

زلزله، شهرها و گسل ها

دکتر حسین نگارش* _ عضو هیات علمی گروه جغرافیا، دانشگاه سیستان و بلوچستان

پذیرش مقاله: ۸۲/۱۲/۲۰

چکیده

□□ با توجه به واقع شدن ایران بر روی یکی از دو کمر بند زلزله خیز جهان و وجود گسل های فراوان، وقوع زلزله در فلات ایران امری طبیعی است. ایران جزء ده کشور بلاخیز و ششمین کشور زلزله خیز دنیا □ است که زلزله مسبب بیشترین تلفات انسانی در آن می باشد و کمر بند زلزله ۹۰ درصد از خاک کشور ما را دربر گرفته است؛ اما آنچه حائز اهمیت است، وضعیت اسف بار شهرها و کلان شهرهایی (مثل تهران، تبریز ...) است که بر روی گسل ها یا در مجاورت آنها ساخته شده و در معرض خطر زلزله قرار دارند، زیرا که ایران از جمله کشورهایی است که گسل های فراوان دارد و حرکت این گسل ها باعث رها شدن انرژی ذخیره شده و بروز زلزله های مکرر می شود و تلفات جانی و خسارت های مالی فراوانی را در مناطق شهری بدنبال می آورد.

در این مقاله سعی بر آن است که علت زلزله خیزی فلات ایران و اثرات منفی فعالیت گسل ها روی برخی از شهرها به صورت نمونه بررسی و خطرات آنها یادآوری گردد. واژگان کلیدی: گسل، فعالیت گسل، کمر بند زلزله، لرزه خیزی، کانون زلزله، زلزله سطحی، مقاوم سازی ساختمان ها.

مقدمه

ساختمان زمین شناسی فلات ایران و حواشی آن به سیستم کمر بند چین خورده دوران سوم زمین شناسی ارتباط دارد که از نظر ذخائر معدنی و اقتصادی یک عامل بالقوه و مثبت و از نظر تکان های لرزه خیزی یک عامل منفی می باشد (رمضانی گورابی ۱۳۷۳، ص ۱۰۷). کشور ما در قسمت میانی کمر بند کوهزایی آلپی می باشد و این حرکات هنوز به اتمام نرسیده و تعادل نهایی بر قرار نشده است؛ لذا با توجه به موقعیت ایران و واقع شدن در بین دو قاره قدیمی و مقاوم یعنی اوراسیا در شمال، و آفریقا - عربستان در جنوب، پلاتفرمی تُرد و شکننده است و گسل های فعال و فراوان و زلزله های متعدد ... دلیل این مدعا است.

* E-mail : h_negaresh@hamoon.usb.ac.ir

به طور کلی سه منطقه زلزله خیز در ایران وجود دارد که از آن جمله می توان به زاگرس ، البرز و ایران مرکزی اشاره نمود. صفحه عربستان از جنوب غربی و هندوستان از شرق و جنوب شرقی و سیبری از شمال شرقی به ایران فشار وارد می کنند و مقاومت ایران در مقابل فشار های وارده منجر به بروز گسل ها و شکستگی های متعددی شده است و فعالیت این گسل ها باعث گردیده که ایران از مناطق مهم زلزله خیز دنیا محسوب شود. انرژی ناشی از فشار ها در مناطق گسلی ذخیره و پس از رها شدن به صورت امواج مخرب زلزله موجبات نابودی و تخریب شهرها را فراهم می سازد زلزله های ایران بیشتر به خاطر فعالیت همین گسل ها است. نتیجه نهایی آنکه چون ناهمواری های ایران جوان هستند و در قلب آثار آخرین کمربند کوهزایی سیاره زمین (آلی) واقع شده و در بین پلیت های تکنونیک قرار گرفته است ، بنا بر این از نظر زمین ساختی و در نتیجه حرکات لرزه ای آرام نگرفته و برای نیل به تعادل ایزوستازی خود هنوز فعال است (زمردیان ۱۳۸۱، ص ۱۲۱).

طرح مسئله

زلزله های مخرب و فاجعه آمیز چند دهه اخیر نشان داد که ایران کشوری زلزله خیز است و هیچ نقطه ای از آن از خطر زلزله در امان نیست. از آنجا که متأسفانه برخی از شهر های ایران در حاشیه گسل ها شکل گرفته اند و حرکت های افقی یا عمودی آنها منجر به بروز زلزله در این گونه شهر ها یا نواحی پیرامون آنها می شود، از اینرو ضرورت پرداختن به علت وقوع زلزله و همچنین تأثیر گسل ها بر شهر های کشور به خوبی احساس می گردد، تا اولاً به مکان گزینی شهر ها و شناخت گسل ها دقت بیشتری شود و ثانیاً مقاوم سازی ساختمان ها با معیارهای علمی فراموش نشود.

روش کار

در این تحقیق ابتدا با توجه به منابع موجود به علت زلزله خیزی کشور و همچنین مقاوم نبودن ساختمان ها پرداخته می شود و سپس با توجه به تجربیات میدانی، بازدید های صحرایی، تصاویر ماهواره ای و همچنین نقشه های زمین شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰۰ ایران و ۱/۲۵۰۰۰۰ و ۱/۱۰۰۰۰۰۰ شهر های مختلف ، سعی خواهد شد برخی از شهر های مهم را که در حاشیه گسل ها ساخته شده و احتمال دارد در آینده با مشکل مواجه شوند، به صورت نمونه مورد مطالعه قرار گیرد.

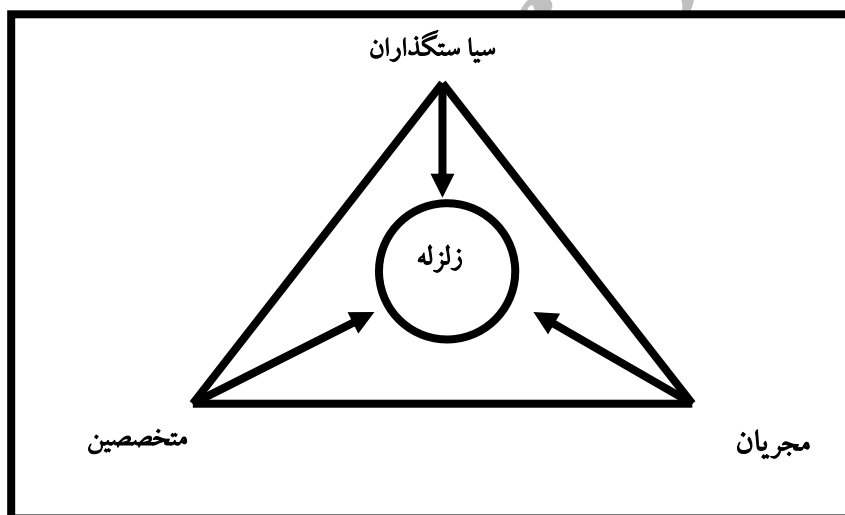
بحث

همان طور که اشاره شد، ایران بر روی یکی از کمر بندهای زلزله خیز دنیا واقع شده و گسل های کوچک و بزرگ متعددی هم در آن مشاهده می شود؛ از اینرو نسبت به کشورهای مجاور از توان لرزه خیزی بالاتری برخوردار است. بنابراین مکان گزینی شهر ها و ساخت و سازها باید از دقت بیشتری برخوردار باشد. به همین لحاظ مردم کشور ما باید اولاً زلزله را باور داشته باشند و آن را جدی بگیرند؛ ثانیاً آن را بشناسند و ثالثاً با مقاوم سازی ساختمان ها با آن کنار بیایند (مثل مردم ژاپن ، ایتالیا ...).

گسل های ایران برخی فعال و بعضی هم غیر فعال اند، ولی احتمال فعال شدن مجدد این گسل ها نیز وجود دارد. بدیهی است که حرکت این گسل ها در آینده هم ادامه خواهد داشت. بنابراین لازم است تا ایجاد شهر ها و آبادی ها در مسیر حاشیه گسل های اصلی و فعال ممنوع شود (خسرو تهرانی و درویش زاده ۱۳۶۳، ص ۲۰۱).

