

برآورد خطر لرزه ای استان مرکزی(ایران)

بدری ساسانی^۱، دکتر محمود میرزایی^۲ و دکتر محمد رضا قیطانچی^۳

چکیده

در این بررسی برآورد خطر زمینلرزه در گستره ۵۱ - ۴۸ /۵۰ درجه طول شرقی و ۳۶ - ۳۳ درجه عرض شمالی، شامل استان مرکزی انجام شده است. برای این منظور نقشه لرزه زمین ساختی منطقه با استفاده از نقشه های زمین شناسی موجود با مقیاس ۵۰۰ ۰۰۰ :۱، نقشه های تکتونیکی، نگاره های هوایی، گزارش های موجود، کاتالوگ زمین لرزه ها و خرد زمین لرزه ها تهیه شده است. با استفاده از اطلاعات زمین شناسی، زلزله شناسی و ژئوفیزیکی، پنج چشمه بالقوه لرزه ای تعیین شده است. در نهایت نمودار منحنی خطر و نقشه پهنه بندی برای ۱۰٪ احتمال افزایش خطر در ۱۰ سال رسم شده است. در برآورد خطر زمین لرزه از نرم افزار سایز ریسک سه (SeisriskIII) برای شبکه ای از نقاط با فاصله ۰ /۱ درجه استفاده شده است. نقشه پهنه بندی لرزه ای گستره استان مرکزی نشان می دهد که بیشترین شتاب افقی بدست آمده برای ۱۰٪ احتمال در ۱۰ سال معادل ۰/۲ گال می باشد. از نظر خطر نسبی زمین لرزه می توان استان مرکزی را به پهنه های با میزان خطر نسبی متفاوت تقسیم بندی نمود. آرام ترین پهنه در بخش باختری استان قرار گرفته است. محدوده هایی در شمال استان، پیرامون گسل های ایندس، کوشک نصرت و خشک رود قرار دارند، خطر نسبی در آنها بسیار بالا است. همین وضعیت برای محدوده کوچکی از جنوب باختری استان که در شمال خاوری گسل درود قرار می گیرد وجود دارد.

کلیدواژه ها: لرزه زمین ساخت، زمین لرزه، چشمه ی زمین لرزه

Seismic Hazard Assessment in Markazi Province (Iran)

Badri Sasani, Dr. Mahmoud Mirzaei and Dr. Mohammad-Reza Gheitanchi

Abstract

Seismic hazard assessment is carried out for 48.5 - 51 °E and 33 - 36 N ° including Markazi province (central province). To do this, seismotectonic map of the region has been provided by using geology maps 1:2500000, tectonic maps, satellite images, available reports, earthquake and minor earthquake catalogues. Five potential seismic sources have been identified by analyzing geology, seismology and geophysics data in the studying area. At last, peak ground 10 iso-acceleration maps for return period have been displayed by probability

^۱ - دانشجوی کارشناسی ارشد ژئوفیزیک دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال bardi_sasani@yahoo.com

^۲ - عضو هیئت علمی دانشگاه اراک m_mirzaei@araku.ac.ir

^۳ - عضو هیئت علمی مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران mrghchee@ut.ac.ir

method. Seisrisk III program in a network of dots with the distance of 0.1 degree has been utilized in seismic hazard assessment. Seismic zone map of Markazi province shows peak horizontal acceleration for 10% probability in 10 years is 0.2g. Markazi province can be divided into different zone with relative risk. The quietest zone is in west. There are regions in north with high relative risk around Indes, kushk Nosrat, Khoshk rud Fault. There is the same situation for a small zone in west north which is in east north of Dorud Fault.

Keywords: Seismotectonics, Earthquake, Earthquake source.

مقدمه:

