

پهنه‌بندی و تحلیل خطر زمین لرزه در گستره استان لرستان

زهرا رفیعه^۱، دکتر مهدی زارع^۲، دکتر محمدرضا قیطانچی^۳ و زهرا مالکی^۴

چکیده

مقاله حاضر پژوهشی با محوریت پهنه بندی خطر لرزه‌ای با استفاده از دورهیافت تعیینی و احتمالی در گستره استان لرستان بین طول‌های جغرافیایی ۴۶ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۳۰ دقیقه شرقی و عرض‌های جغرافیایی ۳۱ درجه و ۳۷ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۱۵ دقیقه شمالی از خط استوا در پهنه زاگرس و قسمتی ناحیه سندج - سیرجان است. در این پژوهش بر اساس داده‌های تاریخی و سده بیستم، اطلاعات گسل‌های لرزه‌زا، سازوکار ژرفی محدوده و ساختار زمین‌شناسی، مدل لرزه‌زمین ساخت منطقه ارائه شده و چشمه‌های لرزه‌زا معرفی گشته‌اند. پس از حذف پیش‌لرزه‌ها و پس‌لرزه‌ها (برای صدق فرض توزیع پواسون داده‌ها)، پارامترهای لرزه‌خیزی و بادرنظر گرفتن عدم قطعیت‌های متناسب با زمان وقوع زمین لرزه‌ها و با فرض $M_{min}=4$ محاسبه شده‌اند. اطلاعات حاضر توسط نرم افزار PSHA برای چندین مورد از روابط کاهندگی مورد پردازش قرار گرفته و در نهایت بیشینه شتاب افقی مورد انتظار برای ساختگاه (شهر خرم آباد) حاصل از هر قطعه به دست آمده است. با استفاده از این نتایج، نقشه هم تراز شتاب (Isoacceleration) برای مولفه افقی بر اساس هر دورهیافت تعیینی و احتمالی برای دوره بازگشت ۴۷۵ و ۷۵ سال گستره استان لرستان رسم گردیده است. در ادامه با توجه به فاصله گسل با محدودی شهری، خطرات احتمالی وقوع زلزله، بار و مرکز شهر مورد بررسی قرار گرفته‌اند. در انتها پیشنهاداتی در راستای کاهش آسیب به مناطق شهری ارائه شده است. بر اساس بررسی‌های حاضر، می‌توان گسل‌های موجود در پهنه گسل زاگرس مرتفع و سپس گسل دورود (در پهنه گسل اصلی زاگرس) را به عنوان گسل‌های مسیب و رویداد احتمالی زمین لرزه برای شهر خرم‌آباد در نظر گرفت. کلیدواژه‌ها: پهنه‌بندی، چشمه‌های لرزه‌زا، دوره بازگشت، رابطه کاهندگی، رهیافت احتمالی، رهیافت تعیینی

Seismic zonation and potential analysis of Lorestan province

Zahra Rafieh, Dr Mehdi Zare, Dr Mohammad Reza Gheitanchi and Zahra malki

Abstract

Seismic hazard assessment is carried out for the region bounded by 46.50°E-50.50°E and 31.61°N-35.25°N including Lorestan province. To do this, seismotectonic map of the region has been provided by using geology maps tectonic maps, satellite images, available reports, as well as major and minor earthquakes catalogues in Zagros and Sanandaj- Sirjan region. Eighteen potential seismic sources have been identified by analyzing geological, seismological and geophysical data. Finally, peak ground iso-

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات z_rafieh@yahoo.com

۲- دانشیار پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله mzare@iiees.ac.ir

۳- استادیار بخش زلزله‌شناسی موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران mrghchee@ut.ac.ir

۴- دانشجوی دکتری زمین‌شناسی ساختمانی و عضو باشگاه پژوهشگران جوان دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات Zahramalki1983@yahoo.com

acceleration maps for return period 475 and 75 have been displayed by probability method PSHA software, in a grid of dots with the distance of 0.25 degree, has been utilized in seismic hazard assessment.

Seismic zone map of Lorestan province shows peak horizontal acceleration for 10% probability in 50 years is 0.53g. It is concluded that Lorestan province Can be divided into different zones with relative risk. The most quiet area is located in the north, including Hamedan zone with $PGA=0.005g$. There are region in central with high relative risk include Zagros faults with $PGA=0.34g$. There is the second hazardous zone, located in northeast, with $PGA=0.22g$ along the Dorud fault.

Keywords: Lorestan province, peak ground iso-acceleration map, potential seismic sources, risk, Seismic hazard assessment

مقدمه

تحلیل خطر زمین لرزه به تخمین کمی خطرات لرزش زمین در یک محل خاص مربوط می شود. خطرات لرزه ای در شرایطی که زلزله مشخصی مدنظر باشد، به صورت تعینی و در شرایطی که اندازه، زمان و مکان زلزله قطعی نباشد به صورت احتمالی بررسی می شود به طور کلی تحلیل خطر زمین لرزه ای می تواند به دو صورت تعینی و احتمالی انجام گیرد. رهیافت تعینی به برآورد بیشینه زمین لرزه باورکردنی (MCE) می پردازد. این روش محافظه کارانه است و به عنوان رهیافت مبنا برای محاسبه زمین لرزه سطوح طراحی، به ندرت در مورد بعضی سازه های خاص، نظیر سدها و نیروگاه ها، به کار می رود در طی چند دهه اخیر، استفاده از مفاهیم احتمال و امکان در نظر گرفتن عدم قطعیت در اندازه، موقعیت و میزان رویدادهای زمین لرزه و همچنین تغییرات در ویژگی های جنبش زمین، فراهم شده است. این روش با الگویی شامل: اطلاعات لرزه خیزی، کاهندگی و زمین شناسی، بیشینه جنبش زمین را برای دوره های زمانی و درصدهای متفاوت، برآورد می نماید.

