

تحلیل خطر زلزله در شهرستان ایذه، استان خوزستان

سید ساجدین موسوی^{۱*}، بابک سامانی^۲، مریم منشدی مهادری^۳

۱- استادیار، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

۲- دانشیار، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۱/۱۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۶/۰۶



چکیده

زلزله مخرب ترین مخاطره زمین شناسی است که منجر به خسارات مالی و جانی گسترده می شود. تحلیل خطر زلزله ابزاری موثر برای پیش بینی و کاهش خطرات این پدیده است. در این تحقیق ارزیابی خطر زلزله در شهرستان ایذه تا شعاع ۵۰ کیلومتری مدنظر قرار گرفته است. به این منظور شرایط زمین شناسی، گسل های فعال و ابعاد و هندسه آنها و نیز تاریخچه لرزه خیزی منطقه مورد بررسی قرار گرفت. در این تحقیق تحلیل خطر زلزله با بکارگیری رویکرد احتمالاتی صورت پذیرفته است. پارامترهای جنبش نیرومند زمین (بزرگی و بیشینه شتاب) برای دوره بازگشت ۵ تا ۲۰۰ سال و با احتمال وقوع ۱۰، ۳۷ و ۶۴ درصد تعیین شد. نتایج این تحقیق حاکی از آن است که بیشینه بزرگی زلزله مبنای طرح (DBE) برای دوره های بازگشت ۵ تا ۲۰۰ سال در این منطقه بترتیب بین ۴/۷۹ تا ۶/۵۸ ریشتر متغیر است. همچنین، این مقادیر برای بیشینه بزرگی قابل انتظار (MCE) از ۵/۸۹ تا ۷/۶۹ ریشتر تغییر می کند. نتایج حاصل از رابطه میرایی کمبل نشان می دهد که بیشینه شتاب های قابل انتظار و مبنای طرح برای شهر ایذه بترتیب ۰/۲۵ و ۰/۴۸ g است. همچنین، نقشه های پهنه بندی خطر زلزله منطقه مطالعاتی برحسب شتاب در احتمال ۱۰ و ۶۴ درصد برای دوره ۵۰ ساله تهیه گردید و به کلاس های با خطر کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد تقسیم بندی شدند. این نقشه های خطر نشان می دهند که برای احتمال وقوع ۱۰ و ۶۴ درصد بترتیب ۵۴/۵۵ و ۴۳/۱۳ درصد از منطقه در محدوده با خطر زیاد و خیلی زیاد قرار می گیرد.

کلید واژه ها: تحلیل خطر زلزله، ایذه، جنبش نیرومند زمین، لرزه زمین ساخت.

۱- مقدمه

زلزله بزرگ‌ترین و مخرب‌ترین پدیده زمین‌شناسی است، به‌طوریکه هر ساله به‌طور میانگین منجر به از بین رفتن جان بیش از ۲۵۰۰۰ نفر در سطح جهان می‌شود (Silva et al., 2017) و خسارات مالی گسترده به شریان‌های حیاتی، میراث تاریخی و فرهنگی و نیز مناطق مسکونی شهری و روستایی وارد می‌کند. کاهش ریسک این مخاطره زمین‌شناسی مستلزم مکانیابی دقیق و طراحی سازه‌های ایمن در برابر زلزله و مقاوم‌سازی سازه‌های موجود است. این امر با انجام تحلیل خطر زلزله ۱ میسر است. خطر زلزله در هر منطقه را می‌توان با دو رویکرد اصلی تعیینی ۲ و احتمالاتی ۳ کمی کرد. در رویکرد تعیینی تنها یک سناریو خاص از وقوع زلزله در نظر گرفته می‌شود که مبتنی بر هندسه و فاصله گسل‌های فعال از ساختگاه است. در حالیکه رویکرد احتمالاتی، احتمال وقوع زلزله‌های با بزرگی‌های متفاوت و در فواصل مختلف از محل مورد نظر را محاسبه می‌کند و مبتنی بر آمار و فراوانی زلزله‌های رخ داده در منطقه مورد مطالعه است (Kijko, 2011; Grunthal et al., 2018; Sianko et al., 2020). به عبارت دیگر، روش تعیینی مبتنی بر وقوع زلزله‌ای منفرد در فاصله‌ای مشخص از محل است که محافظه‌کاری‌هایی در طراحی همه سازه‌های با دامنه نوسان متفاوت در آن منطقه را به‌همراه دارد. در نتیجه تخمین درست خطر زلزله در یک منطقه، مستلزم در نظر گرفتن تمام زلزله‌های با بزرگی‌های مختلف و با توزیع مکانی مناسب در اطراف ساختگاه مورد نظر است. این مزیت روش احتمالی امکان شناسایی، کمی کردن و ترکیب منطقی عدم قطعیت‌های موجود در این زمینه را فراهم می‌آورد تا تحلیل جامع‌تری از خطر زلزله ارائه گردد (Kramer, 1996). همچنین، این روش ابزار مفیدی در ارائه معیارهای ایمنی نیروگاه‌های اتمی و سدها، ترسیم نقشه‌های خطرپذیری زلزله، تهیه دستورالعمل‌های ساخت و ساز، مکانیابی سازه‌های مختلف و غیره است (Mulagia et al., 2017; Wang et al., 2016). به همین دلیل، برنامه توسعه شهرها و شناسایی پهنه‌های پرخطر در این مناطق نیازمند تحلیل خطر زلزله به این روش است تا از طراحی‌های دست‌بالا و خسارات احتمالی در آینده جلوگیری به‌عمل آید (چرچی و همکاران، ۱۳۹۸).

شهرستان ایذه در شمال‌شرق استان خوزستان به دلیل برخورداری از طبیعت بکر و آثار باستانی منحصری‌فرد نظیر سنگ‌نگاره‌های کولفرح، خنگ اژدر و اشکفت سلمان و غیره و نیز زمین‌های حاصلخیز نقش مهمی در صنعت گردشگری و کشاورزی استان

خوزستان ایفا می‌کند. حضور روستاهای متعدد، بافت فرسوده و توسعه نامتوازن مرکز این شهرستان و نیز وجود گسل‌های فعال و بزرگ در این منطقه می‌تواند در صورت وقوع یک زلزله احتمالی به خسارات جانی و مالی بینجامد. وقوع مهلرزه‌های ایذه - اندیکا (۱۹۲۹) با بزرگی ۶/۳ ریشتر، اندیکا (۱۹۷۸) با بزرگی ۶/۱ ریشتر (Berberian, 2014) و زلزله‌های پاییز سال ۱۳۹۸ که موجب خرابی‌هایی در این منطقه شده‌اند، مویید این موضوع است. با این وجود، تاکنون برای این شهرستان مطالعات جامع لرزه‌زمین‌ساختی - لرزه‌خیزی و برآورد پارمترهای جنبش نیرومند زمین انجام نشده است. تنها قبادی و چرچی (۱۳۸۹) با استفاده از روش تعیینی خطر زلزله را در شهرستان ایذه مورد بررسی قرار دادند و بزرگی و شتاب بزرگترین زلزله قابل انتظار را ۷/۴ ریشتر و $g/0.33$ برآورد کردند. در پژوهش اخیر به دلیل وسعت کم منطقه مورد بررسی، برخی از گسل‌های موجود لحاظ نشدند و صرفاً یک ارزیابی مقدماتی از پتانسیل لرزه‌خیزی ایذه است. همچنین، در مطالعات لرزه‌خیزی سد کارون ۳ بیست‌هفت شتاب قابل انتظار در محل این سد $g/0.3$ محاسبه شده است (نقل از خوش برش، ۱۳۸۲). به همین دلیل پژوهش حاضر در تلاش است تا با شناسایی تمام چشمه‌های لرزه‌زا در این منطقه، به روش احتمالاتی تصویر دقیق‌تری از پتانسیل وقوع زلزله و پارامترهای آن ارائه دهد و نقشه‌های هم‌شتاب در سطوح مختلف خطر برای این منطقه تهیه نماید.

