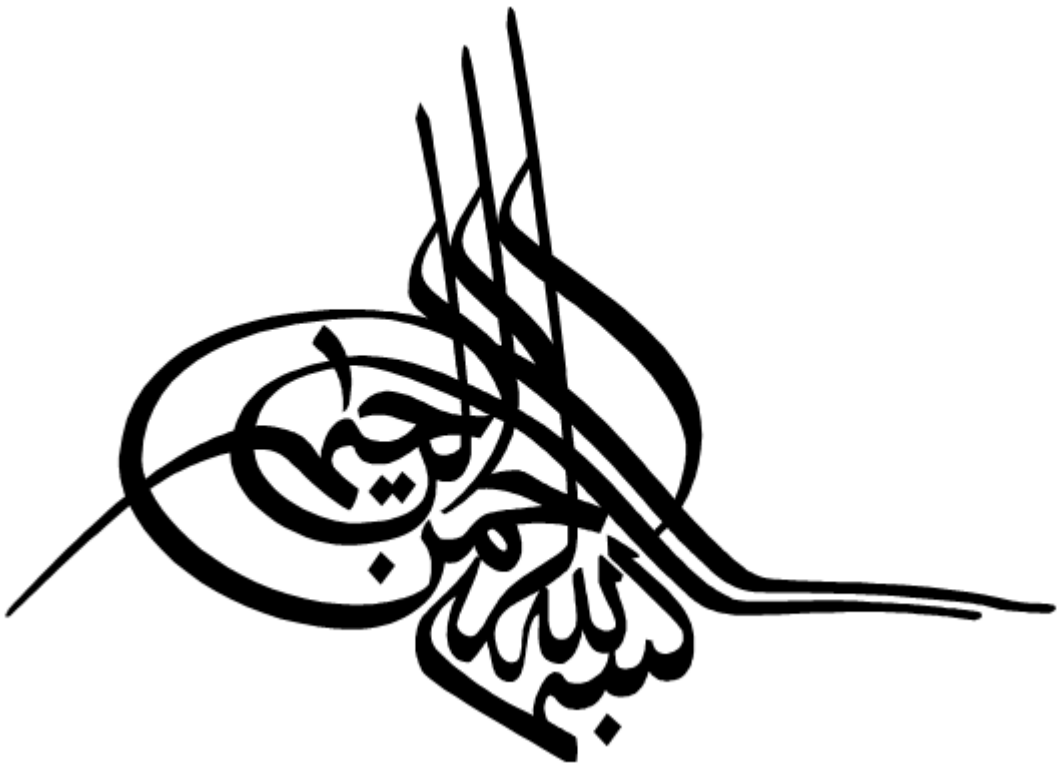

بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه کردستان

دانشکده مهندسی

گروه مهندسی عمران

عنوان:

تعیین زلزله طرح به روش احتمالاتی

پژوهشگر:

علی شهپری

استاد راهنما:

دکتر آزاد یزدانی

پایان نامه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی عمران - مهندسی زلزله

اسفند ماه ۱۳۹۰

کلیه حقوق مادی و معنوی مترتب بر نتایـج مطالعات،

ابتکارات و نوآوری های ناشی از تحقیق موضوع

این پایان‌نامه (رسـاله) متعلق به دانشـگاه کردستان است.

تعهد نامه

اینجانب علی شهپری دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مهندسی عمران گرایش مهندسی زلزله دانشگاه کردستان، دانشکده فنی مهندسی گروه عمران تعهد می نمایم که محتوای این پایان نامه نتیجه تلاش و تحقیقات خود بوده و از جایی کپی برداری نشده و به پایان رسانیدن آن نتیجه تلاش و مطالعات مستمر اینجانب و راهنمایی و مشاوره اساتید بوده است.