لرزه زمین ساخت منطقه

استان لرستان به علت قرار داشتن بر روی ایالت لرزه زمین ساخت زاگرس از نواحی لرزه خیز ایران می باشد. وقوع زمین لرزه های مخرب در سیمره، سایروان، دره سیلاخور، بروجرد و در ادوار مختلف تاریخی بهترین گواه لرزه خیزی این منطقه می باشد. پژوهشگران متعدد صفحه ایران را به بخش های مختلف زمین ساختی تقسیم نموده اند و در اکثر این تقسیم بندی ها استان لرستان در پهنه زاگرس قرار می گیرد. لرستان در واقع بخشی از رشته کوه های چین خورده - رانده شده زاگرس می باشد. بر اساس مطالعات بربریان (۱۹۹۵) زاگرس را می توان بر اساس داده های مورفوتکتونیکی، لرزه ای، ساختاری و رخساره های رسوبی به پنج واحد تقسیم کرد که هر بخش با گسل های ژرفی پی سنگ و به طور عام پنهان از یکدیگر جدا می شوند. وقوع زمین لرزه های زاگرس ناشی از کوتاه شدگی پی سنگ زاگرس در اثر تغییر عملکرد گسل های عادی پی سنگ (باشیبی به سمت شمال خاور) به صورت گسل های معکوس با شیب زیاد، در نظر گرفته می شود. در اکثر زمین لرزه های این ناحیه وجود یک گسلش رانده با مولفه امتداد لغز یا گسل امتداد لغز با مولفه شیب لغز

است. زمین‌لرزه‌های این گستره دارای ساز و کار معکوس و یا امتداد لغز بوده و تنش اصلی بیشینه آن در راستای جنوب‌شرق - شمال‌غرب قرار گرفته است. سازوکار این زمین‌لرزه‌ها در شکل ۲ الف ترسیم و ارائه گردیده‌اند. نقاط فشاری (+) بارنگ سیاه و نقاط کششی (-) بارنگ سفید، دایره‌های سیاه محورهای فشارشی و دایره‌های سفید محورهای کششی را نشان می‌دهد. سازو کار کانونی این زمین‌لرزه‌ها همراه با وضعیت راستای تنش در شکل (۲ب) ارائه شده است. گسل‌ها و لرزه‌خیزی گستره استان لرستان به طور کلی روندهای ساختاری فعال و گسل‌های لرزه‌زا در زاگرس امتداد شمال‌باختر - جنوب‌خاور دارند. لرزه‌خیزی منطقه با بررسی زمین‌لرزه‌های تاریخی و مطالعه زمین‌لرزه‌های ثبت شده دستگاهی ارزیابی شده است. بررسی زمین‌لرزه‌های تاریخی مهم نشان می‌دهد که گستره مورد نظر از دیدگاه لرزه زمین‌ساختی جز در نواحی نزدیک به گسل بزرگ زاگرس و گسل معکوس اصلی زاگرس و گسل‌های جوان وابسته به آن و همچنین گسل خمیدگی جبهه کوهستان، آرام‌تر از دیگر نقاط مناطق ایران است. پیش‌نیاز بررسی لرزه زمین‌ساخت منطقه تهیه کاتالوگ زلزله‌های تاریخی و سده بیستم مرتبط با این منطقه است.

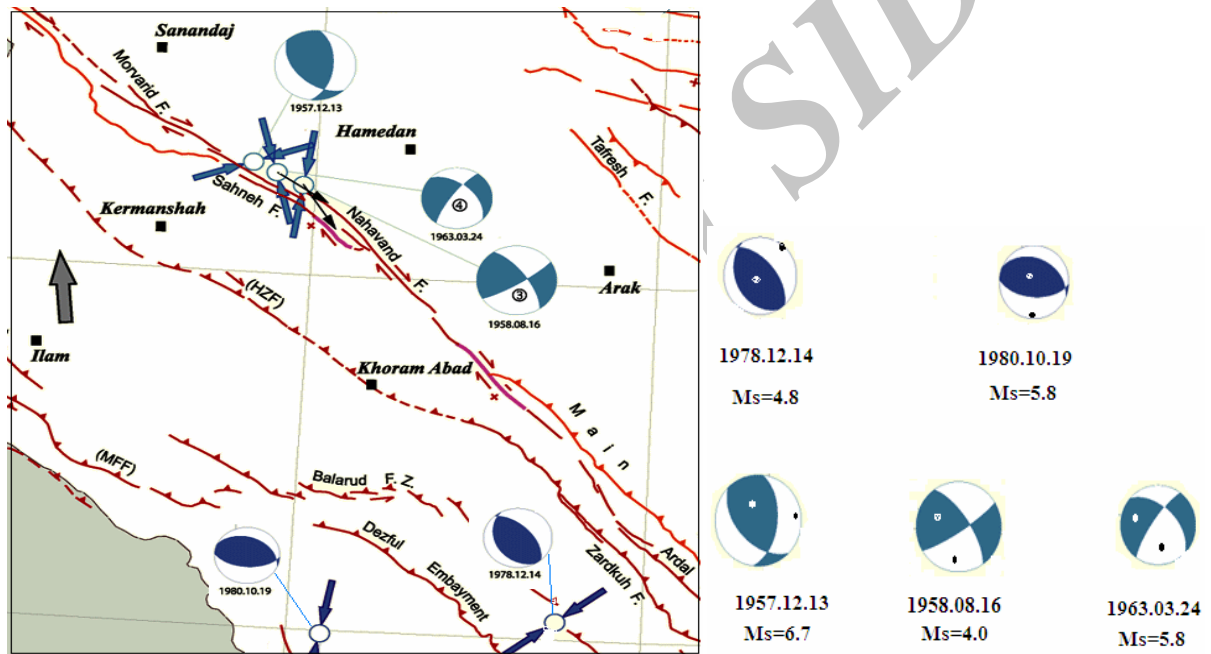
معکوس قابل توجه می‌باشند، (شکل ۳) در خصوص علت وقوع زمین‌لرزه‌های متعدد در پهنه زاگرس می‌توان اشاره کرد که به علت قرار گرفتن پهنه ایران بین صفحه‌های عربی و اوراسیا از یک سو و حرکت صفحه عربی به سوی اوراسیا (با سرعت حدود ۳/۵ سانتیمتر در سال) از سوی دیگر پهنه ایران به صورت مداوم دارای فرم دگرشکلی منحصر به فردی می‌باشد. مرزفلات ایران با صفحه عربی گسل اصلی تراستی زاگرس است. بخش‌های دگرشکلی‌های ناشی از حرکت صفحه عربی و نیروهای فشارشی حاصل از این حرکت در پهنه زاگرس به صورت رخدادهای زمین‌لرزه نمایان می‌باشد، و هراز چندگاهی زمین‌لرزه‌های مخربی در این پهنه رخ می‌دهند. تفاوت ساختار و دگرگونی پدیده‌های ماگماتیسم، متامورفیسم سبب می‌گردد که در یک راستای خاوری - باختری به توان استان لرستان رابه دو پهنه با ویژگی‌های متفاوت تقسیم کرد:

۱- پهنه سنندج - سیرجان ۲- پهنه زاگرس (زیرزون زاگرس مرتفع، و زاگرس چین خورده).

