

بررسی لرزه زمین ساخت و لرزه‌خیزی استان قم

فتانه تقی زاده فرهمند^۱، معصومه اسکندری^۲، نرگس افسری^۳ و دکتر محمد رضا قیطانچی^۴

چکیده

واقع شدن ایران بر روی کمربند زلزله‌خیز آلپ-همیالیا موجب شده اکثر مناطق پر جمعیت کشور مانند استان خراسان و استان آذربایجان و ناحیه البرز و... مناطق فعال تکتونیکی به شمار آیند. خسارتهای مالی و جانی قابل ملاحظه ای که در فواصل زمانی کوتاه در منطبق مختلف کشور (رودبار و اردبیل و بم و ...) متحمل شده‌ایم لزوم بررسی توان لرزه‌خیزی مناطق مسکونی به خصوص پر جمعیت و مهم از لحاظ صنعتی و فرهنگی را آشکار می سازد. وجود زلزله‌های بزرگ در پیشینه زلزله‌خیزی محدوده استان قم و همجوار بودن استان قم با استان پر خطر تهران لزوم بررسی لرزه زمین ساخت و لرزه‌خیزی منطقه را آشکار میسازد. در این مطالعه اطلاعات لرزه‌خیزی از منابع معتبر استخراج و زمین‌ساخت و زلزله‌خیزی استان بررسی شده است. لرزه خیزی استان در دو مرحله به کمک زمینلرزه های محلی و زمینلرزه های با ثبت غیر محلی مطالعه شده است. محدوده جنوب غربی منطقه لرزه خیزی بالاتری نشان می‌هد و زمینلرزه های نسبتا بزرگ منطقه هم در این محدوده رخ داده اند. این مطالعه می‌تواند پیش‌زمینه پهنه‌بندی لرزه‌ای استان قم قرار گیرد.

واژه های کلیدی: قم، لرزه خیزی، گسل، زمینلرزه

Studying seismotectonics and seismicity of Qom province

Fatane T. Farahmand, Masume Eskandari, Narges Afsari and Mohamd Reza Gheitanchi

Abstract

Iran exposes to natural disasters because of its geographical position. Iran settles on Alpian – Himalaya seismic belt and its populous regions are mostly comforted in active tectonic parts of it. Excessive human and cost losses during recent catastrophic earthquakes, Rudbar, Bam, Buin Zahra and etc., indicate the necessity of seismic studies of residential, industrial and cultural parts of country. Regarding large earthquakes happened in and around Qom province and its being in the vicinity of Tehran province encouraged us to study seismotectonics and seismicity of Qom. Studying local and teleseismic data shows that southwest of the province is more seismically active than other parts. This study can be used for next considerations to seismic zoning and microzoning of Qom.

Keywords: Qom, seismicity, fault, earthquake

¹ عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد قم و باشگاه پژوهشگران جوان

² موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، عضو باشگاه پژوهشگران جوان

³ دانشجوی دکتری زلزله‌شناسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران و مدرس واحد اسلام شهر

⁴ موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران

مقدمه:

آتشفشانی شدید بوده و برون‌زد دارد. جایگزینی توده های نفوذی گاه بستگی آشکار با شکستگی‌ها و یا زونهای خرد شده دارد. برخی از گسلها و مرزهای حادثه‌ای، ته نشستهای حوضه میان کوهی را قطع می‌نمایند و فعالیت لرزه‌ای خود گواه اینگونه جنبش‌ها است. جنبش‌های تازه سبب فشاری در جهت شمال - شمال شرقی می‌گردد که ساختار امروزی استان را شکل داده است.

گسلهای محدوده استان قم

گسل‌های منطقه را می‌توان به دو دسته کلی گسلهای عرضی تقسیم کرد. گسل‌های طولی و گسلهای عرضی. گسلهای طولی به خصوص انواع معکوس آن نقش اساسی در ساختمان ناحیه دارند. امتداد این گسلها از شرقی - غربی تا شمال غربی - جنوب شرقی تغییر می‌کند. در شکل (1-2) نقشه گسل‌های استان قم نمایش داده شده است. برخی گسلها که شرح آنها در ادامه می‌آید در چهارگوش استان قم قرار نمی‌گیرند اما، به دلیل تاثیری که فعالیت آنها روی استان قم دارد، ذکر شده‌اند.

گسل ایندس: گسل ایندس با سازوکار غالب معکوس و طول بیش از 60 کیلومتر [عکاشه - 1378] دارای امتداد شمال غرب - جنوب شرق می‌باشد و قسمت جنوب غربی آن به سمت بالا رانده شده است. این گسل در ادامه به طرف جنوب شرق از $N135^{\circ}$ به $N75^{\circ}$ تغییر روند داده است. فاصله نزدیکترین بخش گسل از شهر قم 30 کیلومتر است و گسل در امتداد خود خطوط لوله انتقال آب از سد 15 خرداد به سمت شهر قم را قطع می‌نماید.

گسل بیدهند: گسل بیدهند با طول تقریبی 70 کیلومتر در ادامه ساختاری گسل ایندس واقع شده است. اما در امتداد ایندس تغییر روند می‌دهد و به امتداد شمالی - جنوبی میل پیدا می‌کند. زمینلرزه‌های دسامبر 1980 با بزرگای 4/4, 5/4, 5/5 درجه در مقیاس امواج حجمی (ISC) به قسمت شمالی این گسل نسبت داده شده‌اند.

گسل ایداقچی - زنگاور: این گسل‌ها از یال شمالی آنتی‌کلینال زنگاور تا شمال شرقی ایداقچی ادامه دارد و به سمت غرب در جنوب قله زنگاور از بین رفته و به

استان قم به وسعت 11240 کیلومتر مربع، 0/68 درصد کل مساحت کشور را دارا است و در بخش مرکزی ایران بین استانهای تهران، سمنان، اصفهان و مرکزی واقع شده است. این استان نیز مانند سایر مناطق ایران مخاطرات طبیعی را تجربه کرده است، مخاطراتی چون سیل، خشک سالی، زلزله و... استان قم زلزله‌های کوچک تا متوسط مختلفی را به خود دیده است و البته وجود زمینلرزه‌های تاریخی نشان می‌دهد که امکان رخداد زلزله‌های بزرگ با دوره بازگشت طولانی در آن منتفی نمی‌باشد. این عامل و هم‌جوار بودن با استان پرخاطر تهران، بر اهمیت بررسی لرزه‌زمینساخت و لرزه‌خیزی استان قم می‌افزاید. در این مقاله، در قسمت 2 به معرفی مختصر زمین‌شناسی و گسلهای استان قم می‌پردازیم و در بخش 3، مروری بر زمینلرزه‌های پیشین می‌کنیم و به کمک داده‌های محلی و دورلرزه‌ای، لرزه‌خیزی منطقه را مطالعه می‌نماییم.