بنظر می رسد زلزله حلقه ای است که عواقب ناشی از آن به شیوه عملکرد سه گروه « سیاستگذاران، متخصصان و مجریان » بستگی دارد. بنا بر این اگر این سه گروه هماهنگ و خوب عمل کنند و وظیفه خود را به نحو احسن و مطابق با معیار های علمی انجام دهند، خطر زلزله بسیار کاهش پیدا می کند؛ در غیر این صورت زلزله در کشور ما خسارت بار و فاجعه آمیز خواهد بود. نتیجه این هماهنگی در مقایسه زیر به خوبی نمایان است. مثلاً بر اثر زلزله ۸/۸ ریشتری که در ساعت ۵ صبح روز جمعه چهارم مهر ماه سال ۱۳۸۲ در شرق جزیره هوکایدو در شمال ژاپن اتفاق افتاد و معادل ۵۱۲ بمب اتمی قدرت تخریب داشت، تنها یک نفر کشته، دو نفر مفقود و ۶۰۰ نفر زخمی شدند؛ ولی چرا زلزله های ۵ تا ۷ درجه ریشتری در کشور ما بین ۲۰ تا ۳۰ هزار کشته بر جای می گذارند؟ (کیهان ۱۳۸۲، ص ۵).

شکل ۱- میزان تخریب زلزله بستگی به شیوه عملکرد سه گروه سیاستگذاران، متخصصین و مجریان دارد



بر اساس آمار های موجود می توان ابراز نمود که ۸۰ درصد از زلزله های ایران در عمق صفر تا ۵۰ کیلومتری و ۱۲/۲ درصد در عمق بیش از ۵۰ کیلومتری اتفاق افتاده اند و عمق ۷/۸ درصد نیز محاسبه نشده است (درویش زاده ۱۳۷۰، ص ۸۰۷). بنابراین زمین لرزه هایی که در پهنه ایران زمین رخ می دهند، معمولاً از نوع سطحی و یا با عمق نرمال (حدود ۳۲ کیلومتر) بوده و به ندرت زلزله ای با عمق بیش از ۵۰ کیلومتر در کشور ما حادث شده است.

متأسفانه چون هیپوسانتر^۱ مربوط به زمین لرزه های ایران سطحی و کم عمق است، زلزله ها غالباً مخرب بوده و از قدرت تخریبی بالایی نیز برخوردارند، (مشابه زلزله های کشور ژاپن و...) از اینرو ساخت و سازهای غیر استاندارد، رعایت نکردن آیین نامه استاندارد معروف به آیین نامه استاندارد ۲۸۰۰ (کنترل و مقاوم سازی ساختمان ها)، حضور بساز و بفروش ها در صنعت ساختمان سازی، مکان گزینی غلط و ناصحیح اکثر شهر ها و استقرار آنها در حاشیه گسل ها،

^۱ -Hypocenter

بکار نگرفتن نیروهای انسانی ماهرو متخصص در ساخت وسازها، استفاده از مصالح نامرغوب و غیر استاندارد، و در یک کلام ساخت وساز غیرعلمی و بدون نظارت، ایمنی برخی از شهرها را از بین برده و در صورت بروز حادثه، وضعیت بسیار اسفناک و مصیبت بار خواهد بود.

ساختمانها را می توان در مقابل زلزله مقاوم ساخت به شرط این که زلزله و گسل را بشناسیم. این کار وقتی عملی خواهد بود که قبل از شهر سازی به آن توجه نماییم. ما امروزه در وضعیتی هستیم که متأسفانه اکثر شهرها در حاشیه گسلها احداث گردیده اند و بدون نظارت هم ساخته شده اند. در حال حاضر حدود ۸۰ درصد از ساختمانهای کشور در مقابل زلزله های شدید آسیب پذیر هستند و از حدود ۱۲ میلیون واحد مسکونی حدود ۷/۲ میلیون واحد آن نسبت به زلزله مقاومت کافی ندارند. حدود چهار میلیون خانه روستایی وجود دارد که به لحاظ بافت فرسوده خشت و گلی در مقابل زلزله ایمن و مقاوم نیستند. کیفیت پایین مصالح، تیپ مساکن، نداشتن الگوی مناسب و مقاوم ساختمان سازی در برابر زلزله، فرسودگی ساختمانها... نیز مزید بر علت می باشد. اکثر پیمانکاران فاقد صلاحیت ساخت وساز هستند و نظارت مستمر توسط مهندسين ناظر صورت نمی گیرد. حقیقت این است که برای مقابله با زلزله هیچ امری غیر از استحکام بناها کار ساز نیست.

شکل ۲- ساختمان پنج طبقه نوساز در شهر بم که بر اثر زلزله تخریب شده است



یک کارشناس ژاپنی می گوید: در کشور زلزله خیزی مثل ژاپن، ساختن ساختمانهای بتن آرمه بیش از چهارده طبقه مجاز نیست؛ در صورتی که در تهران زلزله خیز ساختمانهای بلندی حتی تا سی طبقه هم بنا شده است.

رابطه گسل و زلزله

شاید بتوان زلزله را به عنوان غم انگیز و مخوف ترین بلیه طبیعی قلمداد کرد؛ به ویژه این که تعداد زیادی از کشور های جهان سوم در معرض این بلیه قرار دارند. وجود شکست ها و گسل ها در بلوک های قاره ای از جمله عواملی هستند که در امتداد آنها انرژی های درون ساخت آزاد می شود و به همین خاطر در مجاورت آنها معمولاً زمین لرزه های شدیدی صورت می گیرد. از اینرو شناسایی گسل های موجود در هر کشور و جوان بودن و فعال بودن آنها کمک بزرگی در پرهیز از آنها است (رامشت ۱۳۷۵، ص ۴۲).

اصولاً گسل ها دارای توان لرزه ای نهفته و لرزه زا می باشند و در صورت رها سازی انرژی ذخیره شده، زلزله های کوچک و بزرگی را بوجود می آورند. بدون تردید بین گسل و زلزله رابطه نزدیکی برقرار است و قسمت اعظم زلزله ها بر روی گسل های قدیمی متمرکزند. این مسئله هم در گسل های بزرگ و هم در گسل های کوچک تقریباً صادق است. اگر گسل قبل از وقوع زلزله موجود باشد، پس لرزه در ایجاد آن نقشی نداشته و در این صورت زلزله تنها در فعال سازی مجدد گسل دخالت می کند.

به طور کلی می توان ابراز داشت که شکستگی یک گسل موجب شکستگی گسل دورتر نمی شود و شکستگی یک گسل ممکن است موجب تحریک گسل های منشعب از خود شود؛ ولی حتماً بر روی گسل های دور دست تأثیری ندارد. بررسی مناطقی گسلی بعد از وقوع زمین لرزه نشان می دهد که مقدار جابجایی های حاصل از زلزله از یک سانتی متر تا بیست متر تغییر می کند و هیچگاه زیاد تر از این حد نیست. پهنای منطقه تحت تأثیرده ها تا صد ها متر و طول آن از یک تا هزار کیلو متر در نوسان است. اصولاً در یک زلزله تمام منطقه گسلی شکسته نمی شود، بلکه بعضی از بخش ها در هم می شکنند و در عوض بخش های دیگر مقاومت می کنند (درویش زاده ۱۳۶۸، ص ۲۰).