ساز و کار ژرفی زمین‌لرزه‌های محدوده مورد مطالعه ساز و کار زمین‌لرزه‌های گستره‌ای به شعاع ۲۰۰ کیلومتری در اطراف منطقه مورد مطالعه به روش (Centroid Moment Tensor) CMT و بر پایه اطلاعات در دسترس دانشگاه هاروارد ارائه گردیده



شکل ۱- موقعیت استان لرستان در واحدهای زمین ساختی - رسوبی، سنج - سیرجان، زاگرس چین خورده و زاگرس مرتفع



شکل ۲- الف) سازوکار کانونی زمین لرزه‌های گستره ۲۰۰ کیلومتری پیرامون خرم آباد.

ب) زمین لرزه‌های گستره ۲۰۰ کیلومتری پیرامون خرم آباد همراه با وضعیت تنش غالب

زیادی نیست و تنها سیمایی از ویژگی‌های لرزه خیزی منطقه را به دست می‌دهد. جهت بررسی حاضر اطلاعات زمین لرزه‌های تاریخی، که تا شعاع ۲۰۰ کیلومتری منطقه رخ داده‌اند، گردآوری شد.

- زمین لرزه ۸۴۰ میلادی اهواز

- زمین لرزه ۲ تیر ۲۵۱ هجری - شمسی سیمه

(۱۷۲/۶/۲۲ م).

۱- زمین لرزه‌های تاریخی منطقه (پیش از سال ۱۹۰۰ میلادی/ ۱۲۷۸ شمسی)

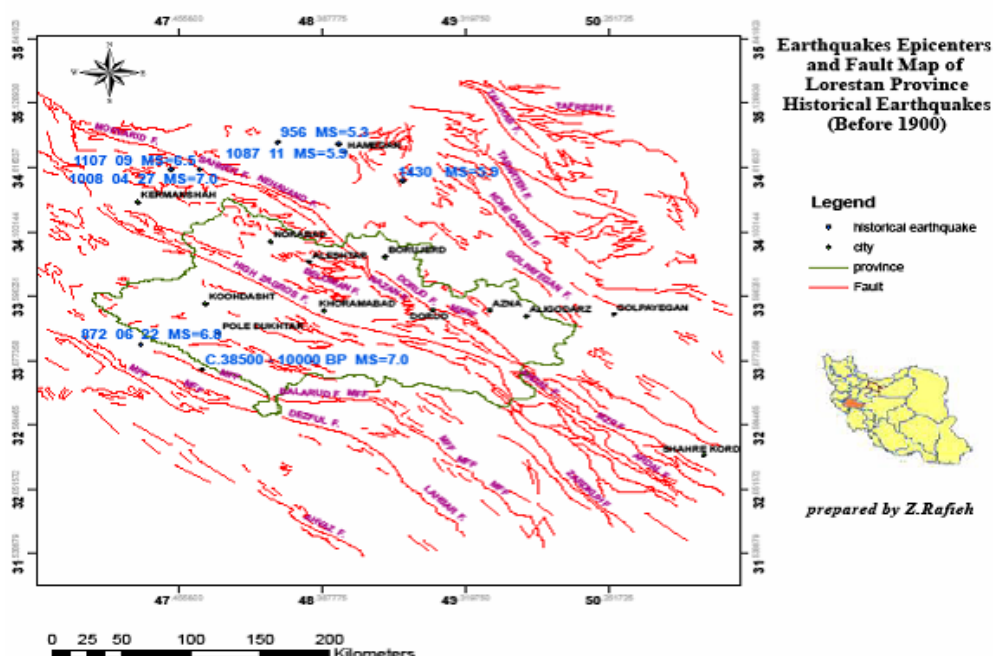
شناخت ما از زمین لرزه‌های پیش از سده بیستم محدود به داده‌های پراکنده موجود در کتاب‌های تاریخی است. بدین جهت این داده‌ها از دیدگاه محل رویداد، شدت و بزرگی زمین لرزه دارای دقت

همانگونه که مشاهده می‌شود، مهمترین زلزله‌های پیش از سده بیستم میلادی در گستره استان لرستان و پیرامون آن، که داده‌ای از آنها در دسترس می‌باشد در جدول (۱) گردآوری شده‌اند و در شکل (۳) نمایش داده شده است.

- زمین لرزه ۱۰۵۲ میلادی خوزستان
- زمین لرزه ۱۳۱۶ میلادی گلپایگان
- زمین لرزه ۱۶۶۶ میلادی زاگرس
- زمین لغزه کهن سیمره (۱۱/۰۰۰ سال پیش)
- زمین لغزه کهن اشتران کوه

جدول ۱- پارامترهای اساسی مربوط به زمین‌لرزه‌های پیش از تاریخ و تاریخی (قبل ۱۹۰۰) گستره مورد مطالعه

| No | DATE | TIME | EPICENTER | | | MAGNITUDE | | REF. |
|----|------------------|-------|-----------|----------|-------|-----------|-------|------|
| | Y m d | h m s | Lat.(N) | Long.(E) | m_b | M_s | M_w | |
| 1 | C.38500-10000 BP | | 33 | 47.6 | | 7 | | BER |
| 2 | 872 06 22 | | 33.2 | 47.2 | | 6.8 | | AMB |
| 3 | 956 | | 34.8 | 48.1 | | 5.3 | | AMB |
| 4 | 1008 04 27 | 18 | 34.6 | 47.4 | | 7 | | AMB |
| 5 | 1087 11 | | 34.8 | 48.5 | | 5.9 | | AMB |
| 6 | 1107 09 | | 34.6 | 47.4 | | 6.5 | | AMB |
| 7 | 1430 | | 34.5 | 48.9 | | 5.9 | | AMB |