ساختار زمین‌شناسی و گسلهای محدوده

استان قم

زمین‌شناسی منطقه

استان قم بخشی از قلمروی ساختاری ایران مرکزی است که مورفولوژی حاکم بر آن شامل مجموعه‌ای از رشته کوهها و دشت‌های نیمه موازی با روند شمال غربی - جنوب شرقی است. دشت شمال غربی استان قسمتی از پایانه شمال غربی زمین‌های پست قم - اردکان است که به وسیله تپه ماهورها و بلندی‌های کوشک نصرت به دو شاخه تقسیم گردیده است و بخش شمال آن دریاچه حوض سلطان را در بر دارد. رخنمونهای کربناته آهکی سازند قم به سن الیگوسن - میوسن نشان می‌دهد که در این زمان دریا برای آخرین بار نواحی کم ارتفاع استان قم را پوشانده است. یکی از ویژگی‌های زمین‌شناسی استان قم فراوانی نسبی سنگهای نفوذی است که به طور عمده در نوار آتشفشانی ارومیه - بزمان یعنی جایی که فعالیت

جنوب قم در مسیر خود منابع آب زیرزمینی و سطحی و خطوط انتقال آب از سد ۱۵ خرداد به شهر قم را قطع می‌کند. این گسل کوتاه‌تر نبوده و خطر حاصل از فعالیت احتمالی آن بر روی تأسیسات انتقال آب بالا می‌باشد.

گسل قیزتختی: این گسل با امتداد شرقی - غربی، شیبی به سمت جنوب دارد. حرکت این گسل کمی چرخشی است. طول تقریبی گسل ۵ کیلومتر است و ساز و کار معکوس دارد. ادامه گسل قیزتختی به سمت غرب منحرف شده و در جهت جنوب شرق ادامه می‌یابد.

گسل کوشک نصرت: این گسل با طول بیش از ۱۲۰ کیلومتر و امتداد شمال غرب - جنوب شرق و گاهی شرق - غرب، از منطقه قم و جنوب دریاچه حوض سلطان عبور می‌کند و پس از قطع جاده ساوه در گردونه رنگریز به سمت غرب ادامه می‌یابد. گسل کوشک نصرت در غرب از شمال غرب ساوه با تغییر روند از $N130^{\circ}$ به $N100^{\circ}$ و سپس به $N120^{\circ}$ به گسل اوج می‌پیوندد. این گسل در نزدیک‌ترین قسمت حدود ۳۰ کیلومتر با شهر قم فاصله دارد.

گسل کلنگی - گنداب: گسل کلنگی راستای شرق - غربی و طول حدود ۵ کیلومتر دارد. شیب گسل زیاد و به سمت شمال می‌باشد. گسل از نوع معکوس است و در ادامه به گسل کلنگی گسل گنداب می‌رسد که رورانه بوده، به سمت جنوب انحنا دارد و طول تقریبی آن ۵ کیلومتر است.

گسل لنگرود: گسل لنگرود طولی بیش از ۱۲ کیلومتر دارد و در ادامه آن پرتگاه گسلی دیده می‌شود. این گسل با امتداد $N127^{\circ}$ موجب جدا شدن طاقدیس لنگرود از کوه سفید شده است.

گسل سیاه کوه: این گسل به طرف شمال غرب به گسل دوازده امام تبدیل می‌شود. گسل دوازده امام دارای امتدادهای متنوع از تقریباً شرقی - غربی $N90^{\circ}$ - $N85^{\circ}$ تا شمال غربی - جنوب شرقی $N110^{\circ}$ می‌باشد. گسل با طول ۴۰ کیلومتر در جنوبی طاقدیس سیاه کوه با امتداد

طرف شرق به یک پرتگاه گسلی ختم می‌شود. گسل زنگاور در ۲۳ کیلومتری شمال شرقی تفرش و غرب روستای زنگاور به ارتفاع ۱۶۱۰ متر می‌باشد. این گسل ها ساز و کار معکوس و مورب دارند. گسل ایداقچی مهمترین گسل عرضی منطقه است و شیب آن به سمت شرق است و جابه‌جایی آن به سمت جنوب افزایش می‌یابد.

گسل خضر - دو برادر: این گسل دارای امتداد شمال غربی - جنوب شرقی بوده و شیب آن مخالف جهت دشت و به سمت جنوب غرب است. سازوکار این گسل معکوس می‌باشد. کوه دو برادران ارتفاعی حدود ۱۱۰۰ متر دارد.

گسل دو چاه - میل: این گسل در جنوب کوههای دو چاه و شمال کوه یزدان قرار داد و در سمت غرب به صورت دو گسل معکوس است که در جنوب قشلاق دو چاه به صورت گسلی واحد در می‌آیند. در نتیجه فعالیت این گسل طاقدیس دو چاه از ناودیس یزدان جدا شده است. طول گسل دوچاه ۱۵ کیلومتر است.

گسل قم - زفره: گسل قم با روند $N75^{\circ}$ در حوالی روستای دو چاه به $N135^{\circ}$ تغییر روند داده است. گسل راوند با عملکرد لغزشی - فشارشی موجب قرارگیری سنگهای آتش فشانی ارومیه - دختر با بیش از ۲۰۰۰ متر ارتفاع در کنار ته نشستهای کوتاه‌تر پهنه فرو نشست قم شده است. و در ادامه به طرف جنوب شرق به گسل زفره ملحق شده و بدین ترتیب خطواره تکتونیکی قم - زفره با روند شمال غربی - جنوب شرقی سبب رخنمون آتشفشانی ارومیه - دختر در حاشیه غربی فرونشست قم شده است. گسل قم را به دو گسل شمال قم و جنوب قم می‌توان تقسیم نمود [عکاشه - ۱۳۷۸]. گسل شمال قم با طول حدود ۵۰ کیلومتر در شمال شهر قم قرار دارد و از نوع رورانه به سمت شمال شرق است. شیب صفحه گسل زیاد و به سمت جنوب غرب است. گسل جنوب قم با طول حدود ۶۰ کیلومتر از نوع رورانه است. شیب این گسل نیز زیاد و به سمت جنوب غرب می‌باشد. گسل

گسل تفرش: این گسل دارای طول 50 کیلومتر و امتداد شمال غرب - جنوب شرق است. نوع آن معکوس با شیب به سمت جنوب غرب است.