گسل های بزرگ در شمال استان از جمله گسل کوشک نصرت پیرو روند ساختارهای اساسی در البرز است. روند گسل های اصلی در مرکز و خاور استان از جمله گسل های تفرش، تلخاب و تبرته تقریباً موازی گسل های اساسی زاگرس است که دارای روند شمال باختری - جنوب خاوری با تمایل به شمالی - جنوبی هستند و دارای توان لرزه خیزی در خور توجهی می باشند. نوزمین ساخت استان مرکزی به شدت تحت تأثیر عملکرد گسل های فوق می باشد. گسل ایندس در شمال خاوری استان از جمله گسل های مهم دیگری هست که از شمال سلفچگان تا شمال باختری و فرقان ساوه گسترش دارد و مرز جنوب باختری دشت ساوه را ایجاد نموده است. افزون بر گسل های اصلی فوق گروه دیگری از گسل ها وجود دارند که روند آنها کم و بیش زاویه ای حدود ۸۰- ۶۰ درجه با گروه اصلی دارد و تقریباً شمال باختری - جنوب باختری است. این گروه از گسل ها در مقایسه گروه اول دارای توان لرزه خیزی در خور توجهی نیستند و از دیدگاه لرزه خیزی دارای اهمیت چندانی نیستند. بسیاری از گسلهای شناخته شده که امروزه فعال نمی باشند در ازای زمان شناخت دقیق و کامل گسلها و بویژه گسلهای کواترنر، نخستین گام در راه بررسی لرزه زمین ساخت در هر پهنه است (بربریان و رمزی، ۱۹۸۷). از نظر زمین شناسی کشور ایران با توجه به عملکرد گسلها، نوع سنگها (دگرگونی، رسوبی و آذرین) فعالیت های لرزه ای، تاریخچه زمین شناسی و غیره به زون ها یی تقسیم شده است که معروفترین آنها زون زاگرس، زون سنندج- سیرجان، زون ایران مرکزی، زون البرز و غیره می باشند. استان مرکزی از دیدگاه زمین شناسی در دو زون زمین

گرفته است اما میزان لرزه خیزی در سراسر آن یکسان نیست و می توان آن را براین اساس به گستره های کوچکتری تقسیم نمود. همین مسئله را می توان به استان های ایران نیز گسترش داد. استان مرکزی از جمله استان هایی است که به دلیل قرار گرفتن در شرایط ویژه ی لرزه زمین ساختی محدوده هایی با خطر نسبی زمین لرزه ی متفاوت را در بر می گیرد. برای شناسایی این محدوده ها و بررسی دقیق تر مناطق پر خطر نیاز است که مطالعات ویژه لرزه خیزی و لرزه زمین ساختی در این محدوده انجام می شود. در منطقه مورد مطالعه برآورد خطر در گستره ۵۱ - ۴۸ / ۵۰ درجه طول شرقی و ۳۶ - ۳۳ درجه عرض شمالی، انجام شده است و با استفاده از نقشه های زمین شناسی موجود با مقیاس ۰۰۰ ، ۲۵۰ : ۱، نقشه های تکتونیکی، نگاره های هوایی، گزارش های موجود، کاتالوگ زمین لرزه ها و خرد زمین لرزه ها نقشه لرزه زمین ساختی منطقه تهیه شده است (بربریان، ۱۹۷۶، رمزی ۱۹۹۵ و نبوی، ۱۹۷۶).

گسلش، زمین ساخت و لرزه زمین ساخت گستره استان

استان مرکزی تا البرز گسترش ندارد اما جنبش برخی از گسل های مهم در البرز می تواند بخش های شمالی استان را نیز بلرزاند. همان گونه که اشاره شد استان مرکزی در ایالت زمین شناختی ایران مرکزی قرار گرفته و در بخشی از آن می باشد که روند ساختارهای ناحیه ای متأثر از ایالت های همسایه است که به گونه ای که روند

در این روش جنبش زمین بدست آمده برای ساختگاه مورد نظر تنها بوسیله زمین لرزه ای با بزرگی مشخص در یک چشمه به فاصله مشخص از ساختگاه بیان می شود. صرف نظر از اینکه احتمال وقوع زمین لرزه ای با خصوصیات متفاوت وجود داشته باشد. به همین دلیل برای ساختگاههای مهم، انجام برآورد خطر زمین لرزه با این روش قابل اطمینان نیست (ریتر، ۱۹۹۰). و روش سوم، روش احتمالاتی که بر خلاف روش قطعی در برآورد خطر زمین لرزه به روش احتمالی، تمام بزرگی های ممکن (معمولاً بیش از بزرگی معین) حاصل از چشمه های مهم که در فواصل مختلفی از ساختگاه قرار گرفته اند، با در نظر گرفتن درصد احتمال وقوع بیان می شود. بنا براین در این روش تعیین جنبش زمین با یک احتمال مشخص، برای ساختگاه امکان پذیر است (کرنل، ۱۹۶۸ و ریتر، ۱۹۹۰). مراحل انجام برآورد خطر زمین لرزه به روش احتمالی در چهار مرحله انجام می شود. مرحله نخست تعیین چشمه های بالقوه زمین لرزه می باشد. مرحله دوم تعیین رابطه دوره بازگشت، توزیع بزرگی و نرخ میانگین بارز رخدادها می باشد. مرحله سوم به کار گیری رابطه تضعیف مناسب و بالاخره در مرحله چهارم منحنی خطر برای ساختگاه محاسبه می شود. تعیین چشمه های لرزه ای و رابطه تضعیف جنبش کاملاً مشابه روش قطعی است (شعبانی، ۱۳۸۳ و عابدینی، ۱۳۸۲). در روش احتمالاتی اثر تمام زمین لرزه های دارای اندازه های متفاوت که در مکان های مختلف از چشمه های متفاوت با احتمال رویدادهای متفاوت اتفاق می افتند، روی یک منحنی جمع زده می شوند که احتمال افزایش سطوح مختلف جنبش زمین (به عنوان نمونه، بیشینه شتاب) در یک ساختگاه در طول دوره زمانی مشخصی را نشان می دهد. مراحل فوق در فرمول زیر خلاصه می شود (گرین و هال ۱۹۹۴):