شکل ۳- نقشه گسل‌ها و مرکز زمین‌لرزه‌های تاریخی گستره مورد مطالعه

۲- زمین لرزه‌های سده بیستم

در بررسی حاضر از داده‌های دستگاهی، به دلیل دارا بودن ویژگی‌هایی نظیر بزرگی، عمق و مختصات مرکز سطحی و همچنین دقت بالای، بیشتر استفاده شده است. به طور کلی توزیع زمین لرزه‌های دستگاهی با بزرگای متفاوت از روند عمومی زون زمین ساختی زاگرس پیروی می‌کند. تمرکز زمین لرزه‌های یاد شده در قسمت‌های شمالی و مرکزی و جنوب غربی فعال بودن این منطقه را از لحاظ لرزه خیزی بیان می‌کند زمین لرزه‌های سده بیستم منطقه خرم‌آباد به شعاع ۲۰۰ کیلومتری لیست ۴۷۸ زمین لرزه از مرکز داده‌های زلزله‌نگاری (USGS) و (IIEES) دریافت و مورد بررسی قرار گرفت. نزدیک‌ترین زمین لرزه ثبت شده زلزله مربوط به ۱۹۸۰/۰۳/۳۱ بابزرگای ۴/۶ می‌باشد که در فاصله یک کیلومتری خرم‌آباد رخ داده است و بزرگترین زلزله ثبت شده با بزرگای $M_b=7/3$ در فاصله ۱۲۰ کیلومتر و در سال ۱۹۵۷ رخ داده است زمین لرزه دیگری با بزرگای $M_b=7/2$ نیز در سال ۱۹۶۳ و در فاصله ۱۱۱ کیلومتر منطقه، مهمترین رخدادها با بزرگای بزرگتر از ۷ در منطقه هستند.

- زمین لرزه ۳ بهمن ۱۲۸۷ هجری شمسی سیلاخور (۱۹۰۹/۰۱/۲۳ م).

- زمین لرزه تقی آباد (۱۹۶۳/۰۶/۳۰).

- زمین لرزه‌های فوج گونه منطقه پلدختر.

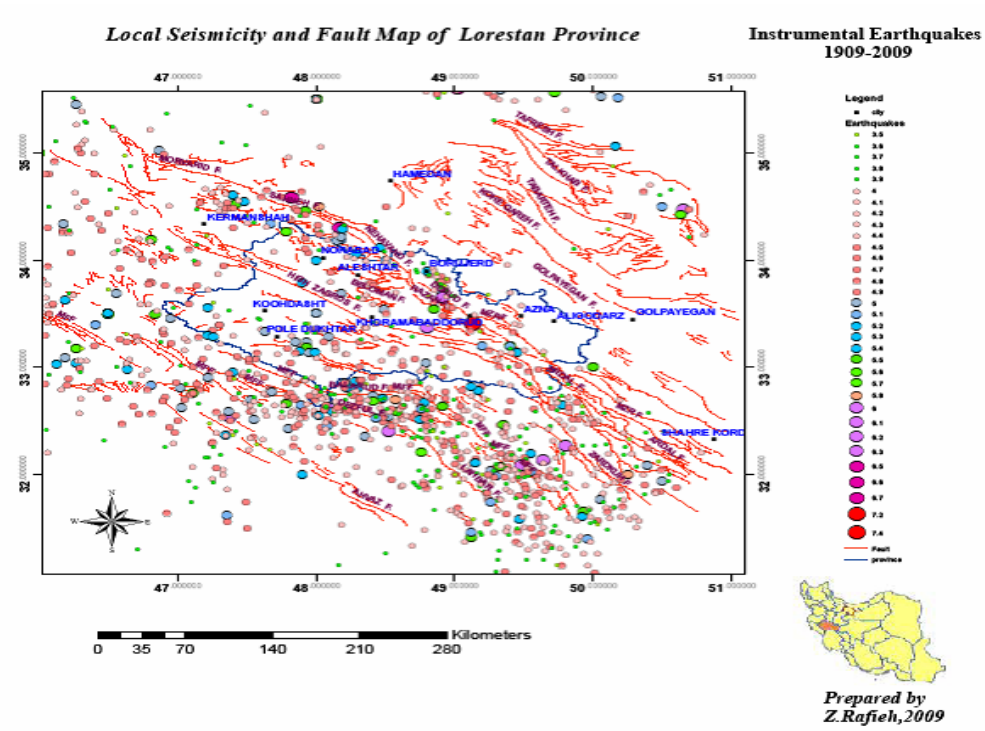
- زمین لرزه ۱۱ فروردین ۱۳۸۵ (چالان چولان، دشت سیلاخور).

