

الگوی ساختاری و لرزه خیزی جنوب قم

محسن پورکرمانی^۱، مهدی نظری زاده^۲، روح اله ندیری^۳، علی سلگی^۳، محمد محجل^۴

۱- دانشیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، گروه زمین شناسی. mohsen.pourkermani@gmeil.com

۲- دانشگاه شهید بهشتی، گروه زمین شناسی

۳- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، گروه زمین شناسی

۴- استادیار دانشگاه تربیت مدرس، گروه زمین شناسی

تاریخ دریافت مقاله: ۹۱/۲/۲۵ تاریخ تصویب: ۹۲/۴/۲۹

چکیده

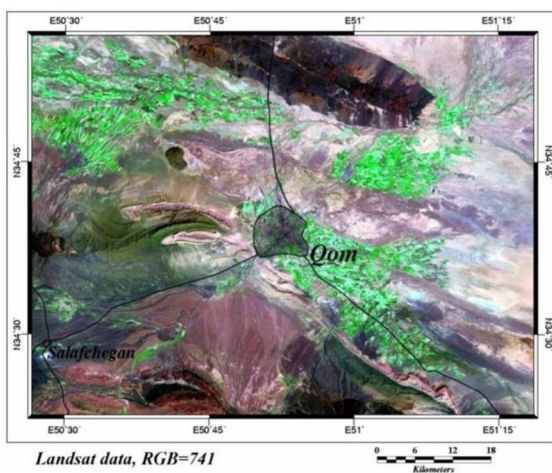
پیشینه لرزه‌خیزی در محدوده استان قم بیانگر فعالیت بالای گسل‌های آن می‌باشد که متشکل از سامانه‌های پیچیده‌ای از گسل‌های معکوس و امتدادلغز است و نقش عمده‌ای در دگرشکلی پوسته قاره‌ای و الگوی ساختاری منطقه دارند. با توجه به موقعیت استراتژیکی استان و همجواری آن با استان پرخطر تهران منجر گردید تا در این مقاله لرزه‌خیزی محدوده به خصوص در بخش‌های جنوبی شهر قم و شهرک‌های منطقه مورد ارزیابی قرار گیرد. در این مقاله به کمک تصاویر ماهواره‌ای و انجام بازدیدهای صحرایی و همچنین با جمع‌آوری اطلاعات لرزه‌خیزی منطقه گسل‌های متعددی، شناسایی و معرفی گردیده‌اند که مستعد لرزه‌خیزی بوده و فعال محسوب می‌گردند و زمین‌ساخت جنبای استان قم را تحت تاثیر قرار می‌دهند به گونه‌ای که در شکل‌گیری توپوگرافی و ریخت‌شناسی زمین در این منطقه نقش مهمی را ایفا کرده‌اند. همچنین خطواره‌های شمال باختری- جنوب خاوری در امتداد ناهنجاری‌های مغناطیسی خطواره‌های شمال خاوری- جنوب باختری را قطع کرده که تقریباً با کانون زمین‌لرزه‌های دستگاهی مطابقت دارند این در حالی است که در نقشه‌های منتشر شده زمین‌شناسی این گسل‌ها گزارش نشده‌اند. بنابراین با توجه به احداث شهرک‌های جدید در این منطقه و همچنین احداث پروژه‌های عمرانی پیشنهاد می‌گردد توان لرزه‌ای این گسل‌ها بیشتر بررسی شود. **واژگان کلیدی:** تکتونیک فعال، لرزه زمین‌ساخت، گسل‌های پنهان، قم

مقدمه

ایجاد دگرشکلی ناحیه‌ای پوسته قاره‌ای به مساحت تقریبی ۳/۰۰۰/۰۰۰ کیلومتر مربع شده است و این ناحیه را به یکی از بزرگ‌ترین نواحی دگرشکل یافته

ایران در کمربند چین خورده آلپ - هیمالیا و در یک ناحیه فشارشی ناشی از هم‌گرایی دو صفحه عربی و اوراسیا قرار دارد. هم‌گرایی این دو صفحه باعث

