بکار رفته در رابطه کاهندگی تعیین شود. مطالعات فراوانی که در این مورد صورت گرفته است، این امکان را فراهم ساخته تا توابع مناسبی جهت استفاده در روابط کاهندگی تعریف شود. مقادیر ماکزیمم پارامترهای جنبش نیرومند، تقریباً دارای توزیع نرمال لگاریتمی هستند، یعنی لگاریتم پارامترها دارای توزیع نرمال می‌باشد. در نتیجه رگرسیون داده‌ها بجای انجام برروی پارامتر Y ، برروی لگاریتم Y صورت می‌گیرد. بزرگای زلزله عموماً بصورت لگاریتم پارامتر حرکت ماکزیمم تعریف می‌شود. بنابراین منطقی است که فرض شود بین $\log(Y)$ و M رابطه خطی حاکم است. فاصله در روابط کاهندگی به صورتهای مختلف در نظر گرفته شده است (شکل ۲-۱۶). شکل (۲-۱۶) تعاریف فواصل مختلف که در روابط کاهندگی به کار می‌رود را نشان می‌دهد. این فواصل عبارتند از: فاصله کانونی، فاصله تا تصویر گسل روی سطح زمین (I_{jb}) ، فاصله سیموژنیک، نزدیکترین فاصله تا گسیختگی روی گسل (I_{rup}) . پارامترهای حرکت زمین ممکن است تحت تاثیر خصوصیات منبع (مکانیزم‌های مختلف گسیختگی گسل: امتداد لغز، نرمال و معکوس) و یا خصوصیات ساختگاه (شرایط ساختگاهی مختلف: سنگ، آبرفت، خاک سخت، خاک نرم و...) باشند که این تاثیر باید به نحو مناسبی در رابطه کاهندگی لحاظ شود. از ترکیب مشاهدات بالا با یکدیگر، می‌توان شکل تابع رابطه کاهندگی را به صورت ذیل استخراج کرد:

$$\text{Log}(Y) = C_1 + C_2 \cdot M + C_3 \cdot \log(R + C_4 \cdot \exp(C_5 \cdot M)) + C_6 \cdot R + f(S_i) + C_7 \cdot \sigma \quad (2-8)$$

در رابطه بالا (Y) پارامتر مورد نظر جنبش نیرومند زمین است که به طور کلی با بزرگا (M) رابطه

مستقیم و بافاصله (R) رابطه معکوس دارد. ضرائب ثابت این روابط به طور تجربی براساس شتاب نگاشتهای استفاده شده و با استفاده از روشهای آماری حاصل می‌گردد. (ϵ) خطای میانگین تصادفی با مقدار میانگین صفر و انحراف معیار معادل با خطای تخمین (Y) می‌باشد. پارامترهای دیگری نظیر شرایط ساختگاه، نوع گسلش، ضخامت آبرفت و یا پارامترهای خاص دیگر که قابل مدل شدن به صورت ریاضی باشند به صورت کلی $f(S_i)$ در رابطه فوق نشان داده شده است. در مطالعات تحلیل خطر زمین لرزه انتخاب رابطه کاهندگی بایستی مطابق با خصوصیات لرزه زمین ساختی منطقه مورد مطالعه باشد. در صورتی که برای ناحیه مورد مطالعه داده های شتابنگاری وجود نداشته باشد، می‌توان از روابط کاهندگی که شرایط لرزه زمین ساختی ناحیه مربوط به این روابط نزدیک به شرایط لرزه زمین ساختی ناحیه موردنظر باشد استفاده نمود.

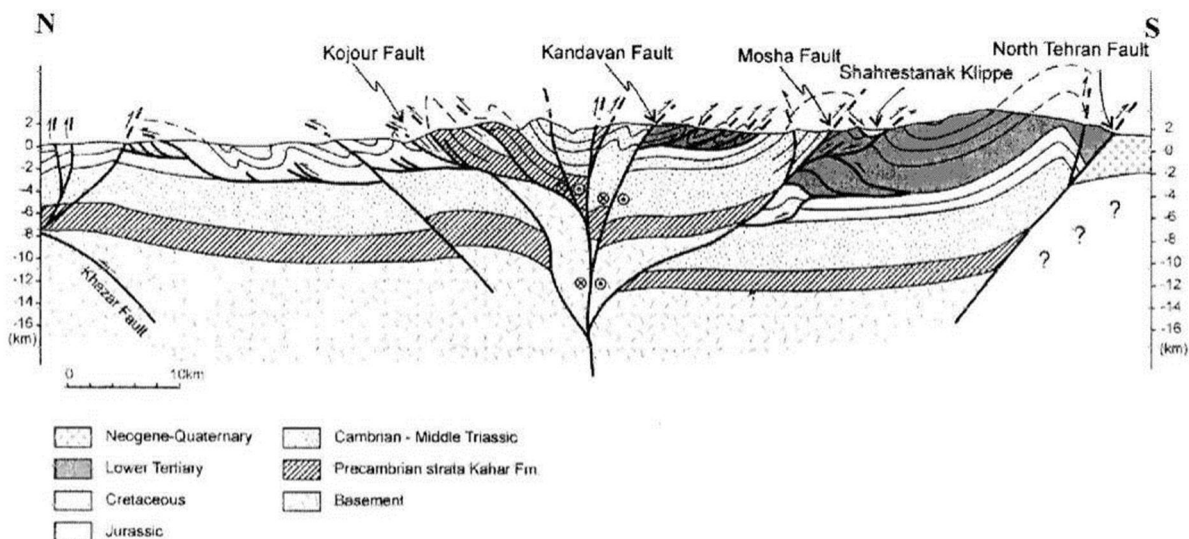
از رابطه‌های کاهندگی بور و همکاران (۱۹۹۷)؛ کمپیل و بزرگنیا (۲۰۰۳) اتکینسون و سیلوا (۲۰۰۰) و آبراهامسون و سیلوا (۱۹۹۷) از روابط NGA کمپیل و بزرگنیا (۲۰۰۷) و بور و اتکینسون (۲۰۰۷) نیز که تا پریود ۱۰ قابل کاربرد می‌باشد، استفاده شده است.



شکل (۲-۱۶): فواصل مختلف در روابط کاهندگی (بور، ۱۹۹۷)

۲-۱۳- اثر حوزه نزدیک

گسل شمال تهران با فاصله حدود ۸۰۰ متر نزدیکترین گسل به سایت می‌باشد. راندگی شمال تهران (شکل ۲-۱۷) بصورت یک زون گسلی بوده و در باختر دره فرحزاد، دست کم سه گسله موازی هم با سه دیواره در کوهپایه البرز و درکنار یکدیگر دیده می‌شوند. راندگی شمال تهران دارای راستای خاوری- باختری تا خاور شمال خاوری- باختر جنوب باختری است و شیب آن بسمت شمال می‌باشد. شیب راندگی شمال تهران بسیارمتغیر است به طوری که: در کاظم آباد ۳۰ درجه بسمت شمال خاوری، باختر کن ۱۰ تا ۴۵ درجه بسمت شمال، خاور کن ۲۷ تا ۴۰ درجه بسمت شمال، فرحزاد ۸۰-۷۰ درجه بسمت شمال باختری، قسمت باختری دره لشکرک ۴۰ درجه بسمت شمال باختری، و در شمال خاوری ده سبو در حدود ۳۰ درجه به سمت شمال است. راندگی شمال تهران گسله‌ای است لرزه‌زا ولی به سبب کمی داده‌ها، سرگذشت لرزه خیزی آن به درستی روشن نیست.

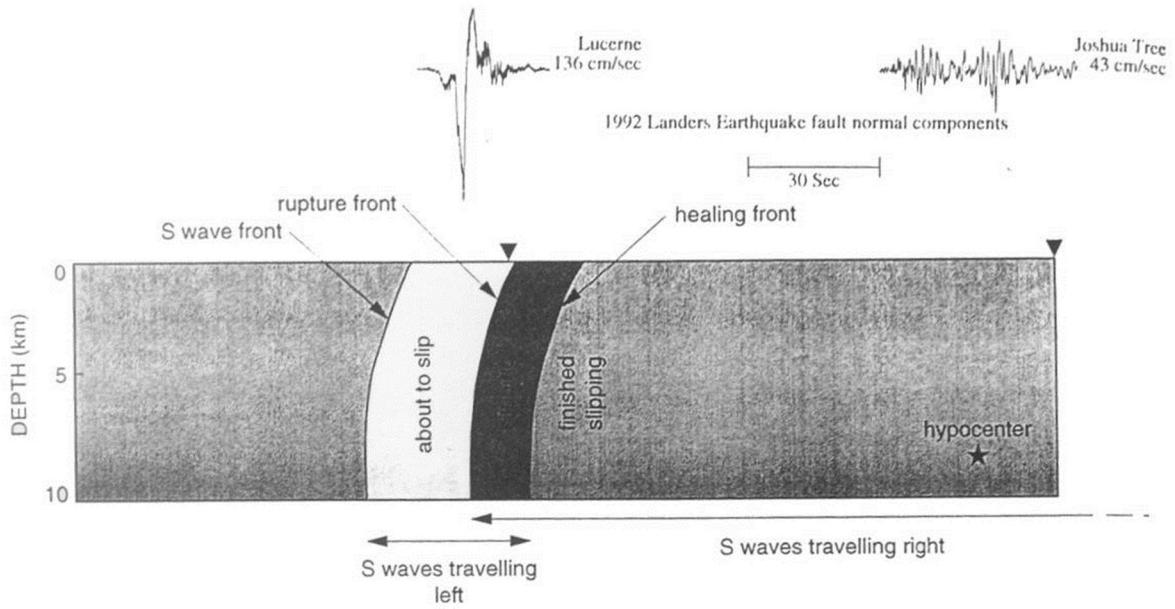


شکل (۲-۱۷): ساز و کار گسل شمال تهران به نظر آلن و همکاران (۲۰۰۲)

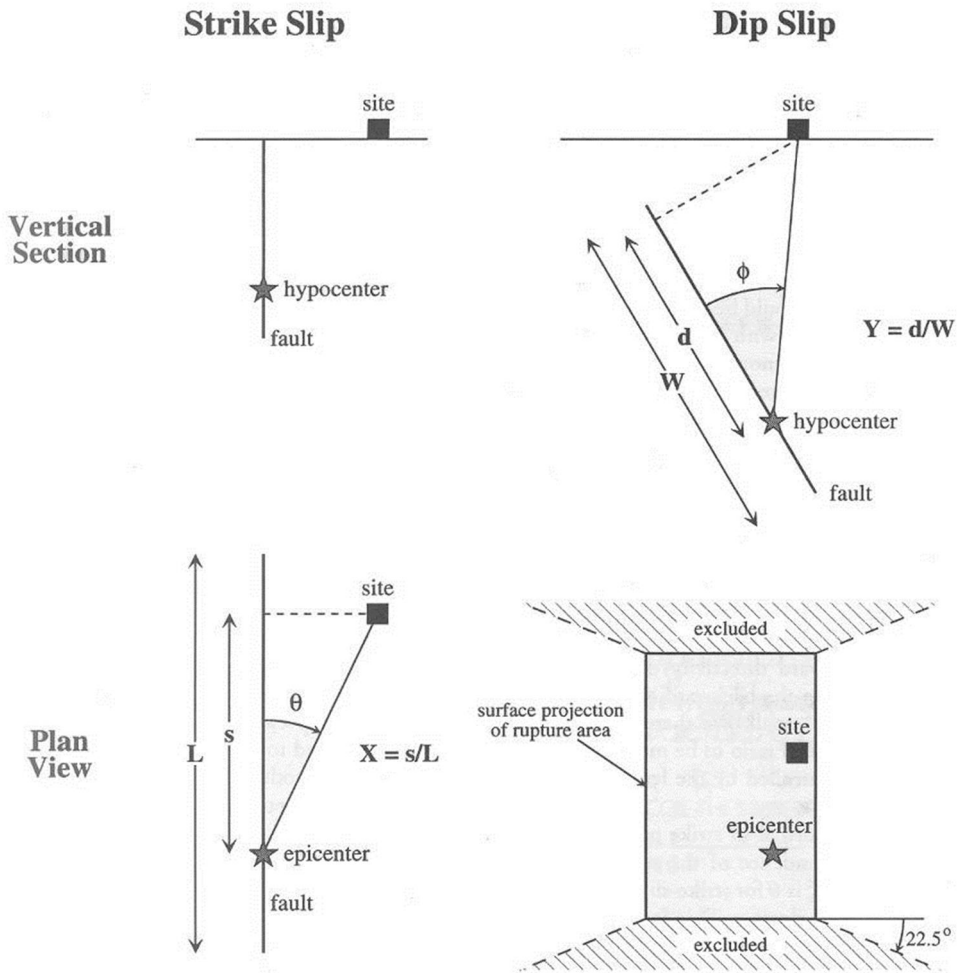
با توجه به نزدیکی سایت به گسل اثر حوزه نزدیک بر روی جنبش زمین مهم می‌باشد. اثر جهت پذیری به باعث تغییرات در دامنه و مدت دوام جنبش در محدوده گسلها و سبب اختلاف بین دامنه‌های افقی جنبش نیرومند زمین در مولفه های عمود بر راستای گسل و موازی جهت راستای گسل می‌گردد. این تغییرات بر اساس مطالعات سامرویل و همکاران (۱۹۹۷) در پرپود ۰/۶ ثانیه قابل ملاحظه می‌باشد. بر اساس این مطالعات شتاب



طیفی برای پریودهای بیشتر از $0/6$ ثانیه بالاتر و مدت دوام برای سایتی که گسیختگی به سمت آن منتشر می‌شود کمتر می‌باشد. برای سایت نزدیک به گسل شتاب طیفی در جهت عمود بر گسل بالاتر از شتاب طیفی به موازات گسل در پریودهای بیشتر از $0/6$ ثانیه می‌باشد و این بستگی به بزرگای، فاصله و زاویه بین جهت انتشار گسیختگی و جهت انتشار موج از چشمه تا سایت دارد. جهت پذیری را می‌توان به دو دسته تقسیم نمود: جهت پذیری پیشرونده و پسرونده. جهت پذیری پیشرونده در شرایطی که جبهه گسیختگی به سمت سایت منتشر شود و جهت لغزش روی گسل با سایت در یک مسیر قرار گیرد روی می‌دهد. انتشار گسیختگی به سمت سایت با سرعت گسیختگی نزدیک به یا بالاتر از سرعت موج برشی باعث می‌شود که یک پالس قوی در ابتدای رکورد دیده شود (شکل ۲-۱۸). در واقع الگوی تابش موج برشی باعث این پالس قوی در جهت عمود بر گسل می‌شود. جهت پذیری پسرونده که جهت گسیختگی از سایت دور می‌شود باعث ایجاد مدت دوام بیشتر و دامنه کم در پریودهای بلند می‌نماید. اثر جهت پذیری روی گسلهای شیب لغز نیز دیده می‌شود. هم جهت شدن جهت گسیختگی و جهت لغزش صفحه گسل باعث جهت پذیری در سایت نزدیک گسل می‌گردد. بر خلاف گسلش راستا لغز که انتظار تمرکز بیشتر جهت پذیری با دور شدن از کانون داریم در گسلش شیب لغز اثر جهت پذیری بیشتر روی سایتی که روی فرا شیب (فرا دیواره) متمرکز شده اند دیده می‌شود (سامرویل و همکاران ۱۹۹۷). شرایطی که باعث پدیده جهت پذیری می‌گردد توسط سامرویل و همکاران (۱۹۹۷) ارائه شده است. بر اساس این مطالعات تغییرات اثر جهت پذیری بستگی به زاویه بین جهت انتشار گسیختگی و جهت انتشار موج از چشمه تا سایت و نسبت سطح گسیختگی که بین کانون و سایت قرار می‌گیرد، دارد (شکل ۲-۲۰). براساس این مطالعات سامرویل و همکاران (۱۹۹۷) روابطی بین طیف پاسخ و پارامترهای هندسی نشان داده شده در شکل (۲-۱۹) ارائه نمودند. با توجه به موقعیت سایت نسبت به گسل شمال تهران که روی فرو دیواره قرار می‌گیرد از روابط کاهندگی که اثر فرو دیواره را در نظر می‌گیرد استفاده شده است. با توجه به قرار گرفتن سایت در حوزه نزدیک از روابط کاهندگی که داده های حوزه نزدیک کافی داشته‌اند، استفاده شده است.



شکل (۲-۱۸): اثر جهت پذیری برای گسل راستا لغز با شیب قائم (سامرویل و همکاران ۱۹۹۷).



شکل (۲-۱۹): پارامترهای مورد نیاز جهت پذیری (سامرویل و همکاران ۱۹۹۷).



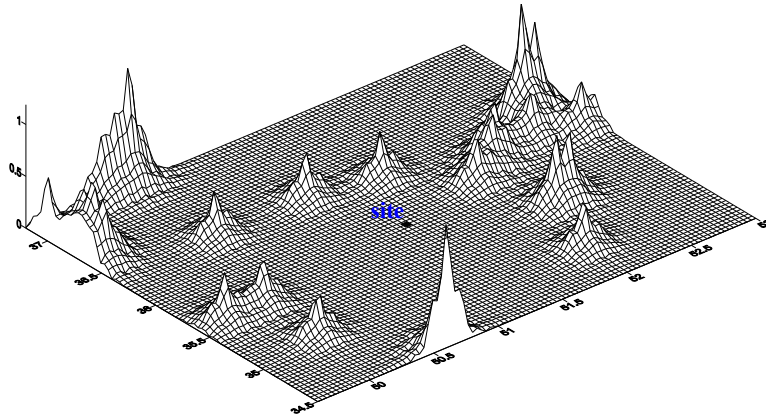
۲-۱۴ - چشمه‌های لرزه‌زا

به منظور بررسی توزیع فضایی لرزه‌خیزی، از روش فرانکل (۱۹۹۵) استفاده شده است. در این روش لرزه-خیزی ناحیه بر روی المان‌های چشمه‌ای کوچک به ابعاد $0.1^\circ \times 0.1^\circ$ توزیع شده است. سپس تعداد زمین لرزه‌ها n_i با بزرگای بزرگتر از M_{ref} در هر المان شمارش می‌شود. این شمارش نمایانگر تخمین حداکثر درست‌نمایی (maximum likelihood) برای هر المان برای زمین لرزه‌های بالای M_{ref} می‌باشد (ویچرت، ۱۹۸۰؛ بندر ۱۹۸۳؛ فرانکل، ۱۹۹۵). مقادیر n_i از مقادیر تجمعی یعنی تعداد رویدادهای بالای M_{ref} به مقادیر نحوی (Intremental values) یعنی تعداد رویدادهای از M_{ref} تا $M_{ref} + \Delta M$ با استفاده از فرمول هرمن (۱۹۷۷) تبدیل می‌گردد.

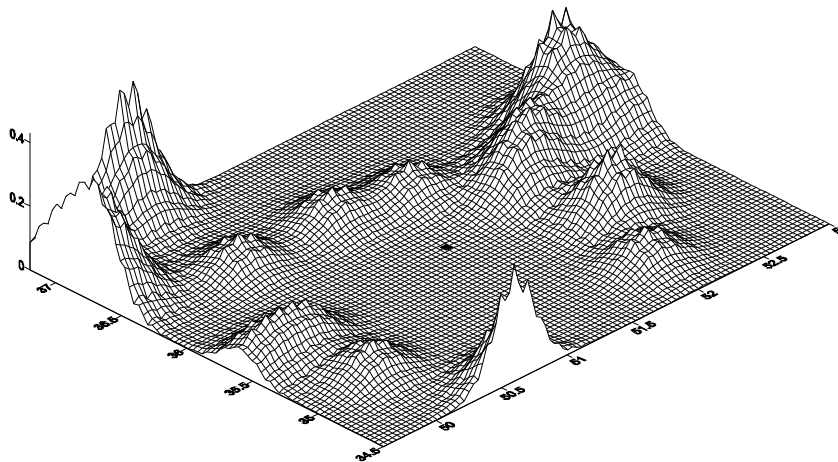
$$\tilde{n}_i = \frac{\sum_j n_j e^{-\Delta_{ij}^2 / C^2}}{\sum_j e^{-\Delta_{ij}^2 / C^2}}$$

Δ_{ij} فاصله بین المان i و j می‌باشد.

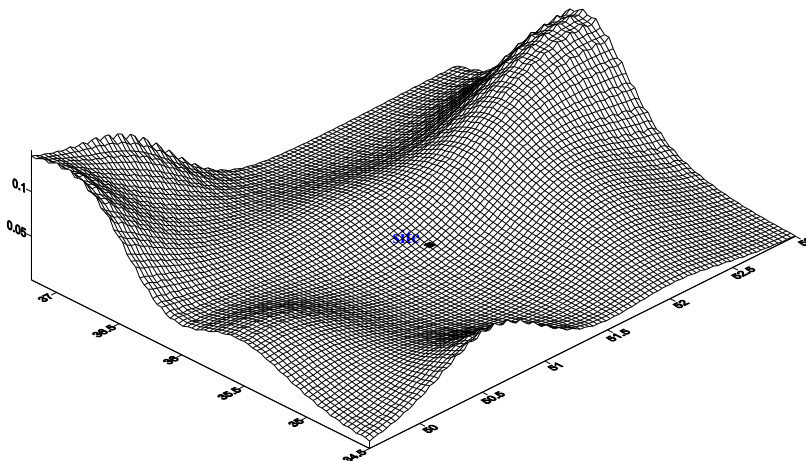
شکلهای (۲-۲۰ تا ۲-۲۲) میزان رویداد سالانه برای المان 0.1×0.1 درجه مربع برای زلزله‌های با بزرگای M بیش از ۵ را نشان می‌دهد. میزان رویداد سالانه برای شبکه 0.1×0.1 در شکلهای (۲-۲۰ تا ۲-۲۲) برای مقادیر مختلف انحراف معیار در تعیین محل زلزله (۱۰، ۲۰ و ۵۰ کیلومتر) بدست آمده است. چنانچه انحراف معیار در تعیین محل زلزله ۵۰ کیلومتر در نظر گرفته شود می‌توان منطقه مطالعاتی را به عنوان یک زون در نظر گرفت. با توجه به نقشه گسله‌های منطقه (شکل ۱-۴)، لرزه‌خیزی ناحیه و در نظر گرفتن انحراف معیار ۲۰ کیلومتر در تعیین محل زلزله، مدل چشمه‌های ناحیه‌ای ارائه شده در شکل (۲-۲۳) برای مطالعات خطر زمین‌لرزه در نظر گرفته شده است. پارامترهای مربوط به هر یک از چشمه‌های ناحیه‌ای محاسبه شده و در جدول (۲-۲) ارائه شده است.



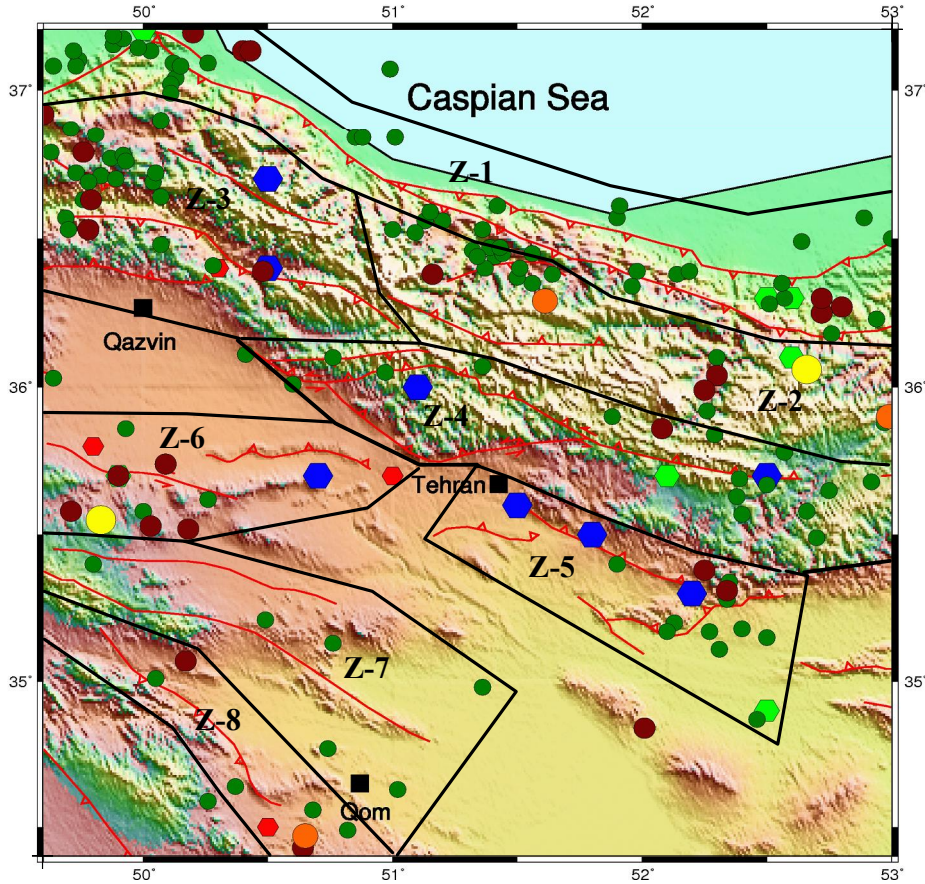
شکل (۲-۲۰): میزان رویداد سالانه برای شبکه $0/1 \times 0/1$ درجه مربع با انحراف معیار ۱۰ کیلومتر در تعیین محل زلزله



شکل (۲-۲۱): میزان رویداد سالانه برای شبکه $0/1 \times 0/1$ درجه مربع با انحراف معیار ۲۰ کیلومتر در تعیین محل زلزله



شکل (۲-۲۲): میزان رویداد سالانه برای شبکه $0/1 \times 0/1$ درجه مربع با انحراف معیار ۵۰ کیلومتر در تعیین محل زلزله



شکل (۲-۲۳): مدل چشمه های ناحیه‌ای در گستره طرح

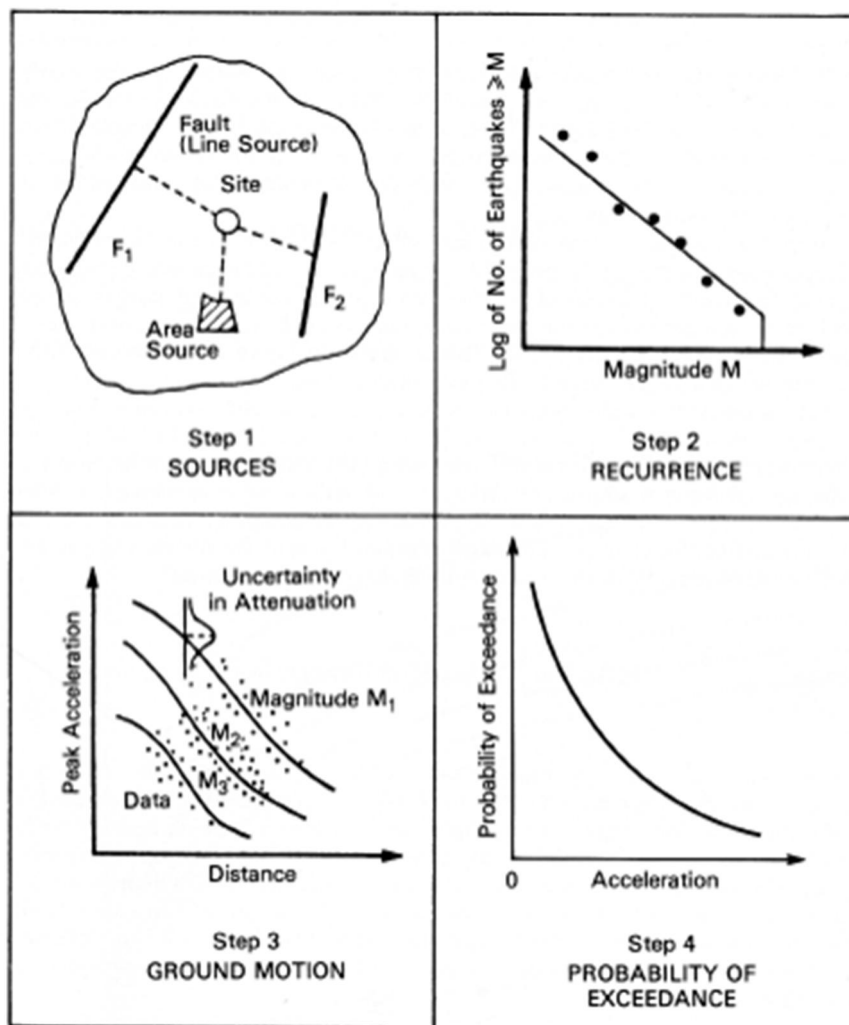
جدول (۲-۲): پارامتر های لرزه ای برای هر ناحیه

ناحیه	β	M_{max}	λ (4.5)
Z1	1.64	7.9	0.54
Z2	1.60	7.8	0.52
Z3	1.40	7.7	0.058
Z4	1.22	7.4	0.059
Z5	1.58	6.8	0.07
Z6	1.68	6.5	0.06
Z7	1.48	7.1	0.12
Z8	2.23	7.6	0.59

۲-۱۵- برآورد بیشینه شتاب زلزله به روش احتمالی

استفاده از مفهوم احتمالات، امکان بکارگیری و در نظر گرفتن دقیق عدم یقین در بزرگی، مکان و نرخ رویداد سالیانه زمین لرزه‌ها همین طور تغییرات ویژگیهای حرکات زمین برحسب مکان و بزرگی زمین‌لرزه‌ها را برای برآورد خطر رویداد زمین‌لرزه، فراهم آورده است. برآورد احتمالی خطر زمین‌لرزه را می‌توان به صورت یک

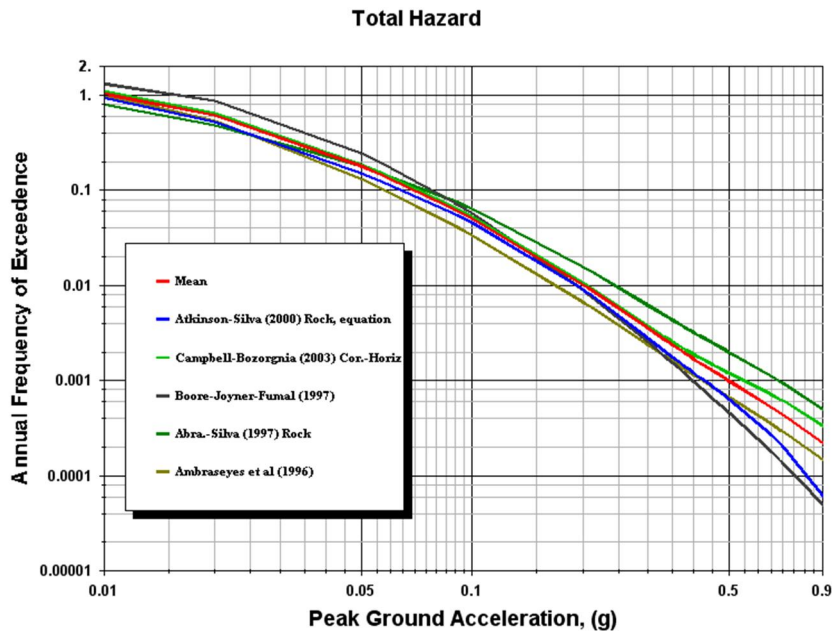
عملیات چهار مرحله ای در نظر گرفت. این مراحل در شکل (۲-۲۴) نشان داده شده است. نخستین مرحله تشخیص و تعیین چشمه‌های لرزه‌زا می‌باشد. مرحله دوم شامل تعیین پارامترهای لرزه‌خیزی می‌باشد. این پارامترها عبارتند از: پارامترهای λ , β و M_{max} برای هر چشمه. انتخاب رابطه کاهندگی مناسب با شرایط لرزه-زمین‌ساختی منطقه مورد مطالعه مرحله سوم در روش احتمالی می‌باشد. نهایتاً عدم یقین مکان زمین‌لرزه‌ها، بزرگی زمین‌لرزه‌ها و پیش بینی پارامتر حرکات زمین با هم ترکیب شده و پارامتر حرکات زمین برای احتمال رویداد مورد نظر تخمین زده می‌شود.



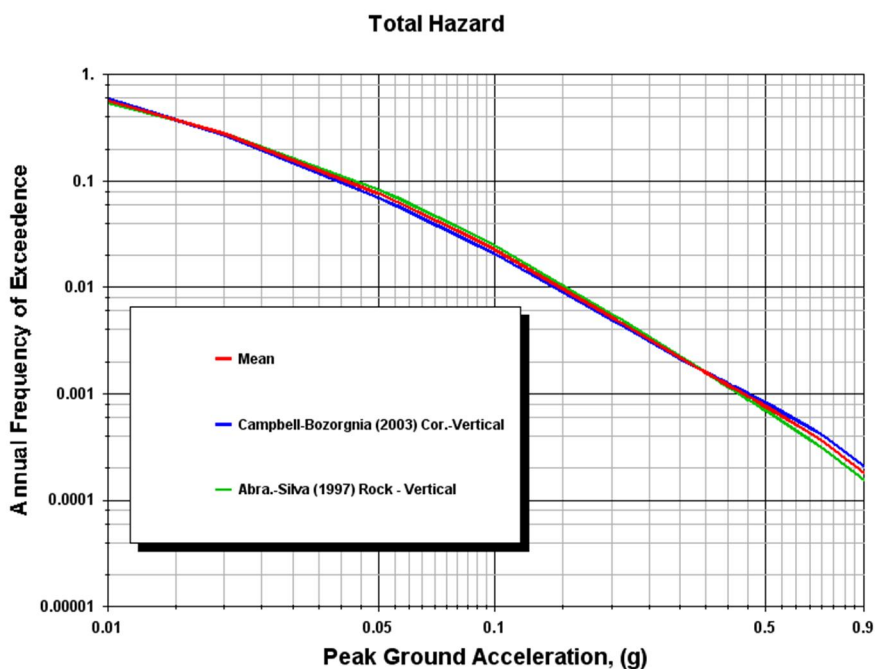
شکل (۲-۲۴): برآوردهای خطر زمین لرزه به روش احتمالی.

با استفاده از روابط کاهندگی بور و همکاران (۱۹۹۷)، کمپبل و بزرگنیا (۲۰۰۳)، آتکینسون و سیلوا (۲۰۰۰)، آبراهامسون و سیلوا (۱۹۹۷) و آمبرسیز و همکاران (۱۹۹۶) بیشینه شتاب افقی برای احتمالات ۵/۹۹٪ (در سطح بهره برداری)، ۵۰٪، ۱۰٪ و ۲٪ در ۵۰ سال برآورد گردیده است (شکل های ۲-۲۵ و ۲-۲۶). همچنین با

استفاده از روابط کاهندگی کمپبل و بزرگنیا (۲۰۰۳) و آبراهامسون و سیلوا (۱۹۹۷) بیشینه شتاب قائم برای این دوره بازگشت ها برآورد گردیده است. با استفاده از درخت منطقی و با در نظر گرفتن وزن مساوی برای این روابط بیشینه شتاب در سطح بهره برداری (احتمال وقوع ۹۹.۵٪ در ۵۰ سال) و برای دوره بازگشت‌های ۷۵، ۴۷۵ و ۲۴۷۵ مطابق جدول (۲-۳) تخمین زده شده است.



شکل (۲-۲۵): منحنی احتمال وقوع بر حسب بیشینه شتاب افقی



شکل (۲-۲۶): منحنی احتمال وقوع بر حسب بیشینه شتاب قائم

جدول (۲-۳): بیشینه شتاب افقی به روش احتمالی برای روابط کاهندگی استفاده شده

2% in 50 years	10% in 50 years	50% in 50 years	99.5% in 50 years	روابط میرایی
0.72 g	0.37 g	0.18g	0.07 g	Near Field to NTF (Hor.)
0.68 g	0.36 g	0.17 g	0.07 g	Far Field to NTF (Hor.)
0.67 g	0.31 g	0.13 g	0.04 g	Near Field to NTF (Ver.)
0.62 g	0.30g	0.13 g	0.04 g	Far Field to NTF (Ver.)

NTF=North Tehran Fault

۲-۱۶- برآورد خطر زمین لرزه به روش تعیینی

در انجام مطالعات تحلیل خطر زمین لرزه به روش تعیینی برای یک ساختگاه باید تمامی سرچشمه‌های لرزه‌زایی را که توانایی ایجاد جنبش نیرومند زمین را در ساختگاه دارند را معین کرد. فرایند شناسایی سرچشمه‌های لرزه‌زا براساس تفسیر اطلاعات زمین‌شناسی (زمین‌شناسی ساختمانی و نوزمین‌ساختی) ژئوفیزیکی، و زلزله‌شناسی صورت می‌پذیرد. با استفاده از سرچشمه‌های لرزه‌زای تعیین شده، باید بارگذاری فرضی حاصل از یک زمین لرزه محتمل را برای ساختگاه مورد مطالعه انجام داد تا بتوان در مورد اثرات حاصل از آن بارگذاری (مقدار پارامترهای جنبش زمین)، قضاوتی منطقی نمود. زمین لرزه کنترل کننده برای سازه‌های حساس و با درصد خطر زیاد همچون نیروگاهها، سدهای بلند و غیره معمولاً به صورت زمین لرزه دارای بیشینه بزرگای (M_{max}) که از یک سرچشمه لرزه‌زای فرضی و محتمل حاصل می‌گردد، تعریف شده است.

زمین لرزه‌های کنترل کننده، نیازمند همراه شدن با «فاصله ساختگاه تا سرچشمه لرزه‌زا» می‌باشند. در این مطالعات از کوتاهترین فاصله بین ساختگاه تا هر بخشی از گسل برای محاسبه جنبش بیشینه شتاب به روش تعیینی استفاده شده است.

برای محاسبه حداکثر زمین لرزه مربوط به هر چشمه از روابط تجربی متعددی که بزرگای را با پارامترهای مختلف گسله ارتباط داده است (به طور نمونه بزرگی با درازای گسیختگی سطحی) استفاده شده است.

شکل کلی رابطه بزرگی با پارامترهای مختلف گسله به گونه زیر است:

$$Y = a + b \log X$$

که در آن X پارامترهای یک گسله ویژه مانند درازای گسیختگی سطحی یا جابه‌جایی است و Y بزرگی

برآورد شده می‌باشد. ضریب های a و b از داده‌های موجود در منطقه یا جهان به دست آورده می‌شوند.

ولز و کوپر اسمیت (۱۹۹۴) برپایه تمامی داده های جهان و از جمله ایران رابطه های تجربی بین تمامی

درازای گسله ها و بزرگی زمین لرزه‌ها برقرار کردند.

رابطه ولز و کوپر اسمیت (۱۹۹۴) عبارت است از:

$$M_w = 5.08 + 1.16 \log L$$

به منظور برآورد بیشینه شتاب در ساختگاه به روش تعیینی مراحل زیر در نظر گرفته شده است.

۱- شناسایی سرچشمه‌ها، ۲- تعیین بزرگای بیشینه برای چشمه با استفاده از روابط تجربی، ۳- انتخاب

رابطه کاهندگی و ۴- برآورد بیشینه شتاب. با توجه به اینکه گسل شمال تهران نزدیکترین گسل به ساختگاه

می‌باشد، برآورد خطر به روش تعیینی برای مولفه‌های افقی و قائم محاسبه شده است (جدول ۲-۴).

جدول (۲-۴): حداکثر بزرگای باورکردنی با استفاده از روابط تجربی

PGA (g)	M (based on Wells and Coppersmith 1994)	طول گسل (km)	نزدیکترین فاصله (km)	گسل
0.90	7.1	80	0.3	گسل شمال تهران

با استفاده از رابطه ولز و کوپراسمیت (۱۹۹۴) حداکثر بزرگای باورکردنی برای گسل شمال تهران ۷/۱

تخمین زده شده است. با استفاده از روابط کاهندگی بور و همکاران (۱۹۹۷)، کمپیل و بزرگنیا (۲۰۰۳)،

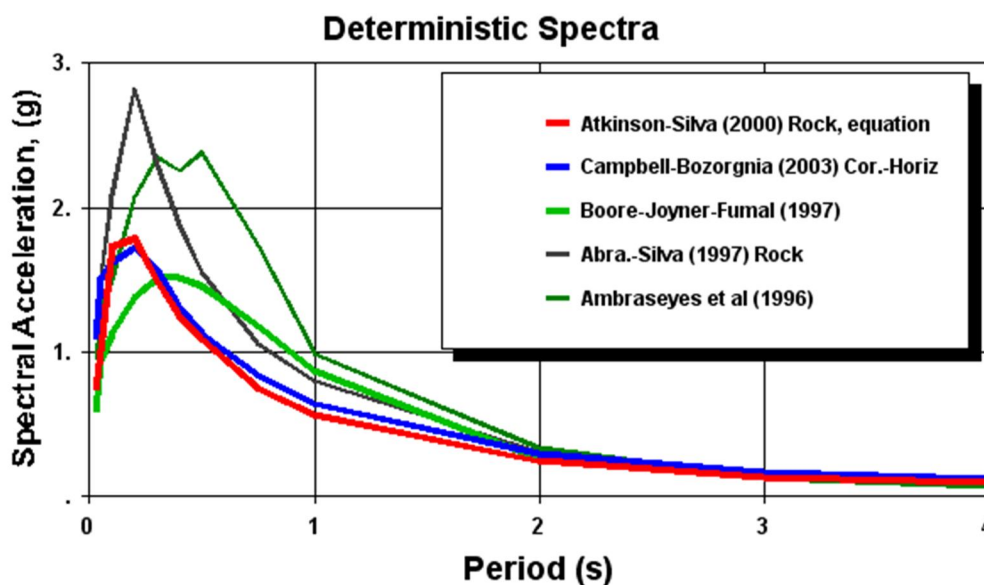
آتکینسون و سیلوا (۲۰۰۰)، آبراهامسون و سیلوا (۱۹۹۷) و آمبرسیز و همکاران (۱۹۹۶) بیشینه شتاب افقی به

روش تعیینی و با در نظر گرفتن وزن مساوی برای این ۵۶ رابطه $g/90$ برآورد گردیده است. همچنین با

استفاده از روابط کاهندگی کمپیل و بزرگنیا (۲۰۰۳) و آبراهامسون و سیلوا (۱۹۹۷) بیشینه شتاب قائم به روش

تعیینی و با در نظر گرفتن وزن مساوی برای این دو رابطه $g/82$ برآورد گردیده است. شکل (۲-۲۷) طیف

تعیینی با استفاده از شش رابطه فوق را برای مولفه افقی نشان می‌دهد.

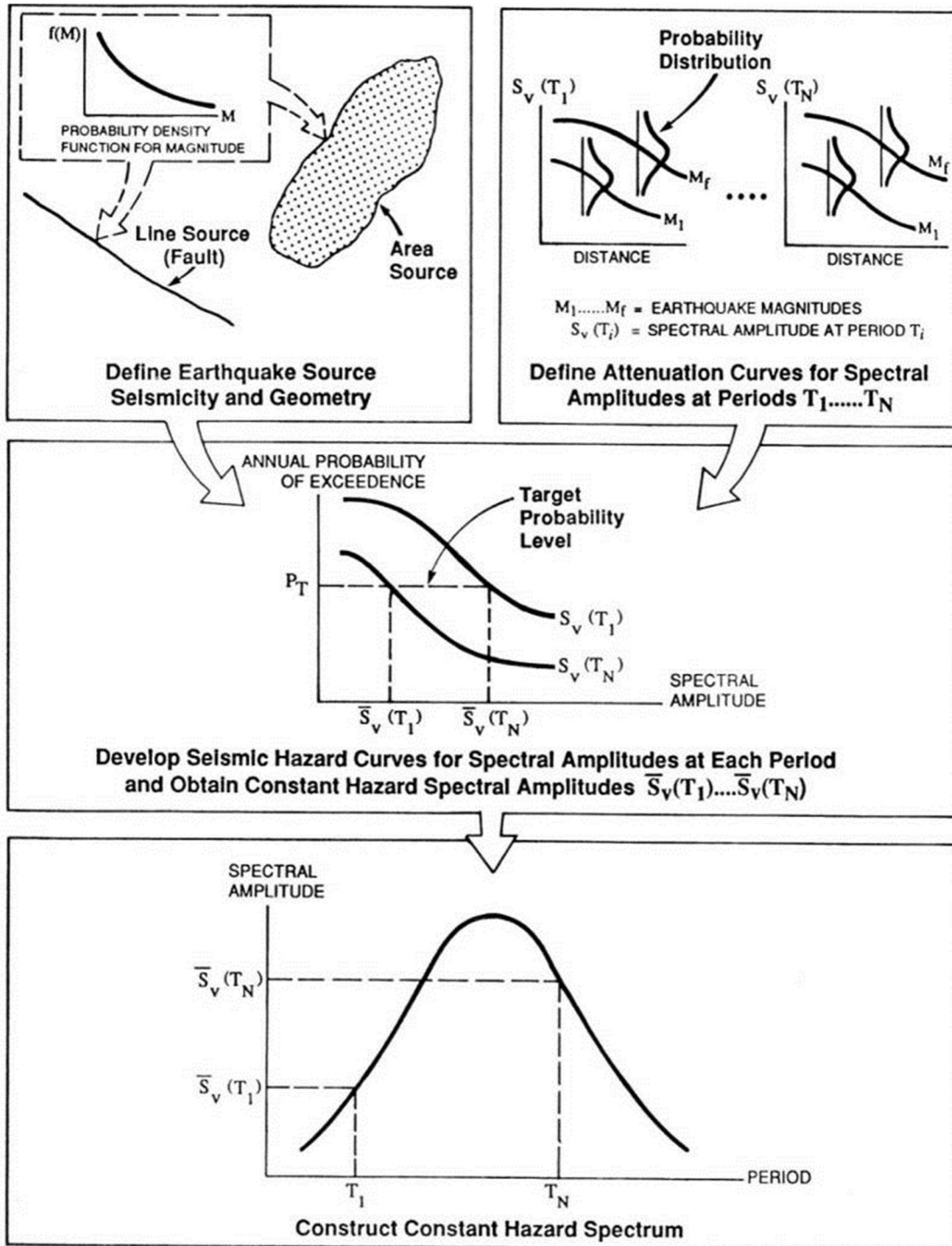


شکل (۲-۲۷): طیف تعیینی با استفاده از پنج رابطه فوق را برای مولفه افقی

۲-۱۷- طیف خطر یکنواخت

طیف خطر یکنواخت، طیف پاسخی است که احتمال وقوع یکسانی در تمام دامنه‌های آن در پیوندهای مختلف برقرار می‌باشد. در حقیقت، طیف خطر یکنواخت از مجموعه‌ای از نقاط که برای یک احتمال وقوع یکسان (مثلاً ۱۰٪ در ۵۰ سال) محاسبه شده‌اند تشکیل شده است. مراحل تهیه طیف خطر یکنواخت شبیه به مراحل تهیه نقشه‌های شتاب برای P.G.A به روش احتمالی می‌باشد. شکل (۲-۲۸) مراحل انجام و تهیه ساخت طیف خطر یکنواخت را نشان می‌دهد. در فرایند تهیه طیف خطر یکنواخت تعداد m رابطه کاهندگی طیفی برای پارامترهای طیفی در m پیوند یا فرکانس به جای رابطه کاهندگی برای P.G.A استفاده می‌شود. به عبارت دیگر برای تخمین هر پارامتر طیفی برای احتمال مورد نظر از یک رابطه کاهندگی طیفی برای پیوند مورد نظر (مثلاً پیوند ۰/۲، ۰/۳، ۰/۵ ثانیه) برحسب بزرگای، فاصله، شرایط خاک استفاده می‌شود.