بررسی لرزه‌خیزی استان قم

گزارش زمینلرزه های مهم رخ داده در منطقه

درباره تاریخچه زلزله خیزی چهارگوش مورد مطالعه گزارش های معدودی موجود می‌باشد که به شرح آنها می‌پردازیم.

زمینلرزه سال 855 م ری: در سال 241 ق. زمینلرزه ی بزرگی در ری خانه‌های بسیاری را در آن منطقه ویران کرد و شمار زیادی تلفات به بار آورد. در قم و کاشان، زمینلرزه با شدت حس شد و شاید هم قدری آسیب رساند. پس لرزه های آن به مدت بیش از یک ماه ادامه داشت. بزرگی آن 7/1 درجه در مقیاس امواج سطحی محاسبه شده است.

زمینلرزه 864 م (ژانویه) ری: زمینلرزه ای در ذیحجه 249 ق به ری زیان رساند این زمینلرزه خانه های بسیاری را ویران کرد و شمار زیادی را کشت. به نظر می‌رسد که لرزه در قزوین هم نیز حس شده باشد. بزرگی آن 5/3 درجه در مقیاس امواج سطحی محاسبه شده است.

زمینلرزه 958 م (23 فوریه) ری - طالقان: در اول ذیحجه 364 ق زمینلرزه فاجعه باری در شمال مرکزی ایران روی داد و روستاهای ری و طالقان را ویران کرد. پس‌لرزه های آن به مدت چهل روز ادامه داشت. بزرگی زمینلرزه 7/7 درجه در مقیاس امواج سطحی برآورد شده است.

زمینلرزه 1177 م (می) شرق بویین زهرا: در ذیقعد 572 ق زمینلرزه ای بسیاری شهرها را در طول دامنه‌های جنوبی البرز تا منطقه آن سوی ری ویران کرد. شهرهایی که به ویژه دستخوش ویرانی شدند قزوین و ری بودند. بزرگای زمینلرزه 7/2 درجه در مقیاس امواج سطحی بیان

شمال غرب - جنوب شرقی تا شرقی - غربی قرار گرفته است و در شرق و شمال شرق فرونشست قم واقع است.

گسل مرنجاب: گسل پنهان مرنجاب در جنوب و جنوب شرق فرونشست قم واقع شده است. دارای روند $N70^{\circ}$ (شمال شرقی - جنوب غربی) و عملکرد معکوس می‌باشد. و در شمال کوه سفیدآب به $N80^{\circ}$ تغییر روند داده، به طرف شمال شرق با روند $N65^{\circ}$ ادامه یافته است.

گسل نبیل: این گسل در امتداد گسل کلنگی و به طول تقریبی 5 کیلومتر است و کمی به سمت جنوب انحنا دارد. مجموعه گسلهای کلنگی، گنداب و نبیل را می‌توان یک زون گسلی در نظر گرفت.

گسل یزدان: این گسل امتداد $N80^{\circ}$ طولی حدود 12 کیلومتر می‌باشد و تقریباً به موازات گسل دو چاه و در جنوب قم واقع شده است.

گسل سفیدآب: این گسل با طول حدود 30 کیلومتر در جنوب دریاچه نمک قم و شمال شرق کاشان قرار دارد. دارای جابه‌جایی رانندگی و حرکت چپگرد است. امتداد گسل شمال شرق - جنوب غرب است و تقریباً در امتداد گسل ملک آباد قرار می‌گیرد. ارتباط این دو گسل با یکدیگر در زیر رسوبات آبرفتی محتمل است. طول این مجموعه حدود 110 کیلومتر است.

گسل ملک آباد: این گسل با طول 70 کیلومتر در شرق دریاچه نمک قم و 80 کیلومتری جنوب و جنوب شرق گرمسار واقع است. از نوع رورانده با شیبی به سمت جنوب شرق و رورانندگی به سمت شمال غرب است و جابه‌جایی چپگرد دارد. نهشته های پالئوژن به وسیله این گسل روی رسوبات نئوژن و آبرفت های جوان عهد حاضر قرار گرفته است.

گسل سرخ کوه: در جنوب سمنان با امتداد شرقی - غربی از نوع تراستی با شیب به سمت شمال و جابه‌جایی به جنوب به مقدار جزئی چپگرد است. گسل مذکور با طول 50 کیلومتر در رسوبات قم قرار دارد و آنها را روی آبرفت های عهد حاضر قرار داده است.

زمینلرزه‌های 1980م (19 و 22 دسامبر) قم: این دو زمینلرزه به فاصله سه روز از یکدیگر اتفاق افتادند زمینلرزه 19 دسامبر با بزرگای ممان $6/2$ ، $5/8$ درجه در مقیاس امواج سطحی و $5/4$ درجه در مقیاس امواج حجمی با عمق کانونی 29 کیلومتر و زمینلرزه 22 دسامبر با بزرگای ممان $5/7$ ، $5/2$ درجه در مقیاس امواج سطحی و $5/4$ درجه در مقیاس امواج حجمی (ISC) با عمق کانونی 39 کیلومتر گزارش شده است. ساز و کار غالب کانون زمینلرزه راندگی به همراه مولفه کوچک امتداد لغز راستگرد می‌باشد. روز جمعه 28 آذر ماه 1359 حدود ساعت 4 و 47 دقیقه زلزله‌ای در 58 کیلومتری غرب قم در حوالی شهرکی به نام گیو به وقوع پیوست. در اثر وقوع این زلزله حدود بیست نفر جان خود را از دست داده بودند. زلزله در شهرهای تهران، اراک، قم، دلیجان، خمین، ساوه، کاشان، محلات، آشتیان و تفرش، بروجرد، ملایر و همدان با شدتی در حدود V درجه مقیاس اصلاحی مرکالی احساس شد. با تجزیه و تحلیل مشاهدات و اطلاعات جمع آوری شده، حداکثر شدت زلزله در گیو و معادل VII مقیاس اصلاحی مرکالی تشخیص داده شد. عکاشه و همکاران (1359) نقشه خطوط هم‌لرزه ناشی از زمینلرزه 19 دسامبر را تهیه کردند (شکل 2-3). از سال 1980 میلادی تا کنون زمینلرزه‌های متعدد و در حد کوچک و متوسط در گستره مطالعه رخ داده که توسط دستگاه‌های لرزه نگاری ثبت شده اند و خساراتی جدی نداشته اند.

