

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



پایان‌نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد رشته ژئوفیزیک-زلزله‌شناسی

عنوان:

آنالیز حساسیت روابط کاهندگی در تحلیل خطر زمین‌لرزه خراسان (مطالعه موردی در گستره‌ای به شعاع ۱۵۰ کیلومتری کاشمر)

نگارنده:

پرستو قانعی

استاد راهنما:

دکتر احمد شوشتری

استاد مشاور:

دکتر حسین صادقی

اظهار نامه

اینجانب پرستو قانعی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته ژئوفیزیک-زلزله‌شناسی مرکز تحقیقات زمینلرزه-شناسی دانشگاه فردوسی مشهد نویسنده پایان‌نامه «آنالیز حساسیت روابط کاهندگی در تحلیل خطر زمینلرزه خراسان، مطالعه موردی در گستره‌ای به شعاع ۱۵۰ کیلومتری کاشمر»

تحت راهنمایی آقای دکتر احمد شوشتری متعهد می‌شوم:

- تحقیقات در این پایان‌نامه 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 پایان‌نامه توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه فردوسی مشهد می‌باشد و مقالات مستخرج با نام «دانشگاه فردوسی مشهد» و یا «Ferdowsi University of Mashhad» به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در بدست آمدن نتایج اصلی پایان‌نامه، در مواردی که از موجود زنده (یا بافت‌های آن‌ها) استفاده شده است ضوابط اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان‌نامه، 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

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه‌های رایانه‌ای، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده) متعلق به دانشگاه فردوسی مشهد می‌باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان‌نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.

تقدیم به پدر بزرگوار و مادر مهربانم:

آن دو فرشته‌ای که از خواسته‌هایشان گذشتند، تا من به جایگاهی که اکنون در آن ایستاده‌ام برسیم.

پروردگارا! نه میتوانم مویشان را که در راه عزت من سفید شد، سیاه کنم و نه برای کمرهای خمیده‌شان که شمره تلاش برای افتخار من

است، مرهمی دارم. پس توفیق ده که هر لحظه سگدازارشان باشم و ثانیه‌های عمرم را در عصای دست بودنشان سپری کنم.

و تقدیم به همسر عزیزم:

اسطوره زندگیم، پناه محکم و امید بودنم، او که آفتاب مهرش در آستانه قلمم با رجاست و هرگز غروب نخواهد کرد.

تقدیم بہ:

آستان پر مہر امام رافت و بزرگواری، امام رضا (ع) کہ خداوند

افتخار تحصیل در جوار حرم پاکش را نصیبم نمود.

شکر و قدردانی

باساس از جناب آقای دکتر احمد شوشتری استاد راهنمای بزرگوارم که از راهنمایی های پر ارزش ایشان در این تحقیق بهره مند بوده ام و همچنین بر خود لازم می دانم از زحمات استاد که تقدیرم جناب آقای دکتر حسین صادقی که در طول انجام این پایان نامه به عنوان استاد مشاور زحمات زیادی را متحمل شده اند، شکر نمایم. بی شک انجام این تحقیق جز باروشنای کلام این دو بزرگوار و راهنمایی ایشان میسر نبود و از لطف بی شائبه جناب آقای دکتر ناصر حافظی مقدس که داوری این پایان نامه را بر عهده داشتند شکر کنم.

و نیز این مهم را وظیفه می خود می دانم که از زحمات جناب آقای دکتر رضا حسینی که در انجام این تحقیق بسیار من را راهنمایی نمودند، شکر نمایم و همچنین از سایر دوستانی که مراد این راه یاری نمودند و پرسنل محترم مرکز تحقیقات زمین لرزه شناسی دانشگاه فردوسی مشهد صمیمانه سپاسگزارم.

چکیده

تحلیل خطر زمین‌لرزه به تخمین کمی خطرات لرزش زمین در یک محل خاص مربوط می‌شود. طراحی مقاوم در برابر زمین‌لرزه مستلزم برآوردی دقیق از میزان خطر لرزه‌ای است. یک روش عمومی برای آنالیز خطر لرزه‌ای و به نقشه در آوردن آن، پهنه‌بندی است. خطرات لرزه‌ای در شرایطی که اندازه، زمان و مکان زلزله قطعی نباشد، به صورت احتمالی بررسی می‌شود. با توجه به اینکه از پارامترهای مختلفی در برآورد خطر لرزه‌ای استفاده می‌شود، لازم است که تأثیر این پارامترها بر نتایج تحلیل خطر مورد بررسی قرار گیرد.