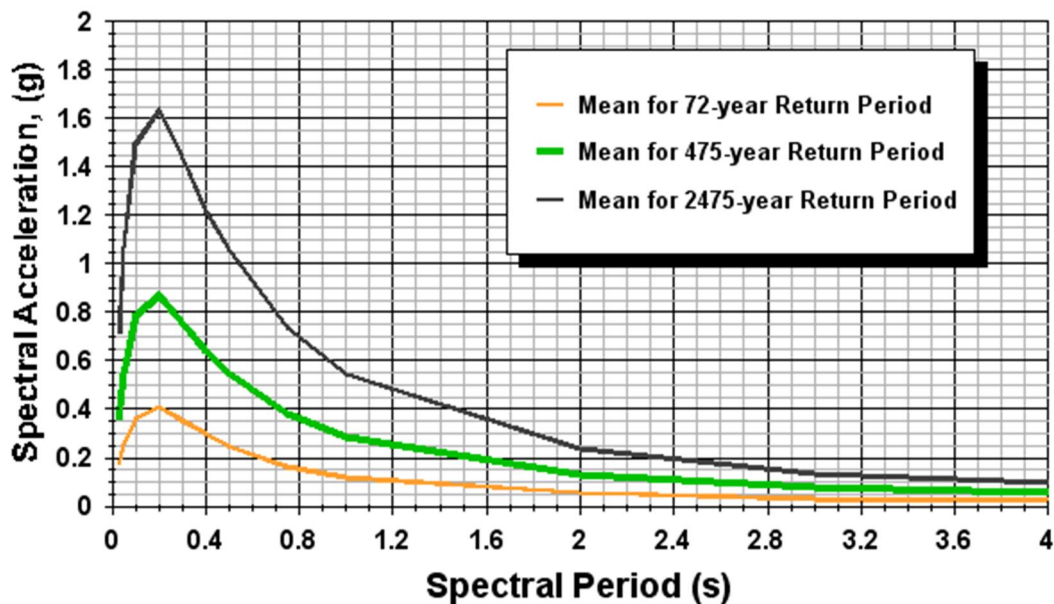
در نهایت به جای یک منحنی هم شتاب P.G.A m منحنی هم شتاب طیفی برای پیوندهای مورد نظر خواهیم داشت. با مشخص نمودن سطح احتمال مورد نظر (۵۰٪ در ۵۰ سال ۱۰ درصد در ۵۰ سال، ۲٪ در ۵۰ سال و ...) برای هر نقطه در محدوده مطالعاتی m پارامتر طیفی برای m پیوند استخراج شده که نهایتاً با استفاده از این مقادیر طیف خطر یکنواخت برای احتمال مورد نظر تهیه می‌شود. عمده مشکل تهیه این گونه طیف‌ها حجم زیاد محاسبات برای شبکه مورد نظر می‌باشد. مزیت‌های مهم این گونه طیف‌های خطر یکنواخت به طور خلاصه عبارتند از:



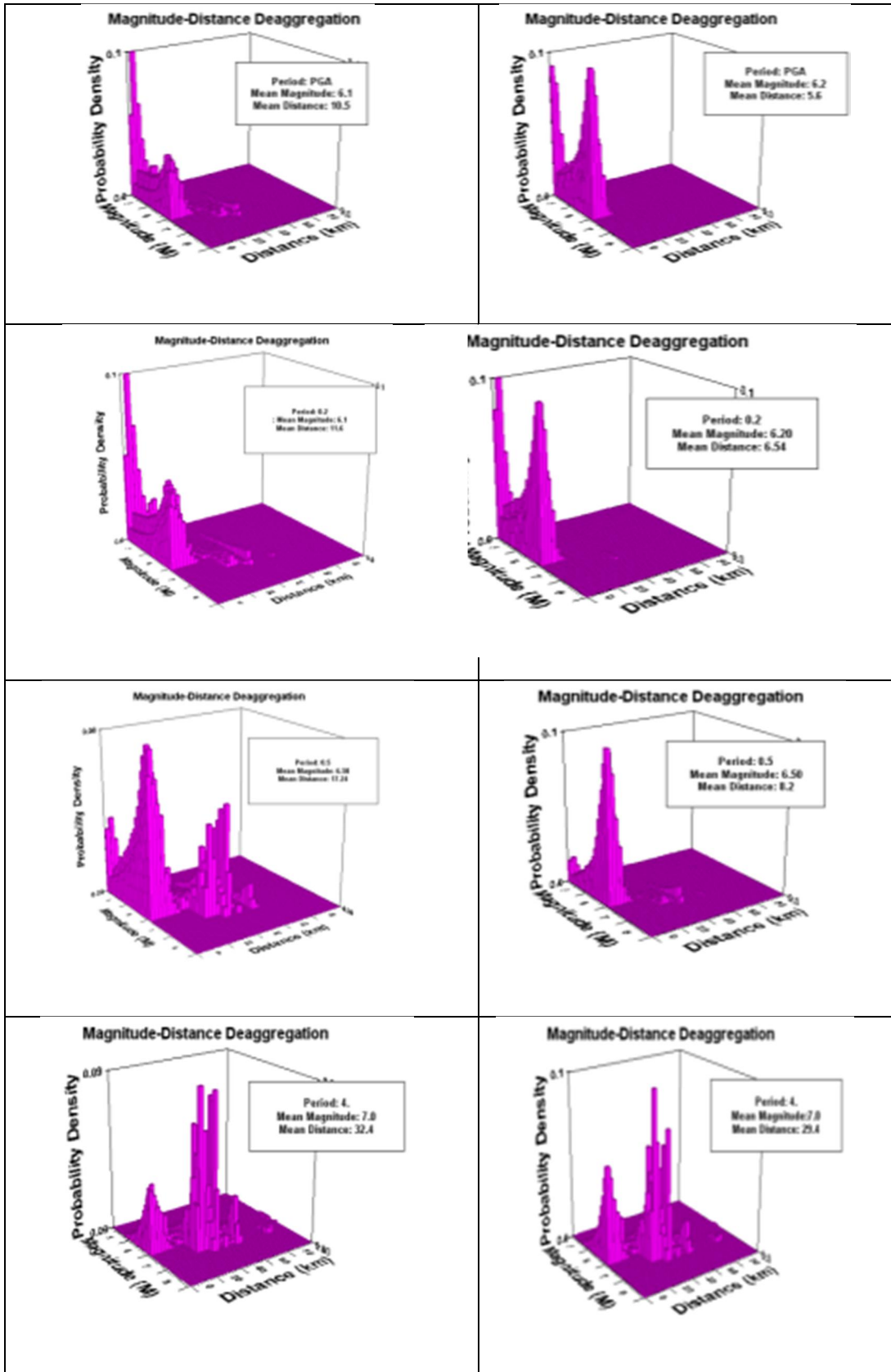
شکل (۲-۲۸): مراحل ساخت طیف خطر یکنواخت، (EERI, 1989)

- (۱) پارامترهای لرزه‌خیزی و وابسته به روابط زمین‌لرزه در تهیه طیف در نظر گرفته شده است.
 - (۲) برای تهیه این طیف‌های یکنواخت مستقیماً از روابط کاهندگی طیفی استفاده شده است.
 - (۳) احتمال رویداد پارامتر طیفی برای تمام پریودها در طیف خطر یکنواخت یکسان است.
- طیف خطر یکنواخت برای احتمال وقوع ۹۹/۵٪، ۵۰٪، ۱۰٪ و ۲٪ در ۵۰ سال با استفاده از روابط کاهندگی طیفی بور و همکاران (۱۹۹۷)، کمپبل و بزرگنیا (۲۰۰۳)، آتکینسون و سیلوا (۲۰۰۰)، آبراهامسون و سیلوا (۱۹۹۷) و آمبرسیز و همکاران (۱۹۹۶) محاسبه شده است (شکل ۲-۲۹). لازم به ذکر است که وزن مساوی برای این روابط در محاسبه طیف خطر یکنواخت در نظر گرفته شده است.



Uniform Hazard Spectra



شکل (۲-۲۹): طیف خطر یکنواخت برای احتمال وقوع ۵۰٪، ۱۰٪ و ۵٪ در ۵۰ سال برای مولفه افقی





شکل (۲-۳): جدایش لرزه‌ای برای PGA و پریودهای ۰.۲، ۰.۵، ۱ و ۴ ثانیه برای دوره بازگشت ۴۷۵ و ۲۴۷۵ سال

 پژوهش عمران راهوار	صفحه ۵۵	گزارش نهایی مطالعات لرزه‌خیزی، تحلیل خطر زلزله و تهیه طیف بازتاب				 شرکت سرمایه گذاری عظام
	بهمن ماه ۱۳۹۱	CODE: 173	SEQ: 12	REV: 01	پروژه هزار و یک شهر	

فصل سوم:

بررسی اثرات ساختگاهی و تعیین پارامترهای لرزه‌ای طراحی

 پژوهش عمران راهوار	صفحه ۵۶	گزارش نهایی مطالعات لرزه‌خیزی، تحلیل خطر زلزله و تهیه طیف بازتاب			 شرکت سرمایه گذاری عظام
	بهمن ماه ۱۳۹۱	CODE: 173	SEQ: 12	REV: 01	

۳-۱- مقدمه

شرایط خاص ژئوتکنیکی و زمین‌شناسی مهندسی هر ساختگاه از عوامل موثر بر پاسخ لرزه‌ای آن هستند که اگر مورد توجه قرار نگیرد، می‌تواند خسارات ناشی از زمین‌لرزه را افزایش دهد.

فصول اول و دوم این گزارش به بررسی رژیم تکتونیک و لرزه‌خیزی سنگ کف ساختگاه پروژه هزار و یک شهر اختصاص داده شده است. فصل حاضر تاثیر شرایط ساختگاهی بر پاسخ لرزه‌ای سطح زمین را مورد بررسی قرار داده و نهایتاً مقادیر بیشینه شتاب و طیف طراحی در محل استقرار پی برای حوزه دور و نزدیک را ارائه می‌دهد.



به منظور بررسی شرایط ساختگاهی در مرحله اول، کلیه اطلاعات زمین‌شناسی و ژئوتکنیکی موجود جمع‌آوری و پردازش گردیده پس از آن از نتایج مطالعات ژئوفیزیکی درون‌چاهی به منظور شناخت هرچه بهتر خصوصیات دینامیکی لایه‌های تحت‌الارضی استفاده گردیده است.

نهایتاً پارامترهای لرزه‌ای در محل استقرار پی، شامل بیشینه شتاب و طیف طراحی استخراج گردیده است. از آنجایی که استخراج پارامترهای فوق مستلزم انجام محاسبات دینامیکی آبرفت است، ابتدا شتاب‌نگاشت‌هایی مناسب جهت اعمال بر سنگ کف لرزه‌ای که متناسب با شرایط ساختگاهی و رژیم تکتونیک منطقه بودند انتخاب گردیده پس از آن پروفیل‌های ژئوتکنیک لرزه‌ای ساختگاه با توجه به مجموعه اطلاعات زمین‌شناسی مهندسی، ژئوتکنیکی و ژئوفیزیکی تعیین و بیشینه شتاب سطح زمین بر اساس نتایج محاسبات دینامیکی آبرفت برآورد گردیده است.

طیف طراحی ساختگاه نیز بر اساس تحلیل آماری شتاب‌نگاشت‌های بدست آمده از محاسبات تحلیل دینامیکی آبرفت تهیه گردیده است.

۳-۲- انتخاب حرکات ورودی

هدف از مطالعه اثرات ساختگاهی در یک نقطه خاص، برآورد پارامترهای لرزه‌ای سطح زمین طی زمین‌لرزه‌های مورد نظر می‌باشد. به این منظور ابتدا شتاب‌نگاشت‌های مناسب سنگ بستر لرزه‌ای بر اساس نتایج مطالعات لرزه‌خیزی ساختگاه انتخاب می‌شوند. سپس مدل ژئوتکنیک لرزه‌ای لایه‌های زیرسطحی ساختگاه براساس نتایج مطالعات زمین‌شناسی مهندسی، ژئوتکنیکی و ژئوفیزیکی تهیه می‌گردد. آنگاه شتاب‌نگاشت‌های

 پژوهش عمران راهوار	صفحه ۵۷	گزارش نهایی مطالعات لرزه‌خیزی، تحلیل خطر زلزله و تهیه طیف بازتاب			 شرکت سرمایه گذاری عظام
	بهمن ماه ۱۳۹۱	CODE: 173	SEQ: 12	REV: 01	

سنگ بستر لرزه‌ای بر پروفیل‌های ژئوتکنیک لرزه‌ای ساختگاه اعمال شده و در نهایت نتایج بدست آمده، مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرند.

در مناطقی که بانک اطلاعاتی کاملی از زلزله‌های ثبت شده وجود داشته باشد، می‌توان از شتاب نگاشت‌های واقعی استفاده نمود. این وضعیت ایده‌آل در حالی اتفاق می‌افتد که یک شبکه کامل شتاب‌نگاری در منطقه مورد مطالعه نصب و تعداد قابل توجهی از زلزله‌های کوچک و بزرگ در یک مدت زمانی قابل قبول ثبت شده باشد. در صورتی که شتاب‌نگاشت‌های واقعی وجود نداشته باشد، باید به طریقی شبیه‌سازی شوند. به عبارت دیگر باید شتاب‌نگاشت‌هایی انتخاب گردند که مربوط به محیط سنگی بوده و در صورت امکان از رژیم تکتونیکی منطقه مورد نظر برخوردار باشند.

۳-۲-۱- معیارهای انتخاب شتاب‌نگاشت‌ها

مهمترین عوامل حاکم بر انتخاب شتاب‌نگاشت‌ها به شرح ذیل می‌باشد:

- بزرگای زمین‌لرزه



اثر بزرگای زمین‌لرزه بر روی محتوای فرکانسی نگاشت ایجاد شده باعث افزایش دوره تناوب اصلی لرزش همگام با بزرگای می‌شود. به عبارت دیگر وقتی که سایر شرایط مشابه باشد، زمین‌لرزه‌های بزرگتر، فرکانس اصلی پایین‌تری نسبت به زمین‌لرزه‌های کوچک دارند. در پروژه حاضر و بر اساس نتایج مطالعات لرزه‌خیزی، شتاب‌نگاشت‌هایی مورد توجه قرار گرفته‌اند که بزرگای آنها در محدوده ۶/۴ تا ۷/۴ باشند.

- عمق کانونی زمین‌لرزه

بررسی نگاشت‌های بدست آمده از زلزله‌های مختلف نشان داده است که زمین‌لرزه‌های عمیق نگاشت‌هایی با محتوای فرکانسی پایین‌تر و زمین‌لرزه‌های کم عمق نگاشت‌هایی با محتوای فرکانسی بالاتر ایجاد می‌کنند. بنابراین جهت انتخاب شتاب‌نگاشت‌های مناسب باید حداکثر عمق کانونی زمین‌لرزه‌ها تعیین گردد. براساس اطلاعات لرزه‌زمین‌ساخت منطقه، حداکثر عمق کانونی زمین‌لرزه‌ها در محدوده طرح حدود ۲۰ کیلومتر می‌باشد.

- فاصله رومرکزی

تاثیر فاصله رومرکزی بر روی محتوای فرکانسی نگاشت به صورتی است که با افزایش فاصله، نوسانات با فرکانس ارتعاشی بالا حذف و تنها نوسانات با فرکانس پایین‌تر به محل گسیل می‌شوند. به عبارت دیگر زمین به صورت یک فیلتر پایین گذر عمل نموده و با افزایش فاصله، ارتعاشات با فرکانس بالا را فیلتر می‌نماید. براساس مطالعات تحلیل خطر زمین‌لرزه در محدوده ساختگاه، شتاب‌نگاشت‌هایی انتخاب گردیدند که فاصله رومرکزی آنها برای حوزه نزدیک در محدوده ۰ تا ۲۰ کیلومتری و برای حوزه دور در محدوده ۲۰ تا ۶۰ کیلومتری باشد.

 پژوهش عمران راهوار	صفحه ۵۸	گزارش نهایی مطالعات لرزه‌خیزی، تحلیل خطر زلزله و تهیه طیف بازتاب			 شرکت سرمایه گذاری عظام
	بهمن ماه ۱۳۹۱	CODE: 173	SEQ: 12	REV: 01	

- مکانیزم گسلش

یکی از پارامترهای موثر بر بیشینه شتاب و طیف پاسخ شتاب سطح زمین، نوع لغزش اتفاق افتاده بر روی سطح گسل است. حرکت بر روی سطح گسل شیب لغز (معکوس) می‌باشد. در ساختگاه پروژه هزار و یک شهر عموماً از شتاب‌نگاشت‌هایی استفاده شده است که گسلش آنها از نوع فشاری و معکوس باشند.

- مدت دوام حرکات توانمند زمین

مدت دوام حرکات توانمند زمین عبارت است از مدت زمانی که طی آن زمین شدیدترین حرکات ناشی از زلزله را انجام داده و بنابراین بیشترین انرژی حرکتی خود را آزاد می‌سازد. شتاب‌نگاشت‌های ثبت شده در زلزله‌های مختلف، از نظر مدت دوام حرکت توانمند زمین بسیار متفاوت می‌باشند. در این پروژه شتاب‌نگاشت‌هایی انتخاب گردیدند که مدت دوام آنها بزرگتر ۳ ثانیه باشد.

- تاثیر اندرکنش خاک - سازه

پارامتر دیگری که می‌تواند بر روی شتاب‌نگاشت‌ها تاثیر بگذارد شرایط ایستگاه شتاب‌نگاری از لحاظ وجود اندرکنش بین ساختمان و آبرفت است. به منظور احتراز از پدیده اندرکنش، شتاب‌نگاشت‌هایی که در میدان آزاد (Free Field) یا در پی ساختمانهای حداکثر یک طبقه ثبت شده‌اند، مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

۳-۲-۲- شتاب‌نگاشت‌های انتخابی

با توجه به معیارهای ذکر شده، از میان شتاب‌نگاشت‌های موجود در بانک‌های اطلاعاتی معتبر، دو دسته شتاب‌نگاشت یکی مربوط به حوزه نزدیک و دیگری مربوط به حوزه دور انتخاب گردیدند تا در عملیات تحلیل دینامیکی مورد استفاده قرار گیرند. همچنین شتاب‌نگاشت‌های آبر (۱۹۹۹)، پول (۲۰۰۴) و طبس (۱۹۷۸) به دلیل شباهتشان با زلزله‌هایی که می‌تواند از گسل نیاوران ایجاد گردد برای حوزه نزدیک آورده شده‌اند. مشخصات شتاب‌نگاشت‌های انتخاب شده در جدول (۳-۱) نمایش داده شده است.

جدول (۳-۱): مشخصات شتاب‌نگاشت‌های انتخاب شده برای حوزه نزدیک جهت تحلیل دینامیکی

ردیف	نام زمین لرزه	ساز و کار	شدت زلزله	فاصله (Km)	PGA (g)
1	Abbar, Iran, 1990/06/20	راندگی	7.3	43	0.49
2	Abbar, Iran, 1990/06/20	راندگی	7.3	43	0.58
3	Pool (Baledeh Nour), Iran, 2004/05/28	راندگی	6.3	17	0.15
4	Pool (Baledeh Nour), Iran, 2004/05/28	راندگی	6.3	17	0.3
5	Tabas, Iran, 1978/09/16	راندگی	7.3	27	0.83
6	Tabas, Iran, 1978/09/16	راندگی	7.3	27	0.85
7	Bam. Iran, 2003/12/26	راندگی	6.5	-	0.75
8	Bam. Iran, 2003/12/26	راندگی	6.5	-	0.54
9	Loma Prieta, Gilroy Gauilam conl, 1989/10/18, 00.05	راندگی	6.9	10.9	0.36
10	Loma Prieta, Gilroy Gauilam conl, 1989/10/18, 00.05	راندگی	6.9	10.9	0.32
11	Loma Prieta, Gilroy Array # 1, 1989/10/18, 00.05	راندگی	6.9	10.5	0.41
12	Loma Prieta, Gilroy Array # 1, 1989/10/18, 00.05	راندگی	6.9	10.5	0.47
13	Cape Mendocino, 1992/04/25,18:06	راندگی	7.1	8.5	1.04
14	Cape Mendocino, 1992/04/25,18:06	راندگی	7.1	8.5	1.5
15	Gazli, USSR, 9201 Krakyr, 1976/05/17	راندگی	6.8	3	0.61
16	Gazli, USSR, 9201 Krakyr, 1976/05/17	راندگی	6.8	3	0.72
17	Nahanni, Canada, site 1,1985/12/23	راندگی	6.8	6	0.98
18	Nahanni, Canada, site 1,1985/12/23	راندگی	6.8	6	1.1
19	Nahanni, Canada, site 2,1985/12/23	راندگی	6.8	8	0.49
20	Nahanni, Canada, site 2,1985/12/23	راندگی	6.8	8	0.32

۳-۳- مدل ژئوتکنیک لرزه‌ای ساختگاه

مهمترین منابع اطلاعاتی که برای تعیین بافت ژئوتکنیکی و وضعیت لایه‌های زیرسطحی ساختگاه مورد

استفاده قرار گرفته به شرح زیر است:

۳-۳-۱- مشخصات لایه‌های زیرسطحی ساختگاه

بافت، موقعیت و تراکم لایه‌های زیرسطحی که بر رفتار دینامیکی آنها اثر تعیین‌کننده‌ای دارند، از اولین

عواملی هستند که در تهیه مدل ژئوتکنیک لرزه‌ای ساختگاه مورد توجه قرار می‌گیرند.

همانگونه که در فصل اول ذکر گردید، از دیدگاه زمین شناسی رسوبات محدوده طرح را می‌توان از نوع



در نظر گرفت. این رسوبات تراکم زیادی داشته ولی درجه سیمانی شدن متوسط دارند. رسوبات آبرفتی سری با توجه به مطالعات ژئوتکنیکی و آزمون لرزه‌نگاری درون چاهی تا عمق ۵۰ متری محدوده مورد مطالعه، نشان می‌دهد که بافت زیرسطحی از نظر دانسیته از تراکم خوبی برخوردار است و عموماً از جنس شن و ماسه می‌باشند و به صورت محدود یک لایه نازک سیلتی دیده شده است. متوسط سرعت موج برش (۳۰ متر) بیش از UBC-1997 از آئین‌نامه (16-J) ۳۶۰ متر بر ثانیه و کمتر از ۷۶۰ متر بر ثانیه می‌باشد. بنابراین بر اساس جدول می‌باشد. II در نظر گرفته می‌شود. بر اساس آئین‌نامه ۲۸۰۰ نوع خاک محدوده سایت از نوع SC از نوع

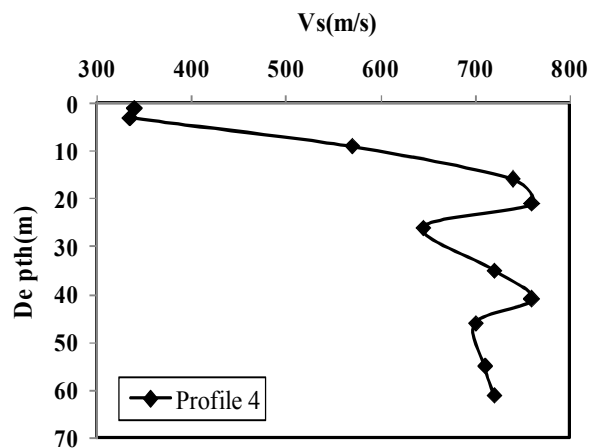
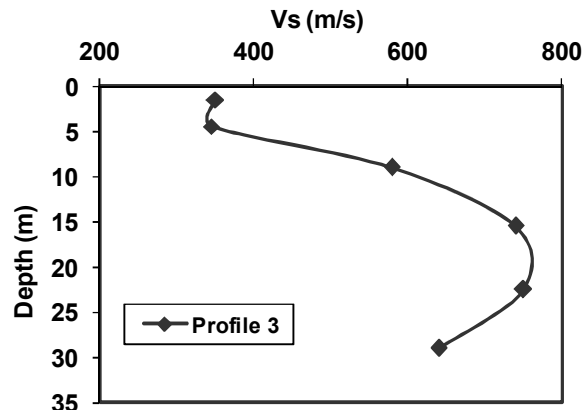
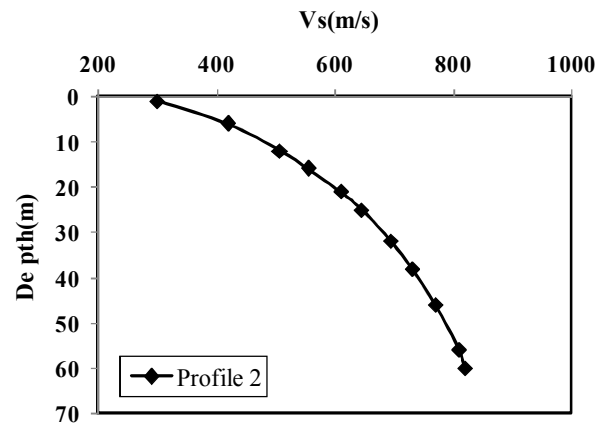
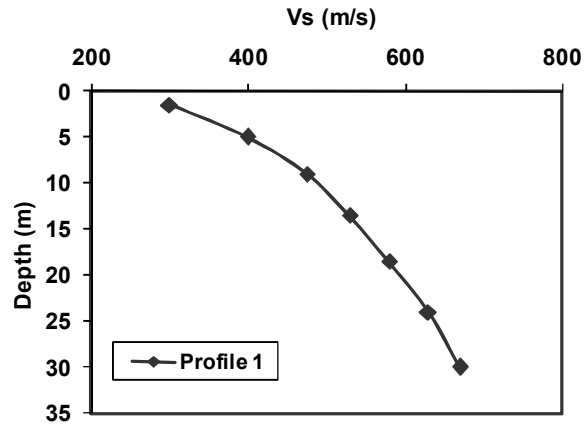
۳-۳-۲- موقعیت سنگ بستر لرزه‌ای

در محاسبات تحلیل دینامیکی آبرفت، محیطی به عنوان سنگ بستر تعریف می‌گردد، که امواج ورودی از آن دستخوش تغییرات زیادی نشود. سنگ بستر لرزه‌ای معمولاً با توجه به سرعت موج برشی تعیین می‌گردد. در ویرایش سوم آئین‌نامه ۲۸۰۰ (۱۳۸۵) محیطی به عنوان سنگ بستر لرزه‌ای معرفی شده است که سرعت موج برشی در آن بیش از ۷۵۰ متر بر ثانیه باشد. بنا به تعریف آئین‌نامه‌های UBC (۱۹۹۷) و IBC (۲۰۰۶) سنگ بستر محیطی است که سرعت موج برشی در آن بیشتر از ۱۵۰۰ متر بر ثانیه باشد.

ایشیهارا و همکاران (Ishihara et al, 1982) در مورد ریز پهنه‌بندی ژئوتکنیک لرزه‌ای منطقه بالکان محیطی را در نظر گرفته‌اند که سرعت موج برشی در آن بین ۶۰۰ تا ۱۰۰۰ متر بر ثانیه باشد. در پروژه حاضر، موقعیت سنگ بستر لرزه‌ای بر اساس دو معیار تعیین گردید. در معیار اول مبتنی بر آئین‌نامه ۲۸۰۰ محیطی به عنوان سنگ بستر لرزه‌ای انتخاب گردید که سرعت موج برشی در آن بیش از ۷۵۰ متر بر ثانیه باشد ولی با توجه به اینکه در محدوده عمق‌های ۲۰ تا ۳۰ سرعت موج برشی به حدود ۱۰۰۰ متر بر ثانیه می‌رسد برای سنگ بستر این محدوده سرعت موج برشی ۱۰۰۰ متر بر ثانیه منظور می‌گردد. این نوع انتخاب سبب برجسته شدن نقش لایه‌های سطحی در تقویت امواج لرزه‌ای می‌گردد.

۳-۳-۳- پروفیل‌های ژئوتکنیک لرزه‌ای نماینده ساختگاه

بر اساس اطلاعات زمین‌شناسی مهندسی، ژئوفیزیکی و ژئوتکنیکی، ۴ پروفیل ژئوتکنیک لرزه‌ای نماینده برای ساختگاه مورد مطالعه در نظر گرفته شده است. نهایتاً با توجه مشخصات ژئوتکنیکی مصالح ساختگاه، تغییرات سرعت موج برشی با عمق و معیارهای انتخاب شده برای تعیین موقعیت سنگ بستر، ۴ پروفیل بعنوان نماینده ساختگاه انتخاب گردیده است (شکل ۳-۱). این شکل نشان می‌دهد که عمق احتمالی سنگ بستر بین ۳۲ تا ۱۵۵ متر می‌باشد. چهار مدل سنگ بستر ۳۲ و ۳۳ متر با سرعت موج برشی ۷۵۰ متر بر ثانیه و ۱۱۴ و ۱۱۶ متر با سرعت حدود ۱۰۰۰ متر بر ثانیه است، انتخاب شدند.



شکل (۳-۱): پروفیل های ژئوتکنیکی مورد استفاده در تحلیل دینامیکی



۳-۴- روش تحلیل دینامیکی

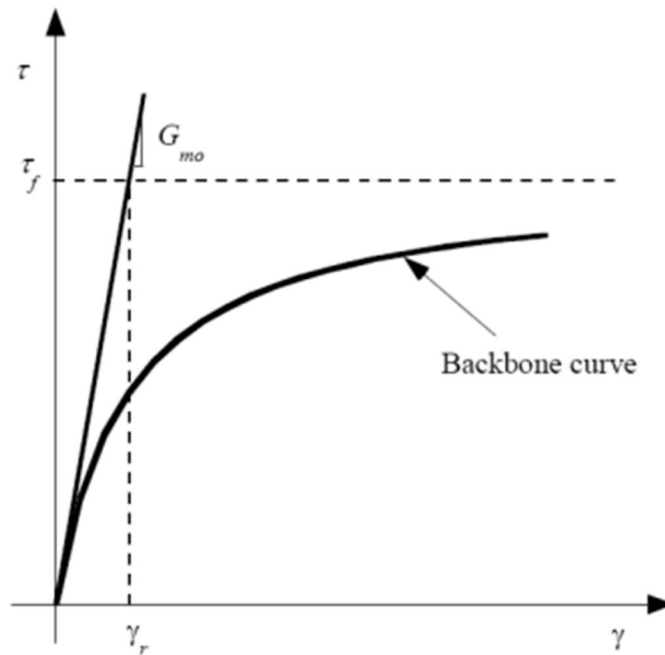
جهت تحلیل دینامیکی آبرفت از نرم‌افزار Deep Soil (Park and Hashash, 2000) استفاده گردیده است. مزیت این نرم افزار بر سایر نرم افزارهای معمول، این است که علاوه بر تحلیل مدل خطی معادل، قابلیت تحلیل مدل غیرخطی یک بعدی درحوزه زمان را نیز داراست.

در نرم‌افزار Deep Soil در حالت مدل خطی معادل هریک از لایه‌های خاک توسط پارامتری مستقل از فرکانس نظیر مدول برشی، نسبت میرایی، دانسیته، ضخامت و سرعت موج برشی تعریف می‌گردد. نظر به اینکه در این مطالعات شتاب اعمالی به سنگ بستر لرزه‌ای (مخصوصاً برای دوره‌های بازگشت بالا) زیاد بوده و مسلماً خاک رفتار غیرخطی شدیدی خواهد داشت و از طرف دیگر تحلیل خطی معادل در این حالات جواب‌های نادرستی می‌دهد، از تحلیل غیرخطی درحوزه زمان استفاده گردیده است. ضمن اینکه برای سطوح شتاب پایین (دوره های بازگشت کوتاه مدت) از تحلیل خطی معادل درکنار تحلیل غیرخطی به منظور کنترل نتایج استفاده شده است. در حالت غیرخطی، مدلی که نرم‌افزار Deep Soil ارائه می‌دهد براساس مدل هیپربولیک اصلاح شده (Matasovic and Vucetic, 1995) بشرح زیر می باشد:

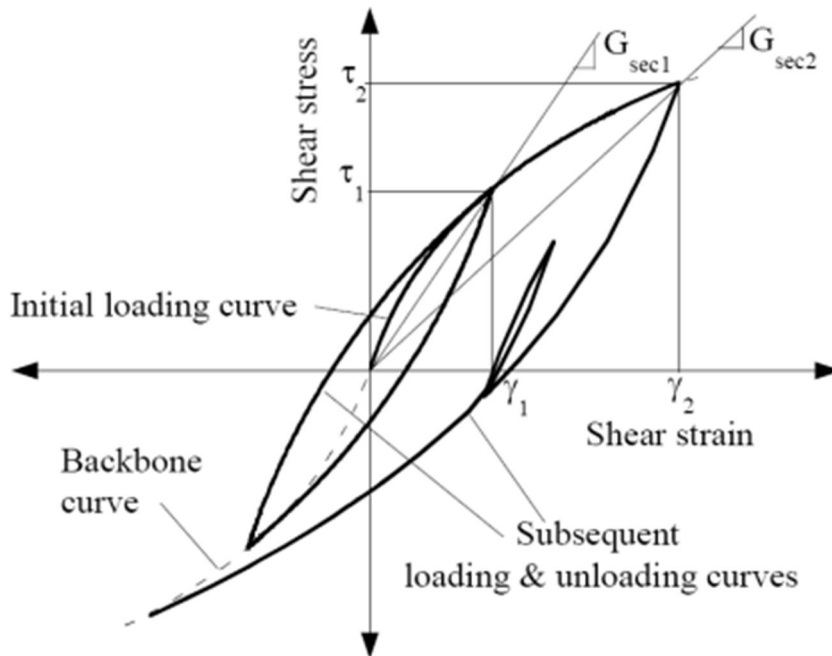
$$\tau = \frac{G_{mo}\gamma}{1 + \beta \left(\frac{G_{mo}}{\tau_{mo}} \gamma \right)^S} = \frac{G_{mo}\gamma}{1 + \beta \left(\frac{G_{mo}}{\tau_{mo}} \gamma \right)^S}$$

به طوری که:

τ تنش برشی، γ کرنش برشی، G_{mo} مدول برشی اولیه، τ_{mo} تنش برشی در کرنش برشی ۱٪ و $\gamma_r = \tau_{mo} / G_{mo}$ کرنش برشی مرجع (شکل ۳-۲) می‌باشد (Hardin and Drnevich, 1972). این مدل اصلاحی بر مدل هیپربولیک (Konder and Zelasko, 1963) می‌باشد که دو پارامتر β و S به آن اضافه شده است تا شکل منحنی برگشتی (backbone curve) برای مدل کردن محدوده وسیع‌تری از رفتار تنظیم گردد. معیار مسینگ (Masing, 1926) و معیار گسترش یافته مسینگ (Pyke, 1979, Vucetic 1990) بعنوان معیار باربرداری - بارگذاری در بارگذاریهای تناوبی استفاده می‌شوند (شکل ۳-۳).



شکل (۲-۳): منحنی تنش- کرنش و تعریف کرنش مرجع



شکل (۳-۳): مدل غیر خطی خاک (قانون کلی مسینگ) برای مدل رفتار بارگذاری- باربرداری خاک

در این پروژه از منحنی‌های وستیک ودوبری (۱۹۹۱) برای مدل کردن رفتار مصالح رسی لاغر و از منحنی

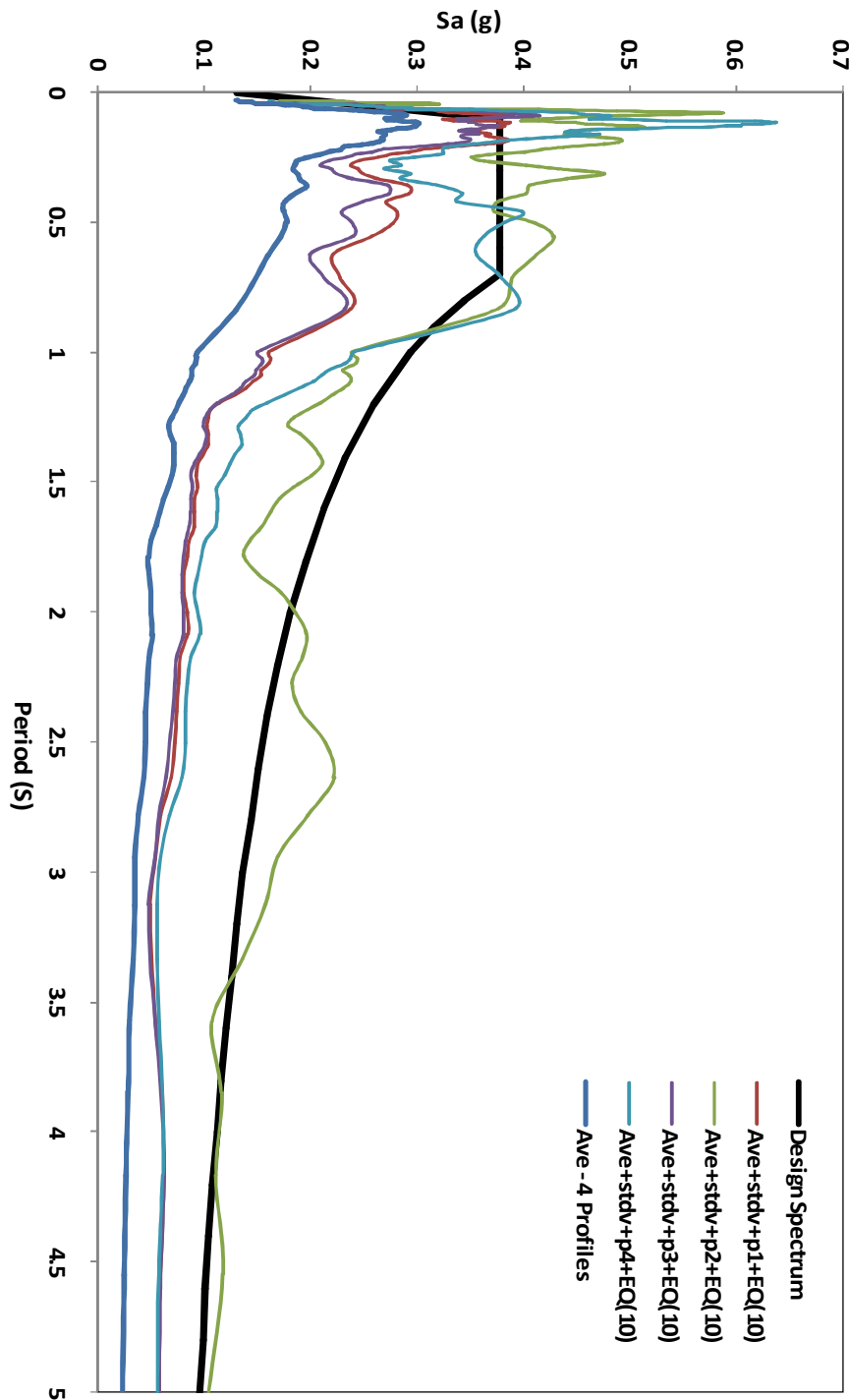
سید و همکاران (۱۹۸۶) برای مدل کردن رفتار مصالح ماسه ای استفاده گردیده است.

۳-۵- نتایج تحلیل دینامیکی آبرفت

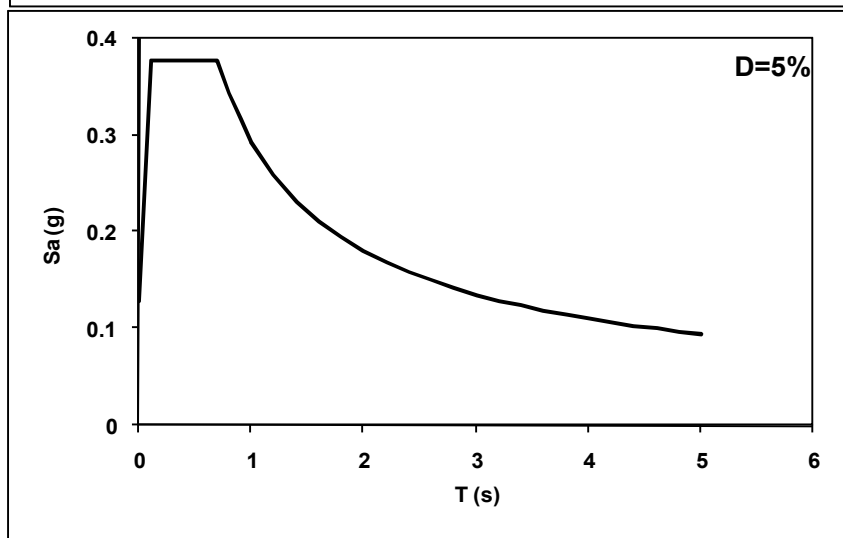
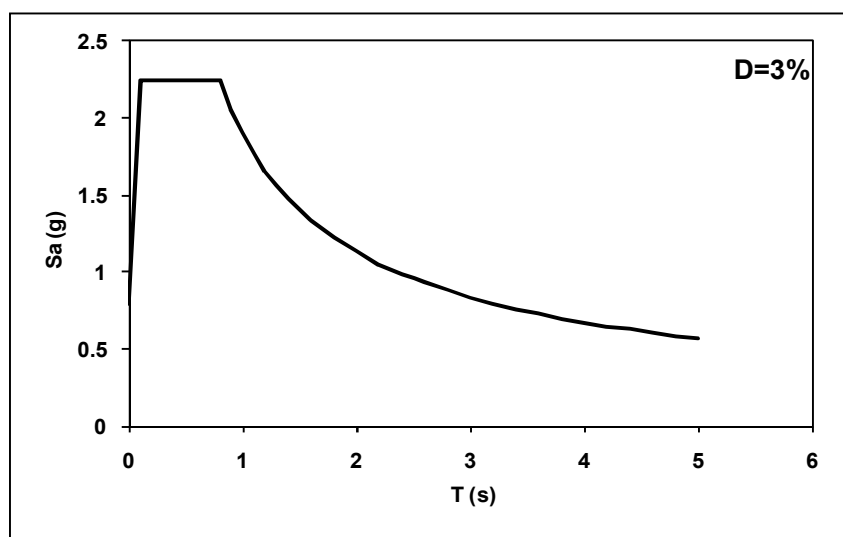
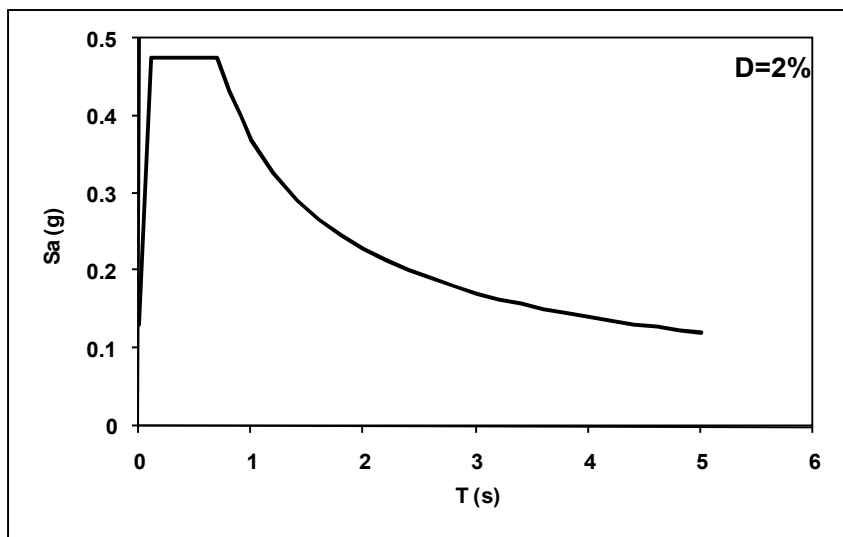
در جدول (۲-۳) مقادیر بیشینه شتاب افقی و قائم برای دوره بازگشت‌های ۱۰ ساله، ۷۵ ساله، ۴۷۵ ساله و ۲۴۷۵ ساله ارائه شده است. شکل‌های (۳-۴) تا (۳-۱۱) به ترتیب طیف طرح شتاب افقی (همراه با طیف‌های میانگین و طیف‌های میانگین بعلاوه یک انحراف معیار پروفیل‌های مختلف) با ضرایب میرایی خواسته شده را در حوزه نزدیک نشان می‌دهد و شکل‌های (۳-۱۲) تا (۳-۱۶) طیف طرح شتاب قائم ساختگاه در تراز پی ساختمان با ضرایب میرایی متفاوت را در حوزه نزدیک نشان می‌دهد. جهت ارائه پارامترهای لرزه‌ای در جهت قائم بر اساس روابط تجربی امبرسس و داگلاس (Ambraseys, N and Douglas, J., 2000) و با لحاظ کردن اثرات حوزه نزدیک برای دوره‌های بازگشت ۱۰ و ۷۵ ساله طیف‌ها تا ۵ ثانیه بدست آمده است.