اصولاً زلزله پدیده ای « انفجاری » است که در آن میلیون ها گسیختگی کوچک به دنبال هم روی می دهند و مانند یک « انفجار شیمیایی » میلیون ها واکنش شیمیایی دنبال هم در آن نقش دارند. جهت پی بردن به عظیم بودن قدرت یک زلزله می توان قدرت آن را با انفجار های ناشی از تی ان تی (TNT) مقایسه نمود. مثلاً انرژی زمین لرزه ای که شدت آن یک ریشتر می باشد، برابر با انرژی حاصل از انفجار ۱۷۰ گرم تی ان تی است. موج هایی که از چنین زمین لرزه ای منتشر می شود به قدری ضعیف است که فقط لرزه نگار می تواند آن را ثبت کند. در مقیاس ریشتر به ازای افزایش هر عدد، شدت زمین لرزه ۳۱ بار بیشتر از عدد قبلی می شود. برای مثال: زمین لرزه ای با بزرگی دو ریشتر ۳۱ بار قوی تر از زمین لرزه ای با بزرگی یک ریشتر است. زمین لرزه ای با بزرگی هشت ریشتر نیز $31 \times 31 \times 31$ یا ۳۰۰۰۰ بار قوی تر از زمین لرزه ای با بزرگی پنج ریشتر است. به این ترتیب وقتی که بزرگی زمین لرزه ای ۹ ریشتر باشد، قدرت آن برابر با انرژی حاصل از انفجار ۱۵۰ میلیون تن تی ان تی می شود (امیر حسینی ۱۳۷۴، ص ۲۴).

رابطه گسل و زلزله دو طرفه است. وجود گسل های زیاد در یک منطقه جدید موجب بروز زلزله جدید است. زلزله مزبور گسل جدیدی را بوجود می آورد و در نتیجه تعداد شکستگی ها زیاد تر شده و به این ترتیب قابلیت زلزله زایی منطقه افزایش می یابد. ادغام و ترکیب گسل های کوچک در طی زمان به ساختمان اصلی گسل ها در مکان مرتبط است.

ناگفته نماند که گسل ها همیشه خسارت و مصیبت برای انسان به ارمغان نمی آورند، بلکه بعضاً اثرات مثبتی هم به دنبال دارند. به عنوان مثال گسل ها در بسیاری از نقاط عامل انتقال آب به سطح زمین می باشند و لذا پیدایش برخی آبادی ها و شهر های امروزی در کنار گسل ها و همچنین وجود ذخایر معدنی ارزشمند را در محل گسل ها می توان ناشی از نقش مثبت گسل ها دانست.

شهرها و گسل ها

متأسفانه اکثر نواحی پر جمعیت کشور ما در مناطق زلزله خیز واقع شده اند. زیرا بیشتر شهر های بزرگ در پای ارتفاعاتی بنا گردیده که به وسیله گسل های مهم و غالباً سراسری از دشت جدا شده اند. در مورد شهر های کوچک و روستاها نیز چشمه ها و منابع آبی که عمدتاً از طریق مناطق شکسته شده و گسلی تأمین می شوند، عامل اصلی مکان گزینی آنها بوده اند. بنابر این بیشتر مناطق مسکونی در حریم گسل ها استقرار یافته اند.

گاهی فاصله شهر ها تا گسل ها به قدری نزدیک است که اکثر گسل ها نام خود را از شهر ها و آبادی های مجاور خود به عاریه گرفته اند که از آن جمله می توان به گسل های آستارا، اشتهارد، میناب، قصر قند، قم، تبریز، کاشمر و درونه، شهر ری، گرگان، سفیدابه، نصرت آباد، زاهدان، کرج، شمال تهران، دامغان، بم، نیکشهر، گلباف، خاش، نهبندان، نای بند، کلمرد، بشاگرد، سراوان، ارومیه، سمنان، آبیگ، فیروز کوه، شاهرود، میامی، بافت، جیرفت، کازرون، اشاره نمود (نگارش و خسروی ۱۳۷۷، صص ۱۲۸-۱۲۳).

با در نظر گرفتن طول گسل های فعال کشور و منطقه خطر آنها (۲۰ کیلومتر اطراف گسل ها)، ۳۵ درصد از مساحت ایران با خطر جدی زمین لرزه مواجه است. بر اساس آمار های تهیه شده، پتانسیل زلزله خیزی شهر های ایران با توجه به فاصله آنها از گسل ها به شرح زیر است:

- حدود ۱۶/۶ درصد از شهر های ایران بر روی خط گسل و یادر امتداد آن واقع شده و به جز یک یا دو مورد، اکثر آنها زلزله های بیش از شش ریشتر را تجربه کرده اند.
- تقریباً ۶۸ درصد از شهر های کشور در حریم یک تا ۳۰ کیلومتری گسل ها قرار گرفته اند و این بدان معنی است که این گروه از شهر ها به علاوه گروه قبلی از نظر پهنه بندی خطر نسبی در پهنه با شتاب های بالا واقع اند.
- همچنین ۹/۱ درصد از شهر های این مرز و بوم در فاصله ۳۰ تا ۵۰ کیلومتری (یعنی پهنه با شتاب های متوسط) استقرار یافته اند.
- بالاخره باید ابراز داشت که ۶/۳ درصد از سکونتگاه های شهری ایران در فواصلی بیش از ۵۰ کیلومتری واقع شده و به این ترتیب در پهنه با شتاب های پایین قرار می گیرند (زمردیان ۱۳۸۱، صص ۱۳۶).

لازم به توضیح است که منظور از «پهنه با شتاب های بالا»، فاصله صفر تا ۳۰ کیلومتری گسل های کواترنر و لرزه زا، «پهنه با شتاب های متوسط» فاصله ۳۰ تا ۵۰ کیلومتری گسل های مذکور و «پهنه با شتاب های پایین» فواصل دورتر از ۵۰ کیلومتری گسل ها می باشد (پور کرمانی و آراین ۱۳۷۶، صص ۱۷۹). ناگفته نماند که ارقام فوق کاملاً قطعی نبوده و شرایط استثنایی را نیز دربر می گیرند؛ زیرا برخی از شهر ها که روی گسل واقع شده تا کنون زلزله شدید و مخربی نداشته اند (مثل آستارا، یزد، اهواز، و امثال آن). برعکس بعضی از آنها که در فاصله نسبتاً دوری از گسل ها قرار دارند (مثل

ساری، قزوین، با بل، شیراز) زلزله های شدیدی را تجربه نموده اند. باید توجه داشت که این شهرها در داخل زاویه دو گسل و گاهی اوقات بر روی نیمساز داخلی دو گسل دور از خود قرار دارند و بنابر این شاید این عوامل در خرابی آنها مؤثر بوده است.

همان طور که قبلاً نیز اشاره شد، گسترش جغرافیایی زلزله های ایران را می توان با توجه به پراکندگی گسل ها و شهرها به شرح زیر مورد بررسی قرارداد:

الف- کمر بند غربی و جنوب غربی ایران (زاگرس):

این منطقه از نظر وقوع زلزله دارای فرکانس بالایی بوده و $50/83$ درصد از زمین لرزه های یکصد سال اخیر ایران را دربر داشته است؛ اما بزرگی و شدت زلزله های این منطقه تا حدی کمتر از دو کمر بند دیگر است. در حالی که در کمر بند شمالی (به ویژه شرق البرز) و کمر بند شرقی ایران فرکانس و تعداد زمین لرزه ها به ترتیب کمتر شده ولیکن بزرگی و شدت آن ها بیشتر می شود. لذا بی دلیل نیست که زمین لرزه هایی نظیر طبرس در شرق و بجنورد و رودبار در شمال، فجیع ترین زلزله های ایران طی دهه های گذشته بوده اند.

رشته کوه زاگرس که با جهت شمال غربی - جنوب شرقی در جنوب غربی کشور ما واقع شده از لحاظ ساختمانی به سه زون «زاگرس پست، زاگرس چین خورده و زاگرس مرتفع» تقسیم می شود. آمار و ارقام ناشی از وقوع زلزله ها نشان می دهد که زاگرس چین خورده از لحاظ لرزه خیزی فعال تر از بقیه زون ها است.