با توجه به اهمیت پارامتر کاهندگی در تحلیل خطر تأثیر این پارامتر در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفته است. برای این منظور برآورد خطر زمین‌لرزه به روش احتمالاتی در گستره‌ای به شعاع ۱۵۰ کیلومتری شهر کاشمر با طول و عرض جغرافیایی ۵۸,۴۲ و ۳۵,۲۴ که در برگیرنده گستره خراسان می‌باشد، انجام شده است. لذا بر اساس داده‌های تاریخی و دستگاهی، اطلاعات گسل‌های لرزه‌زا، سازوکار ژرفی محدوده و ساختار زمین‌شناسی، ویژگی‌های لرزه‌خیزی و مدل لرزه زمین‌ساختی منطقه ارائه شده است. در این مطالعه فرض بر اینست که رخداد زمین‌لرزه‌ها دارای توزیع پواسون می‌باشند. به عبارت دیگر نرخ رخداد در گستره زمانی مورد نظر ثابت باقی می‌ماند و با استفاده از اطلاعات زمین‌شناسی، زلزله‌شناسی و ژئوفیزیکی، ۲۳ چشمه بالقوه لرزه‌ای در منطقه تعیین شده است. سپس پارامترهای لرزه‌خیزی با استفاده از روش کیجکو و سلوول و با فرض $M_{min}=4$ محاسبه شده‌اند. اطلاعات حاصل برای چهار رابطه کاهندگی مورد پردازش قرار گرفته است. لازم به ذکر است که در این تحقیق از روابط کاهیدگی که برای گستره خراسان بدست آمده‌اند نیز استفاده شده است و در نهایت نقشه پهنه‌بندی مربوط به این چهار رابطه کاهندگی برای ۱۰٪ احتمال افزایش خطر در طول عمر مفید ۵۰ سال سازه یعنی دوره بازگشت ۴۷۵ سال رسم شده‌اند. در برآورد خطر زمین‌لرزه از کرایسیس ۲۰۰۷ برای شبکه‌ای از نقاط با فاصله ۰/۱ درجه استفاده شده است. از نظر خطر نسبی زمین‌لرزه می‌توان گستره خراسان را به پهنه‌های با میزان خطر نسبی متفاوت تقسیم‌بندی نمود. در نهایت جهت بررسی تأثیر روابط کاهندگی بر نتایج تحلیل خطر یک نقشه‌ی انحراف معیار استاندارد از این چهار رابطه کاهندگی رسم شده است.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	فصل اول
۲	۱-۱- پیشگفتار و اهمیت
۳	۲-۱- تاریخچه
۵	۳-۱- هدف از انجام این مطالعه
۶	۴-۱- فصل بندی
۸	فصل دوم
۹	۱-۲- مقدمه
۹	۲-۲- موقعیت زمین ساختی و نوزمین ساختی گستره
۹	۱-۲-۲- زمین ساخت گستره مورد مطالعه
۱۰	۱-۲-۲-۱- ایران مرکزی
۱۰	۲-۲-۲-۱- کپه داغ
۱۲	۲-۲-۲- وضعیت نو زمین ساختی گستره مورد مطالعه
۱۷	۳-۲- خصوصیات گسل های دارای پتانسیل فعالیت لرزه ای
۱۸	۴-۲- گسل های فعال در محدوده مورد مطالعه
۱۸	۱-۴-۲- گسل فردوس
۱۸	۲-۴-۲- گسل دوغ آباد
۱۸	۳-۴-۲- راندگی طبس
۱۹	۴-۴-۲- گسل دشت بیاض
۲۰	۵-۴-۲- گسل درونه
۲۰	۶-۴-۲- گسل خواف
۲۱	۷-۴-۲- گسل گناباد
۲۱	۸-۴-۲- گسل سلامی
۲۱	۹-۴-۲- گسل قوچان (چوپانلو)
۲۱	۱۰-۴-۲- گسل کشف رود
۲۲	۱۱-۴-۲- گسل بینالود
۲۳	۱۲-۴-۲- گسل کلمرد
۲۵	فصل سوم
۲۶	۱-۳- مقدمه
۲۶	۲-۳- زمین لرزه های تاریخی
۲۷	۱-۲-۳- زمین لرزی ۷۶۳ میلادی خراسان