جدول (۲-۳): بیشینه شتاب در تراز پی ساختمان

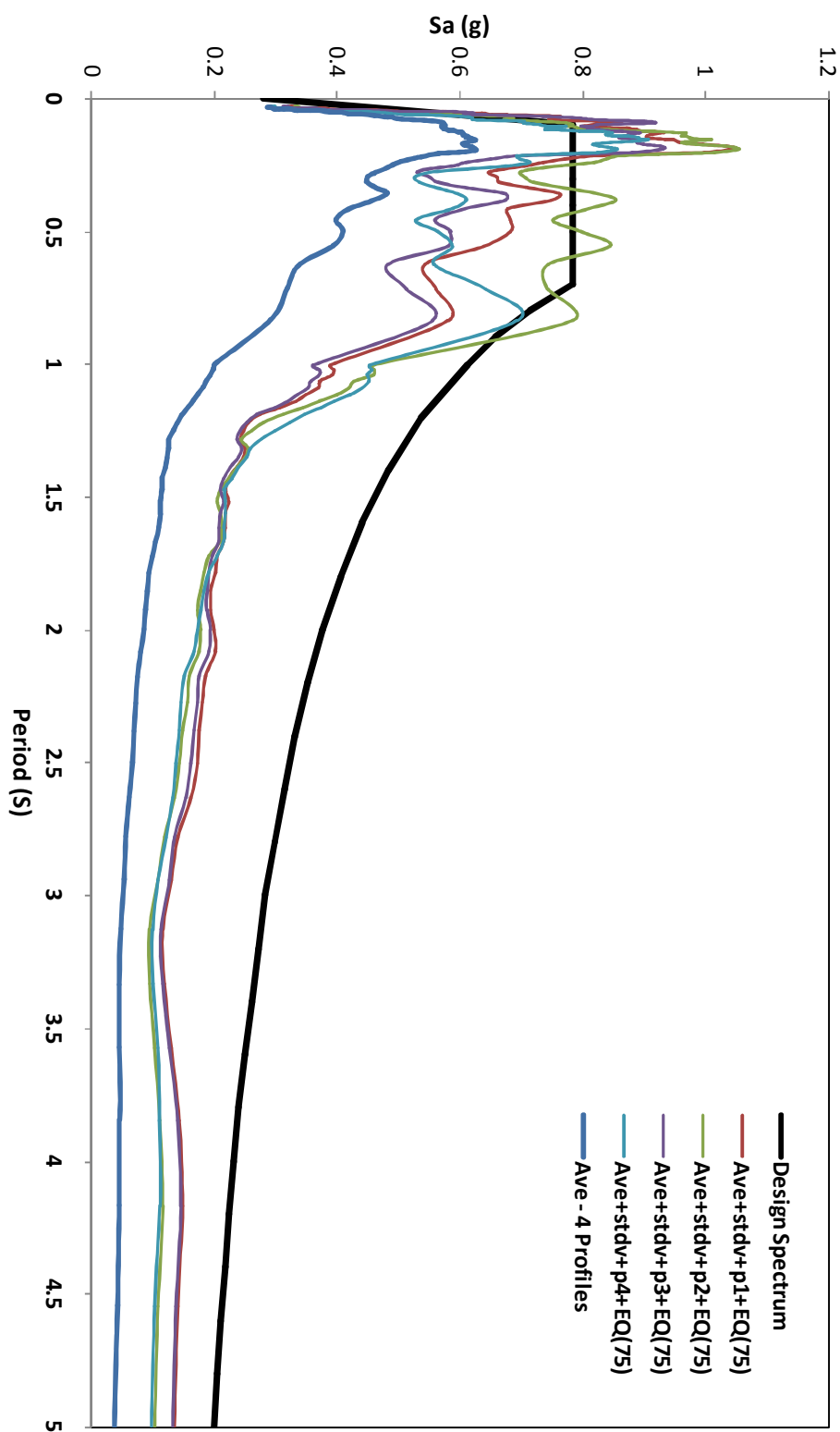
دوره بازگشت زمین لرزه (سال)	حداکثر شتاب افقی (g)	حداکثر شتاب قائم (g)
10	0.13	0.13
75	0.28	0.28
475	0.42	0.42
2475	0.80	0.80



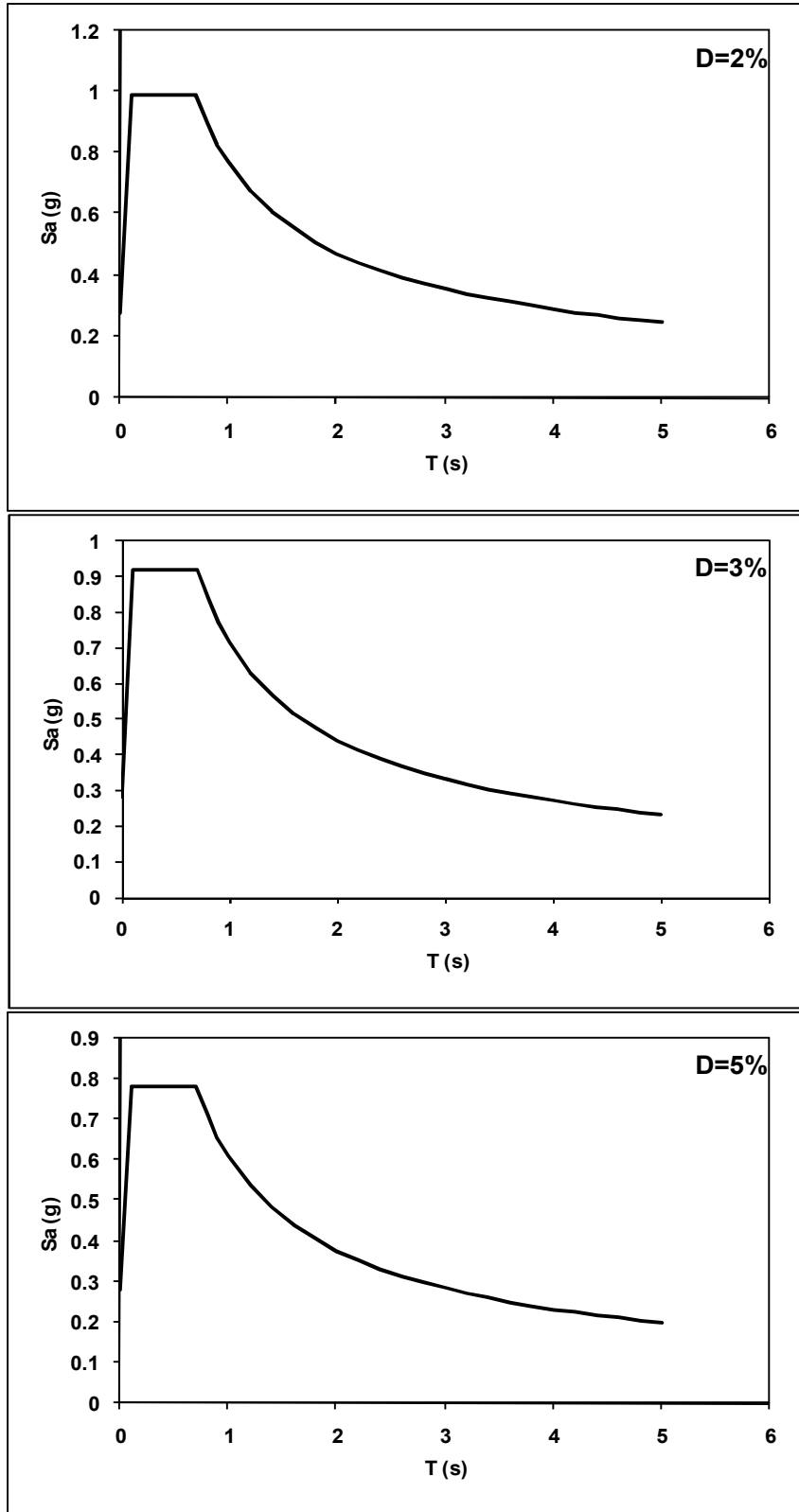
شکل (۳-۴): طیف طرح مولفه افقی شتاب، دوره بازگشت ۱۰ ساله (میرایی=۰.۵٪ برای حوزه نزدیک)



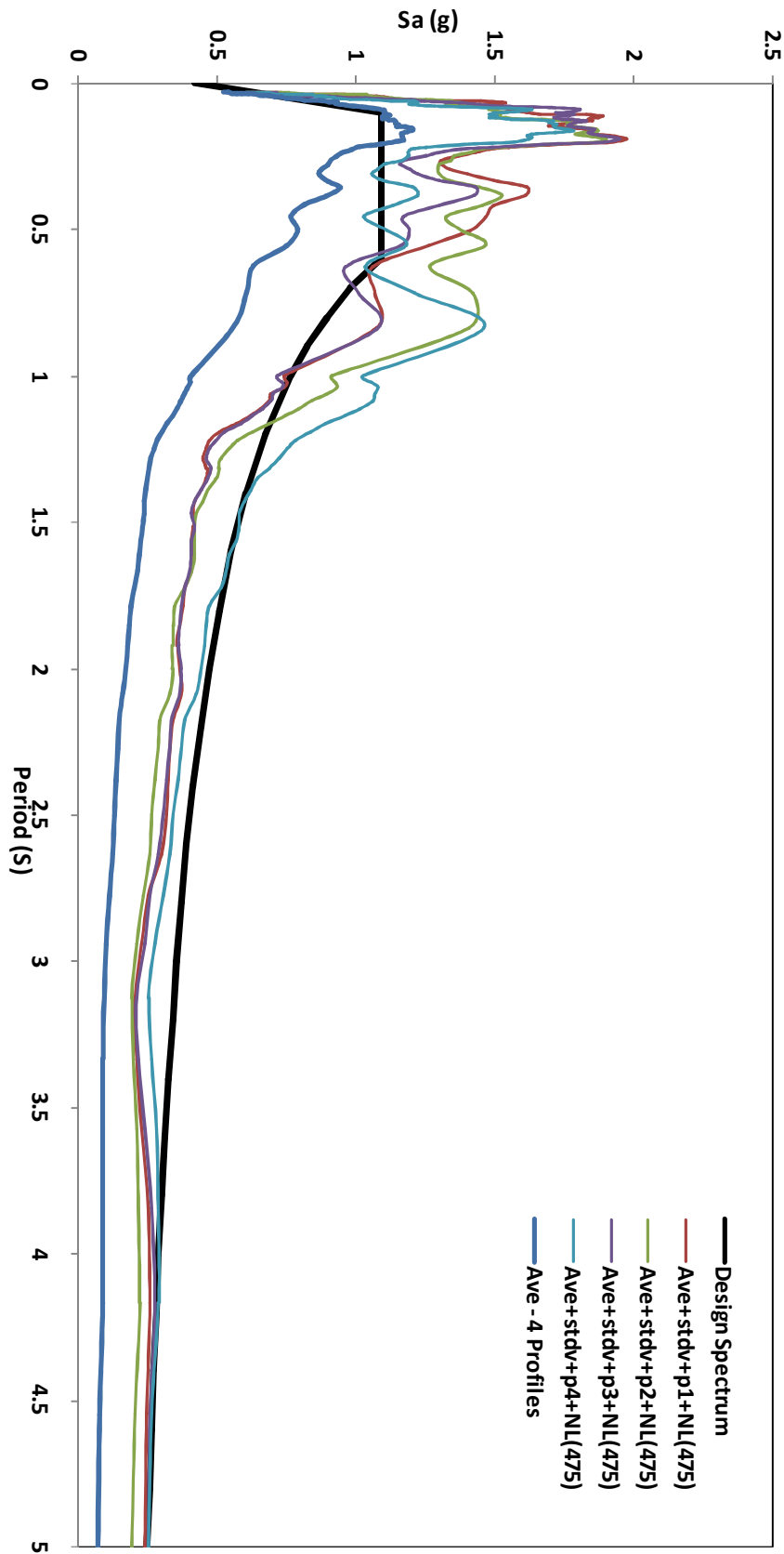
شکل (۳-۵): طیف طرح مولفه افقی شتاب، دوره بازگشت ۱۰ ساله (میرایی=۵٪ و ۳٪ و ۲٪ برای حوزه نزدیک)



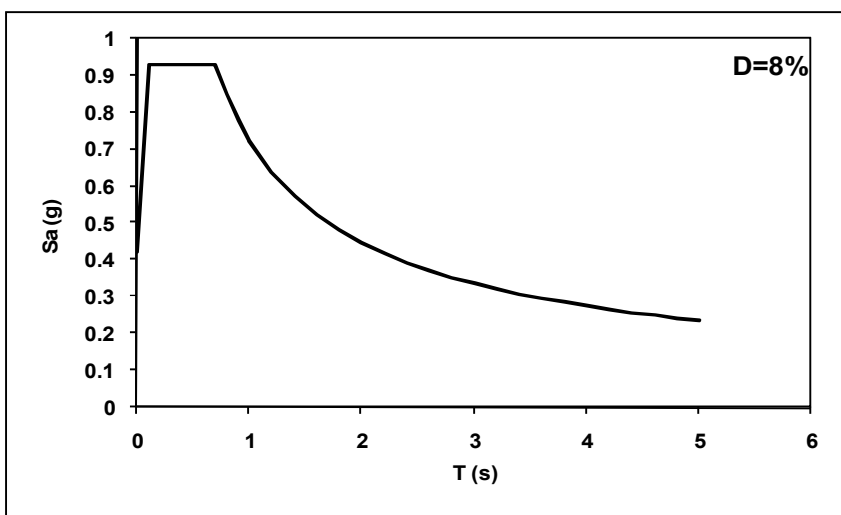
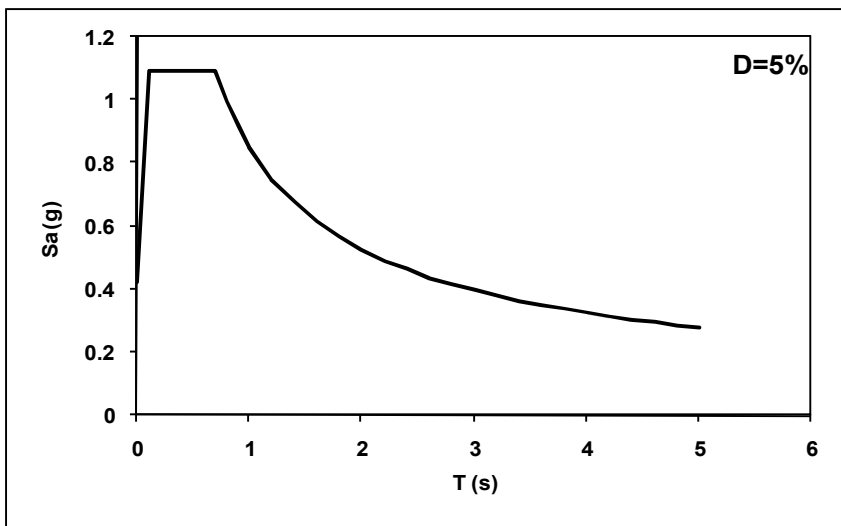
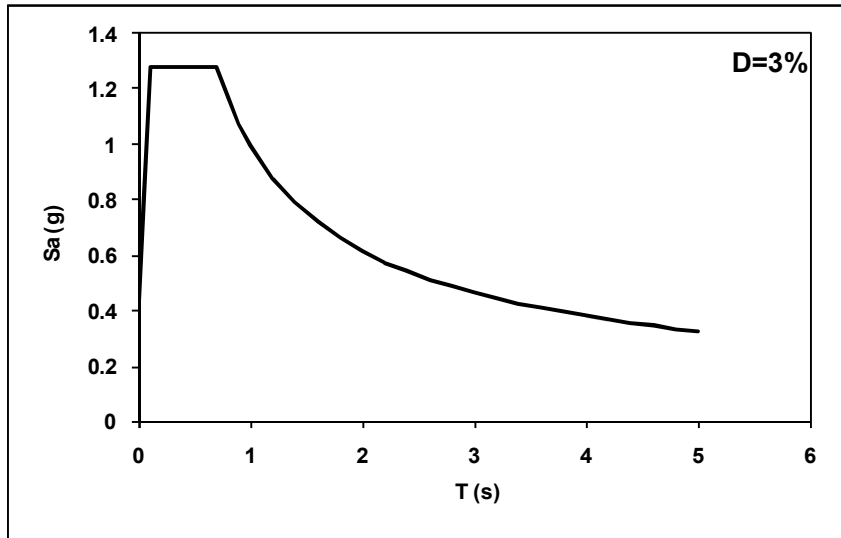
شکل (۳-۶): طیف طرح مولفه افقی شتاب، دوره بازگشت ۷۵ ساله (میرایی = ۰.۵٪ برای حوزه نزدیک)



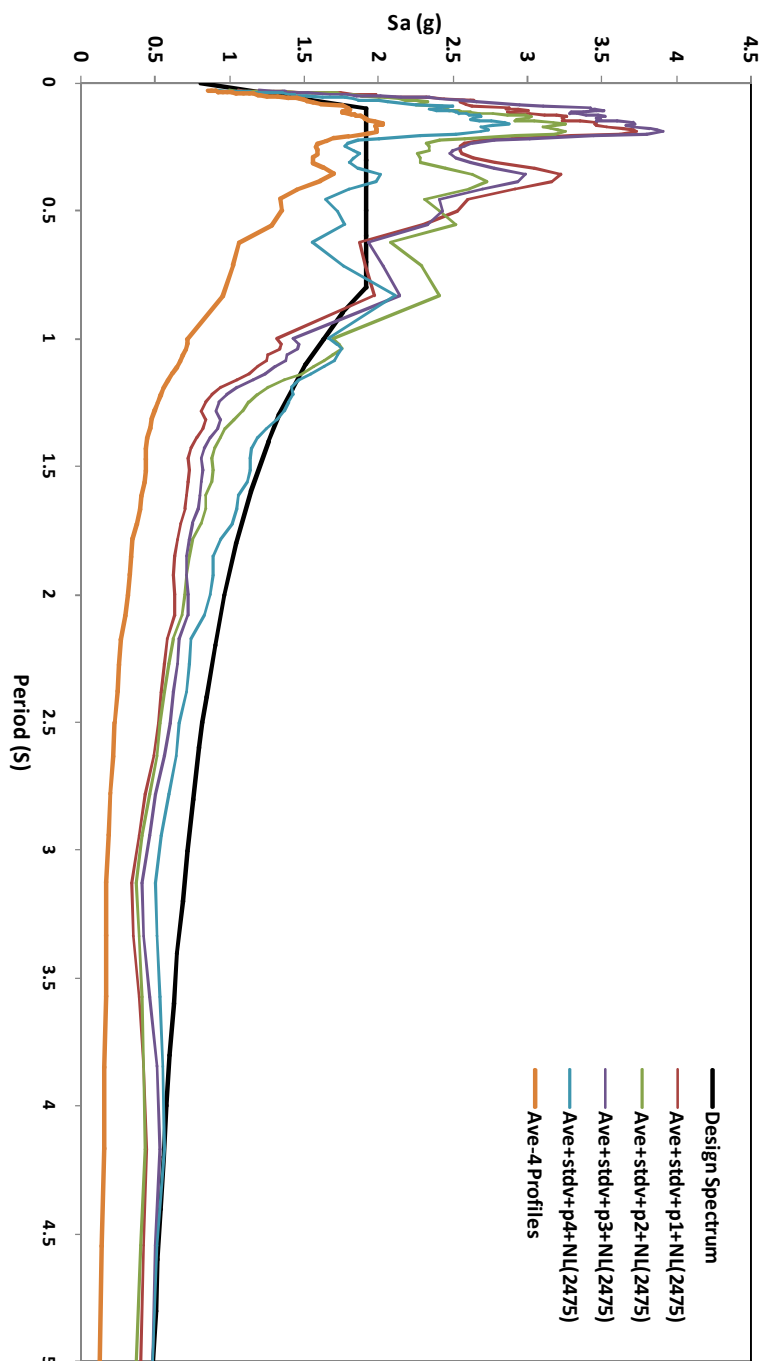
شکل (۳-۷): طیف طرح مولفه افقی شتاب، دوره بازگشت ۷۵ ساله (میرایی=۵٪ و ۳٪ و ۲٪ برای حوزه نزدیک)



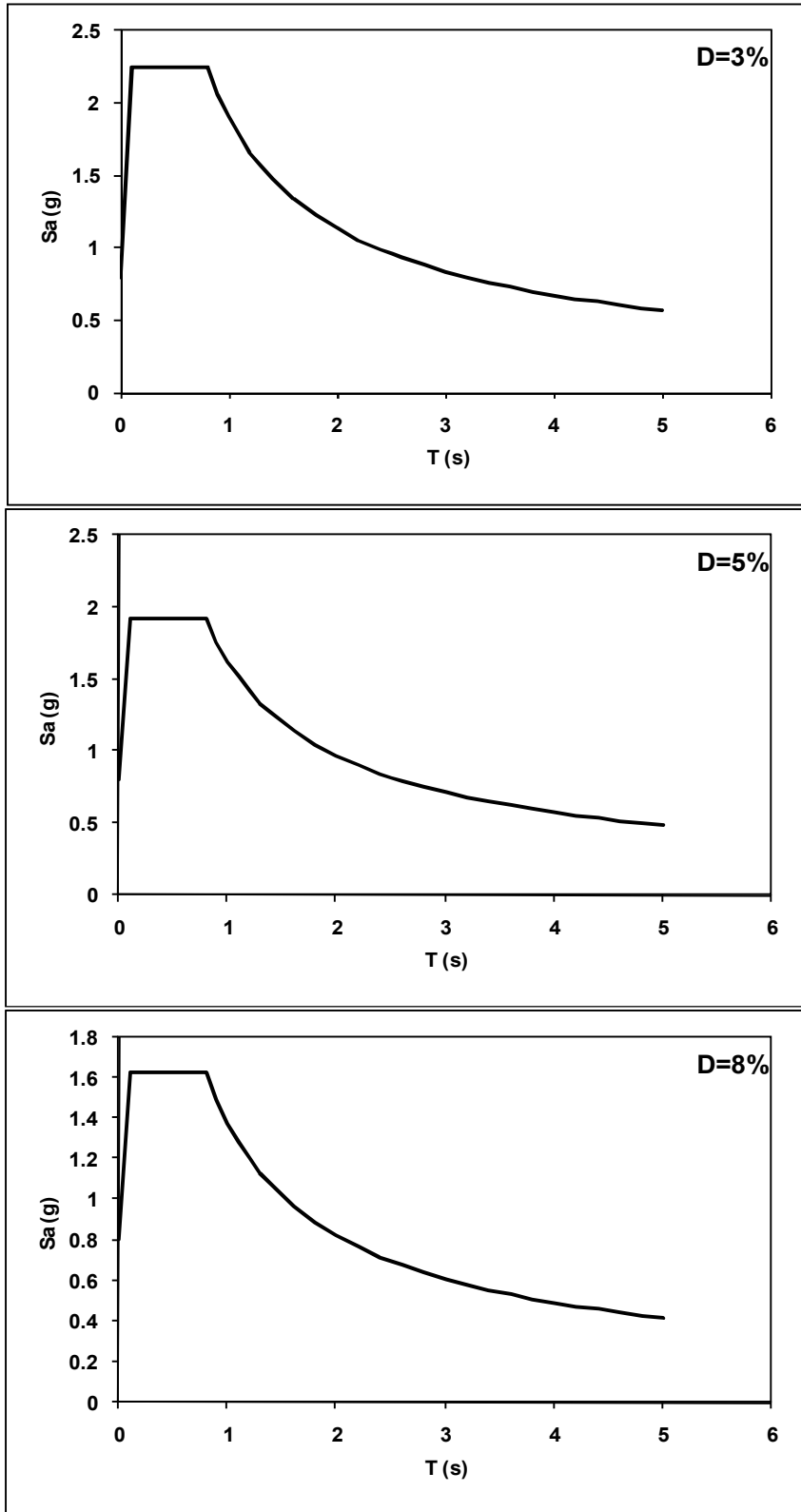
شکل (۳-۸): طیف طرح مولفه افقی شتاب، دوره بازگشت ۴۷۵ ساله (میرایی=۵٪ برای حوزه نزدیک)



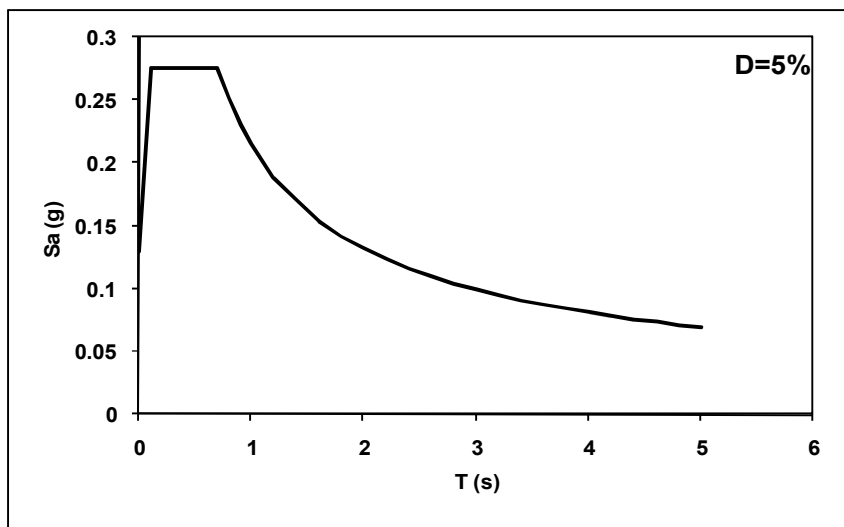
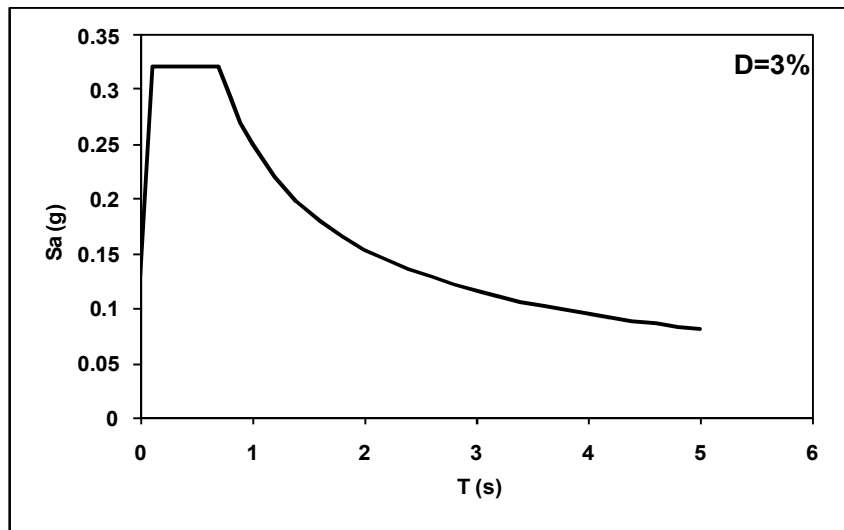
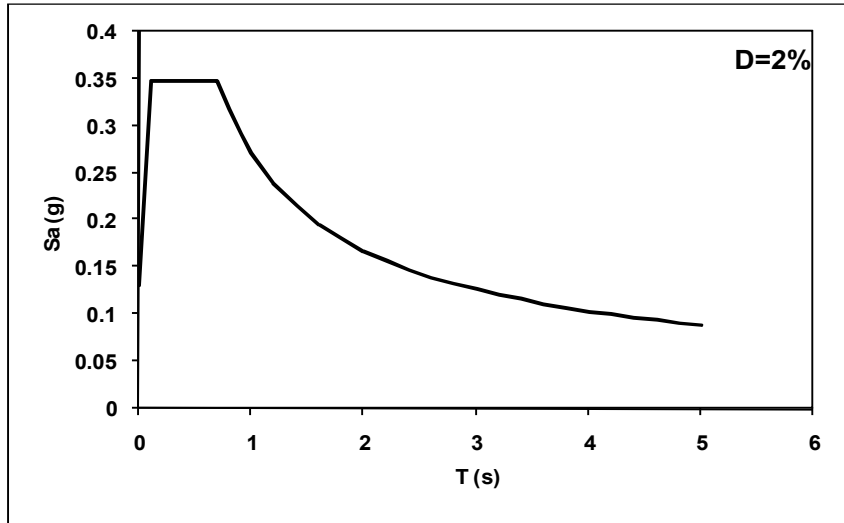
شکل (۳-۹): طیف طرح مولفه افقی شتاب، دوره بازگشت ۴۷۵ ساله (میرایی=۰.۸ و ۰.۵ و ۰.۳ برای حوزه نزدیک)



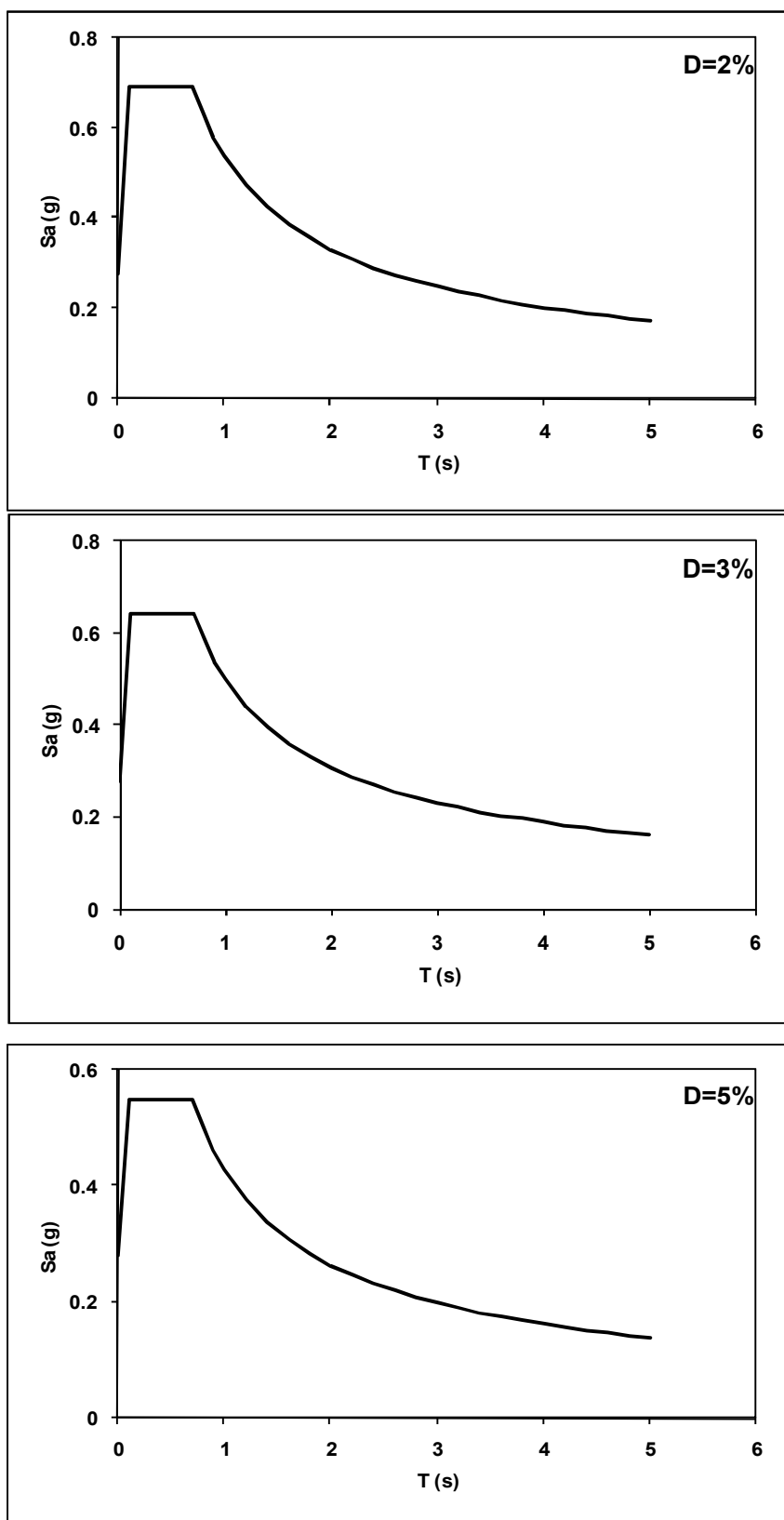
شکل (۳-۱): طیف طرح مولفه افقی شتاب، دوره بازگشت ۲۴۷۵ ساله (میرایی=۵٪ برای حوزه نزدیک)



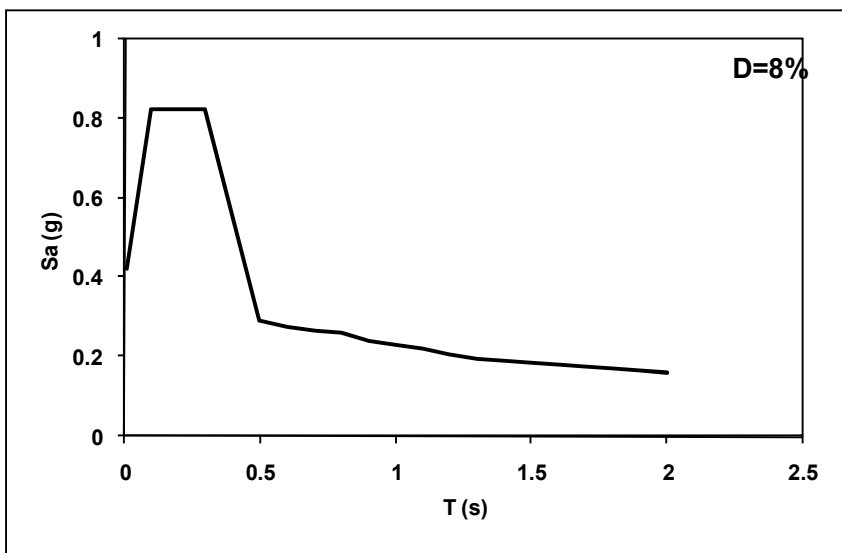
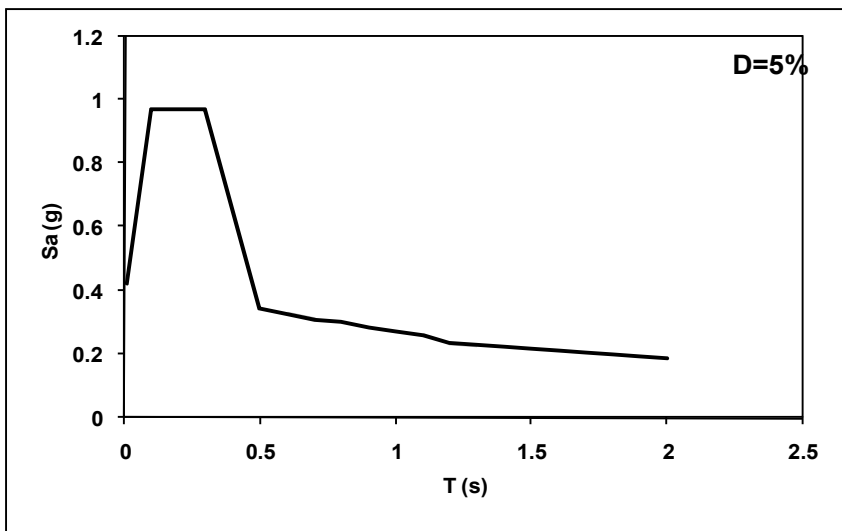
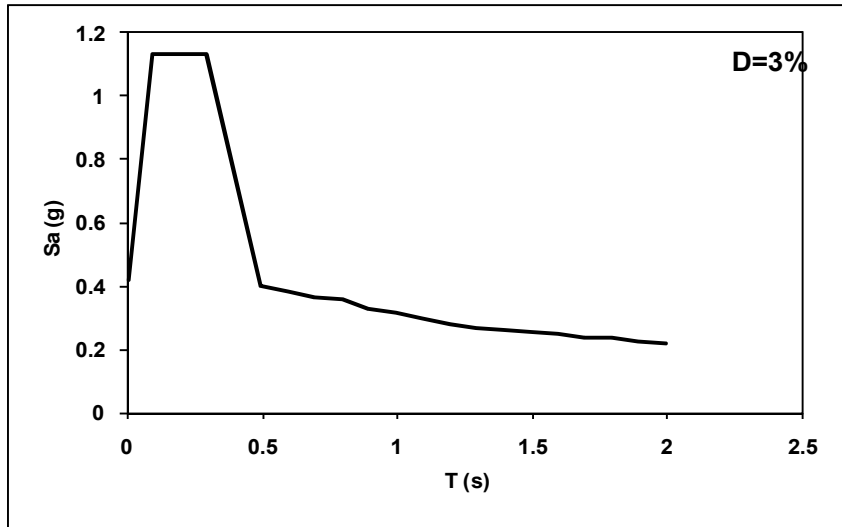
شکل (۳-۱): طیف طرح مولفه افقی شتاب، دوره بازگشت ۲۴۷۵ ساله (میرایی=۰.۸ و ۰.۵ و ۰.۳ برای حوزه نزدیک)



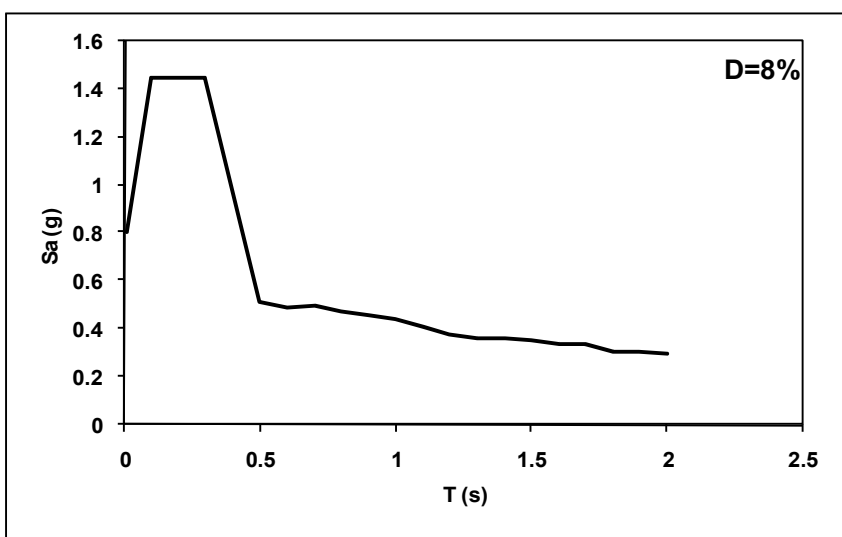
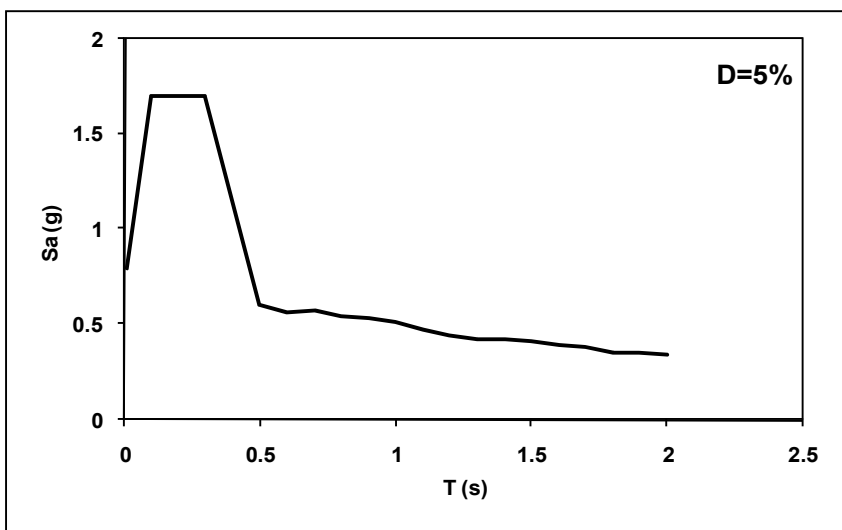
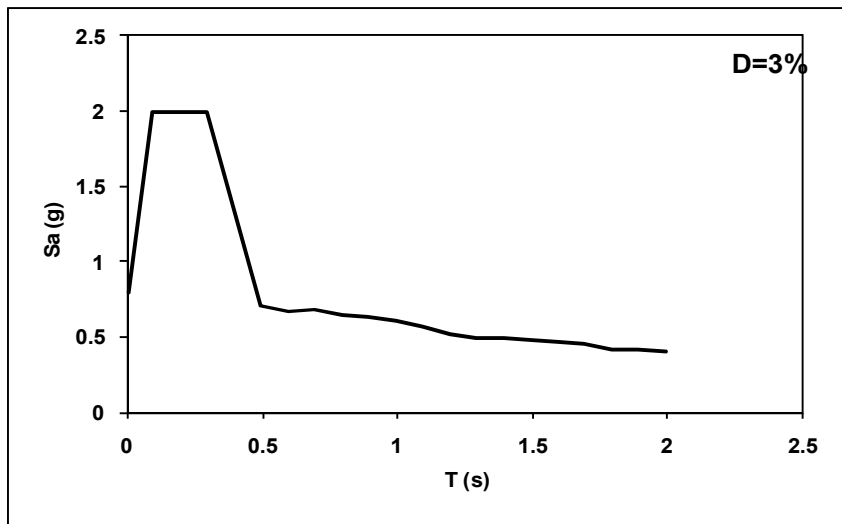
شکل (۳-۱۲): طیف طرح مولفه قائم شتاب، دوره بازگشت ۱۰ ساله برای حوزه نزدیک



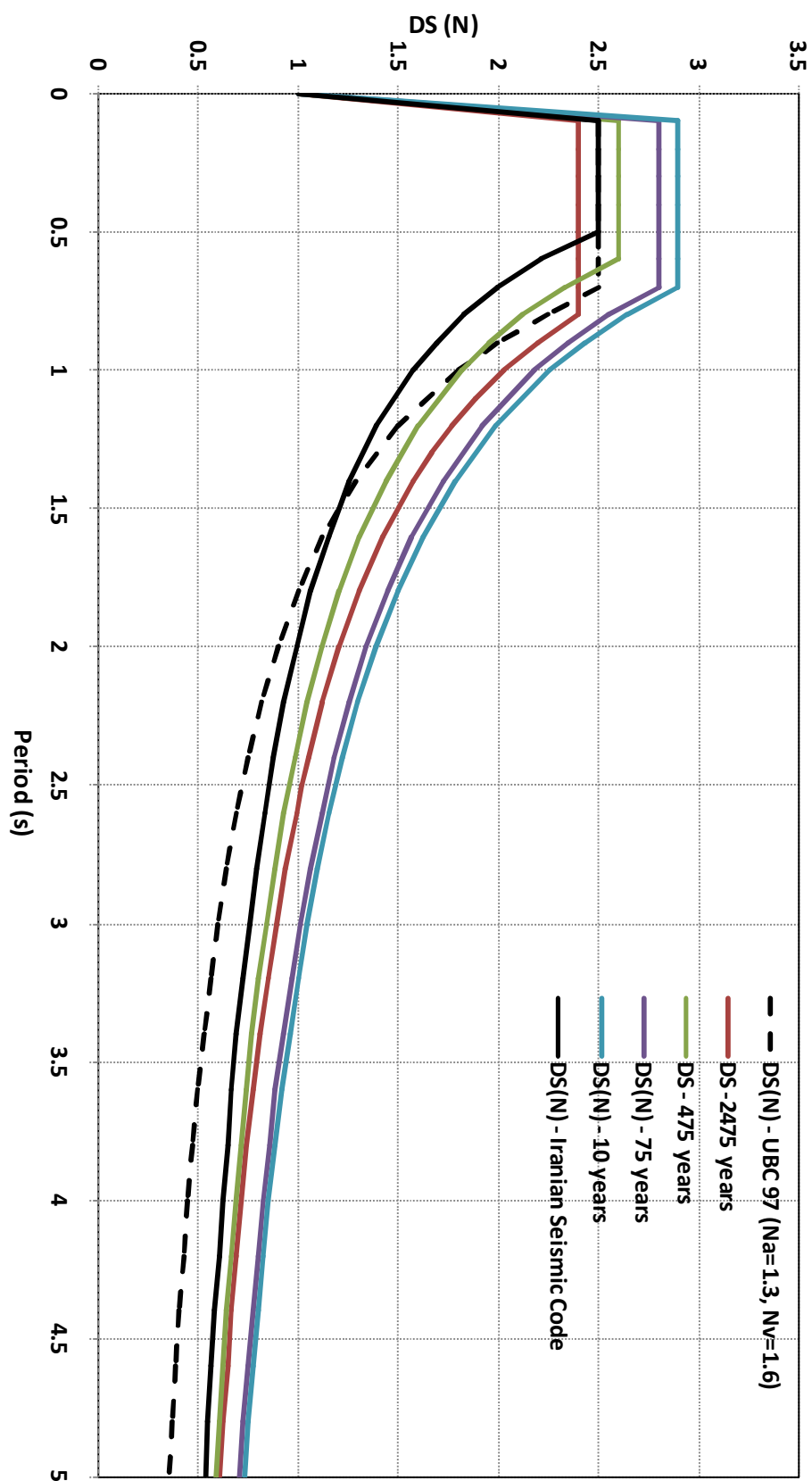
شکل (۳-۱۳): طیف طرح مولفه قائم شتاب، دوره بازگشت ۷۵ ساله برای حوزه نزدیک





شکل (۳-۱۴): طیف طرح مولفه قائم شتاب، دوره بازگشت ۴۷۵ ساله برای حوزه نزدیک





شکل (۳-۱۵): طیف طرح مولفه قائم شتاب، دوره بازگشت ۲۴۷۵ ساله برای حوزه نزدیک



شکل (۳-۱۶): مقایسه طیف طرح نرمالیزه شده در دوره های بازگشت ۴۷۵، ۷۵، ۱۰ و ۲۴۷۵ سال با طیف طرح Iranian seismic code (Code 2800)

 پژوهش عمران راهوار	صفحه ۷۸	گزارش نهایی مطالعات لرزه‌خیزی، تحلیل خطر زلزله و تهیه طیف بازتاب			 شرکت سرمایه گذاری عظام
	بهمن ماه ۱۳۹۱	CODE: 173	SEQ: 12	REV: 01	

 پژوهش عمران راهوار	صفحه ۷۹	گزارش نهایی مطالعات لرزه‌خیزی، تحلیل خطر زلزله و تهیه طیف بازتاب			 شرکت سرمایه گذاری عظام
	بهمن ماه ۱۳۹۱	CODE: 173	SEQ: 12	REV: 01	

فصل چهارم:

شتاب‌نگاشت‌های منطبق بر طیف



۴-۱- انتخاب شتاب‌نگاشت‌های مناسب جهت تحلیل دینامیکی

به منظور انجام تحلیل دینامیکی سازه در حوزه زمان نیاز به در اختیار داشتن شتاب‌نگاشت‌های مناسب با شرایط ساختگاه می‌باشد. در نواحی که بانک‌های اطلاعاتی کاملی از شتاب‌نگاشت‌ها وجود دارد انتخاب شتاب‌نگاشت مناسب به مراتب آسان‌تر از نواحی است که شتاب‌نگاشت در این مناطق وجود نداشته یا تعداد آنها بسیار اندک می‌باشد. علیرغم وجود شبکه شتاب‌نگاری در تهران، تعداد رکوردهای ثبت شده در این شبکه بسیار کم و یا دارای بیشینه شتاب زیر ۵۰ گال است که عمدتاً در اثر زمین لرزه‌های رودبار منجیل، چنگوره آوج، فیروز آباد کجور و زمین لرزه ۲۵ مهرماه ۱۳۸۸ به ثبت رسیده‌اند. بدیهی است که انتخاب شتاب‌نگاشت مناسب در شرایط ایده‌آل زمانی روی می‌دهد که شبکه‌ای از رکوردهای مناسب در حوزه نزدیک و حوزه دور برای محدوده بزرگا، فاصله و برای حداقل دو سه دهه در دسترس باشد. در صورتیکه چنین وضعیتی موجود نباشد مانند ساختگاه مورد مطالعه، باید شتاب‌نگاشت‌های متناسب با رژیم تکتونیکی گستره، ساروکار گسلها، عمق کانونی زمین لرزه ها، فاصله گسلها تا ساختگاه و شرایط زمین شناسی منطقه را در نظر گرفت.

با توجه به جدایش لرزه‌ای زمین لرزه‌های کنترل کننده برای دوره بازگشت‌های ۴۷۵ و ۲۴۷۵ سال برای بیشینه شتاب و برای پیرودهای ۰/۵ ، ۱ و ۲ ثانیه تخمین زده شده است. بزرگای کنترل کننده نقطه میانی یک بازه از بزرگای زمین لرزه‌هایی است که احتمالاً کنترل کننده طراحی می‌باشد. بزرگای زمین لرزه مسبب مجموعه شتاب‌نگاشت‌های انتخاب شده در محدوده ۰/۵ واحد کمتر یا بیشتر از بزرگای کنترل کننده در نظر گرفته می‌شود.

به منظور انتخاب شتاب‌نگاشت‌های مناسب با در نظر گرفتن شرایط اشاره شده و با استفاده از جدایش لرزه‌ای بزرگای کنترل کننده برای زمین لرزه‌های دارای دوره های بازگشت ۴۷۵ و ۲۴۷۵ ساله در محدوده بزرگای ۶/۳ تا ۷/۴ و در فاصله ۰ تا ۲۰ کیلومتر قرار می‌گیرند. کیمبال (۱۹۸۳) پیشنهاد می‌کند برای چشمه‌های لرزه زا که مکان آنها خوب مشخص نشده است فاصله تا گسل در بازه ۰ تا ۳۰ کیلومتر در نظر گرفته شود. بنابراین در این پروژه شتاب‌نگاشت زلزله‌هایی انتخاب گردیدند که گسل مسببشان در فاصله ۰ تا ۳۰ کیلومتر از ساختگاه قرار گرفته باشد.

با توجه به اینکه سازوکار زمین لرزه‌ها در البرز عمدتاً معکوس، راستالغز چپگرد می‌باشد، از زمین لرزه‌هایی

که سازوکار مشابه دارند در نظر گرفته شده است. ژرفای کانونی زمین‌لرزه‌ها عمدتاً در البرز زیر ۲۰ کیلومتر می‌باشد. لذا برای انتخاب شتاب‌نگاشت‌ها عمق زمین‌لرزه‌ها در این محدوده مد نظر قرار گرفته است. شرایط ساختگاهی نیز با توجه به نوع خاک تا حد امکان در نظر گرفته شده است. در جدول (۴-۱) مشخصات شتاب‌نگاشت‌های انتخاب شده ارائه شده است. در انتخاب این شتاب‌نگاشت‌ها سعی گردیده که از نگاشت‌های زمین‌لرزه‌های ایران همراه با نگاشت‌های معرفی شده بوسیله آیین‌نامه ATC استفاده شود.

جدول (۴-۱): مشخصات شتاب‌نگاشت‌های انتخاب شده

نوع ساختگاه	Closest / Epicentral Dist. (km)	F.P.S	H (km)	شدت زلزله	ایستگاه	زمین لرزه
Type I*	2	Reverse	10	7.4	طبس	طبس
Type I*	8	SS-LL	14	7.3	آب بر	منجیل
Type I*	17	Reverse	19	6.3	پل	فیروز آباد - کجور
Alluvium	15.9	Reverse	17.6	7.0	Capitola	Loma Prieta
Partly cons sediments	23.5	----	----	6.6	Eureka	Eureka
Alluvium	26.4	Reverse	19.0	6.7	Moorpark	Northridge
Alluvium	16.5	Reverse	8.4	6.6	241	San Fernando

*براساس طبقه بندی آیین نامه ۲۸۰۰

۴-۲- شتاب‌نگاشت‌های مقیاس شده

کلیه شتاب‌نگاشت‌ها با در نظر گرفتن ملاحظات فصل اول دستورالعمل FEMA 356 با توجه به زمان تناوب سازه‌ها مقیاس گردیده‌اند. بنابراین طبق دستورالعمل FEMA 356 شتاب‌نگاشت‌ها در محدوده پریودی بین 0.2T - 1.5T (T پریود موداول ارتعاشی سازه می‌باشد) یعنی بین پریودهای ۰/۲ تا ۵ ثانیه برای مولفه افقی و ۰/۲ تا ۲ ثانیه برای مولفه قائم مقیاس شدند.

بمنظور مقیاس کردن مولفه افقی نگاشت‌ها، ابتدا طیف پاسخ دو مولفه افقی برای هر کدام از شتاب‌نگاشت‌-

های ارائه شده در جدول ۱ محاسبه گردیده سپس جمع برداری این دو مولفه افقی (SRSS) محاسبه و با ۱/۴



برابر طیف طرح افقی برای زمین‌لرزه‌های با دوره بازگشت ۴۷۵ و ۲۴۷۵ ساله مقایسه گردیده است. نهایتاً هفت مجموعه شتاب‌نگاشت‌ها در حوزه فرکانس به گونه‌ای مقیاس شده‌اند (بومرو و آکودو، ۲۰۰۴) که مطابق دستورالعمل FEMA 356 میانگین SRSS طیف آنها در محدوده ۱۰ درصدی ۱/۴ برابر طیف طرح افقی قرار گیرد. برای مقیاس کردن مولفه قائم نگاشت‌ها نیز میانگین طیف پاسخ هفت مجموعه شتاب‌نگاشت با طیف طرح قائم برای زمین لرزه‌های با دوره بازگشت ۴۷۵ و ۲۴۷۵ ساله مقایسه و اصلاح گردیده‌اند.



