

بررسی سکونتگاه‌های انسانی واقع در حریم گسل‌های فعال (مورد مطالعه استان کرمان)

نرجس سالاری - دانشجوی دکتری رشته مخاطرات ژئومورفولوژی، دانشکده علوم جغرافیایی و برنامه ریزی، دانشگاه اصفهان.
مژگان انتظاری* - دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم جغرافیایی و برنامه ریزی، دانشگاه اصفهان.
مصطفی خبازی - دانشیار ژئومورفولوژی، گروه جغرافیا، دانشگاه شهید باهنر کرمان.

پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۰۸/۱۹ تأیید نهایی: ۱۴۰۲/۰۱/۲۴

چکیده

وجود گسل‌های متعدد و فعال، استان کرمان را از جمله مناطق لرزه‌خیز قرار داده است. گسل کوهبنان، لکرکوه و ناینند در شمال کرمان، گسل گوک و شهرداد در مرکز و گسل‌های بم و سبزواران در جنوب استان جنباترین گسل‌های منطقه را تشکیل می‌دهند. آنچه در مورد گسل اهمیت دارد، بزرگی زمین‌لرزه احتمالی در اثر جنبش یک گسل و توان لرزه‌زایی گسل می‌باشد، تعیین حریم و پهنای گسل برای سکونتگاه‌های شهری و روستایی دارای اهمیت فراوان می‌باشد. وجود چندین شهر و هزاران روستا در حریم گسل و یا در شعاع چند کیلومتری آن در منطقه، که در خطر زلزله و مخاطرات ناشی از آن واقع شده‌اند ضرورت بررسی و تعیین حریم گسل‌ها را بیان می‌کند. تعیین حریم گسل بر اساس راستای حرکت و نوع گسل به روش IBC و پهنه‌بندی انجام می‌شود. در این پژوهش پس از شناسایی و بررسی گسل‌های فعال منطقه با تحلیل آماری توان لرزه‌زایی گسل‌ها با توجه به فرمول $MS = \log L + 5/4$ ، محاسبه شد. همچنین با تاکید بر راستای جابجایی گسل‌ها (راستالغز، کششی، معکوس) نقشه پهنای حریم گسل‌های مختلف به روش دوم (پهنه‌بندی) ترسیم گردید. سپس با انطباق حریم گسل‌ها و موقعیت قرارگیری مراکز جمعیتی شهری و روستایی، مناطق در معرض خسارات زلزله مشخص گردید. یافته‌های حاصل از پژوهش نشان می‌دهد شهرهای کوهبنان، کیانشهر، هجدک و بروات درست در حریم گسل و شهر گلباف در نزدیکی حریم گسل و همچنین صدها روستا در حریم گسل‌ها استقرار یافته‌اند.

واژگان کلیدی: لرزه‌خیزی، راستای جابجایی، توان لرزه‌زایی، حریم گسل، استان کرمان.

مقدمه

ایران بر روی یکی از کمربندهای زلزله خیز دنیا واقع شده و گسل‌های کوچک و بزرگ متعددی در آن مشاهده می‌شود، بنابراین نسبت به کشورهای مجاور از توان لرزه‌خیزی بالایی برخوردار است (نگارش، ۱۳۸۴). گسل‌ها در بخش‌های مختلف ایران مولفه اصلی در تخریب کانون‌های جمعیتی به شمار می‌آیند و به عنوان یکی از مخرب‌ترین پدیده‌هایی به شمار می‌آیند که می‌تواند آسیب زیادی به شهرها و جوامع انسانی برساند. زون لرزه‌زای باختر کویر لوت یکی از پرتحرک‌ترین بخش‌های ایران است و حدود ۵ میلی‌متر در سال حرکت راستالغز بین ایران مرکزی و کویر لوت را در خود جای می‌دهد (واکر و جکسن ۲۰۰۲، ورنانت و همکاران ۲۰۰۴).^۱ زمین‌لرزه، همواره به عنوان یکی از مخرب‌ترین عوامل آسیب‌رسان به جوامع و اوصاف شهرها، به حساب می‌آیند (بومر و همکاران ۲، ۲۰۰۴). زلزله آسیب‌های مستقیم کوچکی به انسان وارد می‌کند، آسیب وارد شده به ساختمان‌ها و یا فروپاشی آن‌ها ناشی از لرزش زمین و یا پارگی زمین، امنیت زندگی انسان را تهدید می‌کند، که این پیامدها در اغلب اوقات می‌تواند مخربتر از خود زلزله باشد. زمین‌لرزه می‌تواند به سیستم‌های ساختاری و غیر ساختاری ساختمان و لوازم جانبی آن‌ها آسیب شدیدی برساند (کیم ۳، ۲۰۱۴) به‌طور کلی مخاطرات طبیعی همچون زمین‌لرزه تهدید جدی برای بشر و سکونتگاه‌های او به‌شمار می‌روند. توجه به این نکته ضروری است که از بروز زمین‌لرزه نمی‌توان جلوگیری کرد، لیکن می‌توان تلفات و خسارات ناشی از وقوع آن را کاهش داد (محمدی و جاوید مغوان، ۱۳۹۵).

محققان بسیاری در این زمینه به مطالعه و تحقیق پرداخته‌اند که می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

زارع (۱۳۸۰) به بررسی خطر زمین‌لرزه و ساخت وساز در حریم گسل شمال تبریز و حریم گسل‌های ایران پرداخت. وی برای این کار از داده‌های مربوط به چندین زمین‌لرزه تاریخی استفاده کرد و با استفاده از رابطه $Mw = a + b \ln Q \cdot P$ بزرگای زمین‌لرزه احتمالی را برای گسل شمال تبریز را بین ۷ تا ۷/۸ ریشتر پیش‌بینی کرد و با استفاده از رابطه: $W = 10^{(a+b \log LR)} Q + P$ پهناهای به وسعت $3/1 \pm 0/7$ کیلومتری پیرامون گسل را حریم گسل تعیین کرد. عنابستانی (۱۳۸۷) به بررسی گسل درونه و استقرار سکونتگاه‌های انسانی در حریم این گسل پرداخته است. نتایج پژوهش نشان می‌دهد در منطقه کاشمر بیش از ۸۰ درصد سکونتگاه‌ها در حواشی و یا مناطق مجاور این گسل استقرار یافته‌اند. بنابراین برای جلوگیری از پیامدهای حرکات زمین در مناطق گسلی که با زلزله و دیگر حرکات ژئومرفیک همراه است، راه کارهایی از قبیل جابجایی سکونتگاه‌های کم جمعیت، مقاوم‌سازی ساختمان‌ها، تعیین حریم برای گسل پیشنهاد گردید. ایران بدی و زارع (۱۳۹۳) با تلفیق روشهای برپایه نوع گسل و مشاهدات صحرائی بر پایه‌ی کد بین‌المللی (IBC) که شامل شیب گسل، میزان جابه‌جایی، عوامل نوع سازه و پی ساختمان و حساسیت سازه و با در نظر گرفتن، مباحث ژئوتکنیکی، حریم ساخت وساز را با دقت طراحی کرده‌اند. ادیب و همکاران (۱۳۹۴) توان لرزه‌زایی و حریم گسلش گسل لاله‌زار را مورد مطالعه قرار دادند. توان لرزه‌زایی گسل لاله‌زار را ۶/۸ ریشتر و حریم گسل را بین ۱/۸۸ تا ۱/۶۳ کیلومتر تعیین کردند. آزاده و تقوایی (۱۳۹۶) به مطالعه آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های شهری و روستایی استان گیلان در برابر مخاطره زلزله پرداختند. براساس مطالعات انجام شده ۲۰/۵۷ درصد از جمعیت نقاط شهری در پهنا با خطر بسیار بالای زلزله (۸۰ تا ۱۰۰ درصد) ساکن هستند. همچنین در نقاط روستایی استان گیلان براساس گسل‌های فعال از مجموع ۲۹۲۵ سکونتگاه روستایی، ۱۳۵۰ روستا با جمعیت نسبی ۲۴/۹۰ درصد در پهنا با خطر بسیار بالای زلزله ساکن هستند.

1. Vernant et al., Walker and Jackson

2. Bommer, et al

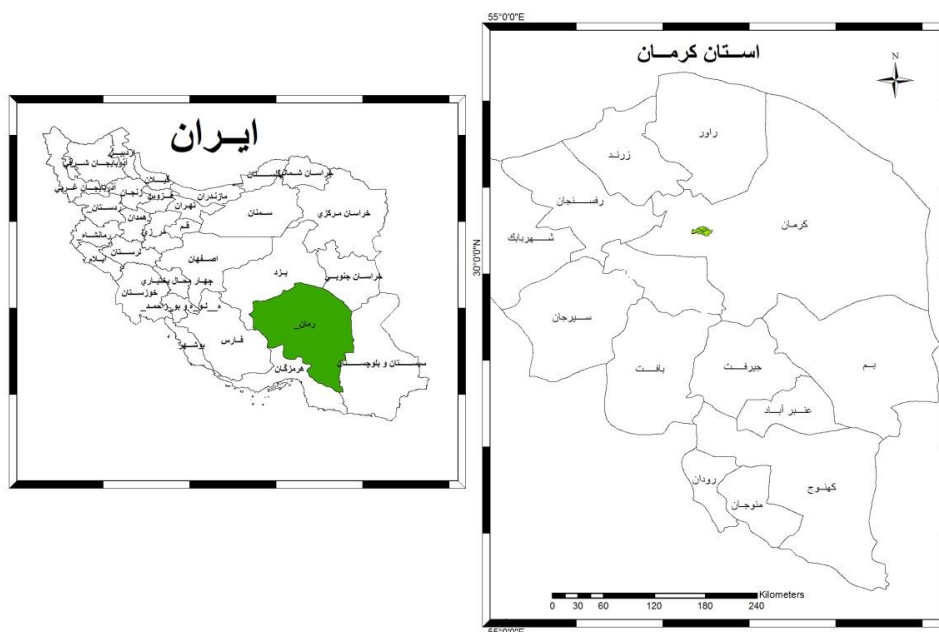
3. Kim

پنگ گوا و همکاران (۲۰۲۱) به بررسی حریم گسل چوان-دیوان در حاشیه جنوب شرقی فلات تبت پرداختند این مطالعه نشان می‌دهد که حرکت بلوک چوان-دیوان به سمت جنوب-جنوب شرقی احتمالاً توسط حرکت برشی و شیب لغز سمت راست گسل‌های Qujiang و Shiping ادامه می‌یابد و خطر لرزه‌ای بالایی در این منطقه ایجاد میکند. صبوری (۱۴۰۱) در پژوهشی به بررسی شواهد تکتونیک فعال و ویژگی‌های حریم گسل کوشک و آسیب پذیری سکونتگاه‌های روستایی در استان قزوین پرداخته و بیان داشتند برای جلوگیری از مرگ و میر ناشی از گسیختگی سطحی حین زلزله و یا رخداد زمین لغزش ناشی از فعالیت گسل به منظور حفظ جان انسان‌ها، جابه‌جایی روستا به نقطه‌ی دیگر و یا اصلاح سمت توسعه‌آتی روستا به خارج از حریم گسیختگی گسل کوشک ضروری است، اشاره کرد.

در این تحقیق سعی بر آن است تا با مطالعه و بررسی موقعیت گسل‌های منطقه ضمن اندازه‌گیری توان لرزه‌زایی گسل‌های فعال و مهم، حریم گسل‌ها با توجه به سازوکار گسل مشخص گردد. با توجه به مولفه معکوس بودن اکثر گسل‌های فعال منطقه پهنه حریم این گسل‌ها تا ۳۰۰۰ متر طراحی شده است، حریم گسل‌هایی چون گسل سبزواران با مولفه راست‌الغز نیز ۳۰۰ متر طراحی شده است. همچنین به معرفی و شناسایی مناطق و محدوده‌های مساعد زلزله پرداخته شده است. بنابراین هدف اصلی تحقیق حاضر تعیین سکونتگاه‌های شهری و روستایی واقع در حریم گسل با توجه به سازوکار گسل است.