۲- زمین‌شناسی و لرزه‌زمین‌ساخت منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد بررسی در ایالت لرزه‌زمین‌ساختی زاگرس چین‌خورده و در زیرپهنه ایذه و بخش‌هایی از لبه شمالی فروافتادگی دزفول قرار گرفته است (شکل ۱). زیرپهنه ایذه از شمال توسط زون زاگرس مرتفع، از جنوب توسط زیرپهنه فروافتادگی دزفول، از شرق توسط گسل کازرون و از غرب توسط گسل بالارود احاطه شده است. این زیرپهنه بصورت یک آنتی‌کلینوریوم بزرگ با روند شمال‌غرب - جنوب‌شرق است که هسته تاقدیس‌های آن را عمدتاً سازندهای گروه بنگستان تشکیل داده‌اند. ناودیس‌ها در این پهنه تنگ و باریک و متشکل از سازندهای پایده - گورپی و آسماری - شهبازان هستند (مطیعی، ۱۳۷۴). تاقدیس‌ها در این منطقه بزرگ و مرتفع بوده و ساز و کار چین‌خوردگی‌ها آنها بسیار پیچیده است، بطوریکه از چین‌خوردگی سطح جدایشی تا انتشار گسلی متغیرند. ارتباط هر تاقدیس با تاقدیس مجاور معمولاً همراه با گسل خوردگی

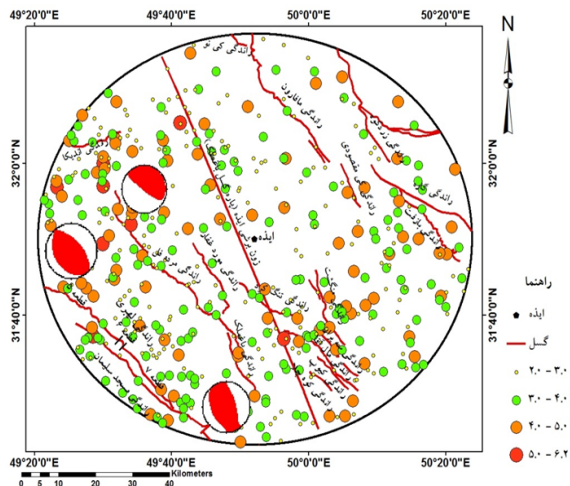
1 - Seismic hazard analysis

2 - Deterministic

3 - Probabilistic



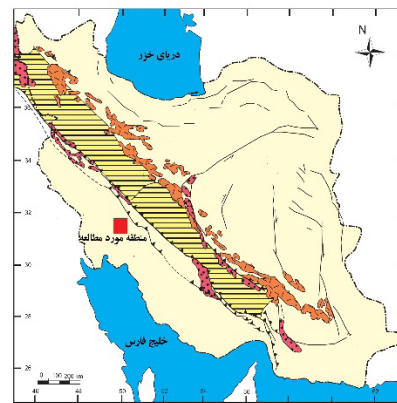
۳ تا ۶ mm/yr شده است. ساز و کار غالب زمین لرزه‌ها حاکی از آن است که گسل‌های مسبب آنها از نوع رانده و راست‌الغز راستگرد هستند زلزله‌های بزرگ فاقد گسلش سطحی‌اند (شکل ۲). در شکل (۳) ساز و کارهای ارائه شده، بترتیب مربوط به زلزله‌های ۱۹۷۸، ۱۹۸۳ و ۱۹۸۵ با بزرگی‌های ۶/۱، ۵/۲ و ۴/۴ ریشتر می‌باشند. هم‌چنین، بین توزیع مراکز برخی از زلزله‌ها و اثرات سطحی گسل‌ها ارتباط کاملی وجود ندارد که این موضوع می‌تواند ناشی از حضور گسل‌های رانده‌گی پنهان و گسله‌های عرضی-برشی در پی‌سنگ منطقه باشد (Berberian, 1995).



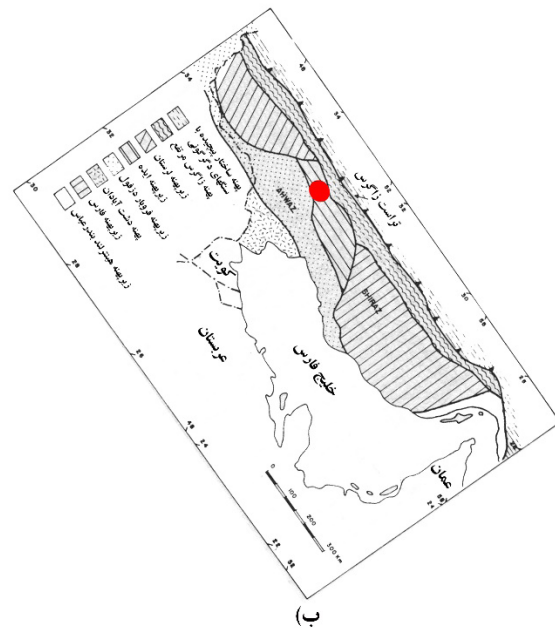
شکل ۲. نقشه لرزه‌زمین‌ساخت گستره مورد مطالعه. ساز و کارهای ارائه شده مربوط زلزله‌های ۱۹۷۸، ۱۹۸۳ و ۱۹۸۵ است.

هم‌چنین، بر اساس نقشه پی‌سنگ مغناطیسی ایران (یوسفی، ۱۳۷۳) عمق پی‌سنگ در این منطقه بطور متوسط ۱۰ کیلومتر و عمق ناپیوستگی موهو نیز ۴۸ کیلومتر است (Paul et al., 2014). محدوده مطالعاتی بر اساس نقشه پهینه‌بندی لرزه‌زمین‌ساختی ایران که در سال ۱۳۷۵ توسط کمیته ملی سدهای بزرگ ایران تهیه و منتشر شده است (نیری و همکاران، ۱۳۷۵) در ایالت شمال باختر زاگرس قرار می‌گیرد. تاقدیس‌های تنگ محمودی، کمستان، پیون، منگشت، کوه سفید، آسماری، تنوش، شاویش و کمردراز و نیز ناودیس نعل اسبی مهمترین ساختارهای چین‌خورده در محدوده مورد بررسی هستند. نهشته‌های به سن کامبرین تا عهد حاضر در محدوده مورد مطالعه رخنمون دارند که به دلیل وسعت کم تنها سازندهای داریان-فهلپان، ایلام-سروک، گورپی، پابده، آسماری، گچساران، میشان، آغاچاری، لهبری، بختیاری و رسوبات کواترنر قابل نمایش روی نقشه با مقیاس ارائه شده هستند (شکل ۳).

است و سازندهای گروه فارس بندرت در این ناحیه حضور دارند. زیرپهینه فروافتادگی دزفول توسط گسل‌های بالارود در شمال و جبهه کوهستان در شمال‌غرب و خطواره کازرون-بrazجان در شرق و جنوب احاطه شده است. این حوضه از میوسن-پلیوسن بیش از ۳ کیلومتر دچار فرونشست شده است و سازندهای موجود در این پهینه نسبت به زیرپهینه ایذه کمتر چین خورده‌اند (Berberian, 1995). منشا اصلی دگرشکلی‌ها و زلزله‌ها در منطقه مورد مطالعه باز شدن دریای سرخ از زمان آئوسن و فشارش سپر عربستان به



(الف)



(ب)

شکل ۱. الف) موقعیت منطقه مطالعاتی در ایران، ب) جایگاه زمین‌ساختی محدوده مطالعاتی در پهینه زاگرس (مطیعی، ۱۳۷۴). موقعیت محدوده مورد مطالعه با علامت دایره مشخص شده است.