۳- گسل‌های لرزه زا

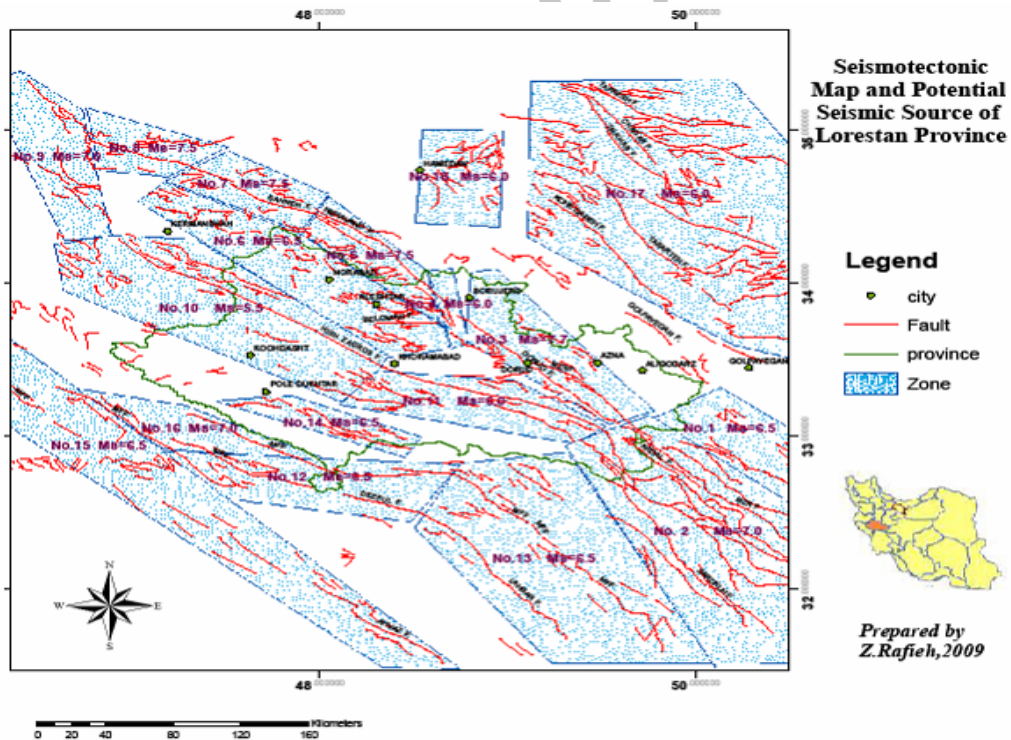
گسل‌های لرزه‌زا گسل‌هایی هستند که در طی تاریخ باعث بروز زلزله شده‌اند. به علت کمبود داده‌های لرزه‌ای، نمی‌توان در مورد لرزه‌زایی گسل‌ها اظهار نظر قطعی نمود، با این حال در ازای زیاد و سن جوان از جمله عواملی است که سبب می‌شود آنها را جزء گسل‌های جنبو لرزه‌زا طبقه‌بندی نمایند. همان‌طور که از جدول مشخص است، بیشترین پتانسیل لرزه‌خیزی مربوط به گسل MZRF است.

۴- چشمه‌های لرزه زا

منظور از تعیین چشمه لرزه‌زا، مشخص کردن گستره‌ای محدود از نقاط است که توان لرزه‌زایی یکنواختی در تمام این نقاط وجود دارد. اطلاعات زلزله‌های منطقه مورد مطالعه در فاصله‌ای از محدوده ۲۰۰ کیلومتری جمع‌آوری گشته‌اند، تا بتوانند دیدی وسیع‌تر و کامل‌تر از لرزه‌خیزی و آمار زلزله‌ها به دست دهند. نقشه محدوده مورد بررسی به همراه موقعیت گسل‌ها، کانون زلزله‌های رخ داده (شامل زلزله‌های تاریخی و زلزله‌های معاصرو چشمه‌های ناحیه‌ای در شکل ۴ الف آمده است. در این نقشه، ۱۸ چشمه لرزه‌زا، بر اساس روند گسلش، تجمع زلزله‌ها و همچنین گره‌های تکتونیکی تعیین گردیده‌اند. تمام این چشمه‌ها از نوع ناحیه‌ای تعریف شده‌اند. (شکل ۴) طول بزرگتر محدوده چشمه‌ها در راستای شمال غربی - جنوب شرقی امتداد یافته است و بر روند اصلی گسلش در زاگرس منطبق است.



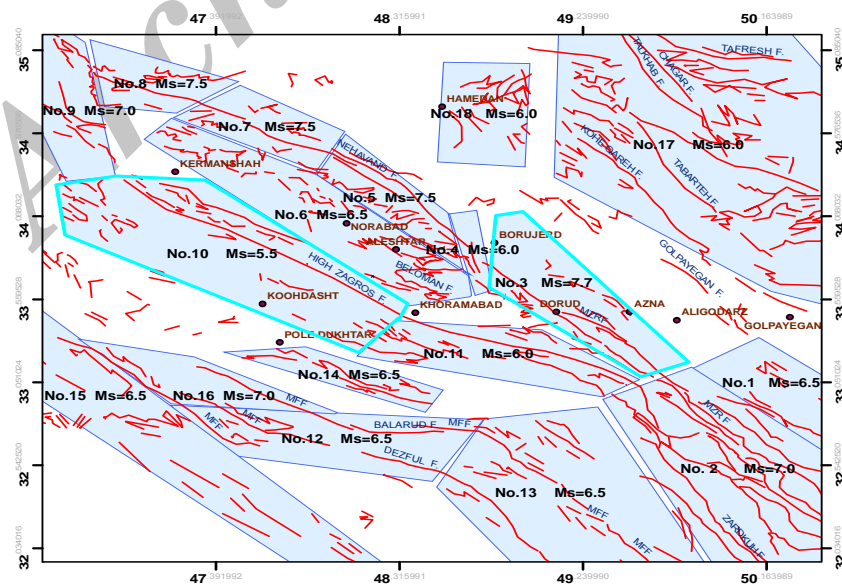
شکل ۳- نقشه گسل‌ها و رورکز زمین لرزه‌های ثبت شده از سال ۱۹۰۹ تا ۲۰۰۹