۲۷	۲-۲-۳- زمین لرزه ۱۲۳۸ میلادی گناباد
۲۷	۳-۲-۳- زمین لرزه ۲ ژوئن ۱۰۵۲ میلادی، بیهق
۲۸	۴-۲-۳- زمین لرزه ۱۱۴۵ میلادی، نیشابور
۲۸	۵-۲-۳- زمین لرزه ۱۲۰۹ میلادی، نیشابور
۲۸	۶-۲-۳- زمین لرزه ۱۲۵۱ میلادی، نیشابور
۲۸	۷-۲-۳- زمین لرزه ۱۷ اکتبر ۱۲۷۰ میلادی، نیشابور
۲۹	۸-۲-۳- زمین لرزه ۱۶۷۸ میلادی، گناباد
۲۹	۹-۲-۳- زمین لرزه ۲۱ اکتبر ۱۳۳۶ میلادی، خواف
۲۹	۱۰-۲-۳- زمین لرزه فوریه ۱۳۸۹ میلادی، نیشابور
۳۰	۱۱-۲-۳- زمین لرزه ۲۳ نوامبر ۱۴۰۵ میلادی، نیشابور
۳۰	۱۲-۲-۳- زمین لرزه ۱۵ فوریه ۱۵۴۹ میلادی، خاور قاین
۳۰	۱۳-۲-۳- زمین لرزه مه ۱۶۱۹ میلادی، دوغ آباد
۳۱	۱۴-۲-۳- زمین لرزه ۳۰ ژوئیه ۱۶۷۳ میلادی، مشهد
۳۱	۱۵-۲-۳- زمین لرزه ۱۱ می ۱۶۹۵، اسفراین
۳۱	۱۶-۲-۳- زمین لرزه سال ۱۸۳۳ میلادی، قوچان
۳۱	۱۷-۲-۳- زمین لرزه ژوئن ۱۸۵۱ میلادی قوچان-معدن
۳۲	۱۸-۲-۳- زمین لرزه ۲۳ دسامبر ۱۸۷۱ میلادی، شمال قوچان
۳۲	۱۹-۲-۳- زمین لرزه ۱۷ نوامبر ۱۸۹۳ میلادی، جنوب قوچان
۳۳	۲۰-۲-۳- زمین لرزه ۱۷ ژانویه ۱۸۹۵، قوچان
۳۵	۳-۳- زمین لرزه‌های دستگاهی
۳۵	۴-۳- تکمیل داده‌ها در فهرست زمین لرزه‌ها
۳۶	۱-۴-۳- یکسان سازی بزرگی زمین لرزه‌ها
۳۹	۲-۴-۳- ژرفای کانونی زمین لرزه‌ها
۴۰	۵-۳- پردازش کاتالوگ زمین لرزه‌ها
۴۳	۶-۳- ویژگی‌های آماری لرزه‌خیزی در گستره مورد مطالعه
۴۳	۱-۶-۳- توزیع زمین لرزه‌ها
۴۵	۷-۳- بررسی پارامترهای لرزه‌خیزی در گستره‌ی مورد مطالعه
۴۶	۸-۳- معرفی روش کیجکو- سلوول (۲۰۰۰)
۵۱	فصل چهارم
۵۲	۱-۴- مقدمه
۵۲	۲-۴- برآورد خطر زمین لرزه به روش تجربی- آماری
۵۳	۳-۴- برآورد خطر زمین لرزه به روش قطعی
۵۴	۴-۴- برآورد خطر زمین لرزه به روش احتمالاتی
۵۶	۱-۴-۴- تعیین چشمه‌های زمین لرزه

۵۶	۴-۴-۱-۱- چشمه‌های بالقوه زمین لرزه
۵۷	۴-۴-۱-۲- پیکربندی چشمه‌های بالقوه زمین لرزه
۵۸	۴-۴-۲- مرحله ۲: خصوصیات لرزه‌خیزی در هر چشمه
۵۸	۴-۴-۱-۲- تابع چگالی احتمال فاصله
۶۱	۴-۴-۲-۲- روش گوتنبرگ - ریشتر
۶۴	۴-۴-۲-۲-۱- قانون گوتنبرگ - ریشتر کراندار
۶۵	۴-۴-۲-۲-۲- حداکثر توان لرزه‌ای (M_{max})
۶۶	۴-۴-۳- مرحله (۳): محاسبه جنبش زمین
۶۹	۴-۴-۴- مرحله (۴): محاسبه‌ی منحنی خطر در ساختگاه
۷۱	۴-۵- توزیع زمانی وقوع زلزله
۷۳	۴-۶- روش احتمالاتی اصلاح شده
۷۵	فصل پنجم
۷۶	۵-۱- برآورد پهنه‌های چشمه‌های لرزه‌زا
۷۸	۵-۲- تعیین پارامترهای لرزه‌خیزی
۸۱	۵-۳- انتخاب روابط کاهندگی
۸۱	۵-۳-۱- پارامترهای زمین لرزه
۸۲	۵-۳-۲- پارامترهای انتشار (مسیر موج)
۸۳	۵-۳-۳- پارامترهای ساختگاه
۸۴	۵-۴- آبراهامسون و سیلوا (۱۹۹۷)
۸۷	۵-۵- بور، جویینر و فومال (۱۹۹۷)
۸۸	۵-۶- جلادت (۱۳۸۸)
۸۸	۵-۶-۱- جلادت، شرق ایران
۸۹	۵-۶-۲- جلادت، ایران
۹۰	۵-۷- برآورد خطر در گستره مورد مطالعه
۹۴	۵-۸- بررسی تأثیر روابط کاهندگی بر نتایج تحلیل خطر
۹۶	فصل ششم
۹۷	۶-۱- نتیجه‌گیری
۹۷	۶-۲- پیشنهادات
۹۸	پیوست الف
۱۰۵	پیوست ب
۱۳۵	منابع

