فصلنامه علمی، پژوهشی زمین‌شناسی و محیط‌زیست
سال سوم، شماره ۳، پاییز ۱۳۸۸

زمین ساخت فعال و پتانسیل خطر زمین لرزه در ناحیه طبس

احمد ادیب

عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران جنوب

چکیده

در ناحیه طبس تعدادی گسل توانمند، فعال و کواترنر مانند کلمرد، طبس، نایبند، چشمه رستم، زنوغان، قوری چای، انارکی- تخت نادر و قدیر وجود دارند که سرشت لرزه خیزی ناحیه را ایجاد نموده اند. برای مقاوم‌سازی شهرها در برابر خطر زمین‌لرزه لازم است ویژگی‌های لرزه زمین ساخت و تاثیر لرزه‌خیزی هر یک از چشمه‌ها بر ناحیه برآورد گردد. در این راستا پدیده تشدید ناشی از تاثیر رسوبات آبرفتی بر روی پارامترهای جنبش نیرومند زمین نظیر شتاب، سرعت و تغییرمکان نیز حائز اهمیت است. با توجه به لحاظ اهمیت شهر طبس و وجود مراکز مهم صنعتی، اقتصادی و شریان‌های حیاتی در این شهر، مطالعات پهنه بندی زلزله و تحلیل خطر زمین لرزه حائز اهمیت است. زمین لرزه های ثبت شده با بزرگای ۷/٦ در مقیاس امواج درونی زمین نشان داد که منطقه از نظر تکتونیکی پویا می‌باشد. بر اساس مطالعات ژئوفیزیکی و شاخصه های تکتونیک پویا و ارزیابی خطر زمین لرزه در منطقه در یک دوره ۷۵ ساله احتمال رویداد زلزله ای با بزرگای ٦/۰ معادل ۵۰ درصد است. برای نقطه مرکزی شهر طبس در دوره بازگشت ٤۷۵ سال بیشینه شتاب ثقل افقی معادل ۰/٤g و بیشینه شتاب قائم ناشی از زمین لرزه احتمالی معادل ۰/۲g برآورد و معرفی می شود.

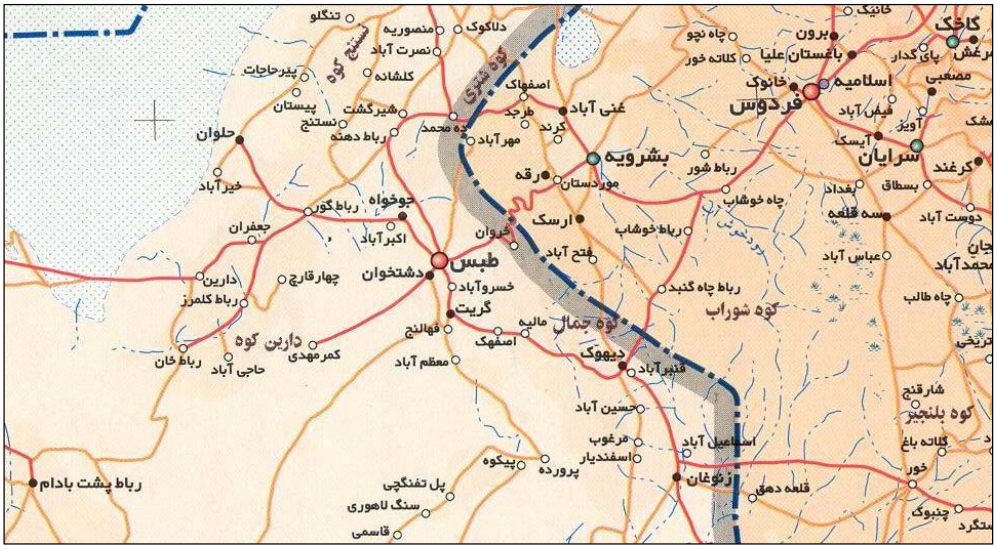
واژگان کلیدی: گسل کلمرد، گسل طبس، زمین ساخت فعال، تحلیل خطر زمین لرزه.

مقدمه

برای مقاوم‌سازی شهرها در برابر خطر زمین‌لرزه باید ویژگی‌های لرزه زمین ساخت گستره پیرامون ساختگاه شناسائی و ویژگی‌های لرزه‌خیزی هر یک از چشمه‌های لرزه‌زا بر پایه رویداد زمین‌لرزه‌های گذشته آن گستره تعریف و تاثیر لرزه‌خیزی هر یک از چشمه‌ها بر ناحیه برآورد شود. در این مقاله پارامترهای لرزه‌خیزی هر یک از چشمه‌های لرزه ای گستره و بیشینه شتاب افقی و قائم جنبش نیرومند زمین بر روی سنگ بستر شهر طبس برای دوره بازگشت‌های مختلف برآورد می گردد.

شهر طبس در شمال شرق استان یزد و حاشیه کویر بزرگ، در طول جغرافیایی ٥٦ درجه و ٥٥ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۳۵ دقیقه شمالی قرار دارد. در شرق طبس رشته کوه شتری قرار گرفته و ضلع شرقی چاله بزرگ طبس را تشکیل می دهد. جمعیت شهرستان طبس براساس آخرین سر شماری برابر با ٦٥۷۰۱ نفر و وسعت آن ٥٥٤٦۱ کیلومتر مربع و تراکم جمعیت در آن ۱/۲ نفر در هر کیلومتر مربع است. شکل ۱ موقعیت جغرافیایی ناحیه و راه های دسترسی به آن را نشان می دهد.

با مطالعه نقشه های زمین شناسی، عکس هوایی و مقایسه آن با داده های ماهواره ای و برداشتهای صحرایی، وجود یک منطقه فعال و پرتکاپوی از نظر فعالیت زمین شناسی در ناحیه شناخته شد. وجود گسلهای فعال، کواترنر و قطع آبراهه های جوان در منطقه نشان از کاری بودن گسلهای طبس، درونه، نائینی و کلمرد دارد. شواهد و قرائن موجود بر روی زمین نشان از یک حرکت پیچ خورده در ناحیه و وجود شکستگیهای فراوان در اطراف منطقه را نموده است. ناحیه مورد مطالعه بر اساس تقسیم بندی (StockLine 1968)، (TAKIN 1972)، (Sengor 1990)، نوگل سادات (۱۳٦۸) و م.علوی (۱۳۷۰) در شرق ایران مرکزی، غرب بلوک ساختاری لوت و در بلوک طبس قرار دارد[9].



شکل ۱- مسیر و موقعیت شهر طبس در شمال شرقی استان یزد[۲]

زمین شناسی و زمین ساخت ناحیه

بلوک طبس به عنوان مرکز ناحیه مورد مطالعه از شرق توسط گسل نایبند از بلوک لوت و از غرب، جنوب غرب توسط گسل کلمرد- کوهبنان از بلوک پشت بادام جدا می گردد، هر دو این گسل ها سازوکار راستالغز راستبر و با مولفه شیب لغز (Dip-slip) و امتداد تقریباً شمالی- جنوبی دارند. بلوک طبس توسط گسل های شرقی- غربی به چندین قطعه تقسیم و از پایان مزوزوئیک به سبب عملکرد تنش های زمین ساختی همگرا در راستای بیشتر شرقی – غربی، شکل گرفته است [۱].

فرازمین شتری با درازای بیش از ۱۰۰ کیلومتر، در بخش شمال شرقی بلوک طبس، شرق شهرستان طبس و در پایانه شمالی گسل نایبند قرار دارد. ساختارهای چین خورده غرب کوههای شتری وابستگی بیشتری به کفه فرو افتاده طبس دارند تا فرازمین شتری. از نگاه ساختاری، بیشتر چین های این فرازمین نابرجا، نامتقارن و همراه با گسلش هستند و اثر سطح محوری آنها به موازات رشته کوه شتری است. در فرا زمین شتری، الگوی گسلش شامل گسل های طولی در بخش های میانی و شرقی و گسل های راندگی در بخش های غربی است [8].