با تقدیم احترام

علی شهپری

۱۳۹۰/ ۱۲/ ۲۰

دانشگاه کردستان

دانشکده فنی و مهندسی

گروه عمران

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته عمران گرایش زلزله

عنوان:

تعیین زلزله طرح به روش احتمالاتی

دانشجو:

علی شهپری

در تاریخ ۱۳۹۰/۱۲/۲۰توسط کمیته تخصصی وهیات داوران زیر مورد بررسی قرار گرفت و با نمره ۱۸/۷۵ ..... و درجه ..... به تصویب رسید.

مرتبه علمی هیات داوران	نام و نام خانوادگی		امضاء
۱ـ استاد راهنما	دکتر آزاد یزدانی	استادیار	
۲ـ استاد داور خارجی	دکتر مهرنوش بیگلری	استادیار	
۳ـ استاد داور داخلی	دکترمسعود خلیقی	استادیار	

مهر و امضاء گروه

مهر و امضاء معاون آموزشی و تحصیلات تکمیلی دانشکده

تقدیم به پدر و مادر عزیزم

امید است که قدردان زحماتشان باشم

بجاست که از زحمات و آموزشهای

جناب آقای دکتر یزدانی تشکر کنم

تعیین زلزله طرح به روش احتمالاتی

چکیده:

تحلیل خطر لرزه ای احتمالاتی تکنیکی است که به کمک آن مقدار احتمال رویداد سالیانه یک مشخصه زمین لرزه در یک ساختگاه مشحص تخمین زده می شود. روش شبیه سازی مونت کالرو بر اساس تولید تعداد زیادی کاتالوک مصنوعی در منطقه مور نظر روند مناسبی جهت انجام تحلیل خطر احتمالاتی و بررسی عدم قطعیت های آن ارایه می دهد. با استفاده از پروسه مونت کارلو تولید کاتالوگ های مصنوعی لرزه خیزی در منطقه مورد نظر بسیار ساده بوده و پیچیدگی خاصی ندارد و هر کاتالوگ با تبعیت از رفتار زلزله های بوقوع پیوسته در آن منطقه، زلزله های احتمالی در ۵۰ یا ۱۰۰ سال آینده در آن منطقه را نشان می دهد. نقشه های هم خطر نظیر شتاب ماکزیمم زمین و دامنه طیف شتاب نظیر پریودهای ۰.۲ و ۱ ثانیه بر مبنای شبیه سازی مونت کالرو در کلان شهر تهران محاسبه شده است. با روش تفکیک خطر لرزه ای می‌توان ضرایب مشارکت نسبی مقادیر مختلف بزرگا، فاصله از گسل و مقدار انحراف مشخصه زمین‌لرزه از مقدار متوسط آن (که به کمک رابطه کاهندگی بدست می‌آید) را در تحلیل خطر محاسبه کرد که به کمک این نتایج می توان محتمل ترین بزرگا و فاصله جهت تعیین زلزله طرح را مشخص نمود. نتایج نشان می دهد که در نواحی مختلف تهران محتمل ترین حالت، رویداد زمین لرزه با بزرگای متوسط و بالا در فواصل نزدیک می باشد.