فهرست اشکال

صفحه

عنوان

۴	شکل ۱-۱- نقشه پهنه‌بندی خطر نسبی زمین‌لرزه در ایران و موقعیت منطقه طرح
۵	شکل ۱-۲- نقشه پهنه‌بندی خطر لرزه‌ای ایران
۱۲	شکل ۱-۲- نقشه ایالت لرزه زمین‌ساختی ایران
۱۳	شکل ۲-۲- مدل تکتونیک صفحه‌ای ایران زمین و پیرامون
۱۴	شکل ۳-۲- وضعیت سرعت جابجایی صفحات تکتونیکی نسبت به ایستگاه ثابت اوراسیا در حال حاضر
۱۵	شکل ۲-۴- نتایج عمده تحقیقات ورنانت و همکاران (۲۰۰۴) در رابطه با نفوکتونیک ایران
۲۴	شکل ۲-۵- نقشه گسل‌های موجود در شعاع ۲۵۰ کیلومتری محدوده مورد مطالعه
۳۴	شکل ۳-۱- نقشه رو مرکز زمین لرزه‌های تاریخی در گستره‌ای به شعاع ۲۵۰ کیلومتری شهر کاشمر
۳۷	شکل ۳-۲- رابطه بین بزرگای امواج درونی و سطحی در گستره طرح
۳۸	شکل ۳-۳- رابطه بین بزرگای گشتاوری و بزرگای دیگر
۴۰	شکل ۳-۴- هیستوگرام آماری توزیع ژرفای کانونی زمین‌لرزه‌ها در گستره مورد مطالعه
۴۲	شکل ۳-۵- نقشه رو مرکز زمین‌لرزه‌های دستگاهی در گستره مورد مطالعه
۴۳	شکل ۳-۶- بزرگی زمین‌لرزه‌های دستگاهی نسبت به سال وقوع در گستره‌ای مورد مطالعه
۴۴	شکل ۳-۷- هیستوگرام رویدادهای لرزه‌ای در گستره مورد مطالعه برای بازه‌های زمانی ۱۰ ساله
۴۵	شکل ۳-۸- هیستوگرام زمین‌لرزه‌ها در بازه‌های بزرگا در گستره مورد مطالعه
۴۷	شکل ۳-۹- نمودار رابطه خطی گوتنبرگ- ریشتر در زون ۱
۴۸	شکل ۳-۱۰- نمودار رابطه خطی گوتنبرگ- ریشتر در زون ۲
۴۸	شکل ۳-۱۱- نمودار رابطه خطی گوتنبرگ- ریشتر در زون ۳
۴۸	شکل ۳-۱۲- نمودار رابطه خطی گوتنبرگ- ریشتر در زون ۴
۴۹	شکل ۳-۱۳- نمودار رابطه خطی گوتنبرگ- ریشتر در زون ۵
۴۹	شکل ۳-۱۴- نمودار رابطه خطی گوتنبرگ- ریشتر در زون ۶
۵۴	شکل ۴-۱- مراحل اساسی برآورد خطر به روش قطعی
۵۵	شکل ۴-۲- مراحل اساسی برآورد خطر زمینلرزه به روش احتمالی
۵۹	شکل ۴-۳- محاسبه تابع چگالی احتمال فاصله برای چشمه‌های مختلف
۶۳	شکل ۴-۴- رابطه خطی گوتنبرگ- ریشتر در گستره‌ی مورد مطالعه
۷۶	شکل ۵-۱- نقشه گسل‌های فعال منطقه همراه با لرزه‌خیزی
۷۷	شکل ۵-۲- نقشه‌ی چشمه‌های ناحیه‌ای و خطی منطقه مورد مطالعه
۷۹	شکل ۵-۳- نقشه ایالت لرزه زمین‌ساختی و چشمه‌های منطقه
۸۳	شکل ۵-۴- انواع مختلف تعیین فاصله چشمه تا ساختگاه

- شکل ۵-۵- نقشه هم شتاب برای دوره بازگشت ۴۷۵ سال به روش احتمالاتی، با استفاده از رابطه کاهندگی آبراهامسون وسیلوا (۱۹۹۷)
- ۹۱
- شکل ۵-۶- نقشه هم شتاب برای دوره بازگشت ۴۷۵ سال به روش احتمالاتی، با استفاده از رابطه کاهندگی بور، جویئر، فومال ۱۹۹۷
- ۹۲
- شکل ۵-۷- نقشه هم شتاب برای دوره بازگشت ۴۷۵ سال به روش احتمالاتی، با استفاده از رابطه کاهندگی جلادت (ایران)
- ۹۳
- شکل ۵-۸- نقشه هم شتاب برای دوره بازگشت ۴۷۵ سال به روش احتمالاتی، با استفاده از رابطه کاهندگی جلادت (شرق ایران)
- ۹۴
- شکل ۵-۸- نقشه انحراف معیار استاندارد مربوط به چهار رابطه‌ی کاهندگی
- ۹۵