شکل (۱-۴) نشان دهنده نگاشت‌های ثبت شده ایستگاه آب بر زمین‌لرزه منجیل و شکل‌های (۲-۴) و (۳-۴) نیز به ترتیب نشان دهنده نگاشت‌های مقیاس شده برای زلزله با دوره‌های بازگشت ۴۷۵ و ۲۴۷۵ ساله می‌باشد. شکل‌های (۴-۴) و (۵-۴) نیز به ترتیب نشان دهنده طیف SRSS مولفه‌های افقی نگاشت‌های مقیاس شده (با ۱/۴ برابر طیف طرح) و طیف مولفه قائم نگاشت مقیاس شده (با طیف طرح قائم) می‌باشد.

شکل (۶-۴) نشان دهنده نگاشت‌های ثبت شده زلزله طبس و شکل‌های (۷-۴) و (۸-۴) نیز به ترتیب نشان دهنده نگاشت‌های مقیاس شده برای زلزله با دوره‌های بازگشت ۴۷۵ و ۲۴۷۵ ساله می‌باشد. شکل‌های (۹-۴) و (۱۰-۴) نیز به ترتیب نشان دهنده طیف SRSS مولفه‌های افقی نگاشت‌های مقیاس شده (با ۱/۴ برابر طیف طرح) و طیف مولفه قائم نگاشت مقیاس شده (با طیف طرح قائم) می‌باشد.

شکل (۱۱-۴) نشان دهنده نگاشت‌های ثبت شده ایستگاه پول زلزله فیروزآباد کجور و شکل‌های (۱۲-۴) و (۱۳-۴) نیز به ترتیب نشان دهنده نگاشت‌های مقیاس شده برای زلزله با دوره‌های بازگشت ۴۷۵ و ۲۴۷۵ ساله می‌باشد. شکل‌های (۱۴-۴) و (۱۵-۴) نیز به ترتیب نشان دهنده طیف SRSS مولفه‌های افقی نگاشت‌های مقیاس شده (با ۱/۴ برابر طیف طرح) و طیف مولفه قائم نگاشت مقیاس شده (با طیف طرح قائم) می‌باشد.

شکل (۱۶-۴) نشان دهنده نگاشت‌های ثبت شده ایستگاه Capitola در زلزله (Loma Prieta 1989) و شکل‌های (۱۷-۴) و (۱۸-۴) نیز به ترتیب نشان دهنده نگاشت‌های مقیاس شده برای زلزله با دوره‌های بازگشت ۴۷۵ و ۲۴۷۵ ساله می‌باشد. شکل‌های (۱۹-۴) و (۲۰-۴) نیز به ترتیب نشان دهنده طیف SRSS مولفه‌های افقی نگاشت‌های مقیاس شده (با ۱/۴ برابر طیف طرح) و طیف مولفه قائم نگاشت مقیاس شده (با طیف طرح قائم) می‌باشد.

شکل (۲۱-۴) نشان دهنده نگاشت‌های ثبت شده ایستگاه Eureka در زمین‌لرزه (Eureka ۱۹۵۴) و

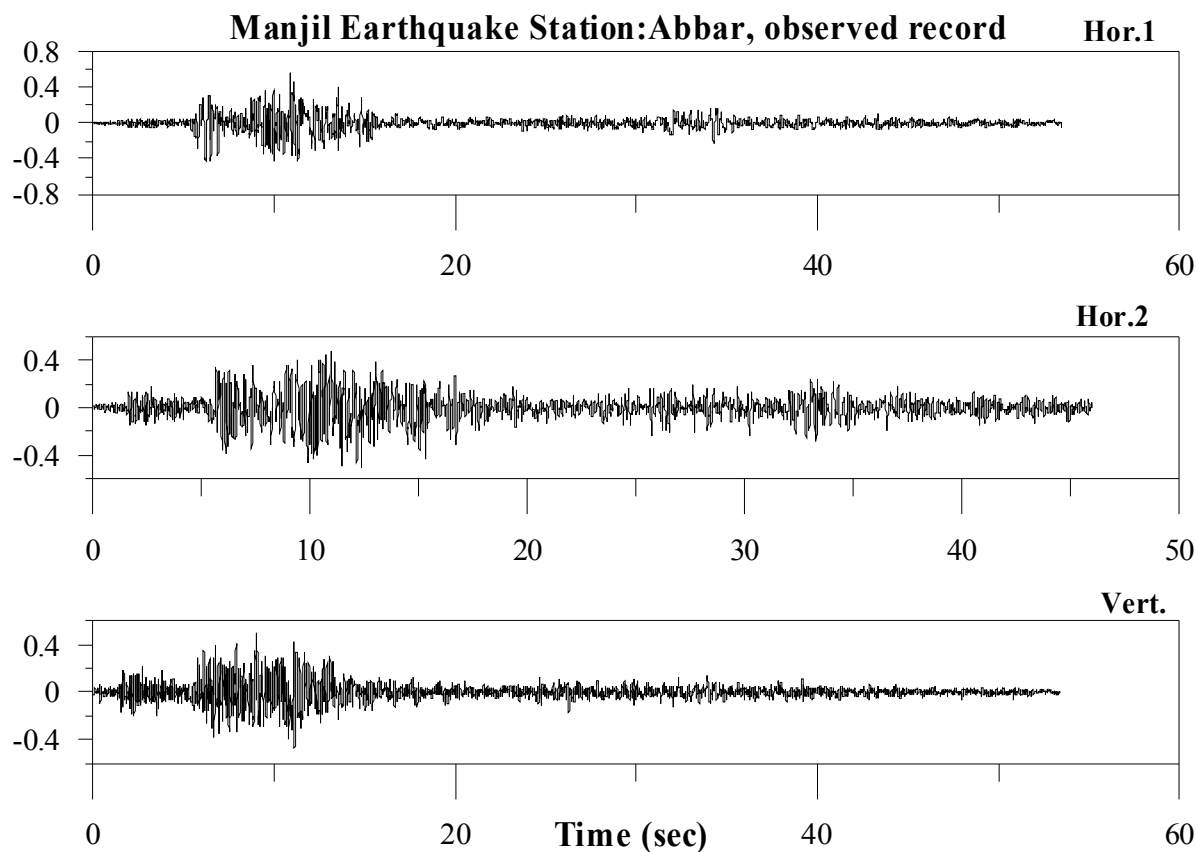
 پژوهش عمران راهوار	صفحه ۸۳	گزارش نهایی مطالعات لرزه‌خیزی، تحلیل خطر زلزله و تهیه طیف بازتاب			 شرکت سرمایه گذاری عظام
	بهمن ماه ۱۳۹۱	CODE: 173	SEQ: 12	REV: 01	

شکل‌های (۲۲-۴) و (۲۳-۴) نیز به ترتیب نشان دهنده نگاشت‌های مقیاس شده برای زلزله با دوره‌های بازگشت ۴۷۵ و ۲۴۷۵ ساله می‌باشد. شکل‌های (۲۴-۴) و (۲۵-۳) نیز به ترتیب نشان دهنده طیف SRSS مولفه‌های افقی نگاشت‌های مقیاس شده (با ۱/۴ برابر طیف طرح) و طیف مولفه قائم نگاشت مقیاس شده (با طیف طرح قائم) می‌باشد.

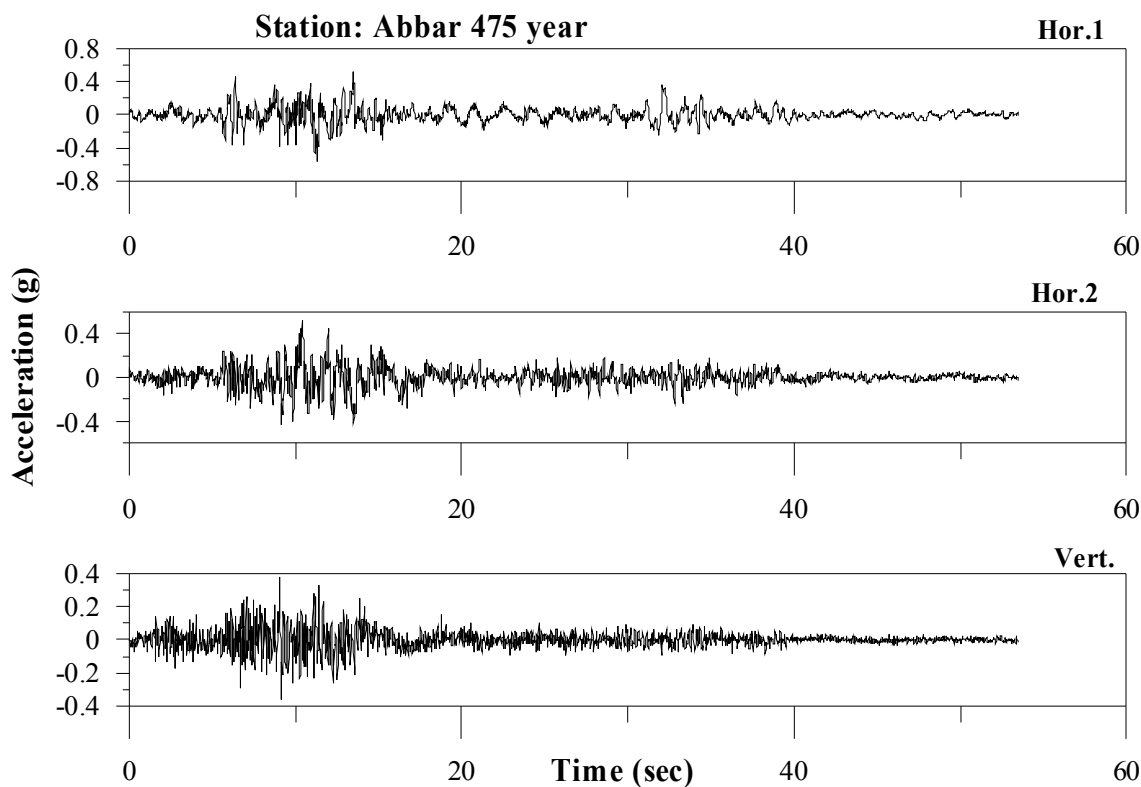
شکل (۲۶-۴) نشان دهنده نگاشت‌های ثبت شده ایستگاه Moorpark در زمین‌لرزه (۱۹۹۴) Northridge و شکل‌های (۲۷-۴) و (۲۸-۴) نیز به ترتیب نشان دهنده نگاشت‌های مقیاس شده برای زلزله با دوره‌های بازگشت ۴۷۵ و ۲۴۷۵ ساله می‌باشد. شکل‌های (۲۹-۴) و (۳۰-۴) نیز به ترتیب نشان دهنده طیف SRSS مولفه‌های افقی نگاشت‌های مقیاس شده (با ۱/۴ برابر طیف طرح) و طیف مولفه قائم نگاشت مقیاس شده (با طیف طرح قائم) می‌باشد.

شکل (۳۱-۴) نشان دهنده نگاشت‌های ثبت شده ایستگاه 241 در زلزله (۱۹۷۱) San Fernando و شکل‌های (۳۲-۴) و (۳۳-۴) نیز به ترتیب نشان دهنده نگاشت‌های مقیاس شده برای زلزله با دوره‌های بازگشت ۴۷۵ و ۲۴۷۵ ساله می‌باشد. شکل‌های (۳۴-۴) و (۳۵-۴۳) نیز به ترتیب نشان دهنده طیف SRSS مولفه‌های افقی نگاشت‌های مقیاس شده (با ۱،۴ برابر طیف طرح) و طیف مولفه قائم نگاشت مقیاس شده (با طیف طرح قائم) می‌باشد.

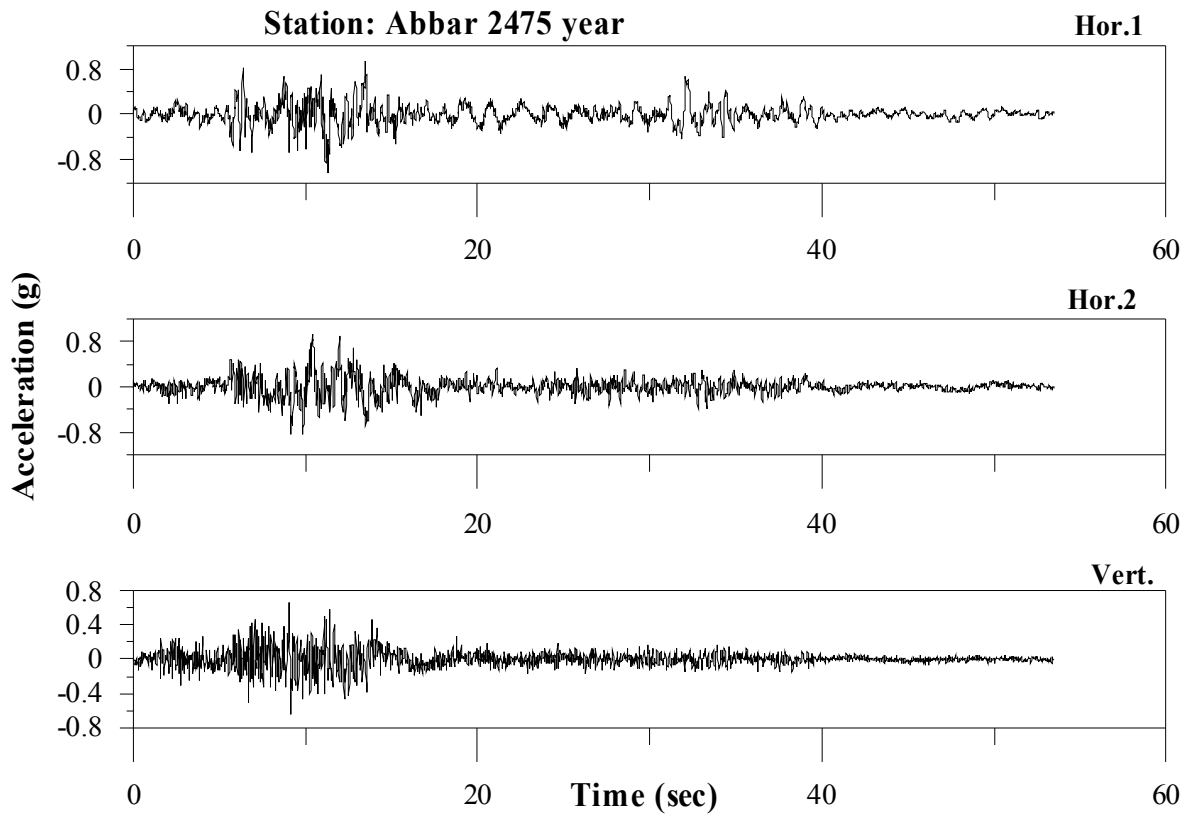
در شکل (۳۶-۴) میانگین طیف‌های SRSS مولفه‌های افقی هفت مجموعه شتاب نگاشت با ۱/۴ برابر طیف طراحی برای زمین لرزه‌های با دوره بازگشت ۴۷۵ و ۲۴۷۵ ساله مقایسه شده است. همانطور که مشاهده می‌گردد میانگین طیف‌های SRSS تطابق نسبتاً خوبی با ۱/۴ برابر طیف طراحی دارد. در شکل (۳۷-۴) نیز میانگین طیف‌های مولفه قائم هفت مجموعه شتاب نگاشت با طیف طراحی برای زمین لرزه‌های با دوره بازگشت ۴۷۵ و ۲۴۷۵ ساله مقایسه شده است. همانطور که مشاهده می‌گردد میانگین طیف‌های مولفه‌های قائم تطابق نسبتاً خوبی با طیف طراحی دارد.



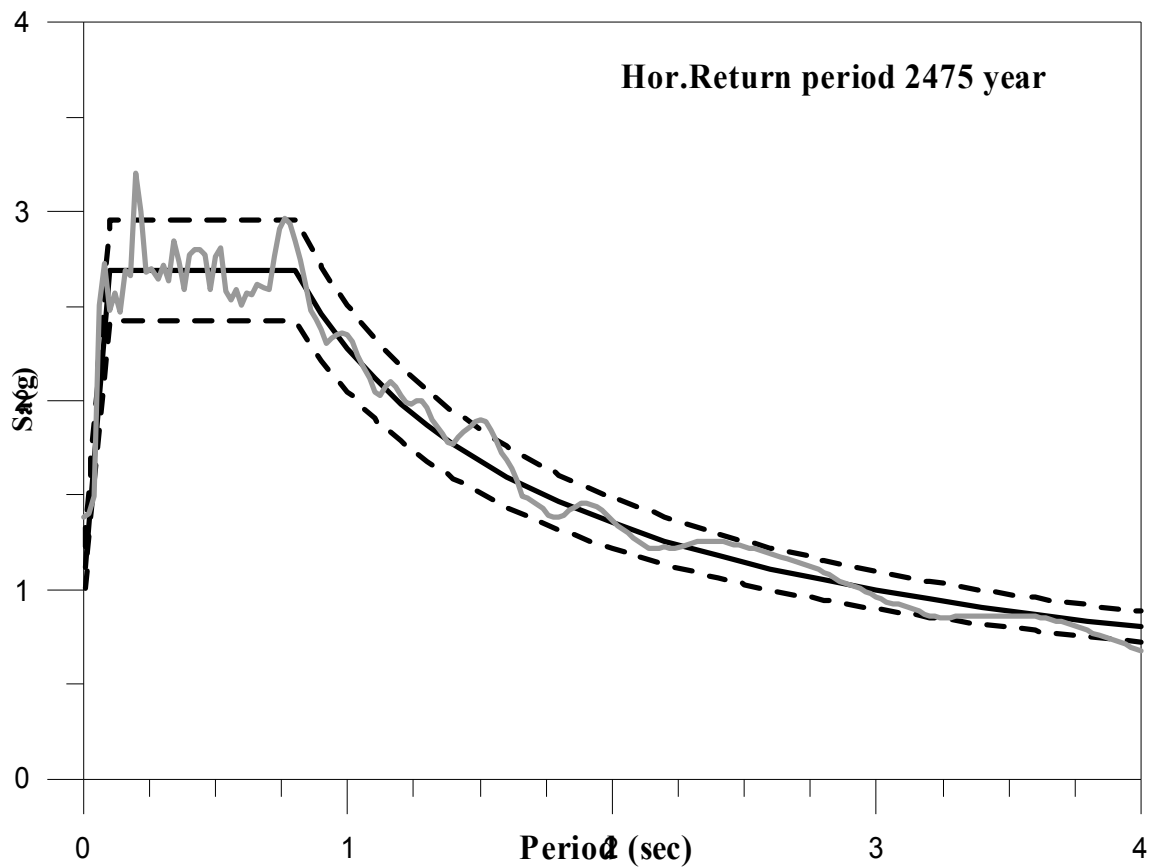
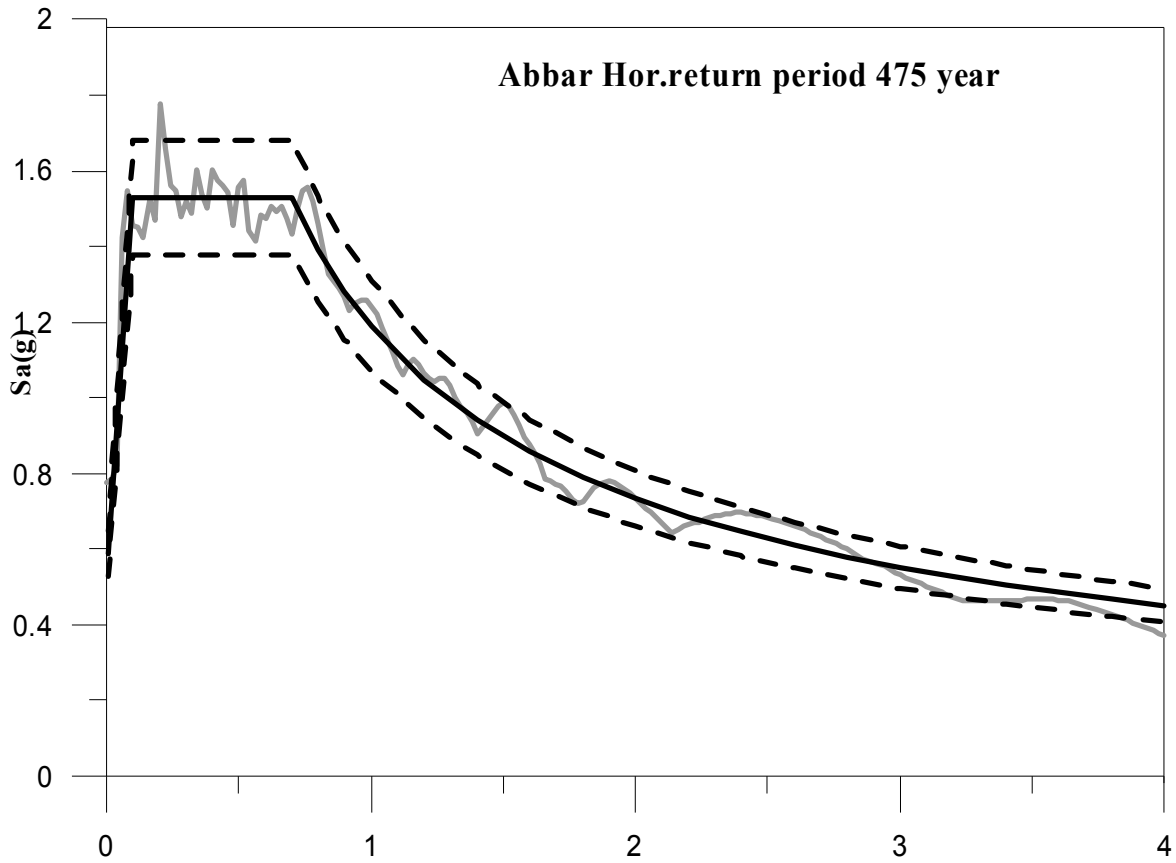
شکل (۴-۱): رکورد ثبت شده در ایستگاه آب بر در زمین لرزه ۱۹۹۰ منجیل (محور قائم بر حسب g است)



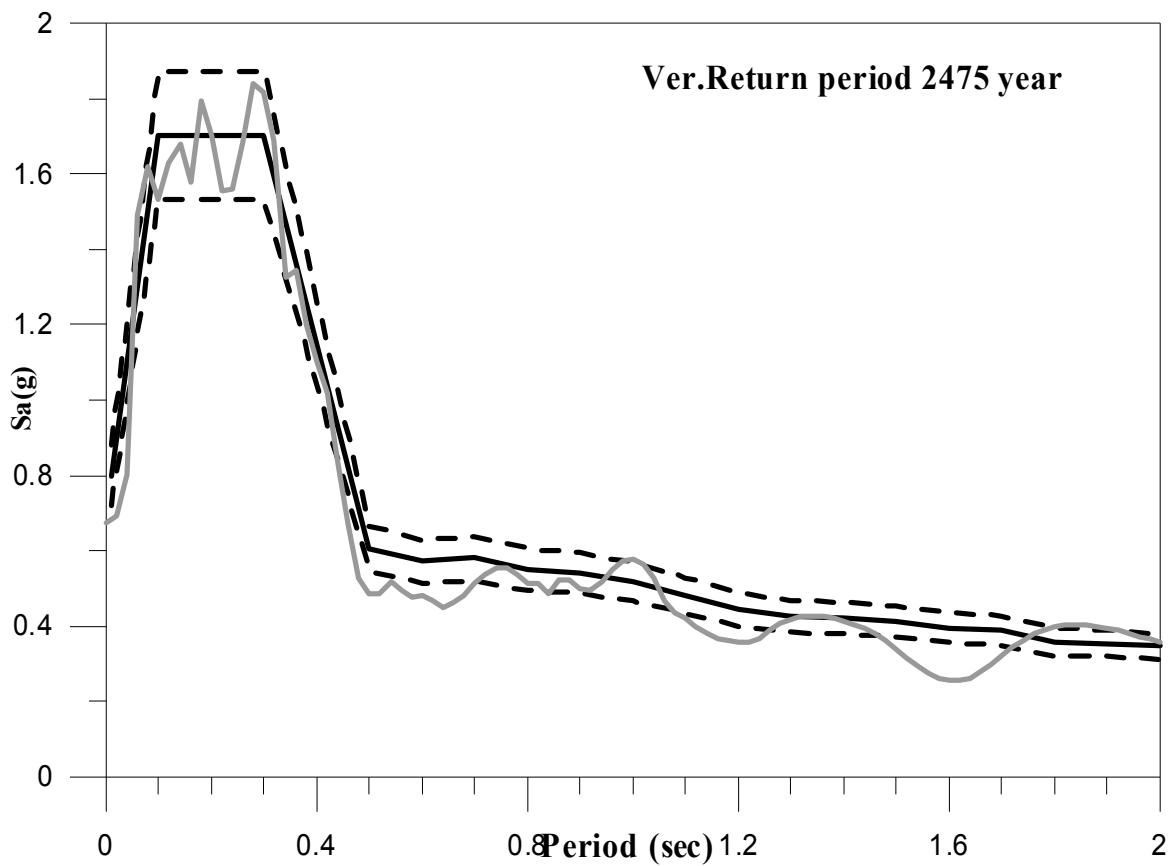
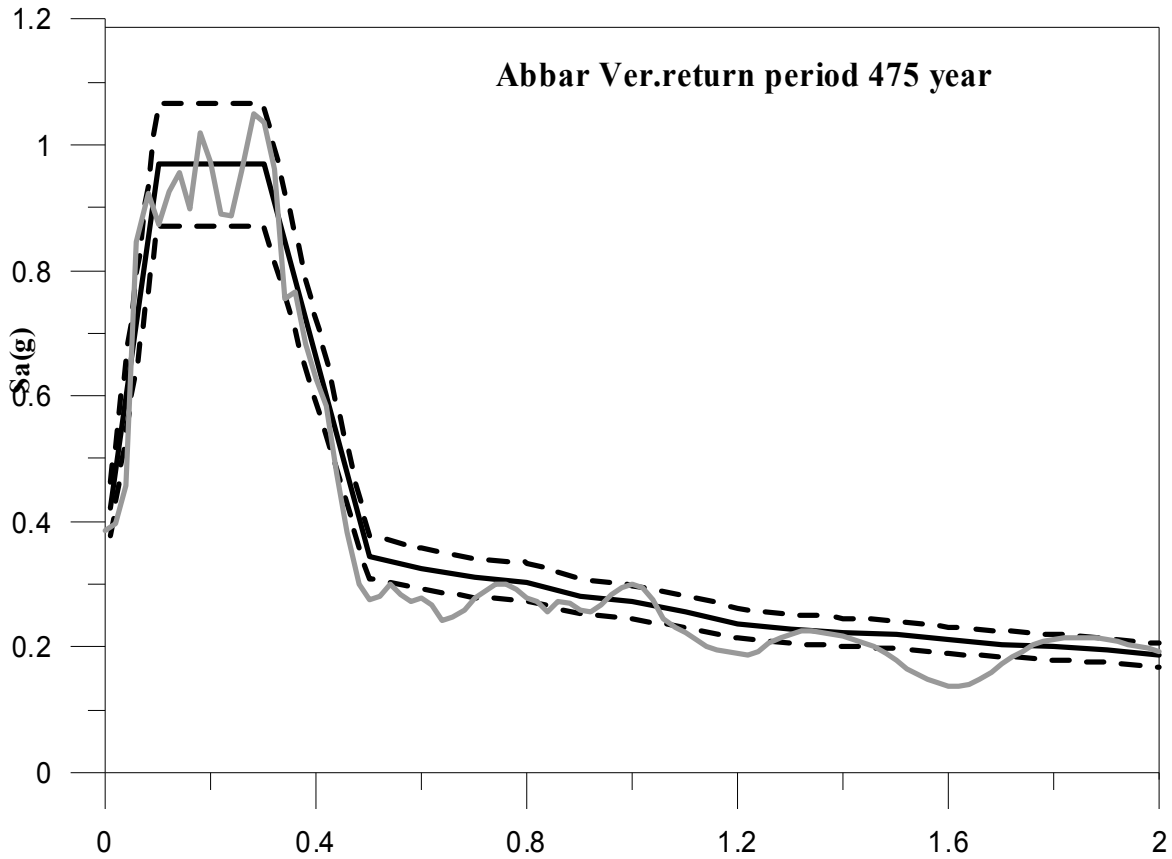
شکل (۴-۲): رکورد مقیاس شده در ایستگاه آب بر برای دوره بازگشت ۴۷۵ سال (محور قائم بر حسب g است)



شکل (۳-۴): رکورد مقیاس شده در ایستگاه آب بر برای دوره بازگشت ۲۴۷۵ سال (محور قائم بر حسب g است)

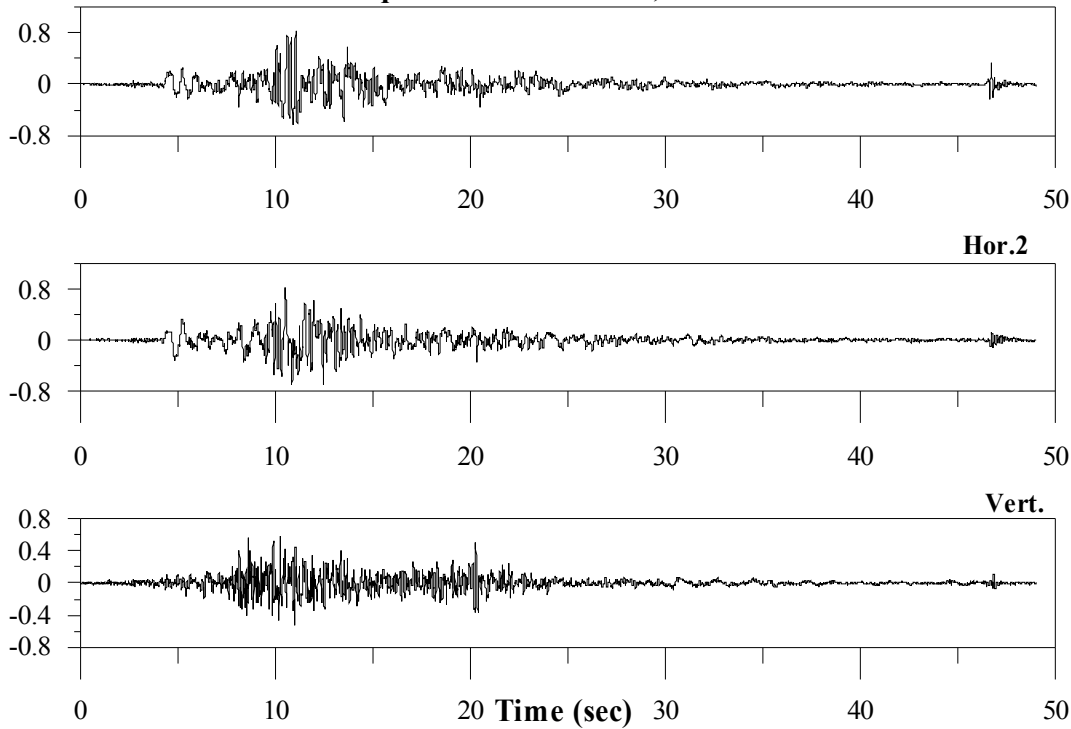


شکل (۴-۴): طیف SRSS شتاب‌نگاشت مقیاس شده در ایستگاه آب بر زلزله منجیل در سطح زمین برای مولفه افقی.



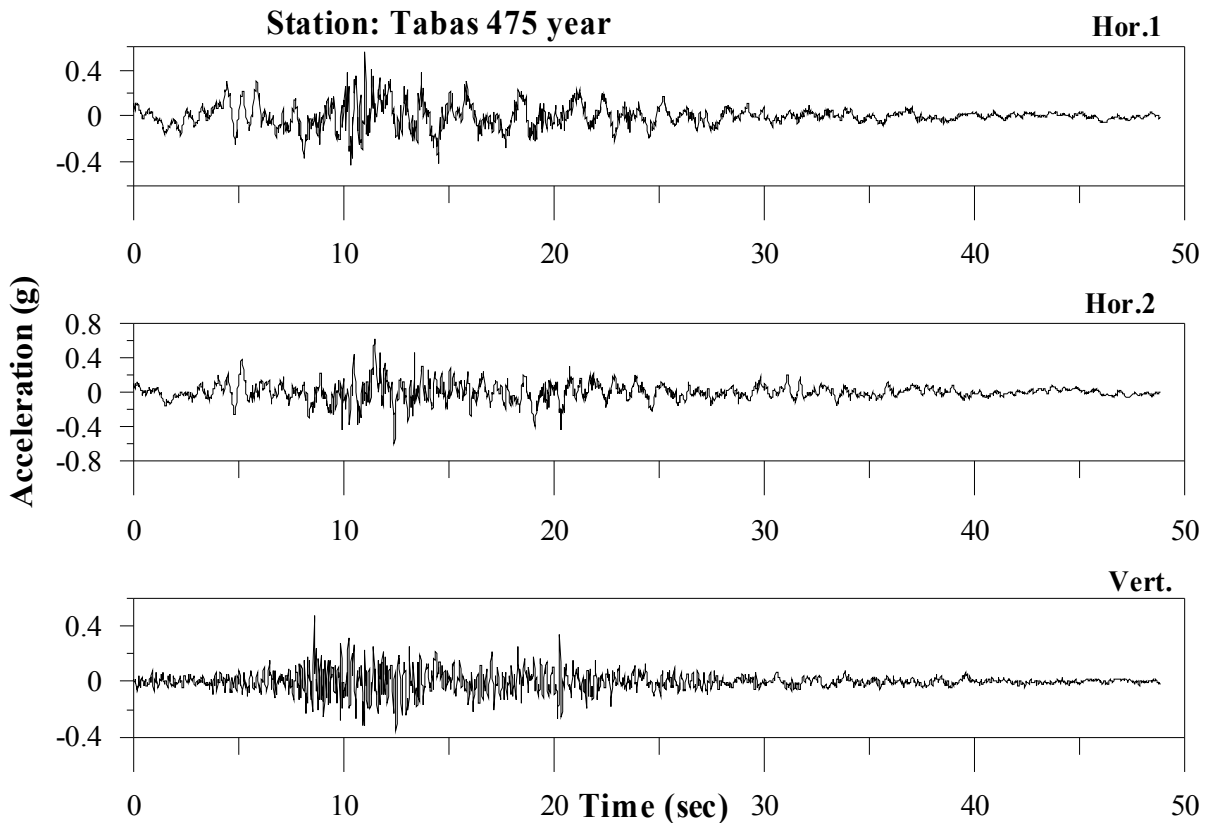
شکل (۴-۵): طیف قائم شتاب‌نگاشت مقیاس شده برای رکورد ایستگاه آب بر در سطح زمین برای مولف قائم

Tabas Earthquake Station: Tabas, observed record



شکل (۴-۶): رکورد ثبت شده در ایستگاه طبس در زمین لرزه ۱۹۷۸ طبس (محور قائم بر حسب g است)

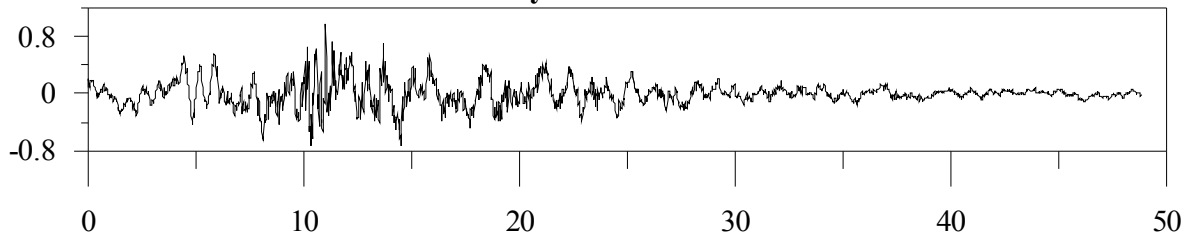
Station: Tabas 475 year



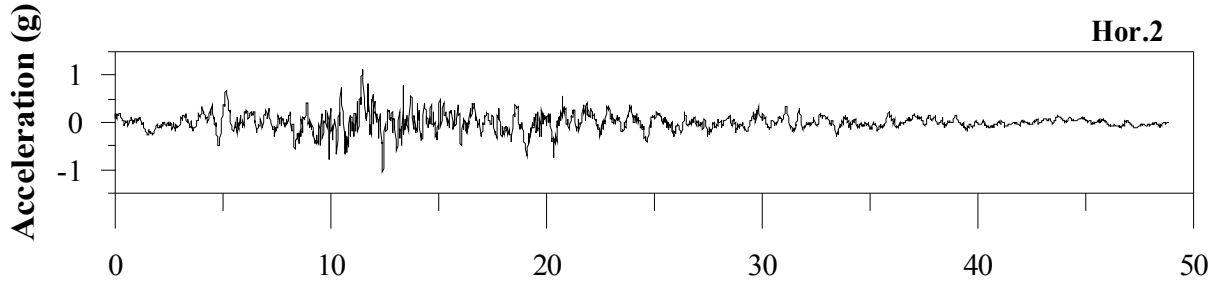
شکل (۴-۷): رکورد مقیاس شده در ایستگاه طبس برای دوره بازگشت ۴۷۵ سال در سطح زمین.

Station: Tabas 2475 year

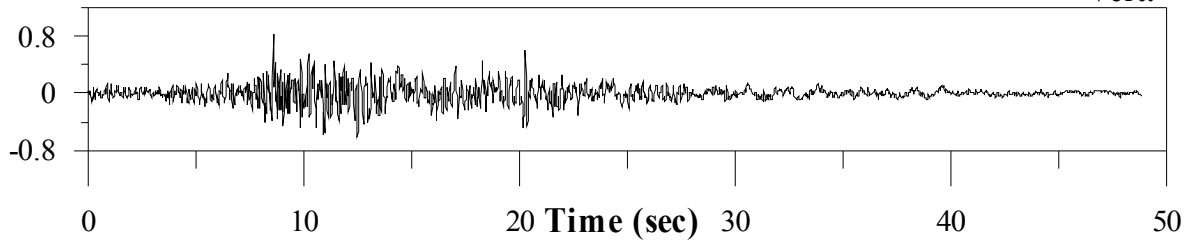
Hor.1



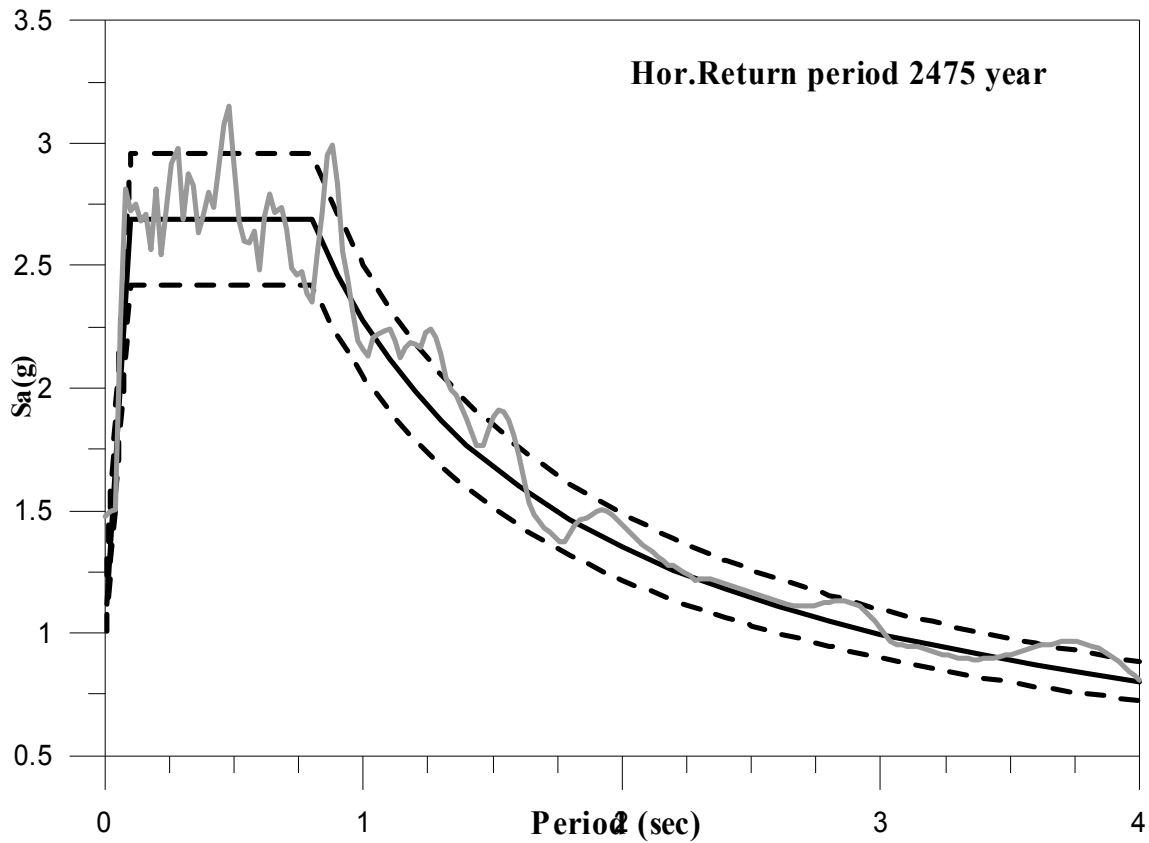
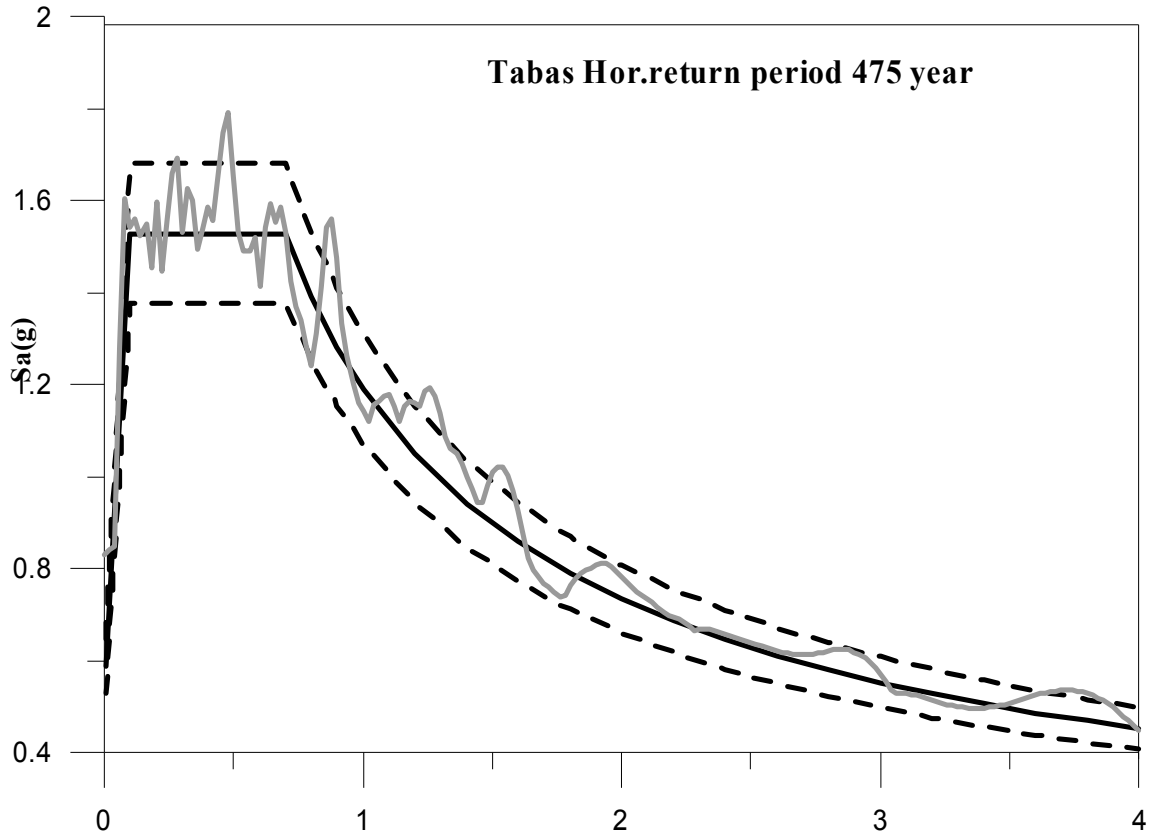
Hor.2



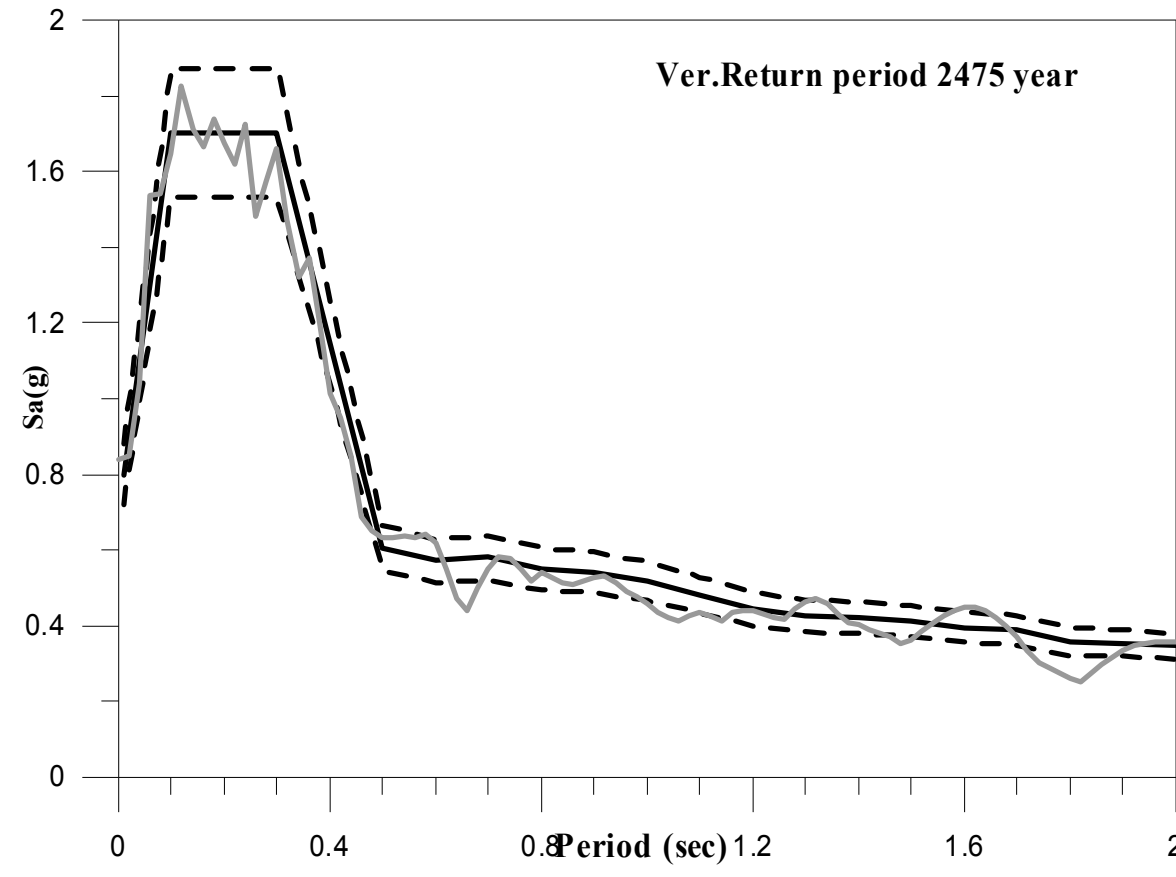
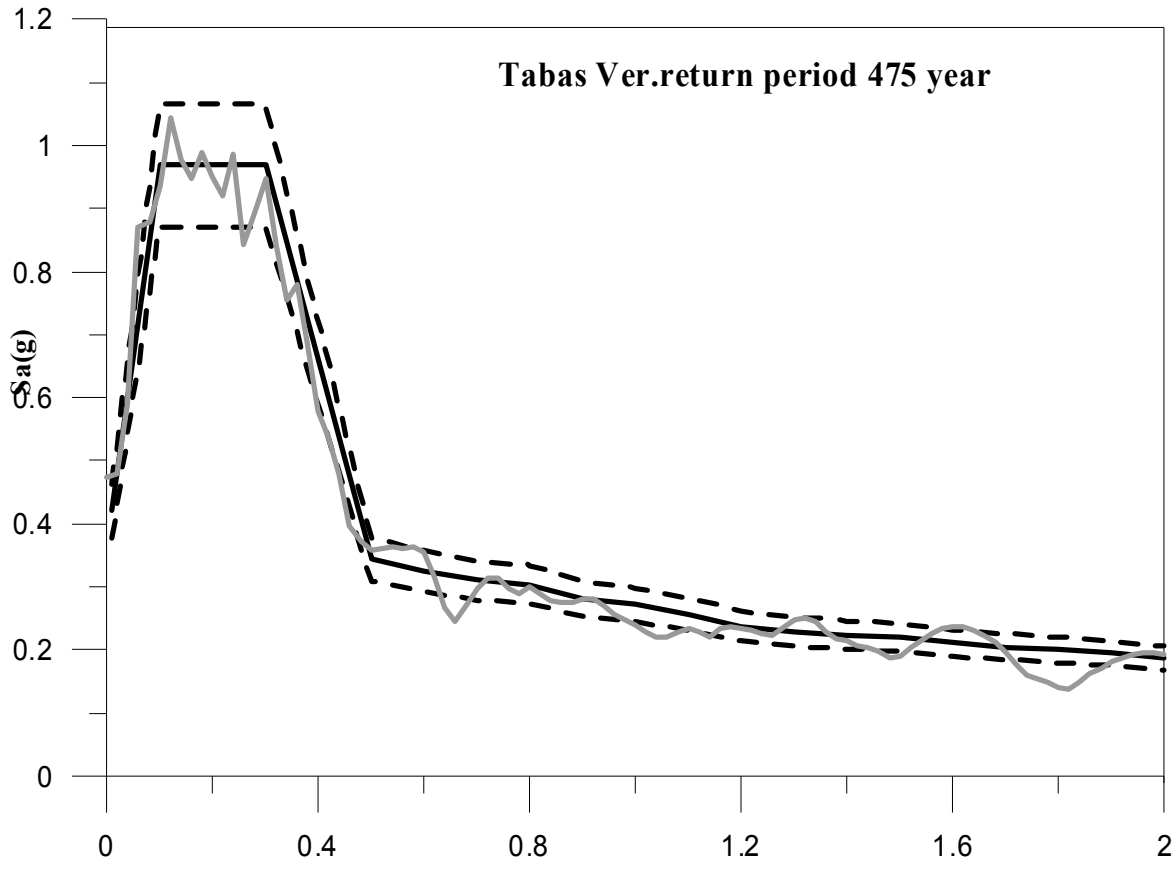
Vert.