(۱)

$$E(z) = \sum_{i=1}^N \alpha_i \int_{m_0}^{m_u} \int_{r=0}^{r=\infty} f_i(m) f_i(r) p(Z > z | m, r) dr dm$$

شناسی ایران مرکزی و سندج - سیرجان قرار می گیرد که حد فاصل این دو زون از فرو رفتگیهایی در جهت شمال باختری به جنوب خاوری در جنوب منطقه مورد مطالعه تشکیل شده است. محدوده کوچکی در ناحیه سامان نیز دارای خصوصیات زون "سندج - سیرجان" است که زون سامان نامیده می شود. زون سندج - سیرجان در ناحیه اراک توسط دو گسل تلخاب و تبرته از زون ایران مرکزی در شمال جدا می شود. این زون با دارا بودن سنگهای دگرگونی، نداشتن فعالیت های آتشفشانی و دارا بودن روند شمال غرب - جنوب شرق از زون ایران مرکزی جدا می شود. زون ایران مرکزی دارای سنگهای رسوبی، آذرین (درونی و آتشفشانی) بوده و روند تقریباً شرقی - غربی داشته و فاقد سنگهای دگرگونی ناحیه ای است. زونهای زمین شناسی با توجه به واحدهای سنگی موجود در خود توصیف می شوند که نوع سنگها در هر زون تفاوت داشته است، شکل ۱ نقشه لرزه زمین ساخت منطقه مورد مطالعه را نشان می دهد.

تئوری بر آورد خطر زمین لرزه:

بر آورد خطر زمین لرزه تخمین پارامترهای جنبش زمین در یک ساختگاه می باشد که از فعالیت چشمه های با پتانسیل لرزه ای در یک دوره زمانی مشخص نتیجه میشود. این کار به روش های زیر انجام می شود (میرزایی، ۱۹۹۷). روش اول، روش تجربی - آماری می باشد این روش ساده ترین راه برای ارزیابی خطر زمین لرزه است و مبتنی بر آمار زمین لرزه های روی داده در منطقه مورد مطالعه می باشد. روش دوم روش قطعی است که برای انجام بر آورد خطر زمین لرزه با استفاده از این روش لازم است که مراحل زیر انجام شود. نخست تعیین چشمه های بالقوه زمین لرزه، سپس تعیین بیشینه بزرگی که میتوان از هر چشمه انتظار داشت و مرحله بعدی تعیین رابطه تضعیف مناسب برای منطقه مورد انتظار و در نهایت تعیین میزان خطر یا بیشینه شتاب زمین می باشد.

رابطه ۴ را می توان چنین نوشت:

$$P_{total}(G_t > g) = 1 - e^{-\sum_{i=1}^n v_{gi} t} \quad (5)$$

زیرنویس i اشاره به i امین چشمه در مدل برآورد خطر دارد. برای مدت یک سال و $v_{gi} \ll 0.1$ می توان رابطه ۵ را به صورت زیر نوشت:

$$P_{total}(G > g) \approx \sum_{i=1}^n v_{gi} \quad (6)$$

با رسم مقادیر P_{total} حاصل از رابطه (۶) برحسب پارامتر جنبش g منحنی خطر بدست می آید. این نتیجه اصلی تحلیل خطر است. در صورتی که هدف از مطالعه تعیین خطر برحسب طیف پاسخ مهندسی باشد، چندین منحنی خطر به ازاء هر فرکانس نوسانگر بدست می آید.

