

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



پردیس خوارزمی

پایان نامه کارشناسی ارشد ژئوتکنیک

بررسی خطر لرزه خیزی در محدوده حریم خط لوله انتقال آب سد ماملو به تهران (تحلیل

خطر نقاط مختلف این خط لوله در طول آن)

**Evaluation of Seismic hazard analysis in the water pipeline from Mamlou dam to
Tehran (Hazard Analysis in various points along the pipeline)**

نگارنده : اکبر هرمزی

استاد راهنما:

دکتر امیر بذرافشان مقدم

مرداد ۱۳۹۵

شماره: ۰۲/۲۲۴۲.انت

تاریخ: ۹۵,۶,۲۹

ویرایش:

باسمه تعالی



مدیریت تحصیلات تکمیلی

فرم شماره ۷: صورتجلسه نهایی دفاع از پایان نامه دوره کارشناسی ارشد

با تأییدات خداوند متعال و با استعانت از حضرت ولی عصر (عج) ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد آقای اکبر هرمزی به شماره دانشجویی ۹۲۱۵۰۱۴ رشته: مهندسی عمران گرایش مکانیک خاک و پی تحت عنوان: بررسی خطر لرزه خیزی خطر انتقال آب سد ماملو به تهران که در تاریخ: ۹۵/۶/۱۳۰ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می‌گردد:

<input type="checkbox"/> مردود	<input type="checkbox"/> دفاع مجدد	<input checked="" type="checkbox"/> خوب (با درجه: امتیاز ۱۶۷۰)
نوع تحقیق:		<input type="checkbox"/> نظری <input type="checkbox"/> عملی

۱- عالی (۲۰-۱۹)

۲- بسیار خوب (۱۸/۹۹-۱۸)

۳- خوب (۱۷/۹۹-۱۶)

۴- قابل قبول (۱۵/۹۹-۱۴)

۵- نمره کمتر از ۱۴ غیر قابل قبول

عضو هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
۱- استاد راهنمای اول	دکتر امیر نذر افشان مقدم	استاد	
۲- استاد راهنمای دوم			
۳- استاد مشاور			
۴- نماینده شورای تحصیلات تکمیلی	دکتر علی عباس نژاد	استاد	
۵- استاد ممتحن اول	دکتر مهدی عجمی	استاد	
۶- استاد ممتحن دوم	دکتر سعید گلپیان	استاد	



سپاس خدای را که هر چه دارم از اوست

تقدیم به پدر و مادر عزیزم

خدای را بسی شاکرم که از روی کرم، پدر و مادری فداکار نسبیم ساخته تا در سایه درخت پر بار وجودشان بیاسایم و از ریشه آنها شاخ و برگ گیرم و از سایه وجودشان در راه کسب علم و دانش تلاش نمایم. والدینی که بودنشان تاج افتخاری است بر سرم و نامشان دلیلی است بر بودنم، چرا که این دو وجود، پس از پروردگار، مایه هستی ام بوده اند دستم را گرفتند و راه رفتن را در این وادی زندگی پر از فراز و نشیب آموختند. آموزگارانی که برایم زندگی، بودن و انسان بودن را معنا کردند.

تقدیم به همسر مهربانم

به پاس قدر دانی از او که با قلبی آکنده از عشق و معرفت، محیطی سرشار از سلامت، امنیت، آرامش و آسایش برای من فراهم آورده، و در تمام طول تحصیل همراه و همگام من بود.

تقدیم به او که آموخت مرا تا بیاموزم

تقدیم به پسران آقایم علی و ایلای عزیز، که امید بخش جانم هستند، که آسایش آنان آرامش من است.

تقدیم به استاتید گرانقدر

به استادان فرزانه و فرهیخته ای که در راه کسب علم و معرفت مرا یاری نمودند .

به آنان که در راه کسب دانش راهنمایم بودند .

به آنان که نفس خیرشان و دعای روح پرورشان بدرقه ی راهم بود.

الها به من کمک کن تا بتوانم ادای دین کنم و به خواسته ی آنان جامه ی عمل بپوشانم.

پروردگارا حسن عاقبت ، سلامت و سعادت را برای آنان مقدر نما .

خدایا توفیق خدمتی سرشار از شور و نشاط و همراه و همسو با علم و دانش و پژوهش

جهت رشد و شکوفایی ایران کهنسال عنایت بفرما.

و با تشکر ویژه از جناب آقای دکتر سعید گلپایان و جناب آقای دکتر مهدی عجمی که

زحمت مطالعه و داوری این پایان نامه را بر عهده گرفتند، قدردان زحمات شما

بزرگواران هستم.

و تقدیم به تمام کسانی که فروغ نگاهشان، گرمی

کلامشان و روشنی رویشان سرمایه جاودانی زندگی من

بوده است...

تعهد نامه

صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه بررسی خطر لرزه خیزی در محدوده حریم خط لوله انتقال آب سد ماملو به تهران (تحلیل خطر نقاط مختلف این خط لوله در طول آن) تحت راهنمایی آقای دکتر امیر بذرافشان مقدم متعهد می شوم .

- حقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است .
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است .
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه ن شده است .
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید .
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است .
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است .

تاریخ ۱۳۹۵/۰۵/۱۵

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، کتاب ، برنامه های رایانه ای ، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود .
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

چکیده

یکی از معضلات بزرگ برای خطوط لوله با قطر بالا گسیختگی در هنگام زمین لرزه می باشد. به همین دلیل بررسی تقاطع گسل ها با این گونه خطوط لوله و میزان لرزه خیزی محدوده حائز اهمیت می باشد و می تواند در طراحی و بهره برداری و مدیریت بحران مورد کاربرد قرار گیرد.

مخاطرات ناشی از انتشار امواج و تغییر شکل های دائمی زمین (PGD) Peak Ground Displacement موجب شکست خطوط لوله مدفون انتقال آب، گاز و فاضلاب در زلزله های شدید می شود و خطوط لوله نمی توانند در برابر تغییر شکل های برشی مقاومت کنند.

با توجه به اهمیت خط لوله انتقال آب سد ماملو به طول ۳۵ کیلومتر، قطر ۱۸۰۰ میلیمتر و دبی عبوری بالغ بر ۲/۵ متر مکعب در ثانیه، که یکی از شریان های اصلی تامین کننده شبکه و حلقه آب شهر تهران می باشد، و همچنین با توجه به لرزه خیزی منطقه این خط لوله برای لرزه های گسل های مجاور مورد تحلیل خطر زلزله قرار گرفته است.

تحلیل خطر زلزله خود بر دو نوع تحلیل خطر به روش تعیینی و احتمالاتی می باشد. که در این تحقیق از روش احتمالاتی استفاده شده است. در این روش ابتدا با تهیه کاتالوگ لرزه ای که شامل اطلاعات تاریخی زلزله ها از جمله تاریخ وقوع، شدت و محل وقوع آنها می باشد، نمودار توزیع اطلاعات زلزله رسم شده است. با استفاده از تحلیل آماری و رگرسیون خطی، معادله ای بر توزیع بدست آمده برازش داده شده است تا پارامتر های مربوط به رابطه گوتنبرگ- ریشتر به دست آید، با استفاده از توزیع بدست آمده سایت مورد نظر مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته است.

با توجه به نتایج به دست آمده پیشنهاد می گردد برای کاهش خطر زلزله از خطوط لوله پیوسته با مصالح قوی تر و شکل پذیرتر و ضخامت بیشتر استفاده شود.

کلمات کلیدی: زلزله، تحلیل خطر، روش احتمالاتی، خطوط انتقال

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

فصل اول_ مقدمه

- ۱-۱ مقدمه:..... ۲
- ۲-۱ موضوع پژوهش ۵
- ۳-۱ ساختار پایان نامه ۵

فصل دوم روش های مختلف آنالیز خطر لرزه ای

- تعاریف و روش های مختلف آنالیز خطر لرزه ای ۸
- ۱-۲ خطرات لرزه‌های اصلی ۸
- ۲-۲ مکانیسم‌های اصلی شکست ۱۰
- ۳-۲ روشهای ارزیابی آسیبپذیری ۱۱
- ۱-۳-۲ گسیختگی ناشی از گسل ۱۱
- ۲-۳-۲ گسیختگی ناشی از لرزش زمین ۱۴
- ۳-۳-۲ گسیختگی ناشی از روان‌گرایی ۱۵
- ۴-۲ تحلیل خطر لرزه‌ای ۱۸
- ۱-۴-۲ آنالیز خطر لرزه‌ای تعیینی (DSHA): ۱۹
- ۲-۴-۲ آنالیز خطر لرزه‌ای احتمالاتی (PSHA): ۱۹
- ۵-۲ عدم قطعیت در احتمال خطر ۱۹
- ۱-۵-۲ عدم قطعیت ذاتی (ALEATORY VARIABILITY UNCERTAINTY): ۱۹
- ۲-۵-۲ عدم قطعیت ناشی از نقصان اطلاعات (EPISTEMIC UNCERTAINTY): ۲۰
- ۳-۵-۲ مقایسه و نقاط ضعف دو روش PSHA و DSHA: ۲۰

فصل سوم اطلاعات داده ها در سایت ماملو

- ۳-۱ نحوه انجام کار ۲۲
- ۳-۲ شرح جمع‌آوری اطلاعات و روند محاسبات: ۲۲
- ۳-۳ تهیه کاتالوگ لرزه‌ای منطقه: ۲۹

۳-۴ مشخصات سایت ۳۰

۳-۵ رویدادها و فیلتر آن‌ها: ۳۳

فصل چهارم انجام محاسبات و نتایج

۴-۱ انجام محاسبات و نتایج (روش احتمالاتی PSHA) ۳۶

۴-۱-۱ شناسایی منابع لرزه‌ای: ۳۶

۴-۱-۲ مشخص کردن بزرگ‌ترین زلزله مربوط به هر منبع لرزه‌ای: ۳۶

۴-۱-۳ انتخاب روابط کاهندگی (Attenuation Relationship): ۳۷

۴-۲ محاسبه PGA طرح (Peak Ground Acceleration): ۴۱

۴-۳ تحلیل خطر لرزه‌ای به روش احتمالاتی (Probabilistic Seismic Hazard Analysis) ۴۱

۴-۴ محاسبه و تشکیل منحنی خطر: ۴۸

فصل پنجم نتایج محاسبات و جمع بندی

۵-۱ نتیجه گیری ۵۶

۵-۲ پیشنهادات برای ادامه تحقیق: ۵۹

منابع و مراجع ۶۲

پیوست ۶۵

فهرست شکل ها

عنوان	صفحه
شکل ۲- ۱ گسیختگی يك لوله فولادی در زلزله Mexico City [۲].....	۹
شکل ۳- ۱ نقشه مسیر خط لوله انتقال آب سد ماملو	۲۳
شکل ۳- ۲ نقشه مسیر خط لوله انتقال آب سد ماملو	۲۵
شکل ۳- ۳ نقشه گسل های فعال منطقه و مسیر خط لوله انتقال آب [26].....	۲۸
شکل ۳- ۴ محل و موقعیت خط انتقال آب و زمین لرزه های فعال [26]	۳۲
شکل ۴- ۱ نمودار محاسبه ضرایب گوتنبرگ ریشر	۴۴
شکل ۴- ۲ منحنی خطر مربوط به گسل خزر، گسل آتاری، کوه گوگرد، لاهیجان در سایت ۱	۵۱
شکل ۴- ۳ منحنی خطر مربوط به گسل بنان، الموت رود، قزوین شمالی، زنجان، کندوان در سایت ۱	۵۲
شکل ۴- ۴ منحنی خطر مربوط به گسل طالقان، شمال تهران، اشتهارد، ایپک، پرنده در سایت ۱	۵۲
شکل ۴- ۵ منحنی خطر مربوط به گسل کوشک نصرت ، ایندس ، تفرش ، سیاه کوه ، پیشوا در سایت ۱	۵۳
شکل ۴- ۶ منحنی خطر مربوط به گسل گرمسار ، کوه گچ آب ، البرز شمالی ، مُشا ، کهریزک ، ایوانکی در سایت ۱	۵۳
شکل ۱- ۵ منحنی احتمال فراگشت نقاط ۱ ، ۲ ، ۳ ، ۴ در سایت	۵۸

لیست جداول

صفحه	عنوان
۲۸	جدول ۱-۳ لیست گسل‌های فعال منطقه [26].....
۳۱	جدول ۲-۳ اطلاعات سایت جهت تهیه کاتالوگ [26].....
۳۳	جدول ۳-۳ فیلتر زمانی و مکانی KNOPOFF AND GARDNER [26].....
۳۸	جدول ۱-۴ خلاصه کاتالوگ گسل‌های فعال منطقه.....
۴۰	جدول ۲-۴ ضرایب کاهندگی [21].....
۴۲	جدول ۳-۴ پارامترهای رابطه گوتنبرگ و ریشتر.....
۴۵	جدول ۴-۴ جدول محاسبه اجزا رابطه کاهندگی.....
۴۶	جدول ۵-۴ مشخصات گسل‌ها و اجزای تقسیم شده.....
۴۹	جدول ۶-۴ محاسبات مربوط به PGA متناظر با هر M برای دو نمونه از گسل‌ها.....
۵۰	جدول ۷-۴ محاسبات مربوط به فراگذشت متناظر با هر M برای دو نمونه از گسل‌ها.....
۵۶	جدول ۱-۵ PGA متناظر با هر گسل در سایت.....
۵۹	جدول ۵-۲ جدول PGA متناظر با هر سایت در احتمال فراگذشت ها.....

فصل اول

مقدمه

۱-۱ مقدمه:

خط لوله انتقال آب سد ماملو به طول ۳۵ کیلومتر با قطر ۱۸۰۰ میلی‌متر و از جنس فولاد که در مسیر خود دارای ۸۷ اتاقچه شیر خط، شیرهای واش اوت و شیرهای تخلیه هوا و همچنین تصفیه‌خانه شماره ۷ تهران در ۳ کیلومتر این خط و مخزن ۱۱۸۳ در طول ۲۱ کیلومتری و همچنین انشعاب مخزن مشیره در ۳۱ کیلومتر از طول خود یکی از تأمین‌کننده‌های رینگ آب شرب تهران به حساب می‌آید، بزرگترین معضلات خطوط لوله با قطر بالا مشکلاتی می‌باشد که می‌تواند در هنگام زمین لرزه و گسیختگی گسل‌ها توسط زمین‌لرزه اتفاق افتد. به همین دلیل بررسی تقاطع گسل‌ها با این خط لوله و میزان لرزه‌خیزی محدوده حائز اهمیت می‌باشد و می‌تواند در طراحی و بهره‌برداری و مدیریت بحران مورد کاربرد قرار گیرد. با توجه به اهمیت این خط لوله و ابعاد آن، که یکی از شریان‌های اصلی تأمین‌کننده شبکه و رینگ آب شهر تهران می‌باشد، همچنین با توجه به لرزه‌خیزی محدوده این خط لوله و همچنین گسل‌های فعال فراوان موجود در این محدوده، نیاز به بررسی گسل‌های موجود و تقاطع این گسل‌ها با خط لوله و اثرات آن‌ها و همچنین تحلیل خطر لرزه‌ای در مسیر این خط لوله تا شهر تهران احساس می‌شود.

تاکنون بررسی‌های بسیار زیادی در زمینه شکست خطوط لوله مدفون انتقال آب، گاز و فاضلاب در زلزله‌های شدید انجام و منتشر شده است. این نوع اطلاعات نشان می‌دهند که صدمات لوله‌های انتقال، خرابی‌های زیادی را موجب شده است. بخصوص در مورد آتش‌سوزی ناشی از نشت گاز از لوله‌ها و مشکل مهارکردن آتش در این گونه خرابی‌ها و همچنین خرابی‌های حاصل در اثر خرابی لوله‌های انتقال آب، که در نوع خود پی‌آمدهای غیرقابل جبرانی را در پی دارد. در گزارش‌های ارائه شده، این مشکل در شهرهای بزرگ در مناطق لرزه‌خیز بیش‌تر مورد توجه بوده است [۱]. فقدان آب آشامیدنی در اثر این خرابی‌ها نیز یکی دیگر از این مشکلات است. در زلزله بزرگ ۱۹۸۵ Mexico City (Mw=7.9) نشست‌های بزرگ ناشی از اثرات انتشار امواج زلزله منجر به خرابی سیستم‌های انتقال

آب آشامیدنی گردید. در نتیجه این خرابی‌ها بیش از چهار میلیون از افرادی که در بخش شرقی شهر بودند سه هفته را بدون آب آشامیدنی به سر بردند. خرابی لوله‌ها در بخش‌های شهری وضعیت بحرانی‌تری برای ساکنین نسبت به ساکنین سایر مناطق ایجاد می‌کند [۲]. در زلزله ۱۹۸۹ Loma Prieta در اثر روان‌گرایی، در زلزله ۱۹۹۴ Northridge در اثر تغییر شکل‌های دائمی زمین و در زلزله ۱۹۹۵ کوبه در اثر لرزه‌های زمین، روان‌گرایی در خاک دستی مناطق ساحلی، بیش از ۲۰۰۰ نقطه از لوله‌های شبکه توزیع آب می‌بایست مورد تعمیر قرار می‌گرفتند [۳].