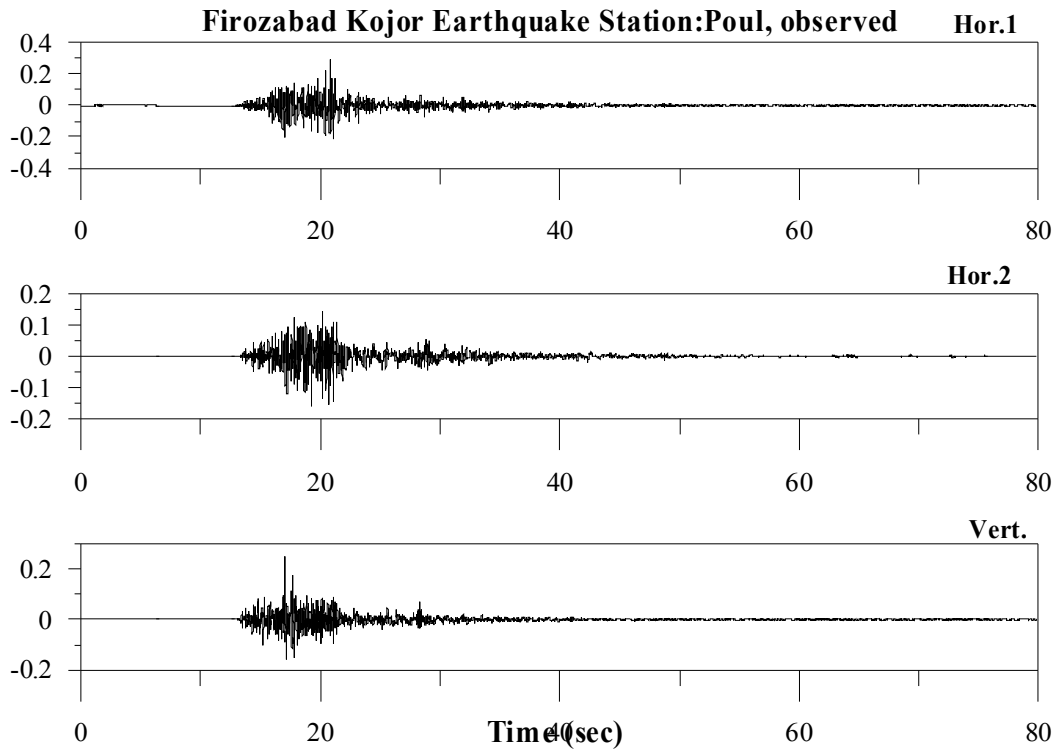
شکل (۴-۸): رکورد مقیاس شده در ایستگاه طبس برای دوره بازگشت ۲۴۷۵ سال در سطح زمین.



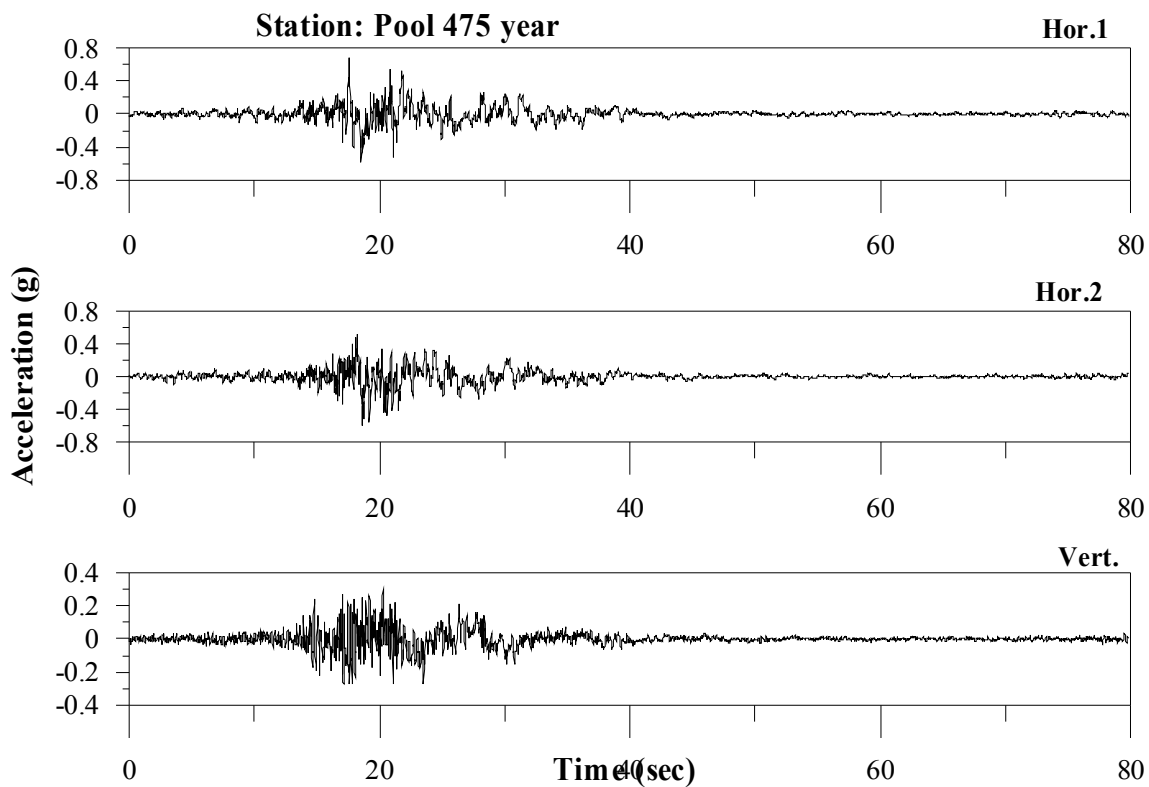
شکل (۴-۹): طیف SRSS شتاب‌نگاشت مقیاس شده برای رکورد طبس در سطح زمین برای مولفه افقی.



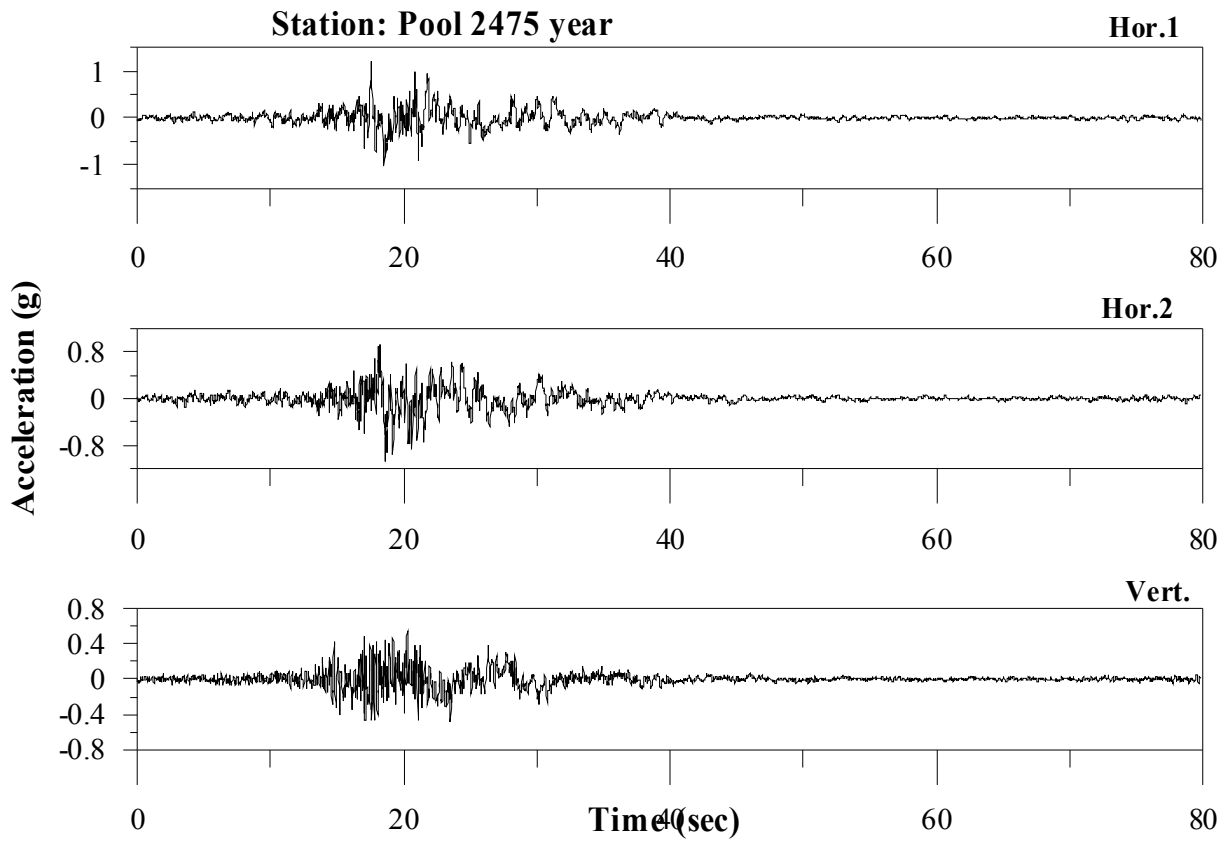
شکل (۴-۱۰): طیف قائم شتاب‌نگاشت مقیاس شده برای رکورد طبس در سطح زمین برای مولفه قائم.



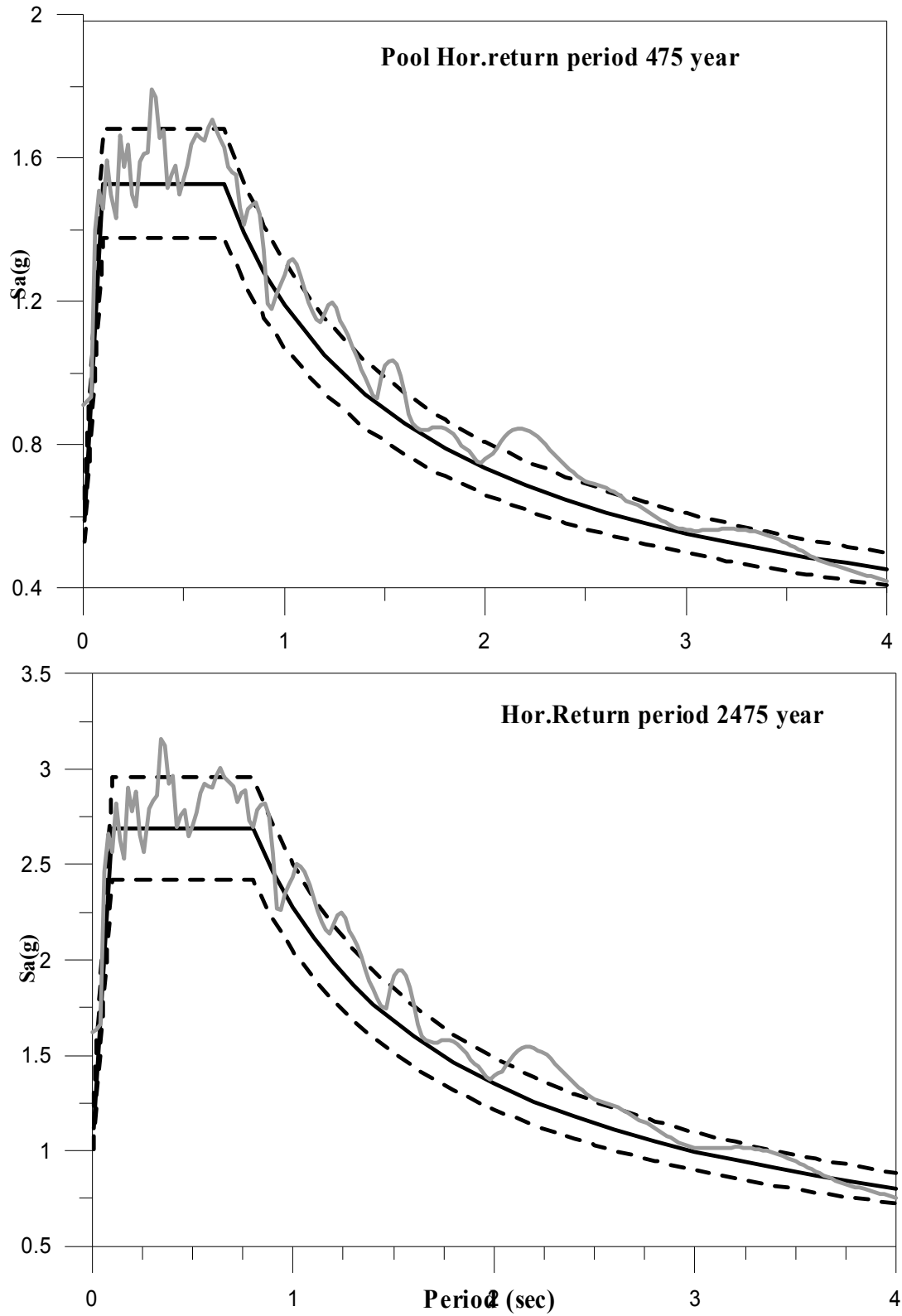
شکل (۴-۱۱): رکورد ثبت شده در ایستگاه پول در زمین لرزه ۲۰۰۴ فیروز آباد کجور (محور قائم بر حسب g می باشد)



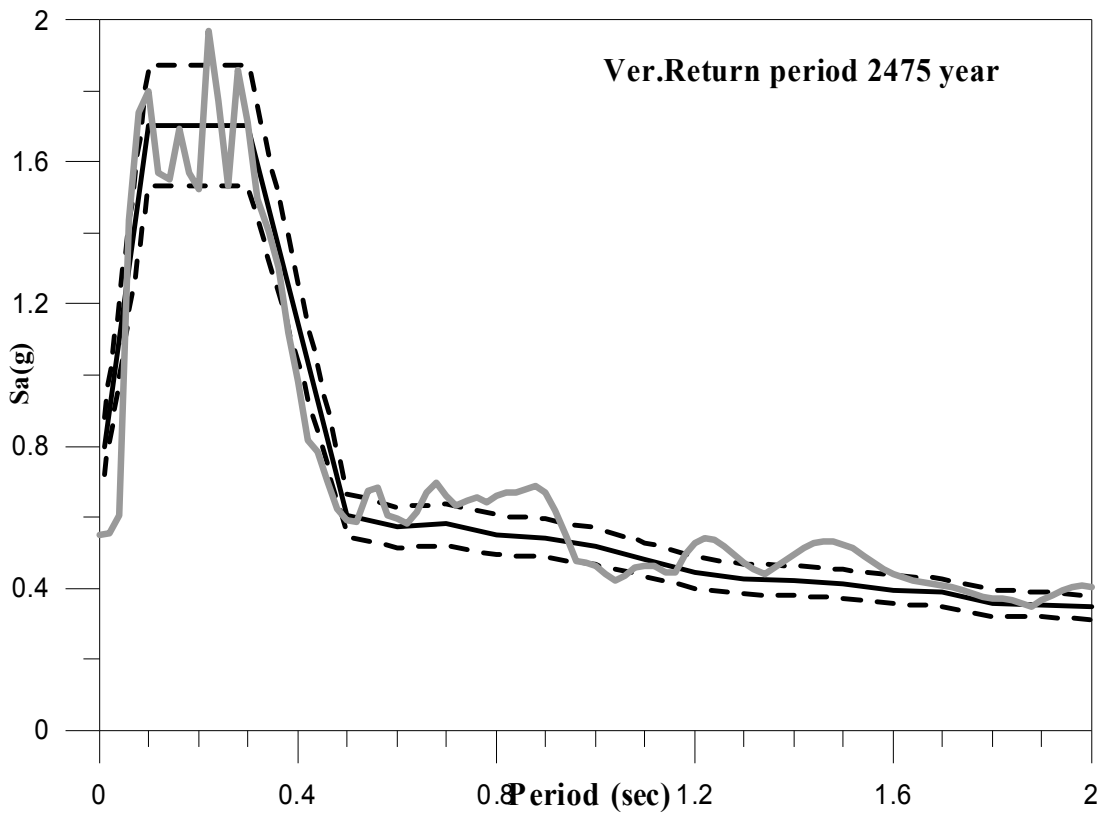
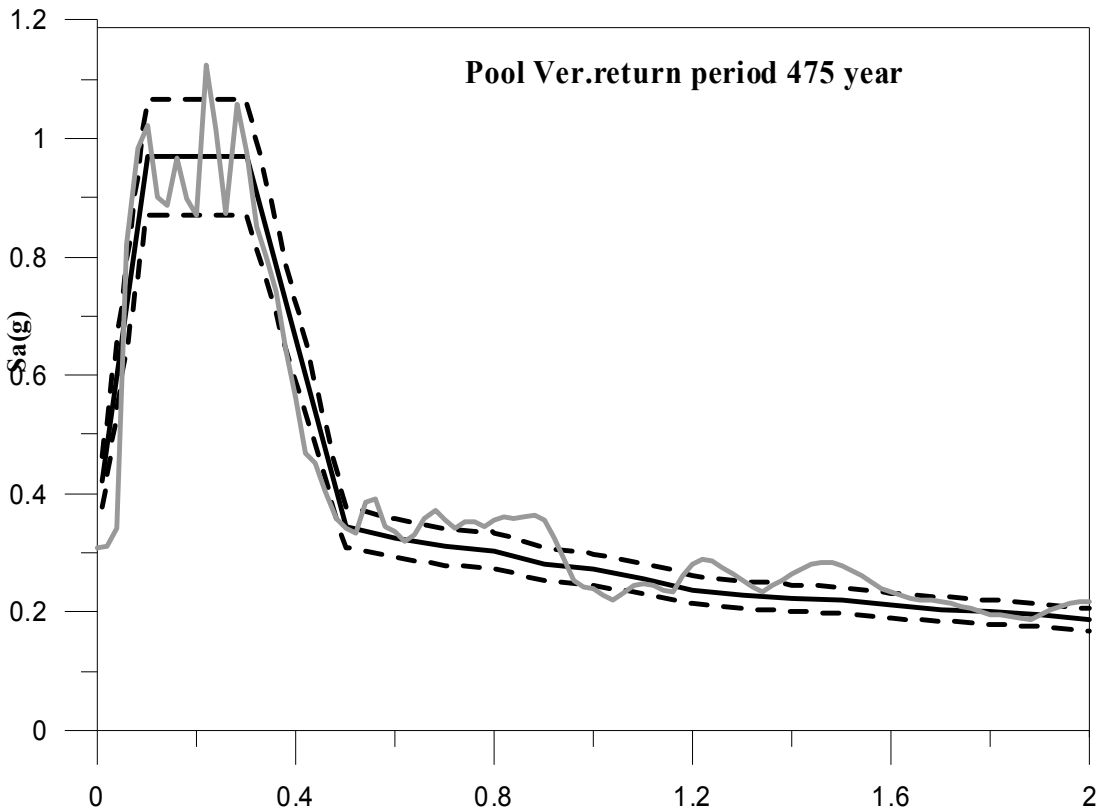
شکل (۴-۱۲): رکورد مقیاس شده در ایستگاه پول زلزله فیروز آباد کجور برای دوره بازگشت ۴۷۵ سال در سطح زمین.



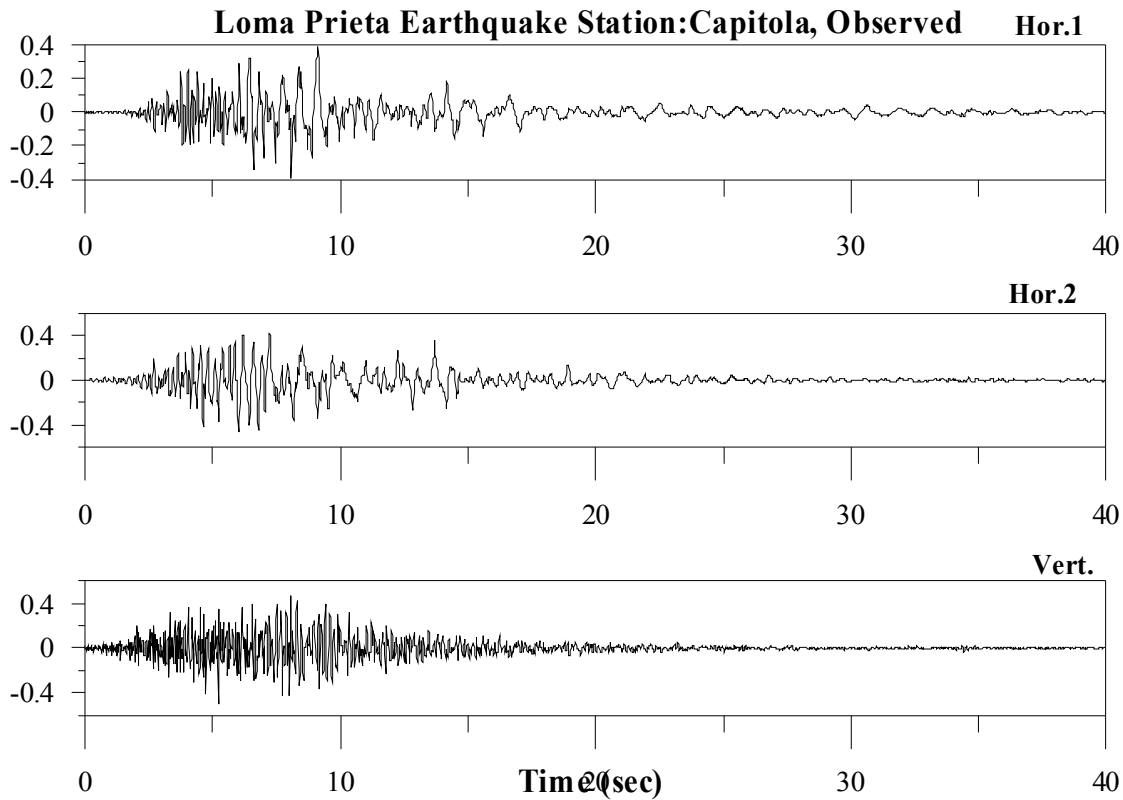
شکل (۴-۱۳): رکورد مقیاس شده در ایستگاه پول زلزله فیروز اباد کجور برای دوره بازگشت ۲۴۷۵ سال در سطح زمین.



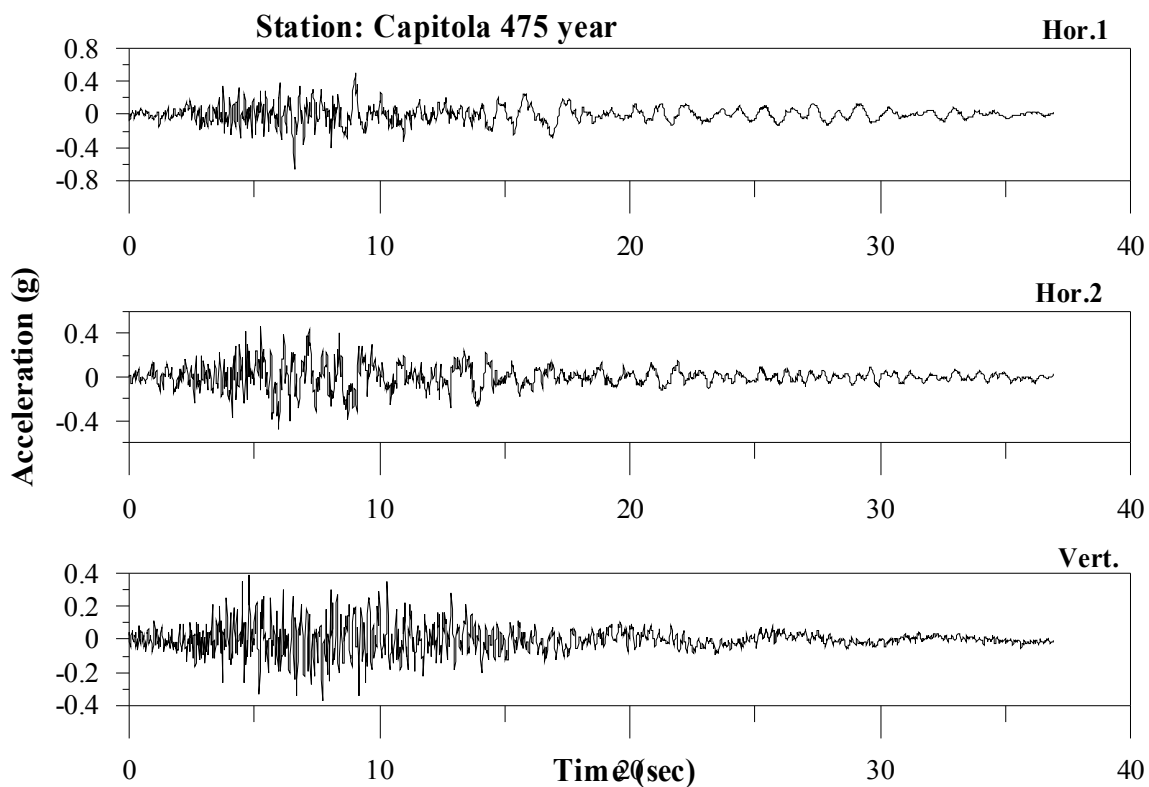
شکل (۴-۱۴): طیف SRSS شتاب‌نگاشت مقیاس شده برای رکورد پول در سطح زمین برای مولفه افقی.



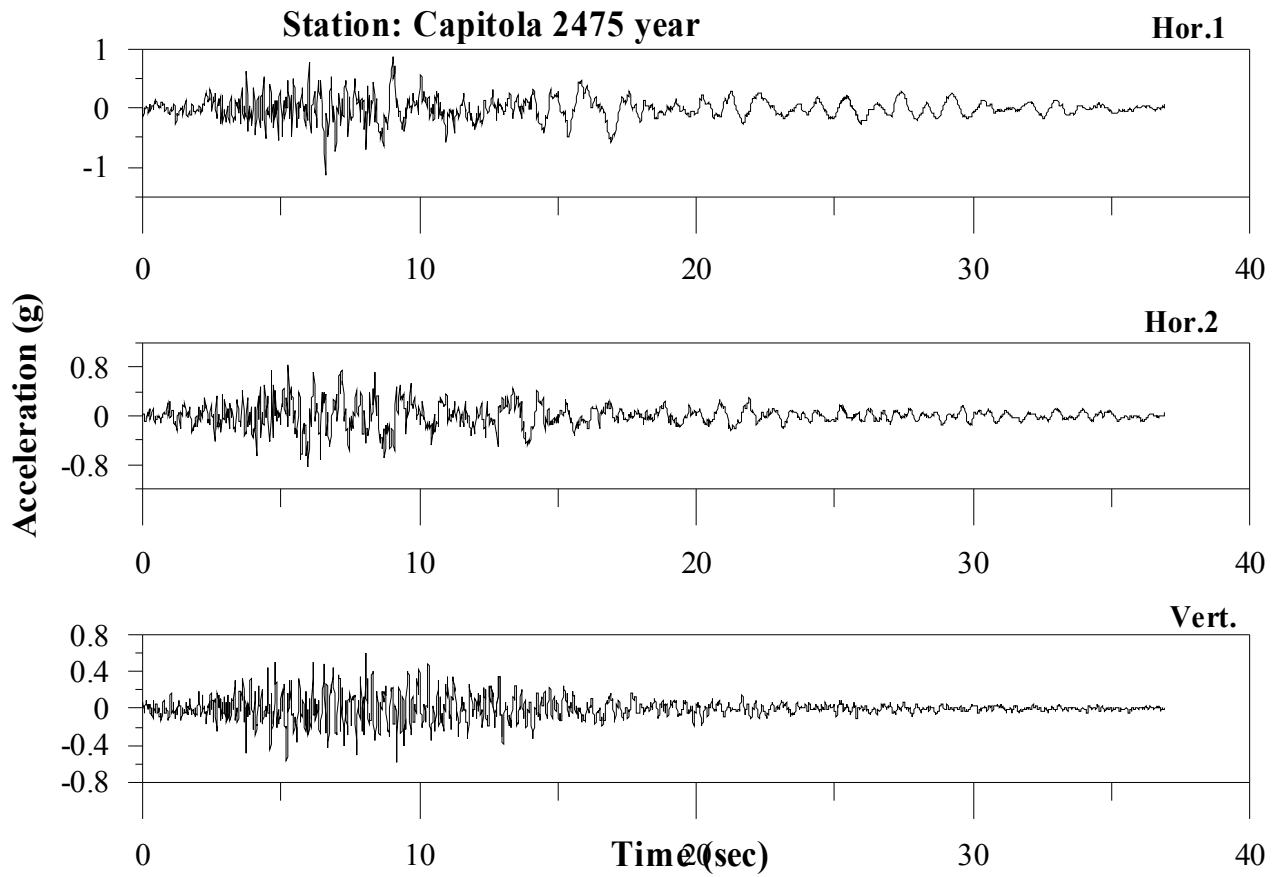
شکل (۴-۱۵): طیف قائم شتاب‌نگاشت مقیاس شده برای رکورد ایستگاه پول در سطح زمین برای مولفه قائم.



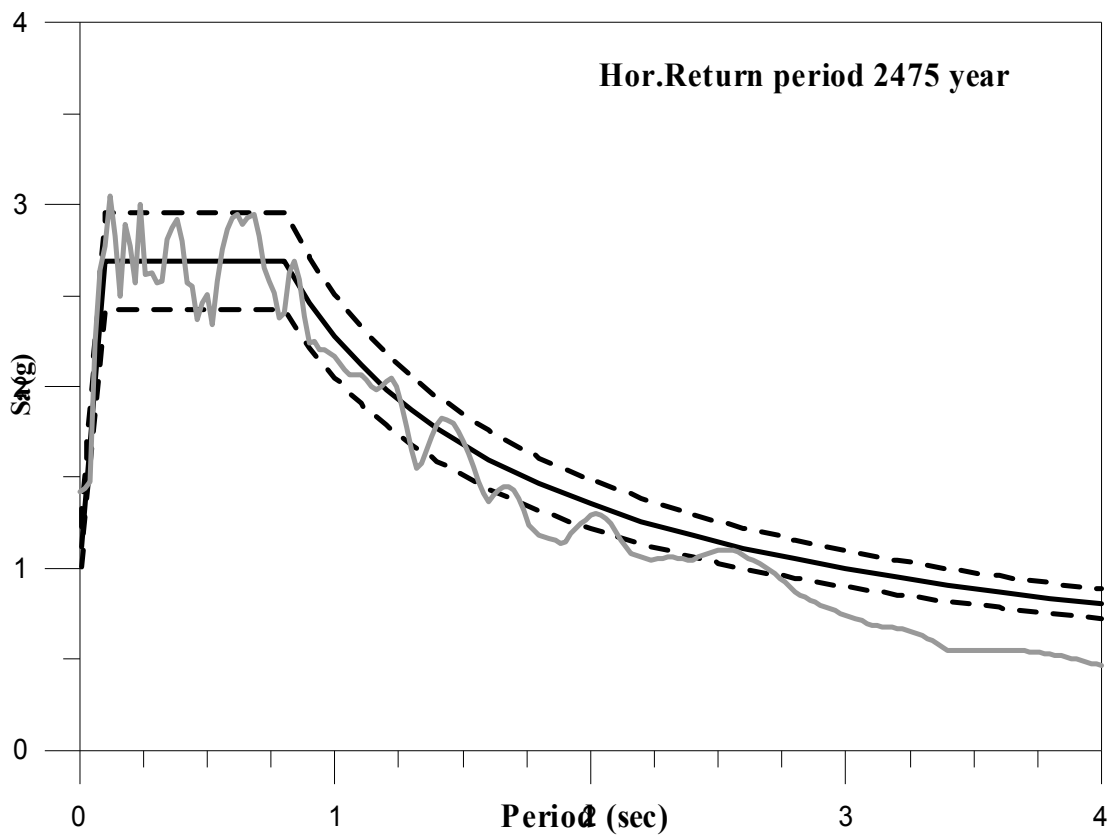
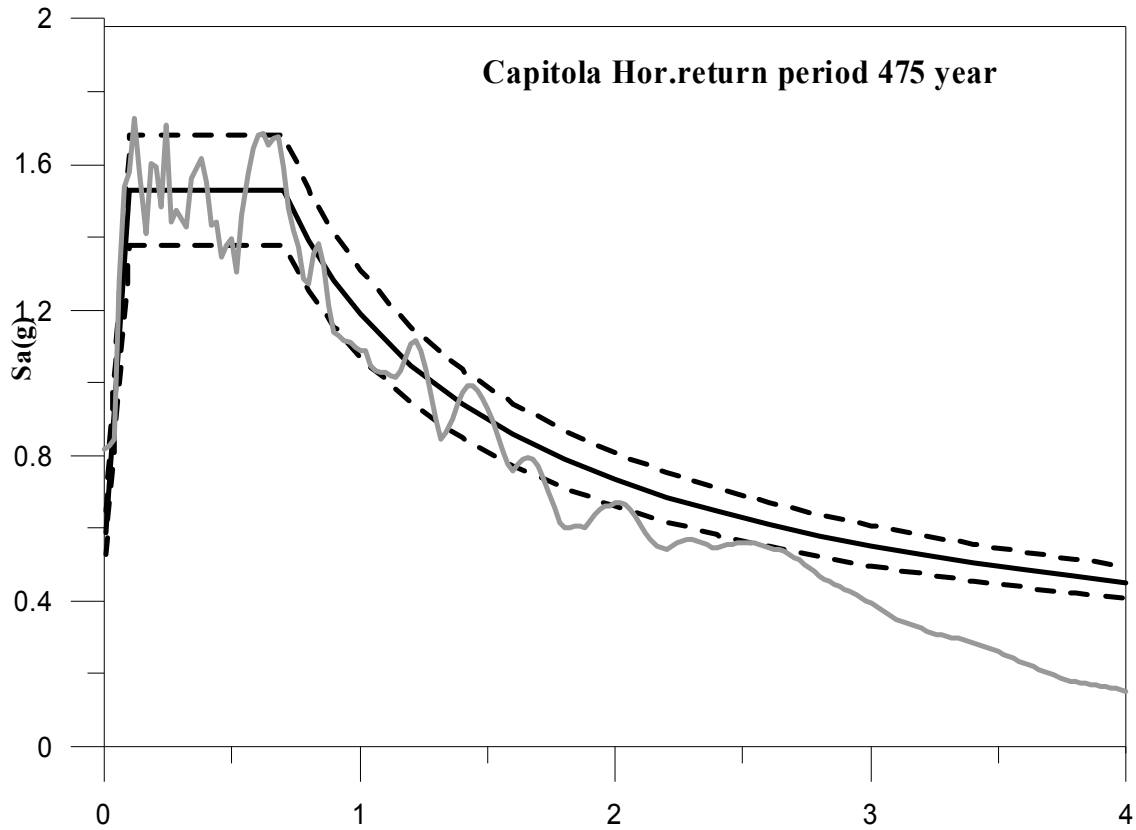
شکل (۴-۱۶): رکورد ثبت شده در ایستگاه Capitola در زمین لرزه Loma Prieta (1989) (محور قائم بر حسب g است)



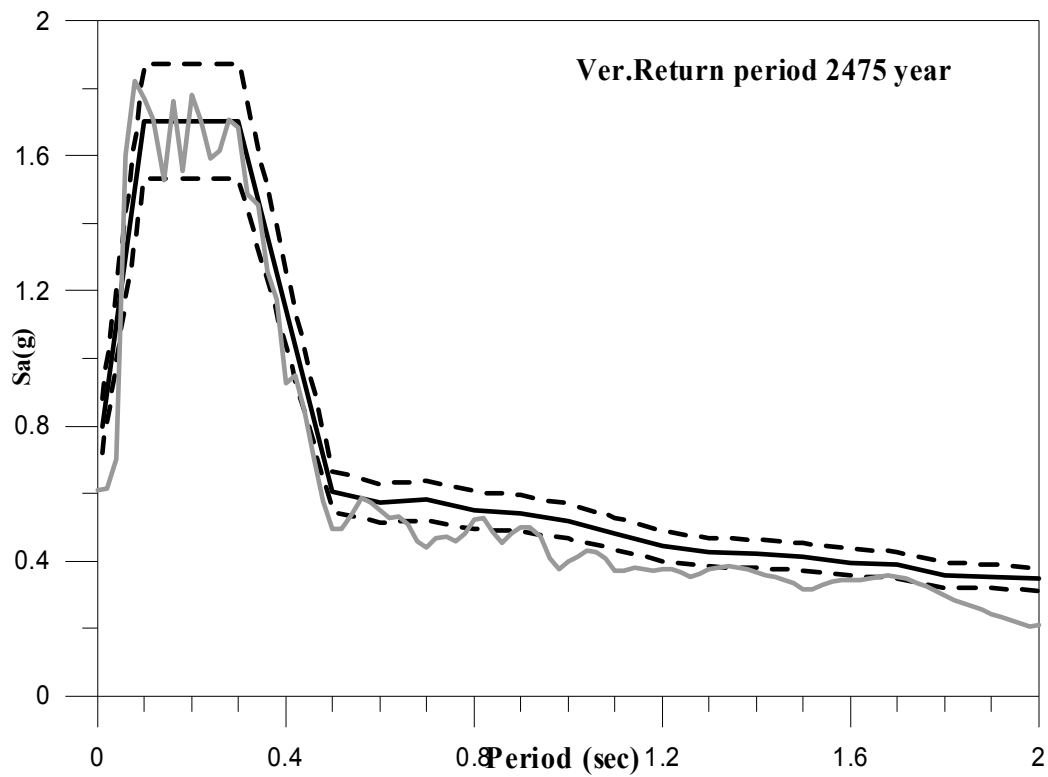
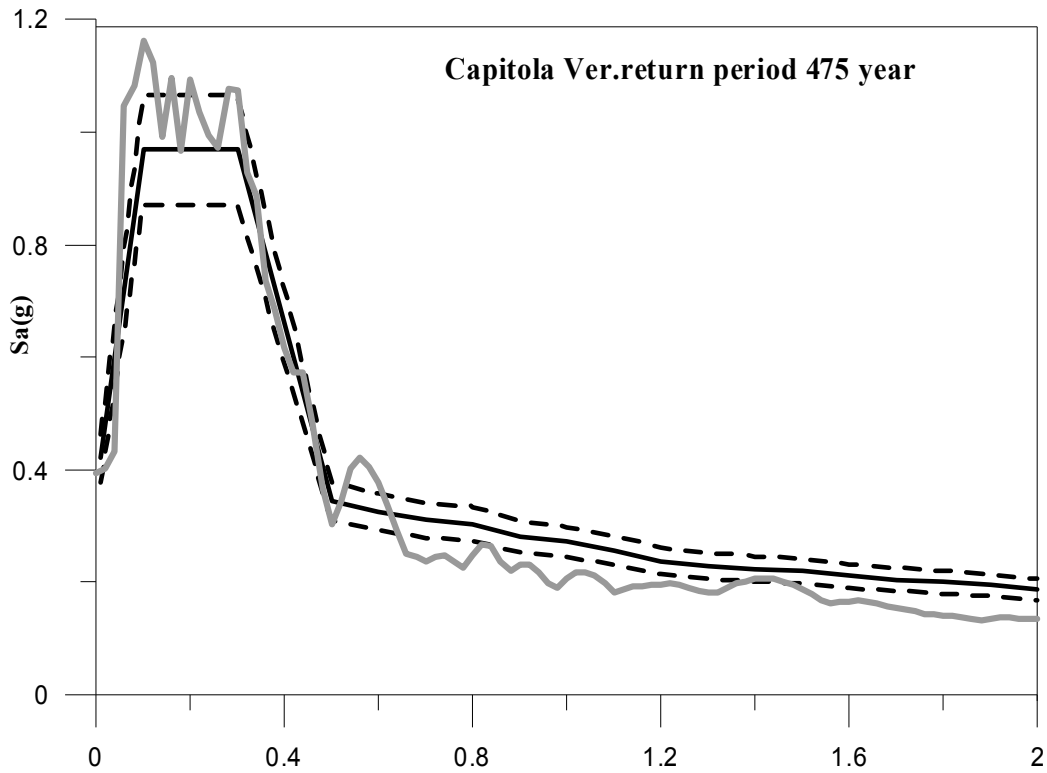
شکل (۴-۱۷): رکورد مقیاس شده در ایستگاه Capitola برای دوره بازگشت ۴۷۵ سال در سطح زمین.



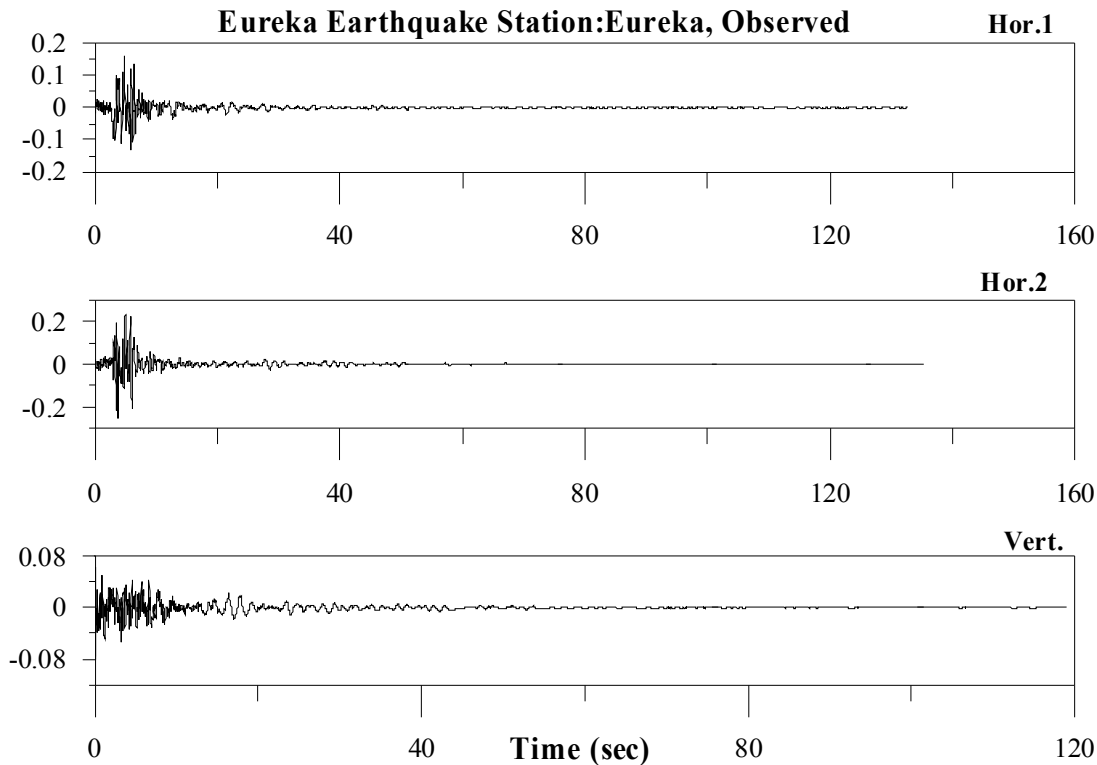
شکل (۴-۱۸): رکورد مقیاس شده در ایستگاه Capitalo برای دوره بازگشت ۲۴۷۵ سال در سطح زمین.



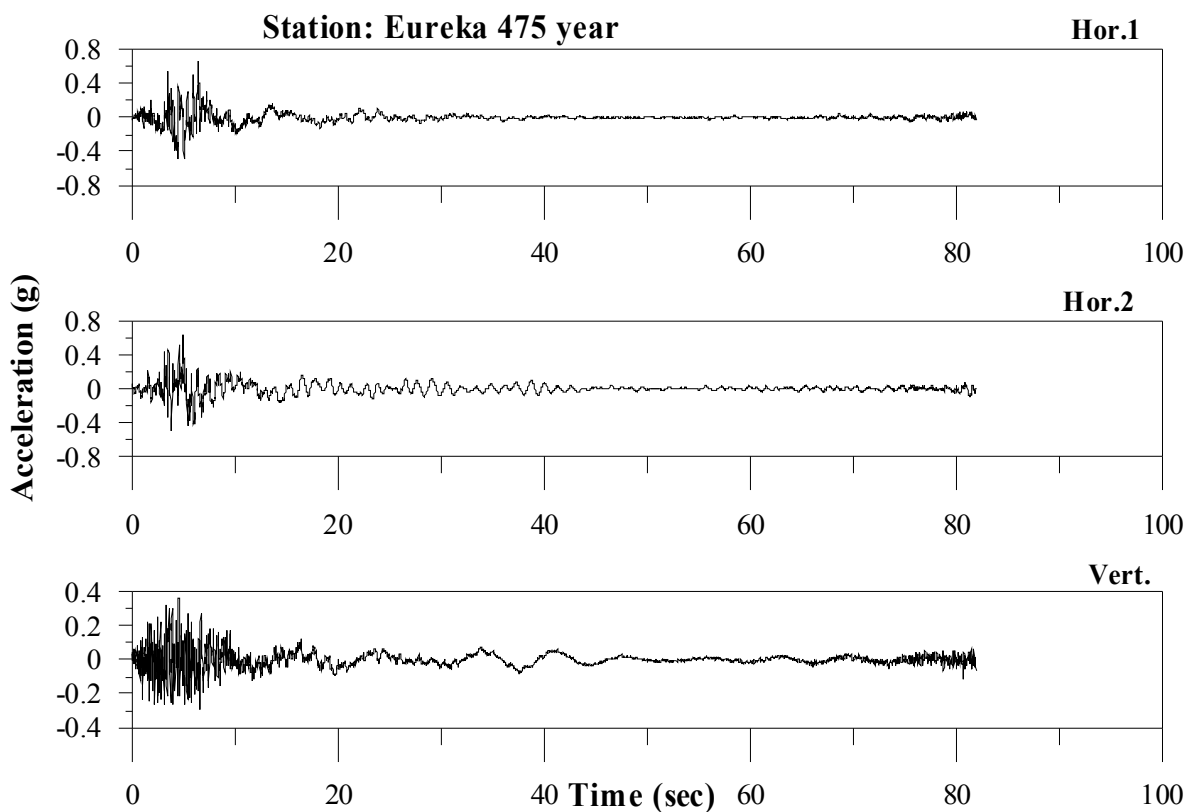
شکل (۴-۱۹): طیف SRSS شتاب‌نگاشت مقیاس شده برای رکورد ایستگاه Capitola در سطح زمین برای مولفه افقی.



