





دانشگاه شاهرود

دانشکده علوم زمین

گروه تکتونیک

دگر یختی سنوزوئیک شمال شرق آرادان

مهتاب کرمی

استاد راهنما

دکتر پرویز امیدی

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

شهریور ۱۳۹۴

دانشگاه شاهرود

دانشکده: علوم زمین

گروه: نکتونیک

پایان نامه کارشناسی ارشد خانم مهتاب کرمی به شماره دانشجویی: ۹۱۰۶۱۶۴
تحت عنوان: دگرریختی سنوزونیک شمال شرق آرادان

در تاریخ ۱۳۹۴/۶/۱۶ توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد مورد ارزیابی و با درجه خیلی خوب مورد پذیرش قرار گرفت.

امضاء	اساتید مشاور	امضاء	اساتید راهنما
	نام و نام خانوادگی:		نام و نام خانوادگی: دکتر پرویز امیدی
	نام و نام خانوادگی:		نام و نام خانوادگی:

امضاء	نمایندگه تحصیلات تکمیلی	امضاء	اساتید داور
	نام و نام خانوادگی: دکتر عزیزاله طاهری	دکتر محسن خادمی	نام و نام خانوادگی:
		دکتر رمضان رضانی اومالی	نام و نام خانوادگی:
			نام و نام خانوادگی:
			نام و نام خانوادگی:



مدیریت تحصیلات تکمیلی
فرم شماره (۶)

باسمه تعالی

شماره: ۱۱۷۳۲
تاریخ: ۹۴/۷/۱۲
ویرایش:

فرم صورت جلسه دفاع از پایان نامه تحصیلی دوره کارشناسی ارشد

با تأییدات خداوند متعال و با استعانت از حضرت ولی عصر (عج) نتیجه ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد خانم مهتاب کرمی به شماره دانشجویی ۹۱۰۶۱۶۴ رشته زمین شناسی گرایش تکتونیک تحت عنوان دگرریختی سنوزوئیک شمال شرق آرادان که در تاریخ ۱۳۹۴/۶/۱۶ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می گردد:

قبول (با درجه : بسیار خوب امتیاز ۱۸-۱۸) دفاع مجدد مردود

۱- عالی (۲۰ - ۱۹)

۲- بسیار خوب (۱۸/۹۹ - ۱۸)

۳- خوب (۱۷/۹۹ - ۱۶)

۴- قابل قبول (۱۵/۹۹ - ۱۴)

۵- نمره کمتر از ۱۴ غیر قابل قبول

عضو هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
۱- استاد راهنما	دکتر پرویز امیدی	استادیار	
۲- استاد مشاور			
۳- نماینده شورای تحصیلات تکمیلی	دکتر عزیزاله طاهری	استاد	
۴- استاد ممتحن	دکتر محسن خادمی	استادیار	
۵- استاد ممتحن	دکتر رمضان رضانی اومالی	استادیار	

رئیس دانشکده: پرویز امیدی
امضاء

تقدیم به

پدر و مادرم

که در تمام مراحل زندگی پشتیبان من بوده اند.

در برابر وجودشان زانوی ادب بر زمین نهاده و بادلی

ملو از عشق و خضوع بردم تا نشان بوسه می زخم.

به نام خدایی که در این نزدیکی است...

حمد و سپاس پروردگاری که لطف و کرم بی‌کرانش اینجانب را نیز در گرفت تا گامی کوچک در کسره علم بردارم. بر خود لازم می‌دانم تا مراتب سپاس را از بزرگوارانی به جا آورم که اگر دست یاریشان نبود، هرگز این پایان نامه به انجام نمی‌رسید. سپاس و تشکر بی‌کران از زحمات بی‌دریغ استاد عالی قدر جناب آقای دکتر پرویز امیدی که زحمت راهنمایی این پایان نامه را به عهده داشتند. همچنین از جناب آقای دکتر رضائی اومالی و جناب آقای دکتر خادمی که زحمت داوری این پایان نامه را بر عهده داشتند، نهایت سپاسگزاری را دارم. نهایت سپاس را از اساتید و پرسنل محترم دانشکده علوم زمین، بخصوص دکتر محمود صادقیان و دکتر عزیزاله طاهری و مهندس زهره فارسی دارم که در طی دوران کارشناسی ارشد، بنده را از الطاف بی‌دریغشان محروم نساختند.

سپاس به مهربانترین هم‌رئیس زندگیم به پدر، مادر و خواهران عزیزم که همواره حامی و پشتیبان من بوده‌اند. و در انتها از جناب آقای دکتر محمد رضا قاسمی و جناب آقای دکتر رضا نوز عیم و تاهمی دوستانم که به نحوی در به ثمر رسیدن این پایان نامه نقش داشته‌اند، بخصوص آذرا فشارساوات، رانف خلیلی طرچه، محبوبه حسینی، الهام خراسانی، ناهید طائفی، فاطمه توحیدی فر، سمیه صالحی نسب، زهرا حمید، لیلا بزرگرمی، مجید تاشی، شکر و قدردانی می‌نمایم.

مستاب کرمی

شهریور ۱۳۹۴

تعهد نامه

اینجانب مهتاب گرمی، دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته زمین شناسی- تکتونیک دانشکده علوم زمین دانشگاه شاهرود نویسنده پایان نامه دگرریختی سنوزوئیک شمال شرق آرادان، تحت راهنمایی دکتر پرویز امیدی متعهد می‌شوم.

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهش‌های محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ‌جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه شاهرود می‌باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه شاهرود » و یا «Shahrood University» به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده‌اند در مقالات مستخرج از پایان‌نامه رعایت می‌گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان‌نامه، در مواردی که از موجود زنده (یا بافت‌های آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان‌نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.

تاریخ: ۱۳۹۴/۰۶/۱۶



امضای دانشجو:

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه‌های رایانه‌ای، نرم‌افزارها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه شاهرود می‌باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان‌نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.

چکیده

منطقه‌ی مورد مطالعه بخش کوچکی از حاشیه جنوبی البرز مرکزی است. و در شمال، شمال خاور شهرستان آرادان و در فاصله بین دره شمال جلیل آباد تا دره عبدالله آباد واقع شده است. در این منطقه رخنمون‌هایی از سازندهای سنوزوئیک شامل قرمز زیرین، قم، قرمز بالایی، کنگلومرای هزاردره و نهشته‌های کواترنری قابل مشاهده است. روند ساختارهای زمین‌شناسی منطقه، اعم از چین‌ها و گسل‌ها، خاوری - باختری تا شمال خاوری - جنوب باختری است. چین‌های مطالعه شده، طبق رده‌بندی فلوتی بر مبنای زاویه‌ی بین دو یال (Fleuty 1964)، به طور عمده در رده‌ی باز و تعداد محدودی از آنها در رده‌ی ملایم و بسته قرار می‌گیرند. بر اساس شیب سطح محوری و میل لولا، چین‌ها در چهار رده‌ی ایستاده و با میل تقریباً افقی (Upright sub-horizontal plunging)، ایستاده با میل ملایم (Upright - gently plunging)، پرشیب با میل تقریباً افقی (Steeply inclined- Sub horizontal plunging) و شیب متوسط با میل ملایم (Moderately inclined - gently plunging) قرار می‌گیرند. گسل‌های اصلی منطقه مانند گرمسار، سرخ‌کلوت، F2 و F3 دارای روند خاوری - باختری و سازوکار معکوس با مؤلفه راستالغز چپ‌بر می‌باشند. بر روی برخی گسل‌ها مانند: F2, F3, F4, F5 گواهی‌های مربوط به دو مرحله جنبش به ثبت رسیده است. به طوری که جنبش‌های شیب‌لغز (معکوس)، حاصل فاز قدیمی و جنبش‌های امتداد لغز حاصل فاز جوان‌تر می‌باشند. محاسبات تنش دیرین بر مبنای تحلیل لغزش گسل‌ها، (که تمامی آن‌ها بر روی سازند قم اندازه‌گیری شده است) موقعیت تنش‌های اصلی σ_1 ، σ_2 و σ_3 را به ترتیب ۱۰/۳۴۵، ۰۶/۰۷۷ و ۷۸/۱۹۸ نشان داد. که مؤید حاکمیت رژیم تنشی چیره‌ی فشاری در بازه زمانی نوزمین ساختی است.

واژه‌های کلیدی: البرز مرکزی، آرادان، گرمسار، سرخ‌کلوت.

مقالات مستخرج از این پایان نامه

✓ "ویژگی‌های هندسی چین خوردگی در تپچه کوه (البرز مرکزی، شمال خاور گرمسار)"، سی و سومین گردهمایی ملی علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، اسفند ۱۳۹۳.

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه

- ۱-۱- موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی ۲
- ۲-۱- تعریف مسئله و هدف‌های تحقیق ۲
- ۳-۱- روش انجام تحقیق ۳
- ۴-۱- زمین‌ریخت‌شناسی منطقه مورد مطالعه ۴
- ۵-۱- تاریخچه مطالعات پیشین ۸

فصل دوم: زمین‌شناسی عمومی

- ۱-۲- زمین‌ساخت البرز ۱۲
- ۲-۲- چین‌شناسی ۱۶
- ۱-۲-۲- سازند قرمزیرین ۱۶
- ۲-۲-۲- سازند قم ۱۸
- ۳-۲-۲- سازند قرمزبالایی ۲۱
- ۴-۲-۲- سازند هزاردره ۲۲
- ۵-۲-۲- رسوبات کواترنری ۲۳

فصل سوم: زمین‌شناسی ساختمانی

- ۱-۳- چین‌ها ۲۸
- ۱-۱-۳- چین‌خوردگی در تیجه‌کوه ۲۹
- ۲-۱-۳- تاقدیس سرآسیاب ۳۵
- ۳-۱-۳- تاقدیس لاسجردشت ۳۷
- ۴-۱-۳- ناودیس لاسجردشت ۴۲
- ۲-۳- شکستگی‌ها ۴۷
- ۱-۲-۳- گسل‌ها ۴۸
- ۱-۱-۲-۳- شاخ‌های ریخت‌شناسی سطح گسل ۴۸
- ۲-۲-۳- شکستگی‌های فرعی مرتبط با گسل (Riedel shear) ۵۳

۵۸.....	۳-۲-۳- گسل‌های منطقه.....
۵۸.....	۳-۲-۳-۱- گسل گرمسار.....
۶۸.....	۳-۲-۳-۲- گسل کواترنری شمال دهنمک.....
۷۰.....	۳-۲-۳-۳- گسل سرخ کلوت.....
۷۳.....	۳-۲-۳-۴- گسل F1.....
۷۴.....	۳-۲-۳-۵- گسل F2.....
۷۶.....	۳-۲-۳-۶- گسل F3.....
۸۰.....	۳-۲-۳-۷- گسل F4.....
۸۱.....	۳-۲-۳-۸- گسل F5.....
۸۲.....	۳-۲-۳-۹- گسل F6.....
۸۳.....	۳-۲-۳-۱۰- گسل F7.....
۸۴.....	۳-۲-۳-۱۱- گسل F8.....
۸۵.....	۳-۲-۳-۱۲- گسل F9.....
۸۶.....	۳-۲-۳-۱۳- گسل F10.....
۸۷.....	۳-۳- بررسی درزه‌ها.....
۸۷.....	۳-۳-۱- درزه‌های مرتبط با چین خوردگی.....
۸۹.....	۳-۳-۲- تحلیل درزه‌های مرتبط با چین خوردگی.....
۸۹.....	۳-۲-۳-۱- درزه‌های مرتبط با چین خوردگی نتیجه‌کوه.....
۹۱.....	۳-۲-۳-۲- درزه‌های مرتبط با تاقدیس لاسجردشت.....
فصل چهارم: بررسی میدان تنش در منطقه مورد مطالعه	
۹۶.....	۴-۱- روش‌های زمین‌ساختی.....
۹۸.....	۴-۲- روش‌های تعیین موقعیت محورهای اصلی تنش.....
۹۹.....	۴-۲-۱- روش اندرسون (Andersonian Method).....
۹۹.....	۴-۲-۲- روش برگشتی (Stress Inversion Method).....
۱۰۲.....	۴-۲-۳- روش دووجهی مستقیم (Right Dihedral Method) یا روش آنجلیه و مکلر.....

۳-۴- تعیین موقعیت محورهای اصلی تنش با استفاده از گسل‌ها ۱۰۲

فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها

۱-۵- الگوی چین خوردگی ۱۰۶

۲-۵- ارتباط درزه‌ها با چین خوردگی ۱۰۸

۳-۵- الگوی گسلش ۱۱۱

۴-۵- تحلیل دینامیکی (بررسی ویژگی‌های میدان تنش) ۱۱۴

۵-۵- پیشنهادها ۱۱۸

پیوست ۱۱۹

منابع ۱۳۷

فهرست شکل‌ها

- شکل ۱-۱- موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی منطقه مورد مطالعه بر روی تصویر ماهواره‌ای Landsat7. ۲
- شکل ۱-۲- تصویری صحرایی از سازند قم در منطقه عبدالله‌آباد. ۵
- شکل ۱-۳- تصویری صحرایی از سازند قرمز بالایی به عنوان دومین ریخت منطقه. ۶
- شکل ۱-۴- ریزش طبقات فوقانی در واحدهای نمک گرمسار. ۷
- شکل ۱-۵- الف- تصویری صحرایی از آبرفت‌های عهد حاضر ب- تصویری صحرایی از پادگانه‌های آبرفتی. ۷
- شکل ۱-۶- تصویری سه بعدی از منطقه مورد مطالعه به منظور نمایش ریخت زمین‌ساخت منطقه. ۸
- شکل ۱-۲- ۱- تصویر SRTM از رشته کوه البرز در شمال ایران. ۱۳
- شکل ۲-۲- تکامل ساختاری البرز در اواخر دوران سنوزوئیک. ۱۶
- شکل ۲-۳- رخنمونی از سازند قرمز زیرین در تاقدیس میانی تیجه‌کوه در منطقه عبدالله‌آباد. ۱۷
- شکل ۲-۴- رخنمونی از سازند قم در تاقدیس لاسجردشت. ۱۹
- شکل ۲-۵- الف- رخنمونی از سازند قم در دره رامه ب- کارستی شدن آهک‌های سازند قم در تاقدیس لاسجردشت ج- نمونه‌ای از فسیل‌های موجود در سازند قم، د- کنگلومرای قاعده‌ای در مرز سازند قم با سازند قرمز پایینی. ۲۰
- شکل ۲-۶- رخنمونی از سازند قرمز بالایی. ۲۲
- شکل ۲-۷- رخنمونی از سازند هزاردره. ۲۳
- شکل ۲-۸- الف- نهشته‌های آبرفتی جوان Q_2^1 ب- نهشته‌های آبرفتی قدیمی Q_1^1 ج- رسوبات آبرفتی بستر آبراهه‌ها. ۲۴
- شکل ۲-۹- الف- تصویری از پادگانه آبرفتی رودخانه‌ای در دره‌ی عبدالله‌آباد ب- تغییرات سطح اساس رودخانه در دره عبدالله‌آباد. ۲۴
- شکل ۲-۱۰- ۱- ستون چینه‌شناسی مربوط به سازندهای سنوزوئیک در منطقه مورد مطالعه. ۲۵
- شکل ۲-۱۱- نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه. ۲۶
- شکل ۳-۱- موقعیت چین‌های منطقه مورد مطالعه بر روی تصویر ماهواره‌ای Landsat 7. ۲۹
- شکل ۳-۲- نقشه زمین‌شناسی تیجه‌کوه. ۳۰
- شکل ۳-۳- تصویر ماهواره‌ای تیجه‌کوه (برگرفته از Google Earth) که در آن موقعیت چهار پیمایش صورت گرفته بر روی چین خوردگی تیجه‌کوه مشخص شده است. ۳۱
- شکل ۳-۴- برش عرضی نمادین از چین خوردگی در تیجه‌کوه. ۳۱
- شکل ۳-۵- تصویری از لایه‌بندی یال شمالی در ناودیس شمالی. ۳۲
- شکل ۳-۶- استریوگرام‌های حاصل از اطلاعات ساختاری ناودیس شمالی. ۳۲
- شکل ۳-۷- تصویری صحرایی از تاقدیس میانی همراه با استریوگرام‌های ساختاری. ۳۳

- شکل ۳-۸- تصویری صحرایی از ناودیس جنوبی همراه با استریوگرام‌های ساختاری ۳۴
- شکل ۳-۹- تصویری صحرایی از هسته تاقدیس سرآسیاب ۳۶
- شکل ۳-۱۰- استریوگرام‌های حاصل از اطلاعات ساختاری تاقدیس سرآسیاب ۳۶
- شکل ۳-۱۱- تصویر ماهواره ای Landsat 7 که در آن برش‌های عرضی بر روی تاقدیس لاسجردشت مشخص گردیده است ۳۷
- شکل ۳-۱۲- الف- تصویری صحرایی از هسته تاقدیس لاسجردشت ب- برگشتگی لایه‌ها در برش A-A' ۳۸
- شکل ۳-۱۳- استریوگرام‌های حاصل از اطلاعات ساختاری تاقدیس لاسجردشت برش عرضی A-A' ۳۸
- شکل ۳-۱۴- برش عرضی نمادین از چین‌خوردگی لاسجردشت در پیمایش A-A' ۳۹
- شکل ۳-۱۵- استریوگرام‌های حاصل از اطلاعات ساختاری تاقدیس لاسجردشت برش عرضی B-B' ۳۹
- شکل ۳-۱۶- استریوگرام رسم شده از چین لاسجردشت و سطح گسل F2 ۴۰
- شکل ۳-۱۷- استریوگرام‌های حاصل از اطلاعات ساختاری تاقدیس لاسجردشت برش عرضی C-C' ۴۱
- شکل ۳-۱۸- تصویری صحرایی از تاقدیس لاسجردشت ۴۱
- شکل ۳-۱۹- تصویر ماهواره‌ای از ناودیس لاسجردشت ۴۲
- شکل ۳-۲۰- تصویری صحرایی از لایه‌بندی یال شمالی ناودیس لاسجردشت ۴۳
- شکل ۳-۲۱- استریوگرام‌های حاصل از اطلاعات ساختاری ناودیس لاسجردشت ۴۳
- شکل ۳-۲۲- تصویری سه بعدی از منطقه که در آن چین‌های منطقه همراه با برش عرضی A-A' نشان داده شده است ۴۵
- شکل ۳-۲۳- برش عرضی نمادین شمالی - جنوبی (A-A') ۴۵
- شکل ۳-۲۴- موقعیت چین‌های منطقه در تصویر ماهواره‌ای Landsat 7 همراه با استریوگرام‌های ساختاری که در آن سطح محوری مشخص شده است ۴۶
- شکل ۳-۲۵- نمایش سه نوع شکستگی ۴۷
- شکل ۳-۲۶- طبقه‌بندی شاخص‌های ریخت‌شناسی سطح گسل ۵۰
- شکل ۳-۲۷- الف- نمایش پله‌های گسلی به صورت بلوک دیاگرام ب- تصویر صحرایی از پله‌های گسلی ۵۱
- شکل ۳-۲۸- تصویر صحرایی از ساختارهای V شکل بر روی سطح گسل ۵۲
- شکل ۳-۲۹- تصویری صحرایی از خطواره‌های کانیایی در منطقه مطالعاتی ۵۲
- شکل ۳-۳۰- تصویری صحرایی از مناظر نامتقارن بر روی سطح گسل ۵۳
- شکل ۳-۳۱- موقعیت شکستگی‌های برشی نسبت به گسل اصلی ۵۴
- شکل ۳-۳۲- الف- نمودار سه بعدی نشان دهنده‌ی سطح گسل اصلی (M) و برشی نوع R ب- تصویری صحرایی از شکستگی R همراه با استریوگرام آنها ۵۵
- شکل ۳-۳۳- الف- نمودار سه بعدی نشان دهنده‌ی سطح گسل اصلی (M) و برشی نوع R' ب- تصویری صحرایی از شکستگی R' همراه با استریوگرام آنها ۵۶

- شکل ۳-۳۴-الف- نمودار سه بعدی نشان دهنده‌ی سطح گسل اصلی (M) و شکستگی‌های کششی ب-
تصویری صحرایی از شکستگی کششی همراه با استریوگرام آنها..... ۵۷.....
- شکل ۳-۳۵- تصویر DEM منطقه مورد مطالعه که در آن گسل‌های گرمسار و سرخ‌کلوت مشخص شده است.
..... ۵۸.....
- شکل ۳-۳۶- تصویری سه بعدی از منطقه مورد مطالعه که در آن گسل گرمسار و سرخ‌کلوت نشان داده شده
است. ۵۹.....
- شکل ۳-۳۷- موقعیت ایستگاه‌های برداشت شده از گسل گرمسار در تصویر ماهواره‌ای Landsat 7..... ۵۹.....
- شکل ۳-۳۸- تصویری صحرایی از گسل گرمسار در ایستگاه اول همراه با استریوگرام ساختاری حاصل از
اطلاعات ساختاری..... ۶۰.....
- شکل ۳-۳۹- تصویری صحرایی از گسل گرمسار در ایستگاه دوم همراه با استریوگرام ساختاری آن. ۶۱.....
- شکل ۳-۴۰- تصویری صحرایی از گسل گرمسار در ایستگاه سوم همراه با استریوگرام حاصل از اطلاعات
ساختاری..... ۶۲.....
- شکل ۳-۴۱- تصویری از لایه بندی در کنگلومرای هزاردره ۶۳.....
- شکل ۳-۴۲- تصویری صحرایی از سطح گسل در کنگلومرای هزاردره در بنه‌کوه..... ۶۴.....
- شکل ۳-۴۳- تصویر ماهواره‌ای Google Earth که محل‌های برداشت داده‌های گسل گرمسار در ایستگاه
چهارم نشان داده شده است..... ۶۴.....
- شکل ۳-۴۴- تصویری صحرایی از سازند کنگلومرای هزاردره در مسیر ایوانکی-آبسرد..... ۶۵.....
- شکل ۳-۴۵- استریوگرام‌های ساختاری حاصل از سطوح گسلی گرمسار که دارای خراش گسلی هستند. ... ۶۶.....
- شکل ۳-۴۶- تصویر ماهواره‌ای Google Earth که بیشینه میزان جابه‌جایی افقی در راستای گسل گرمسار در
حدود ۱۶۰ متر را نشان می‌دهد..... ۶۷.....
- شکل ۳-۴۷- زمین‌لرزه‌های دستگاهی از سال ۱۹۸۰-۲۰۱۴ به شعاع صد کیلومتری به مرکزیت گرمسار... ۶۷.....
- شکل ۳-۴۸- انحراف و جابجایی آبراهه‌ها بر اثر عملکرد یک گسل راستالغز چپ‌بر..... ۶۸.....
- شکل ۳-۴۹- چگونگی جابجایی آبراهه‌ها توسط گسل‌های نرمال، معکوس و امتدادلغز..... ۶۹.....
- شکل ۳-۵۰- الف- نمایش اثر گسل کواترنری شمال دهنمک بر روی تصویر ماهواره‌ای Google earth، ب-
قطع شدگی آبراهه‌ها در اثر عملکرد گسل کواترنری شمال دهنمک..... ۷۰.....
- شکل ۳-۵۱- تصویر ماهواره‌ای لندست ۷ که در آن گسل سرخ‌کلوت مشخص شده است..... ۷۲.....
- شکل ۳-۵۲- رانده شدن سازند قم بر روی سازند قرمز بالایی در دهانه دره رامه بر اثر عملکرد رانده‌گی
سرخ‌کلوت ۷۲.....
- شکل ۳-۵۳- تصویری صحرایی از گسل F1 ۷۴.....
- شکل ۳-۵۴- نمودار سیکلوگرافیک بدست آمده از داده‌های برداشت شده از سطح گسل F1..... ۷۴.....
- شکل ۳-۵۵- ایستگاه‌های برداشت شده از گسل F2..... ۷۵.....

- شکل ۳-۵۶- تصویری صحرایی از گسل F2 همراه با خراش‌های گسلی ۷۶
- شکل ۳-۵۷- نمودار سیکلوگرافیک بدست آمده از داده‌های برداشت شده از سطح گسل F2 ۷۶
- شکل ۳-۵۸- ایستگاه‌های برداشت شده برای گسل F3 ۷۷
- شکل ۳-۵۹- تصویری صحرایی از گسل F3 همراه با خراش‌های گسلی ۷۸
- شکل ۳-۶۰- نمودار سیکلوگرافیک بدست آمده از داده‌های برداشت شده از سطح گسل F3 ۷۹
- شکل ۳-۶۱- تصویری صحرایی از گسل F3 همراه با خراش‌های گسلی در ایستگاه دوم ۷۹
- شکل ۳-۶۲- تصویری صحرایی از گسل F4 همراه با خراش‌های گسل ۸۱
- شکل ۳-۶۳- نمودار سیکلوگرافیک بدست آمده از داده‌های برداشت شده از سطح گسل F4 ۸۱
- شکل ۳-۶۴- نمایی صحرایی از گسل F5 همراه با استریوگرام حاصل از اطلاعات ساختاری ۸۲
- شکل ۳-۶۵- نمایی صحرایی از گسل F6 همراه با استریوگرام حاصل از اطلاعات ساختاری ۸۳
- شکل ۳-۶۶- نمایی صحرایی از گسل F7 همراه با استریوگرام حاصل از اطلاعات ساختاری ۸۴
- شکل ۳-۶۷- الف- دره گسلی ایجاد شده توسط گسل F8 ب- خراش‌های گسلی ایجاد شده بر روی سطح گسل F8 همراه با استریوگرام حاصل از اطلاعات ساختاری. ۸۵
- شکل ۳-۶۸- تصویری صحرایی از گسل F9 همراه با استریوگرام حاصل از اطلاعات ساختاری ۸۶
- شکل ۳-۶۹- تصویری صحرایی از گسل F10 همراه با استریوگرام حاصل از اطلاعات ساختاری. ۸۷
- شکل ۳-۷۰- الف- محورهای تقارن در ارتباط با چین‌خوردگی ، ب- توسعه انواع مختلف شکستگی‌ها در ارتباط با چین‌خوردگی ۸۸
- شکل ۳-۷۱- موقعیت درزه‌های آرمانی در چین‌خوردگی تیجه‌کوه ۹۰
- شکل ۳-۷۲- استریوگرام‌های مربوط به درزه‌های برداشت شده در تیجه‌کوه و ارتباطشان با سطح محوری و خط لولا. ۹۰
- شکل ۳-۷۳- تصویری صحرایی از درزه‌های برداشت شده از تیجه‌کوه ۹۱
- شکل ۳-۷۴- تصویر ماهواره‌ای Google earth از تاقدیس لاسجردشت که در آن پیمایش‌های T1 و T2 مشخص شده است. ۹۱
- شکل ۳-۷۵- موقعیت درزه‌های آرمانی در پیمایش T1 ۹۲
- شکل ۳-۷۶- استریوگرام‌های مربوط به درزه‌های برداشت شده و ارتباطشان با سطح محوری و خط لولا در پیمایش T1 ۹۳
- شکل ۳-۷۷- موقعیت درزه‌های آرمانی در پیمایش T2 ۹۳
- شکل ۳-۷۸- استریوگرام‌های مربوط به درزه‌های برداشت شده و ارتباطشان با سطح محوری و خط لولا در پیمایش T2 ۹۴
- شکل ۳-۷۹- تصویری صحرایی از درزه‌های برداشت شده در پیمایش T2 ۹۴
- شکل ۴-۱- موقعیت محورهای اصلی تنش نسبت به عناصر اصلی چین. ۹۷

- شکل ۲-۴- تصویری صحرایی از شکستگی کششی که توسط ژئوپس پر شده است. ۹۸.....
- شکل ۳-۴- رژیم استرس در ارتباط با حالت‌های مختلف لغزش گسل در مدل اندرسون ۹۹.....
- شکل ۴-۴- سه حالت از شکل بیضوی تنش ۱۰۱.....
- شکل ۵-۴- الف- چگونگی قرارگیری ربع‌های P و T در یک گسل معکوس، ب- چگونگی محدود کردن دو وجهی‌های کشش و فشارش و مشخص کردن موقعیتی که بیشترین تطابق را با محور σ_1 و σ_3 دارا می‌باشد. ۱۰۲.....
- شکل ۶-۴- تعیین جهت محورهای اصلی تنش در منطقه‌ی مطالعاتی که با استفاده از نرم افزار WinTensor بدست آمده است. ۱۰۳.....
- شکل ۷-۴- تصاویر برخی از سطوح گسلی بکار رفته در تعیین وضعیت تنش ۱۰۴.....
- شکل ۱-۵- الف- نمودار گل‌سرخ‌ی امتدادی مربوط به سطوح محوری چین‌ها ب- نمودار گل‌سرخ‌ی شیبی که اغلب سطوح محوری چین‌ها دارای شیب بین ۸۰ تا ۹۰ درجه می‌باشند. ۱۰۶.....
- شکل ۲-۵- الف- رده‌بندی چین‌ها براساس شیب سطح محوری و میل لولای چین ب- رده‌بندی چین‌ها براساس زاویه بین دویال ۱۰۷.....
- شکل ۳-۵- تصویری سه بعدی از موقعیت چین‌های منطقه همراه با استریوگرام ساختاری آنها. ۱۰۸.....
- شکل ۴-۵- استریوگرام‌های مربوط به درزه‌های برداشت شده و ارتباطشان با سطح محوری و خط لولا در چین‌های تیجه‌کوه و لاسجرددشت ۱۱۰.....
- شکل ۵-۵- الف- نمودار گل‌سرخ‌ی امتدادی گسل‌های منطقه ب- نمودار گل‌سرخ‌ی شیبی گسل‌ها ۱۱۱.....
- شکل ۶-۵- نقشه ساختاری تهیه شده از منطقه مورد مطالعه ۱۱۳.....
- شکل ۷-۵- تعیین جهت محورهای اصلی تنش در منطقه‌ی مطالعاتی که با استفاده از نرم افزار WinTensor بدست آمده است. ۱۱۵.....
- شکل ۸-۵- فوکال مکانیسم زمین‌لرزه‌های ۱۹۰۹ تا ۲۰۱۱ ایران ۱۱۵.....
- شکل ۹-۵- جهت‌های محورهای کششی و فشارشی در بخش‌های مختلف ایران. ۱۱۶.....
- شکل ۱۰-۵- موقعیت محورهای اصلی تنش بدست آمده از معکوس سازی فوکال مکانیسم‌ها در منطقه البرز ۱۱۶.....
- شکل ۱۱-۵- جهت‌های اصلی محورهای کشش و فشارش زمین‌لرزه‌ها ۱۱۷.....

فهرست جدول‌ها

جدول ۳-۱- خصوصیات هندسی چین خوردگی تیجه کوه ۳۴

جدول ۳-۲- جایگاه چین خوردگی تیجه کوه در تقسیم بندی‌های به کار رفته ۳۵

جدول ۳-۳- خصوصیات هندسی تاقدیس سرآسیاب ۳۶

جدول ۳-۴- جایگاه تاقدیس سرآسیاب در تقسیم بندی‌های به کار رفته ۳۶

جدول ۳-۵- خصوصیات هندسی تاقدیس لاسگردشت ۴۱

جدول ۳-۶- جایگاه تاقدیس لاسگردشت در تقسیم بندی‌های به کار رفته ۴۲

جدول ۳-۷- خصوصیات هندسی ناودیس لاسگردشت ۴۳

جدول ۳-۸- جایگاه ناودیس لاسگردشت در تقسیم بندی‌های به کار رفته ۴۴

جدول ۳-۹- داده‌های برداشت شده از سطح گسل گرمسار ۶۶

جدول ۳-۱۰- داده‌های برداشت شده از سطح R' مرتبط با گسل سرخ کلوت ۷۳

جدول ۳-۱۱- داده‌های برداشت شده از سطح گسل F1 ۷۳

جدول ۳-۱۲- داده‌های برداشت شده از سطح گسل F2 ۷۵

جدول ۳-۱۳- داده‌های برداشت شده از سطح گسل F3 ۷۸

جدول ۳-۱۴- داده‌های برداشت شده از سطح گسل F4 ۸۰

جدول ۳-۱۵- داده‌های برداشت شده از سطح گسل F8 ۸۴

جدول ۳-۱۶- مقایسه درزه‌های موجود با وضعیت آرمانی در پیمایش‌های صورت گرفته بر روی چین خوردگی تیجه کوه ۹۰

جدول ۳-۱۷- مقایسه درزه‌های موجود با وضعیت آرمانی در پیمایش‌های صورت گرفته بر روی تاقدیس لاسگردشت در پیمایش T1 ۹۲

جدول ۳-۱۸- مقایسه درزه‌های موجود با وضعیت آرمانی در پیمایش‌های صورت گرفته بر روی تاقدیس لاسگردشت در پیمایش T2 ۹۴

جدول ۴-۱- موقعیت محوره‌های σ_1 ، σ_2 و σ_3 ، با Win Tensor ۱۰۳

فهرست جدول؛

جدول ۱-۵ - مقایسه موقعیت تنش‌های اصلی محاسبه شده در این پژوهش با نتایج حاصل از کار پژوهشگران

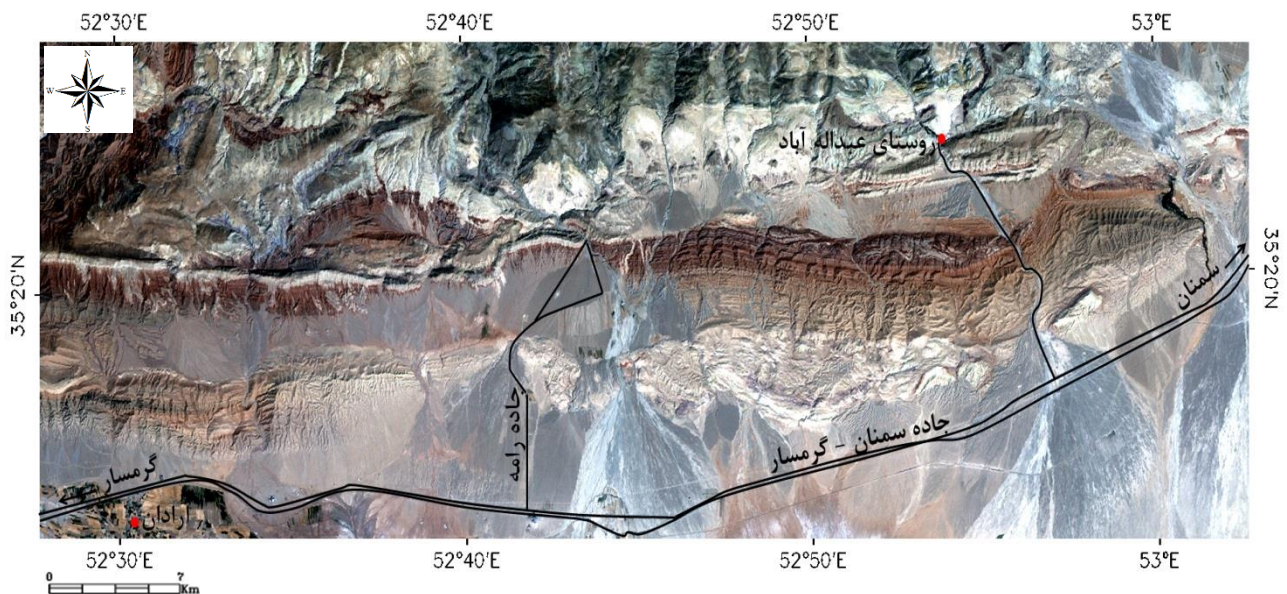
دیگر..... ۱۱۴

فصل اول:

مقدمه

۱-۱- موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی

ناحیه‌ی مورد مطالعه در فاصله‌ی بین طول‌های $52^{\circ}47'$ تا $52^{\circ}49'$ خاوری و عرض‌های $35^{\circ}23'$ تا $35^{\circ}39'$ شمالی قرار دارد. از دیدگاه زمین‌شناسی ایران، این منطقه، بخش کوچکی از نیمه‌ی جنوبی واحد ساختاری-رسوبی البرز و در فاصله‌ی بین شمال آرادان تا روستای عبدالله‌آباد واقع می‌باشد. جاده‌ی آسفالتی سمنان-گرمسار و راه‌های فرعی منشعب از آن و دره‌های عرضی موجود در منطقه، از جمله راه‌های دسترسی به منطقه‌ی مورد مطالعه می‌باشند (شکل ۱-۱).



