

تحلیل خطر لرزه‌ای شهر هجدک به روش احتمالاتی

۱. نگار سودمند

دانشجوی دکترا، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، تهران، ایران

Negar Soodmand

PhD student, Islamic Azad University, North Tehran branch, Tehran, Iran

E-mail: nsoodmand@gmail.com

۲. فاطمه دهقان فاروجی - نویسنده مسئول

عضو هیات علمی، مربی، بخش زلزله شناسی مهندسی و خطرپذیری، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، تهران، ایران

Fateme Dehghan Farouji^{2*}

2 Instructor, Department of Engineering Seismology and Risk, Road, Housing and Urban Development Research Center, Tehran, Iran

Corresponding Author E-mail: dehghan@bhrc.ac.ir, fatemedehghan@yahoo.com

چکیده:

کشور ایران جزو کمربند کوهزایی آلپ - هیمالیاست و به ایالت های لرزه زمین ساختی مختلفی تقسیم شده است. استان کرمان بر اساس طبقه بندی ایالت های لرزه زمین ساختی در زون ایران مرکزی قرار گرفته است. شهر هجدک نیز در ایالت لرزه زمین ساختی ایران مرکزی واقع شده است و رویداد زمین لرزه ای بزرگی را تجربه نموده است. در این تحقیق برای اولین بار شهر هجدک کرمان از نظر شرایط لرزه ای به صورت جامع مورد بررسی قرار گرفته است تا با استفاده از نتایج آن فرایند تصمیم گیری برای اقدامات پیشگیرانه به ویژه بهسازی و مقاوم سازی ساختمان ها در برابر زلزله در این شهر تسهیل گردد. در این تحقیق از داده های کاتالوگ زمین لرزه های موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران و نقشه های زمین شناسی سازمان زمین شناسی استفاده شده است و چشمه های لرزه ای، پارامترهای لرزه ای، جنبش نیرومند زمین محاسبه و تحلیل خطر زلزله به روش احتمالاتی انجام شده است. بر اساس نتایج حاصل از این تحقیق، در فاصله ۱۰۰ کیلومتری از محدوده شهری، ۶ زمین لرزه تاریخی، ۴۱۴۱ زمین لرزه دستگاهی با بزرگای بالای ۴ از سال ۱۹۰۰ تا اواخر ۲۰۲۳ رخ داده و ۸ چشمه لرزه زا از نوع ناحیه ای تشخیص داده شده است. ضرایب لرزه خیزی a, b محاسبه شده در این محدوده به ترتیب $۰/۸۶$ و $۳/۸۸$ و نرخ لرزه خیزی برای بزرگای ۴ و بزرگ تر، $۱/۴۷$ است. بیشترین شتاب سنگ کف در محدوده $۰/۴۵$ است که این شتاب در محدوده شهر هجدک بین $۰/۲۵$ - $۰/۳۵$ می باشد.

واژه های کلیدی: لرزه خیزی، ایران مرکزی، تحلیل خطر زلزله، شهر هجدک، استان کرمان

۱. مقدمه

فلات ایران در کمربند کوهزایی آلپ - هیمالیا، از لرزه خیزی بالا به دلیل رخداد مستمر زلزله های شدید برخوردار است. از این رو دارای ویژگی های لرزه زمین ساختی و زمین شناسی متفاوتی است که توسط محققین به ایالت های لرزه زمین ساختی مختلفی تقسیم شده است (آقانباتی، ۱۳۸۳؛ اشتوکلین، ۱۹۶۸؛ بربریان، ۱۹۸۱؛ علوی، ۱۹۹۱؛ علوی نائینی، ۱۹۷۲؛ نبوی، ۱۳۵۵). استان کرمان بر اساس طبقه بندی ایالت های لرزه زمین ساختی کشور توسط نبوی (۱۹۷۶) در زون ایران مرکزی قرار گرفته است. خرد قاره ایران مرکزی به بلوک لوت، فرونشست طبس، بلوک پشت بادام، بلوک یزد، فرازمین کلمرد و فروافتادگی بیاضه - بردسیر تقسیم می شود (اشتوکلین، ۱۹۶۸).

شهر هجدک در شمال استان کرمان قرار گرفته است و بر اساس تقسیم بندی ایالت های لرزه زمین ساختی نیز در ایالت لرزه زمین ساختی ایران مرکزی قرار گرفته است. شهر هجدک از نظر لرزه خیزی در زون با خطر نسبی بسیار بالا قرار گرفته است (آیین نامه طراحی ساختمان ها در برابر زلزله، ۱۳۹۳). رویداد زمین لرزه هجدک کرمان با بزرگی $6/3$ و $6/2$ در دهم و بیست و یکم آذرماه ۱۳۹۶ به وقوع پیوست و در اثر وقوع این زمین لرزه، ۳۰۰ واحد مسکونی شهری و ۳۰۰ واحد مسکونی روستایی آسیب دیدند و حدود ۵۰ نفر مجروح شدند. بی تردید این رویداد آخرین رویداد لرزه ای نخواهد بود. بنابراین با توجه به اهمیت موضوع و استمرار وقوع زمین لرزه های بزرگ و برای پیشگیری از خسارات جانی و مالی و آسیب های روانی و اجتماعی می بایست در خصوص بهسازی و مقاوم سازی مناطق شهری و روستایی و اقدامات پیشگیرانه تدابیری اندیشیده شود. به منظور انجام اقدامات پیشگیرانه و نیز بهسازی و مقاوم سازی، بررسی وضعیت لرزه خیزی هر منطقه ضروری است.

این تحقیق به منظور بررسی وضعیت لرزه خیزی شهر هجدک کرمان انجام یافته است تا با استفاده از نتایج آن فرایند تصمیم گیری برای مدیریت بحران زلزله به ویژه بهسازی و مقاوم سازی ساختمان ها در این شهر تسهیل گردد.

رویداد استادی نشده

دانشگاه

۲. پیشینه تحقیق

مطالعات و پژوهش های مختلفی در گستره استان کرمان انجام شده است. در تحقیق عابدی (۱۳۷۸) گستره استان کرمان از نظر آسیب پذیری ناشی از بلایای طبیعی مورد بررسی قرار گرفته است. بر اساس نتایج حاصل از این تحقیق، خصوصیات لرزه خیزی استان و تمرکز زلزله های استان، وقوع زمین لرزه های متعدد با بزرگای ۵ و بیشتر در این ناحیه و رخداد های لرزه ای در ساعات روز و شب مورد بحث قرار گرفته است. ریاضی و قیطانچی (۱۳۸۳) به بررسی مقدماتی زمین لرزه چهارم اسفند ۱۳۸۳ زرنده کرمان پرداختند. در این پژوهش به گسل مسبب زمین لرزه که یکی از شاخه های گسل کوهبنان است، اشاره شده است که شیب و هندسه آن و نیز پیشینه شتاب ثبت شده و شدت زمین لرزه، سازوکار زمین لرزه و اثر آن بر ساختمان ها مورد بررسی قرار گرفته است. آراین (۱۳۸۹) به بررسی خطر زمین لرزه - گسلش در گستره چهارگوش کرمان پرداخته است. در این تحقیق، گسل های اصلی منطقه بر اساس شواهد صحرایی و مطالعات سنجش از دور بررسی و لرزه خیزی منطقه تحلیل شده است. بر اساس نتایج حاصل از این تحقیق، مهمترین چشمه لرزه ای که سیستم گسلی گوک است مورد شناسایی قرار گرفته و نقشه های پهنه بندی خطر برای منطقه تهیه شده است که بر این اساس پیشینه شتاب زمین برای چهارگوش کرمان که در بردارنده بخشی از باختر بلوک لوت و حاشیه اطراف آن می باشد، ۰٫۶۵ گال تعیین شده است. در تحقیق ولی زاده (۱۳۹۰) وضعیت لرزه خیزی و آسیب پذیری جمعیتی و کالبدی شهر کرمان تحلیل شده است. در نتایج حاصل از این تحقیق مشخص شده است که شهر کرمان از نظر لرزه زمین ساختی فعال بوده که بر اثر رخداد زلزله بیش از ۶ ریشتری، بیش از ۵۰ درصد سازه ها و ۵۳ درصد جمعیت شهر کرمان آسیب خواهند دید. بصیری و همکاران (۱۳۹۲) به شناسایی الگوی خوشه ای رخداد زمین لرزه های پارینه روی گسل گلباف پرداختند. در این تحقیق، رفتار خوشه ای گسل گوک بر اساس اطلاعات ریخت زمین ساخت و پارینه لرزه شناسی مورد تایید قرار گرفته است. ریاضی راد (۱۳۹۲) لرزه خیزی کرمان را با نگرش به زلزله ریگان مورد ارزیابی قرار داده است. در این تحقیق، با استفاده از داده های شتابنگاری و لرزه نگاری به تعیین محل زمین لرزه ها و پس لرزه ها و گسل مسبب زلزله که گسل نه بوده است، پرداخته شده است و با روش احتمالاتی مقادیر پیشینه شتاب محاسبه شده است. ادیب و همکاران (۱۳۹۳) حریم گسلش پیرامون گسل لاله زار و لرزه خیزی آن را مورد بررسی قرار داده اند. در این تحقیق، زمین لرزه های مرتبط با گسل لاله زار مورد بررسی قرار گرفته و بر اساس شواهد ریخت شناسی و تصاویر ماهواره ای، پهنه های خطر و گسلی مورد شناسایی قرار گرفته و تعیین شده است که نشان دهنده فعالیت زمین ساختی بیشتر در جنوب ناحیه است. حسینی و همکاران (۱۳۹۳) به عنوان مطالعه موردی در ناحیه ۱۳ شهر کرمان، آسیب پذیری لرزه ای و شبیه سازی آن را در مدیریت بحران مورد تحلیل قرار داده اند. در این تحقیق، در ناحیه ۱۳ شهر کرمان با استفاده از نرم افزار جی ای اس و کارمانیا، خسارت ها و تلفات در سناریو زلزله ۶/۳ ریشتری گسل کوهبنان مورد بررسی قرار گرفته است. تحلیل خطر لرزه ای برای مناطق مختلف شهر کرمان و تهیه طیف خطر یکسان برای آن توسط قدرتی امیری و همکاران (۱۳۹۴) انجام شده است. در این تحقیق منابع لرزه زا با استفاده از داده های لرزه خیزی تاریخی و دستگاهی از زمان قرن هشتم میلادی تا زمان تدوین تحقیق در شعاع ۲۰۰ کیلومتری مدل شده است و پیشینه شتاب سنگ بستر بر اساس روابط کاهندگی مختلف قدرتی امیری و زارع و همکاران بدست آمده است. همچنین تحلیل احتمالی خطر زلزله برای شهر کرمان محاسبه گردیده است. میزان آسیب پذیری بافت های شهری در برابر زلزله و سطح بندی آن در تحقیق غضنفرپور و حامدی (۱۳۹۶) مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج این تحقیق نشان داده است که بافت های شهری وضعیت نامناسبی در برابر آسیب پذیری لرزه ای دارند. در تحقیق سیوندی پور (۱۳۹۶) استان کرمان از نظر احتمال رخداد زلزله های بزرگتر از ۵٫۴ با استفاده از تجزیه و تحلیل آماری و شبکه های عصبی مصنوعی مورد بررسی قرار گرفته است و در نتایج آن پیش بینی شده است که در مناطق جنوبی احتمال رخداد زلزله