کلمات کلیدی: احتمالاتی، خطر، مونت کارلو، زلزله طرح

فهرست مطالب

عنوان **شماره صفحه**

فصل اول- لرزه زمین ساخت و لرزه خیزی ۱

۱-۱ لرزه خیزی ایران..... ۲

۱-۲ مطالعات لرزه زمین ساختی..... ۵

۱-۲-۱ توزیع سطحی زمین لرزه ها ٦

۱-۲-۲ ضرایب لرزه خیزی ٦

۱-۲-۳ سازوکار کانونی زمین لرزه ها ٦

۱-۲-٤ بزرگی زمین لرزه ها ۷

۱-۲-۵ شناخت ویژگی های ظاهری لرزه زمین ساخت ۷

۱-۳-۱ مدل لرزه زمین ساختی بربریان (۱۳۵٤) ۷

۱-۳-۱-۱ ایالت زمین لرزه ساختی زاگرس.....۷

۱-۳-۱-۲ ایالت لرزه زمین ساختی کپه داغ ۸

۱-۳-۱-۳ ایالت زمین لرزه ساختی ایران مرکزی.....۹

۱-۳-۱-٤ ایالت لرزه زمین ساختی مکران.....۹

۱-۳-۲ مدل لرزه زمین ساختی نوگل سادات (۱۹۹۵) ۱۰

۱-۳-۳ مدل لرزه زمین ساختی توکلی -آشتیانی (۱۹۹۹) ۱۰

۱-۳ شناخت خطر لرزه ای درتهران ۱۰

۱-٤ مطالعه خسارت احتمالی در صورت وقوع زمین لرزه ۱۸

۱-٤-۱ سناریوی چهارگانه زمین لرزه تهران ۱۹

۱-٤-۲ خسارات وارد بر ساختمانهای تهران در صورت بروز زلزله ۲۰

۱-٤-۲-۱ مدل گسل ری..... ۲۰

۱-٤-۲-۲ مدل گسل شمال تهران..... ۲۱

۱-٤-۲-۳ مدل گسل مشا..... ۲۱

۱-٤-۲-٤ مدل شناور..... ۲۱

۱-٤-۳ تلفات تهران در صورت بروز زلزله ۲۲

۱-٤-۳-۱ گسل ری..... ۲۲

۱-٤-۳-۲ گسل شمال تهران..... ۲۳

۱-٤-۳-۳ گسل مشا..... ۲۳

۱-٤-۳-٤ گسل شناور..... ۲۳

فصل دوم- تحلیل خطر لرزه ای ۲٤

۲-۱ تحلیل خطر لرزه ای..... **۲۵**

۲-۲ روشهای انجام تحلیل خطر احتمالاتی **۲٦**

۲-۳ گامهای اساسی تحلیل خطر احتمالاتی..... **۲٦**

۲-۳-۱ گام اول: شناخت چشمه های عامل زمین لرزه..... ۲۷

۲-۳-۲ گام دوم: رابطه بازگشتی بین بزرگی و توزیع آن و بدست آوردن نرخ متوسط رویداد زمین لرزه ها..... **۲۸**

۲-۳-۲-۱ بزرگی زمین لرزه..... ۳۰

۲-۳-۳ گام سوم: انتخاب رابطه کاهندگی مناسب برای سایت مورد نظر..... ۳۱

۲-۳-۳-۱ انتشار موج به علت هندسه مسیر و جذب موج..... ۳۲

۲-۳-۳-۲ اشکال مختلف روابط کاهندگی..... ۳۳

۲-۳-۳-۳ روابط کاهندگی تجربی..... ۳۳

۲-۳-۳-٤ روابط کاهندگی نظری..... ۳۵

۲-۳-٤ گام چهارم: انجام فرآیند تحلیل خطر..... ۳۸

۲-۳-٤-۱ بدست آوردن منحنی تحلیل خطر احتمالاتی..... ٤۱

۲-۳-٤-۲ طیف طرح..... ٤۳

۲-٤ تفکیک خطر لرزه ای..... ٤۷

۲-۵ اشکال مختلف نمایش نتایج تفکیک خطر لرزه ای..... ۵۰

۲-٦ انتخاب مقدار متوسط یا مودال بزرگی و فاصله..... ۵۳

۲-۷ انجام تفکیک خطر لرزه ای برای سایتی فرضی..... ۵۵

فصل سوم- مقدمه ای بر روش مونت کارلو..... ۵۷

۳-۱ مقدمه..... ۵۸

۳-۲ روش مونت کارلو چیست؟..... ۵۸

۳-۳ مفهوم شبیه سازی..... ٦۱

۳-۳-۱ روش شبیه سازی مونت کارلو..... ٦۱

۳-٤ تولید اعداد تصادفی..... ٦۳

۳-۵ موارد کاربرد و شرایط اعمال روش مونت کارلو..... ٦۳

۳-٦ مزایا و معایب عمومی روش مونت کارلو..... ٦٤

۳-٦-۱ مزایا..... ٦٤

۳-٦-۱ معایب..... ٦۵

۳-۷ کاربرد روش مونت کارلو در تخمین خطر لرزه ای..... ٦۵

فصل چهارم- کارهای انجام شده در این رساله..... ۷۰

٤-١ مقدمه ٧١

٤-٢ معرفی تقسیم بندی در نظر گرفته شده برای سایت مورد مطالعه ٧١

٤-٣ انجام تحلیل خطر لرزه ای برای تهران ٧٢

٤-٣-١ گام اول: شناخت منابع عامل زمین لرزه ٧٢

٤-٣-٢ گام دوم: رابطه بازگشتی بین بزرگی و توزیع آن و بدست آوردن نرخ متوسط رویداد زمین لرزه ها ٧٣