چشمه های بالقوه زمین لرزه:

اولین گام در تحلیل خطر زمین لرزه، تعیین چشمه یا چشمه های زمین لرزه ای است. چشمه های لرزه زمین ساختی یا چشمه های زمین لرزه ای محل تجلی فعالیت نیروهای زمین ساختی منطقه است. تعیین و شناخت چشمه های لرزه زمین ساختی، غالباً بخش عمده یک تحلیل خطر زمین لرزه را تشکیل می دهد که محتاج دانش زمین شناختی، لرزه شناختی و زمین ساخت ناحیه ای و محلی می باشد (ریتر، ۱۹۹۰) (شکل ۲).

برآورد خطر زمین لرزه در گستره استان مرکزی:

پس از انتخاب یک رابطه تضعیف مناسب نوبت به انجام برآورد خطر در گستره مورد مطالعه می رسد.

منحنی خطر، ترکیبی است از نمودار تمامی اطلاعاتی که در بالا شرح داده شد. توزیع فاصله، بزرگی و تابع احتمال جنبش زمین برای چشمه مورد نظر ترکیب می شوند تا مکان احتمالی یک حادثه لرزه ای با بزرگی

به طوری که $E(Z)$ تعداد دفعات افزایش از سطح جنبش زمین Z در طول دوره زمانی t است، α_i نرخ متوسط رویداد زمین لرزه بین محدوده های پایین و بالای بزرگی (m_u, m_o) است که در چشمه i ام در نظر گرفته شده اند، $f_i(m)$ توزیع چگالی احتمال بزرگی (رابطه بازگشتی) درون چشمه i ام است، $f_i(r)$ توزیع چگالی احتمال فاصله رومرکزها (یا چشمه ها) بین مکان های مختلف داخل چشمه i ام و ساخگاهی که در برآورد خطر در آن انجام می شود، می باشد و $P(Z > z | m, r)$ احتمال افزایش زمین لرزه ای با بزرگی m و فاصله رومرکزی r از سطح جنبش زمین Z است. اگر هدف تحلیل خطر زمین لرزه تخمین احتمال افزایش برخی سطوح جنبش زمین در طول مدت زمان معین T (مثلاً، طول عمر سازه) باشد، می توان نشان داد، دوره بازگشت معادل با آن احتمال از رابطه زیر بدست می آید:

$$T = \frac{-T}{\ln(1 - (P(Z > z)))} = \text{دوره بازگشت} \quad (2)$$

در این حالت $p(Z > z)$ احتمال افزایش در طول زمان T است؛ برای دوره های بازگشت خیلی بزرگتر از دوره مورد نظر $p(Z > z)$ ، تقریباً با تقسیم دوره مورد نظر بر دوره بازگشت بدست می آید (ریتر، ۱۹۹۰).

نرخ لرزه خیزی زمین لرزه های با بزرگی بین M_{min} ، M_{max} را با α نشان می دهیم. با در نظر گرفتن مدل گوتنبرگ-ریشتر، نرخ لرزه خیزی را به شکل زیر می توان نوشت:

$$\alpha = 10^{a-bM_{min}} - 10^{a-bM_{max}} \quad (3)$$

بطور کلی در چشمه های لرزه ای چندگانه، با فرض مستقل بودن چشمه های از نظر آماری می توان خطر کل را به آسانی محاسبه نمود. در این حالت خطر کل را می توان از رابطه زیر بدست آورد:

(۴)

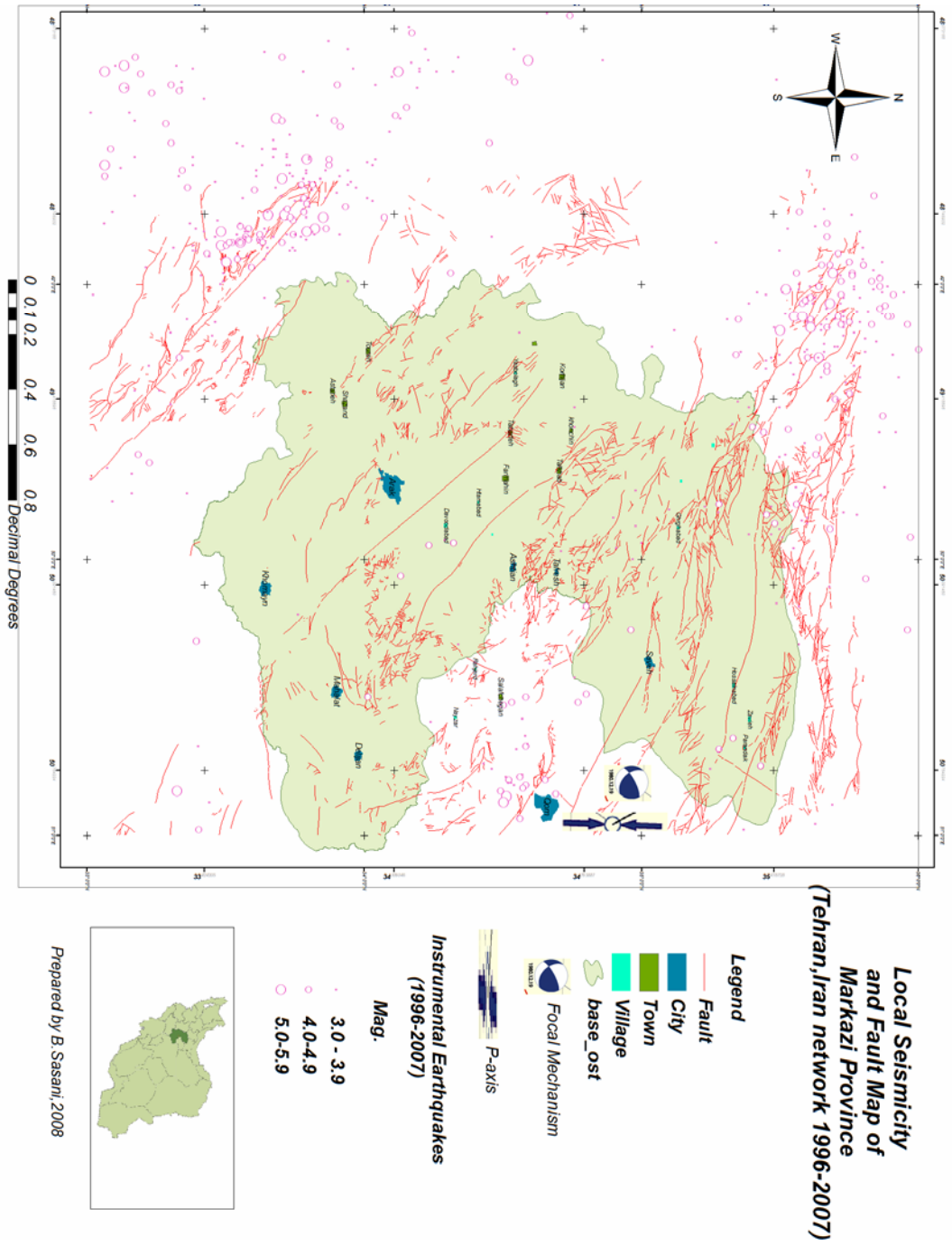
$$P_{total}(G_t > g) = 1 - \prod_{i=1}^n P_i(G_t \leq g) = 1 - \prod_{i=1}^n e^{-v_{gi} t}$$

مشخص در هر کجای چشمه بیان شود (شکل ۳ و ۴). شکل ها در گستره مورد مطالعه برای چند نقطه منحنی خطر لرزه ای ترسیم شده است. برای انجام برآورد خطر در گستره استان مرکزی لازم است برای شبکه ای از نقاط، شتاب افقی ناشی از رویداد زمین لرزه در چشمه بالقوه محاسبه و برای گستره مورد نظر نقشه پهنه بندی زمین لرزه ترسیم شود. این کار نیاز به محاسبات بسیاری دارد و جهت انجام آن می توان از برنامه های کامپیوتری استفاده کرد. در این پژوهش از برنامه SeisriskIII استفاده شده است (شکل ۵).

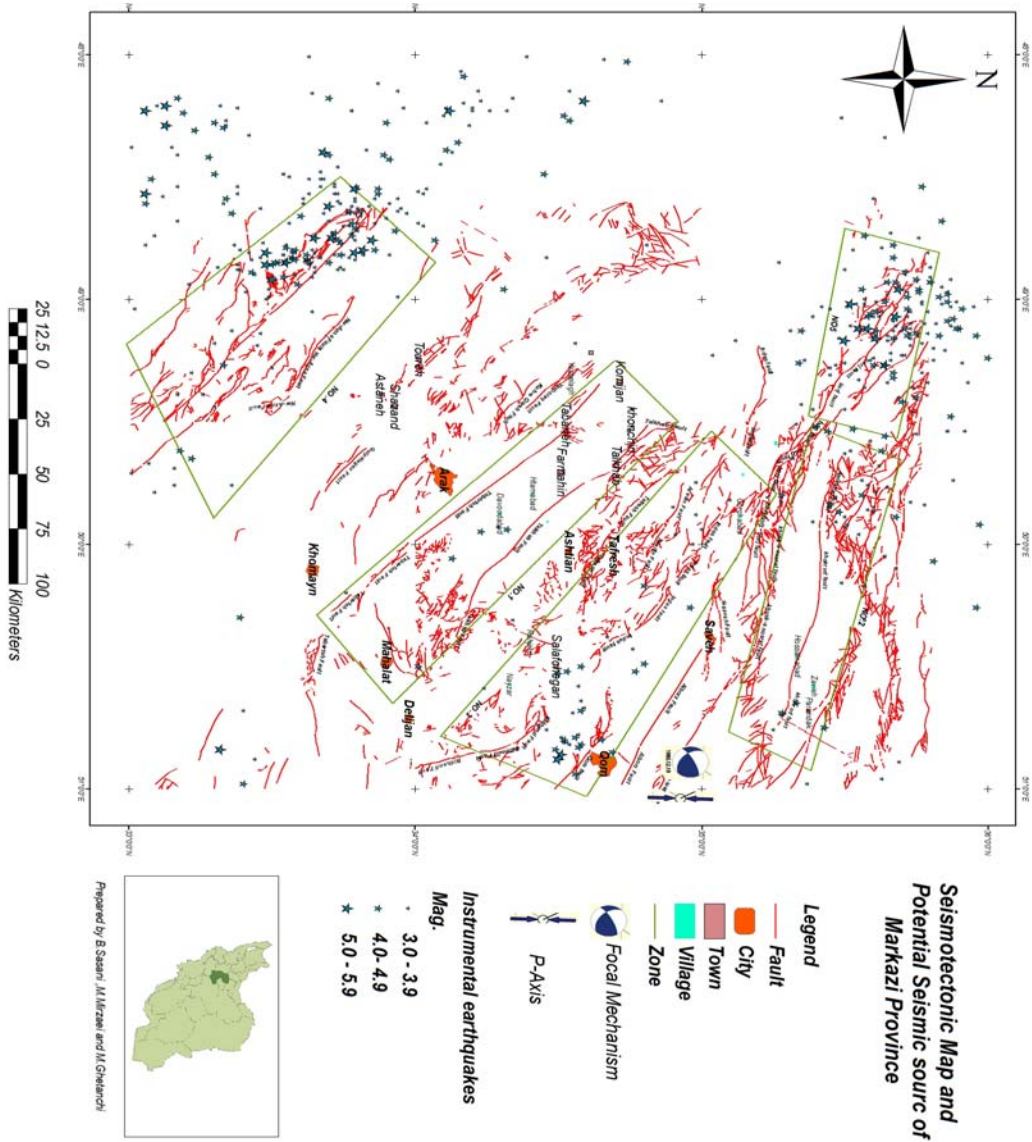
بحث و نتیجه گیری

شتاب افقی مورد انتظار از رویداد زمین لرزه در چشمه های بالقوه زمین لرزه برای ۱۰٪ احتمال افزایش در ۱۰ سال در شبکه ای از نقاط به فاصله ۰/۱ درجه طول و عرض جغرافیایی بدست آمده است. از جمله داده هایی که برای ورودی این برنامه لازم است تعداد زمین لرزه های رویداده در سال برای هر یک از بازه های بزرگی می باشد. بنابراین هر قدر کاتالوگ زمین لرزه ها و خرد زمین لرزه های رویداده در منطقه کاملتر باشد جواب