موقعیت منطقه

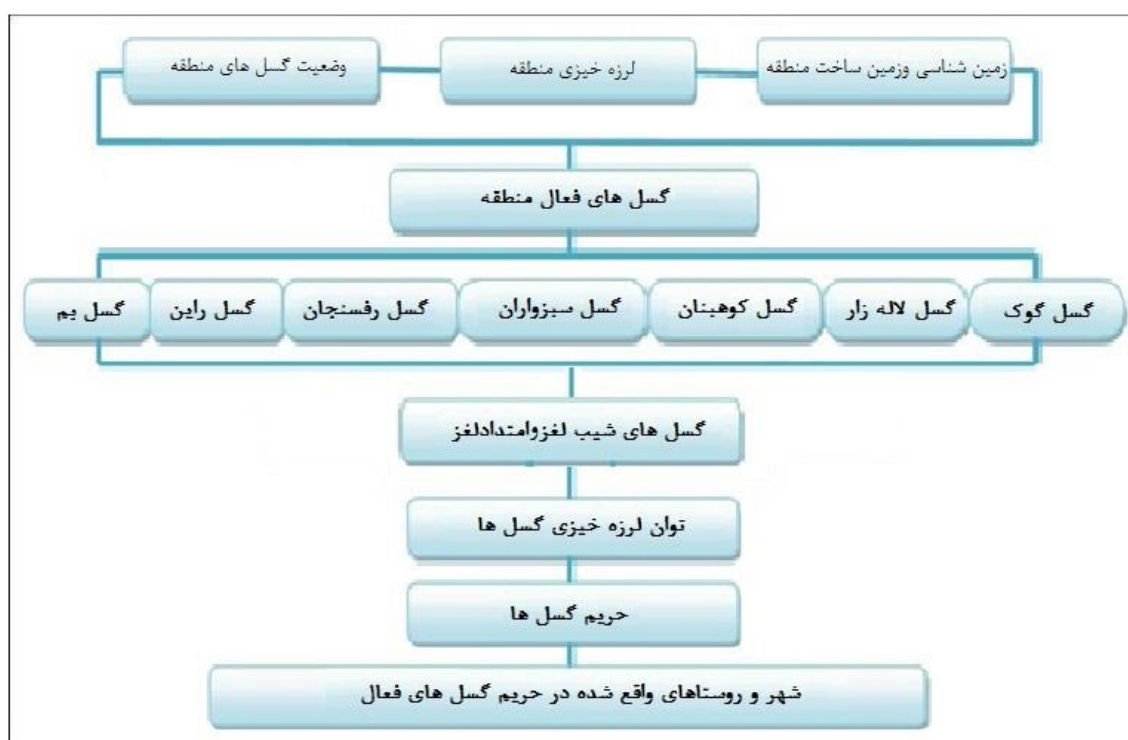
ایران در جنوب‌غربی آسیا، منطقه خاورمیانه با ۱۶۴۸۱۹۵ کیلومتر مربع وسعت، قرار دارد. از شمال به دریای خزر و از جنوب به خلیج فارس و دریای عمان محدود می‌شود. استان کرمان در جنوب شرقی فلات مرکزی ایران بین $25^{\circ}55'$ تا 32° عرض شمالی و بین $53^{\circ}26'$ تا $59^{\circ}29'$ طول شرقی واقع شده است. همچنین از دیدگاه تکتونیک در زون ایران مرکزی قرار دارد. جمعیت استان کرمان تا پایان آذر ماه ۹۹ با احتساب رشد طبیعی ۳ میلیون و ۳۰۹ هزار و ۹۹۶ نفر بوده است.



شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه

مواد و روشها

روش تحقیق توصیفی-تحلیلی و از نوع تحقیقات کاربردی است که به شناسایی مراکز مسکونی واقع در محدوده حریم گسل‌های فعال استان کرمان می‌پردازد. ابزار گردآوری داده‌ها در این پژوهش شامل اسناد مکتوب، داده‌های آماری (آمار کمی و کیفی)، اسناد تصویری و مطالعات میدانی می‌باشد. همچنین از نقشه‌های توپوگرافی، زمین‌شناسی، مدل رقومی ارتفاعی^۱، نقشه‌های ارتفاعی، نقشه‌های شیب، نقشه گسل‌های اصلی و فرعی، نقشه‌های زلزله منطقه‌ای، نقشه‌های نقاط شهری و روستایی در تحقیق استفاده شده است. جامعه آماری: گسل‌های منطقه ای، مناطق مسکونی شهری و روستایی. نرم افزار مورد استفاده: Google Earth, GIS10, Global Mapper13, Global Mapper11.



شکل ۲: فلوجارت مراحل پژوهش

بحث و یافته‌ها

زمین‌شناسی و زمین‌ساخت منطقه

استان کرمان از دیدگاه ریخت‌شناسی، بسیار متنوع است. نواحی شرقی این استان محدود به پهنه‌های کویری بسیار گسترده‌ای می‌شود که تا استان سیستان و بلوچستان ادامه دارد. نواحی مرکزی آن کوهستانی و مرتفع و مهمترین رشته‌کوه آن جبالبارز است، این استان در نواحی جنوب‌غربی با رشته‌کوه‌های زاگرس مجاور می‌شود از دیدگاه زمین‌ساخت بزرگ مقیاس نیز استان کرمان تنوع ساختاری زیادی دارد. در جنوب‌غرب بخشی از زون ساختاری زاگرس و زون خرد شده‌ی آن و در جنوب بخشی از زون ساختاری مکران را شامل می‌شود. زون سندج-سیرجان از نواحی غرب شهریارک، تا نزدیکی زون گسلی زندان در کهنوج، رخنمون داشته و رشته‌کوه‌های آتشفشانی ارومیه-دختر، به صورت کمربندی با امتداد شمال‌غربی- جنوب‌شرقی، از نزدیکی انار تا جنوب‌شرقی بم در آن امتداد می‌یابد. پلاتفرم پالئوزوئیک-مزوزوئیک ایران مرکزی، بخش عمده‌ای از شرق، شمال و شمال شرق استان را پوشش داده است. پیکره‌های بزرگ سنگی در این استان

^۱: DEM

عبارتنداز: پیکره‌های رسوبی که شامل رسوبات پلاتفرم پالئوزوئیک-مزوزوئیک نواحی زرنند-کوهبنان، راور، کرمان و ماهان می‌شود. پیکره‌های آذرین نفوذی و خروجی دوران‌های ترسیر و کواترنر که بخشی از یک زون ماگمایی بزرگتر به نام ارومیه-دختر است، در این کمربند، سنگ‌های آتشفشانی کالکوالکالن، آلکالن و توده‌های نفوذی گرانیتوئیدی با سن‌های متفاوت وجود دارند که عمدتاً مربوط به ترسیر و کواترنر هستند. پیکره‌های دگرگونی دوران پالئوزوئیک که در کمربندی با روند شمال غربی-جنوب شرقی از شهر بابک تا منوجان ادامه دارد و گستره‌ی وسیعی را در جنوب غرب استان کرمان پوشش داده است. پیکره‌های مافیک و اولترامافیک دوران پالئوزوئیک و مجموعه‌های افیولیتی و اوایل ترسیر که در مناطق حاجی آباد، دولت آباد، اسفندقه، کهنوج، شهر بابک و بافت گسترش دارد و مجموعه‌های افیولیتی آن در زمین‌شناسی ایران به نام آمیزه‌های رنگین افیولیتی شهرت دارند. پیکره‌های رسوبی زون زاگرس. پیکره‌های رسوبی دوران چهارم که عمدتاً دشت‌ها و کوهپایه‌ها و کویرها را تشکیل می‌دهند و بیشتر آن را رسوبات آبرفتی تشکیل می‌دهند. این استان در طول حیات زمین‌شناسی خویش از پرکامبرین تا کنون پویایی ساختاری زیادی داشته و هم اکنون از نظرگاه حرکات زمین بسیار فعال است (آقاباتی، ۱۳۸۳).

در باختر لوت زون گسله کوهبنان، لکرکوه و نایبند در شمال خاور کرمان، گسل گوک و شهداد در خاور و گسل‌های بم و سبزواران در جنوب خاوری جنباترین گسل‌های منطقه را تشکیل می‌دهند. مطالعات زمین‌ریخت‌شناسی و سن‌یابی مطلق، نرخ لغزش راست‌گرد حدود ۵ میلی متر در سال را برای گسل گوک پیشنهاد می‌نماید (واکر و جکسن ۲۰۰۲، ورنانت و همکاران ۲۰۰۴).^۱ برخی از مناطق شرقی ایران، نایب-رفسنجان و البرز شرقی که مناطق اصلی شکاف ایران را شامل می‌شوند، با خطرات لرزه‌ای بالایی مواجه هستند. (آرین، ۲۰۱۵).

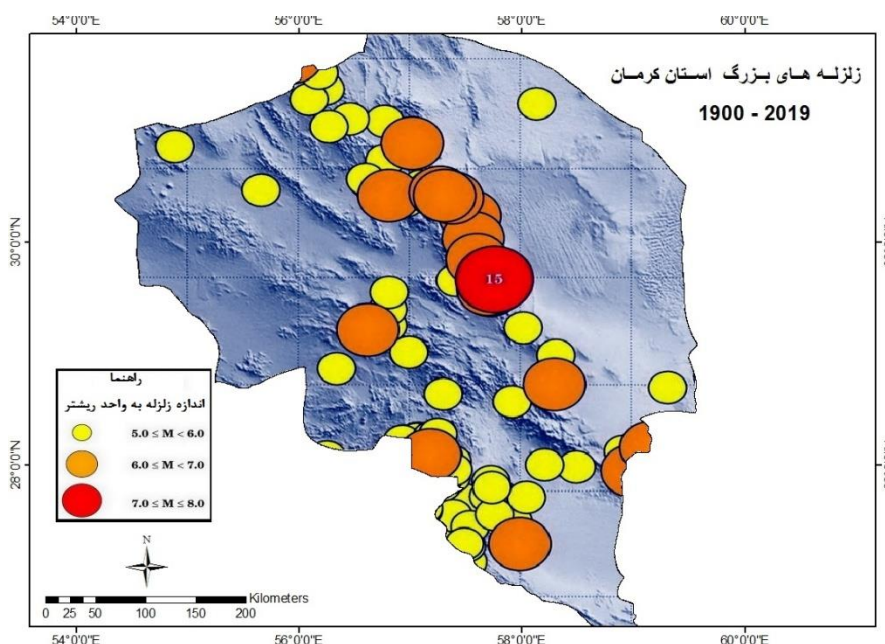
لرزه‌خیزی منطقه

ویژگی اصلی لرزه‌خیزی شرق ایران رویداد زمین‌لرزه با سازوکار کانونی راست‌گرد بر روی گسل‌هایی با راستای شمالی-جنوبی و یا سازوکار راندگی بر روی انشعابات راندگی انتهای آنها در دو سوی بلوک لوت است. بخش مرکزی لوت لرزه‌خیزی قابل توجهی ندارد اما زمین‌لرزه‌های بزرگی در دو سوی آن روی داده است که از آن جمله می‌توان به زمین‌لرزه‌های سال ۱۳۵۷ طبس با بزرگی ۷/۳ که از نوع گسله‌های پنهان با رخنمون سطحی چین‌خوردگی و بالاآمدگی سطح زمین بود، زمین‌لرزه سال ۱۳۴۷ دشت بیاض با بزرگی ۷/۴، زمین‌لرزه سال ۱۳۷۶ زیرکوه قاین با بزرگی ۷/۲، و زمین‌لرزه سال ۱۳۸۲ بم با بزرگی ۶/۶ اشاره نمود. بر روی سامانه راست‌الغز غرب لوت حدود ۱۰ زمین‌لرزه با بزرگی بیش از ۶ طی صد سال اخیر ثبت شده است، این زمین‌لرزه‌ها در راستای گسل‌های راست‌گرد گلباف، کوهبنان و بم روی داده‌اند. سازوکار زمین‌لرزه‌های گلباف و بم کم و بیش به طور کامل راست‌الغز است. گسل‌های کوهبنان و لکرکوه با توجه به راستای شمال غربی - جنوب شرقی و زاویه‌ای که با راستای شمالی جنوبی ایران مرکزی می‌سازد، و همچنین شواهد توپوگرافی بالا آمدگی نسبی بلوک شرقی، به نظر می‌رسد به طور کامل راست‌الغز نباشد. از هر دو گسل کوهبنان و لکرکوه در انتهای جنوبی انشعابات متعدد راندگی خارج می‌شوند که زمین‌لرزه‌های با سازوکار راندگی همچون زمین‌لرزه سال ۱۳۸۴ داهوئیه زرنند و زمین‌لرزه اخیر هجدک را موجب شده‌اند. زمین‌لرزه‌های شرق ایران اغلب به صورت منفرد همراه با پس‌لرزه‌ها روی می‌دهند اما گاه رفتار دسته‌ای نیز از آنها دیده می‌شود. (طالبیان و همکاران، ۱۳۹۷).