لرزه‌خیزی استان قم

استان قم از نظر ایالات لرزه زمینساختی در ایالت ایران مرکزی و شرق ایران قرار دارد (میرزایی و همکاران، 1998). از خصوصیات این منطقه نرخ لرزه‌خیزی پایین است. میزان گفته در مقایسه با آهنگ لرزه‌خیزی در ایالت‌های 6 مانند ایالت البرز- آذربایجان و ایالت زاگرس به خوبی روشن می‌شود. برای مطالعه لرزه‌خیزی استان قم، منطقه‌ای به وسعت $50/1$ تا $51/96$ درجه طول شرقی و $34/15$ تا $35/18$ درجه عرض شمالی

شده است و فاصله رو مرکز آن تا شهر قم حدود 122 کیلومتر برآورد شده است.

زمینلرزه 1495م جبال: در سال 900 ق زمینلرزه‌ای به بزرگی $5/9$ درجه در مقیاس امواج سطحی در جبال روی داد. این زمینلرزه در همدان، اصفهان و منطقه ری نیز حس شد.

زمینلرزه 1755م (7 ژوئن) کاشان: زمینلرزه ویرانگری در کاشان 600 خانه را ویران کرد و بیش از 1200 تن کشته شدند. بزرگای زمینلرزه $5/9$ درجه در مقیاس امواج سطحی می‌باشد و فاصله رومرکز آن تا شهر قم حدود 85 کیلومتر برآورد شده است.

زمینلرزه 1778م (15 دسامبر) کاشان: درست پیش از سپیده دم سه شنبه 25 ذی‌قعدة 1192 ق زمینلرزه‌ای ویرانگر در زاگرس، پیرامون کناره غربی کویر روی داد. زمینلرزه به شدت در منطقه ری، قم و اصفهان حس شد. ویرانی در منطقه کاشان متمرکز بود و بیش از 8000 تن کشته شدند. تا یک ماه پس از رویداد هر روز دو یا سه پس لرزه روی می‌داد. بزرگای زمینلرزه $6/2$ درجه در مقیاس امواج سطحی می‌باشد و فاصله رومرکزی آن تا شهر قم حدود 80 کیلومتر می‌باشد.

زمینلرزه 1962م (1 سپتامبر) بویین زهرا: دیر هنگام شب در 10 شهریور 1341 زمینلرزه فاجعه باری در منطقه پرجمعیت جنوب قزوین 91 روستا را بکلی ویران کرد. در طی آن 12200 تن کشته شدند و 2800 تن نیز آسیب دیدند. از جمله جاهایی که سخت‌ترین آسیب را دیدند بویین زهرا، دانشفهان، آراسنج، رودک و ایلدرچین بود. زمینلرزه با گسلشی که به گونه‌ای ناپیوسته از غرب ایپک تا نزدیکی ایلدرچین، در مسافتی حدود هشتاد کیلومتر با روند N130 درجه شرق کشیده شده است همراه بود. بزرگای زمینلرزه $7/2$ درجه در مقیاس امواج سطحی و $6/9$ درجه در مقیاس امواج حجمی بوده و فاصله رومرکزی آن تا شهر قم حدود 154 کیلومتر برآورد شده است.

در این رابطه، M_n بزرگی ناتلی، V ، بیشینه دامنه بر حسب نانومتر بر ثانیه و d فاصله کانونی زلزله از ایستگاه بر حسب کیلومتر است. فهرست زمینلرزه‌ها، پاکسازی شده نیستند و غالباً با زمینلرزه‌های مصنوعی همراهند. برای جدا کردن انفجارها و حذف گزارشهای تکراری، از روش توزیع مکانی منظم رخدادها و سپس از روش دستی استفاده شد. شکل 3-3 نقشه لرزه‌خیزی منطقه را پس از مرحله حذف با استفاده از توزیع مکانی منظم (آرایش هندسی منظم) و چگونگی توزیع مکانی و زمانی زمینلرزه‌ها از فهرست رویدادها نشان می‌دهد. لازم به ذکر است که نمی‌توان اطمینان داشت با دو روش فوق انفجارها و پس‌لرزه‌ها و پیش‌لرزه‌های احتمالی، که تعریفشان تا حدی به نظر کارشناس وابسته است، کاملاً از فهرست حذف شوند. با اینهمه اعمال این دو روش به مقدار زیادی به پاکسازی کاتالوگ کمک می‌نماید. شکل 3-4 نمودار تعداد تجمعی زمینلرزه‌ها را پس از پاکسازی نشان می‌دهد. شکل‌های 5 تا 14 پراکندگی زمینلرزه‌ها را به طور سالانه نشان می‌دهند. نمودار تعداد تجمعی زمینلرزه‌ها نشان می‌دهد که آهنگ رخداد زلزله‌ها پس از سال 2001 افزایش چشمگیری یافته است.

بررسی لرزه‌خیزی استان قم با استفاده از داده‌های با ثبت دور لرزه ای

داده‌های این بخش، بازه زمانی 1968 تا 2003 را پوشش می‌دهند. البته، نبودن داده در بازه زمانی تا 1968 و بعد از 2003 به دلیل عدم رخ داد زمینلرزه نیست، بلکه عدم وجود شبکه متراکم و بزرگی ناکافی برای ثبت توسط شبکه‌های دورتر نیز در این وضعیت دخیل می‌باشد. در این بازه، 12 زمینلرزه با بزرگی حداقل 3/9 در مقیاس امواج درونی و حداکثر 5/5، معادل 6/8 در مقیاس امواج سطحی بنا بر گزارش PDE رخ داده است. دو زمینلرزه بزرگتر منطقه مربوط به بخشهای مرکز- جنوب غرب می‌باشد. شکل 3-14 توزیع جغرافیایی این زمینلرزه‌ها را نشان می‌دهد.