فهرست جداول

صفحه

عنوان

- جدول ۱-۳- پنجره‌های زمانی و مکانی برای حذف پیش‌لرزه و پس‌لرزه‌ها از بانک داده‌های زمین‌لرزه ۴۱
- جدول ۲-۳- پارمترهای لرزه‌خیزی بدست آمده از رابطه گوتنبرگ ریشتر و کیجکو ۴۹
- جدول ۳-۳- پارمترهای لرزه‌خیزی بدست آمده توسط توکلی (۱۹۹۷) ۵۰
- جدول ۱-۵- مشخصات زون‌های منطقه مورد مطالعه ۸۰
- جدول ۲-۵- مشخصات چشمه‌های منطقه مورد مطالعه ۸۰
- جدول ۳-۵- ضرایب ثابت برای مؤلفه افقی شتاب بیشینه‌ی زمین مربوط به رابطه‌ی کاهندگی آبراهامسون و سیلوا (۱۹۹۷) ۸۶
- جدول ۴-۵- ضرایب ثابت برای مؤلفه افقی شتاب بیشینه‌ی زمین مربوط به رابطه‌ی کاهندگی بور، جوینر و فومال (۱۹۹۷) ۸۷

مقدمه

۱-۱- پیشگفتار و اهمیت:

با وجود تلاش بسیار زیادی که برای تعیین خطرات زمین‌لرزه انجام شده است، هنوز امکان پیش‌بینی دقیق زمان، مکان و بزرگای زمین‌لرزه‌های آینده میسر نگشته است. زمین‌لرزه جنبش شدید و ناگهانی پوسته زمین است که در توده‌های سنگی تغییر حالت داده و غالباً گسیختگی بوجود می‌آورد.

پدیده طبیعی و خطرآفرین زمین‌لرزه، در طول تاریخ خسارات جانی و مالی فراوانی را به مردم وارد ساخته و شهرهای بسیاری را ویران نموده است. نوار لرزه‌خیز آلپ-همیالیا (یکی از نواحی لرزه‌خیز دنیا)، که از جنوب اروپا تا شرق و جنوب‌شرق آسیا ادامه دارد، از ایران می‌گذرد. همه ساله در این نوار لرزه‌خیز شاهد زلزله‌های مخربی هستیم. زمین‌لرزه‌های بزرگ رویداده در کشورهای ترکیه و یونان در غرب و زمین‌لرزه‌های مخرب شبه قاره هند و آسیای مرکزی در شرق ایران همگی در طول این نوار لرزه‌خیز روی داده است. در کشور ایران نیز وقوع زمین‌لرزه‌های مخربی نظیر زمین‌لرزه‌های ۱۹۶۲ بوئین زهرا، ۱۹۶۸ دشت بیاض، ۱۹۷۲ قیر، ۱۹۷۸ طبس، ۱۹۹۰ رودبار، ۱۹۹۷ اردبیل، ۱۹۹۷ اردکول-قائن، ۲۰۰۲ چنگوره، ۲۰۰۳ بم، ۲۰۰۴ فیروزآباد کجور و نهایتاً ۲۰۰۵ زرنده همراه بسیاری از زمین‌لرزه‌های دیگر، حاکی از لرزه‌خیزی بالای این پهنه است.

ترس از این پدیده ویرانگر موجب گردیده است تا انسانها به فکر راهی برای پیش‌بینی زمان و مکان وقوع زلزله باشند. با وجود پیشرفت دانش بشری، انسان هنوز هم راهی برای پیش‌بینی زمان و مکان دقیق وقوع زلزله نیافته است. با این همه روش‌هایی وجود دارد که با کمک آنها می‌توان مناطقی را که به طور بالقوه در معرض خطر زلزله‌اند، شناسایی و تعیین نمود. با استفاده از چنین روش‌هایی و با احداث اصولی و درست سازه‌ها، می‌توان خسارات ناشی از زلزله را به مقدار قابل توجهی کاهش داد. خطر زمین‌لرزه در یک منطقه بر مبنای پارامترهای حرکت نیرومند زمین (مانند شتاب، سرعت و تغییرمکان) و با در نظر گرفتن دوره بازگشت معین رویدادهای زمین‌لرزه در یک منطقه تعریف می‌شود.

۱-۲- تاریخچه:

به نظر می‌رسد که تحلیل خطر در اوایل ۱۹۶۰ مورد بررسی قرار گرفت و در دو کوشش جداگانه در سال ۱۹۶۶ به نتیجه رسید. اولین تلاش در سال ۱۹۶۴ در رساله دکتری آلین کورنل در استانفورد تحت عنوان فرآیندهای تصادفی در مهندسی ساختمان که توزیع‌های احتمالی از فاکتورهای مؤثر در بحث‌های مهندسی مورد مطالعه قرار گرفت. مفهوم اساسی در این کار توزیع‌های مشتق شده است که توزیع احتمالاتی متغیر وابسته مشتق شده را که وابستگی آن به دیگر متغیرهای مستقل که توزیع احتمالاتی آن‌ها شناخته شده یا حدس زده شده را ارائه می‌دهد. تلاش دوم در دانشگاه UNAM^۱ بوسیله دانشجوی دکتری لوئیس استوا و پروفیسور ایمیلیو و ورکرز که حرکت زمین‌لرزه‌ای زمین با وابستگی به بزرگا و مسافت (فاصله) و ارتباط میان آنها به فرکانس جریان زمین‌لرزه و فرکانس جریان حرکت زمین در یک سایت را مطالعه کردند، صورت گرفت. در تابستان ۱۹۶۶ به طور اتفاقی آلین کورنل (دانشگاه MIT) با لوئیس استوا در UNAM ملاقات کردند که در نتیجه تبادل ایده‌ها باعث شد که گروه UNAM بتوانند توزیع اتفاقات زمین‌لرزه را در یک ناحیه تخمین بزنند و همچنین توزیع شدت حرکت زمین در یک سایت را برآورد کنند (روسینبلوث، استوا ۱۹۶۶). این گروه همچنین وابستگی به پیک شتاب زمین، سرعت و جابجایی در بزرگای زمین‌لرزه و مسافت (فاصله) را بررسی کردند. این مطالعات باعث شد که لوئیس استوا اولین نقشه منطقه خطر که شامل شدت تعدیل شده مرکالی^۲ و وابستگی مقادیر پیک شتاب زمین و تناوب‌های بازگشتی است را منتشر کند.