۶,۳۸ درصد وجود دارد. کاظمی نیا و میمنندی پاریزی (۱۳۹۶) وضعیت آسیب پذیری شهر کرمان را از نظر ساختمان‌ها مورد بررسی قرار داده‌اند که بر اساس نتایج حاصل از این تحقیق، منطقه ۱ و ۴ شهر کرمان از نظر آسیب‌پذیری ساختمان‌ها بیشترین مقدار را دارد. در تحقیق میلان و نعمتی (۱۳۹۷) زمین ساخت جنباً، لرزه‌خیزی حوضه‌های لوت و جازموریان در استان کرمان و شاخص‌های زمین ریخت-شناسی منطقه مورد بررسی قرار گرفته است که بر اساس نتایج حاصل از این تحقیق که با استفاده از نقشه‌های زمین شناسی، تصاویر ماهواره‌ای و کاتالوگ لرزه‌ای، عکس‌های هوایی و نقشه‌های توپوگرافی حاصل شده، شاخص‌های ژئومورفیک برای تعیین وضعیت زمین‌ساختی حوضه‌ها مورد استفاده قرار گرفته که نشان‌دهنده جنبایی حوضه‌ها از نظر زمین‌ساختی است. در تحقیق غضنفرپور و همکاران (۱۳۹۷) شهر رفسنجان از نظر لرزه‌خیزی و آسیب‌پذیری کالبدی و جمعیتی مورد بررسی قرار گرفته است. شهر رفسنجان در این تحقیق از نظر کالبدی و جمعیتی آسیب‌پذیر می‌باشد. رشیدی (۱۳۹۷) در منطقه کرمان-رفسنجان به ارزیابی خطر زمین‌لرزه و گسلش پرداخت. بر اساس نتایج این تحقیق، گسل‌های بسیار جنباً که فعالیت آنها تاکنون گزارش نشده است، مورد شناسایی قرار گرفت و بیشترین شکستگی‌ها در بخش جنوبی گسل کوهبنان و شاخه‌های فرعی آن، پایانه‌های شمالی گسل گوک و پایانه جنوبی گسل ناینبد در امتداد گسل بردسیر و جرجاک گزارش شد. در تحقیق صفی زاده و همکاران (۲۰۱۹) در شهر کرمان با استفاده از اطلاعات زلزله‌شناسی و زمین‌شناسی و برآورد احتمالاتی خطر زلزله، سرعت شتاب زمین و شتاب زمین برای دوره‌های بازگشت ۵۰،۷۵ و ۴۷۵ ساله انجام شده است. در تحقیق شفیعی بافتی (۱۳۹۸) خطر زمین‌لرزه در شمال کرمان و لرزه زمین ساخت آن با روش کیکو و سلوول (۱۹۹۲) مورد بررسی قرار گرفته است. در این تحقیق، سامانه گسلی کوهبنان و شناسایی قطعات گسیخته شده آن با استفاده از شواهد صحرائی و کتابخانه‌ای انجام شده است. برآورد خطر زمین‌لرزه با روش کیکو و سلوول (۱۹۹۲) نشان داده است که نرخ لرزه-خیزی و خطر زمین‌لرزه در منطقه زرنند بیش از مناطق دیگر است که البته این نتیجه را برای زمین‌لرزه‌های بالای ۷ با احتیاط عنوان نموده‌اند. سالاری و همکاران (۱۴۰۱) در شهر کرمان با استفاده از مدل فازی الکنره به رتبه‌بندی آسیب‌پذیری شهری در برابر مخاطره زلزله پرداختند. در این تحقیق، معیارهایی نظیر دسترسی به مراکز اسکان موقت و کاربری اراضی، فضای سبز، ایستگاه آتش نشانی، عرض معابر، فاصله از گسل، فاصله از مراکز درمانی و کیفیت ساختمان‌ها در بررسی میزان آسیب‌پذیری مناطق مختلف کرمان مورد بررسی قرار گرفته و نتایج نشان داده است که مناطق ۴ و ۵ شهر کرمان آسیب‌پذیرترین منطقه است. نعمتی و همکاران (۱۴۰۱) بخش شمالی و جنوب خاوری ایران مرکزی را از نظر ریخت زمین‌ساختی و لرزه‌خیزی مورد بررسی قرار دادند. در این تحقیق که بخشی از گستره کرمان را نیز شامل است، نقشه‌های لرزه‌خیزی گستره مشخص شده است و بررسی ریززمین لرزه‌ها و زمین لرزه‌های بزرگتر و شکل موج زمین لرزه‌ها، سازوکار تکه گسل‌های کوهبنان و لکرکوه تعیین شده است که بیانگر لرزه‌خیز بودن شهرهای کوهبنان، زرنند و کرمان است. در تحقیق سالاری و همکاران (۱۴۰۲) در استان کرمان سکونت‌گاه‌های انسانی واقع در حریم گسل‌های فعال مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج این تحقیق نشان داده است که چندین شهر و هزاران روستا در حریم گسل و یا در شعاع چند کیلومتری آن واقع شده است. توان لرزه‌زایی برای هر گسل محاسبه شده است و نقشه پهنای حریم گسل‌های مختلف ترسیم شده است که بر این اساس شهرهای کوهبنان، کیانشهر، هجدک و بروات در حریم گسل واقع شده‌اند.

در یک جمع‌بندی کلی از پیشینه تحقیقات انجام شده توسط محققان می‌توان گفت که غالب تحقیقات انجام شده با تمرکز بر شهر کرمان انجام شده است که در غالب آنها لرزه‌خیزی استان و شهر کرمان مورد نظر بوده است و به جز یک یا دو مطالعه که به شهر رفسنجان و زرنند معطوف است، بقیه شهرهای استان کرمان از نظر لرزه‌خیزی کمتر مورد توجه بوده است و در تحقیقات مربوط به لرزه زمین ساخت محدوده وسیعی در استان کرمان مورد نظر بوده است. در تحقیق سالاری و همکاران (۱۴۰۲) اشاره شده است که شهر

هجدک کرمان در حریم گسل واقع شده است که جزئیات آن در این تحقیق آورده نشده است. در این تحقیق برای اولین بار شهر هجدک کرمان از نظر شرایط لرزه‌ای به صورت جامع مورد بررسی قرار گرفته است.