مورد بررسی قرار گرفته است. در انتخاب محدوده سعی شده علاوه بر خود استان، قسمتی از مناطق همجوار که فعالیتشان می‌تواند استان قم را نیز متأثر کند مورد مطالعه قرار گیرد. منطقه دارای آهنگ لرزه‌خیزی قابل ملاحظه ای نیست. بیشتر زمینلرزه‌هایی که در این منطقه رخ داده و ثبت شده اند، دارای بزرگی‌های کوچکند. بزرگترین زمینلرزه ای که در محدوده رخ داده است، زمینلرزه 1980/12/19 است که در محلی به مختصات 50/67 درجه طول شرقی و 34/5 درجه عرض شمالی رخ داده و بزرگی آن در مقیاس امواج سطحی 5/8 (PDE) گزارش شده است. لرزه‌خیزی استان قم در دو مرحله بررسی می‌شود. در مرحله اول، منطقه بر اساس زمینلرزه‌های محلی و در مرحله دوم بر اساس زمینلرزه‌هایی که به صورت دورلرزه‌ای ثبت شده اند، مطالعه می‌شود.

مطالعه لرزه‌خیزی استان قم بر اساس داده‌های محلی و منطقه ای

اطلاعات زمینلرزه‌های محلی مربوط به محدوده مورد مطالعه از طریق سایت شبکه لرزه نگاری کشور به آدرس: <http://irsc.ut.ac.ir/index.php?lang=fa> فراهم گردیده است. این داده‌ها در بازه زمانی سال 1996 تا 2005، منطقه ای به وسعت 50/1 تا 51/96 درجه طول شرقی و 34/15 تا 35/18 درجه عرض شمالی را پوشش می‌دهند. استان قم فاقد شبکه لرزه نگاری است، به همین دلیل، در جمع آوری زمینلرزه‌های محلی، از شبکه‌های همجوار استان استفاده شده است. لازم به ذکر است که منظور از زمینلرزه‌های محلی، زمینلرزه‌هایی هستند که در محدوده مورد مطالعه رخ داده اند و بزرگی بیشتر آنها در حدی نیست که ایستگاههای دور بتوانند آنها را ثبت کنند. اگرچه در این مطالعه به این زمینلرزه‌ها عنوان محلی داده شده است، اما برخی از آنها از نظر ثبت، منطقه ای می‌باشند، زیرا ایستگاههای ثبت کننده آنها خارج از شعاع ثبت محلی، قرار دارند. مقیاس بزرگی این زمینلرزه‌ها، محلی در غالب رابطه ناتلی می‌باشد:

$$M_n = \log\left(\frac{V}{2\pi}\right) + 1.66 \log(d) - 0.1$$

نتیجه گیری

اسناد تاریخی و داده‌های ایستگاه‌های لرزه نگاری موجود نشان می‌دهند که منطقه قم در مقایسه با مناطق اطراف خود از جمله رشته کوه‌های البرز و زاگرس سطح لرزه‌خیزی بالایی ندارد. با این حال قرار گرفتن این ناحیه در درون خرد قاره ایران مرکزی و نزدیکی آن به مرزهای همگرایی ایران نشان می‌دهد که دارای توان انباشت استرس و فاقد شرایط رهایی آرام استرس است. مطالعه زمینلرزه‌های محلی نشان می‌دهد که حاشیه جنوب غربی منطقه از نظر رخداد $M \geq 3$ زمینلرزه‌های فعالیت است. وجود گسله‌های متعدد و رخداد زلزله‌های گاه بیگاه مانند زمینلرزه 12 دسامبر 1980 حاکی از فعالیت لرزه ای منطقه قم می‌باشد. با توجه به بزرگی زمینلرزه‌ها با ثبت محلی و منطقه ای برآوردی قابل قبول از ضرایب لرزه‌خیزی مقدور نمی‌باشد. پیشنهاد می‌شود برای شناخت بهتر منطقه شبکه لرزه نگاری در این محدوده و اطراف آن متراکم تر شود و مطالعاتی مانند پهنه‌بندی لرزه ای و ریزپهنه‌بندی لرزه‌ای برای شناخت تاثیر ساختگاه بر امواج لرزه ای انجام شود.

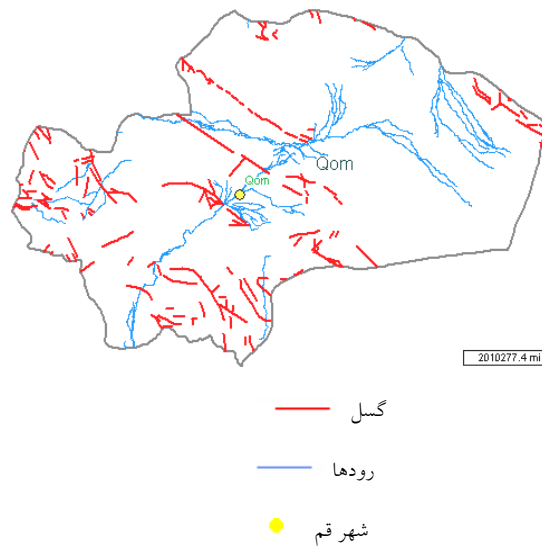
قدردانی:

از دانشگاه آزاد قم که حمایت مالی این پروژه را بر عهده داشت سپاسگزاری می‌نمایم.

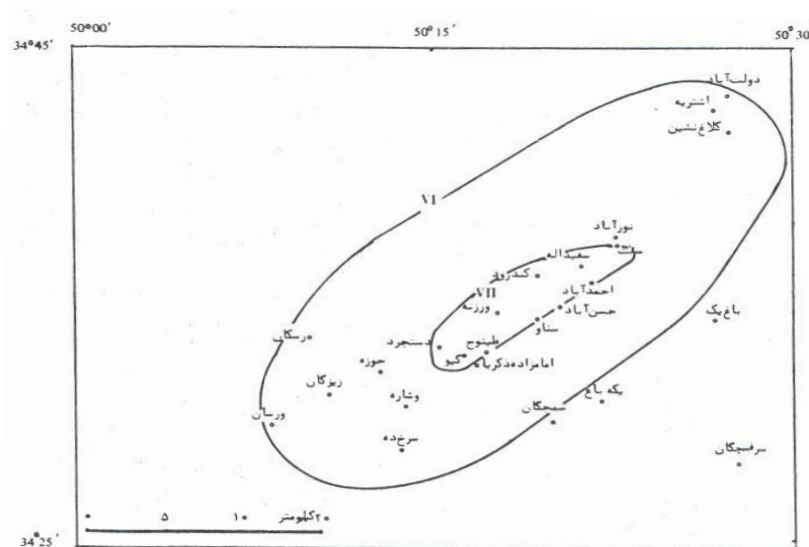
منابع

- امامی، م.، 1970، شرح نقشه زمین شناسی چهار گوش قم، سازمان زمین شناسی کشور.