امینی^۲ (۲۰۲۰) در تحلیل جهت‌پذیری زلزله‌های دی‌ماه ۱۳۹۶ کرمان در شرق ایران اظهار داشت: به نظر می‌رسد جهت انتشار گسیختگی در منطقه عموماً به سمت شمال غربی بوده و رویدادهایی که جهت انتشار متفاوتی دارند در انتهای شمال غربی و جنوب شرقی منطقه گسل قرار دارند.

1. Vernant et al., Walker and Jackson

2. Amini



شکل ۳: نقشه زلزله‌های بزرگ منطقه مورد مطالعه (۱۹۰۰-۲۰۱۹) استخراج از نقشه زمین‌لرزه‌های بزرگ ایران موسسه ژئوفیزیک لرزه‌نگاری کشور

گسل‌های منطقه مورد مطالعه

استان کرمان به دلیل وسعت زیاد و شرایط خاص جغرافیایی و تکتونیکی بر روی گسل‌های نسبتاً زیاد و اصلی قرار گرفته است. شناخت گسل‌های مهم منطقه برای تعیین نرخ لرزه‌خیزی و سایر مشخصات لرزه‌ای آنها بسیار مهم و ضروری است. با توجه به زلزله‌های مهمی که در طول گسل‌های منطقه روی داده و می‌دهد، می‌توان چنین اذعان داشت اکثر گسل‌های منطقه فعال یا دارای پتانسیل فعالیت هستند. حرکات سطح گسل‌ها نسبت به هم ممکن است امتدادلغز، عادی، معکوس و یا شیب‌لغز باشد. مساحت پهنه حریم گسل با توجه به مکانیسم گسلش متفاوت است. در بررسی که دیمیتریویچ (۱۹۷۳)^۱ بر روند گسل‌های استان کرمان انجام داده آنها را به چهار گروه، به شرح ذیل، تفکیک نموده است.

الف) گسل‌های کوتاه‌تر از ۵ کیلومتر

این گسل‌ها در منطقه کرمان دو روند غالب را نشان می‌دهند. بطوری که یک گروه از گسل‌ها دارای روند شمال غرب - جنوب شرق بوده و عمدتاً در ناحیه سیرجان و شمال غرب دهج - ساردوئیه دیده می‌شوند. گروه دوم که دارای روند شمال شرق - جنوب غرب می‌باشند بیشتر در ناحیه مرکزی و جنوب دهج - ساردوئیه متمرکزند. این دو روند در ناحیه رفسنجان با هم دیده می‌شوند ولی در منطقه انار روند شمال غرب - جنوب شرق غلبه دارد.

ب) گسل‌های به طول ۵-۱۰ کیلومتر

جهت این گسل‌ها با گروه قبلی تقریباً مشابه است، با این تفاوت که روند شمال غرب در این گروه نمایان تر است.

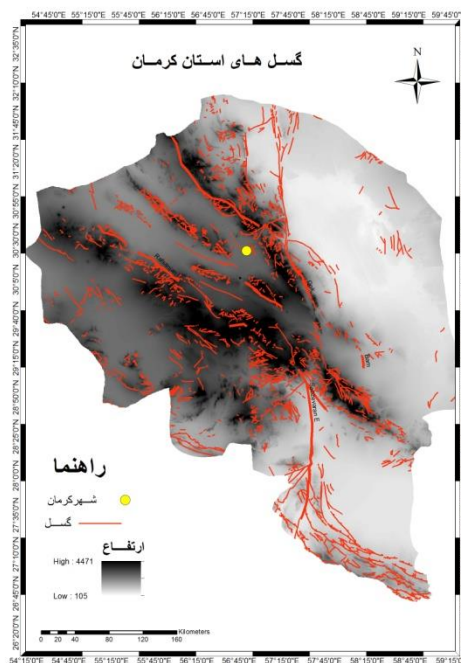
ج) گسل‌های به طول بیش از ۱۵ کیلومتر

این گسل‌ها نیز بطور غالب در جهت شمال غرب گسترش دارند، اگر چه در قسمت مرکزی ناحیه از اهمیت آن کاسته می‌شود.

د) گسل‌های فعال در کوتاه‌تر

¹ Dimitrijevic, M.C

این گسل‌ها نیز بطور عمده در جهت شمال - شمال غرب کشیده شده‌اند. بطور کلی از نظر لرزه‌زمین‌ساخت فعال، دو روند لرزه‌خیز شمال غربی - جنوب شرقی و شمال، شمال غربی - جنوب، جنوب شرقی در پهنه استان کرمان مشاهده می‌شود. گسل‌های کوهبنان، گلباف، رفسنجان، شهرابک، بم، بلورد و داوران در روند اول و گسل‌های لکرکوه، جیرفت، نایبند و انار در گروه دوم جای می‌گیرند (شاه پسندزاده و حیدری، ۱۳۷۵).



شکل ۴: نقشه گسل‌های منطقه

توان لرزه‌زایی گسل‌ها

برای دستیابی به توان لرزه‌زایی گسل‌ها روش‌های مختلفی وجود دارد. برای تعیین میزان لرزه‌خیزی گسل‌های منطقه مورد مطالعه از روابط ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ استفاده شد. (شایان، ۱۳۹۲)

$$(۱) \text{ رابطه } MS = \log L + 5/7$$

مهاجر اشجعی و نوروزی (۱۹۷۸) رابطه تاکر^۱ را برای ایران تصحیح و عدد ثابت ۵/۴ را بیان کردند (ادیب و همکاران، ۱۳۹۴).

$$MS = \log L + 5/4$$

$$(۲) \text{ معادله زارع (۱۹۹۵) } = \ln(L) * 0.91 + 3.66$$

$$(۳) \text{ معادله سلمونز (۱۹۸۲) } Ms = 1.404 + 1.169 \log L$$

$$(۴) \text{ معادله آمبرسز و ملویل (۱۳۷۰) } Ms = 1.429 \log L + 4.629$$

$$(۵) \text{ معادله ولز و کوپراسمیت (۱۹۹۴) } Ms = 5.16 + 1.12 \log L$$

در این روابط L طول گسل بوده و واحد آن در رابطه پیشنهادی سلمونز به متر، اما در سایر روابط به کیلومتر است. M : بزرگی زمین لرزه در مقیاس ریشتر است.

1. Tocher

2. Slemmons

3. Ambraseys & Melville

4. Wells & Coppersmith

MS: (امواج سطحی) بزرگ‌ترین دامنه موج سطحی یا موج S است.

تعیین و تشخیص حریم گسلش در محدوده مطالعاتی

حریم گسلش محدوده‌ای است در راستای گسل‌های لرزه‌زا و فعال، که در آن، جابجایی و گسیختگی در طرفین گسل رخ داده و یا محتمل است که در زلزله‌های آتی نیز رخ دهد. به عبارت دیگر و در اصطلاح مهندسی زلزله، در حریم گسل‌ها، مولفه مهم، جابجایی است. تعیین حریم گسل و میزان رعایت فاصله سازه‌ها از گسل به عنوان مهمترین مسائل مربوط به زمین‌لرزه در مهندسی زلزله مطرح می‌باشند. پهنه حریم گسلش با توجه به ویژگیهای گسل متفاوت است به باور بربریان و همکاران^۱ (۱۳۶۴) تعیین حریم برای هر گسل فعال با در نظر گرفتن عوامل طول و نوع و میزان جابه‌جایی گسل، بافرهای عددی مشخصی در نظر گرفته می‌شود که بیشتر نقشه‌های تعیین حریم و محاسبات سازه‌های کشور بر پایه این بافرها طراحی شده است.

در صورتی که شکستگی از نوع فشارشی (معکوس) باشد پهن‌های که برای ساخت وساز سازه‌ها باید در نظر گرفت در حدود ۷۰۰ متر در فرادیواره و ۳۰۰ متر در فرودیواره است. در صورتی که سازه اهمیت داشته باشد و در مجاورت گسل‌های شیب‌لغز قرار گیرد باید ۱ تا ۸ کیلومتر حریم ساخت وساز نسبت به خط شکستگی رعایت شود (بربریان و همکاران، ۱۳۶۴). در صورتی که شکستگی از نوع برشی (راستگرد) باشد حریم ساخت وساز نسبت به شکستگی ۳۰۰ متر باید در نظر گرفته شود (بربریان و همکاران، ۱۳۷۱).

در پژوهشی دیگر ادیب و همکاران (۱۳۹۴) پهنای حریم گسلش را برای گسل‌های راستگرد بین ۱۰۰ تا ۳۰۰ متر، برای گسل‌های کششی یا عادی ۵۰۰ متر و برای گسل‌های فشارشی یا معکوس بین ۱۰۰۰ تا ۳۰۰۰ متر مطرح کرده‌اند. در پژوهش حاضر پس از بررسی نوع و حرکت گسل‌های فعال منطقه، با توجه به راستای حرکت گسل نقشه حریم گسل‌ها ترسیم گردید. سپس مناطق جمعیتی و مسکونی منطبق بر حریم گسلش، مشخص گردید.

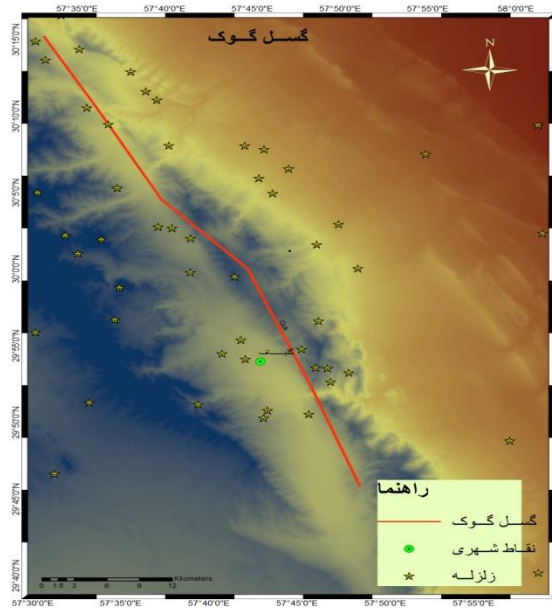
گسل‌های مهم و فعال منطقه، حریم گسلش و مخربترین زلزله گسل‌های مورد مطالعه: گسل گوک (گلباف)

این گسل از جنوب غربی دشت بم تا غرب شهداد با روند شمالی-جنوبی امتداد یافته است. گسل گوک (گلباف) در سال ۱۹۷۲ میلادی توسط زمین‌شناسان یوگسلاو نقشه‌برداری شده و به نام گسل سروستان معرفی شده است. گسل گوک (گلباف) با توجه به قرار گرفتن مرکز زلزله‌های تاریخی متعدد و زلزله‌های قرن حاضر بر روی آن، یکی از فعالترین و لرزه‌خیزترین گسل‌های استان می‌باشد (عباس‌نژاد، داستان پور، ۱۳۷۸). حرکت این گسل به صورت معکوس و امتدادلغز راستگرد است، طول گسل ۱۰۰ کیلومتر می‌باشد.