۳. داده و شیوه پژوهش

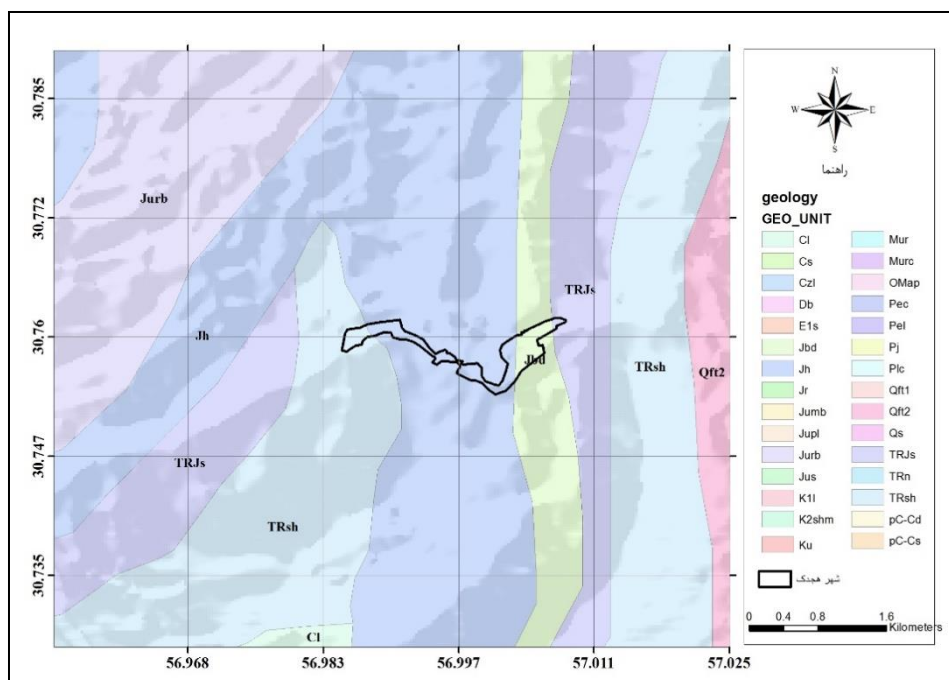
در این تحقیق تحلیل خطر زلزله با استفاده از داده‌های کاتالوگ زمین لرزها وابسته به موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران و گسل‌های گستره مورد مطالعه به کمک نقشه‌های زمین‌شناسی سازمان زمین‌شناسی در شهر هجدک به روش احتمالاتی انجام یافته است. تحلیل احتمالی خطر در این تحقیق در ۴ مرحله شناخت چشمه‌های لرزه‌زا، به دست آوردن رابطه تکرار بزرگا و میانگین نرخ بازرخداد برای هر چشمه، انتخاب رابطه کاهندگی مناسب و محاسبه منحنی خطر ساختگاه انجام شد. در مرحله شناسایی چشمه‌های لرزه‌زا از خصوصیات زمین‌شناسی، ژئوفیزیکی و داده‌های زلزله‌شناسی استفاده شده است و چشمه‌های لرزه‌ای به صورت ناحیه ای تعیین و توزیع فاصله ساختگاه تا چشمه مشخص شد. رابطه تکرار، توزیع بزرگا و میانگین باز رخداد از طریق قانون تکرار گوتنبرگ - ریشتر محاسبه گردید. بعد از شناسایی چشمه‌ها و تعیین رابطه تکرار، رابطه کاهندگی مناسب با توجه به مکانیسم چشمه‌ها و شرایط زمین‌شناسی برای برآورد جنبش شدید زمین انتخاب و برای زوج‌های مختلف بزرگا و فاصله این مقادیر بدست آمد و سپس منحنی خطر در ساختگاه محاسبه شده است.

۴. محدوده مورد مطالعه

شهر هجدک در استان کرمان و در قسمت شمالی این استان قرار گرفته است که در عرض جغرافیایی ۳۰/۷۶-۳۰/۷۵ و طول جغرافیایی ۵۶/۹۸-۵۷ واقع شده است. جمعیت این شهر بر اساس سرشماری عمومی نفوس و مسکن در سال ۱۳۹۵، ۱۰۰۷ نفر (۳۱۳ خانوار) با مساحت ۳۴ هکتار می‌باشد که در فاصله ۷۳ کیلومتری از کرمان قرار دارد.

۵. زمین شناسی محدوده مورد مطالعه

قسمت‌های شرقی شهر هجدک بر روی سازند شمشک (TRJS) متشکل از شیل‌های خاکستری تیره و ماسه سنگ به سن تریاس - ژوراسیک و سازند بادامو (Jbd) متشکل از سنگ آهک‌های آمونیت‌دار، اولیتی با لایه‌بندی خوب و خاکستری تیره به سن ژوراسیک قرار گرفته است. بخش‌های مرکزی شهر روی سازند هجدک (Jh) متشکل از تناوب ماسه سنگ و شن تا شیل‌های آرژیلیتی با میان لایه-هایی از ذغال و شیل کربناته به سن ژوراسیک و بخش‌های غربی شهر بر روی سازند شتری (TRsh) متشکل از دولومیت زرد، متراکم با لایه‌بندی خوب به سن تریاس میانی قرار گرفته است. در شکل ۱ موقعیت شهر هجدک بر روی واحدهای سنگ‌شناسی نشان داده شده است.



شکل ۱. موقعیت شهر همدک بر روی واحدهای سنگ‌شناسی

۶. گسل‌های محدوده شهر همدک

در محدوده شهر همدک گسل‌های زیادی مشاهده می‌شود که در شکل ۲ نشان داده شده است. این گسل‌ها شامل موارد زیر می‌گردد:
گسل ده زنان (سهندی، ۱۳۷۳): این گسل نزدیکترین گسل به شهر همدک است (شکل ۳). راستای این گسل، شمالی-جنوبی با شیب به سمت شرق است. طول این گسل ۱۸ کیلومتر و سازوکار آن راندگی است و این گسل سبب قرار گرفتن دولومیت‌های سازند شتری و دولومیت‌های سیب‌زار و ماسه‌سنگ‌های سازند پادها بر روی ماسه‌سنگ‌ها و توف‌های به سن اتوسن شده است (شیخ‌الاسلامی و همکاران، ۱۳۹۲).

گسل دهو: این گسل به نام تیگو هم معروف است (سعیدی و همکاران، ۱۳۸۱). این گسل دارای ۳۰ کیلومتر طول و سازوکار آن راندگی است. شیب گسل به سمت جنوب غرب است و راستای آن شمال غرب - جنوب شرقی است (شیخ‌الاسلامی و همکاران، ۱۳۹۲).

گسل لکرکوه: این گسل دارای ۱۰۰ کیلومتر طول (شیخ‌الاسلامی و همکاران، ۱۳۹۲) و راستای آن شمالی - جنوبی و موازی با گسل ناینند در بخش جنوبی بلوک طبس و خاور شهر راور واقع شده است. سازوکار بخش میانی این گسل، راستالغز راست بر با مولفه شیب لغز معکوس و در دو انتها راستالغز راست بر است (بونینی و همکاران، ۲۰۰۳) و بر اساس نظر سعیدی و همکاران (۱۳۸۱) راندگی با مولفه راست بر است.

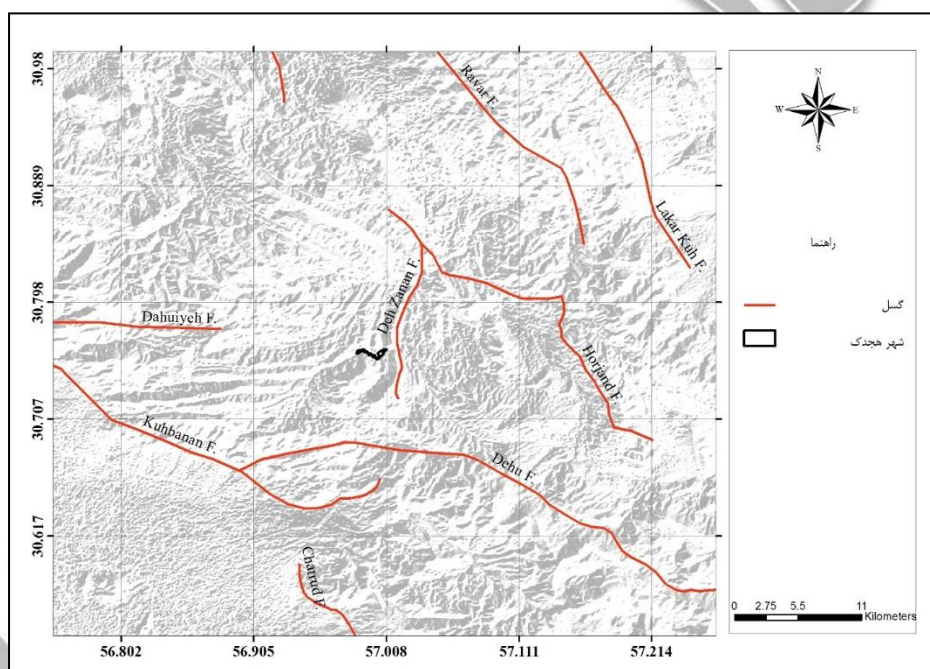
گسل داهوئیه: طول این گسل ۱۶ کیلومتر است. سازوکار این گسل معکوس بوده (شیخ‌الاسلامی و همکاران، ۱۳۹۲) و شیب آن حدود ۶۰ درجه به سمت شمال و راستای آن شرقی-غربی است (طالیان و همکاران، ۲۰۰۶).