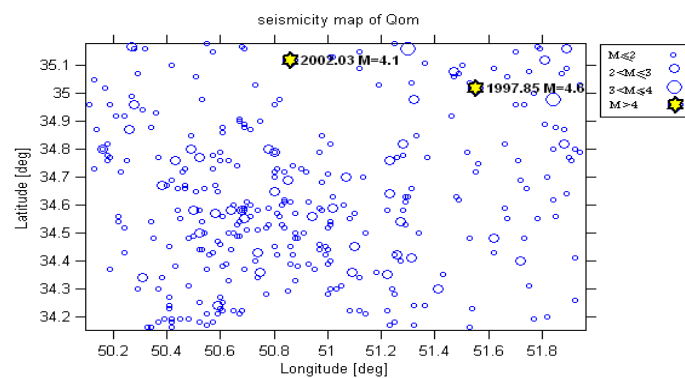
- امبرسیز، ن.ن. و ملویل، چ.پ.، 1370، تاریخ زمینلرزه‌های ایران، ترجمه رده، ا.، موسسه انتشارات آگاه.
- بوذری، س.، 1379، تحلیل ساختار تکتونیکی، رسوبی فرونشست‌های ایران با نگرش ویژه بر فرونشست قم (منطقه قم، کاشان، ایران مرکزی)، پایان نامه دکتری.
- پورکرمانی، م. و آرین، م.، 1376، ساینموتکتونیک لرزه زمین ساخت، شرکت مهندسین مشاور دز آب.
- سید، ا.ب. و ادیس، آ.ا.، 1374، حرکت‌های زمین و روانگرایی خاک
- درحین زلزله، ترجمه منتظر القائم، س.، موسسه بین المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله.
- عکاشه، ب.، جواهری، ج.ح.، عشقی، ا. و اسلامی، ع.ا.، 1359، زلزله 28 آذر 1359 گیو، نشریه فیزیک زمین فضا، جلد 9.
- عکاشه، ب.، 1378، مبانی ژئوفیزیک، ژئو، موسسه انتشارات پیک فرهنگ.
- معظمی گودرزی، خ.، 1350، لرزه‌شناسی، موسسه انتشارات فرانکلین.
- میرزائی، ن.، 1381، پارامترهای مبنائی زمینلرزه‌های ایران، موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران و موسسه عالی علمی، کاربردی هلال احمر
- درویش‌زاده، ع.، 1970، زمین شناسی ایران، نشر دانش امروز.
- Lay, T. and Wallace, T., 1995, Modern Global Seismology, Academic Press.



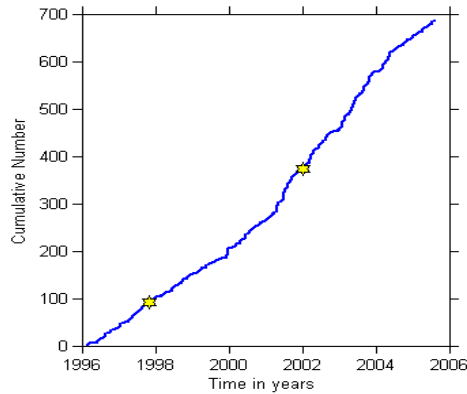
شکل 1-2. نقشه گسل های استان قم (برگرفته از سایت پایگاه ملی علوم زمین)



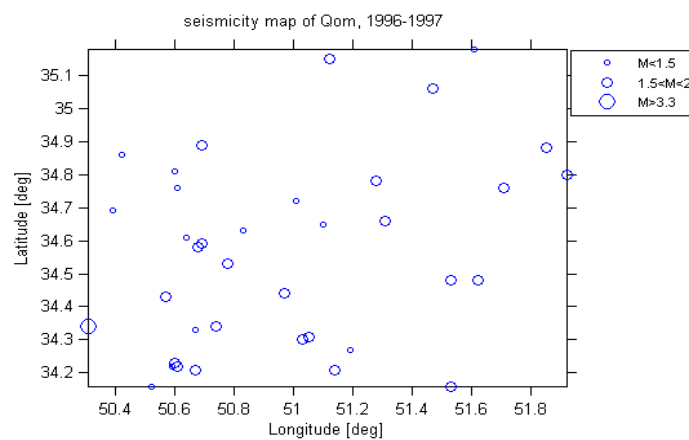
شکل 2-3. نقشه خطوط هم لرزه زمین لرزه 19 دسامبر 1980 میلادی (عکاشه و همکاران 1359)



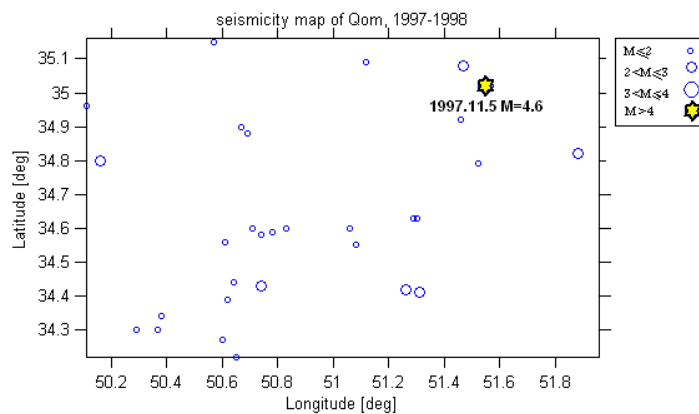
شکل 3-3. نقشه لرزه خیزی منطقه پس از حذف زمین لرزه های مصنوعی و گزارش های تکراری.