صفحه ایران است. بررسی ساز و کار کانونی زلزله‌های رخ داده در منطقه مطالعاتی نشان می‌دهد که راستای تنش اصلی حداکثر در این منطقه ۱۸۴ درجه است (Madahizadeh et al., 2016) که منجر به کوتاه‌شدگی پوسته به میزان



تاریخی و نیز زلزله‌های دستگاهی در محدوده‌ای به شعاع ۵۰ کیلومتر و به مرکزیت شهر ایذه شناسایی و مورد ارزیابی قرار گرفتند. آمار زلزله‌های دستگاهی از پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله ایران، موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران و سازمان زمین‌شناسی آمریکا اخذ گردید. در این تحقیق، بزرگی زلزله‌های احتمالی هر چشمه لرزه‌زا در سطوح خطر مختلف به روش احتمالاتی برآورد شد. در نهایت با به‌کارگیری رابطه کاهندگی کمبل (۱۹۸۱) شتاب زلزله احتمالی در منطقه محاسبه شد و نقشه‌های هم‌شتاب برای این محدوده در سطوح خطر مختلف ارائه گردید.

بررسی چشمه‌های لرزه‌زا در منطقه مطالعاتی

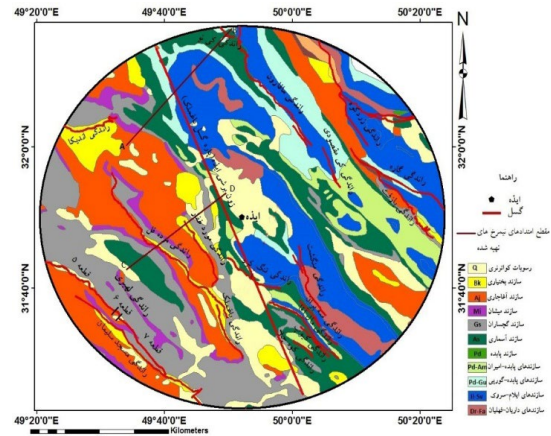
زلزله‌های بزرگ عمدتاً منشأ تکتونیکی دارند و حاصل فعالیت گسل‌های فعال هستند. گسل‌های فعال، گسل‌هایی هستند که در دوره کوتاه‌ترن جابجایی یا فعالیت لرزه‌ای داشته‌اند. در این تحقیق، گسل‌های فعال به عنوان چشمه‌های لرزه‌زا منطقه در نظر گرفته شدند. در منطقه مطالعاتی با بررسی تصاویر ماهواره‌ای گوگل ارث، نقشه‌های زمین‌شناسی و انجام بازدیدهای صحرایی ۱۹ گسل فعال شناسایی شد و ویژگی‌های هندسی آنها مشخص گردید (جدول ۱). ویژگی‌ها و مشخصات برخی از مهمترین و فعال‌ترین این گسل‌ها عبارتند از:

گسل یا زون برشی ایذه (پاره گسل باغملک)

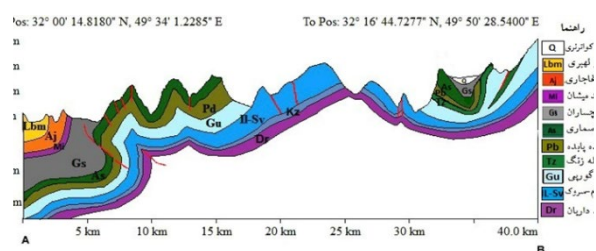
زون برشی ایذه یا گسل پی‌سنگی ایذه-هندیجان به طول ۲۰۰ کیلومتر با روند شمال غرب-جنوب شرق و در بخش‌هایی شمالی-جنوبی است که در اثر همگرایی مایل کوه‌زاد زاگرس فعالیت دوباره یافته و سبب شکل‌گیری گریختگی‌هایی در پوشش رسوبی آن شده است. این گسل از نوع امتدادلغز راستگرد با مولفه شیب‌لغز است که باعث تغییرات در ضخامت و رخساره نهشته‌های طرفین خود شده است. صفری (۱۳۸۳) بر اساس شواهد ساختاری و مورفوتکتونیکی این گسل را به ۴ پاره گسل باغملک، صیدون، پابده و اندیکا تقسیم کرد. پاره گسل باغملک در محدوده مطالعاتی قرار می‌گیرد که طول آن ۷۹ کیلومتر است.

راندگی لهری

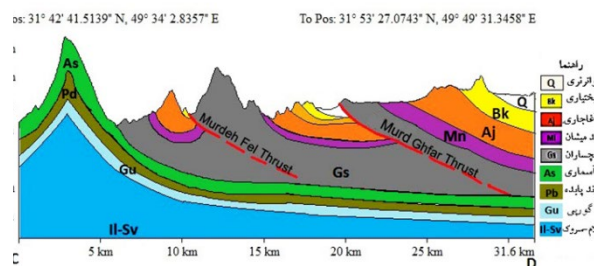
این گسل با امتداد شمال غرب-جنوب شرقی و شیب شمال شرقی سازند گچساران را روی سازندهای آغاچاری و میشان رانده است (شکل ۴). این گسل قاشقی ۱۵۰ کیلومتر طول دارد. منصوری بیدگانی (۱۳۹۷) با استفاده از تغییرات هندسه گسل آنرا به هفت قطعه تقسیم کرده است که قطعات ۵، ۶ و ۷ آن در محدوده مطالعاتی



(الف)



(ب)



(ج)

شکل ۳. الف) نقشه چینه‌شناسی و گسل‌های محدوده مورد مطالعه (با اقتباس از نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ کوه آسماری، مسجدسلیمان، دهدز، لالی و کی‌نو)، ب) نیم‌رخ زمین‌شناسی در راستای A-B، ج) نیم‌رخ زمین‌شناسی در راستای C-D.

۳- مواد و روش‌ها

تحلیل خطر زلزله نیازمند شناخت شرایط و تاریخچه زمین‌شناسی، سابقه لرزه‌خیزی و شناسایی گسل‌های فعال است. بدین منظور نقشه‌های زمین‌شناسی، عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای گوگل ارث منطقه، گزارشات زمین‌شناسی و لرزه‌خیزی پروژه‌های عمرانی اجرا شده در منطقه مطالعاتی جمع‌آوری و مورد بررسی قرار گرفتند. حاصل این فرآیند در کنار بازدیدهای صحرایی و مطالعه توزیع مراکز زلزله‌های رخ داده، منجر به شناسایی گسل‌ها و چشمه‌های لرزه‌زا و فاصله آنها از مرکز شهر ایذه گردید. در مرحله بعد، با هدف شناخت پتانسیل لرزه‌خیزی منطقه مورد بررسی زلزله‌های



شکل ۶. راندگی مال آقا در شمال روستای مال آقا (دید عکس: شمال شرق).

راندگی زرد کوه

این راندگی با طول ۵۷/۵ کیلومتر مرز میان زاگرس مرتفع و زاگرس چین خورده است. در راستای راندگی زرد کوه، سازندهای پالئوزوئیک زیرین زاگرس مرتفع روی سازند بختیاری و رسوبات کواترنر رانده شده‌اند. زلزله سال ۱۹۷۸ با بزرگی ۵/۲ ریشتر مرتبط با فعالیت این گسل می‌باشد. این گسل در فاصله‌ی ۳۰ کیلومتری شمال غرب ایذه واقع است.

راندگی بازفت

این گسل با امتداد شمال غرب - جنوب شرقی و شیب ۶۵ درجه شمال شرقی، سازندهای ایلام - سروک و پابده را رانده است. طول گسل بازفت حدود ۲۴ کیلومتر است و در ۳۵ کیلومتری شرق ایذه قرار دارد. زلزله‌های سال‌های ۱۹۷۷ و ۱۹۸۲ به ترتیب با بزرگی ۵ و ۴/۶ در اثر فعالیت این گسل رخ داده‌اند.

راندگی مسجد سلیمان

راندگی مسجد سلیمان با درازای ۶۰ کیلومتر در ۴۳/۱ کیلومتری غرب شهر ایذه قرار دارد. امتداد گسل شمال غرب - جنوب شرق است و در راستای آن سازند گچساران روی سازندهای بختیاری، آغاچاری و میشان رانده شده است (شکل ۷).