٤-٣-٣ گام سوم: انتخاب رابطه کاهندگی مناسب برای ساختگاه مورد نظر ٧٦

٤-٣-٤ گام چهارم: انجام فرآیند تحلیل خطر ٧٨

٤-٣-٤-١ ارائه منحنی شتاب حداکثر زمین ٧٨

٤-٣-٤-٢ ارائه طیف طرح یکنواخت ٧٩

٤-٤ ارائه نتایج تفکیک خطر لرزه ای ٨٠

٤-٤-١ مراحل انجام روند تفکیک خطر لرزه ای ٨٠

٤-٤-١-١ گام اول ٨٠

٤-٤-١-٢ گام دوم ٨٠

٤-٤-١-٣ گام سوم ٨٠

٤-٥ نتیجه گیری ٩٦

٤-٦ پیشنهادات ٩٩

مراجع ومنابع ١٠٠

پیوست ١٠٣

فهرست جداول

عنوان جدول **شماره صفحه**

جدول ۲-۱: پارامترهای لرزه خیزی سایت مفروض ۵۵

جدول ٤-۱: گسلهای مهم اطراف تهران..... ۷۳

جدول ٤-۲: مقادیر بدست آمده برای β و λ ۷۵

جدول ٤-۳: نمایش سهم خطر لرزه ای در هر فاصله و بزرگی ۸۱

جدول ٤-٤: بیشترین سهم پارامترهای مختلف در خطر لرزه ای ۹۵

جدول ٤-۵: مقایسه شتاب حداکثر زمین در این مطالعه و مطالعه قدرتی (۲۰۰۳)..... ۹۷

جدول ٤-٦: متوسط مقدار بزرگی و فاصله و ضریب عدم قطعیت بدست آمده برای چهار پارامتر شتاب حداکثر زمین، پارامتر ارياس، شتاب طیفی در پریود ۰.۲S، شتاب طیفی در پریود ۱S ۹۸