گسل کوهبنان: طول این گسل ۲۲۳ کیلومتر و شیب آن شمال غرب-جنوب شرق است و راستای آن شمال غربی-جنوب شرقی است (شیخ‌الاسلامی و همکاران، ۱۳۹۲). سازوکار این گسل در ناحیه گیسک زرنند، راستالغز راست بر و قطعات میانی آن راستالغز

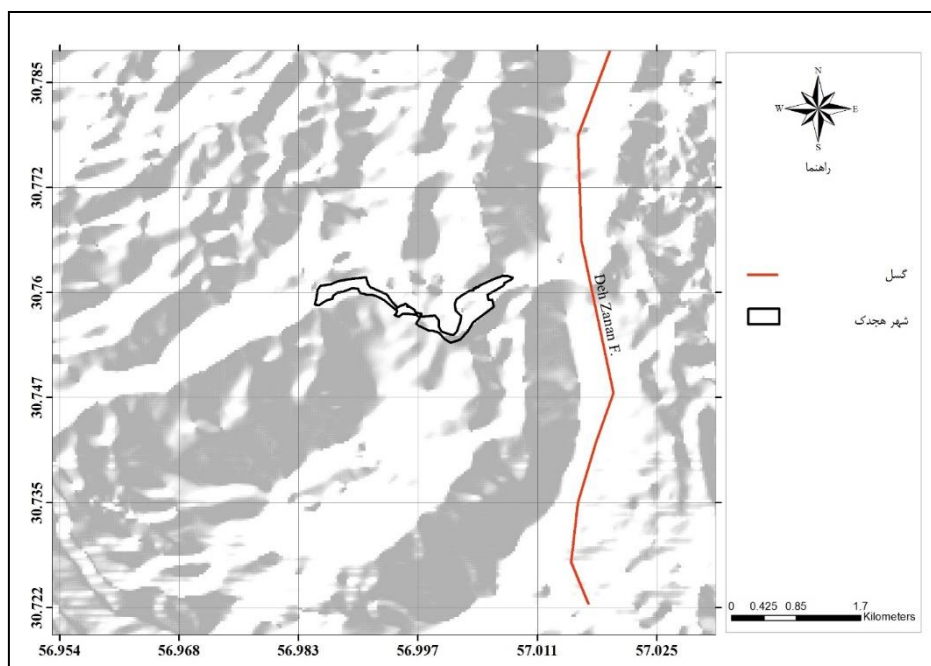
راست بر با مولفه معکوس و در قطعات شمال غربی راستالغز راست بر با مولفه عادی است (رادفر و پور کرمانی، ۱۳۸۳). پهنای این گسل ۲۰-۳۰ کیلومتر است که گسل‌های فرعی به موازات آن قرار دارند (مهدوی، ۱۳۷۴).

گسل چترود: نام دیگر این گسل، بازرگان است (سعیدی و همکاران، ۱۳۸۱). سازوکار این گسل رانندگی است و ۳۷ کیلومتر طول دارد. شیب این گسل به سمت شمال شرق و راستای آن شمال غرب-جنوب شرق است. مرز دشت کرمان و ارتفاعات شمال کرمان توسط این گسل مشخص می‌شود (شیخ الاسلامی و همکاران، ۱۳۹۲).

گسل راور: گسل راور خطواره‌ای زمین‌ساختی است که بخش‌های زیادی از آن پوشیده می‌باشد. این گسل از جنوب خاور کویر آبدوخی در جنوب طبس آغاز می‌گردد و قطعه‌های رخنمون یافته آن با راستای تقریبی شمالی-جنوبی و در طولی حدود یکصد کیلومتر تا جنوب شهر راور ادامه می‌یابند. حرکت راستالغز راستگرد برای این گسل در نظر گرفته شده است. طول این گسل ۱۴۴ و ۱۳۷ کیلومتر است (شفیعی بافتی و شاه پسند زاده، ۱۳۸۹).



شکل ۲. گسل‌های محدوده شهر هجدک



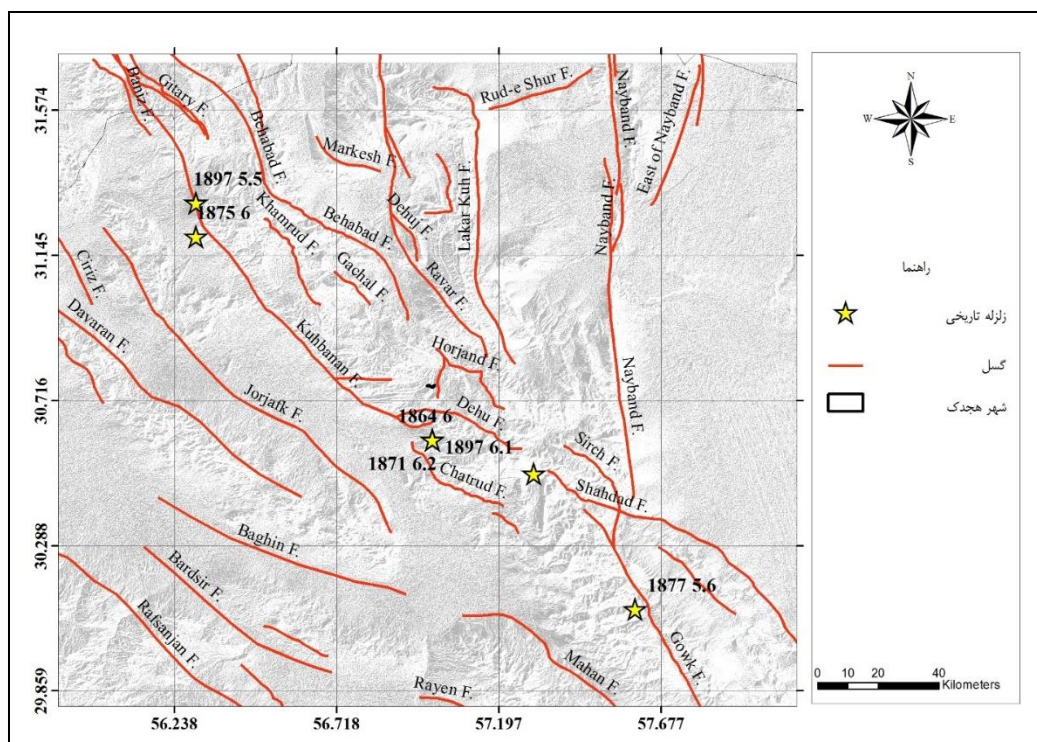
شکل ۳. موقعیت گسل ده زنان در نزدیکی شهر هجدک

۷. لرزه‌خیزی منطقه

شهر هجدک در نقشه آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله از نظر لرزه‌خیزی در منطقه بسیار پرخطر قرار گرفته است. زلزله‌ای با بزرگی $M_n = 6.2$ در تاریخ دهم آذرماه ۱۳۹۶ در فاصله ۳۷ کیلومتری این شهر رخ داد. پس‌لرزه‌های این زمین‌لرزه تا مدت‌های زیادی ادامه داشت. در فاصله نه چندان دور در تاریخ بیست و یکم آذرماه ۱۳۹۶ بار دیگر دو زمین‌لرزه‌ای به بزرگی‌های ۶/۲ و ۶ در این منطقه رخ داد. رخداد این زمین‌لرزه‌ها، وجود گسل‌های فراوان در منطقه و نیز زمین‌لرزه‌های تاریخی و دستگامی گستره بیانگر لرزه‌خیزی بالای محدوده است. به منظور بررسی جامع‌تر لرزه‌خیزی محدوده، زمین‌لرزه‌های محدوده مورد مطالعه قرار گرفته و برای محدوده تحلیل خطر زلزله انجام شده است که به ترتیب مورد بحث قرار گرفته است.