شکل ۴- محل گسل‌ها و موقعیت چشمه‌ها در محدوده استان لرستان

جدول ۲- پتانسیل لرزه خیزی گسل‌ها با استفاده از روابط نوروزی ۱۹۸۲ و آمبرسیز ۱۹۸۲

| ردیف | نام گسل | موقعیت | سازو کار | طول گسل (کیلومتر) | رابطه آمبرسیز | رابطه نوروزی | میانگین |
|------|---------------|--------|------------------|----------------------|---------------|-----------------|---------|
| 1 | شمال خرم آباد | NW-SE | فشاری | 75 | 7.3 | 7 | 7.1 |
| 2 | جنوب خرم آباد | NW-SE | فشاری | 85 | 7.4 | 7 | 7.2 |
| 3 | الیگودرز | NW-SE | فشاری | 46 | 7 | 6.8 | 6.9 |
| 4 | کبیرکوه | NW-SE | فشاری | 75 | 7.3 | 7 | 7.1 |
| 5 | رامهرمز | NW-SE | فشاری | 100 | 7.5 | 7.1 | 7.3 |
| 6 | MFF3 | E-W | فشاری | 90 | 7.4 | 7.1 | 7.2 |
| 7 | MFF2 | NW-SE | فشاری | 100 | 7.5 | 7.1 | 7.3 |
| 8 | MFF1 | NW-SE | فشاری | 100 | 7.5 | 7.1 | 7.3 |
| 9 | اردل | NW-SE | فشاری | 80 | 7.3 | 7 | 7.2 |
| 10 | ZAR.F1 | NW-SE | راستالغز راستگرد | 160 | 7.8 | 7.3 | 7.5 |
| 11 | ZAR.F2 | N-S | راستالغز راستگرد | 40 | 6.9 | 6.7 | 6.8 |
| 12 | S.B.F | NW-SE | راستالغز راستگرد | 100 | 7.5 | 7.1 | 7.3 |
| 13 | نهایند | NW-SE | راستالغز راستگرد | 55 | 7.1 | 6.8 | 7 |
| 14 | دورود | NW-SE | راستالغز راستگرد | 33 | 6.8 | 6.6 | 6.7 |
| 15 | قلعه حاتم | N-S | راستالغز راستگرد | 19 | 6.5 | 6.4 | 6.4 |
| 16 | رازان | NW-SE | فشاری | 70 | 7.3 | 6.9 | 7.1 |
| 17 | MZRF | NW-SE | فشاری | 200 | 7.9 | 7.4 | 7.7 |
| 18 | زاگرس مرتفع | NW-SE | فشاری | 1400 | 7.3 | 6.8 | 7.4 |



شکل ۵- موقعیت دو زون تاثیر گذار بر روی ساختگاه (خرم آباد)

روابط کاهندگی

روابط کاهندگی، جزئی کلیدی در تحلیل خطر لرزه‌ای به شمار می‌روند. لازم است تا با استفاده از روابط کاهندگی مختلف، میزان شتاب مورد انتظار با توجه به دوره‌های بازگشت گوناگون در سطح زمین تخمین زده شود. مهمترین روابط کاهندگی استفاده شده عبارتند از: ۱. رابطه تضعیف آمبرسیز (۱۹۹۰)، ۲. رابطه تضعیف زارع (۱۹۹۹)، ۳. رابطه کمپل و بزرگ‌نیا (۲۰۰۳ و ۲۰۰۴)، ۴. رابطه تضعیف جوینر و بور (۱۹۸۱)، ۵. رابطه تضعیف صدیق (۱۹۹۷). بر اساس داده‌های بدست آمده از ایران تدوین گردیده لذا منطبق‌ترین روابطی است که می‌توان از آنها جهت پردازش داده‌های لرزه‌ای در ایران استفاده نمود. در جدول (۲-۴) نتایج حاصل از محاسبات انجام شده توسط روابط فوق برای زون‌های مختلف نشان داده شده است. محاسبات نشان می‌دهد که زون ۱۰ که شامل گسل زاگرس مرتفع می‌باشد که علی‌رغم کم بودن بزرگای $M=5.5$ ، اما به دلیل فاصله کم آن $R=4$ Km بیشترین تأثیر را بر روی ساختگاه (شهر خرم‌آباد) دارد. دومین زون تأثیرگذار مربوط به گسل دورود است که تاکنون زمین‌لرزه‌های بسیار و مخرب از آن رخ داده است. در شکل (۵) موقعیت این دو زون نشان داده شده است.

برآورد خطر زمین‌لرزه به روش احتمالاتی و نقشه هم شتاب

روش به‌کار رفته در اکثر تحلیل‌های خطر زمین‌لرزه، روش احتمالاتی اولین بار توسط کرنل

(۱۹۶۸) معرفی شد. مراحل اصلی برآورد خطر

زمین‌لرزه به روش مرسوم به صورت:

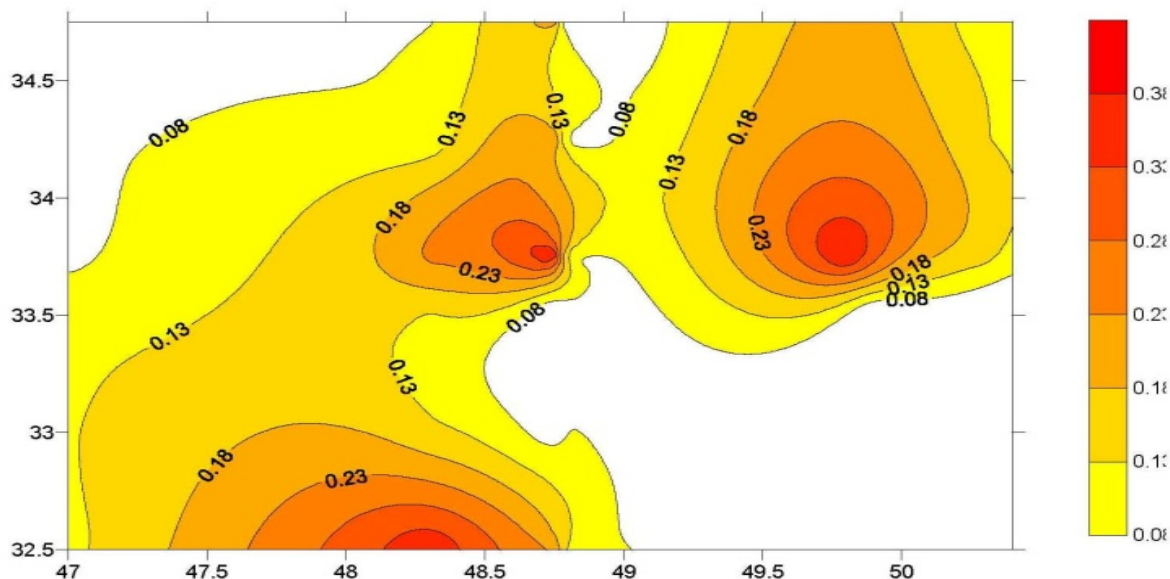
۱- تعیین چشمه‌های زمین‌لرزه که چشمه‌ها ممکن است به صورت نقطه‌ای، خطی، پهنه‌ای و یا حجمی تعیین شوند.