شکل ۱-۱- موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی منطقه مورد مطالعه بر روی تصویر ماهواره‌ای Landsat7 (برگرفته از Google Earth).

۱-۲- تعریف مسئله و هدف‌های تحقیق

رشته‌کوه البرز در شمال ایران، مجموعه ارتفاعاتی را به شکل خمیده با طول تقریبی ۲۰۰۰ کیلومتر شامل می‌شود که از باختر به قفقاز کوچک و از خاور به کوه‌های پاراپامیسوس در شمال افغانستان متصل است (Alavi 1996). البرز، ناحیه‌ای با دگرریختی فعال در پهنه‌ی برخوردی عربی-اوراسیا می‌باشد که بر مبنای روند ساختاری به سه بخش اصلی البرز خاوری، البرز مرکزی و البرز باختری قابل تقسیم است. این رشته‌کوه در بخش باختری روند کلی شمال باختری-جنوب خاوری و در بخش

خاوری، روند شمال خاوری- جنوب باختری دارد. البرز مرکزی که محل همگرایی این دو امتداد است دارای روند خاوری- باختری می باشد. منطقه‌ی مورد مطالعه از دیدگاه زمین‌شناسی در زون ساختاری البرز مرکزی قرار گرفته و از نظر جغرافیایی در قسمت شمال، شمال خاور شهرستان آرادان واقع شده است. این منطقه رخنمون‌هایی از واحدهای سنگی سنوزوئیک را از دره شمال جلیل‌آباد تا دره عبدالله‌آباد شامل می‌شود. ساختارهای منطقه‌ی مورد مطالعه، اعم از چین‌ها و گسل‌ها، دارای روند چیره خاوری - باختری می‌باشند.

بررسی‌های ساختاری در منطقه با نگاه ویژه به تحولات نو زمین‌ساختی، ضمن ارتقاء دانش مربوط به ویژگی‌های ساختاری در بخشی از کوهزاد مهم البرز، اختصاصات دگرریختی نوزمین‌ساختی منطقه را آشکار خواهد کرد که به عنوان پایه‌ای برای مطالعات بعدی همچون لرزه‌زمین‌ساخت و لرزه‌خیزی می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. در این راستا هدف‌های این تحقیق را می‌توان به این صورت بیان نمود:

- ۱- الگوی هندسی چین‌خوردگی‌ها در منطقه چگونه است؟
- ۲- الگوی هندسی سینماتیکی (حرکتی) گسل‌ها چگونه است؟
- ۳- وضعیت تنش دیرین (سنوزوئیک) در منطقه مورد مطالعه چگونه است و تنش بدست آمده از داده‌های لغزش گسل‌ها چه میزان شباهت با تنش دیرین بدست آمده از سازوکار کانونی زمین‌لرزه‌های دستگاهی دارد؟

۱-۳- روش انجام تحقیق

روش کار در این تحقیق، به ترتیب شامل موارد زیر می‌باشد:

- مطالعات کتابخانه‌ای؛ اعم از مقاله‌ها، کتاب‌ها، پایان‌نامه‌ها و کلیه منابع مرتبط.
- بررسی داده‌های دور سنجی منطقه؛ شامل تصاویر ماهواره‌ای و عکس‌های هوایی.
- انجام مطالعات صحرایی با هدف اندازه‌گیری‌های ساختاری و بررسی واحدهای چین‌خورده و رخنمون گسل‌ها.

- اضافه نمودن و نمایش دستاوردهای این پژوهش، بر روی نقشه‌های موجود و تهیه یک نقشه ارتقاء یافته با مقیاس مناسب از منطقه مورد مطالعه.

لازم به ذکر است که در مطالعات میدانی، برداشت ویژگی‌های لایه‌بندی در پیمایش‌های ساختاری عمود بر روند ساختارهای اصلی صورت گرفته است. در این پیمایش‌ها برداشت موقعیت هندسی لایه‌ها در سازندهای مختلف انجام گرفته، همچنین شناسایی آثار گسلش سطحی و ساختارهای مرتبط با آن در رخنمون‌های مناسب صورت گرفته است. اندازه‌گیری‌های عناصر ساختاری با کمپاس خطی و با شیوه شیب و جهت شیب (Dip, Dip Direction) برای صفحات، و به صورت میل و جهت میل (Plunge, Plunge Direction) برای خطوط انجام شده است.

- تحلیل داده‌های ساختاری

برای تحلیل‌های هندسی، جنبشی و دینامیک داده‌های ساختاری از نرم‌افزارهای تخصصی مرتبط مانند: Win Tensor، Open Stereo، Georient، StereoNet، TectonicFP و ... استفاده شده است.

- تدوین پایان‌نامه و تهیه نقشه‌ی ساختاری و رسم برش‌های توپوگرافی و ساختاری، که از طریق تلفیق اطلاعات بدست آمده از تصاویر ماهواره‌ای، برداشت‌های صحرایی و نقشه‌های توپوگرافی، با استفاده از نرم‌افزارهای مرتبط مانند: Arc GIS، Global Mapper به انجام رسیده است.

۱-۴- زمین ریخت‌شناسی منطقه مورد مطالعه

وضعیت ناهمواری‌های هر منطقه، تابعی از گسترش سازندهای مختلف، وضعیت تکتونیکی و میزان فرسایشی است که در منطقه صورت می‌گیرد.

در منطقه مورد مطالعه، ریخت‌شناسی متأثر از وجود سازندهای قم، قرمزبالایی، قرمزیرین (گنبد‌های نمکی) و نهشته‌های عهد حاضر است.

اولین زمین ریخت موجود در منطقه سازند قم می‌باشد. دو عامل تکتونیکی و سنگ شناختی باعث شده که سازند قم به مرتفع‌ترین واحد زمین ریخت‌شناسی منطقه تبدیل شود، وجود گسل‌های راندگی مثل گسل سرخ‌کلوت که باعث رانده شدن سازند قم بر روی سازند قرمز فوقانی شده‌اند. از طرف دیگر

مقاومت زیادتر آهک در مقابل فرسایش، نسبت به سایر سازندهای شیلی- مارنی منطقه، باعث شده مناطق مرتفع محل‌های رخنمون سازند قم باشند (شکل ۱-۲).



شکل ۱-۲- تصویری صحرایی از سازند قم در منطقه عبداله‌آباد (دید عکس به سمت شمال).

دومین زمین‌ریخت در منطقه سازند قرمز فوقانی می‌باشد. با توجه به این که ترکیب سنگ شناختی این سازند تناوبی از ژئوپس، نمک، مارن، مادستون، شیل، سیلتستون و ماسه‌سنگ تا کنگلومرا می‌باشد و مقاومت هر یک از این واحدهای سنگی در مقابل فرسایش فرق می‌کند، باعث شده که سازند قرمز فوقانی در منطقه به صورت ستیغ‌های بریده بریده دیده شود (شکل ۱-۳).



شکل ۱-۳- تصویری صحرائی از سازند قرمزبالایی به عنوان دومین ریخت منطقه (دید عکس به سمت باختر).

یکی از ویژگی‌های خاص زمین‌شناسی منطقه مورد بررسی وجود دیاپیرها می‌باشد. دیاپیرها در منطقه گسترش زیادی دارند و یکی از سیمای ساختاری زیبا و قابل توجه در منطقه به شمار می‌روند. اغلب دیاپیرهای نمکی با گچ همراه هستند به طوری که در بیشتر مواقع دیاپیرهای نمکی یا دارای سنگ پوش‌های گچی بوده و یا در کنار آن‌ها رخنمون‌های گچ حضور دارد و در برخی مواقع در بالای سنگ نمک، مارن‌های رنگی و شیل و ماسه‌سنگ دیده می‌شود.

اغلب دیاپیرهای منطقه در نواحی گسله بیرون آمده‌اند و بر اثر اعمال نیروهای تکتونیکی، داشتن ویژگی‌های پلاستیکی و وزن مخصوص کمتر از رسوبات پیرامون، به بالا حرکت کرده و رسوبات جوان‌تر از خود، از جمله رسوبات سازند قم و قرمزبالایی را قطع کرده و در اثر این عمل سنگ‌های روی آن‌ها خرد شده‌اند (قره‌چلو، ۱۳۸۸) (شکل ۱-۴).



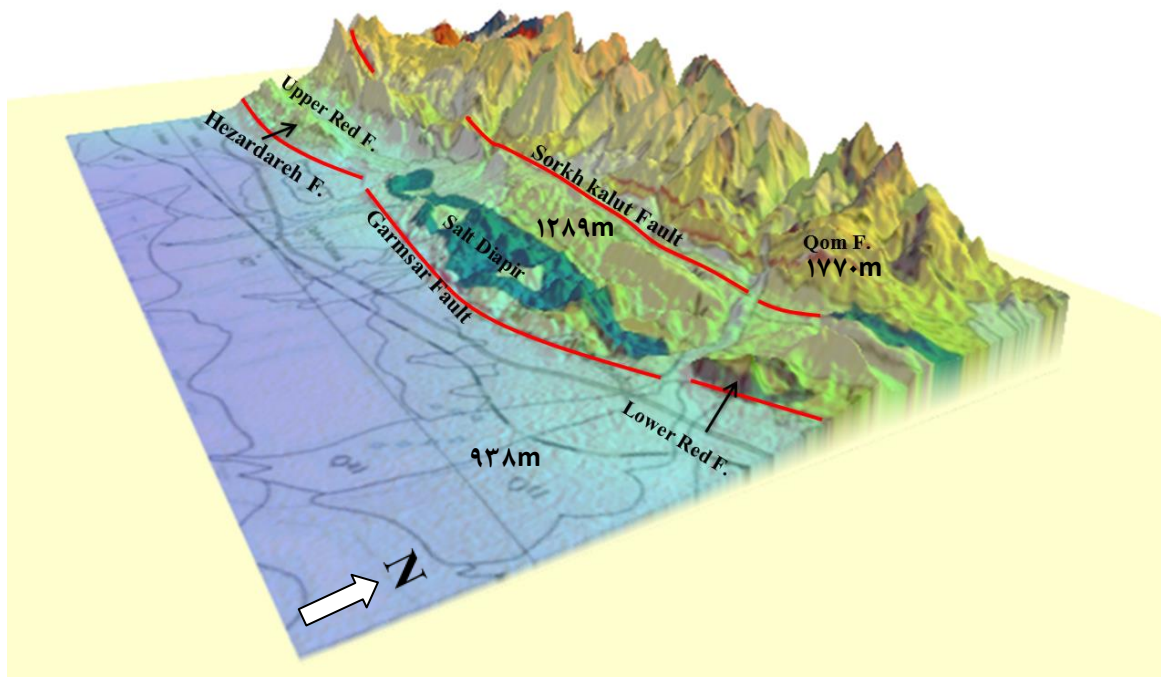
شکل ۱-۴- ریزش طبقات فوقانی در واحدهای نمکی گرمسار (دید به سمت شمال).

و آخرین ریخت، ویژه پادگانه‌های آبرفتی و آبرفت‌های عهد حاضر می‌باشد. سطح پادگانه‌های آبرفتی، هموار و اکثراً با دیواره‌های تقریباً پرشیب، به صورت پرتگاه از اطراف جدا می‌شوند. آبرفت‌های عهد حاضر و شور‌زارهای کویری پست‌ترین بخش منطقه را تشکیل می‌دهند (شکل ۱-۵).



شکل ۱-۵- الف- تصویری صحرائی از آبرفت‌های عهد حاضر (دید عکس به سمت جنوب)، ب- تصویری صحرائی از پادگانه‌های آبرفتی (دیدعکس به سمت خاور).

ریخت‌شناسی منطقه مورد مطالعه به صورت سه بعدی از تلفیق نقشه‌ی زمین‌شناسی و داده‌های ماهواره‌ای از نوع SRTM در نرم‌افزار Global Mapper شبیه‌سازی شده که در شکل ۱-۶ نشان داده شده است.



شکل ۱-۶- تصویری سه بعدی از منطقه مورد مطالعه به منظور نمایش ریخت زمین‌ساخت منطقه.

۱-۵- تاریخچه مطالعات پیشین

زمین‌شناسی رشته‌کوه البرز تاکنون توسط محققان زیادی مورد بررسی قرار گرفته و نتایج آن به صورت گزارش‌ها، پایان‌نامه‌ها، رساله‌ها، مقاله‌ها و نقشه‌ها چاپ و منتشر شده است. از جمله می‌توان به نقشه‌ی زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ و ۱:۱۰۰۰۰۰ سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور اشاره کرد که در چندین چهارگوش و ورق، کل منطقه‌ی البرز را پوشش داده است. و در همه مطالعات به عنوان اطلاعات پایه مورد استفاده قرار می‌گیرد. در همین راستا می‌توان به نقشه زمین‌شناسی سمنان (شهرابی، ۱۳۷۳) و نیز نقشه زمین‌شناسی گرمسار (امینی و رشید، ۱۳۸۳) اشاره نمود که در آن اطلاعات زمین‌شناسی عمومی منطقه مورد مطالعه نشان داده شده است.

هوبر (۱۹۶۰) در مطالعات گسترده خود، زمین‌شناسی و اکتشاف نفت را در ناحیه شمال ایران مرکزی (تهران تا سمنان) مورد توجه قرار داده و نتایج آن را همراه با ستون‌های چینه‌شناسی از برش‌های مختلف به صورت گزارش ارائه کرده است. وی در این گزارش‌ها، سازند سمنان را معرفی کرده و آن را معادل سازند کند می‌داند. نامبرده همچنین تعدادی لایه راهنما بین بخش‌های مختلف سازند قرمز بالایی جدا کرده و سازندهای قم و قرمزبالایی را در نقاط مختلف مقایسه نموده است. در این مطالعه نقشه زمین‌شناسی منطقه به مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ نیز تهیه شده است.

صفایی (۱۳۶۹) پایان‌نامه کارشناسی ارشد خود را بر روی زمین‌ساخت و لرزه‌زمین‌ساخت منطقه گرمسار نوشته است، وی به بررسی دیپایریسم منطقه و حرکات الاستیکی توده‌های نمک و همچنین تکتونیک جوان و فعال منطقه در ناحیه گرمسار پرداخته است.

خرمی و همکاران (۱۳۹۰) با استفاده از اندازه‌گیری‌های شبکه دائمی GPS ایران، کینماتیک کنونی شمال ایران (بخش شمالی ایران مرکزی و پهنه البرز) را در بازه زمانی ۲۰۰۹ - ۲۰۰۵ مورد مطالعه قرار داده‌اند و چگونگی دگرشکلی این منطقه را با استفاده از میدان سرعت و آهنگ کرنش ژئودتیک بررسی می‌کنند. میدان سرعت حاصل از توزیع کنونی ایستگاه‌های دائمی GPS نشان می‌دهد در البرز خاوری ۵ میلی‌متر در سال حرکت امتدادلغز چپگرد و ۲ میلی‌متر در سال کوتاه‌شدگی وجود دارد، در حالی که در البرز مرکزی - باختری مقدار حرکت امتدادلغز چپگرد و کوتاه‌شدگی به ترتیب برابر ۲ میلی‌متر در سال و ۶ میلی‌متر در سال است. قابل توجه است که حدود ۷۰٪ کوتاه‌شدگی موجود در البرز مرکزی - باختری (نزدیک به ۴ میلی‌متر در سال) روی گسل‌های شمال البرز و خزر باختری و مابقی ۲ میلی‌متر در سال در دامنه‌های جنوبی رخ می‌دهد، بنابراین میدان سرعت حاصل، به خوبی نشان می‌دهد که در البرز مرکزی و باختری تغییر شکل عمدتاً از نوع فشارشی و در البرز خاوری از نوع امتدادلغز است.

عبادتی (۱۳۷۷)، به زمین‌ساخت و تکامل ژئودینامیکی گستره گرمسار در قالب پایان‌نامه دوره دکتری (تکتونیک) پرداخته است.

آرین و همکاران (۱۳۸۹-۱۳۹۰)، به نقش گسلش در گسترش سطحی نهشته‌های تبخیری محدوده ورامین- سمنان پرداختند. و مفهوم زمین‌شناختی مرز البرز- ایران مرکزی در گستره تهران تا سمنان و دیپایریسم نمک در طول آن را بررسی نموده‌اند.

پورکرمانی و نظری‌زاده (۱۳۹۰) به بررسی سیستم‌های شکستگی در ساختارهای نمکی پرداخته‌اند. این بررسی‌ها بر اشتراک روند ساختاری خاوری- باختری متأثر از گسل راندگی گرمسار تأکید نموده و گسل راندگی گرمسار به عنوان شکستگی اصلی، عمده‌ترین نقش را در حرکت صعودی و به سطح رسیدن توده‌های نمک ائوسن بالایی- الیگوسن ایفا نموده است و کل مجموعه تبخیری رخنمون یافته، مبین یک سفره روراندگی نمکی در شمال ایران مرکزی می‌باشد.

فصل دوم:

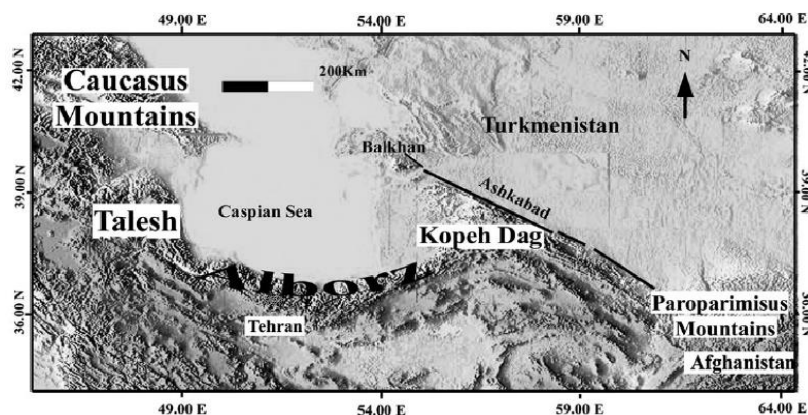
زمین شناسی عمومی

منطقه مورد مطالعه، در زون رسوبی- ساختاری البرز قرار داشته و بخشی از حاشیه‌ی جنوبی البرز مرکزی را شامل می‌شود. در این فصل تاریخچه زمین‌ساختی البرز و چینه‌شناسی منطقه‌ی مورد مطالعه مورد بحث قرار می‌گیرد.

۱-۲- زمین‌ساخت البرز

ایران از نظر زمین‌ساختی بخشی از کمربند فعال آلپ - هیمالیا را تشکیل می‌دهد. وضعیت کنونی ایران از نظر زمین‌ساختی ناشی از همگرایی بین صفحات عربستان و اوراسیا است که دگرشکلی‌های حاصل از آن، به شکل کمربندهای کوهستانی (زاگرس، البرز، کپه‌داغ) و گسل‌های بزرگ امتدادلغز احاطه‌کننده بلوک‌ها (ایران مرکزی، لوت، حوضه خزر جنوبی) نمایان می‌شود (Jackson & Mckenzie 1984; 1988). بسیاری از زمین‌شناسان همچون علوی (Alavi 1996)، رشته‌کوه البرز را بخشی از سلسله جبال آلپ- هیمالیا می‌دانند. که با طولی حدود ۲۰۰۰ کیلومتر، از کوه‌های قفقاز کوچک در ارمنستان و آذربایجان شروع و تا کوه‌های پاراپامیسوس در شمال افغانستان امتداد یافته است (شکل ۱-۲). پوسته البرز حدود ۳۵ کیلومتر ضخامت دارد و شامل ردیف‌های ضخیمی از سنگ‌های پرکامبرین پسین تا عهد حاضر می‌باشد (Tatar 2001). البرز به رشته‌کوه‌هایی گفته می‌شود که روند عمومی آن تقریباً خاوری- باختری است، اما بخش مرکزی آن تحدب آشکاری به سمت جنوب پیدا کرده است و شکل V به خود گرفته است، به گونه‌ای که مجموعه البرز را از نظر جغرافیایی می‌توان به سه بخش باختری، مرکزی و خاوری تقسیم کرد. در بخش باختری البرز، ساختارها روند شمال باختری- جنوب خاوری دارند ولی در بخش خاوری، روند ساختارها شمال خاوری- جنوب باختری است. این دو روند ناهمسان در البرز مرکزی به یکدیگر می‌رسند. از نگاه زمین‌شناختی، مرز شمالی البرز محدود به زمین‌درز پالئوتتیس است که از برخورد لیتوسفر قاره‌ای البرز با لیتوسفر توران، در تریاس پسین به وجود آمده است. حد جنوبی البرز چندان روشن نیست، گسل تبریز (علوی، ۱۹۹۱)، آنتی البرز (ریویه، ۱۹۴۱)، گسل گرمسار (بربریان، ۱۳۷۵)، گسل سمنان (نبوی، ۱۳۵۵) و گسل عطاری (علوی نائینی، ۱۹۷۲) مرز جنوبی البرز دانسته شده‌اند. ولی چنین به نظر می‌رسد که گذر از

پهنه‌ی ایران مرکزی به پهنه‌ی البرز تدریجی باشد (به نقل از آقائباتی، ۱۳۸۳). در شکل‌گیری ساختارهای چین خورده البرز عواملی مانند برخورد صفحه ایران و توران، عملکرد گسلش‌های راندگی و سرانجام عملکرد گسل‌های امتدادلغز شمال باختری - جنوب خاوری در البرز باختری و شمال خاوری - جنوب باختری در البرز خاوری، نقش دارند. (قریشی و آراین، ۱۳۸۹). در گزارش‌هایی مانند، اشتوکلین (۱۹۶۸)، بربریان (۱۹۸۳) آمده است که پهلوی شمالی البرز راندگی‌ها به سمت جنوب شیب دارند و حرکت فرادیواره به سمت شمال است در حالی که در دامنه جنوبی، شیب راندگی‌ها به سمت شمال و حرکت فرادیواره رو به جنوب است. همچنین بخشی از تغییر شکل پوسته به ویژه در بخش مرکزی کوه‌های البرز به صورت حرکات برشی در طول گسل‌های امتدادلغز چپگرد دیده می‌شود (به نقل از قریشی و آراین، ۱۳۸۹).



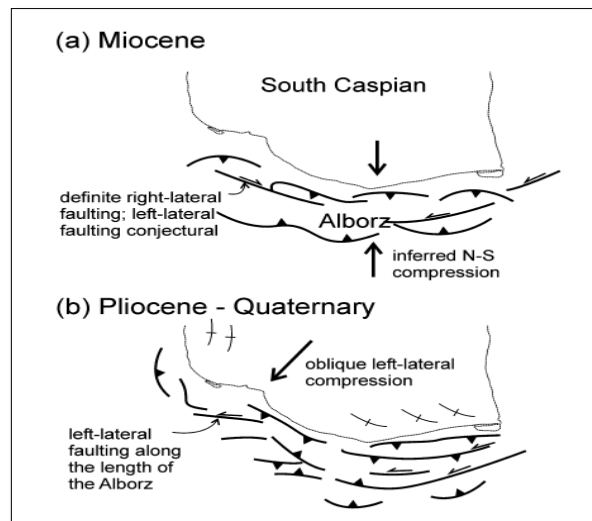
شکل ۱-۲- تصویر SRTM از رشته کوه البرز در شمال ایران (برگرفته از Ehteshami & Yassaghi 2006).

در نخستین مطالعاتی که توسط Nilforoushan (2003) و Vernant (2004) با استفاده از شبکه‌های GPS در ایران انجام شد، آهنگ تغییر شکل کنونی کلی ایران و مناطق مختلف آن از جمله البرز مرکزی برآورد شد. Vernant (2004) حرکت رو به شمال صفحه عربستان نسبت به اوراسیا را در طول جغرافیایی بحرین برابر 2 ± 22 میلی‌متر بر سال و آهنگ حرکت بلوک ایران مرکزی نسبت به حوضه خزر جنوبی 2 ± 14 میلی‌متر بر سال برآورد کردند، که از این مقدار حدود 2 ± 8 میلی‌متر بر سال مربوط به کوتاه‌شدگی شمالی- جنوبی البرز است و $2 \pm 6,5$ میلی‌متر بر سال در ساحل خزر جنوبی رخ

می‌دهد. (Vernant (2004)، در مطالعات بعدی، با استفاده از یک شبکه متراکم تر GPS در البرز، مقدار کوتاه شدگی البرز مرکزی را از 8 ± 2 به 5 ± 2 تصحیح کرده و تفاوت این دو مقدار را ناشی از کوتاه‌شدگی در جنوب البرز در نظر گرفتند و نشان دادند حوضه خزر جنوبی با نرخ 6 ± 2 میلی‌متر بر سال، رو به شمال باختری (نسبت به اوراسیا) در حرکت است. همچنین آن‌ها یک برش چپگرد با آهنگ 4 ± 2 را در سراسر کمربند مشاهده کرده و بخش عمده‌ی آن را به گسل مشاء نسبت دادند. آن‌ها نشان دادند که راستای بیشینه کوتاه‌شدگی در البرز برابر $N30$ است. حرکت رو به شمال باختری حوضه خزر جنوبی نسبت به اوراسیا و با دوران ساعتگرد آن که در دوره پلیستوسن آغاز شده، به نظر می‌رسد که نه تنها باعث تغییر رژیم البرز از حالت کلی فشارشی شمالی- جنوبی به حالت برشی- فشاری با راستای NNE-SSE شده بلکه موجب ایجاد رژیم برشی-کششی در قلمرو داخلی البرز نیز گردیده است (Ritz et al, 2006). بدین ترتیب آن‌ها نشان دادند که حرکت چپگرد روی گسل‌های طالقان - مشاء - فیروزکوه با یک مؤلفه نرمال همراه است، در واقع چنین استنباط می‌شود که تحولی از حالت برشی- فشاری به حالت برشی-کششی در قلمرو داخلی البرز مرکزی در حدود $1/5$ میلیون سال پیش روی داده است. ظاهراً حرکت مورب‌لغز (معکوس و چپگرد) در البرز به صورت حرکات امتدادلغز محض و راندگی محض بر روی گسل‌های موازی پهنه البرز تقسیم می‌شود. این واقعیت هم در حل سازوکار کانونی زمین‌لرزه‌های روی داده در البرز قابل مشاهده است (Jackson et al, 2002).

آخرین نتایج GPS ارائه شده توسط Djamour et al (2010) نیز وجود تقسیم شدگی کرنش را در البرز تأیید می‌کند ولی آن‌ها نشان داده‌اند که رخداد این تقسیم‌شدگی به طور کامل روی نداده است. یک ویژگی جالب در مورد تقسیم شدگی کرنش در کوه‌های البرز این است که گسل‌های امتدادلغز عموماً در مرکز و یا بخش جنوبی کوه‌های البرز و در ارتفاعات بالا تمرکز یافته‌اند، در حالی که گسل‌های راندگی در هر دو دامنه مشاهده می‌شوند. از آنجا که پهنه‌های دگرشکلی با مناطق لرزه‌خیز ایران ارتباط نزدیکی دارند، بنابراین اندازه‌گیری و تعیین حرکات و دگرشکلی‌های پوسته‌ای از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. از جمله مطالعات دیگر انجام شده، می‌توان به خرمی و همکاران (۱۳۹۰) اشاره

نمود که با استفاده از اندازه‌گیری‌های شبکه دائمی GPS ایران، کینماتیک کنونی شمال ایران (بخش شمال ایران مرکزی و پهنه البرز) را در بازه زمانی ۲۰۰۵-۲۰۰۹ مورد مطالعه قرار دادند و چگونگی دگرشکلی این مناطق را با استفاده از میدان سرعت و آهنگ کرنش ژئودتیک بررسی کردند. میدان حاصل از توزیع کنونی ایستگاه‌های دائمی GPS نشان می‌دهند در البرز خاوری ۵ میلی‌متر بر سال حرکت امتدادلغز چپگرد و ۲ میلی‌متر بر سال کوتاه‌شدگی وجود دارد، در حالی که در البرز مرکزی - باختری مقدار حرکت امتدادلغز چپگرد و کوتاه‌شدگی به ترتیب برابر ۲ و ۶ میلی‌متر بر سال است. قابل توجه است که حدود ۷۰ درصد کوتاه‌شدگی موجود در البرز مرکزی- باختری ۴ میلی‌متر بر سال روی گسل‌های شمال البرز و خزر باختری و مابقی ۲ میلی‌متر بر سال در دامنه‌های جنوبی رخ می‌دهد. بنابراین میدان سرعت حاصل به خوبی نشان می‌دهد که در البرز مرکزی و باختری تغییر شکل عمدتاً از نوع فشارشی و در البرز خاوری از نوع امتدادلغز است. محورهای کرنش ژئودتیک بدست آمده نیز نشان می‌دهند که دگرشکلی البرز خاوری از نوع فشاری - برشی و البرز باختری غالباً از نوع فشاری می‌باشد. ساختارهای زمین‌شناختی البرز بیشتر از نوع چین‌های ملایم و ناهماهنگ با روند همگانی خاوری- باختری است. تکامل پوسته‌ی البرز در اواخر دوران سنوزوئیک را می‌توان اینگونه بیان نمود که در میوسن تغییر شکل احتمالاً بیشتر فشارشی و همراه با حرکت عموماً راستالغز بوده است. حرکت فشارشی بعد از میوسن، که تا کنون نیز ادامه دارد، سبب جابجایی چپ‌لغز شده است. حرکت به سمت باختر پی‌سنگ خزر جنوبی، نسبت به ایران مسبب این جابجایی چپ‌لغز می‌باشد (شکل ۲-۲) (Allen et al 2003). کوه‌های البرز در شمال ایران توسط تقسیم و اتنش کوتاه‌شدگی مایل بر روی گسل‌های موازی با عملکرد امتدادلغز چپگرد و راندگی‌ها، تغییر شکل پیدا می‌کنند. دگرشکلی به علت همگرایی شمالی - جنوبی صفحات اوراسیا - عربی و همینطور حرکت رو به غرب خزر جنوبی نسبت به ایران رخ داده است (Allen et al 2003).



شکل ۲-۲- تکامل ساختاری البرز در اواخر دوران سنوزوئیک (برگرفته از Allen et al 2003).

۲-۲- چینه‌شناسی

بر اساس نتایج حاصل از مطالعات صورت گرفته‌ی پیشین، به ویژه نقشه‌های زمین‌شناسی گرمسار با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ (امینی و رشید، ۱۳۸۳)، سمنان ۱:۲۵۰۰۰۰ (شهرابی، ۱۳۷۳) و مطالعات چینه‌نگاری صورت گرفته توسط نگارنده در منطقه، وجود توالی‌هایی از سنگ‌های سنوزوئیک با راستای کلی خاوری-باختری، در این ناحیه به اثبات رسیده است.

در این فصل، به بررسی ویژگی‌های سازندهای رخمون یافته در منطقه‌ی مورد مطالعه، از قدیم به جدید، پرداخته می‌شود. منطقه مورد مطالعه رخمون‌های از واحدهای سنگی سنوزوئیک را از دره شمال جلیل‌آباد تا دره عبدالله‌آباد شامل می‌شود. از میان واحدهای سنگی سنوزوئیک موجود در منطقه، می‌توان به سازندهای قرمزیرین، سازند قم، سازند قرمزفوقانی، سازند هزاردره و نهشته‌های کواترنری (آبرفت‌های قدیمی و عهدحاضر) اشاره نمود. رخمون این سازندها در نقشه زمین‌شناسی ۱۱-۲ نشان داده شده است.

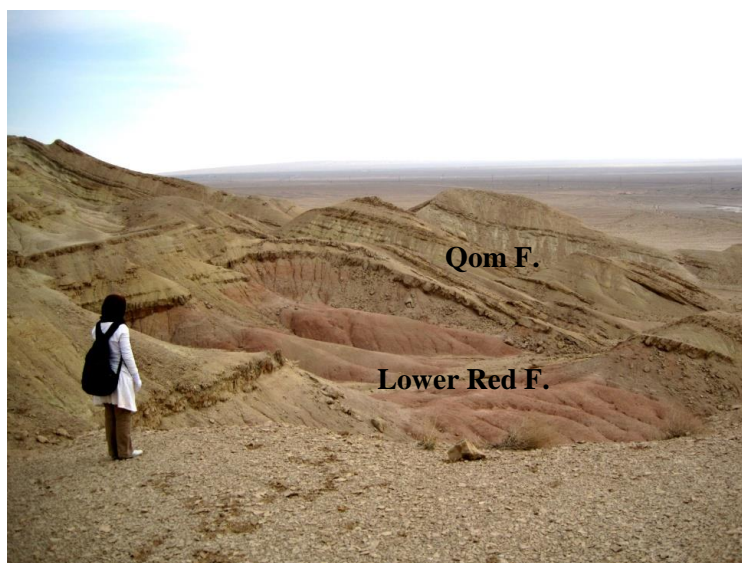
۲-۲-۱- سازند قرمزیرین

سازند قرمز زیرین معرف ردیف‌های قاره‌ای سرخ رنگ الیگوسن باختر ایران مرکزی است که به ویژه در نواحی قم، تفرش، جنوب خاوری تهران، شمال گرمسار و شمال سمنان گسترش در خور توجه دارد.

فصل دوم: زمین‌شناسی عمومی

سازند قرمز زیرین، به ردیفی از رسوبات سرخ رنگ گفته می‌شود که جایگاه روشنی بین سنگ‌های آتشفشانی - رسوبی ائوسن و لایه‌های دریایی الیگوسن - میوسن (سازند قم) دارند ولی تا کنون برش الگوی مشخصی نداشته‌اند. از نگاه سنگ‌شناسی، کنگلومرا، ماسه‌سنگ، ژپس، سنگ نمک، گاهی گدازه، سیلت، رس، از سازندگان اصلی این سازند هستند (آقناباتی، ۱۳۸۹). چون نهشته‌های الیگوسن در ایران (بغیر از زاگرس) تقریباً فاقد فسیل بوده یا فسیل‌های آن قابل تشخیص نمی‌باشد، لذا به غیر از چند مورد استثناء، سن این سازند در اکثر مواقع با توجه به موقعیت چینه‌شناسی آن تعیین گردیده است (رحیم‌زاده، ۱۳۷۳). رحیم‌زاده (۱۳۷۳)، بر این باور است که تجمع رسوب‌های آواری سازند قرمز زیرین از الیگوسن پیشین و شاید در برخی حوضه‌ها از ائوسن پایانی آغاز شده ولی مرز بالایی آن بستگی به شروع بالآمدگی بعدی سطح آب دریا و جهت گسترش آن دارد که می‌تواند تا الیگوسن بالایی تغییر کند.