در فرا زمین شتری پوشش سکوی پالئوزوییک- تریاس، تا پیش از تریاس تحت تنش های زمین ساختی کششی و از تریاس پسین به بعد سازوکار تنش ها از کششی به فشاری تبدیل گردیده که این امر سبب فراخاست، چین خوردگی و گسلش معکوس در پوشش رسوبی رویی شده است به گونه ای که طی مراحل کوهزایی پلیو- پلیوستوسن حدود ۲۵ درصد از پهنای شتری کاسته شده است. دگر شکلی و تغییرات ساختاری یاد شده حاصل سه مرحله از فعالیت زمین ساختی همزمان با کوهزایی آلپی است که در زمان ترشیری به وقوع پیوسته است[8].

کفه فرو افتاده طبس با نهشته های کویری پوشیده شده است، رخنمون های نزدیک به افقی ژوراسیک پسین در جنوب آن و نیز حفاری های اکتشافی نشان می دهد که این کفه در حدود ٦٠٠ متر پایین افتادگی دارد. این کفه یک فروافتادگی زمین ساختی است که از شرق با گسل طبس، از جنوب با گسل چشمه و از غرب با خطواره پروده در ارتباط است. تکاپوهای زمین ساختی رخ داده در ناحیه سبب پیدایی زمین ریخت های گوناگون ساختمانی مانند تاقدیس ها و ناودیس های تک پلانژ و پلانژ از دو سو، گسل های تراستی و امتداد لغز، پرتگاه های گسلی، حوضه های دوکی شکل و فرو نشسته تکتونیکی شده اند. این رخدادهای زمین ساختی حاصل پویایی بلوک طبس است که هم اکنون نیز به صورت نئوتکتونیکی (زمین لرزه) ادامه دارد. ارتفاعات شتری دارای روند شمال غربی- جنوب شرقی و ارتفاعات غربی ناحیه دارای روند شمال شرقی- جنوب غربی هستند. پیدایش این ارتفاعات در اثر سازوکار گسل های راندگی پرشمار با روندهای یاد شده است. این گسل ها حرکت امتداد لغز نیز دارند [13].

در ناحیه تعدادی گسل توانمند، فعال و کواترنر وجود دارند و باید جدا از بررسی تاریخچه لرزه خیزی ، وضعیت ریخت شناسی پیرامون گسلها نیز شناسایی و توان لرزه ای آنها برآورده شود. گسلس فعال مسبب زلزله های متعددی بوده و به عنوان یک خطر زمین شناسی تلقی می گردد. گسلش فعال سبب حرکات قوی زمین، گسلش سطحی، دگر شکلی زمین ساختی، زمین لغزشها، فروریزشهای سنگی و روانگرایی می شود. مناطق درون صفحه ای مانند طبس که دارای خطر بالقوه لرزه ای می باشند ، نیاز به بررسی بیشتری دارند. وجود گسلهای امتداد لغز و فشاری در ناحیه باعث ایجاد یک زون امتداد لغز و رورانده در منطقه گردیده است. مهمترین گسلها و چینهای بلوک طبس و پیرامون در زیر تشریح می شوند:

چین ها

چین های مرتبط با گسل های شمالی- جنوبی در ارتباط با گسل های بزرگ نایبند واقع در شرق بلوک و گسل کلمرد- کوهبنان واقع در غرب بلوک می باشند. علاوه بر این، چین های زیادی نیز در ارتباط با گسل های معکوس و راندگی در حاشیه غربی خطواره فرضی شمالی- جنوبی دیده می شوند که در این دسته قرار می گیرند.

چین های مرتبط با گسل های شرقی- غربی، در این چین ها به شکل تاقدیس بر روی بلوک جنوبی گسل که نسبت به بلوک شمالی بالا آمده تشکیل شده است و در آنها یال مجاور گسل با شیب تند (بیش از ٦٠ درجه) می باشد، در حالی که یال جنوبی آن شیبی آرام و ملایم و به ندرت از ٤٠ درجه تجاوز می کند، این امر شدت تغییرات ساختاری بیشتری را در نزدیکی گسل ها نشان می دهد.

گسل ها

گسل های شمالی- جنوبی، مانند کلمرد، طبس ، نایبند و گسل های شرقی- غربی مانند چشمه رستم، زنوغان، قوری چای و انارکی- تخت نادر و قدیر از مهمترین گسل های ناحیه هستند.

گسل نایبند: نام این گسل از روستای نایبند گرفته شده و حد شرقی بلوک طبس را از بلوک لوت جدا می سازد. گسل با امتداد شمالی- جنوبی و طول ٦٠٠ کیلومتر از بشرویه تا بم قابل پیگیری است. سازوکار گسل راستالغز راستبر و با مؤلفه شیب لغز نرمال می باشد [7]. گسترش ولکانیسم جوان در شرق لکرکوه و شمال نایبند مربوط به حرکات جوان این گسل است. همچنین تعدادی مخروط آتشفشانی در نزدیکی این گسل (به دلیل حرکات کششی) مشاهده می گردد. انواع ساختمانهای دوبکلس امتداد لغز و شیب لغز، در اطراف گسل دیده می شود. در چهار گوش لکرکوه رسوبات عهد حاضر را قطع کرده و در شرق راور (جنوب نایبند) دو مخروط آتشفشانی کواترنری در امتداد آن دیده می شود. بربریان (۱۹۷۲) به دو کانون زمین لرزه یکی واقع در قطعه شمالی گسل و دیگری در قطعهٔ جنوبی آن در طی سالهای (۱۹۰۰-۱۹۷٦) اشاره می کند. همچنین زلزله ویرانگر طبس و نواحی آن در سال ۱۳۵۷ در اثر حرکت شاخه های فرعی شمالی این گسل که به صورت راندگی عمل کرده و رسوبات کواترنری را قطع کرده اند، ایجاد شده است.