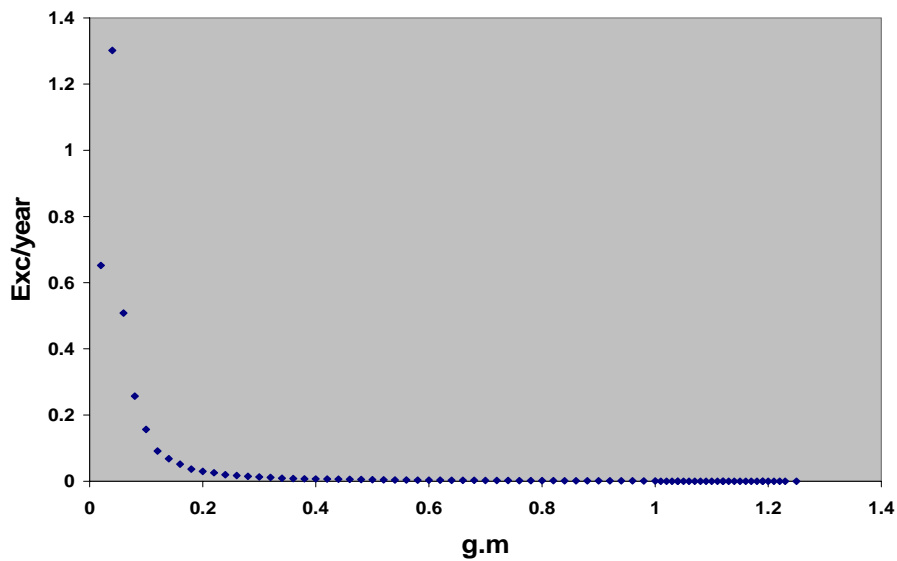
حاصل از این برنامه قابل اطمینان تر است. در برآورد خطر زمین لرزه ای گستره استان مرکزی با رعایت مواردی از قبیل ناکامل بودن داده ها و دخالت ان در محاسبات برآورد پارامترهای زلزله خیزی از نرم افزار SeisriskIII استفاده شده است. نقشه پهنه بندی لرزه ای گستره استان مرکزی با استفاده از داده های این برنامه ترسیم شده است. همانطور که در شکل ۵ مشاهده می شود بیشترین شتاب افقی بدست آمده برای ۱۰٪ احتمال در ۱۰ سال معادل ۰/۲ می باشد. همانگونه که در نقشه ها نشان داده شده، از نظر خطر نسبی زمین لرزه می توان استان مرکزی را به پهنه های با میزان خطر نسبی متفاوت تقسیم بندی نمود. آرام ترین پهنه در بخش باختری استان قرار گرفته که محدوده ی همسایه استان همدان است. از سوی دیگر محدوده هایی در شمال استان، پیرامون گسل های ایندس، کوشک نصرت و خشک رود قرار دارند خطر نسبی در آنها بسیار بالا است. همین وضعیت برای محدوده کوچکی از جنوب باختری استان که در شمال خاوری گسل درود قرار می گیرد وجود دارد.



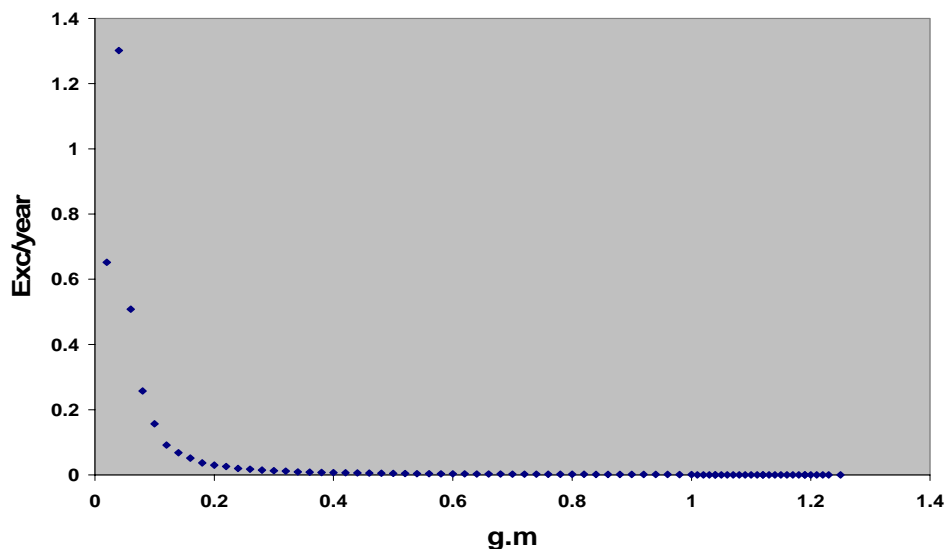
شکل ۱: نقشه لرزه زمین ساخت گستره استان مرکزی