در منطقه مورد مطالعه، سازند قرمز زیرین ضخامت زیاد و گسترش وسیعی دارد و شامل توالی‌های ضخیمی از مارن‌های ژپس‌دار قرمز رنگ می‌باشد. و بهترین رخنمون آن در منطقه عبدالله‌آباد می‌باشد (شکل ۲-۳). همچنین این سازند هسته تاق‌دیس لاسجردشت (در دره عبدالله‌آباد) را نیز تشکیل داده است.



شکل ۲-۳- رخنمونی از سازند قرمز زیرین در تاق‌دیس میانی تیجه‌کوه در منطقه عبدالله‌آباد (دید عکس به سمت خاور).

۲-۲-۲- سازند قم

گسترده‌گی زیاد و وجود ذخایر هیدروکربنی در ردیف‌های الیگوسن- میوسن ناحیه قم سبب شده تا نام سازند از این شهر گرفته شود. ولی چون تغییرات رخساره‌ای این سازند زیاد است تا کنون برش الگویی معرفی نشده است.

این سازند می‌تواند شامل سه چرخه رسوبی باشد که هر چرخه رسوبی با رخساره‌های دریایی کم عمق آغاز و به رخساره کولابی پایان می‌یابد. تغییر رخساره سازند قم بسیار زیاد است به گونه‌ای که در بسیاری از نقاط شناسایی و تفکیک عضوهای چندگانه ناممکن است (به نقل از آقائباتی، ۱۳۸۹).

اطلاعات فسیل‌شناسی درباره سازند قم بسیار زیاد می‌باشد. تقریباً بر روی تمام رخنمون‌های شناخته شده این سازند مطالعات فسیل‌شناسی انجام شده است. این مطالعات بیشتر بر اساس شناخت فرامینیفرها استوار گردیده است (رحیم‌زاده، ۱۳۷۳). بربریان و یاسینی (۱۹۸۳)، علت تشکیل حوضه رسوبی سازند قم را در قسمتی از ایران مرکزی ناشی از ادامه فرورانش پوسته اقیانوسی زاگرس یا نئوتتیس به زیر لبه‌ی قاره‌ای فعال جنوب باختری ایران مرکزی در زمان الیگو- میوسن و بازشدگی پشت کمانی (Back arc Basin) می‌دانند. که در آن رسوبات دریایی سازند قم به همراه فرآیندهای آتشفشانی آکالن ته‌نشست می‌گردند. این بازشدگی پشت کمانی (رژیم زمین‌ساختی کشش محلی و تشکیل حوضه رسوبی سازند قم) هم زمان با رژیم زمین‌ساختی کلی فشاری که بر ایران زمین تحمیل می‌شده تشکیل گردیده است (آقائباتی، ۱۳۸۳).

در منطقه مورد مطالعه سازند قم بیشتر شامل سنگ‌آهک، مارن و در مواردی سنگ گچ است که با قاعده کنگلومرانی به طور ناپیوسته بر روی واحدهای قدیمی‌تر نشسته است. این واحد به دلیل داشتن سنگ‌آهک فراوان در مواردی فرسایش کارستی از خود نشان می‌دهند به خصوص در تاقدیس لاسجردشت در منطقه عبدالله‌آباد که سنگ‌آهک‌ها کاملاً کارستی شده‌اند. سنگ‌های کربناته این واحد به صورت صخره‌های پرشیب و روشن رنگ نسبت به سازندهای مجاور جلوه‌گر می‌باشند. همچنین وجود فسیل‌های موجود (مانند: جلبک‌های قرمز، دوکفه‌ای‌ها مانند پکتن، اویستر، اسکوتلا) در آهک‌ها

صحت شناسایی این سازند در منطقه را به اثبات رساند (شکل ۲-۵). همچنین بهترین رخنمون از این سازند در دره‌ی عبدالله‌آباد می‌باشد که یال‌های تاقدیس میانی ناودیس شمالی و ناودیس جنوبی (شکل ۲-۳)، و یال‌های تاقدیس لاسگردشت را تشکیل می‌دهد (شکل ۲-۴).



شکل ۲-۴- رخنمونی از سازند قم در تاقدیس لاسگردشت (دید عکس به سمت شمال خاور).



شکل ۲-۵- الف- رخنمونی از سازند قم در دره رامه (دید عکس به سمت باختر)، ب- کارستی شدن آهک‌های سازند قم در تاقدیس لاسجردشت (دره عبدالله‌آباد)، ج- نمونه ای از فسیل‌های موجود در سازند قم (از راست به چپ به ترتیب عبارتند از: اسکوتلا، دو کفه‌ای و اکینید، جلبک‌های قرمز، دو کفه‌ای، پکتن، اویستر)، د- کنگلومرای قاعده‌ای در مرز سازند قم با سازند قرمز پایینی.

۲-۲-۳- سازند قرمزبالایی

نخستین بار در سال ۱۸۵۵ سازند قرمزبالایی به نام سری گچ‌دار معرفی شده است. از سال ۱۳۵۹ زمین‌شناسان شرکت ملی نفت ایران، نام سازند سرخ بالایی را پیشنهاد دادند که همچنان کاربرد دارد. سازند قرمزبالایی بیشتر از نوع ماسه‌سنگ، مارن، کنگلومرا و تبخیری است که در شرایط مولاسی تشکیل شده و فرونشینی تدریجی بستر، ضخامت آن را به شدت افزایش داده است. با وجود شرایط یکسان رسوبی، سنگ‌شناسی این سازند تغییرات زیادی دارد به گونه‌ای که هم‌ارزی دقیق رخنمون‌ها دشوار است و هیچ برشی نمی‌تواند الگوی این سازند باشد. یکی از ویژگی‌های سازند قرمزبالایی سیمای ظاهری آن است که به جزء حاشیه ارتفاعات، به طور عموم نواحی کم ارتفاع دشت گونه را زیر پوشش دارد (آقابات، ۱۳۸۹).

از مشخصات این سازند یکنواختی خصوصیات و گسترش جانبی آن بوده ولی لیتولوژی آن به شدت متغیر است، به طوری که مانع هم‌ارزی دقیق رخنمون‌ها می‌شود. توپوگرافی این سازند بسیار مشخص است و از نظر ریخت‌شناسی به شکل کلوت می‌باشد. به دلیل فقدان فسیل و شباهت لیتولوژیکی این سازند به سازند قرمزیرین تفکیک این دو سازند از یکدیگر آسان نیست. به همین علت در بسیاری از مناطق ایران مثل شرق ایران و دامنه جنوبی البرز، مجموعه این نهشته‌ها به نام رسوبات قرمز رنگ نئوژن نامگذاری گردیده‌اند (رحیم‌زاده، ۱۳۷۳).

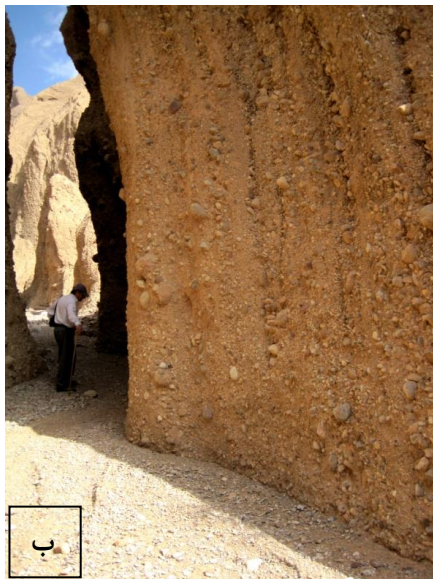
سازند قرمز بالایی در منطقه مورد مطالعه، تپه ماهورهای کم ارتفاع به رنگ قرمز و در مواردی مایل به سبز را تشکیل داده‌اند. این واحد ژئومورفولوژیکی بیشتر شامل ماسه‌سنگ، کنگلومرا، سیلتستون، شیل و مارن و در مواردی همراه با سنگ گچ است. نمونه‌ای از رخنمون سازند قرمزبالایی در منطقه مورد مطالعه نشان داده شده است (شکل ۲-۶).



شکل ۲-۶- رخنمونی از سازند قرمزبالایی (دید عکس به سمت شمال باختر).

۲-۲-۴- سازند هزاردره

کنگلومرای هزاردره که به صورت کنگلومرا همراه با ماسه‌سنگ به رنگ خاکستری بوده، تپه‌های به نسبت مرتفع‌تری را در حواشی ارتفاعات البرز به وجود آورده‌اند. چنین به نظر می‌رسد که به دنبال رخداد زمین‌ساختی میوسن پسین- پلیوسن (فاز آتیکان)، چرخه‌های فرسایشی شدید چیره شد که حاصل آن، فرسایش شدید بلندی‌ها و پر شدن سریع گودی‌ها با رسوبات آبرفتی - کوهپایه‌ای است. تغییرات سنی این نهشته‌های آبرفتی-کواترنری از پلیوسن تا حال است. سیمای زمین‌ریختی بخش پلیوسن این نهشته‌های کنگلومرایی به صورت دره‌های متعدد با گودی کم است (آقابات، ۱۳۸۹). در منطقه مورد مطالعه این سازند در دره‌های شمال جلیل‌آباد مورد بررسی قرار گرفت که از رأس به قاعده، لایه‌های کنگلومرایی پرشیب‌تر (تا ۹۰ درجه شیب) و متراکم‌تر بوده، سیمانی شدن آنها شدید و نیز ضخامت لایه‌ها افزایش می‌یابد. قطعات سنگی در ابعاد مختلف و با گردشگی نسبتاً خوب، در یک زمینه ماسه‌ای-رسی دیده می‌شوند. این واحد دارای رنگ روشن می‌باشد (شکل ۲-۷).



شکل ۲-۷-الف- رخنمونی از سازند هزاردره (دید عکس به سمت شمال‌خاور)، ب- شیب زیاد لایه‌بندی در سازند هزاردره (دید عکس به سمت شمال‌باختر).

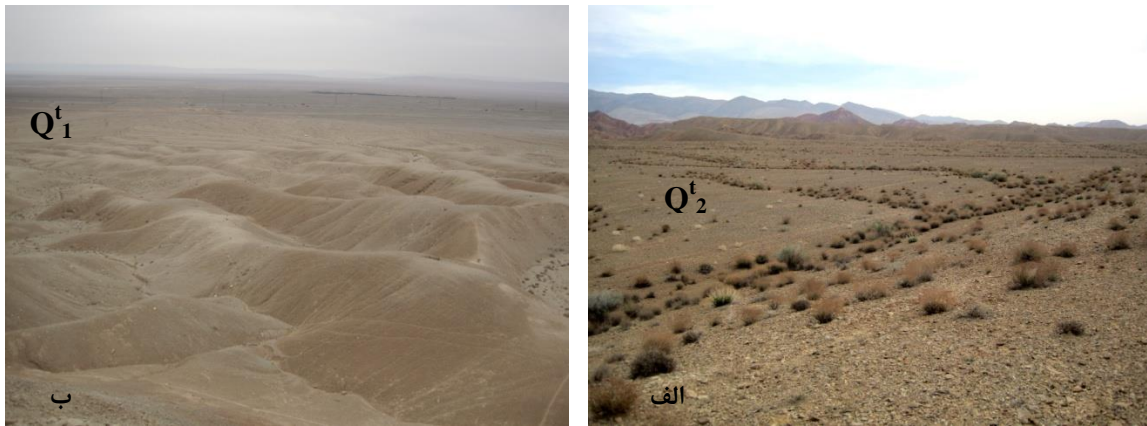
۲-۲-۵- رسوبات کواترنری

رسوبات این دوره زمانی در محدوده مورد مطالعه، شامل آبرفت‌های حاصل از فرسایش ارتفاعات بخش‌های شمالی منطقه می‌باشند که در نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰۰ سمناں این واحدها با علائم Q_1^t ، Q_2^t ، Q^{al} نشان داده شده است و جوان‌ترین رسوبات در محدوده مطالعاتی هستند (شکل ۲-۸).

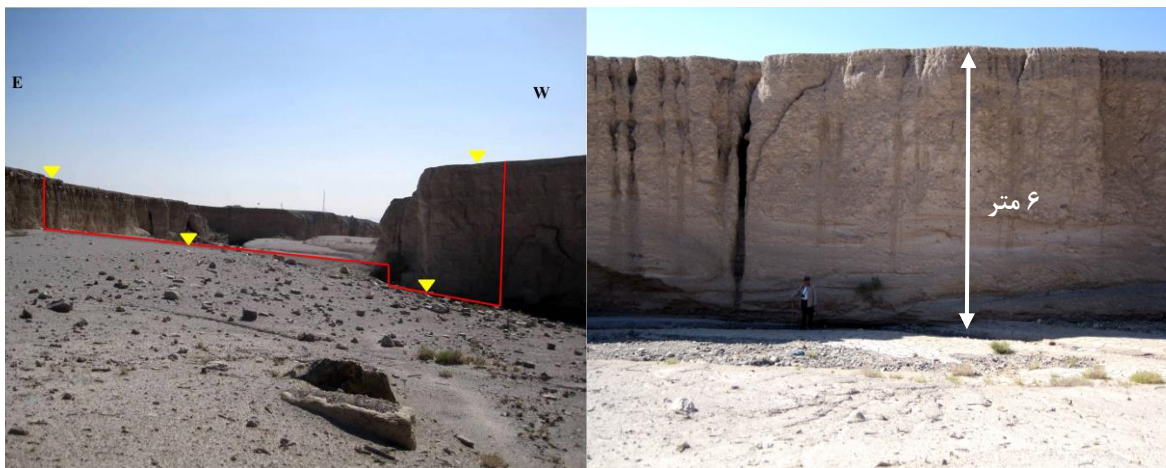
پادگانه‌های آبرفتی قدیمی Q_1^t که در دامنه ارتفاعات تشکیل شده‌اند و بیشتر از نوع کنگلومرا با سیمان سست می‌باشند. قطعات سنگی در ابعاد مختلف و گردش‌دگی ضعیف تا متوسط هستند. میزان پوشش گیاهی بر روی رسوبات این واحد کمتر از Q_2^t است.

پادگانه‌های آبرفتی جدید Q_2^t دامنه‌های کم ارتفاع و کم شیب دشت‌ها را پوشانده است. اندازه قطعات سنگی از ارتفاعات به سوی دشت‌ها کاهش می‌یابد.

رسوبات آبرفتی بستر رودخانه‌ها و آبراهه‌ها Q^{al} بیشتر از نوع شن، ماسه و رس می‌باشند.



شکل ۲-۸- الف- نهشته‌های آبرفتی جوان Q_2^t ب- نهشته‌های آبرفتی قدیمی Q_1^t ، رسوبات آبرفتی بستر آبراهه‌ها Q^{al}
 شکل ۲-۹- تصویری صحرایی از پادگانه‌های آبرفتی (در دره‌ی عبدالله‌آباد) با ارتفاعی در حدود ۶ متر
 را نشان می‌دهد.

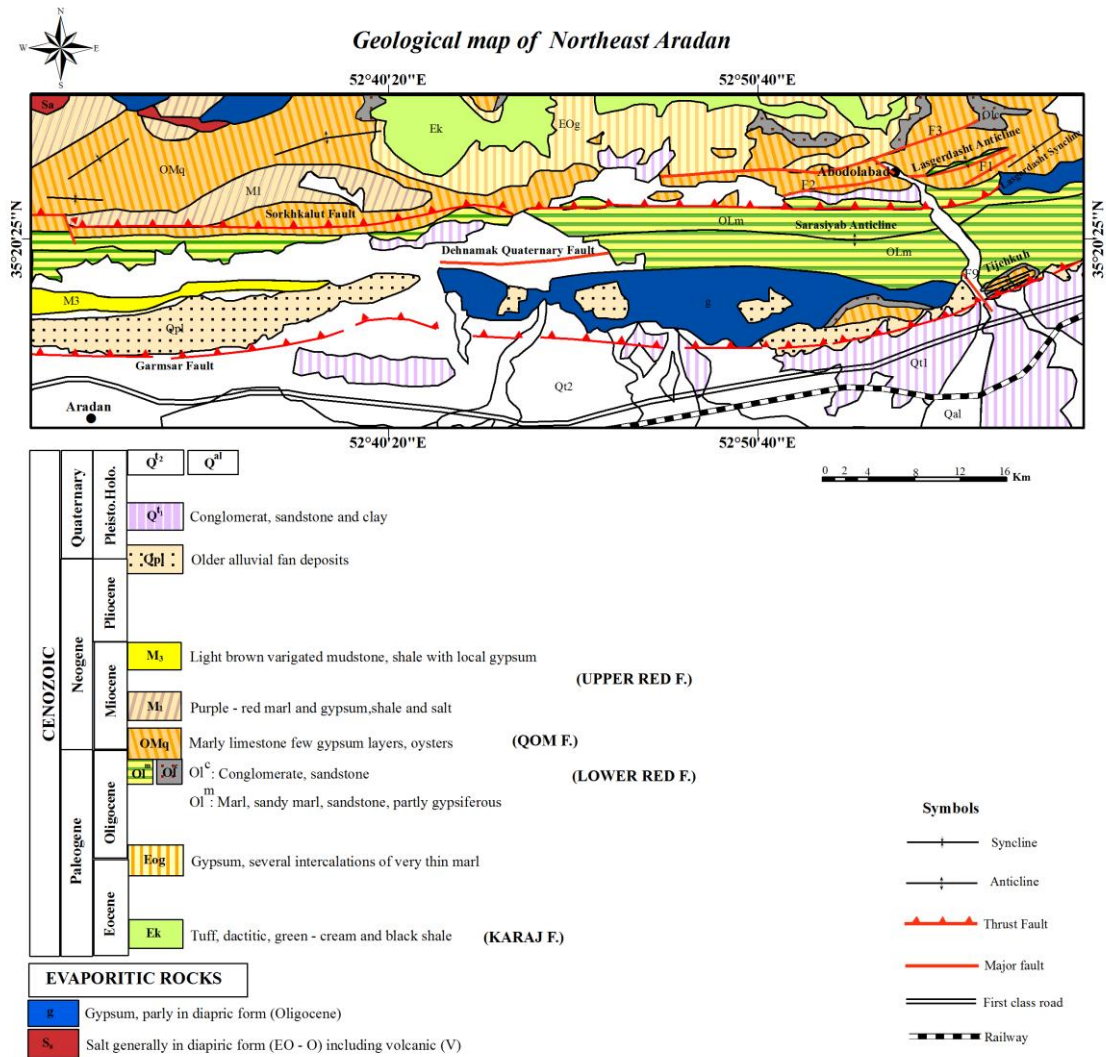


شکل ۲-۹- الف - تصویری از پادگانه آبرفتی رودخانه‌ای در دره‌ی عبدالله‌آباد (دید عکس به سمت باختر)، ب- تغییرات سطح اساس رودخانه در دره عبدالله‌آباد.

شکل ۲-۱۰ توالی چینه‌شناسی موجود در منطقه‌ی مورد مطالعه نمایش داده شده است.

ERA/EM	SYSTEM	SERIES	Formation	LIT OLOGY	DESCRIPTION
CENOZOIC	Quaternary	Pleistocene, Holocene			Conglomerates, sandstones, clays
			Hezar Darreh		Conglomerates, Sandstone
	Neogene	Miocene	Upper Red		Gypsum, marls, shales, sandstones
			Qom		Limestone, marl, Marly sandstone
	Paleogene	Oligocene	Lower Red		Gypsum, shales, conglomerates and salt.

شکل ۱۰-۲-۱- ستون چین‌شناسی مربوط به سازندهای سنوزئیک در منطقه مورد مطالعه (بدون مقیاس)



شکل ۲-۱۱- نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه (با اقتباس از نقشه زمین شناسی سمنان ۱:۲۵۰۰۰۰ (شهرابی، ۱۳۷۳))

فصل سوم:

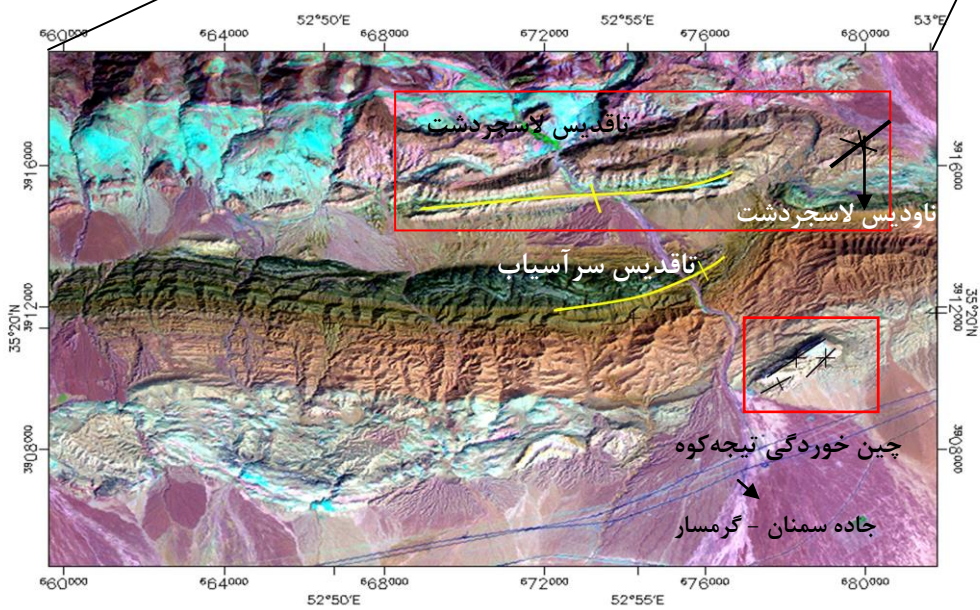
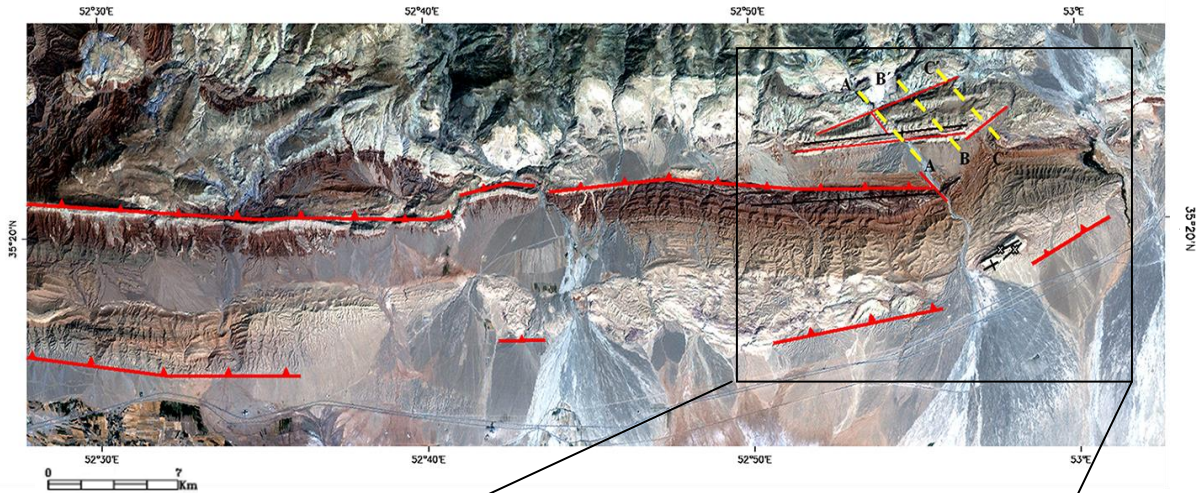
زمین‌شناسی ساختمانی

عناصر ساختاری (چون گسل‌ها، چین‌ها، درزه‌ها) ابزاری ضروری جهت شناخت دگرریختی و دستیابی به الگوی دگرشکلی در هر ناحیه محسوب می‌گردند. نیروهای ناشی از حرکات قطعات لیتوسفری در زمان‌های مختلف در بخش‌های مختلف پوسته، موجب ایجاد میدان‌های مختلف تنش گردیده و باعث رخداد دگرریختی در سنگ‌ها می‌شود. در منطقه مورد مطالعه، مهم‌ترین ساختارهای موجود شامل چین‌خوردگی و گسلش است که با درزه‌ها همراه می‌باشند.

۳-۱- چین‌ها

چین از دگرریختی نرم یا ترد سطح‌های مستوی سنگ‌ها و تبدیل آن‌ها به سطح‌های خمیده پدید می‌آیند. چین‌ها به طور معمول به صورت یک مجموعه از تاقدیس‌ها و ناودیس‌ها در کنار هم دیده می‌شوند. اطلاعات دورسنجی و مشاهدات صحرایی نشان می‌دهد که در منطقه مورد مطالعه، چین‌هایی با مقیاس‌های مختلف وجود دارد. آثار چین‌خوردگی‌ها را می‌توان به صورت تاقدیس، ناودیس و یا رخنمون‌هایی از لایه‌های تک شیب، در واحدهای سنگی با سن‌های مختلف مشاهده کرد. شکل ۳-۱ موقعیت چین‌های منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

به منظور برداشت چین‌های منطقه مورد مطالعه، چندین پیمایش عرضی (شمالی-جنوبی) در منطقه صورت گرفت و در آن‌ها داده‌های ساختاری بر روی سازندهای قرمزیرین، قم و قرمزبالایی و کنگلومرای هزاردره جمع‌آوری گردید. در همین راستا، در حدود ۱۲۴۰ بار موقعیت سطح لایه‌بندی در طی این پیمایش‌ها برداشت شد. با استفاده از داده‌های برداشت شده و به کمک نرم‌افزارهای استریوگرافیک، خصوصیات هندسی چین‌ها و جایگاه آن‌ها در طبقه بندی‌های مختلف مشخص گردید که نتایج بدست آمده در ادامه بیان شده است.

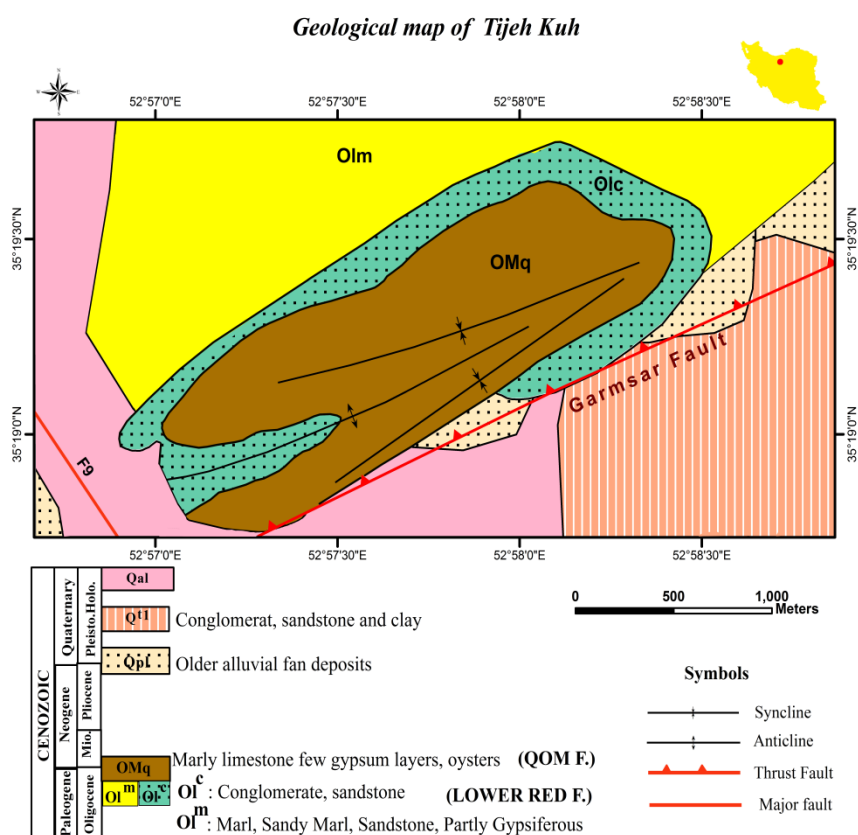


شکل ۳-۱- موقعیت چین‌های منطقه مورد مطالعه بر روی تصویر ماهواره‌ای Landsat 7.

۳-۱-۱- چین خوردگی در تیجه کوه

تیجه کوه شامل ارتفاعات بخش خاوری دره‌ی ورودی عبدالله‌آباد می‌باشد که در فاصله‌ی ۱۷۰۰ متری از جاده سمنان - گرمسار دیده می‌شود (شکل ۳-۱). سازند قرمزترین و سازند قم واحدهای سنگ

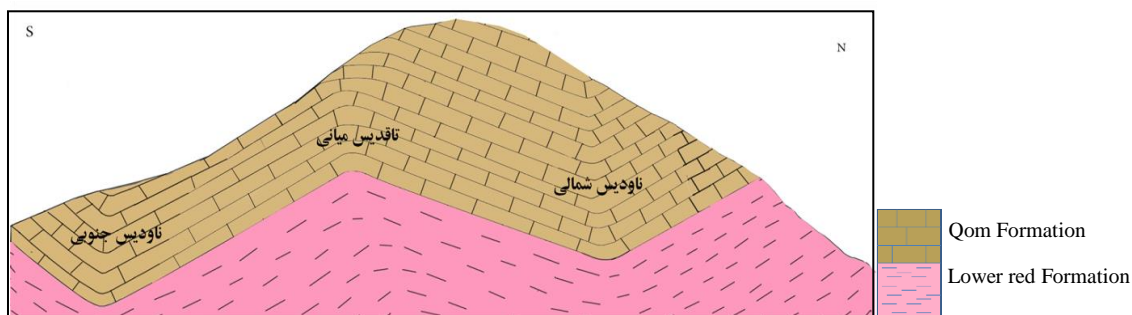
چینه‌ای آن را تشکیل می‌دهند. شکل ۳-۲ نقشه زمین‌شناسی منطقه تیجه کوه را نشان می‌دهد. پس از مطالعه تصویر ماهواره‌ای و شناسایی اولیه صحرایی و درک ساختار کلی، برداشت و اندازه‌گیری ساختاری در چهار پیمایش عرضی مطابق شکل ۳-۳ صورت گرفت. در نتیجه‌ی این مشاهدات، یک تاقدیس در بخش میانی و دو ناودیس شمالی و جنوبی با روند کلی شمال خاوری - جنوب باختری شناسایی شد (شکل ۳-۴). داده‌های ساختاری جمع‌آوری شده در پیمایش‌ها با روش‌های استریوگرافیک، تحلیل شده و موقعیت عناصر هندسی چین مانند خط لولا و سطح محوری بدست آمد و زاویه بین‌یالی هر یک از آن‌ها تعیین گردید. سپس جایگاه چین‌ها در رده‌بندی فلوتی (۱۹۶۴) مشخص شد. در ادامه به شرح ویژگی‌های هندسی آن‌ها پرداخته می‌شود.



شکل ۳-۲- نقشه زمین‌شناسی تیجه کوه.



شکل ۳-۳- تصویر ماهواره‌ای تپچه کوه (برگرفته از Google Earth) که در آن موقعیت چهار پیمایش (A-A', B-B', C-C', D-D') تعیین شده است.



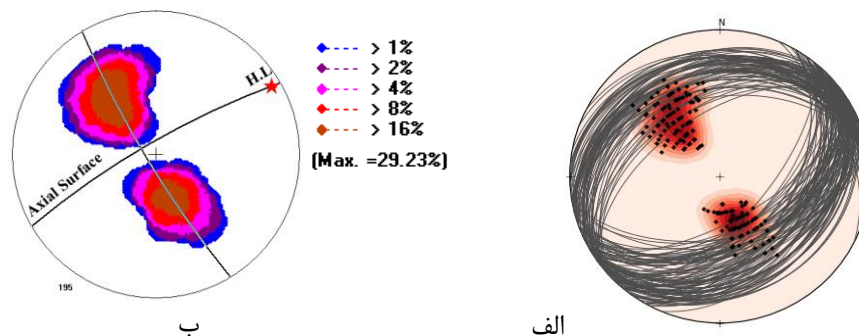
شکل ۳-۴- برش عرضی نمادین از چین‌خوردگی در تپچه کوه.

ناودیس شمالی با راستای عمومی شمال خاوری- جنوب باختری، که در آن چین‌خوردگی در سازندهای قم و قرمزترین مشاهده می‌شود (شکل ۳-۵). ویژگی هندسی ناودیس شمالی در دو پیمایش A-A' و B-B' مورد بررسی قرار گرفت. استریوگرام‌های حاصل از داده‌های برداشت شده در شکل ۳-۶ دیده می‌شود که شامل آرایش قطب‌ها، بهترین کمان در برگیرنده‌ی آنها، کنتور دیاگرام و نمودار β می‌باشد. در این برش ۱۹۵ بار موقعیت سطح لایه‌بندی بر روی سازند قم برداشت شد. و بر اساس استریوگرام‌های ترسیم شده از داده‌های ساختاری برداشت شده از این چین‌خوردگی (پیوست ۱)، خط لولا دارای موقعیت $06/059$ و سطح محوری آن دارای موقعیت $83/330$ می‌باشد. زاویه بین‌یالی این چین در حدود درجه ۱۱۰ است که در تقسیم‌بندی چین‌ها بر اساس زاویه بین‌یالی

(Fleuty, 1964) در رده چین‌های باز (Open) و در تقسیم‌بندی دیگر بر اساس شیب سطح محوری و میل لولا (Fleuty, 1964) در رده چین‌های ایستاده با پلانژ تقریباً افقی (Upright- Sub horizontal Plunging) قرار می‌گیرد.



شکل ۳-۵- تصویری از لایه‌بندی یال شمالی در ناودیس شمالی (دید عکس به سمت جنوب خاور).

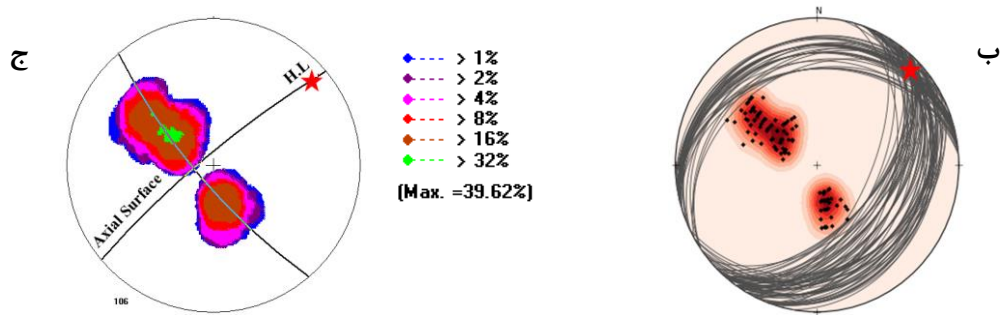


شکل ۳-۶- الف- نمودار β و تعیین موقعیت خط لولا (۰۶/۰۵۹)، ب- نمودار هم‌تراز یال‌های چین به منظور تعیین زاویه بین دو یال (۱۱۰ درجه) و تعیین سطح محوری با موقعیت (۸۳/۳۳۰).

تاق‌دیس میانی با روند عمومی شمال خاوری- جنوب باختری در دامنه‌ی جنوبی تیجه‌کوه رخنمون دارد. در هسته تاق‌دیس سازند قرمز زیرین رخنمون داشته و به سمت خارج از هسته، سازند قم با ضخامت قابل توجه دیده می‌شود (شکل ۳-۷). بر اساس استریوگرام‌های ترسیم شده از داده‌های ساختاری برداشت شده از این تاق‌دیس (پیوست ۲)، موقعیت خط لولای این تاق‌دیس ۱۱/۰۴۹ و سطح محوری آن ۸۴/۳۲۰ می‌باشد. زاویه‌ی بین‌یالی بدست آمده ۸۴ درجه است که آن را در رده‌ی چین‌های باز (Open) و بر مبنای شیب سطح محوری و میل لولا، در رده‌ی چین‌های ایستاده با میل ملایم (Upright- Gently Plunging) قرار می‌دهد.