جدول ۱ پیوست: کاتالوگ زمین لرزه های مورد استفاده در این مطالعه ۱۰۳

فهرست شکل‌ها

عنوان شکل **شماره صفحه**

شکل ۱-۱: نقشه موقعیت ایران در تکتونیک خاور میانه ۲

شکل ۱-۲: حرکت صفحه عربی نسبت به صفحه ایران ۳

شکل ۱-۳: تقسیم بندی خطر لرزه ای ٤

شکل ۱-٤: پتانسیل لرزه خیزی نواحی مختلف ایران ۵

شکل ۱-۵: ایالت های ۲۰ گانه لرزه زمین ساخت ایران مدل توکلی -آشتیانی ۱۱

شکل **۱-٦:** نقشه مرکز و بزرگی زمین لرزه های تهران و اطراف آن ۱۸

شکل ۱-۷: مناطق ۲۲ گانه تهران ۱۹

شکل ۲-۱: گامهای انجام تحلیل خطر ۲۸

شکل ۲-۲: فاصله های مختلف ساختگاه تا چشمه مورد استفاده در روابط کاهندگی ۳۵

شکل ۲-۳: تفکیک خطر لرزه ای برای بزرگی و فاصله ۵۱

شکل ۲-٤: تفکیک خطر لرزه ای برای مختصات جغرافیایی ۵۱

شکل ۲-۵: تفکیک خطر لرزه ای به صورت چهار بعدی ۵۲

شکل ۲-٦: نمایش تفکیک خطر لرزه ای بر روی نقشه ساختگاه ۵۲

شکل ۲-۷: چگالی احتمال فراگذشت ۵۳

شکل ۲-۸: ساختگاه فرضی برای انجام تفکیک خطر لرزه ای ۵۵

شکل ۲-۹: نتایج تفکیک خطر لرزه ای در فرکانس ۱ هرتز ۵٦

شکل ۲-۱۰: نتایج تفکیک خطر لرزه ای در فرکانس ۵ هرتز ۵٦

شکل ۳-۱: شلیک های تصادفی در نبرد کشتی ها ۵۹

شکل ۳-۲: احتمال وقوع شیر در پرتاب سکه ٦۲

شکل ۳-۳: الگوریتم انجام روش مونت کارلو ٦۷

شکل ۳-٤: مقایسه تحلیل خطر از طریق شبیه سازی و با استفاده از روش انتگرالی ٦۸

شکل ٤-۱: تقسیمات در نظر گرفته شده برای تهران ۷۱

شکل ٤-۲: نقاط مرکزی ۲۸ بلوک در نظر گرفته شده برای تهران ۷۲

شکل ٤-۳: گسلهای تهران و مجاور آن ۷۳

شکل ٤-٤: بزرگی های مختلف زمین لرزه در مقابل نرخ رویداد سالیانه ۷۵

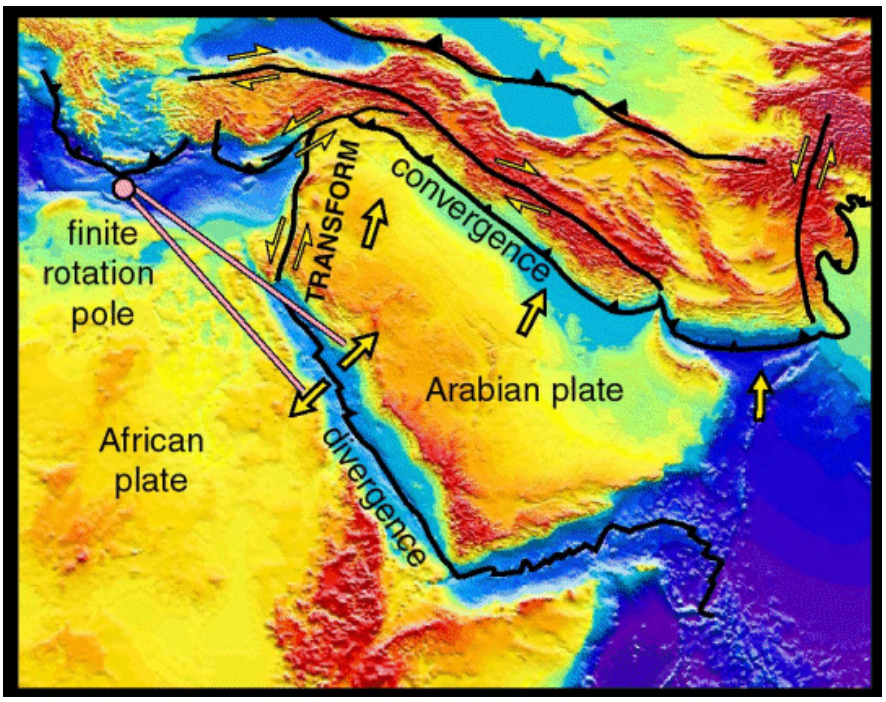
شکل ٤-٥: بزرگی های مختلف زمین لرزه در مقابل دوره بازگشت سالیانه ٧٦
شکل ٤-٦: احتمال رویداد بزرگی های مختلف برای دوره بازگشت های ١،٥٠،١٠٠و ٤٧٥ ساله ٧٦
شکل ٤-٧: تحلیل خطر احتمالی برای شتاب حداکثر در ٢٨ نقطه تهران ٧٨
شکل ٤-٨: طیف ویژه ساختگاه شهر تهران ٨٠
شکل ٤-٩: نتایج تفکیک خطر لرزه ای برای شتاب حداکثر زمین ٨٣
شکل ٤-١٠: نتایج تفکیک خطر لرزه ای برای پارامتر ارياس ٨٦
شکل ٤-١١: نتایج تفکیک خطر لرزه ای برای پارامتر شتاب طیفی در پریود ٠.٢ ثانیه ٨٩