۷-۱. زمین‌لرزه‌های تاریخی در گستره

در محدوده ۱۰۰ کیلومتری شهر هجدک، ۶ زمین‌لرزه تاریخی به وقوع پیوسته است که بزرگترین آنها با بزرگای ۶٫۱ در سال ۱۸۹۷ رخ داده است. نزدیکترین زمین‌لرزه تاریخی به وقوع پیوسته مربوط به سال ۱۸۶۴ با بزرگای ۶ بوده است. زمین‌لرزه‌های تاریخی رخ داده موید لرزه‌خیزی منطقه است. زمین‌لرزه‌های تاریخی محدوده در جدول ۱ و شکل ۴ نشان داده شده است.

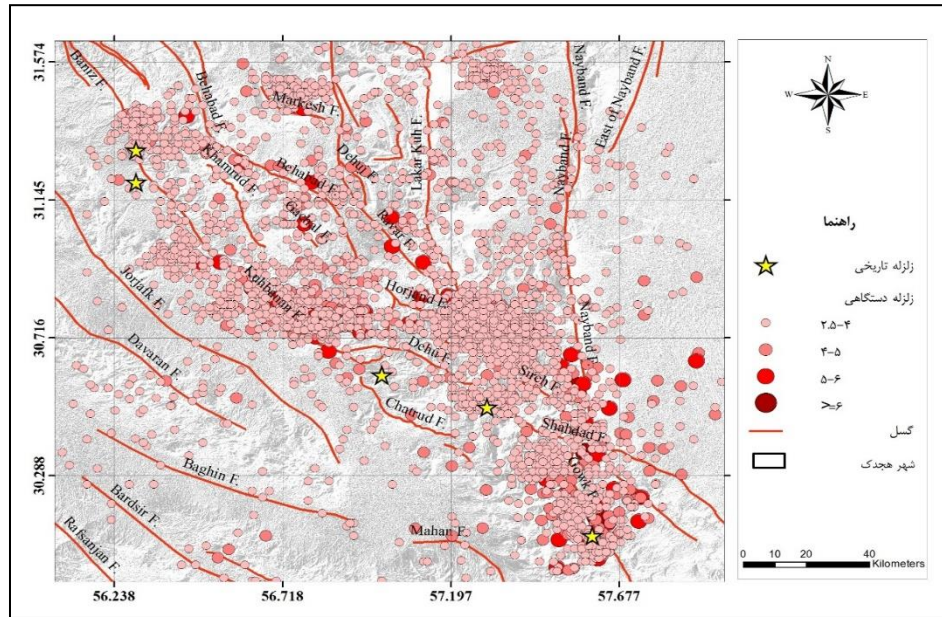


شکل ۴. زمین لرزه‌های تاریخی به وقوع پیوسته در محدوده شهر هجدک
جدول ۱. مشخصات زمین لرزه‌های تاریخی به وقوع پیوسته در محدوده

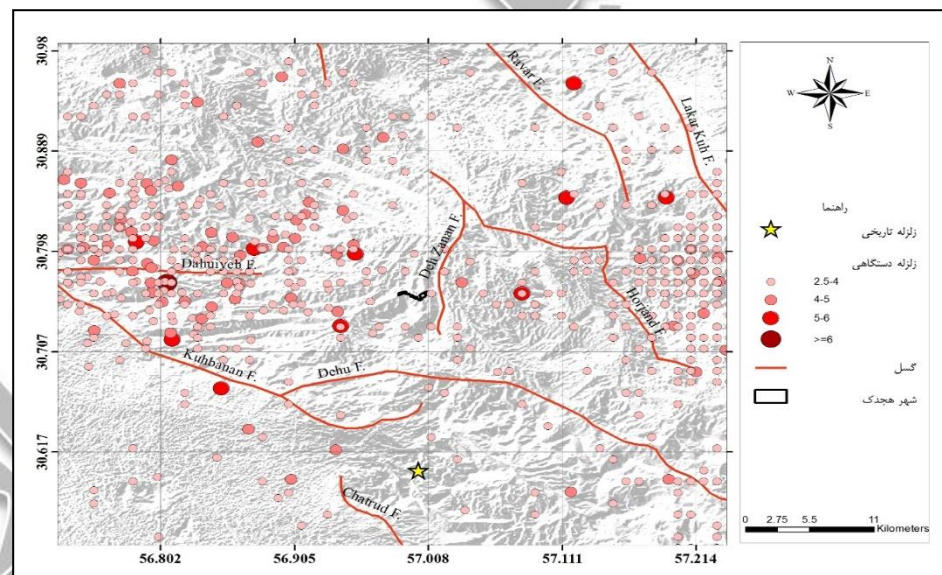
بزرگا	سال وقوع	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
۵/۸	۱۸۵۴	۵۷/۳	۳۰/۵
۶	۱۸۶۴	۵۷	۳۰/۶
۶	۱۸۷۵	۵۶/۳	۳۰/۲
۵/۶	۱۸۷۷	۵۷/۶	۳۰/۱
۵/۵	۱۸۹۷	۵۶/۳	۳۱/۳
۶/۱	۱۸۹۷	۵۷	۳۰/۶

۲-۷. زمین لرزه‌های دستگاهی

زمین لرزه‌های دستگاهی از سال ۱۹۰۰ تا ۲۰۲۳ در این محدوده در چهار دسته زمین لرزه‌های با بزرگای ۴-۲، زمین لرزه‌های با بزرگای ۵-۴، زمین لرزه‌های با بزرگای ۶-۵ و زمین لرزه‌های با بزرگای بزرگتر مساوی ۶ ریشتر مورد بررسی قرار گرفته است. در این گستره تعداد ۴۱۴۱ با بزرگای ۲،۵-۴، ۳۰۷ زمین لرزه با بزرگای ۴-۵، ۶۱ زمین لرزه با بزرگای ۵-۶ و ۴۰ زمین لرزه با بزرگای ۶ و بیشتر رخ داده است که سه رخداد آن در سال ۲۰۱۷ به فاصله ۱۲ روز رخ داده است. در شکل ۵ برهم نهی زمین لرزه‌های دستگاهی و تاریخی و در شکل ۶ زمین لرزه‌های دستگاهی و محدوده نشان داده شده است.



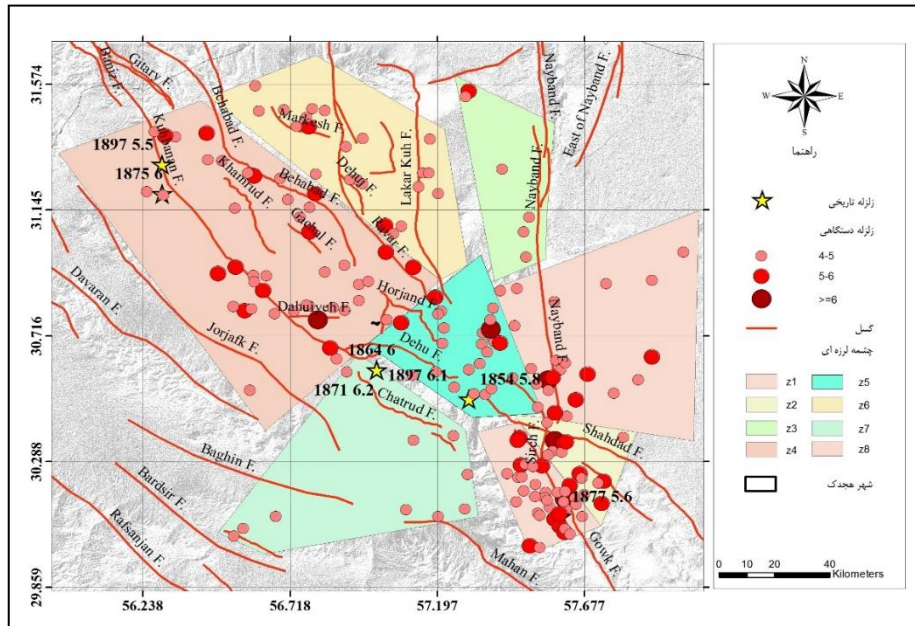
شکل ۵. برهم نهی زمین لرزه‌های تاریخی و دستگاهی به وقوع پیوسته در محدوده شهر همدک



شکل ۶. زمین لرزه‌های دستگاهی به وقوع پیوسته در محدوده شهر همدک از نمای نزدیکتر

۳-۷. تعیین چشمه‌های لرزه‌زا

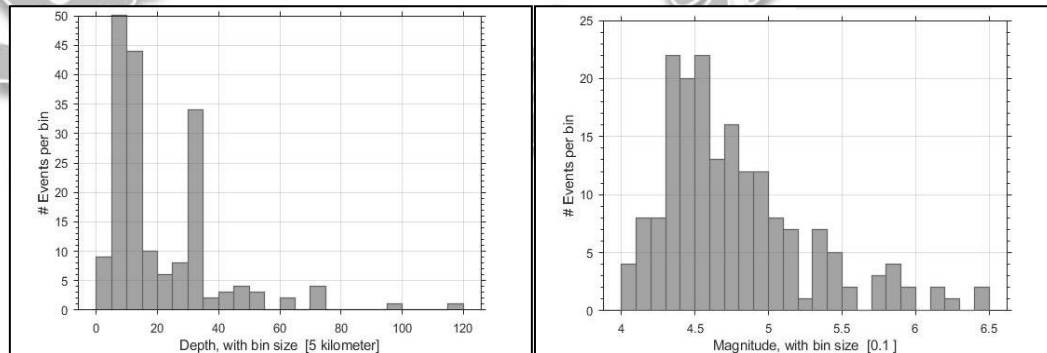
در تحلیل خطر لرزه‌ای، تعیین چشمه یا چشمه‌هایی که قابلیت وقوع زلزله در آن‌ها وجود دارد از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. این چشمه‌ها، نقش مهمی در برآورد خطر در فرایند تحلیل خطر لرزه‌ای ایفا می‌کنند. در محدوده شهر همدک ۸ چشمه لرزه‌زا از نوع ناحیه‌ای بر اساس روند گسلش و تجمع زلزله‌ها تشخیص داده شده است که در شکل ۷ نشان داده شده است.