شکل ۷. گسل راندگی مسجد سلیمان در روستای بتوند (مسیر جاده اهواز - مسجد سلیمان، دید عکس: شمال شرق)

قرار دارند. این راندگی از فاصله ۴۰ کیلومتری جنوب غرب شهر ایذه می‌گذرد. زلزله‌های سال‌های ۱۹۴۰، ۱۹۶۹، ۱۹۷۸، ۱۹۸۳ و ۱۹۸۵ به ترتیب با بزرگی ۶، ۵/۲، ۵/۸، ۶/۵ و ۵/۲ منتسب به فعالیت این گسل هستند (Berberian, 2014).



شکل ۴. راندگی لهبری در مسیر جاده مسجد سلیمان - اهواز قبل از روستای بتوند (دید عکس جنوب شرقی).

راندگی باغملک

این راندگی در فاصله ۲۳ کیلومتری جنوب شهر ایذه قرار دارد. این گسل با امتداد شمال غرب - جنوب شرق و شیب شمال شرقی رسوبات آبرفتی و سازند گچساران را روی سازندهای میشان، آغاچاری و بختیاری و نیز بخش لهبری رانده است. راندگی باغملک دارای طول ۱۶/۳ کیلومتر است و زلزله‌های سال‌های ۱۹۹۵، ۲۰۰۹ و ۲۰۱۵ به ترتیب با بزرگی ۴/۳، ۴/۵ و ۴/۳ ریشتر در اثر فعالیت این گسل به وقوع پیوسته‌اند (شکل ۵).



شکل ۵. راندگی باغملک در مسیر جاده باغملک - هفتکل (دید عکس شمال غرب).

راندگی کوه سفید یا مال آقا

امتداد این گسل شمال غرب - جنوب شرقی و شیب آن ۷۵ درجه شمال شرقی است که سازندهای آسماری، پابده و گورپی را روی سازندهای آسماری و پابده رانده است (شکل ۶). طول گسل مال آقا حدود ۲۴ کیلومتر است و در ۲۳ کیلومتری جنوب شرق ایذه قرار دارد. زلزله‌های سال‌های ۱۹۸۵ و ۱۹۹۹ به ترتیب با بزرگی ۴ و ۵/۲ ریشتر ناشی از فعالیت این گسل بوده‌اند.



راندگی اندیکا

آنها، قادر به ایجاد زلزله‌هایی با بزرگی‌های متفاوت در زمان‌ها و مکان‌های مختلف هستند. مدل‌سازی این رخداد‌های لرزه‌ای به منظور تعیین بزرگی زلزله‌های آتی، نیازمند بررسی کاتالوگ زلزله‌های دستگاهی محل از نظر توزیع مکانی و فراوانی است. مدل‌های لرزه‌خیزی احتمالاتی متنوعی برای تحلیل خطر زلزله وجود دارد که یکی از متداول‌ترین آنها مدل گوتنبرگ-ریشر-پواسون است. با فرض اینکه احتمال وقوع زمین لرزه‌ها در منطقه از توزیع پواسون پیروی کنند، می‌توان رابطه (۱) را نوشت.

$$P_T(t) = 1 - \exp(-Nt) \quad (\text{رابطه‌ی ۱})$$

در این رابطه $P_T(t)$ ، احتمال وقوع زلزله با بزرگی M در مدت زمان t (سال) و N فراوانی تجمعی زلزله‌ها می‌باشد که از رابطه (۲) قابل محاسبه است.

$$N = -\frac{\ln(1 - P_T(t))}{t} \quad (\text{رابطه‌ی ۲})$$

با محاسبه N محاسبه بزرگی زلزله‌ها برای دوره‌های بازگشت و درصد احتمال وقوع مختلف از طریق رابطه (۳) تعیین می‌گردد.

$$M = \frac{a - \text{Log}N}{b} \quad (\text{رابطه‌ی ۳})$$

در این رابطه a و b بترتیب آهنگ فعالیت سالانه و پارامتر لرزه‌خیزی هستند که از رابطه گوتنبرگ-ریشر (رابطه‌ی ۴) بدست می‌آیند.

$$\text{Log}N = bM + a \quad (\text{رابطه‌ی ۴})$$

با تعیین بزرگی زلزله‌های احتمالی و بکارگیری رابطه میرایی سازگار با شرایط لرزه‌خیزی و زمین‌شناسی منطقه (رابطه کمبل) و لحاظ نمودن فاصله از هر یک از چشمه‌های لرزه‌زا از محل، شتاب در درصد احتمال وقوع مختلف محاسبه گردید.

این راندگی با طول حدود ۵۰ کیلومتر و امتداد شمال غرب-جنوب شرق از شمال غرب شهر ایذه عبور می‌کند. شیب این راندگی شمال شرقی و در امتداد آن سازند گچساران روی سازند بختیاری رانده شده است. زلزله سال‌های ۱۹۲۹ با بزرگی ۶/۳ (Berberian, 2014)، ۱۹۷۳ با بزرگی ۵/۲ و ۲۰۰۳ با بزرگی ۵ مرتبط با فعالیت این گسل است.

راندگی منگشت

این گسل با امتداد شمال غرب-جنوب شرقی و شیب شمال شرقی در بخش‌های مختلف خود سازندهای سورمه، خانه کت، فهلیان، داریان، کژدمی، گورپی و پایده را روی سازندهای جوان تر رانده است. طول گسل منگشت ۲۰/۶ کیلومتر است و در ۱۵ کیلومتری جنوب شرق ایذه قرار دارد. زلزله‌های سال‌های ۲۰۰۵ و ۲۰۰۶ به ترتیب با بزرگی ۴/۱ و ۴/۲ منتسب به فعالیت این گسل هستند.

راندگی مرده‌فل

این گسل به طول ۲۵ کیلومتر در ۱۴ کیلومتری جنوب غرب ایذه واقع شده است. روند آن شمال غرب - جنوب شرق است. در اثر عملکرد این گسل سازند گچساران و در برخی نقاط سازند میشان روی سازندهای بختیاری و آغاچاری رانده شده است. سازند گچساران در اثر این راندگی دچار چین خوردگی شده است. راندگی مرده‌فل در انتهای شمال غربی خود توسط رودخانه کارون قطع شده است و در انتهای جنوب شرقی در نزدیکی روستای باغ ملا به راندگی باغملک متصل می‌شود.

مدل ارزیابی خطر زلزله و پارامترهای آن

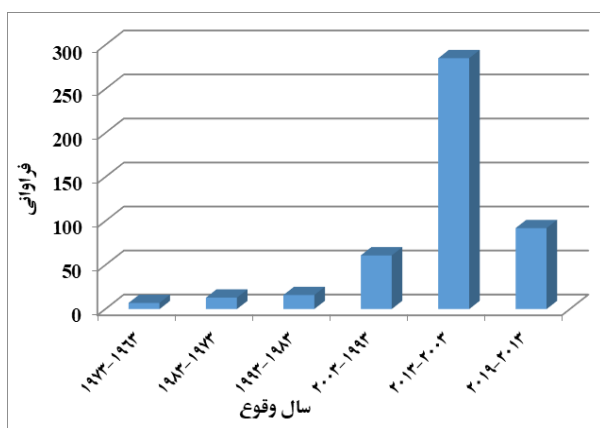
گسل‌های فعال با توجه به هندسه و میزان انباشت تنش در امتداد

جدول ۱. مشخصات و هندسه گسل‌های محدوده مورد مطالعه. همه گسل‌های منطقه مطالعاتی فعال هستند.