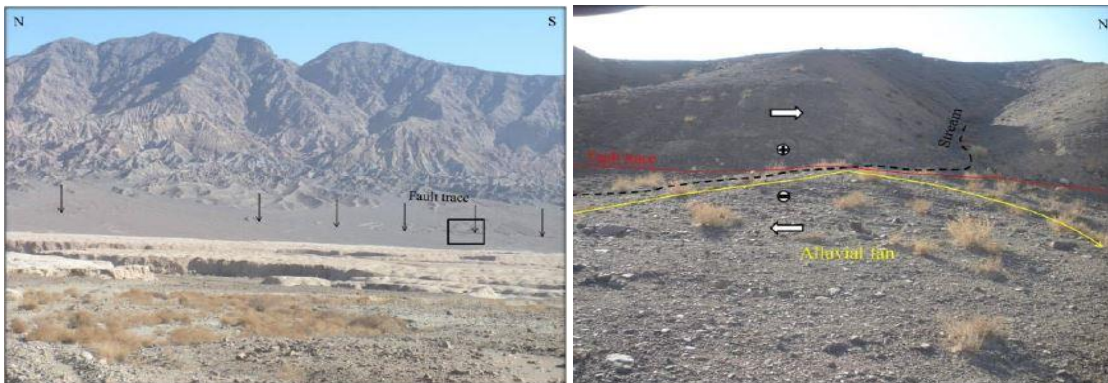
توانایی لرزه‌زایی گسل گوک با فرمول مهاجر اشجعی و نوروزی که برای گسل‌های ایران طراحی شده است:

$$MS = \log L + 5/4 \quad \log(100) + 5/4 = 7/4$$

^۱ Berberian et al

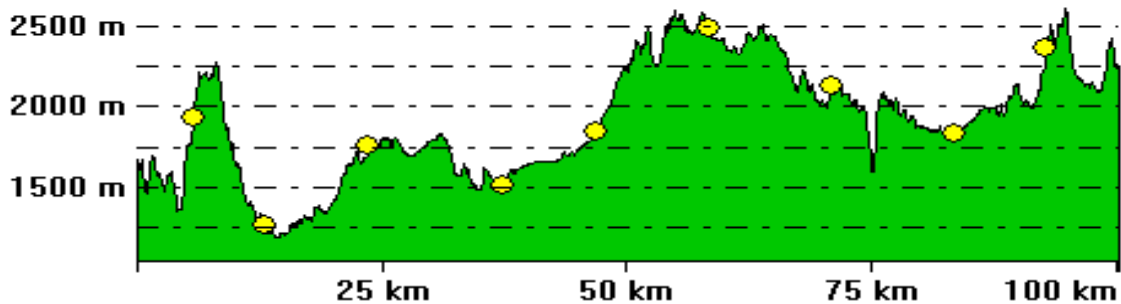


شکل ۵: نقشه گسل گوک و زلزله‌های گسل



شکل ۶: جابه‌جایی راست‌الغز گسل گوک در بخش شمالی (نعمتی و عباس‌نژاد، ۱۴۰۰) شکل ۷: نمایی از گسل گوک (نعمتی و عباس‌نژاد، ۱۴۰۰)

From Pos: 57.4224635114, 30. To Pos: 57.8594293354, 29.6317192513

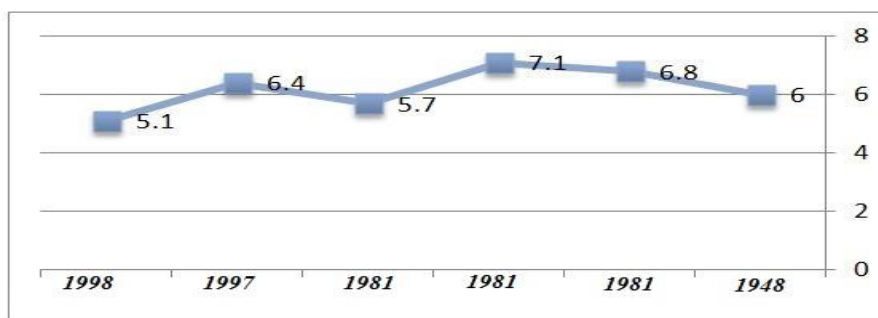


شکل ۸: پروفیل گسل گوک

مخربترین زلزله‌های گسل گوک (گلباف)

زلزله به اندازه ۶ ریشتر سال ۱۹۴۸ موجب تخریب و خسارتهای زیادی در منطقه گشت. زلزله ۱۱ ژوئن ۱۹۸۱ که در عمق ۱۴ کیلومتری به وقوع پیوست و در اثر آن شهر گلباف به کلی ویران شد. این زلزله حدود ۱۰۷۱ نفر کشته و ۴۰۰۰ نفر مجروح به همراه داشت، زلزله‌ی بزرگ دیگری نیز در ۲۸ ژوئیه ۱۹۸۱ در منطقه سیرچ، اطراف گسل گوک در عمق ۱۳

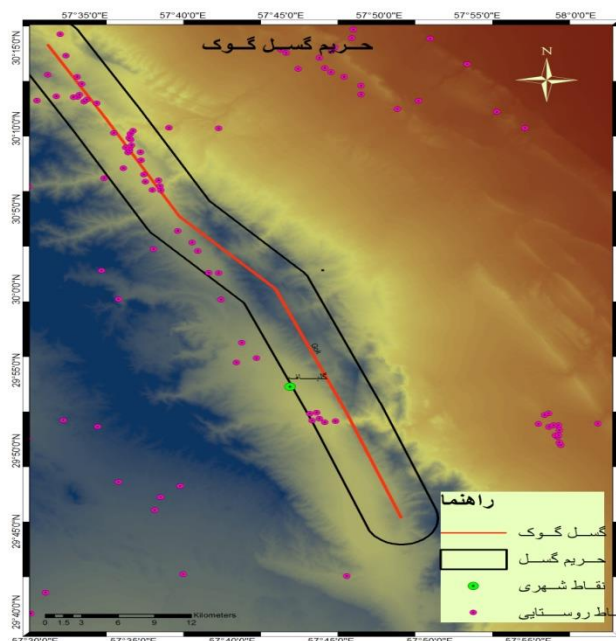
کیلومتری به بزرگی ۷/۱ ریشتر رخ داد که موجب کشته شدن ۱۳۰۰ نفر و مجروح شدن ۹۱۵ نفر و بی خانمان شدن ۲۵۰۰۰ نفر گشت این زلزله شدیدترین زلزله استان کرمان و یکی از شدیدترین زمین‌لرزه‌های ایران محسوب می‌شود. همچنین زلزله‌های مخرب دیگری نیز در سالهای ۱۹۸۹، ۱۹۹۷ و ۱۹۹۸ در این پهنه رخ داده است که خسارات زیادی به همراه داشته است.



شکل ۹: نمودار زلزله‌های مخرب گسل گوک

حریم گسل گوک (گلباف)

با توجه به معکوس بودن گسل گوک پهنه گسلش این گسل تا ۳۰۰۰ متر طراحی شده است پس از انطباق نقشه حریم گسل با مراکز جمعیتی شهرها و روستاها مشخص گردید که شهر گلباف با جعیت حدود بیش از ۱۶۰۰۰ نفر در فاصله ۲۰۰ متری از حریم گسلش و بیش از ۴۰ روستا بر روی حریم گسل استقرار یافته است.



شکل ۱۰: نقشه انطباق سکونتگاه‌های انسانی با حریم گسل گوک

گسل کوهبنان

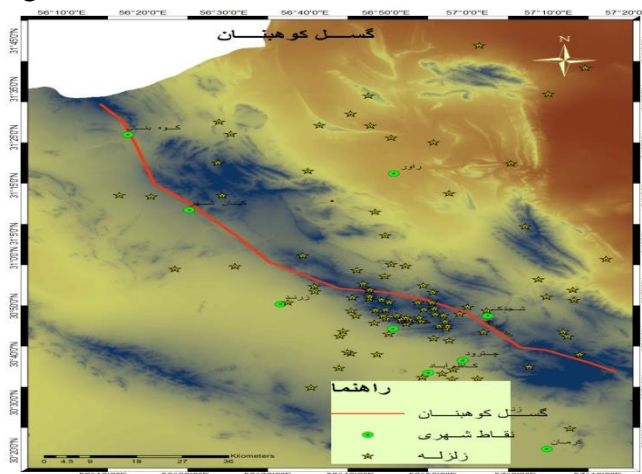
گسل کوهبنان برای اولین بار توسط هوکریده و همکاران^۱ (۱۹۶۲) شناسایی شد. امتداد آن شمال غرب-جنوب شرقی است و از غرب شهر کرمان تا شمال غرب بهاباد، در مسافتی بطول حدود ۳۰۰ کیلومتر، امتداد دارد. این گسل در بعضی نقاط بطور واضح رسوبات جوان را جایجا کرده است.

¹ Huckreide et al.

گسل کوهبنان در دهکده گیسک، واقع در شرق زرنده، بازون گسلی به ضخامت ۳۰-۴۰ متر و متشکل از برش گسلی و آرد سنگ گسلی در مرز کوه و دشت به خوبی قابل شناسائی است. منظومه گسلی کوهبنان یکی از لرزه‌خیزترین گسل‌ها در استان کرمان هستند (شاه پسندزاده و حیدری ۱۳۷۵). عملکرد آن در کوتاه‌تر از نوع معکوس بوده و جابجایی از نوع امتدادلغز راستگرد نیز دارد.

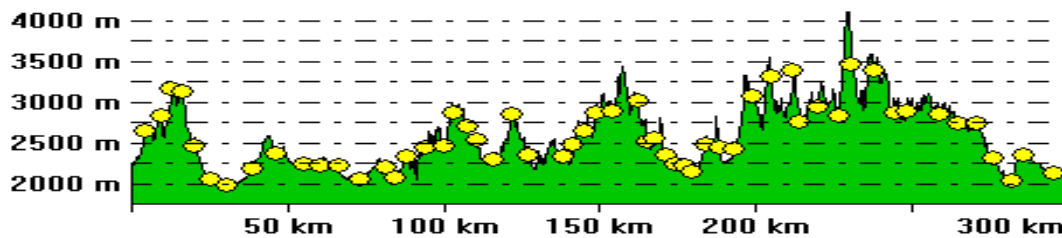
توان لرزه‌زایی گسل کوهبنان با رابطه مهاجر اشجعی و نوروزی:

$$MS = \log L + 5/4 \log(300) + 5/4 = 7/8$$



شکل ۱۱: نقشه گسل کوهبنان

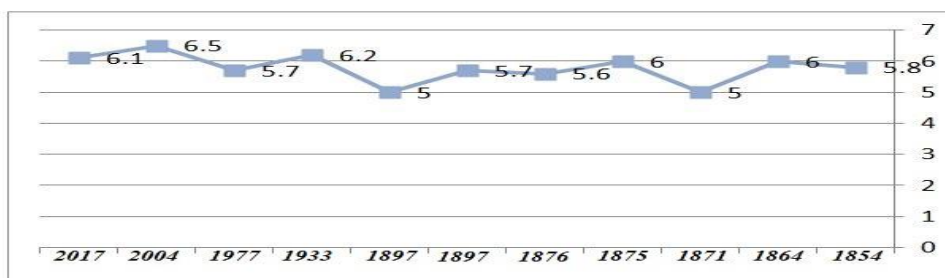
From Pos: 56.1089222425, 31.To Pos: 57.8160051290, 29.5328848829