تقریباً اکثر زمین لرزه های واقع در کمر بند غربی و جنوب غربی ایران در جنوب روراندگی زاگرس و در زاگرس چین خورده تمرکز یافته و گویای رابطه میان مناطق چین خورده و گسل خورده با نقاط فعال زلزله است. از مهم ترین نقاط اصلی زلزله خیز این کمر بند می توان به شمال شرقی بندر عباس، غرب کهنوج، شرق لار، منطقه قیر و کارزین، کازرون تا بوشهر، گچساران، شمال دزفول، غرب همدان، کرمانشاه، مسجد سلیمان، اشاره نمود (جدول شماره ۱). بنابر این همان طور که جدول فوق نشان می دهد، بسیاری از شهرها در پهنه خطر با شتاب بالا قرار دارند و باید برای آن ها چاره اندیشی شود. اما از آنجا که اکثر شهرها با چنین مشکلی مواجه هستند، چند شهر به صورت نمونه انتخاب و با کمک نقشه های زمین شناسی و تصاویر ماهواره ای $1:1000000$ ایران و با استفاده از نرم افزار Excel نقشه این گونه شهرها جهت درک بهتر موقعیت آنها بازسازی و ترسیم شده است که ذیلاً به شرح برخی از آنها می پردازد:

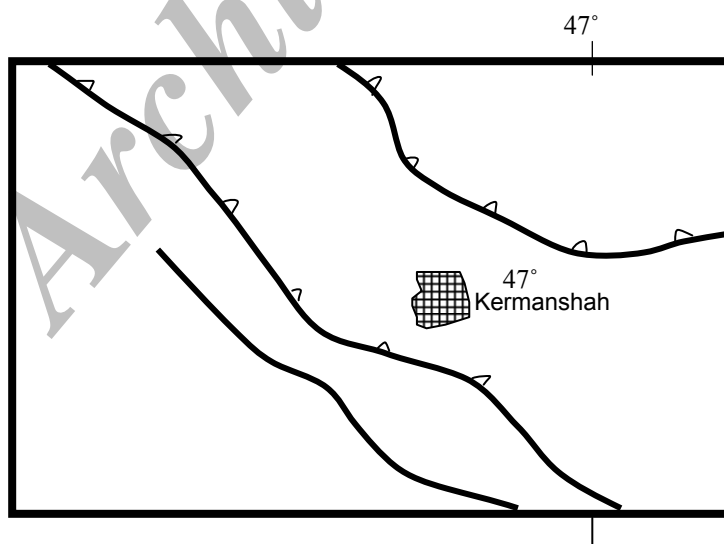
۱- کرمانشاه:

شهر کرمانشاه که در غرب ایران و در حد فاصل زاگرس مرتفع و چین خورده قرار دارد، توسط گسل ها از شمال و جنوب احاطه شده است. گسل سراسری زاگرس (تراست زاگرس) تقریباً از ده کیلومتری شمال و گسل رورانده دیگری نیز از پنج کیلومتری جنوب آن می گذرد.

جدول ۱- فاصله تقریبی چند شهر تا گسل های اطراف آنها در زاگرس (به صورت نمونه)*

نام شهر	فاصله از گسل به کیلومتر	نام شهر	فاصله از گسل به کیلومتر	نام شهر	فاصله از گسل به کیلومتر
داراب	۱۲	لار	۱۵	اندیمشک	۲۰
استهبان	۳	قیر	۵	مهران	۲۵
فیروز آباد	۱۲	سمیرم	۵	الیگودرز	۲۰
شیراز	۲۰	بروجن	۱۰	اهواز	روی گسل
نیریز	۵	درود	۴	کرمانشاه	۱۰
کازرون	۱۵	رامهرمز	۳	کنگاور	۳
ياسوج	۷	بهبهان	۲۰	همدان	۱۰
برازجان	۱۲	بندر دیلم	۱۵	اسلام آباد	۶
بلداجی	۷	ملایر	۱۰	امیدیه	روی گسل
سروستان	۹	بستان	۱۰	میانه	۱۱
بندرعباس	۲۵	مسجد سلیمان	روی گسل	سنندج	۳
بندر لنگه	۱۰	ایذه	۶	صحنه	روی گسل
جهرم	۱۶	دزفول	۲۰	سقز	۸

شکل ۳- گسل های رورانده ای که شهر کرمانشاه را احاطه کرده اند



* فاصله ها با استفاده از نقشه های زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰۰، ۱:۲۵۰۰۰۰، ۱:۱۰۰۰۰۰۰ زمین شناسی ایران و مناطق مختلف و همچنین تصاویر ماهواره ای ۱:۱۰۰۰۰۰۰ ایران محاسبه شده است. لازم به ذکر است که به دلیل یکسان نبودن تاریخ تهیه نقشه ها و همچنین رشد تدریجی شهر ها، ارقام ذکر شده تقریبی است و خیلی دقیق نمی باشد.

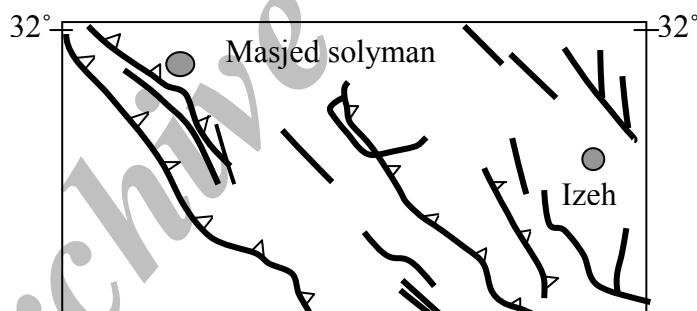
جهت گسل رورانده و سراسری زاگرس که در شمال کرمانشاه قرار دارد، و همچنین گسل رورانده دیگری که در جنوب شهر واقع شده، شمالغربی - جنوبشرقی است. طول گسل سراسری زاگرس که بخشی از آن می تواند از سمت شمال، شهر کرمانشاه را تحت تأثیر قرار دهد تقریباً ۱۳۵۰ کیلومتر و طول گسل جنوبی شهر حدود ۲۵۰ کیلومتر می باشد. شهر کرمانشاه همان طور که در شکل شماره (۲) نمایان است در بین دو گسل بزرگ و طولانی قرار دارد و فعالیت این گسل ها می تواند خطراتی را برای این شهر بزرگ که سابقه زلزله ۷ تا ۷/۵ ریشتری را در کارنامه خود دارد، بدنبال داشته باشد.

۲- مسجد سلیمان:

مسجد سلیمان که در زون زاگرس چین خورده و در جنوبغربی کشور واقع شده از شرق، جنوب، غرب، جنوبغربی و شمالغربی توسط گسل ها احاطه شده است. این گسل ها غالباً از نوع گسل های رورانده^۱ هستند و شهر را در وضعیت بحرانی قرار داده اند.

شهر مسجد سلیمان متأسفانه بر روی گسل واقع شده و گسل های پیرامون آن نیز فاصله بسیار کمی تا شهر دارند و با توجه به این که شهر در زاویه بین این گسل ها واقع است، بنظر می رسد باید چشم انتظار وقوع زلزله و فعالیت گسل ها در آینده باشد و زلزله های گذشته و همچنین زلزله های مکرر زمستان ۱۳۸۲ مسجد سلیمان وایده دلیلی بر این مدعا است.

شکل ۳- گسل های اطراف شهر مسجد سلیمان



طول گسلی که در جنوب، غرب و شمالغربی شهر مسجد سلیمان واقع است، حدود ۱۳۰ کیلومتر می باشد و جهت شمالغربی - جنوبشرقی دارد.

۳- داراب:

شهر داراب که در زاگرس چین خورده و در جنوب مرکزی ایران قرار دارد، از شمال، غرب و شمال غرب توسط چندین گسل احاطه شده است. طول اکثر گسل هایی که در شمال این شهر واقع شده از ۲۰ کیلومتر بیشتر است و گسل سرتاسری زاگرس (تراست زاگرس) که ۱۳۵۰ کیلومتر طول دارد از حدود ۵۰ کیلومتری شمالشرقی این شهر می گذرد.

^۱ - Thrust

شکل ۴- گسل های پیرامون شهر داراب



جهت گسل های شمال این شهر اکثراً شمالغربی - جنوبشرقی است و از نوع راستگرد می باشند. نزدیک ترین گسل به شهر حدود ۸ کیلومتر از آن فاصله دارد. بنا بر این فعال شدن گسل های فوق الذکر به ویژه گسل های شمال این شهر می تواند برای داراب و همچنین شهر های مجاور مثل نی ریز و استهبان خطر آفرین و مشکل ساز باشد.

