

بررسی فازهای مختلف گسلش در ناحیه سقز و ارائه الگوی ژئودینامیکی

مهدی مجلل^۱، حجت اله صفری*^۲، عرفان حاجی^۳

۱ کارشناس ارشد تکتونیک، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه گلستان، گرگان، ایران.

۲ دانشیار گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه گلستان، گرگان، ایران.

۳ دکتری تکتونیک، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه گلستان، گرگان، ایران.

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۲/۰۲

تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۶/۰۳



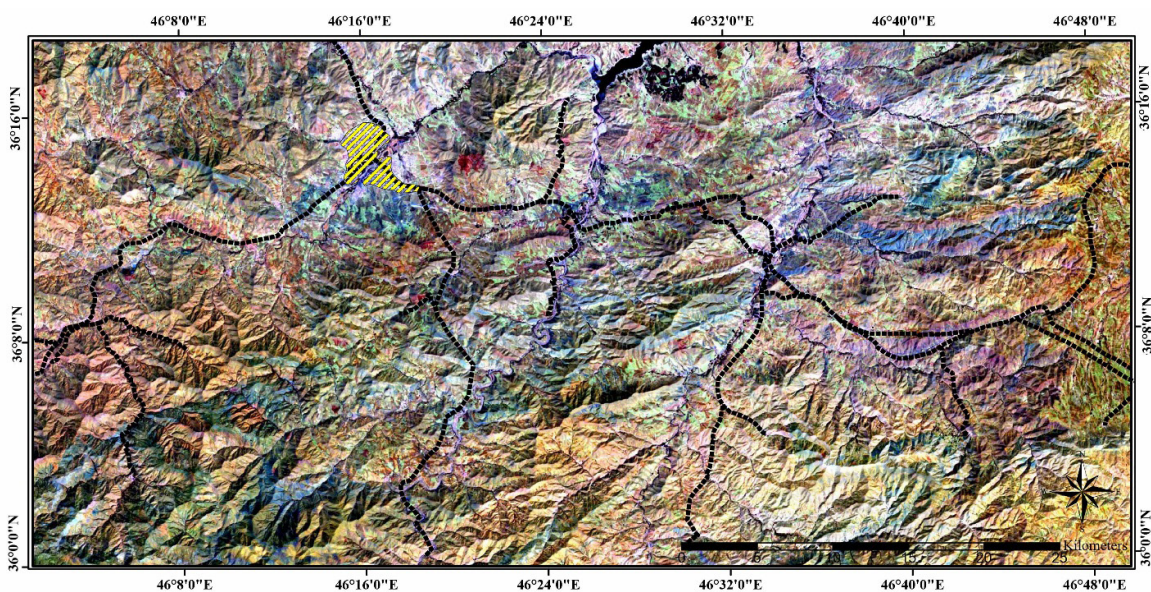
چکیده: منطقه سقز واقع در بخش شمال‌باختری زون دگرگونی سنندج-سیرجان متأثر از فازهای متعدد دگرریختی قرار گرفته است و این مسئله را می‌توان به صورت ایجاد نسل‌های مختلف گسلش در محیط‌های شکل‌پذیر تا شکنا مشاهده نمود. توسعه گسل‌ها نقش عمده‌ای در ایجاد چارچوب ساختاری و دگرریخت کردن منطقه ایفا نموده است. در طی این پژوهش، با کمک روش‌های سنجش از دور، GIS و پیمایش‌های صحرایی، رخنمون واحدهای سنگی و خطواره‌های اصلی استخراج گردیدند و گسل‌های اصلی و فرعی مشخص شده و پارامترهای ساختاری آن‌ها اندازه‌گیری شد. نتایج حاصل تحلیل‌های هندسی و حرکتی نشان می‌دهد که سه روند اصلی گسلش در منطقه رخ داده است که ترتیب تقدم و تاخر به گونه‌ای است که نسل اول (با امتداد N130-140) دارای دگرریختی‌هایی در محیط شکل‌پذیر (در بخش باختری) می‌باشد. این روند توسط نسل دوم گسلش در محیط‌های شکل‌پذیر تا شکنا-شکل‌پذیر بریده و جابجا شده است. تمامی گسل‌های ایجاد شده در دو نسل اول و دوم توسط گسل‌هایی با امتداد N10-20 در محیطی شکنا بریده و جابجا شده‌اند. این سه نسل گسلش سبب ایجاد شکلی خمیده از ساختارها و همچنین واحدهای سنگی منطقه شده است.

کلید واژه‌ها: سنندج-سیرجان، خطواره‌های اصلی، دگرریختی، سقز، سنجش از دور

۱- مقدمه

و دگرگونی که سنندج-سیرجان را تحت تاثیر قرار داده، در ارتباط با فازهای زمین ساختی مرتبط با باز و بسته شدن اقیانوس نئوتتیس بوده که در طول دوران مزوزوئیک انجام گرفته است (Mohajjel et al., 2003). مطالعات و بررسی ساختارها نشان می‌دهد که ساختارها در این منطقه پیچیدگی خاصی دارند که بیانگر وقوع چندین فاز دگرریختی (شکل پذیر و شکننا-شکل پذیر) در آن می‌باشد. مهمترین مسئله موجود در منطقه، مشاهده تغییر روند دگرریختی‌ها نسبت به روند کلی زون سنندج-سیرجان است. بنظر می‌رسد که در بخش شمال‌باختری این زون، این پهنه مستقیم ساختاری توسط زون گسله‌ای با روند ۷۰-۶۰N قطع گردیده و دچار بهم‌ریختگی‌های ساختاری گردیده است. این بخش از سنندج سیرجان با توجه به موقعیت خاص زمین ساختی و شرایط ویژه سنگ‌شناسی دارای الگوی خاصی از دگرریختی‌ها (در قالب پدیده‌های ساختاری متنوع) است. بر همین اساس، در این پژوهش سعی شده است با توجه به پیچیدگی‌های ساختاری این بخش به تحلیل تعیین سرگذشت دگرریختی‌ها در قالب تعیین نسل‌های گسلش در منطقه پرداخته شود. با توجه به ایجاد دگرگونی و همچنین رخداد فازهای دگرریختی در محیط‌های شکل پذیر و شکننده متعدد، به نظر می‌رسد که این پهنه برشی، تحت شرایط دگرشکلی شکننا و شکننا-شکل پذیر ایجاد شده باشد. در این راستا منطقه سقز به عنوان مورد مطالعاتی جهت بررسی نسل‌های گسلش انتخاب گردید. محدوده مورد مطالعه

پهنه ساختاری سنندج - سیرجان ۱۵۰۰ کیلومتر درازا و تا ۲۰۰ کیلومتر پهنا دارد و از شمال‌باختری تا جنوب ایران امتداد یافته است. عمده سنگ‌های رخنمون یافته در این پهنه مربوط به دوران دوم است. در حالی که نهشته‌های مربوط به دوران اول به ندرت در بخش شمال‌باختری پهنه برونزد دارند اما در بخش جنوب‌خاوری برونزد آنها بیشتر است (Berberian, 1976). پهنه سنندج-سیرجان با سنگ‌های دگرگون شده دارای دگرشکلی‌های پیچیده، توده‌های نفوذی تغییر شکل یافته و نیز سنگ‌های آتشفشانی دوران دوم شناخته می‌شود. مهمترین اختلاف میان کمربند زاگرس و سنندج-سیرجان در وجود نهشته‌های آتشفشانی فراوان دگرگون شده با سن مزوزوئیک در پهنه سنندج-سیرجان است که در حوضه زاگرس مشاهده نمی‌شود. اشتوکلین (Stocklin, 1968) معتقد است وجه تمایز این پهنه با ایران مرکزی، روند چیره ساختاری آن است که به موازات کمربند کوهزایی زاگرس است. برخی محققان سن دگرگونی‌های این پهنه را به پرکامبرین نسبت داده‌اند (Taraz, 1974) اما تحقیقات بعدی نشان داده که بیشتر آنها مربوط به سیمین پیشین (و احتمالاً میانی) می‌باشد (Alric & Virlogeux, 1990; Hoshmandzadeh & Sohili, 1977). حرکات اواخر کرتاسه تا نئوژن نیز عامل چین خوردگی و گسلش سنگ‌های دگرگون شده و توالی‌های رسوبی بعدی می‌باشد. با توجه به شواهد می‌توان اذعان نمود که مهمترین حادثه دگرشکلی



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و راه‌های دسترسی به آن بر روی تصویر اصلاح و بارسازی شده ماهواره Landsat 7



از نظر تقسیم‌بندی ساختاری، در بخش شمال‌باختری پهنه سنندج-سیرجان و در زیر پهنه با دگرشکلی پیچیده قرار گرفته است. (Mohajjel, 1998) این زیر پهنه با داشتن چندین مرحله دگرشکلی که بعضی از آن‌ها با دگرگونی و نفوذ توده‌های بی‌شماری از سنگ‌های نفوذی همراه بوده است، از دیگر زون‌ها متمایز می‌شود. این منطقه در جنوب شهرستان سقز در محدوده جغرافیایی $35^{\circ} 59' 27,6''$ الی $36^{\circ} 18' 45,7''$ عرض شمالی و $46^{\circ} 01' 33,9''$ الی $46^{\circ} 49' 35,9''$ طول خاوری قرار گرفته (شکل ۱) و دارای وسعتی حدود ۲۵۱۸ کیلومتر مربع است.

در این پژوهش، برای انجام بررسی‌های دقیق، منطقه مورد مطالعه به سه بخش سقز (در غرب)، صاحب (در مرکز) و سنته (در شرق) تقسیم شده و اندازه‌گیری‌های صورت گرفته در ایستگاه‌ها بر همین اساس دسته‌بندی شده‌اند (شکل ۱). سپس با استفاده از این اطلاعات نسبت به انجام تحلیل‌های سینماتیکی اقدام شده و در نهایت فازهای مختلف گسلش (ناشی از فازهای دگرریختی) در این بخش از پهنه سنندج-سیرجان تشخیص داده شده است.