نام گسل	نوع گسل	فاصله تا مرکز ایذه (km)	طول گسل (km)	امتداد گسل (درجه)	مقدار شیب گسل (درجه)	جهت شیب گسل
بازفت	راندگی معکوس	۳۵	۲۴	۱۳۰	۶۵	NE
مرده فل	راندگی معکوس	۲۴	۲۵	۱۳۰	۲۵	NE
اندیکا	راندگی معکوس	۴۹/۶	۱۰/۹	۱۲۰	۳۵	NE
مسجد سلیمان	راندگی معکوس	۴۳/۱	۶۰	۱۲۵	۳۰	NE
مافارون	راندگی معکوس	۲۵/۳	۴۱/۶	۱۴۵	۴۰	NE
گاره	راندگی معکوس	۳۲/۳	۳۱/۲	۱۱۵	۶۵	NE
کی نو	راندگی معکوس	۴۷/۱	۴/۷	۱۱۵	۴۷	NE



NE	۴۵	۱۶۰	۱۱/۷	۲۷	راندگی معکوس	کی مقصودی
NE	۸۰	۱۶۰	۷۹	۱۹/۳	امتداد لغز با مولفه معکوس	زون برشی ایذه (پاره گسل باغملک)
NE	۴۵	۱۲۵	۷/۲	۳۴/۶	راندگی معکوس	کوه چلا
NE	۳۰	۱۵۵	۲۰/۹	۱۲/۶	راندگی معکوس	مورد غفار
NE	۵۵	۱۵۰	۲۰/۶	۱۵	راندگی معکوس	مُنگشت
NE	۵۰	۱۱۵	۱۶/۵	۱۱/۳	راندگی معکوس	تنگ کرد
NE	۵۵	۱۲۵	۱۰/۹	۳۲	راندگی معکوس	کیوپ
NE	۷۵	۱۲۵	۱۳/۵	۲۶	راندگی معکوس	سه پیران
NE	۷۵	۱۲۳	۲۴	۲۳	راندگی معکوس	مال آقا
NE	۳۳	۱۵۵	۱۶/۳	۲۳/۷	راندگی معکوس	باغملک
NE	۶۵	۱۴۰	۵۷/۵	۳۰	راندگی معکوس	زردکوه
NE	۱۵-۲۰	۱۲۰	۲۲/۳	۴۳/۹	راندگی معکوس	پاره گسل لهری (شماره ۵)
NE	۱۵-۲۰	۱۲۵	۳	۳۹/۶	راندگی معکوس	پاره گسل لهری (شماره ۶)
NE	۱۵-۲۰	۱۲۵	۱۹	۴۱/۵	راندگی معکوس	پاره گسل لهری (شماره ۷)



شکل ۸. نمودار توزیع فراوانی سال وقوع زلزله‌های ثبت شده در محدوده مطالعاتی.

نمودار توزیع فراوانی زلزله‌های رخ داده بر حسب عمق کانون نشان‌دهنده آن است که اکثر زلزله‌های منطقه از نوع کم عمق تا متوسط می‌باشند (شکل ۱۰). حدود ۲۶/۲ درصد از کانون این زلزله‌ها در پوسته بالایی و پوشش رسوبی و حدود ۵۵/۱۳ درصد در پی سنگ (پوسته زیرین) به وقوع پیوسته‌اند و مابقی منشأ گوشه بالایی دارند. این موضوع مویده فعالیت زیاد گسل‌های پی سنگی نظیر زون برشی ایذه است (شکل ۱۱).

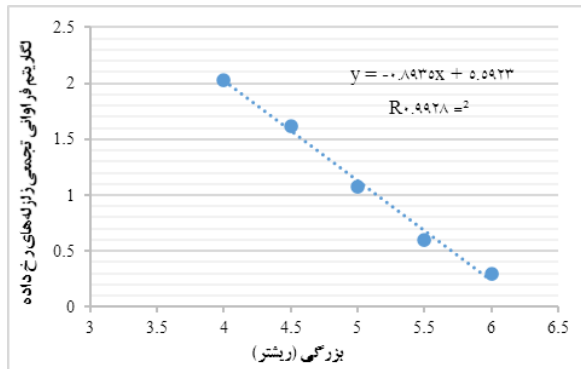
۴- نتایج و بحث

تحلیل احتمالاتی خطر زلزله مقادیر محتمل پارامترهای جنبش نیرومند زمین در یک منطقه و در بازه زمانی مشخص را تخمین می‌زند. انجام این تحلیل خطر مستلزم بکارگیری معادلات ریاضی است که بتواند عدم قطعیت‌های موجود در زمینه محل، اندازه و زمان وقوع زلزله را بحساب آورده و داده‌های خروجی مرتبط با سطوح مختلف احتمالی جنبش زمین باشند.

در این تحقیق از مدل لرزه‌خیزی گوتنبرگ-ریشتر-پواسون جهت برآورد بزرگی زلزله‌های آتی در سطوح احتمالی و دوره‌های بازگشت مختلف استفاده شده است. به این منظور، آمار زلزله‌های دستگاهی با بزرگی ۳ ریشتر و بیشتر در بازه زمانی بین سال‌های ۱۹۶۳ تا ۲۰۱۹ (۵۶ سال) از پایگاه‌های اطلاعاتی مختلف اخذ گردید که تعداد آنها ۴۸۵ زلزله بوده است. بر اساس این آمار در محدوده مورد بررسی بیشترین فراوانی زلزله‌های رخ داده بین سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۳ و کمترین آنها بین سال‌های ۱۹۶۳ و ۱۹۷۳ بوده است (شکل ۸). همچنین، مراکز این زلزله‌ها در بخش‌های جنوبی، جنوب غربی و شمال غربی منطقه مطالعاتی متمرکز بوده است که حاکی از فعالیت نئوتکتونیک بیشتر این بخش از منطقه است (شکل ۹).



ریشتر است (شکل ۱۲). برای تامین شرط پواسونی بودن داده‌ها، پیش‌لرزه‌ها و پس‌لرزه‌ها با استفاده از روش گرونتال (۱۹۹۸) حذف شده‌اند. معادله (۵) رابطه گوتنبرگ - ریشتر برای محدوده مورد بررسی را نشان می‌دهد.



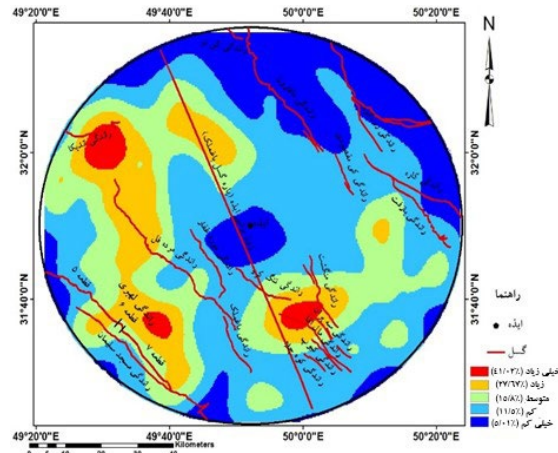
شکل ۱۲. نمودار توزیع فراوانی گوتنبرگ-ریشتر برای منطقه مورد مطالعه.

$$\text{Log}N = -0.8935M + 5.5923 \quad (\text{رابطه‌ی ۵})$$

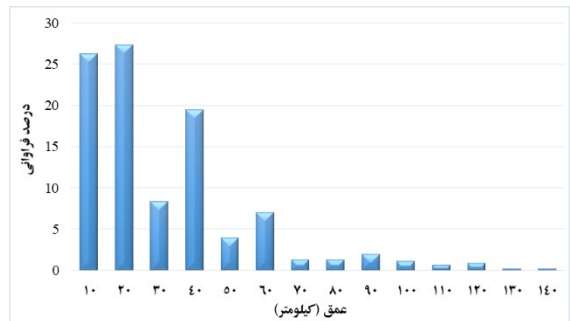
بر این اساس مقدار ضریب لرزه‌خیزی و آهنگ فعالیت سالیانه برای منطقه مورد مطالعه به ترتیب ۰/۸۹۳۵ و ۵/۵۹۲۳ می‌باشند که، حاکی از رخداد تعداد زیاد زلزله‌های با بزرگی کم است. کوچک بودن بزرگی زلزله‌ها در منطقه را می‌توان به تأثیر لایه‌های شکل‌پذیر تبخیری و مارنی - شیلی نظیر سازندهای گچساران، تله‌زنگ، گرو و ... در منطقه نسبت داد. علاوه بر این، وقوع این زلزله‌ها به تخلیه تنش انباشته شده در منطقه کمک خواهند کرد.