فصل اول

لرزه زمین ساخت و لرزه خیزی

۱-۱ لرزه خیزی ایران :

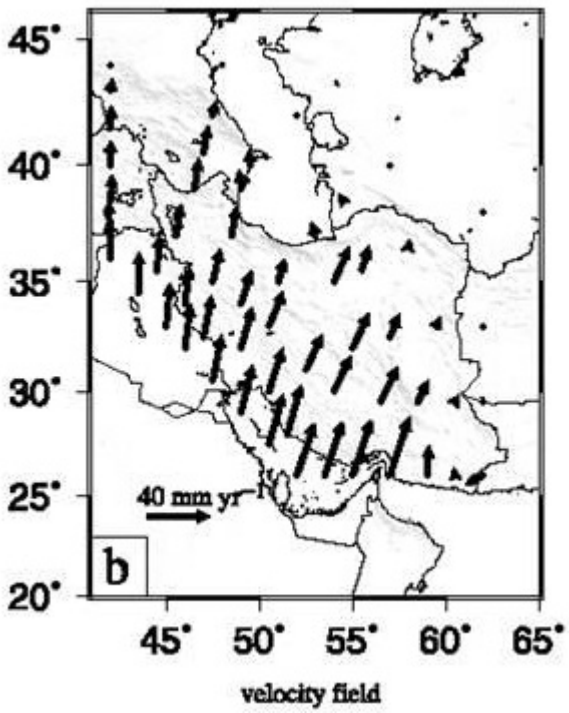
بی تردید سرزمین ایران از فعالترین مناطق لرزه خیز دنیا محسوب می شود موقعیت زمین ساختی ایران به صورتی است که بطور مداوم تحت تاثیر تنشهای وارده ناشی از باز شدگی بستر دریای سرخ و فشار وارده از سوی صفحه عربی می باشد. با نگاهی به نقشه لرزه زمین ساخت خاورمیانه مشخص است که موقعیت ایران به صورت یک پهنه تحت فشار مابین صفحه توران در شمال و صفحه عربی در جنوب می باشد(شکل ۱-۱). فرآیند های زمین شناسی صورت گرفته در طول تاریخ زمین شناسی این ناحیه در این مطالعه مد نظر نمی باشد ولیکن بطور کلی باید گفت درطول نئوژن[۱] و کواترنری[۲] (دوران اخیر زمین شناسی) صفحه عربستان مجموعا ۷۰۰ کیلومتر به طرف شمالشرق حرکت کرده که موجب ۵۰۰ کیلومتر کوتاه شدگی در کپه داغ، البرز و ایران مرکزی و۲۰۰ کیلومتری کوتاه شدگی در زاگرس گردیده است[۱].