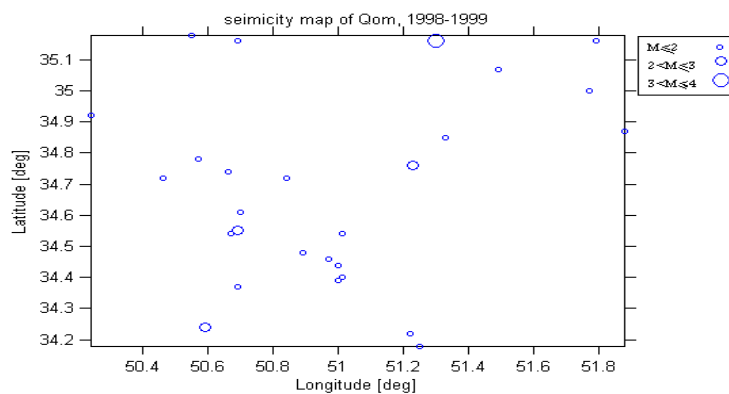
شکل 3-4. نمودار تعداد تجمعی زمینلرزه‌ها پس از پاکسازی در بازه زمانی مورد مطالعه. علامت ستاره زمان وقوع دو زمینلرزه بزرگتر از چهار را که در شکل‌های 1-4 تا 3-4 مشخص شده‌اند، نشان می‌دهد.



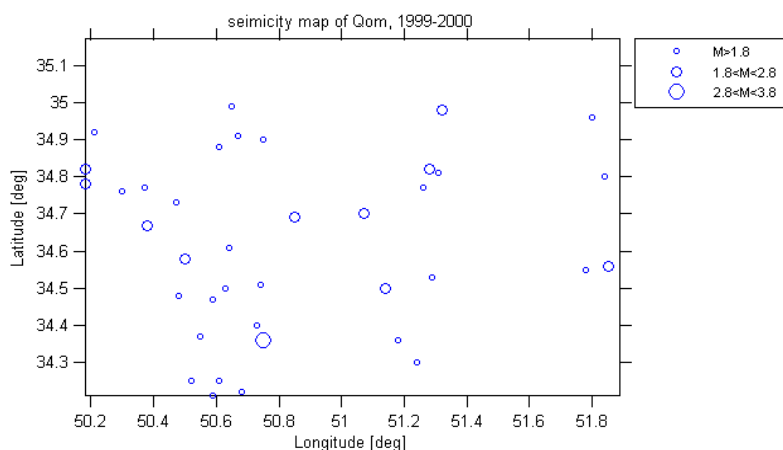
شکل 3-5. نقشه پراکندگی زمینلرزه‌های رخ داده در بازه زمانی 1996-1997 در محدوده استان قم. زمینلرزه‌ها تقریباً در تمام محدوده پراکنده‌اند. بزرگترین فعالیت لرزه‌ای در این بازه، منحصر به رخداد یک زمینلرزه با بزرگی 3/3 است. بیشتر زمینلرزه‌های رخ داده در بازه بزرگی 1/5 تا 2 تعیین بزرگی شده‌اند.



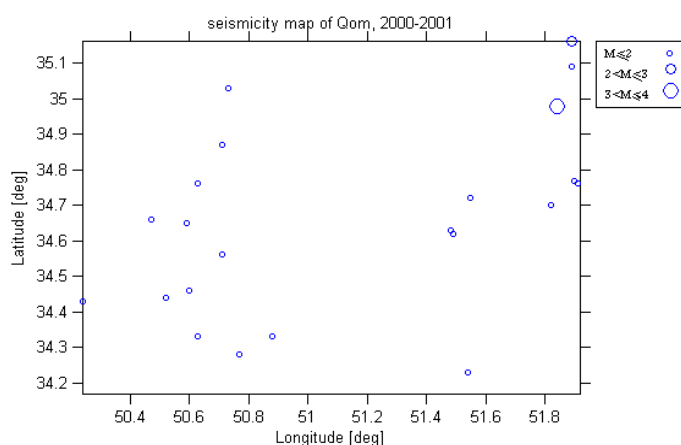
شکل 3-6. نقشه پراکندگی زمینلرزه‌های رخ داده در بازه زمانی 1997-1998 در محدوده استان قم. علامت ستاره زلزله با بزرگی 4/6 را نشان می‌دهد. بیشتر زمینلرزه‌ها دارای بزرگی کوچکتر یا مساوی دو هستند. فعالیت لرزه‌ای در این سال بیشتر در نیمه جنوبی منطقه متمرکز بوده است.



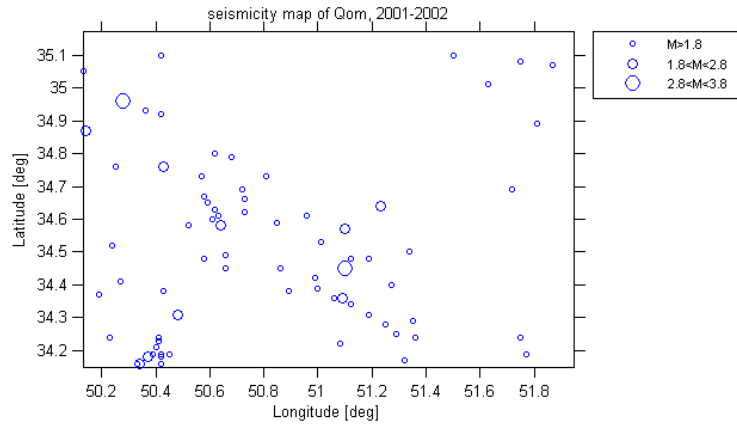
شکل 3-7. نقشه پراکنندگی زمینلرزه‌های رخ داده در بازه زمانی 1998-1999 در محدوده مورد مطالعه. در این بازه نیز بیشتر رخدادها بزرگی مساوی یا کوچکتر از دو دارند و بیشتر فعالیت مربوط به محدوده غربی و جنوب غربی است.