الف

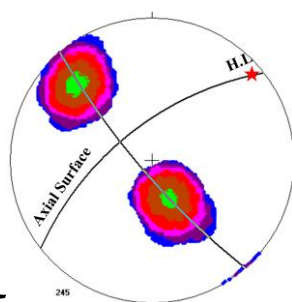


شکل ۳-۷- الف- تصویر صحرایی از تاق‌دیس میانی، ب- نمودار β و تعیین موقعیت خط لولا (۱۱/۰۴۹)،
ج- نمودار هم‌تراز یال‌های چین به منظور تعیین زاویه بین دو یال (۸۴ درجه) و تعیین سطح محوری با موقعیت
(۸۴/۳۲۰).

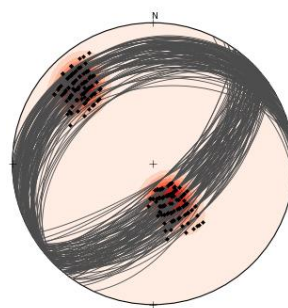
ناودیس جنوبی با روند شمال خاوری- جنوب باختری می‌باشد که در واحدهای آهکی سازند قم شناسایی گردید. ویژگی هندسی ناودیس جنوبی در دو پیمایش C-C' و D-D' مورد بررسی قرار گرفت. در این برش ۲۴۵ بار موقعیت سطح لایه‌بندی بر روی سازند قم برداشت شد. بر اساس استریوگرام‌های ترسیم شده از داده‌های ساختاری برداشت شده (پیوست ۳)، این ناودیس در تقسیم‌بندی فلوتی ۱۹۶۴ بر اساس زاویه بین‌یالی در حدود ۹۱ درجه در رده چین‌های باز قرار دارد و بر مبنای شیب سطح محوری و موقعیت خط لولا در جایگاه چین‌های پر شیب با میل تقریباً افقی (Steeply inclined- Sub horizontal Plunging) قرار می‌گیرند (شکل ۳-۸). موقعیت خط لولای این ناودیس ۰۸/۰۴۹ و سطح محوری آن ۷۰/۳۱۹ می‌باشد.



الف



ج



ب

شکل ۳-۸- الف- نمایی صحرایی از ناودیس جنوبی (دید عکس به سمت شمال باختر) ب- نمودار β و تعیین موقعیت خط لولا (۰۸/۰۴۹)، ج- نمودار هم‌تراز یال‌های چین به منظور تعیین زاویه بین دو یال (۹۱ درجه) و تعیین سطح محوری با موقعیت (۷۰/۳۱۹).

در جدول ۳-۱ و ۳-۲ خلاصه‌ای از ویژگی‌های چین خوردگی تیجه کوه آورده شده است.

جدول ۳-۱- خصوصیات هندسی چین خوردگی تیجه کوه

نام چین	موقعیت سطح محوری	موقعیت خط لولا	زاویه بین دو یال
ناودیس شمالی	۸۳/۳۳۰	۰۶/۰۵۹	۱۱۰
تاقدیس میانی	۸۴/۳۲۰	۱۱/۰۴۹	۸۴
ناودیس جنوبی	۷۰/۳۱۹	۰۸/۰۴۹	۹۱

جدول ۳-۲- جایگاه چین خوردگی تیجه کوه در تقسیم بندی‌های به کار رفته

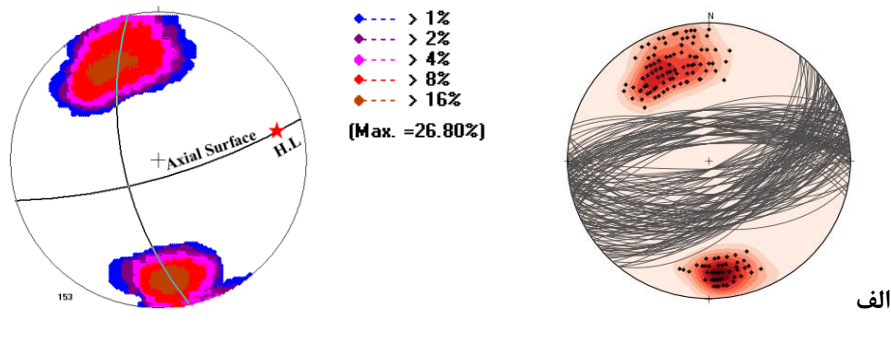
نام چین	توصیف هندسی چین بر مبنای زاویه بین یالی (Fleuty,1964)	توصیف هندسی چین بر مبنای وضعیت لولا و سطح محوری (Fleuty,1964)
تیجه کوه	ناودیس شمالی	Upright- Sub horizontal Plunging
	تاقدیس میانی	Upright- Gently plunging
	ناودیس جنوبی	Steeply inclined- Sub horizontal Plunging

۳-۱-۲- تاقدیس سرآسیاب

این تاقدیس در سازند قرمزپایینی و در موقعیت $34,58^{\circ} 20'$ شمالی و $52^{\circ} 56' 2,15''$ شرقی مشاهده شد (شکل ۳-۹). اطلاعات ساختاری مربوط به این تاقدیس در پیمایش‌های صحرایی برداشت گردید (پیوست ۴). بر اساس اطلاعات بدست آمده از برداشت‌های صحرایی و استریوگرام‌های حاصل از آن زاویه بین‌یالی این چین در حدود ۴۶ درجه بدست آمد که طبق تقسیم‌بندی فلوتی ۱۹۶۴ بر مبنای زاویه بین دو یال در رده‌ی چین‌های بسته قرار می‌گیرد. همچنین بر اساس شیب سطح محوری و موقعیت خط لولا در جایگاه چین‌های ایستاده با میل ملایم (Upright- Gently Plunging) قرار می‌گیرد. استریوگرام‌های حاصل از برداشت‌های ساختاری از این تاقدیس در شکل ۳-۹ و نتایج حاصل از تحلیل‌های استریوگرافیک، موقعیت عناصر هندسی و جایگاه چین در تقسیم بندی‌های بکار رفته در جدول ۳-۳ و ۴-۳ آورده شده است (شکل ۳-۱۰).



شکل ۳-۹- تصویری صحرایی از هسته تاقدیس سرآسیاب.



ب

شکل ۳-۱۰- استریوگرام‌های حاصل از اطلاعات ساختاری تاقدیس سرآسیاب ، الف- نمودار β و تعیین موقعیت خط لولا (۲۰/۰۷۸) ، ب- نمودار هم‌تراز یال‌های چین به منظور تعیین زاویه بین دو یال (۱۳۴درجه) و تعیین سطح محوری با موقعیت (۸۰/۱۶۴).

جدول ۳-۳- خصوصیات هندسی تاقدیس سرآسیاب

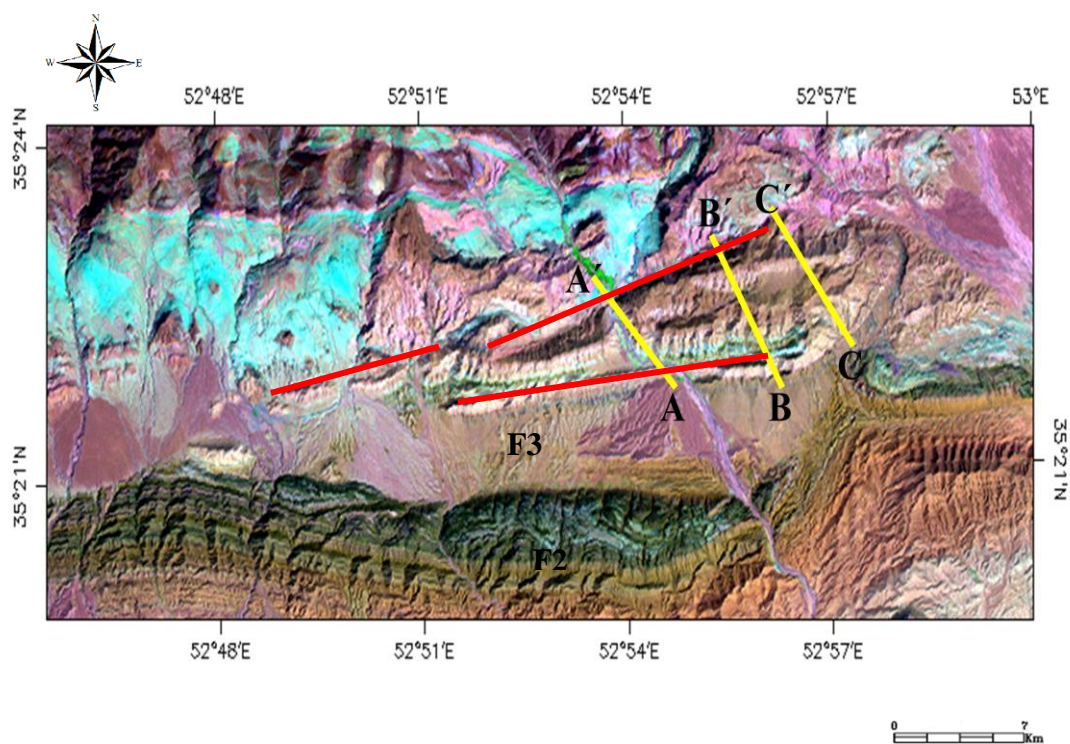
نام چین	موقعیت سطح محوری	موقعیت خط لولا	زاویه بین دو یال
تاقدیس سرآسیاب	۸۰/۱۶۴	۲۰/۰۷۸	۴۶

جدول ۳-۴- جایگاه تاقدیس سرآسیاب در تقسیم بندی‌های به کار رفته

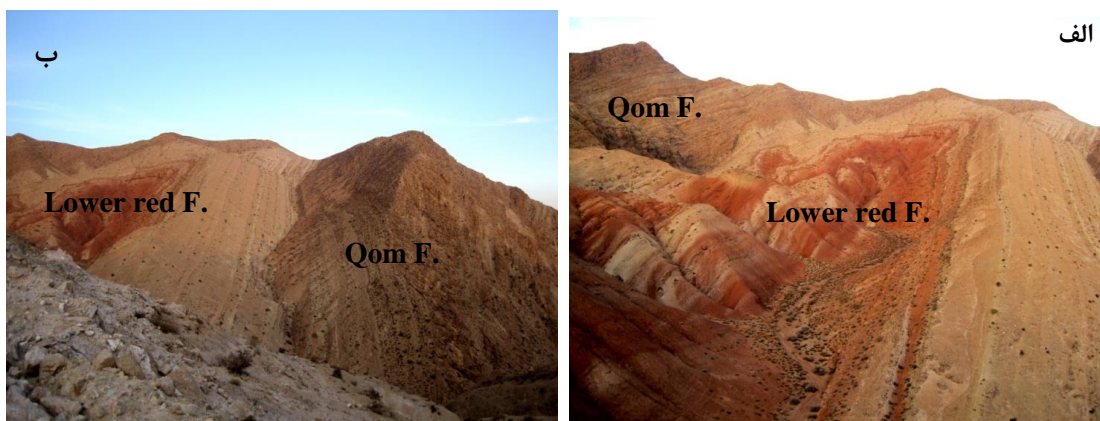
نام چین	توصیف هندسی چین بر مبنای زاویه بین یالی (Fleuty,1964)	توصیف هندسی چین بر مبنای وضعیت لولا و سطح محوری (Fleuty,1964)
تاقدیس سرآسیاب	Close	Upright- Gently Plunging

۳-۱-۳- تاقدیس لاسجردشت

این تاقدیس در منطقه عبدالله‌آباد با طولی در حدود ۱۳ کیلومتر قرار دارد که از چین‌خوردگی سازند قم و قرمزیرین به وجود آمده است. به منظور توصیف ساختمان چین‌خوردگی، سه پیمایش عرضی $(A-A', B-B', C-C')$ بر روی تاقدیس لاسجردشت صورت گرفت (شکل ۳-۱۱). با توجه به مشاهدات و برداشت‌های صحرائی و بر اساس معکوس بودن چین‌نگاری یعنی قرار گرفتن سازند قرمزیرین بر روی سازند قم در دو برش $A-A'$ و $B-B'$ ، یال جنوبی تاقدیس مذکور برگشته تشخیص داده شد (شکل ۳-۱۲). و با پیمایش به سمت دماغه تاقدیس مورد نظر در برش $C-C'$ چین دارای یال‌های عادی می‌باشد.

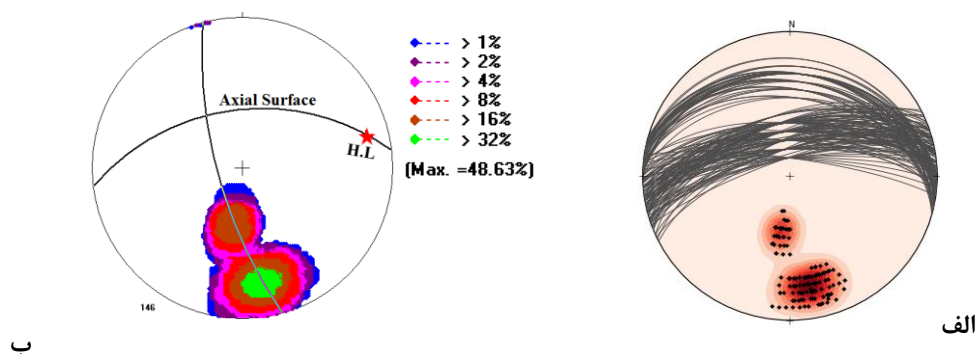


شکل ۳-۱۱- تصویر ماهواره‌ای Landsat 7 که در آن پیمایش‌های عرضی انجام شده بر روی تاقدیس لاسجردشت مشخص گردیده است.

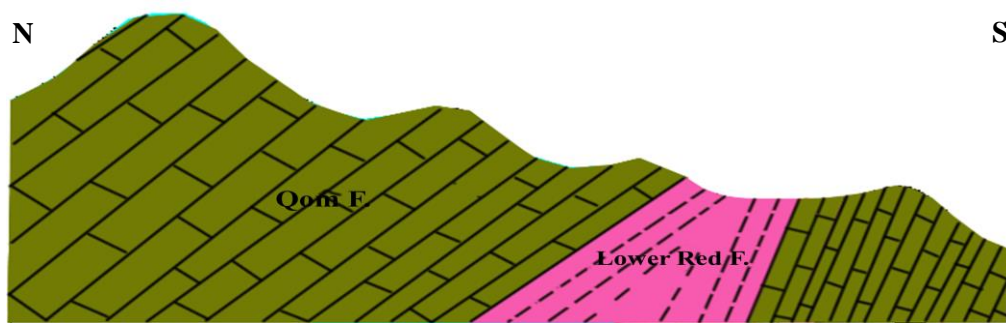


شکل ۳-۱۲- الف- تصویری صحرایی از هسته تاقدیس لاسجردشت (دید عکس به سمت شمال خاور) ب- برگشتگی لایه‌ها در برش A-A' (قرارگیری سازند قرمز زیرین بر روی سازند قم).

در برش A-A'، ۱۴۶ بار موقعیت سطح لایه‌بندی بر روی سازند قم برداشت گردید. بر اساس استریوگرام‌های بدست آمده از داده‌های برداشت شده (پیوست ۵)، از برش A-A' موقعیت خط لولا ۱۴/۰۷۵ و سطح محوری آن ۵۸/۳۵۳ می‌باشد (شکل ۳-۱۳). زاویه بین یال‌های این چین در این برش حدود ۳۶ درجه بدست آمده که طبق تقسیم بندی چین‌ها بر اساس زاویه‌ی بین دو یال، این تاقدیس در رده چین‌های بسته (Close) و در طبقه‌بندی دیگر بر مبنای شیب سطح محوری و میل لولا، در رده چین‌های با شیب متوسط و خط لولا با میل ملایم (Moderately inclined - Gently plunging) قرار می‌گیرد. شکل ۳-۱۴ برش عرضی نمادین از این چین را در پیمایش A-A' نشان می‌دهد.

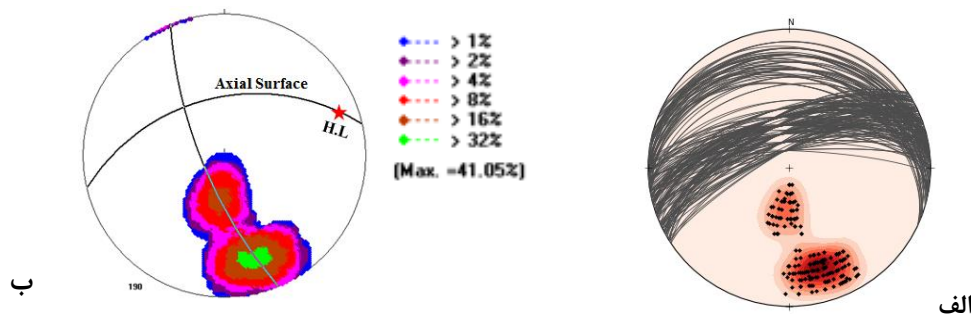


شکل ۳-۱۳- استریوگرام‌های حاصل از اطلاعات ساختاری تاقدیس لاسجردشت برش عرضی A-A': الف- نمودار β و تعیین موقعیت خط لولا (۱۴/۰۷۵)، ب- نمودار هم‌تراز یال‌های چین به منظور تعیین زاویه بین دو یال (۳۶ درجه) و تعیین سطح محوری با موقعیت (۵۸/۳۵۳)



شکل ۳-۱۴- برش عرضی نمادین از چین خوردگی لاسجردشت در پیمایش A-A'.

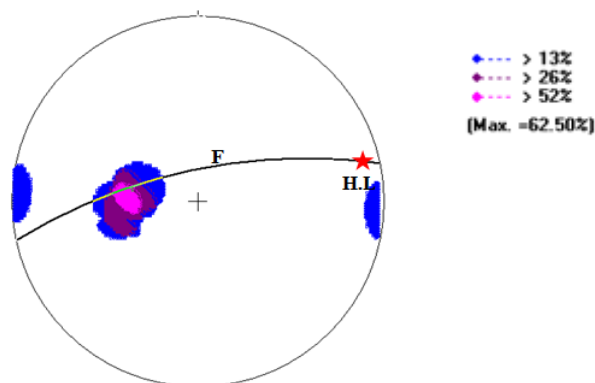
در برش B-B' ۱۸۷ بار موقعیت سطح لایه‌بندی بر روی سازند قم برداشت شد که بر اساس استریوگرام‌های حاصل از داده‌های برداشت شده از این تاق‌دیس (پیوست ۶)، موقعیت خط لولا ۱۳/۰۶۸ و سطح محوری آن دارای موقعیت ۵۶/۳۴۷ می‌باشد (شکل ۳-۱۵). زاویه بین‌یالی در این برش ۴۳ درجه بوده که در رده چین‌های بسته و بر اساس شیب سطح محوری و میل لولا در رده‌ی چین‌هایی با شیب متوسط و میل ملایم (Moderately inclined- Gently plunging) قرار دارد.



شکل ۳-۱۵- استریوگرام‌های حاصل از اطلاعات ساختاری تاق‌دیس لاسجردشت برش عرضی B-B'. الف- نمودار β و تعیین موقعیت خط لولا (۱۳/۰۶۸)، ب- نمودار هم‌تراز یال‌های چین به منظور تعیین زاویه بین دو یال (۴۳ درجه) و تعیین سطح محوری با موقعیت (۵۶/۳۴۷).

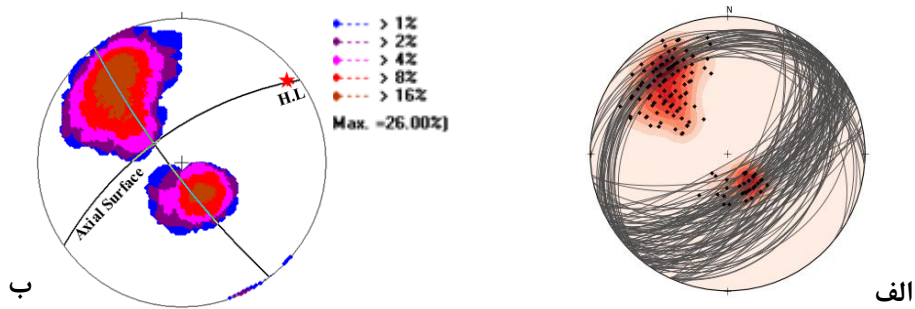
با توجه به مشاهدات صحرایی صورت گرفته و استریوگرام‌های ترسیم شده، مشخص شد که یال جنوبی در دو برش A-A' و B-B' برگشته است. معکوس بودن چین‌نگاری یعنی قرار گرفتن سازند قرمزیرین بر روی سازند قم برگشتگی یال جنوبی در دو برش عرضی را تأیید می‌کند (شکل ۳-۱۲- ب). همچنین گسل F2 با موقعیت ۷۶/۳۴۸ باعث ایجاد یک چین کشیده (Fault Drag Fold) در هسته تاق‌دیس لاسجردشت شده است. چین‌های کشیده، چین‌هایی هستند که از کشیده شدن و خم

شدن لایه‌های سنگی در سطح گسل به وجود می‌آیند. از نشانه‌های هندسی چین‌های کشیده این است که خط لولای چین باید بر سطح گسل منطبق باشد و با خش‌لغز زاویه ۹۰ درجه بسازد. همچنین جهت تحدب این چین‌ها، جهت حرکت بلوک حامل آن را نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل ۳-۱۶ دیده می‌شود لولای چین بر سطح گسل منطبق می‌باشد و با خش‌لغز زاویه‌ای در حدود ۸۰ درجه را می‌سازد. جهت شیب لایه‌ها با جهت شیب سطح گسل یکی می‌باشد. بنابراین به نظر می‌رسد چین‌خوردگی برگشته تاقدیس لاسجردشت در انتهای شمال خاوری با منشأ کشیدگی در سطح گسل F2 باشد که از نظر هندسی با سطح محوری آن هم‌روند است.



شکل ۳-۱۶- استریوگرام رسم شده از چین لاسجردشت و سطح گسل F2، علامت ستاره نماینده‌ی لولای چین و کنتورها نماینده‌ی تمرکز خراش‌های گسلی می‌باشند.

در برش C-C'، ۱۵۰ بار سطح لایه‌بندی بر روی سازند قم برداشت شد و اطلاعات ساختاری مورد نیاز در پیمایش‌های صحرائی مشخص گردید. موقعیت خط لولا دارای موقعیت ۰۶/۰۵۳ و سطح محوری آن دارای موقعیت ۷۲/۳۲۵ می‌باشد. بر اساس استریوگرام‌های ترسیم شده از داده‌های ساختاری برداشت شده از این تاقدیس (پیوست ۷)، در تقسیم‌بندی فلوتی ۱۹۶۴ بر اساس زاویه بین‌یالی با زاویه ۱۰۱ درجه در رده چین‌های باز و بر مبنای شیب سطح محوری و موقعیت خط لولا در جایگاه چین‌های پرشیب با میل تقریباً افقی (Steeply inclines- Sub horizontal Plunging) قرار می‌گیرد (شکل ۳-۱۷). شکل ۳-۱۸ تصویری از دماغه چین و لایه‌بندی تاقدیس لاسجردشت را در برش C-C' نشان می‌دهد. در جدول ۳-۵ و ۳-۶ خلاصه‌ای از ویژگی‌های تاقدیس لاسجردشت آورده شده است.



شکل ۳-۱۷- استریوگرام‌های حاصل از اطلاعات ساختاری تاقدیس لاسجردشت در برش عرضی C-C': الف- نمودار β و تعیین موقعیت خط لولا (۰۶/۰۵۳)، ب- نمودار هم‌تراز یال‌های چین به منظور تعیین زاویه بین دو یال (۱۰۱ درجه) و تعیین سطح محوری با موقعیت (۷۲/۳۲۵)



شکل ۳-۱۸- الف- تصویری صحرائی از تاقدیس لاسجردشت (دید عکس به سمت شمال‌خاور). ب- نمایی از لایه‌بندی آهک‌های سازند قم در یال جنوبی تاقدیس لاسجردشت (دید عکس به سمت جنوب‌باختر).

جدول ۳-۵- خصوصیات هندسی تاقدیس لاسجردشت.

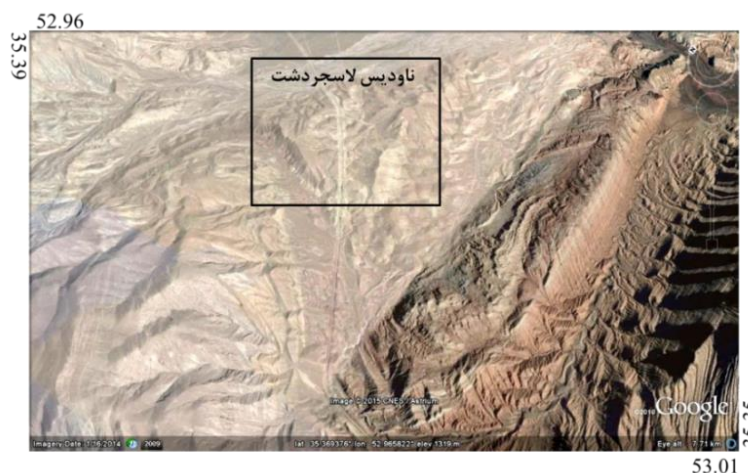
زاویه بین دو یال	موقعیت خط لولا	موقعیت سطح محوری	نام چین	تاقدیس لاسجردشت
۳۶	۱۴/۰۷۵	۴۸/۳۴۲	A-A'	
۴۳	۱۳/۰۶۸	۵۶/۳۴۷	B-B'	
۱۰۱	۰۶/۰۵۳	۷۲/۳۲۵	C-C'	

جدول ۳-۶- جایگاه تاق‌دیس لاسجردشت در تقسیم‌بندی‌های به کار رفته

نام چین	توصیف هندسی چین بر مبنای زاویه بین یالی (Fleuty,1964)	توصیف هندسی چین بر مبنای وضعیت لولا و سطح محوری (Fleuty,1964)
تاق‌دیس لاسجردشت	A-A'	Moderately inclined -Gently plunging
	B-B'	Moderately inclined -Gently plunging
	C-C'	Steeply inclines- Sub horizontal Plunging

۳-۱-۴- ناودیس لاسجردشت

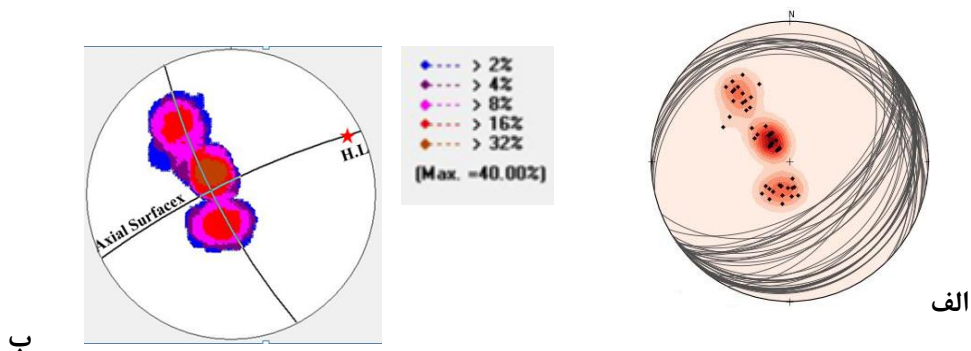
این ناودیس در سازند قم مشاهده شد (شکل ۳-۱۹) و شکل ۳-۲۰ تصویر ماهواره‌ای این ناودیس را نشان می‌دهد. اطلاعات ساختاری مربوط به این ناودیس در پیمایش‌های صحرایی برداشت گردید (پیوست ۸). بر اساس اطلاعات بدست آمده از برداشت‌های صحرایی و استریوگرام‌های حاصل از آن زاویه بین‌یالی این چین در حدود ۱۳۱ درجه بدست آمد که طبق تقسیم‌بندی فلوتی ۱۹۶۴ بر مبنای زاویه بین دو یال در رده‌ی چین‌های ملایم قرار می‌گیرد. همچنین بر اساس شیب سطح محوری و موقعیت خط لولا در جایگاه چین‌های ایستاده با میل افقی قرار می‌گیرد. استریوگرام‌های حاصل از برداشت‌های ساختاری از این تاق‌دیس در شکل ۳-۲۱ و نتایج حاصل از تحلیل‌های استریوگرافیک، موقعیت عناصر هندسی و جایگاه چین در تقسیم‌بندی‌های بکار رفته در جدول ۳-۷ و ۳-۸ آورده شده است.



شکل ۳-۱۹- تصویری ماهواره‌ای از ناودیس لاسجردشت (برگرفته از Google earth).



شکل ۳-۲۰- تصویری صحرایی از لایه‌بندی یال شمالی ناودیس لاسجردشت (دید عکس به سمت جنوب‌خاور).



ب

الف

شکل ۳-۲۱- استریوگرام‌های حاصل از اطلاعات ساختاری ناودیس لاسجردشت: الف- نمودار β و تعیین موقعیت خط لولا (۰۹/۰۶۳)، ب- نمودار هم‌تراز یال‌های چین به منظور تعیین زاویه بین دو یال (۱۳۱ درجه) و تعیین سطح محوری با موقعیت (۸۳/۳۳۴).

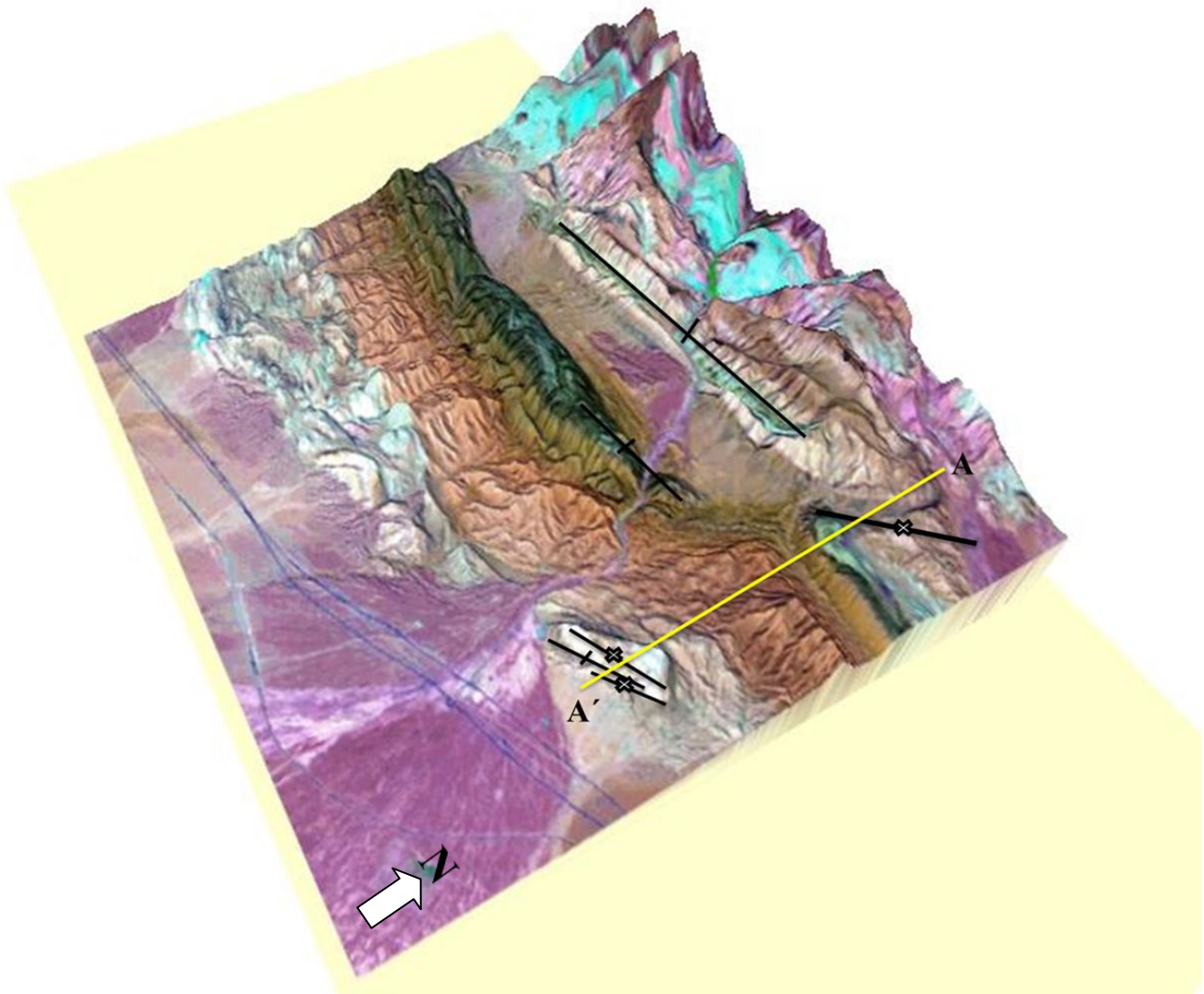
جدول ۳-۷- خصوصیات هندسی ناودیس لاسجردشت

نام چین	موقعیت سطح محوری	موقعیت خط لولا	زاویه بین دو یال
ناودیس لاسجردشت	۸۳/۳۳۴	۰۹/۰۶۳	۱۳۱

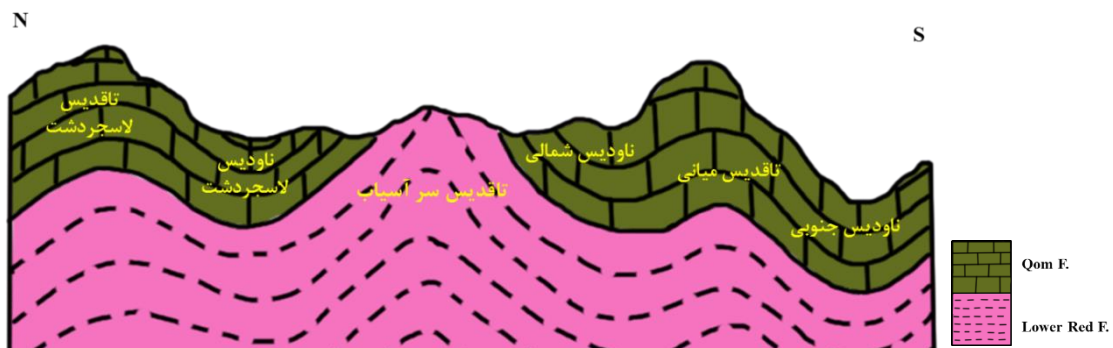
جدول ۳-۸- جایگاه ناودیس لاسجردشت در تقسیم بندی‌های به کار رفته

نام چین	توصیف هندسی چین بر مبنای زاویه بین یالی (Fleuty,1964)	توصیف هندسی چین بر مبنای وضعیت لولا و سطح محوری (Fleuty,1964)
ناودیس لاسجردشت	Gentle	Upright- Sub horizontal plunging

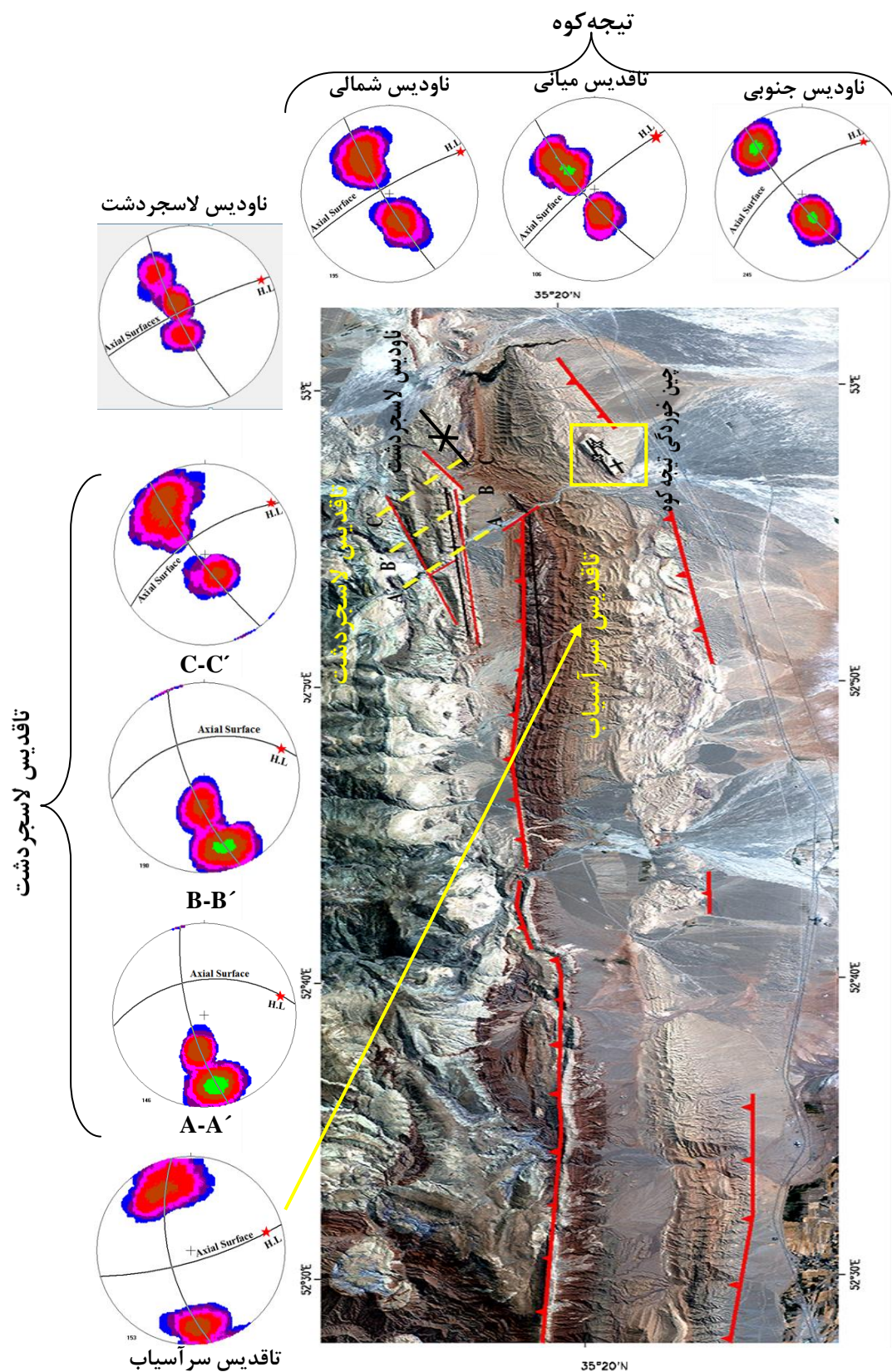
شکل ۳-۲۲ تصویری سه بعدی از چین خوردگی در منطقه عبدالله‌آباد را نشان می‌دهد. در شکل ۳-۲۳، برش عرضی نمادین از راستای شمالی - جنوبی (خط A-A' در شکل ۳-۲۲) رسم شده است که ارتباط ساختاری چین‌های مطالعه شده در پیمایش شمالی - جنوبی را نشان داده است. شکل ۳-۲۴ موقعیت چین‌های منطقه مورد مطالعه را همراه با استریوگرام‌های ساختاری آن‌ها بر روی تصویر ماهواره‌ای لندست ۷ نشان می‌دهد.