بنابر اطلاعاتی که از اتصالات خطوط لوله در گسل Hayward در دست است مشخص می‌گردد، طراحی موفق برای زلزله در ابتدا طراحی بود که شامل مصالح و سیستم‌های غیرسخت و غیرتردد که بتواند با نشست‌های اعمالی زمین هماهنگ باشد. به این ترتیب لوله‌های پیوسته شامل لوله‌های فولادی با اتصال جوشی، نسبت به لوله‌های غیرپیوسته در مقابل حرکات زمین توانا تر بوده و به‌طور مشابه در برابر حرکات جانبی زمین و خمیدگی‌های احتمالی نسبت به حرکات طولی و کرنش‌های محوری هماهنگی پذیرند [۴].

در ادامه برخی از پی‌آمدهایی که در اثر آسیب خطوط لوله مدفون اتفاق می‌افتد، دلایل اصلی خرابی و روش‌های و راه‌کارهای موجود برای نظر گرفتن اثرات لرزه‌ای در ارزیابی‌ها، طراحی‌ها و در رفتار لوله‌های پیوسته و غیرپیوسته مدفون، مورد بررسی قرار می‌گیرد.

در زلزله ۱۹۸۵ Mexico City در Michigan یک نمونه از این آسیب‌ها رخ داد. بسیاری از کانال‌ها و لوله‌ها در Mexico City و Lazaro در اثر زلزله دچار شکست شد [۲]. آسیب‌های مشابهی در زلزله‌های بعدی مانند ۱۹۸۹ Loma Prieta ، Northridge و Kobe مشاهده شد. در زلزله ۱۷ ژانویه ۱۹۹۴ Northridge California (Mw=6.7) تخمین‌های مالی منتشر شده از خرابی شریان‌های حیاتی به دو میلیون دلار رسید. این رقم فقط شامل تعمیرات و زیان‌هایی غیر از صدمات ناشی از قطع شدن لوله‌ها و آتش‌سوزی‌ها بود [۵]. بررسی عملکرد خطوط لوله انتقال گاز در زلزله‌های California نشان

داده‌است که بیش‌تر آسیب‌ها ناشی از لوله‌های جوشی قبل از سال‌های ۱۹۳۰ که عموماً کیفیت جوش بالایی نداشته‌است بوده‌اند.

لوله‌های ساخته شده پیش از ۱۹۳۰، ۱۰۰ برابر بیش از لوله‌های ساخته شده پس از این سال آسیب دیده‌اند و لوله‌های جدید در برابر امواج درونی زمین بسیار مقاوم اما همچنان در برابر تغییرشکل‌های زمین آسیب‌پذیر مشاهده شدند. در زلزله Northridge همچنین ۱۲۰ خانه سیار به دلیل نشت از لوله‌های گاز در آتش سوختند [۶].

در زلزله ۱۹۸۹ Loma Prieta سیستم خطوط انتقال گاز تقریباً بدون آسیب ماندند اما سیستم خطوط توزیع آب شدیداً آسیب دیدند. تعمیرات از طریق جایگزین کردن لوله‌های انعطاف‌پذیر پلاستیکی با لوله‌های چدنی آسیب‌دیده انجام شد. زلزله ۱۹۸۹ Loma Prieta باعث ۷۴۸ شکستگی در خطوط لوله منابع آب گردید و هزینه‌ای بالغ بر ۱۰ میلیون دلار برای تعمیرات برجای گذاشت [۷]. در زلزله ۱۹۸۷ Viterbo Italy ۱۷ خط لوله اصلی تأمین‌کننده آب شکست و این امر منجر به افت فشار به نصف میزان معمول در سیستم شد. در زلزله ۱۹۹۵ Kobe کمبود آب منجر به تشدید و طولانی شدن آتش‌سوزی گردید [۸].

در ادامه با مروری بر عملکرد خطوط لوله در زلزله‌های گذشته، خطرات لرزه‌ای را برای لوله‌های مدفون برشمرده، پس از معرفی مکانیسم‌های شکست لوله‌های مدفون و روش‌های ارزیابی خطوط لوله مدفون، روش‌های تحلیل لرزه‌ای خطوط لوله پیوسته و ناپیوسته در برابر امواج منتشره و تغییرات دائمی زمین Peak Ground Displacement (PGD) را مورد بررسی فرار می‌دهیم.

۱-۲ موضوع پژوهش

برای تحلیل و ارزیابی خط لوله‌های مدفون و همچنین تعیین خسارات احتمالی ناشی از زلزله یکی از راه‌کارهای موجود انجام تحلیل خطر لرزه‌ای در طول لوله و بدست آوردن پارامترهای مربوطه می‌باشد. در این پژوهش قصد داریم تا با انجام تحلیل خطر لرزه‌ای در نقاط مختلف در طول خط لوله انتقال آب از سد ماملو به شهر تهران این خط لوله را مورد ارزیابی قرار داده و با محاسبه پارامترهای جنبش قوی زمین مانند PGA امکان تحلیل این خط لوله و همچنین ارزیابی خطر در زمان وقوع زلزله احتمالی را فراهم کنیم.

این پژوهش به صورت مطالعه موردی بوده (خط لوله انتقال آب سد ماملو) و با استفاده از روش‌های تحلیل خطر احتمالاتی و همچنین مسائل و روش‌های تحلیل خطر انجام شده و در مورد خط لوله مورد پژوهش محاسبه پارامترهای جنبش قوی زمین در زلزله احتمالی بررسی خواهد شد.

۱-۳ ساختار پایان نامه

فصل اول (مقدمه): در این فصل به طور خلاصه به تاریخچه حوادث مشابه در زلزله‌های بزرگ دنیا و آسیب‌های اتفاق افتاده بر روی خطوط انتقال آب، نفت و گاز و شرح اولیه موضوع پایان نامه پرداخته شده است.

فصل دوم (روش‌های مختلف آنالیز خطر لرزه‌ای): در این فصل به روش‌های متداول تحلیل خطر، که در دو نوع معمول تحلیل خطر تعینی و احتمالاتی می‌باشد و معایب و مزایای این دو روش و عدم قطعیت در محاسبات اشاره شده است.

فصل سوم (اطلاعات داده‌ها در سایت ماملو): در این فصل برداشت اطلاعات مسیر اجرا شده خط انتقال آب سد ماملو و همچنین تاریخچه زلزله‌های اتفاق افتاده در محدوده سایت خط انتقال و گسل‌های فعال منطقه در یک دوره بازگشت ۲۰۰ ساله مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت.

فصل چهارم (انجام محاسبات و نتایج): اطلاعات بدست آمده و پس از فیلتر کردن و قراردادن در رابطه گوتنبرگ ریشتر در روش تحلیل خطر احتمالاتی نتایج را به صورت قابل تحلیل تبدیل می کند که این اعداد و نمودار های بدست آمده در محاسبات طراحی کاربردی می باشد.

فصل پنجم (نتیجه گیری): در این فصل به بررسی نتایج، راهکاری های مقابله خطر وقوع حادثه در شرایط زلزله و مقاوم سازی خط انتقال و همچنین پیشنهادات جهت توسعه این تحقیق پرداخته شده است.

فصل دوم

روش های مختلف آنالیز خطر لرزه ای

تعاریف و روش های مختلف آنالیز خطر لرزه ای

۱-۲ خطرات لرزه ای اصلی

خطرات لرزه ای خط لوله های مدفون به دو صورت عمده وجود دارد. مخاطرات تغییر شکل های دائمی زمین (PGD) و مخاطرات ناشی از انتشار امواج، و یا هر دو [۹]. این نگاه به خطرات لرزه ای ابتدا توسط ارورکو لیو ارائه گردید.

تغییر شکل های دائمی زمین ممکن است خود به دو صورت اتفاق افتد: (۱) تغییر مکان و شیب ناگهانی که توسط گسل های فعال زمین شناختی و یا نشست های بزرگ رخ می دهد یا (۲) به وسیله زمین لغزش یا منتشر شدن خاک در اثر روان گرایی. مورد اول به دو زیرمجموعه طولی (موازی محور خط لوله) و متقاطع (عمود بر محور خط لوله) قابل تفکیک می باشد. این دو مورد به ترتیب در زلزله های ۱۹۹۴ Northridge و زلزله ۱۹۷۱ San Fernando Valley به طور عینی مشاهده شدند [۱۰].

نوع دوم مخاطرات مربوط به تغییر مکان خاک، مستقیماً به امواج لرزه ای منتشره مرتبط است که در کانون زمین لرزه تولید و انرژی را که امواج در خلال عبور از لایه های خاک مستهلک می کنند، آزاد می کند.

گاهی تغییر مکان های ناشی از انتشار امواج به نحوی تشدید می شود که حرکات زمین در سطح زمین از سنگ بستر بزرگ تر می گردد. حرکت یک خط لوله در اثر انتشار امواج لرزه ای عموماً به این صورت در نظر گرفته می شود که هنگامی که حرکت زمین اندک است از حرکات خاک پیروی می کند و هنگامی که حرکت ها بزرگ هستند، در طول سطح تماس بین لوله با خاک محیطی اش لغزش پیدا خواهد کرد. این نوع حرکات باعث ایجاد تنش و کرنش در لوله شده و هنگامی که تنش ها و کرنش ها از حد مجاز بیش تر شود، شکست لوله ممکن است رخ دهد. این نوع شکست که اغلب نیز اتفاق می افتد در زلزله Mexico City نیز رخ داد. شکل ۱-۲ آسیب خط لوله فلزی را نشان می دهد. تعمیر چنین آسیبی چندین روز طول می کشد [۱۱].



شکل ۲-۱ گسیختگی یک لوله فولادی در زلزله Mexico City [۲].

به جز این دو مسئله که شدیداً در وضعیت لوله پس از زلزله تعیین کننده است، نقش خاک اطراف لوله نیز به عنوان شرایط محیطی در رفتار لرزه‌ای لوله قابل صرف نظر کردن نیست. در خاک‌های چسبنده بزرگ‌ترین نشست‌های جزئی ناشی از تحکیم یا اثرات تراکمی خواهد بود. در خاک‌های دانه‌ای امکان روان‌گرایی به دلیل سستی خاک بالاتر می‌رود. با این حال هنگامی که ما درباره اندرکنش خاک و خط لوله صحبت می‌کنیم به نظر می‌رسد که خاک گسیخته نگردد مگر آن‌که تغییرمکان خاک در سطح مشترک خاک-لوله ایجاد نوعی نیروهای برشی بکند. یک مدل الاستو-پلاستیک معمولاً برای رفتار نیرو-تغییرمکان، تغییرمکان در سطح مشترک خاک-لوله در نظر گرفته می‌شود [۱۲]. این مدل به‌طور کامل بوسیله تنها دو پارامتر تعریف می‌شود. نخست ماکزیمم نیروی محوری در هر واحد طول در سطح مشترک و دوم تغییرمکان نسبی که در آن لغزش بین لوله و خاک رخ می‌دهد. تغییرمکان لغزشی اندک بوده و در این جا به نحو ملاحظه کارانه‌ای نادیده گرفته می‌شود. ماکزیمم نیروی محوری در هر واحد طول، به نوع خاک محیطی لوله و نوع نصب لوله بستگی دارد (یعنی کنترل تراکم خاکی

که برای پر کردن استفاده می‌شود) و برای خاک‌های مختلف قابل محاسبه است. این مقدار نیرو برای خاک نیروی برشی خواهد بود که ممکن است کم‌تر یا بیش‌تر از تنش نرمال در سطح مشترک باشد. خطرات لرزه‌ای خطوط لوله مدفون را به شکل دیگری نیز می‌توان تقسیم‌بندی کرد. مطالعه چندین زلزله بزرگ منجر به این شناخت وسیع شده است که خطوط لوله نمی‌توانند در برابر تغییر شکل‌های برشی، که توسط تغییر مکان نسبی در عرض یک گسل به لوله تحمیل می‌شود مقاومت کنند. اگرچه در صورتی که یک لوله مدفون به منطقه گسل نزدیک نباشد، اثر لرزش زمین ممکن است علت آسیب واقع شود. به علاوه، روان‌گرایی که ممکن است در زلزله‌های شدید رخ دهد، می‌تواند خرابی‌های مهبی در سیستم‌های خطوط لوله در مناطق مستعد ایجاد کند. به عبارت دیگر مخاطرات تغییر شکل‌های دائمی زمین، تغییر مکان‌های ناشی از روان‌گرایی و حرکت گسل و مخاطرات ناشی از انتشار امواج، لرزش زمین را دربر می‌گیرد.

۲-۲ مکانیسم‌های اصلی شکست

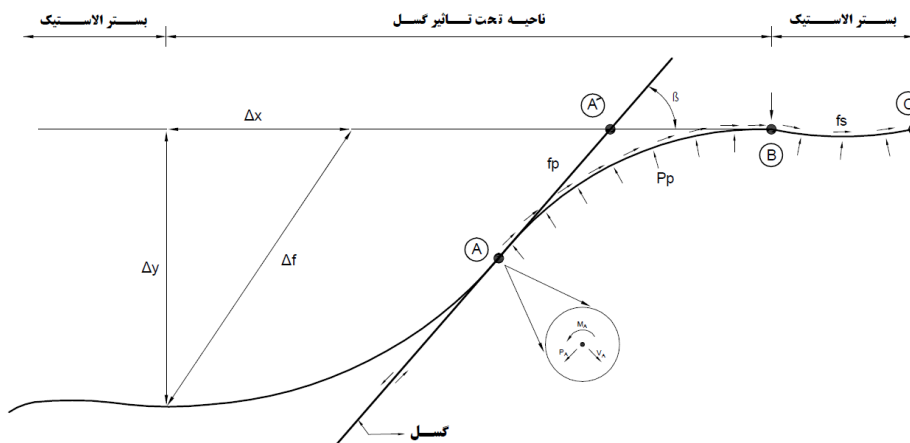
سیستم‌های خطوط لوله ممکن است با وضعیت‌های ژئوتکنیکی مختلف روبه‌رو باشند. در زلزله‌های گذشته این وضعیت‌ها با رفتارهای گیسختگی مختلفی آشکار شده‌اند. این امر باعث می‌گردد سازوکارهای شکست نیز در وضعیت‌های مختلفی مدنظر قرار گیرند. سه مکانیسم شکست کلی به نام گسل زدگی سطحی، لرزه زمین و روان‌گرایی خاک وجود دارد که خطوط لوله هنگام زلزله به وسیله آن‌ها آسیب می‌بینند. این نتیجه آشکار آسیب، ناشی از عدم پشتیبانی لوله توسط خاک می‌باشد. به عبارت دیگر مخاطرات ناشی از تغییر شکل‌های دائمی زمین، تغییر مکان‌های ناشی از حرکت گسل را، و مخاطرات ناشی از انتشار امواج، لرزش زمین را دربر می‌گیرد.

۳-۲ روش‌های ارزیابی آسیب‌پذیری

روش‌های ارزیابی آسیب‌پذیری بسیار متنوع بوده و از تئوری‌های مختلفی استفاده می‌کنند. هر یک از این روش‌ها از یک یا چند فاکتور تغییر شکل‌ها، کرنش‌ها و تنش‌ها در ارزیابی خطوط لوله مدفون استفاده می‌کنند. در این تحقیق به ارائه سه روش ارزیابی ارائه شده توسط محققان که بر روی سه مکانیسم اصلی شکست متمرکز بوده‌اند، پرداخته می‌شود. این سه روش مربوط به گسیختگی ناشی از گسل، لرزش زمین، و روان‌گرایی خاک می‌باشند.

۱-۳-۲ گسیختگی ناشی از گسل

ظرفیت مقاومت خطوط لوله مدفون نسبت به حرکت گسل تنها به مشخصات مصالح لوله و ویژگی‌های خاک بستگی ندارد، بلکه به زاویه عبوری گسل از امتداد خط لوله و طول شیب نیز بستگی دارد. مطالعات انجام شده نشان داده‌است که مقاومت خاک در برابر حرکت جانبی افقی لوله به‌طور یکنواخت در طول محیط لوله توزیع نمی‌شود و تا زمانی که فشار مقاوم بسیار بزرگ‌تر از فشار استاتیکی زمین می‌باشد، اثر غیریکنواخت فشار خاک نباید در نظر گرفته شود.



شکل ۲-۲ رفتار گسل در بسترهای الاستیک [۱۳، ۱۴]

همانطور که در شکل ۲-۲ دیده می شود، این تغییرمکان افقی با Δ_f مشخص شده است و یک طرف لوله را در جهت موازی محور اولیه آن به اندازه Δ_x و در جهت دیگر به اندازه Δ_y جابه‌جا می‌کند. واضح است که $\Delta_x = \Delta_f \cos \beta$ ، $\Delta_y = \Delta_f \sin \beta$ و زاویه گسل عبوری با امتداد خط لوله می‌باشد. با توجه به افت در طول خط $A'A$ ، منحنی تغییرمکان یافته خط لوله می‌بایست واجد یک نقطه عطف در محل تقاطع گسل و لوله، یعنی نقطه A باشد. فرض می‌شود که تغییرشکل متقارن است. در نتیجه در نظر گرفتن تنها نیمی از خط لوله کافی خواهد بود.

در نزدیکی گسل، تغییرشکل زیادی وجود دارد. در نتیجه هم غیرخطی بودن هندسی و هم غیرخطی بودن مصالح، هر دو می‌بایست مورد توجه باشد. ارزیابی و تحلیل بر اساس تئوری تغییرشکل‌های بزرگ بنا شده است و رابطه تنش- کرنش مصالح خط لوله دو خطی فرض می‌گردد. همانطور که در جایی دور از منطقه گسل واکنش رفتار خط لوله می‌تواند به وسیله یک تیر بر روی بستر الاستیک بیان شود. در منطقه گسل ($A-B$)، لوله با مقاومت نهایی مقاوم خاک (p_p) مواجه است و در منطقه الاستیک ($B-C$)، لوله با فشار استاتیکی خاک (q) مواجه است. نیروهای اصطکاکی طولی بین خاک و لوله که در این دو منطقه گسترش می‌یابد بترتیب f_p و f_s خواهند بود.