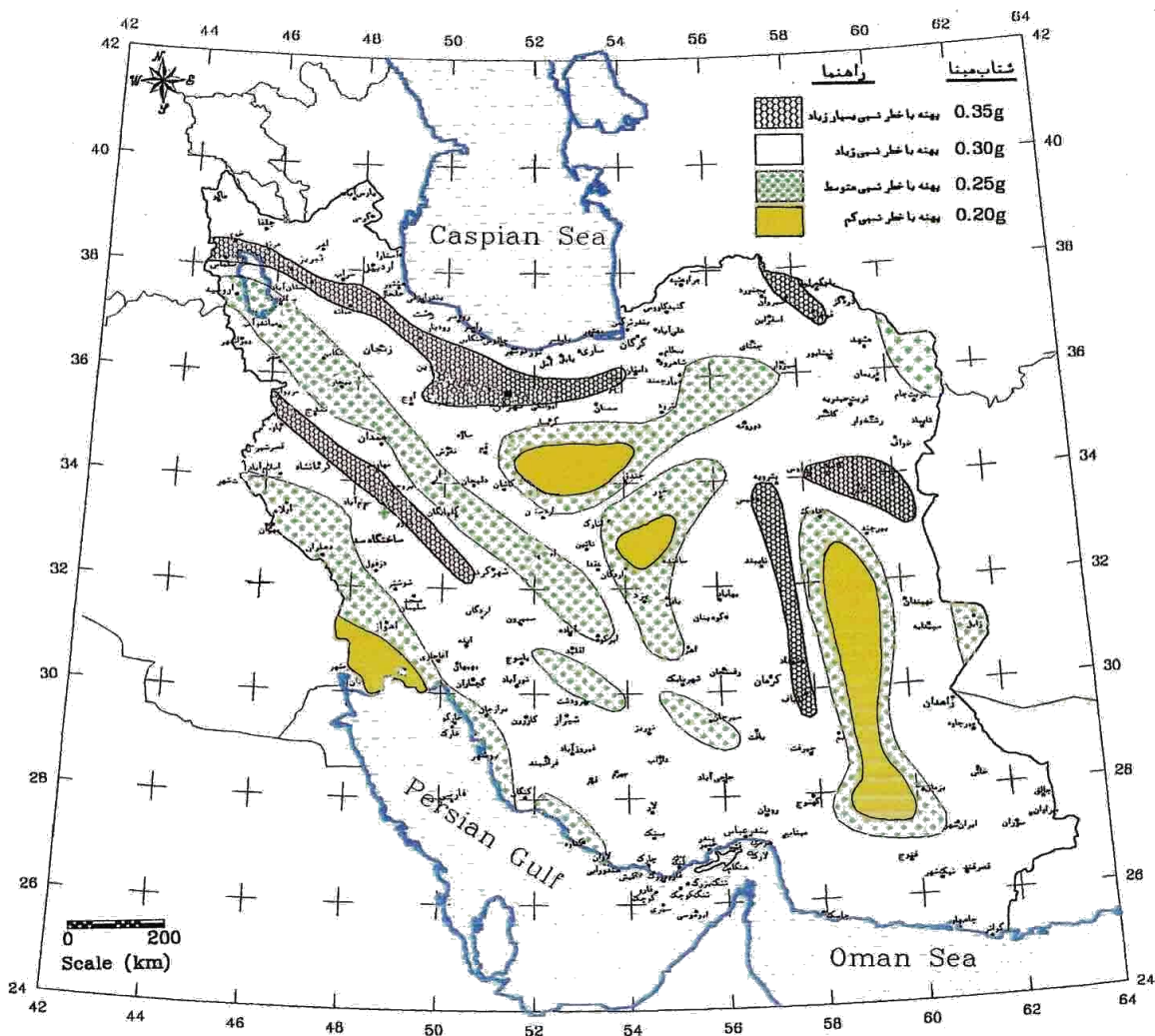
مانوئل بربریان (۱۹۷۷) اولین نقشه خطر زمین‌لرزه در ایران را بر اساس نقشه گسل‌ها، لرزه‌زمین‌ساخت، لرزه‌خیزی تاریخی و لرزه‌خیزی دستگاهی کشور تهیه نموده است. این نقشه با توجه به موقعیت گسل‌های شناخته شده و زمین‌لرزه‌های تاریخی و دستگاهی تهیه شده است. پس از وی مهاجر اشجعی (۱۹۸۵) بر اساس نقشه گسل‌ها و لرزه زمین‌ساخت ارائه شده اولین نقشه خطر لرزه‌ای ایران با رویکرد احتمالاتی را ارائه کرد. این نقشه‌ها مقدار بیشینه شتاب زمین‌لرزه برای دو دوره بازگشت ۵۰ و ۴۷۵ سال را ارائه کرده است. توگلی و