شکل (۴-۲۰): طیف قائم شتاب‌نگاشت مقیاس شده برای رکورد ایستگاه Capitola در سطح زمین برای مولفه قائم.



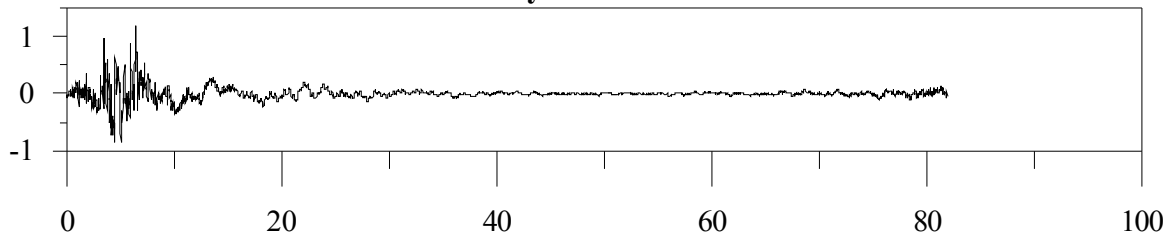
شکل (۴-۲۱): رکورد ثبت شده در ایستگاه Eureka در زمین لرزه (۱۹۵۴) Eureka (محور قائم بر حسب g است)



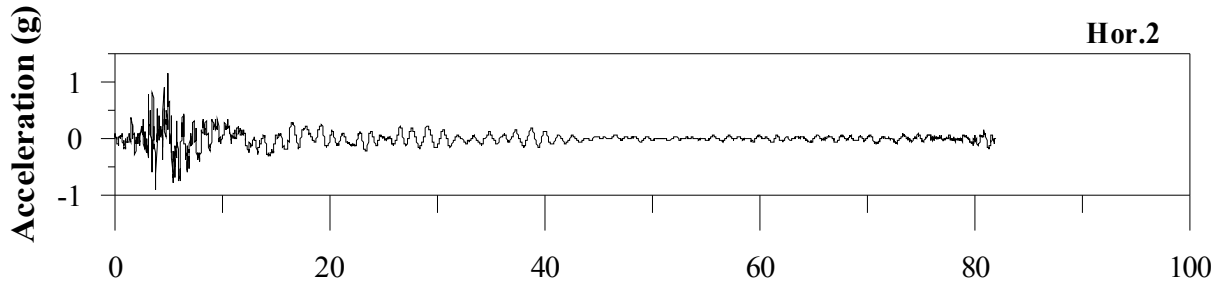
شکل (۴-۲۲): رکورد مقیاس شده در ایستگاه Eureka برای دوره بازگشت ۴۷۵ سال در سطح زمین.

Station: Eureka 2475 year

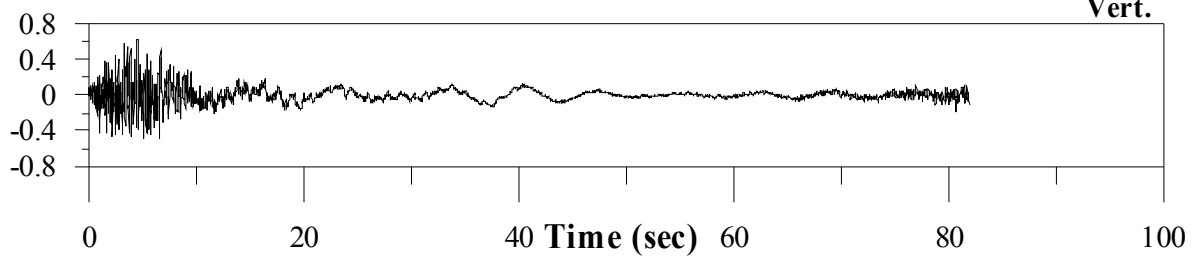
Hor.1



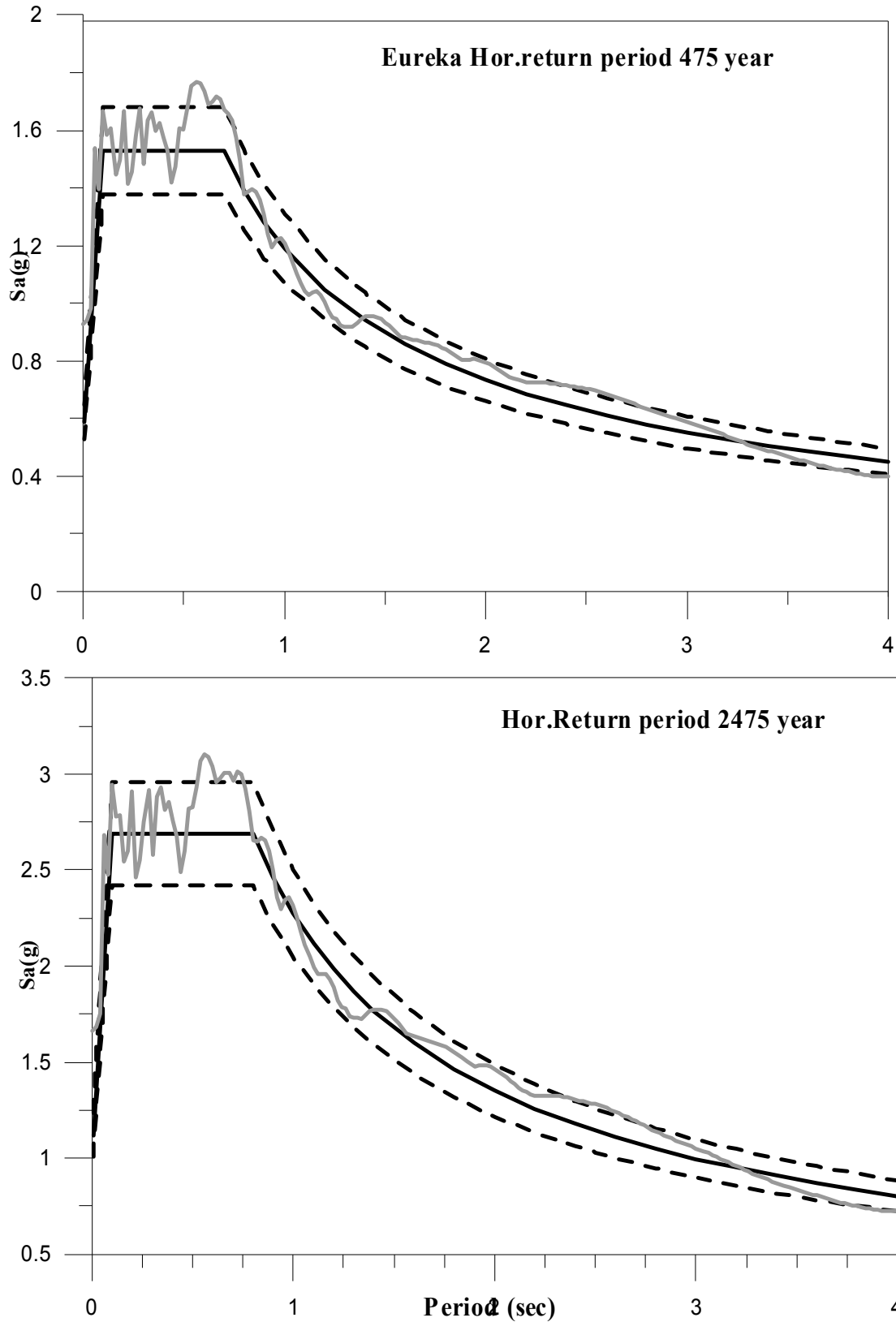
Hor.2



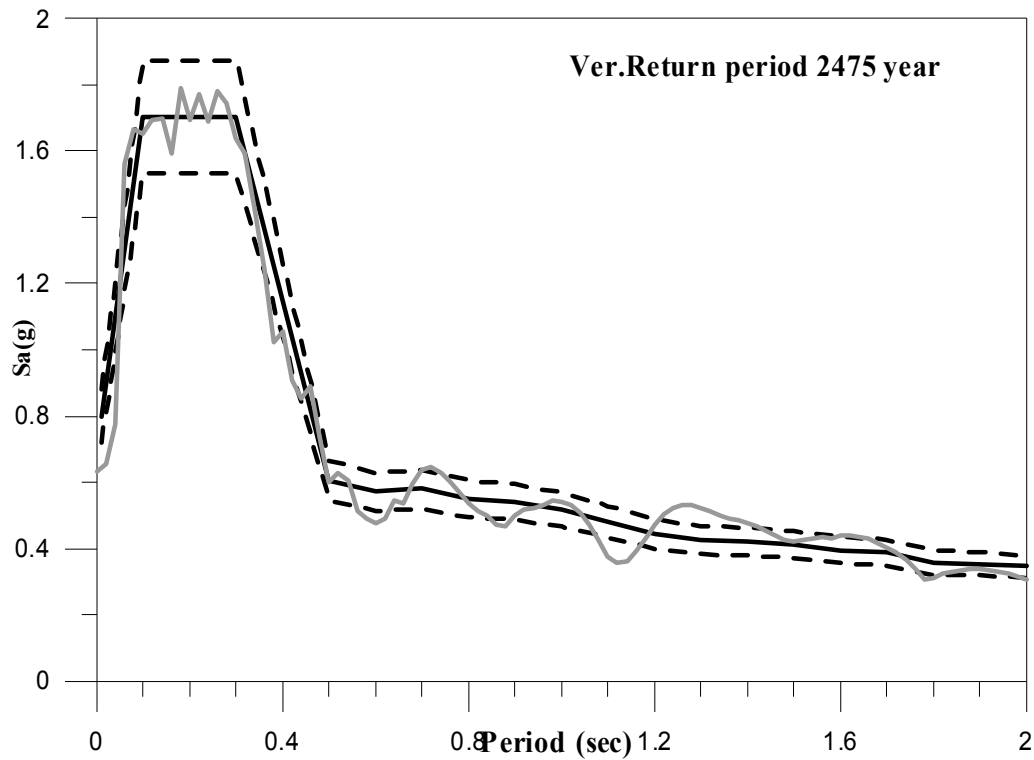
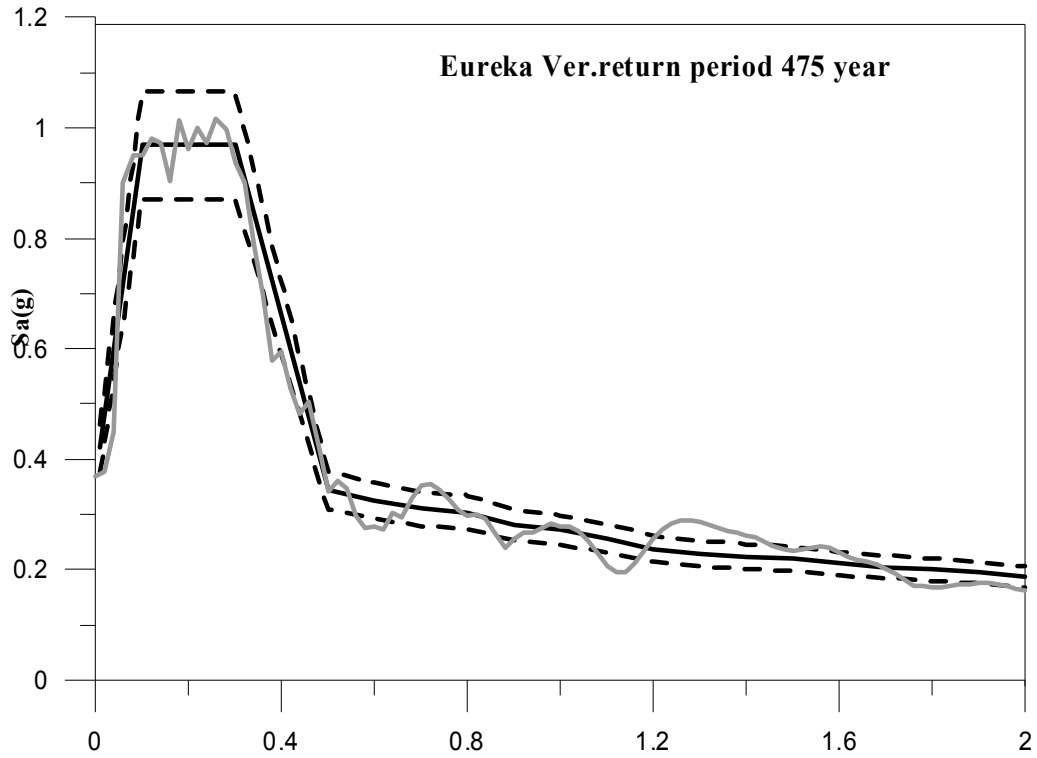
Vert.



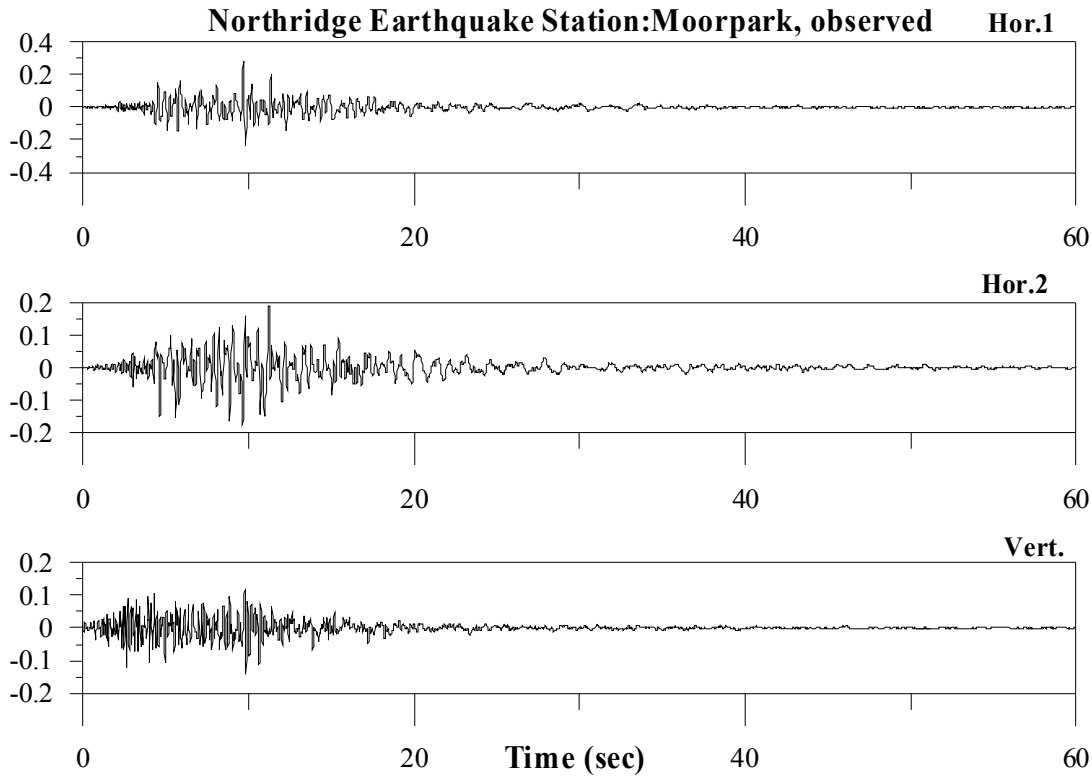
شکل (۴-۲۳): رکورد مقیاس شده در ایستگاه Eureka برای دوره بازگشت ۲۴۷۵ سال در سطح زمین.



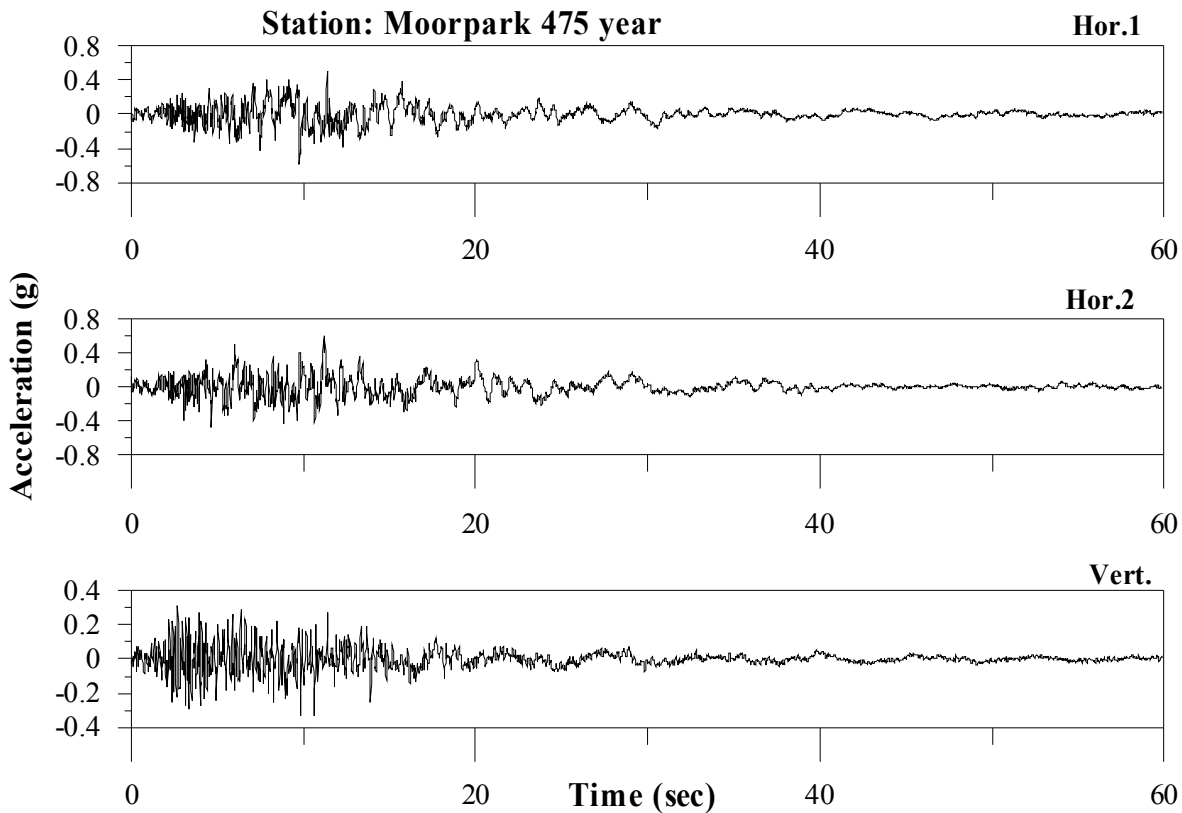
شکل (۴-۲۴): طیف شتاب‌نگاشت SRSS شده برای رکورد ایستگاه Eureka در سطح زمین برای مولفه افقی.



شکل (۴-۲۵): طیف قائم شتاب‌نگاشت مقیاس شده برای رکورد ایستگاه Eureka در سطح زمین برای مولفه قائم.



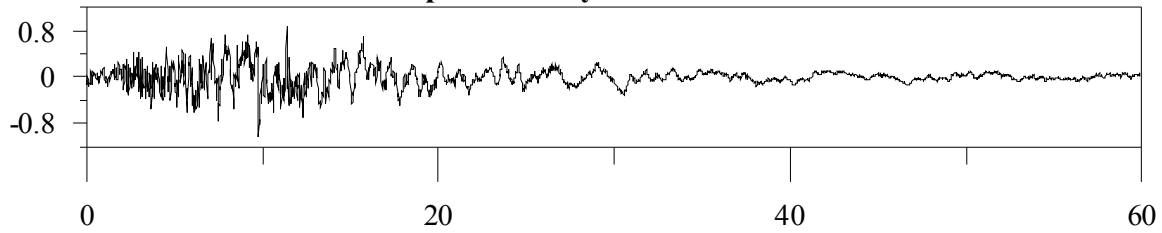
شکل (۴-۲۶): رکورد ثبت شده در ایستگاه Moorpark در زمین لرزه (۱۹۹۴) Northridge (محور قائم بر حسب g است)



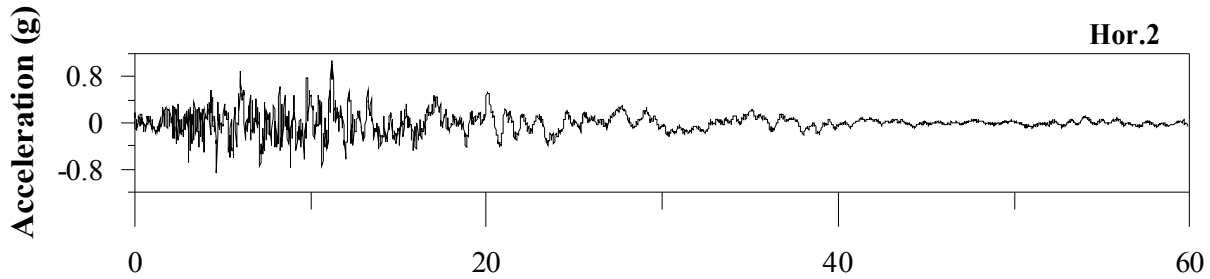
شکل (۴-۲۷): رکورد مقیاس شده در ایستگاه Moorpark برای دوره بازگشت ۴۷۵ سال در سطح زمین.

Station: Moorpark 2475 year

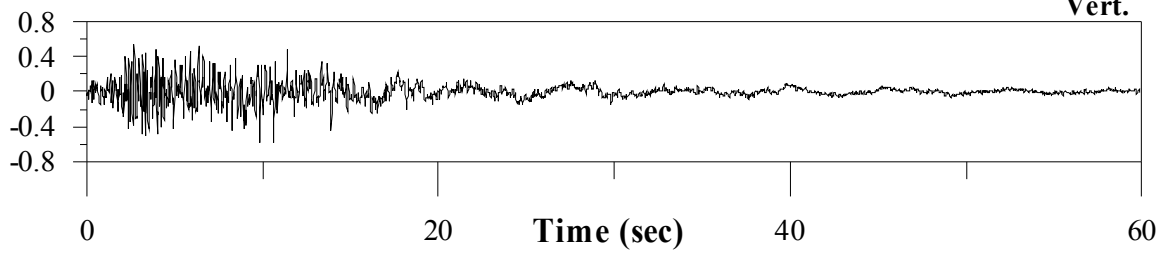
Hor.1



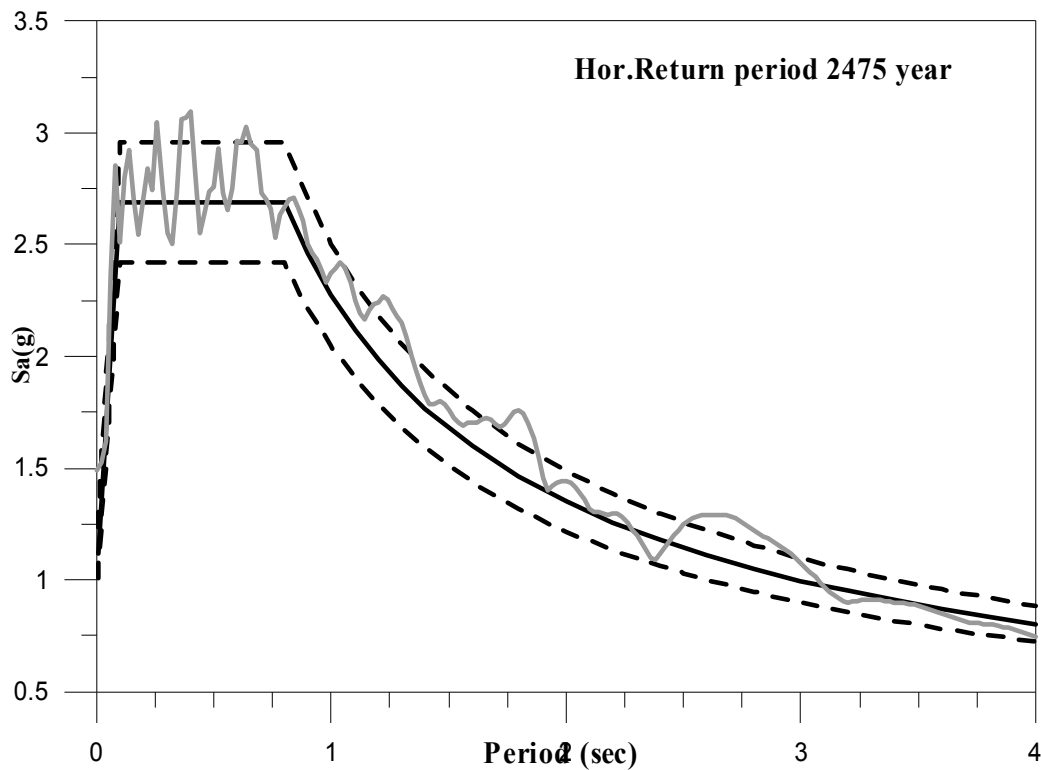
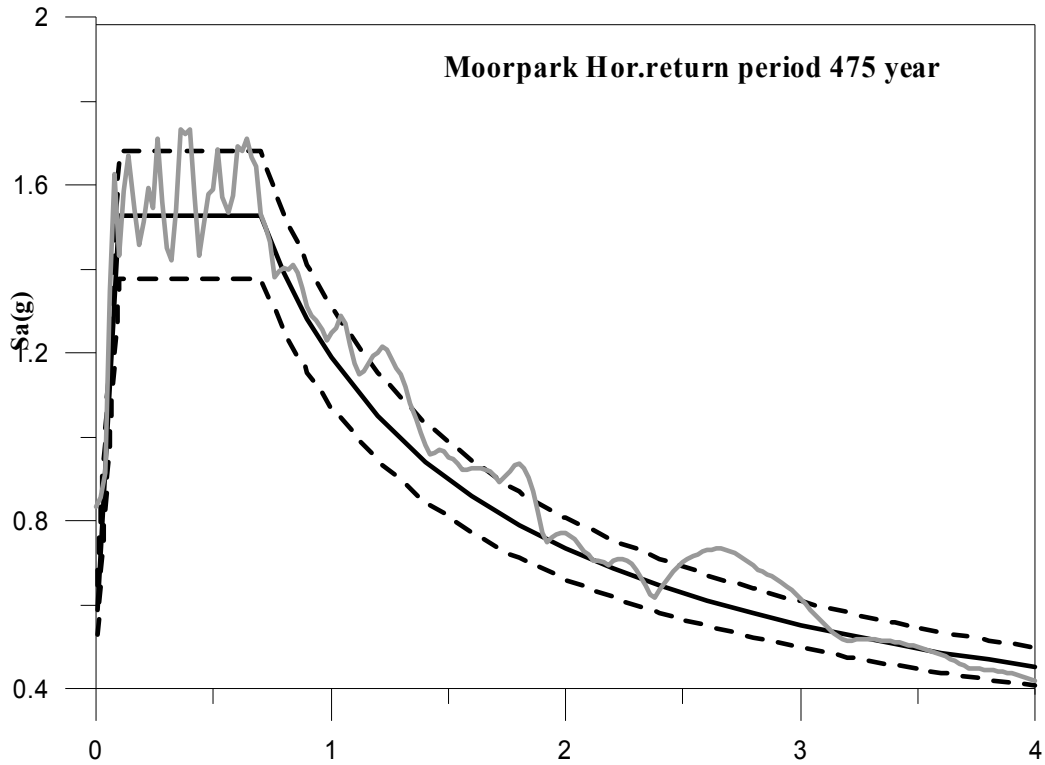
Hor.2



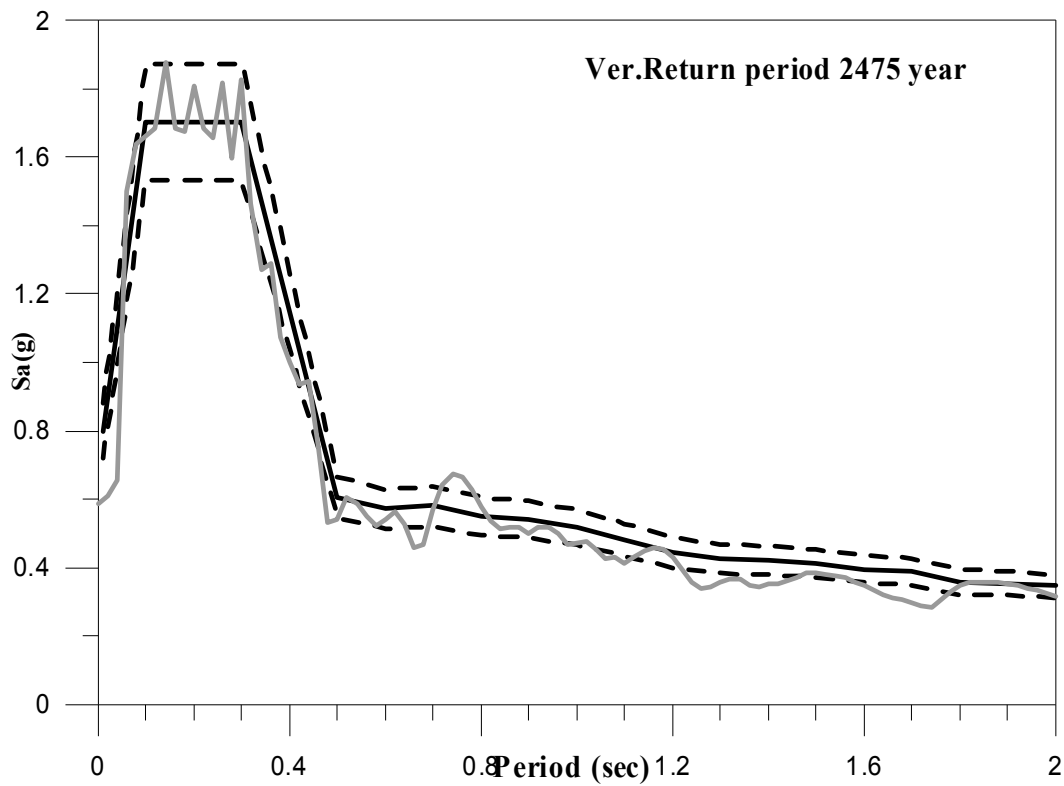
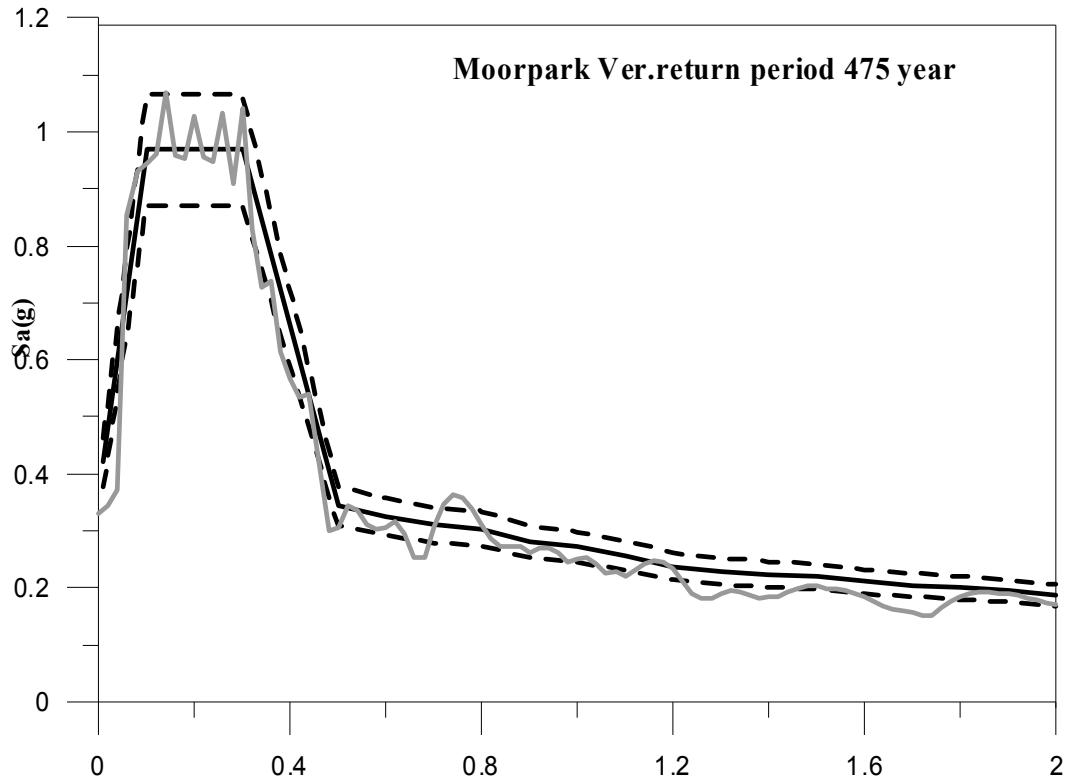
Vert.



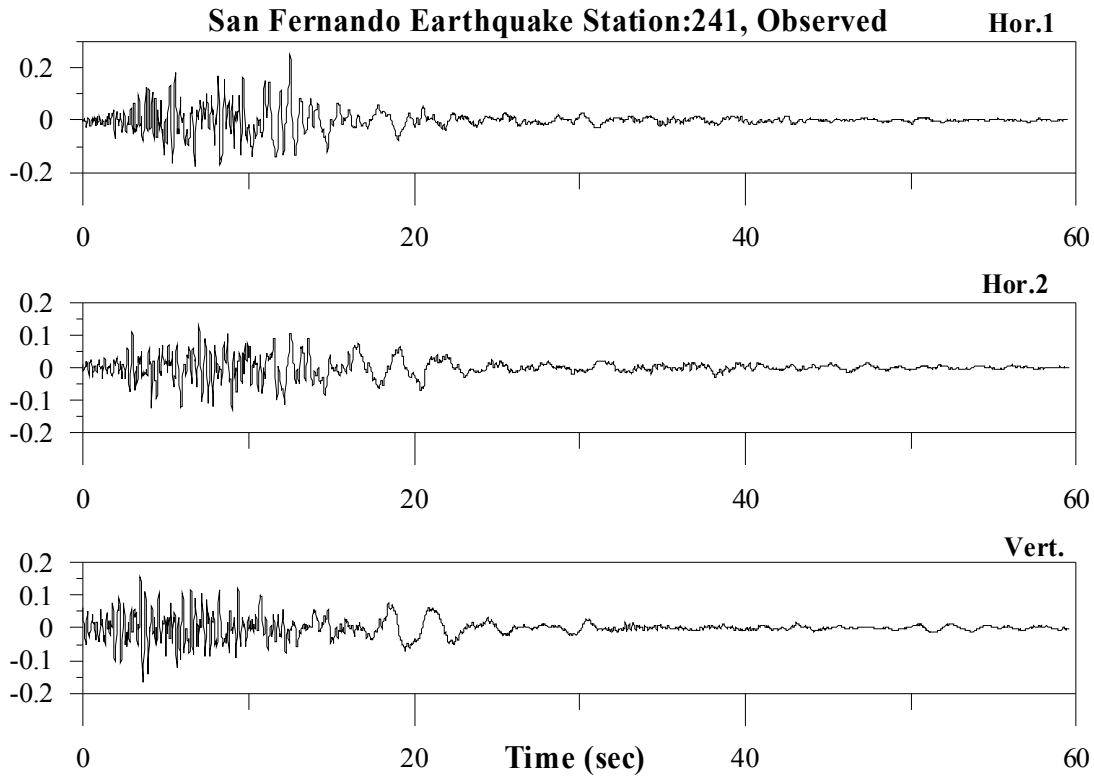
شکل (۴-۲۸): رکورد مقیاس شده در ایستگاه Moorpark برای دوره بازگشت ۲۴۷۵ سال در سطح زمین.



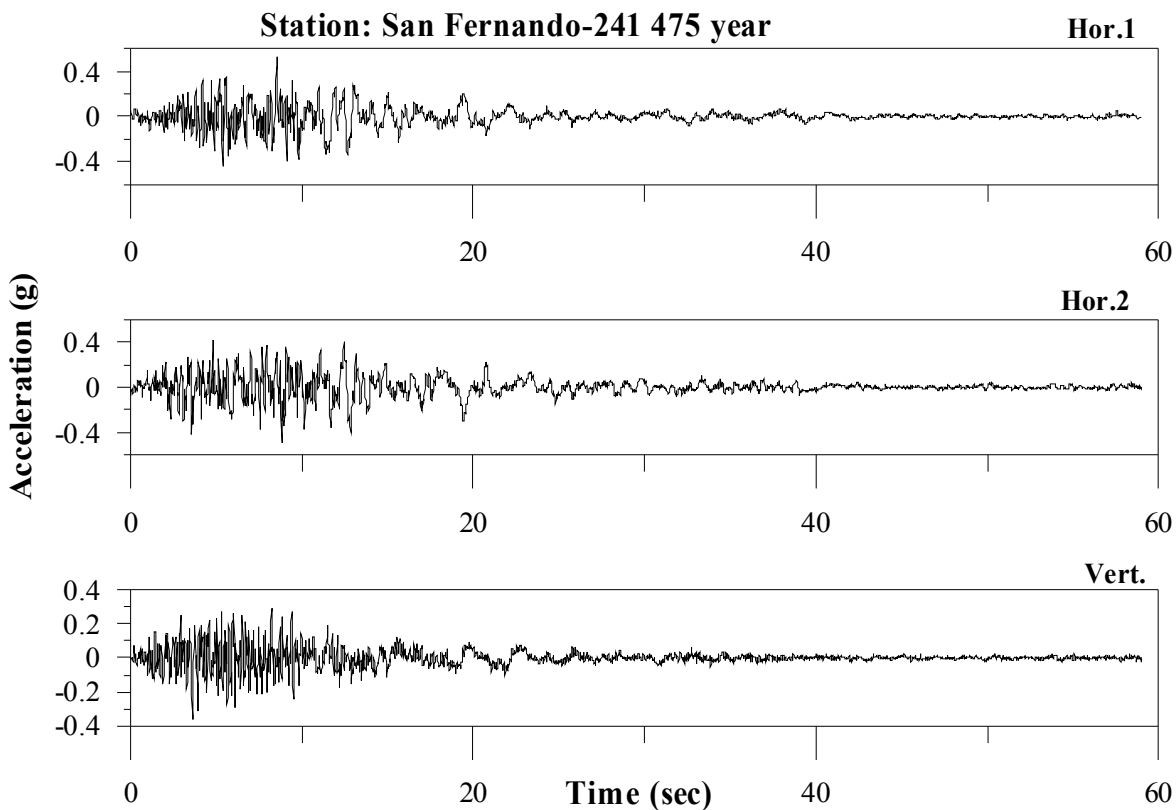
شکل (۴-۲۹): طیف SRSS شتاب‌نگاشت مقیاس شده برای رکورد ایستگاه Moorpark در سطح زمین برای مولفه افقی.



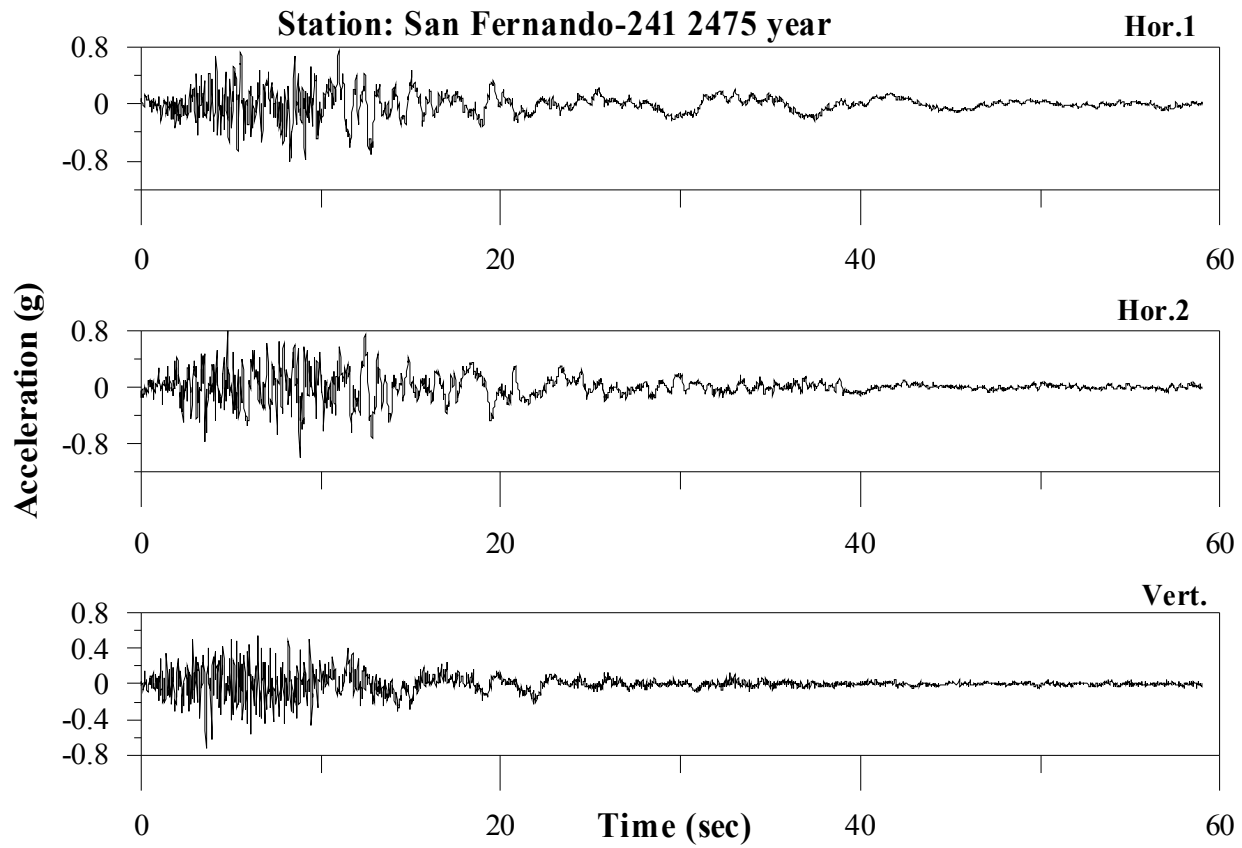
شکل (۴-۳۰): طیف قائم شتاب‌نگاشت مقیاس شده برای رکورد ایستگاه Moorpark در سطح زمین برای مولفه قائم.



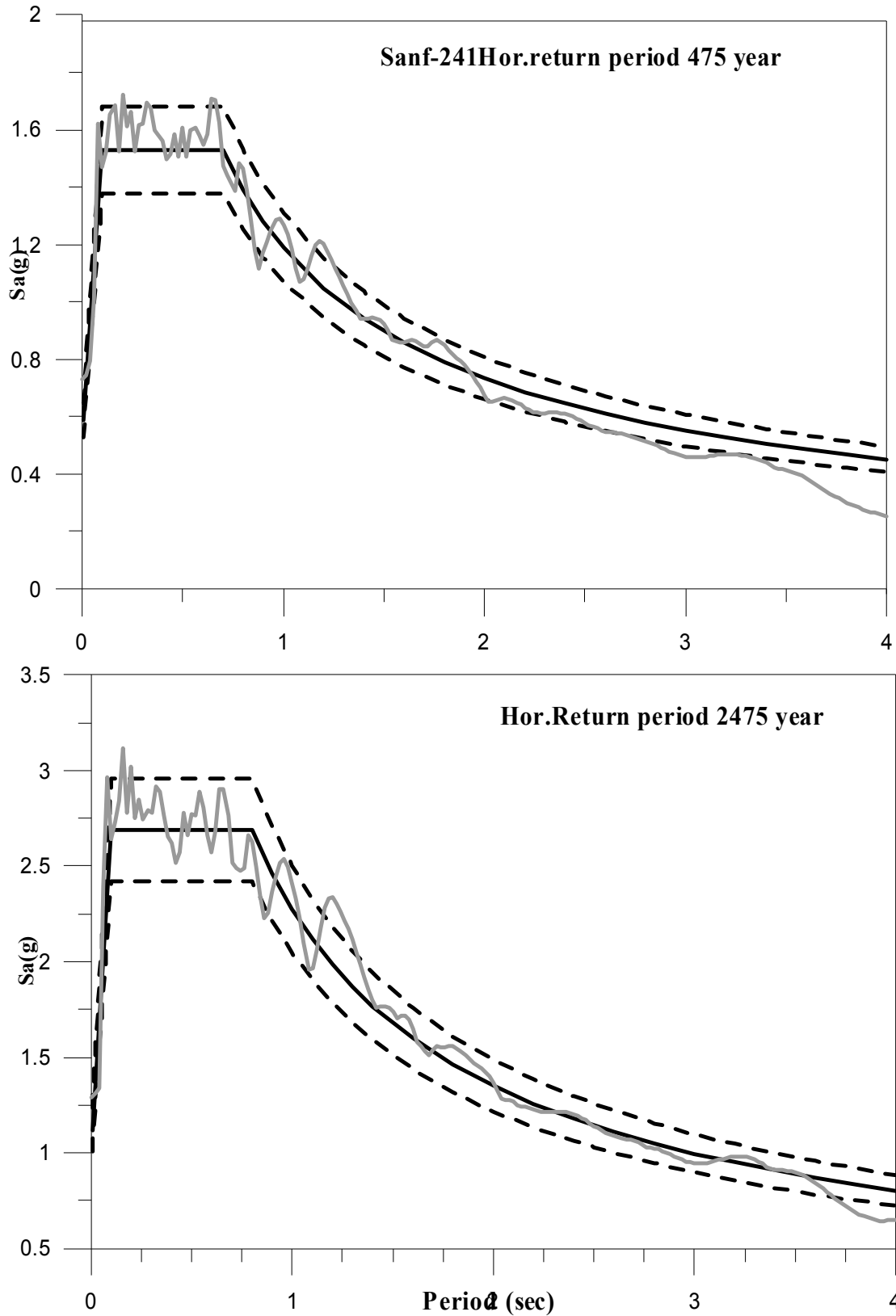
شکل (۴-۳۱): رکورد ثبت شده در ایستگاه ۲۴۱ در زمین لرزه (۱۹۷۱) San Fernando (محور قائم بر حسب g است)



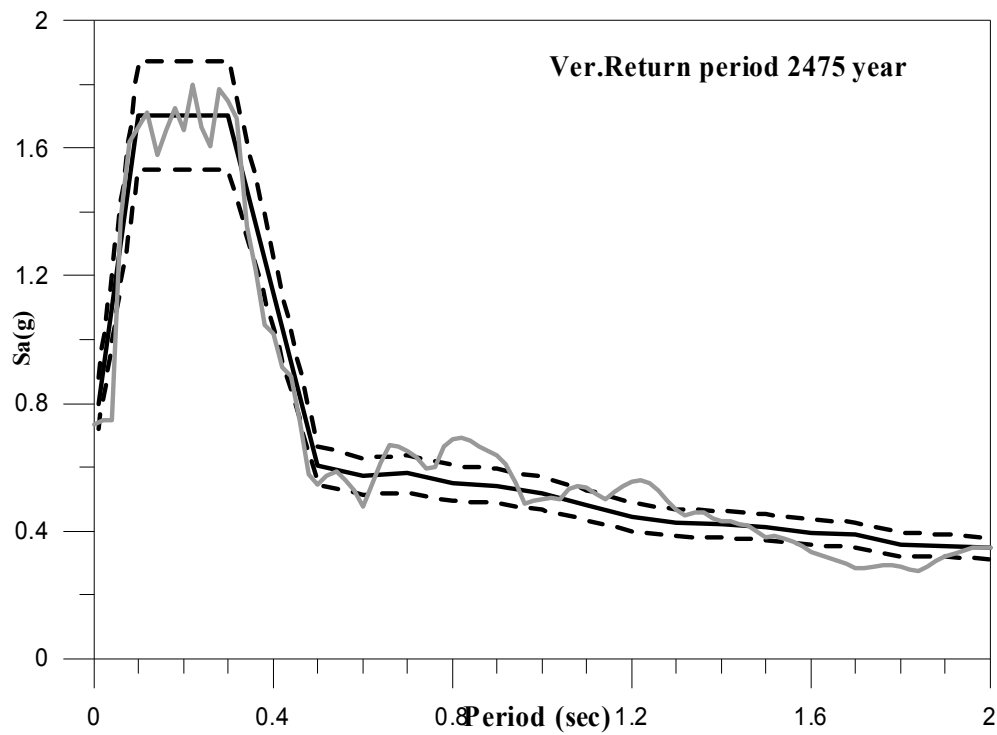
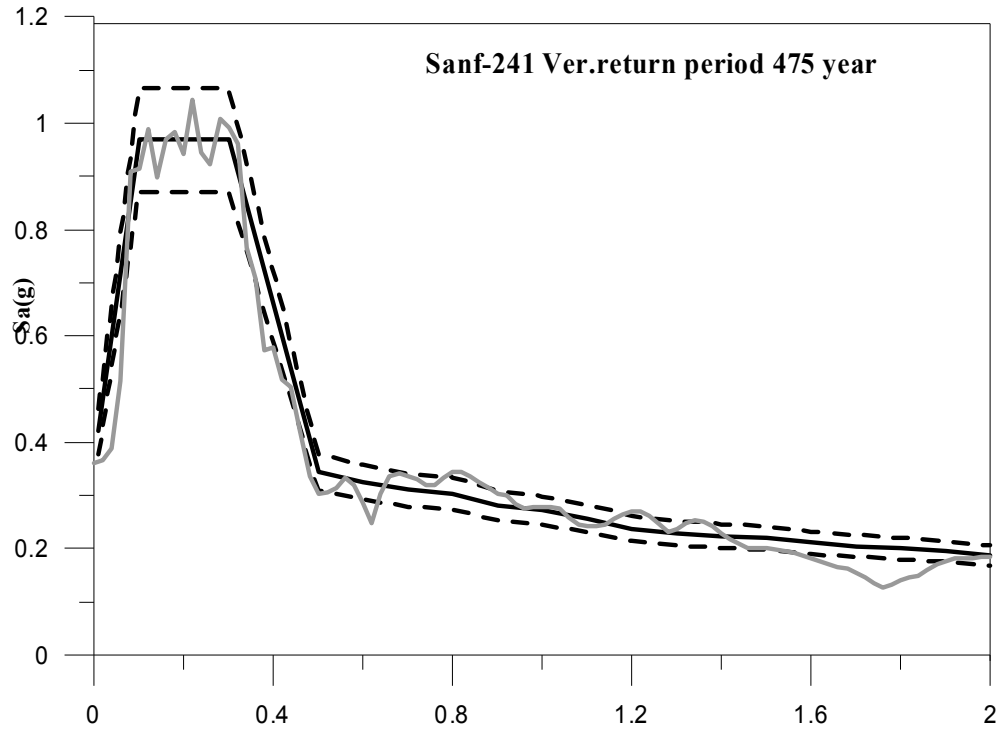
شکل (۴-۳۲): رکورد مقیاس شده در ایستگاه ۲۴۱ برای دوره بازگشت ۴۷۵ سال در سطح زمین.



