فصلنامه زمین‌شناسی کاربردی
سال ۸ (۱۳۹۱)، شماره ۳: ۲۱۳-۲۰۳
www.appliedgeology.ir

زمین ساخت جنبای جنوب قم تهدیدی برای مناطق جدید شهری

محسن پورکرمانی[۱]، محمد ممجل[۲]، علی سلگی[۳]، مهران آرین[۴] و روح‌اله ندری*[۵]

۱) استاد گروه زمین‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

۲) دانشیار گروه زمین‌شناسی، دانشگاه تربیت مدرس

۳) استادیار گروه زمین‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات

٤) دانشیار گروه زمین‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات

٤) دانشجوی دکترای تخصصی تکتونیک گروه زمین‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، nadri@modares.ac.ir

*) عهده‌دار مکاتبات

دریافت: ۹۱/۳/۱۵ ؛ دریافت اصلاح شده: ۹۱/٦/۱؛ پذیرش: ۹۱/٦/۲۵؛ قابل دسترس در تارنما: ۹۱/۱۲/۵

چکیده

استان قم به دلیل قرار گرفتن در شرایط ویژه لرزه‌زمین‌ساختی، محدوده‌هایی را با خطر نسبی زمین‌لرزه‌ای متفاوت بوجود آورده است. پیشینه لرزه‌خیزی در محدوده این استان، بیانگر فعالیت بالای گسل‌های آن می‌باشد. این گسل‌ها متشکل از سامانه‌های پیچیده‌ای از گسل‌های معکوس و امتدادلغز می باشند که نقش عمده‌ای در دگرشکلی پوسته قاره‌ای و الگوی ساختاری منطقه دارند. در محدوده‌ی مورد مطالعه، به کمک تصاویر ماهواره‌ای و بازدیدهای صحرایی، گسل‌های متعددی شناسایی و معرفی شدند. گسل‌های منطقه عموماً فعال می‌باشند. این گسل‌ها در شکل‌گیری توپوگرافی و ریخت شناسی زمین و الگوی ساختاری منطقه نقش مهمی داشته و زمین‌ساخت جنبای استان قم را تحت تأثیر قرار داده‌اند. بر این اساس و با توجه به احداث شهرک‌های جدید در این منطقه، پیشنهاد می‌گردد توان لرزه‌ای این گسل‌ها بیشتر بررسی شود.

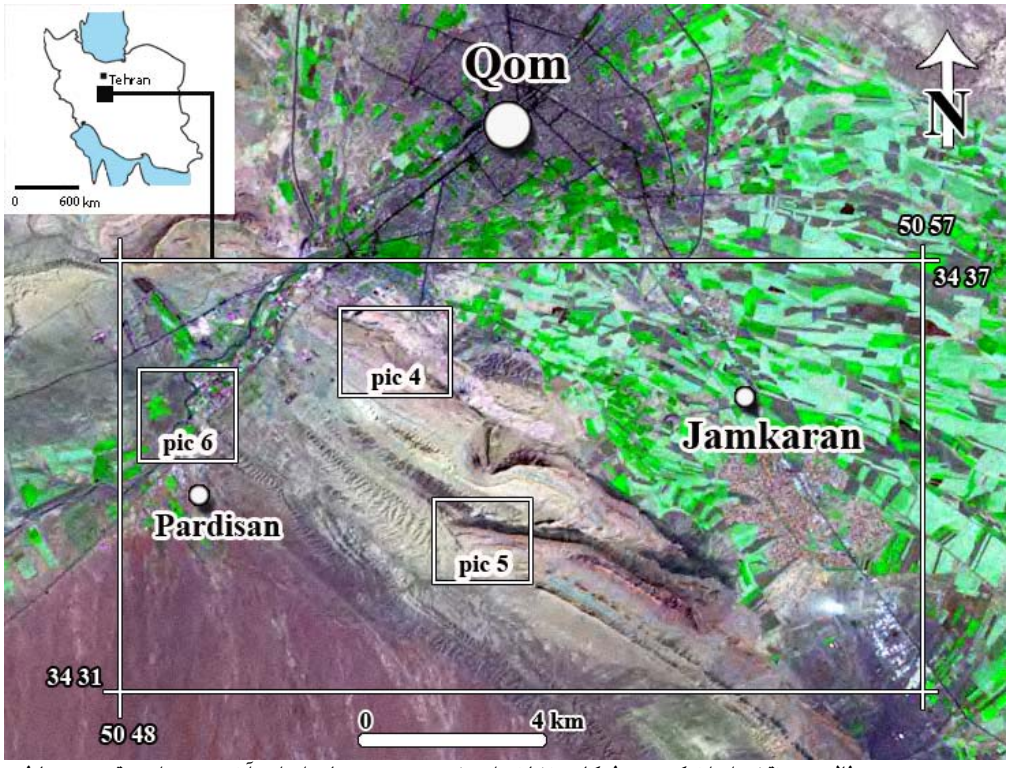
واژه‌های کلیدی: الگوی ساختاری، شهرک‌های جدید، لرزه‌خیزی، لرزه زمین‌ساخت.

۱- مقدمه

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 دگرشکلی ناحیه ای پوسته قاره‌ای به مساحت تقریبی ۳/۰۰۰/۰۰۰ کیلومتر مربع شده است. در نتیجه این ناحیه به یکی از بزرگترین نواحی دگرشکل یافته ناشی از همگرایی در زمین تبدیل گردیده است (Allen et al. 2004). با شروع بازشدگی دریای سرخ و خلیج عدن و بسته شدن اقیانوس تتیس جوان در سمت جنوب باختری از ژوراسیک پسین، پهنه سنندج-سیرجان تحت تأثیر قرار گرفته است. نهشته‌های موجود در این پهنه با راستای چیره شمال خاوری-جنوب باختری تحت تأثیر حرکات کوهزایی (فاز کوهزایی آلپ پایانی) دستخوش فشردگی می‌شوند (Mohajjel et al. 2003). هم‌زمان با این مرحله از بازشدگی، پلاتفرم عربستان در جهت شمال خاوری-جنوب باختری به سمت ایران حرکت نموده است. این حرکت و جابجایی باعث اعمال نیرویی در جهت مذکور در تمامی پهنه‌های ساختاری ایران شده است. نرخ کنونی این هم‌گرایی فعال در نواحی باختری ترکیه ۱٦ میلی‌متر و در شمال خلیج فارس در طول ٤۸ درجه خاوری، ۱۸ میلی‌متر و در شمال عمان ۲۲ میلی‌متر در سال برآورد شده است (Vernant et al. 2004). 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. در نتیجه، سامانه‌های پیچیده‌ای از گسل‌های معکوس و امتدادلغز شده که

توانایی ایجاد زمین‌لرزه‌های بزرگ را داشته و نقش عمده‌ای در دگرشکلی پوسته قاره‌ای دارند. شواهد ساختاری و ژئومورفولوژیکی ساختارهای کواترنر جنوب قم نیز نشان‌دهنده‌ی فعال بودن آنها می‌باشد (Babaahmadi et al. 2010). محدوده مورد مطالعه بخشی از نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ چهارگوش قم (زمانی پدرام و حسینی ۱۳۷۸) می‌باشد که در جنوب و جنوب باختری شهر قم، در منطقه‌ای به وسعت ۱٤۰ کیلومتر مربع واقع شده است. این منطقه در طول جغرافیایی ′٤۸ °٥۰ ′٥۷ °٥۰ خاوری و عرض جغرافیایی ′۳۱ °۳٤ تا ′۳۷ °۳٤ شمالی قرار دارد (تصویر ۱). با توجه به بررسی‌های انجام شده، منطقه مورد مطالعه از نظر فعالیت‌های زمین‌ساختی، جزء مناطق جنبا محسوب می‌شود. در این ناحیه عناصر اصلی ساختاری شامل شکستگی‌ها و چین‌خوردگی‌های مرتبط با گسل‌های اصلی و فرعی می‌باشند. مطالعات متعددی در این منطقه صورت گرفته است؛ نوگل‌سادات (۱۳٦٤)، مناطق برشی و خمیدگی‌های ساختاری جنوب قم را شناسایی و معرفی نمود. آریامنش و همکاران (۱۳۸۸) گسل‌های مدفون و پنهان در آبرفت‌های منطقه را بررسی نمودند. در نهایت کمالیان و همکاران (Kamalian et al. 2008) نیز ریزپهنه‌بندی شهر قم را مطالعه نمودند.

با توجه به افزایش سریع جمعیت و احداث شهرک‌های جدید (جمکران، پردیسان، قدس، صفاشهر و ایثار) در بخش جنوبی منطقه مورد مطالعه، در این مقاله به معرفی هندسه و ساز وکار گسل‌های اصلی و فرعی موجود و ساختارهای مرتبط با آنها (اعم از چین خوردگی‌ها) و همچنین نقش آنها در الگوی تغییرات ساختاری و همچنین تکتونیک فعال منطقه معرفی و بررسی، گردید.

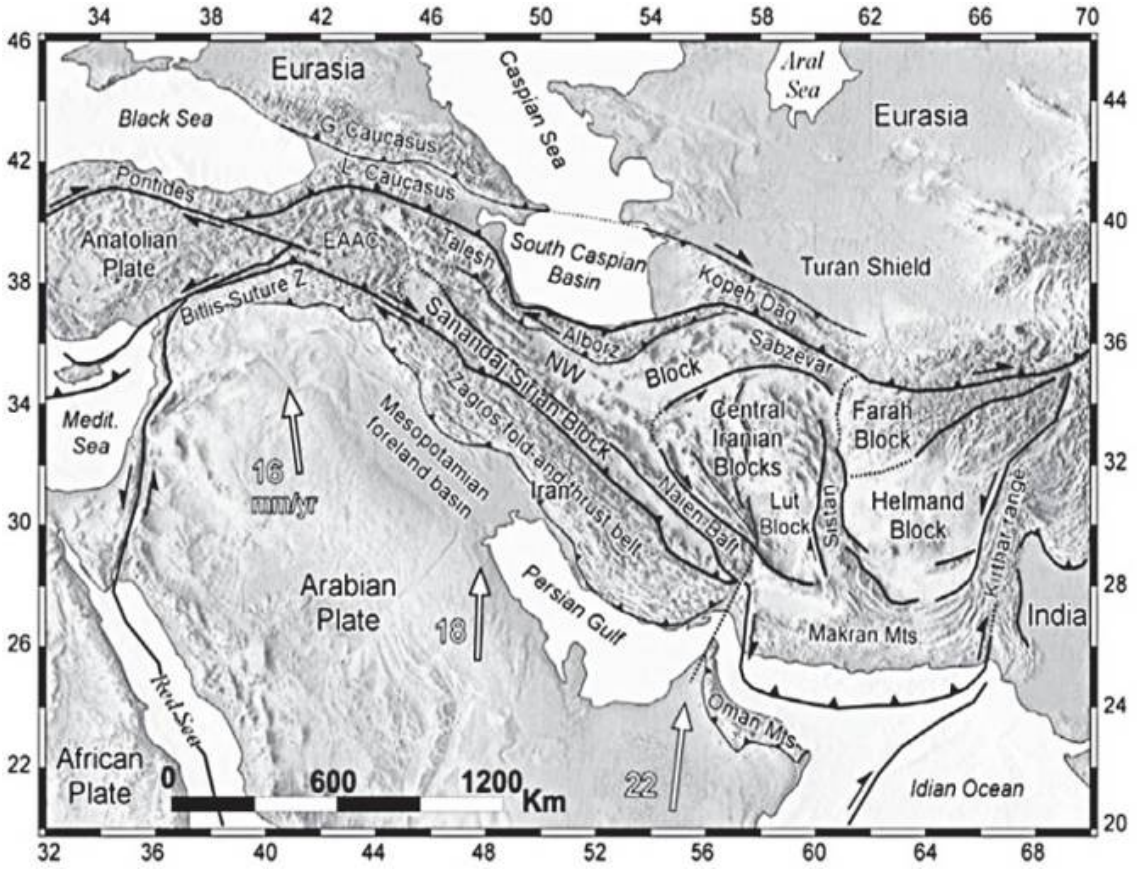


تصویر ۱- موقعیت محدوده مورد مطالعه در نقشه ایران که توسط کادر نشان داده شده و تصویر ماهواره‌ای آن به همراه موقعیت مناطق مورد پیمایش زمینی در محدوده مورد نظر(بر گرفته از Landsat ETM).

۲- زمین‌شناسی منطقه

ایران بخشی از بزرگترین ناحیه دگریختی هم‌گرا در سطح کره زمین می باشد که بر اثر بازشدگی دریای سرخ و حرکت رو به شمال خاوری ورقه عربستان و برخورد صفحات عربی و اوراسیا تشکیل شده است (تصویر ۲). حوضه‌های این پهنه برخوردی توسط توپوگرافی و فعالیت‌های لرزه‌ای متفاوت مرزبندی شده‌اند. کوتاه‌شدگی و ضخیم‌شدگی پوسته‌ای در این پهنه برخوردی سبب شکل‌گیری کمربند کوهزایی زاگرس، البرز، کپه داغ و فلات ایران - ترکیه شده و فرآیندهای مهم زمین‌ساختی مانند دگرگونی، ماگماتیسم، چین‌خوردگی و گسلش را ایجاد نموده است (Allen et al. 2004). با شروع بازشدگی دریای سرخ و خلیج عدن (از ۵ میلیون سال قبل) و بسته شدن اقیانوس تتیس جوان در سمت جنوب باختری از ژوراسیک پسین، پهنه سنندج – سیرجان تحت تأثیر قرار گرفته (Mohajjel et al. 2003) و نهشته‌های موجود در آن، با راستای چیره شمال خاوری

– جنوب باختری، تحت تأثیر حرکات کوهزایی (فاز کوهزایی آلپ پایانی)، دستخوش فشردگی شده‌اند. در صورتی که، امتداد گسلهای ترانسفورم دریای سرخ و خلیج عدن امتداد بردار جابجایی ورق عربستان در نظر گرفته شود و با توجه به سایر شواهد دگرشکلی و داده‌های نئوتکتونیکی، به نظر می‌رسد که راستای N20E تا N30E، امتداد فشردگی یا جابجایی اصلی است (نوگل‌سادات ۱۳٦٤). 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. تمام مناطق ایران، تحت فشردگی و تغییر شکل برشی می‌باشند (نوگل‌سادات ۱۳٦٤). ارزش مولفه‌های جابجایی برشی و کوتاه شدگی یا فشردگی در هر پهنه ساختاری، تابع مقدار زاویه‌ای است که بین امتداد جابجایی بلوک‌ها و امتداد گسل‌های اصلی آن پهنه است. جهت نیروی وارده، بیانگر آن است که زون‌هایی با روند شمال باختر- جنوب خاور و شمالی- جنوبی، تحت تأثیر جابه‌جایی‌های برشی راستگرد قرار گرفته‌اند (نوگل‌سادات ۱۳٦٤). بر اساس شواهد موجود، هیچ یک از مدل‌های دگرشکلی برشی ساده و برشی محض، به تنهایی نمی‌توانند توجیه‌کننده‌ی تمامی اختصاصات ساختاری منطقه باشند و دگرشکلی ترافشارشی (دگرشکلی برشی توام با فشردگی) نیز می بایست حضور داشته باشد (ندری ۱۳۸۵).



تصویر ۲- ساختارهای زمین ساختی صفحات عربی و ایران، بردارهای جابه‌جایی نرخ هم‌گرایی را بر حسب mm/y نشان می‌دهند (Sella et al. 2002).

۳- روش مطالعه

روش انجام این پژوهش طی مراحل ذیل می‌باشد:

۳-۱- جمع آوری اطلاعات

که شامل جمع‌آوری و مطالعه گزارش‌ها، مقاله‌ها و کتاب‌های مرتبط با موضوع، تهیه و مطالعه نقشه‌های توپوگرافی و زمین‌شناسی، دورسنجی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ETM و تصاویر برگرفته از Google Earth و همچنین عکس‌های هوایی با مقیاس ۱:٤۰۰۰۰ می‌باشد.

۳-۲- عملیات صحرایی

در این مرحله، نقشه زمین‌شناسی اولیه با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ با استفاده از عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای آماده و پردازش شد و سپس نقشه نهایی منطقه مورد مطالعه تهیه گردید (تصویر ۳).

همچنین در طی پیمایش‌های ساختاری، امتداد و شیب واحدهای سنگی، درزها و گسل‌های دارای رخنمون برداشت شده‌اند.

۳-۳- کارهای آزمایشگاهی و دفتری

که شامل پیاده کردن برداشت‌های صحرایی بر روی آن و پردازش نهایی نقشه بعد از عملیات صحرایی و همچنین تجزیه و تحلیل استریوگرافیکی داده‌های مربوط به ساختارها با استفاده از نرم‌افزارهای مربوطه می‌باشد.

۴- چینه‌شناسی واحدهای سنگی منطقه

در محدوده مورد مطالعه، سنگهای رسوبی، آذرین و آذرآواری سنوزوئیک رخنمون دارند. قدیمی‌ترین سنگ‌های این محدوده مربوط به فعالیت‌های آتشفشانی ائوسن است. ردیف‌های ولکانیک و آذرآواری ائوسن پسین با راستای شمال باختری–جنوب خاوری، به طور عمده در نیمه شمالی قرار دارند. این ردیف‌ها از شمال باختری تا کوه‌های آرارات در ترکیه ادامه داشته و از جنوب خاوری نیز قسمت‌هایی از پهنه ایران مرکزی را در بر می‌گیرند. شناسایی و بررسی رسوبات جوان در شناسایی گسل های فعال منطقه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. رسوبات کواترنر، جوان‌ترین نهشته‌های ستون چینه‌شناسی منطقه مورد بررسی می‌باشند. بررسی و ارائه توالی رسوبات کواترنری منطقه، برای شناسایی تحولات زمین‌ساختی آن ضروری است. این رسوبات به شکل تراس‌های قدیمی یا جوان‌تر رودخانه‌ای، مخروط افکنه‌ها و واریزه‌های آبرفتی دیده می‌شوند. کلیه‌ی این رسوبات به جز در دامنه‌ها که کمی شیب اولیه دارند، در همه جا افقی بوده و به طور دگرشیب سازندهای قدیمی‌تر را می‌پوشانند (نوگل‌سادات ۱۳٦٤). سازندهای رخنمون یافته در منطقه، به ترتیب از قدیم به جدید عبارتند از: آذرآواری‌های ائوسن، سازند قرمز پایینی، سازند قم، سازند قرمز بالایی و سازند هزار دره (آقانباتی ۱۳۸۲) (تصویر ۳).

۴-۱- آذرآواری‌های ائوسن

در اواخر کرتاسه و آغاز ترشیر، جنبش های زمین‌ساخت جدید معادل زمانی فاز لارامید، سبب چین‌خوردگی و بالاآمدگی‌های جدید شده است. فرسایش شدید ناشی از این حرکات، منجر به تشکیل ته‌نشست های آواری قاعده ترشیر شده که به صورت دگرشیب بر روی برونزدهای قدیمی‌تر قرار دارند. کهن‌ترین رسوبات ترشیر در منطقه متعلق به ائوسن آغازین است و هیچ گونه اثری از ته‌نشست های پالئوسن وجود ندارد. در طی ائوسن، ردیفی از ته‌نشست ها با خاستگاه رسوبی و آتشفشانی با ضخامت بیش از ٤۰۰۰ متر، درازای ۱۷۰۰ کیلومتر و عرض تقریبی ۱۰۰ تا ۱۵۰ کیلومتر نهشته شده که به صورت دگرشیب بر روی نهشته های دریایی کرتاسه قرار می‌گیرند. این نهشته ها در منطقه مورد بررسی، با شش واحد E1، E2، E3، E4، E5 و E6 (گزارش چهارگوش قم) مشخص شده‌اند که به ترتیب شامل واحد رسوبی تخریبی قرمز رنگ، واحد ولکانیکی زیرین، سری سبز زیرین، واحد قرمز میانی، سری سبز بالایی و واحد ولکانیکی بالایی ائوسن می‌باشند (امامی، ۱۳۷۰). این واحدهای آذرین، در پهنه ماگمایی ارومیه – دختر واقع شده‌اند. همچنین چند توده نفوذی به سن میوسن نیز در واحدهای سازند قم تزریق شده که در اطراف آنها هاله دگرگونی مجاورتی کم ضخامتی شکل گرفته است (نظری و کشتگر ۱۳۸٦).

۴-۲- سازند قرمز پایینی

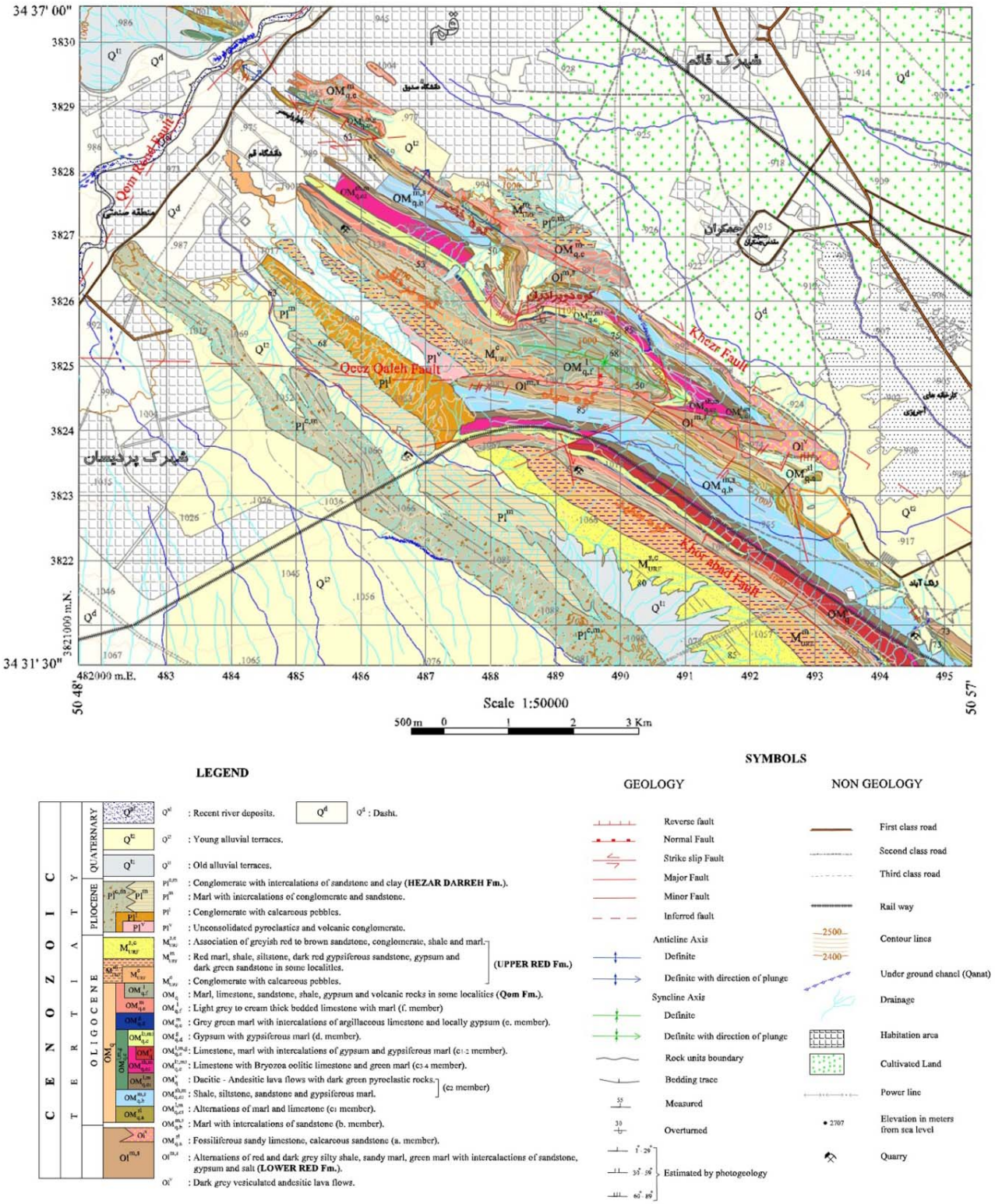
در اواخر ائوسن و اوایل الیگوسن، جنبش های زمین ساختی پیرنه‌ای سبب چین‌خوردگی و خروج از آب و تشکیل محیط قاره‌ای – کولابی شده است. فرسایش شدید ارتفاعات نیز سبب تشکیل ته‌نشست های آواری سازند قرمز زیرین (Lower Red Formation) گردیده است. این نهشته‌ها با سن ائوسن بالایی تا اواسط الیگوسن در حد فاصل آذرآواری‌های ائوسن و سازند قم قرار گرفته‌اند. این سازند در منطقه قم از دو بخش تشکیل شده است. بخش زیرین شامل لایه‌های تبخیری از جنس نمک همراه با میان لایه‌های انیدریتی و رسی و بخش بالایی شامل لایه های کولابی–قاره‌ای قرمز رنگ مانند مارن قرمز گچ‌دار و ماسه‌سنگ می‌باشند (امامی ۱۳۷۰).

۴-۳- سازند قم

در زمان الیگوسن پایانی، دریا برای آخرین بار پیشروی کرده و بخش وسیعی از منطقه را می‌پوشاند. این دریا کم عمق بوده و ته‌نشست های آن را آهک و مارن تشکیل داده که تحت عنوان سازند قم (Qom Formation) مورد مطالعه قرار گرفته است. بخش زیرین این سازند به صورت پیشرونده و به طور دگرشیب با زاویه ۱۰ درجه بر روی لایه‌های سازند قرمز زیرین و سنگهای آتشفشانی ائوسن قرار می‌گیرد. سازند قم به واسطه وجود ذخایر نفت و گاز، بسیار حائز اهمیت است. این سازند در ناحیهٔ قم، ۱۲۰۰ متر ضخامت دارد و شامل ۹ عضو (f, e, d, c4, c3, c2, c1, b, a) می‌باشد (امامی ۱۳۷۰).

۴-۴- سازند قرمز بالایی

در بیشتر نواحی غرب ایران مرکزی، سازند آهکی قم به سن الیگوسن–میوسن، با ردیف‌های آواری قرمز رنگی پوشیده شده که



تصویر ۳- نقشه زمین شناسی جنوب قم (اقتباس از نقشه سازمان زمین‌شناسی کشور).

نشان‌دهنده‌ی حوضه‌های رسوبی قاره‌ای است. شواهد موجود این باور را به وجود آورده که پس از آشکوب بوردیگالین، با پسروی دریا، تغییرات شدید رخساره در نوع نهشته‌ها فراهم آمده و تبدیل محیط‌های دریایی سازند قم به حوضه‌های قاره‌ای، شرایط لازم برای نهشت رسوبات آواری – تبخیری همزمان با رسوبگذاری را فراهم نموده است. این نهشته‌ها در حال حاضر در بیشتر فرونشست‌های ایران مرکزی برونزد دارند و با عنوان سازند قرمز بالایی (Upper Red Formation) نام‌گذاری شده‌اند. این سازند بیشتر از نوع ماسه‌سنگ،

مارن، کنگلومرا و تبخیری‌ها می‌باشد که در شرایط مولاسی تشکیل شده و فرونشینی تدریجی بستر، ضخامت آن را به شدت افزایش داده است (امامی ۱۳۷۰).

۴-۵- سازند هزار دره

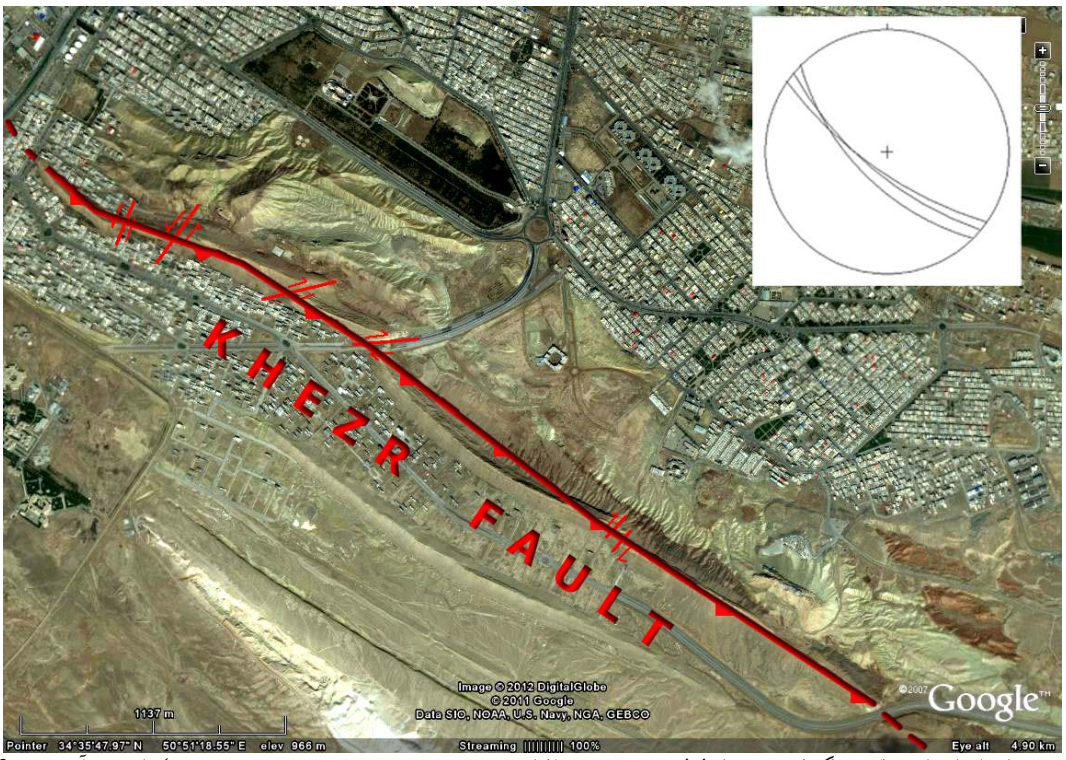
این سازند با سن پلیوسن تا اوایل کواترنر (پلیستوسن) ، عمدتاً از مواد تخریبی تشکیل شده و شامل کنگلومرا با میان لایه‌های ماسه‌سنگی، رسی و همراه با مارن است. جنبش های زمین‌ساختی میوسن – پلیوسن به صورت جنبش های برشی راستگرد (تغییر جهت محور چین‌ها، عدسی‌های برشی راستگرد و گسل‌های خمیده) در منطقه مورد مطالعه نمایان می‌شوند (امامی ۱۳۷۰).

۵- ساختارهای منطقه مورد مطالعه

گسل‌های لرزه‌زای استان قم بیشتر در بخش‌های جنوبی متمرکز می‌باشند این گسل‌ها را می‌توان به دو گروه اصلی (گسل‌های لرزه‌ای) و فرعی (داده‌های لرزه‌ای از آن‌ها در دست نبوده و تنها سازوکار احتمالی آن‌ها موجود می‌باشد) تقسیم‌بندی نمود. هر دو گروه گسل‌های موجود در منطقه باعث ایجاد تغییرات ناگهانی در روند لایه‌بندی‌ها و چین‌خوردگی‌ها شده‌اند. ساختارهای ایجاد شده در منطقه به واسطه عملکرد جنبش‌های فشاری-برشی فاز آلپین پایانی، شامل ساختارهایی با روند تقریبی شمال باختری- جنوب خاوری (مانند گسل شادقلی، گسل قم، گسل قیز قلعه، گسل و تاقدیس خضر) و ساختارهایی با روند خاوری – باختری (مانند گسل گنداب، ناودیس قیز قلعه) می‌باشند.

۵-۱- گسل خضر

گسل خضر، یک گسل راندگی به طول ۱۰ کیلومتر، با حرکت برشی از نوع راستگرد می‌باشد. روند آزیموت آن N130 با شیب ۷۵ درجه به سمت جنوب باختر می‌باشد که در طول تاقدیس خضر ادامه داشته و موجب خرد شدن یال شمالی آن به صورت فلس‌های تکتونیکی و جا به جایی افقی در حدود ۸۰ متر شده است (تصویر ٤). اطراف این گسل ساخت و سازهایی (شهرک قدس) نیز در حال انجام می‌باشد.



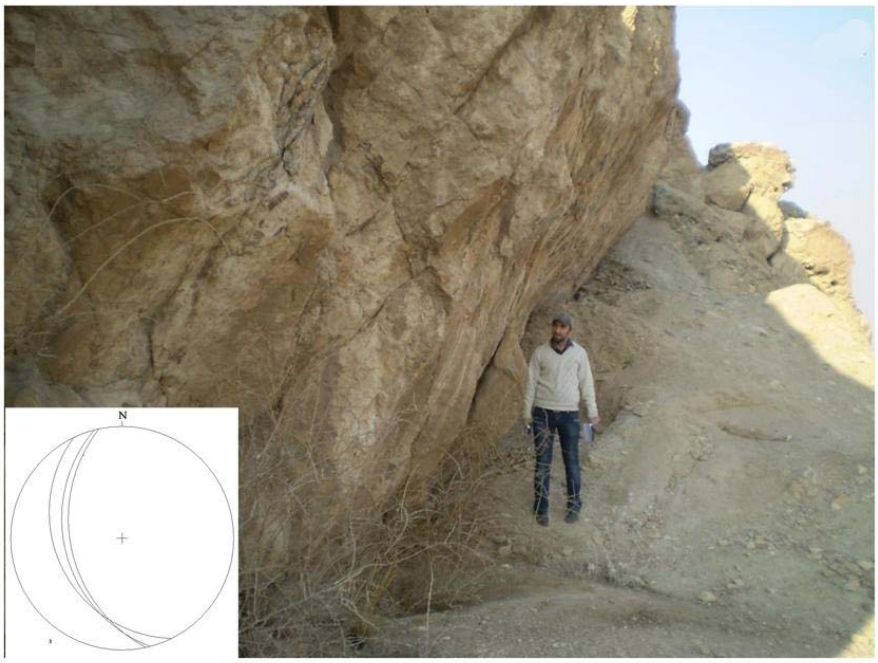
تصویر ٤- تصویر ماهواره‌ای از موقعیت گسل خضر با طول و عرض جغرافیایی: 50° 51´ 18.55" E 34° 35´ 47.97" N) با روند آزیموت N130 و شیب ۷۵ به سمت جنوب باختری به همراه تصویر استریوگرافیکی آن (اقتباس از Google Erath).

۵-۲- گسل شادقلی

گسل شادقلی از نوع امتدادلغز با سازوکار برشی راست‌بر می‌باشد. این گسل در جنوب قم و در امتداد گسل خضر قرار دارد. روند آن شمال باختری- جنوب خاوری است و باعث جابه‌جایی سینوسی در سازندهای هولوسن شده است. در نتیجه می‌توان گسل شادقلی را گسلی فعال و پویا در نظر گرفت.

۵-۳- گسل قیزقلعه

این گسل با طول ۳۲/۵ کیلومتر، تقریباً بـه مـوازات گسـل خضـر و بـا روند شمال باختری – جنوب خاوری می‌باشد. روند آزیموت میـانگین آن N345 و مقدار شیب اندازه گیری شده بر روی صفحه گسـلی، ٤٥ درجه به سمت جنوب باختر می‌باشد (تصویر ٥). این گسل نیـز ماننـد گسل خضر از نوع راندگی با حرکت امتدادی مایل می باشـد و باعـث جا به جایی رسوبات در حدود ۱ کیلومتر شده است. به نظر مـی رسـد این گسل از جنوب راندگی گنداب در جنوب باختر قم شروع شـده و به مـوازات گسـل خضـر و در جنـوب آن ادامـه یافتـه و تـا آران نیـز گسترش داشته باشد.



تصویر ٥ – راندگی اصلی قیزقلعه (دید به سمت شمال باختری) با روند آزیموت N345 و شیب ٤٥ درجه به سمت جنوب باختری به همراه تصویر شبکه استریوگرافیکی آن.

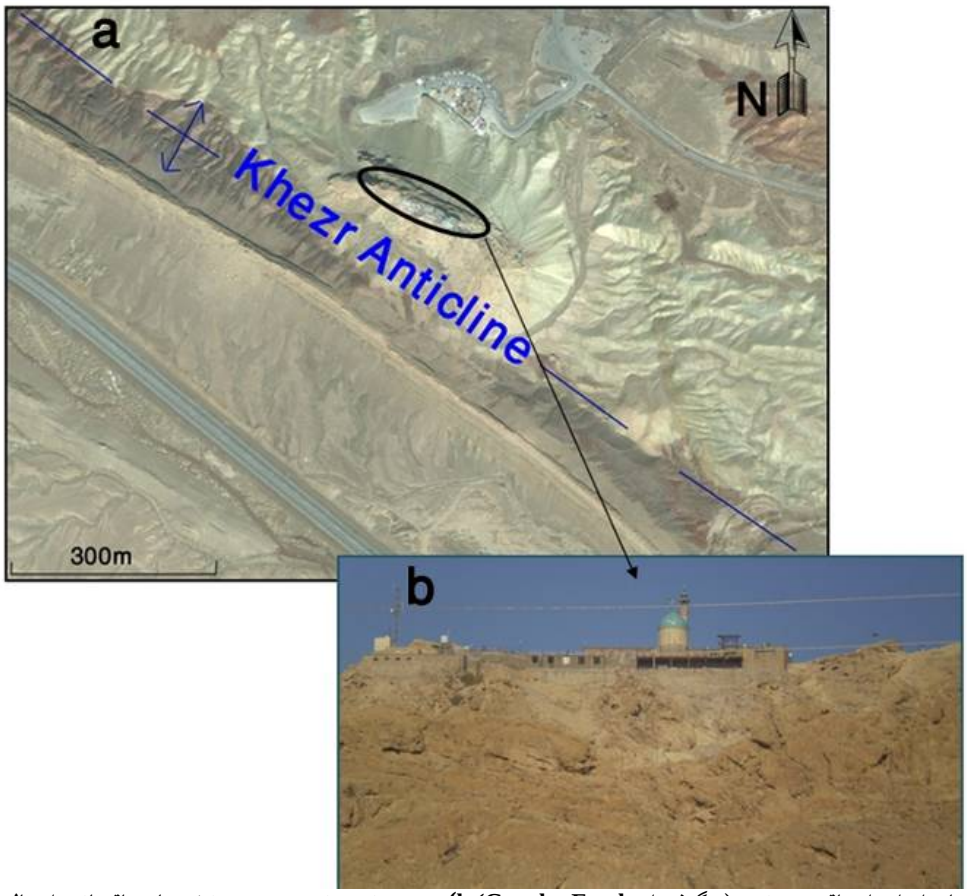
۵-۴- گسل قم

این گسل با راستای شمال بـاختر–جنـوب خـاور، ارتفاعـات حاشـیه جنوب باختری شهر قم را قطع نموده است. آثار سطحی این گسـل بـه صورت تأثیرات زمین‌ریخت‌شناسی است و گسیختگی سـطحی نیـز در راستای آن قابل مشاهده مـی‌باشـد. تصـویر ٦، جابـه‌جـایی راسـت‌بـر آبراهه‌ها و رشته قنات را در رسوبات آبرفتی جوان منطقه نشان می‌دهد که بیانگر سازوکار راست‌بر این گسل جوان و فعال می‌باشد.

تصویر ٦ – بر اثر عملکرد گسل قم، آبراهه‌ها و قنات‌های جنوب باختر قم در حدود ۱۳۰ متر جا به جایی راستگرد از خود نشان می‌دهند.

۵-۵- تاقدیس خضر

تاقدیس خضر، در جنوب قم و در بخش میانی محدوده مورد مطالعه گسترش دارد. این تاقدیس از نوع برگشته، با شیب سطح محوری به سمت جنوب می‌باشد که به نظر نوگل‌سادات (۱۳٦٤) امتداد آن N125-130 است. یال برگشته شمالی آن در امتداد گسل طولی خضر خرد شده و بقایای آن به صورت فلس‌های تکتونیکی چندین کیلومتر رخنمون دارد. یال جنوبی این تاقدیس نیز شیبی در حدود ۷۰ تا ۹۰ درجه به سمت جنوب دارد که به تدریج به سوی کوه نرداقی به لایه‌های برگشته با شیب بسیار تند متمایل می شود. هسته این تاقدیس را سازند قرمز زیرین تشکیل می‌دهد که در یال شمالی بر اثر فعالیت گسل خضر از بین رفته است. مسجد خضر نبی نیز بر روی بخش‌های به جای مانده از یال شمالی بنا شده است (تصویر ۷).



تصویر۷–a) تصویر ماهواره‌ای از تاقدیس خضر(برگرفته از Google Erath) b) مسجد خضر نبی بر روی بخش های باقیمانده از یال شمالی تاقدیس خضر.

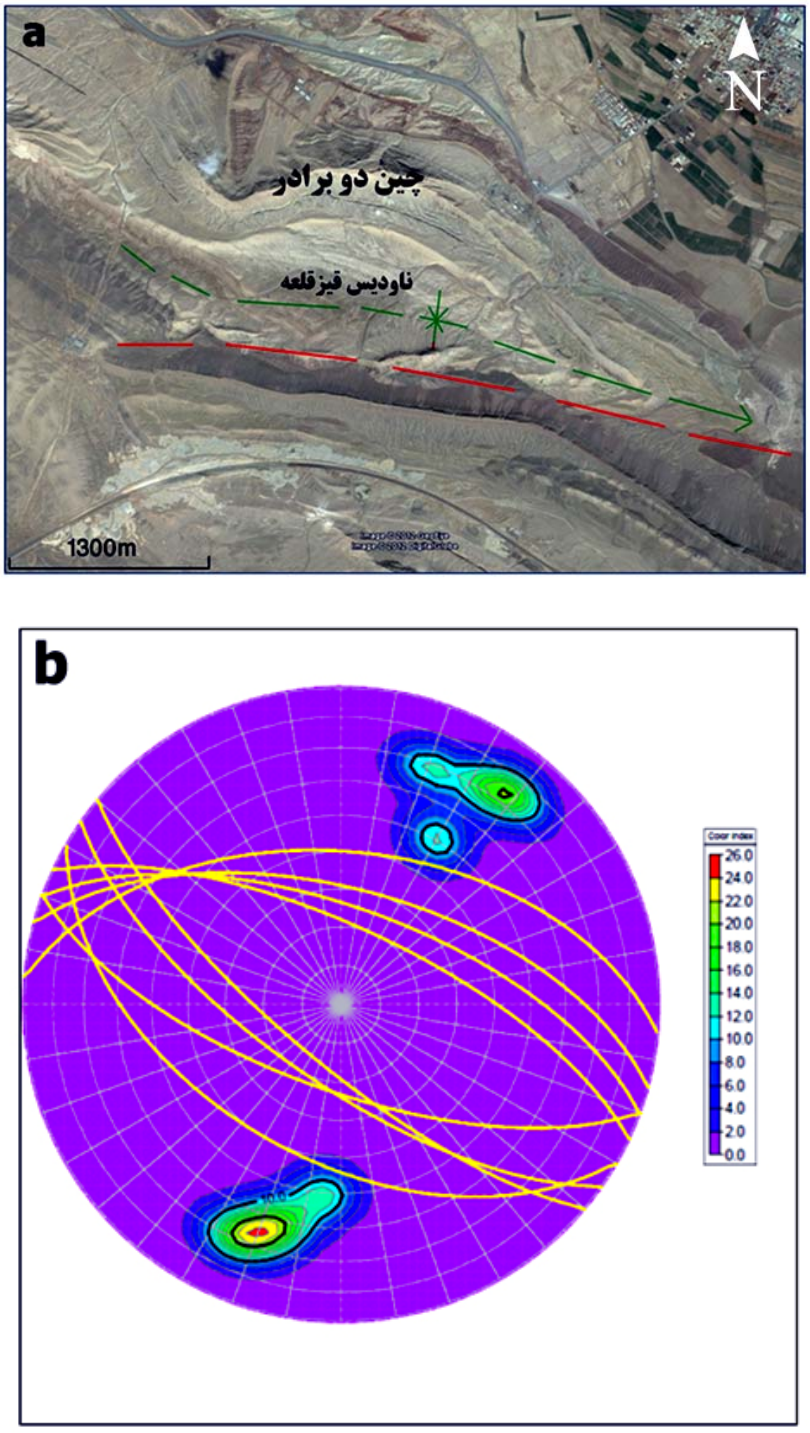
۵-۶- ناودیس قیز قلعه

ناودیس قیز قلعه، با راستای شرقی– غربی، در جنوب تاقدیس خضر و به موازات آن گسترش دارد. یال شمالی آن توسط چین جناغی دو برادر فشرده شده و تغییر شکل داده و یال جنوبی آن توسط گسل های امتدادلغز راستگرد بریده شده است. این چین وابسته به سیستم گسلی راندگی قیزقلعه می‌باشد. هسته این ناودیس را عضو f سازند قم تشکیل می‌دهد که شامل سنگ آهک از نوع کلسی رودایت توده‌ای است. شیب لایه‌ها در یال شمالی از ٦٨ تا ۷۵ درجه به سمت جنوب متغیر بوده و در یال جنوبی نیز گاهی لایه‌ها بر اثر عملکرد گسل‌ها، دارای شیب برگشته به سمت جنوب می‌باشند (تصویر ۸).

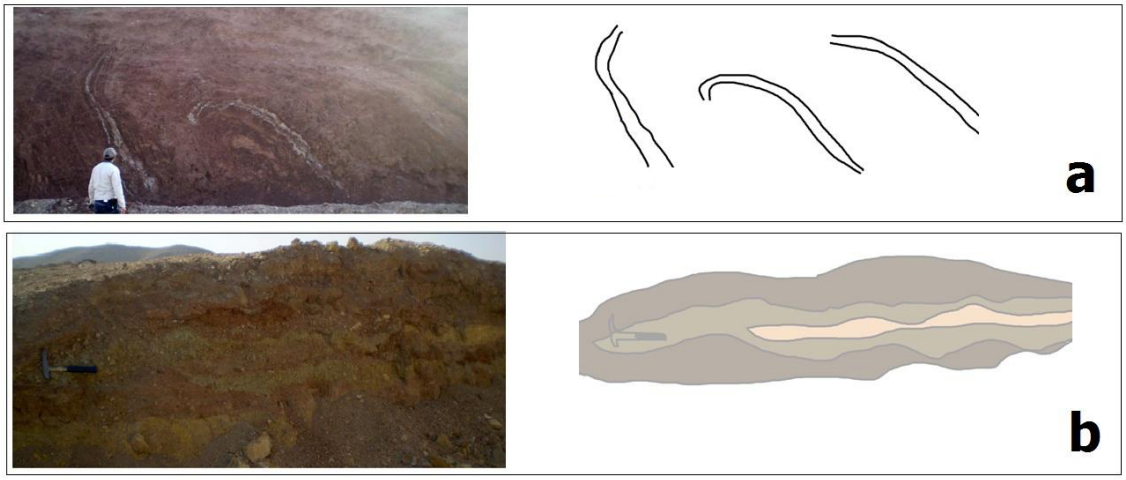
سازوکار چین خوردگی‌های منطقه مورد مطالعه در اکثر موارد از نوع خمشی – لغزشی است که با توجه به شواهد موجود جزء چین‌های فعال محسوب می‌گردند. این چین‌ها مرتبط با گسل هستند و غالباً یکی از یال‌های آن‌ها برگشته می‌باشد. این ساختار دگریختی در جوانترین رسوبات منطقه نیز مشاهده شده است (تصویر ۹).

در برخی مناطق، خطواره‌های شمال باختری- جنوب خاوری در امتداد ناهنجاری های مغناطیسی خطواره‌های شمال باختری- جنوب خاوری را قطع کرده است. نقاط تلاقی خطواره‌ها از لحاظ مطالعات زلزله‌شناسی حائز اهمیت می‌باشند، زیرا تقریباً با کانون زمین‌لرزه های دستگاهی مطابقت داشته و این در حالی است که در نقشه‌های منتشر

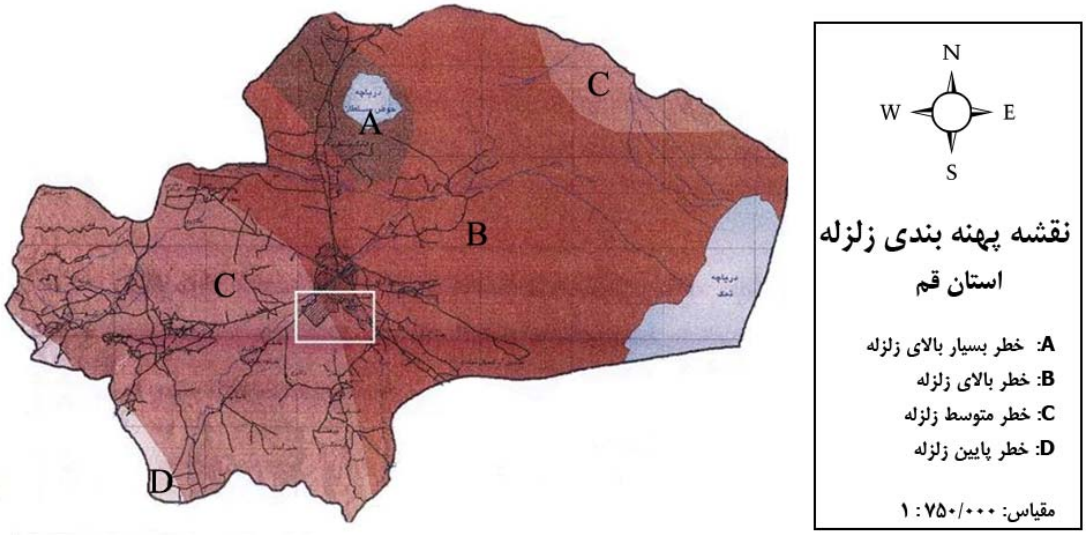
شده زمین‌شناسی این گسل ها گزارش نشده‌اند. بیشترین زمین‌لرزه‌ها در جنوب شهر قم که محل تلاقی چند گسل پنهان می‌باشد، ثبت شده‌انـد (آریامنش و همکاران ۱۳۸۸). همچنین مطالعه پهنه‌بندی خطر زمین‌لرزه نشان می‌دهد که این منطقه در مرز دو پهنه با خطر بالا و خطر متوسـط واقع شده است (تصویر ۱۰) . در پهنه‌ی با خطر لرزه‌خیـزی بـالا، اکثـر نقاط مسکونی استان از جمله شهر قم، کهک و شهرک‌هـای جمکـران، ایثار، صفاشهر، قدس قرار دارند. شتاب محاسبه شده در این پهنه، بـین ۰/۲۵g تا ۰/۳۵g می‌باشد. در جنوب و جنوب باختری این پهنه، پهنـه دیگری با خطر نسبی متوسط قرار دارد (شهرک پردیسان و روسـتاهای جنوب باختر قم در آن) و شتاب آن ۰/۲ g تا ۰/۲۵g می‌باشد.



تصویر۸–a) تصویر ماهواره‌ای از ناودیس قیزقلعه(برگرفته از Google Erath) b) نمودار دایره بزرگ نشان دهنده مشخصات و وضعیت لایه‌بندی در ناودیس قیز قلعه می‌باشد.



تصویر۹- a) چین برگشته در رسوبات قرمز بالایی متاثر از گسلش خضر b) چین خوابیده در رسوبات آبرفتی محدوده مورد نظر.



تصویر ۱۰- موقعیت محدوده مورد مطالعه (کادر سفید رنگ) در نقشه پهنه بندی لرزه‌خیزی **استان قم (بر گرفته از پژوهشگاه بین المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله با اندکی تغییرات).**

۶- نتیجه‌گیری

بررسی ساختاری محدوده مورد نظر مبین این نظر است که الگوی ساختاری حاکم بر خرده قاره ایران مرکزی، از نوع بلوک‌های جدا شده با گسل های عمده است که هر یک، ویژگی و سازوکار جداگانه دارند. فعالیت عمده گسل های منطقه از نوع جنبا بوده و دارای سازوکار امتدادلغز با مولفه معکوس می‌باشند. این سامانه های گسلی با روند شمال باختری-جنوب خاوری و به صورت یک پهنه گسلی وسیع منطقه مورد مطالعه را تحت تأثیر قرار داده و باعث جابه‌جایی واحدهای سنگی و آبرفت های کواترنر منطقه شده است که می‌تواند تهدیدی برای شهرک‌های در حال احداث جنوب قم باشد. با عنایت به نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لرزه ای محدوده مورد نظر مشاهده می گردد که اکثر نقاط مسکونی استان از جمله شهر قم، کهک و شهرک‌های جمکران، ایثار، صفاشهر، قدس در پهنه خطر بالا و خطر متوسط زلزله قرار دارند. همچنین با مطالعه مغناطیس هوایی می‌توان به موقعیت گسل‌های پنهان در پهنه آبرفتی محدوده دست یافت که می بایست به منظور پیشگیری از خطرات احتمالی گسلش سطحی تمهیدات لازم در نظر گرفته شود و حتی‌المقدور از ساخت و ساز غیر اصولی و طرح‌های عمرانی و ملی در پیرامون پهنه‌ها و حریم گسلی اجتناب گردد. فاصله نه چندان دور به پایتخت این استان نیز منجر به توسعه روز افزون این منطقه بوده و همین عامل باعث احداث برخی تاسیسات ملی در این استان شده است. لذا بسیاری از شریان‌های حیاتی و ملی تا رسیدن به پایتخت از این استان می‌بایست عبور نماید. بنابراین

این موضوع اهمیت مطالعه لرزه‌خیزی و لرزه‌زمین‌ساخت و عوامل طبیعی تهدید کننده استان را در برابر مخاطرات طبیعی از جمله زمین لرزه بیش از بیش آشکار می نماید.

تشکر و قدردانی

نگارندگان این مقاله از دانشگاه آزاد اسلامی به جهت حمایت علمی و مالی تشکر و قدردانی می‌نمایند.

مراجع

آریامنش، م.، منتظری، م. و عکاشه، ب.، ۱۳۸۸، "مطالعه گسلهای پنهان استان قم با استفاده از تفسیر داده های ژئوفیزیک هوائی"، *فصلنامه زمین، سال ٤ (۲): ۱۱۵-۱۱۱.*

آقانباتی، ع.، ۱۳۸۲، "زمین شناسی ایران"، *تهران، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ٦۰٦ ص.*

امامی، م. ه.، ۱۳۷۰، "شرح نقشه زمین‌شناسی چهارگوش قم" مقیاس ۱/۲۵۰۰۰۰ *شماره E6 سازمان زمین‌شناسی ، ۱۷۹ ص.*

زمانی پدرام، م. و حسینی، ح.، ۱۳۷۸، "نقشه زمین شناسی چهارگوش قم، مقیاس ۱/۱۰۰۰۰۰ "، *سازمان زمین‌شناسی کشور.*

ندری، ر.، ۱۳۸۵، "تحلیل هندسی و جنبشی سامانه گسل بیدهند(جنوب قم)"، *پایان‌نامه رشته تکتونیک مقطع کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ۱۲۰ ص.*

نظری، م. و کشتگر، ش.، ۱۳۸٦، "پترولوژی و دگرگونی مجاورتی توده کوارتزدیوریتی سلفچگان"، *فصلنامه زمین‌شناسی کاربردی دانشگاه آزاد اسلامی واحد زاهدان، سال ۳ (۱): ۷۲-٦٦.*

نوگل‌سادات، م. ع. ا.، ۱۳٦٤، "منطقه های برشی و خمیدگی ساختاری در ایران"، دستاوردهای تحلیل ساختاری ناحیه قم، *گزارش شماره ۵۵ سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ۸۹ ص.*

Allen, M. B., Jackson, J. & Walker, R., 2004, "Late Cenozoic reorganization of the Arabia-Eurasia collision and the comparison of short-term and long-term deformation rates", *Tectonics, Vol. 23 (2), TC2008.*

Babaahmadi, A., Safaei, H., Yassaghi, A., Vafa, H., Naeimi, A. & Madanipour, S., 2010, "A study of Quaternary structures in the Qom region, west central Iran", *Journal of Geodynamics, Vol. 50 (5): 355–367.*

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, Vol. 97 (1-2): 63-79.*

Mohajjel, M., Fergusson, C. L. & Sahandi, M. R., 2003, "Cretaceous–tertiary convergence and continental collision, Sanandaj–Sirjan Zone, western Iran", *Journal of Asian Earth Sciences, Vol. 21 (4): 397–412.*

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, Vol. 107 (B4): 2081.*

Vernant, P., Nilforoushan, F., Hatzfeld, D., Abbassi, M. R., Vigny, C. & Masson, F., 2004, "Present-day crustal deformation and plate kinematics in the middle east constrained by GPS measurements in Iran and northern Oman", *Geophysical Journal International, Vol. 157: 381–398.*