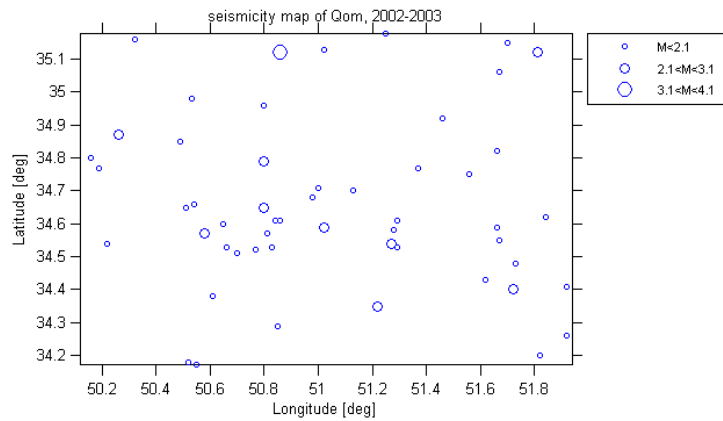
شکل 3-8. نقشه پراکنندگی زمینلرزه‌های رخ داده در بازه زمانی 1999-2000 در محدوده مورد بررسی. در این سال هم بیشتر فعالیت لرزه ای مربوط به نیمه غربی است و بزرگی بیشتر زمینلرزه‌ها کمتر از 1/8 است.



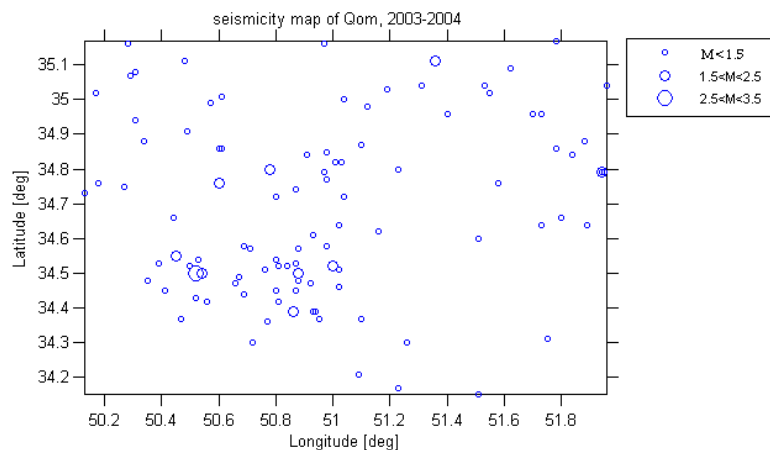
شکل 3-9. نقشه پراکنندگی زمینلرزه‌های رخ داده در بازه زمانی 2000-2001 در محدوده استان قم. مرکز منطقه خالی از رخداد زمینلرزه بوده و بیشتر زمینلرزه‌ها بزرگی کمتر یا مساوی دو دارند. نسبت به بازه‌های پیشین، این سال دارای پایین ترین آهنگ لرزه‌خیزی بوده است.



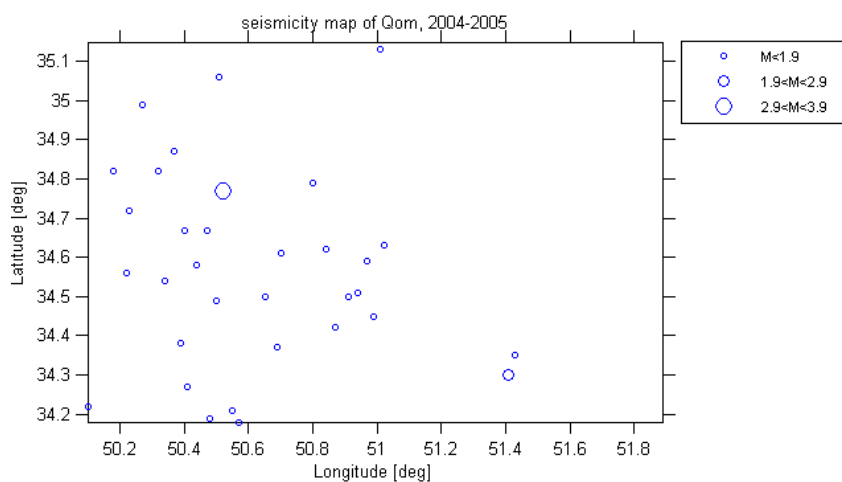
شکل 10-3. نقشه پراکندگی زمینلرزه‌های رخ داده در منطقه در بازه زمانی 2001-2002. بیشتر زمینلرزه‌ها در نیمه غربی و جنوب غربی رخ داده اند. سطح فعالیت لرزه ای پس از بازه آرام قبلی به طور قابل ملاحظه ای افزایش یافته است.



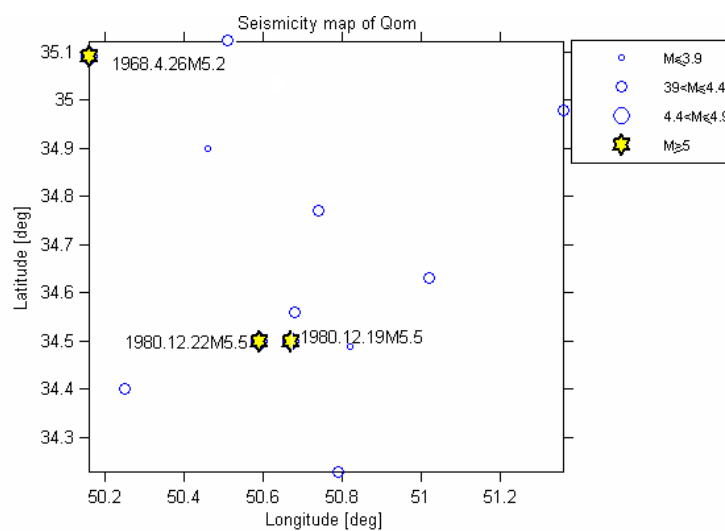
شکل 11-3. نقشه پراکندگی زمینلرزه‌های رخ داده در بازه زمانی 2003-2002 در محدوده استان قم. زمینلرزه‌ها تقریباً در تمام محدود ه پراکنده شده اند. غالب زمینلرزه‌ها بزرگی کمتر از دو دارند.



شکل 12-3. نقشه پراکندگی زمینلرزه‌های رخ داده در بازه زمانی 2003-2004 در محدوده استان قم. زمینلرزه‌ها تقریباً در تمام محدود ه پراکنده اند اما تجمع آنها در محدوده مرکز- جنوب غرب بیشتر است.



شکل 3-13. نقشه پراکنده‌گی زمینلرزه‌های رخ داده در بازه زمانی 2004-2005 در محدوده استان قم. بیشتر فعالیت به نیمه جنوب-جنوب غربی مربوط است.



شکل 3-14. پراکنده‌گی زمینلرزه‌های یا ثبت غیر محلی در محدوده استان قم.