شکل ۱۲: پروفیل گسل کوهبنان

مخربترین و قویترین زلزله‌های گسل کوهبنان

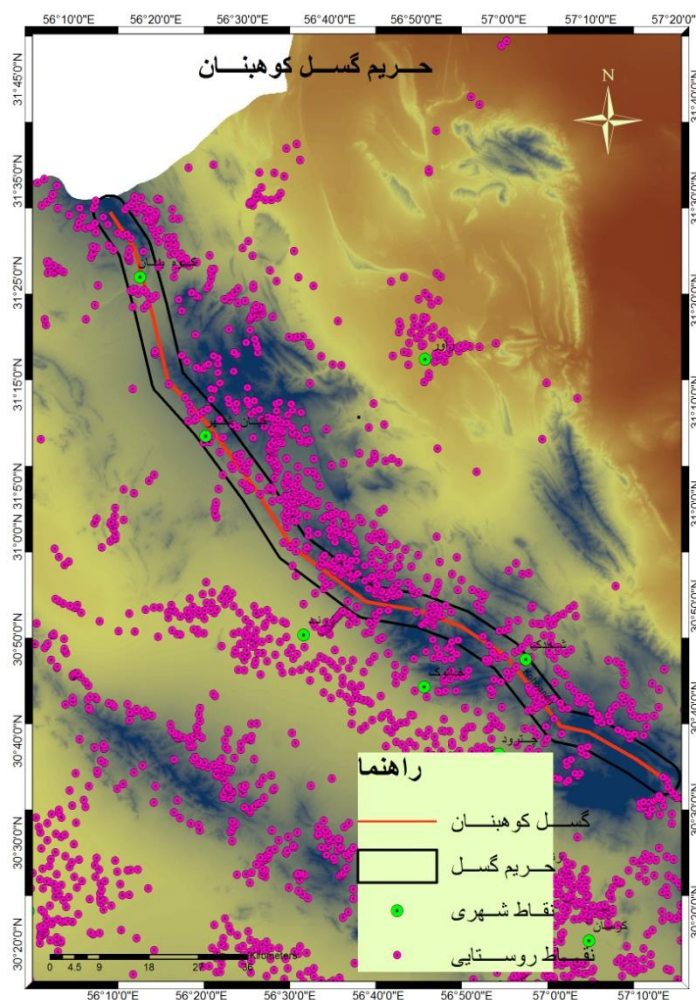
زمین لرزه‌ای بزرگ ۱۸ ژانویه ۱۸۶۴ در اطراف گسل کوهبنان (چترود ۴۲ کیلومتری شمال کرمان) به وقوع پیوست و آسیب قابل ملاحظه‌ای به شهر کرمان وارد شد. در سال ۱۸۷۱ نیز زلزله‌ای به بزرگی ۵ ریشتر سبب ویرانی چترود و روستاهای پیرامون آن گردید و در کرمان نیز خساراتی را به بار آورد، همچنین زلزله‌های مخربی نیز در سالهای ۱۸۷۵، ۱۸۷۶، ۱۸۹۷ و ۱۹۳۳ در این پهنه رخ داده است. زلزله‌ای در سال ۱۹۷۷ به بزرگای ۵/۷ در گیسک زرنده رخ داد که ۶۶۵ کشته و ۲۶۰ مجروح و خسارات زیادی به جای گذاشت. زلزله‌ای به بزرگای ۶/۵ ریشتر در منطقه داهوئیه شرق شهر زرنده در ۲۲ فوریه ۲۰۰۵ به وقوع پیوست که موجب کشته شدن ۶۵۷ نفر و ۱۴۱۱ مجروح گشت. زلزله ۶/۱ ریشتری در ۱۷ دسامبر ۲۰۱۷ حوالی هجدک بوقوع پیوست که خساراتی به همراه داشت.



شکل ۱۳: نمودار زلزله‌های مخرب گسل کوهبنان

حریم گسل کوهبنان

با توجه به معکوس بودن گسل کوهبنان پهنه حریم این گسل تا ۳۰۰۰ متر طراحی شده است پس از انطباق نقشه حریم گسل با مراکز جمعیتی شهرها و روستاها مشخص گردید که شهرهای کوهبنان با جمعیت حدود بیش از ۱۱۰۹۳ نفر، کیانشهر بیش از ۷۰۰۰ نفر و هجدک با ۱۰۰۷ نفر، همچنین بیش از ۱۰۰ روستا بر روی حریم گسل استقرار یافته است.



شکل ۱۴: نقشه انطباق سکونتگاه‌های انسانی با حریم گسل کوهبنان

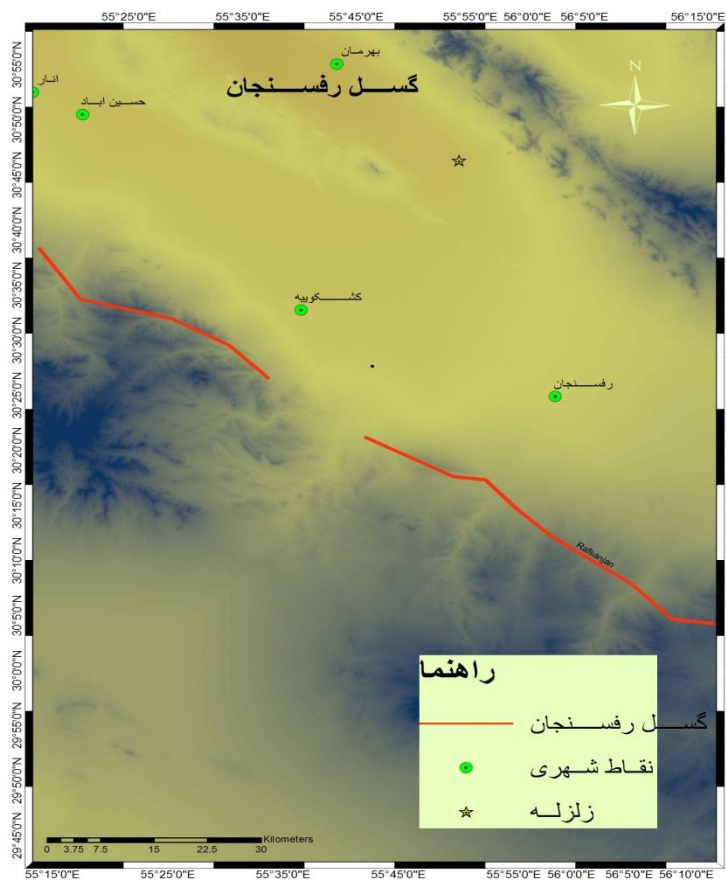
گسل رفسنجان

گسل رفسنجان به طول بیش از ۱۴۰ کیلومتر در جنوب شهرستان رفسنجان (مرز کوه دشت) واقع شده و از نوع امتدادلغز راستگرد با مولفه راندگی می‌باشد. بخش جنوب‌غربی این گسل رورانده بوده و به سمت شمال

شرق حرکت کرده است. در بریدگی موجود در رسوبات کواترنر تشکیل دهنده مخروط افکنه‌های دشت رفسنجان، جابه‌جایی‌های متعددی به چشم می‌خورد که حاکی از فعال بودن این گسل می‌باشند. این جابه‌جایی‌ها عموماً از نوع معکوس هستند. در هر حال، در آن سوی دشت رفسنجان (قسمت‌های جنوب‌شرقی گسل رفسنجان)، این گسل مرز میان سنگ‌های آتشفشانی ائوسن میانی با سنگ‌های آتشفشانی ائوسن بالائی را تشکیل می‌دهد (آله طه و شرکتی ۱۳۷۵). براساس تقسیم‌بندی سلمونز گسل رفسنجان با نرخ جابه‌جایی ۰/۱ سانتی‌متر در سال می‌باشد (عباس نژاد، داستان پور، ۱۳۷۸).

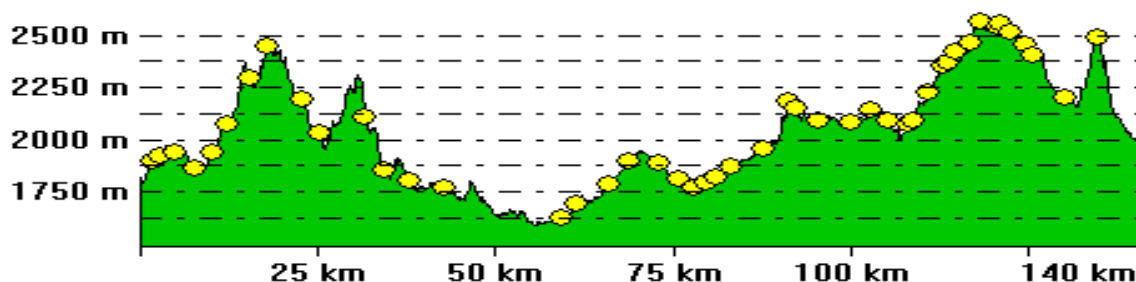
توان لرزه‌زایی گسل رفسنجان با رابطه مهاجر اشجعی و نوروزی:

$$MS = \log L + 5/4 \quad \log(140) + 5/4 = 7$$



شکل ۱۵: گسل رفسنجان

From Pos: 55.2604010096, 30. To Pos: 56.4124600119, 30.0420927424

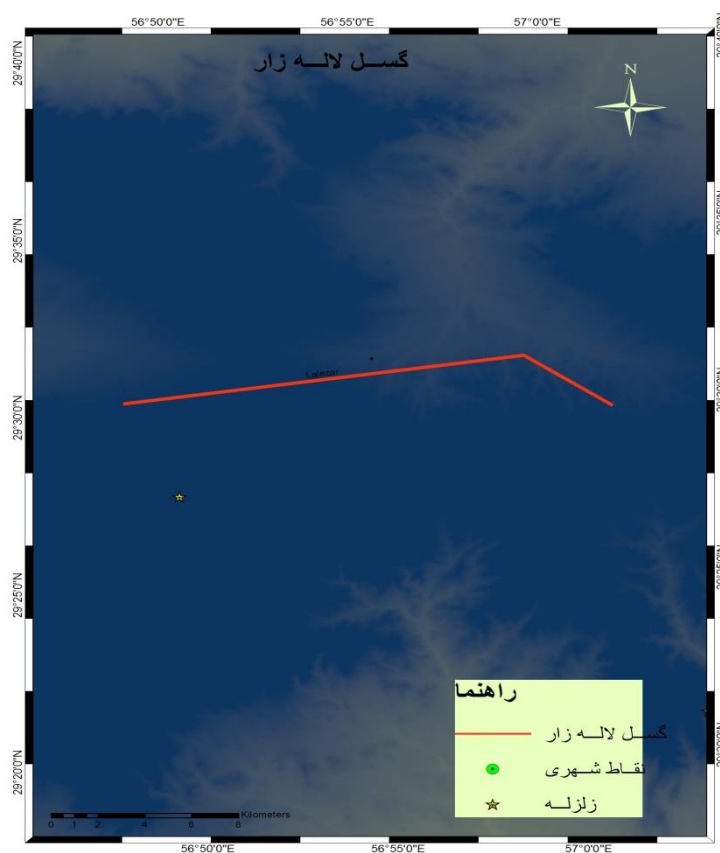


شکل ۱۶: پروفیل گسل رفسنجان

گسل لاله‌زار

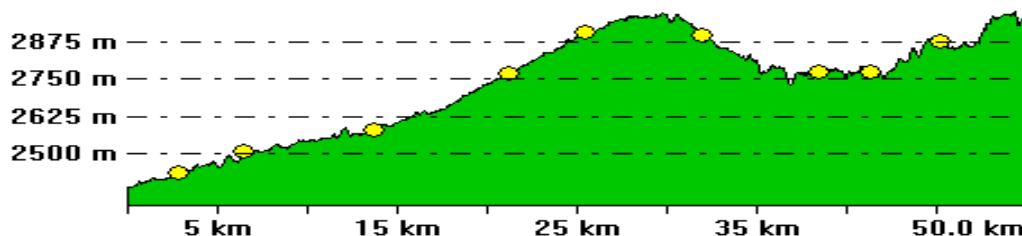
یغمائی (۱۳۷۲) گسل لاله‌زار را در فهرست گسل‌های فعال با امتداد شرقی - غربی درج نموده است. طول این گسل ۵۰ کیلومتر و شیب آن به سمت جنوب است. راندگی لاله‌زار در مرز رسوبات کواترنر و نتوژن (در شمال) با سنگ‌های آتشفشانی اتوسن کوه‌های لاله‌زار (در جنوب) واقع شده است. توان لرزه‌زایی گسل لاله‌زار با رابطه مهاجر اشجعی و نوروزی:

$$MS = \log L + 5/4 \quad \log(50) + 5/4 = 7$$



شکل ۱۷: گسل لاله‌زار

From Pos: 56.6240486658, 29. To Pos: 57.0654044195, 29.4804633183



شکل ۱۸: پروفیل گسل لاله‌زار

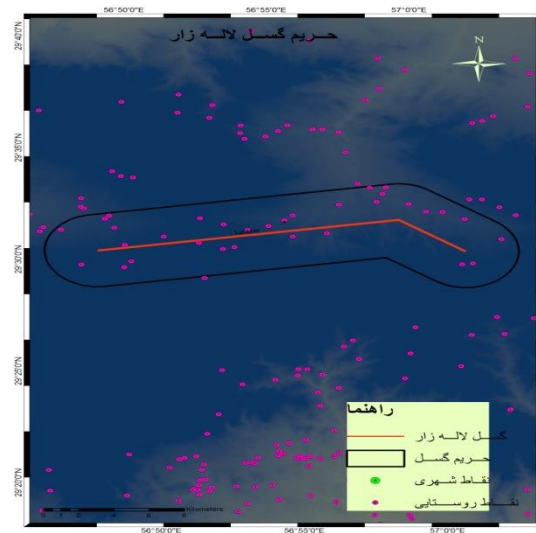
مخربترین و قویترین زلزله‌های گسل لاله‌زار

زلزله مخربی به بزرگی ۶/۷ ریشتر در ۲۲ سپتامبر ۱۹۲۳ اتفاق افتاد و قلعه‌ی بزرگ و تاریخی گوغر به کلی تخریب شد و تعداد زیادی از ساکنین قلعه زیر آوار رفته و مرده‌اند. این زلزله نیمه شب موجب خرابی وسیع در

منطقه لاله‌زار، قلعه‌عسگر، گوغر و بافت کرمان شد. در سال ۲۰۱۰ نیز زمین‌لرزه‌ای با بزرگای ۵/۸ در همین پهنه رخ داده است.

حریم گسل لاله‌زار

با توجه به معکوس بودن گسل لاله‌زار پهنه حریم این گسل تا ۳۰۰۰ متر طراحی شده است. پس از انطباق نقشه حریم گسل با مراکز جمعیتی شهرها و روستاها مشخص گردید بیش از ۳۰ روستا بر روی حریم گسل استقرار یافته است.



شکل ۱۹: نقشه انطباق سکونتگاه‌های انسانی با حریم گسل لاله‌زار

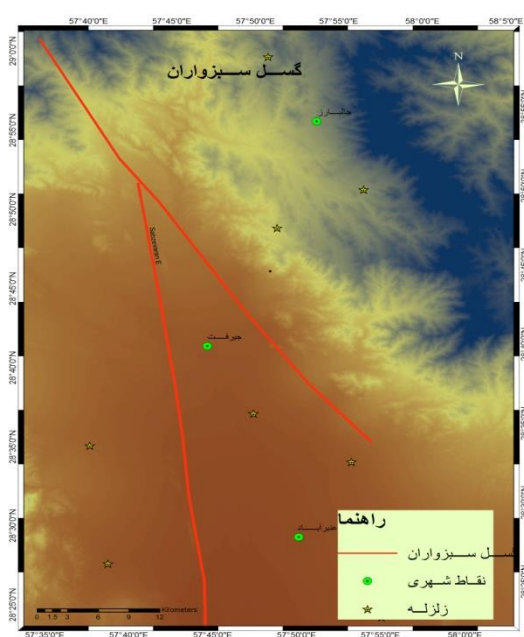
گسل سبزواران (جیرفت)

گسل سبزواران (جیرفت) با روند تقریباً شمالی - جنوبی نهشته‌های کواترنر را قطع کرده و دارای حرکت امتدادلغز راستگرد است. مرکز زلزله‌ای با عمق ۶۰ - ۹۰ کیلومتر در جنوب کهنوج بر روی این گسل قرار می‌گیرد. گسل جیرفت فعال بوده اما در سده بیستم شاهد بروز زلزله و تخلیه انرژی در این منطقه نبوده ایم. این گسل دارای دو بخش: سبزواران شرقی: به طول ۸۳ کیلومتر که نزدیکترین فاصله آن با شهر بم ۱۳۸ کیلومتر می‌باشد و سبزواران غربی (جیرفت): به طول ۱۴۹ کیلومتر که نزدیکترین فاصله آن با شهر بم ۷۹ کیلومتر است، می‌باشد.

توان لرزه‌زایی گسل سبزواران با رابطه مهاجر اشجعی و نوروزی:

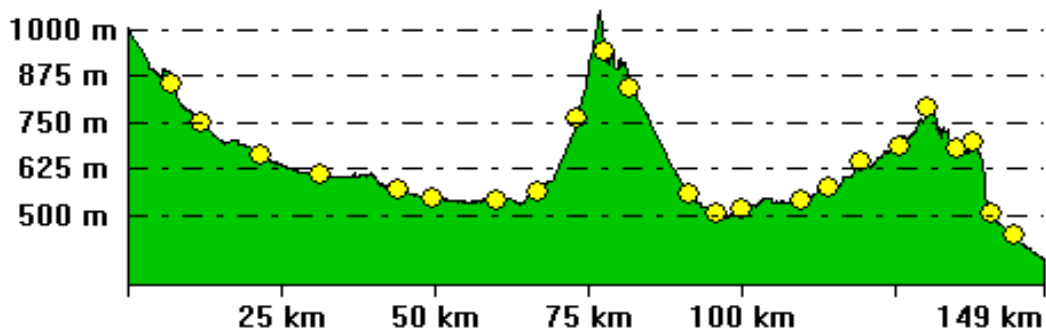
$$MS = \log L + 5/4 \quad \log(83) + 5/4 = 7/3 \quad \text{سبزواران شرقی:}$$

$$MS = \log L + 5/4 \quad \log(149) + 5/4 = 7/5 \quad \text{سبزواران غربی:}$$



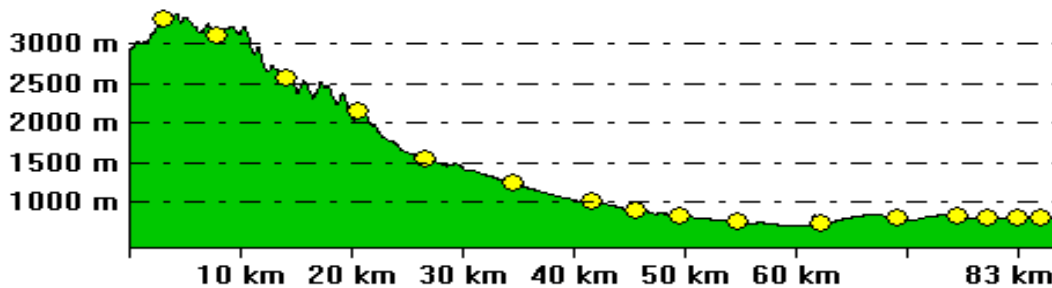
شکل ۲۰: نقشه گسل سبزواران

From Pos: 57.7276494274, 28.To Pos: 57.5898314430, 27.5028175176



شکل ۲۱: پروفیل گسل سبزواران غربی

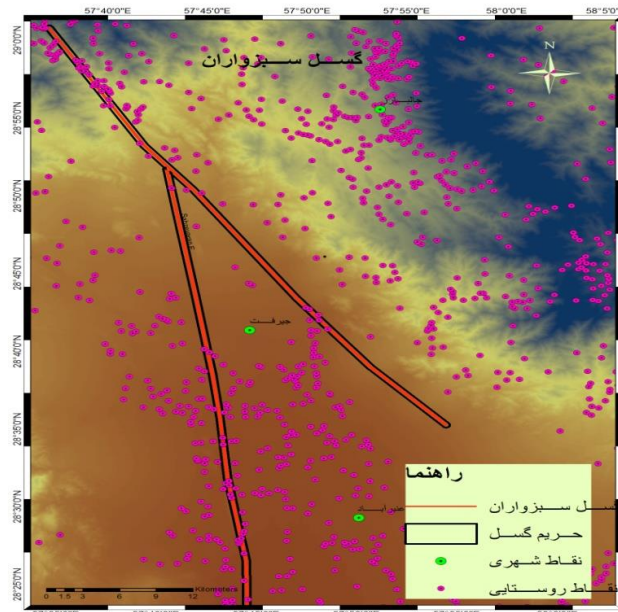
From Pos: 57.5534745514, 29.To Pos: 57.9517093407, 28.5143634752



شکل ۲۲: پروفیل گسل سبزواران شرقی

حریم گسل سبزواران

با توجه به سازوکار و نوع گسل مورد مطالعه که با مولفه راستگرد است پهنه حریم گسل با حریم ۳۰۰ متر تهیه گردید پس از انطباق نقشه حریم گسل با مراکز جمعیتی شهرها و روستاها مشخص گردید که بیش از ۵۰ روستا بر روی حریم گسل استقرار یافته است.



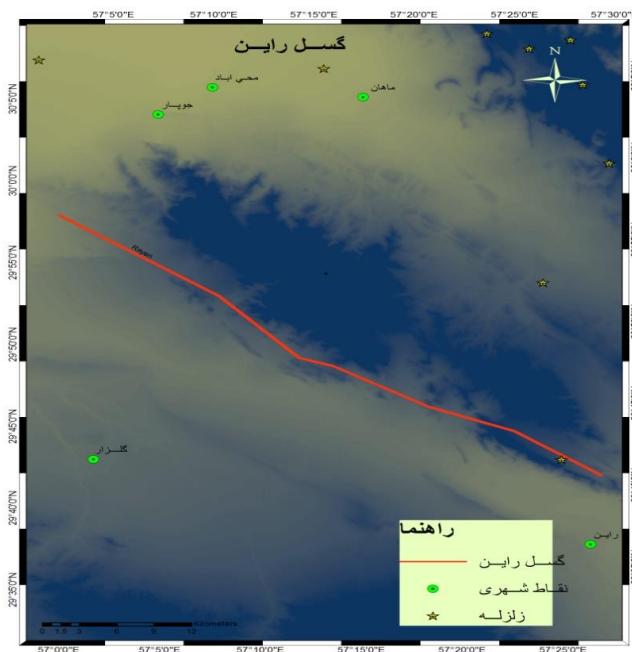
شکل ۲۳: نقشه انطباق سکونتگاه‌های انسانی با حریم گسل سبزواران

گسل راین

گسل راین با روند شمال غربی- جنوب شرقی در نزدیکی شهر راین قرار دارد و در جهت کشیدگی دشت راین نزدیک شهر راین یک پرتگاه گسلی ایجاد نموده است که به دو قطعه تقسیم می شود. با توجه به ایجاد پرتگاه گسلی و چشمه آب گرم گسک، آن را به عنوان یک گسل فعال در نظر می گیرند. این گسل از نوع فشارشی بوده و در محل اتصال به گسل ناپیند جابجایی شدیدی دیده می شود، بنابراین خطر بروز زمین لرزه در آن زیاد است.