جدول (۲) بزرگی‌های محاسبه شده برای زلزله‌های با دوره بازگشت ۵ تا ۲۰۰ سال و در احتمال وقوع ۱۰، ۳۷ و ۶۴ درصد را نشان می‌دهد. بر این اساس، بیشینه بزرگی زلزله قابل انتظار (احتمال ۱۰ درصد) برای دوره‌های بازگشت ۵ تا ۲۰۰ ساله برای این منطقه به ترتیب از ۵/۸۹ تا ۷/۶۹ ریشتر متغیر است. هم‌چنین، بیشینه بزرگی زلزله مبنای طرح ۲ (احتمال ۶۴ درصد) برای دوره‌های بازگشت یاد شده به ترتیب از ۴/۷۹ تا ۶/۵۸ ریشتر برآورد شده است. از سوی دیگر، برای دوره‌های بازگشت با احتمال وقوع ۰/۳۷ به ترتیب از ۴/۷۹ تا ۶/۵۸ ریشتر محاسبه شده است. این موضوع مبین آن است که با افزایش دوره بازگشت زلزله‌های با بزرگی بیشتری احتمال وقوع دارد. زیرا با گذشت زمان انرژی بیشتری در توده‌های سنگی تجمع کرده و می‌تواند زلزله‌های مخرب‌تری را ایجاد کنند (شکل ۱۳).

پیش‌بینی مقدار و شدت جنبش زمین بر حسب شتاب در منطقه مورد مطالعه با استفاده از روابط میرایی انجام می‌شود. این روابط

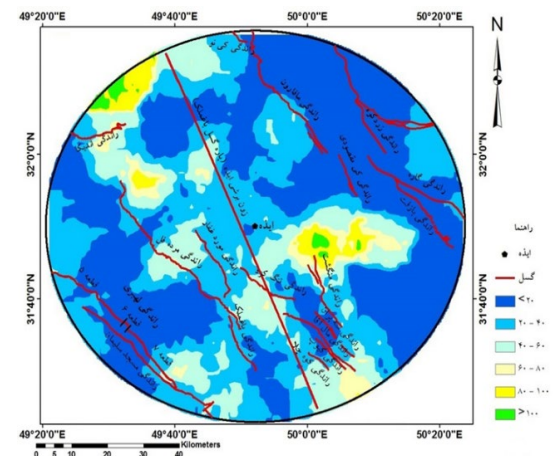


شکل ۹. پهنه‌بندی تراکم زلزله‌های دستگاهی رخ داده در طی ۵۶ سال گذشته در گستره مورد مطالعه.



شکل ۱۰. نمودار توزیع فراوانی عمق کانون زلزله‌های رخ داده در منطقه مطالعاتی.

یکی از پارامترهای ورودی اصلی جهت تخمین پارامترهای جنبش نیرومند زمین بر حسب بزرگی در منطقه مورد مطالعه،



شکل ۱۱. پهنه‌بندی زلزله‌های دستگاهی رخ داده در طی ۶۵ سال گذشته بر حسب عمق در محدوده مورد بررسی.

بررسی توزیع فراوانی زلزله‌های رخ داده و محاسبه آهنگ فعالیت سالانه (a) و پارامتر لرزه‌خیزی (b) آن با استفاده از رابطه گوتنبرگ -

1 - Maximum credible earthquake (MCE)
2 - Design base earthquake (DBE)



زلزله‌های احتمالی و استفاده از رابطه میرایی کمبل (۱۹۸۱) که برای ایران ارائه شده است (رابطه ۶) و با توجه به فاصله شهر ایذه از هر یک از چشمه‌های لرزه‌زا، شتاب برای درصد احتمال وقوع ۱۰، ۳۷، ۶۴

بر اساس داده‌های واقعی زلزله‌های رخ داده در آن منطقه پیشنهاد می‌شوند و شتاب اندازه‌گیری شده را به بزرگی زلزله و فاصله چشمه لرزه‌زا مرتبط می‌کنند. در این پژوهش، با بدست آوردن بزرگی

جدول ۲. بزرگی زلزله برآورد شده برای دوره‌های بازگشت ۵ تا ۲۰۰ ساله با احتمال ۱۰، ۳۷ و ۶۴ درصد.

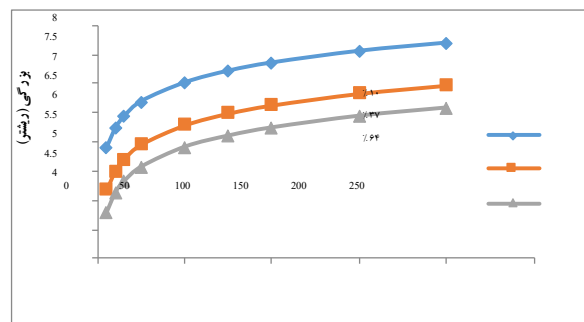
دوره بازگشت (سال)	بزرگی (ریشتر)		
	احتمال ۱۰ درصد	احتمال ۳۷ درصد	احتمال ۶۴ درصد
۵	۵/۸۹	۵/۱۸	۴/۷۹
۱۰	۶/۲۳	۵/۵۱	۵/۱۳
۱۵	۶/۴۳	۵/۷۱	۵/۳۲
۲۵	۶/۶۹	۵/۹۶	۵/۵۷
۵۰	۷/۰۱	۶/۲۹	۵/۹۱
۷۵	۷/۲۱	۶/۴۹	۶/۱۰
۱۰۰	۷/۳۵	۶/۶۳	۶/۲۴
۱۵۰	۷/۵۵	۶/۸۳	۶/۴۴
۲۰۰	۷/۶۹	۶/۹۷	۶/۵۸

احتمال‌های ۱۰ و ۶۴ در مجموع بترتیب ۵۵/۵۴ و ۴۳/۱۳ درصد از گستره مورد بررسی در رده با خطر بالا و خیلی بالا قرار می‌گیرد.

۵- نتیجه‌گیری

تحلیل خطر زلزله همراه با شناخت شرایط تکتونیکی و زمین‌شناسی مهندسی یک منطقه یکی از ابزارهای موثر در کاهش خسارات زلزله‌های آتی در مناطق شهری است. در این تحقیق تحلیل خطر زلزله در شهرستان ایذه به روش احتمالاتی و در سطوح احتمال وقوع ۱۰، ۳۷ و ۶۴ درصد انجام شده است. این امر با شناسایی چشمه‌های لرزه‌زا و بررسی زلزله‌های رخ داده در ۵۶ سال گذشته در این منطقه صورت پذیرفته است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که کانون ۵۵/۱۳ درصد از این زلزله‌ها در پی سنگ (پوسته زیرین) قرار دارد که مبین فعالیت زیاد گسل‌های پی سنگی در این ناحیه است.

بر اساس ارزیابی توزیع فراوانی زلزله‌های رخ داده در منطقه مطالعاتی، مقادیر ضریب لرزه‌خیزی و آهنگ فعالیت سالیانه به ترتیب ۰/۸۹۳۵ و ۵/۵۹۲۳ است که نشان‌دهنده وقوع تعداد زیاد زلزله‌های با بزرگی کم در بازه زمانی مورد بررسی است. این موضوع ناشی از حضور و تأثیر لایه‌های شکل‌پذیر تبخیری و مارنی - شیلی در این منطقه است.



شکل ۱۳. نمودار تغییرات بزرگی زلزله‌های برآورد شده نسبت به دوره بازگشت‌های ۵ تا ۲۰۰ سال در احتمالات وقوع مختلف.