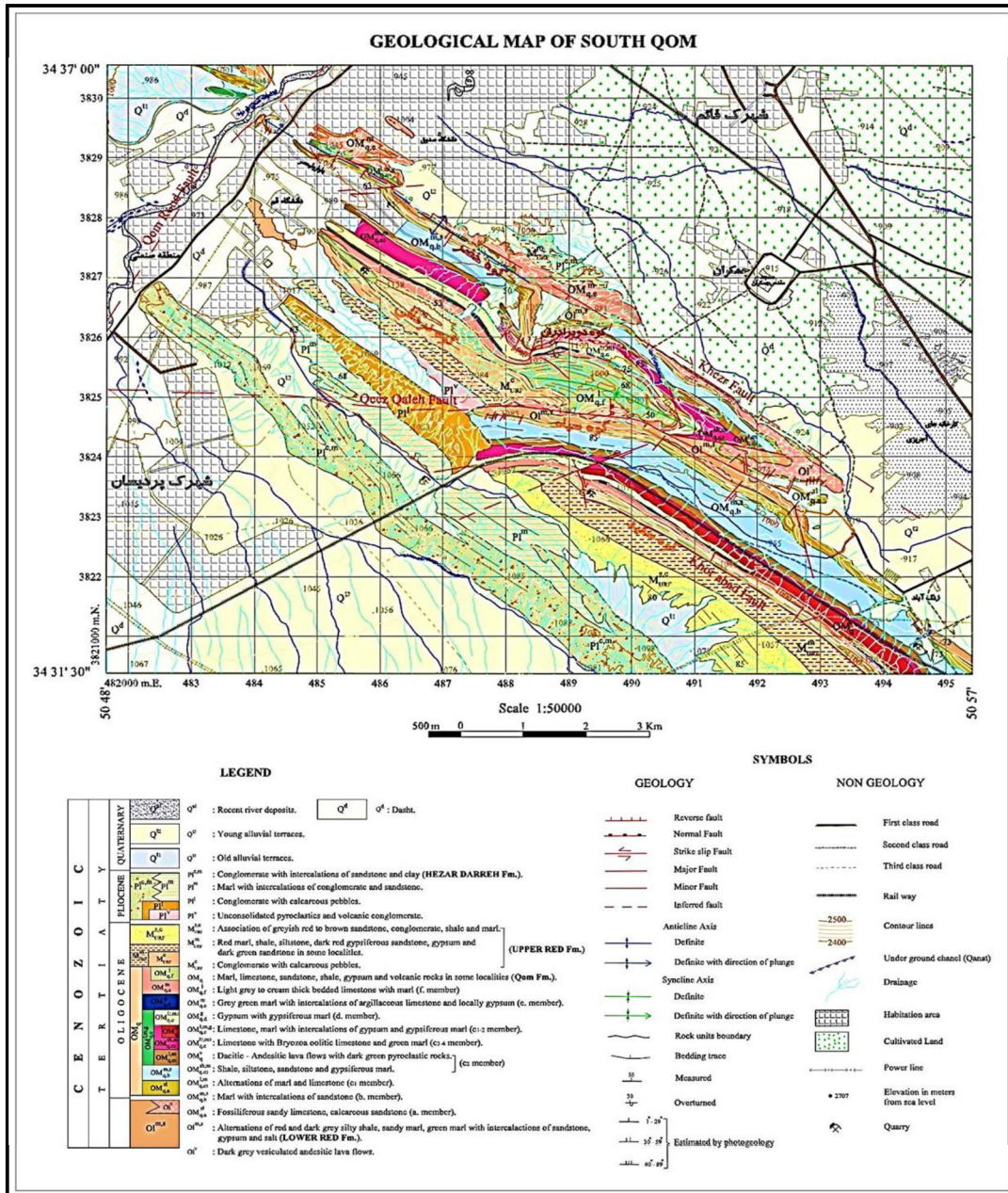
شهر قم با جمعیتی بیش از یک میلیون نفر در قسمت شمالی و شهرک‌های جمکران، پردیسان و قدس نیز در قسمت جنوب و جنوب باختری محدوده مورد بررسی قرار گرفته اند. با توجه به مطالعات زمین‌ریخت‌شناسی و تصاویر ماهواره‌ای، منطقه مورد مطالعه از نظر فعالیت‌های زمین‌ساختی جزء مناطق جنباً محسوب می‌شود به طوری که عناصر اصلی ساختاری این ناحیه، شامل شکستگی‌ها و چین‌خوردگی‌های مرتبط با گسل‌های اصلی و فرعی شناسایی شده اند.



شکل ۱- تصویر ماهواره ای لندست منطقه مورد مطالعه

بخش عمده محدوده مورد بررسی را رسوبات تبخیری و آبرفتی پوشانده است و همین موضوع باعث پنهان شدن برخی ساختارهای زمین‌ساختی در منطقه شده است [۱]. مطالعات متعددی در این منطقه صورت گرفته است و جدیدترین آنها مطالعات ریزپهنه‌بندی شهر قم می‌باشد [۱۱]. در این پژوهش سعی شده است تا گسل‌های موجود در ناحیه به کمک تصاویر هوایی و ماهواره‌ای و همچنین با بازدیدهای صحرایی از محدوده شناسایی و معرفی گردند و توان لرزه‌ای آنها بر اساس زمین لرزه‌های تاریخی و دستگاهی رخ