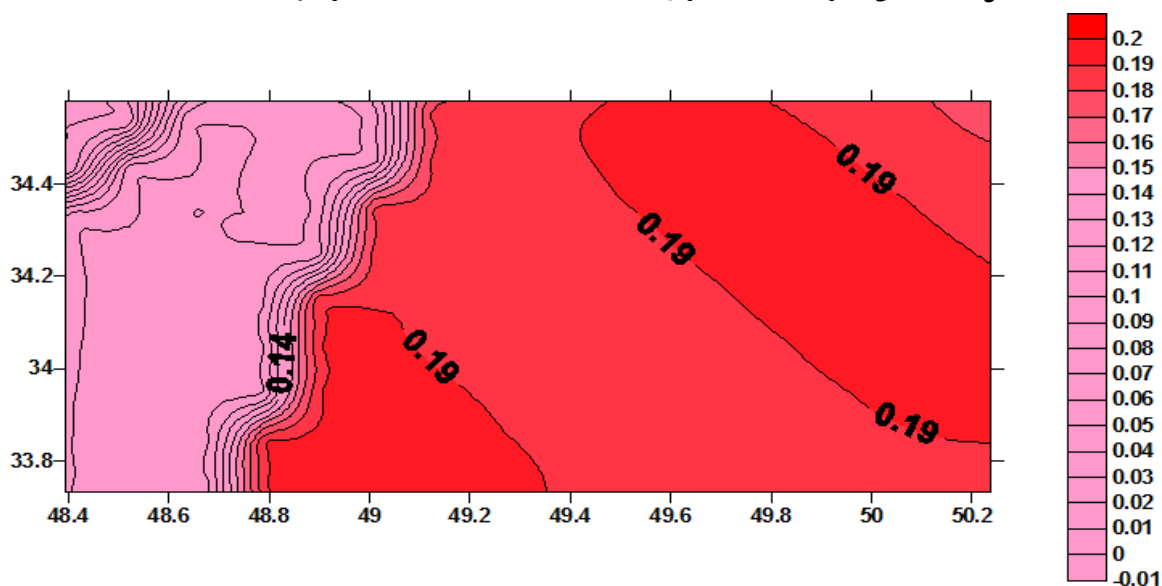
شکل ۲: نقشه چشمه های پهنه ای در گستره مورد مطالعه



شکل (۳): منحنی خطر به دست آمده برای مختصات ۳۳ / ۷۶ ، ۵۱ / ۴۹ در گستره مورد مطالعه



شکل (۴): منحنی خطر به دست آمده برای مختصات ۹۸ / ۳۳، ۲۰ / ۵۰ در گستره مورد مطالعه



شکل (۵): نقشه پهنه بندی زمین لرزه ای گستره استان مرکزی به روش احتمالاتی برای ۱۰٪ احتمال افزایش در ۱۰ سال، با استفاده از رابطه تضعیف آمبر سیز (۱۹۹۲).

References:

- Berberian, M., 1976, Seismotectonic Map of Iran 1:2, 500, 000 Geological survey of Iran.
- Berberian, M. and Ramazi, H. R. 1987, Seismotectonic and Earthquake hazard evaluation at Saveh Dam site, Mahab Ghods Consulting Engineers.
- Cornell, C. A., 1968. Engineering seismic risk analysis. Bull. Seism. Soc. Am., 58:1583~1606.
- Green, A. and Hall, J., 1997, An overview of selected seismic hazard

منابع فارسی:

- شعبانی، الف، ۱۳۸۳، برآورد خطر و پهنه بندی زمین لرزه ای گستره کرمانشاه-سندج، پایان نامه کارشناسی ارشد مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران.
- عابدینی، ع، ۱۳۸۲، برآورد خطر زمین لرزه گستره تهران به روش احتمالاتی، پایان نامه کارشناسی ارشد مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران.

Marvak Site, Abfan Consulting Engineers.

- Ramazi, H. R., 1995, Earthquake epicenter and tectonic Lineament map of Iran, Scale: 1:2,500,000 pub. by BHRC Tehran . Iran.
- Reiter, L., 1990, Earthquake Hazard Analysis. Columbia University Press, New York, 254pp.
- analysis methodologies, Structural Research Series No. 592.
- Mirzaei, N., 1997. Seismic Zoning of Iran. Dissertation for Ph.D. degree in Geophysics, Institute of Geophysics, State Seismological Bureau, Beijing, Peoples Republic of China, 134pp.
- Nabavi, M., 1976, Tectonic Map of Iran, 1:2,500,000 Geol .Surv .Iran.
- Ramazi, H. R., 1990, Seismotectonics and Earthquake hazard evaluation, at