ب- کمر بند شمال ایران (البرز):

این کمر بند که یکی از مناطق پر تحرک زلزله در ایران می باشد و از شمالغربی تا شمالشرقی کشور را در بر می گیرد از نظر فرکانس و شدت وقوع زلزله از توان بالایی برخوردار است؛ ولی شرق البرز (یعنی از تهران تا مشهد) بسیار فعال تر از غرب آن می باشد.

در این کمر بند نیز اکثر شهر ها فاصله چندانی تا گسل ها ندارند و در صورت فعال شدن گسل ها، حیات ساکنین آنها به خطر خواهد افتاد (جدول شماره ۲).

بنا بر این جدول فوق نشان می دهد که اکثر شهر ها در پهنه خطر با شتاب بالا قرار دارند که وضعیت چند شهر را در این کمر بند به صورت نمونه مورد بررسی قرار می دهیم:

۱- تهران:

تهران بر روی ۱۵ گسل کوچک و بزرگ قرار دارد که سه گسل عمده آن را تهدید می کند:

گسل شمال تهران که از لشگرک و سوهانک شروع شده و تا فرحزاد و حصارک و از آن جا به سوی غرب تهران امتداد می یابد. این گسل در مسیر خود نیاوران، تجریش، زعفرانیه، الهیه و فرمانیه را در بر می گیرد.

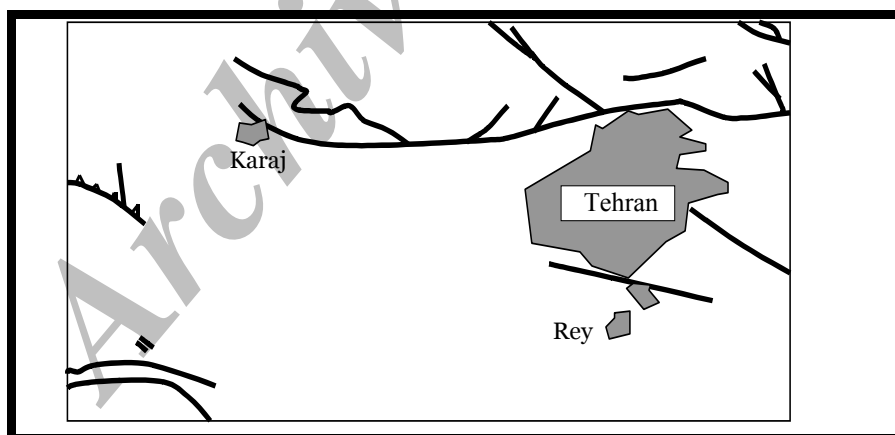
گسل ری یا جنوب تهران که پیش بینی می شود در صورت وقوع زلزله خطرناک ترین گسل کشور باشد از جاده خاوران شروع و با گذر از دولت آباد و حرکت روی جاده کمر بندی تهران در حوالی کوره های آجر پزی چهار دانگه به پایان می رسد.

گسل شرق تهران که با گذر از سرخه حصار و بزرگراه شهید با بایی تا مجیدیه و سید خندان کشیده شده است (شکل شماره ۵).

جدول ۲- فاصله تقریبی برخی از شهرها تا گسل های مجاور

نام شهر	فاصله از گسل به کیلو متر	نام شهر	فاصله از گسل به کیلو متر	نام شهر	فاصله از گسل به کیلو متر
آستارا	روی گسل	تهران	روی گسل	فریمان	۸
فومن	۱۵	چالوس	۳	مشهد	۲
اردبیل	۱۷	آمل	۱۲	قوچان	۱۱
سراب	۱۳	کردکوی	۳	شیروان	۱۲
میانه	روی گسل	گرگان	روی گسل	بجنورد	۶
تبریز	۵	جاجرم	۲	اسفراین	۱۰
زنجان	۱۰	شاهرود	۱۰	نیشابور	۱۳
سلطانیه	۵	دامغان	۵	گنبد کاووس	۱۸
ابهر	۵	سمنان	۱۰	فیروز کوه	۵
قزوین	۲۸	مینودشت	۸	سبزوار	۵
لاهیجان	۱۲	میامه	۴	ورامین	۱۰
رامسر	۲	تربت جام	۱۳	بندر انزلی	۱۴
کرج	۳	چناران	۸	ماکو	۱۵

شکل ۵- برخی از گسل های عمده پیرامون شهر تهران براساس نقشه های زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰۰ ایران که در سال ۱۹۷۷ منتشر شده و با وضعیت فعلی شهر تهران کمی متفاوت است.



پیش بینی کارشناسان حاکی از آن است که در صورت بروز زلزله ۷ ریشتری در تهران، بیش از ۱۲۰ میلیارد دلار خسارت ببار خواهد آمد و ۵۶ درصد مراکز آموزشی، ۵۲ درصد بیمارستان ها، ۵۰ درصد ایستگاه های آتش نشانی و ۴۰ درصد ساختمان های دولتی ویران خواهد شد.

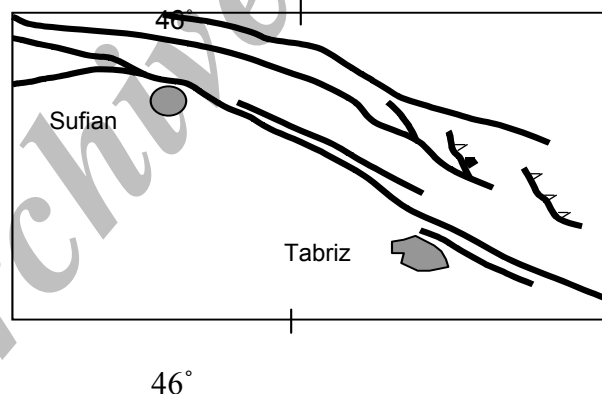
پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی ایران تأکید کرده است که در صورت فعال شدن گسل های تهران و وقوع زلزله ۹۵ درصد ساختمان های شهر بیش از ۶۰ درصد دچار خسارت می شوند و ۱۲۰۰۰۰۰ نفر زخمی و ۴۰۰۰۰۰ نفر کشته بدنبال خواهد داشت (به دلیل تراکم زیاد جمعیت و فرسودگی و غیر استاندارد بودن ساختمان ها).

از سوی دیگر بر اساس آمار اعلام شده توسط کمیته ملی کاهش بلا یای طبیعی، در صورت بروز زلزله ۷ درجه ریشتری در تهران، در دقایق اولیه ۱/۵ میلیون نفر کشته خواهند شد (غفوری آشتیانی ۱۳۸۲، ص ۱)؛ بنابراین تهران و شهر های اطراف آن باید چشم به راه رویداد زمین لرزه های شدید باشند که دیر یا زود اتفاق خواهد افتاد. مطالعات کارشناسان ژاپنی حکایت از آن دارد که در صورت بروز زلزله در تهران عمق فاجعه چنان عمیق خواهد بود که یکی از مخرب ترین فجایع تاریخ را رقم می زند.

۲- تبریز:

شهر تبریز به عنوان یکی از کلان شهر های ایران، به دلیل همجواری با گسل ها از توان لرزه خیزی بالایی برخوردار است و زلزله های شدید سال های ۲۴۴، ۴۳۴، ۶۷۱، ۱۰۵۰، ۱۰۵۶، ۱۱۳۳، ۱۱۳۴، ۱۱۴۰، ۱۱۹۴ هجری قمری که در هر کدام بخش یا تمامی شهر تبریز ویران شده، گواه این موضوع است (سا عد، ۱۳۷۸، صص ۱۴۴-۱۴۲). گسل تبریز که یک گسل امتداد لغز راستگرد است از کو های زنجان-سلطانیه در ایران تا کوه های آزارات در ترکیه تداوم دارد و تقریباً ۵ کیلو متری شمال شرقی تبریز عبور می کند و پس از گذشتن از خوی به طرف ماکو ادامه می یابد.