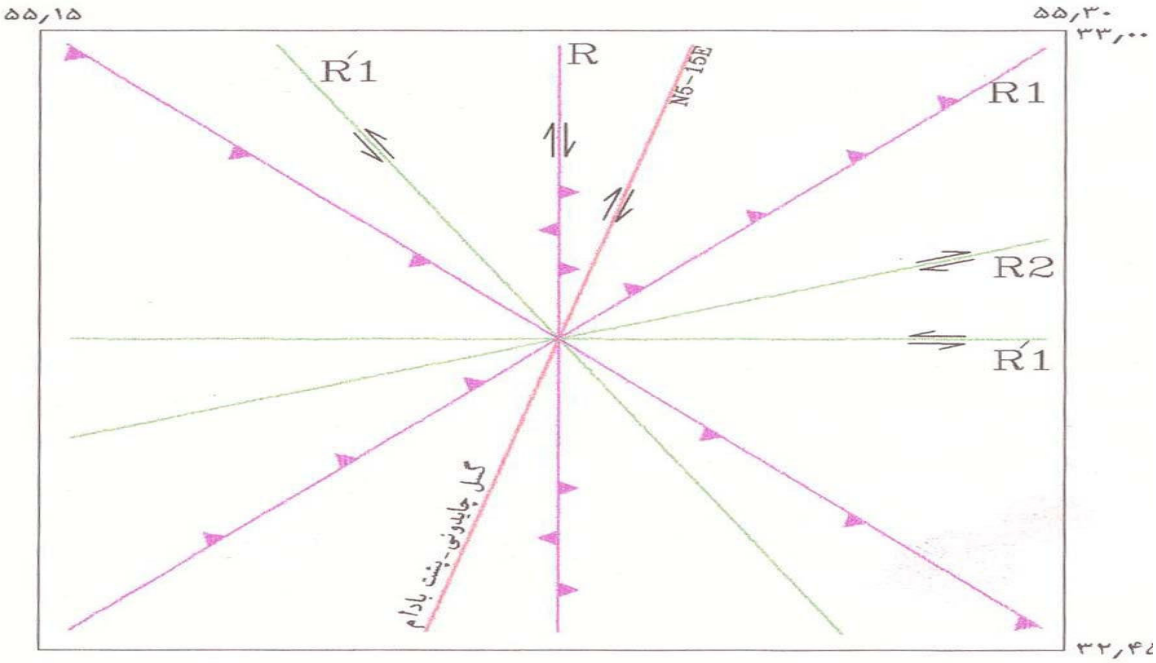
گسل کلمرد: نام گسل از کاروانسرای قدیمی کلمرد واقع در نزدیکی گسل گرفته شده و بلوک طبس را از بلوک پشت بادام جدا می سازد. قطعه شمالی آن با امتداد شمال شرقی - جنوب غربی تا ناحیه شیر گشت ادامه می یابد. در جنوب آبادی کلمرد گسل مزبور انحناء پیدا کرده و در جهت شمال غربی- جنوب شرقی تغییر مسیر می دهد و به سمت غرب تحدب می یابد[۱]. سازوکار گسل، راستا لغز راستگرد با مؤلفه شیب لغز (راندگی) است. آبرفت های عهد حاضر در بخش شمالی گسل (ناحیه شیرگشت) دچار جابجایی قائم شده اند که حرکات اخیر گسل را نشان می دهد. رخداد زمین لرزه ۵ اکتبر ۱۹۳۳ (mb=6.2, Ms=6.0) می تواند در اثر عملکرد گسل کلمرد باشد. زمین لرزه های ۱۹۳۹/٦/۳۰ (mb=4.7)، ۱۹۳۹/٦/۳۰ (mb=4) و ۱۹۹٤/۸/۲٦ (mb=4.4) در راستای این گسل به وقوع پیوسته اند و به نظر می رسد پسلرزه ۱۹۷۸/۹/۲۸ زمین لرزهٔ طبس با بزرگی ٤/۳ ریشتر ناشی از حرکت گسل کلمرد است. قرارگیری گسل بر روی خطواره مغناطیسی (F-۱۹۲) دلیلی بر عمیق بودن خاستگاه آن می‌باشد. جابه‌جایی واحدهای کواترنر و ایجاد پرتگاه در اثر حرکت گسل نیز گزارش شده است [۱].

گسل طبس: گسل لرزه زای طبس دارای سازوکار معکوس با مؤلفه جزئی افقی می‌باشد. زمین‌لرزه سال ۱۳۵۷ هجری شمسی طبس با بزرگی ۷/٦ درجه ریشتر، بزرگترین زمین‌لرزه‌ای است که در ناحیه ثبت شده است. بررسی‌های صحرایی شکستگی‌های ناشی از زمین‌لرزه نشانگر این است که زمین‌لرزه فوق دارای دوعملکرد راندگی و امتدادلغز بوده است. این زمین‌لرزه با بزرگای Ms=7.6 باعث تخریب ۳۰ روستا و ویرانی شهر طبس شد. تلفات زمین لرزه حدود ۱۸۲۲۰ نفر گزارش شده که بیشتر آنها در شهر طبس گشته شده اند. دستگاه شتابنگار طبس، بیشینه شتاب افقی زمین را حدود 0.8g ثبت نموده است. در جریان این زمین لرزه شهر طبس و در حدود ۳۵ روستا واقع در مساحتی در حدود ۲٦۰۰ کیلومتر مربع

به کلی ویران، ٤٣ روستا نیمه ویران و ٣١ روستای دیگر صدمه دیده و در حدود ٢٠ تا ٢٥ هزار نفر کشته به جای گذاشت. علاوه بر ویرانی واحدهای مسکونی و کشتار افراد و احشام، زلزله فوق باعث تغییر مکان پوسته زمین در طول ٧٥ کیلومتر شده است و در امتداد این شکستگی، کوههای شتری واقع در شرق طبس بر روی دشت طبس رانده شده است.

گسل پشت بادام: این گسل همراه با گسل چاپدونی از قدیمی ترین گسلهای ایران و دارای راستای شمالی ـ جنوبی با کمی انحنا به سمت غرب و از نوع امتدادی راستگرد است. به عقیده تیرول و دیگران (١٩٨٣) کلیه گسلهای این منطقه دارای حرکت افقی راستگرد هستند. فعالیت این گسل در کواترنر گزارش شده است [١].

گسل چاپدونی: این گسل به طول تقریبی ١٤٠ کیلومتر با روند عمومی شمال شرق- جنوب غرب تا شمالی- جنوبی و مؤلفه افقی راست لغز (N15-20 E) در شمال‌غرب ساغند واقع است، در شرق منطقه گسلی چاپدونی دسته گسلهای امتدادلغز تقریباً موازی با روند تقریبی شرقی- غربی تا شمال غرب، جنوب شرق دیده می‌شوند. حرکت افقی پیرامون گسلهای فوق چپ لغز می‌باشد و می‌توان آنها را گسلهای ریدل درجه دوم (R2) در ارتباط با گسل چاپدونی دانست که همگی این گسل را قطع می‌کنند. گسلهای فوق در کلوت چاپدونی، کوه نیباز و ساغند دیده می‌شوند و نسبت به گسل چاپدونی زاویه ٧٥ درجه می‌سازد، لذا حرکت چپ‌لغز آنها (R2) معقول است. شکل (٢) الگوی منطقه برشی در این ناحیه را نشان می دهد



شکل ٢- الگوی منطقه برشی راست لغز در مجموعه گسلی ساغند [١].

بر اساس بررسی‌ها و برداشت‌های صحرایی، غالب بودن رژیم فشارشی با مولفه افقی راستالغز به همراه رژیم امتدادلغز با مؤلفه فشاری مورد تأکید قرار می‌گیرد. باتوجه به سازوکار امتدادلغز گسلها، توان تجدید حرکت در طول آنها وجود خواهد داشت، لذا گسلهای کواترنر امکان حرکت و لرزه‌زایی را خواهند داشت که در مطالعات لرزه‌خیزی و مهندسی زلزله ناحیه باید توان و نقش این گسلها را با عنایت به سازوکار آنها مورد نظر داشت.

تاریخچه لرزه خیزی ناحیه

بررسی تاریخچه لرزه خیزی برای شناخت الگوی بلند مدت لرزه خیزی در گستره طرح اهمیت فراوانی دارد. به کمک این اطلاعات می توانیم به درک فرآیندهای زمین ساختی و قوانین حاکم برآن که در تعیین الگوی بلند مدت لرزه خیزی منطقه دارای اهمیت فراوانی دارد، دست یافت. در این مقاله فهرست زمین لرزه ها در دو بخش داده های تاریخی (پیش ازسال ۱۹۰۰ میلادی) و دستگاهی (پس از ۱۹۰۰ میلادی) جمع آوری و تفسیر می شوند.

زمین لرزه‌های تاریخی: شناخت ما از زمین‌لرزه‌های پیش از سده بیستم محدود به داده‌های پراکنده موجود درکتاب‌های تاریخی و سفرنامه ها است. بدین جهت این داده‌ها از دیدگاه محل رویداد، شدت و بزرگی دارای دقت زیادی نیست و تنها سیمایی از ویژگی لرزه‌خیزی منطقه را به دست می‌دهد. مهمترین زلزله های تاریخی محدوده پیرامون شهر طبس در سال های ۱۶۱۹، ۱۶۷۸، ۱۸۷۵ و ۱۸۹۷ میلادی به ترتیب با بزرگی ۶/۵ ، ۶/۵، ۶ و ۵/۵/ گزارش شده است[7] .