و ۶۴ درصد و دوره بازگشت ۵۰ ساله محاسبه گردید (جدول ۳).

$$a = \frac{1320e^{0.58M}}{(R + 25)^{1.52}} \quad (\text{رابطه ۶})$$

در این رابطه a شتاب زلزله احتمالی، M بزرگی زلزله احتمالی ناشی از فعالیت چشمه لرزه‌زا و R نزدیک‌ترین فاصله از چشمه لرزه‌زا می‌باشد. جدول (۳) نشان می‌دهد که، بیشینه شتاب‌های مبنای طرح و قابل انتظار برای شهر ایذه ۰/۲۵ g و ۰/۴۸ است که ناشی از گسل پی سنگی ایذه خواهد بود. جهت تهیه نقشه پهنه‌بندی شتاب با احتمال خطر ۱۰ و ۶۴ درصد، تمام منطقه مطالعاتی شبکه‌بندی شد، به‌طوری‌که ابعاد هر سلول شبکه ۵*۵ کیلومتر بوده است. شکل (۱۴) نقشه‌های پهنه‌بندی خطر بر حسب شتاب را نشان می‌دهد.

همانطور که در این شکل‌ها مشخص است، نقشه‌های پهنه‌بندی خطر بر حسب شتاب به چهار کلاس با خطر پایین، متوسط، بالا و خیلی بالا تقسیم‌بندی شدند. این نقشه‌ها نشان می‌دهند که در درصد



جدول ۳. برآورد شتاب زلزله برای چشمه‌های لوزه‌زا با دوره بازگشت ۵۰ ساله و در احتمالات وقوع مختلف.

شتاب بر حسب g			بزرگا (میانگین)			فاصله از شهر ایذه (کیلومتر)	نام گسل
۰/۱۰	۰/۳۷	۰/۶۴	۰/۱۰	۰/۳۷	۰/۶۴		
۰/۱۵	۰/۱۰	۰/۰۸	۷/۰۱	۶/۲۹	۵/۹۱	۳۵	بازفت
۰/۲۴	۰/۱۶	۰/۱۳				۲۴	مرده فل
۰/۱۳	۰/۰۸	۰/۰۷				۴۹/۶	اندیکا
۰/۱۳	۰/۰۸	۰/۰۶				۴۳/۱	مسجد سلیمان
۰/۱۷	۰/۱۱	۰/۰۹				۲۵/۳	مافارون
۰/۱۶	۰/۱۰	۰/۰۸				۳۲/۳	گاره
۰/۱۱	۰/۰۷	۰/۰۶				۴۷/۱	کی نو
۰/۲۰	۰/۱۳	۰/۱۰				۲۷	کی مقصودی
۰/۴۸	۰/۳۱	۰/۲۵				۱۹/۳	زون برشی ایذه (پاره گسل باغملک)
۰/۱۵	۰/۱۰	۰/۰۸				۳۴/۶	کوه چلا
۰/۳۳	۰/۲۲	۰/۱۷				۱۲/۶	مورد غفار
۰/۲۷	۰/۱۸	۰/۱۴				۱۵	منگشت
۰/۳۳	۰/۲۱	۰/۱۷				۱۱/۳	تنگ کرد
۰/۱۶	۰/۱۱	۰/۰۸				۳۲	کیوپ
۰/۱۹	۰/۱۳	۰/۱۰				۲۶	سه پران
۰/۲۱	۰/۱۴	۰/۱۱				۲۳	مال آقا
۰/۲۱	۰/۱۴	۰/۱۱				۲۳/۷	باغملک
۰/۱۷	۰/۱۱	۰/۰۹				۳۰	زردکوه
۰/۱۳	۰/۰۸	۰/۰۷				۴۳/۹	پاره گسل لهری (شماره ۵)
۰/۱۳	۰/۰۹	۰/۰۷				۳۹/۶	پاره گسل لهری (شماره ۶)
۰/۱۳	۰/۰۸	۰/۰۷				۴۱/۵	پاره گسل لهری (شماره ۷)

ایذه بترتیب ۰/۲۵ و g ۰/۴۸ در یک دوره بازگشت ۵۰ ساله است که ناشی از گسل پی سنگی ایذه خواهد بود. هم‌چنین، نتایج نقشه پهنه‌بندی شتاب با احتمال ۶۴ و ۱۰ درصد برای محدوده مطالعاتی نشان می‌دهد که شهر ایذه در این نقشه‌ها بترتیب در محدوده خطر بالا و خیلی بالا قرار می‌گیرد. بنابراین، با توجه به نتایج این پژوهش در محدوده‌های با خطر بالا و خیلی بالا انجام اقدامات زیر اجتناب‌ناپذیر

نتایج تحلیل خطر زلزله در این منطقه موید آن است که بیشینه زلزله‌های مبنای طراحی (DBE) در بازه زمانی ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ ساله بترتیب ۵/۹۱، ۶/۲۴ و ۶/۵۸ ریشتر است، در حالیکه بیشینه زلزله قابل انتظار (MCE) برای این بازه‌های زمانی به ترتیب ۷/۰۱، ۷/۳۵ و ۷/۶۹ ریشتر است. محاسبات جنبش نیرومند زمین بر حسب شتاب نشان می‌دهد که، بیشینه شتاب‌های مبنای طرح و قابل انتظار برای شهر



است:

شهید چمران اهواز در قالب پژوهانه (SCU.EG98.28667) در انجام این تحقیق تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

◀ چرچی، ع، موسوی، س.س، شاه آبادی، ب، ۱۳۹۸. تحلیل لرزه‌زمین ساخت و خطر زلزله در محدود شهرهای دزفول و شوش، زمین‌شناسی کاربردی پیشرفته، شماره ۹ (۳)، صفحات ۲۷۲-۲۸۳.

◀ خوش برش، ا، ۱۳۸۲. سد و نیروگاه کارون سه: حفاری و تزریق، انتشارات جام‌اندیشه، تهران.

◀ صفری، ح، ۱۳۸۳. شناسایی و پاره‌بندی پهنه گسله ایذه بر اساس شواهد ساختاری و مورفوتکتونیکی زاگرس، ایران، هشتمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، اهواز.

◀ طالبیان، م، رئیس‌السادات، س.ن، ۱۳۷۸. نقشه زمین‌شناسی ده‌دلز با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران.

◀ قبادی، م.ح، چرچی، ع، ۱۳۸۹. ارزیابی مقدماتی خطر زلزله در شهرستان ایذه، استان خوزستان، یافته‌های نوین زمین‌شناسی کاربردی، جلد ۷، صفحات ۴۵-۳۵.

◀ مطیعی، ه، ۱۳۷۴. زمین‌شناسی نفت زاگرس، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران.

◀ منصوری بیدکانی، ف، ۱۳۹۷. تحلیل لرزه زمین ساخت گسل لهبری. پایان‌نامه کارشناسی ارشد تکتونیک، دانشکده علوم زمین دانشگاه شهید چمران اهواز.

◀ نیری، ع، خادمی، م.ح، حدادی، ح، بهنام، م، ۱۳۷۵. استان‌های لرزه‌زمین ساخت ایران، کمیته ملی سدهای بزرگ ایران، نشریه شماره ۱۲.

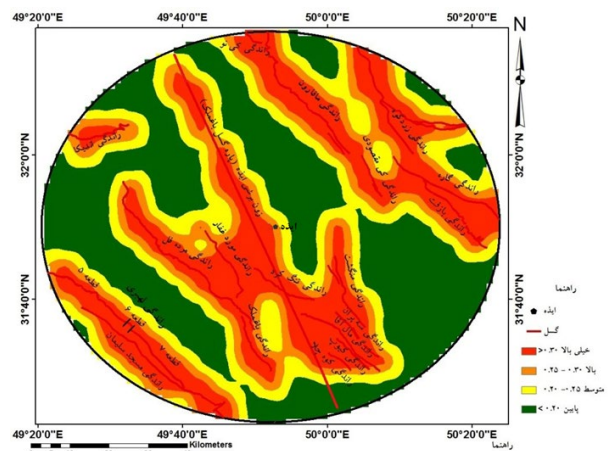
◀ یوسفی، ا، ۱۳۷۲. نقشه پی‌سنگ مغناطیسی ایران (مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰۰)، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران.