شکل ۶- موقعیت شهر تبریز نسبت به گسل های پیرامون آن

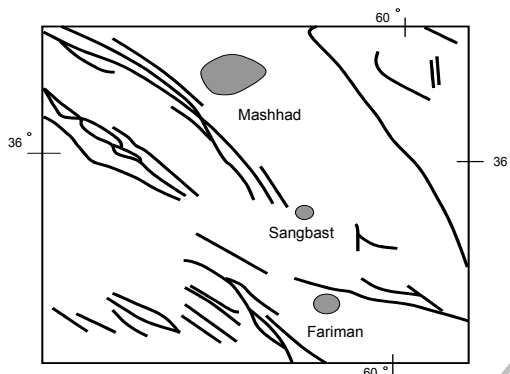


گسل تبریز مهم ترین گسل شمالغرب کشور است که فعالیت خود را از اوایل دینین شروع کرده و حدود ۶۰۰ کیلو متر طول دارد. آخرین فعالیت این گسل به حدود ۸۰ سال قبل بر می گردد و در صورت فعالیت مجدد، شهر های تبریز، صوفیان و را با خطر جدی مواجه خواهد ساخت.

۳- مشهد:

شهر مشهد که در یک چاله ساختمانی در شمال شرقی ایران واقع شده، از شرق و جنوب شرقی، با یک گسل حدود ۱۰۰ کیلومتری تقریباً ۲۰ کیلومتر واز جنوب و جنوب غربی با گسلی که حدود ۹۰ کیلومتر طول دارد، تقریباً ۲ کیلومتر فاصله دارد. جهت این گسل ها شمال غربی- جنوب شرقی است و شرق و غرب شهر مشهد را احاطه کرده اند.

شکل ۷- گسل های اطراف شهر مشهد



گسل جنوبشرقی حرکت راستگرد و گسل جنوبغربی شهر مشهد به صورت رورانده است. فعالیت هر کدام از این گسل ها می تواند خطرات جدی برای شهر چند میلیونی مشهد در پی داشته باشد و سوابق تاریخی نیز از وقوع زلزله های مخرب در این شهر حکایت دارد.

ج- ارتفاعات شرق و مرکز ایران:

این منطقه گرچه مشابه البرز و زاگرس نوار ممتدی را تشکیل نمی دهد، ولی هسته های فعال زلزله خیزی مثل طبس، گلباف، گنا باد، فردوس، قائنات، سفیدابه، نهبندان، راور و در این قسمت قرار دارند. فاصله شهر ها از گسل ها در شرق و مرکز ایران هم بهتر از سایر مناطق نیست و رعایت استاندارد های لازم در این زمینه نشده است (جدول ۳).

جدول ۳- فاصله تقریبی شهرها تا گسل های مجاور در منطقه

نام شهر	فاصله از گسل به کیلو متر	نام شهر	فاصله از گسل به کیلو متر	نام شهر	فاصله از گسل به کیلو متر
کاشان	۲۲	فردوس	روی گسل	نیکشهر	۵
نهبندان	۱۲	انار	۳	سراوان	۲۸
زواره	۲۵	گنا باد	۱۲	درونه	۵
اردکان	۳۰	ترت حیدریه	۷	بم	روی گسل
انارک	۷	کا شمر	۴	شهداد	۲۰
عقدا	۱۰	بردسکن	۲	راور	روی گسل
خور	۱۵	قائن	۱۲	کرمان	۱۳
طبس	۲۰	نائین	۷	رفسنجان	۳۲
بیرجند	۱۴	ساوه	روی گسل	ایرانشهر	۳۰
نای بند	روی گسل	قم	۳	خاش	۱۲
دهوک	۲	قصر قند	۸	میرجاوه	۷

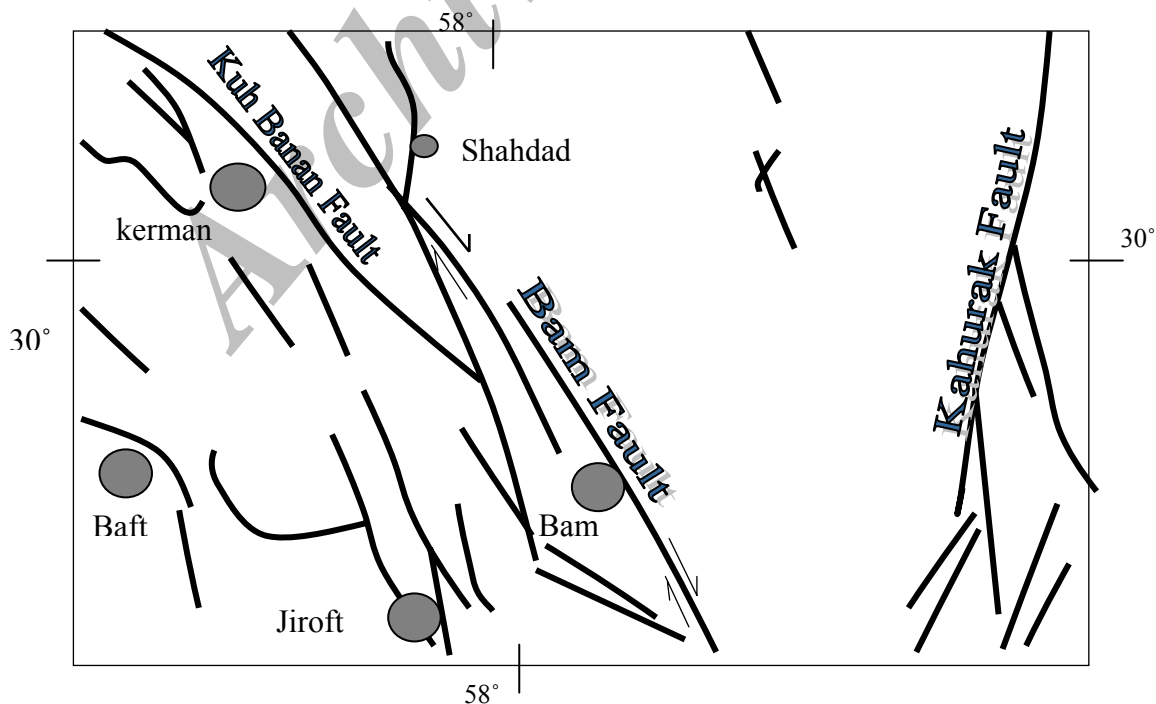
جدول فوق حکایت از آن دارد که اکثر شهرها در پهنه خطر با شتاب متوسط تا بالا قرار گرفته اند که در مکان گزینی شهرهای جدید باید به این مسئله توجه جدی شود و اشتباهات قبلی تکرار نگردد و لذا به منظور مشخص شدن رابطه شهرها و گسل ها در این قسمت از ایران، وضعیت چند شهر به صورت نمونه مورد بررسی قرار می گیرد:

۱- بم:

شهر بم که در بیابان لوت و در استان کرمان قرار دارد در زلزله ساعت ۵:۲۶:۲۶ بامداد روز جمعه ۸۲/۱۰/۵ با بیش از ۵۰۰۰۰ نفر کشته و هزاران نفر مجروح متأسفانه فاجعه آمیزترین حادثه درد ناک سال ۱۳۸۲ ایران را رقم زد و ظرف حدود ۱۲ ثانیه شهر ونواحی پیرامون آن به ویرانه ای تبدیل گردید. بزرگی این زلزله ۶/۵ درجه ریشتر و موقعیت کانونی این زمین لرزه ۰۱' ۲۹° درجه عرض شمالی و ۲۶' ۵۸° درجه طول شرقی و در حدود ۱۰ کیلومتری جنوبغربی شهر بم بوده است (امینی ۱۳۸۲، ص ۲).