ناشی از همگرایی در زمین مبدل ساخته است [۶] و [۱۰]. با شروع بازشدگی دریای سرخ و خلیج عدن و بسته شدن اقیانوس تیس جوان در سمت جنوب باختری از ژوراسیک پسین، پهنه سنندج - سیرجان تحت تاثیر قرار گرفته [۱۲] و نهشته‌های موجود در آن، با راستای چیره شمال خاوری - جنوب باختری تحت تاثیر حرکات کوه‌زایی (فاز کوه‌زایی آلپ پایانی) دست‌خوش فشردگی قرار می‌گیرند. هم‌زمان با این مرحله از بازشدگی، پلاتفرم عربستان در جهت شمال خاور به سمت ایران حرکت کرده که این حرکت و جابه‌جایی باعث اعمال نیرویی در جهت مذکور در تمامی پهنه‌های ساختاری ایران شده است. نرخ کنونی این همگرایی فعال در نواحی باختری ترکیه ۱۶ میلی‌متر و در شمال خلیج فارس در طول ۴۸ درجه خاوری، ۱۸ میلی‌متر و در شمال عمان ۲۲ میلی‌متر در سال برآورد شده است [۱۳ و ۱۵]. این وضعیت در طول زمین‌ساخت برخوردی و دگرشکلی مداوم پیش‌رونده در ورای پهنه سنندج - سیرجان، به پهنه آتشفشانی ارومیه - دختر و ایران مرکزی نیز منتقل می‌شود که باعث به وجود آمدن سامانه‌های پیچیده‌ای از گسل‌های معکوس و امتدادلغز شده است و توانایی ایجاد زمین‌لرزه‌های بزرگ را داشته و نقش عمده‌ای در دگرشکلی پوسته قاره‌ای دارند [۹]. محدوده مورد مطالعه بر مبنای نقشه زمین‌شناسی چهارگوش قم [۳] در مقیاس ۱:۱۰۰/۰۰۰ در منطقه‌ای به وسعت ۱۴۰ کیلومتر مربع در محدوده‌ای به طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۴۸ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۵۷ دقیقه خاوری و به عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۳۱ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۳۷ دقیقه شمالی قرار دارد (شکل ۱).



شکل ۲- نقشه زمین شناسی جنوب قم

باشند، اما در رژیم دگرشکلی برشی ساده به‌ویژه در دگرشکلی برشی ساده همراه با فشارش، محور چین خوردگی‌ها از ابتدا تا انتهای دگرشکلی روند ثابتی نداشته و تابع راست‌گرد و یا چپ‌گرد بودن مولفه برشی دگرشکلی، به ترتیب چرخش راست‌گرد و یا چپ‌گرد در آنها صورت می‌گیرد [۴].

به طور کلی می‌توان ساختارهای منطقه مورد مطالعه را بر اساس روند کلی به صورت زیر تفکیک نمود که به واسطه عملکرد جنبش‌های فشاری - برشی فاز آلاین پایانی می‌باشد:

الف) ساختارهایی با روند تقریبی شمال باختری - جنوب خاوری؛ مانند گسل شادقلی، گسل قم، گسل قیز قلعه، گسل و تاقدیس خضر.

ب) ساختارهایی با روند خاوری - باختری؛ مانند گسل گنداب، ناودیس قیز قلعه.

گسل خضر

یک گسل راندگی به طول بیش از ۱۰ کیلومتر که واحدهای سنگی سازند قم به سن الیگومیوسن را با حرکت برشی از نوع راست‌گرد جایجا نموده است. روند آزمون آن N130 و با شیب ۷۵ درجه به سمت جنوب باختر که در طول تاقدیس خضر ادامه داشته و موجب خرد شدن یال شمالی آن به صورت فلس‌های تکتونیکی و جابه‌جایی افقی آن در حدود ۸۰ متر شده است (شکل ۳). پیرامون این گسل ساخت و سازهایی (شهرک قدس) نیز در حال احداث می‌باشد.

گسل شادقلی

داده ارزیابی گردند و در نهایت الگویی برای شکستگی‌های منطقه ارائه گردد.

معرفی ساختارهای منطقه

تراکم ساختارهای شکننده و شکل پذیر محدوده مورد بررسی در بخش‌های جنوبی استان متمرکز می‌باشد که دارای روند کلی شمال باختری - جنوب خاوری می‌باشند (شکل ۲).

با توجه به بررسی‌های انجام شده ساختارهای شکننده



شکل ۳- عکس ماهواره‌ای گسل خضر (برگرفته از Google Earth) با روند آزمون N130 و شیب ۷۵ به سمت جنوب باختری

از قبیل گسل‌های گستره مورد نظر را می‌توان به دو گروه اصلی و فرعی تقسیم‌بندی نمود.

گسل‌های اصلی از گسل‌های لرزه‌ای می‌باشند و گسل‌ها فرعی، آن‌هایی هستند که داده‌های لرزه‌ای از آن‌ها در دست نبوده و تنها سازوکار احتمالی آن‌ها موجود می‌باشد. هر دو گروه گسل‌های موجود در منطقه باعث ایجاد تغییرات ناگهانی در روند لایه‌بندی‌ها و چین‌خوردگی‌ها شده‌اند.

ساختارهای موجود در منطقه مورد مطالعه نمی‌توانند بر اثر یک رژیم دگرشکلی برشی محض ایجاد شده

سازوکار راستالغز راست بر این گسل جوان و فعال می باشد (شکل ۵).

در محدوده مورد بررسی دو ساختار چین خورده در محدوده مورد بررسی دو ساختار چین خورده مشاهده گردیده که سازوکار آنها از نوع خمشی - لغزشی است که جزء چین های فعال محسوب می گردند و به دلیل اینکه چین های مرتبط با گسل هستند .

غالباً یکی از یال های آنها برگشته می باشد [۴]. این ساختار دگرریختی در جوانترین رسوبات منطقه نیز مشاهده شده است. مشخصات هندسی آنها در ذیل ارائه شده است.

تاقدیس خضر

این تاقدیس در جنوب قم و در بخش میانی محدوده مورد نظر گسترش دارد. تاقدیمی است برگشته با شیب سطح محوری به سمت جنوب و امتداد آن N125-130 است. یال برگشته شمالی آن در امتداد گسل طولی خضر خرد شده است و بقایای آن به صورت فلس های تکتونیک در درازای چند کیلومتری رخنمون دارد.

یال جنوبی آن شیب ۷۰ تا ۹۰ درجه به سمت جنوب دارد که به تدریج به سوی کوه نرداقی به لایه های برگشته با شیب بسیار تند متمایل می شود.

هسته این تاقدیس را سازند قرمز زیرین تشکیل می دهد که در یال شمالی بر اثر فعالیت گسل خضر از بین رفته است.

مسجد خضر نبی نیز بر روی بخش های به جای مانده از یال شمالی بنا شده است (شکل ۷).

این گسل از نوع امتداد لغز با سازوکار برشی راست بر قرار دارد و در جنوب قم در امتداد گسل خضر می باشد. روند آن شمال باختری - جنوب خاوری می باشد و باعث جابه جایی سینوسی در واحدهای سنگی هولوسن شده است. از این رو می توان آن را گسل فعال و پویا در نظر گرفت.

گسل قیز قلعه

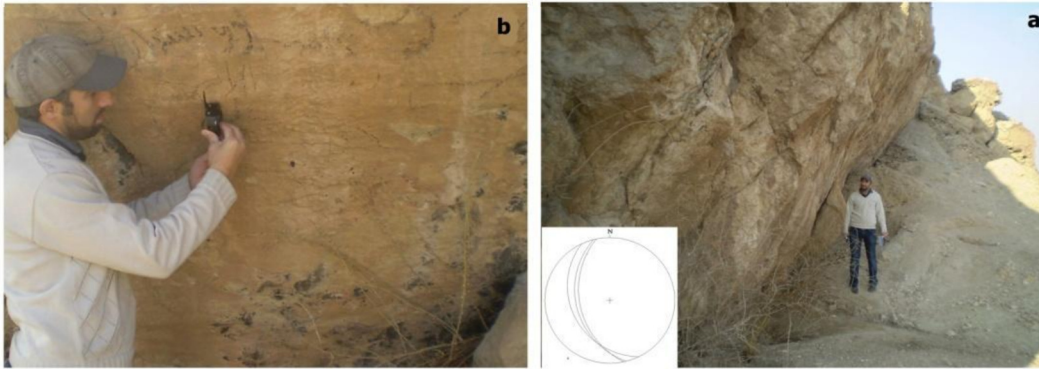
این راندگی در منطقه باستانی قیز قلعه تقریباً به موازات گسل خضر با روند شمال باختری - جنوب خاوری و در شمال شهرک پردیسان با روند خاوری - باختری به طول ۳۲/۵ کیلومتر گسترش دارد. روند آزمون میانگین آن N345 و مقدار شیب اندازه گیری شده بر روی صفحه گسلی ۴۵ درجه به سمت جنوب باختر می باشد (شکل ۴). این گسل نیز مانند گسل خضر از نوع راندگی با حرکت امتدادی مایل می باشد و باعث جابه جایی واحدهای آهکی سازند قم در حدود ۱ کیلومتر شده است. به نظر می رسد این گسل از جنوب راندگی گنداب در جنوب باختر قم شروع و به موازات گسل خضر و در جنوب آن ادامه یافته و تا آران نیز گسترش داشته باشد.

گسل قم

این گسل با راستای شمال باختر - جنوب خاور ارتفاعات حاشیه جنوب باختری شهر قم را بریده است. آثار سطحی این گسل نه تنها به صورت تاثیرات زمین ریخت شناسی تظاهر دارد بلکه گسیختگی سطحی در راستای آن نیز مشاهده می گردد که منجر به جابجایی راست بر آبراهه ها و رشته قنات در رسوبات آبرفتی کواترنر منطقه شده است و بیانگر

ناودیس قیز قلعه

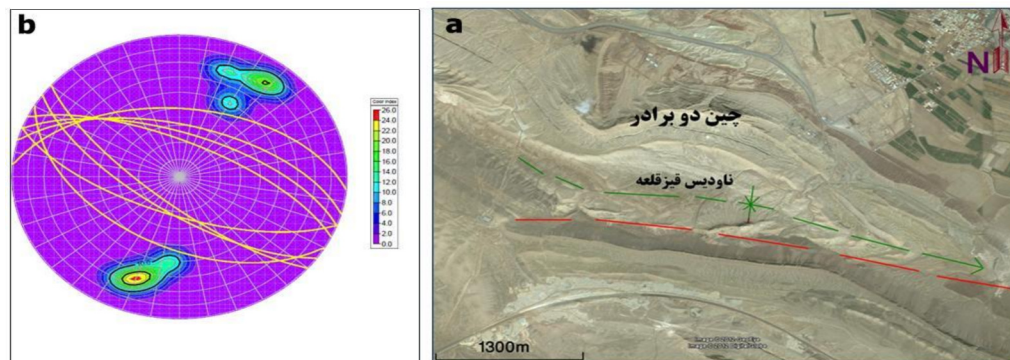
با راستای شرقی- غربی در جنوب تاقدیس خضر و حاصل نموده است و یال جنوبی آن توسط گسلهای امتدادلغز راستگرد بریده شده است. این چین واپسته به چین جناغی دو برادر فشرده شده و تغییر شکل سیستم گسلی راندگی قیز قلعه می باشد و به همین علت



شکل ۴- (a) راندگی اصلی قیزقلعه (جهت دید به سمت شمال باختری) به همراه تصویر شبکه استریوگرافیکی آن با روند آزیموت N345 و شیب ۴۵ درجه به سمت جنوب باختری (b) خطواره های لغزشی صفحه گسلی قیزقلعه که مورب لغز بودن این راندگی را نشان می دهد.



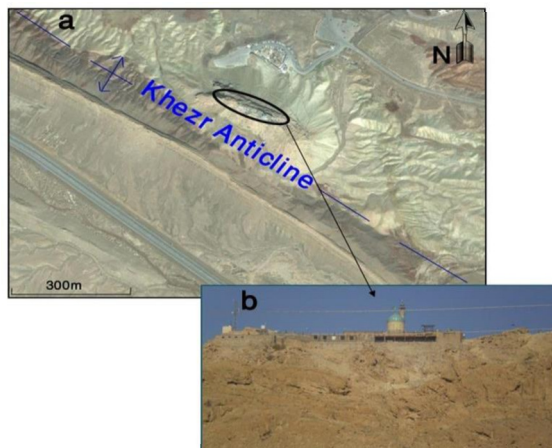
شکل ۵- عکس ماهواره ای گسل قم (برگرفته از Google Earth) که آبراهه ها و قنات های جنوب باختر قم را در حدود ۱۳۰ متر جابه جایی کرده است.



شکل ۶- (a) عکس ماهواره ای ناودیس قیزقلعه (برگرفته از Google Earth) (b) کنتور دیاگرام نشان دهنده مشخصات لایه بندی در ناودیس قیز قلعه

۱۸۹۰ میلادی و ۱۸۹۵ میلادی سین سین در شمال باختری کاشان می باشد که فاصله آن تا شهر قم حدود ۶۰ کیلومتر برآورد می شود [۷]. به طور کلی می توان گفت که از بررسی زمین لرزه های تاریخی می توان نتیجه گرفت که در محدوده مرکز استان خطر نسبی زمین لرزه متوسط است و به طرف حاشیه های شمالی و جنوبی آن به خطر نسبی زیاد افزایش می یابد [۷]. افزایش خطر زمین لرزه به طرف حاشیه باختری کمتر از حاشیه های شمالی و جنوبی است اما خطر نسبی زمین لرزه به طرف حاشیه خاوری استان کاهش می یابد و به محدوده با خطر نسبی کم می رسد.

مهم ترین زمین لرزه سده بیستم میلادی که در استان قم روی داده و شهر قم را نیز لرزانده زمین لرزه نوزدهم دسامبر سال ۱۹۸۰ میلادی سلفچگان با بزرگی $M_s=5.8$ و $M_b=5.5$ است که مرکز آن در حاشیه جنوب باختری استان در فاصله ۲۵ کیلومتری شهر قم مکان یابی شده است. بیشینه شتاب جنبش زمین در هنگام این رویداد در شهر قم حدود $0.13g$ تا $0.14g$ برآورد می شود که قابل توجه می باشد. این زمین لرزه را در ارتباط با جنبش جنوب خاوری گسل ایندس می دانند که مهم ترین گسل لرزه زای شناخته شده ای است که بخش جنوب خاوری آن در استان قم گسترش دارد. از این رو سلفچگان و پیرامون آن از محدوده های لرزه خیز و پر تکاپوی استان محسوب می شوند. آخرین و جدیدترین فعالیت زمین لرزه ای که شهر قم را لرزانده است زمین لرزه ۱۸ ژوئن ۲۰۰۷ میلادی است که در حدود ۱۲ کیلومتری جنوب شهر قم با بزرگای $M_w=5.5$ در مقیاس محلی به وقوع پیوست. این زمین لرزه در استان های تهران، اصفهان، مرکزی، سمنان، یزد، مازندران، لرستان و



شکل ۷- (a) عکس ماهواره ای تاقدیس خضر (برگرفته از Google Earth) (b) مسجد خضر نی بر روی بخش های باقیمانده از یال شمالی تاقدیس خضر

محور چین یک روند ثابتی نداشته و متاثر از فعالیت گسل روند محور نیز تغییر کرده است. هسته این ناودیس را عضو f سازند قم تشکیل می دهد که شامل سنگ آهک از نوع کلسی رودایت توده ای است [۲]. شیب لایه ها در یال شمالی از ۶۸ تا ۷۵ درجه به سمت جنوب متغیر بوده و در یال جنوبی نیز گاهی لایه ها بر اثر عملکرد گسل ها دارای شیب برگشته به سمت جنوب می باشند (شکل ۶).

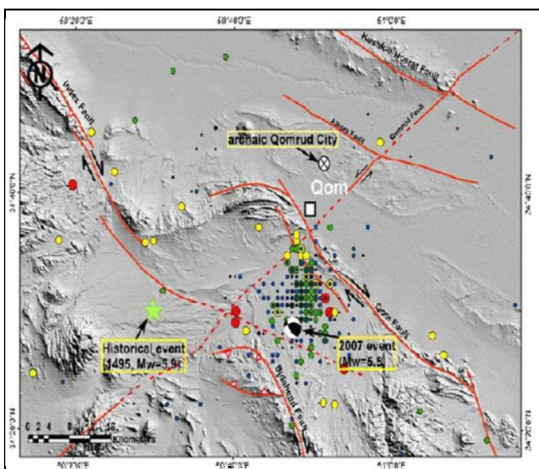
لرزه خیزی منطقه مورد مطالعه

بر اساس داده های در دسترس، بزرگ ترین زمین لرزه روی داده در گستره ای با شعاع ۲۰۰ کیلومتری و به مرکزیت قم، زمین لرزه بیست و سوم فوریه سال ۹۵۸ میلادی ری - طالقان است که بزرگی آن حدود ۷/۷ گزارش شده است که بیشینه شتاب ناشی از آن در بخش های شمال خاوری استان قم حدود $0.14g$ برآورد می شود. نزدیک ترین زمین لرزه ای که پیرامون شهر قم روی داده است نیز زمین لرزه هفتم فوریه

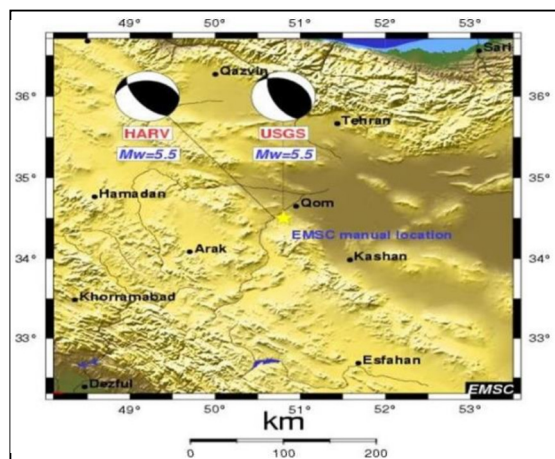
گسل‌ها است و در این راستا آنچه که نقش مهمی ایفا می‌کند، داده‌های زمین‌لرزه‌هایی است که با دقت بالا تعیین محل شده باشند (شکل ۹).

در برخی مناطق، خطواره‌های شمال باختری- جنوب خاوری در امتداد ناهنجاری‌های مغناطیسی خطواره‌های شمال باختری- جنوب خاوری را قطع کرده که نقاط تلاقی خطواره‌ها از لحاظ مطالعات زلزله‌شناسی حائز اهمیت می‌باشند، چرا که تقریباً با کانون زمین‌لرزه‌های دستگاهی مطابقت دارند این در حالی است که در نقشه‌های منتشر شده زمین‌شناسی این گسل‌ها گزارش نشده‌اند.

قزوین احساس شد به نحوی که تکان‌های حاصل از آن در شمال تهران بویژه در طبقات بالای منازل کاملاً احساس گردید. بیش از ۳۵ پس‌لرزه داشته است که بزرگترین آن بزرگایی برابر $ML=4.3$ دارد. این زمین‌لرزه خسارات جانی و مالی نداشته است و فقط مواردی از شکسته شدن شیشه و ترکهای بسیار جزئی در ساختمانهای شهر قم گزارش شده است. سازوکار کانونی این زمین‌لرزه مطابق گزارش USGS از نوع سازوکار فشاری (معکوس) با مؤلفه فرعی امتدادلغز و راستای شمال باختری- جنوب خاوری می‌باشد (شکل ۸).



شکل ۹ - توزیع مراکز زمین‌لرزه در اطراف شهر قم بر اساس داده‌های سال ۱۹۰۰ تا ۲۰۰۸ میلادی

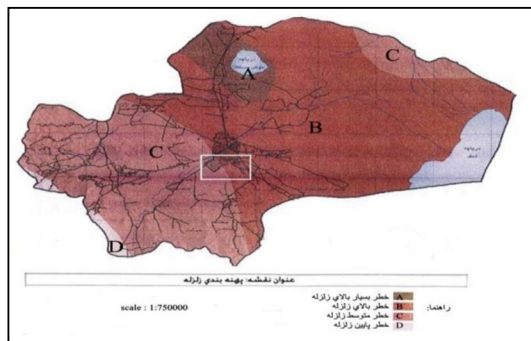


شکل ۸- موقعیت و سازوکار زمین‌لرزه ۱۸ ژوئن ۲۰۰۷ میلادی، جنوب قم (برگرفته از www.emsc-csem.org)

بیشترین زمین‌لرزه‌ها در جنوب شهر قم ثبت شده که محل تلاقی چند گسل پنهان می‌باشد [۱] همچنین مطالعه پهنه‌بندی خطر زمین‌لرزه نشان می‌دهد که این منطقه در مرز دو پهنه با خطر بالا و خطر متوسط زمین‌لرزه‌ای واقع شده است (شکل ۱۰).

بررسی رویدادهای لرزه‌ای سده اخیر بیانگر فعال بودن گسل‌های منطقه می‌باشد و می‌توان نتیجه گرفت که خطر نسبی زمین‌لرزه در سطح استان قم یکسان نیست و پهنه‌هایی با خطر نسبی متفاوت می‌توانند در این استان شناسایی و تفکیک شوند. توزیع کانونی زمین‌لرزه‌ها عامل اصلی در شناخت هندسه

پرکامبرین، بخش یاد شده در زمان پالئوزویک و ویژگی‌های سکویی داشته و در دوران‌های مزوزویک و سنوزویک به منطقه‌ای پر تحرک و پویا تبدیل شده است. با وجود این، باید گفت که الگوی ساختاری حاکم بر این خرده قاره، از نوع بلوک‌های جدا شده با گسل‌های عمده است که هر یک، ویژگی جداگانه دارند و پویایی خرده قاره در همه جا یکسان نیست. بررسی ساختاری محدوده مورد نظر نیز مبین این نظر می‌باشد، به گونه‌ای که فعالیت عمده گسل‌های منطقه از نوع جنب‌ها بوده که دارای سازوکار امتدادلغز با مولفه معکوس و روند شمال باختری-جنوب خاوری می‌باشند و به صورت یک پهنه گسلی وسیع منطقه مورد مطالعه را تحت تاثیر قرار داده و باعث جابه‌جایی واحدهای سنگی منطقه شده است که تهدیدی برای شهرک‌های در حال احداث جنوب قم می‌باشد. در منطقه مورد مطالعه محور چین‌ها یک امتداد ثابت نداشته و بسته به موقعیت آنها در منطقه و نزدیکی با گسل متفاوت بوده و در برخی از آنها خمیدگی و چرخش مشهود است که ناشی از حرکت برشی توام با فشارش در منطقه می‌باشد. همچنین مطالعه پهنه‌بندی خطر زمین‌لرزه نیز بیانگر این است که این منطقه در مرز دو پهنه با خطر بالا و خطر متوسط زمین‌لرزه‌ای واقع شده است پهنه‌ای که خطر نسبی زلزله در آن بالا است محدوده‌ای را شامل می‌گردد که اکثر نقاط مسکونی استان از جمله شهر قم، کهک و شهرک‌های جمکران، ایثار، صفاشهر، قدس در آن قرار دارند. همچنین با مطالعه مغناطیس‌های می‌توان به موقعیت گسل‌های پنهان دست



شکل ۱۰- موقعیت محدوده مورد مطالعه (کادر سفید رنگ) در نقشه پهنه بندی زلزله استان قم بر گرفته از پژوهشگاه بین‌المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله

پهنه‌ای که خطر نسبی زلزله در آن بالا است محدوده‌ای را شامل می‌گردد که اکثر نقاط مسکونی استان از جمله شهر قم، کهک و شهرک‌های جمکران، ایثار، صفاشهر، قدس در آن قرار دارند. شتاب برآورد شده در این پهنه بین $0/25g$ تا $0/35g$ می‌باشد. در جنوب و جنوب باختری این پهنه، پهنه دیگری با خطر نسبی متوسط قرار دارد که موقعیت شهرک پردیسان و روستاهای جنوب باختر قم در آن واقع شده و شتاب برآورد شده در آن بین $0/2g$ تا $0/25g$ می‌باشد.

نتیجه گیری

خرده قاره ایران مرکزی بخش مثلثی شکلی است که در مرکز ایران قرار دارد. حد شمالی این زون را ارتفاعات البرز، حد جنوبی آن را زون مکران، حد باختری آن توسط یک منطقه فرورفته به زون دگرگونی سنندج- سیرجان محدود شده و حد خاوری آن چندان مشخص نیست. در گذشته، خرده قاره ایران مرکزی را بخشی از توده میانی ایران مرکزی می‌دانستند که پس از سخت شدن پی سنگ

7-Ambraseys, N., Melville, C.1982, "A History of Persian Earthquakes, Cambridge univ. press, Cambridge, UK.231P.

8-Berberian, M., 1976, "Contribution to the seismotectonics of Iran (part II)", Report No. 39, Geological Survey of Iran.146P.

9-Berberian, M., Jackson, J., Qorashi, M., Talebian, M., Khatib, M., Priestley, K., 2000, "The 1994 Sefidabeh earthquake in eastern Iran: Blind thrusting and bedding plane slip on a growing anticline and active tectonics of sistan suture zone, Geophys142, 283-299pp.

10-Jackson, J., Haines, J., Holt, W., 1995, "the accommodation of Arabia-Eurasia plate convergence in Iran", Journal of Geophysical Research, 100, 15, 205-215, 219pp.

11-Kamalian, M., Jafari, M.K., Ghayamghamian, M.R., Shafiee, A., Hamzehloo, H., Haghshenas, E., Sohrabi-bidar, A., 2008, " Site effect microzonation of Qom, Iran " Engineering Geology, 97, 63-79 pp.

12-Mohajjel, M., Fergusson, C.L., Sahandi, M. R., 2003, Cretaceous-Tertiary convergence and continental collision, Sanandaj-Sirjan Zone, 397- 412 pp.

13-Sella, G.F., Dixon, T.H., & Mao, A.L. 2002, REVEL: "A model for recent plate velocities from space geodes", Journal of Geophysical Research-Solid Earth, v. 107.321P.

14-Stocklin, J., 1968, "Structural History and Tectonics of Iran"; A Review Bull Am. Assoc Petrol. Geol., v.52, 1229-1258 pp.

یافت که به منظور پیشگیری از خطرات احتمالی گسلش سطحی و زمین‌لرزه‌ها در محدوده مورد مطالعه که محل احداث شهرک‌های جمکران، ایثار، صفاشهر، قدس و پردیسان می‌باشد، تمهیدات لازم در نظر گرفته شود و حتی‌المقدور از ساخت و ساز غیر اصولی و طرح‌های عمرانی و ملی در پیرامون پهنه‌ها و اثرات گسلی اجتناب گردد. حضور بیش از چندین گسل فعال و اهمیت ناحیه مورد نظر ضرورت توجه بیش از پیش مسئولین در حمایت از پروژه‌های پژوهشی با هدف شناخت دقیق از ویژگی‌های زلزله شناختی و زمین‌شناختی را ایجاب می‌نماید.

منابع

- ۱-آریامنش، م.، منتظری، م.، عکاشه، ب.، ۱۳۸۸، مطالعه گسل‌های پنهان استان قم با استفاده از تفسیر داده‌های ژئوفیزیک هوایی، فصلنامه زمین، سال چهارم، شماره ۲، ۱۱۵-۱۱۱ص.
- ۲-امامی، م.، ه.، ۱۳۷۰، شرح نقشه زمین‌شناسی چهارگوش قم مقیاس ۱/۲۵۰۰۰۰ شماره E6 سازمان زمین‌شناسی، ۱۷۹ ص.
- ۳-زمانی پدرام، م.، حسینی، ح.، ۱۳۷۸، نقشه زمین‌شناسی چهارگوش قم، مقیاس ۱/۱۰۰۰۰۰ سازمان زمین‌شناسی کشور.
- ۴-نوگل سادات، م.ع.ا.، ۱۳۶۴، منطقه‌های برشی و خمیدگی ساختاری در ایران، دستاوردهای تحلیل ساختاری ناحیه قم، گزارش شماره ۵۵ سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور ۱۴۴ص.
- ۵-ندری، ر.، ۱۳۸۵، تحلیل هندسی و جنبشی سامانه گسل بیدهند(جنوب قم)، پایان نامه رشته تکتونیک مقطع کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.۱۸۷ص.
- 6-Allen, M. 2004, Late Cenozoic reorganization of the Arabia-Eurasia collision and the comparison of short-term and long-term deformation rates", Tectonics, Vol. 23.143P.