زمین لرزه‌های دستگاهی: داده های دستگاهی دهه های اولیه سده بیستم داری خطاهای گوناگونی بوده است. همزمان با تکمیل دستگاه ها و افزایش شمار ایستگاه های لرزه نگاری، این خطاها به ویژه برای زمین لرزه‌های بزرگ کم شده است[7]، [9]. مهمترین زلزله ها که می تواند تا حدودی گویای وضعیت لرزه ای منطقه و چگونگی پراکندگی مراکز زمین لرزه و ژرفای کانونی آنها باشد، عبارتند از :

- زمین لرزه ۲۸ نوامبر ۱۹۳۳ و ۲۳ ماه مه ۱۹۸۷ بهاباد
- زمین لرزه ۱۶ ماه ماه ۱۹۹۵ میلادی ناحیه اسفوردی، شمال شیطور
- زمین لزره ۱۳۵۷ طبس با بزرگی ۷/۶ و شدت X در محدودهٔ ۲۰ کیلومتری آن

جدول (۱) مهمترین زلزله های دستگاهی رخداده در گستره ۱۵۰ کیلومتری شهر طبس را بعد از پاکسازی و حذف پسلرزه و پیشلرزه نشان می دهد.

جدول (۱)- کاتالوگ زمین لرزه ها در گستره شهرستان طبس بعد از پاکسازی و حذف پسلرزه و پیشلرزه

Date(yyyy/mm/dd)	Time(Local)	Lat	Lon	Depth	Mag.	Ref	Region
1933/10/05	16:59:00	34.52	57.07		mb:6.2	AMB	North-East of Tabas
1939/06/10	12:06:48	33.9	56.97	33	Ms:5.2	NAB	North of Tabas
1940/05/05	09:31:30	34.7	57.5		mb:4.7	ISS	South-West of Bardeskan
1959/05/14	00:37:30	34.9	57.23	88	Ms:4.3	NAB-NOW	South-West of Bardeskan
1964/02/21	04:33:56	34.51	58.06		mb:5	ISC	North-West of Ferdows,
1968/09/01	10:57:31	34.04	58.2	8	Ms:6.4	BE	Ferdows, Khorasan(center)
1969/09/03	03:09:02	34.11	58.16	31	mb:4.9	ISC	Ferdows, Khorasan(center)
1973/05/11	17:22:29	33.38	57.42	15	mb:5.1	BE	South-East of Tabas
1974/06/17	10:52:49	33.66	57.03	21	mb:4.7	BE	East of Tabas,
1976/03/31	03:08:59	34.6	57.14	13	mb:4.7	BE	North-East of Tabas,
1978/09/16	19:05:54	33.24	57.38	9	Mw:7.4	BE	South-East of Tabas
1981/04/30	13:51:28	33.23	57.21	38	mb:4.7	ISC	South-East of Tabas
1983/05/03	17:00:25	33.26	57.36	31	mb:4.7	ISC	South-East of Tabas
1985/12/23	03:12:02	33.69	57.68	33	mb:4.6	ISC	East of Tabas
1987/07/20	20:17:47	33.73	56.96	13	mb:5	BE	North of Tabas
1989/12/16	00:25:36	34.62	57.54	15	mb:4.5	BE	South-West of Bardeskan
1990/03/25	03:31:11	33.68	57.04	20	Mw:5.2	BE	East of Tabas
1990/10/15	22:36:52	33.71	56.86	15	Mw:5.1	BE	North of Tabas
1991/05/27	16:32:26	32.94	56.36	33	mb:4.8	ISC	South-West of Tabas
1992/09/06	13:12:08	33.78	56.88	16	mb:4.7	BE	North of Tabas
1994/08/26	08:08:14	33.12	56.05	33	mb:4.4	ISC	South-West of Tabas
1996/02/23	16:47:01	34.47	56.56	250	mb:4.1	ISC	North-West of Tabas
1998/03/27	05:51:24	33.24	56.87	33	Mb:4.5	USGS	South of Tabas
2000/10/11	13:16:11	34.69	57.54	33	Mb:4.4	IDC	South-West of Bardeskan
2001/02/11	16:34:15	33.28	57.73	10	Mb:4.5	IDC	South-East of Tabas
2003/03/15	00:32:02	34.82	57.22	33	Mb:4.4	NEIC	South-West of Bardeskan
2005/04/05	06:44:30	32.3	56.66	18	ML:4	IIEES	North-West of Ravar
2005/06/19	09:16:04	33.13	58.2	15	ML:5.2	IIEES	South of Ferdows
2006/01/14	02:53:11	34.91	56.58	46	ML:4.2	IIEES	South-West of Bardeskan
2006/09/24	14:00:08	33.7	56.9	15	ML:4.3	IIEES	North of Tabas
2008/01/19	01:11:24	33.37	57.49	15	ML:4.8	IIEES	South-East of Tabas

لرزه خیزی ناحیه

هدف از بررسی های لرزه خیزی ارائه تصویری هر چه روشن تر از خصوصیات لرزشی و پتانسیل زلزله زایی منطقه مورد نظر می باشد. گسلها، خصوصاً آن دسته از گسلهای جوان و کواترنر که در طول خود آبرفتها را بریده و یا جابجا نموده اند یکی از سرچشمه های اصلی زمین لرزه محسوب می گردند. به منظور تعیین توان لرزه زایی گسلها از روابط گوناگون استفاده و در هر مورد میانگین داده ها به عنوان مقادیر مشخصه آن پارامتر در نظر گرفته می شود. در روش تحلیلی غالباً توان لرزه زایی گسل را با طول آن می سنجند. در این روش با استفاده از

روابط زیر که بیشتر در مورد ایران صادق است بزرگی زمین لرزه احتمالی محاسبه و مقدار میانگین آن درج شده است.

(۱) نوروزی (۱۹۷۵)

$$Ms = ۱/۲۵۹ + ۱/۲٤٤ LogL$$

L : عبارت است از طول گسل بر حسب متر و برابر با طول شکست گسل (نصف طول گسل) می باشد.

(۲) (مهاجر اشجعی و نوروزی ۱۹۷۸)

$$Ms = ۵/٤ + LogL$$

L : برحسب کیلومتر و برابر نصف طول گسل می باشد.

برای تعیین شدت زمین لرزه در کانون نیز از روابط گوناگون استفاده شده است که مقادیر بدست آمده اختلاف کمی با یکدیگر دارند. لذا در هر مورد نیز میانگین محاسبه و در ستون ویژه‌ای درج گردیده است.

(۳) (نوروزی ۱۹۷۸)