بنا به گفته دکتر غفوری آشتیانی رئیس پژوهشگاه زلزله شناسی کشور در تاریخ ۸۲/۱۰/۱۱ از شبکه خبر، علت اصلی زلزله بم، فعال شدن گسل بم و احتمالاً گوک^۱ یا گلپاف می باشد. طول گسل بم ۱۱۶ کیلومتر است که فقط ۳۰ کیلومتر آن فعال گردیده است. این گسل حداقل ۱۰۰ کیلومتر طول دارد و در سال اخیر فعالیت تخریبی نداشته و سالم ماندن ارگ تاریخی بم دلیل این مدعا است. جهت اصلی گسل مذکور که بین بم و بروات قرار دارد تقریباً شمالی- جنوبی است؛ در صورتی که جهت فعالیت اخیر آن حدوداً شمالشرقی - جنوبغربی تخمین زده شده است. حرکت عادی این گسل امتداد لغز راستگرد است (واکر و جکسون ۲۰۰۲، ص ۱۶۸۰). ولی در زلزله اخیر علاوه بر حرکت افقی، حرکت عمودی و جانبی نیز وجود داشته و به همین دلیل هم بر میزان خرابی منطقه افزوده شده است.

شکل ۸- موقعیت گسل بم و سایر گسل های پیرامون آن



^۱ - Gowk

همان طور که در شکل شماره (۸) نمایان است، گسل بم از حاشیه شرقی شهر بم می گذرد و گسل های گوک یا گلباف با جهت تقریباً شمالغربی - جنوبشرقی و همچنین گسل کوه بنان کرمان با حرکت راستگرد خود در غرب، و گسل کهورک با جهت تقریباً شمالی - جنوبی در شرق آن قرار دارند و حرکت هر کدام از این گسل ها در آینده نیز می تواند برای این شهر خطر ساز و مشکل آفرین باشد.

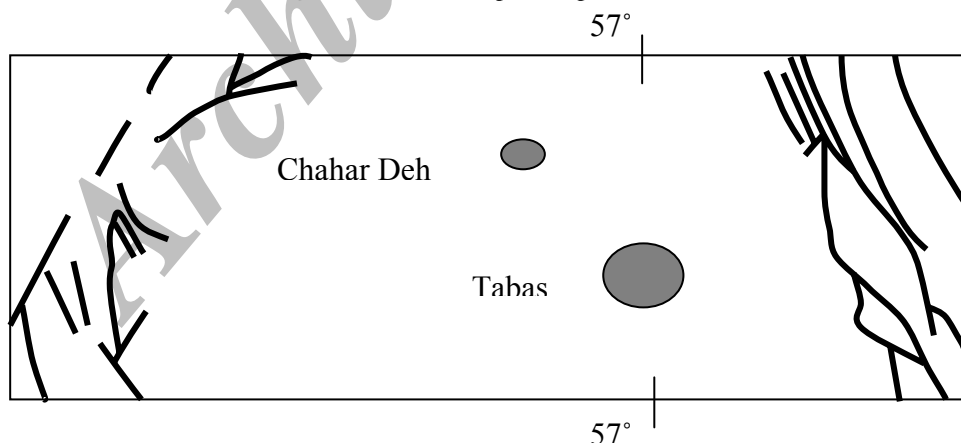
با توجه به این که کانون زلزله در عمق ۸ کیلو متری زمین بر آورد گردیده، بنا بر این زلزله کاملاً سطحی و از قدرت تخریبی بسیار بالایی برخوردار بوده، به طوری که پهنه ای به طول حدود ۳۰ کیلومتر (تقریباً شمالی - جنوبی) و عرض حدود ۲۰ کیلومتر (تقریباً شرقی - غربی) ۶۰ تا ۱۰۰ درصد تخریب شده است.

یکی از مشکلات بزرگ زلزله بم که باعث بالا رفتن میزان تلفات جانی شد، این بود که در دقایق اولیه وقوع حادثه، ساختمان هایی مثل بیمارستان، شهرداری، فرمانداری، سازمان های آب، برق، آتش نشانی، هلال احمر و ... که خود می بایست در امر امداد رسانی به زلزله زدگان مدد رسان دیگران باشند، تخریب شدند و همین موضوع باعث به تأخیر افتادن کمک رسانی گردید که این حکایت از ضعف بودن مدیریت بحران در کشور ما و در هنگام وقوع حوادث و بلایای طبیعی دارد. می توان ابراز داشت که مدیریت بحران از کشور خود دچار بحران است و باید برای آن چاره اندیشی شود.

۲- طبس:

شهر طبس که در ایران مرکزی و در حاشیه بیابان لوت قرار دارد از شرق، غرب و شمال توسط گسل ها احاطه شده است. گسل بزرگی که در شرق این شهر قرار دارد، گسل نای بند است که جهت شمالی - جنوبی دارد و حرکت آن راستگرد و طول آن تقریباً ۶۰۰ کیلو متر می باشد. گسل کلمرد گسل بزرگ دیگری است که تقریباً جهت شمالشرقی - جنوبغربی دارد و در غرب این شهر واقع شده و بیش از ۳۰۰ کیلومتر طول دارد و حرکت آن نیز راستگرد است.

شکل ۹- گسل های اطراف شهر طبس



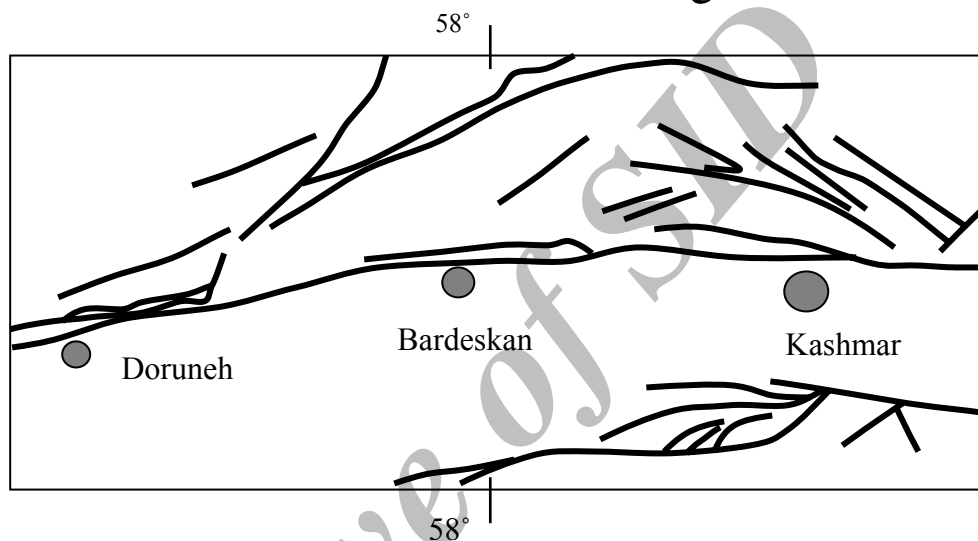
همان طور که در شکل شماره (۹) نمایان است، این شهر از شرق تا گسل نای بند حدود ۲۰ کیلومتر و از سمت غرب تا گسل کلمرد حدود ۵۰ کیلومتر فاصله دارد. بنا بر این شهر از سمت شرق بیشتر تهدید می شود. فعال شدن گسل نای بند و کلمرد که هر دو از گسل های فعال کواترنر هستند، می تواند حیات این شهر را با خطر مواجه سازد. شهر طبس

سابقه زلزله های فراوانی دارد که از آن جمله می توان به زلزله ۷/۴ ریشتری ۵۷/۶/۲۵ که حدود ۱۹۶۰۰ نفر کشته بر جای گذاشت و باعث نابودی شهر طبس و حدود ۹۰ روستا گردید، اشاره نمود.

۳- کاشمر:

شهر کاشمر که در حاشیه بیابان لوت و در دامنه جنوبی گسل کاشمر (گسل درونه یا گسل کویر بزرگ) قرار دارد، از جمله شهر هایی است که از توان لرزه خیزی نسبتاً بالایی برخوردار است. حرکت این گسل متغیر (راستگرد، چپگرد...) است و طول آن حدود ۷۰۰ کیلومتر می باشد.