برای محاسبه نیروی داخلی لوله ابتدا می‌بایست منحنی تغییرمکان یافته آن را تعیین کرد. در منطقه گسل، منحنی تغییرمکان یک تابع مکعبی فرض می‌شود و در منطقه الاستیک منحنی به وسیله معادلات دیفرانسیلی برای یک تیر روی بستر الاستیک کنترل می‌شود. مشکلات در تعیین نیروی داخلی لوله از آنجا ناشی می‌شود که نیروهای داخلی به صورت غیرصریح در عبارات مربوط به منحنی تغییرمکان وارد و بیان می‌شود. در نتیجه این امر یک روش محاسباتی تکراری برای بدست آوردن این نیروها ضروری می‌گردد. یک ساختار داده کوتاه در پروسه تکراری به وسیله

Yeh (۱۹۸۵، Ueng ۲۰۰۳) به صورت زیر نوشته شده است [۱۴، ۱۳]:

۱. محاسبه فشار خاک و اصطکاک

۲. بر اساس مقدار فرض شده‌ای از ممان (M_B) در نقطه B مدول الاستیسیته سکانت (E) محاسبه می‌شود.
۳. با استفاده از M_B ، E و تابع مکعبی تغییرمکان، دوران در نقاط A، B و هر نقطه دیگری محاسبه می‌گردد.
۴. نیروی برشی و نیروی محوری در نقاط A، B و هر نقطه دیگری محاسبه می‌گردد.
۵. تعیین تغییرطول محوری مجاز با توجه به نیروهای داخلی محاسبه شده در همه نقاط.
۶. مقایسه تغییرطول مجاز با تغییرطول هندسی. در صورتی که تفاوت توسط لوله قابل تحمل نباشد به گام ۲ باز می‌گردد.
۷. بررسی ماکزیمم تنش σ_{xmax} و شناسایی وضعیت آسیب‌پذیری لوله.



شکل ۲-۳ فلوجارت محاسبه نیروهای ماکزیمم و شناسایی وضعیت آسیب پذیری لوله

۲-۳-۲ گسیختگی ناشی از لرزش زمین

بر اساس روش تحلیل ساده شده که توسط نیومارک برای ارزیابی اثر لرزش زمین پیشنهاد شد، حداکثر کرنش نرمال در خاک، ϵ برابر است با [۱۵]:

$$\tau = V_{\max}/C_p \quad (1-2)$$

که حداکثر سرعت افقی زمین در جهت شعاع و C_p سرعت انتشار موج تراکم می‌باشد. به علاوه حداکثر انحنای زمین κ با توجه به لرزه‌های ارتعاشی می‌تواند به صورت زیر بیان شود:

$$\kappa = A_{\max}/C_S^Z \quad (2-2)$$

که A_{\max} حداکثر شتاب زمین در زمان زلزله و C_a سرعت انتشار موج برشی می‌باشد. برای لوله‌ها با اندازه‌های کوچک واکنش سازه‌ای ناشی از انحنای زمین قابل صرف‌نظر کردن می‌باشد. بنابراین با این فرض که بین لوله و خاک هیچ افتی وجود ندارد، معادله (۱) واجد یک شرایط مرزی برای کرنش سازه‌ای لوله می‌گردد.

این مسأله به‌طور ضمنی بیان می‌کند که سرعت‌های بیش‌تر زمین ممکن است باعث درجه بالاتری از آسیب گردد چرا که کرنش‌های بزرگ‌تری ایجاد می‌کنند.

۲-۳-۳ گسیختگی ناشی از روان‌گرایی

در مورد خطوط لوله مدفون در خاک‌های لایه‌ای که مستعد روان‌گرایی‌اند، توصیه می‌شود هر دو تحلیل احتمالی و قطعی انجام شود تا در صورت نیاز پتانسیل آسیب‌پذیری تعریف شده و هر گونه اقدامی برای جلوگیری از اتفاق افتادن این پدیده انجام شود و یا حداقل پتانسیل روان‌گرایی کاهش داده‌شود. برای مثال ممکن است لازم باشد یک تراکم ارتعاشی یا دینامیکی و یا روش‌های دیگری برای بهبود دانسیته خاک‌های دانه‌ای در محل انجام شود. یکی از کارهای مهمی که می‌توان به کار

بست جایگزین کردن خاک روان گرا با مصالح غیرروان گرا مانند شن درشت در محدوده خط لوله است. تحقیقات زیادی منتشر شده است که با توجه به تحلیل روان گرای خاک، شیوه‌های تحلیلی و تجربی مختلفی را با هم و به صورت آزمایش‌های صحرایی و آزمایشگاهی ارائه می‌کنند. این تحقیقات رخداد پدیده روان گرای را پیش‌بینی می‌کنند [۱۹]. گزینه‌های دیگری نیز برای حل مشکل روان گرای خاک وجود دارد.

(۱) قراردادن مجدد خط لوله در وضعیت ژئوتکنیکی بهتر.

(۲) مدفون کردن خط لوله در عمق کم‌تر برای حداقل کردن تنش‌های خاک و تعمیر آسان‌تر در مواقع ضروری.

برای خطوط لوله پیوسته، استفاده از مصالح قوی‌تر و ضخامت جدار بیشتر نتایج عملکرد لرزه‌ای را بهبود می‌بخشد. یک راه‌حل دیگر برای کاهش کرنش در خطوط لوله پیوسته کاهش بار لوله با کاهش عمق H، و استفاده از مصالح با جرم مخصوص کم برای خاک لازم در پر کردن مجدد قسمت‌های حفاری شده می‌باشد. این مورد اخیر پارامترهای مربوط لوله مدفون را کاهش می‌دهد.

استفاده از خطوط لوله با مصالح شکل‌پذیرتر می‌تواند به جلوگیری از آسیب‌های ناشی از اثرات لرزه‌ای کمک کند. برای مثال استفاده از فولاد یا لوله‌های پلی‌اتیلن با جرم مخصوص بالا به مصالح ترد مانند آزبست، چدن، بتن، و پلی‌وینیل کلراید (PVC) ارجحیت دارد. با توجه به رفتار فوق‌العاده خطوط لوله پلی‌اتیلن در زلزله Mexico City که بدون آسیب گزارش شده‌اند، نهادهای مرتبط لوله‌های بتنی را با پلی‌اتیلن جایگزین کرده‌اند [۳].

برای لوله‌های ناپیوسته، استفاده از اتصالات انعطاف‌پذیر می‌تواند به گرفتن بخش زیادی از تغییر مکان‌های خط لوله کمک کند. چند نوع اتصال با ظرفیت تغییر شکل متفاوت که می‌تواند برای خطوط لوله در مواجهه با مخاطرات حداکثر تغییر مکان دائمی زمین استفاده شود، توسط محققان ارائه شده است.

معمولاً برآورد خرابی ممکن وارد به یک سیستم خط لوله، ناشی از حرکات زمین، به‌عنوان یک استراتژی برای برآورد آسیب‌ها و انجام اقدامات پیش‌گیرانه، قبل از وقوع آسیب، پیشنهاد می‌شود. به‌طور کلی درجه آسیب‌ها به‌وسیله شاخص‌های خرابی مناسبی، اندازه‌گیری می‌شود. شاخص خرابی می‌تواند به صورت تعداد تعمیرات (یا همان خرابی‌ها) و یا طول تعمیر شده (یا همان تخریب شده) تقسیم بر طول کل خط لوله تعریف می‌شود. محاسبه طول آسیب‌دیده برای شاخص خرابی می‌تواند از روش ساده‌تری نیز انجام گیرد. تخمین به این صورت می‌باشد که طول کل قرار گرفته در منطقه گسل به‌عنوان طول تخریب شده در نظر گرفته می‌شود. این روش هنگامی کاربرد دارد که پیش از زلزله، به برآورد شاخص خرابی خطوط لوله جهت شناسایی منطقه یا اصلاح سیستم خطوط نیاز داشته باشیم.

در تحقیقات انجام شده پس از زلزله‌های شدید، شاخص خرابی به‌وسیله مکانیسم گیسختگی گسلی، و با کمک داده‌های لرزه‌ای و ژئوتکنیکی تعیین و سپس هم‌بستگی آن با حداکثر سرعت زمین بررسی می‌گردد. توزیع حداکثر سرعت زمین در چند منطقه از طریق انتگرال‌گیری مناسب از داده‌ها در هر ایستگاه بدست می‌آید.

با توجه به خطرات ذکر شده، بیش‌تر مطالعات در مورد شکست، بر روی مکانیسم‌های خرابی و رسیدن به روش‌های کاهش خرابی‌ها متمرکز بوده‌اند.

تجربه زلزله‌های ۱۹۹۴ Northridge و ۱۹۸۹ Loma Prieta به اهمیت وجود سیستم‌های موازی که بتوانند پس از زلزله به صورت مستقل در شبکه انتقال آب جایگزین شوند اشاره دارند. در زلزله ۱۹۸۹ Loma Prieta، روان‌گرایی در بخش جنوبی ۱۹۷۱ San Francisco منجر به شکستگی در یکی از خطوط اصلی پشتیبان تأمین‌کننده آب شهر شد، اما سایر سیستم‌های پشتیبان از کارایی ساقط نشدند. سیستم‌های انتقال آب بایستی به این شکل (چندین خط لوله و پمپ‌ها با برق جداگانه) ساخته شوند تا احتمال ناتوانی سیستم ناشی از خرابی هر یک از اجزاء کاهش یابد. در زلزله ۱۹۹۴ Northridge مواردی نشأت آب ناشی از شکستگی لوله‌ها یا محل‌های اتصالات به مخازن مشاهده شد.

استفاده از اتصالات انعطاف‌پذیر که اجازه تغییر مکان‌های جزئی به لوله‌ها بدهد می‌تواند امکان وقوع این نشت‌ها را کاهش دهد.

۲-۴ تحلیل خطر لرزه‌ای

در سال ۱۹۶۸ کرنل برای اولین بار روشی را پیشنهاد کرد که بعدها با استقبال بسیار مواجه شد و امروزه به روش تخمین خطر زلزله نیز معروف شده است و برای محاسبه شتاب احتمالاتی زلزله در یک منطقه به کار می‌رود [20].

تحلیل خطر لرزه‌ای، تخمینی از خطرات لرزش زمین در یک ساختگاه به‌خصوص می‌باشد. از اولین مقاله‌های چاپ شده در رابطه با این موضوع (Esteva (1967) و Cornell (1968) بودند که با استقبال فراوان استفاده‌کنندگان روبه‌رو شدند [20].

روش‌های استفاده شده در این مقالات، عدم قطعیت در روابط کاهندگی را در محاسبات، اعمال نمی‌کند.

هر چند این مقاله در روابط کاهندگی مشکلاتی داشت ولی این مشکلات به سرعت توسط ناشران اصلاح شد. مقالات اصلاح شده هرگز نتوانست مقبولیت مقالات پیشین را کسب کند.

-آنالیز خطر لرزه‌ای به شکل امروزی اولین بار در سال ۱۹۷۱ در (Cornell (1971) و Merz and Cornell (1973) استفاده شد.

-امروزه از دو روش متداول استفاده می‌شود:

(۱) آنالیز خطر لرزه‌ای تعیینی (DSHA) Deterministic Seismic Hazard Analysis

(۲) آنالیز خطر لرزه‌ای احتمالاتی (PSHA) Probabilistic Seismic Hazard Analysis

در ادامه به ارائه توضیح بیش‌تر در مورد روش‌های ذکر شده می‌پردازیم.

۲-۴-۱ آنالیز خطر لرزه‌ای تعیینی (DSHA):

می‌توان گفت این روش یکی از حالات خاص خطر لرزه‌ای احتمالاتی می‌باشد. مراحل انجام این تحلیل به‌طور خلاصه به صورت زیر می‌باشد، که هر مرحله در ادامه به‌طور کامل توضیح داده شده است:

۱. مشخص کردن منابع لرزه‌ای مؤثر بر روی سایت : دایره‌ای به شعاع ۲۰۰km
۲. مشخص کردن زلزله کنترل‌کننده هر منبع
۳. بزرگ‌ترین زلزله قابل تولید از منبع
۴. انتخاب روابط کاهندگی
۵. استفاده از میانگین چند رابطه
۶. محاسبه پارامترهای مورد نیاز

۲-۴-۲ آنالیز خطر لرزه‌ای احتمالاتی (PSHA):

- I. شناسایی منابع لرزه‌ای
- II. یافتن توان لرزه‌ای منبع (رابطه گوتنبرگ ریشتر)
- III. انتخاب روابط کاهندگی مناسب
- IV. محاسبه پارامترهای مورد نیاز

۲-۵ عدم قطعیت در احتمال خطر

۲-۵-۱ عدم قطعیت ذاتی (ALEATORY VARIABILITY UNCERTAINTY):

در توزیع احتمال پارامترهای متغیر تصادفی حتی هنگامی که معلوم است، هنوز با قطعیت نمی‌توان (وقوع یا عدم وقوع) پیشامد را مشخص کرد. در بهترین حالت می‌توان گفت که یک پیشامد با احتمال معلوم رخ خواهد داد.

۲-۵-۲ عدم قطعیت ناشی از نقصان اطلاعات (EPISTEMIC UNCERTAINTY):

عدم قطعیت از اشتباه در تخمین پارامترها، انتخاب توزیع احتمال نامناسب نیز ناشی می‌شود. مثلاً اگر داده‌های موجود از نمونه‌گیری محدود باشند، ممکن است میانگین و واریانس دقیق بدست نیاید. این عدم قطعیت‌ها را می‌توان با افزایش حجم نمونه‌گیری، کاهش داد. ولی در مورد حالت قبلی، افزایش داده ممکن است باعث کاهش یا افزایش عدم قطعیت شود.

۲-۵-۳ مقایسه و نقاط ضعف دو روش DSHA و PSHA:

در روش DSHA شتاب حرکت زمین فقط از یک منبع و تنها از یک بزرگی بدست می‌آید که بدون شک نمی‌تواند نماینده تمامی زلزله‌ها باشد و معلوم نیست زلزله‌ای که در آینده رخ خواهد داد با این بزرگی باشد و از سطح محافظه‌کاری کمی برخوردار است. در حالی که در روش PSHA تمامی زلزله‌ها با بزرگی‌های مختلف (معمولاً بین یک حداکثر و حداقل) در نظر گرفته می‌شود. در روش PSHA ما قادر خواهیم بود برای احتمال فراگذشت‌های (نزدیک ترین احتمال وقوع) مختلف (برای طول عمر سازه) مقادیر PGA مختلفی از منحنی خطر استخراج کنیم و بر اساس آن طراحی نماییم که این امکان در روش DSHA فراهم نیست. روش DSHA معمولاً برای کنترل نتایج حاصل از روش PSHA به کار می‌رود. در هر دو روش عدم قطعیت‌هایی در تمامی مراحل وجود دارد. این دو روش حدود سی سال است که برای موارد مختلف تحلیل خطر مورد استفاده قرار می‌گیرد ولی باز هم در به کار گیری این روش‌ها مشکلاتی حل نشده باقی مانده است که محققین بسیاری در این زمینه به فعالیت پرداخته‌اند که به نوبه خود بتوانند مشکلات پیش‌رو را کاهش دهند. روش تعینی ریسک را در نظر می‌گیرد ولی در روش احتمالاتی بیش‌ترین PGA در نظر گرفته می‌شود و میزان ریسک صفر است [21,22].

فصل سوم

اطلاعات داده ها در سایت ماملو

۱-۳ نحوه انجام کار

برای تحلیل و ارزیابی خط لوله‌های مدفون و همچنین تعیین خسارات احتمالی ناشی از زلزله یکی از راهکارهای موجود انجام تحلیل خطر لرزه‌ای در طول لوله و بدست آوردن پارامترهای جنبش قوی زمین می‌باشد. در این پژوهش قصد داریم تا با انجام تحلیل خطر لرزه‌ای در نقاط مختلف در طول خط لوله انتقال آب از سد ماملو به شهر تهران این خط لوله را مورد ارزیابی قرار داده و با محاسبه پارامترهای جنبش قوی زمین مانند PGA امکان تحلیل این خط لوله و همچنین ارزیابی خطر در زمان وقوع زلزله احتمالی را فراهم کنیم.