شکل ۱-۱: نقشه موقعیت ایران در تکتونیک خاور میانه

[۱] Neogene
[۲] Quaternary

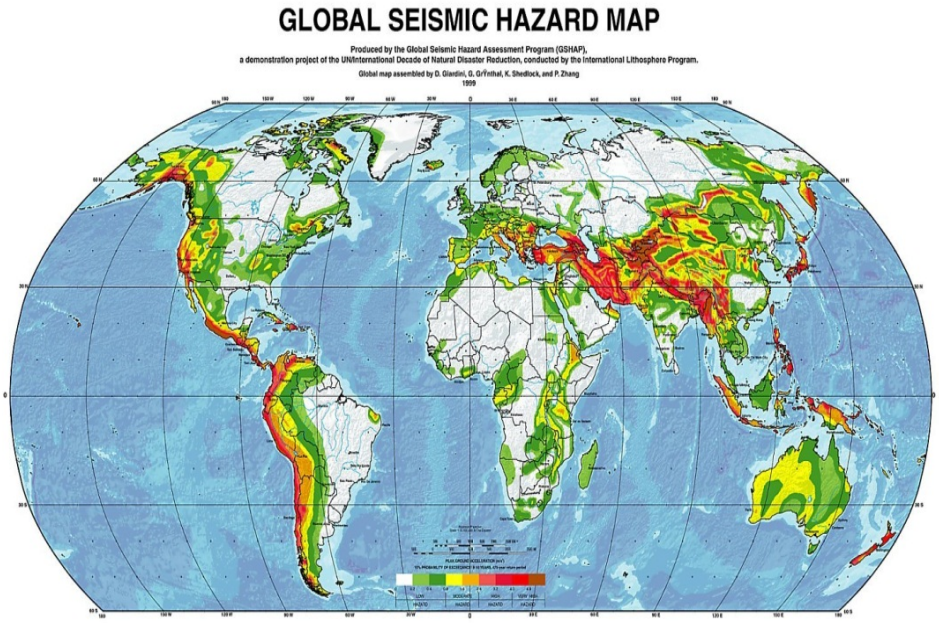
کمربند چین خورده -رانده زاگرس[۱] بعنوان بخشی از زنجیره کوهستانی آلپ -هیمالیا[۲] از شرق ترکیه تا جنوب ایران به فاصله بیش از ۱۵۰۰کیلومتر در جهت شمالغربی-جنوب شرقی گسترده میشود. این کمربند نتیجه محصور شدن اقیانوس نئوتتیس[۳] بعلت فرورانش با شمال شرقی زیر خرد قاره ایران می باشد. متعاقبا برخوردی در نئوژن بین صفحه عربی و بلوک ایران مرکزی آغاز می گردد. گسل راندگی اصلی زاگرس که گسل معکوس اصلی زاگرس نیز نامیده میشود براساس مطالعه بربریان با قطع شدن ناگهانی فعالیت لرزه ای مشخص میگردد و بطور رایج بعنوان حد شمالی صفحه عربی درنظر گرفته می شود[۲]. در شکل ۱-۲ نوع حرکت صفحه عربی نمایش داده شده است که طی این حرکت چین خوردگی در ایران نتیجه می شود. یک میدان سرعت که نشان می دهد چگونه حرکت رو به شمال صفحه عربی درصفحه ایران جذب می شود. توزیع سرعت ها در داخل ایران از روی تغییرات مکانی تخمین زده می شود و مولفه بسیار بزرگی دارد[۳]. بی تردید مجموعه گسلهای فعالی که در پهنه زمین ساختی ایران قرار دارند قادر به بوجود آوردن زمین لرزه های ویرانگری می باشند.