شکل ۱۰- واقع شدن شهر های کاشمر و بردسکن در دامنه جنوبی گسل درونه



شهر های کاشمر و بردسکن تقریباً ۲ الی ۴ کیلومتر تا گسل مذکور و حدود ۱۵ کیلومتر تا گسل های جنوبی فاصله دارند و بنابراین این دو شهر توسط گسل ها احاطه شده و در گذشته هم زلزله در آنها اتفاق افتاده است (مثل زلزله ۳/۷ ریشتری ساعت ۱۹ و ۸ دقیقه شب ۱۱ بهمن ۱۳۸۲ بردسکن و...).

نتیجه گیری:

وجود گسل ها و زلزله های متعدد در ایران نشان می دهد:

- ۱- چون ایران بر روی کمر بند زلزله واقع شده و گسل های فراوانی در آن وجود دارد، بنابراین فعالیت گسل ها و وقوع زلزله در ایران اجتناب ناپذیر است؛
- ۲- اکثر زلزله های ایران سطحی هستند و از قدرت تخریبی بالایی برخوردار می باشند؛
- ۳- از ساخت شهر ها در کنار گسل ها باید پرهیز کرد و فاصله قانونی را رعایت نمود، زیرا فعالیت گسل ها موجب تخریب شهر ها می شود و توسعه این گونه شهر ها از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه نیست؛
- ۴- اکثر ساختمان های ایران قدیمی و غیرمقاوم هستند و بنابراین ساختمان ها باید در مقابل فعالیت گسل ها مقاوم و ایمن باشند و از مصالح مخصوص، سبک و ضد زلزله در ساخت آنها استفاده شود؛

- ۵- باید کنترل و نظارت بیشتری بر امر ساخت و سازها صورت گیرد و ساختمان سازی صرفاً توسط متخصصین با صلاحیت و آن هم با کسب مجوزهای قانونی و نظارت ارگان‌های مربوطه انجام شود و نه توسط افراد سودجو؛
- ۶- باید به مکان‌گزینی شهرها بیشتر توجه کرد و برنامه ریزی آنها با اصول و معیار علمی انجام گیرد؛
- ۷- مقاوم سازی ساختمان‌های دولتی و خصوصی در مقابل فعالیت گسل‌ها تنها با بخش مسکن عملی نیست و نیاز به یک عزم ملی دارد؛
- ۸- فقر باعث اسکان بی‌رویه و ساخت و سازهای بدون کنترل و با کیفیت پایین در حاشیه شهرها می‌شود که خود در هنگام فعالیت گسل‌ها و وقوع زلزله فاجعه آمیز خواهد بود؛
- ۹- باید سطح آگاهی جامعه را در رابطه با شناخت و نحوه فعالیت گسل‌ها بالا برد و مقاوم سازی ساختمان‌ها را افزایش داد و به مردم تاکید کرد که هزینه ایمن سازی ساختمان‌ها به مراتب کمتر از هزینه زیبا سازی آنها است؛
- ۱۰- زلزله طبس در واقع فدای تب و تاب‌های وقایع بحبوحه انقلاب اسلامی گردید و زلزله رودبار و منجیل هم به دلیل مشکلات بازسازی مناطق جنگ‌تحمیلی به بوته فراموشی سپرده شد و لذا امید می‌رود از این دو حادثه درس بگیریم و زلزله بم را به علت تنش‌های سیاسی و انتخاباتی مورد بی‌مهری و کم‌توجهی قرار ندهیم؛
- ۱۱- ما از زلزله‌های اخیر و به ویژه زلزله مصیبت بار بم تجربه‌های زیادی کسب کردیم. آموختیم که هنوز نیاموخته ایم و آموختیم که همواره مقطعی می‌اندیشیم و هنگام بروز حوادث احساسی شده و شعار می‌دهیم و پس از فروکش کردن التهاب و تب و تاب حادثه، به تدریج آن را به بوته فراموشی می‌سپاریم*، یاد گرفتیم که هنوز از دانش فنی روز استفاده بهینه نمی‌کنیم و آگاه شدیم که مدیریت بحران ما پس از وقوع حادثه از نظم و انسجام خوبی برخوردار نیست و خود دچار بحران است.

* مثلاً حدود دوازده سال پیش بحث تغییر پایتخت به دلیل گسل‌های فراوان و احتمال وقوع زلزله در تهران مطرح ولی به تدریج فراموش شد؛ اما با وقوع زلزله بم دوباره به یاد آن افتادیم و.....

منابع و مآخذ:

- ۱- آسیموف، آیزاک (پاییز ۱۳۷۴) زمین لرزه (مجموعه نگاهی به تاریخ علم)، ترجمه نسرین امیر حسینی، انتشارات فاطمی، چاپ ششم.
- ۲- امینی حسینی، کامبد و محمدرضا مهدویفر، محمد کشاورز بخشایش، معصومه رخشنده (۱۳۸۲/۱۰/۱۶) گزارش فوری و مقدماتی پدیده های زمین شناسی مهندسی و ژئوتکنیک مرتبط با زلزله ۱۳۸۲/۱۰/۵ بم، پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله.
- ۳- پور کرمانی، محسن و مهران آراین (زمستان ۱۳۷۶) سیزمو تکتونیک (لرزه ساخت)، انتشارات مهندسین مشاور دز آب.
- ۴- تصاویر ماهواره ای ۱:۱۰۰۰۰۰۰ ایران، مرکز سنجش از دور ایران، وزارت معادن و فلزات.
- ۵- خسروتهرانی، خسرو و علی درویش زاده (۱۳۶۳) زمین شناسی ایران برای دانشجویان مراکز تربیت معلم، وزارت آموزش و پرورش.
- ۶- درویش زاده، علی (پاییز ۱۳۶۸) آیا زمین لرزه را می توان پیش بینی کرد؟، مجله رشد آموزش زمین شناسی، شماره ۱۸.
- ۷- درویش زاده، علی (۱۳۷۰) زمین شناسی ایران، چاپ اول، انتشارات امیر کبیر تهران.
- ۸- رامشت، محمد حسین (۱۳۷۵) کاربرد ژئومورفولوژی در برنامه ریزی (ملی، منطقه ای، اقتصادی)، انتشارات دانشگاه اصفهان، چاپ اول.
- ۹- رمضانی گورابی، بهمن (۱۳۷۳) ابعاد جغرافیایی زلزله ۳۱ خرداد ۱۳۶۹ گیلان، مجموعه مقالات هشتمین کنگره جغرافیدانان ایران، جلد اول (طبیعی)، انتشارات دانشگاه اصفهان.
- ۱۰- زمردیان، محمد جعفر (۱۳۸۱) ژئومورفولوژی ایران، جلد اول، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.
- ۱۱- ساعدی بناب، جواد (۱۳۷۸) شناخت زلزله و پیش بینی زلزله تهران، انتشارات دانش و فن، چاپ اول.
- ۱۲- غفوری آشتیانی، محسن (۱۳۸۲) سه گسل عمده تهران را تهدید می کند، روزنامه شرق، شماره ۱۰۸.
- ۱۳- نقشه های زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰۰ ایران، شرکت ملی نفت ایران، ۱۹۷۷.
- ۱۴- نقشه های زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ و ۱:۱۰۰۰۰۰۰ شهرهای مختلف، سازمان زمین شناسی کشور.
- ۱۵- نقشه گسل های فعال ایران، خالد حسامی، رشاد جمالی، ادی طبسی، انستیتو بین المللی مهندسی زلزله، ۱۳۸۲.
- ۱۶- نگارش، حسین و محمود خسروی (۱۳۷۷) کلیات ژئومورفولوژی ایران، چاپ اول، انتشارات دانشگاه سیستان و بلوچستان، ۱۳۷۷.

17-Walker, Richard, James Jackson (2002) Offset and evolution of the Gowk fault, S.E. Iran: a major intra-continental strike-slip system. *Journal of Structural Geology* 24 p1677-1698.