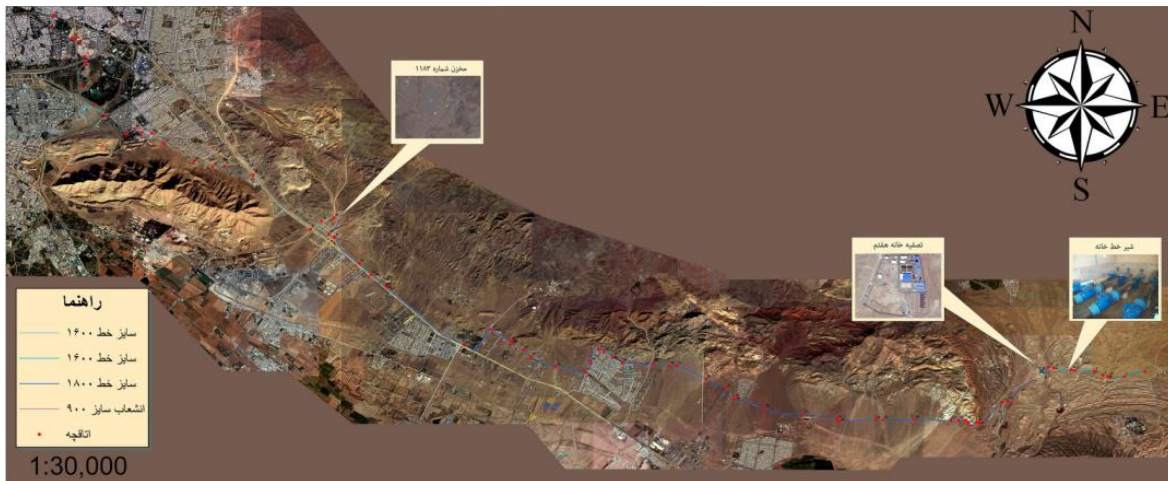
این پژوهش به صورت مطالعه موردی بوده و مسائل و روش‌های تحلیل بیان شده در فوق را می‌توان در مورد خط لوله مورد پژوهش انجام داده و بررسی کرد. که در این پژوهش محاسبه پارامترهای جنبش قوی زمین در زلزله احتمالی در محل با استفاده از روش‌های تحلیل خطر احتمالاتی انجام خواهد شد.

۲-۳ شرح جمع‌آوری اطلاعات و روند محاسبات:

جمع‌آوری اطلاعات محلی با پیمایش مسیر خط انتقال اجرا شده و درج این اطلاعات توصیفی در سیستم GIS انجام شد، (که خود این اطلاعات دارای سطح بسیار گسترده‌ای از مطالب می‌باشد که در جهت موضوع تحقیق ما نمی‌باشد، اطلاعاتی همچون سال اجرا، کارخانه سازنده قطعات، گارانتی و ...)، از مجموعه اطلاعات توصیفی ثبت شده، فقط از اطلاعاتی چون طول و عرض جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریا، عمق تأسیسات مدفون شده، قطر لوله، جنس لوله، نوع اتصالات و اتاقچه‌های شیرهای خط که در طول مسیر اجرایی به کار رفته مورد استفاده قرار می‌گیرد.

کل طول مسیر خط انتقال تقریباً ۳۵ کیلومتر مطابق نقشه (شکل ۳-۱ و ۳-۲) می‌باشد که ۷ کیلومتر از مسیر ابتدا از خروجی سد در دو لوله به قطر ۱۶۰۰ میلی‌متر (از جنس فولادی مارپیچ که با بتن از

داخل با لایه ای از بتن برای جلوگیری از خوردگی پوشیده شده) به موازات یکدیگر تا تصفیه خانه شماره ۷ تهران ادامه پیدا می‌کند که در مسیر خط دارای تأسیساتی هم‌چون شیرهای کمرخط، شیرهای تخلیه هوا، فشارشکن‌ها و یک ساختمان دارای شیرها مسیر پمپ‌های سانتریفیوژ و فشارشکن‌ها می‌باشد قرار دارد. عمق تأسیسات در این مسیر از ۱ تا ۳ متر متغیر است.



شکل ۳-۱ نقشه مسیر خط لوله انتقال آب سد ماملو

بعد از تصفیه خانه خط لوله از دو لاین به یک لاین و سایز ۱۸۰۰ میلی‌متر (از جنس فولادی مارپیچ که با بتن از داخل با لایه ای از بتن برای جلوگیری از خوردگی پوشیده شده) تغییر پیدا می‌کند و مسیر را به طول ۲۳ کیلومتر طی می‌کند تا به مخزن ۱۱۸۳ می‌رسد، این مخزن بتنی بوده و فقط به منظور ذخیره آب به کار می‌رود. عمق لوله در این فاصله همانند قبل به ۱ تا ۳ متر می‌رسد. فقط در محلی (قبرستان آرامنه) به علت تقاطع با زیرگذر به صورت سیفون اجرا شده و دارای عمق ۱۱/۵ متر می‌باشد.

و مسیر خط لوله بعد از مخزن ۱۱۸۳ به طول ۱۵ کیلومتر ادامه پیدا کرده و به شبکه توزیع آب در ابتدای بزرگراه بعثت متصل می‌شود. عمق تأسیسات در این فاصله در محدوده سه‌راه افسریه به عمق ۱۴/۶ می‌رسد.

در طول مسیر خط لوله به جهت انجام عملیات‌های تعمیراتی و نگهداری تأسیسات چون شیرهای کمر خط، شیرهای تخلیه هوا، شیرهای شستشو و تخلیه و فشار شکن‌ها تعبیه شده است، این تأسیسات با

اتصالات Expansion (توسعه‌ای) به یکدیگر در مخازن و اتاقچه‌های بتنی صلب و آب‌بند به یکدیگر متصل شده‌اند. عمق این اتاقچه‌ها ۱ تا ۵ متر و ابعاد آن ۲ تا ۵ متر بسته به نوع تأسیسات موجود در اتاقچه متغییر خواهد بود.



شکل ۲-۳ نقشه مسیر خط لوله انتقال آب سد ماملو

همانطور که در راهنمای نقشه مشخص شده است خط انتقال از محل سد تا تصفیه خانه هفتم تهران در دو خط فلزی به قطر ۱۶۰۰ میلیمتر اجرا شده و در ادامه مسیر به قطر ۱۸۰۰ میلیمتر تبدیل می شود، با توجه به این که این المان و خط لوله دارای طولی بلندی حدود ۳۵ کیلومتر می باشد، برای بالا بردن دقت محاسبات ، محاسبات در ۴ نقطه تقریبا حساس مشخص، و بررسی شده است همچنین مرکز شعاع ۲۰۰ کیلومتری جستجو در نقشه مشخص شده است.

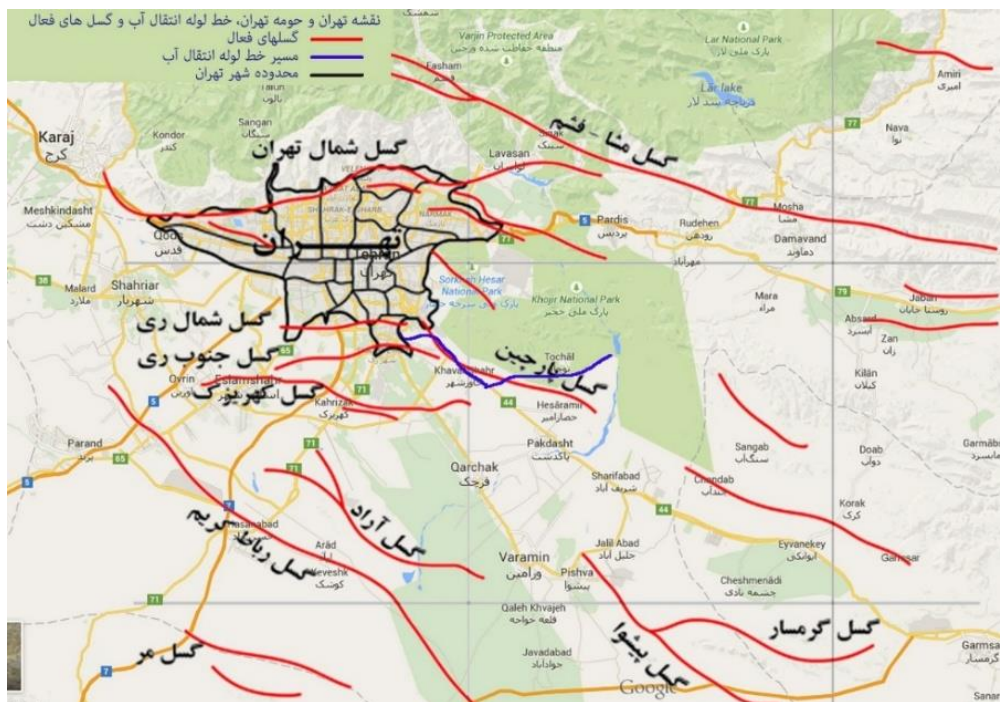
از دیگر کارهای انجام شده در این مدت، تهیه نقشه‌های گسل‌های فعال تهران و حومه و انطباق این نقشه‌ها با نقشه مسیر خط لوله انتقال آب می‌باشد. که از این انطباق ما به دنبال دو هدف می‌باشیم:

۱. پیدا کردن گسل‌هایی که به‌طور مستقیم با خط لوله تقاطع دارند، یا به عبارتی پیدا کردن تعداد و محل تقاطع خط لوله با گسل‌های فعال می‌باشد. همان‌طور که در پروپوزال ارائه شد یکی از مشکلاتی که می‌توان برای خط لوله ایجاد خرابی کند، Rupture (بریدگی) در طول گسل می‌باشد. که می‌تواند تغییرشکل و یا شکستگی لوله را در پی داشته‌باشد.

۲. تعیین گسل‌های فعالی که به‌طور مستقیم با خط لوله تقاطع نداشته اما در صورت فعال شده و وقوع زلزله این گسل‌ها می‌تواند تأثیر مخرب و تغییرشکل در محل لوله اعمال نماید.

برای بدست آوردن تأثیر این نوع گسل‌ها، ابتدا باید محل گسل و فاصله آن تا نقاط مورد نظر از خط لوله و همچنین طول گسل و توانایی لرزه‌زایی آن تعیین شود. همان‌طور که در نقشه دیده می‌شود ابتدا نقشه‌ای حاوی محل خط لوله و گسل‌های فعال تا شعاع ۲۰۰ کیلومتر از خط لوله باید تهیه شود. سپس اطلاعات مربوط به هر گسل و فاصله آن از خط لوله تعیین می‌شود، در نهایت با استخراج زلزله‌های اتفاق افتاده اعم از زلزله‌های ثبت شده تاریخی در منطقه و نسبت دادن تمامی این زلزله‌ها به گسل منطقه می‌توانیم لرزه‌زایی هر گسل را محاسبه کنیم.

در ادامه نیز با استفاده از اطلاعات بیان شده می‌توان به محاسبه زلزله‌های احتمالی خط لوله و پارامترهای این زلزله خواهیم پرداخت.



شکل ۳-۳ نقشه گسل های فعال منطقه و مسیر خط لوله انتقال آب [26]

جدول ۱-۳ لیست گسل های فعال منطقه [۲۶]

گسل های فعال منطقه		
NO.	Name of Faults	L_{tot} (طول گسل) (km)
1	LAHIJAN-F	88
2	RUDBAR-F	86
3	BONAN-F	70
4	ALAMUTRUD-F	123
5	NORTH GHAZVIN-F	60
6	ZANJAN-F	139
7	KANDEVAN-F	150
8	TALEGHAN-F	70
9	NORTH TEHRAN-F	142
10	ESHTEHARD-F	135

ادامه جدول ۳-۱ لیست گسل‌های فعال منطقه [26]

NO.	Name of Faults	L_{tot} (km) (طول گسل)
11	IPAK-F	84
12	S PARANDAK-F	183
13	KUSHK-E-NOSRAT-F	221
14	INDES-F	110
15	TAFRESH-F	116
16	SIAH KUH-F	144
17	PISHVA-F	35
18	GARMSAR-F	69
19	KUH-E GUGERD-F	99
20	KUH-E GACHAB-F	26
21	ATARI-F	343
22	KHAZAR-F	65
23	NORTH ALBORZ-F	646
24	MOSHA-F	231
25	KAHRIZAK-F	62
26	EYVANAKEY-F	93

۳-۳ تهیه کاتالوگ لرزه‌ای منطقه:

برای تهیه کاتالوگ لرزه‌ای منطقه یا به عبارتی بدست آوردن مشخصات زلزله‌های به وقوع پیوسته در ۱۵۰ سال گذشته در این منطقه از سایت دانشگاه <http://peer.berkeley.edu/> Berkeley(NGA- و همچنین سایت [USGS.GAV](http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/map) (<http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/map>) استفاده شده است. در فایل پیوست تمام زلزله‌های برداشت شده در یک جدول آورده شده است. و همچنین مقدار بزرگی ثبت شده برای هر کدام از این زلزله‌ها به مقیاس بزرگی m_w (بزرگی بر اساس انرژی) با استفاده از رابطه زیر تبدیل شده است.

For $ML > 6$ $m_w = m_s = 1.38m_b - 2.26$

(۱-۳)

For $ML < 6$ $m_w = m_s$

ML : بزرگی زلزله

MS : بزرگی برشی

همچنین کاتالوگ لرزه‌ای تهیه شده در ابتدا شامل تمام زلزله‌های به وقوع پیوسته در این منطقه می‌باشد، اما زلزله‌هایی که در تحلیل خطر مورد استفاده قرار می‌گیرند باید دارای ویژگی‌های خاصی باشند. به‌طور مثال زلزله‌هایی با بزرگی بسیار کم یا بسیار زیاد مورد استفاده واقع نخواهند شد و تأثیری در استعدادهای لرزه‌ای منطقه ندارد. و یا بعضی از زلزله‌ها به‌طور اشتباه ثبت شده‌اند، که باید این موارد را از کاتالوگ لرزه‌ای حذف کنیم، در واقع با این کار کاتالوگ را فیلتر خواهیم کرد، که در فایل پیوست این کار نیز انجام شده است.

مرحله بعدی اختصاص دادن زلزله‌های موجود به هر یک از گسل‌های منطقه می‌باشد تا بتوان بر اساس زلزله‌های اختصاص داده شده به هر گسل توان لرزه‌اش هر گسل را مورد بررسی قرار داد. این کار نیز با توجه به مختصات مرکز زلزله و گسل‌های موجود انجام شده است.

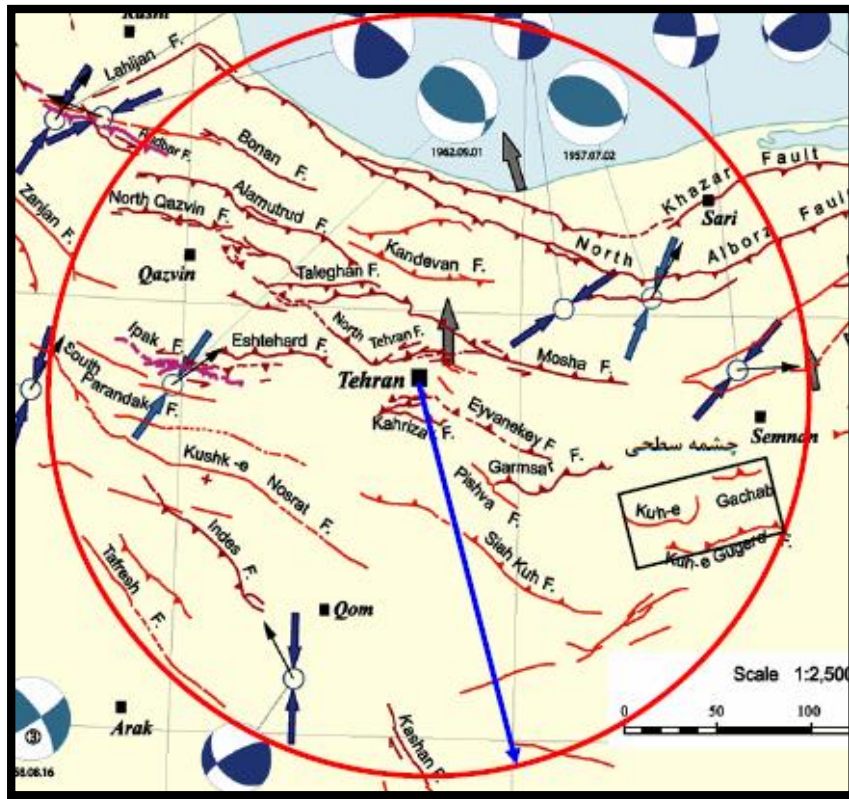
با استفاده از اطلاعات برداشت شده و همچنین پارامترهایی که در این گزارش محاسبه شده است به محاسبه توان لرزه‌ای گسل‌ها پردازیم و پس از آن میزان تأثیر هر کدام از این گسل‌ها بر روی نقاط مختلف خط لوله محاسبه کنیم. در نهایت نیز به رسم منحنی‌های خطر و محاسبات پارامترهای لرزه‌ای خواهیم پرداخت.

۳-۴ مشخصات سایت

در این پروژه تحلیل خطر لرزه‌ای برای سایت خط لوله انتقال آب از سد ماملو به تهران واقع در شرق شهر تهران با استفاده از روش‌های تعینی و احتمالاتی انجام شده است.