۲- زمین‌شناسی و زمین‌ساخت منطقه

رخدادهای تکتونیکی و فرایندهای وابسته در طی مزوزوئیک محدود شده سقز را تحت تاثیر قرار داده است. فعالیت تکتونیکی در تریاس فوقانی آغاز شده که افتخار نژاد (۱۳۵۲) آن را به سیمیرین پیشین نسبت داده است. حرکات کوهزایی کرتاسه پایانی با مرحله‌ای از چین‌خوردگی و گسلش و دگرگونی آغاز شده که در ایجاد زون‌های برشی نقش بسزایی دارد. به طور کلی فاز کوهزایی لارامید به صورت فاز دیناموترمال عمل کرده که باعث تشکیل شیستوزیته و چین‌خوردگی طبقات گشته است (خلقی خسرقی، ۱۳۷۸). مطالعات ساختاری انجام شده در منطقه مورد مطالعه در نمونه‌های رخنمون و مغزه‌های حفاری، نشان‌دهنده تاثیر فازهای متعدد و شدید دگرریختی در منطقه می‌باشد، بطوریکه توالی‌های سنگی رخنمون یافته در منطقه، تحت تاثیر این فازها نظم و ترتیب اولیه خود را از دست داده و واحدهای لیتولوژیکی مختلف با ساختارها و فابریک‌های متفاوت را بوجود آورده است. نوع و شدت دگرشکلی ایجاد شده یکسان نبوده و انواع دگرشکلی‌های شکل‌پذیر و شکنا همراه با واحدهای کمتر دگرشکل شده، تا واحدهای بشدت دگرشکل شده در منطقه قابل مشاهده می‌باشد (خلقی خسرقی،

مجموعه سنگ‌های آذرین و رسوبی منطقه مورد مطالعه بطور عمده شامل سنگ‌های آتشفشانی اسیدی، مافیک و آتشفشانی-رسوبی بوده که در زمان کرتاسه تحت رخساره شیست سبز دگرگون شده و همزمان تحت تاثیر عملکرد پهنه‌های برشی با روند شمال‌خاوری-جنوب‌باختری (60° - 50° N) قرار گرفته و دگرریخت شده‌اند (تاج‌الدین و همکاران، ۱۳۹۲). تنوع فازهای کوهزایی (شامل دگرریختی‌ها، دگرگونی‌ها و ماگماتیسم) سبب شده است که توالی‌های سنگی رخنمون یافته در منطقه نظم و ترتیب اولیه خود را از دست داده و واحدهای لیتولوژی مختلف با ساختارها و فابریک‌های متفاوت در کنار هم دیده شوند.

واحدهای سنگی منطقه شامل سکانس به نسبت کاملی از سنگ‌های پرکامبرین تا ترشیری (همراه با رسوبات کواترنری) به همراه توده‌های نفوذی با سنین مختلف (پرکامبرین تا ترشیری) می‌باشند (شکل ۲). به این ترتیب واحدهای سنگی رخنمون یافته شامل: سنگ‌های دگرگونی با سن پرکامبرین شامل گنایس، شیست، میکاشیست و متاریولیت، نهشته‌های شیلی و ماسه‌سنگی سازند کهر، توده گرانیتی تموته، نهشته‌های ماسه‌سنگی قرمز و آهک‌های ضخیم لایه پرمین، رسوبات شیل و ماسه‌سنگی نازک لایه ژوراسیک، نهشته‌های آهکی کرتاسه با تناوبی از شیل، سیلت و دولومیت به همراه افق مرمری، توده دیوریتی کرتاسه، توده گابرویی ائوسن و همچنین پادگانه‌های آبرفتی و مخروطه افکنه‌های جوان می‌باشد (باباخانی و همکاران، ۱۳۸۲).

بخش‌های باختری و جنوب‌باختری منطقه به طور عمده سنگ‌های دگرگونی پرکامبرین (احتمالاً به عنوان پی‌سنگ منطقه) رخنمون یافته‌اند (شکل ۲). این توالی بعضاً با پوشش نازکی از مجموعه کربناته آواری پرکامبرین-کامبرین و واحدهای کربناته پرمین با مرز ناهم‌ساز تا گسلی پوشیده شده

است. در جنوب منطقه مورد مطالعه سنگ‌های دگرگونه غیر

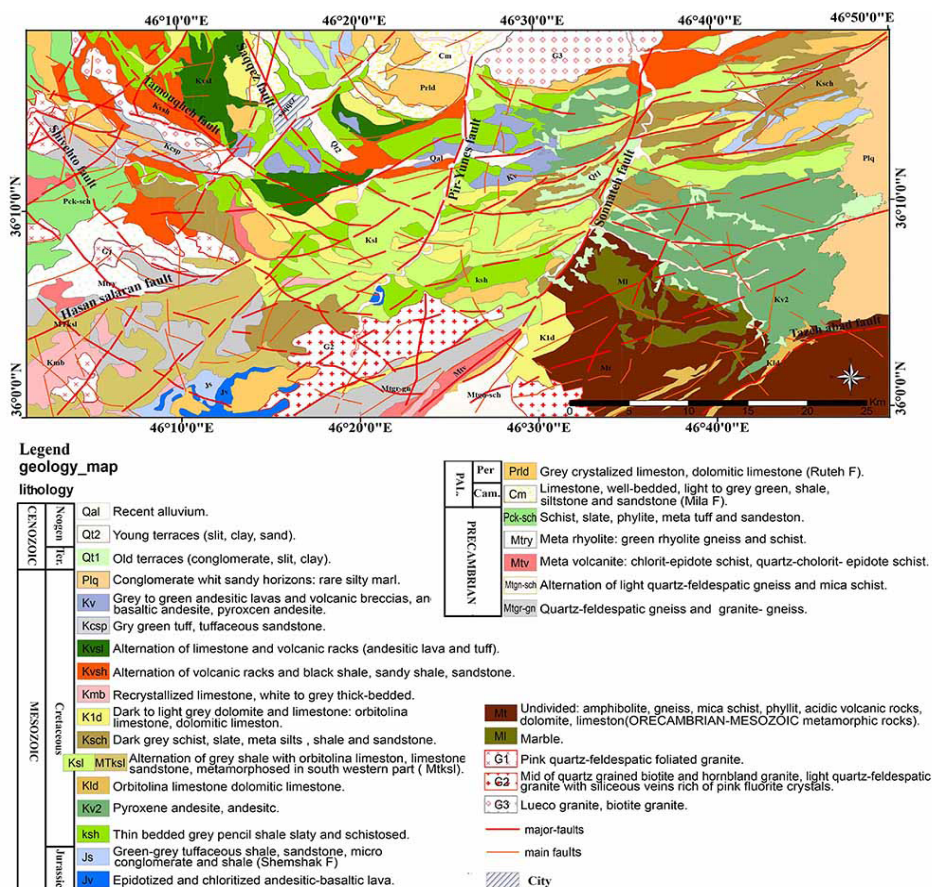
قابل تفکیک از گونه شیست، فیلیت، میکاشیست، کوارتزیت، آمفیبولیت، گنایس، سنگ‌های آتشفشانی اسیدی، دولومیت، سنگ‌های آهکی کریستالیزه و غیره برونزد دارند. سن این نهشته‌ها، در چهارگوش تکاب، مهاباد و سنندج به ترتیب قبل از پرمین (Alavi-Nanini, 1976)، پرکامبرین (Eftekhar-nezhad, 1973) و پالئوزویک (Zahedi, 1985) معرفی شده‌اند.

۳-۲- استخراج عناصر ساختاری:

جهت نمایان ساختن ساختارهای اصلی و فرعی، از روش‌های سنجش از دور و برداشت‌های صحرایی و همچنین قابلیت‌های محیط GIS استفاده گردیده که در نهایت، خروجی این روش‌ها آماده شدن لایه‌های اطلاعاتی جهت تهیه نقشه‌های ساختاری است. برای استخراج عناصر ساختاری نظیر شکستگی‌ها و گسل‌ها از تصویر ماهواره‌ای Landsat 8 ETM+ با ترکیب باند (۷-۴-۱) استفاده گردید زیرا این ترکیب باند بهترین تباین را جهت آشکارسازی پدیده‌های زمین‌شناسی را ارائه می‌دهد. در ابتدا تصویر مذکور از نظر هندسی تصحیح گردیده و سپس با اعمال فیلترهای تیزکننده لبه‌ها و بالاگذر، تصویر بارزسازی شد (Lillesand & Kiefer, 2000) (شکل ۱). در ادامه با اعمال فیلترهای جهت‌دار در جهات ۴۵، ۹۰، ۱۳۵ و ۱۸۰ درجه (شکل ۳) (با توجه به تجربه بررسی روند ساختارها در منطقه) بر روی تصویر ماهواره‌ای منطقه شکستگی‌های موجود در منطقه شناسایی گردیدند (Safari et al., 2011) (شکل ۴).

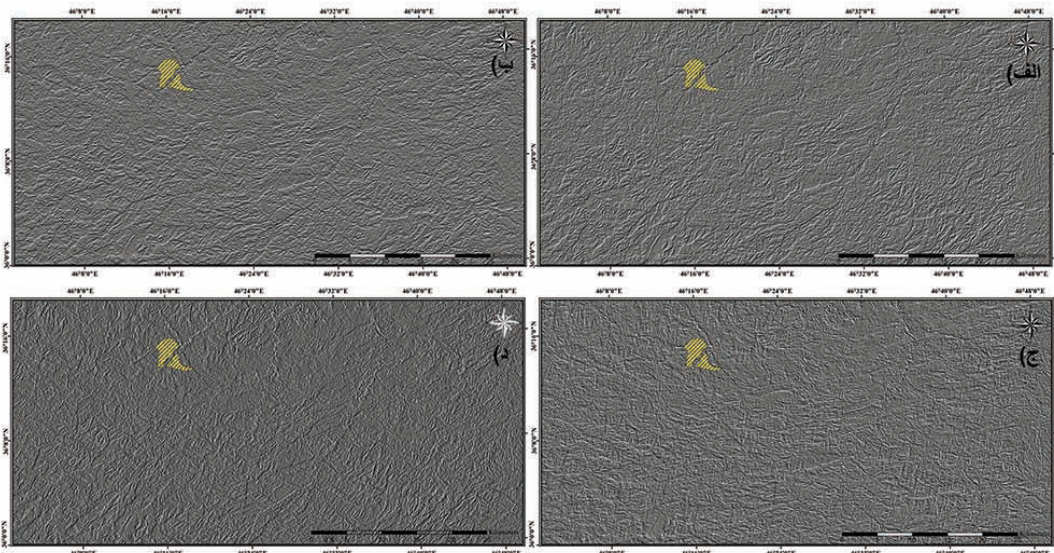
۳- داده‌ها و روش‌شناسی

۳-۱- داده‌های مورد استفاده: داده‌های مورد استفاده شامل: شامل تصویر ماهواره‌ای سنجنده Landsat 8 +ETM مربوط به سپتامبر ۲۰۱۴ (NASA, 2014).
- نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ سقز (باباخانی و همکاران، ۱۳۸۲) و چپان (خلقی خسرقی، ۱۳۷۸)
- نقشه‌های توپوگرافی ۱/۲۵۰۰۰ منطقه مورد مطالعه (سازمان نقشه‌برداری کشور)
- نقشه‌های ژئوفیزیکی مغناطیس‌هوایی و شکستگی‌های