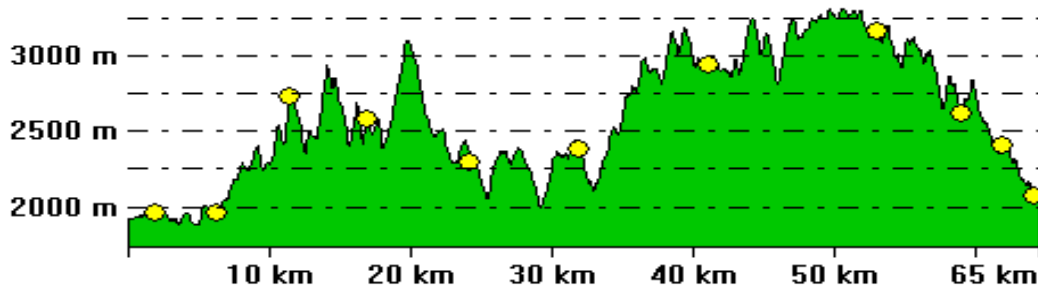
توان لرزه‌زایی گسل راین با رابطه مهاجر اشجعی و نوروزی:

$$MS = \log L + 5/4 \quad \log(56) + 5/4 = 7/1$$



شکل ۲۴: نقشه گسل راین

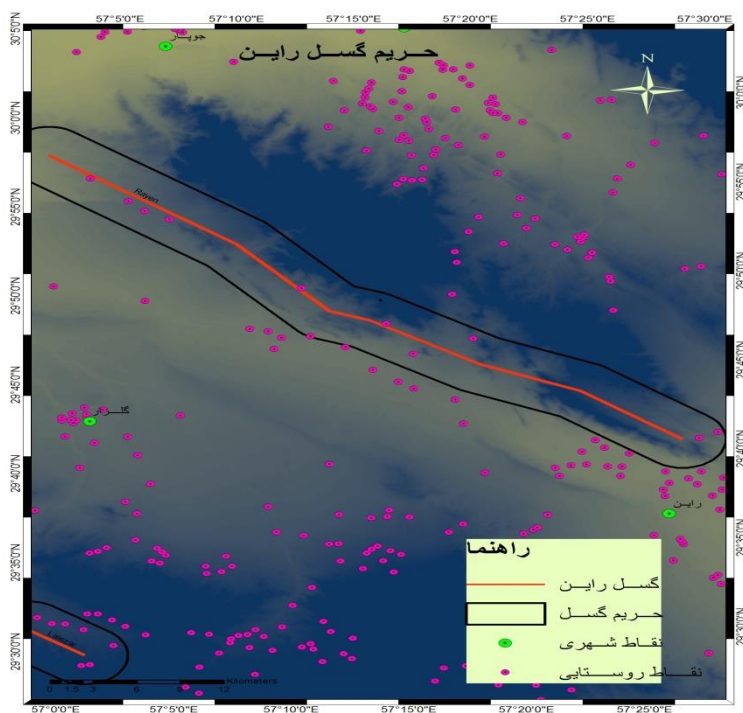
From Pos: 57.9111249035, 29. To Pos: 58.3110507110, 28.7062940424



شکل ۲۵: پروفیل گسل راین

حریم گسل راین

با توجه به معکوس بودن گسل راین پهنه حریم این گسل تا ۳۰۰۰ متر طراحی شده است پس از انطباق نقشه حریم گسل با مراکز جمعیتی شهرها و روستاها مشخص گردید حدود ۱۰ روستا بر روی حریم گسل استقرار یافته است.



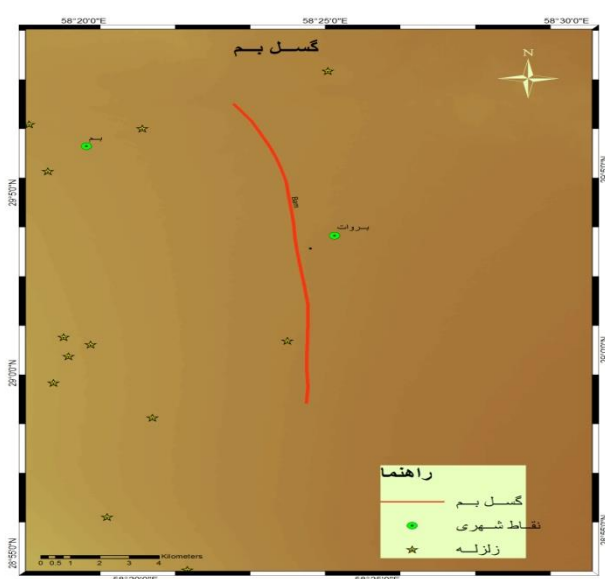
شکل ۲۶: نقشه انطباق سکونتگاه‌های انسانی با حریم گسل راین

گسل بم

این گسل بطول حدود ۶۵ کیلومتر از شرق شهر بم و در مجاور بروات با امتداد تقریباً شمال غرب - جنوب شرق می‌گذرد که قسمت شرقی آن به صورت یک پرتگاه (اسکارپ) پایین افتاده است. این گسل قسمتی از رسوبات دانه‌ریز پایین دست مخروط‌افکنه آدوری را قطع کرده و قسمت غربی را بالا رانده است. پویایی این گسل باعث شده که رسوبات پلیستوسن بر روی رسوبات کواترنر پسین قرار گیرد. عملکرد آن به صورت امتدادلغز راستگر با مولفه بسیار اندک فشارشی می‌باشد.

توان لرزه‌زایی گسل بم با رابطه مهاجر اشجعی و نوروزی:

$$MS = \log L + 5/4 \quad \log(65) + 5/4 = 7/2$$



شکل ۲۷: نقشه گسل بام



شکل ۲۸: نمایی از پرتگاه گسل بام (علوی پناه و همکاران، ۱۳۸۶)

مخربترین زلزله‌های گسل بام

زلزله‌ای به بزرگای ۶/۶ ریشتر که در ۲۶ دسامبر ۲۰۰۳ اتفاق افتاد و کانون آن در محدوده شهر بام و در عمق ۸ کیلومتری بود در واقع، زمین‌لرزه بام پرتلفات‌ترین زمین‌لرزه ایران در قرن گذشته است، به طوری حدود ۳۳۰۰۰ کشته، ۵۰۰۰۰ مجروح و ۱۰۰۰۰۰ بی خانمان به جای گذاشت.

حریم گسل بام

با توجه به معکوس بودن گسل بام پهنه حریم این گسل تا ۳۰۰۰ متر طراحی شده است پس از انطباق نقشه حریم گسل با مراکز جمعیتی شهرها و روستاها مشخص گردید که شهر بروات با جمعیتی حدود ۲۳۷۶۱ نفر و همچنین حدود ۷ روستا بر روی حریم گسل استقرار یافته است.



شکل ۲۹: نقشه انطباق سکونتگاه‌های با حریم گسل بم

جدول ۱: شهرهای واقع شده در حریم گسل‌های فعال منطقه مورد مطالعه

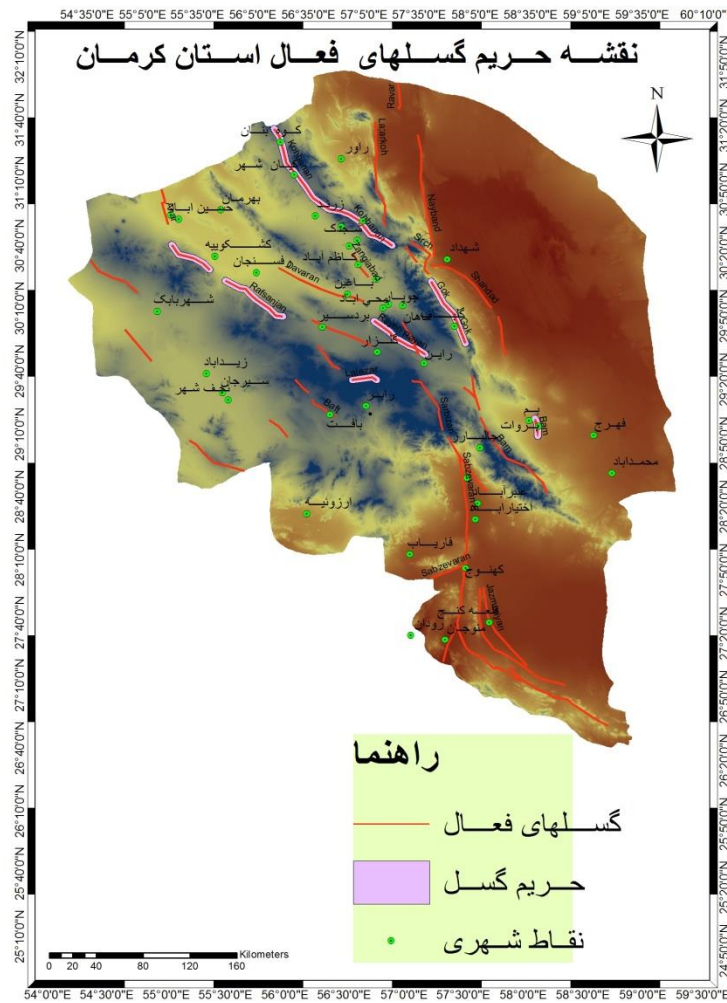
مساحت	جمعیت (نفر)	شهر
۱۴ کیلومتر مربع	۱۱۹۰۳	کوهبنان
۷۲ کیلومتر مربع	۲۳۷۶۱	بروات
۳۸ کیلومتر مربع	۱۶۰۰۰	گلباف
-	۱۰۰۷	هجک
-	۷۰۰۰	کیانشهر

جدول ۲: وضعیت استقرار جمعیت (شهر و روستا) در محدوده یک کیلومتری گسل‌های منطقه مورد مطالعه

تعداد روستاهای واقع در یک کیلومتری گسل	تعداد شهرهای واقع در یک کیلومتری گسل
۲۲۶۶	۲۷

جدول ۳: وضعیت استقرار جمعیت (شهر و روستا) در محدوده یک الی پنج کیلومتری گسل‌های منطقه مورد مطالعه

تعداد روستاهای واقع در یک الی پنج کیلومتری گسل	تعداد شهرهای واقع در یک الی پنج کیلومتری گسل
۷۰۹۵	۴۳



شکل ۳۰: نقشه کلی حریم گسل‌های فعال استان کرمان

نتایج

استان کرمان در منطقه‌ای قرار دارد که از نظر زمین‌ساختی و لرزه‌خیزی فعال و پیچیده است. وجود گسل‌های مهم و لرزه‌زا و زمین‌لرزه‌های متعدد این استان را جزء مناطق لرزه‌خیز کشور قرار داده است. روند گسل‌های منطقه به طور کلی در جهت شمال غربی - جنوب شرقی و شمال، شمال غربی - جنوب، جنوب شرقی دیده شده است. گسل‌های کوهبنان، گلباف، رفسنجان، شهر بابک، بم، بلورد و داوران در روند اول و گسل‌های لکرکوه، جیرفت، نایبند و انار در گروه دوم جای می‌گیرند. راستای ساز و کار اصلی گسل‌های مورد مطالعه راستگرد و معکوس است. گسل کوهبنان راستگرد و معکوس، گسل لکرکوه راستگرد و معکوس، گسل نایبند امتداد لغز و با مولفه راستگرد، گسل گوک (گلباف) راستگرد و معکوس، گسل بم راستگرد و معکوس، گسل لاله‌زار راستگرد و معکوس، گسل رفسنجان راستگرد و معکوس، گسل سبزواران (جیرفت) راستگرد، گسل داوران راستگرد و معکوس، گسل انار راستگرد، گسل بلورد راستگرد، گسل راین معکوس، گسل راور راستگرد می‌باشند. از لحاظ فعالیت گسل‌های کوهبنان، گوک، سبزواران، لاله‌زار، رفسنجان و راین فعال و دیگر گسل‌ها بصورت نیمه‌فعال و یا غیرفعال می‌باشند. آنچه در مورد گسل‌ها اهمیت دارد، بزرگی زمین‌لرزه احتمالی در اثر جنبش یک گسل می‌باشد. یکی از مهمترین خطرات زمین‌لرزه، خطر گسیختگی سطحی گسل‌ها است و تنها راهکار مقابله با آن شناسایی و رعایت حریم گسل و کنترل ساخت‌وساز آن مناطق است. حریم گسل‌ها محدوده‌ای در راستای گسله‌های لرزه‌زا و فعال، که در آن جابجایی و گسیختگی در طرفین گسل رخ داده و یا احتمال می‌رود که در زلزله‌های آتی نیز رخ دهد. در این پژوهش با تحلیل آماری