شکل ۳-۲۲- تصویر سه بعدی از منطقه عبدالله‌آباد که در آن چین‌های منطقه همراه با برش عرضی A-A' نشان داده شده است.



شکل ۳-۲۳- برش عرضی نمادین شمالی - جنوبی (A-A')
(پیمایش A-A' بر روی تصویر سه بعدی شکل ۳-۱۹ نشان داده شده است).



شکل ۳-۲۴- موقعیت چین‌های منطقه در تصویر ماهواره‌ای Landsat 7 همراه با استریوگرام‌های ساختاری که در آن سطح محوری مشخص شده است.

۲-۳- شکستگی‌ها

شکستگی عبارت است از نوعی دگرریختی که بر اثر از دست رفتن آنی چسبندگی ماده، یا از دست رفتن مقاومت ماده در برابر اختلاف تنش و آزاد شدن انرژی کشسانی ذخیره شده در جسم ایجاد می‌شود (قاسمی، ۱۳۸۷). شکستگی‌ها را می‌توان در دو گروه، گسل‌ها و درزه‌ها تقسیم‌بندی نمود که ملاک تفکیک این دو مقدار جابه‌جایی در سطح شکستگی می‌باشد. گسل‌ها شکستگی‌هایی در پوسته‌ی زمین هستند که در طول آن‌ها جابه‌جایی قابل توجهی ایجاد شده است. درزه عبارت است از شکستگی‌های کوچک مقیاسی که سنگ‌های دو سوی آن نسبت به یکدیگر جابه‌جایی قابل ملاحظه‌ای را متحمل نشده‌اند.

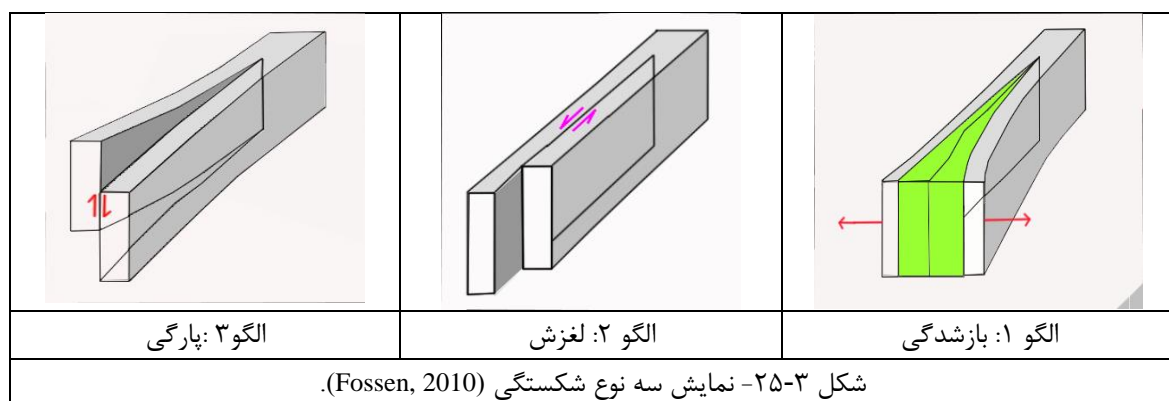
دیدگاه‌های امروزی درباره‌ی شکستگی‌ها بر پایه Crack Theory استوار است (قاسمی، ۱۳۸۷). بر پایه این انگاره شکستگی‌های زمین‌ساختی را بر اساس نحوه‌ی جابه‌جایی در سه الگو مختلف طبقه‌بندی می‌کنند (شکل ۳-۲۵).

۱: بازشدگی (کششی) (Opening).

۲: لغزش (Sliding).

۳: پارگی (Tearing).

درزه‌های کششی در گروه ۱ و گسل‌ها در گروه ۲ و ۳ قرار می‌گیرند.



۳-۲-۱- گسل‌ها

شناسایی سینماتیک گسل‌ها اساس تجزیه و تحلیل تکتونیک شکننده است. ابزارهای متنوعی برای تعیین سازوکار گسل‌ها وجود دارد که از آن جمله می‌توان به نشانه‌های چینه‌نگاری، جابجایی آبراهه‌ها و ساختارهایی مانند چین‌های کشیده سطح گسل اشاره کرد. یک راه مناسب برای شناسایی جهت حرکت گسل در مواردی که جابه‌جایی لایه کلیدی وجود ندارد و لغزش گسل توسط ساختارهای زمین‌شناسی مشخص نمی‌شود، مشاهده‌ی مستقیم سطح گسل و استفاده از ساختارهای تشکیل شده روی سطح آن به منظور شناسایی جهت حرکت گسل است.

در این پژوهش سعی شده است از شاخص‌های ریخت‌شناسی سطح گسل به عنوان یکی از ابزارهای تشخیص سازوکار گسل استفاده شود.

۳-۲-۱-۱- شاخص‌های ریخت‌شناسی سطح گسل

این عناصر در مطالعات زمین‌شناسی ساختمانی کاربرد ویژه‌ای دارند و به‌کارگیری این داده‌ها به محققین کمک مؤثری در استنباط الگوی حرکتی گسل‌ها می‌نماید. ضرورت پرداختن به این مبحث در آن است که در مناطقی که روش‌های تشخیص سازوکار گسل‌ها مانند چینه‌نگاری، عناصر ساختاری همچون چین‌های کشیده سطح گسل و ... حضور ندارند، شاخص‌های ریخت‌شناسی سطح گسل می‌تواند به تشخیص نحوه حرکت و سازوکار آن‌ها کمک نماید.

برای شناخت جنبش‌شناسی دگرریختی حاصل از گسلش باید سازوکار یا نوع لغزش بر روی گسل‌ها و پهنه‌های برش را تشخیص داد. اطلاعاتی که باید درباره بردار لغزش بدست آورد شامل دو چیز است:

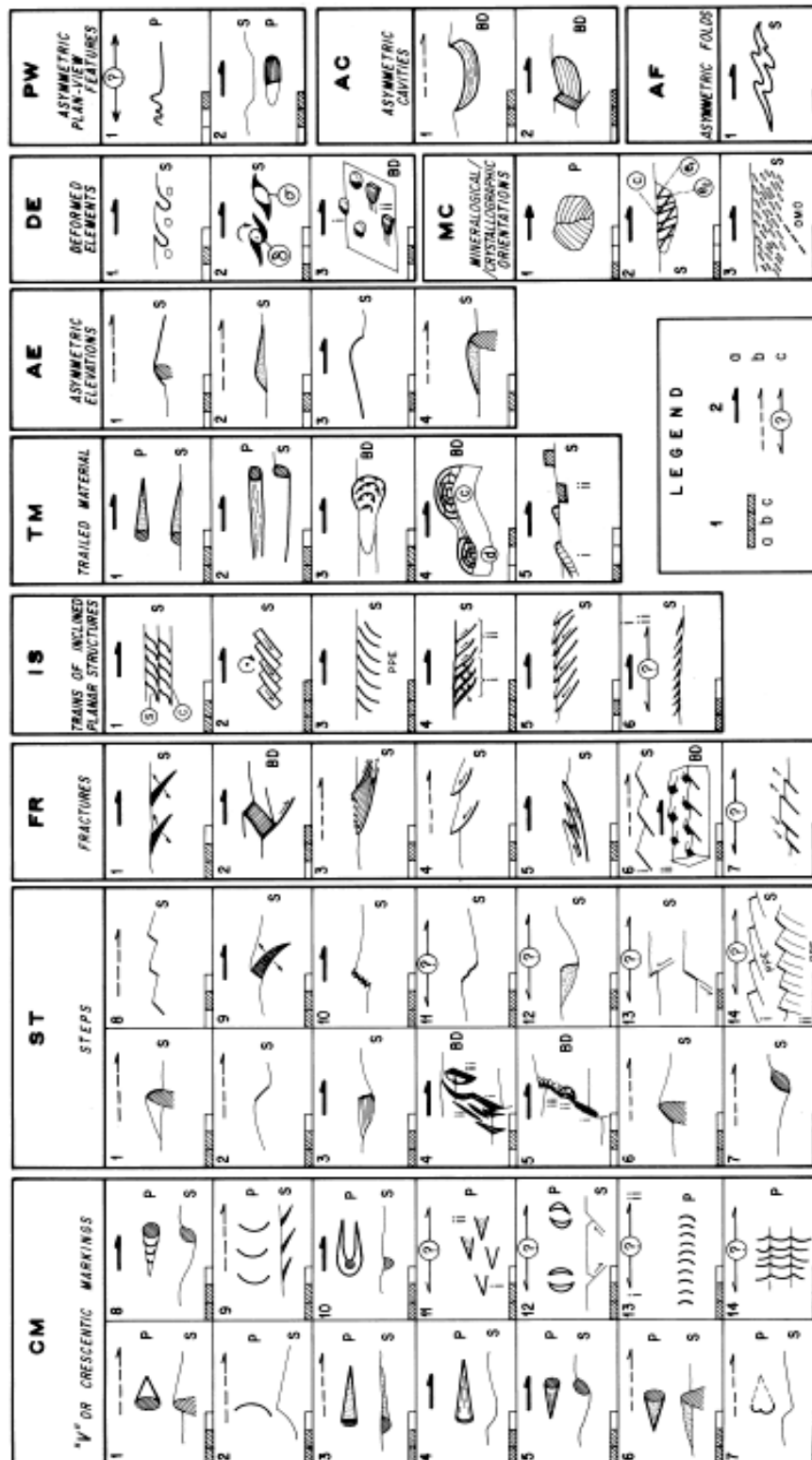
۱- جهت فضایی (Orientation)، ۲- سوی لغزش (Shear Sence) (جهت حرکت یک بلوک نسبت به بلوک دیگر). عارضه‌های زمین‌شناختی به طور عمومی یکی از این‌ها را در اختیار ما قرار می‌دهد.

عارضه‌هایی که برای تعیین جهت فضایی خط لغزش مورد استفاده قرار می‌گیرند عبارتند از: شیارها (groove) و خط‌خش‌ها (Slickenlines). و نمونه‌ای از عارضه‌هایی که برای تعیین سوی برش مورد

استفاده قرار می‌گیرند عبارتند از : برشی‌های ریدل، پله‌ها (Steps)، نشان جسم‌های سخت (Tool marks) و ...

نخستین مطالعات در زمینه‌ی شکستگی‌های مرتبط با زون‌های برشی توسط ریدل (۱۹۲۹)، انجام شد. (Petite (1987، بر مبنای مشاهدات صحرایی خود بر روی گسل‌ها به توصیف ساختارهای روی سطح گسل پرداخت و معتبرترین معیارهای نحوه تشخیص حرکت را دسته شکستگی‌های مرتبط با گسل معرفی کرد. (Doblas (1998، در مقاله‌ی خود ۶۱ شاخص سینماتیکی سطح گسل را معرفی کرد و این آثار مورفولوژیکی را در ۱۱ گروه بزرگ طبقه‌بندی کرد (شکل ۳-۲۶) این ۱۱ گروه شامل موارد زیر است:

- ۱- نشانه‌های هلالی یا ساختار V شکل (Crescentic markings) ۲- پله‌های گسلی (fault Steps) ۳-
- شکستگی‌ها (Fractures) ۴- ساختارهای ردیفی (Trains of inclined planar structures) ۵- مواد کشیده شده (Trailed material) ۶- برآمدگی‌های نامتقارن (Asymmetric elevations) ۷-
- عناصر تغییر شکل یافته (Deformed elements) ۸- جهت‌یافتگی کانیایی (orientations Mineralogical)
- ۹- مناظر نامتقارن (Asymmetric plan-view features) ۱۰- حفره‌های نامتقارن (Asymmetric Cavities) ۱۱- چین‌های نامتقارن (Asymmetric Folds).



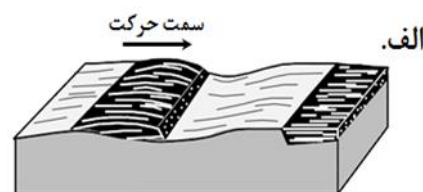
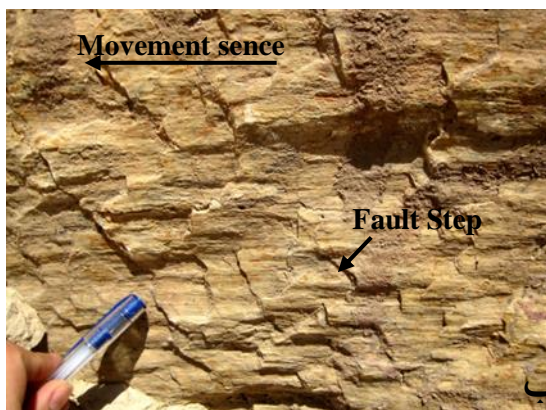
شکل ۳-۲۶- طبقه‌بندی شاخص‌های ریخت‌شناسی سطح گسل (Doblas, 1998).

در این پژوهش به معرفی مهم‌ترین و معتبرترین این شاخص‌ها که در منطقه مورد مطالعه به کار گرفته شده است پرداخته می‌شود.

در ادامه شماری از این شاخص‌ها که در منطقه مطالعاتی مشاهده شده است بیان شده است.

الف - پله‌های گسلی (Fault Steps)

پله‌های گسلی در سطح گسل و در جهت حرکت گسل تشکیل می‌شوند. این ساختارها معمولاً عمود بر خش‌لغزها ایجاد شده و منظره پله مانند را در سطح گسل ایجاد می‌کنند. و یکی از نشانگرهای نوع مثبت (نشانگرهایی که حرکت دست روی سطح گسل در راستای حرکت بلوک گم‌شده آسان است و احساس نرمی می‌شود و در جهت عکس آن حالت زبری در کف دست احساس می‌شود) می‌باشند (شکل ۳-۲۷).

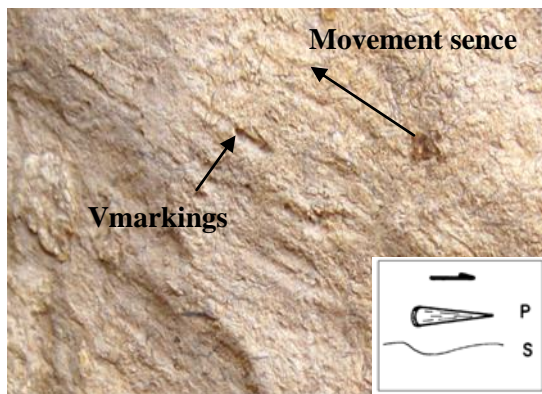


شکل ۳-۲۷- الف- نمایش پله‌های گسلی به صورت بلوک دیاگرام (Allmendinger, ۱۹۸۹)، ب- تصویر صحرایی از پله‌های گسلی.

ب - ساختارهای V شکل (Vmarkings)

ساختارهای V شکل در نتیجه‌ی برشی شدن دانه‌ها در مناطق گسلی ایجاد می‌شود و از جمله ساختارهایی هستند که به عنوان یک معیار قابل اعتماد در رده‌بندی Doblas برای تعیین سمت حرکت گسل‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. به کارگیری این نشانه در نحوه تشخیص سمت حرکت، در رده معیارهای معتبر این رده‌بندی قرار می‌گیرد. به طوری که Doblas این شاخص را به عنوان یکی از ۱۱ گروه بزرگ شاخص‌های ریخت‌شناسی سطح گسل معرفی کرد و ۱۴ شاخص از ۶۱ شاخص

سینماتیکی سطح گسل را در این گروه جای داد. زاویه‌ی حاده یا نوک V شکل این ساختارها سمت حرکت بلوک گم شده را نشان می‌دهند (شکل ۳-۲۸).



شکل ۳-۲۸- تصویر صحرایی ساختارهای V شکل بر روی سطح گسل (بر روی آهک‌های سازند قم)، نوک V شکل این اشکال، سمت حرکت را نشان می‌دهد.

ج- خطواره‌های کانیاپی (Mineral Fibers)

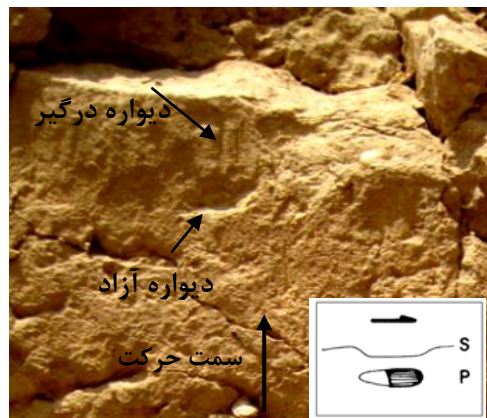
این خطواره‌ها، ناشی از رشد کانی‌های رشته‌ای در سطح گسل می‌باشند. وجود این خطواره‌ها نمایان‌گر آن است که گسل در حین حرکت به طور جزئی دچار بازشدگی شده است و محلی را برای رشد کانی‌های ثانویه فراهم ساخته است. جهت زاویه‌ی حاده در محل اتصال فیبرها به هر قطعه گسلی یا نوک V شکل آن، جهت حرکت آن قطعه گسلی را نشان می‌دهد (شکل ۳-۲۹).



شکل ۳-۲۹- تصویری صحرایی از خطواره‌های کانیاپی در منطقه مطالعاتی (بر روی آهک‌های سازند قم).

د- مناظر نامتقارن (Asymmetric plan-view features)

این شاخص از معیارهایی با قابلیت اطمینان بسیار بالا می‌باشد که به منظور تعیین سمت حرکت گسل‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. از آنجایی که در رخنمون‌های طبیعی، سطح گسل به صورت یک سطح کاملاً صاف و مسطح نیست و در طول خود دچار خمیدگی‌های می‌باشد، ممکن است ضمن حرکت یکی از بلوک‌ها، در سطح گسل حفرات طولی در مقیاس‌های سانتی‌متر تا متر شکل گیرد. از ویژگی‌های مهم حفرات نامتقارن این است که بخشی از حفره که دیواره‌ی آزاد را تشکیل می‌دهد فاقد خراش گسلی است و قسمتی از حفره که دیواره‌ی درگیر را تشکیل می‌دهد دارای خراش گسلی است. بنابراین در این نشانه‌ها سمت حرکت به سمت دیواره‌ای است که خراش بر روی آن تشکیل شده است (جهت حرکت بلوک گم شده از بخش پرشیب حفره به سمت کم شیب آن می‌باشد) (شکل ۳-۳۰).

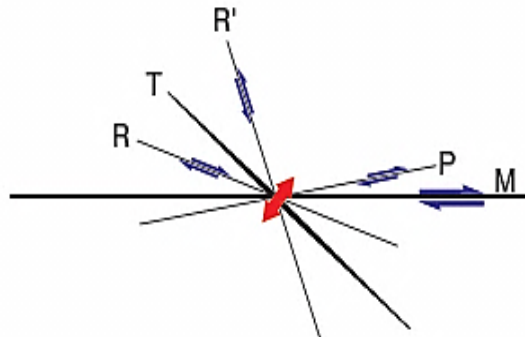


شکل ۳-۳۰- تصویر صحرایی از مناظر نامتقارن بر روی سطح گسل (بر روی سازند آهکی قم).

۳-۲-۲- شکستگی‌های فرعی مرتبط با گسل (Riedel shear)

برای تعیین سوی برش بر روی گسل ابتدا باید نوع شکستگی‌های همراه با گسلش (R,R',T,P) را شناسایی کرد. با توجه به آرایش این نوع شکستگی‌ها نسبت به سطح گسل و تعیین جهت نسبی محور بیشینه کوتاه شدگی (محور تنش بیشینه اصلی) می‌توان سوی برش را تشخیص داد. این شکستگی‌ها اکثراً با گسل‌های امتدادلغز می‌باشند و نسبت به سطح گسل تکرار می‌شوند. (Petite 1987)، بر اساس

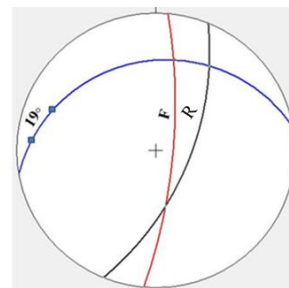
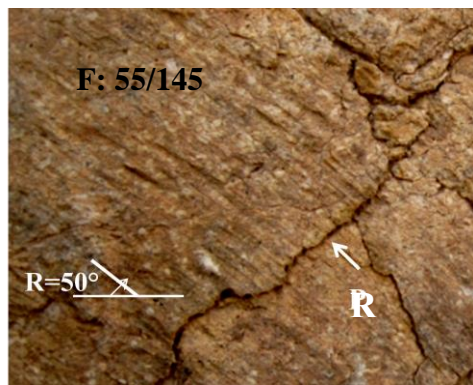
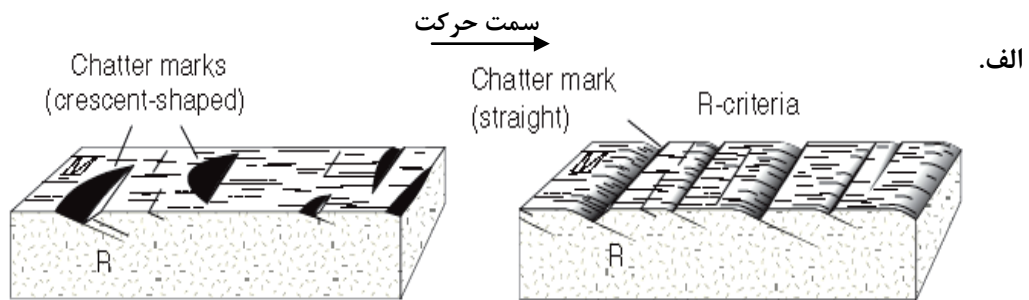
این که این شکستگی‌ها با چه زاویه‌ای نسبت به سطح اصلی گسل قرار گرفته‌اند آن‌ها را به برشی‌های R, R', T, P تقسیم کرده است (شکل ۳-۳۱).



شکل ۳-۳۱- موقعیت شکستگی‌های برشی نسبت به گسل اصلی (Fossen, 2010).

الف- برشی‌های R

گاهی اوقات بر روی سطح گسل اصلی، شکستگی‌های ثانویه‌ای که با سطح گسل زاویه‌ی کمی می‌سازند و هم‌سو با حرکت گسل هستند، توسعه پیدا می‌کنند. این شکستگی‌ها که تقاطع آن‌ها با سطح گسل اکثراً عمود بر خراش‌های گسلی است، برشی‌های نوع R نام‌گذاری می‌شوند. این شکستگی‌ها برشی‌های هستند که با زاویه‌ای به اندازه‌ی $\theta/2$ (θ زاویه اصطکاک واقعی سنگ است) نسبت به گسل اصلی توسعه می‌یابند. برشی‌های R به طور عمومی نوعی خمیدگی کاو به سوی سطح گسل دارند که سبب ایجاد حفره‌ها یا اشکال هلالی در سطح گسل می‌شوند. سمت تحدب این اشکال هلالی (Crescent-Shaped) خلاف جهت حرکت بلوک گم شده را نشان می‌دهد (Petite, 1987) (شکل ۳-۳۲). زاویه حاده‌ای که شکستگی‌های R با سطح گسل اصلی می‌سازند در جهت خلاف حرکت بلوک مقابل است.



شکل ۳-۳۲- الف- نمودار سه بعدی نشان دهنده‌ی سطح گسل اصلی (M) و برشی نوع R (Fossen, 2010).

ب- تصویری صحرایی از شکستگی R همراه با استریوگرام آن.

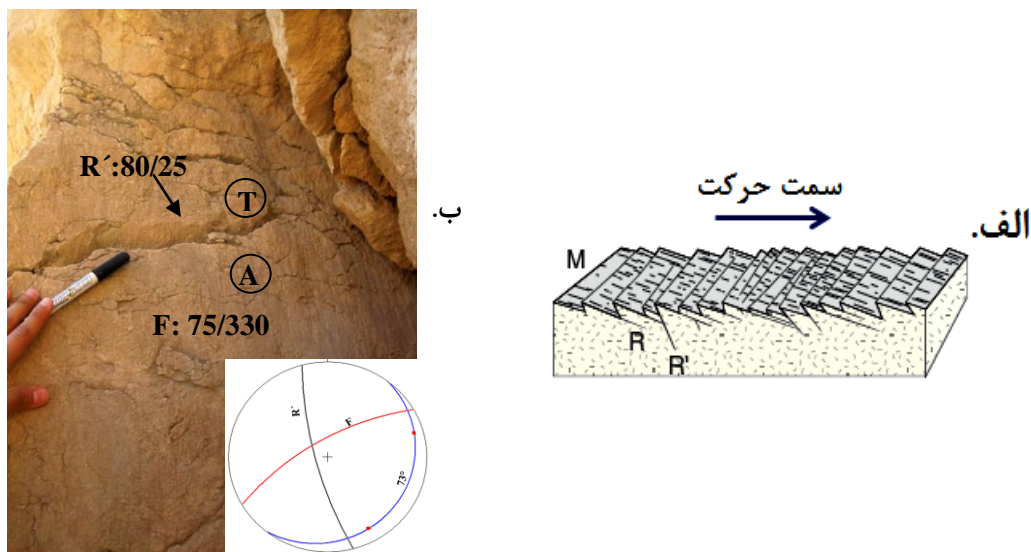
ب- برشی‌های R'

شکستگی‌های نوع آنتی‌ریدل، برشی‌های غیرهمسو با حرکت گسل هستند که با فراوانی کمتر در پهنه‌های هم‌پوشانی شکستگی‌های نوع ریدل به وجود می‌آیند.

این برشی‌ها با زاویه‌ای به اندازه‌ی $90 - \phi/2$ (با زاویه‌ای در حدود ۷۵ درجه) نسبت به گسل اصلی توسعه می‌یابند. این برشی‌ها با برشی‌های نوع R زاویه‌ای حدود ۶۰ درجه می‌سازند و سیستم شکستگی‌های برشی مزدوج را تشکیل می‌دهند. مورفولوژی مضرس و دندان‌های بر روی سطح گسل، ناشی از حضور این برشی‌ها بر روی سطح گسل است. این برشی‌ها در گروه شکستگی‌های منفی (شکستگی‌هایی که حرکت دست روی سطح گسل در راستای حرکت بلوگ گم شده آسان نیست و

احساس زبری می‌شود) قرار می‌گیرند (شکل ۳-۳۳).

یافتن نشانه‌های قطعی حرکت بر روی سطح‌های R و R' دشوار است و می‌توان آن‌ها را بر پایه خش روی آن‌ها یا زاویه آن‌ها مورد تفسیر قرار داد. در مواقعی که پیدا کردن شاخص‌های حرکت بر روی R و R' غیرممکن باشد، این شکستگی‌ها بر اساس زاویه‌ای که با سطح گسل می‌سازند تفسیر می‌شوند.

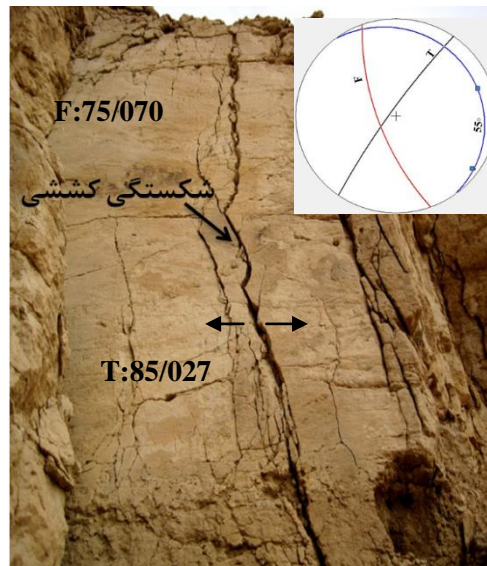
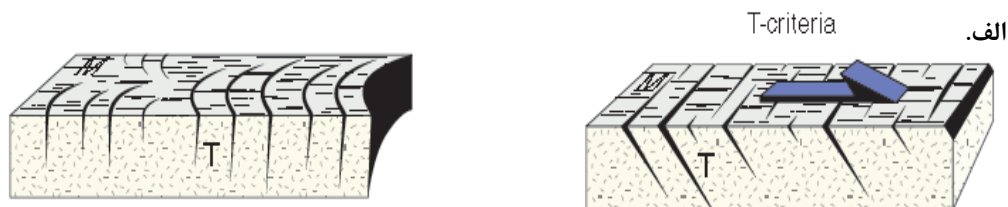


شکل ۳-۳۳- نمودار سه بعدی نشان دهنده‌ی سطح گسل اصلی (M) و برشی نوع R' (Fossen, 2010). ب- تصویری صحرائی از شکستگی R' همراه با استریوگرام آن.

ج- شکستگی‌های نوع T:

آن دسته از شکستگی‌های ثانوی روی سطح گسل که فاقد خراش هستند و معمولاً زاویه‌ی بین ۳۰ تا ۹۰ درجه با سطح گسل اصلی می‌سازند را شکستگی‌های نوع T می‌نامند. در واقع برشی‌های T شکستگی‌های کششی هستند که به صورت بازشدگی‌هایی بر روی سطح گسل رخنمون می‌یابند و به طور معمول توسط کانی‌های ثانویه پر می‌شوند. اثر این شکستگی‌ها در سطح گسل می‌تواند به صورت خطی یا منحنی باشند. در صورتی که این شکستگی‌ها با سطح گسل زاویه‌ی ۹۰ درجه بسازند، اثرشان در سطح گسل به صورت منحنی ظاهر می‌گردد، در این صورت با نام شکستگی هلالی شکل (Crescentic shape) معرفی می‌شوند که سمت تقعرشان جهت حرکت بلوک گم شده را نشان

می‌دهد. این شکستگی‌ها به تنهایی بر روی سطح گسل حضور ندارند ولی معمولاً به صورت ردیفی بر روی سطح گسل نمایان می‌شوند و جهت حرکت بلوک گم شده را نشان می‌دهند (شکل ۳-۳۴). نوک زاویه‌ی حاده شکستگی T با سطح گسل اصلی خلاف جهت حرکت بلوک مقابل را نشان می‌دهد.



شکل ۳-۳۴-الف- نمودار سه بعدی نشان دهنده‌ی سطح گسل اصلی (M) و شکستگی‌های کششی (Fossen, 2010)، ب- تصویر صحرایی از شکستگی کششی همراه با استریوگرام آن.

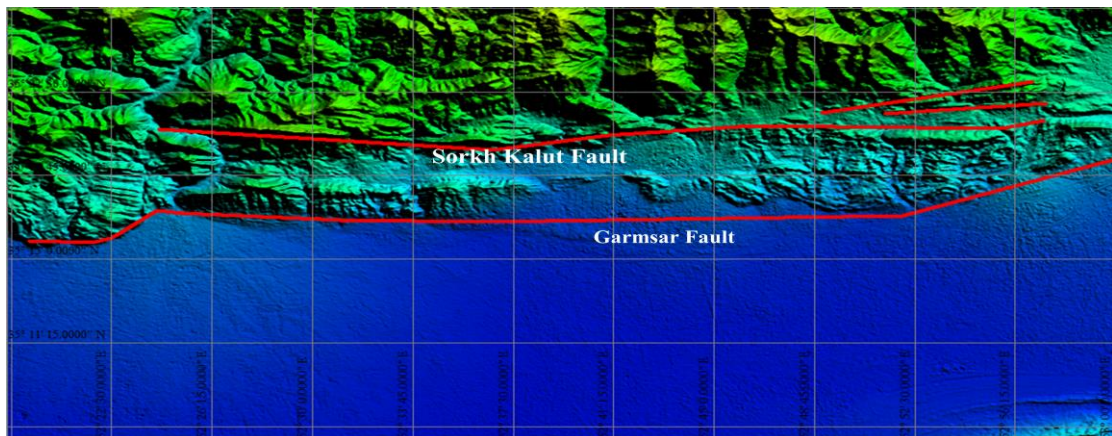
د- شکستگی‌های نوع P:

برشی‌های نوع P شکستگی‌های برشی همسو با حرکت گسل هستند که با زاویه‌ای در حدود ۱۵ درجه نسبت به گسل اصلی توسعه پیدا می‌کنند. این شکستگی‌ها با زاویه میانگین ۳۰ درجه نسبت به برشی‌های نوع R ایجاد می‌شوند.