جدول ۲-۳ اطلاعات سایت جهت تهیه کاتالوگ [۲۶]

سایت محل جستجوی آمار: پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله
تاریخ اولین رویداد آمار: ۲۰.۵.۱۹۰۱
تاریخ آخرین رویداد آمار: ۳.۹.۲۰۱۵
نوع جستجو: شعاعی
شهر مورد نظر: شرق تهران
شعاع جستجو: ۲۰۰ کیلومتر
طول جغرافیایی: ۵۱۷۵۵ درجه
عرض جغرافیایی: ۳۵۵۴۸ درجه
حداقل بزرگا: ۲
حداکثر بزرگا: ۷,۴
تعداد داده‌های بدست آمده حاصل از جستجو: ۱۰۹۰

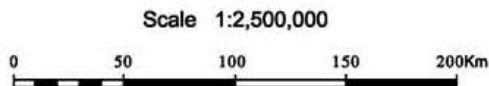


Seismological Legend

- Earthquake location
- Focal mechanism solutions of earthquakes occurring in the interval 1948-1976.
- Focal mechanism solutions of earthquakes occurring in the interval 1976-2002.
- Horizontal component of slip vector
- ⇌ Horizontal component of compressive axis (maximum principal stress)

Special notation

- GPS velocities in Eurasia-fixed reference frame, 1 cm/yr



Fault Classification

Types of Active Fault

- Earthquake fault (surface rupture associated with earthquake)
- Seismically active fault (fault whose seismic activity has been documented but not resulted in surface rupture)
- Documented Quaternary fault (fault which has been active during the Quaternary times)

Fault mechanism and notation

- Thrust and reverse fault
- Fault without specification
- Strike-slip fault with sense of motion
- Relative upthrown and downthrown sides
- Inferred fault location

شکل ۳-۴ محل و موقعیت خط انتقال آب و زمین‌لرزه‌های فعال [26]

۳-۵ رویدادها و فیلتر آن‌ها:

از میان داده‌ها زمین‌لرزه‌هایی که از نظر زمانی و مکانی نزدیک یکدیگر می‌باشند (جدول KNOPOFF AND GARDNER) حذف گردیده است. در واقع این زمین‌لرزه‌ها بعنوان پس‌لرزه یا پیش‌لرزه برای رویداد اصلی (که در این جا رویداد با بزرگ‌ترین بزرگا انتخاب شده است) در بازه زمانی مورد نظر گرفته شده است.

جدول ۳-۳ فیلتر زمانی و مکانی KNOPOFF AND GARDNER [۲۶]
WINDOW ALGORITHM FOR AFTERSHOCS

M	L (شعاع مکانی فیلتر) (km)	T (بازه زمانی) (days)
2.5	19.5	0.6
3.0	22.5	11.5
3.5	26.0	22.0
4.0	30.0	42.0
4.5	35.0	83.0
5.0	40.0	155.0
5.5	47.0	290.0
6.0	54.0	550.0
6.5	61.0	790.0
7.0	70.0	915.0
7.5	81.0	960.0
8.0	94.0	985.0

در ادامه رویدادهای باقی‌مانده به صورت کاتالوگ در جدول آورده شده است.

در این کاتالوگ لرزه‌ای بزرگ‌های مختلف توسط فرمول‌های زیر به M_w تبدیل شده‌اند:

Bakun 1984

$$\log M_0 = 1.2M_L + 17 ; 1.5 \leq M_L \leq 3.5$$

$$\log M_0 = 1.5M_L + 16 ; 3.5 \leq M_L \leq 6.6$$

(۲-۳)

Thatcher & Hanks

$$\text{Log } M_0 = 1.5M_L + 16 \quad ; \quad 3.0 \leq M_L \leq 7.0$$

(3-3)

$$M_L = 1.34m_b - 1.71$$

$$M_S = 1.38m_b - 2.26$$

$$M_L = 2.2(M_S - 3.0)^{\frac{1}{2}} + 2.97$$

$$M_W = M_L \quad ; \quad M_L < 6$$

$$M_W = M_S \quad ; \quad 6 < M_S < 8$$

$$M_W = \frac{2}{3} \text{Log } M_0 - 10.7$$

فصل چهارم

انجام محاسبات و نتایج

۴-۱ انجام محاسبات و نتایج (روش احتمالاتی PSHA)

تحلیل خطر احتمالاتی: این روش شامل چهار مرحله اصلی می‌باشد که در زیر به ترتیب بیان شده است.

- شناسایی منابع لرزه‌ای
- مشخص کردن بزرگ‌ترین زلزله مربوط به هر منبع لرزه‌ای
- انتخاب روابط کاهندگی
- محاسبه PGA و تحلیل خطر لرزه‌ای

۴-۱-۱ شناسایی منابع لرزه‌ای:

در این مرحله تمامی منابع لرزه‌زا در محدوده سایت مورد نظر باید شناسایی و زلزله‌های مربوط به هر منبع استخراج شود. به عبارت دیگر برای هر منبع بایستی اطلاعات بزرگای زلزله‌ها (M Magnitude) و نیز فاصله گسل تا محل سایت (R Distance) جمع‌آوری شود.

۴-۱-۲ مشخص کردن بزرگ‌ترین زلزله مربوط به هر منبع لرزه‌ای:

در این مرحله از میان زلزله‌های هر منبع بزرگ‌ترین آن‌ها را بعنوان نماینده هر منبع برای محاسبات بعدی انتخاب می‌کنیم.

به این ترتیب برای هر منبع یک زوج به صورت (M, R) بدست می‌آید.

۳-۱-۴ انتخاب روابط کاهندگی (Attenuation Relationship):

انتخاب یک رابطه کاهندگی مناسب، برای استفاده در تحلیل خطر لرزه‌ای، حائز اهمیت فراوانی می‌باشد، زیرا نتیجه تحلیل خطر لرزه‌ای به نحو چشم‌گیری از آن متأثر است. قطعاً بهترین رابطه کاهندگی برای استفاده در یک منطقه خاص، رابطه است که با استفاده از اطلاعات موجود در همان منطقه تهیه شده باشد. باید توجه داشت که شرایط زمین‌شناسی، زمین‌ساختی، مکانیزم گسیختگی گسل‌ها و عمق کانونی زلزله‌ها در یک منطقه، بر چگونگی تغییرات جنبش نیرومند زمین با فاصله در آن منطقه تأثیر می‌گذارد و این در حالی است که در بسیاری از روابط کاهندگی، پارامترهای ذکر شده دیده نمی‌شوند. بنابراین باید رابطه‌ای را مورد استفاده قرار داد که با استفاده از اطلاعات همان منطقه تولید شده‌باشد، تا به نوعی کاستی‌های ذکر شده مرتفع گردند.

اگرچه گزینه استفاده از روابط کاهندگی خاص یک منطقه، یک گزینه ایده‌آل است، اما نباید فراموش کرد که همواره چنین قدرت انتخابی وجود ندارد. علت آن هم مشخص است، کمبود اطلاعات ثبت شده در بسیاری از مناطق، امکان استخراج یک رابطه آماری مناسب را برای آن مناطق منتفی می‌سازد. در این‌گونه موارد تنها گزینه منطقی و ممکن، استفاده از روابطی است که در مناطقی مشابه با منطقه مورد نظر تعیین شده‌اند. منظور از شباهت بین دو منطقه در این‌جا، این است که شرایط لرزه‌خیزی و زمین‌ساختی دو منطقه کامبیش یکسان باشد.

در این تحقیق، از رابطه کاهندگی AKKAR AND BOMMER 2010 که برای خاورمیانه و اروپای شرقی بدست آمده است، استفاده شده است. برای استفاده از این رابطه احتیاج به محاسبه ضرایبی می‌باشد که در زیر رابطه کاهندگی به همراه این ضرایب آورده شده است. [21]

(۱-۴)

$\text{Log(PGA)}=$

$$b_1+b_2M+b_3M^2+(b_4+b_5M)\log \sqrt{(R_jb^2 + b_6^2) + b_7 S_s + b_8 S_A + b_9 \times FN + b_{10} FR + \epsilon\sigma}$$

M: بزرگی زلزله

R_{jb}: فاصله از گسل

باقی پارامترها با توجه به منطقه طبق جدول صفحه بعد می باشد.
جدول ۴-۱ خلاصه کاتالوگ گسل‌های فعال منطقه

تاریخ آخرین رویداد کاتالوگ	تاریخ اولین رویداد کاتالوگ	کم‌ترین بزرگی	بیش‌ترین ن بزرگی	تعداد رویدادها	نزدیک‌ترین گسل
28.04.2011	4. .06.1990	۲,۵	۵,۵	۱۵	ALAMUTRUD-F
17.05.2012	05.03.1935	۲,۵	۶	۵۶	ATARI-F
15.03.2011	22.06.1990	۲,۵	۴,۵	۱۳	BONAN-F
17.04.2001	14.03.2007	۲,۸	۳	۲	ESHTEHARD-F
21.07.2012	02.09.1954	۲,۵	۵,۲	۲۵	EYVANEKEY-F
03.08.2012	11.05.1945	۲,۱	۶,۲	۳۸	GARMSAR-F
13.06.2012	26.04.1968	۲,۵	۵,۷	۴۳	INDES-F
22.03.2012	01.09.1962	۲,۵	۷,۲	۱۷	IPAK-F
16.08.2012	09.03.2003	۲,۵	۳,۴	۵	KAHRIZAK-F
30.04.2011	21.11.1994	۲,۵	۶,۴	۱۹	KANDOVAN-F
22.10.2011	12.05.2000	۲,۵	۴,۵	۱۹	KASHAN-F
27.07.2012	25.09.1940	۲,۵	۷,۱	۶۳	KHAZAR-F
11.08.2011	06.05.1957	۲,۵	۵,۹	۲۶	KOJOOR
19.07.2012	30.06.1973	۲,۵	۴,۶	۲۵	KUH_E_GACHAB -F1
03.05.2012	01.06.2005	۲,۵	۴,۲	۱۴	KUH_E_GACHAB -F2
13.06.2012	16.03.1957	۲,۵	۵,۶	۲۳	KUH_E_GUGERD -F
18.03.2012	02.09.1962	۲,۵	۵	۳۱	KUSHK_E_NOSR AT-F
17.01.2012	11.02.1961	۲,۷	۵,۳	۱۲	LAHIJAN-F
17.08.2012	02.07.1957	۲,۵	۷,۴	۷۸	MOSHA-F

ادامه جدول ۱-۴ خلاصه کاتالوگ گسل‌های فعال منطقه

تاریخ آخرین رویداد کاتالوگ	تاریخ اولین رویداد کاتالوگ	کم‌ترین بزرگی	بیش‌ترین بزرگی	تعداد رویدادها	نزدیک‌ترین گسل
22.04.2012	12.04.1935	۲,۵	۵,۸	۹۲	N_ALBORZ-F
27.01.2011	06.09.1962	۲,۵	۳,۸	۵	N_QAZVIN-F
21.08.2010	09.03.2003	۲,۵	۴	۹	N_TEHRAN-F4
14.07.2012	26.12.2006	۲,۵	۳,۴	۳	PISHAV-F
18.09.2011	17.06.1948	۲,۵	۵,۸	۲۳	RUDBAR-F
28.12.2011	04.09.1962	۲,۵	۵,۸	۱۶	S_PARANDAK-F
20.01.2012	07.04.1937	۲,۵	۵,۷	۴۱	SIAHKUH-F
23.01.2012	25.12.1980	۲,۵	۴,۲	۱۰	TAFRESH-F
02.09.2011	10.07.1960	۲,۸	۴,۸	۸	TALEGHAN-F
30.08.2006	02.09.1962	۳,۱	۴,۵	۳	ZANJAN-F
06.01.2005	06.01.2005	۲,۵	۲,۵	۱	ZEFREH-F

جدول ۲-۴ ضرایب کاهشدهنده [۲۱]

ضرایب رابطه کاهشدهنده	مقدار
b1	1.04159
b2	0.91333
b3	-0.08140
b4	-2.92728
b5	0.28120
b6	7.86638
b7	0.08753
b8	0.01527
b9	-0.04189
b10	0.08015
σ_1	0.2610
σ_2	0.0994
$S_A (375 < V_s < 750)$	0
$S_s (375 < V_s < 750)$	0
$\sigma = \sqrt{(\sigma_1^2 + \sigma_2^2)}$	0.27928
E	0

رابطه مربوط به گسل‌های نرمال و معکوس:

(۳-۴)

$$\text{Log(PGA)} = 1.04159 + 0.91333 \times M + (-0.0814) M^2 + (-2.92728 + 0.2812 \times M) \log \sqrt{(Rjb2 + 7.866382) + (-0.04189 \times 0 + 0.08015 \times 0)}$$

۲-۴ محاسبه PGA طرح (Peak Ground Acceleration):

در این مرحله M و R هر گسل را در رابطه کاهندگی قرار داده، برای هر گسل یک PGA بدست می‌آید.

PGA طرح ناحیه مورد نظر برابر بیش‌ترین مقدار از بین PGA های بدست‌آمده از گسل‌ها می‌باشد. PGA بدست‌آمده از روش تعیینی ماکزیمم مقدار PGA محتمل می‌باشد، به عبارتی دوره بازگشت روش تعیینی بی‌نهایت می‌باشد.

۳-۴ تحلیل خطر لرزه‌ای به روش احتمالاتی (Probabilistic Seismic Hazard Analysis)

برای تحلیل خطر لرزه‌ای به روش احتمالاتی مراحل زیر را انجام می‌دهیم:
در این مرحله برای هر منبع لرزه‌زا یک کاتالوگ لرزه‌ای شامل زلزله‌ها (زلزله‌های تاریخی و دستگاهی) و تاریخ وقوع آن‌ها تهیه می‌شود.

سپس نمودار توزیع بزرگ‌ها را رسم می‌کنیم و با استفاده از تحلیل آماری و رگرسیون خطی، خطی را بر توزیع بدست‌آمده برازش می‌دهیم، سپس اقدام به محاسبه پارامترهای مربوط به رابطه گوتنبرگ-ریشتر (Gutenberg-Richter b-Line) می‌کنیم.

این رابطه به صورت $Ln(N) = \alpha_1 + \beta_1 M$ می‌باشد که N تعداد رویدادهای با بزرگی مساوی و بیش‌تر از M می‌باشد. پس از نرمال کردن این رابطه برحسب زمان و طول گسل به رابطه زیر می‌رسیم که برای واحد طول و زمان می‌باشد.

$$Ln(N') = \alpha_1' + \beta_1 M \quad (۴-۴)$$

$$\alpha_1' = \alpha_1 - \ln(L * dT) , N' = N / (L * dT) \quad (۵-۴)$$

M : بزرگی زلزله

N : تعداد رویداد های با بزرگی مساوی و بیشتر از M

L : طول گسل

dT : بازه زمانی

جدول ۴-۳ پارامترهای رابطه گوتنبرگ و ریشتر

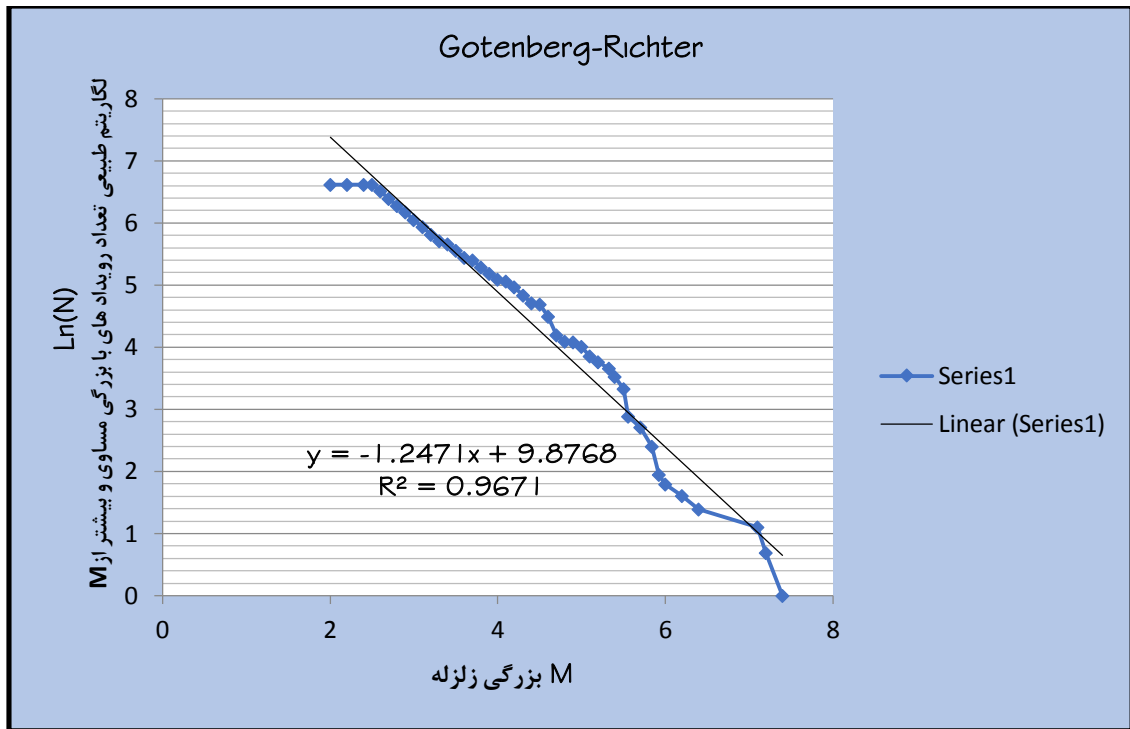
n	M=X	ln(n)	X-ave X	Y-ave Y	(X-ave X) ²	(X-ave X)(Y-ave Y)
1	7.4	0	2.992	-4.380	8.953	-13.105
2	7.2	0.6931	2.792	-3.687	7.796	-10.293
3	7.1	1.0986	2.692	-3.281	7.247	-8.833
4	6.4	1.3863	1.992	-2.993	3.968	-5.963
5	6.2	1.6094	1.792	-2.770	3.212	-4.965
6	6.0	1.7918	1.592	-2.588	2.535	-4.120
7	5.9	1.9459	1.514	-2.434	2.291	-3.684
11	5.8	2.3979	1.432	-1.982	2.051	-2.838
15	5.7	2.7081	1.292	-1.672	1.669	-2.160
18	5.6	2.8904	1.152	-1.489	1.327	-1.716
28	5.5	3.3322	1.092	-1.048	1.193	-1.144
34	5.4	3.5264	0.992	-0.853	0.984	-0.847
39	5.3	3.6636	0.919	-0.716	0.844	-0.658
43	5.2	3.7612	0.792	-0.619	0.627	-0.490
47	5.1	3.8501	0.692	-0.530	0.479	-0.367
55	5.0	4.0073	0.592	-0.372	0.351	-0.221
59	4.9	4.0775	0.492	-0.302	0.242	-0.149
60	4.8	4.0943	0.392	-0.285	0.154	-0.112
66	4.7	4.1897	0.292	-0.190	0.085	-0.056
89	4.6	4.4886	0.192	0.109	0.037	0.021
109	4.5	4.6913	0.092	0.312	0.008	0.029
111	4.4	4.7095	-0.008	0.330	0.000	-0.003
126	4.3	4.8363	-0.108	0.457	0.012	-0.049
143	4.2	4.9628	-0.208	0.583	0.043	-0.121
157	4.1	5.0562	-0.308	0.676	0.095	-0.208
162	4.0	5.0876	-0.408	0.708	0.166	-0.289
178	3.9	5.1818	-0.508	0.802	0.258	-0.407
197	3.8	5.2832	-0.608	0.903	0.370	-0.549