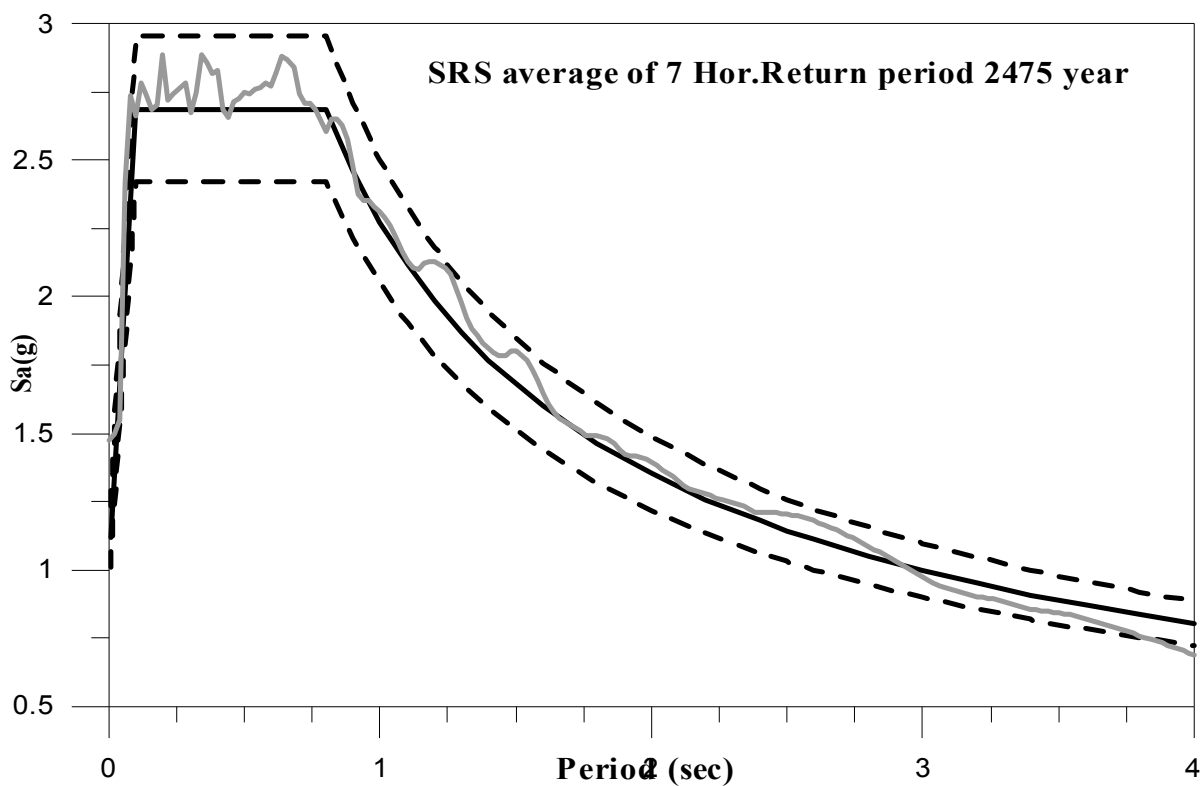
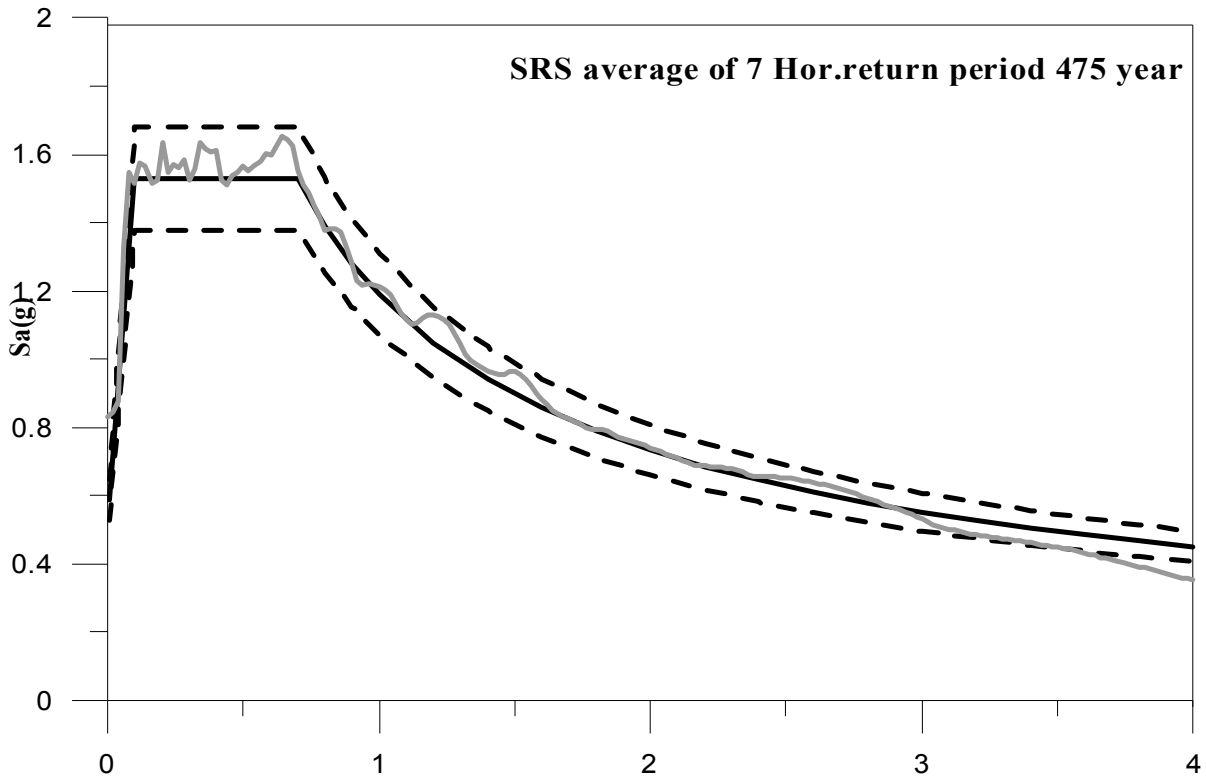
شکل (۴-۳۳): رکورد مقیاس شده در ایستگاه ۲۴۱ برای دوره بازگشت ۲۴۷۵ سال در سطح زمین.



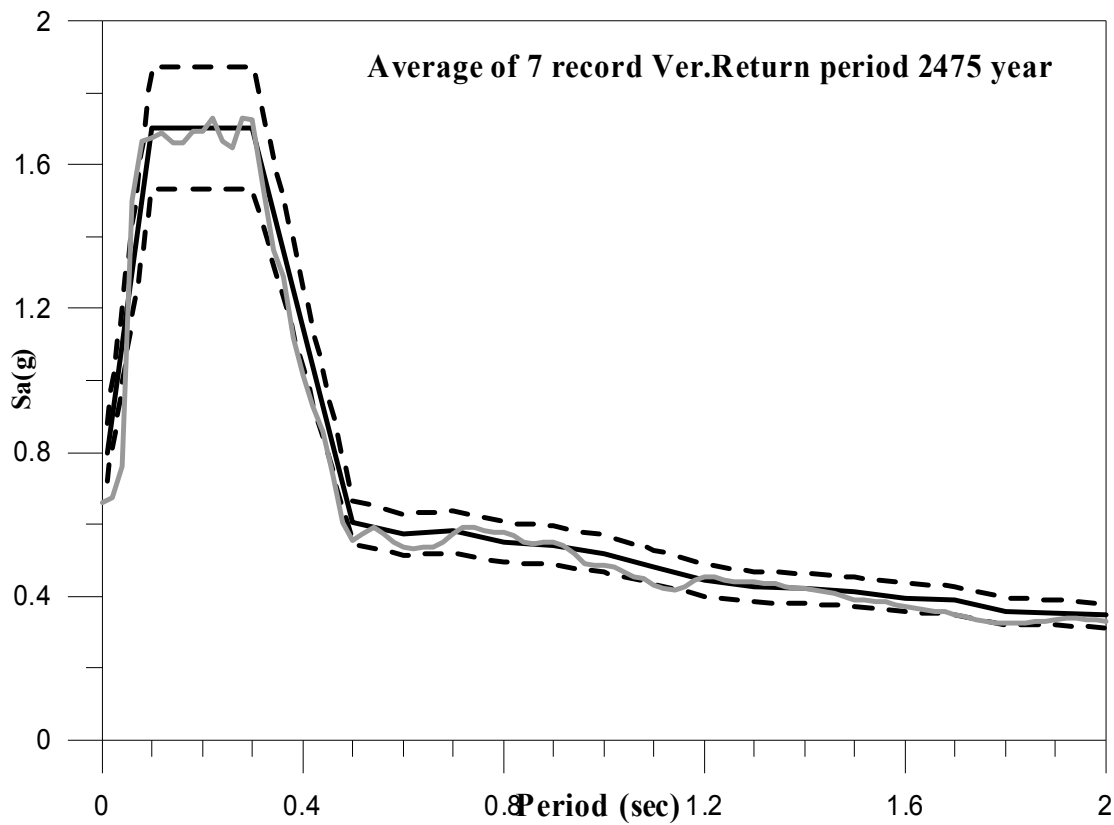
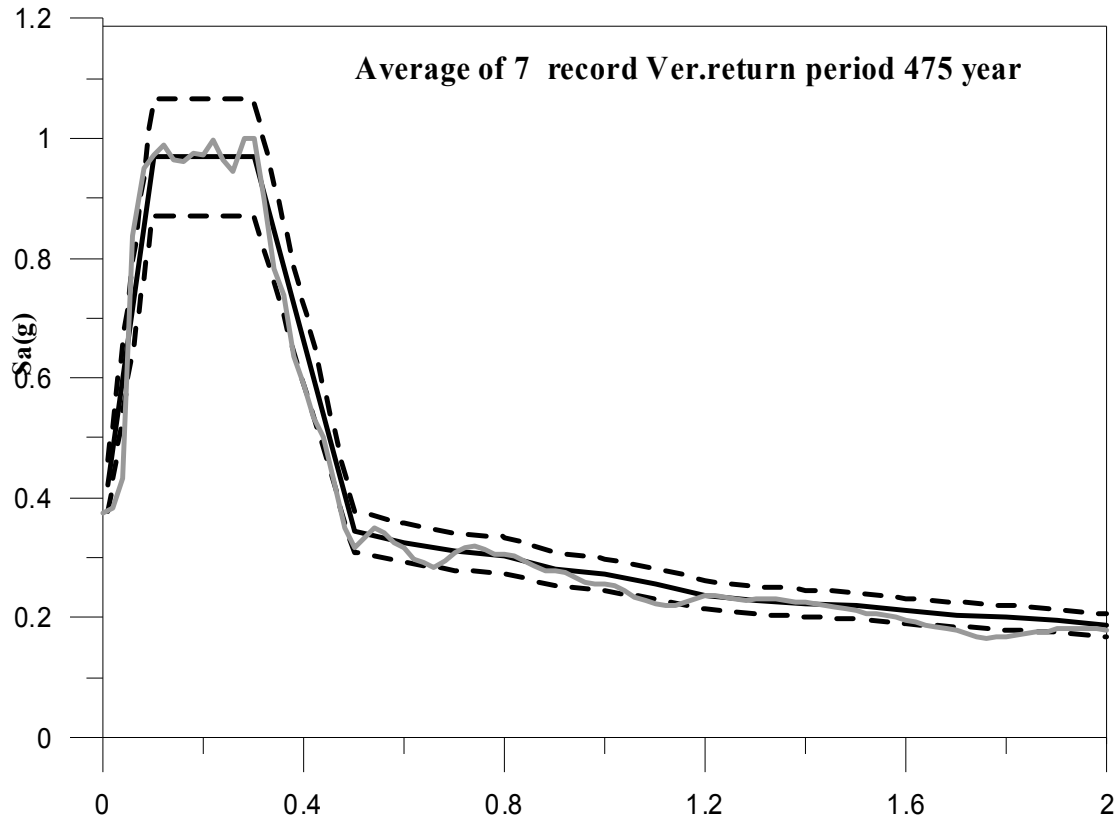
شکل (۴-۳۴): طیف SRSS شتاب‌نگاشت مقیاس شده برای رکورد ایستگاه ۲۴۱ در سطح زمین برای مولفه افقی.





شکل (۴-۳۵): طیف قائم شتاب‌نگاشت مقیاس شده برای رکورد ایستگاه ۲۴۱ در سطح زمین برای مولفه قائم.



شکل (۴-۳۶): میانگین طیف SRSS ۷ رکورد مقیاس شده در سطح زمین.



شکل (۴-۳۷): میانگین طیف قائم ۷ رکورد مقیاس شده در سطح زمین

 پژوهش عمران راهوار	صفحه ۱۱۴	گزارش نهایی مطالعات لرزه‌خیزی، تحلیل خطر زلزله و تهیه طیف بازتاب			 شرکت سرمایه گذاری عظام
	بهمن ماه ۱۳۹۱	CODE: 173	SEQ: 12	REV: 01	

مراجع

- ۱- بربریان، م.، قریشی، م.، ارژنگ روش، ب. و مهاجر اشجعی، ۱۳۶۴، پژوهش و بررسی ژرف نو زمینساخت، لرزه زمینساخت و خطر زمین لرزه- گسلش در گستره تهران و پیرامون، سازمان زمین شناسی کشور، گزارش شماره ۵۶، ۳۱۶ صفحه.
- ۲- پدرامی، م.، ۱۳۵۷، مطالبی مختصر در مورد رسوبات کواترن اطراف تهران، سازمان زمین شناسی کشور، گزارش داخلی.
- ۳- تمیم داری، م.، ۱۳۸۱، تحلیل ساختاری و مورفوتکتونیک گسل نیوران، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی.
- ۴- حسامی آذر، خالد و همکاران، ۱۳۷۶، بررسی های دیرینه لرزه شناسی بر روی گسل جنوب اشتهارد، پژوهشگاه زلزله شناسی و مهندسی زلزله، گزارش منتشر نشده
- ۵- شبانیان بروجنی، الف، ۱۳۷۷، بررسی الگوی دگرریختی در ساختارهای گستره کوه سرخ ورامین (جنوب خاوری تهران) با نگرشی بر لرزه خیزی گستره مورد نظر. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.
- ۶- شبانیان، الف، عباسی، م.ر.، فرید، ی.، ۱۳۸۰، تاثیر گسل ها در شکل گیری تاقدیس هزار دره در تپه های عباس آباد تهران، پژوهشنامه زلزله شناسی و مهندسی زلزله، شماره دوم و سوم، ۳۸-۴۵.
- ۷- عباسی، م. ر.، ۱۳۸۳، چگونگی جنبش در راستای گسل های شمالی- جنوبی از کواترن پسین تا عهد حاضر در بخش کوهپایه ای شهر تهران، پژوهشنامه زلزله شناسی و مهندسی زلزله، شماره ۲۶-۲۵، ۳۵-۴۴.
- ۸- عباسی، م.ر.، شبانیان، الف.، فرید، ی.، فقهی، خ.، طبسی، ه.، ۱۳۸۱، وضعیت جهت تنش نو زمینساختی در لبه جنوبی البرز مرکزی [گزارش تحقیقات ملی، شماره ثبت ۵۰۰۴]. تهران پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله.
- ۹- عکاشه، ب.، حسن زاده، ج.، اسلامی، ع.ا. (۱۳۶۲)، زلزله های فروردین ۱۳۶۲، بایجان (هراز- البرز مرکزی). نشریه فیزیک زمین و فضا، جلد ۱۲، شماره ۲ و ۱، صفحات ۶۹-۷۹.
- ۱۰- فرید، ی، ۱۳۸۴، تاثیر سازوکار گسل ها در شکل گیری حوضه رسوبی تهران با نگرشی بر تحولات میدان تنش از پلائیستوسن تا عهد حاضر. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی.
- ۱۱- قرشی، م.، قاسمی، م.، سعیدی، ع.، ۱۳۸۲، گسل های لرزه زای بنیادی البرز [گزارش تحقیقات ملی، شماره ثبت ۳۲۸].
- ۱۲- پژوهش عمران راهوار (۱۳۹۱)، گزارش مطالعات ژئوتکنیک پروژه ۱۰۰۱ شهر

Abrahamson, N. A., Shedlock, K. M. (1997). Overview, Seismological Research letter, 68, 9-23.

Abrahamson, N. A., Silva, W. J. (1997). Empirical spectral attenuation relations for shallow crustal earthquakes. Seismological Research letter, 68, 94-127.

Ambraseys, N and Douglas, J. (2000). Reappraisal of the effect of vertical ground motions on response. *ESEE Report* No. 00-4.

Ambraseys, N. N., Melville, C.P., 1982. A History of Persian Earthquakes. Cambridge University Press, London.

Ambraseys, N., Simpson, K. A.J.J. (1996). Prediction of horizontal response spectra in Europe. *Earthquake Engg. And Structural Dynam.*, 25, 371-400.



Boore, D. M., Joyner, W.B., Fumal, T.E. (1997). Equations for estimating horizontal response

 پژوهش عمران راهوار	صفحه ۱۱۵	گزارش نهایی مطالعات لرزه‌خیزی، تحلیل خطر زلزله و تهیه طیف بازتاب			 شرکت سرمایه گذاری عظام
	بهمن ماه ۱۳۹۱	CODE: 173	SEQ: 12	REV: 01	

- spectra and peak acceleration from western north American earthquakes: A summary of recent work. *Seismological Research letter*, 68, 128-153.
- Campbell, K.W.(1993). Empirical prediction of near source ground motion from large earthquakes, Proc. International workshop on earthquake hazard and large dams in Himalaya, New-Delhi, January 15-16.
- Campbell, K.W., Bozorgnia, Y. (2003). Updated near source ground motion (attenuation) relations for the horizontal and vertical components of peak ground acceleration and acceleration response spectra. *B.S.S.A.*, 93, 314-331.
- Fukushima, Y., and Tanaka, T. (1992). Revised attenuation relation of peak horizontal acceleration by using new data base. *Programm Abstracts Seism. Soc. Jpn*, Vol. 2, P.116 (in Japanese).
- Kijko, A. and Sellevoll, M. A. (1992). Estimation of earthquake hazard parameters from incomplete data files, Part II, Incorporation of magnitude heterogeneity, *B.S.S.A.*, 82, 120-134.
- Tavakoli, B. and Ghafory- Ashtiany, M. (1999). Seismic Hazard assessment of Iran. *Annali De Geophysica*, 42, 1013-1021.
- Uniform Building Code (UBC). (1997) Chap. 16.
- Abbassi, M.R., E. Shabaniyan-B., 1999. Evolution of stress field in Tehran region during the quaternary. *Proceeding of the 3rd International conference on Seismology and Earthquake Engineering(Tehran-Iran)*.
- Anells, R.N., Arthurton, R.S., Bazley, R. A., and Davies, R.G., 1975. Explanatory text of the Qazvin and Rasht quadrangles map: Tehran, geological survey of Iran, 94 p
- Assereto,R.,(1966),Geological map of upper Djadjrud and Lar valleys(Central Elburz, Iran). *Inst. Geol. Univ. Milano,Serie G,Puble.No.232*.
- Berberian, M., 1976. An explanatory note on the first seismotectonic map of Iran; A seismo-tectonic review of the Contry. In *Contribution to the seismotectonics of Iran (Part II)*. Geological Survey of Iran,
- Dedual,E.,(1967),Zur geologie des mittleren und unteren Karaj-Tales, Zentral Elburz (Iran). *Mitt.Geol.Inst.E.T.H.U.univ.Zurich*,76,1255p
- Dellenbach, J., 1964. Contribution a letude geologique de la region situee alest de Tehran(Iran): fac. *Sci., univ. strassbourg (France)*, 117 pp.
- Engalence , M., 1968. Contribution a la geologie, geomorphologie, Hydrogeologie du la region du Tehran(Iran), *C.E.R.H., Montpellier, France*, 365P.
- Gansser,A. and Huber,H., (1962), Geological observation in the central Elburz, Iran, *Schweiz.miner. petrogr.mitt.*, V42.
- Knill, J, L., and Jones, K.S., 1968. Groundwater conditions in Grater Tehran,. *Quart. J. Eng. Geol.*, 1, 181-194.
- Nogol-e Sadat ,M.A., 1992,Tectonic map of Iran, G.S.I.
- Rieben, E. H., 1955. The gelogy of the Tehran plain. *Am.j. Sci.* 253, 617-639.
- Rieben, E.H., 1966. Geological observations on alluvial deposits in north Iran. *Geolo. Sur. Iran.* 9,39P.
- Ritz, J-F., Nazari, H., Ghassemi, A., Salamati, A., Shafei, A., Solaymani, S., Vernant, P., (2006)



 پژوهش عمران راهوار	صفحه ۱۱۶	گزارش نهایی مطالعات لرزه‌خیزی، تحلیل خطر زلزله و تهیه طیف بازتاب			 شرکت سرمایه گذاری عظام
	بهمن ماه ۱۳۹۱	CODE: 173	SEQ: 12	REV: 01	

- Active Transtention Inside Central Alborz: a new insight into Northern Iran – Southern Caspian Geodynamics. *Geology*, 477-480
- Stocklin, J., 1974, Possible ancient continental margins in Iran, *Geology of continental margins* (edited by Burk, C.A. & Darke, C.L.) Springer, New York.
- Tchalenko, J.S., 1975. Seimotectonic framework of the North Tehran fault. *Tectonophysics*, 29, 411-420
- Tchalenko, J.S., Berberian, M., Iranmanesh, H., Bailly, M., and Arsovsky, M., 1974. Tectonic framework of Tehran region, geological survey of Iran Report 29, 7-46.
- Vita- Finzi, C., (1969), Late Quaternary alluvial chronology of Iran, *geol. Rds ch*, 58-951-973.
- Ambraseys, N and Douglas, J. (2000). Reappraisal of the effect of vertical ground motions on response. ESEE Report No. 00-4.
- ASCE (2000). Prestandard and Commentary for theseismic rehabilitation of buildings, Federal Emergency Management Agency, FEMA 356, November 2000.
- ATC(1996). Seismic evaluation and retrofit of concrete buildings. California Seismic Safety Commission, Vol. 1.
- Bommer, J. G., and Acevedo, A.B. (2004). The use of real earthquake accelerograms as input to dynamic analysis, *Journal of Earthquake Engrg.* Vol.8, pp.43-91.
- Haghshenas E., 2005. Condition Géotechniques et Aléa Sismique Local à Téhéran ; Ph.D Thesis of the Joseph Fourier University, Grenoble, France.
- Hardin, B.O. and Drnevich, V.P. (1972). Shear modulus and damping in soils: design equations and curves. *Journal of Soil Mechanics and Foundation Engineering Division*, 98(SM7), 289-324.
- Ishihara, K. and Ansal, A.M. (1982) Dynamic behavior of soil, soil amplification and soil structure interaction. Final Report for Working Group D, UNDP/UNESCO Project on Earthquake Risk Reduction in the Balkan Region.
- Kimball, J.K. (1983). The use of site dependent spectra, U.S. Geological Survey report 83-845, pp. 401-422.
- Konder, R.L. and Zelasko, J.S. (1963). Hyperbolic stress-strain formulation of sands. Second pan American Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Sao Paulo, Brazil, 289-324.
- Masing, G. (1926). Eignespannungen und verfestigung beim messing. Second International Congress on Applied Mechanics, Zurich, Switzerland, 332-335.
- Matasovic, N and Vucetic, M. (1995). Seismic response of soil deposits composed of fully-saturated clay and sand layers. First International Conference on Earthquake Geotechnical Engineering, Tokyo, Japan, 611-616.
- Nakamura, Y. (1989). A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface. *QR RTRI* 30, pp. 25-33.
- Permanent Committee for Revising the Iranian Code of Practice for Seismic Resistant Design of Building, (2005). "Iranian code of practice for seismic resistant design of buildings, Standard No.

 پژوهش عمران راهوار	صفحه ۱۱۷	گزارش نهایی مطالعات لرزه‌خیزی، تحلیل خطر زلزله و تهیه طیف بازتاب			 شرکت سرمایه گذاری عظام
	بهمن ماه ۱۳۹۱	CODE: 173	SEQ: 12	REV: 01	



2800-05”, Build. And Housing Research Centre of Iran (BHRC-IR), (in Farsi).

- Park, D. (2000). Estimation of non-linear seismic site effects for deep deposits of the Mississippi embayment. PhD Thesis, University of Illinois, under supervision of Prof. Y. Hashash.
- Pyke, R.M. (1979). Nonlinear soil models for irregular cyclic loadings. Journal of the Geotechnical Engineering Division, 105(GT6), 715-726.
- Seed, H.B., Wong, R.T., Idriss, I.M. and Tokimatsu, K. (1986). Moduli and damping factors for dynamic analyses of cohesionless soils. Journal of Soil Mechanics and Foundation Division, ASCE, SM11(112), 1016-1032.
- The Technical Committee for Earthquake Geotechnical Eng. (TC4), (1993). Manual for Zonation on seismic Geotechnical hazard, The Japanese Society of Soil Mechanics and Foundation Engineering.
- Uniform Building Code (UBC). (1997) Chap. 16.
- Vucetic, M. (1990). Normalized behavior of clay under irregular cyclic loading. Canadian Geotechnical Journal, 27, 29-46.
- Vucetic, M and Dobry, R. (1991). Effect of soil plasticity on cyclic response. Journal of Geotechnical Engineering, 117, 89-101

 پژوهش عمران راهوار	صفحه ۱۱۸	گزارش نهایی مطالعات لرزه‌خیزی، تحلیل خطر زلزله و تهیه طیف بازتاب			 شرکت سرمایه گذاری عظام
	بهمن ماه ۱۳۹۱	CODE: 173	SEQ: 12	REV: 01	



پیوست "الف":

فهرست زمین لرزه‌ها



 پژوهش عمران راهوار	صفحه ۱۱۹	گزارش نهایی مطالعات لرزه‌خیزی، تحلیل خطر زلزله و تهیه طیف بازتاب			 شرکت سرمایه‌گذاری عظام
	بهمن ماه ۱۳۹۱	CODE: 173	SEQ: 12	REV: 01	

فهرست زمین لرزه های محدوده سایت



Date			Time			Coordinates		FD	m _b	M _s	M _w	M _L	Ref
Y	M	D	HH	MM	SSS	Lat.N	Lon.E						
4B.C						35.500N	51.800E			7.6			Amb
743						35.300N	52.200E			7.2			Amb
855						35.600N	51.500E			7.1			Amb
864						35.700N	51.000E			5.3			Amb
958		23				36.000N	51.100E			7.7			Amb
1119		10	18			35.700N	49.900E			6.5			Amb
1177						35.700N	50.700E			7.2			Amb
1485		15	18			36.700N	50.500E			7.2			Amb
1495						34.500N	50.500E			5.9			Amb
1608		20	12			36.400N	50.500E			7.6			Amb
1665						35.700N	52.100E			6.5			Amb
1678		3	6			37.200N	50.000E			6.5			Amb
1678						36.300N	52.600E			6.5			Amb
1808		16	18			36.400N	50.300E			5.9			Amb
1809			12			36.300N	52.500E			6.5			Amb
1825						36.100N	52.600E			6.7			Amb
1830		27	12			35.700N	52.500E			7.1			Amb
1868		1	20			34.900N	52.500E			6.4			Amb
1876		20	15			35.800N	49.800E			5.7			Amb
1901		20	12	29		36.390N	50.480E			5.4			Amb
1930		2	15	32		35.860N	52.080E			5.2			Amb
1945		11	20	17	28	35.180N	52.400E		4.7	0			BER
1957		2	0	42	25	36.061	52.659	15	7	6.8	7.1		ENGD
1957		2	5	9	49	36.570N	51.900E		4.5				NOW
1957	7	4	22	43	47	36.100N	52.300E		4.5				BCIS
1958	1	16	2	4	30	36.500N	53.000E		4.6				NEIC
1958	6	25	1	14	2	36.270N	52.800E	4	5				NOW
1958	11	2	9	14	35	36.610N	51.420E	63	4.5				NOW
1959	5	1	8	24	2	36.380N	51.160E	44	5.3				N.CG
1962	9	1	19	20	39	35.552	49.83	10	6.9	6.9	7		ENGD
1962	9	1	20	27	40	35.860N	49.930E	40	4				NOW
1962	9	2	13	21	18	36.030N	49.640E	105	4.5				NOW
1962	9	4	13	21	35	35.580N	49.710E	43	5.6				NOW
1962	10	13	10	23	38	35.740N	50.090E	32	5.5				NOW
1962	12	2	22	21	30	35.530N	50.030E		5				NOW
1962	12	2	23	36	10	35.580N	50.000E	24	4.2				NOW
1963	1	2	17	38	0	35.700N	49.900E	20	5.5				NAB
1963	5	28	10	32	50	35.400N	49.800E	33	4.3				NEIC
1964	2	8	6	28	23	37.070N	50.990E	11	4.6				NOW
1964	11	3	17	36	6	35.519	50.184	15	5.1				ENGD
1966	11	8	3	14	11	36.099	50.757	15	4.8				ENGD
1967	2	16	11	55	32	35.400N	51.900E	144	4.5				N.US
1968	4	26	2	58	24	35.066	50.17	21	5.2				ENGD
1970	6	27	7	57	55	35.129	50.761	15	4.8				ENGD
1970	10	3	6	56	60	36.067N	51.356E	68	4.1				NEIC
1971	3	31	21	50	20	34.594N	50.264E	31	4.4				NEIC

 پژوهش عمران راهوار	صفحه ۱۲۰	گزارش نهایی مطالعات لرزه‌خیزی، تحلیل خطر زلزله و تهیه طیف بازتاب				 شرکت سرمایه گذاری عظام
	بهمن ماه ۱۳۹۱	CODE: 173	SEQ: 12	REV: 01	پروژه هزار و یک شهر	



1971	4	30	9	6	15	34.636	50.367	15	4.7				ENGD
1971	8	9	2	54	40	36.250N	52.716E	27	5.2	5.3			NEIC
1972	8	8	0	45		36.302N	52.566E	47	4.7				NEIC
1973	9	17	4	6	2	36.557	51.129	15	4.7				ENGD
1973	10	27	14	22	40	35.779N	52.567E	21	4.3				NEIC
1973	10	30	15	59	20	36.938N	50.698E	45	3.7				NEIC
1974	11	5	20	2	19	36.23	52.935	15	4.6				ENGD
1975	4	11	14	26	43	35.617	50.265	15	4.7				ENGD
1977	5	25	11	1	46	34.843	52.013	22	5.3				ENGD
1979	3	18	5	19	50	36.487N	52.642E	33	4.5				NEIC
1979	3	25	2	32	23	34.874	52.459	15	4.6	3.9			ENGD
1980	1	13	5	51	35	37.127	50.401	23	5	4.8			ENGD
1980	7	22	5	17	10	37.190N	50.201E	62	5.4				NEIC
1980	12	3	4	26	13	37.127	50.433	15	5.1	4.7	5.3		ENGD
1980	12	19	1	16	55	34.474	50.645	14	5.5	5.8	6.2		ENGD
1980	12	22	12	51	19	34.428	50.637	15	5.4	5.2	5.7		ENGD
1981	3	29	17	20	50	34.766N	50.745E	21	4.5				NEIC
1982	7	5	15	54	20	34.629N	51.019E	33	4.4				NEIC
1982	10	25	16	54	50	35.106	52.31	15	4.5				ENGD
1983	3	25	11	57	48	36.04	52.298	11	5.1	4.9	5.5		ENGD
1983	3	26	4	7	18	35.987	52.249	13	5.4	4.9	5.4		ENGD
1983	5	29	17	15	38	35.196	52.131	15	4.4				ENGD
1983	12	20	22	21	4	36.842	50.845	15	4.8				ENGD
1983	12	21	0	7	20	36.840N	50.880E	33	4.3				NEIC
1985	2	11	9	26	40	34.560N	50.677E	51	4.7				NEIC
1985	2	16	6	57	40	36.608N	51.911E	33	4.3				NEIC
1985	10	14	15	28	33	35.585	52.663	15	4.7	4.3			ENGD
1987	11	25	2	9	40	35.492N	52.704E	33	4.4				NEIC
1988	1	14	11	29	20	36.006N	50.598E	33	4.6				NEIC
1988	3	1	1	1	50	34.486N	50.818E	15	4.3				NEIC
1988	3	30	22	30	20	34.901N	50.463E	33	3.9				NEIC
1988	8	22	21	23	38	35.315	52.342	21	5	5	5.3		ENGD
1988	8	23	5	30	50	35.375	52.253	15	5	4.8	5.2		ENGD
1988	8	23	10	58	11	35.285	52.336	15	4.6	4.6			ENGD
1988			14	56	10	35.688N	52.389E	10	4.1				NEIC
1988			8	11	50	35.148N	52.502E	10	4.7				NEIC
1988			17	1	57	35.175	52.266	15	4.9	4.4			ENGD
1988			14	49	30	35.340N	52.350E	33	4.7				NEIC
1988			21	0	40	35.628N	52.380E	33	4.2				NEIC
1989			14	13	40	37.038N	50.125E	57	4.6				NEIC
1990			1	27	10	35.903	52.985	18	5.5	5.8	6		ENGD
1990			22	3	60	36.724N	49.731E	10	4.6				NEIC
1990			23	27	46	36.639	50.069	15	4.6	5			ENGD
1990			23	33	20	37.100N	49.736E	10	4.5				NEIC
1990			23	48	47	36.706	49.834	15	4.7	5.1			ENGD
1990			2	8	53	36.789	49.757	13	5.4	4.9			ENGD
1990			3	0	20	37.092N	50.117E	10	4.3				NEIC
1990			5	36	10	37.146N	49.882E	10	4.6				NEIC
1990			9	2	15	36.632	49.787	10	5.8	5.3	5.8		ENGD
1990			20	19	60	37.022N	50.108E	10	4.2				NEIC

 پژوهش عمران راهوار	صفحه ۱۲۱	گزارش نهایی مطالعات لرزه‌خیزی، تحلیل خطر زلزله و تهیه طیف بازتاب				 شرکت سرمایه گذاری عظام
	بهمن ماه ۱۳۹۱	CODE: 173	SEQ: 12	REV: 01	پروژه هزار و یک شهر	



1990			21	27	42	36.574	49.685	15	4.8				ENGD
1990			3	32	40	37.078N	49.730E	10	4.7				NEIC
1990			13	56	20	36.991N	50.107E	10	4				NEIC
1990			10	41	20	37.129N	49.725E	10	4.6				NEIC
1990			16	51	30	37.169N	49.922E	10	4.5				NEIC
1990			18	45	20	37.094N	50.262E	10	4.3				NEIC
1990			8	22		37.131N	50.028E	10	4.4				NEIC
1990			19	3	20	36.895N	50.069E	10	4.2				NEIC
1990			3	56	22	36.867	49.709	15	4.9	3.3			ENGD
1990			3	20	40	37.085N	49.642E	10	4.8	4.1			NEIC
1990			17	21	6	36.772	49.87	15	4.7				ENGD
1990			6	25	50	36.779	49.915	15	4.5				ENGD
1990			3	42	10	37.079N	50.147E	10	4.7				NEIC
1990			12	24	60	37.181N	49.885E	10	4.8				NEIC
1990			5	11	10	36.685N	50.041E	10	4.3				NEIC
1990			13	4	20	36.481N	50.068E	33	4.7				NEIC
1990			4	2	10	37.137N	49.979E	33	4.6				NEIC
1990			7	27	10	36.846N	49.815E	10	4.5				NEIC
1990			6	18	24	36.702	49.889	15	4.6	3.9			ENGD
1990			12	20	11	36.795	49.63	15	4.7	4.1			ENGD
1990			12	12	18	36.69	49.776	15	4.9	4.1			ENGD
1990			20	19	30	36.763N	49.926E	33	4.1				NEIC
1991			12	4	10	35.574N	52.402E	13	4.6				NEIC
1991			17	19	60	36.924N	49.603E	16	5.6	5			NEIC
1991			16	42	21	36.532	49.696	15	4.6				ENGD
1991			7	20	10	36.722N	50.046E	33	4				NEIC
1992			13	25		36.628N	49.764E	33	4.3				NEIC
1992			14	5	56	36.303	52.717	33	5.1	4.3	5.1		ENGD
1993			17	54	11	37.066N	50.575E	33	3.6				NEIC
1993			19	13	21	36.529	50.999	15	4.4				ENGD
1993			9	41	17	36.387N	51.979E	33	4.3				NEIC
1993			10	4	30	35.17	52.101	16	4.6				ENGD
1994			18	55	16	35.902N	51.884E	33	4.5				NEIC
1995			21	12	55	36.560N	51.196E	33	4.1	4.2			NEIC
1996			20	5	24	36.586N	51.149E	33	4				NEIC
1996			14	17	7	35.875	52.968	15	4.2				ENGD
1997			20	29	48	36.410N	50.280E	33	4.4				NEIC
1997			15	6	3	35.670N	52.500E	33	4				NEIC
1997			22	42	56	34.980N	51.360E	33	4.5				NEIC
1998			19	6	13	36.378	52.143	15	4.6	4.2			ENGD
1998			0	46	58	36.390N	52.190E	33	4.2				NEIC
1998			19	44	39	37.030N	50.620E	33	3.9				NEIC
1998			13	13	32	36.046	50.969	15	4.3	3.6			ENGD
1998			4	54	2	36.844	51.015	15	4.2	3.5			ENGD
1999			12	6	53	36.58	50.179	15	3.9				ENGD
2001			7	24	29	36.35	52.56	25	4				
2002			18	30	56	36.343	51.959	15	4.8	4			ENGD
2002			13	46	49	36.525	49.783	18	5.2	4.7	5.2		ENGD
2002			10	48	37	36.35	51.56	33	4.4				
2002			12	13	42	35.839	52.292	15	4.7				ENGD

 پژوهش عمران راهوار	صفحه ۱۲۲	گزارش نهایی مطالعات لرزه‌خیزی، تحلیل خطر زلزله و تهیه طیف بازتاب				 شرکت سرمایه گذاری عظام
	بهمن ماه ۱۳۹۱	CODE: 173	SEQ: 12	REV: 01	پروژه هزار و یک شهر	



2002			16	56	8	35.92	52.26	10	4				
2002			22	24	53	36.28	52.51	33	4.2				
2003			15	0	5	35.677	52.916	15	4.5				ENGD
2003			3	39	14	35.65	52.751	15	4.3				ENGD
2003			19	4	20	36.18	52.76	33	4.1				
2003			3	50	0	35.213	50.493	15	4.7				ENGD
2004			12	38	44	36.29	51.61	17	6.3				
2004			13	15	6	36.37	51.5	10	4.4				
2004			17	34	49	36.52	51.09	10	4.4				
2004			19	47	2	36.44	51.41	10	4.5				
2004			4	12	34	36.38	51.64	10	4.4				
2004			4	53	0	36.51	51.19	10	3.9				
2004			9	23	47	36.4	51.37	10	4.7				
2004			11	1	30	36.47	51.39	10	4.2				
2004			15	41	1	36.51	51.34	10	3.8				
2004			18	38	5	36.46	51.32	10	4.3				
2004			18	42	43	36.45	51.44	10	4				
2004			22	55	16	36.47	51.43	10	4.3				
2004			1	42	38	36.4	51.51	10	4.3				
2004			13	9	52	36.53	51.36	10	4.2				
2004			19	26	59	36.45	51.56	10	4.4				
2004			4	1	20	36.44	51.34	14	4.3				
2004			1	42	51	35.06	52.65	47	3.9				
2005			0	46	13	36.57	52.89	30	4.6				
2005			12	48	54	35.01	50.05	14	4.7				
2006			23	19	25	36.11	50.41	15	4.1				
2006			13	31	19	34.88						3.5	IIES
2006			19	59	7	35.58	49.83	18				3.2	IIES
2006			0	38	5	35.2	52	14				3.3	IIES
2006			0	6	21	36.83	50.88	15				3.3	IIES
2006			11	25	35	36.08	52.39	6				3.1	IIES
2006			2	12	13	14	50.99	15				3.4	IIES
2006			15	26	38	36.52	50.74	20				3	IIES
2006			18	25	26	36.54	50.95	24				3.3	IIES
2006			6	46	36	35.34	53.11	14				3.7	IIES
2006			3	58	50	36.54	52	6				3.5	IIES
2006			23	40	9	36.09	49.71	14				3.1	IIES
2006			11	30	17	35.73	52.25	18				3.1	IIES
2006			23	8	32	36.01	51.99	14				3	IIES
2006			17	57	9	35.64	50.16	17				3.1	IIES
2006			19	35	49	35.18	49.77	16				3.3	IIES
2006			4	33	47	35.45	53.11	15				3.1	IIES
2006			14	33	19	35.17	52.04	15				3	IIES
2006			4	39	20	35.74	51.89	14				4.1	IIES
2006			20	15	48	36.12	51.32	14				3.1	IIES
2006			21	57	20	35.3	51.77	14				3.4	IIES
2007			17	2	45	35.77	51.82	14				3.2	IIES
2007			19	18	33	36.48	52.74	14				3	IIES
2007			19	43	6	35.71	52.05	14				3.4	IIES
2007			12	10	19	35.65	51.57	14				3.1	IIES

 پژوهش عمران راهوار	صفحه ۱۲۳	گزارش نهایی مطالعات لرزه‌خیزی، تحلیل خطر زلزله و تهیه طیف بازتاب				 شرکت سرمایه گذاری عظام
	بهمن ماه ۱۳۹۱	CODE: 173	SEQ: 12	REV: 01	پروژه هزار و یک شهر	



2007			22	27	37	35.89	53.01	17				3.2	IIES
2007			19	13	43	35.35	53.02	15				3.2	IIES
2007			3	33	16	36	52.89	15				3.1	IIES
2007			2	34	30	36.55	51.56	15				3.4	IIES
2007			18	46	18	36.52	51.55	14				3.4	IIES
2007			14	29	49	34.52	50.84	17				5.6	IIES
2007			14	51	51	34.56	50.82	18				3.3	IIES
2007			20	21	44	34.58	50.77	15				3	IIES
2007			14	19	27	34.54	50.84	14				3	IIES
2007			15	3	34	34.54	50.87	14				4.3	IIES
2007			23	5	34	34.8	52.76	14				3.2	IIES
2007			1	38	14	34.59	50.82	15				3.8	IIES
2007			8	25	4	34.61	50.8	17				3.1	IIES
2007			7	31	45	34.58	50.81	14				3	IIES
2007			10	22	43	34.59	50.79	14				3.5	IIES
2007			17	31	53	34.59	50.8	14				3.5	IIES
2007			4	49	25	34.64	50.9	14				3.5	IIES
2007			18	23	41	36.62	52.15	29				3	IIES
2007			10	7	35	34.91	51.94	24				4.6	IIES
2007			11	25	6	34.6	50.5	14				3.2	IIES
2007			18	4	43	34.96	52.75	14				3.4	IIES
2007			18	26	33	34.77	52.61	14				3.2	IIES
2007			20	32	9	35.32	51.81	9				3.1	IIES
2007			20	48	38	35.81	52.45	6				3.2	IIES
2007			16	9	16	35.43	52.45	14				3.2	IIES
2007			15	21	48	35.93	52.31	14				3.4	IIES
2007			15	24	39	35.91	52.2	14				3.2	IIES
2007			17	23	11	36.03	52.12	14				3	IIES
2007			8	1	50	35.09	52.97	17				3.2	IIES
2008			22	53	46	34.58	50.82	14				3	IIES
2008			4	2	52	36.15	52.46	6				3	IIES
2008			11	40	50	34.31	51.07	25				3	IIES
2008			9	36	35	35.27	50.85	11				3.2	IIES
2008			18	49	55	36.25	52.73	14				4.5	IIES
2008			22	44	29	35.7	52.55	15				3.8	IIES
2008			15	7	42	34.9	52.49	17				3.4	IIES
2008			22	56	36	35.2	51.49	14				3.4	IIES
2008			0	38	27	35.99	52.48	14				3.4	IIES
2008			4	24	36	36.57	51.08	21				3	IIES
2008			0	37	41	35.31	52.93	14				3.1	IIES
2008			10	1	20	35.39	53.09	14				3	IIES
2008			17	42	9	34.59	50.8	14				3	IIES
2008			16	29	44	35.55	51.92	26				3	IIES
2008			22	27	1	34.92	52.64	15				3.5	IIES
2008			12	57	38	35.97	52.22	8				3.1	IIES
2008			22	23	5	36.15	51.23	12				3	IIES
2008			3	59	9	34.95	52.78	14				3	IIES
2008			10	33	36	34.9	52.62	15				3	IIES
2008			14	2	10	35.18	52.69	14				3.5	IIES
2009			8	46	1	36.4	52.55	14				3.1	IIES

 پژوهش عمران راهوار	صفحه ۱۲۴	گزارش نهایی مطالعات لرزه‌خیزی، تحلیل خطر زلزله و تهیه طیف بازتاب				 شرکت سرمایه گذاری عظام
	بهمن ماه ۱۳۹۱	CODE: 173	SEQ: 12	REV: 01	پروژه هزار و یک شهر	