۳-۲-۳- گسل‌های منطقه

گسل‌های منطقه‌ی مورد مطالعه، بخصوص گسل‌های اصلی، عمدتاً دارای روند خاوری - باختری تا شمال خاوری - جنوب باختری هستند. از مهم‌ترین گسل‌های موجود در منطقه مورد مطالعه که نقش تعیین‌کننده‌ای در زمین ساخت منطقه ایفاء می‌کنند، می‌توان به گسل گرمسار و گسل سرخ کلوت اشاره نمود.

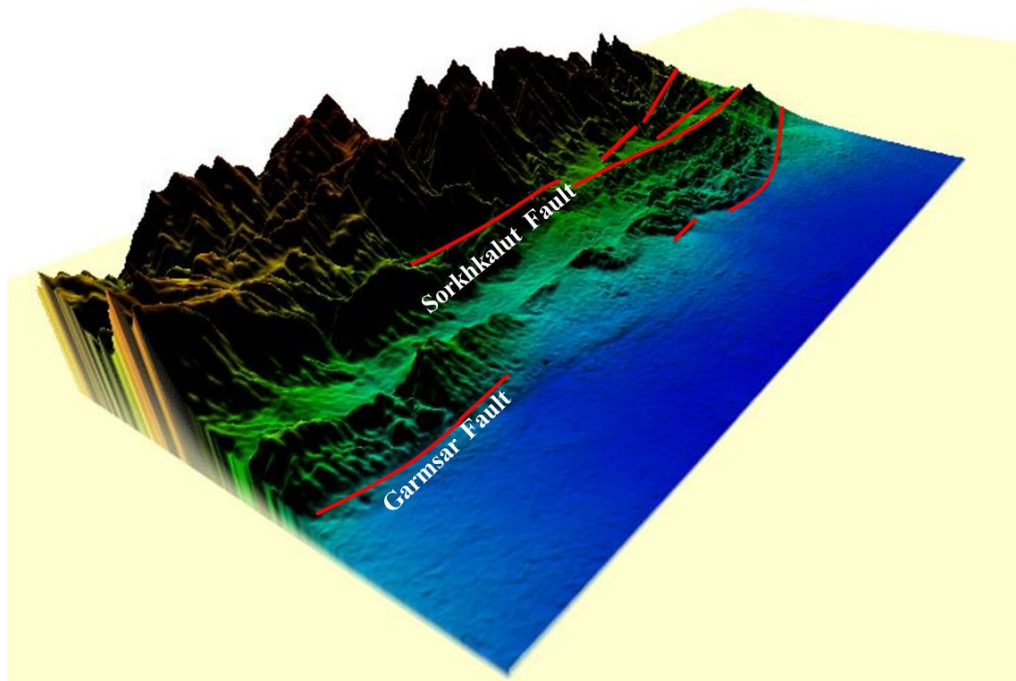
شکل ۳-۳۵ تصویر DEM منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد که در آن گسل‌های اصلی منطقه مشخص شده است.



شکل ۳-۳۵- تصویر DEM منطقه مورد مطالعه که در آن گسل‌های گرمسار و سرخ کلوت مشخص شده است.

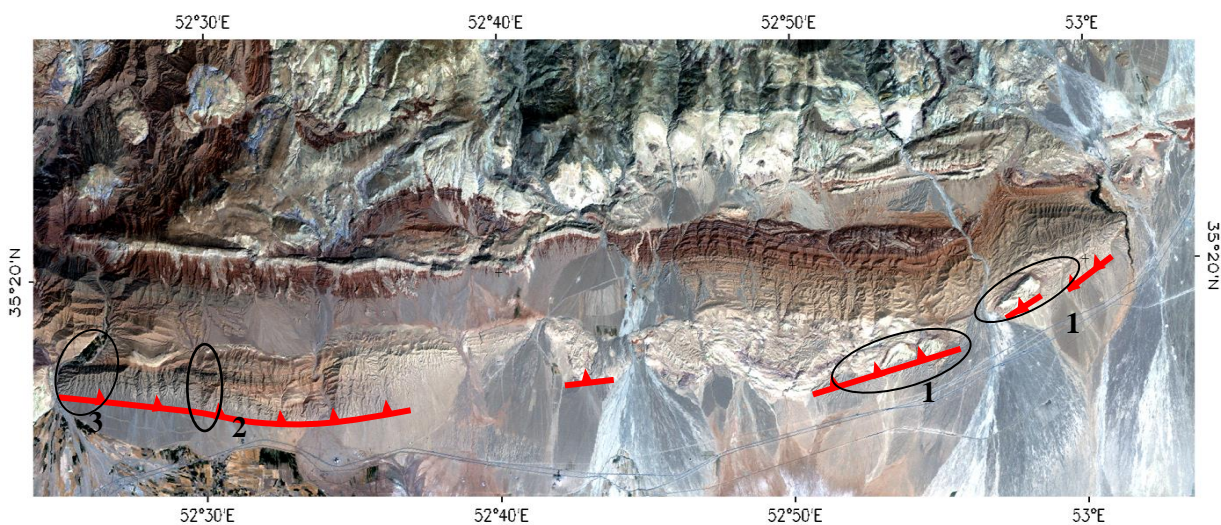
۳-۲-۳-۱- گسل گرمسار

گسل گرمسار گسلی است با راستای خاوری - باختری و درازای بیش از ۱۰۰ کیلومتر که در بخش شمال خاوری گرمسار، این گسل مرز میان سازند آبرفتی هزاردره و آبرفت‌های دشت را می‌سازد. آرایش هندسی این گسل راندگی با شیب به سمت شمال می‌باشد (بربریان و همکاران ۱۳۶۴) (شکل ۳-۳۶).



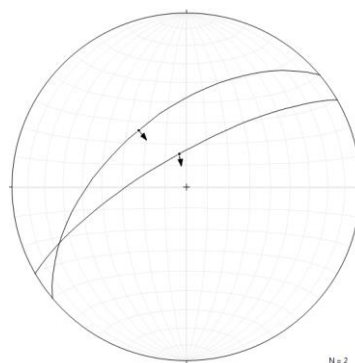
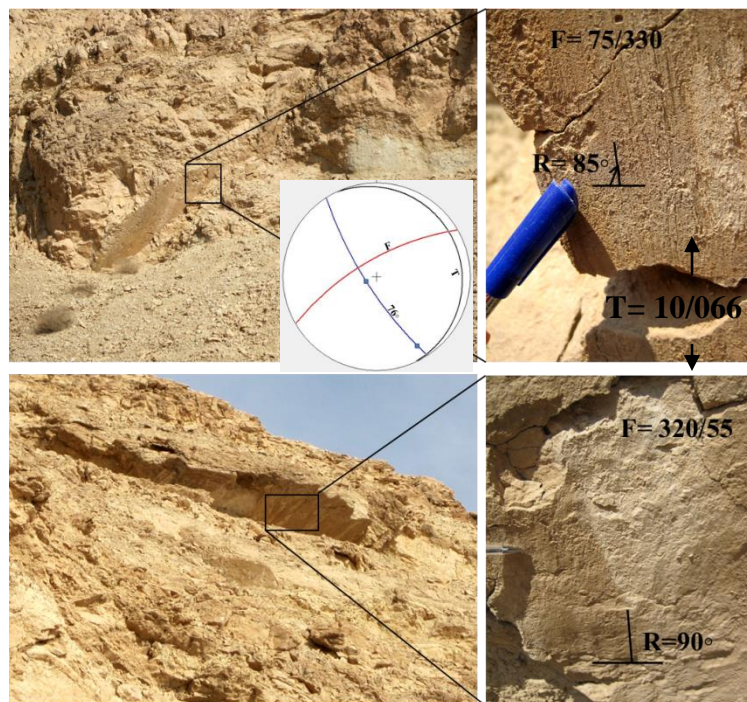
شکل ۳-۳۶- تصویری سه بعدی از منطقه مورد مطالعه که در آن گسل گرمسار و سرخ‌کلوت نشان داده شده است.

با پیمایش در امتداد گسل گرمسار در منطقه‌ی مورد مطالعه، در مکان‌هایی که امکان رخنمون سطوح گسلی می‌رفت، برداشت صورت گرفت. برای پیدا کردن اثری از گسل گرمسار در چهار محدوده پیمایش‌هایی صورت گرفت. محدوده‌های مورد نظر در تصویر ماهواره‌ای لندست ۷ در شکل ۳-۳۷ نشان داده شده است.



شکل ۳-۳۷- موقعیت ایستگاه‌های برداشت شده از گسل گرمسار در تصویر ماهواره‌ای Landsat 7.

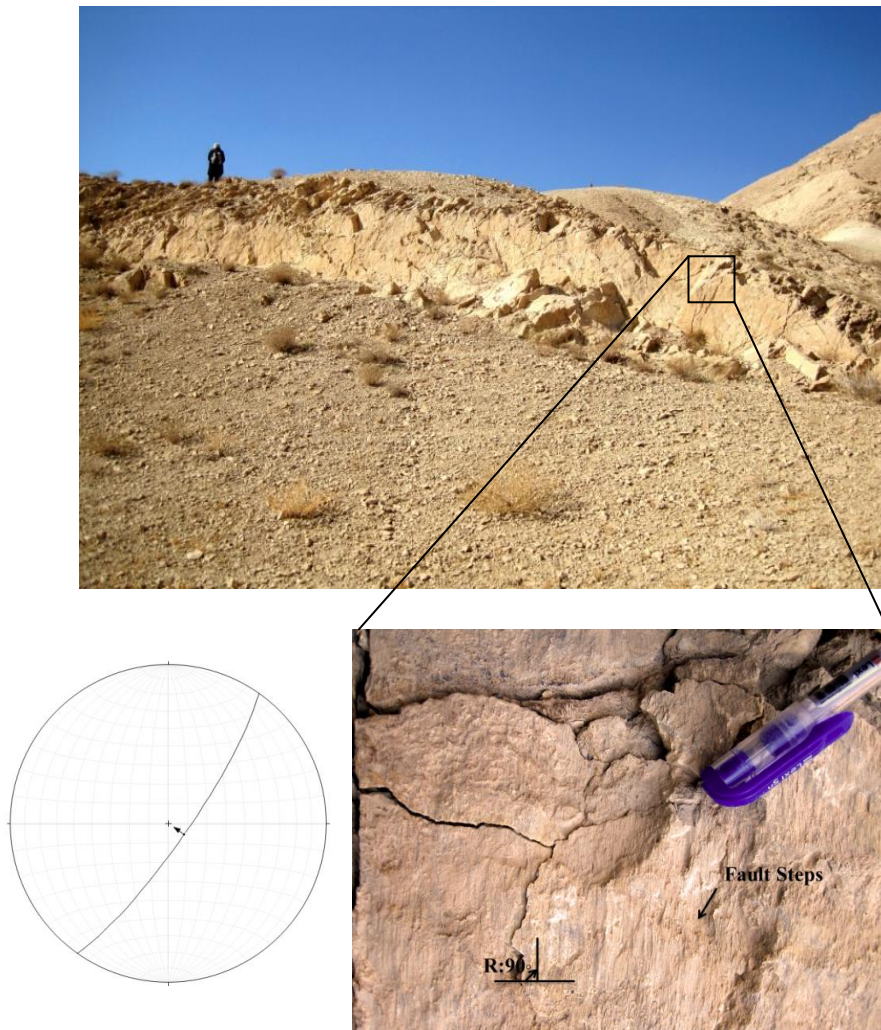
پیمایش در محدوده اول در ۳ ایستگاه صورت گرفت، در ایستگاه اول گسل گرمسار در دامنه جنوبی ناودیس جنوبی بر روی سازند آهکی قم سطوح گسلی همراه با خراش‌های گسلی با ریک ۹۰ درجه (حرکت معکوس) را بر جای گذاشته است. با توجه به خراش‌های گسلی موجود و شکستگی کششی (شکستگی‌های عمود بر خراش گسلی) با موقعیت $۰.۶۶/۱۰$ که با سطح گسل زاویه‌ای در حدود ۷۶ درجه می‌سازد، سازوکار این گسل معکوس تشخیص داده شد. داده‌های برداشت شده از این گسل و استریوگرام‌های حاصل از این داده‌ها، موقعیت غالب $۶۵/۳۲۵$ را برای این گسل نشان می‌دهد (شکل ۳-۳۸).



شکل ۳-۳۸- تصویر صحرایی از گسل گرمسار در ایستگاه اول همراه با استریوگرام ساختاری حاصل از آن.

فصل سوم: زمین‌شناسی ساختاری

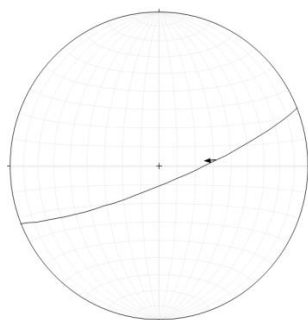
در ایستگاه دوم، سطحی دیگر از گسل گرمسار، بر روی سازند آهکی قم یافت شد. داده‌های برداشت شده از این گسل و استریوگرام‌های حاصل از این داده‌ها، موقعیت غالب ۸۰/۱۲۵ را برای این گسل نشان می‌دهد (شکل ۳-۳۹). با توجه به خراش‌های گسلی موجود همراه با پله‌های گسلی سازوکار این گسل معکوس تشخیص داده شد.



شکل ۳-۳۹- تصویری صحرائی از گسل گرمسار در ایستگاه دوم (دیدعکس به سمت جنوب خاور) همراه با استریوگرام ساختاری آن.

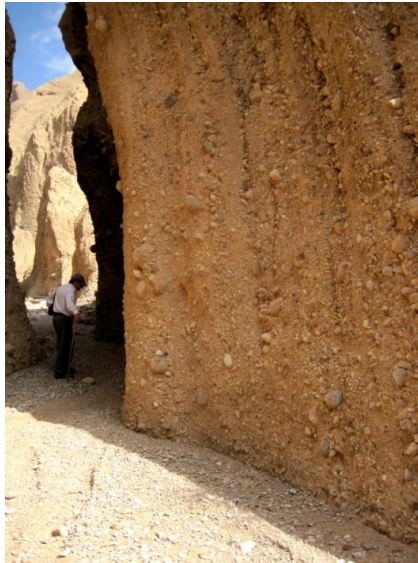
در ایستگاه سوم بر روی آهک‌های قم (در یال جنوبی تاقدیس میانی) سطح گسلی با موقعیت ۸۰/۱۵۸ یافت شد. با توجه به خراش‌های گسلی موجود (ریکی در حدود ۶۰ درجه ساعتگرد) بر روی فرادیواره سطح گسل سازوکار این گسل معکوس راست‌بر تشخیص داده شد. خراش‌های سطوح گسلی و پله‌های

گسلی حرکت راست بر را برای این گسل تأیید می‌کند. شایان ذکر است این گسل باعث جابه‌جایی قائم لایه‌بندی در حدود نیم متر شده است (شکل ۳-۴۰). که از تلفیق جابه‌جایی لایه در دو بلوک با ریک خش‌لغز سازوکار دقیق گسل بدست آمده است.



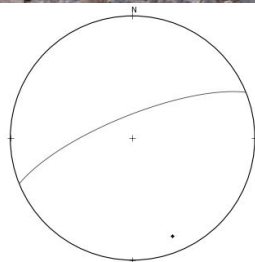
شکل ۳-۴۰- تصویری صحرایی از گسل گرمسار در ایستگاه سوم (دید عکس به سمت جنوب) همراه با استریوگرام حاصل از اطلاعات ساختاری (برداشت‌های ساختاری بر روی فرودیواره گسل صورت گرفته است).

در محدوده دوم، با توجه به مشاهدات صحرایی بر روی کنگلومرای هزاردره واقع در قسمت شمال جلیل‌آباد اثری از گسل گرمسار بر روی این کنگلومرا یافت نشد. نکته جالب توجه در این کنگلومراها این است که به ندرت شکستگی در آنها دیده می‌شود. همچنین از رأس به قاعده، لایه‌های کنگلومرایی پرشیب‌تر (تا ۹۰ درجه شیب) و متراکم‌تر بوده، سیمانی شدن آنها شدید و نیز ضخامت لایه‌ها افزایش یافته است. قطعات سنگی در ابعاد مختلف و با گردشگی نسبتاً خوب، در یک زمینه ماسه‌ای-رسی دیده می‌شوند. همچنین جهت شیب لایه‌ها به سمت جنوب می‌باشد (شکل ۳-۴۱).



شکل ۳-۴۱- تصویری از لایه‌بندی در کنگلومرای هزاردره که لایه‌ها دارای شیب زیاد می‌باشند و شکستگی در این کنگلومرا بسیار کم است.

در پیمایش در محدوده سوم بر روی کنگلومرای هزاردره واقع در ناحیه بنه‌کوه، مشاهده شد شیب لایه‌بندی لایه‌ها زیاد و کنگلومرا دارای شکستگی به نسبت بیشتری نسبت به کنگلومرای هزاردره در شمال جلیل‌آباد بودند. در موقعیت $35^{\circ} 18' 0,40''$ شمالی و $52^{\circ} 25' 1,80''$ شرقی، سطحی گسلی با موقعیت ۷۵/۳۳۸ یافت شد که قطعات موجود درون کنگلومرا کاملا بریده شده بودند و سطح صیقلی بر جای گذاشته شده بود. بر روی این سطح آثار حرکتی یافت نشد (شکل ۳-۴۲).

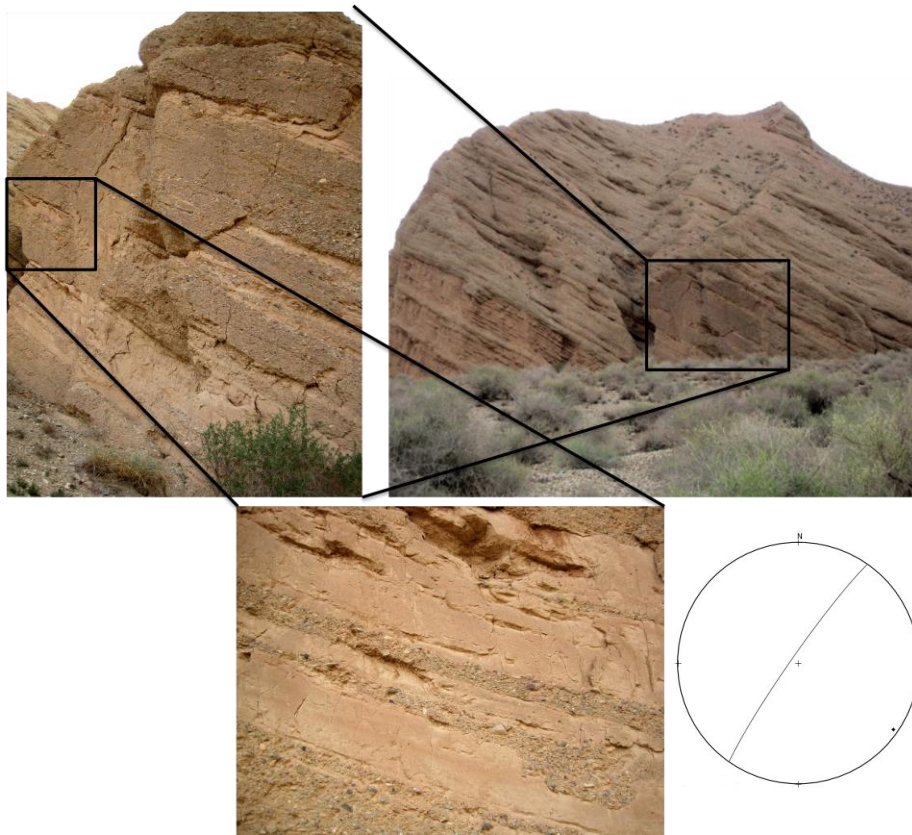


شکل ۳-۴۲- تصویری صحرائی از سطح گسل گرمسار در کنگلومرای هزاردره در بنه‌کوه (دید عکس به سمت شمال خاور)

در مسیر ایوانکی - آبسرد اثر گسل گرمسار مورد ردیابی قرار گرفت (شکل ۳-۴۳). در موقعیت جغرافیایی $35^{\circ} 21' 34.09''$ شمالی و $52^{\circ} 07' 0.77''$ شرقی سطحی با موقعیت $30.5/85$ یافت شد که آثار حرکتی بر روی آن دیده نشد (شکل ۳-۴۴). شیب لایه‌بندی کنگلومرا در این منطقه در حدود 50° درجه است و جهت شیب لایه‌ها به سمت جنوب می‌باشد.



شکل ۳-۴۳- تصاویر ماهواره‌ای Google Earth که محل‌های برداشت داده‌های گسل گرمسار در محدوده چهارم نشان داده شده است.

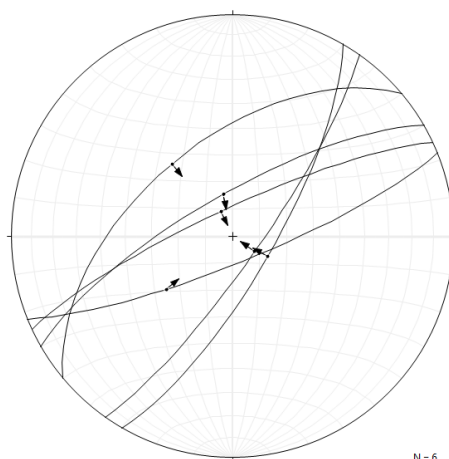


شکل ۳-۴۴- تصویری صحرائی از سازند کنگلومرای هزاردره همراه با سطح گسل گرمسار در مسیر ایوانکی-آبگرد.

اندازه‌گیری ساختاری بر روی سطح گسل گرمسار در جدول ۳-۹ آورده شده است. داده‌های برداشت شده از این گسل و استریوگرام‌های حاصل از این داده‌ها، موقعیت غالب $82/324$ را برای این گسل نشان می‌دهد (شکل ۳-۴۵).

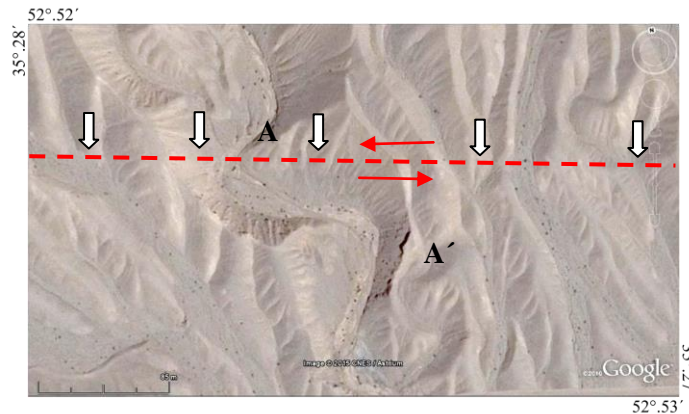
جدول ۳-۹- داده‌های برداشت شده از سطح گسل گرمسار
*جهت حرکت فرادیواره: ۱: رو به بالا (معکوس)، ۲: رو به پایین (نرمال)، ۳: راست‌بر، ۴: چپ‌بر

Fault Plane		Slicken Lines		
Dip. Dir	Dip	Azimuth	Plunge	Sense*
۱۲۵	۸۰	۱۲۵	۸۰	۱
۱۲۰	۷۵	۱۲۰	۷۵	۱
۱۵۸	۸۰	۲۳۱	۵۹	۱
۳۳۰	۷۵	۳۴۹	۷۴	۱
۳۲۰	۵۵	۳۲۰	۵۵	۱
۳۰۵	۸۵			
۳۱۰	۸۵			
۳۲۸	۸۰			
۳۳۸	۷۵			
۳۳۰	۷۵			
۳۴۲	۸۰			
۳۳۵	۸۰	۳۳۵	۸۰	۱



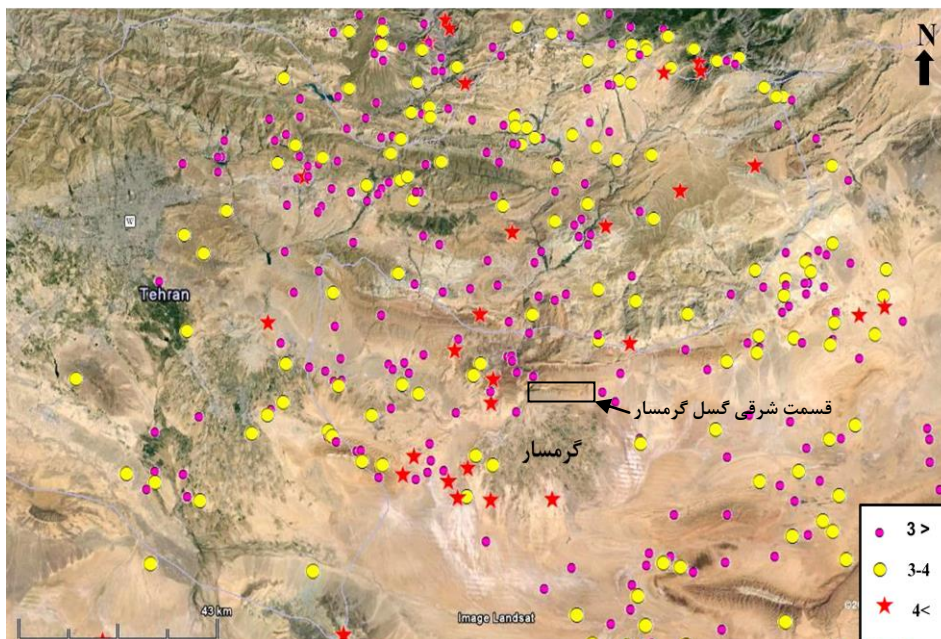
شکل ۳-۴۵- استریوگرام‌های ساختاری حاصل از سطوح گسلی گرمسار که دارای خراش گسلی هستند.

مطالعه تصاویر دورسنجی نشان می‌دهد که این گسل کانال‌های رودخانه‌ای را به صورت چپ‌بر جابه‌جا نموده است. بیشینه جابه‌جایی تجمعی افقی در راستای گسل گرمسار در حدود ۱۶۰ متر می‌باشد (شکل ۳-۴۶).



شکل ۳-۴۶- تصویر ماهواره‌ای Google Earth که بیشینه میزان جا به‌جایی افقی در راستای گسل گرمسار در حدود ۱۶۰ متر را نشان می‌دهد.

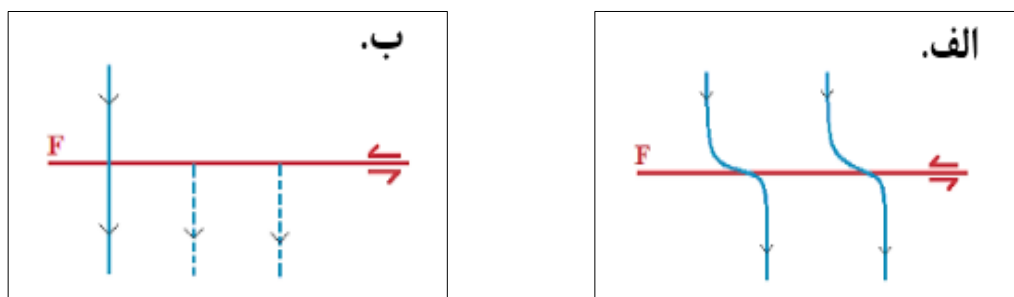
با استفاده از داده‌های زمین‌لرزه‌های دستگاهی (۱۹۸۰-۲۰۱۴) ثبت شده توسط مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران و پلات کردن این داده‌ها بر روی تصویر ماهواره‌ای Google earth مشاهده شد، بیشترین زمین‌لرزه‌ها در حوالی گسل گرمسار، به ویژه قسمت‌های غربی آن ثبت شده است و این‌گونه به نظر می‌رسد که بخش غربی گسل گرمسار نسبت به بخش شرقی خود (منطقه مطالعاتی) در بازه ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۴ فعالیت بیشتری دارد (شکل ۳-۴۷).



شکل ۳-۴۷- زمین‌لرزه‌های دستگاهی از سال ۱۹۸۰-۲۰۱۴ به شعاع صد کیلومتری و به مرکزیت گرمسار.

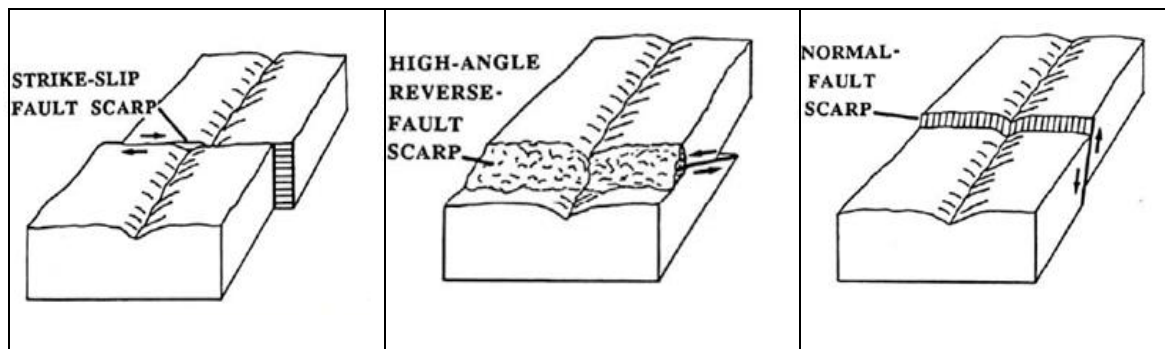
۳-۲-۳-۲- گسل کواترنری شمال ده‌نمک

یکی از اثرات فعالیت‌های گسل‌های راستالغز بر روی مخروط افکنه‌ها، جابجایی در کانال آبراهه‌ها در راستای گسل می‌باشد که می‌تواند در پاسخ آبراهه‌ها در برابر حرکت‌های نوزمین‌ساختی گسل صورت گرفته باشد. بنابراین با مطالعه‌ی آبراهه‌ها با توجه به جوان بودن این پدیده‌های زمین‌ریختی می‌توان شواهد غیر قابل انکاری در چگونگی سازوکار گسل در بازه‌ی نوزمین‌ساخت بدست آورد (Bull, 2007). انحراف در مسیر آبراهه‌های یک منطقه می‌تواند دلیلی بر وجود یک گسل راستالغز باشد. گاهی نیز حرکت راستالغز گسل‌ها، آبراهه‌ها را به طور کلی از ادامه‌ی بستر اصلی جدا می‌کند و جریان‌های بعدی در آبراهه‌های جابجا شده موجب ایجاد بستر جدید در مسیر پائین دست می‌گردد (شکل ۳-۴۸).



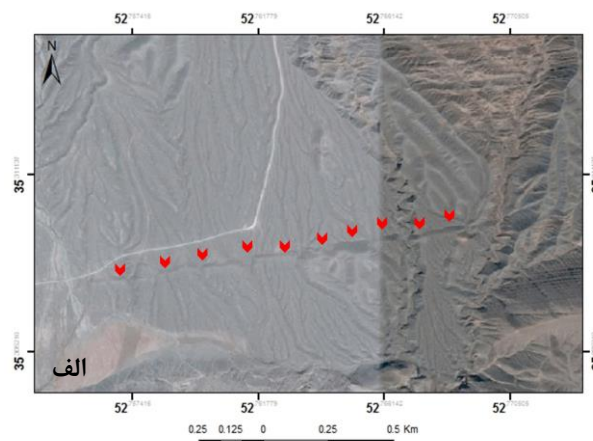
شکل ۳-۴۸- انحراف و جابجایی آبراهه‌ها بر اثر عملکرد یک گسل راستالغز چپ‌بر، الف- تغییر مسیر آبراهه در امتداد گسل، ب- دو آبراهه‌ی از کار افتاده در نتیجه‌ی جنبش گسل.

با دقت در طرح آبراهه‌ها، چنانچه یک گسل کواترنری، جنبش شیب‌لغز محض به صورت فشاری یا کششی داشته باشد، آبراهه‌های بریده شده در بالادست و پایین دست گسل در یک امتداد قرار خواهند گرفت. اگر گسل حرکت شاغولی نداشته باشد و تنها جنبش امتدادلغز محض داشته باشد، آبراهه‌های بریده شده در بالادست و پایین دست گسل در یک امتداد قرار نمی‌گیرند (شکل ۳-۴۹)، بنابراین در جریان بعدی در طول کانال رودخانه، رودخانه شروع به حفر بستر جدید برای خود می‌کند و کانال قدیمی به صورت ابتر باقی می‌ماند. در این حالت با دقت در تعداد کانال‌های آبراهه در پایین دست و بالا دست خط گسل می‌توان به سازوکار گسل پی برد.



شکل ۳-۴۹- چگونگی جابجایی آبراهه‌ها توسط گسل‌های نرمال، معکوس و امتدادلغز (Hancock, 1988)

گسل کواترنری شمال دهنمک در منطقه مطالعاتی با روند خاوری- باختری با طولی در حدود ۲ کیلومتر در موقعیت جغرافیایی $35^{\circ} 19' 9.65''$ شمالی و $52^{\circ} 46' 02.55''$ شرقی قرار دارد. که برای اولین بار در این پژوهش شناسایی شد. مطالعه تصاویر دورسنجی و مشاهدات صحرایی نشان می‌دهد که این گسل رسوبات کواترنری را بریده است. همچنین این گسل همراه با مؤلفه شاغولی نیز می‌باشد که باعث بالا آمدن بخش جنوبی نسبت به بخش شمالی گردیده است. در طی پیمایش‌های صحرایی، سطحی که مربوط به این گسل باشد مشاهده نشد و اطلاعات حاصل، از ویژگی‌های زمین‌ریختی ایجاد شده بر اثر عملکرد این گسل بدست آمده است. طرح آبراهه‌ها در نهشته‌های کواترنری در منطقه‌ی مطالعاتی نشان می‌دهد که بسیاری از آن‌ها در برخورد با گسل کواترنری شمال دهنمک قطع شده و در پایین دست گسل همتایی ندارند. لازم به ذکر است مطالعه‌ی این گسل در واحدهای کواترنری مستلزم سن‌یابی است که در این پژوهش پیش‌بینی نشده است. شکل ۳-۵۰ تصویر ماهواره‌ای و تصویری صحرایی از این گسل را نشان می‌دهد. همچنین به دلیل هم روند بودن این گسل با گسل گرمسار، می‌توان آن را نشانه‌ای از جنبش کواترنری در حریم گسل گرمسار در نظر گرفت.



شکل ۳-۵۰-الف: نمایش اثر گسل کواترنری شمال دهنمک بر روی تصویر ماهواره‌ای Google earth، ب- قطع شدگی آبراهه‌ها در اثر حرکت گسل (Google earth)، ج- قطع شدگی آبراهه‌ها توسط گسل کواترنری (دید عکس شمال باختر)، د- تپه مسدود کننده آبراهه‌ها (دید عکس به سمت جنوب).

۳-۲-۳- گسل سرخ کلوت

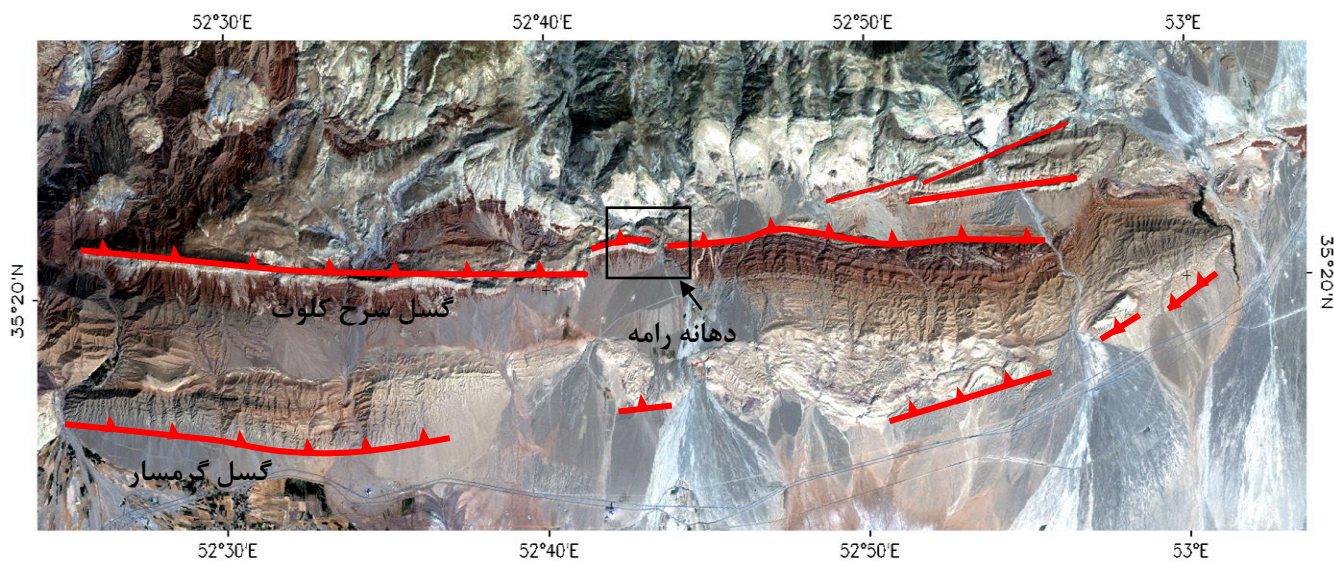
این گسل دارای روند خاوری - باختری و درازای ۵۳ کیلومتر است (شکل ۳-۳۵). گسل سرخ کلوت در بخشی از درازای خود، سبب بریده شدن سنگ‌های سازند قرمز زیرین، قم و قرمزبالایی گردیده است، گسلی با فعالیت کواترنری است. کارکرد گسل سرخ کلوت سبب فرازگیری و فرسایش فرادیواره آن گردیده که نتیجه آن برونزد گستره نسبتاً وسیعی از سازند قم و سنگ‌های قدیمی‌تر شده است. لازم به ذکر است که پایانه خاوری این گسل، متشکل از دو شاخه در بردارنده‌ی منطقه لولایی تاقدیس کوه لاسجردشت می‌باشد که در این پژوهش تحت عنوان گسل‌های F2 و F3 شناسایی و مورد بررسی قرار

گرفته‌اند. با وجود این که بخشی از گسل سرخ‌کلوت رسوبات کواترنر را بریده است اما هیچ گونه داده لرزه‌خیزی از آن تا کنون به دست نیامده است (بربریان و همکاران ۱۳۶۴).

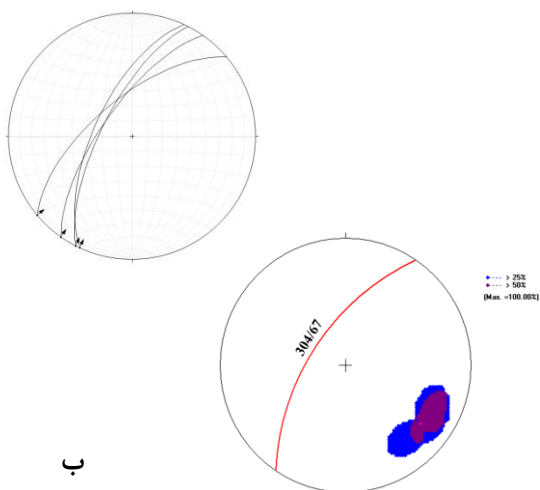
با پیمایش در امتداد گسل سرخ‌کلوت در منطقه‌ی مورد مطالعه سطحی از این گسل یافت نشد (با توجه به این که منطقه مطالعاتی در مرز ساختاری البرز جنوبی-ایران مرکزی است و به دلیل واقع شدن گستره مورد مطالعاتی در حاشیه کویر مرکزی ایران و حاکمیت شرایط بیابانی و نیمه‌بیابانی بر قسمت‌های وسیعی از منطقه و نیز سست بودن عمومی سازندهای تشکیل دهنده، نرخ فرسایش بسیار بالاست شاید همین امر است که آثار گسلش در منطقه حفظ نشده است). بنابراین سازوکار این گسل با توجه به چینه‌شناسی (رانده شدن سازند قرمزیرین بر روی سازند قم) معکوس تشخیص داده شد. که در دهانه‌ی دره رامه (شکل ۳-۵۱) بخشی از این گسله سبب رانده شدن سنگ‌های سازند قرمزیرین روی رسوبات سازند قم گردیده است (شکل ۳-۵۲-الف).

با توجه به این که سطحی از این گسل یافت نشد اما سطوح گسلی مرتبط با این گسل شناسایی و اندازه‌گیری شدند. به طوری که در دهانه‌ی دره رامه (در موقعیت جغرافیایی $52,87'' 20' 35^{\circ}$ شمالی و $31,04'' 43' 52^{\circ}$) سطوح گسلی با خراش گسلی بر روی آهک‌های سازند قم یافت شدند که ریک نزدیک به صفر درجه را دارند. با استفاده از نشانه‌های حرکتی، از جمله پله گسلی سازوکار این گسل امتدادلغز راست‌بر تشخیص داده شد. داده‌های برداشت شده از این گسل و استریوگرام‌های حاصل از این داده‌ها، موقعیت غالب $67/304$ را برای این گسل نشان می‌دهد (شکل ۳-۵۲-ب و ج). با توجه به راستای گسل سرخ‌کلوت در تصاویر ماهواره‌ای که روند خاوری - باختری را نشان می‌دهد سطوح برداشتی نسبت به راستای گسل سرخ‌کلوت زاویه‌ای در حدود 67 درجه را می‌سازند که می‌توان آن را به عنوان شکستگی‌های R' در نظر گرفت.

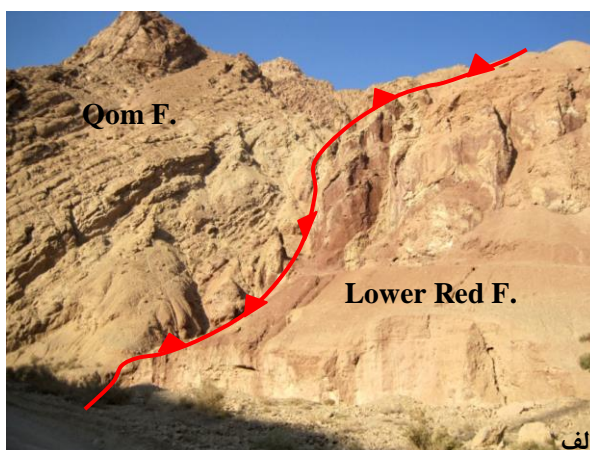
اندازه‌گیری‌های ساختاری از سطوح برداشت شده در جدول ۳-۱۰ آورده شده است.



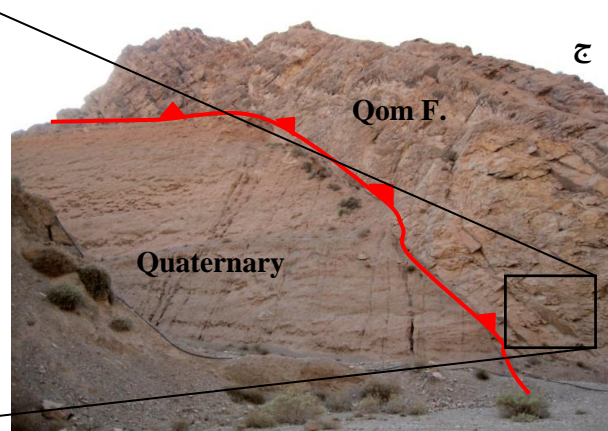
شکل ۳-۵۱- تصویر ماهواره‌ای لندست ۷ که در آن گسل سرخ کلوت مشخص شده است.



ب



الف



ج

شکل ۳-۵۲- الف- رانده شدن سازند قرمزیرین بر روی سازند قم در دهانه دره رومه بر اثر عملکرد گسل سرخ کلوت (دید عکس به سمت شمال خاور). ب- نمودار کنتور تراکم قطب صفحات گسلی و تعیین صفحه غالب برای گسل‌های مرتبط با گسل سرخ کلوت. ج- تصویری صحرائی از شکستگی R' همراه با خراش‌هایی با ریک افقی.

جدول ۳-۱۰- داده‌های برداشت شده از سطح R' مرتبط با گسل سرخ کلوت
*جهت حرکت فرادیواره: ۱: رو به بالا (معکوس)، ۲: رو به پایین (نرمال)، ۳: راست‌بر، ۴: چپ‌بر

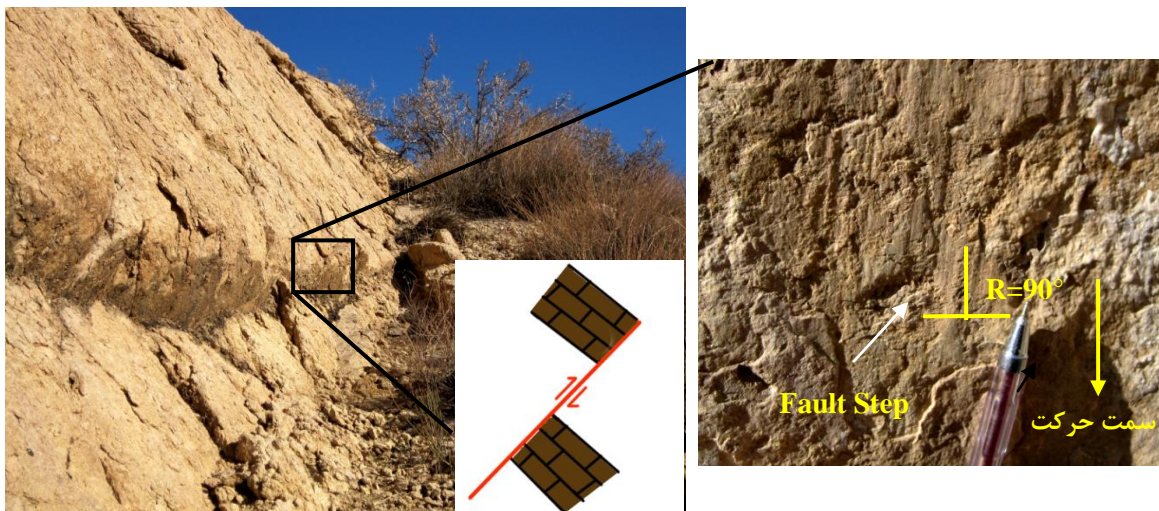
Fault Plane		Slicken Lines		
Dip. Dir	Dip	Azimuth	Plunge	Sense*
۳۰۵	۷۰	۲۱۵	۰۰	۳
۳۲۰	۶۵	۲۳۰	۰۰	۳
۲۹۵	۶۵	۲۰۵	۰۰	۳
۲۹۷	۷۰	۲۰۷	۰۰	۳

۳-۲-۳-۴- گسل F1

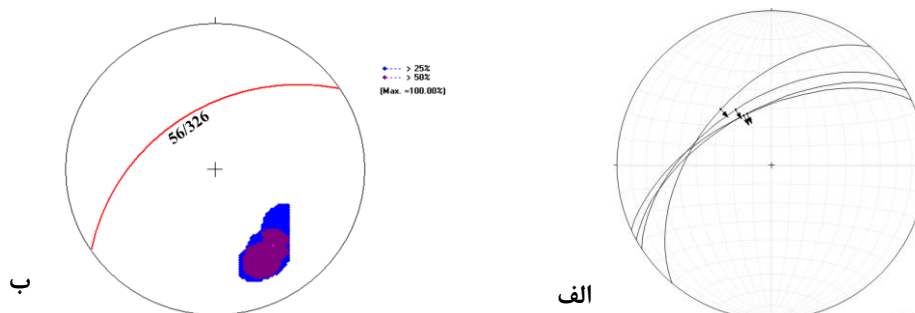
این گسل با طولی در حدود ۱۲۰۰ متر با روند شمال خاوری - جنوب باختری در عبور از سازند آهکی قم در یال جنوبی تاق‌دیس لاسجردشت، سطوح گسلی با خراش گسلی (ریک خراش گسلی نزدیک به ۹۰ درجه) بر جا گذاشته است. با توجه به پله‌های گسلی مشاهده شده بر روی سطح گسل (بدین صورت که پله‌های گسلی در سطح گسل و در جهت حرکت گسل تشکیل می‌شوند و معمولاً عمود بر خش‌لغزها ایجاد شده و منظره پله مانند را در سطح گسل ایجاد می‌کنند، و یکی از نشانگرهای نوع مثبت می‌باشند) سازوکار گسل معکوس تشخیص داده شد (شکل ۳-۵۳). استریوگرام‌های حاصل از داده‌های برداشت شده از سطح گسل، شامل نمودار هم‌تراز تراکم داده‌های مربوط به قطب صفحات گسلی نشان می‌دهد که موقعیت غالب بدست آمده برای صفحه گسلی ۵۶/۳۲۶ می‌باشد (شکل ۳-۵۴). داده‌های برداشت شده از سطح گسل F1 در جدول ۳-۱۱ بیان شده است.

جدول ۳-۱۱- داده‌های برداشت شده از سطح گسل F1
*جهت حرکت فرادیواره: ۱: رو به بالا (معکوس)، ۲: رو به پایین (نرمال)، ۳: راست‌بر، ۴: چپ‌بر

Fault Plane		Slicken Lines		
Dip. Dir	Dip	Azimuth	Plunge	Sense*
۳۲۷	۵۵	۳۲۷	۵۵	۱
۳۳۵	۶۰	۳۳۵	۶۰	۱
۳۱۰	۵۰	۳۱۸	۵۰	۱
۳۳۱	۶۰	۳۳۱	۶۰	۱



شکل ۳-۵۳- تصویری صحرایی از گسل F1 با موقعیت ۵۶/۳۲۶ بر روی سازند آهکی قم (دید عکس به سمت شمال خاور)

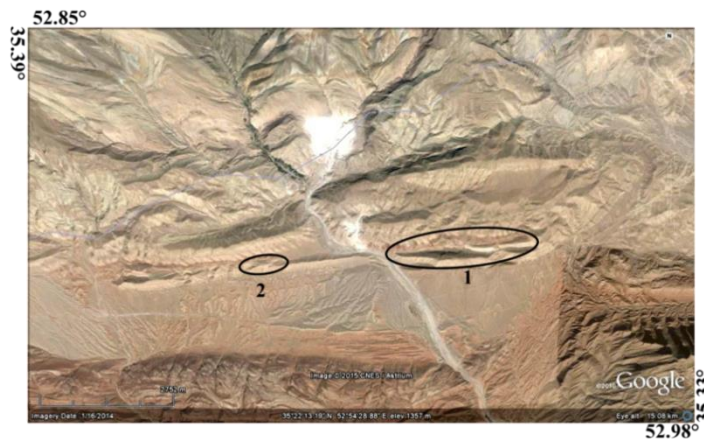


شکل ۳-۵۴- الف- نمودار سیکلوگرافیک بدست آمده از داده‌های برداشت شده از سطح گسل F1 ب- نمودار هم‌تراز قطب صفحات گسلی که روند غالب ۵۶/۳۲۶ را برای این گسل نشان می‌دهد.

۳-۲-۳-۵- گسل F2

جهت برآورد هندسه و شناسایی سازوکار گسل F2 رخنمون‌های آن در دو ایستگاه مورد مطالعه و برداشت قرار گرفت (شکل ۳-۵۵). شواهد صحرایی نشان می‌دهد که در طول گسل F2 سازند قم در فرودیواره و سازند قرمزیرین در فرادیواره رخنمون یافته‌اند. این گسل با طولی در حدود ۸ کیلومتر در عبور از سازند آهکی قم، در یال جنوبی تاقدیس لاسجردشت سطوح گسلی با خراش‌های گسلی بر جای گذاشته است. دو دسته خراش گسلی، روی سطح گسل مشاهده شده است. یک دسته با ریک حدود ۶۵ درجه ساعتگرد که حاکی از حرکت مورب‌لغز است (معکوس چپ‌بر) و دسته دیگر با ریک نزدیک به صفر و سازوکار امتدادلغز (که می‌توان با استفاده از نشانه‌های حرکتی از جمله، پله‌های گسلی بیان کرد که حرکت امتدادلغزی چپ‌بر می‌باشد) (شکل ۳-۵۶). لازم به ذکر است که بر روی

سطح گسل هیچکدام از خراش‌ها یکدیگر را قطع نکرده‌اند. موقعیت غالب سطح گسل F2 در برداشت‌های صورت گرفته ۷۶/۳۴۸ می‌باشد (شکل ۳-۵۷). برداشت‌های صحرایی مربوط به وضعیت هندسی گسل F2 در جدول ۳-۱۲ آورده شده است. همچنین این گسل باعث رانده شدن سازند قرمز-زیرین بر روی سازند قم گردیده است که با توجه به شواهد چینه‌شناسی سازوکار معکوس را برای مؤلفه شیب‌لغز گسل تأیید می‌نماید.

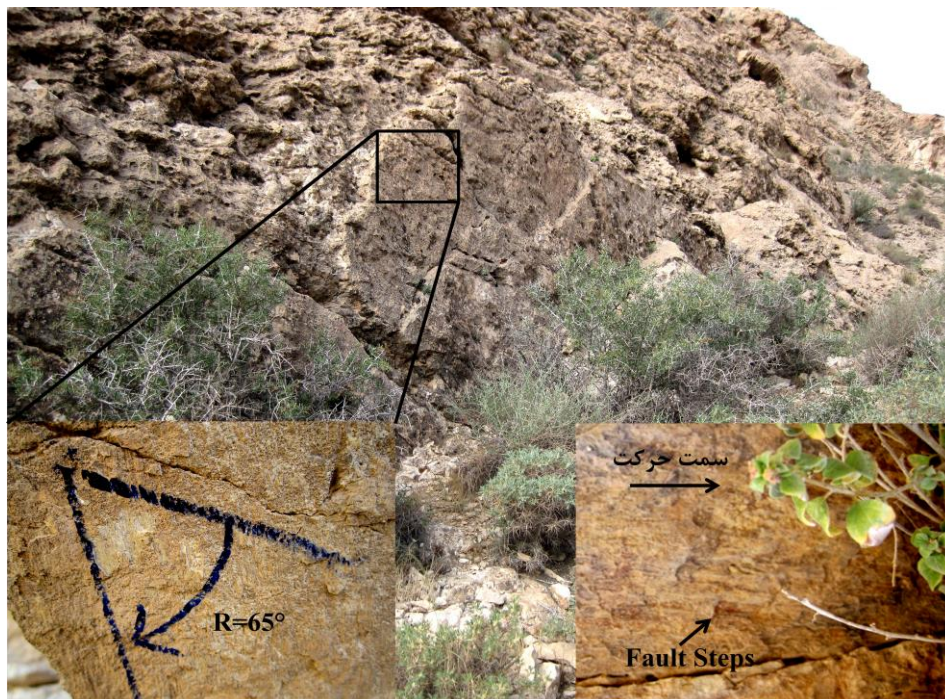


شکل ۳۳-۵۵- ایستگاه‌های برداشت شده از گسل F2 (بر روی تصویر ماهواره‌ای Google Earth)

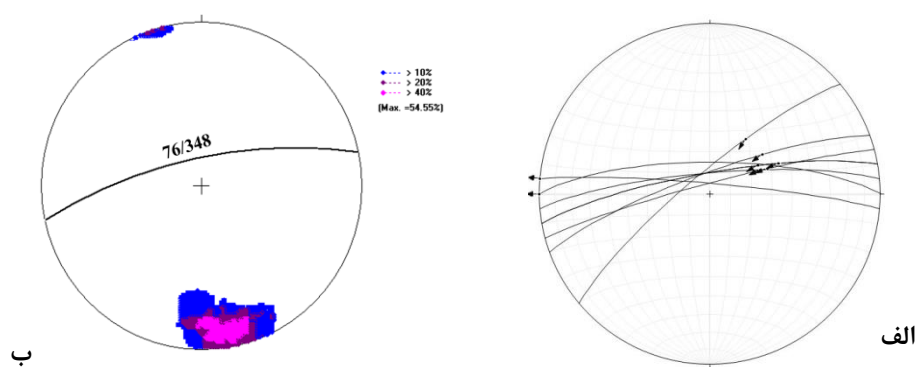
جدول ۳-۱۲- داده‌های برداشت شده از سطح گسل F2

*جهت حرکت فرادیواره: ۱: رو به بالا (معکوس)، ۲: رو به پایین (نرمال)، ۳: راست‌بر، ۴: چپ‌بر

Fault Plane		Slicken Lines		
Dip. Dir	Dip	Azimuth	Plunge	Sense*
۳۵۵	۸۰	۰۶۵	۶۳	۱
۳۵۰	۸۰	۰۶۰	۶۳	۱
۳۴۵	۸۵	۰۶۶	۸۵	۱
۰۰۰	۷۵	۲۷۰	۰۰	۴
۳۵۰	۸۰	۰۶۶	۵۴	۱
۳۴۰	۸۰	۰۵۶	۵۴	۱
۰۰۵	۸۵	۲۷۵	۰۰	۴
۰۰۰	۸۰			
۳۴۸	۸۵			
۳۲۰	۸۰	۰۳۳	۵۹	۱



شکل ۳-۵۶- تصویر صحرایی از گسل F2 همراه با خراش‌های گسلی دیده شده بر روی فرادیواره گسل (دید عکس به سمت جنوب).

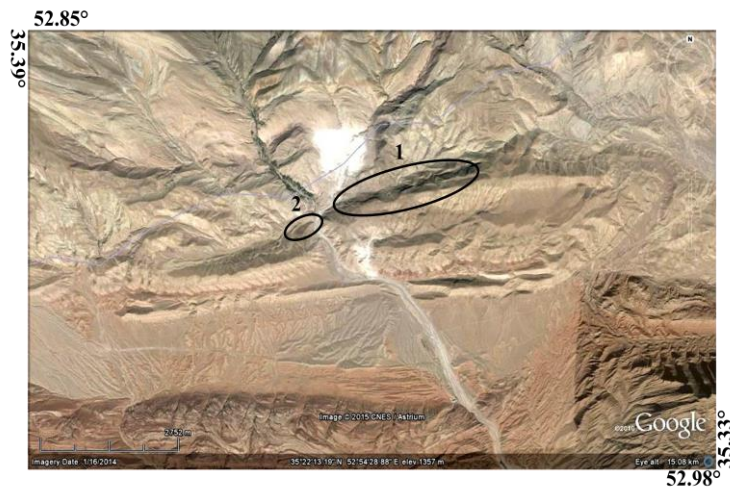


شکل ۳-۵۷- الف- نمودار سیکلوگرافیک بدست آمده از داده‌های برداشت شده از سطح گسل F2 ب- نمودار هم‌تراز قطب صفحات گسلی که روند غالب ۷۶/۳۴۸ را برای این گسل نشان می‌دهد.

۳-۲-۳-۶- گسل F3

طول تقریبی این گسل در حدود ۱۰ کیلومتر می‌باشد. این گسل در امتداد خود سازند آهکی قم را (در یال شمالی تاقدیس لاسجردشت) تحت تاثیر قرار داده و بر روی آن سطوح گسلی بر جای گذاشته

است. جهت برآورد هندسه و شناسایی سازوکار این گسل رخنمون‌های آن در دو ایستگاه مورد مطالعه و برداشت قرار گرفت. (شکل ۳-۵۸).

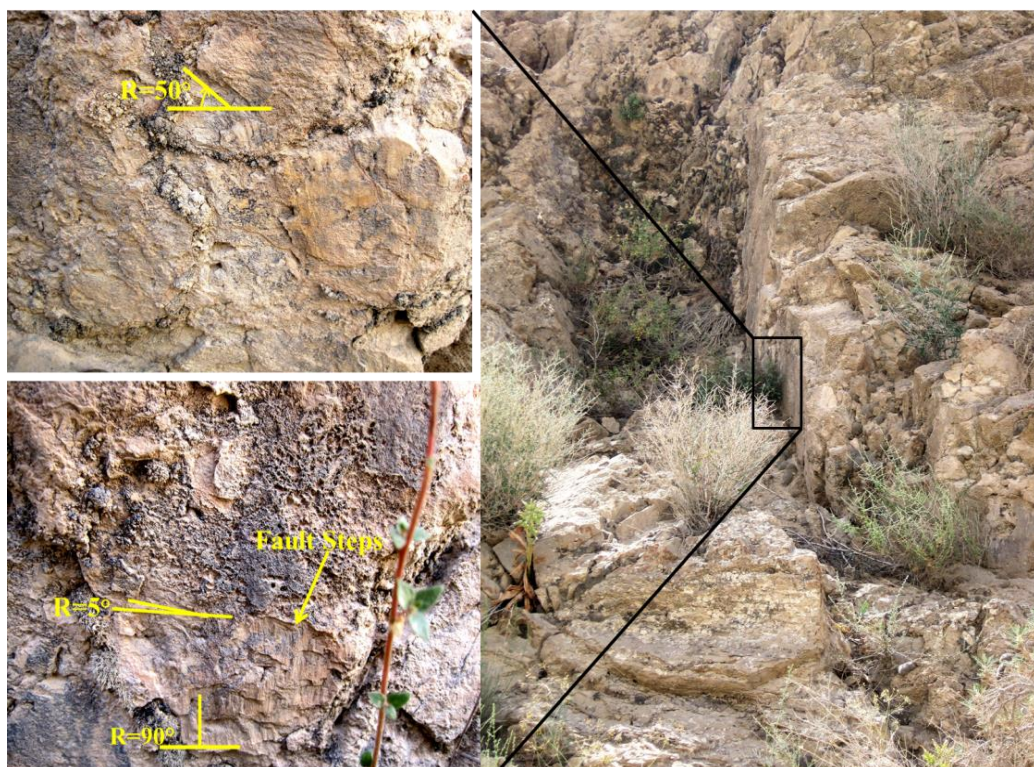


شکل ۳-۵۸- ایستگاه‌های برداشت شده از گسل F3.

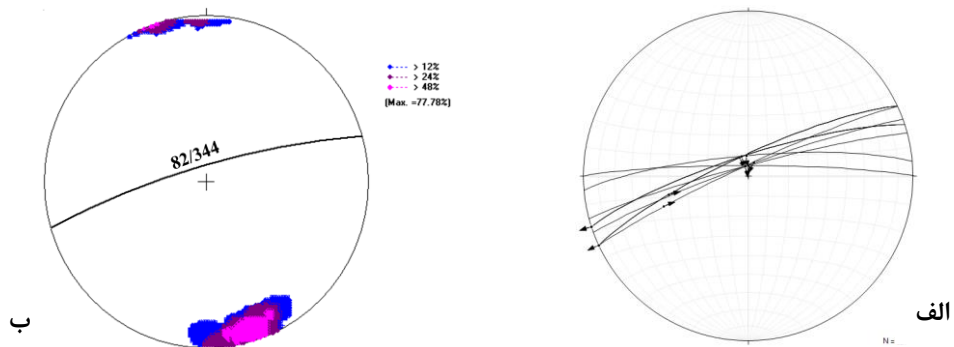
اولین ایستگاه در موقعیت $35^{\circ} 22' 35,11''$ شمالی و $52^{\circ} 53' 55,28''$ شرقی شناسایی شد. بر روی سطوح این گسل سه نسل از خراش‌های گسلی، ریک خراش گسلی نزدیک به 90° درجه (حرکت معکوس)، ریک 50° درجه ساعتگرد که حاکی از حرکت مورب‌لغز (معکوس راست‌بر) است و ریک تقریباً افقی (حرکت امتدادلغزی چپ‌بر)، قابل تشخیص است که در بررسی آن‌ها حرکت جوان مربوط به این گسل، امتدادلغز چپ‌بر می‌باشد. (از آنجا که خراش‌هایی با ریک بالا توسط خراش‌هایی تقریباً افقی قطع گردیده است، بنابراین طبق قاعده برش (Cross cutting)، خراش گسلی قطع‌کننده خراش گسلی دیگر، از نظر سنی جوان‌تر است) (شکل ۳-۵۹). همچنین پله‌های گسلی مشاهده شده بر روی سطح گسل نیز نشانه‌ای دیگر برای شناسایی نحوه سازوکار گسل F3 است. با ترسیم کنتور دیاگرام تراکم قطب صفحات برداشت شده در امتداد این گسل و بدست آوردن صفحه میانگین از آن‌ها شیب و امتداد غالب این گسل $82/344$ بدست آمد (شکل ۳-۶۰). داده‌های برداشت شده از سطح گسل F3 در جدول ۳-۱۳ بیان شده است.

جدول ۳-۱۳ - داده‌های برداشت شده از سطح گسل F3
*جهت حرکت فرادیواره: ۱: رو به بالا (معکوس)، ۲: رو به پایین (نرمال)، ۳: راست‌بر، ۴: چپ‌بر

Fault Plane		Slicken Lines		
Dip. Dir	Dip	Azimuth	Plunge	Sense*
۰۰۰	۸۵	۳۶۰	۸۵	۱
۳۳۵	۸۰	۳۳۵	۸۰	۱
۳۳۵	۸۰	۲۵۷	۴۴	۱
۳۳۵	۸۰	۲۴۵	۰۰	۴
۳۴۲	۸۰	۳۴۲	۸۰	۱
۳۴۲	۸۰	۲۶۶	۵۴	۱
۳۴۲	۸۰	۲۵۲	۰۰	۴
۳۵۵	۸۰	۳۵۵	۸۰	۱
۳۴۰	۸۵	۰۲۵	۸۳	۱
۳۴۵	۸۵	۳۴۵	۸۵	۱
۳۴۰	۸۰			
۳۵۰	۹۰			
۳۲۴	۷۵			

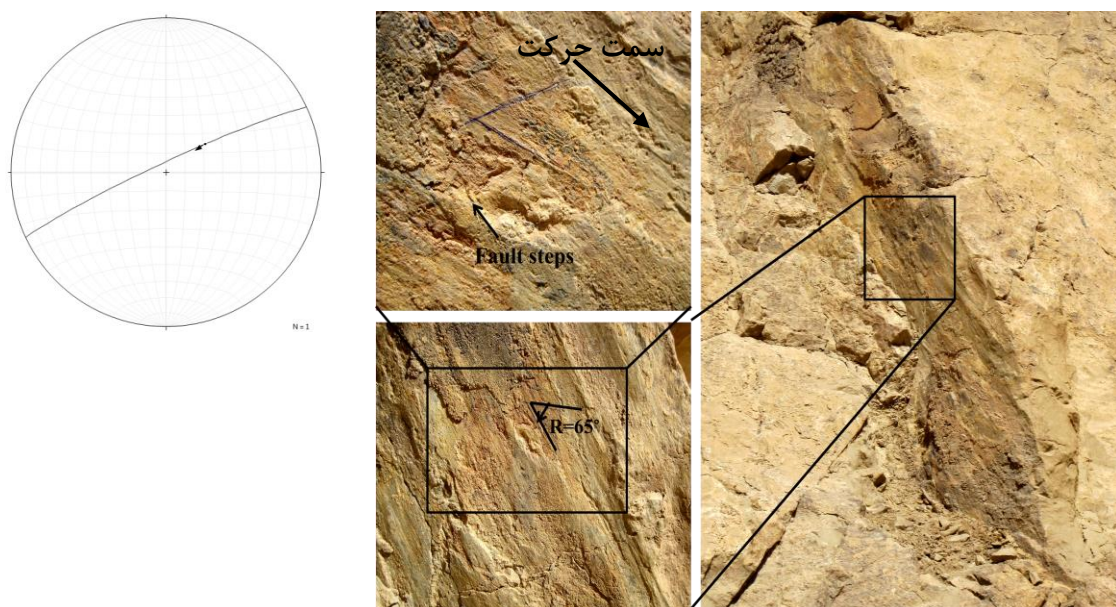


شکل ۳-۵۹ - تصویری صحرایی از گسل F3 همراه با خراش‌های گسلی بر روی فرادیواره گسل در ایستگاه اول (دید عکس به سمت شمال خاور).



شکل ۳-۶۰- الف- نمودار سیکلوگرافیک بدست آمده از داده‌های برداشت شده از سطح گسل F3،
 ب- نمودار هم تراز قطب صفحات گسلی که روند غالب ۸۲/۳۴۴ را برای این گسل نشان می‌دهد.

بر روی سطح گسل در ایستگاه دوم خراش‌های گسلی با ریکی در حدود ۶۵ درجه ساعتگرد قابل تشخیص است که نشان از حرکت مورب‌لغز گسل می‌باشد. در بررسی این گسل با توجه به خراش‌های گسلی همراه با پله‌های گسلی موجود در فرادیواره سطح گسل، سازوکار آن، معکوس چپ‌بر تشخیص داده شد. داده‌های برداشت شده از این گسل و استریوگرام‌های حاصل از این داده‌ها، موقعیت غالب ۸۵/۳۳۵ را برای این گسل نشان می‌دهد (شکل ۳-۶۱).



شکل ۳-۶۱- تصویری صحرایی از گسل F3 همراه با خراش‌های گسلی در ایستگاه دو (دید عکس به سمت شمال باختر).

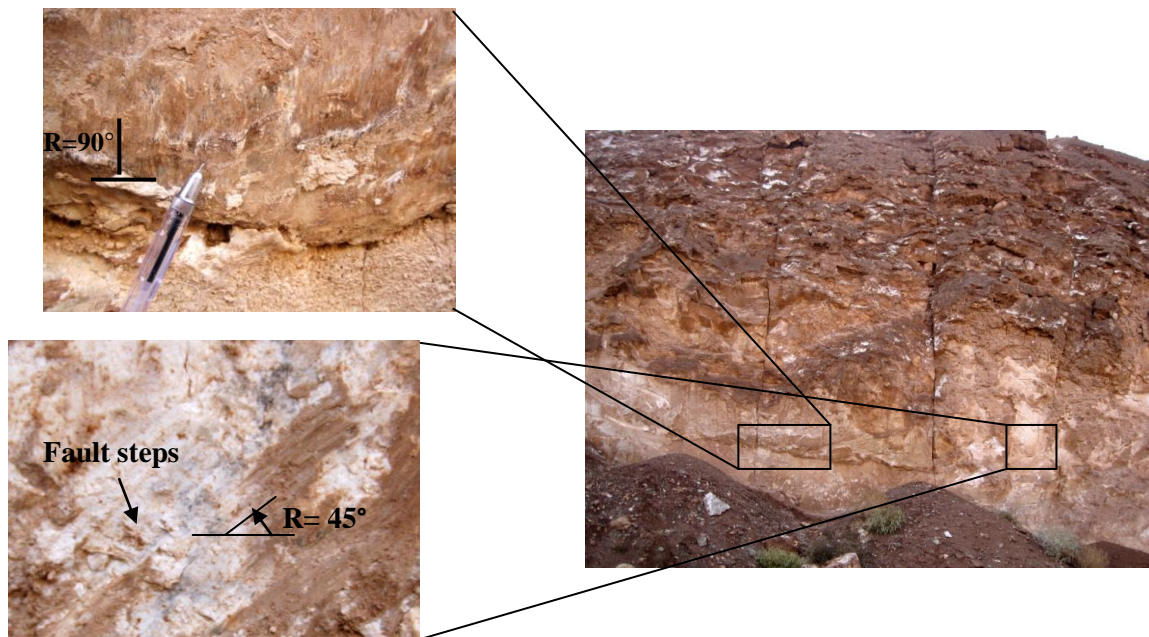
لازم به ذکر است که گسل های F1, F2, F3 شاخه‌هایی از گسل سرخ کلویت می‌باشند.