شکل ۷ چشمه‌های لرزه‌ای در محدوده شهر هجدک

۴-۷. حذف پس لرزه‌ها

پس لرزه‌ها که پس از زمین لرزه اصلی و بزرگ رخ می‌دهند، مجموعه‌ای از زمین لرزه‌های کوچک هستند که در اثر جابجایی سطح گسل‌ها روی زمین رخ می‌دهند. فراوانی پس لرزه‌ها پس از رخداد اصلی به سرعت کاهش می‌یابد (زارع، ۱۳۸۴). در فرایند تحلیل خطر زلزله، پس لرزه‌ها حذف می‌شوند. برای عملیات حذف پس لرزه‌ها از روش گاردنر نوپوف (۱۹۷۴) بر اساس الگوریتم پنجره‌های زمانی- مکانی استفاده شده است. در این عملیات از مجموع حدود ۴۱۴۱ زمین لرزه، ۱۸۱ زمین لرزه بدست آمد. در شکل ۸ رخداد زمین لرزه‌های گسترده نسبت به عمق، بزرگ‌ها پیش از حذف پس لرزه‌ها نشان داده شده است.

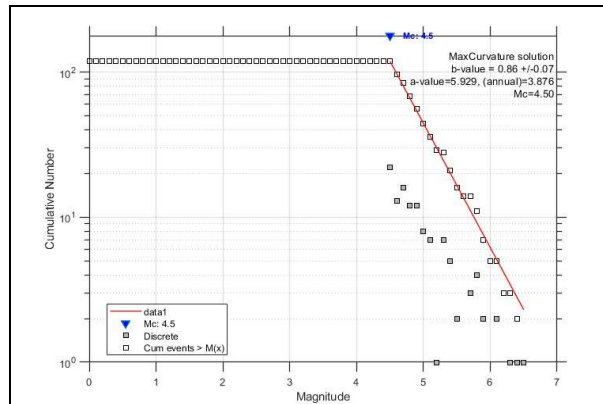


شکل ۸ توزیع فراوانی زمین لرزه برحسب بزرگ (سمت راست) و توزیع فراوانی زمین لرزه بر حسب عمق (سمت چپ)

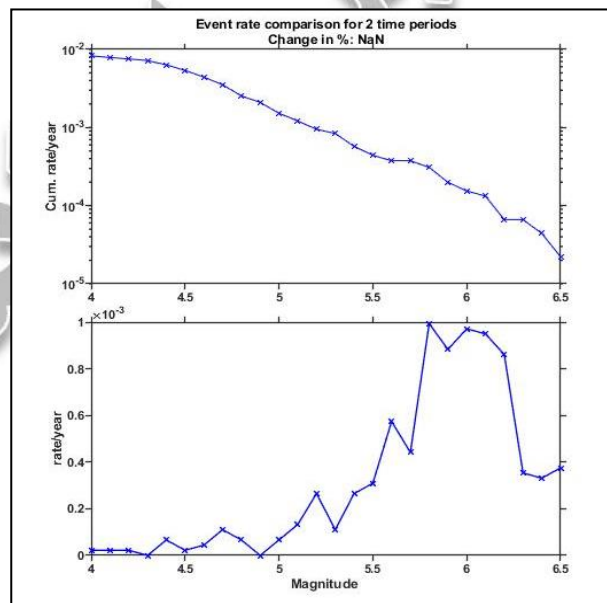
در شکل ۸ تعداد رخداد‌های با بزرگای در حدود ۴/۳ تا ۵ بیشترین مقدار را دارد و همچنین عمق اکثر رخداد‌های زلزله بین ۱۰ تا ۲۰ کیلومتر است و عمق‌های بالاتر به احتمال زیاد دارای خطای اندازه‌گیری بوده است.

۷-۵. پارامترهای لرزه‌خیزی محدوده مورد مطالعه

به منظور بررسی لرزه‌خیزی پارامترهای مهمی نظیر، ضرایب لرزه‌خیزی مورد بررسی قرار می‌گیرد برای محدوده شهر هجدک مقدار $b=0.86$ و مقدار $a=3.88$ برآورد شده است. نرخ لرزه‌خیزی در محدوده مورد مطالعه برای بزرگای ۴ و بزرگ‌تر، $1/47$ است. در شکل ۹ نمودار مربوط به ضرایب لرزه‌خیزی و در شکل ۱۰ نمودار مربوط به نرخ لرزه‌خیزی نشان داده شده است.



شکل ۹. تعیین ضرایب لرزه‌خیزی a و b و Mc

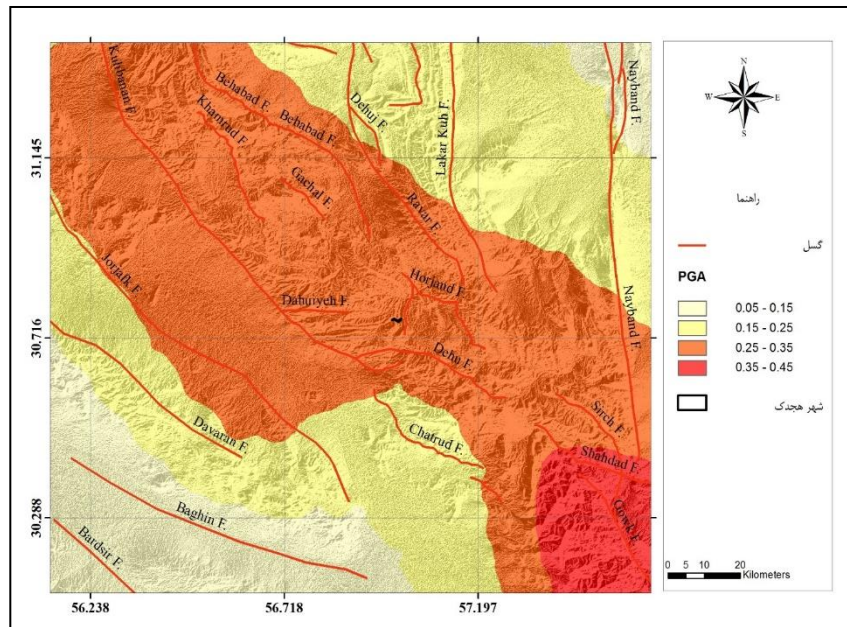


شکل ۱۰. نمودار نرخ لرزه‌خیزی

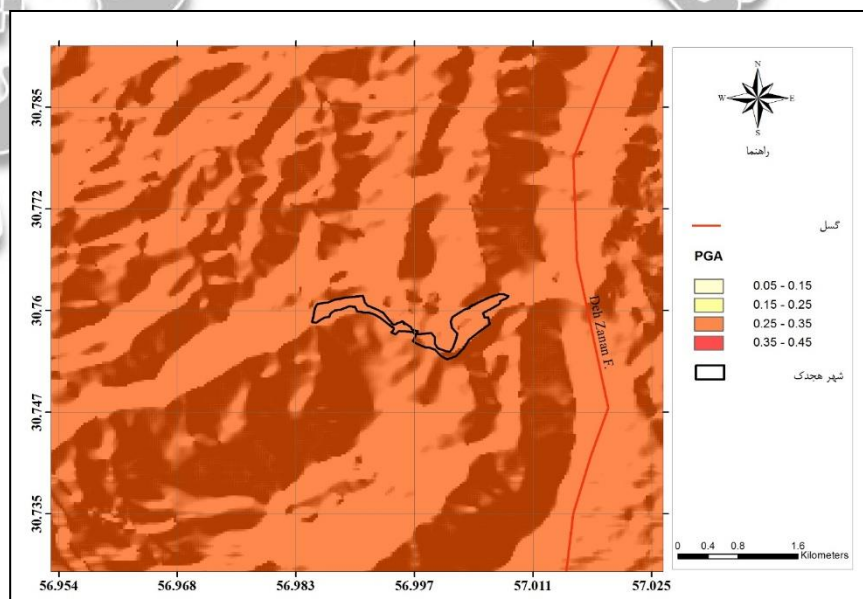
۸. تحلیل خطر

به منظور مطالعه لرزه‌خیزی مناطق مختلف و تعیین پارامترهای جنبش نیرومند زمین و بدست آوردن شتاب مبنای طرح برای طراحی‌های سازه‌ای مقاوم در برابر زلزله، تحلیل خطر زلزله ضروری است. این تحلیل به دو روش تعیینی و احتمالاتی قابل انجام است که در این پژوهش، تحلیل خطر به روش احتمالاتی انجام شده است.