ادامه جدول ۳-۴ پارامترهای رابطه گوتنبرگ و ریشتر

n	M=X	ln(n)	X-ave X	Y-ave Y	(X-ave X) ²	(X-ave X)(Y-ave Y)
222	3.7	5.4027	-0.708	1.023	0.501	-0.724
232	3.6	5.4467	-0.808	1.067	0.653	-0.862
258	3.5	5.5530	-0.908	1.173	0.824	-1.065
286	3.4	5.6560	-1.008	1.276	1.016	-1.286
303	3.3	5.7137	-1.108	1.334	1.227	-1.478
335	3.2	5.8141	-1.208	1.434	1.459	-1.733
380	3.1	5.9402	-1.308	1.560	1.711	-2.041
426	3.0	6.0544	-1.408	1.675	1.982	-2.358
478	2.9	6.1696	-1.508	1.790	2.274	-2.699
534	2.8	6.2804	-1.608	1.901	2.585	-3.056
595	2.7	6.3886	-1.708	2.009	2.917	-3.431
674	2.6	6.5132	-1.808	2.133	3.269	-3.857
744	2.5	6.6120	-1.908	2.232	3.640	-4.259
745	2.4	6.6134	-2.008	2.234	4.032	-4.485
746	2.2	6.6147	-2.208	2.235	4.875	-4.935
747	2.0	6.6161	-2.408	2.236	5.798	-5.385
ave	4.4	4.3798		SUM	85.760	-106.950

$$\beta_1 = \frac{\sum(y - y \text{ ave})(x - x \text{ ave})}{\sum(x - x \text{ ave})^2} = -1.2471 \quad (۶-۴)$$

شکل ۱-۴ نمودار محاسبه ضرایب گوتنبرگ ریشر



β	-1.2471
α	9.8768

ضرایب β و α محاسبه شده فوق از برازش خطی بر داده های استخراج شده از کاتالوگ لرزه ای تمام گسل ها می باشد.

جدول ۴ - ۴ جدول محاسبه اجزا رابطه کاهندگی

NOM	Name of Faults	F _N & F _R	L _{tot} (km)	Number of sections	L (km)	d _r (year)	A _i ' (A _i / L x A)	B _i	α'
1	LAHIJAN-F	I	88	3	19	31.14	1.961	-1.2471	0.73
					7				0.73
					62				0.73
2	RUDBAR-F	I	86	4	27	15.58	2.676	-1.2471	0.75
					20				0.75
					25				0.75
	BONAN-F	I	70	2	35	16.11	2.849	-1.2471	0.96
					35				0.96
					40				0.39
4	ALAMUTRUD-F	I	123	3	36	17.4	2.208	-1.2471	0.39
					47				0.39
					30				1.11
5	NORTH GHAZVIN-F	I	60	2	30	43.96	1.999	-1.2471	1.11
					30				1.11
					22				0.27
6	ZANJAN-F	I	139	4	15	44.02	1.158	-1.2471	0.27
					71				0.27
					31				0.27
7	KANDEVAN-F	I	150	5	18	5.22	3.214	-1.2471	0.19
					30				0.19
					35				0.19
8	TALEGHAN-F	I	70	3	27	44.85	1.825	-1.2471	0.19
					40				0.19
					11				0.96
9	NORTH TEHRAN-F	I	142	4	45	0.53	5.553	-1.2471	0.96
					14				0.96
					50				0.25
10	ESHTEHARD-F	I	135	4	28	5.91	3.195	-1.2471	0.25
					47				0.25
					17				0.25
11	IPAK-F	0	84	3	28	39.39	1.772	-1.2471	0.30
					32				0.30
					42				0.30
12	S PARANDAK-F	I	183	4	33	48.55	0.785	-1.2471	0.30
					21				0.77
					17				0.77
13	KUSHK-E-NOSRAT-F	I	221	5	46	29.04	1.110	-1.2471	0.77
					40				-0.01
					41				-0.01
14	INDES-F	I	110	3	41	0.50	5.878	-1.2471	-0.01
					61				-0.01
					41				-0.01
15	TAFRESH-F	I	116	2	76	20.35	2.110	-1.2471	-0.19
					41				-0.19
					27				-0.19
16	SIAH KUH-F	I	144	3	27	66.45	0.710	-1.2471	-0.19
					27				-0.19
					50				-0.19
17	PISHVA-F	I	35	1	25	5.55	4.607	-1.2471	0.50
					50				0.50
					35				0.50
18	GARMSAR-F	I	69	2	71	22.73	2.519	-1.2471	0.45
					45				0.45
					32				0.23
19	KUH-E GUGERD-F	I	99	2	66	50.50	1.360	-1.2471	0.23
					46				0.23
					27				0.97
20	KUH-E GACHAB-F	I	26	1	42	23.68	3.454	-1.2471	0.97
					33				0.61
					66				0.61
21	ATARI-F	I	343	2	26	12.17	1.540	-1.2471	1.95
					178				-0.63
					165				-0.63
22	KHAZAR-F	I	65	2	24	72.93	1.413	-1.2471	1.03
					41				1.03
					101				-1.27
23	NORTH ALBORZ-F	I	646	6	71	65.92	-0.782	-1.2471	-1.27
					115				-1.27
					80				-1.27
24	MOSHA-F	I	231	4	104	46.24	0.601	-1.2471	-1.27
					175				-1.27
					80				-0.24
25	KAHRIZAK-F	I	62	2	42	3.39	4.528	-1.2471	-0.24
					75				-0.24
					34				-0.24
26	EYVANAKEY-F	I	93	2	27	15.08	2.631	-1.2471	-0.24
					35				1.08
					25				1.08
					68				0.67
					68				0.67

در این مرحله گسل‌های خطی به چند قسمت مساوی متناسب با طول تقسیم شده و سپس فاصله مرکز هر قسمت از محل سایت محاسبه شده است، تا در رابطه کاهندگی با ضرایب محاسبه شده قرار داده شده و PGA محاسبه شود.

جدول ۴-۵ مشخصات گسل‌ها و اجزای تقسیم شده

Name of Faults	Fn & FR	L _{tot} (km)	Number of sections	L (km)
LAHIJAN-F	1	92	3	30.67
				30.67
				30.67
RUDBAR-F	1	93	2	46.5
				46.5
BONAN-F	1	74	2	37
				37
ALAMUTRUD-F	1	140	3	46.67
				46.67
				46.67
NORTH GHAZVIN-F	1	72	2	36
				36
ZANJAN-F	1	137	3	45.67
				45.67
				45.67
KANDEVAN-F	1	90	2	45
				45
TALEGHAN-F	1	71	3	23.67
				23.67
				23.67
NORTH TEHRAN-F	1	115	3	38.33
				38.33
				38.33
ESHTEHARD-F	1	69	3	23
				23
				23
IPAK-F	0	80	2	40
				40
S PARANDAK-F	1	116	3	38.67
				38.67
				38.67
KUSHK-E-NOSRAT-F	1	230	3	76.67
				76.67
				76.67

ادامه جدول ۴-۵ در جدول زیر مشخصات گسل‌ها و اجزای تقسیم شده آورده شده است.

Name of Faults	Fn & FR	L _{tot} (km)	Number of sections	L (km)
INDES-F	1	98	3	32.67
				32.67
				32.67
TAFRESH-F	1	117	3	39
				39
				39
SIAH KUH-F	1	154	3	51.33
				51.33
				51.33
PISHVA-F	1	34	2	17
				17
GARMSAR-F	1	77	2	38.5
				38.5
KUH-E GUGERD-F	1	73	2	36.5
				36.5
KUH-E GACHAB-F	1	53	3	17.67
				17.67
				17.67
ATARI-F	1	185	3	61.67
				61.67
				61.67
KHAZAR-F	1	523	3	174.3
				174.3
				174.3
NORTH ALBORZ-F	1	360	8	45
				45
				45
				45
				45
				45
				45
				45
MOSHA-F	1	234	3	78
				78
				78
KAHRIZAK-F	1	44	2	22
				22
EYVANAKEY-F	1	74	3	24.67
				24.67
				24.67

۴-۴ محاسبه و تشکیل منحنی خطر:

در این مرحله ابتدا با استفاده از رابطه کاهندگی مورد نظر برای هر قسمت از هر گسل ضرایب رابطه را محاسبه کرده و با توجه به R هر قسمت یک رابطه بین PGA و M بدست می‌آید. سپس با استفاده از رابطه گوتنبرگ-ریشتر نرمال شده برای هر گسل، که ضرایب آن در مرحله دوم بدست آمد، اقدام به بدست آوردن پارامتر N' متناظر هر PGA برای تمام اجزای گسل‌ها کرده و در نهایت با استفاده از روابط زیر احتمال فراگذشت هر PGA را محاسبه کرده و اقدام به رسم منحنی خطر می‌کنیم.

$$\begin{aligned} P(PGA > PGA_d) &= 1 - P(PGA \leq PGA_d) \\ &= 1 - e^{-\sum N'(M)*L*dT} \end{aligned} \quad (۷-۴)$$

$$P(PGA > PGA_d) = 1 - e^{-T_L/T_R} \quad (۸-۴)$$

که برای سازه با طول عمر ۵۰ سال داریم:

$$T_R = 475 \text{ سال}$$

در این پروژه با توجه به رابطه کاهندگی مورد استفاده به علت این که نمی‌توان رابطه M بر حسب PGA را به راحتی استخراج کرد، که بتوان با استفاده از M بدست آمده مقدار N' متناظر با PGA را محاسبه کرد، به صورت زیر برای رسم منحنی خطر اقدام می‌کنیم.

ابتدا یک فایل Excel تنظیم شد که در آن مقدار M از ۰ تا ۹,۵ متغیر می‌باشد، سپس برای هر قسمت تمام گسل‌ها رابطه کاهندگی نوشته شد تا PGA متناظر هر M محاسبه شود، برای محاسبه مقدار (N'×L×dT) متناظر به هر M نیز همین کار برای هر قسمت تمام گسل‌ها تکرار شد. در نهایت دو فایل Excel موجود می‌باشد که با استفاده از کدنویسی در نرم افزار Matlab مقدار P (احتمال فراگذشت) محاسبه می‌شود و منحنی خطر رسم می‌شود.

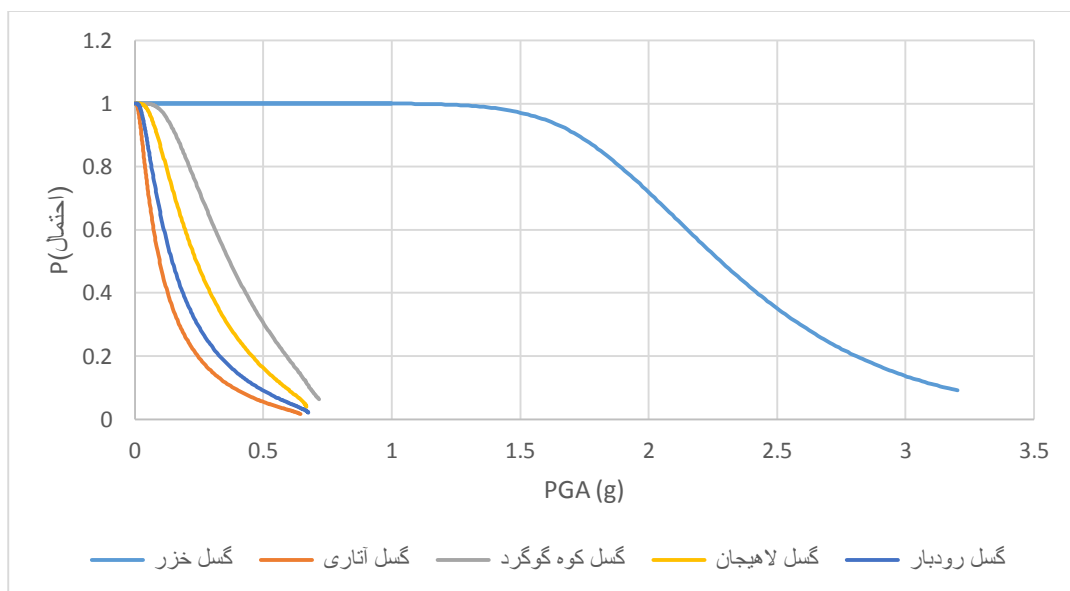
جدول ۶-۴ محاسبات مربوط به PGA متناظر با هر M برای دو نمونه از گسل‌ها

M	PGA of KHAZAR Fault			PGA of ATARI Fault		
0	1.261E-07	6.245E-08	2.998E-08	1.261E-07	7.752E-08	4.229E-08
0.01	1.305E-07	6.467E-08	3.107E-08	1.305E-07	8.026E-08	4.381E-08
0.02	1.351E-07	6.696E-08	3.219E-08	1.351E-07	8.309E-08	4.538E-08
0.03	1.398E-07	6.934E-08	3.336E-08	1.398E-07	8.602E-08	4.701E-08
0.04	1.446E-07	7.179E-08	3.456E-08	1.446E-07	8.905E-08	4.869E-08
0.05	1.496E-07	7.433E-08	3.581E-08	1.496E-07	9.218E-08	5.043E-08
0.06	1.548E-07	7.696E-08	3.71E-08	1.548E-07	9.541E-08	5.223E-08
0.07	1.602E-07	7.967E-08	3.844E-08	1.602E-07	9.876E-08	5.41E-08
0.08	1.657E-07	8.248E-08	3.982E-08	1.657E-07	1.022E-07	5.602E-08
0.09	1.714E-07	8.539E-08	4.125E-08	1.714E-07	1.058E-07	5.802E-08
0.1	1.774E-07	8.839E-08	4.273E-08	1.774E-07	1.095E-07	6.008E-08
0.11	1.835E-07	9.15E-08	4.427E-08	1.835E-07	1.133E-07	6.222E-08
0.12	1.898E-07	9.471E-08	4.585E-08	1.898E-07	1.173E-07	6.443E-08
0.13	1.963E-07	9.803E-08	4.749E-08	1.963E-07	1.214E-07	6.671E-08
0.14	2.03E-07	1.015E-07	4.919E-08	2.03E-07	1.256E-07	6.907E-08
0.15	2.1E-07	1.05E-07	5.095E-08	2.1E-07	1.3E-07	7.152E-08
0.16	2.172E-07	1.087E-07	5.277E-08	2.172E-07	1.345E-07	7.404E-08
0.17	2.246E-07	1.125E-07	5.465E-08	2.246E-07	1.391E-07	7.666E-08

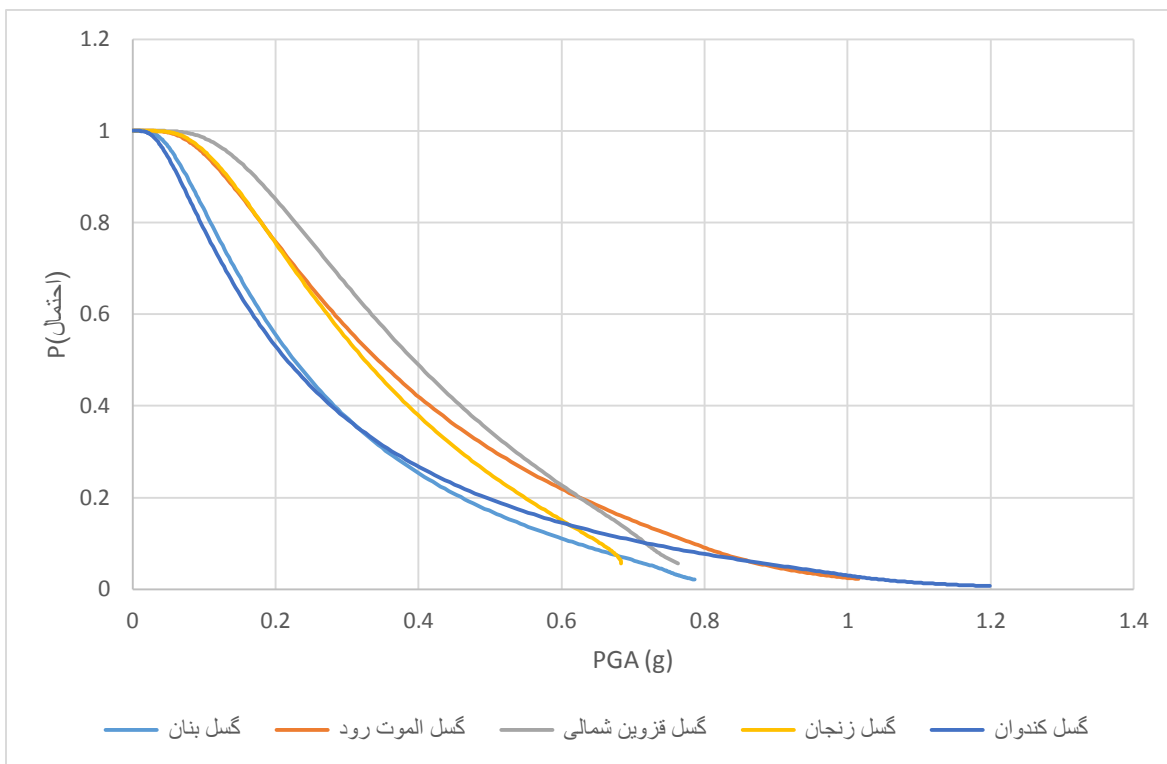
جدول ۷-۴ محاسبات مربوط به فراگذشت متناظر با هر M برای دو نمونه از گسل‌ها