$$I_{\circ} = ۱/۷ M_S - ۲/۸$$

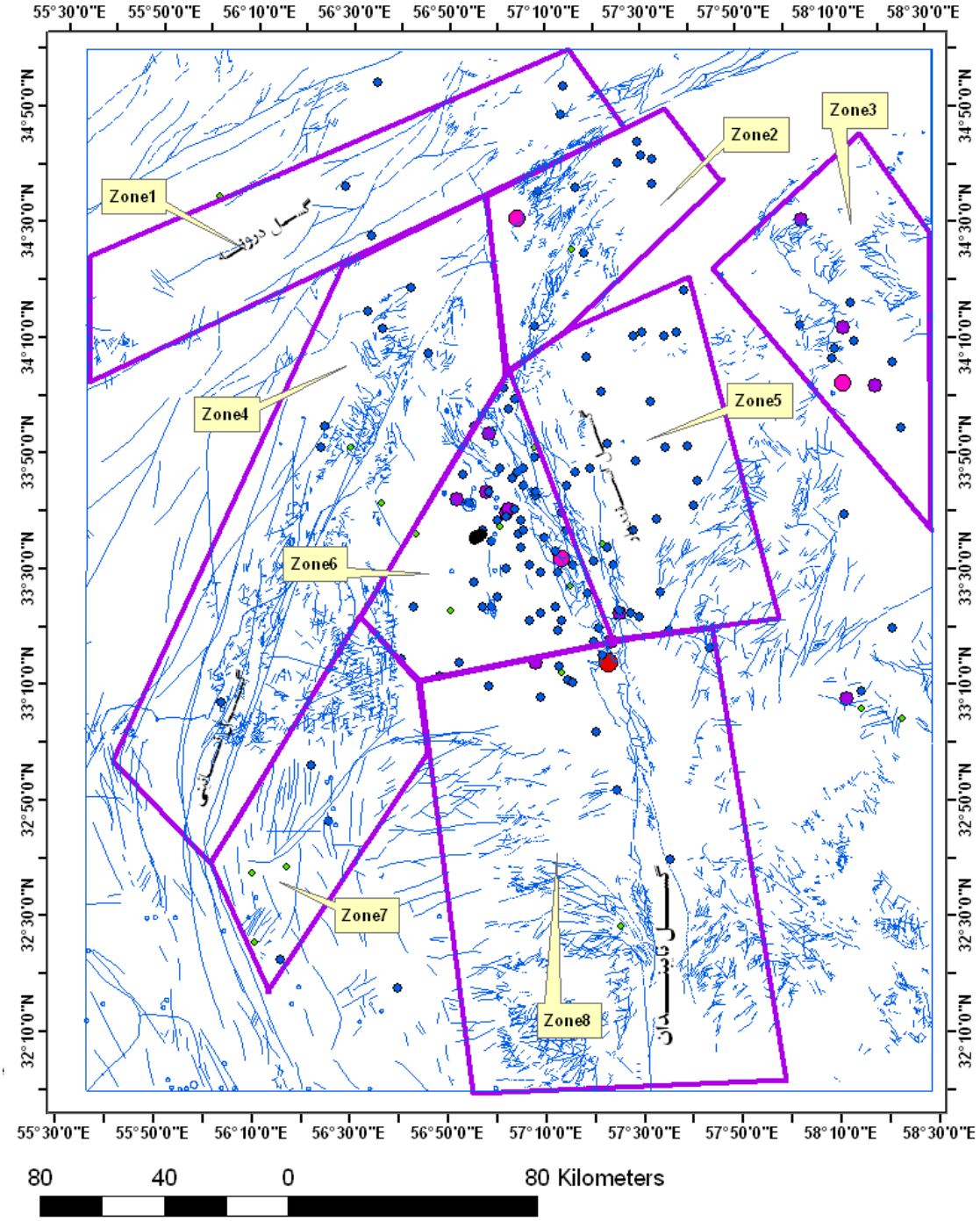
(٤) (ملویل و آمبرسیز ۱۹۸۲)

$$M = ۰/۷۷ I_{\circ} - ۰/۰۷$$

عملکرد گسلهای امتداد لغز و معکوس در ناحیه همراه با مؤلفه قائم بوده و لرزه خیزی تاریخی و گزارش زمین لرزه های سدهٔ بیستم و چند سال اخیر، حاکی از وجود یک منطقه پویای تکتونیکی در منطقه است. وجود گسل های مذکور باعث شده تا شمال شهر طبس لرزه خیزی بالاتری داشته باشد. بر این اساس احتمال وقوع زلزله ای با بزرگای ۵/۸ در ۵۰ سال آینده در کل منطقه، حدود ٦۰ درصد است.

مدل های چشمه های لرزه ای گستره طرح

مناطقی که قادر به ایجاد زلزله می‌باشند به سرچشمه‌های لرزه‌ای معروفند، سرچشمه‌های لرزه‌ای به چهار گروه نقطه‌ای، خطی، ناحیه‌ای و نواری تقسیم می شوند. مرکز سطحی زلزله‌های مرتبط با گسلهای شیب لغز معمولاً دقیقاً بر روی گسل نمی‌افتد، بنابراین یک منطقه نوار مانند در امتداد گسل در نظر می‌گیرند. به علاوه استفاده از اصطلاح سرچشمه‌های نواری برای جاهایی که چند گسل موازی در کنار هم قرار دارند، مناسبتر است. در محدوده مطالعاتی، سرچشمه های ناحیه ای و خطی لرزه ای وجود دارد. شکل(۳) نقشه لرزه زمین ساخت و چشمه های لرزه ای ناحیه را نشان می دهد [۱] .



شکل ۳- نقشه لرزه زمین ساخت و موقعیت هشت چشمه های لرزه ای پیرامون شهرستان طبس

شهرستان طبس بیشتر تحت تاثیر زون های لرزه ای ۵ و ٦ است

بحث

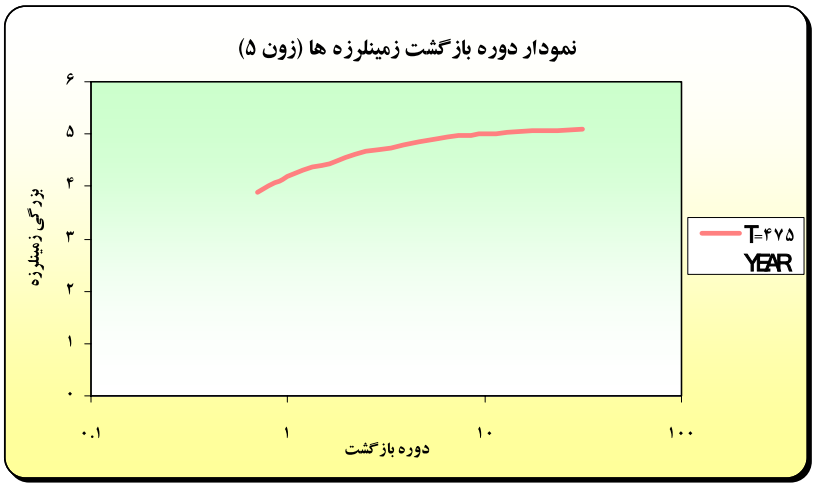
بر مبنای بررسی های لرزه خیزی و زمین شناسی ساختمانی و نقشه لرزه زمین ساخت و چشمه های لرزه ای ناحیه پیرامون شهر طبس، این منطقه به هشت چشمه های لرزه ای تفکیک می شود. شهرستان طبس بیشتر تحت تاثیر زون های لرزه ای ۵و ٦ می باشد. با توجه به این که شهرستان طبس تحت تاثیر زون های لرزه ای ۵ و ٦ می باشد، در ادامه ویژگی های لرزه ای این دو زون مورد بحث قرار می گیرد.

جدول ۲– ویژگی های لرزه ای زون شماره ۵ مرکز و شرق شهرستان طبس

zone5
Number of earthquakes : 24
MAX OBS/ IN EXTREME PART OF CATALOG = 5/10
SECOND MAX OBS/ IN EXTREME PART OF CATALOG = 4/90
Maximum OBSERVED magnitude Xmax = 5/10
SECOND Maximum OBSERVED magnitude Xmax = 4/90
M_max is determined according to Kijko-Sellevoll (Cramers Approximation)
PRIOR Beta & SD(of PRIOR Beta) = 1/00 /100
RESULTS ==========
Beta = 1/02 ± /10 (b = /44 ± /04)
Lambda = 1/27 ± /26 (for Mmin = 3/90)
M_max = 5/15 ± /21 (for SIG(Xmax) = /20)

جدول ۳– پارامترهای لرزه خیزی زون شماره ۵ مرتبط با دوره بازگشت

Magnitude	*Lambda*	*Return periodT=75Y*	*Return periodT=475Y*	*ProbabilityT=1Y*	*T=75Y*	*T=475Y*
4.5	0.463	2.2	1.8	0.51528	1	1
4.6	0.371	2.7	2.2	0.430362	1	1
4.7	0.287	3.5	2.9	0.346653	1	1
4.8	0.211	4.7	3.9	0.264839	1	1
4.9	0.143	7	5.8	0.185494	0.999978	1
5	0.0817	12.2	10.2	0.109079	0.997823	1
5.1	0.0262	38.2	31.7	0.035947	0.85988	0.999996