در تحلیل احتمالاتی خطر زلزله پارامترهایی نظیر چشمه‌های لرزه‌ای، شتاب، سرعت و جابجایی زمین، منحنی خطر زلزله تعیین و محاسبه می‌شود. این تحلیل به روش کمپل-بزرگنیا (۲۰۰۸) و برای دوره بازگشت ۴۷۵ ساله انجام شده است. نقشه پهنه‌بندی شتاب سنگ کف در محدوده شهر هجدک ترسیم شده است که در شکل ۱۱ آورده شده است. همانطوری که در این شکل مشاهده می‌گردد، بیشترین شتاب در این محدوده ۰/۴۵ است که در اطراف گسل‌های شهداد و گوک مشاهده می‌شود. این شتاب در محدوده شهر هجدک بین ۰/۲۵ تا ۰/۳۵ است که به رنگ نارنجی نشان داده شده است. در شکل ۱۲ نمایی نزدیکتر از شهر هجدک و شتاب سنگ کف در محدوده این شهر نشان داده شده است.



شکل ۱۱. نقشه پهنه‌بندی شتاب سنگ



شکل ۱۲. نقشه پهنه‌بندی شتاب سنگ از نمایی نزدیکتر

۹. نتیجه گیری

زلزله های بزرگی در محدوده شهر هجدک رخ داده است. این شهر بر روی سازند شمشک، بادامو، هجدک و شتری قرار گرفته است. گسل های فراوانی در محدوده شهر هجدک وجود دارد که نزدیکترین گسل به این شهر، گسل ده زنان است. طول این گسل ۱۸ کیلومتر و سازوکار آن رانندگی است. محدوده شهر هجدک از نظر رخداد زمین لرزه ها گستره فعالی است. در این محدوده ۶ زمین لرزه تاریخی به وقوع پیوسته است که بزرگترین آنها با بزرگای ۶٫۱ ریشتر در سال ۱۸۹۷ رخ داده است. زمین لرزه های تاریخی رخ داده در محدوده بزرگ هستند و کمترین آن ها دارای بزرگای ۵/۵ است. زمین لرزه های دستگاهی رخ داده در محدوده از سال ۱۹۰۰ تا ۲۰۲۳ به تعداد ۴۱۴۱ است. ضرایب لرزه خیزی a ، b محاسبه شده در این محدوده به ترتیب ۰/۸۶ و ۳/۸۸ است. نرخ لرزه خیزی در محدوده مورد مطالعه برای بزرگای ۴ و بزرگ تر، ۱/۴۷ است. تحلیل خطر محدوده برای دوره بازگشت ۴۷۵ ساله نشان می دهد که بیشترین شتاب سنگ کف در محدوده ۰/۴۵ است که این شتاب در محدوده شهر هجدک بین ۰/۲۵-۰/۳۵ می باشد. نقشه شتاب نشان می دهد بیشترین شتاب ها در روند شمال غربی جنوب شرقی است که تطابق خوبی با روند گسل ها دارد. بنابراین به لحاظ قوانین ساخت و ساز محدوده مورد مطالعه از اهمیت ویژه ای برخوردار است به طوری که با داشتن گمانه های خاک منطقه می توان ریز پهنه بندی لرزه ای را انجام داده و از نتایج آن در بهبود ساخت و ساز و انتخاب و بکارگیری مصالح استفاده نمود.

منابع

- آقنابتی، ع. (۱۳۸۳). زمین شناسی ایران. چاپ اول. تهران: انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- آرین، م. (۱۳۸۹). بررسی خطر زمین لرزه گسلش در گستره چهارگوش کرمان. مجله علوم پایه دانشگاه آزاد اسلامی، ۲۰(۷۷)، ۱-۲۲.
- آیین نامه طراحی ساختمان ها در برابر زلزله - استاندارد ۲۸۰۰ (۱۳۹۳). انتشارات مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، نشریه شماره ض-۲۵۳ ویرایش سوم، ۲۱۲-۱.
- ادیب، ا، آقاحسینی، آ و پورکرمانی، م. (۱۳۹۳). لرزه خیزی و حریم گسلش پیرامون گسل لاله زار کرمان. نشریه زمین شناسی ژئوتکنیک، ۱۰(۱)، ۱۴-۱.
- بصیری، م، نظری، ح، فروتن، م، سلیمانی آزاد، ش، شکری، م، طالبیان، م، قرشی، م، اویسی، ب، بلورچی، م و رشیدی، ع. (۱۳۹۲). شناسایی الگوی خوشه ای رخداد زمین لرزه های پارینه روی گسل گلباف، جنوب خاوری کرمان. نشریه علوم زمین، ۲۲(۸۷)، ۱۸۰-۱۷۱.
- حسینی، ز، علوی، ا، حسن زاده، ر و دهقانی، م. (۱۳۹۳). تحلیلی بر آسیب پذیری لرزه ای و شبیه سازی آن در مدیریت بحران مطالعه موردی: ناحیه ۱۳ شهر کرمان. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ۲۹(۴)، ۱۴۷-۱۶۴.
- رادفر، ش و پورکرمانی، م. (۱۳۸۳). تفکیک زمین ساختی گسله کوهبنان. فصلنامه علوم زمین، ۱۱(۱)، ۵۱-۵۷.
- رشیدی، ا. (۱۳۹۷). ارزیابی خطر زمین لرزه گسلش در منطقه کرمان رفسنجان (جنوب خاور ایران). فصلنامه زمین ساخت، ۲(۸)، ۱۸-۱.
- ریاضی، ز و قیطانچی، م. ر. (۱۳۸۴). بررسی مقدماتی زمین لرزه چهارم اسفند ماه ۱۳۸۳ زرنند کرمان. نهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، دانشگاه تربیت معلم تهران، تهران، ۱۳۸۴.