به محاسبه توان لرزه‌زایی گسل‌های فعال منطقه پرداخته شد، طبق فرمول تصحیح شده توسط مهاجر اشجعی و نوروزی ($MS = \log L + 5/4$) برای گسل‌های ایران، همه گسل‌های فعال مورد مطالعه دارای توان لرزه‌زایی (MS) بالای ۷ ریشتر می‌باشند. همچنین نقشه پهنای حریم گسل‌های فعال منطقه با توجه به سازوکار و نوع گسل با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) ترسیم گردید و با انطباق نقشه حریم گسل‌ها با مراکز جمعیتی شهری و روستایی، موقعیت شهرها و روستاهای استان نسبت به گسل‌های مطالعه شده مورد بررسی قرار گرفت. بررسی نقاط شهری و روستایی استان کرمان نشان می‌دهد ۲۷ شهر و ۲۲۶۶ روستا در محدوده یک کیلومتری گسل‌های منطقه همچنین ۴۳ شهر و ۷۰۹۵ روستا در محدوده یک الی پنج کیلومتری گسل‌های منطقه قرار دارند. از جمله شهر کوهبنان، کیانشهر، هجدک و بروات درست در حریم گسل و شهر گلباف در نزدیکی حریم گسل و همچنین صدها روستا درست در حریم گسل‌های فعال استقرار یافته‌اند، که در خطر زلزله و مخاطرات ناشی از آن واقع شده‌اند از این رو رعایت ایمن سازی ساختمان‌ها از طراحی تا اجرا براساس اصول مهندسی در مناطق زلزله‌خیز بسیار ضرورت دارد. جلوگیری از ساخت شهرها و شهرک‌های جدید در حریم گسل، ایجاد اماکن اسکان موقت در مناطق جمعیتی نزدیک حریم گسل برای مواقع وقوع زلزله‌های مخرب، اولویت دادن به بهسازی و نوسازی مناطق فرسوده واقع در حریم گسل شهرهای مذکور از جمله پیشنهادهایی هستند که موجب کاهش اثرات مخرب مخاطره زلزله در زمان بحران می‌گردد.

منابع

- آزاده، س. ر.، تقوایی، م. ۱۳۹۶، تحلیل فضایی آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های شهری و روستایی در برابر مخاطره زلزله مطالعه موردی: استان گیلان، نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال چهارم، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۶.
- آقائباتی، ع.، ۱۳۸۳، زمین‌شناسی ایران، انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور.
- آل طه، ب.، شرکتی، ش.، ۱۳۷۵، گزارش نهایی طرح تحقیقاتی مطالعه لرزه‌خیزی و سائسموتکتونیک شهر کرمان، جلد های ۱، ۲ و ۳ دانشگاه آزاد اسلامی واحد زرنند.
- ادیب، ا.، آقاسینی، آ.، پورکرمانی، م.، ۱۳۹۴، لرزه‌خیزی و حریم گسلش پیرامون گسل لاله‌زار کرمان، نشریه زمین‌شناسی ژئوتکنیک، سال ۱۰، شماره ۱: ۱-۱۴.
- امبرسز، ن.، ملویل، ج. (۱۳۷۰) تاریخ زمین‌لرزه‌ها ی ایران، ترجمه ابوالحسن رده، تهران: آگاه.
- ایران‌بیدی، د.، زارع، م.، ۱۳۹۳، حریم ساخت و ساز روی گسل‌های شیب لغز، مطالعه‌ی گسل پیشوا در جنوب تهران، فصلنامه‌ی علوم زمین، شماره ۹۴.
- بربریان، م.، قریشی، م.، ارژنگ روشن، ب.، مهاجر اشجعی، ا.، ۱۳۶۴، پژوهش و بررسی ژرف نوزمین ساخت، لرزه زمین ساخت و خطر زمین لرزه- گسلش در گستره تهران و پیرامون، گزارش ۵۶، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- بربریان، م.، قریشی، م.، ارژنگ روشن، ب.، مهاجر اشجعی، ا.، ۱۳۷۱، پژوهش و بررسی ژرف نوزمین ساخت، لرزه زمین ساخت و خطر زمین لرزه - گسلش در گستره قزوین بزرگ و پیرامون، گزارش ۶۱، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- زارع، م. (۱۳۸۰) خطر زمین لرزه و ساخت و ساز در حریم گسل شمال تبریز و حریم گسل‌های زمین‌لرزه‌ای ایران، پژوهشنامه‌ی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله، سال چهارم، شماره ۱ دوم و سوم.
- شفیع‌بافتی، ا.، شاکراردکانی، ع.، الهی، ع.، تراز، ح.، ایرانمنش، م (۱۳۸۹) بررسی زون مخرب گسل‌های امتداد لغز با نگرشی جدید در تعیین حریم گسل و نقش آن در تعیین ضریب ایمنی جهت احداث سازه‌های مهندسی، کنفرانس بین‌المللی سبک سازی و زلزله، کرمان.

- شاه‌پسندزاده. م.، حیدری. م.، ۱۳۷۵، بررسی مقدماتی لرزه‌خیزی، لرزه‌زمین‌ساخت و خطر رویداد زمین لرزه- گسلش در پهنه استان کرمان، مؤسسه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله، ۲۱ ص.
- شایان. س.، زارع. غ.م (۱۳۹۲) تعیین محدوده‌های خطر زمین‌لرزه در مخروط‌افکنه‌های فعال با روش تحلیل فضایی بربریان (مطالعه موردی: مخروط افکنه گرمسار)، مجله برنامه‌ریزی و آمایش فضا، دوره هفدهم، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۲.
- صبوری، س.، م. حاجی علی بیگی، ح (۱۴۰۱) بررسی شواهد تکتونیک فعال و ویژگی‌های حریم گسل کوشک و آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های روستایی، استان قزوین، مجله مسکن و محیط روستا، شماره ۱۷۷، بهار ۱۴۰۱.
- طالبیان. م.، قرشی. م.، کوثری. ا.، ۱۳۹۷، زمین‌ریخت‌شناسی و سازوکار گسلش زمین‌لرزه‌های ۱۰ و ۲۱ آذرماه ۱۳۹۶ هجری کرمان، فصلنامه علمی پژوهشی علوم زمین، زمستان ۹۷، سال بیست و هشتم، شماره ۱۱۰، صفحه ۲۴۷ تا ۲۵۴.
- عباس نژاد. ا.، داستانیور. م.، ۱۳۷۸، زلزله‌ها و زلزله‌خیزی استان کرمان، سازمان مسکن و شهرسازی استان کرمان، انتشارات خدمات فرهنگی کرمان، ۲۵۵ ص.
- علوی‌پناه، س.، ک.، قربانی، م.، ص. ۱۳۸۶، نقش سنجش از دور و بررسی‌های میدانی در تجزیه و تحلیل‌های مورفوتکتونیک: مطالعه موردی زلزله بم، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۶۰، تابستان ۱۳۸۶.
- عنابستانی، ع.، ا.، ۱۳۸۷، گسل درونه و استقرار سکونتگاه‌های انسانی در منطقه کاشمر، پژوهش‌های جغرافیایی - شماره ۶۳، ۱۳۸۷.
- مجرب، م.، زارع، م (۱۳۸۸) تعیین حریم مهندسی گسل شمال تهران، جهاد دانشگاهی، سال چهارم، شماره ۱.
- محمدی، ع. ر.، جاوید مغوان، ب. ۱۳۹۵، سنجش میزان آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های غیررسمی در برابر خطر وقوع زمین‌لرزه با استفاده از GIS (مورد پژوهش: محله زیر نهر تراب شهر پارس آباد)، نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، شماره ۳، ۳.
- نعمتی، م.، عباس‌نژاد، ا. ۱۴۰۰، زمین‌ریخت‌شناسی و زمین‌ساخت جنبه وابسته به گسل‌های استان کرمان، فصلنامه زمین‌ساخت، سال چهارم، شماره ۱، بهار ۱۴۰۰.
- نگارش. ح (۱۳۸۴) زلزله، شهرها و گسل‌ها، مجله پژوهش‌های جغرافیایی شماره ۵۲.
- یغمائی. م.ع.، ۱۳۷۱، طرح مطالعه لرزه‌خیزی استان کرمان، جلد اول، وزارت معادن و فلزات، شرکت توسعه علوم زمین .
 - Ambraseys, N.N., & Melville, C., P. (1982) *A History of Persian earthquakes*, Cambridge university press, Cambridge 219 PP.
 - Amini, Samar., Roland Roberts., Bjorn Lund. (2020) *Directivity analysis of the 2017 December Kerman earthquakes in Eastern Iran*, *Journal Seismol*, 24:531-54.
 - Arian, mehran. 2015, *Seismotectonic-Geologic Hazards Zoning of Iran*, *Earth Sci. Res. J. vol.19 no.1 Bogotá Jan./June 2015*.
 - Bommer, J.J.; N.A. Abrahamson, F.O. Strasser, A. Pecker, P.Y. Bard, H. Bungum, F. Cotton, D. Fäh, F. Sabetta, F. Scherbaum, and J. Studer. 2004. *The challenge of defining upper bounds on earthquake ground motions*. *Seismological Research Letters*.
 - Berberian, M., 1979, *Evaluation of the instrumental and relocated epicentres of Iranian earthquakes*, *R. Astr. Soc.* 58, 625-630.
 - Dimitrijevic, M., C. 1973, *Geology Kerman of rigion: geological. survey of Iran*, *Rep No yu/52*, 334p.
 - Huckreide. R, Kursten.M, Venzlaff.I, T. (1962) *Zur geologie des Gebietes zwischen Kerman and Sagand (Iran)*, *Hannover Bundesanstact for Bodn for schung* 197pp.
 - Mohajer -Ashjai, A. & Nowroozi, A., A. (1978) *Observed and probable Intensity Zoning of Iran*, *Tectonophysics*, 49, 249-260.
 - Kim, J. K. 2014. *A conceptual framework for assessing post-earthquake fire performance of buildings*.

- Nowroozi, A. A, 1985, *Empirical relations between magnitudes and fault parameters for earthquakes in Iran*, *Bulletin of the Seismological Society of America*, 75(5):1327-1338.
- Peng Guo , Zhujun Han ,Shaopeng Dong , Zebin Mao, Nan Hu, Fan Gao, and Jiani Li, 2021, *Latest Quaternary Active Faulting and Paleoeearthquakes on the Southern Segment of the Xiaojiang Fault Zone, SE Tibetan Plateau*, *GeoScienceWorld, Lithosphere Volume 2021*, Article ID 7866379, 17 pages.
- Slemmons, D. B., 1982, *Relationship between total fault length, surface rupture length and maximum displacement and earthquake magnitude*, *Abstract Earthquake Note 53*, 66.
- Tocher, D., 1985, *Earthquake energy and ground breakage* *Bell, Seim. Soc Am.* 48, 147-153.
- Vernant, P., Nilforoushan, F., Hatzfeld, D., Abbassi, M.R., Vigny, C., Masson, F., Nankali, H., Martinod, J., Ashtiani, A., Bayer, R. and Tavakoli, F. (2004) *Present-day crustal deformation and plate kinematics in the Middle East constrained by GPS measurements in Iran and northern Oman*. *Geophysica Journal International*, 157(1), pp.381-398.
- Walker, R. and Jackson, J. (2002) *Offset and evolution of the Gowk fault, SE Iran: a major intra-continental strike-slip system*. *Journal of structural Geology*, 24(11), pp.1677-1698.
- Wells, D.L. & K.J. Coppersmith (1994) *New Empirical Relationship among Magnitude, Rupture Length, Rupture Area and Surface Displacement*, *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 84, No. 4, Pp. 974-1002.