M	KHAZAR F			ATARI F		
0	6492	6492	6492	6495	6495	6495
0.01	6411	6411	6411	6414	6414	6414
0.02	6332	6332	6332	6335	6335	6335
0.03	6253	6253	6253	6256	6256	6256
0.04	6176	6176	6176	6179	6179	6179
0.05	6099	6099	6099	6102	6102	6102
0.06	6024	6024	6024	6027	6027	6027
0.07	5949	5949	5949	5952	5952	5952
0.08	5875	5875	5875	5878	5878	5878
0.09	5802	5802	5802	5805	5805	5805
0.1	5731	5731	5731	5733	5733	5733
0.11	5660	5660	5660	5662	5662	5662
0.12	5589	5589	5589	5592	5592	5592
0.13	5520	5520	5520	5523	5523	5523
0.14	5452	5452	5452	5454	5454	5454
0.15	5384	5384	5384	5387	5387	5387
0.16	5317	5317	5317	5320	5320	5320
0.17	5252	5252	5252	5254	5254	5254

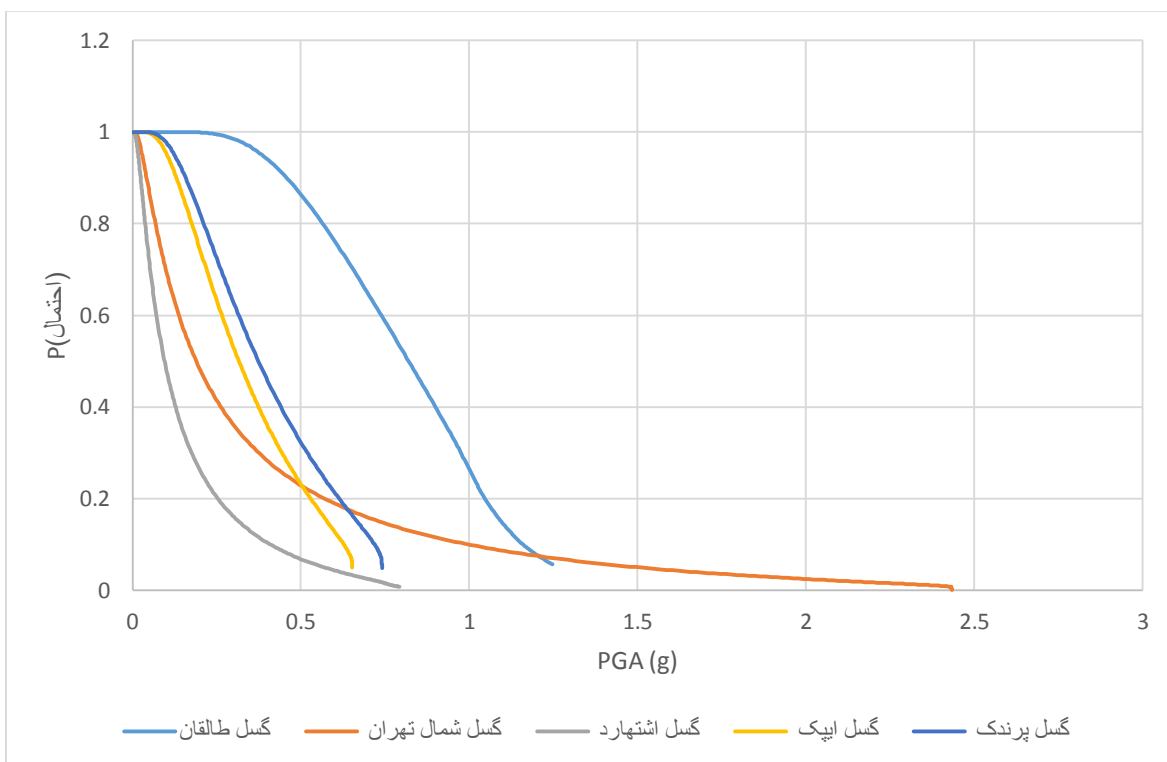
در این تحقیق با تقسیم‌بندی خط لوله انتقال آب به چهار قسمت و انتخاب یک نقطه از هر قسمت بعنوان نماینده‌ای از هر قسمت از خط لوله، محاسبات تحلیل خطر احتمالاتی و تعیینی روی آن‌ها انجام شد، برای این کار ابتدا تمام گسل‌های موجود در منطقه‌ای به شعاع ۲۰۰ کیلومتر در اطراف نقاط مورد نظر شناسایی شد و تمام زمین‌لرزه‌های تاریخی و ثبت شده در این منطقه برداشت شد، و سپس با اختصاص هر زلزله به نزدیک‌ترین گسل کاتالوگ لرزه‌ای مربوط به هر گسل تهیه شد، در نهایت با استفاده از روش‌های موجود که به‌طور کامل در فصول گذشته به شرح آن پرداخته شد احتمال فراگذشت زمین‌لرزه‌ای با بیشینه شتاب زمین (PGA) مشخص محاسبه شده و برای هر گسل به تفکیک این نتایج به صورت نموداری رسم شد، این نمودار که به منحنی خطر معروف است نشان‌دهنده بیشینه شتاب زمین لازم برای طراحی و کنترل سازه مورد استفاده قرار می‌گیرد، در ادامه منحنی خطر مربوط به گسل‌ها به تفکیک و همچنین منحنی خطر کلی برای هر چهار نقطه انتخابی در امتداد خط لوله نشان‌داده شده است، که می‌توان نتایج زیر را برداشت کرد:



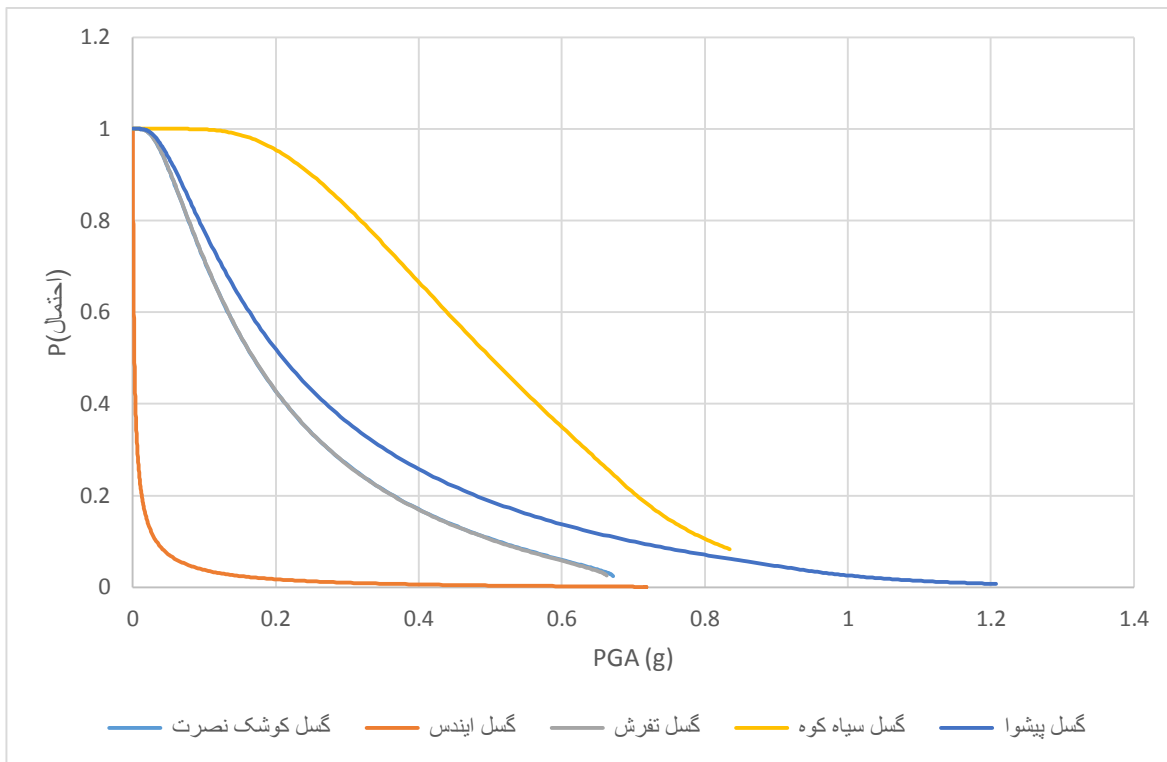
شکل ۴-۲ منحنی خطر مربوط به گسل خزر، گسل آتاری، کوه گوگرد، لاهیجان در سایت ۱



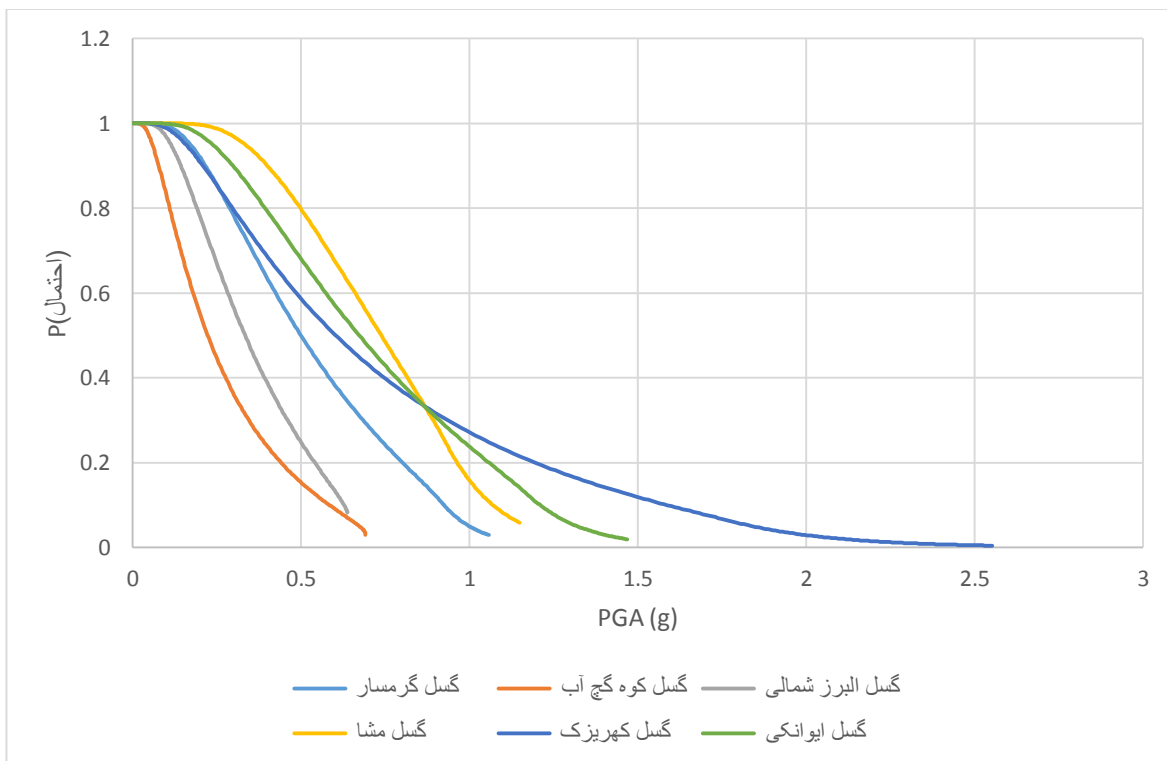
شکل ۳-۴ منحنی خطر مربوط به گسل بنان، الموت رود، قزوین شمالی، زنجان، کندوان در سایت ۱



شکل ۴-۴ منحنی خطر مربوط به گسل طالقان، شمال تهران، اشتهارد، ایپک، پرندک در سایت ۱



شکل ۴-۵ منحنی خطر مربوط به گسل کوشک نصرت ، ایندیس ، تفرش ، سیاه کوه ، پیشوا در سایت ۱



شکل ۴-۶ منحنی خطر مربوط به گسل گرمسار ، کوه گچ آب ، البرز شمالی ، مَشا ، کهریزک ، ایوانکی در سایت ۱

فصل پنجم

نتایج محاسبات و جمع بندی

۱-۵ نتیجه گیری

با توجه به تقسیم‌بندی خط لوله انتقال آب به چهار قسمت و نمودارهای بدست آمده که در فصل قبل بیان شد، محاسبات تحلیل خطر احتمالاتی و تعیینی روی صورت گرفت و نتایج به صورت زیر را برداشت شد:

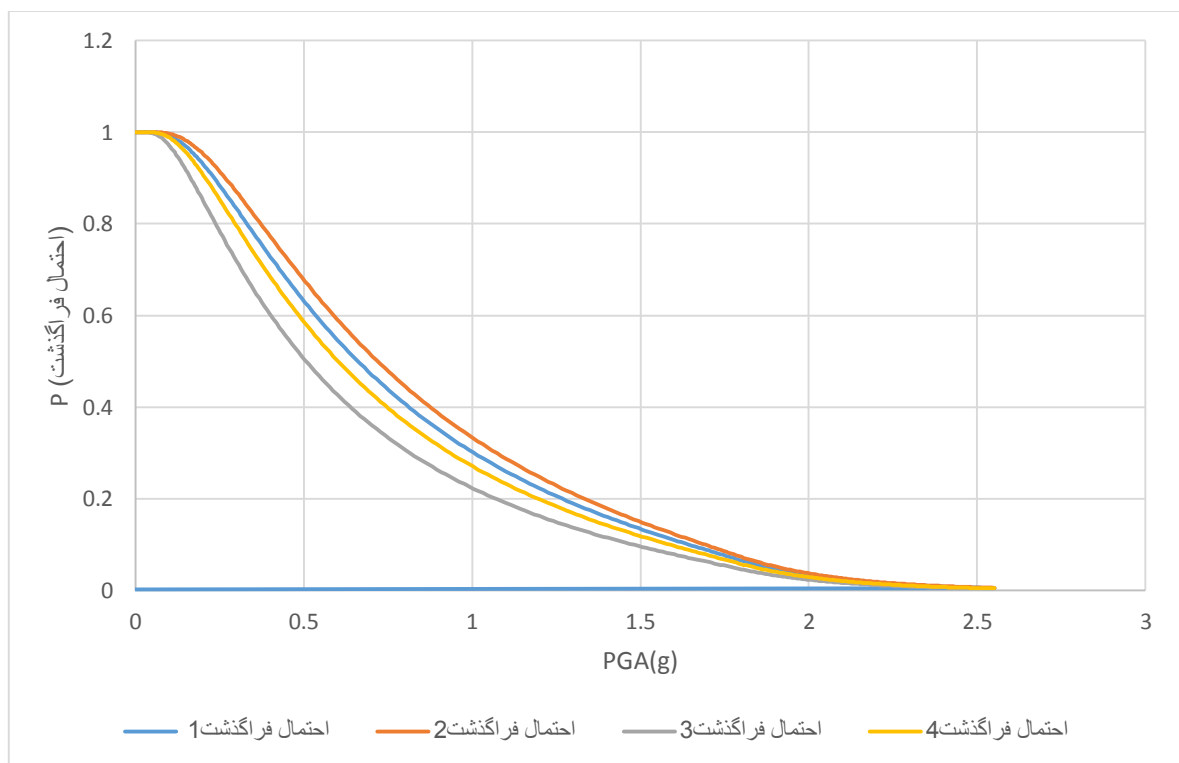
جدول ۱-۵ PGA متناظر با هر گسل در سایت

ردیف	نام گسل	PGA متناظر احتمال فرا گذشت ۱۰٪	PGA متناظر احتمال فرا گذشت ۹۰٪	PGA متناظر احتمال فرا گذشت ۵۰٪
۱	خزر	۳,۲	۱,۷۵	۲,۲۵
۲	آتاری	۰,۴	۰,۰۷	۰,۱
۳	کوه گوگرد	۰,۷	۰,۱	۰,۳۷
۴	لاهیجان	۰,۶۵	۰,۱	۰,۲۵
۵	رودبار	۰,۵	۰,۰۸	۰,۱۷
۶	بنان	۰,۶۷	۰,۱	۰,۲۳
۷	الموت رود	۰,۸	۰,۱۲	۰,۳۲
۸	قزوین شمالی	۰,۷۲	۰,۱۳	۰,۴
۹	زنجان	۰,۷	۰,۱	۰,۳
۱۰	کندوان	۰,۸	۰,۰۸	۰,۲۵
۱۱	طالقان	۱,۵	۰,۵	۰,۹
۱۲	شمال تهران	۱	۰,۲	۰,۳