- ریاضی راد، ز. (۱۳۹۲). بررسی لرزه‌خیزی گستره کرمان با نگرشی ویژه بر زمین‌لرزه ۱۳۸۹ ریگان. نشریه زمین‌شناسی ژئوتکنیک، ۹، (۳)، ۲۱۳-۲۲۹.
- زارع، م. (۱۳۸۴). مقدمه‌ای بر زلزله‌شناسی کاربردی. چاپ اول. تهران: پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله.
- سالاری، ن، انتظاری، م و خبازی، م. (۱۴۰۱). رتبه‌بندی آسیب‌پذیری شهری در برابر مخاطره زلزله با مدل ELECTRE FUZZY (مطالعه موردی: شهر کرمان). فصلنامه جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، ۳۳(۴)، ۱۱۳-۱۳۴.
- سالاری، ن، انتظاری، م و خبازی، م. (۱۴۰۲). بررسی سکونتگاه‌های انسانی واقع در حریم گسل‌های فعال (مورد مطالعه استان کرمان). فصلنامه پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، ۱۲(۱)، 1394. doi: 10.22034/GMPJ.2023.376328.1394
- سهندی، م. ر. (۱۳۷۳). نقشه زمین‌شناسی حورجند، مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰، سازمان زمین‌شناسی کشور، ش ۷۴۵۱.
- سعیدی، ع، قاسمی، م. ر، قرشی، م، نواب پور، پ، فریدی، م، حقی پور، ع و رضائیان، م (۱۳۸۱). بررسی زمین‌ساخت و لرزه‌زمین ساخت بلوک طبس. گزارش داخلی، سازمان زمین‌شناسی کشور.
- سیوندی پور، ع. (۱۳۹۶). پهنه‌بندی خطر زلزله استان کرمان با استفاده از تحلیل‌های اماری و شبکه‌های عصبی مصنوعی. فصلنامه انجمن زمین‌شناسی ایران، ۱۰(۳)، ۱-۹.
- شفیعی بافتی، شاه پسندزاده، م. (۱۳۸۹). بررسی ریخت زمین‌ساخت و لرزه‌زمین‌ساخت پهنه گسله راور، جنوب ایران مرکزی. فصلنامه علوم زمین، ۱(۶۶)، ۵۷-۶۶.
- شفیعی بافتی، ا. (۱۳۹۸). لرزه زمین‌ساخت و برآورد خطر زمین‌لرزه در شمال کرمان به روش Kijko and Sellevoll. فصلنامه علوم زمین، ۲۸(۱۱۱)، ۸۳-۹۴.
- شیخ الاسلامی، م. ر، جوادی، ح. ر، اسدی سرشار، م، آقاحسینی، ا، کوه پیمان، م و وحدتی دانشمند، ب (۱۳۹۲). دانشنامه گسله‌های ایران. چاپ اول. تهران: نشر رهی.
- عابدی، ق. (۱۳۷۸). آسیب‌پذیری ناشی از بلایای طبیعی در گستره استان کرمان، فصلنامه اطلاعات جغرافیایی (سپهر)، ۸(۳۲)، ۲۰-۳۰.
- غضنفرپور، ح و حامدی، م. (۱۳۹۶). سطح بندی میزان آسیب‌پذیری بافت‌های شهر کرمان بر اساس معیارهای منطق فازی. نشریه جغرافیا و توسعه، ۱۵(۴۸)، ۱۵۳-۱۶۹.
- غضنفرپور، ح، پورخسروانی، م و سلیمانی ساردو، م. (۱۳۹۸). ارزیابی وضعیت لرزه‌خیزی و آسیب‌پذیری کالبدی-جمعیتی شهر رفسنجان. مجله مخاطرات محیط طبیعی، ۸(۱۹)، ۱۵۰-۱۲۳.
- قدرتی امیری، غ، رضویان امرئی، س. ع و طهماسبی بروجنی، م. ع. (۱۳۹۴). تحلیل خطر لرزه‌ای و تهیه طیف خطر یکسان برای مناطق مختلف شهر کرمان. نشریه مهندسی سازه و ساخت، ۲(۲)، ۴۳-۵۲.
- کاظمی نیا، ع و میمنندی پاریزی، ص. (۱۳۹۶). پهنه‌بندی آسیب‌پذیری ساختمان‌های شهر کرمان در مقابل زلزله با استفاده از GIS. نشریه مهندسی نقشه برداری و اطلاعات مکانی، ۸(۳)، ۳۱-۴۷.
- مهدوی، م. (۱۳۷۴). نقشه زمین‌شناسی بهاباد، مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰، سازمان زمین‌شناسی کشور، ش ۷۲۵۳.
- میلان، ف و نعمتی، م. (۱۳۹۷). شاخص‌های زمین‌ریخت‌شناسی، زمین‌ساخت جنبا و لرزه‌خیزی حوضه‌های لوت و جازموریان (استان کرمان). فصلنامه زمین‌شناسی محیط زیست، ۱۲(۴۲)، ۱-۱۳.
- نوبی، م. ح. (۱۳۵۵). دیباچه‌ای بر زمین‌شناسی ایران. سازمان زمین‌شناسی کشور، گزارش شماره ۹۸.

نعمتی، م، اسکندری نصب سیاهکوهی، ن و شفیع بافتی، ش. (۱۴۰۱). بررسی ریخت‌زمین‌ساخت و لرزه‌خیزی بخش شمالی و جنوب خاوری ایران مرکزی. *جغرافیا و مخاطرات محیطی*، انتشار آنلاین، 10.22067/GEOEH.2022.78334.1271

ولی زاده، ر. (۱۳۹۰). تحلیلی بر ارزیابی وضعیت لرزه‌خیزی و آسیب‌پذیری کالبدی و جمعیتی شهر کرمان با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی. *نشریه جغرافیا و برنامه ریزی*، ۱۶ (۲۰۲)، ۱۳۸-۱۷۹.

- Alavi, M. (1991). Sedimentary and structural characteristics of the Paleo-Tethys remnants in northeastern Iran. *Geological Society of America Bulletin*, 103(8), 983-992.
- Alavi, M. (1972). *Étude géologique de la région de Djam*. Geological Survey of Iran (No. 23). Report.
- Berberian, M. (1981). Active faulting and tectonics of Iran. *Zagros-Hindu Kush-Himalaya Geodynamic Evolution* 3, 33-69.
- Bonini, M., Corti, G., Sokoutis, D., Vannucci, G., Gasperini, P., & Cloetingh, S. (2003). Insights from scaled analogue modelling into the seismotectonics of the Iranian region. *Tectonophysics*, 376(3-4), 137-149.
- Campbell, K. W., & Bozorgnia, Y. (2008). NGA ground motion model for the geometric mean horizontal component of PGA, PGV, PGD and 5% damped linear elastic response spectra for periods ranging from 0.01 to 10 s. *Earthquake spectra*, 24(1), 139-171.
- Gardner, J. K., & Knopoff, L. (1974). Is the sequence of earthquakes in Southern California, with aftershocks removed, Poissonian. *Bulletin of the seismological society of America*, 64(5), 1363-1367.
- Kijko, A., & Sellevoll, M. A. (1992). Estimation of earthquake hazard parameters from incomplete data files. Part II. Incorporation of magnitude heterogeneity. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 82(1), 120-134.
- Nabavi, M. H. (1976). An introduction to the geology of Iran. Geological survey of Iran, 109.
- Saafizaadeh, M., & Bagheripour, M. H. (2019). Evaluation of peak ground acceleration for the city of Kerman through seismic hazard analysis. *Scientia Iranica*, 26(1), 257-272.
- Stöcklin, J. (1968). Structural history and tectonics of Iran: a review. *AAPG bulletin*, 52(7), 1229-1258.
- Talebian, M., Biggs, J., Bolourchi, M., Copley, A., Ghassemi, A., Ghorashi, M., ... & Saiidi, A. (2006). The Dahuiyeh (Zarand) earthquake of 2005 February 22 in central Iran: reactivation of an intramountain reverse fault. *Geophysical Journal International*, 164(1), 137-148.

Seismic Hazard Analysis of Hojedk city by probabilistic method

Summary

The country of Iran is part of the Alpine-Himalayan orogeny belt and is divided into different tectonic seismic states. Based on the classification of tectonic seismic states, Kerman province is located in the central Iran zone. The city of Hojedk is also located in the seismic state of central Iran, which is in a relatively high-risk zone in terms of seismicity and has experienced large earthquake events. In this research, for the first time, the city of Hojedk has been comprehensively investigated in terms of seismic conditions to facilitate the decision-making process for preventive measures, especially the improvement and strengthening of buildings against earthquakes. In this research, data from the catalog of earthquakes of the University of Tehran's Geophysics Institute were used to analyze the earthquake hazard, and geological maps of the Geological Organization were used in the geological surveys and faults in the area. Earthquake hazard analysis in Hojedk City has been done in a probabilistic way. In this method, seismic springs have been identified and determined for the area. The information on the faults in the region and the earthquake catalog have been used for this research stage. At this stage, seismic springs are considered regionally. After determining the seismic springs, the seismic parameters were calculated and then the strong ground motion was estimated and finally, the earthquake hazard analysis was done by combining the uncertainties in the earthquake position and the magnitude of the strong ground motion parameters in the specific time period.

The city of Hojedk is placed in a very high seismic risk zone. Major earthquakes have occurred in the area of this city. Due to geology, this city is located on the Shemshak, Badamo, Hojedk and Shotori formations. There are many faults in the city of Hojedk, the closest fault to this city is the Deh Zana fault. The length of this fault is 18 km and its mechanism is thrust. The area of Hojedk City is an active area in terms of the occurrence of earthquakes. In this area, 6 historical earthquakes have occurred, the largest of which occurred with a magnitude of 6.1 in 1897. Historical earthquakes are in the large range and the smallest of them has a magnitude of 5.5. 4141 earthquakes occurred in the range from 1900 to 2023, of which 4 earthquakes occurred in this time range with a magnitude of 6 or more. 8 seismic springs of regional type were identified based on the trend of faulting and accumulation of earthquakes in Hojedk city. Research on aftershocks has shown that the number of events with a magnitude of about 3.4 to 5 is the highest, and the depth of most earthquake events is between 10 and 20 kilometers.

The seismic coefficients a , and b calculated in this range are 0.86 and 3.88, respectively. The seismicity rate in the studied area for magnitude 4 and greater is 1.47. The hazard analysis of the area for the return period of 475 years shows that the maximum acceleration of the bedrock is in the area of 0.45, which is in the area of Hojedk city is 0.25-0.35. The acceleration map shows that the highest accelerations are in the northwest-southeast trend, which is in good agreement with the trend of the faults. Therefore, in terms of construction laws, the studied area is of special importance, so by having soil boreholes in the area, seismic micro zoning can be done and its results can be used to improve construction and select and use materials. **Keywords:** seismicity, Hojedk city, Kerman province, Hazard analysis, Central Iran