- Baker, J.W., 2013. Probabilistic seismic hazard analysis. White paper.
- Berberian, M., 1995. Master blind thrust faults hidden under the Zagros folds: active basement tectonics and surface morphotectonics. *Tectonophysics* 241, 193-224.
- Berberian, M., 2014. Earthquakes and coseismic surface faulting on the Iranian plateau. Elsevier, Netherland.
- Campbell, K.W., 1981. Near source attenuation of

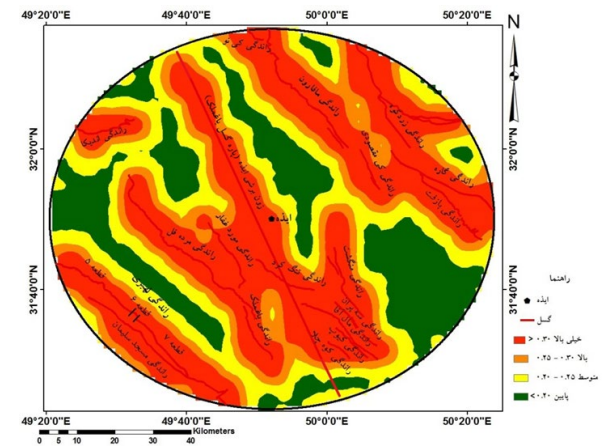
۱- ضروری است تا نسبت به مقاوم‌سازی و تقویت بافت‌های فرسوده و آسیب‌پذیر و آثار باستانی موجود در این گستره.

۲- استفاده از مصالح استاندارد با کیفیت در ساخت ساختمان‌های جدید، نظارت دقیق بر روند ساخت و سازها و اهتمام جدی به اجرای دقیق آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله ایران (استاندارد ۲۸۰۰) در این شهرستان بویژه در مرکز آن کاهش به منظور خسارات جانی و مالی در صورت وقوع زلزله.

۳- با توجه به شرایط زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی منطقه، پتانسیل وقوع زمین‌لغزش در این محدوده‌ها مورد بررسی قرار گیرد.



(الف)



(ب)

شکل ۱۴. نقشه‌های پهنه‌بندی شتاب زلزله با احتمالات مختلف برای محدوده مطالعاتی به روش کمبل (۱۹۸۱) برای دوره بازگشت ۵۰ ساله. (الف) با احتمال خطر ۶۴ درصد، (ب) با احتمال خطر ۱۰ درصد

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از حمایت مالی معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه



- peak horizontal acceleration. *Bulletin of Seismological Society of America* 71 (6), 2039-2070.
- Grünthal, G., 1998. European macroseismic scale 1998 (EMS-98). European Seismological Commission, sub commission on Engineering Seismology, Working Group Macroseismic Scales. Conseil de l'Europe, Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie 15, Luxembourg.
 - Grünthal, G., Stromeyer, D., Bosse, C., Cotton, F., and Bindi, D., 2018. The probabilistic seismic hazard assessment of Germany—version 2016, considering the range of epistemic uncertainties and aleatory variability. *Bulletin of Earthquake Engineering*, doi:/10.1007/s10518-018-0315-y
 - Jorjiashvili, N., Elashvili, M., Gigiberia, M., Shengelia, I., 2016. Seismic hazard analysis of Adjara region in Georgia. *Natural Hazards* 81, 745–758.
 - Kijko, A., 2011. Introduction to probabilistic seismic hazard analysis. In: *Encyclopedia of Solid Earth Geophysics*; Gupta, H. (ed), Springer, Dordrecht, Germany.
 - Kramer, S.L., 1996. *Geotechnical earthquake engineering*. Pearson, Canada.
 - Madahizadeh, R., Mostafazadeh, M., Ashk-pour-Motlagh, S., 2016. Earthquake potential in the Zagros region, Iran. *Acta Geophysica* 64 (5), 1462-1494.
 - Majedi, M., Macleod, J.H., 1972. Geological map of kuh-e Keynow (scale 1:100000). Iranian Oil Operating Companies.
 - Mulargia, F., Stark, P.B., Geller, R.J., 2017. Why is probabilistic seismic hazard analysis (PSHA) still used? *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, doi:/10.1016/j.pepi.2016.12.002.
 - Paul, A., Hatzfeld, D., Kaviani, A., Tatar, M., Péquegnat, C., 2014. Seismic imaging of the lithospheric structure of the Zagros mountain belt (Iran). *Geological Society* 330, 5-18.
 - Perry, J.T.O'B., Setudehnia, A., 1966. Geological map of kuh-e Asmari (scale 1:100000). Iranian Oil Operating Companies.
 - Perry, J.T.O'B., Setudehnia, A., 1966. Geological map of Masjed-e Suleyman (scale 1:100000). Iranian Oil Operating Companies.
 - Perry, J.T.O'B., Setudehnia, A., 1967. Geological map of Lali (scale 1:100000). Iranian Oil Operating Companies.
 - Sianko, I., Ozdemir, Z., Khoshkholghi, S., Garcia, R., Hajirasouliha, I., Yazgan, U., Pilakoutas, K., 2020. A practical probabilistic earthquake hazard analysis tool: case study Marmara region. *Bulletin of Earthquake Engineering*, doi:/10.1007/s10518-020-00793-4
 - Silva, V., Yepes-Estrada, C., Weatherill, G., 2017. *Earthquake hazard and risk assessment*. United Nations Office for Disaster Risk Reduction, Geneva, Switzerland.
 - Wang, Y., Chan, C., Lee, Y., Ma, K., Bruce, J., Shyu, H., Rau, R., Cheng, C., 2016. Probabilistic seismic hazard assessment for Taiwan. *Terrestrial, Atmospheric and Oceanic Science* 27 (3), 325-340.

Seismic hazard analysis for Izeh city, Khouzestan province

Seyyed Sajedin Mousavi^{1*}, Babak Samani², Maryam Monshedi Mahadori³

1-Assistant Professor, Faculty of Earth Sciences, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

2-Associate Professor, Faculty of Earth Sciences, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

3-MS Student, Faculty of Earth Sciences, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran



Abstract:

Earthquake is the most destructive geohazard causing substantial economic damages and human losses. Seismic hazard analysis is a practical tool for predicting and reducing seismic risk. This study was carried out a seismic hazard assessment of Izeh city for a 50 km radius. For this purpose, geological setting, and active faults, as well as their geometry in this region were investigated. Besides, the seismic history of the city was assessed. The seismic hazard analysis of the studied area was evaluated using the probabilistic approach in different hazard levels. Ground motion parameters (magnitude and peak ground acceleration) were computed for the 5 to 200-year return period and 10, 37, and 64 % probabilities of exceeding. For return periods of 5 to 200-year, results revealed that the magnitude of the design base earthquake (DBE) ranged from 4.79 to 6.58 Richter. Moreover, the magnitude of the maximum credible earthquake (MCE) varied from 5.89 to 7.69 Richter for the return period. Furthermore, the maximum peak ground acceleration (PGA) of design base earthquake and maximum credible earthquake were calculated 0.25 and 0.48g, respectively, using Campbell's attenuation equation. Furthermore, seismic hazard maps of PGA for the study area were produced for 10 and 64% probabilities of exceedance in the 50-year return period. The resulting seismic hazard maps were classified into low, moderate, high, and very high seismic risk. These maps indicated that about 55.54% (10% probability) and 43.13% (64% probability) of the study area belongs to the very high and high classes, respectively.

Keywords: eismic hazard analysis, Izeh, Ground motion, Seismotectonic.

* S.mousavi@scu.ac.ir