۲- این مرحله خصوصیات لرزه‌خیزی در هر چشمه تعریف می‌شود. به جای انتخاب یک زمین‌لرزه کنترل‌کننده و یا یک بیشینه زمین‌لرزه برای هر چشمه در هر چشمه با یک توزیع احتمالاتی پارامترهای لرزه‌خیزی و دوره بازگشت زلزله‌های مختلف را محاسبه می‌کنند. برعکس روش قطعی بیشینه زمین‌لرزه نماینده تنها زمین‌لرزه‌ای که در نظر گرفته می‌شود نیست. بلکه حد بالایی تمام زمین‌لرزه‌هایی است که ممکن است در تحلیل هر چشمه بکار رود. در صورت کامل بودن آمار زمین‌لرزه‌ها روابط بازگشتی برای هر چشمه با عبور دادن خط راستی از میان داده‌ها تعیین می‌شود. نقشه‌های هم‌شتاب با به‌کارگیری روابط کاهندگی گوناگون و همچنین با توجه به دوره زمانی بازگشت ۴۷۵ و ۷۵ سال که برای زلزله‌ها مبنای طراحی است، به کار می‌رود. شتاب افقی مورد انتظار از رویداد زمین‌لرزه در چشمه‌های بالقوه زمین‌لرزه برای ۱۰٪ احتمال افزایش در ۵۰ سال در شبکه‌ای از نقاط به فاصله ۰/۲۵ درجه طول و عرض جغرافیایی به دست آمده است.

جدول ۳- محاسبه PGA با استفاده از روابط تضعیف برای هر یک از زونهای گستره

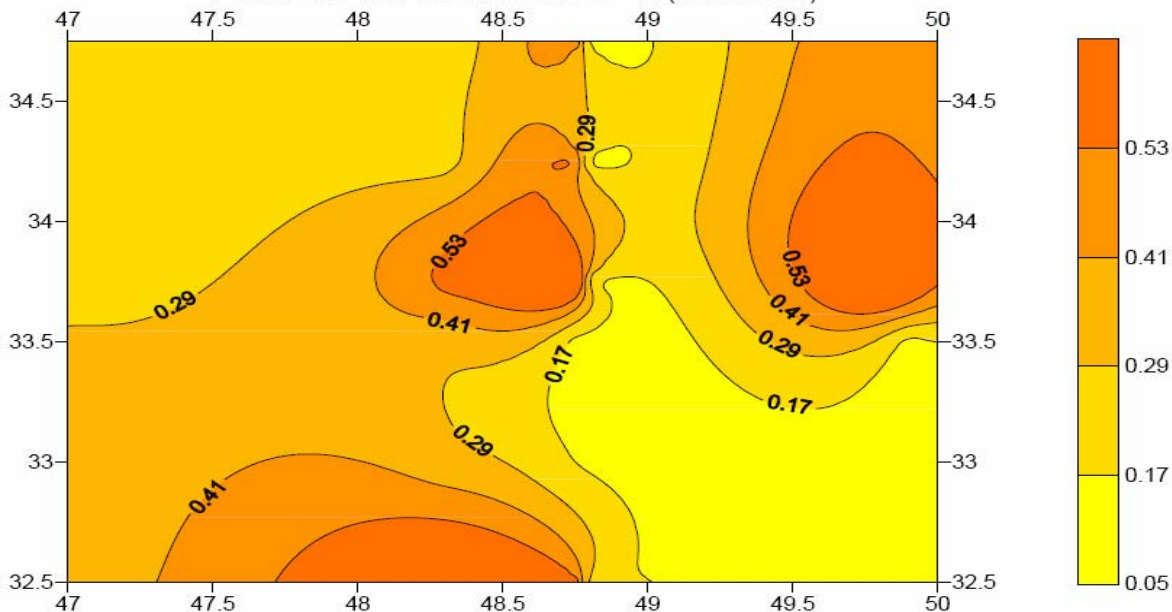
| zone | M | R(km) | نوع گسل | PGA (Zare) | PGA (Campbell & Bozorgnia) | PGA (Sadigh et al.) | PGA (Joyner & Boore) | PGA (Ambraseys) |
|------|-----|-------|-----------------|---------------|-------------------------------|------------------------|-------------------------|--------------------|
| 1 | 6.5 | 152 | معکوس | 0.012 | 0.009 | 0.008 | 0.01 | 0.01 |
| 2 | 7 | 108 | معکوس | 0.033 | 0.021 | 0.02 | 0.02 | 0.02 |
| 3 | 7.7 | 40 | راستالغزراستگرد | 0.22 | 0.163 | 0.16 | 0.15 | 0.19 |
| 4 | 6 | 37 | راستالغزراستگرد | 0.04 | 0.14 | 0.14 | 0.11 | 0.07 |
| 5 | 7.5 | 45 | راستالغزراستگرد | 0.16 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.12 |
| 6 | 6.5 | 35 | معکوس | 0.08 | 0.04 | 0.04 | 0.06 | 0.1 |
| 7 | 7.5 | 117 | راستالغزراستگرد | 0.04 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 |
| 8 | 7.5 | 160 | راستالغزراستگرد | 0.03 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.04 |
| 9 | 7 | 171 | معکوس | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.01 |
| 10 | 5.5 | 4 | معکوس | 0.34 | 0.219 | 0.32 | 0.25 | 0.25 |
| 11 | 6 | 13 | معکوس | 0.16 | 0.03 | 0.04 | 0.04 | 0.18 |
| 12 | 6.5 | 76 | معکوس | 0.03 | 0.02 | 0.03 | 0.03 | 0.03 |
| 13 | 6.5 | 87 | معکوس | 0.03 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 0.02 |
| 14 | 6.5 | 44 | معکوس | 0.06 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.07 |
| 15 | 6.5 | 128 | معکوس | 0.15 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| 16 | 7 | 82 | معکوس | 0.04 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 |
| 17 | 6 | 152 | معکوس | 0.01 | 0.004 | 0.004 | 0.004 | 0.01 |
| 18 | 6.5 | 112 | نرمال | 0.02 | 0.005 | 0.02 | 0.02 | 0.02 |

PGA FOR 75 YEAR PERIOD - H (ZARE 1999)



شکل ۶- نقشه پهنه‌بندی زمین‌لرزه‌ای گستره استان لرستان به روش احتمالاتی برای ۱۰٪ احتمال افزایش در ۵۰ سال، با استفاده از رابطه تضعیف زارع (۱۹۹۹) برای دوره بازگشت ۷۵ سال.