ادامه جدول ۱-۵ PGA متناظر با هر گسل در سایت				
PGA متناظر احتمال فرا گذشت ۵۰٪	PGA متناظر احتمال فرا گذشت ۹۰٪	PGA متناظر احتمال فرا گذشت ۱۰٪	نام گسل	ردیف
۰,۱	۰,۰۵	۰,۴	اشتهارد	۱۳
۰,۳	۰,۱۷	۰,۶۵	ایپک	۱۴
۰,۳۷	۰,۱۸	۰,۷	پرندهک	۱۵
۰,۱۷	۰,۰۸	۰,۵	کوشک نصرت	۱۶
۰	۰	۰,۰۸	ایندهس	۱۷
۰,۱۸	۰,۰۷	۰,۵	تفرش	۱۸
۰,۵	۰,۲۵	۰,۷۲	سیاه کوه	۱۹
۰,۲	۰,۰۸	۰,۷	پیشوا	۲۰
۰,۵	۰,۲	۰,۹	گرمسار	۲۱
۰,۲۲	۰,۱	۰,۶	گچ آب	۲۲
۰,۳۵	۰,۱۸	۰,۶۵	البرز شمالی	۲۳
۰,۷	۰,۴	۱,۲	موشا	۲۴
۰,۶	۰,۲۵	۱,۵	کهریزک	۲۵
۰,۷	۰,۳	۱,۲	ایوانکی	۲۶

همان‌طور که در شکل‌های فوق می‌توان دید بیش‌ترین PGA را گسل‌های مشا، گرمسار، سیاه کوه، طالقان و خزر می‌توانند در سایت انتخابی شماره یک در امتداد خط لوله تولید کنند و این گسل‌ها

بیشترین احتمال را در تولید زلزله با یک PGA مشخص دارا می‌باشند و می‌توان این نتیجه را گرفت که در صورت فعال شدن این گسل‌ها بیشترین خسارات به خط لوله وارد خواهد شد. همچنین می‌توان گفت کمترین PGA توسط گسل‌های عطاری، شمال تهران، اشتهارد و ایندس تولید می‌شود. در واقع کمترین توان لرزه‌زایی در این منطقه مربوط به این گسل‌ها می‌باشد و در صورت فعال شدن این گسل‌ها خسارات زیادی به منطقه وارد نخواهد شد. همان‌طور که در منحنی‌های فوق دیده می‌شود، مقادیر PGA متناظر با احتمال فراگذشت ۱۰٪، ۹۰٪ و ۵۰٪ که پارامترهای کاربردی در آیین‌نامه‌ها و طراحی می‌باشند، برای گسل‌های مختلف متفاوت می‌باشد، و این بدین معنی می‌باشد که در صورت ایجاد زمین‌لرزه توسط هر یک از این گسل‌ها، بیشینه شتاب زمین احتمالی در نقاط مورد نظر متفاوت می‌باشد. برای محاسبه منحنی خطر ناشی از تمام گسل‌ها در چهار نقطه انتخابی بر روی امتداد خط لوله همان‌طور که در فصول گذشته بیان شد عمل شده و نتایج به صورت گراف‌های زیر بدست آمده‌است:



شکل ۵-۱ منحنی احتمال فراگذشت نقاط ۱، ۲، ۳، ۴ در سایت

جدول ۵-۲ PGA متناظر با هر سایت در احتمال فرا گذشت ها

ردیف	سایت	PGA متناظر احتمال فرا گذشت ۱۰٪	PGA متناظر احتمال فرا گذشت ۹۰٪	PGA متناظر احتمال فرا گذشت ۵۰٪
۱	اول	۱,۶	۰,۲۷	۰,۶
۲	دوم	۱,۸	۰,۳	۰,۷
۳	سوم	۱,۶	۰,۱۷	۰,۵
۴	چهارم	۱,۷	۰,۲	۰,۶

همان طور که مشاهده می شود، منحنی خطر مربوط به این چهار نقطه بسیار به یکدیگر شبیه بوده و می توان این گونه نتیجه گیری کرد که به علت در نظر گیری کاتالوگ لرزه ای یکسان و گسل های مشابه برای همه نقاط انتظار می رفت که نتایج ناشی از آن نیز یکسان باشد، و فقط به علت اختلاف در فواصل این نقاط تا گسل ها مقدار کمی اختلاف در نتایج مشاهده می شود.

۵-۲ پیشنهادات برای ادامه تحقیق:

- ۱) استفاده از این روش در پروژه های مشابه همچون تونل انتقال آب سد طالقان.
- ۲) با توجه به تحلیل های خطر مشاهده می شود که در این مناطق احتمال وقوع زلزله هایی تا حد PGA و PGD بالا در این مکان بسیار محتمل می باشد. از این رو می توان بر روی مقاوم سازی و یا راه های پیشگیری از ایجاد خسارت در خطوط لوله انتقال آب تحقیقاتی انجام داد.

۳) با توجه به منابع انرژی فراوان در کشور ما و نیاز به انتقال این منابع توسط خطوط زیرزمینی و روزمینی لوله، انجام این نوع تحقیقات در مناطق مختلف کشور الزامی می‌باشد.

۴) امکان‌سنجی استفاده از تکنولوژی‌های نوین هم‌چون نانو در اتصالات و واشربندی در خطوط لوله برای انعطاف‌پذیرتر شدن محل اتصالات در گسلش زمین.

منابع و مراجع

منابع و مراجع

- Industrial Technology Research Institute ., "Seismic Codes and Standards of Energy Supply System" Energy Commission, Ministry of Economic Affairs, Chinese Taipei. (2003) [1]
- Effect of - 1985, 19 The Mexico earthquake of September", (1988) .Anderson, J. G., and Quaaas, R magnitude on the character of strong ground motion: an example from the Guerrero, Mexico. (.Aug .646-635 .pp·2)4 .strong motion network." Earthquake Spectra, Vol [2]
- Seismic vulnerability of buried pipelines", Geofisica", (2002), Raul Floures-Berrones & X Li Liu. 246-237.pp ,2.Num ,42.Vol ,(2003) International [3]
- Cheryl J. Trench & Thomas O. Miesner, The Steering Committee on Energy Pipelines and The Role Of Energy Pipelines And Research In The United States", Pipeline" ,(2006) ,Research .Research Council International, Inc [4]
- Story steel frame building-13 Seismic response of an instrumented", (1997) .Uang, C. M., and et al. (.Feb .149-131 .pp, 1)13 .Northridge earthquake." Earthquake Spectra, Vol 1994 damaged in the [5]
- preliminary - 1987, 1 The Whittier Narrows, California earthquake of October" ,(1988) .Brady, A. G. (.Feb.74-55 .pp ,1)4 .assessment of strong ground motion records." Earthquake Spectra, Vol [6]
- Residential water heater damage and fires following the Loma Prieta and", (1992) .Levenson, L. M. (.Nov .603-595 .pp, 4)8 .Big Bear Lake earthquakes." Earthquake Spectra, Vol [7]
- Public property damage and emergency response costs: comparing the Loma", (1993) .French, S... (.Feb .54-35 .pp, 1)9 .Prieta and Whittier Narrows earthquakes." Earthquake Spectra, Vol [8]
- Response of Buried Pipe-lines Subjected to Earthquake Effects". (1999), .O'Rourke, M.J., X.J.LIU .9Multidisciplinary Center for Earthquake Engineering Research University at .3# Monograph Series.Buffalo. [9]
- Effect of Lateral Spreading on Buried Pipelines During the", (1983!), O'Rourke T. and M. TAWFIK San Fernando Earthquake". Earthquake Behaviors and Safety of Oil and Gas Storage Facilities 1971 .ASME, New York, N.Y ,Buried Pipelines and [10]

Equipment, PVP-Vol77

Damage assessment of natural gas pipelines subjected to an” ,(2004) ,T.Y. Tan & [11]
J.H. Ueng .11

.earthquake”, An overview of pipeline damages, Taiwan university

Steel Pipe Wrinkling Due to”, (1995), O’Rourke, M.J., X.J.LIU and R. FLORES- [12]
BERRRONES Longitudinal Permanent Ground deformation”. Journal of
Transportation Engineering, ASCE .451-443 ,5 ,121 ,September/October

Failure mechanisms of Buried pipelines under fault movement,” Proceedings of” [13]
,(1985) Yeh, Y.H .267-251 ,the ROC-JAPAN Seminar of Multiple Hazards
Mitigation, Taipei, Taiwan

Damage assessment of underground pipelines”, Master Thesis, Dept. of Civil” [14]
,(2003) .Ueng, J.H .Engineering, National Taiwan University, Taipei, Taiwan

Problems in wave propagation in soil and rock,” Proceedings of” ,(1967) .Newmark, [15]
N. M .15 International Symposium on Wave Propagation and Dynamic Properties of
Soil Materials, .26-7 ,Albuquerque, New Mexico

Tokimatsu, K., and Empirical” ,(1983) .Yoshimi, Y [16]
correlation of soil liquefaction based on SPT N-value and fines content,” Soils and-
56 ,4.No ,23.Foundation, Vol.24

Seed, H.B., Tokimatsu, K.M., Harder, L.F., and Chung, Influence of SPT” ,(1985) [17]
,.R.M procedure in soil liquefaction resistance evaluation,” Journal of Geotechnical
Engineering, -1425 ,12 .No ,111.ASCE, Vol.1445

Flores-Berrrones, R. and .18 Seismic” ,(1992) ,M.O’Rourke Effects on Underground [18]
Pipelines Due to Permanent Longitudinal Ground Deformations,” Proceedings from
the Fourth Japan-U.S. workshop on Earthquake Resistant Design of Lifeline
Facilities and countermeasures for Soil Liquefaction. National Center for
Earthquake Engineering Research. -Technical Report NCEER91

Ostadan, f., J. Marrone, J. Litehiser and I. Arango Liquefaction Hazard ,(1991) [19]
Evaluation: Methodology and Lifeline .600-591 .Application Earthquake
Engineering, Ed. By M. A. Cassaro. American .Society of Civil Engineering

Cornell, C.A. (1968). Engineering seismic risk analysis, Bull. Seism. Soc. Am. , 58, [20]
1583-1606.

Bommer, Julian J., and Norman A, Abrahamson(2006). Why Do Modern [21]
obabilistic Seismic-Hazard Analyses Often Lead to Increased Hazard

Estimates?: Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 96, No. 6, pp. 1967–1977

Wang, Z., and M. Zhou(2007). Comment on “Why Do Modern Probabilistic Seismic-Hazard Analyses Often Lead to Increased Hazard Estimates?” by Julian J. Bommer and Norman A. Abrahamson: Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 97, No. 6, pp. 2212–2214 [22]

بررسی آسیب پذیری سامانه های خطوط لوله مدفون. محمدرضا خباز تمیمی. اولین همایش [23]

بین المللی زلزله و سبک سازی ساختمان. ۱۳۸۴

بررسی اثر زلزله بر شریان های حیاتی با نگاه ویژه به خطوط انتقال نفت. مهرداد حجازی، رضا [24]

کریمی محمدی، فرهاد مروجی هرنندی. پنجمین کنگره ملی مهندسی عمران. ۱۳۸۹

ماهنامه بین المللی راه و ساختمان. شماره ۹۲ [25]

سایت پژوهشگاه مرکزی زلزله (<http://www.iiees.ac.ir>) [26]

پیوست

کد برنامه تحت نرم افزار Matlab برای خواندن و تجزیه اطلاعات بدست آمده، انجام

محاسبات و رسم منحنی خطر

در این قسمت در محیط نرم افزار برنامه نویسی Matlab برنامه ای نوشته شده است که پس از محاسبات مربوط به احتمال خطر، نمودارهای منحنی خطر را رسم می کند. در زیر code نوشته شده در این نرم افزار آورده شده است.

(1) کد MATLAB

```
Dim i, j, key, xkey, r, a, b, c, d, del As Integer
Dim x1, x2, y1, y2, w1, w2 As Double
Dim total As Long
RowCount = ActiveSheet.Cells.SpecialCells(xlCellTypeLastCell).Row
del = 0
key = 2

For i = key To RowCount
    xkey = key + 1
    For j = xkey To RowCount
        x1 = Cells(key, 3).Value
        x2 = Cells(xkey, 3).Value
        y1 = Cells(key, 4).Value
        y2 = Cells(xkey, 4).Value
        w1 = x2 - x1
        w2 = y2 - y1
        (a = Abs(w1
        (b = Abs(w2
        (c = (a ^ 2) + (b ^ 2
        (r = Sqr(c
```

Cells(j, 1).Select

total = Cells(j, 1).Value - Cells(i, 1).Value

If Cells(i, 6).Value = 2.5 Then

If total < 6 And Cells(j, 6).Value < Cells(i, 6).Value And r < 19.5 Then

Cells(j, 6).EntireRow.Delete

RowCount = RowCount - 1

End If

ElseIf Cells(i, 6).Value = 3 Then

If total < 11.5 And Cells(j, 6).Value < Cells(i, 6).Value And r < 22.5 Then

Cells(j, 6).EntireRow.Delete

RowCount = RowCount - 1

End If

ElseIf Cells(i, 6).Value = 3.5 Then

If total < 22 And Cells(j, 6).Value < Cells(i, 6).Value And r < 26 Then

Cells(j, 6).EntireRow.Delete

RowCount = RowCount - 1

End If

ElseIf Cells(i, 6).Value = 4 Then

If total < 42 And Cells(j, 6).Value < Cells(i, 6).Value And r < 30 Then

Cells(j, 6).EntireRow.Delete

RowCount = RowCount - 1

End If

ElseIf Cells(i, 6).Value = 4.5 Then

If total < 83 And Cells(j, 6).Value < Cells(i, 6).Value And r < 35 Then

Cells(j, 6).EntireRow.Delete

RowCount = RowCount - 1

End If

ElseIf Cells(i, 6).Value = 5 Then

If total < 155 And Cells(j, 6).Value < Cells(i, 6).Value And r < 40 Then

Cells(j, 6).EntireRow.Delete

RowCount = RowCount - 1

End If

```

ElseIf Cells(i, 6).Value = 5.5 Then
If total < 290 And Cells(j, 6).Value < Cells(i, 6).Value And r < 47 Then
Cells(j, 6).EntireRow.Delete
RowCount = RowCount - 1
End If
ElseIf Cells(i, 6).Value = 6 Then
If total < 510 And Cells(j, 6).Value < Cells(i, 6).Value And r < 54 Then
Cells(j, 6).EntireRow.Delete
RowCount = RowCount - 1
End If
ElseIf Cells(i, 6).Value = 6.5 Then
If total < 790 And Cells(j, 6).Value < Cells(i, 6).Value And r < 61 Then
Cells(j, 6).EntireRow.Delete
RowCount = RowCount - 1
End If
ElseIf Cells(i, 6).Value = 7 Then
If total < 915 And Cells(j, 6).Value < Cells(i, 6).Value And r < 70 Then
Cells(j, 6).EntireRow.Delete
RowCount = RowCount - 1
End If
ElseIf Cells(i, 6).Value = 7.5 Then
If total < 960 And Cells(j, 6).Value < Cells(i, 6).Value And r < 81 Then
Cells(j, 6).EntireRow.Delete
RowCount = RowCount - 1
End If
ElseIf Cells(i, 6).Value = 8 Then
If total < 985 And Cells(j, 6).Value < Cells(i, 6).Value And r < 94 Then
Cells(k, 6).EntireRow.Delete
RowCount = RowCount - 1
End If
End If
Next
Next

```


!MsgBox "Math Successfully

Abstract

One of the biggest problem for large diameter pipelines during earthquake is rupture. For this reason checking intersections between faults and pipelines and Seismicity of the territory is very important and can be used in design, maintenance and crisis management.

The hazards of wave propagation and Peak Ground Displacements (PGD) cause failure of buried water pipelines, wastewater and gas pipes during big earthquakes and they can not resist against shear deformations.

Considering the importance of Mamloo dam water pipeline with 35 km length, 1800 mm diameter and flow rate of more than 2.5 m³ per second which is one of the main pipelines of drinking water resources of Tehran, and also according to Seismicity of this region, this pipeline is investigated for earthquake risk analysis caused by local faults.

There are two method for earthquake risk analysis, Deterministic Seismic Hazard and Probabilistic Seismic Hazard. The Probabilistic Seismic Hazard method is used in this research.

In this method at first the earthquake catalog including earthquake history information like date of occurrence, intensity and place of occurrence are obtained and then distribution chart of earthquake information is drawn. Using statistical analysis and linear regression, a line is fitted to the calculated distribution to obtain the parameters of Gutenberg-Richter relation. Using the acquired distribution, the favorite site is analyzed. According to the results, it is proposed to use thicker continuous pipes with high-strength ductile material for reducing the earthquake hazards.

Keywords: Earthquake, Risk analysis, Deterministic method, Pipelines



Shahrood University of Technology

Kharazmi Campus
M.Sc. Thesis in Geotechnique.

**Evaluation of Seismic hazard analysis in the water pipeline from Mamlou dam to
Tehran (Hazard Analysis in various points along the pipeline)**

By : Akbar Hormozi

Supervisor
Dr. A. Bazrafshan. M

Sep 2016