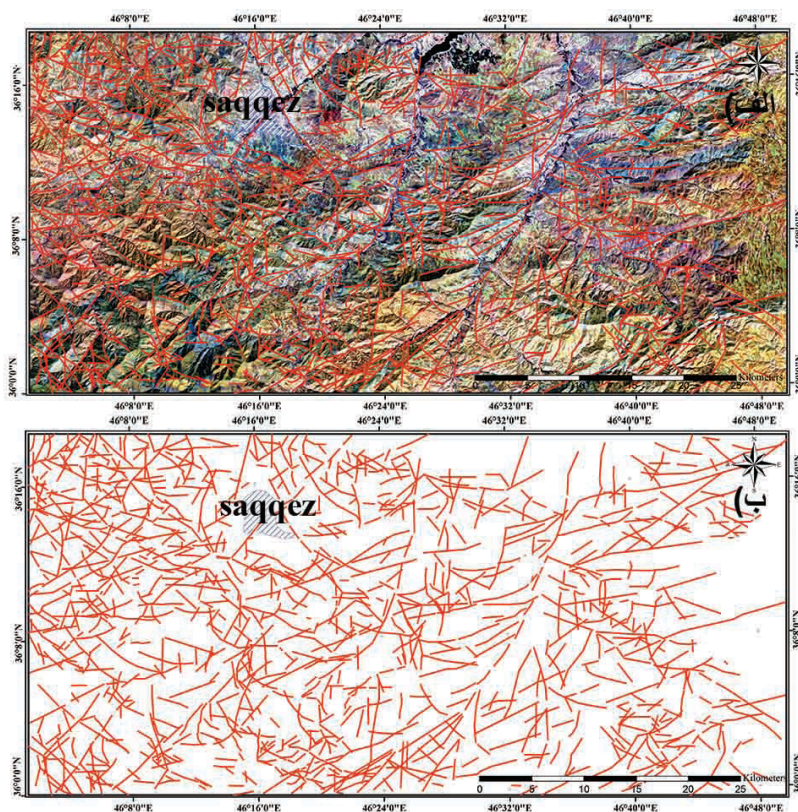


شکل ۲. نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه.

سپس از طریق اندازه گیریهای صحرائی، گسل های اصلی و گسل های کوچک مقیاس تر از هم تفکیک شدند. در پایان با استفاده از محیط نرم افزاری GIS (با استفاده از نرم افزار Arcview 3.2) اقدام به رقومی نمودن شکستگی های استخراج شده از تصاویر ماهواره ای گردیده و سه لایه بُرداری مربوط به گسله های بزرگ، اصلی و فرعی در این محیط تهیه گردید.



شکل ۳. فیلترهای اعمال شده بر روی تصویر ماهواره ای. الف) ۴۵ درجه، ب) ۹۰ درجه، ج) ۱۳۵ درجه، د) ۱۸۰ درجه.



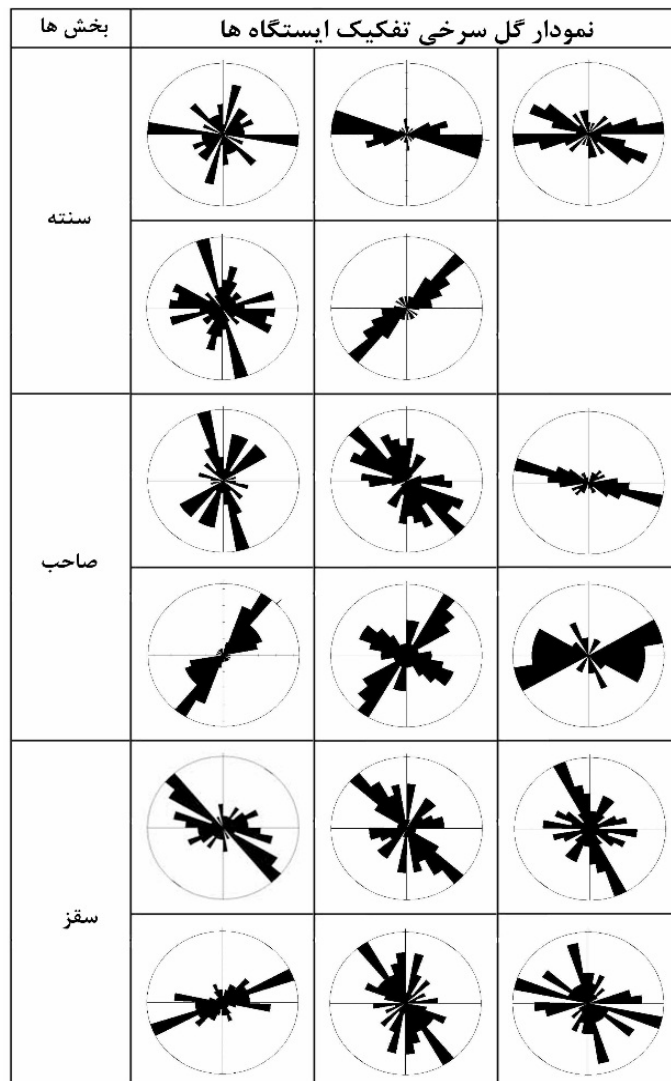
شکل ۴. استخراج عناصر ساختاری از تصویر ماهواره ای الف) تصویر ماهواره ای اصلاح شده، ب) خطواره های استخراج شده.



منطقه است (Ramsay & Hubber, 1987). به علت گستردگی منطقه مورد مطالعه، در این بخش ابتدا کل منطقه به سه بخش سقز، صاحب و سننه تقسیم شد. سپس، بر اساس روش تعداد-امتداد اقدام به ترسیم نمودار گل سرخی از شکستگی‌های این مناطق گردید (شکل ۵). در نهایت نتایج بدست آمده بر روی نقشه ساختاری هر بخش آورده شد (شکل ۹).

۳-۳- تحلیل ساختاری: برای درک وضعیت دگرریختی‌ها و دستیابی به مدل تکامل ساختاری، تحلیل‌های ساختاری گسل‌ها در قالب تحلیل هندسی و سینماتیکی و همچنین بررسی وضعیت چگالی شکستگی‌ها انجام گردید.

الف- تحلیل هندسی: مهمترین تحلیل هندسی صورت گرفته برای ساختارها، تهیه نمودار گل سرخی از شکستگی‌های

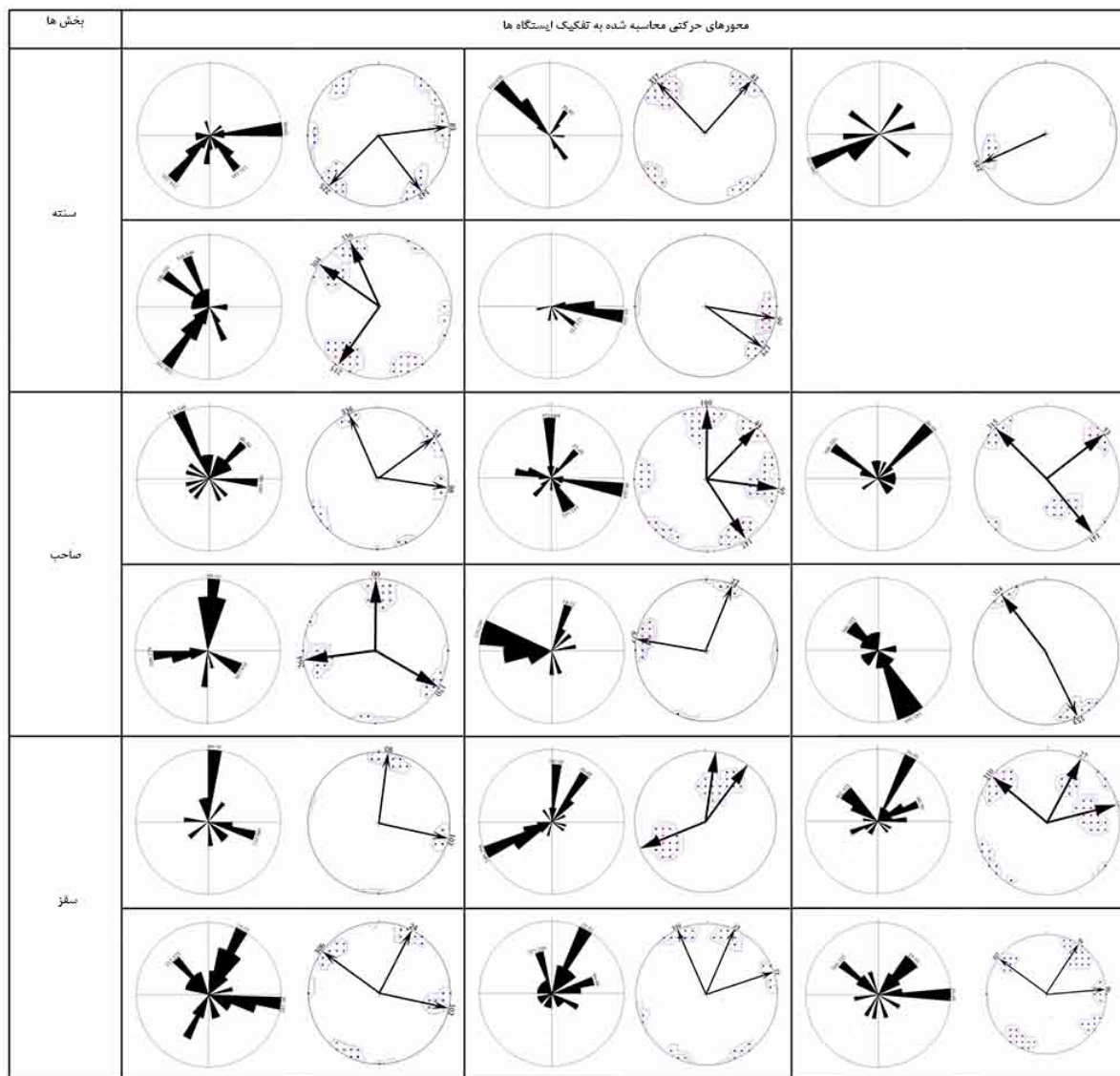


شکل ۵. نمودارهای گل سرخی شکستگی‌ها در ایستگاه‌های مختلف و سه بخش سننه، صاحب و سقز.

سینماتیکی شکستگی‌ها در این پژوهش، روش محاسبه صفحه حرکتی (Marrett & Allmendinger 1990) است. در این روش تحلیلی، جهت محاسبه محورهای حرکتی (بخصوص محور فشارش)، ابتدا گسل‌ها همراه با قطب و خش لغز آنها ترسیم شده و سپس صفحه حرکتی آنها محاسبه گردید. در ادامه بر روی صفحه حرکتی ۴۵ درجه در جهت و خلاف

ب- تحلیل سینماتیکی: برای تحلیل محورهای سینماتیکی (جنبشی) در منطقه، مشخصات شکستگی‌ها شامل امتداد، شیب و جهت شیب گسل‌ها به همراه اطلاعات مربوط به خش لغزهای موجود در سطح گسل شامل ریک خش لغز و جهت حرکت بلوک روبه‌رو نیز در ایستگاه‌های مختلف اندازه‌گیری و در سه بخش دسته‌بندی گردید. اساس تحلیل

جهت بردار لغزش حرکت نموده و به این ترتیب محورهای فشارش و کشش محاسبه شد که البته در این تحقیق فقط از محور فشارش استفاده گردیده است (شکل ۶). در نهایت نتایج بدست آمده بر روی نقشه ساختاری (بر پایه تصویر ماهواره‌ای) هر بخش آورده شد (شکل ۹).

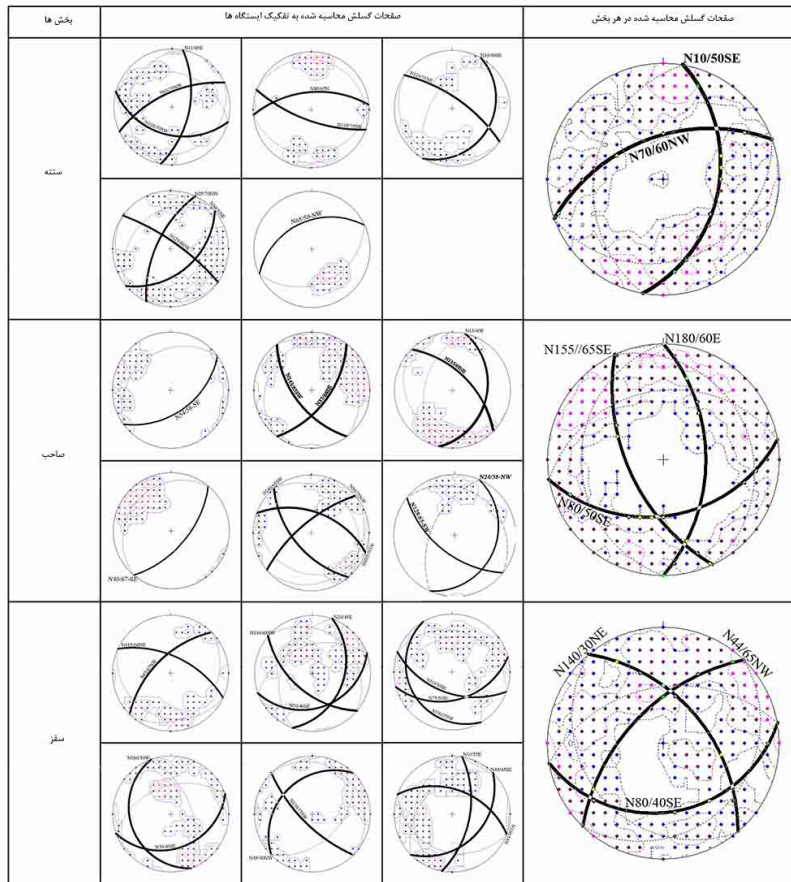


شکل ۶. محورهای فشارشی محاسبه شده در سه بخش سنته، صاحب و سقز

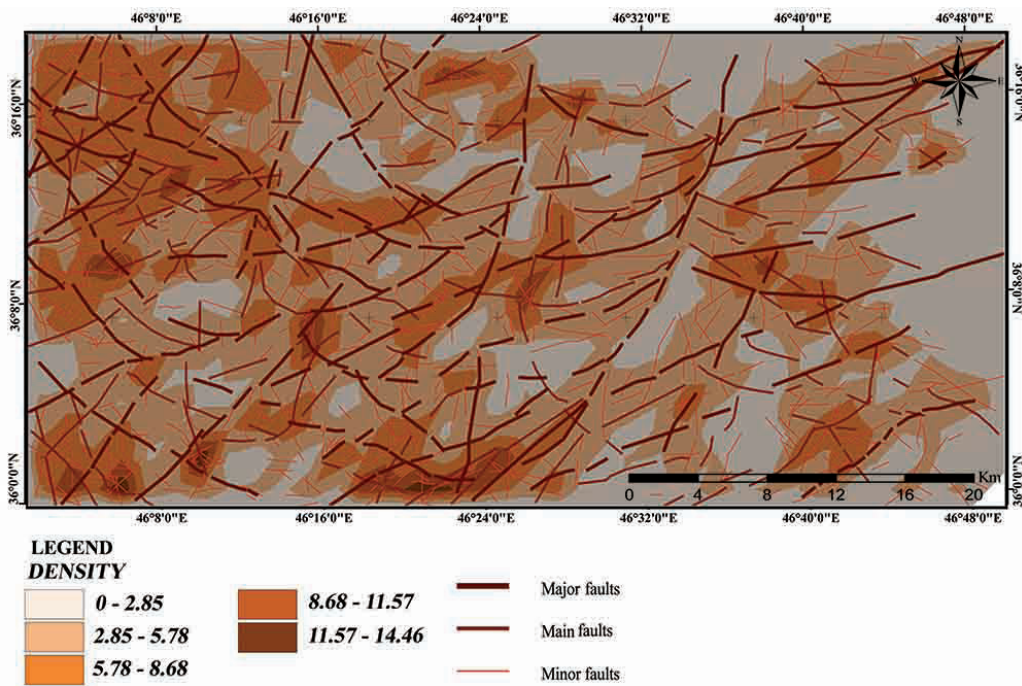
شکستگی‌ها در منطقه مورد مطالعه، ابتدا شبکه‌ای ترسیم شد که دارای سلول‌هایی با ابعاد 2000×2000 متر بود (Safari et al, ۲۰۱۱). سپس در محیط نرم‌افزار Arcview اقدام به اندازه‌گیری و قرائت مجموع طول شکستگی‌های استخراج شده در هر سلول نموده و در جدول همراه شبکه مورد نظر ثبت گردید. در نهایت بر اساس جدول همراه شبکه ترسیمی، سطوح هم‌پتانسیل ترسیم گردیده و این خروجی به عنوان نقشه تراکم شکستگی‌ها نقشه هم‌شکستگی ارائه گردید (شکل ۸).

ج- محاسبه صفحات گسلش: برای محاسبه صفحات اصلی گسلش، با توجه به این که قطب شکستگی‌های مرتبط با گسل، عمود بر روند گسل اصلی می‌باشند، ابتدا صفحه در برگیرنده قطب شکستگی‌ها ترسیم شده و سپس صفحه عمود بر آن ترسیم شده و به این ترتیب صفحه (و یا صفحات) اصلی گسلش در ایستگاه‌های مختلف منطقه (سه بخش) محاسبه گردید (شکل ۷).

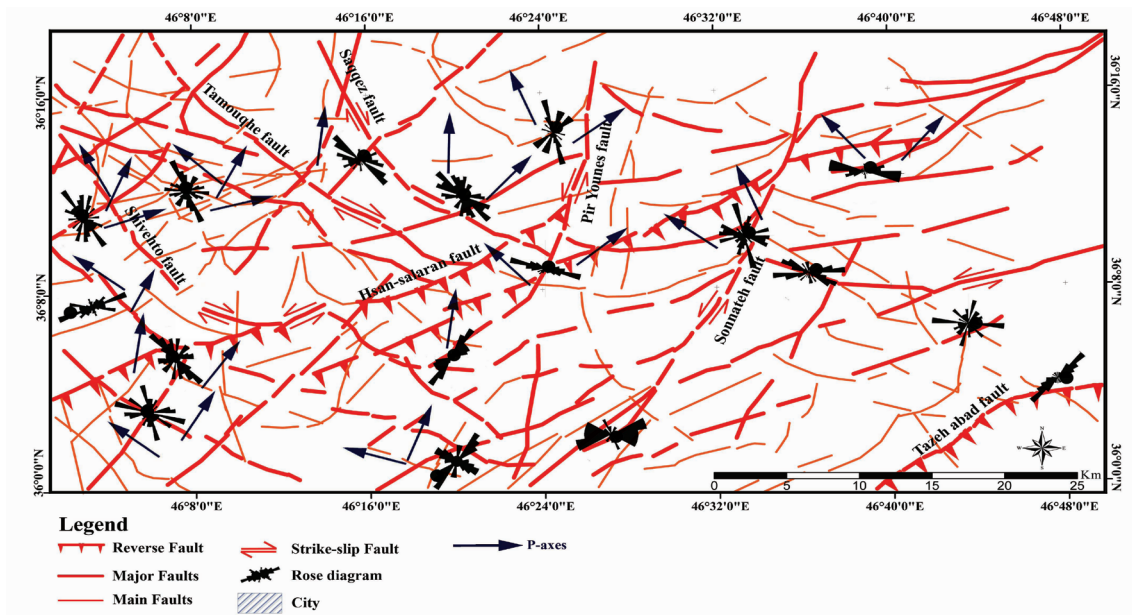
د- محاسبه چگالی شکستگی‌ها: برای محاسبه تراکم



شکل ۷. صفحات اصلی گسلش محاسبه شده در سه بخش سنته، صاحب و سقر.



شکل ۸. نقشه هم شکستگی منطقه مورد مطالعه



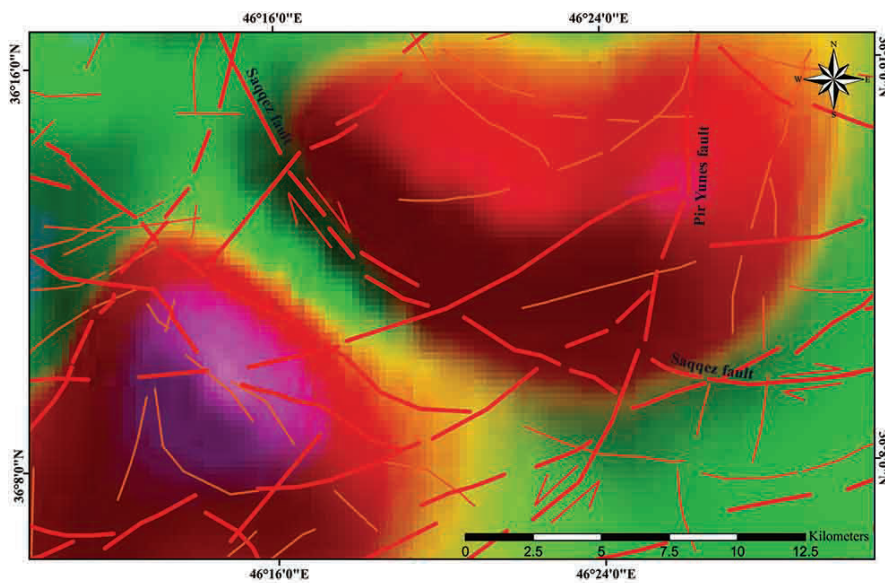
شکل ۹. نقشه ساختاری منطقه مورد مطالعه به همراه نتایج تحلیلهای ساختاری

۴- بررسی نتایج

۴-۱- گسل های بزرگ منطقه: ناحیه مورد مطالعه گسلش و شکستگی های پیچیده ای دارد. بر اساس نقشه ساختاری منطقه (شکل ۹) می توان اذعان نمود که این منطقه بشدت گسلیده شده و کاملاً خرد شده می باشد. به همین دلیل شکستگی های پیمایش شده به سه دسته گسل های بزرگ مقیاس، اصلی و فرعی قابل تقسیم می باشند. مهمترین گسل های بزرگ منطقه عبارتند از گسل شیواتو، حسن سالاران، سقز، پیر یونس و سننه می باشند.

الف- گسل سقز: این گسل که از داخل شهرستان سقز (بخش

خاوری منطقه شهری) عبور می نماید (شکل ۹)، با امتداد ۱۱۳۵-۱۴۰ (شکل ۷، بخش صاحب) دارای طولی حدود ۱۸ کیلومتر (در محدوده نقشه تهیه شده) می باشد (شکل ۱۱-ج). مکانیسم حرکتی این گسل راست بر با مقداری مولفه معکوی می باشد. به نظر می رسد که این گسل دره مستقیم شمال سقز را ایجاد نموده است. اثر این گسل را می توان در نقشه های مغناطیس هوایی و گرانی سنجی مشاهده نمود (شکل ۱۰). شواهد صحرایی حکایت از آن دارد که این روند توسط روند گسل هایی با امتداد ۲۰-۱۱۰N (نظیر گسل حسن پیر یونس) بریده شده است (شکل ۱۳-الف).



شکل ۱۰. نقشه ژئوفیزیک هوایی (مغناطیسی سنجی هوایی) از محل عبور گسل سقز



سبب رانده شدن نهشته‌های کرتاسه پائین روی سنگ نهشته‌های ژوراسیک و رسوب‌های دیگر کرتاسه پائین گردیده (شکل ۲) و همچنین سبب بریده شدن و جابجایی چپ‌بر گسل شیواتو به مقدار ۵ کیلومتر (شکل ۱۳-الف) شده است. شواهد صحرایی حاکی از آن می‌باشد که در طول این گسل (بخصوص در بخش جنوب‌باختر آن) کانه‌زایی طلا در هر دو محیط شکل‌پذیر و شکننا صورت پذیرفته است (Aliyari et al., 2012؛ تاج‌الدین و همکاران، ۱۳۹۳؛ محجل، ۱۳۸۳؛ یارمحمدی و راستاد، ۱۳۸۵). این گسل در بخش مرکزی منطقه مورد مطالعه توسط گسل‌های پیر یونس و سنته بریده و به صورت چپ‌بر جابجا شده است (شکل ۹ و ۱۳-الف).

همچنین در بخش جنوب‌خاوری منطقه مورد مطالعه، زون گسل تازه‌آباد، همسو با روند گسل حسن سالاران (شمال‌خاوری- جنوب‌باختری) برون‌زد دارد که باعث رانده شدن نهشته‌های کربناته کرتاسه پائین شده است، امتداد این گسل در بخش‌های خاوری تغییر کرده و به تقریب خاوری-باختری می‌شود. طول این گسل در حدود ۱۸ کیلومتر در محدوده منطقه مورد مطالعه است (شکل ۹).

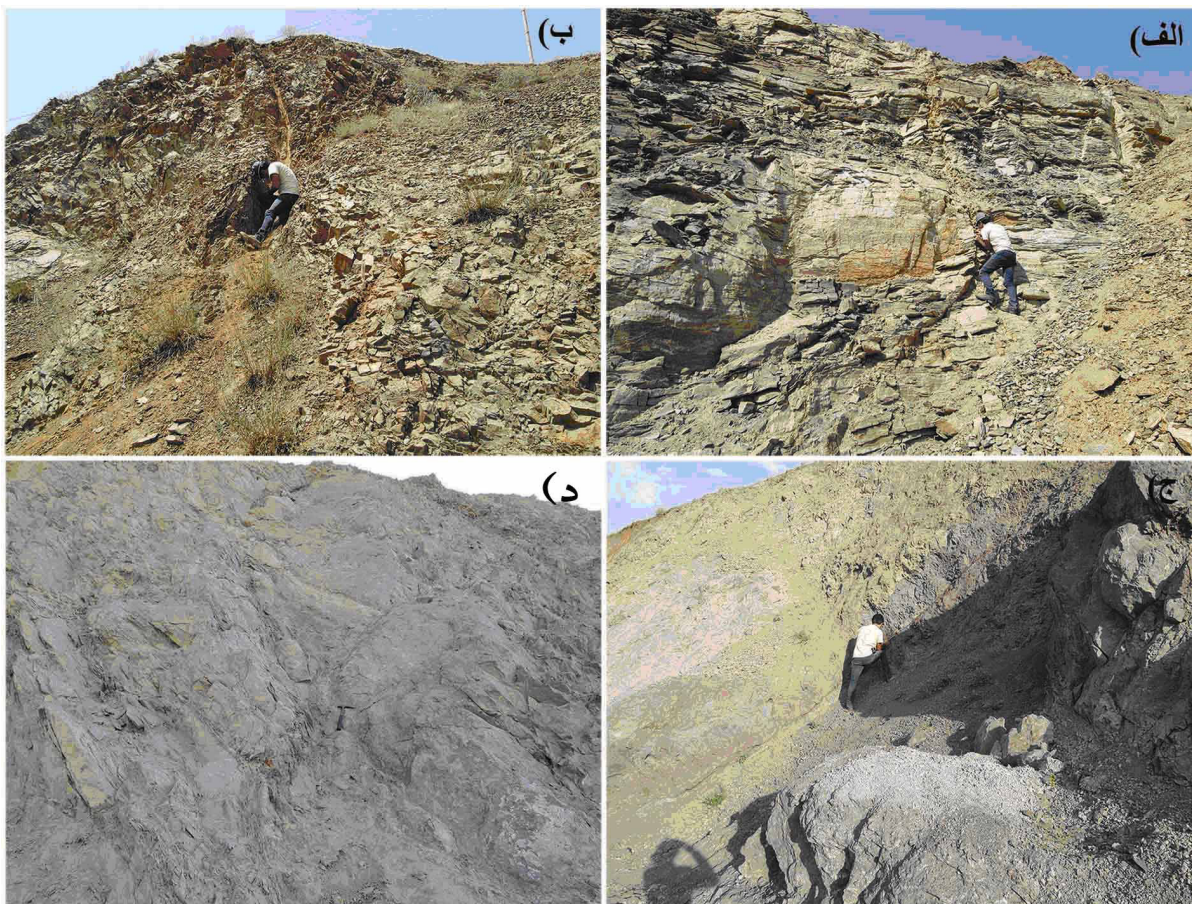
۵- گسل پیر یونس: این گسل که با روندی کاملاً خطی در تصویر ماهواره‌ای در مرکز منطقه مورد مطالعه دیده می‌شود (شکل ۹)، با روندی تقریباً شمالی-جنوبی (N۱۰) (شکل ۷، بخش صاحب) و طولی حدود ۳۰ کیلومتر یکی از پدیده‌های ساختاری مهم بخش مرکزی (بخش صاحب) می‌باشد. مکانیسم حرکتی این گسل نرمال با مقداری مولفه چپ‌بر می‌باشد (شکل ۱۲-الف). عملکرد این گسل سبب خمش چپگرد، بریده شدن و جابجایی چپ‌بر گسل حسن سالاران به مقدار حدود ۲ کیلومتر (شکل ۱۳-الف) شده است. همچنین این گسل محل مناسبی برای تشکیل دره رودخانه زرینه رود ایجاد نموده است.

۶- گسل سنته: این گسل که در بخش مرکزی منطقه قرار گرفته است (شکل ۹)، با روندی تقریباً شمال‌خاور- جنوب‌باختری (N۲۰) (شکل ۷، بخش سنته) و با طولی حدود ۳۶ کیلومتر از خاور روستای سنته عبور می‌نماید. مکانیسم حرکتی این گسل نرمال با مقداری مولفه چپ‌بر می‌باشد (شکل ۱۲-الف). لیتولوژی‌های مشاهده شده در دو طرف این گسل کاملاً با یکدیگر متفاوت بوده به طوری که در سمت باختر آن دگرگونی‌های کرتاسه و در خاور آن توالی آندزیتی دیده می‌شوند (شکل ۲). عملکرد این گسل سبب خمش چپگرد، بریده شدن و جابجایی چپ‌بر پهنه گسل حسن سالاران به مقدار حدود ۵ کیلومتر (شکل ۹) شده است.

ب- گسل شیواتو: این گسل نیز در بخش باختری منطقه مورد مطالعه قرار گرفته است (شکل ۹). این گسل با امتداد ۱۴۰-۱۳۵ N (شکل ۷، بخش سقز) و با طولی حدود ۴۱ کیلومتر از حوالی روستای شیواتو (شمال‌خاور بانه) عبور می‌نماید (شکل ۱۱-الف). در طول این گسل، رخنمون گرانیت‌های بسیار قدیمی (احتمالاً پرکامبرین) و همچنین رخنمون‌های سنگی دگرگون شده مربوط به فاز سیمیرین (تریاس بالایی) و حتی پرکامبرین را می‌توان مشاهده نمود. در بسیاری از محل‌های بازدید و ایستگاه‌های اندازه‌گیری، زون‌های شکل‌پذیر با این روند در طول این زون برشی قابل مشاهده هستند. شاید بتوان گفت این گسل و رده‌های ثانویه آن (دیگر شکستگی‌های مرتبط با آن) از قدیمی‌ترین روند‌های گسلش در کل منطقه باشند. مکانیسم حرکتی این گسل معکوس با مقداری مولفه راستالغز راست‌بر می‌باشد. شواهد صحرایی حکایت از آن دارد که این روند توسط روند گسل‌هایی با امتداد ۷۰-۶۰ N (نظیر گسل حسن سالاران) بریده و بیش از ۵ کیلومتر به صورت چپ‌بر جابجا شده است (شکل ۱۳-ب).

ب- گسل تموغه: این گسل که در بخش باختری منطقه مورد مطالعه قرار گرفته است (شکل ۹)، با امتداد ۱۳۵-۱۳۰ N (شکل ۷، بخش سقز) و با طولی حدود ۳۶ کیلومتر از حوالی روستای تموغه (جنوب‌باختر سقز) عبور می‌نماید (شکل ۱۱-ب). در طول این گسل، رخنمون‌های سنگی دگرگون شده مربوط به فازهای سیمیرین (تریاس بالایی) و لارامید (پایان کرتاسه) را که دارای امتدادی مشابه با زون‌های برشی مرتبط با این گسل هستند؛ می‌توان مشاهده نمود (شکل ۲). شاید بتوان گفت این گسل و رده‌های ثانویه آن (دیگر شکستگی‌های مرتبط با آن) از روند‌های گسلش به نسبت قدیمی در منطقه باشند. مکانیسم حرکتی این گسل راستالغز راست‌بر با مقدار زیادی حرکت معکوس می‌باشد. شواهد صحرایی حکایت از آن دارد که این روند توسط روند گسل‌هایی با امتداد ۷۰-۶۰ N (نظیر گسل حسن سالاران) بریده شده است (شکل ۹).

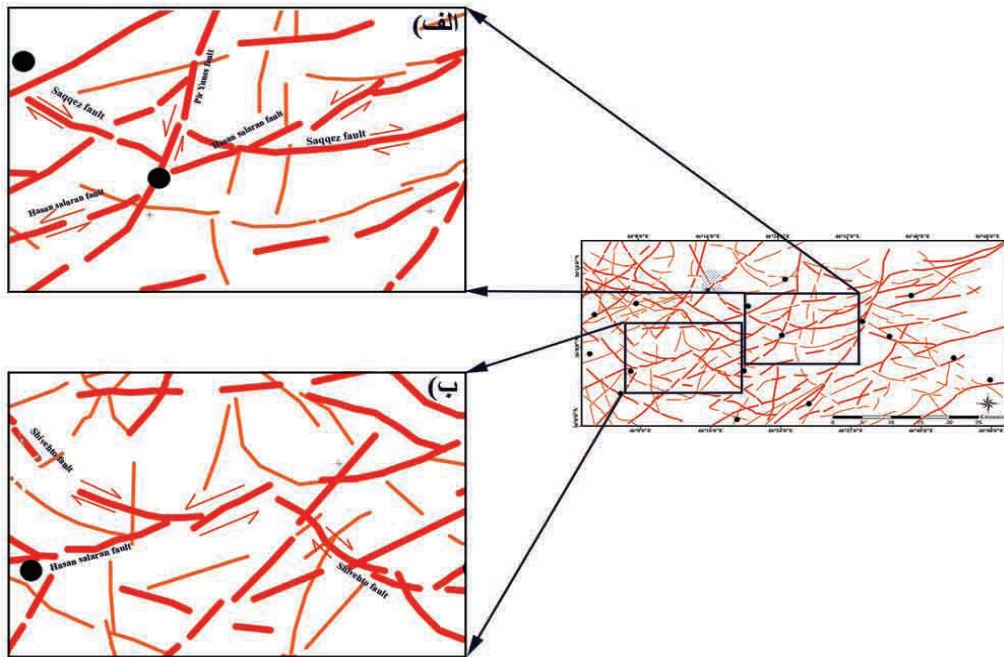
۵- گسل حسن سالاران: این گسل که به صورت مورب منطقه مورد بررسی را قطع نموده است (شکل ۹) دارای امتداد ۶۵-۷۰ N بوده (شکل ۷، بخش صاحب و سقز) و حداقل طول مشاهده شده آن در منطقه حدود ۶۰ کیلومتر می‌باشد (شکل ۹). عرض این پهنه گسل‌سایه حدود ۲ تا ۳ کیلومتر می‌باشد و به نظر می‌رسد که یکی از اصلی‌ترین پدیده‌های ساختاری منطقه مورد مطالعه باشد. مکانیسم حرکتی این گسل چپ‌بر با مقدار زیادی مولفه معکوس می‌باشد. عملکرد این گسل در بخش‌های شمال‌خاوری



شکل ۱۱. نمایی از سطوح گسل‌های اصلی اندازه‌گیری شده در منطقه مورد مطالعه؛ الف- گسل شیواتو در جنوب باختری روستای شیواتو، ب- گسل تموغه در خاور روستای تموغه، ج- گسل سقز در جنوب خاوری شهرستان سقز، د- گسل حسن سالاران در شمال خاوری روستای ستنه.



شکل ۱۲. نمایی از سطوح گسل‌های اصلی اندازه‌گیری شده در منطقه مورد مطالعه، الف- گسل پیر یونس در حوالی روستای درگاه سلیمان، ب- گسل ستنه در خاوری روستای ستنه



شکل ۱۳. نمایی از نحوه بریده شدن و جابجایی گسل های قدیمی تر توسط گسل های جدیدتر، الف: بریده شدن و جابجایی گسل های حسن سالاران و سقز توسط گسل پیرونس؛ ب: بریده شدن و جابجایی گسل شیوانو توسط گسل حسن سالاران.

۲-۴- نتایج تحلیل هندسی شکستگی های منطقه:

همانگونه که در بخش های پیشین ذکر گردید؛ جهت بررسی دقیق تر منطقه مورد مطالعه را به سه بخش سنته، صاحب و سقز تقسیم نموده و نمودار گل سرخی آن ها به طور مجزا محاسبه گردید (شکل ۵). نتایج تحلیل هندسی شکستگی های هر بخش به شرح ذیل می باشد:

الف- بخش سنته: این بخش به دو زیر بخش عمده شمالی و جنوبی تقسیم شد و برای هر محل (شامل چندین ایستگاه) نمودارهای گل سرخی تهیه گردید (شکل ۵). با توجه به نمودار گل سرخی حاصل از این شکستگی ها در زیر بخش شمالی روند خاوری-باختری ($N80-100$) بیشترین فراوانی تکرار را داشته و همچنین روند شمال باختری- جنوب خاوری ($N160-170$) نیز دیده می شود. در ایستگاه های جنوبی دوروند خاوری-باختری ($N90-100$) و شمال خاوری-جنوب باختری ($N40-50$) از بیشترین فراوانی برخوردارند و همچنین روند دیگری با امتداد $N10-20$ در رده دوم اهمیت قرار دارد.

ب- بخش صاحب: این مقطع نیز به دو بخش عمده شمالی و جنوبی تقسیم شد و برای هر زیربخش (که شامل چندین ایستگاه بود) نمودارهای گل سرخی تهیه گردید (شکل ۵). نتایج بدست آمده حاکی از آن است که در بخش شمالی روندهای شمال باختری- جنوب خاوری ($N100-110$ و $N140-150$) روندهای غالب در منطقه می باشند و در بخش جنوبی نیز روندهای شمال خاوری-جنوب باختری ($N30-40$, $N60-80$) و روند دیگر $N110-130$ با فراوانی کمتر، روندهای غالب در منطقه می باشند.

ج- بخش سقز: این بخش نیز به دو زیربخش شمالی و جنوبی تقسیم شده و برای هر زیربخش (شامل چندین ایستگاه) نمودارهای گل سرخی تهیه گردید (شکل ۵). نتایج بدست آمده حاکی از آن است که در ایستگاه های شمالی، روند شمال باختری- جنوب خاوری ($N130-150$) روند غالب می باشد. در زیربخش جنوبی نیز روندهای شمال باختری- جنوب خاوری ($N100-110$ و $N130-140$) بیشترین فراوانی را داشته و روندهای $N60-70$ و $N10-30$ در درجه دوم اهمیت قرار دارد.

۳-۴- نتایج تحلیل سینماتیکی گسل ها: جهت بررسی دقیق تر منطقه مورد مطالعه را به سه بخش تقسیم نموده و محاسبه محورهای فشارش در آن ها به طور مجزا انجام گردید (شکل ۶). نتایج هر بخش به شرح ذیل می باشد:

الف- بخش سنته: عمده ترین محورهای فشارش محاسبه شده در بخش خاوری دارای روندهای $N227$, $N92$ و $N315$ می باشند (شکل ۶).

ب- بخش صاحب: عمده ترین محورهای فشارش محاسبه شده در بخش مرکزی دارای روندهای $N43$, $N277$ و $N353$ می باشند (شکل ۶).

ج- بخش سقز: عمده ترین محورهای فشارش محاسبه شده در بخش باختری دارای روندهای $N95$, $N31$ و $N309$ می باشند (شکل ۶). به این ترتیب مشخص می شود که در منطقه مورد مطالعه سه روند اصلی محور فشارش وجود دارد که عبارتند از:



الف- بخش سنته: در این بخش صفحات گسلی محاسبه شده دارای مشخصات N10/50-SE و N70/60-NW می‌باشند (شکل ۷).

ب- بخش صاحب: در این بخش نیز صفحات گسلی با مشخصات N180/60-E، N155/65-SE و N80/50-SE محاسبه شدند (شکل ۷).

ج- بخش سقز: در این بخش نیز صفحات گسلی با مشخصات N80/40-SE و N140/30-NE، N44/65-NW شدند (شکل ۷).

۴-۵- نتایج حاصل از تهیه نقشه هم‌شکستگی: نتایج حاصل از محاسبه چگالی شکستگی‌ها (در قالب نقشه هم‌شکستگی) در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد که شکستگی‌ها در همه منطقه گسترش دارند که بیشترین چگالی شکستگی‌ها در بخش باختری منطقه دیده می‌شود (شکل ۸). در این بخش قدیمی‌ترین توالی‌های سنگی منطقه رخنمون پیدا نموده‌اند و بالطبع اثرات تمامی فازهای قدیمی مزوزوئیک (دارای چگالی متوسط شکستگی‌ها بوده و بخش خاوری منطقه کمترین چگالی شکستگی‌ها را به نمایش می‌گذارد).

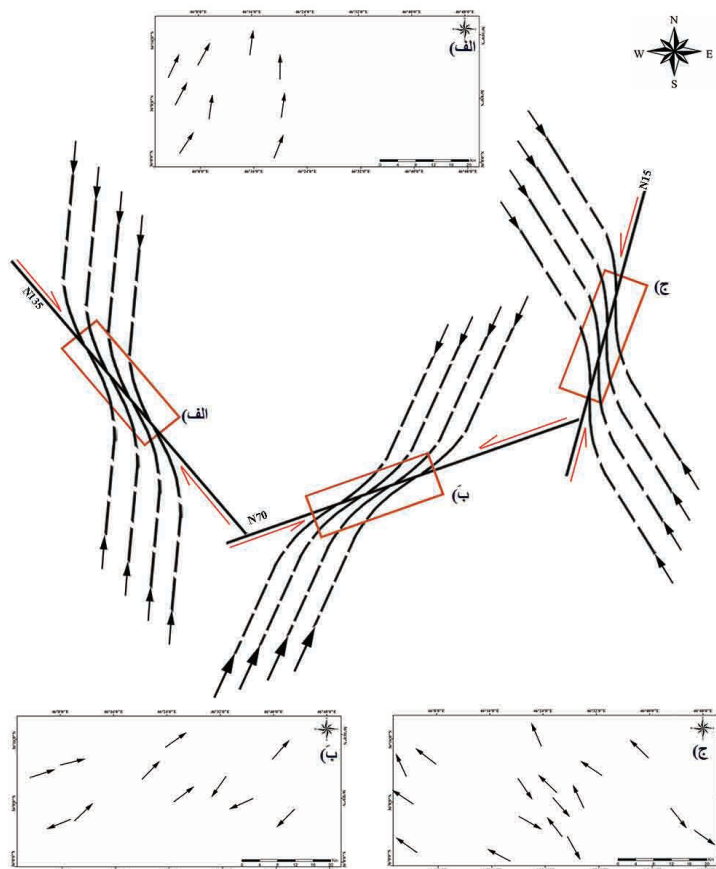
- روند تقریباً شمال-شمال خاوری) به عنوان اولین نسل محورهای فشارش که بیشتر در بخش باختری قابل مشاهده هستند (شکل ۱۴-الف).

- روند شمال خاوری به عنوان دومین نسل محورهای فشارش بوده که در بخشهای باختری و مرکزی دیده می‌شوند (شکل ۱۴-ب).

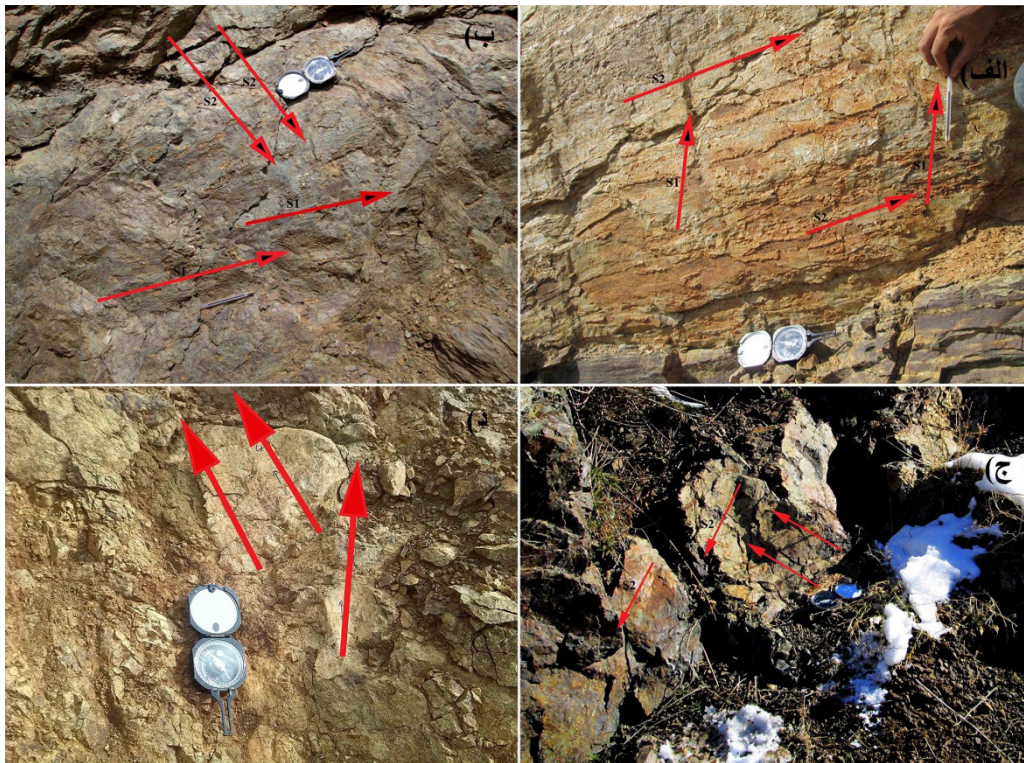
- روند رو به شمال باختری به عنوان سومین نسل محورهای فشارش بوده که در تمامی منطقه مورد مطالعه قابل مشاهده می‌باشد (شکل ۱۴-ج).

نتایج حاصله حکایت از تغییر در روند حرکتی ساختارها در طی تکامل زمین‌ساختی منطقه دارد (شکل ۹) که این مسئله بازتاب اعمال فازهای مختلف زمین‌ساختی در طی زمان می‌باشد. شواهد صحرائی نیز موید وجود نسل‌های مختلف حرکتی بر روی گسل‌های اصلی منطقه می‌باشد (اشکال ۱۵-الف، ب، ج، د).

۴-۴- نتایج حاصل از محاسبه صفحات گسلش: جهت بررسی دقیق‌تر منطقه مورد مطالعه را به سه بخش تقسیم نموده و محاسبه صفحات اصلی گسلش در آن‌ها به طور مجزا انجام گردید. نتایج هر بخش به شرح ذیل می‌باشد:



شکل ۱۴. مدل تکامل ژئودینامیکی روندهای اصلی ساختاری و الگوی محورهای فشارش ناشی از آن‌ها و مقایسه آن‌ها با محورهای فشارش محاسبه‌شده در منطقه مورد مطالعه.



شکل ۱۵. وجود نسل‌های مختلف حرکتی که به صورت نسل‌های مختلف خش‌لغز در سطح گسل‌ها قابل مشاهده هستند؛ الف و ب) وجود دو نسل خش‌لغز در طول پهنه گسل حسن سالاران، ج) وجود دو نسل خش‌لغز بر روی گسل سنته، د) وجود دو نسل خش‌لغز بر روی گسل پیرونس.

شده در این منطقه، سه روند اصلی گسلش شناسایی شد، که مشخصات و ترتیب تقدم و تاخر هر یک از آنها به شرح ذیل می‌باشد:

- **روند اول:** با امتداد N130-140، هم‌روند گسل‌های شیواتو، سقز و تموغه می‌باشد. مکانیسم حرکتی این گسل‌ها راست‌بر همراه با مولفه معکوس می‌باشد. بیشترین اثرات سینماتیکی این گسل‌ها را می‌توان در قالب دگرریختی‌هایی در محیط شکل‌پذیر مشاهده نمود. این روند توسط روند دسته دوم (N60-70) به صورت چپ‌بر بریده و جابجا شده است. این روند بیشتر در بخش باختری منطقه دیده می‌شود که اولین نسل گسلش در منطقه نیز می‌باشد (شکل ۱۴-الف).

- **روند دوم:** با امتداد N60-70 هم‌روند گسل حسن سالاران می‌باشد. مکانیسم حرکتی این گسل چپ‌بر همراه با مولفه معکوس می‌باشد و باعث جابجایی گسل‌هایی با روند N130-140 (روند دسته اول) شده است. به عبارت دیگر این روند، دومین نسل گسل‌های منطقه را بوجود آورده است. عمده حرکت‌های موجود در این گسل‌ها در محیط‌های شکل‌پذیر تا شکنا-شکل‌پذیر صورت پذیرفته است (شکل ۱۴-ب).

۵- بحث و بررسی

بررسی ساختاری منطقه سقز واقع در بخش شمال‌باختر زون دگرگونی سنندج-سیرجان، گویای تاثیر فازهای متعدد و شدید، ماگماتیسم و انواع دگرگونی از پرکامبرین تا عهد حاضر، و دگرریختی‌ها (که به صورت مرحله‌ای بر روی هم اثر گذاشته‌اند) است. بطوری که اثر این فعالیت‌ها، به صورت پهنه‌های گسله (هم بصورت شکنا در قالب توسعه شکستگی‌ها و هم بصورت شکل‌پذیر در قالب تشکیل چین‌ها و غیره) در منطقه نمود یافته است. مطالعات ساختاری صورت گرفته در منطقه نشان داد که توسعه گسل‌ها نقش عمده‌ای در ایجاد چارچوب ساختاری و دگرریخت کردن منطقه داشته‌اند، بطوریکه بر اثر عملکرد این گسل‌ها، منطقه بشدت گسلیده شده و کاملاً خرد شده است. مهمترین گسل‌های شناسایی شده در منطقه عبارتند از گسل شیواتو، تموغه، حسن سالاران (و زون گسله تازه آباد همسو گسل حسن سالاران)، سقز و پیرونس و سنته می‌باشد. جایگیری و موقعیت مکانی این گسل‌ها (بهمراه رده‌های ثانویه گسلش مرتبط با آنها) سیمای ساختاری منطقه را رقم زده است. بر اساس نقشه ساختاری تهیه شده و تحلیل هندسی انجام



در اثر یک چرخش چپ گرد در محورهای فشاری منطقه دارد، که در اثر این چرخش فاز سوم با روندی رو به شمال باختر (- جنوب خاور) در محیطی کاملاً شکننا عمل کرده و روندهای N10-20 را بوجود آورده است.

بررسی نقشه هم شکستگی منطقه مورد مطالعه نشان داد که بیشترین چگالی شکستگی ها در بخش باختری منطقه دیده می شود (شکل ۸). در این بخش قدیمی ترین توالی های سنگی منطقه رخنمون پیدا نموده اند و بالطبع اثرات تمامی فازهای قدیمی باید قابل مشاهده باشد. منطقه مرکزی دارای چگالی متوسط شکستگی ها بوده و بخش خاوری منطقه کمترین چگالی شکستگی ها را به نمایش می گذارد. از مجموع ۶۱۲ سلول اندازه گیری شده، متوسط طول شکستگی ها ۲۱۷۵ متر به ازای هر کیلومتر مربع بدست آمد، که رقم بالایی است (در مقابل ۱۰۰۰ متر در ایران مرکزی). این رقم نشان می دهد که فعالیت های تکنونیک و ساختاری در منطقه فعال بوده و می توان منطقه را از نظر تکنونیک بسیار فعال در نظر گرفت. مناطقی که در آن مجموع طول شکستگی ها بیش از ۶۰۰۰ متر در هر سلول می باشد، نشان می دهد که در آن سیستم شکستگی توسعه کافی دارد. به این ترتیب می توان گفت که مجموع طول عناصر تکنونیک (ساختاری) می تواند بعنوان شاخصی برای معرفی مناطق خرد شده استفاده شود.



مشاهده نمود. این روند توسط نسل دوم گسلش به صورت چپ بر بریده و جابجا شده است. نسل دوم (با امتداد N60-70) در برگیرنده پهنه گسله حسن سالاران می باشد. عمده حرکت های موجود در این گسل ها در محیط های شکل پذیر تا شکننا- شکل پذیر صورت پذیرفته است. تمامی گسل های ایجاد شده در دو نسل اول و دوم توسط گسل هایی با امتداد N10-20 بریده و جابجا شده اند. عمده حرکت های موجود در این گسل ها در محیط شکننا صورت پذیرفته است. بررسی محورهای سینماتیکی نیز سه نسل حرکتی را در منطقه به نمایش می گذارند. این سه نسل گسلش سبب ایجاد شکل خمیده ساختارها و همچنین واحدهای سنگی منطقه شده است. موقعیت مکانی این گسل ها اثر خود را در چگالی شکستگی ها نشان داده اند؛ به گونه ای که بیشترین چگالی شکستگی ها در بخش باختری منطقه (دارای قدیمی ترین توالی های سنگی منطقه و متاثر از تمامی فازهای قدیمی) بوده و منطقه مرکزی دارای چگالی متوسط شکستگی ها و بخش خاوری منطقه کمترین چگالی شکستگی ها را به نمایش می گذارد.

- روند سوم: با امتداد N10-20 هم روند گسل های پیریونس و سنته (با مکانیسم حرکتی نرمال همراه با مقداری مولفه چپ بر) می باشد. این روند که سومین نسل گسلش در منطقه می باشد باعث جابجایی چپ بر گسل های نسل دوم (گسل حسن سالاران) با روند N60-70 شده است. عمده حرکت های موجود در این گسل ها در محیط شکننا صورت پذیرفته است (شکل ۱۴-ج).

محاسبه صفحات گسلش و همچنین نمودارهای گل سرخی تهیه شده از برداشت های صحرائی نیز این سه روند را تایید می کنند. در حالت کلی می توان گفت که این سه روند، مسئول شکل خمیده ساختارها و همچنین واحدهای سنگی منطقه بوده است (اشکال ۱ و ۲). بررسی محورهای سینماتیکی در منطقه نشان داد که اولین نسل حرکت با روندی تقریباً شمالی (- جنوبی) به صورت دگرریختی های شکل پذیر تنها در توالی های منسوب به کامبرین و پر کامبرین در بخش باختری قابل مشاهده است. نسل دوم حرکت با روند شمال خاوری (جنوب باختری) به صورت دگرریختی های نیمه شکل پذیر (تا شکننده) در بخش های باختری و مرکزی در توالی های دگرگون شده مزوزوئیک قابل مشاهده است. بررسی ها نشان از یک چرخش چپ گرد در طی فاز دوم حرکت هست که با بریده و جابجا شدن روندهای N130-140 توسط روندهای N60-70 همخوانی دارد. نسل سوم حرکت نیز

۶- نتیجه گیری

منطقه سقز واقع در بخش شمال باختری زون دگرگونی سنندج- سیرجان متاثر از فازهای متعدد دگرریختی قرار گرفته است که این مسئله را می توان به صورت ایجاد نسل های مختلف گسلش در محیط های شکل پذیر (در قالب تشکیل چین ها و پهنه های برشی) و شکل پذیر- شکننا (در قالب توسعه همزمان چین ها و شکستگی ها) و شکننا (در قالب توسعه شکستگی ها) مشاهده نمود. توسعه گسل ها نقش عمده ای در ایجاد چارچوب ساختاری و دگرریخت کردن منطقه داشته و جایگیری و موقعیت مکانی این گسل ها و رده های ثانویه مرتبط با آنها، سیمای ساختاری منطقه را رقم زده است. مهمترین گسل های شناسایی شده در منطقه عبارتند از گسل شیواتو، تموغه، حسن سالاران، سقز و پیریونس و سنته می باشد.

در این منطقه، سه روند اصلی گسلش شناسایی شد، که ترتیب تقدم و تاخر به گونه ای است که نسل اول (با امتداد N130-140) شامل گسل هایی است که اثرات سینماتیکی آنها را می توان در قالب دگرریختی هایی در محیط شکل پذیر در بخش باختری

منابع:

- ۳۳-۴۰. خلقی خسرقی، م.ر.، ۱۳۷۸، نقشه زمین‌شناسی چهارگوش چاپان، مقیاس ۱/۱۰۰۰۰۰، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور
- محل، م.، ۱۳۸۳- ساختار در پهنه‌های برشی طلا دار منطقه آلوت (کردستان)، کتابچه بیست و سومین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران.
- یارمحمدی، ع.، راستاد، ا.، ۱۳۸۵- دگرشکلی و نقش آن در افزایش بازیافت طلا در ذخیره ماسی سولفید غنی از طلای باریکا، خاور سردشت، کتابچه بیست و پنجمین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران.
- افتخارنژاد، ج.، ۱۳۵۲، نقشه زمین‌شناسی چهارگوش مهاباد، مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور
- باباخانی، ع.، حریری، ع.، فرجندی، ف.، ۱۳۸۲- نقشه و شرح نقشه زمین‌شناسی ورقه سقز با مقیاس ۱/۱۰۰۰۰۰، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- تاج‌الدین، ح.، راستاد، ا.، یعقوب‌پور، ع.، محل، م.، ۱۳۹۲- اثرات دگرگونی و دگرشکلی بر کانسار سولفید توده‌ای غنی از طلای باریکا، خاور سردشت، شمال باختر پهنه دگرگونی سندانج- سیرجان، فصلنامه علوم زمین، سال ۲۲، شماره ۸۷، صفحات
- Palaeozoic-Mesozoic rocks, Sanandaj-Sirjan Zone, Western Iran. Ph.D. thesis, University of Wollongong, Wollongong, Australia, 230 pp.
- Mohajjel, M., and Sahandi, M.R., 1998 -. Geological Survey of Iran, 31, 22.
- Marrett, R. & Allmendinger, R. W., 1990- Kinematic analysis of fault-slip data, J. of structural Geology, Vol. 12, No. 8, pp. 973-986
- Ramsay, J. G. & Huber, M. I., 1987- The techniques of modern structural geology, 2: Folds and Fractures.
- Taraz, H., 1974- Description of Geological Map of Surmagh-Deh Bid Area. Report no. 37, Geological Survey of Iran, Tehran. 1:250000 Series sheet G10, Geological survey of Iran. Academic Press, 391 pp.
- Stocklin, j., 1968- Structural history and tectonics of Iran, a review. American Association of Petroleum geologists Bulletin, 52(7), PP. 1229- 1258.
- Safari, H., Pirasteh, S. and Shattri, B.M., 2011- Role of Kazerun Fault for Localizing Oil Seepage in the Zagros Mountains, Iran: an Application of GiT, International Journal of Remote sensing, Vol: 32, No: 1, 1-16
- Safari H.O., Abbaszadeh Z., Mollae S. and Raghimi M., 2011, Structural Controls on Distribution Patterns of Springs In Alborz- Kope Dagh Boundary, Gorgan, Iran, International Geoinformatics Research & Development Journal, Vol. 2, Issue 3, pp. 11- 21.

Reference:

- Alavi-Naeini et al., 1976- Geological map of Takab, with the scale of 1:250,000. Geological Survey of Iran.
- Aliyari, F., Raštad, E., Mohajjel, M., 2012- Gold Deposits in the Sanandaj-Sirjan Zone: Orogenic Gold Deposits or Intrusion-Related Gold Systems?, Resource Geology, Vol. 62, No. 3: 296-315
- Alric, G. & Virlogeux, D., 1977- Petrographie et geochemie des roches metamorphiques et agmatiques de la region de Deh Bid-Bawanat, chaine de Sanandaj Sirjan, Iran. These, 3eme cycle, Universite Scientifique et Medicale de Grenoble, Grenoble.
- Berberian, M., 1976- Contribution to the seismo-tectonic of Iran, 1976. Geo. Sur. Iran, Rep No: 39
- Eftekharnazhad, G., 1973- Geological map of Saghez, Scale: 1/250000., Geological Survey, Iran.
- Hoshmandzade, A. & Sohili, M., 1990- Description of Geological Map of Eqlid Sheet, Geological map of Iran.
- Lillesand, T.M. & Kiefer, R.W., 2000- Remote Sensing and Image Interpretation, 4th ed.; John Wiley and Sons: New York, NY, USA; pp. 20-180.
- Mohajjel, M., Fergusson, C.L. and Sahandi, M.R., 2003- Cretaceous-Tertiary convergence and continental collision, Sanandaj-Sirjan zone, western Iran. Journal of Asian Earth Sciences, 21, 397-412
- Mohajjel, M., 1997- Structure and tectonic evolution of

Investigation on different faulting stages in Saqqez area and extract the Geodynamic pattern

Mehdi Mojallal¹, Hojjat ollah Safari*², Erfan Haji³

1 MSc in Tectonics, Geology Department, Golestan University, Gorgan, Iran.

2 Associated Professor in Tectonics, Geology Department, Golestan University, Gorgan, Iran.

3 PhD in Tectonics, Geology Department, Golestan University, Gorgan, Iran.



Abstract:

The Saqqez area, situated in NW of Sanandaj-Sirjan metamorphic zone, was affected by several deformation stages which exhibit as forming of different faulting stages in Ductile to Brittle environments. The development of faults plays an import role in establishment of structural framework and deformation of this area. In this research, the outcropped rock units and main lineaments were extracted by using of remote sensing and GIS techniques. Then, the main and minor faults were defined and measured (their characteristics) in field surveys. The results of Kinematic and Geometrical analysis show that three stages of faulting were happened. The arrangement of faulting primacy is: the first stage faulting (with N130-140 trend) has deformations in ductile circumstance (in western part). Then, this stage was cut by second order of faulting (N60-70) in ductile to ductile-brittle condition. Finally, all of faulting were ruptured and offset by third order faults with N10-20 trend in brittle condition. These three stages of faulting formed the curve-shape of structures and rock unit patterns.

Kay Words: Sanandaj-Sirjan, main lineaments, deformation, saqqaz, remote sensing

* safari.ho@gmail.com