PGA FOR 475 YEAR PERIOD - H (Zare 1999)



شکل ۷- نقشه پهنه‌بندی زمین‌لرزه‌ای گستره استان لرستان به روش احتمالاتی برای ۱۰٪ احتمال افزایش در ۵۰ سال، با استفاده از رابطه تضعیف زارع (۱۹۹۹) برای دوره بازگشت ۴۷۵ سال.

جدول ۴- مقادیر β و λ و دوره بازگشت مربوط به هر زون با استفاده از نرم افزار PSHA

| Zone | M max | M min | β | λ | Ret.per |
|------|-------|-------|---------|-----------|---------|
| 1 | 6.31 | 4 | 1.02 | 0.0729 | 12696.9 |
| 2 | 5.85 | 4 | 1.32 | 2.47 | 62.1 |
| 3 | 8.24 | 4 | 1.3 | 0.896 | 5085.2 |
| 4 | 6.44 | 4 | 1.13 | 0.936 | 341.6 |
| 5 | 8.92 | 4 | 1.02 | 0.193 | 37834.1 |
| 6 | 7.04 | 4 | 1.69 | 7.68 | 317.1 |
| 7 | 8.41 | 4 | 1.03 | 0.465 | 19415.6 |
| 8 | 5.32 | 4 | 1.99 | 0.46 | 689.5 |
| 9 | 5.09 | 4 | 1.04 | 0.236 | 91.2 |
| 10 | 5.84 | 4 | 2.24 | 0.874 | 745.5 |
| 11 | 6.19 | 4 | 1.11 | 4.32 | 130.6 |
| 12 | 6.18 | 4 | 1.76 | 6.4 | 47.1 |
| 13 | 6.37 | 4 | 1.47 | 3.41 | 86.1 |
| 14 | 5.61 | 4 | 2.27 | 1.74 | 938.1 |
| 15 | 6.39 | 4 | 1.36 | 2.07 | 91.6 |
| 16 | 5.55 | 4 | 1.12 | 1.19 | 68 |
| 17 | 5.4 | 4 | 1.01 | 0.268 | 109.3 |
| 18 | 5.07 | 4 | 1.01 | 0.0622 | 426.1 |

نتیجه گیری

- ساخت سازه های مقاوم در برابر تکان های زمین و رعایت حریم گسل های فعال با در نظر گرفتن جنبه های عمومی و نکات اجرایی پهنه ای به طول ۱۰۰۰ تا ۳۰۰۰ متر در امتداد درازای دو سوی گسل در نظر گرفته شود.

- پیشنهاد می شود در حریم گسل های خطر ساز هیچ سازه مسقفی بنا نگردد و یا طوری طراحی شود که در برابر بزرگای بالای ۶ مقاوم باشد و سازه های موجود نیز در آن یا جابجا گردند و یا به طور صحیح بازسازی شوند.

- حریم گسل، به فعالیت های روباز مانند: زمین های ورزشی، کشاورزی، فضای سبز اختصاص یابد. در حریم احتیاط از احداث سازه های عمومی و پر جمعیت

- بیشترین شتاب افقی وارد بر شهر $g/0.34$ ، ناشی از گسل زاگرس مرتفع با توان لرزه زایی $5/5$ ریشتر است و این در صورتی است که گسل در فاصله ۴ کیلومتری خرم آباد فعالیت کند و حداقل شتاب وارده به این شهر از گسل های واقع در پهنه همدان و استان مرکزی بابرگای ۶ به میزان $g/0.1$ و $g/0.2$ می باشد. نتایج به دست آمده نشان می دهد که گسل دورود به فاصله ۴۰ کیلومتری از شهر خرم آباد بیشترین تاثیر را بعد از گسل زاگرس مرتفع خواهد داشت. به طوری که بیشترین زمین لرزه قابل انتظار $7/7$ ریشتر و بیشینه شتاب افقی معادل $g/0.22$ در نتیجه عملکرد این گسل بر شهر خرم آباد خواهد بود.

- میرزایی، ن.، قیطانچی، م.، ناصریه، س.، رئیسی، م.،
ظریفی، ز.، طبائی، ق. (۱۳۸۱)؛ پارامترهای مبنایی زمین
لرزه‌های ایران.

- Ambraseys, N. N. and Melville. C.P., 1982. A History of Persian earthquakes. Cambridge University Press, Cambridge, 219 pp.
- Berbrian, M., 1977b. Macroseismic epicenters of Iranian earthquakes. Seol. Surv. Iran, Rep 40, pp. 79c99.
- Campbell, K. W., 1981. Near source attenuation of peak horizontal acceleration, Bull. Seism. Soc Am., 71, 2, 039-2,070.
- Kijko, A. and Sellevoll, M.A. 1992. Estimation of earthquake hazard parameters from incomplete data file, Part II, incorporation of magnitude heterogeneity. Bull. Seisem. Soc. Am., 82:120~134.
- 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, 14pp.
- Mohajer Ashjai, A. Nabavi, Ms. and Nowroozi A.A., 1982, Seismicity and Fault Map of Iran, Scale 1:250 000 Atomic Energy organization of Iran.
- Nowroozi. A. A., 1971, Seismotectonics Province of Iran. Bull. Seism, Soc, Am. 66(4). 1249 ~1276.

مانند: فضا‌های آموزشی، بیمارستان، سازه‌های امدادی
(آتش‌نشانی) پرهیز شود.

منابع

- امیرسیز، ن. ن.، ملویل، چ. پ. (۱۳۷۰): تاریخ زمین
لرزه‌های ایران، ترجمه‌ی ابوالحسن رده، انتشارات
آگاه.
- پورکرمانی، محسن - آرین، مهران: سائزمو-
تکتونیک - شرکت مهندسی مشاور در آب،
تهران، ۱۳۷۶.
- زارع، م.، ۱۳۷۶، مقدمه‌ای بر تحلیل خطر، جزوه
درسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات.
- عکاشه، بهرام: مبانی ژئوفیزیک - انتشارات پیک
فرهنگ، تهران، ۱۳۷۸.
- ملکی، ز. (۱۳۸۴)؛ بررسی گسل‌ها و برآورد خطر
لرزه خیزی شهر خرم آباد و گستره استان لرستان،
همایش سراسری باشگاه پژوهشگران جوان
دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول.