

زمین ساخت جنبا در ناحیه نطنز

Active Tectonics at the Natanz Region, Central Iran

فرشاد جمالی، خالد حسامی و هادی طبسی

پژوهشکده زلزله شناسی، پژوهشگاه بین‌المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، تهران، ایران

Email: hessami@iiees.ac.ir

چکیده: در این مقاله با استفاده از شواهد ریخت‌شناسی، ساختارهای جنبای منطقه نطنز به عنوان بخشی از پهنه ایران مرکزی که در مجاورت کمربند آتشفشانی اورمی-دختر واقع شده، مورد مطالعه قرار گرفته است. جابه‌جایی افقی آبراه‌های جوان در طول پهنه گسلی قم-زفره با راستای شمال غرب-جنوب شرق بر حرکات امتدادلغز راستگرد این پهنه گسلی با نرخ حدود ۲/۵ میلی‌متر بر سال دلالت دارد. همچنین با استناد به حفر عمیق کانال رودخانه مغار که عمود بر محور تاقدیسه‌های کوه‌های چرخه و زردکوه جریان دارد به فرایش ناشی از رشد این تاقدیسه‌ها پرداخته و آن را به عنوان تابعی از حرکات جنبا بر روی گسل‌های معکوس با راستای شمال غرب-جنوب شرق در عمق در نظر گرفته‌ایم. هم‌روند بودن راستای گسل‌های معکوس با راستای گسل قم-زفره بر این موضوع دلالت دارد که مؤلفه‌های برشی و فشاری ناشی از حرکت رو به شمال صفحه عربستان در این بخش از ایران مرکزی از یکدیگر تفکیک شده و سبب ایجاد حرکات امتدادلغز در طول گسل قم-زفره و تشکیل چین‌خوردگی و گسلش معکوس بر روی روندهای هم‌راستا با آن گردیده است. شناسایی ساختارهای جنبا بویژه گسل‌های مدفون که آثار آنها در قالب رشد چین‌ها مشاهده می‌شود به عنوان چشمه‌های مستقل لرزه‌زا از اهمیت ویژه‌ای در ارزیابی خطر زمینلرزه برخوردار است.

کلید واژه‌ها: زمین ساخت جنبا، گسل جنبا، چین‌خوردگی، گسل قم-زفره، ریخت‌شناسی

Abstract: This paper uses geomorphic features to constrain active structural deformation at the Natanz region, central Iran. Offset stream beds indicate right-lateral strike slip motion at a rate of about 2.5 mm/yr along the NW-SE trending Qom-Zefreh fault zone. Deep incision of the Moghar river which crosses the Charkheh and Zardkuh anticlines also indicates uplift at depth on thrust faults dipping SSW beneath the anticlines. The fact that the active Qom-Zefreh strike-slip fault runs parallel to the active fold and thrust zone suggests that oblique motion of Arabia with respect to Eurasia is partitioned in this part of central Iran. We conclude that the active blind faults which leave clear signatures in geomorphology should be seriously considered as a seismic source while assessing seismic hazard in the region.

۱- مقدمه

تجزیه‌پذیری مورب (*Oblique Strain*) موجود در پوسته زیرین به دو مؤلفه برشی و عمودی (در پوسته فوقانی) پدیده‌ای است که به آن بخش‌شدگی استرین (*Strain Partitioning*) اطلاق می‌شود [۱۰]. برای مثال، هم در مناطق فرورانش و هم در طول گسل‌های ترانسفورم، همگرایی مورب بین صفحات زمین‌ساختی به ایجاد گسل‌های امتدادلغز و کوتاه‌شدگی (که با تشکیل کمربندهای چین‌خورده-رانده موازی با گسل‌های امتدادلغز همراه است) انجامیده است. زمینلرزه ۱۹۵۷ گبی-آلتای در چین نمونه خوبی از پدیده بخش‌شدگی استرین در یک مقیاس منطقه‌ای است؛ بطوریکه زمین‌لرزه مزبور با حرکات امتدادلغز در یک پهنه گسلی به طول حدود ۲۵۰ کیلومتر همراه گردیده در حالیکه حرکت بر روی پهنه گسلی موازی با آن (به طول حدود ۱۰۰ کیلومتر) از نوع معکوس بود [۹].

شناخت پدیده بخش‌شدگی استرین در مناطقی که با عدم وقوع زمین‌لرزه‌های تاریخی و یا دستگامی همراه هستند ضرورت استفاده از روش‌های ریخت‌شناختی را فراهم کرده است. خوشبختانه در طی دهه‌های اخیر عوارض ریخت‌شناسی مرتبط با فعالیت گسل‌های امتدادلغز جنبا و همچنین نحوه پاسخ رودخانه‌ها به چین‌های در حال رشد بخوبی شناسایی و بصورت جامع ارائه گردیده‌اند.

در این مقاله به ارائه تعدادی از شواهد ریخت‌شناختی بدست آمده در رابطه با فعالیت و ساز و کار پهنه گسلی امتدادلغز قم-

تجزیه‌پذیری مورب (*Oblique Strain*) موجود در پوسته زیرین به دو مؤلفه برشی و عمودی (در پوسته فوقانی) پدیده‌ای است که به آن بخش‌شدگی استرین (*Strain Partitioning*) اطلاق می‌شود [۱۰]. برای مثال، هم در مناطق فرورانش و هم در طول گسل‌های ترانسفورم، همگرایی مورب بین صفحات زمین‌ساختی به ایجاد گسل‌های امتدادلغز و کوتاه‌شدگی (که با تشکیل کمربندهای چین‌خورده-رانده موازی با گسل‌های امتدادلغز همراه است) انجامیده است. زمینلرزه ۱۹۵۷ گبی-آلتای در چین نمونه خوبی از پدیده بخش‌شدگی استرین در یک مقیاس منطقه‌ای است؛ بطوریکه زمین‌لرزه مزبور با حرکات امتدادلغز در یک پهنه گسلی به طول حدود ۲۵۰ کیلومتر همراه گردیده در حالیکه

زفره در محدوده شرق نطنز پرداخته و همچنین به معرفی گسلش معکوس و چین خوردگیهای در حال رشد موازی با پهنه گسلی قم- زفره اشاره می‌گردد. هدف از این مقاله استفاده از شواهد جمع‌آوری شده جهت شناخت نحوه توزیع استرین کنونی در این ناحیه از ایران مرکزی است.

۲- **موقعیت زمین شناختی و زمین ساختی محدوده مورد بررسی**
ایران مرکزی به محدوده مثلثی شکلی اطلاق می‌گردد که از جنوب غربی به کوههای زاگرس، از شمال به کوههای البرز و از شرق به کوههای شرق ایران محدود می‌شود. این ناحیه از فلات ایران تحولات ساختمانی گوناگونی را پشت سر گذاشته و از ساختار پیچیده‌ای برخوردار است.

تکامل ساختاری- رسوبی پلاتفرم ایران مرکزی با تشکیل حوضه‌های رسوبی مجزا که در تمام طول پالئوزوئیک و اوایل مزوزوئیک محل تجمع رسوبات کم عمق دریائی بوده‌اند، آغاز می‌گردد [۱۲]. حرکات کوهزایی در ایران مرکزی از اواسط مزوزوئیک (اوایل ژوراسیک) با ایجاد گسلش معکوس و چین‌خوردگی آغاز شده و در طی مزوزوئیک و سنوزوئیک با فعالیتهای شدید ماگمائی نیز همراه گردیده است [۷] و [۱۲]. براساس فعالیتهای زمین‌ساختی و اختصاصات لیتولوژیکی، ایران مرکزی از دیرباز به سه واحد ساختاری اصلی تقسیم شده است که عبارتند از خرد قاره ایران مرکزی که عمدتاً شامل رسوبات چین‌خورده پالئوزوئیک و اوایل مزوزوئیک است. دوم کمر بند دگرگونی سنندج- سیرجان و سوم واحد آتشفشانی اورمیه- دختر که از حوالی اورمیه تا جنوب کرمان ادامه داشته و فعالیت آن را عمدتاً به ائوسن تا عهد حاضر مربوط دانسته‌اند [۷].

تکامل ساختاری- رسوبی پلاتفرم ایران مرکزی با تشکیل حوضه‌های رسوبی مجزا که در تمام طول پالئوزوئیک و اوایل مزوزوئیک محل تجمع رسوبات کم عمق دریائی بوده‌اند، آغاز می‌گردد [۱۲]. حرکات کوهزایی در ایران مرکزی از اواسط مزوزوئیک (اوایل ژوراسیک) با ایجاد گسلش معکوس و چین‌خوردگی آغاز شده و در طی مزوزوئیک و سنوزوئیک با فعالیتهای شدید ماگمائی نیز همراه گردیده است [۷] و [۱۲]. براساس فعالیتهای زمین‌ساختی و اختصاصات لیتولوژیکی، ایران مرکزی از دیرباز به سه واحد ساختاری اصلی تقسیم شده است که عبارتند از خرد قاره ایران مرکزی که عمدتاً شامل رسوبات چین‌خورده پالئوزوئیک و اوایل مزوزوئیک است. دوم کمر بند دگرگونی سنندج- سیرجان و سوم واحد آتشفشانی اورمیه- دختر که از حوالی اورمیه تا جنوب کرمان ادامه داشته و فعالیت آن را عمدتاً به ائوسن تا عهد حاضر مربوط دانسته‌اند [۷].

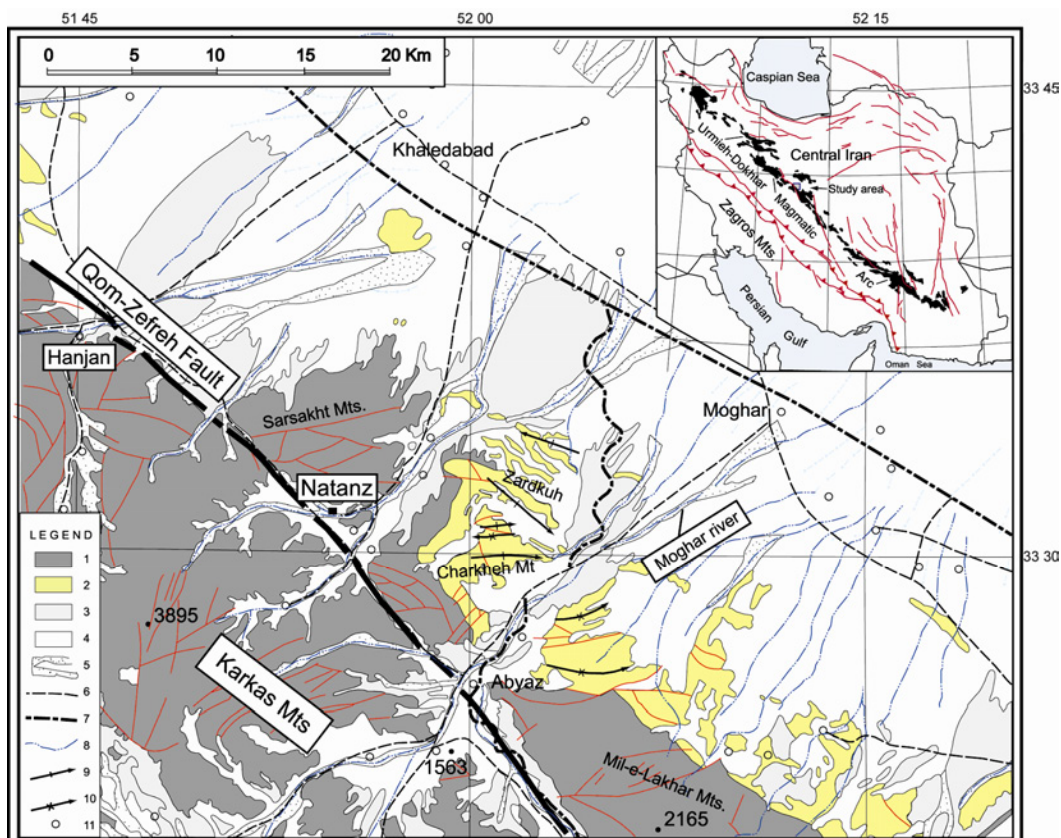
زمین ساخت جنبا در ناحیه نطنز در قالب دو ساختار موازی و مجزا یعنی گسلش راستگرد جنبا و تاقدیسهای در حال رشد که در عمق با گسلش معکوس همراه است، دیده می‌شود. در زیر به ذکر شواهد مربوط به هر یک می‌پردازیم.

۳- **زمین ساخت جنبا**
اندازه‌گیریهای انجام شده با استفاده از GPS نشان‌دهنده آن است که صفحه عربستان در طول جغرافیائی ۵۱ درجه شرقی با سرعتی معادل حدود ۲۲ میلیمتر در سال رو به شمال نسبت به صفحه اوراسیا در حال حرکت است [۱۵]. از این مقدار جابه‌جایی حدود ۷ میلیمتر در سال صرف کوتاه‌شدگی در زاگرس و حدود ۸ میلیمتر در سال نیز توسط کوههای البرز مصرف می‌شود. چنین بنظر می‌رسد که حرکات باقی مانده (حدود ۷ میلیمتر در سال) صرف کوتاه‌شدگی در حوضه جنوب خزر گردد [۱۵]؛ بنابراین، ایران مرکزی را می‌بایست به عنوان یک جسم

۳-۱- گسل قم- زفره

پهنه گسلی قم- زفره برای نخستین بار توسط نبوی [۱] بعنوان یک گسل امتدادلغز راستگرد معرفی گردید. بنظر نبوی این پهنه گسلی که از حوالی کوههای جنوب قم تا جنوب زفره ادامه دارد ممکن است امتداد گسل شمال تبریز باشد. بخشی از این پهنه گسلی که از حوالی نطنز تا جنوب زفره ادامه دارد توسط عمیدی [۴] مطالعه و تحت عنوان گسل زفره معرفی گردید. عمیدی نشان داد که در طول گسل زفره آهکهای کرتاسه حدود ۲ کیلومتر جابه‌جایی راستگرد نشان می‌دهند. ناجی (۱۹۷۲) اولین کسی بود که به فعالیتهای جوان گسل قم- زفره در جنوب فین اشاره کرد [به نقل از ۵]. براساس اظهارات ناجی در راستای گسل قم- زفره در جنوب فین نهشته‌های کواترنر توسط گسلی با شیب حدود ۸۰ درجه به سمت جنوب غرب بریده شده‌اند [۵].

در این مطالعه گسل قم- زفره در مقاطع متعددی بازدید و مورد ارزیابی قرار گرفته است. در بسیاری از این نقاط عوارض جابه‌جا



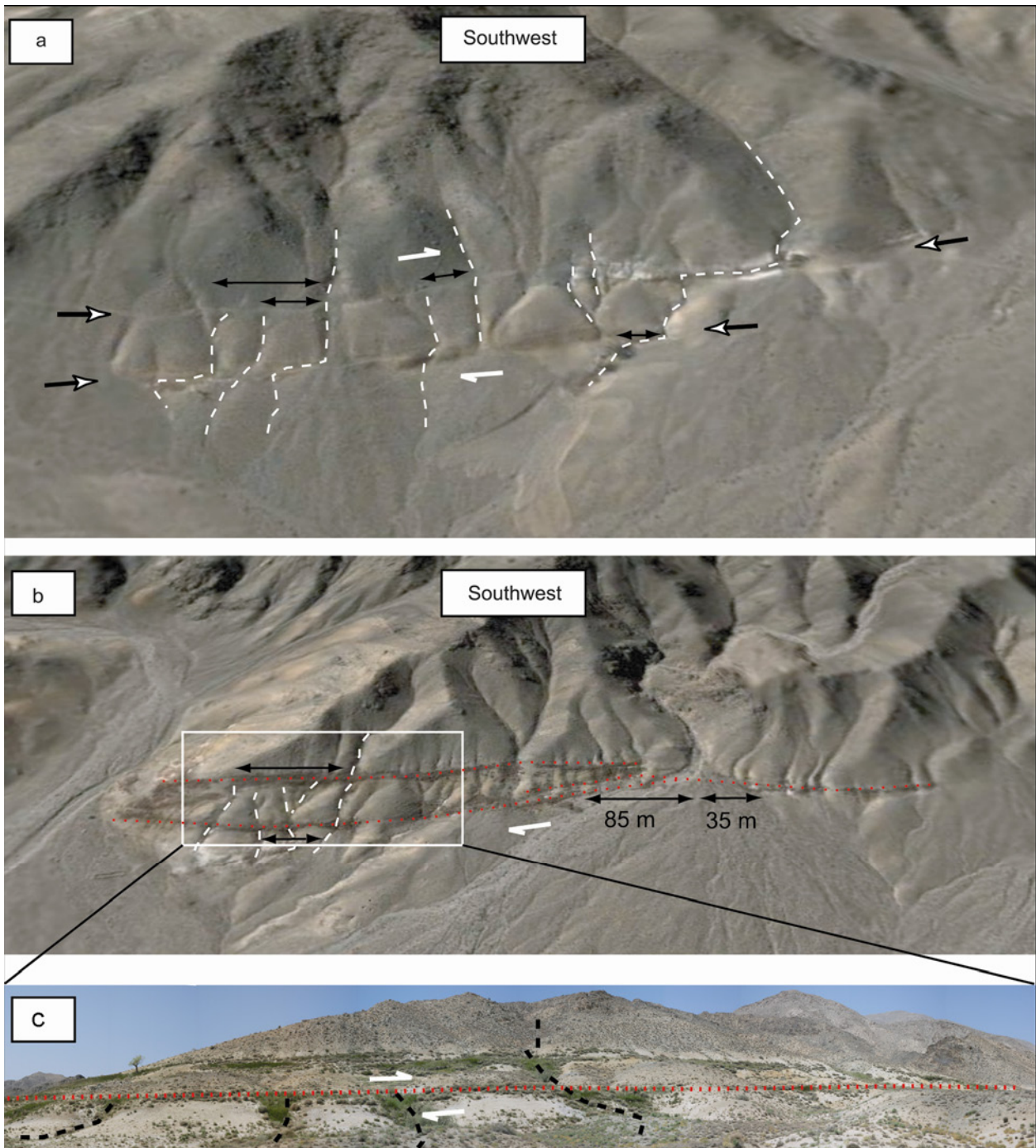
شکل ۱- نقشه زمین‌شناسی ساده شده ناحیه نطنز [۲]. نقشه کوچک ایران که در بالا و سمت راست شکل دیده می‌شود، کمربند آتشفشانی اورمی-دختر و محدوده مورد مطالعه را نشان می‌دهد. (۱) واحدهای سنگی قدیمی؛ (۲) چین خوردگیهای فعال نئوژن؛ (۳) رسوبات آبرفتی کواترنری؛ (۴) دشت آبرفتی؛ (۵) بستر رودخانه‌ها؛ (۶) جاده؛ (۷) راه‌آهن؛ (۸) آبراهه؛ (۹) محور تاکدیس؛ (۱۰) محور ناودیس؛ (۱۱) روستا.

عمیق بر روی آن چنین به نظر می‌رسد که با دزن مزبور در زمان هولوسن تشکیل شده باشد. در صورتیکه سن رسوبات تشکیل شده در رأس با دزن مزبور را قاعده هولوسن (حدود ۱۰۰۰۰ سال پیش) در نظر بگیریم، در آن صورت می‌توان حداقل نرخ لغزش افقی در طول این بخش از گسل قم-زفره را حدود ۲/۵ میلیمتر در سال برآورد نمود. شکل (۳) مقطعی از پهنه گسلی قم-زفره را که با جابه‌جایی رسوبات جوان همراه گردیده در شمال غرب محل مقطع شکل (۲) نشان می‌دهد. همانطور که بخوبی آشکار است دو پهنه گسلی را می‌توان بر روی این مقطع تفکیک نمود. پهنه شرقی شامل سه شاخه اصلی با شیب بسیار زیاد (نزدیک به قائم) می‌باشد که آبرفتی‌های کواترنری را در شرق در مجاورت توفها و شیل‌های نئوژن قرار داده است. پهنه غربی شامل دو شاخه گسلی با شیب به سمت شرق است که باعث راندگی رسوبات کواترنری و هولوسن به سمت غرب گردیده است. جابه‌جایی‌های مشاهده شده در این محل از یک سو گواهی است بر جنب بودن گسل قم-زفره و از سوی دیگر نشانگر آن است که این پهنه گسلی با یک مؤلفه معکوس همراه گردیده است. ولی در هر حال همواره جابه‌جایی افقی در طول گسل قم-زفره به جابه‌جایی قائم غلبه دارد.

شده بر حرکات راستگرد و جوان در طول گسل قم-زفره دلالت دارند. در این مقاله گسل قم-زفره در دو مقطع شمال غرب هنجن و جنوب شرق ابیاض مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است.

۳-۱-۱- گسل قم-زفره در شمال غرب هنجن

شکل (۲) تصاویر ماهواره‌ای دو مقطع مشاهده شده به فاصله حدود ۱/۵ کیلومتر از یکدیگر در شمال غرب هنجن را نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود جابه‌جایی منظم افقی آبراهه‌ها در هر دو مقطع نشانگر حرکات امتداد لغز راستگرد بر روی دو شاخه موازی در این بخش از پهنه گسلی قم-زفره می‌باشد. در شکل (۲b) جابه‌جایی جانبی بخش بالای با دزن آبرفتی در جاییکه دو شاخه گسلی بهم می‌پیوندند، بخوبی آشکار است. جهت اندازه‌گیری میزان جابه‌جایی افقی با دزن آبرفتی مزبور، در ابتدا فاصله رأس با دزن تا دو طرف آن (در امتداد اثر گسل) اندازه‌گیری شده و به این ترتیب مقدار متوسط آن دو معادل با حدود ۶۰ متر محاسبه گردید. از آنجا که فاصله قطعه بزرگتر با دزن تا رأس آن حدود ۸۵ متر می‌باشد، با فرض تشکیل با دزن به شکل متقارن، میزان جابه‌جایی معادل با ۲۵ متر برآورد می‌گردد. از سوی دیگر با توجه به ابعاد نسبتاً کوچک با دزن مزبور و عدم وجود شیارهای



شکل ۲- (a, b) تصاویر ماهواره‌های دریافت شده از Google Earth از شمال غرب روستای هنجن. به جابه‌جایی راستگرد آبراهه‌ها و بادزن آبرفتی جوان در راستای دو شاخه گسلی توجه نمایید. (c) تصویر صحرایی شکل (۲b).

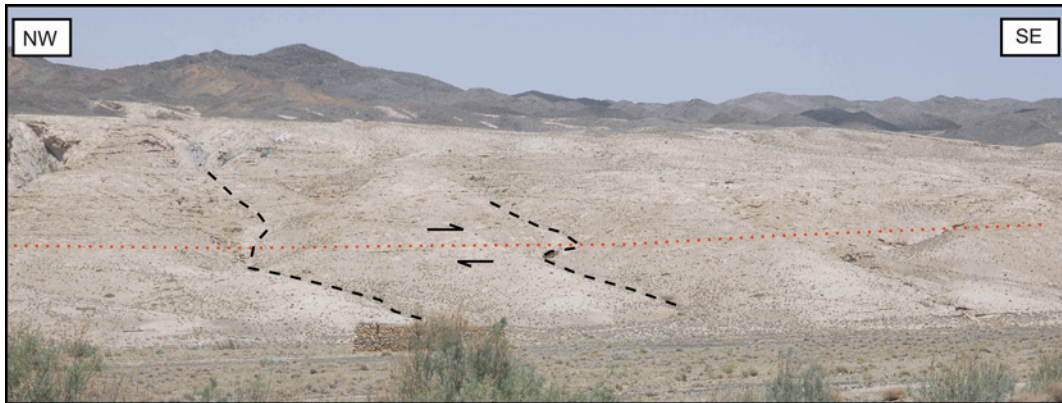
است. از سوی دیگر از آنجا که شواهد فعالیت در ادامه شمال غربی گسل زفره (شمال غرب هنجن و فین) و ادامه جنوب شرقی آن (یعنی گسل دهشیر) به اثبات رسیده [۱۱] می‌توان چنین نتیجه گرفت که این بخش از گسل قم- زفره بعنوان بخشی از یک سیستم گسلی که مرز شمال شرقی زون اورمی- دختر را مشخص می‌سازد، جنبه‌می‌باشد. با این وجود، در جنوب شرق ابیاض جایی که پهنه گسلی، تراورتهای کوتاه‌تر را قطع می‌کند، آثار جابه‌جایی راستگرد در آبراهه‌های جابه‌جا شده مشاهده می‌گردد (شکل ۴).

۳-۱-۲- گسل قم- زفره در جنوب شرق ابیاض

از آنجا که گسل قم- زفره از شرق نطنز تا حوالی زفره عموماً از میان واحدهای آتشفشانی (عمدتاً آندزیتی) ائوسن عبور می‌کند، متأسفانه به ندرت اثری از جابه‌جایی ناشی از فعالیت این گسل در رسوبات آبرفتی کوتاه‌تر مشاهده می‌گردد. مسلماً از این موضوع نمی‌توان این مفهوم را استنباط کرد که این بخش از گسل قم- زفره غیرفعال است، بلکه تنها می‌توان نتیجه گرفت که در صورت وجود فعالیت آثار آن بدلیل غیاب رسوبات جوان ثبت نگردیده



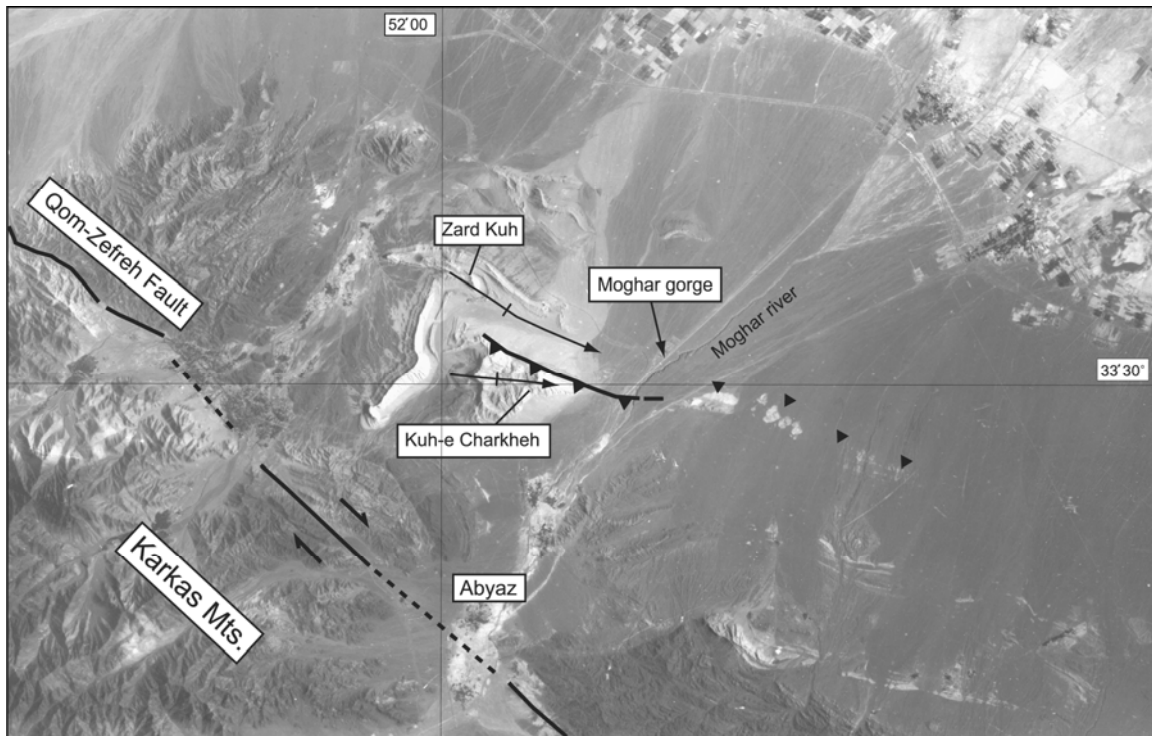
شکل ۳- برش زمین‌شناسی پهنه گسلی قم-زفره در شمال غرب هنجن. این برش پهنه گسلی امتداد لغز اصلی با شیب زیاد و همچنین بریده شدن رسوبات هولوسن در غرب مقطع را نشان می‌دهد.



شکل ۴- جابه‌جایی راستگرد آبراهه‌ها در تراورتنهای کوتاه‌تر جنوب شرق ابیاض.

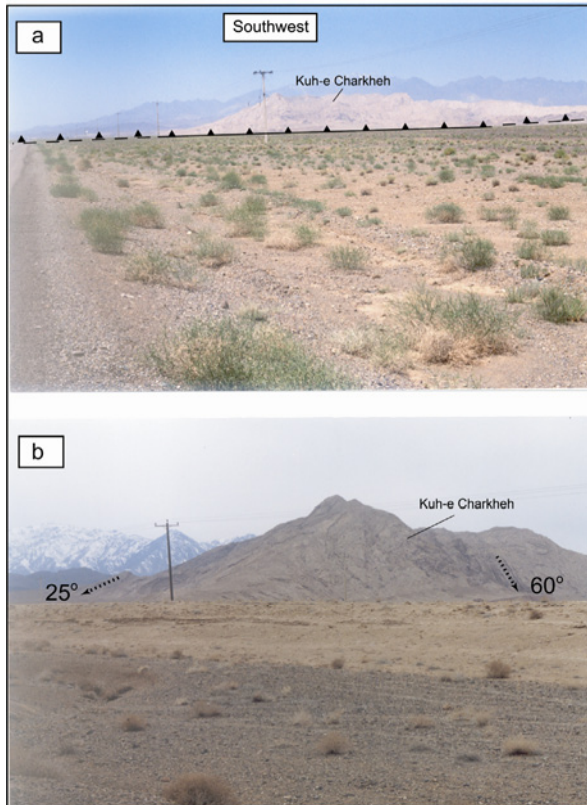
شده است با راستای عمومی شمال غرب- جنوب شرق گسترش یافته‌اند (شکل ۵). آثار رشد فعال این چینها را در صورت وجود می‌توان در کانال رودخانه‌هایی که عمود بر راستای محور آنها بر

۲-۳- چین خوردگیهای کوههای چرخه و زردکوه در جنوب شرقی نطنز (شرق و شمال شرق گسل قم- زفره)، چین خوردگیهایی که هسته آنها عمدتاً از سازند آهکی قم تشکیل



شکل ۵- تصویر ماهواره‌ای کاسموس از چین خوردگیهای فعال منطقه نطنز. همانطور که در این تصویر بخوبی نشان داده شده، رودخانه مغار تنها رودخانه منطقه می‌باشد که بر اثر فرایش ناشی از فعالیت تاقدیسه‌های کوه چرخه و زردکوه بستر خود را در بخشی از مسیر خود شدیداً حفر نموده است.

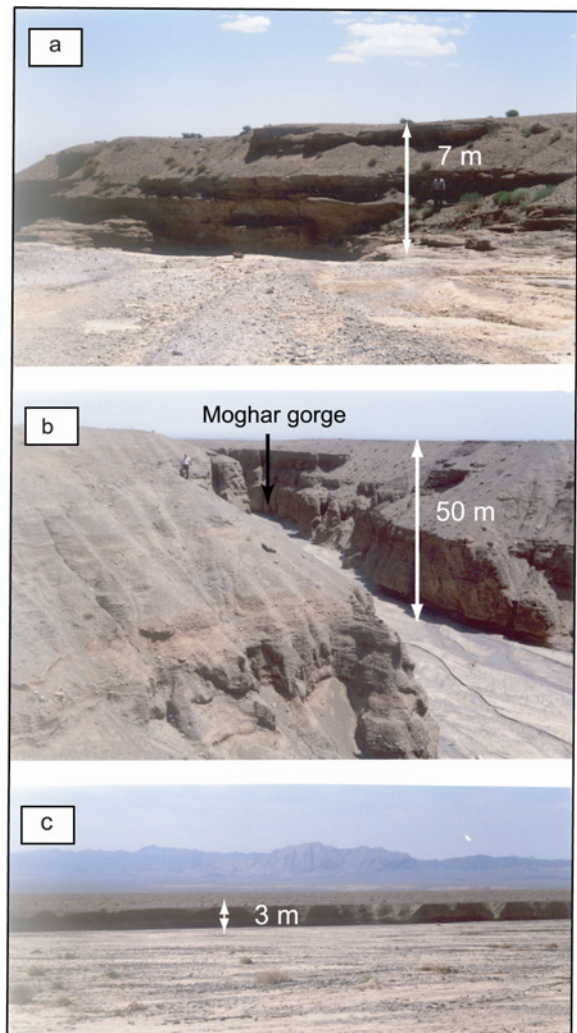
تاقدیس کوه چرخه و نامتقارن بودن شیب یالهای آن بیانگر آن است که تشکیل و رشد این تاقدیسها نتیجه حرکات جنبا بر روی یک یا چند گسل معکوس با شیب به سوی جنوب غرب در عمق است (شکل ۷).



شکل ۷- تاقدیس کوه چرخه. (a) گسل تراستی در امتداد یال شمالی تاقدیس کوه چرخه را نشان می‌دهد. (b) عدم تقارن تاقدیس چرخه را در شیب یالهای آن می‌توان مشاهده نمود.

متأسفانه بدلیل عدم امکان تعیین سن مطلق واحدهای آبرفتی فرایش یافته، در این مرحله از مطالعات نمی‌توان نرخ چین‌خوردگی و یا نرخ مؤلفه قائم جابه‌جایی بر روی گسلهای معکوس در عمق را دقیقاً برآورد نمود. با این وصف، با توجه به موقعیت دره ایجاد شده بر اثر فرایش نسبت به هندسه بادزن آبرفتی رودخانه مغار، نمی‌بایست سن جوانترین واحدهای فرایش یافته بیشتر از قاعده کوتاه‌تر فوقانی (۱۲۵۰۰ سال) باشد. همچنین، از آنجا که در صورت عدم هرگونه فعالیت تکتونیکی ارتفاع دیواره رودخانه مغار می‌توانست به حدود ۱۰ متر برسد، میزان فرایشی را که باید به چین‌خوردگی نسبت داد می‌بایست کمتر از ۵۰ متر (ارتفاع دیواره کانال رودخانه مغار در محل فرایش یافته) در نظر گرفت (یعنی حدود ۴۰ متر). در صورتی که مفروضات ما به حقیقت نزدیک باشد در آن صورت می‌توان نرخ جابه‌جایی قائم بر روی گسل معکوس در عمق را حدود ۰/۳ میلی‌متر در سال برآورد نمود.

روی بادزنها و دشتهای آبرفتی جریان دارند، مشاهده نمود. بررسی رودخانه‌های منطقه نطنز نشانگر آن است که تنها در طول یکی از رودخانه‌های این گستره (رودخانه مغار) حفر عمیق کانال رودخانه بر اثر فرایش ناشی از چین‌خوردگی فعال روی داده است. در شکل (۶) مقاطع رودخانه مغار در بالا دست و پایین دست با مقطع میانی آن مقایسه شده است. مقایسه بخش عمیقاً حفرشده رودخانه مغار (به عمق حدود ۵۰ متر) با عمق کانال رودخانه مغار در پائین دست و بالا دست آن (به ترتیب ۳ و ۷ متر) از یک سو و با عمق کانال رودخانه‌های دیگر منطقه از سوی دیگر بر این موضوع دلالت دارد که فرایش تاقدیسهای کوههای چرخه و زردکوه عامل اصلی فرایش بستر رودخانه مغار بوده است. وجود آثار گسلش در دامنه شمال‌شرقی



شکل ۶- مقاطع رودخانه مغار در بالا دست (a)، بخش میانی (b) و پایین دست (c). مقایسه مقاطع رودخانه در بالادست و پایین دست با بخش میانی حاکی از آن است که در یک فاصله نسبتاً کوتاه بخش میانی بر اثر فعالیتهای زمین‌ساختی دچار چین‌خوردگی شده و بستر رودخانه با حفر عمیق کانال خود به این فرایش پاسخ گفته است.

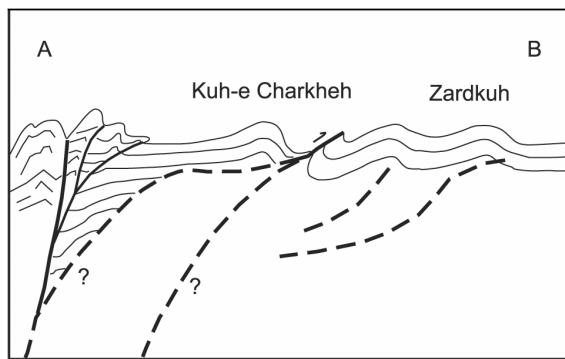
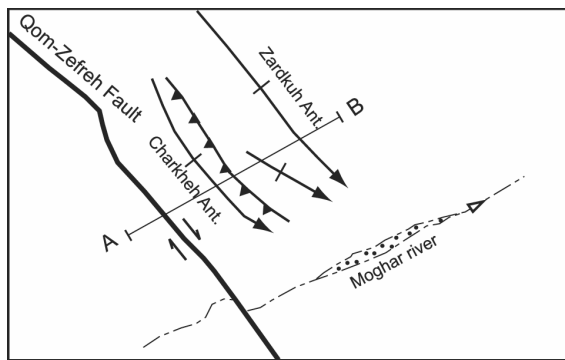
۴- بحث و نتیجه گیری

از اطلاعات به دست آمده از مطالعه زمین ساخت جنبا در منطقه نطنز می توان نتایج زیر را استنباط نمود:

۱- پهنه گسلی امتدادلغز قم- زفره بعنوان یک ساختار اصلی و غالب در منطقه نطنز باعث بهم ریختگی عوارض ریخت- شناختی و جابه جایی راستگرد رودخانه ها گردیده و آثار جنبایی آن را می توان در قالب جابه جایی واحدهای جوان رسوبی مشاهده نمود. جابه جایی های امتدادلغز راستگرد مشاهده شده در آبرفت های جوان این ناحیه بیانگر آن است که نرخ متوسط لغزش افقی در طول این بخش از گسل قم- زفره حدود ۲/۵ میلیمتر در سال می باشد. این حرکت به احتمال زیاد به شکل زمین لرزه های مکرر ولی با دوره بازگشت طولانی در منطقه روی داده است.

۲- نوار چین خورده واقع در شرق- شمال شرق پهنه گسلی قم- زفره (در ناحیه نطنز) جنبای می باشد، ولی آثار این جنبایی تنها در چین خوردگی های کوه های چرخه و زردکوه قابل شناسایی است. این موضوع را شاید بتوان چنین بیان نمود که نرخ فرایش حاصل از چین خوردگی در کوه های چرخه و زردکوه بیشتر از نرخ رسوبگذاری بر روی بادزن آبرفتی رودخانه مغار است. با این وجود در سایر مناطق احتمال می رود نرخ فرایش حاصل از چین خوردگی کمتر از نرخ رسوب گذاری بوده و این موجب شده تا در این مناطق بدلیل غلبه فاز نهشتی به فاز فرسایشی، رشد چینها قابل شناسایی نباشد.

۳- هم راستا بودن گسل امتدادلغز قم- زفره با محور تاقدیسهای جنبای کوه چرخه بر این موضوع دلالت دارد که حرکت رو به شمال صفحه عربستان بر روی روندهای شمال غرب- جنوب شرق در این بخش از ایران مرکزی (پهنه اورمیه- دختر) بصورت دو مؤلفه مجزای برشی و فشاری عمل نموده و با ایجاد گسل های معکوس و امتدادلغز موازی یکدیگر پدیده بخش شدگی استرین را تحقق بخشیده است (شکل ۸). فاصله گسل قم- زفره از چین خوردگی های فعال (حدود ۶ تا ۹ کیلومتر) موجب شده تا نتوان در مورد محلی یا منطقه ای بودن پدیده بخش شدگی استرین در ناحیه نطنز اظهار نظر قطعی نمود. به عبارت دیگر نمی توان در غیاب وقوع زمین لرزه های مرتبط با گسل های منطقه در مورد عمق اشتقاق گسل های امتدادلغز و معکوس از یکدیگر به یک نتیجه گیری نهایی دست یافت.



شکل ۸- (a) طرح ساده شده از وضعیت گسل قم- زفره و چین خوردگی های فعال منطقه نطنز (b) بخش شدگی استرین در برش فرضی از ساختارهای منطقه نطنز. بخش شدگی استرین می تواند بصورت محلی (گسل معکوس در اعماق کم از گسل امتدادلغز انشعب حاصل کرده باشد) و یا بصورت منطقه ای (انشعب در اعماق مربوط به پهنه لرزه زا صورت گرفته باشد) روی داده باشد.

۴- به منظور ارزیابی توان لرزه ای گسل های مدفون که با ایجاد چین خوردگی در سطح همراه هستند لازم است شواهد مربوط به چین خوردگی جنبا در سطح مورد شناسایی و ارزیابی قرار گیرد. به عبارت دیگر در صورتیکه شواهد مربوط به رشد چین در رسوبات کواترنر وجود داشته باشند می توان جنبا بودن گسل مسبب آن را بدین طریق استنباط کرده و از آن به عنوان یک سرچشمه مستقل در ارزیابی خطر زمین لرزه استفاده نمود. عدم مطالعه به موقع چین های در حال رشد و شناسایی گسل های مدفون مسبب آنها منجر به رویداد زمین لرزه های گردیده [۸، ۱۳ و ۱۴] که قبلاً از چشمه آنها اطلاع دقیقی در دسترس نبوده است.

قدردانی

از آقای اسماعیل شبانین بخاطر ارائه نقطه نظرات ارزنده و مفید که به بهبود این مقاله کمک شایانی نمود، سپاسگزاریم. این مقاله بخشی از کار رساله دکترای مؤلف اول (فرشاد جمالی) است که به این دلیل از پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله بخاطر فراهم نمودن امکان تحصیل برای نامبرده تشکر و قدردانی می گردد.

9. Keller, E.A., and Pinter, N. (2002). "Active Tectonics", Prentice Hall, p. 362.
10. Lettis, W.R. and Hanson, K.L. (1991). "Crustal Strain Partitioning: Implications for Seismic-Hazard Assessment in Western California", *Geology*, **19**, 559-562.
11. Meyer, B., Mouthereau, F., Lacombe, O., and Agard, P. (2006). "Evidence of Quaternary Activity Along the Deshir Fault: Implication for the Tertiary Tectonics of Central Iran", *Geophysical J. International*, **164**, 192-201.
12. Stocklin, J. (1968). "Structural History and Tectonics of Iran; A Review", *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, **52**, 1229-1258.
13. Walker, R., Jackson, J., and Baker, C. (2003). "Surface Expression of Thrust Faulting in Eastern Iran: Source Parameters and Surface Deformation of the 1978 Tabas and 1968 Ferdows Earthquake Sequences", *Geophysical J. International*, **152**, 749-765.
14. Walker, R., Bergman, E., Jackson, J., Ghorashi, M., and Talebian, M. (2005). "The 2002 June 22 Changureh (Avaj) Earthquake in Qazvin Province, Northwest Iran: Epicentral Relocation, Source Parameters, Surface Deformation and Geomorphology", *Geophysical J. International*, **160**, 707-720.
15. Vernant, P., Nilforoushan, F., Hatzfeld, D., Abassi, M., Vigny, C., Masson, F., Nankali, H., Martinod, J., Ghafory-Ashtiany, M., Bayer, R., Tavakoli, F., and Chéry, J. (2004). "Present-Day Crustal Deformation and Plate Kinematics in Middle East Constrained by GPS Measurements in Iran and Northern Oman", *Geophysical J. International*, **157**, 381-398.
1. نبوی، م.ح. (۱۳۵۵). دیباچه‌ای بر زمین‌شناسی ایران، سازمان زمین‌شناسی کشور.
۲. نقشه زمین‌شناسی چهارگوش کاشان. مقیاس ۱:۲۵۰،۰۰۰، سازمان زمین‌شناسی کشور.
3. Ambraseys, N.N. and Melville, C.P. (1982). "A History of Persian Earthquakes", Cambridge University Press, Cambridge, p. 219.
4. Amidi, S.M. (1975). "Contribution a Letude Stratigraphique Petrologique et Petrochimique des Roches Magmatiques de la Region Natanz-Nain-Surk (Iran Central)", p. 316, Thesis, Grenoble.
5. Berberian, M. (1976). "Contribution to the Seismotectonics of Iran, Part II", *Geological Survey of Iran*, **39**, p. 518.
6. Berberian, F. and Berberian, M. (1981). "Tectono-Plutonic Episodes in Iran", In: Gupta, H.K., Delany, F.M. (Eds.), *Zagros-Hindukush-Himalayas Geodynamic Evolution*. American Geophysical Union, Geodynamics Series 3, Washington, DC, 5-33.
7. Berberian, M. and King, G. (1981). "Towards a Paleogeography and Tectonic Evolution of Iran", *Canadian Journal of Earth Sciences*, **18**, 210-265.
8. Berberian, M., Jackson, J.A., Qorashi, M., Talebian, M., Khatib, M., and Priestley, K. (2000). "The 1994 Sefidabeh Earthquakes in Eastern Iran: Blind Thrusting and Bedding Plane Slip on a Growing Anticline, and Active Tectonics of the Sistan Suture Zone", *Geophysical Journal International*, **142**, 283-299.