2009			13	48	35	36.3	51.58	14				3.4	IIIES
2009			10	2	30	35.16	51.6	7				3.3	IIIES
2009			10	18	8	36.33	51.88	14				3.3	IIIES
2009			1	30	24	36.4	51.92	18				3	IIIES
2009			2	51	6	35.32	53.01	14				3.4	IIIES
2009			23	18	11	35.85	51.89	15				3	IIIES
2009			0	5	37	35.88	52.88	14				3.2	IIIES
2009			22	55	15	35.77	52.6	14				3.7	IIIES
2009			7	36	26	34.49	51.98	30				3.4	IIIES
2009			17	7	14	34.53	52.07	16				3.3	IIIES
2009			9	27	42	36.15	50.43	14				4	IIIES
2009			13	57	45	36.29	51.94	14				3.8	IIIES
2009			14	25	36	36.24	51.98	14				3	IIIES
2009			22	5	3	36.33	52.02	14				4.2	IIIES
2009			23	6	16	36.21	51.91	14				3.7	IIIES
2009			0	28	41	36.23	51.91	14				3.8	IIIES
2009			15	51	9	35.57	52.64	15				3.1	IIIES
2009			16	56	50	36.31	51.97	14				3.3	IIIES
2009			1	29	43	36.47	51.81	15				3	IIIES
2009			3	58	58	36.29	51.73	16				3.1	IIIES
2009			22	2	29	35.33	52.72	11				3	IIIES
2009			10	53	57	35.5	51.59	18				3.9	IIIES
2009			4	7	35	35.58	52.23	12				2.8	IIIES
2009			4	21	59	35.57	52.59	14				2.8	IIIES
2009			6	41	5	35.6	52.01	10				2.5	IIIES
2009			3	46	15	35.48	50.82	37				2.5	IIIES
2009			16	59	19	35.72	52.4	6				2.8	IIIES
2009			4	34	44	35.68	52.05	15				2.6	IIIES
2009			2	35	21	36.9	50.51	16				2.5	IIIES
2010			5	48	6	34.5	51.33	6				2.6	IIIES
2010			5	20	5	35.87	52.86	14				4.2	IIIES
2010			5	26	21	35.92	52.82	6				3.8	IIIES
2010			17	37	30	35.94	52.88	6				3.4	IIIES
2010			2	17	2	35.86	52.77	14				3.1	IIIES
2010			6	24	0	35.85	52.65	6				2.8	IIIES
2010			10	18	8	35.97	52.98	14				2.8	IIIES
2010			16	36	32	35.91	52.8	16				2.6	IIIES
2010			23	12	55	35.96	52.62	19				2.8	IIIES
2010			1	52	25	35.74	52.66	14				3.7	IIIES
2010			13	51	33	35.77	52.5	16				3.4	IIIES
2010			16	45	4	35.75	52.45	14				2.7	IIIES
2010			23	34	57	35.94	52.73	14				2.5	IIIES
2010			1	38	31	35.98	52.79	7				2.7	IIIES
2010			6	32	42	35.86	52.71	6				2.7	IIIES
2010			15	21	13	34.87	50.24	14				2.8	IIIES
2010			4	54	51	34.66	52.02	43				2.6	IIIES
2010			3	22	14	36.4	51.84	6				3.8	IIIES
2010			7	58	46	36.41	51.83	18				2.6	IIIES
2010			5	34	50	36.53	50.53	14				2.8	IIIES
2010			22	34	10	35.93	52.78	14				3.7	IIIES

 پژوهش عمران راهوار	صفحه ۱۲۵	گزارش نهایی مطالعات لرزه‌خیزی، تحلیل خطر زلزله و تهیه طیف بازتاب				 شرکت سرمایه گذاری عظام
	بهمن ماه ۱۳۹۱	CODE: 173	SEQ: 12	REV: 01	پروژه هزار و یک شهر	

2010			18	40	17	34.65	50.85	24				2.7	IIES
2010			13	36	13	35.43	52.71	16				3.1	IIES
2010			0	59	55	35.28	52.03	34				3.1	IIES
2010			9	51	8	34.59	50.67	14				2.7	IIES
2010			4	21	21	36.15	52.37	14				2.8	IIES
2010			7	23	31	35.75	52.44	6				3	IIES
2010			2	4	19	35.82	51.85	11				2.5	IIES
2010			23	57	11	36.34	50.04	15				2.5	IIES
2010			3	41	47	35.19	52.28	46				3.3	IIES
2010			0	51	20	35.68	51.93	14				2.8	IIES
2010			16	51	5	35.71	52.14	11				3.2	IIES
2010			4	9	35	36.57	51.35	14				2.6	IIES
2010			23	33	1	36.64	52.42	17				2.9	IIES
2010			3	11	55	36.53	50.85	35				3.2	IIES
2010			19	41	17	35.93	51.06	14				2.6	IIES
2010			2	47	1	35.77	52.7	14				3	IIES
2010			3	46	6	36.67	50.8	14				3.2	IIES
2010			15	17	21	35.36	52.39	33				2.9	IIES
2010			19	56	8	35.71	52.71	15				3.4	IIES
2010			22	22	54	36.47	52.33	6				2.8	IIES
2010			16	44	12	35.7	49.93	14				2.5	IIES
2010			5	50	30	35.59	49.93	14				2.6	IIES
2010			17	48	3	35.61	49.87	18				3.1	IIES
2010			1	14	43	36.1	51.96	6				3.2	IIES
2010			3	48	35	36.34	52.63	6				2.9	IIES
2010			20	12	15	35.97	52.27	6				2.8	IIES
2010			3	0	27	35.06	51.48	17				3.5	IIES
2010			4	7	2	35.43	51.81	14				2.7	IIES
2011			11	48	34	36.28	50.97	15				2.6	IIES
2011			18	7	15	35.73	52.21	14				2.6	IIES
2011			12	1	49	36.51	50.77	24				3.3	IIES
2011			20	38	38	34.88	51.87	27				3	IIES
2011			7	41	29	35.5	50.19	17				3	IIES
2011			11	22	16	35.47	51.78	26				4.2	IIES
2011			16	3	11	36.56	52.11	46				3.1	IIES
2011			10	12	32	35.12	51.04	17				2.7	IIES
2011			12	12	26	35.51	51.95	14				3.9	IIES
2011			14	34	30	35.51	52.16	18				3	IIES
2011			20	27	46	35.46	52.07	14				2.8	IIES
2011			6	1	56	35.66	52.54	7				2.8	IIES
2011			4	21	35	36.41	50.64	14				2.8	IIES
2011			7	18	39	36.06	51.56	16				2.6	IIES
2011			11	22	31	35.89	51.89	33				2.5	IIES
2011			18	42	6	35.49	52.23	14				2.6	IIES
2011			16	11	35	34.95	52.42	35				2.6	IIES
2011			1	6	57	35.55	50	17				3.7	IIES
2011			7	21	27	36.96	50.84	6				3.3	IIES
2011			12	28	35	36.39	51.33	14				2.6	IIES
2011			4	38	54	36.82	50.89	15				3	IIES
2011			14	23	16	34.74	52.45	14				4.1	IIES

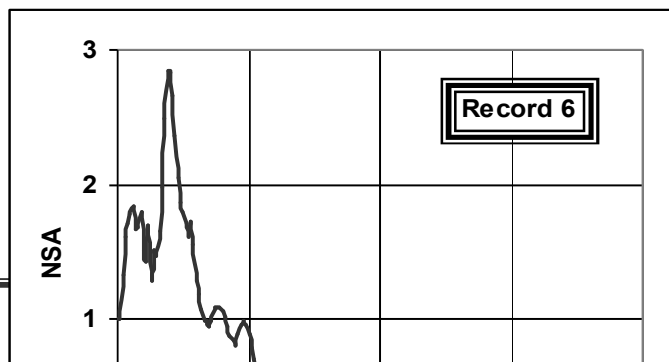
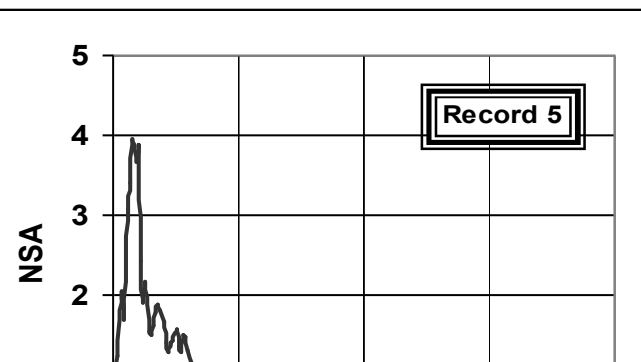
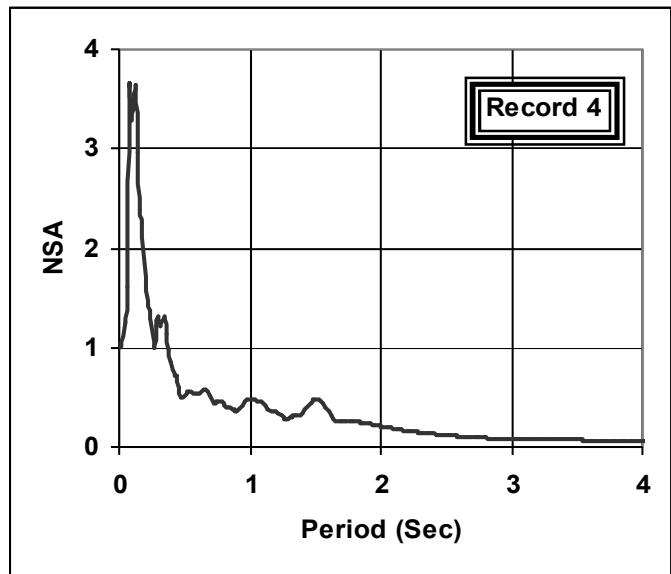
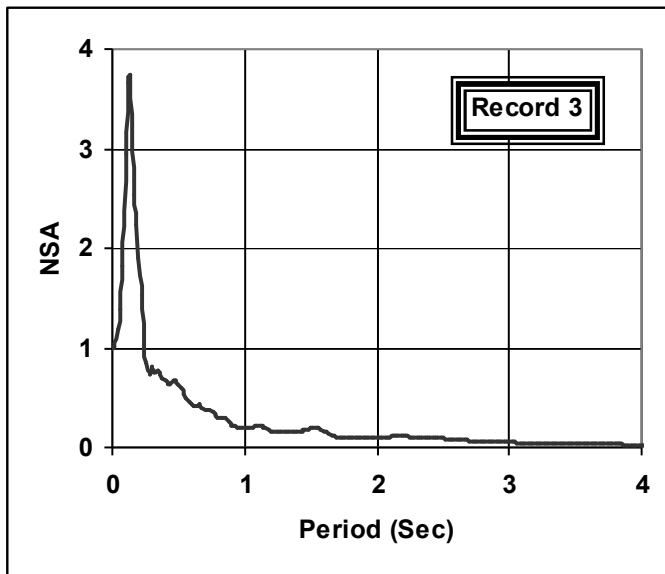
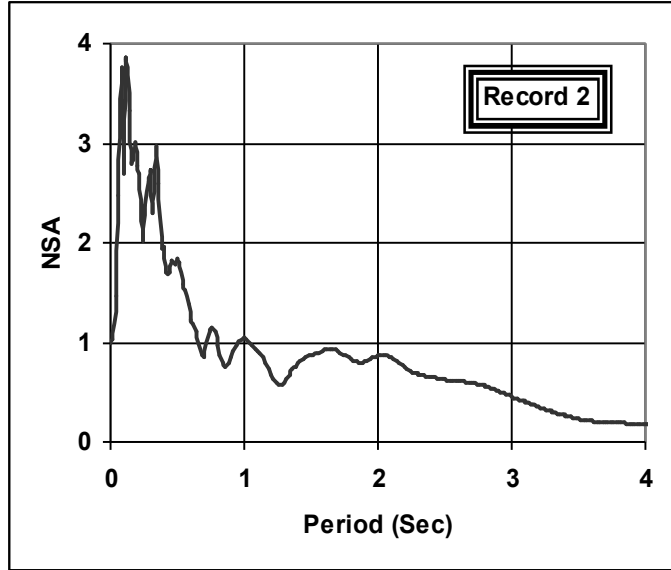
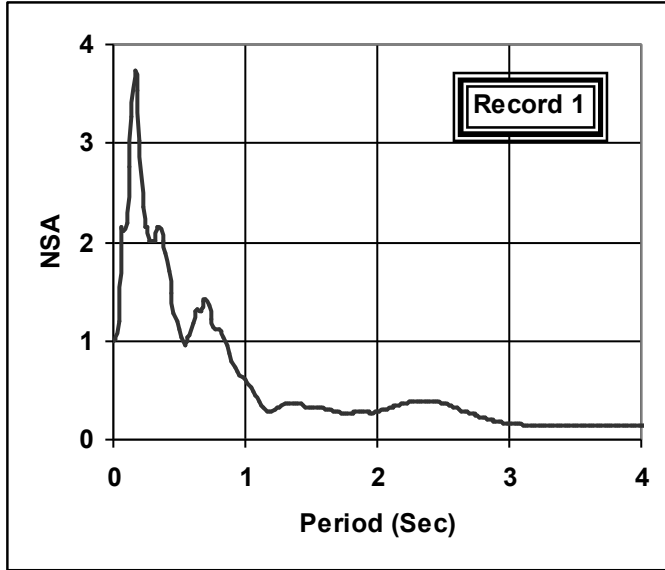
 پژوهش عمران راهوار	صفحه ۱۲۶	گزارش نهایی مطالعات لرزه‌خیزی، تحلیل خطر زلزله و تهیه طیف بازتاب				 شرکت سرمایه گذاری عظام
	بهمن ماه ۱۳۹۱	CODE: 173	SEQ: 12	REV: 01	پروژه هزار و یک شهر	



2011			9	41	16	35.99	51.31	14				2.9	IIIES
2011			1	45	39	36.14	50.5	17				2.9	IIIES
2011			19	46	48	35.1	50.63	32				2.5	IIIES
2011			17	22	16	35.25	51.92	14				2.8	IIIES
2011			0	39	11	35.25	51.93	15				3.1	IIIES
2011			2	11	37	35.89	51.99	15				2.7	IIIES
2011			11	28	41	36.35	52.22	14				2.8	IIIES
2011			17	47	7	34.48	51.34	6				2.7	IIIES
2011			17	19	8	34.46	51.3	14				2.9	IIIES
2011			14	18	12	36.49	51.98	16				2.8	IIIES
2011			13	19	8	35.26	51.92	18				3.3	IIIES
2011			7	48	9	35.19	52.05	16				3.6	IIIES
2011			7	26	55	35.71	52.11	15				2.9	IIIES
2011			2	25	0	35.71	51.96	23				2.7	IIIES
2011			16	49	23	36.63	52.25	16				2.8	IIIES
2011			16	35	27	36.18	52.33	17				3.1	IIIES
2011			11	57	28	35.56	49.96	6				2.5	IIIES

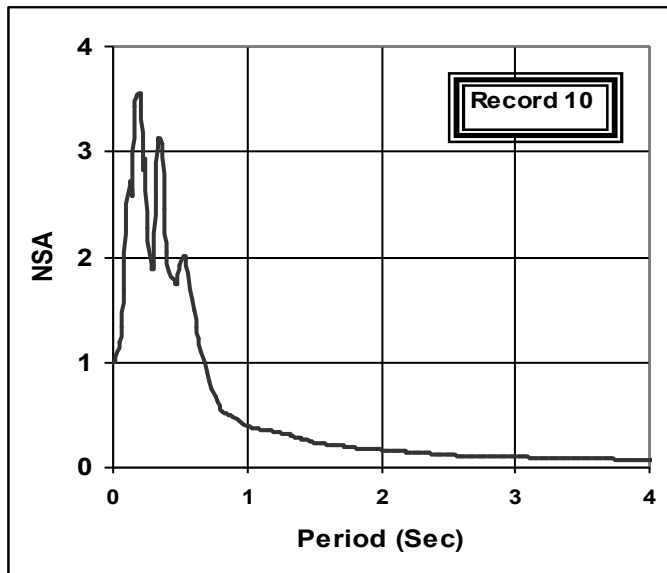
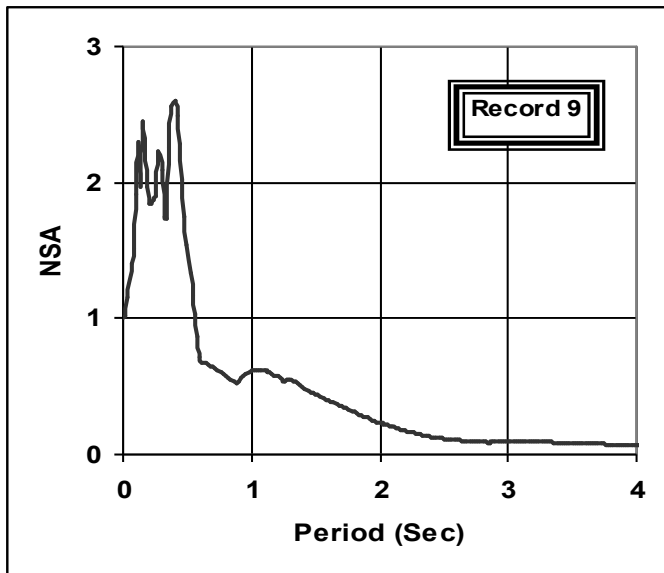
 پژوهش عمران راهوار	صفحه ۱۲۷	گزارش نهایی مطالعات لرزه‌خیزی، تحلیل خطر زلزله و تهیه طیف بازتاب			 شرکت سرمایه گذاری عظام
	بهمن ماه ۱۳۹۱	CODE: 173	SEQ: 12	REV: 01	

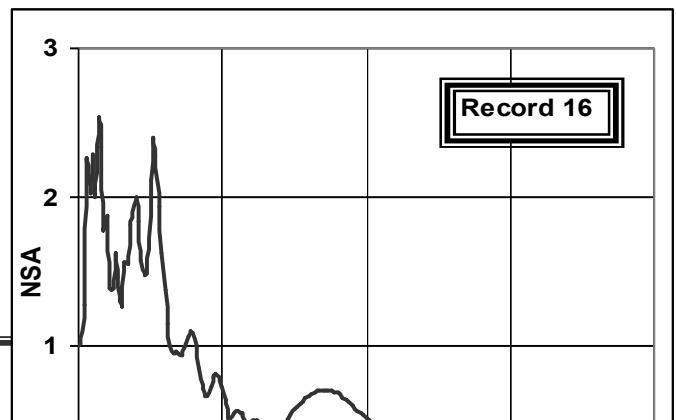
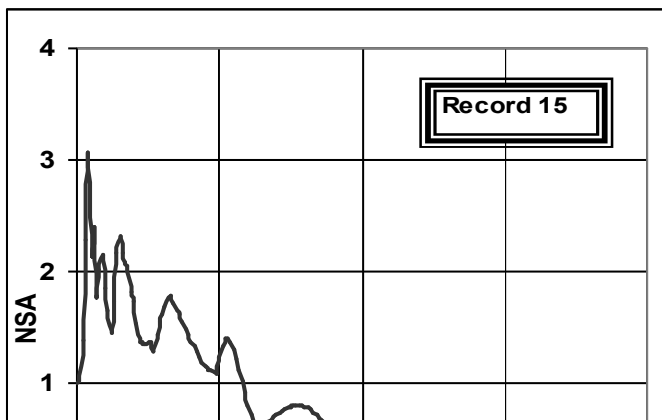
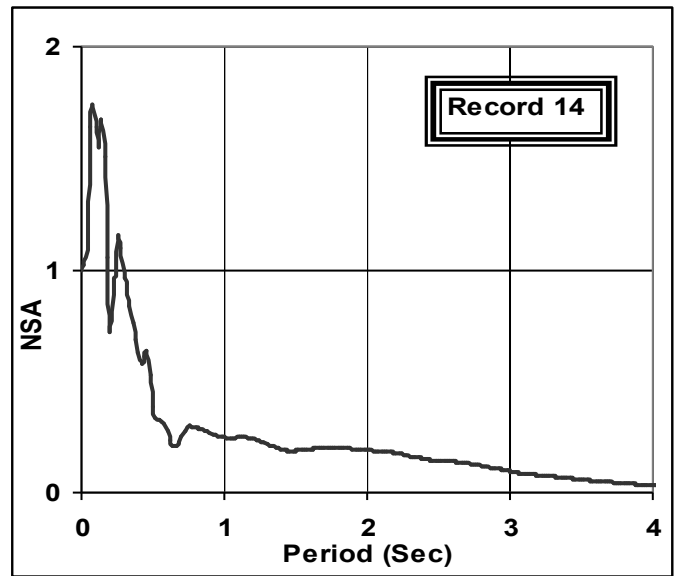
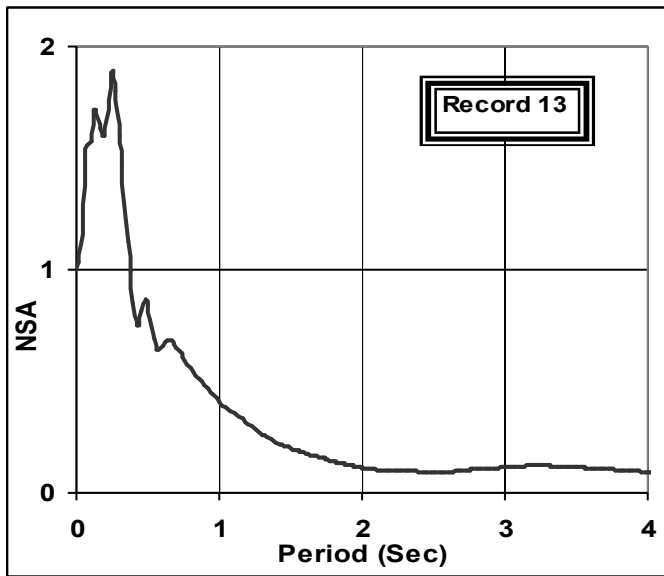
پیوست "ب":

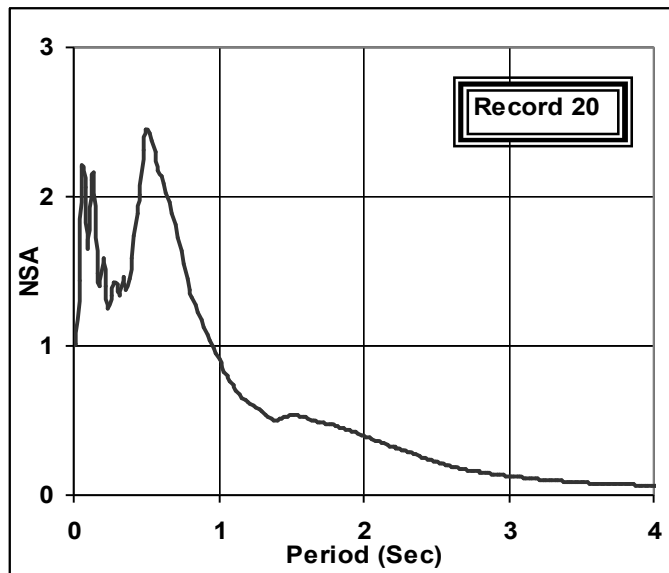
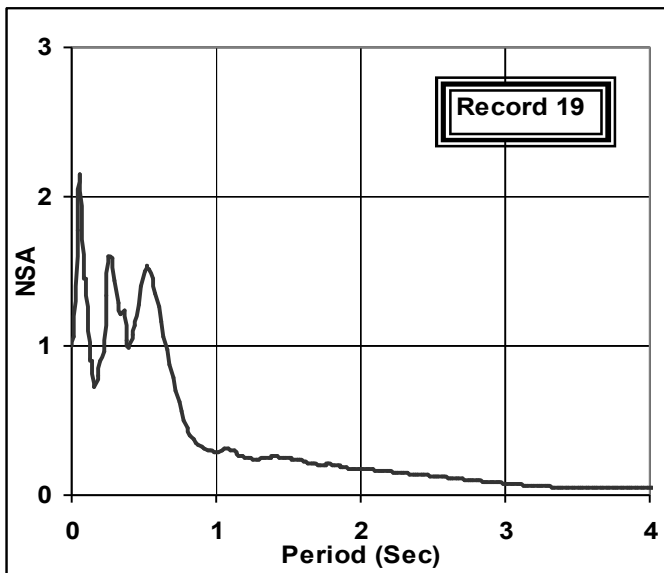
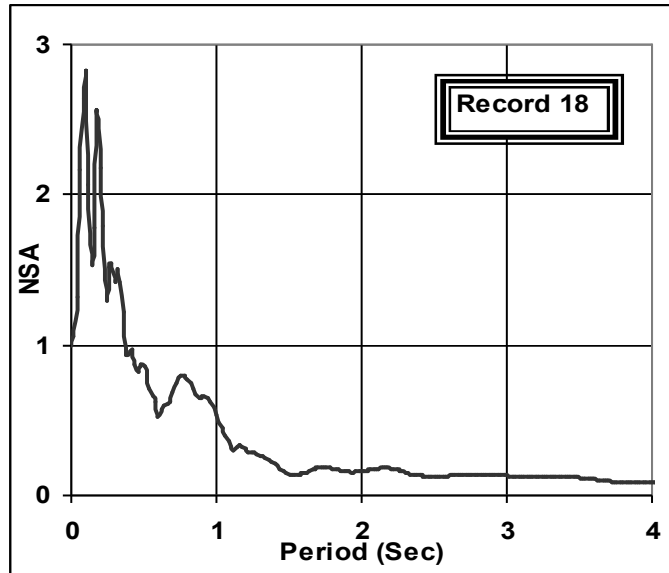
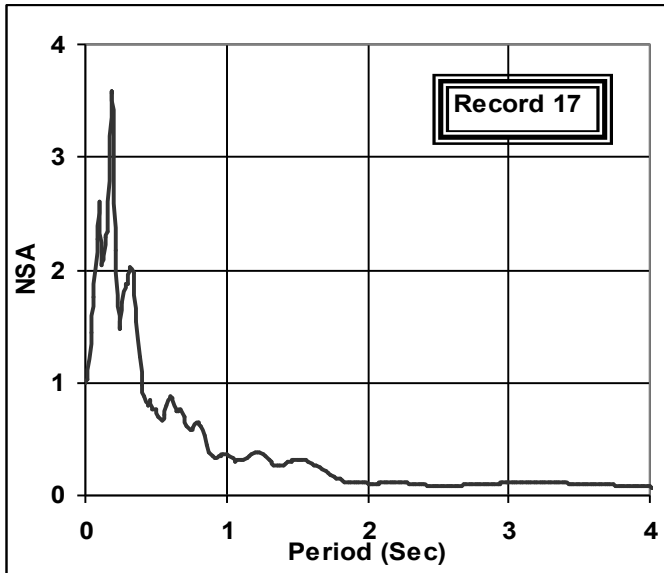
طیفهای پاسخ حرکات ورودی





 <p>پژوهش عمران راهوار</p>	صفحه ۱۲۹	گزارش نهایی مطالعات لرزه‌خیزی، تحلیل خطر زلزله و تهیه طیف بازتاب				 <p>شرکت سرمایه گذاری عظام</p>
	بهمن ماه ۱۳۹۱	CODE: 173	SEQ: 12	REV: 01	پروژه هزار و یک شهر	







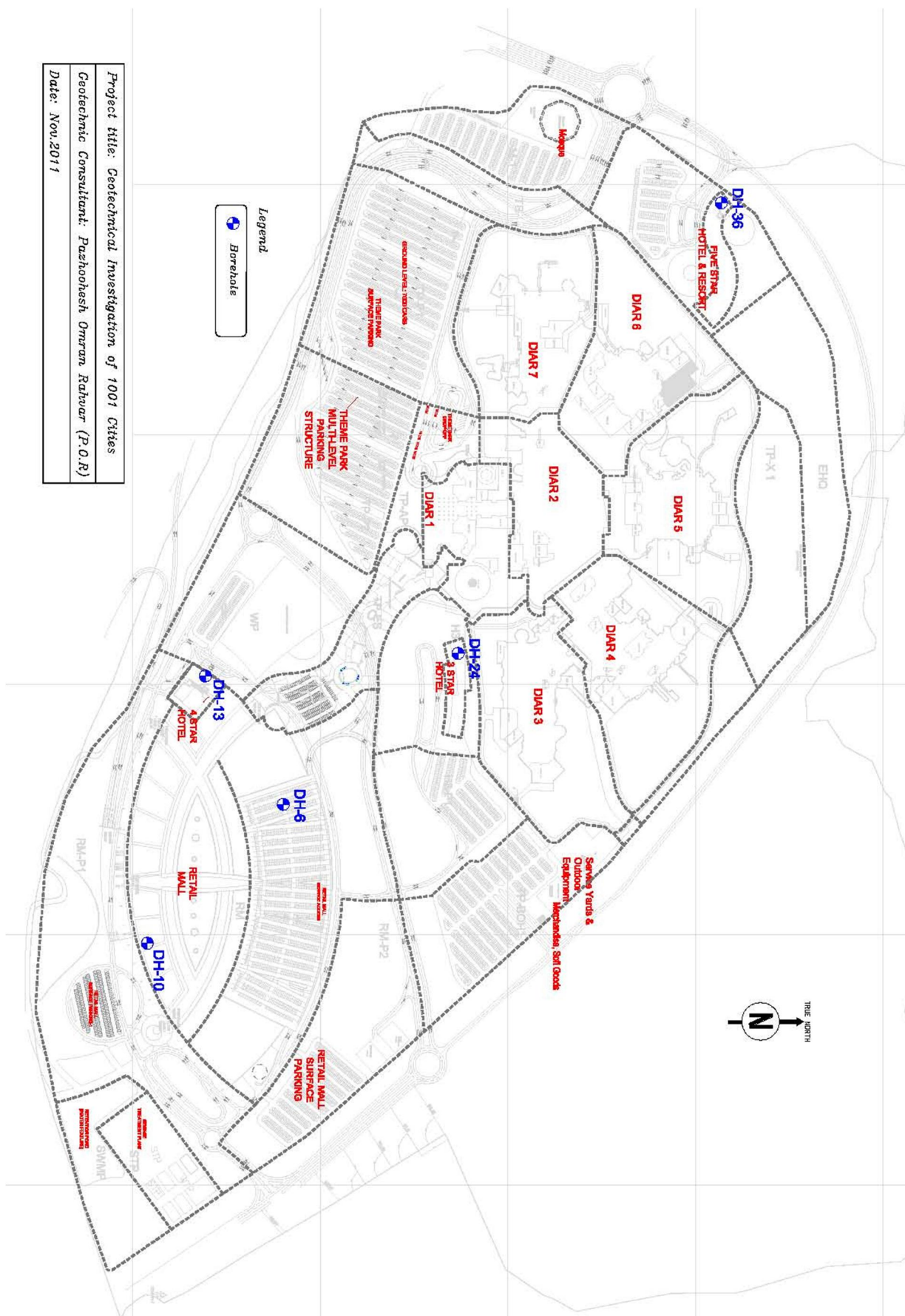
 پژوهش عمران راهوار	صفحه ۱۳۲	گزارش نهایی مطالعات لرزه‌خیزی، تحلیل خطر زلزله و تهیه طیف بازتاب			 شرکت سرمایه گذاری عظام
	بهمن ماه ۱۳۹۱	CODE: 173	SEQ: 12	REV: 01	

پیوست "ج" :

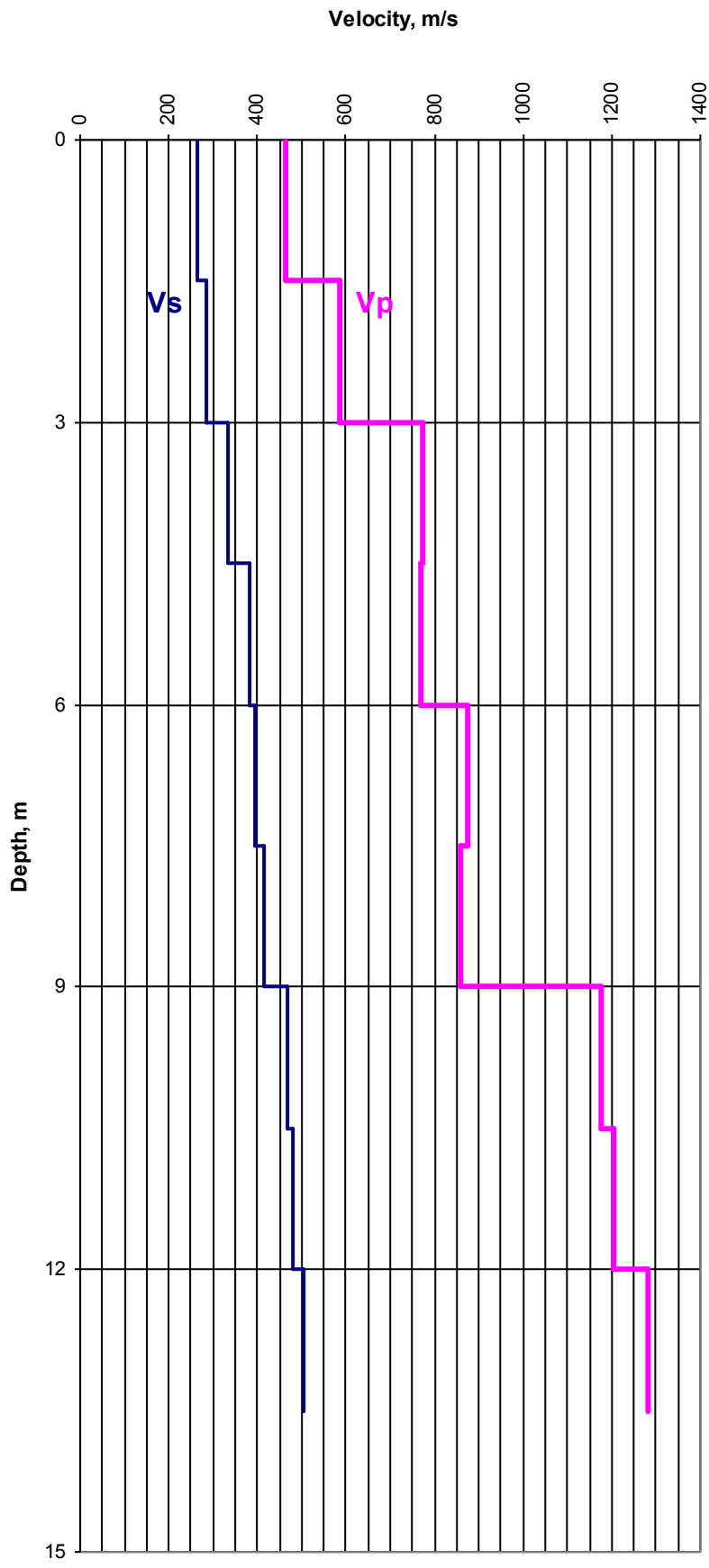
نتایج آزمایشهای Downhole



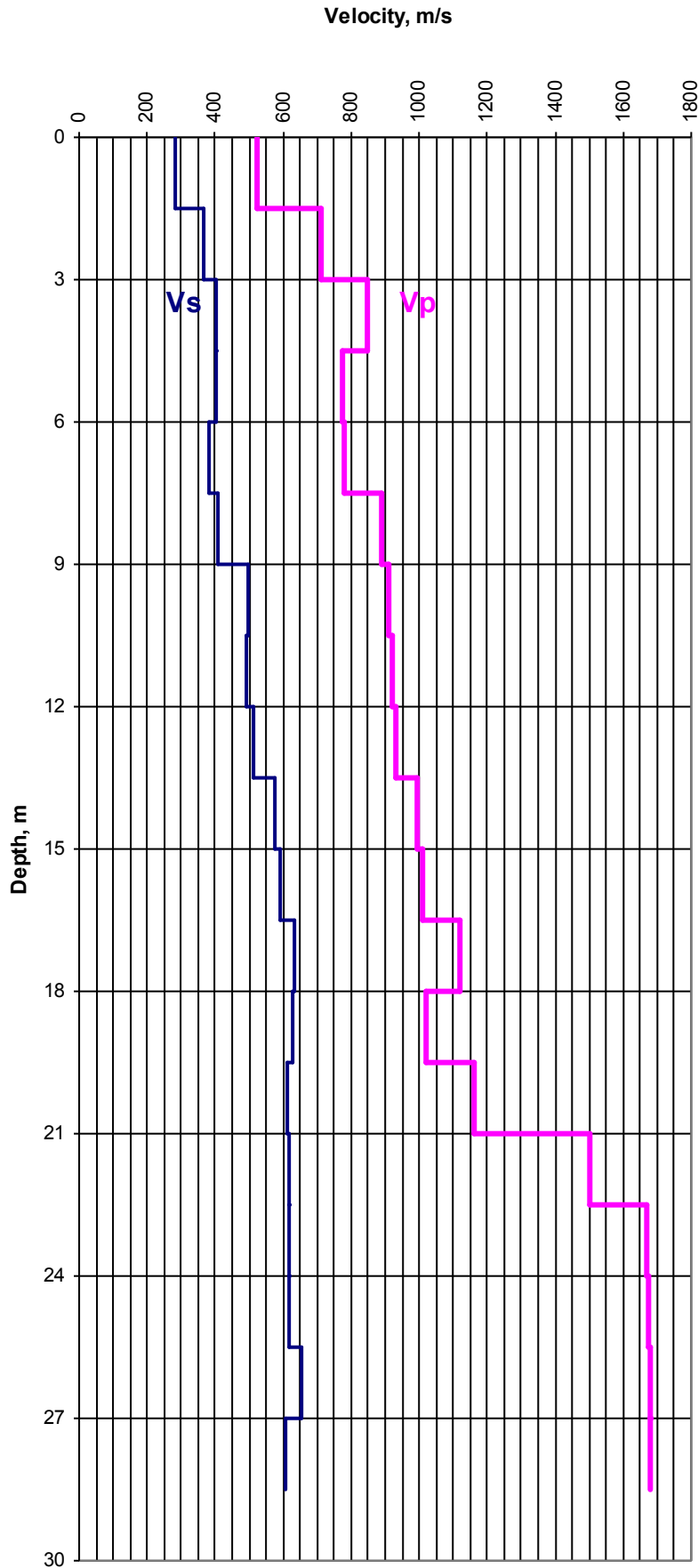
Project title: Geotechnical Investigation of 1001 Cities
 Geotechnic Consultant: Pashoohash, Omran, Rahvar (P.O.R)
 Date: Nov.2011



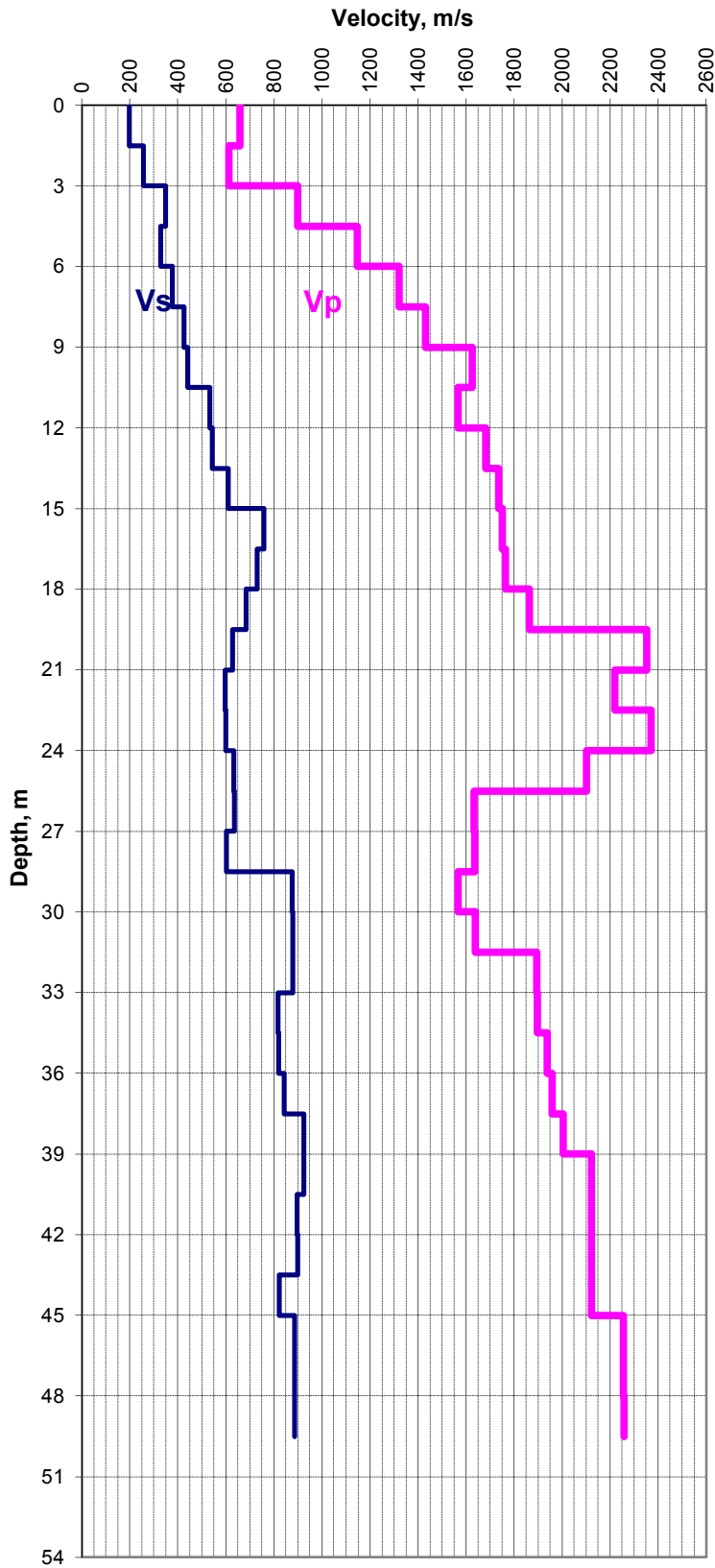
موقعیت گمانه های آزمایش Downhole



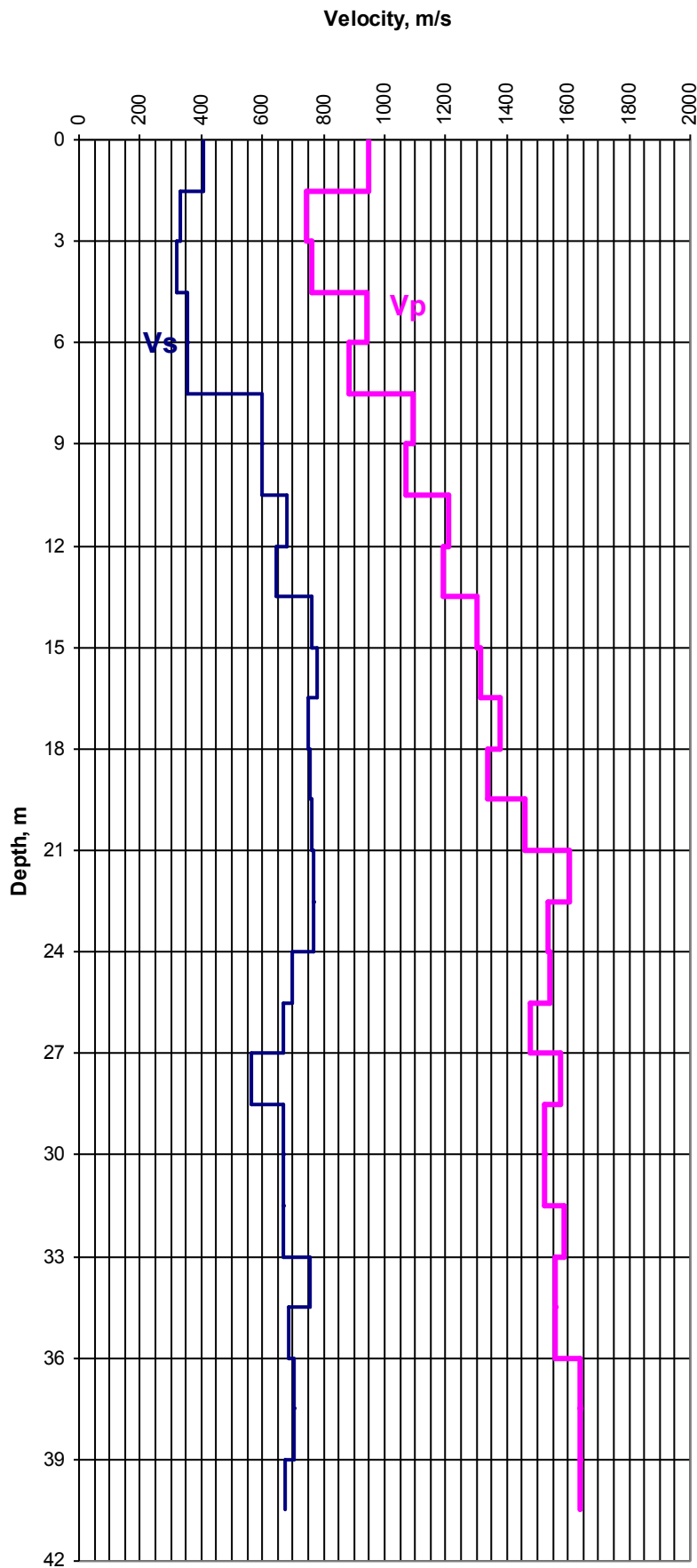
تغییرات سرعت موج فشاری و برشی با عمق در گمانه DH-6



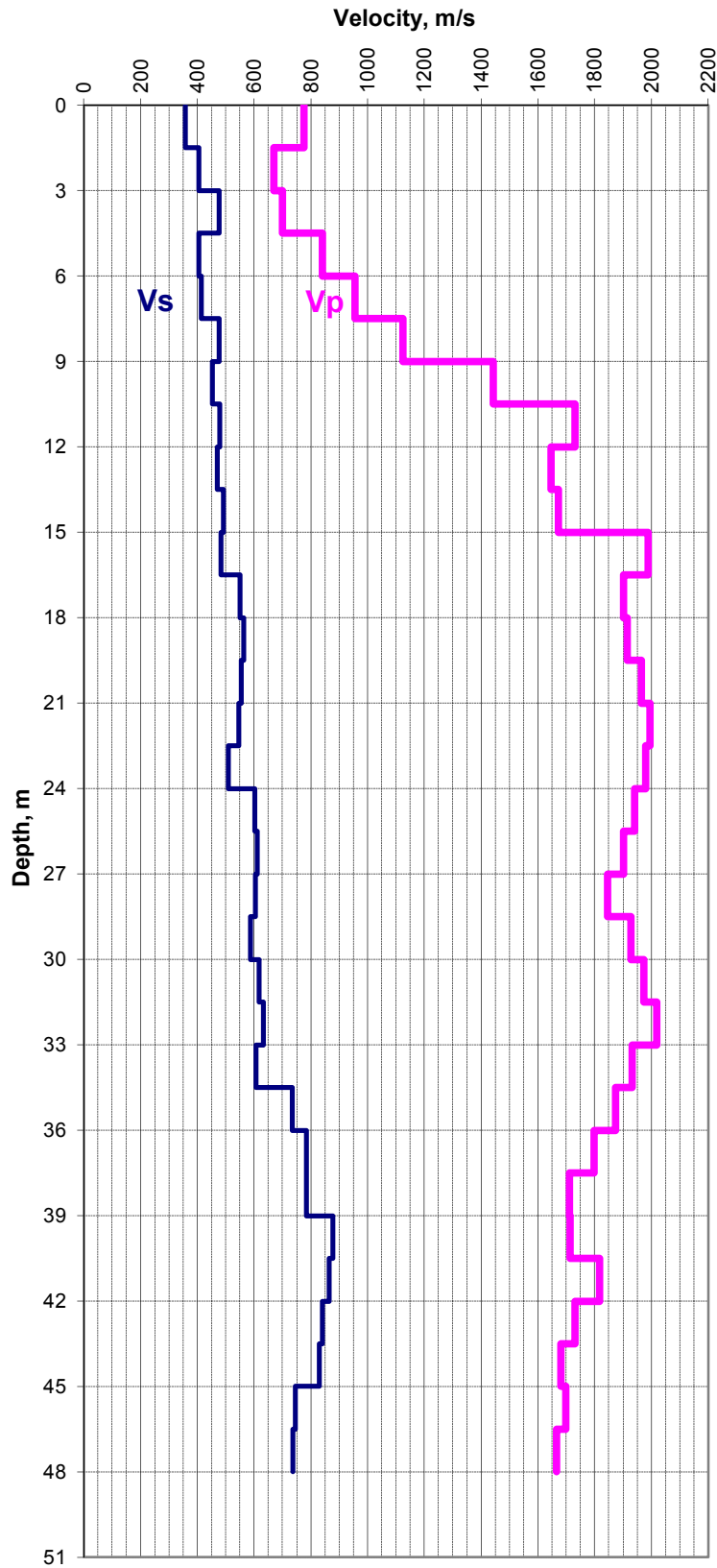
تغییرات سرعت موج فشاری و برشی با عمق در گمانه DH-10



تغییرات سرعت موج فشاری و برشی با عمق در گمانه DH-13



تغییرات سرعت موج فشاری و برشی با عمق در گمانه DH-24



تغییرات سرعت موج فشاری و برشی با عمق در گمانه DH-36