^۱ Universidad Nacional Autonoma de Mexico

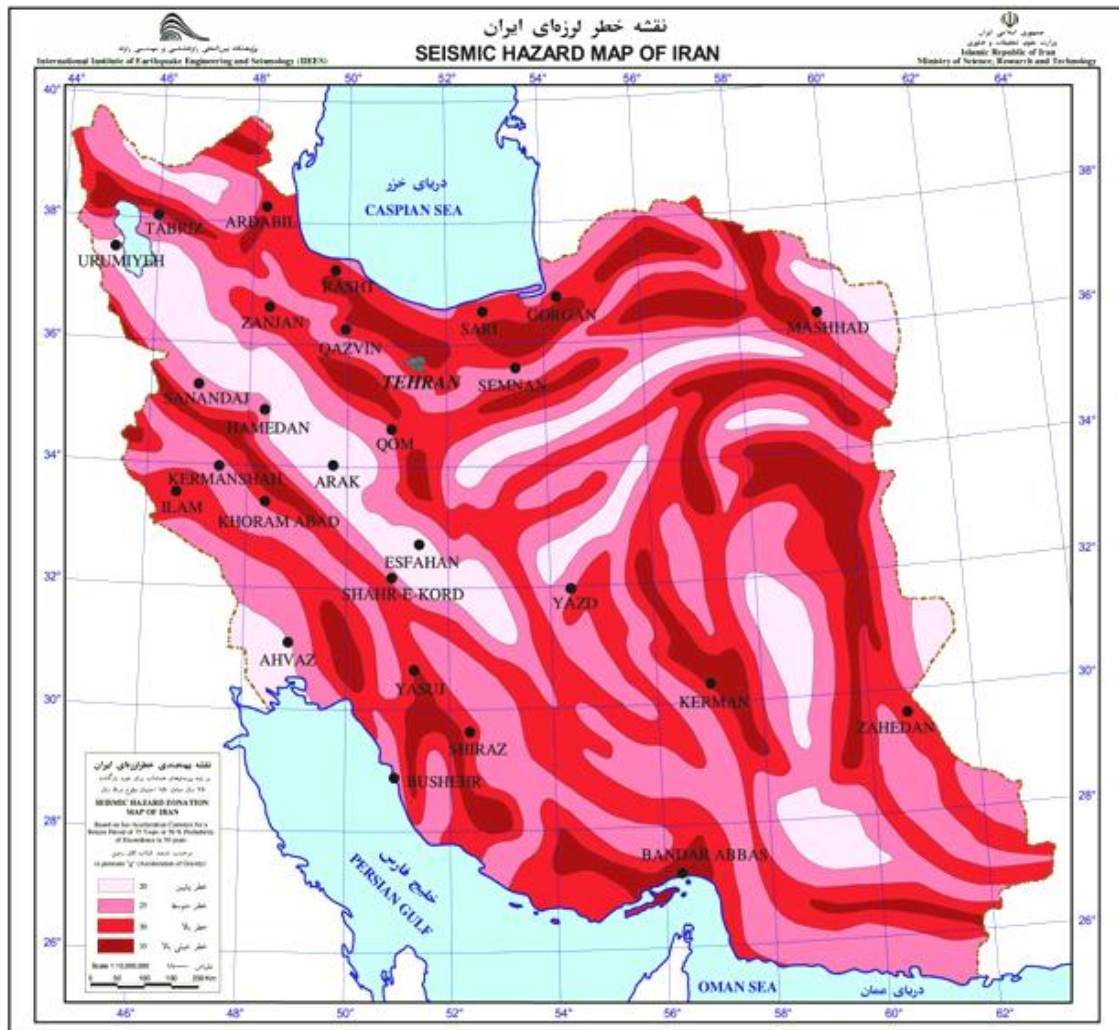
^۲ MMI

غفوری آشتیانی (۱۹۹۹) با استفاده از رویکرد احتمالاتی، نقشه‌های خطر زمین‌لرزه برای دو دوره بازگشت ۷۵ و ۴۷۵ سال را برای گستره ایران تهیه کرده‌اند.