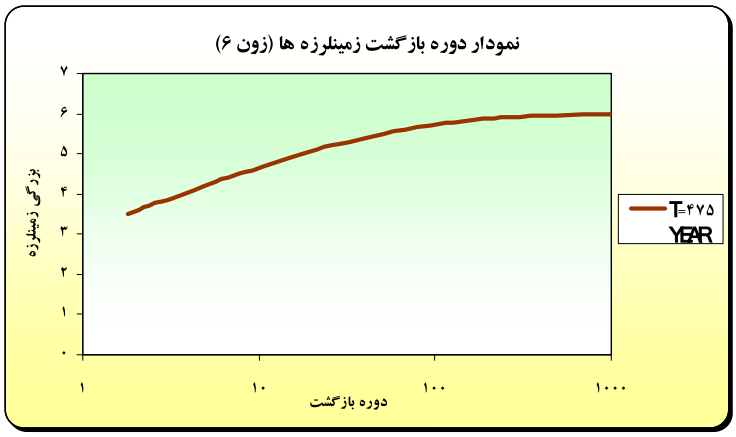
شکل ٤- نمودار دوره بازگشت زمین لرزه با توجه به بزرگی در زون شماره ٥

جدول ٤– ویژگی های لرزه ای زون شماره ٦ در مرکز و غرب شهرستان طبس

zone6
EXTREME catalog STARTS at 939/ 1/ 1
EXTREME catalog ENDS at 2007/12/30
Number of earthquakes : 45
MAX OBS/ IN EXTREME PART OF CATALOG = 6/00
SECOND MAX OBS/ IN EXTREME PART OF CATALOG = 5/20
Maximum OBSERVED magnitude Xmax = 6/00
SECOND Maximum OBSERVED magnitude Xmax = 5/20
M_max is determined according to Kijko-Sellevoll (Cramers Approximation)
PRIOR Beta & SD(of PRIOR Beta) = 1/00 /100
RESULTS =========
Beta = 1/37 ± /10 (b = /59 ± /04)
Lambda = /47 ± /09 (for Mmin = 3/50)
M_max = 6/04 ± /11 (for SIG(Xmax) = /10)

جدول ٥– پارامترهای لرزه خیزی زون شماره ٦ مرتبط با دوره بازگشت

Magnitude	***Lambda***	***Return periodT=75Y***	***Return periodT=475Y***	***ProbabilityT=1Y***	***T=75Y***	***T=475Y***
5.5	0.0165	60.7	51.2	0.043558	0.709332	0.999601
5.6	0.0124	80.3	67.8	0.032977	0.606838	0.997294
5.7	0.00893	111.9	94.5	0.023712	0.488336	0.985648
5.8	0.00587	170.3	143.8	0.015605	0.356156	0.93849
5.9	0.0032	312.7	263.9	0.008513	0.213271	0.78111
6	0.00086	1152.9	973.3	0.002311	0.062981	0.337673



شکل ۵- نمودار دوره بازگشت زمین لرزه با توجه به بزرگی در زون شماره ٦

تحلیل خطر زلزله

در رهیافت تعیینی (DSHA) به برآورد بیشینه زمینلرزه باورپذیر (MCE) پرداخته می‌شود. بیشینه زمینلرزه باورپذیر به صورت مستقل از دوره زمانی خاص ، صرفاً بر اساس بالاترین سطح محاسبه شده و جنبش شدید زمین (شتاب) برای ساختگاه مورد نظر برآورد می‌شود. در تحلیل احتمالی خطر (PSHA) تمام بزرگاهای زلزله (معمولاً بزرگای بیش از بزرگای حداقل)، بر روی تمام چشمه‌های موجود و فاصله‌های ممکن از محل، در نظر گرفته می‌شود و ترکیب آنها در محاسبات انجام می‌گیرد.

در روش محاسبه خطر به صورت تعیینی معمولاً خطرناک‌ترین حالت با توجه به ویژگیهای زمین ساختی منطقه یافته می‌شود (محافظه کارانه‌ترین رهیافت). این روش اطلاعی از میزان احتمال وقوع زمینلرزه کنترل کننده و احتمال اینکه این زلزله از کدام محل ممکن است رخ دهد و همچنین دوره بازگشت زمینلرزه با توجه به عمر مفید سازه و اثر عدم قطعیت در مراحل مختلف محاسبات به دست نمی‌دهد.

جداول ٦، ۷ و ۸ نتایج حاصل از تحلیل خطر به روش تعیینی به وسیله روابط کاهندگی معرفی شده پیرامون شهر طبس را نشان می‌دهند. این مقادیر برای مولفه‌های افقی و قائم به تفکیک محاسبه و در نهایت شتاب ماکزیمم مربوط به هر رابطه استحصال شده است. در جمع بندی نهایی با اعمال وزن دهی مناسب به این روابط نتیجه نهایی بدست آمده است.

جدول ٦- توان لرزه زائی مهمترین گسلهای پیرامون شهر طبس بر اساس روابط میرائی مختلف

نام گسل	طول گسل L_F,(km)	رابطه زارع(۱۹۹۵)		رابطه نوروزی و مهاجری		رابطه ولز و کاپر اسمیت	
		$Mw=0.91*\ln L_R+3.66$		$M=LOG\ L+5.4$		$M=5.08+1.16\log L$	
		M_W	$L_R=0.37L_F$	M_s	$L=0.5L_F$	M_w	$L=0.5L_F$
کلمرد	**200**	7.58	74	7.40	100	7.40	100
نائینی	**50**	6.32	18.5	6.80	25	6.70	25
گسل درونه	**700**	8.72	259	7.94	350	8.03	350
گسل لادر	**146**	7.29	54.02	7.26	73	7.24	73
گسل گل خار	**66**	6.57	24.42	6.92	33	6.84	33
کالشانه	**54**	6.39	19.98	6.83	27	6.74	27
گسل نار	**40**	6.11	14.8	6.70	20	6.59	20
گسل کال درونه	**71**	6.63	26.27	6.95	35.5	6.88	35.5
مجموعه گسلی کمر بگویالا	**35**	5.99	12.95	6.64	17.5	6.52	17.5
کوه اسبی	**39**	6.09	14.43	6.69	19.5	6.58	19.5
دسته گسل کوه هوک	**41**	6.13	15.17	6.71	20.5	6.60	20.5
دسته گسله کوه نیونگ	**66**	6.57	24.42	6.92	33	6.84	33
گسل نیاز	**24**	5.65	8.88	6.48	12	6.33	12
زون گسله کوه شتری	**110**	7.03	40.7	7.14	55	7.10	55
زون گسلی رباط خوش آب	**54**	6.39	19.98	6.83	27	6.74	27
زون گسله رباط چاه گمبد	**41**	6.13	15.17	6.71	20.5	6.60	20.5
گسل رباط موریسک	**40**	6.11	14.8	6.70	20	6.59	20
گسل کال زرد	**44**	6.20	16.28	6.74	22	6.64	22
گسل ریگ آباد	**28**	5.80	10.545	6.55	14.25	6.42	14.25
زون گسله دره بید	**27**	5.75	9.99	6.53	13.5	6.39	13.5
گسل دم مرمر	**23**	5.61	8.51	6.46	11.5	6.31	11.5
گسل دوشاخ	**26**	5.72	9.62	6.51	13	6.37	13
گسل و زون گسله دیگ رستم	**70**	6.62	25.9	6.94	35	6.87	35
زون گسله زردگا	**53**	6.38	19.795	6.83	26.75	6.74	26.75

جدول ۷- نتایج حاصل از تحلیل خطر زمین لرزه به روش تعیینی به وسیله روابط کاهندگی معرفی شده در ارتباط با مهمترین گسلهای پیرامون شهر طبس ، مقادیر مولفه افقی شتاب ماکزیمم بر حسب g را نشان می دهد.