شکل ۱-۲: حرکت صفحه عربی نسبت به صفحه ایران

[۱] Zagros Fold Belt
[۲] Alp -Himalaya belt
[۳] Neo-Tethys Ocean

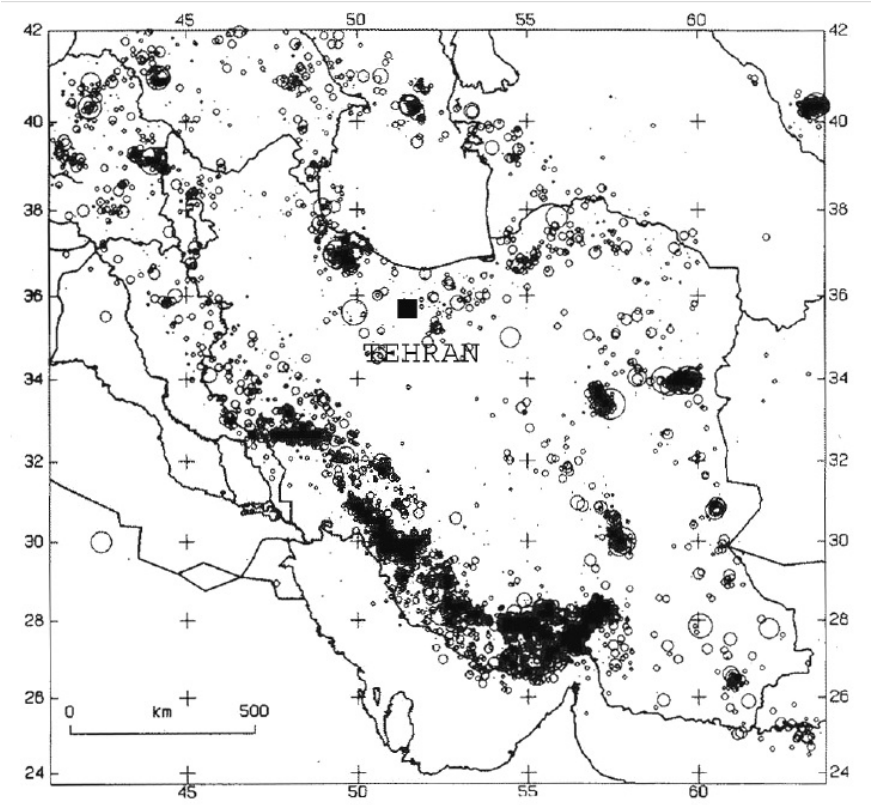
رویداد زمینلرزه های ویرانگری نظیر زلزله ۱۹۶۸ دشت بیاض خراسان، ۱۹۷۸ طبس خراسان، ۱۹۸۱ گلباف کرمان، ۱۹۹۰ رودبار – منجیل و ۱۹۹۷ زیرکوه قائنات و زمین لرزه های اخیر مناطق بم و کجور مازندران نشان می دهد که فلات ایران ناحیه ای به شدت پویا است و زمین لرزه های ویرانگر در آینده ای نه چندان دور در نقاط مختلف کشور متحمل می باشد. خطر بالای زمین لرزه در ایران را می توان به صورت نقشه خطر لرزه ای[۱] نمایش داد (شکل ۱-۳) که در آن ایران به همراه ژاپن، تنها کشورهایی هستند که تمام خاک آنها در معرض خطر بالای زلزله قرار گرفته است[۴]. در این نقشه رنگ قرمز خطر بالای زمین لرزه را نشان می دهد.



شکل ۱-۳: تقسیم بندی خطر لرزه ای

همچین علاوه بر خطر بالای زمین لرزه، چون ایران بر روی کمربند لرزه ای قرار گرفته، تعداد زمین لرزه های بوجود آمده در آن بسیار بالاست که نمایشی از پتانسیل لرزه خیزی ایران در شکل ۱-۴ ارائه شده است.

[۱] Global seismic hazard map



شکل ۱-۴: پتانسیل لرزه خیزی نواحی مختلف ایران[۵]

۱-۲ مطالعات لرزه زمین ساختی

یکی ازمواردی که باعث شناخت رفتار لرزه ای در یک منطقه می شود، تعریف چشمه یا چشمه های لرزه زا است که درگستره موردنظر وجود دارند. تعریف چشمه های لرزه زمین ساختی اغلب نیاز به دانشی از زمین شناسی، لرزه خیزی و زمین ساخت محلی دارد. مکان و طبیعت وقوع زمین لرزه زمین ساختی را می توان به دو نوع ساختارهای لرزه زمین ساختی و استان های لرزه زمین ساختی[۱] تقسیم نمود. ساختار لرزه زمین ساختی یک ساختار زمین شناسی قابل شناسایی است که به عنوان عامل مسبب زمین لرزه ها در نظر گرفته می شود. گسل های فعال از مهمترین این ساختارها به حساب می آیند. پهنه لرزه زمین ساختی، منطقه یا بخشی از یک منطقه است که در آنجا عموما گسل های فعال یا ساختارهای لرزه زمین ساختی از یک رژیم لرزه خیزی[۲] پیروی می کنند. این چشمه های لرزه زا به صورت یک منطقه جغرافیایی است که ازدیدگاه زمین شناسی، ژئوفیزیکی و زلزله شناسی دارای شرایط یکسان بوده و در سراسر آن توان

[۱] Seismotectonic provinces

[۲] Seismocity regime