در راستای مطالعات طرح کالبدی ملی ایران (۱۳۷۶) مرکز مطالعات و تحقیقات شهرسازی و معماری ایران نقشه‌های پهنه‌بندی خطر نسبی زمین‌لرزه در ایران را ارائه نموده است (شکل ۱-۱). این نقشه که در آئین‌نامه طرح ساختمان‌ها در برابر زلزله (آئین‌نامه ۲۸۰۰) ارائه شده است، ایران را به چهار پهنه با خطر نسبی بسیار زیاد، نسبی زیاد، نسبی متوسط و نسبی کم تقسیم می‌نماید. همچنین در سال ۱۳۷۸ مؤسسه بین‌المللی زلزله‌شناسی نقشه خطر لرزه‌ای ایران را منتشر نموده است (شکل ۱-۲). در این نقشه نیز ایران به چهار پهنه با خطر خیلی بالا، بالا، متوسط و پایین تقسیم می‌شود.



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



شکل ۱-۲: نقشه پهنه‌بندی خطر لرزه‌ای ایران (پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله، ۱۳۷۸)

۱-۳- هدف از انجام این مطالعه:

با توجه به لرزه‌خیزی فلات ایران و همچنین غیرقابل پیش‌بینی بودن زلزله به نظر می‌رسد که مقاوم‌سازی سازه‌ها راه حل خوبی جهت کاهش خسارات جانی و مالی زمین‌لرزه می‌باشد. با روش‌های آماری و احتمالاتی می‌توان قبل از وقوع زمین‌لرزه نواحی مستعد و آسیب‌پذیر را مطالعه و شناسایی نمود تا در زمان بحران اقدام مناسب انجام گیرد. مطالعه تاریخچه لرزه‌خیزی خراسان نشان می‌دهد که زمین‌لرزه‌های ویرانگر تاریخی و دستگامی متعددی شهرها و روستاهای بسیاری را در این منطقه از کشور ویران نموده است. از اینرو مسئله برآورد و تخمین خطر زلزله برای شهرهای مختلف خراسان به منظور تعیین مناطق با پتانسیل خطر بالاتر در

این پایان‌نامه مورد بررسی قرار می‌گیرد، تا بدین وسیله مناطقی که دارای خطر بیشتری از نظر لرزه‌خیزی هستند مورد توجه قرار گرفته و سازه‌های مهم از جمله بیمارستان، هتل و سد که در آینده در استان ساخته خواهند شد با دقت و استحکام لازم ساخته شوند و نسبت به مقاوم‌سازی تأسیسات گذشته، اقدامات لازم صورت گیرد.

در انجام تحلیل خطرزمین‌لرزه از پارامترهای مختلفی نظیر پارامترهای چشمه لرزه‌زا، پارامترهای لرزه‌خیزی و پارامتر کاهندگی استفاده می‌شود. با توجه به اهمیت پارامتر کاهندگی هدف اصلی از انجام این مطالعه بررسی آنالیز حساسیت این پارامتر بر نتایج تحلیل خطر زمین‌لرزه است.

۱-۴- فصل‌بندی:

این تحقیق شامل شش فصل می‌باشد. فصل حاضر و پنج فصل دیگر که در ادامه به معرفی مختصر آنها پرداخته می‌شود. فصل دوم زمین‌ساخت و لرزه زمین‌ساخت گسترده مورد مطالعه است که در آن به بررسی اجمالی ویژگی‌های زمین‌شناسی شهرستان کاشمر و گسل‌های فعال منطقه و معرفی یک سری از گسل‌های فعال منطقه پرداخته شده است.

فصل سوم بررسی پارامترهای لرزه‌خیزی منطقه است که به مراحل تهیه کاتالوگ زمین‌لرزه‌ها و بررسی ویژگی‌های آماری زمین‌لرزه‌ها پرداخته شده است. در فصل چهارم مبانی تحلیل خطر زمین‌لرزه که در بر گیرنده‌ی معرفی انواع روش‌های تحلیل خطر زمین‌لرزه و بررسی جامع تحلیل خطر به روش احتمالاتی و مراحل آن که در مورد معرفی چشمه‌های لرزه‌زا، قانون گوتنبرگ-ریشتر و (به تفصیل بیشتری) روابط کاهندگی است، ارائه می‌گردد. در فصل پنجم برآورد خطر زمین‌لرزه در گستره‌ی خراسان مورد بررسی قرار گرفته است که در این فصل مراحل کار از تعیین چشمه‌های لرزه‌زا تا تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی خطر زمین‌لرزه برای روابط کاهندگی مختلف برای دوره بازگشت ۴۷۵ سال توضیح داده شده است. نتایج اولیه که همان پارامترهای لرزه-خیزی چشمه‌های لرزه‌زا می‌باشد و همچنین نقشه‌های پیشینه‌ی شتاب افقی زمین برای دوره بازگشت ۴۷۵

سال برای روابط کاهندگی مختلف آورده شده است. در نهایت تأثیر روابط کاهندگی مختلف بر نتایج تحلیل خطر با ارائه‌ی یک نقشه‌ی انحراف استاندارد از چهار رابطه‌ی کاهندگی مورد بررسی قرار گرفته است. در پایان، در فصل ششم، نتایج این تحقیق ارائه شده است.