گسل	کمترین فاصله تا شهر طبس(km)	M_{max}	Zare 1999 PGA(HORI)	Joyner& Boore(1988) PGA(HORI)	Ambraseys& Simpsons1996 PGA(HORI)	میانگین وزنی
کلمرد	43	7.58	0.89	0.59	0.53	0.67
نائینی	76	6.32	0.28	0.14	0.14	0.19
گسل درونه	145	8.72	0.49	0.19	0.36	0.35
گسل لادر	100	7.29	0.47	0.16	0.20	0.28
گسل گل خار	90	6.57	0.28	0.13	0.14	0.18
کالشانه	52	6.39	0.49	0.25	0.21	0.32
گسل نار	85	6.11	0.20	0.11	0.11	0.14
گسل کال درونه	117	6.63	0.20	0.08	0.12	0.14
زون گسله کوه شتری	19	6.6	0.82	0.87	0.61	0.77
گسل ریگ آباد	59	5.8	0.24	0.15	0.13	0.18
زون گسله دره بید	19	5.75	0.86	0.55	0.37	0.59
گسل دم مرمر	43	5.61	0.30	0.21	0.16	0.22
گسل کفتار کوه	53	5.53	0.21	0.15	0.12	0.16
گسل حوض میر	50	4.89	0.13	0.12	0.09	0.11
گسل دوشاخ	47	5.72	0.29	0.20	0.15	0.21
گسل حوض سورجی	42	4.7	0.13	0.13	0.09	0.12
زون گسله مردون شاه	32	4.39	0.14	0.16	0.10	0.13
گسل کال علی اصغر	51	5.09	0.15	0.13	0.10	0.13
گسل ریگ چنقلو	69	5.02	0.10	0.08	0.07	0.08
گسل تل زرد	44	4.39	0.09	0.11	0.07	0.09
زون گسله تیغ نخلک	33	5.53	0.38	0.27	0.19	0.28

جدول۸- نتایج حاصل از تحلیل خطر زمین لرزه به روش تعیینی به وسیله روابط کاهندگی معرفی شده در ارتباط با مهمترین گسلهای پیرامون شهر طبس، مقادیر مولفه عمودی شتاب ماکزیمم بر حسب g را نشان می دهد.

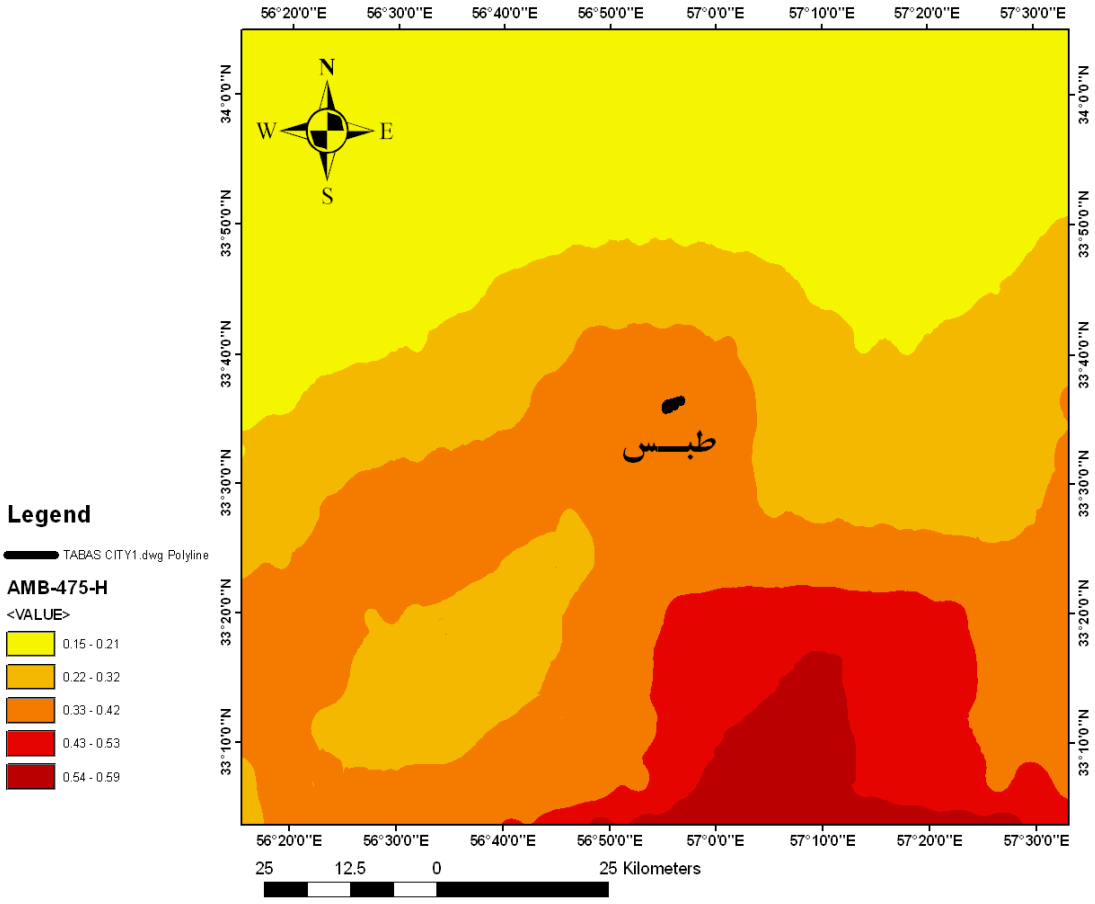
گسل	فاصله تا شهر طبس(km)	M_{max}	ZARE 1999 PGA(VERT)	Ambraseys 95 PGA(VERT)	Ambraseys &Simpsons1996 PGA(VERT)	میانگین وزنی
کلمرد	43	7.58	0.50	0.11	0.13	0.25
نائینی	76	6.32	0.14	0.03	0.03	0.07
گسل درونه	145	8.72	0.19	0.06	0.08	0.11
گسل لادر	100	7.29	0.21	0.04	0.05	0.10
گسل گل خار	90	6.57	0.13	0.03	0.03	0.06
کالشانه	52	6.39	0.26	0.05	0.05	0.12
گسل نار	85	6.11	0.09	0.03	0.03	0.05
گسل کال درونه	117	6.63	0.08	0.02	0.03	0.04
گس کوه شتری	19	6.6	0.50	0.14	0.15	0.26
گسل ریگ آباد	59	5.8	0.13	0.03	0.03	0.06
زون گسله دره بید	19	5.75	0.53	0.09	0.09	0.23
گسل دم مرمر	43	5.61	0.17	0.04	0.04	0.08
گسل کفتار کوه	54	5.53	0.11	0.03	0.03	0.06
گسل حوض میر	50	4.89	0.07	0.02	0.02	0.04
گسل دوشاخ	47	5.72	0.16	0.04	0.04	0.08
گسل حوض سورجی	42	4.7	0.07	0.02	0.02	0.04
زون گسله مردون شاه	32	4.39	0.08	0.03	0.02	0.04
گسل کال علی اصغر	51	5.09	0.08	0.02	0.02	0.04
گسل ریگ چنقلو	69	5.02	0.05	0.02	0.02	0.03
گسل تل زرد	44	4.39	0.05	0.02	0.02	0.03
زون گسله تیغ نخلک	33	5.53	0.22	0.05	0.05	0.10

تحلیل خطر زمینلرزه با رهیافت احتمالی

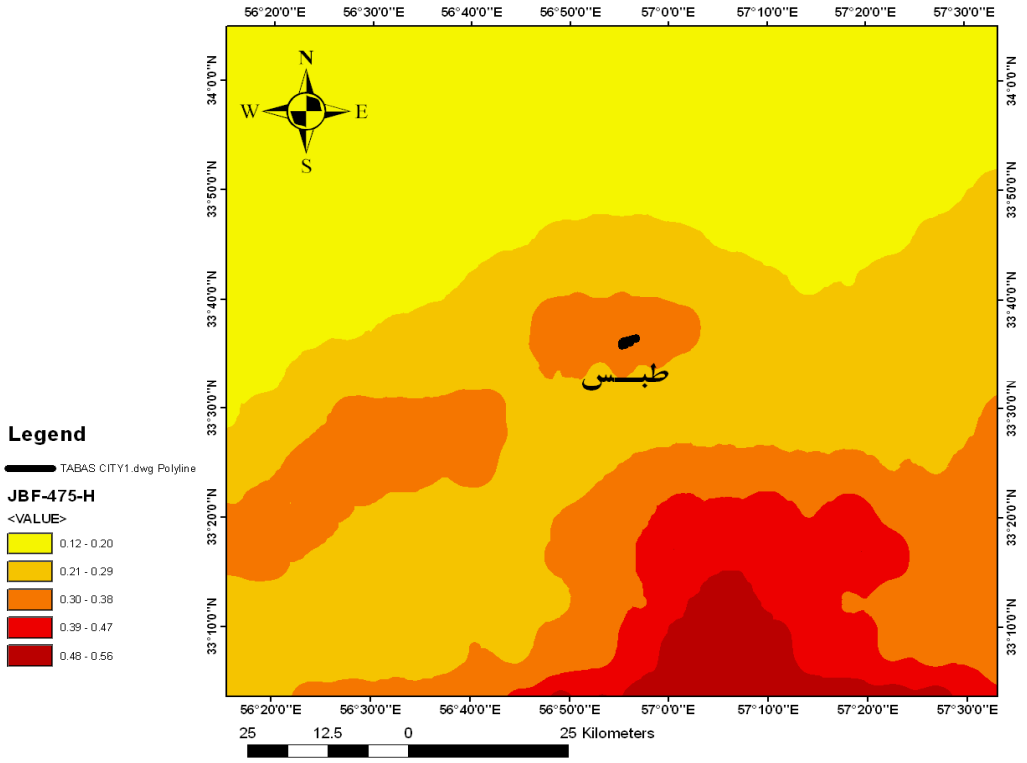
در تحلیل احتمالی خطر (PSHA) تمام بزرگاهای زلزله (معمولاً بزرگای بیش از بزرگای حداقل)، بر روی تمام چشمه‌های موجود، و تمام فاصله‌های ممکن از محل، در نظر گرفته می‌شود و ترکیب آنها در محاسبات انجام می‌گیرد. استفاده از روش احتمالی، این امکان را می‌دهد که برای طراحی، از نتایج با دوره بازگشتهای مختلف استفاده کرد. به طور کلی تحلیل احتمالی خطر چهار مرحله را در بر دارد: ۱- شناخت چشمه‌های لرزه‌زا، ۲- بدست آوردن رابطهٔ تکرار بزرگا و میانگین نرخ بازرخداد برای هر چشمه، ۳- انتخاب رابطهٔ کاهندگی مناسب ٤- محاسبهٔ منحنی خطر ساختگاه. باید توجه نمود که عدم قطعیت در هر کدام از مراحل فوق وجود دارد [13],[11]. محاسبهٔ

منحنی خطر در ساختگاه شهر طبس و پیرامون محاسبه و برای دوره بازگشت ٤٧٥ سال در شکل های ٨ تا ١٢ ارائه می گردد.

بر اساس نقشه نقاط هم شتاب مولفه افقی حرکت زمین برای دوره بازگشت ٤٧٥ سال در ناحیه طبس، شهر طبس در محدوده ٣٣g/. تا g ٤٢/. قرار دارد. با عنایت به دید کارشناسی پیشنهاد می گردد که در شهر طبس برای این دوره بازگشت شتاب ثقل افقی ٤٠g/. لحاظ گردد.



شکل ٦- نقشه نقاط هم شتاب مولفه افقی حرکت زمین برای دوره بازگشت ٤٧٥ سال، رابطه کاهندگی آمبرسیز ١٩٩٥



شکل ۷- نقشه نقاط هم شتاب مولفه افقی حرکت زمین برای دوره بازگشت ٤٧٥ سال،

رابطه کاهندگی جوینر، بور و فومال ۱۹۹۷

نتیجه گیری

با توجه به مقادیر شتاب حرکت زمین (g) حاصل از روابط کاهندگی جوینر، بور و فومال ۱۹۹۷ و آمبرسیز ۱۹۹۵و بر مبنای قضاوت کارشناسی مبتنی بر تحلیل تعیینی پیرامون شهر طبس، مقادیری به شرح زیر برای ناحیه پیشنهاد می گردد.

جدول ۹- بیشینه مولفه شتاب افقی زلزله بر روی سنگ بستر لرزه ای با استفاده از رابطهٔ جوینر، بور و فومال ۱۹۹۷

مقادیر بر حسب g	دوره بازگشت
۰/۲۱	۷۵ سال
۰/۳٤	٤٧٥ سال
۰/٤۹	۲٤٧٥ سال

جدول ۱۰- بیشینه مولفه شتاب افقی و قائم زلزله بر روی سنگ بستر لرزه ای بر اساس رابطهٔ کاهندگی آمبرسیز ۱۹۹۵

مقادیر بر حسب g		دوره بازگشت
مولفه قائم	مولفه افقی	
۰/۱۱	۰/۲٥	۷٥
۰/۱۳	۰/٤٥	٤٧٥
۰/۱۸	۰/٥۷	۲٤٧٥

با توجه به دو رابطه بالا برای دوره بازگشت ٤٧٥ سال، مقادیر مولفه افقی و عمودی شتاب حرکت زمین (g) به ترتیب برابر با g ٤ /۰ و g ۲ /. معرفی می شود.

منابع

۱- ادیب، ا؛ ۱۳۷۷؛ تحلیل ساختاری و زمین ساخت فعال شرق یزد، رساله دکتری زمین شناسی ساختمانی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، ۱۱٤-۱۲ ص.

۲- اطلس راهنمای ایران، ۱۳٦۹ انتشارات گیتا شناسی

۳- برگی، خ،۱۳۷۳؛ اصول مهندسی زلزله، انتشارات ماجد، ٤۳۵

٤- پورکرمانی، م؛ آرین، م؛ ۱۳۷۷؛ لرزه خیزی ایران؛ دانشگاه شهید بهشتی، ۲۱۳ ص.

۵- حقی پور؛ ع ،. آقا نباتی؛ ع ، ۱۳۷٤، نقشه زمین شناسی چهارگوش طبس، مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ سازمان زمین شناسی کشور

٦- معین فر، م، مهدویان، ع، مالکی، ا، ۱۳۷۱، مجموعه اطلاعات پایه زلزله های ایران، موسسه نمایشگاههای فرهنگی ایران، ۲۷۰ ص.

7 - Ambraseyes, N, Mellvie, n. (1982). A history of Persian earthquakes, London. Cambridge university press, pp 13-23.

8- Berberian, f, berberian, M; (1981). tectonoplutonic episodes in iran.Geodynamic series, 3, G.S.A BOULDER. colorado, pp 5-33

9- Berberian, m; (1981), active faulting and tectonics of Iran. Geodynamic series, 3, G.S.A boulder. colorado, pp 33-69.

10- Bullen, k,e; bolt, b, (1985), an introduction seismological center, thai watana panich press co ltd. Bangkok, September / October 1990, pp 132-146.

11- Dominic Kelly, seismic site classification for structural engineers, structure magazine, december 2006, 432p.

12- King g.c.p and Vita-finzi c., (1981). Active folding in the Algerian earthquake.12-23 p.

13- Sarkar, V. SriRam, H. Hamzehloo, K.N. Khattri, (2005), Subevent analysis for the Tabas earthquake of September 16, 1978, using near field accelerograms, Physics of the Earth and Planetary Interiors 151, p 53–76.

14- Tectonics, vol.17 no 3, june (1998), American geophysical union, Europe an geophysical society, p 1021-1037.

15-Warage, A., (2007), "Seismotectonice in central Sudan and local Site Effect in Western Khartoum, Master thesis in Geodynamic, University of Bergen, p 17-21.