۳-۲-۳-۷- گسل F4

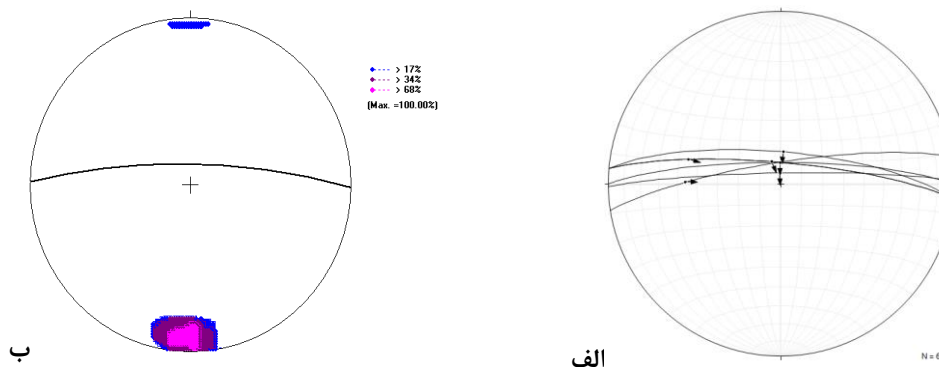
این گسل با روند خاوری - باختری و شیب به سمت شمال می‌باشد که در سازند قرمز زیرین واقع در هسته تاقدیس لاسجردشت یافت شد (شکل ۳-۶۲). بر روی سطوح این گسل دو دسته از خراش‌های گسلی، ریک نزدیک به ۹۰ درجه (حرکت معکوس) و ریک ۴۵ درجه پادساعتگرد که حاکی از حرکت مورب‌لغز (معکوس راست‌بر) است. بنابراین خراش‌های سطوح گسلی همراه با پله‌های گسلی حرکت راست‌بر را برای این گسل تأیید می‌کند. استریوگرام‌های مربوط به داده‌های برداشت شده (جدول ۳-۱۴) از سطوح مربوط به گسل F4، شامل تصاویر سیکلوگرافیک و نمودار هم‌تراز از قطب داده‌های صفحه‌ای، وضعیت هندسی غالب ۸۰/۰۰۱ را برای این گسل نشان می‌دهد (شکل ۳-۶۳).

جدول ۳-۱۴- داده‌های برداشت شده از سطح گسل F4
*جهت حرکت فرادیواره: ۱: رو به بالا (معکوس)، ۲: رو به پایین (نرمال)، ۳: راست‌بر، ۴: چپ‌بر

Fault Plane		Slicken Lines		
Dip. Dir	Dip	Azimuth	Plunge	Sense*
۳۵۹	۸۵	۳۵۹	۸۵	۱
۰۰۷	۸۵	۰۰۷	۸۵	۱
۰۰۰	۸۰	۳۶۰	۸۰	۱
۳۵۱	۸۰	۲۷۱	۴۴	۱
۳۵۱	۸۰	۳۵۱	۸۰	۱
۰۰۵	۸۰	۳۳۸	۷۹	۱
۰۰۵	۸۰	۲۸۵	۴۴	۱



شکل ۳-۶۲- تصویری صحرائی از گسل F4 همراه با خراش‌های گسلی بر روی فرادیواره گسل (دید عکس به سمت جنوب).



شکل ۳-۶۳- نمودار سیکلوگرافیک بدست آمده از داده‌های برداشت شده از سطح گسل F4 ب- نمودار هم تراز قطب صفحات گسلی که روند غالب ۸۰/۰۰۱ را برای این گسل نشان می‌دهد.

۳-۲-۳-۸- گسل F5

این گسل در یال شمالی تاقدیس میانی و بر روی آهک‌های مارنی سازند قم سطوح گسلی بر جا گذاشته است. بر روی سطح این گسل دو نسل از خراش‌های گسلی (ریک خراش گسلی نزدیک به ۹۰ درجه (حرکت معکوس) و ریک افقی (حرکت امتدادلغزی راست‌بر)) قابل تشخیص است، که در بررسی آن حرکت جوان مربوط به این گسل، طبق قاعده برش (Cross cutting) (خراش گسلی قطع کننده خراش گسلی دیگر، از نظر سنی جوان تر است) امتدادلغز راست‌بر می‌باشد. همچنین شکستگی کششی مشاهده شده بر روی سطح گسل نیز نشانه‌ای دیگر برای شناسایی نحوه سازوکار گسل F5 است.

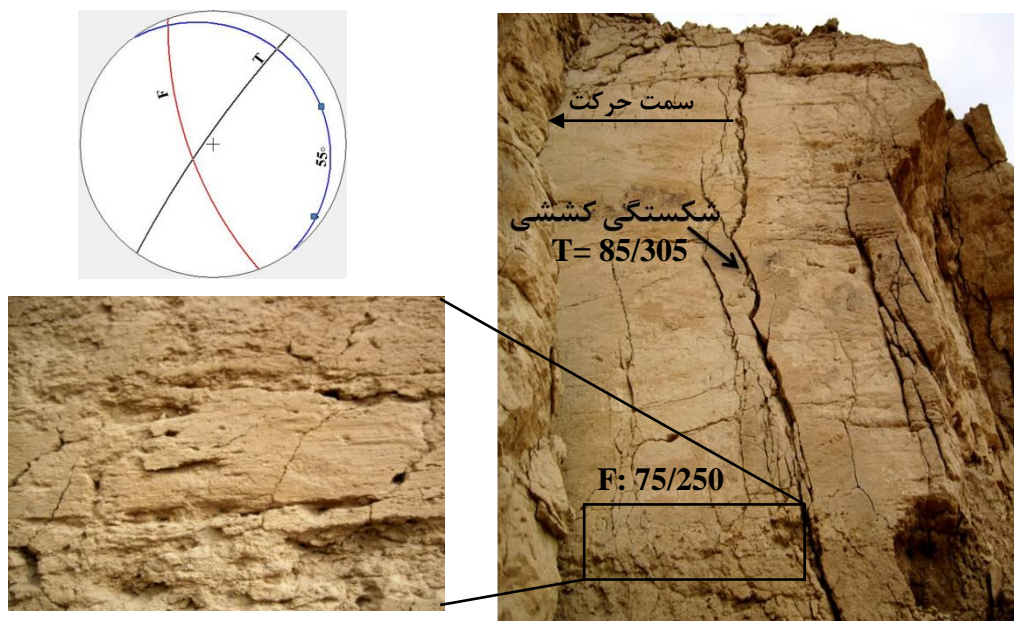
بدین ترتیب که این شکستگی با موقعیت $75/318$ با سطح گسل زاویه‌ای در حدود 60 درجه می‌سازد و از آنجا که نوک زاویه‌ی حاده‌ی شکستگی T خلاف جهت حرکت بلوک گم شده را نشان می‌دهد، بنابراین سازوکار راست‌بر برای گسل مذکور قابل تشخیص است. داده‌های برداشت شده از این گسل و استریوگرام‌های حاصل از این داده‌ها، موقعیت غالب $70/255$ را برای این گسل نشان می‌دهد (شکل ۳-۶۴).



شکل ۳-۶۴- تصویری صحرایی از گسل F5 (دید عکس به سمت شمال) همراه با استریوگرام حاصل از اطلاعات ساختاری.

۳-۲-۳-۹- گسل F6

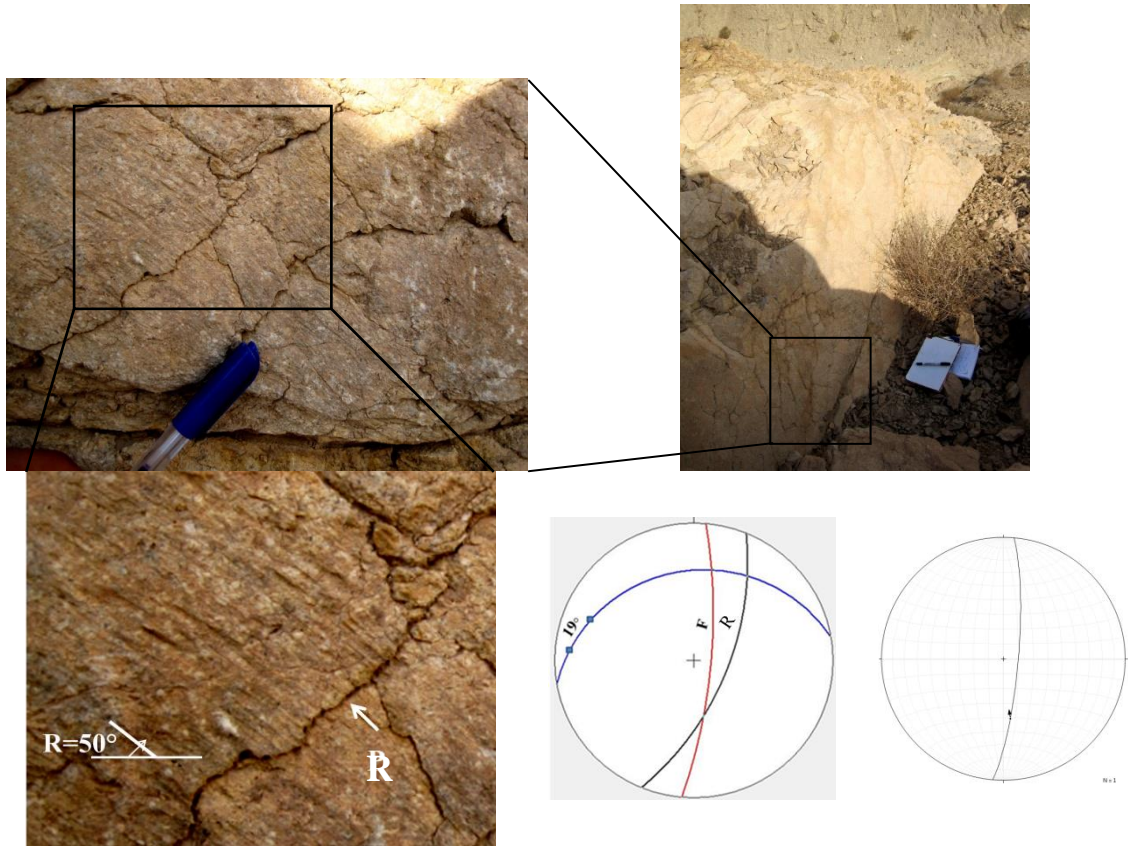
این گسل در یال شمالی تاق‌دیس میانی و بر روی آهک‌های مارنی سازند قم سطوح گسلی بر جا گذاشته است. بر روی سطح خراش‌های گسلی (خراش افقی (حرکت امتدادلغزی راست‌بر)) قابل تشخیص است که در بررسی آن سازوکار گسل، امتدادلغز راست‌بر تشخیص داده شد. همچنین شکستگی‌های کششی مشاهده شده بر روی سطح گسل (عمود بر خراش‌های گسلی) نیز نشانه‌ای دیگر برای شناسایی نحوه سازوکار گسل F6 است. بدین ترتیب که شکستگی کششی با موقعیت $85/305$ با سطح گسل زاویه 55 درجه می‌سازد که نوک زاویه‌ی حاده‌ی شکستگی T خلاف جهت حرکت بلوک گم شده را نشان می‌دهد. داده‌های برداشت شده از این گسل و استریوگرام‌های حاصل از این داده‌ها، موقعیت غالب $75/250$ را برای این گسل نشان می‌دهد (شکل ۳-۶۵).



شکل ۳-۶۵- تصویر صحرایی از گسل F6 (دید عکس به سمت شمال خاور) همراه با استریوگرام حاصل از اطلاعات ساختاری.

۳-۲-۳-۱۰- گسل F7

این گسل در دامنه جنوبی تیجه کوه و در یال جنوبی ناودیس جنوبی بر روی آهک‌های سازند قم سطوح گسلی همراه با خراش گسلی بر جای گذاشته است. مشاهدات صحرایی و اطلاعات مربوط به سطوح برداشت شده از سطح گسل نشان دهنده‌ی زاویه ریک ۵۰ درجه ساعتگرد است (معکوس چپ‌بر). علاوه بر این، مطالعه برشی‌های ریدل مشاهده شده بر روی سطح گسل نیز نشانه‌ای دیگر بر شناسایی نحوه سازوکار گسل است. بدین ترتیب که برخی از این شکستگی‌های برداشت شده با موقعیت ۷۰/۱۱۲ بر روی سطح این گسل، در راستای خود جابه‌جایی چپ‌بر نشان داده و با سطح گسل زاویه‌ای در حدود ۱۹ درجه می‌سازد. این شکستگی‌ها که عمود بر خراش‌های گسل است از نوع شکستگی‌های R در نظر گرفته شده‌اند. نحوه حرکت برشی‌های R هم‌سو با حرکت گسل می‌باشند (شکل ۳-۶۶). استریوگرام حاصل از داده‌های برداشت شده از فرادیواره سطح گسل نشان‌دهنده‌ی موقعیت غالب ۸۰/۰۹۵ برای این گسل می‌باشد.



شکل ۳-۶۶- تصویر صحرایی از گسل F7 (دید عکس به سمت جنوب باختر) همراه با استریوگرام حاصل از اطلاعات ساختاری.

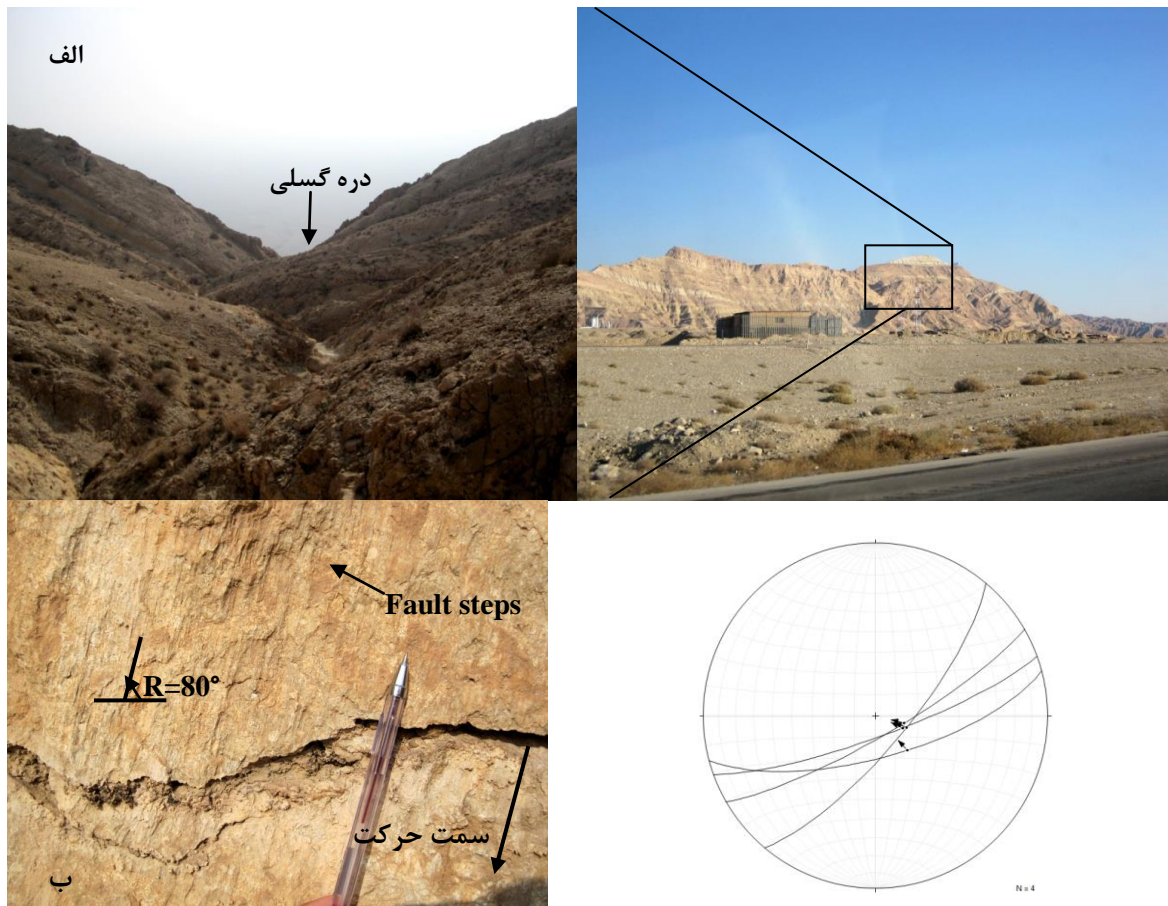
۳-۲-۳-۱۱- گسل F8

گسل F8 در یال شمالی ناودیس جنوبی در تیجه کوه دره‌ای گسلی را ایجاد کرده است. در مشاهدات صحرایی بر روی سطح این گسل خراش‌هایی با ریک ۸۰ درجه مشاهده شد. با توجه به خراش‌های گسلی ایجاد شده و پله‌های گسلی سازوکار این گسل معکوس تشخیص داده شد. داده‌های برداشت شده از این گسل موقعیت غالب ۷۶/۱۵۱ را نشان می‌دهد (شکل ۳-۶۷) (جدول ۳-۱۵).

جدول ۳-۱۵- داده‌های برداشت شده از سطح گسل F8

*جهت حرکت فرادیواره: ۱: رو به بالا (معکوس)، ۲: رو به پایین (نرمال)، ۳: راست‌بر، ۴: چپ‌بر

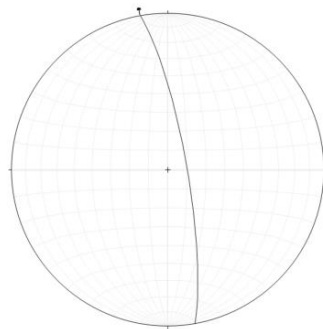
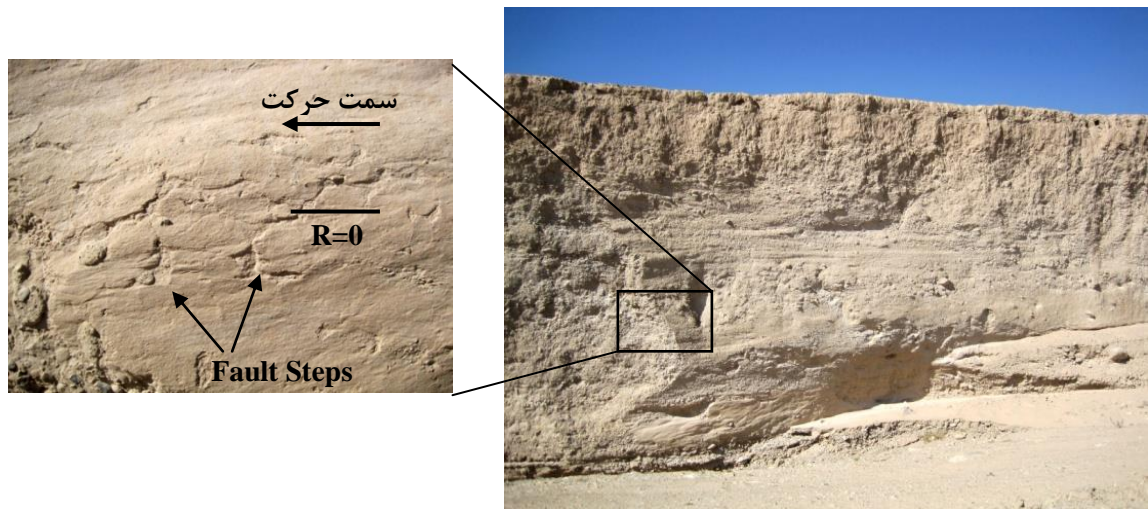
Fault Plane		Slicken Lines		
Dip. Dir	Dip	Azimuth	Plunge	Sense*
۱۶۵	۷۰	۱۳۸	۶۸	۱
۱۵۰	۸۰	۱۰۵	۷۶	۱
۱۳۰	۷۵	۱۱۱	۷۴	۱
۱۶۰	۸۰	۱۱۵	۷۶	۱



شکل ۳-۶۷-الف- دره گسلی ایجاد شده توسط گسل F8 ب- خراش‌های گسلی ایجاد شده بر روی فرادیواره سطح گسل F8 همراه با استریوگرام حاصل از اطلاعات ساختاری.

۳-۲-۳-۱۲- گسل F9

این گسل با روند شمال باختری - جنوب خاوری می‌باشد که در ابتدای دره‌ی عبدالله‌آباد (در موقعیت " ۲۹,۲۰ ' ۱۸ ° ۳۵ شمالی و " ۵۶'۴۴,۰۹ ۵۲° شرقی) یافت شد. بر روی سطح این گسل خراش‌های گسلی با ریک افقی قابل تشخیص است که می‌توان با استفاده از نشانه‌های حرکتی از جمله، پله‌های گسلی بیان کرد که حرکت امتدادلغزی چپ‌بر می‌باشد. با توجه به داده‌های برداشت شده، موقعیت غالب ۸۰/۰۸۰ برای این گسل بدست آمد (شکل ۳-۶۸). با توجه به شواهد بدست آمده از گسل مذکور می‌توان دره‌ی عبدالله‌آباد را دره‌ای گسلی معرفی نمود.

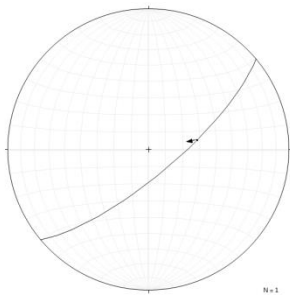


شکل ۳-۶۸- تصویری صحرایی از سطح گسل F9 همراه با استریوگرام ساختاری آن.

۳-۲-۳-۱۳- گسل F10

این گسل در موقعیت جغرافیایی $35^{\circ} 22' 20,01''$ شمالی و $49,38'' 53' 52^{\circ}$ شرقی در یال شمالی تاقدیس لاسجردشت، و بر روی آهک‌های مارنی سازند قم سطوح گسلی بر جای گذاشته است. بر روی فرادیواره سطح گسل خراش‌های گسلی با ریکی در حدود ۶۵ درجه پادساعتگرد قابل تشخیص است که در بررسی این خراش‌ها همراه با پله‌های گسلی، سازوکار گسل، معکوس راست‌بر تشخیص داده شد. داده‌های برداشت شده از این گسل موقعیت غالب $75/140$ را برای این گسل نشان می‌دهد (شکل

۳-۶۹).



شکل ۳-۶۹- تصویر صحرایی از گسل F10 (دید عکس به سمت جنوب باختر) همراه با استریوگرام حاصل از اطلاعات ساختاری.

۳-۳- بررسی درزه‌ها

درزه‌ها را از دیدگاه ارتباط با ساختارهای بزرگ مقیاس می‌توان به دو دسته کلی تقسیم نمود:

- درزه‌های مرتبط با گسلش

- درزه‌های مرتبط با چین‌خوردگی

۳-۳-۱- درزه‌های مرتبط با چین‌خوردگی

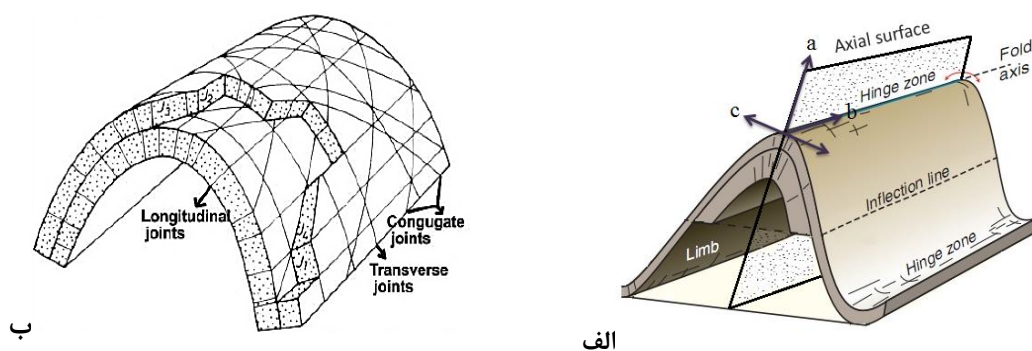
هنگامی که چین‌ها در شرایط ترد تشکیل می‌شوند وقتی از نزدیک به لایه‌های چین‌خورده بنگریم در آن درزه‌های متعددی مشاهده می‌شود که این درزه‌ها جبران‌کننده دگرپختی‌های ناهمگنی هستند که در بخش‌های گوناگون چین به شکل‌های گوناگون ظاهر می‌شوند. Hancock (۱۹۸۸) با تعیین اندیس میلر برای بلورها، شکستگی‌های موجود در چین‌ها را بر اساس محورهای تقارن تعریف نمود. سه جهت عمود بر هم a ، b ، c جهات محوری بر اساس مفاهیم تقارن است که معمولاً مرتبط با شکل‌های لایه‌بندی در چین‌ها است. محور a خطی است که بر هر نقطه از سطح لایه چین‌خورده عمود است. محور b منطبق بر سطح لایه چین‌خورده و موازی محور چین‌خوردگی است. محور c نیز خطی است که بر هر دو محور a و b عمود است. محل و موقعیت محورهای a و c برخلاف محور b بر

اساس شکل چین‌خوردگی در مکان‌های مختلف متفاوت است (شکل ۳-۷۰-الف). بنابراین می‌توان شکستگی‌های ایجاد شده در طی فرایند چین‌خوردگی را که از آغاز دگرشکلی تشکیل و تا آخرین مراحل دگرشکلی با آن همراه هستند را به سه گروه عمده تقسیم نمود:

الف- شکستگی‌های مزدوج یا مایل که نسبت به حداکثر کوتاه شدگی زاویه‌ی کمتر از ۴۵ درجه و معمولاً در حدود ۳۰ درجه می‌سازند و غالباً به صورت دو دسته شکستگی مزدوج تشکیل می‌شوند که به صورت قرینه نسبت به محور چین‌خوردگی قرار می‌گیرند.

ب- شکستگی‌های کششی یا طولی (ab) که روند آن‌ها به موازات محور چین و عمود بر روند کوتاه شدگی است.

ج- شکستگی‌های عرضی که روند آن‌ها عمود بر محور چین و به موازات روند حداکثر کوتاه شدگی است. این شکستگی‌ها را می‌توان به عنوان شکستگی‌های کششی در نظر گرفت. زیرا هنگامی که طبقات، در امتداد عمود بر محور چین تحت فشار قرار گرفته و چین‌ها را به وجود می‌آورند، در امتداد محور چین تحت کشش واقع می‌شوند، بنابراین در امتداد عمود بر محور چین، شکستگی‌های کششی به وجود می‌آید. شکل ۳-۷۰-ب- انواع شکستگی‌های مرتبط با چین را نشان می‌دهد.



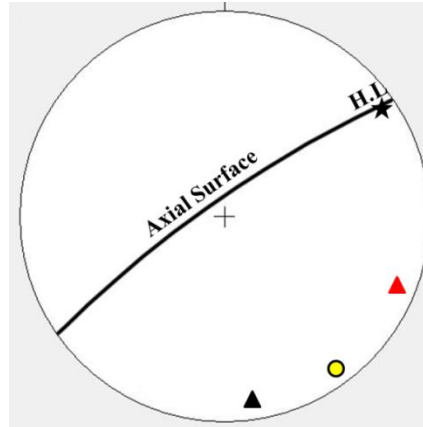
شکل ۳-۷۰-الف- محورهای تقارن در ارتباط با چین‌خوردگی (Fossen, 2010)، ب- توسعه‌ی انواع مختلف شکستگی‌ها در ارتباط با چین‌خوردگی (Ramsay&Huber, 1987).

۳-۳-۲- تحلیل درزه‌های مرتبط با چین خوردگی

در مناطقی که سنگ‌ها چین خورده‌اند، درزه‌های مرتبط با منشاء چین خوردگی، نسبت به طبقه‌بندی و چین خوردگی جهت‌گیری خاصی از خود نشان می‌دهند. تعیین هندسه درزه بر حسب رابطه هندسی آن‌ها با چین‌ها در تحلیل تکتونیکی منطقه از اهمیت بالایی برخوردار است. در بازدیدهای صحرایی از منطقه مطالعاتی علاوه بر برداشت و بررسی گسل‌ها (شکستگی‌هایی با طول زیاد) شکستگی‌های کوچک مقیاس به صورت ایستگاهی برداشت گردید. در طول پیمایش مشخصات دقیق شکستگی‌ها (راستا و شیب) مورد بررسی قرار گرفت.

۳-۳-۲-۱- درزه‌های مرتبط با چین خوردگی نتیجه‌کوه

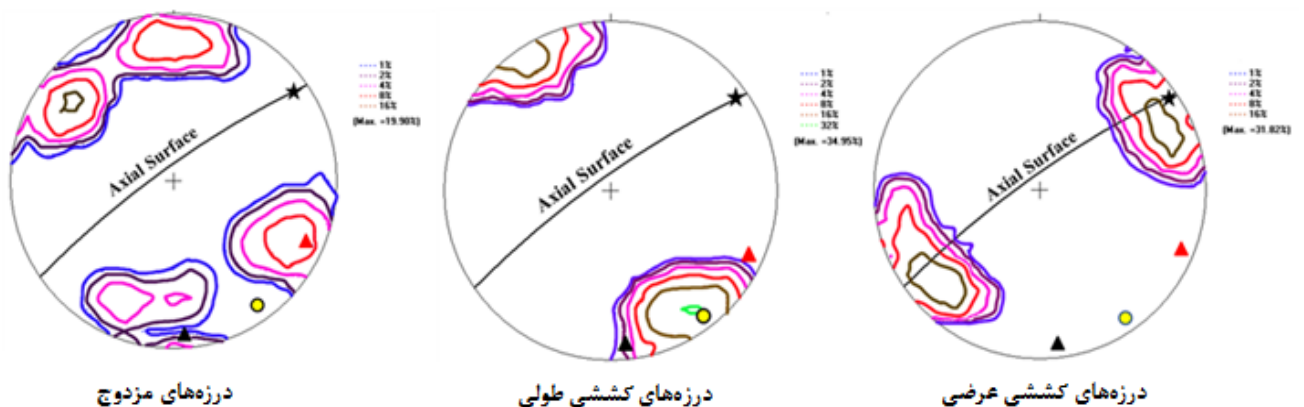
درزه‌های موجود در چین خوردگی نتیجه‌کوه در چهار پیمایش بر روی سازند قم اندازه‌گیری شدند (پیوست ۹). سپس با توجه به وضعیت هندسی چین، درزه‌ها مورد بررسی قرار گرفتند (جدول ۳-۱۶). لازم به ذکر است از آنجا که ویژگی‌های هندسی چین در سراسر آن تقریباً یکسان است، تمام شکستگی‌های برداشت شده به صورت یک جا مورد تحلیل قرار گرفته‌اند. به منظور بررسی ارتباط بین درزه‌ها با چین خوردگی ابتدا بایستی درزه‌های آرمانی مرتبط با چین خوردگی را بدست آورد، سپس درزه‌های برداشت شده را با آن مقایسه نمود. شکل ۳-۷۱ موقعیت درزه‌های آرمانی را نشان می‌دهد. استریوگرام‌های مربوط به درزه‌های برداشت شده و ارتباطشان با سطح محوری و خط لولا در شکل ۳-۷۲ نشان داده شده است. شکل ۳-۷۳ نمایی صحرایی از درزه‌ها را در نتیجه‌کوه نشان می‌دهد.



شکل ۳-۷۱- موقعیت درزه‌های آرمانی در چین خوردگی تیجه‌کوه (نماد \star): درزه‌های عرضی آرمانی، نماد \bullet : درزه‌های طولی آرمانی، نماد \blacktriangle و \blacktriangle : درزه‌های مزدوج آرمانی را نشان می‌دهد).

جدول ۳-۱۶- مقایسه درزه‌های موجود با وضعیت آرمانی در پیمایش‌های صورت گرفته بر روی چین خوردگی تیجه‌کوه

موقعیت قطب درزه‌های مزدوج	موقعیت قطب درزه‌های طولی	موقعیت قطب درزه‌های عرضی	
۰۷/۱۱۵، ۰۷/۱۷۵	۰۷/۱۴۵	۰۷/۰۵۶	موقعیت درزه‌های آرمانی
۰۵/۰۰۳، ۰۲/۱۲۰	۰۹/۱۴۹	۰۴/۲۳۷	موقعیت درزه‌های واقعی



شکل ۳-۷۲- استریوگرام‌های مربوط به درزه‌های برداشت شده در تیجه‌کوه و ارتباطشان با سطح محوری و خط لولا.

همانطور که مشاهده می‌شود در هر چهار پیمایش بر روی چین‌خوردگی تیجه‌کوه محل تمرکز درزه‌های آرمانی و درزه‌های واقعی بر هم انطباق دارند. بنابراین این درزه‌ها مرتبط با چین‌خوردگی می‌باشند.



شکل ۳-۷۳- تصویر صحرایی از درزه‌های برداشت شده از تیجه‌کوه.

۳-۲-۲- درزه‌های مرتبط با تاقدیس لاسجردشت

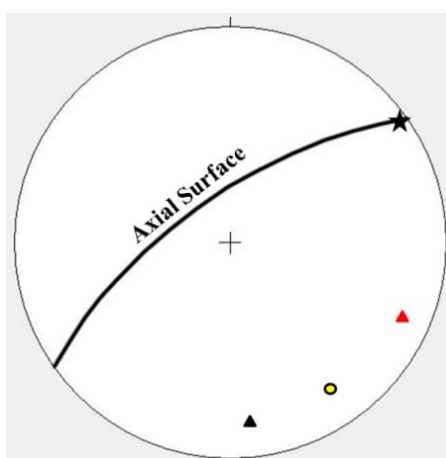
درزه‌های موجود در این تاقدیس در دو پیمایش T1 و T2 اندازه‌گیری شدند (شکل ۳-۷۴) سپس با توجه به وضعیت هندسی چین، درزه‌ها مورد بررسی قرار گرفتند.



شکل ۳-۷۴- تصویر ماهواره‌ای Google earth از تاقدیس لاسجردشت که در آن پیمایش‌های T1 و T2 مشخص شده است.

- پیمایش T1

در این پیمایش که بر روی تاق‌دیس لاسجردشت صورت گرفت درزه‌ها به صورت ایستگاهی برداشت شدند (پیوست ۱۰) و توسط نرم‌افزارهای استریوگرافیک مورد تحلیل قرار گرفتند (شکل ۳-۷۶). نتایج حاصل در جدول ۳-۱۷ نشان داده شده است. شکل ۳-۷۵ موقعیت درزه‌های آرمانی را در این پیمایش نشان می‌دهد.

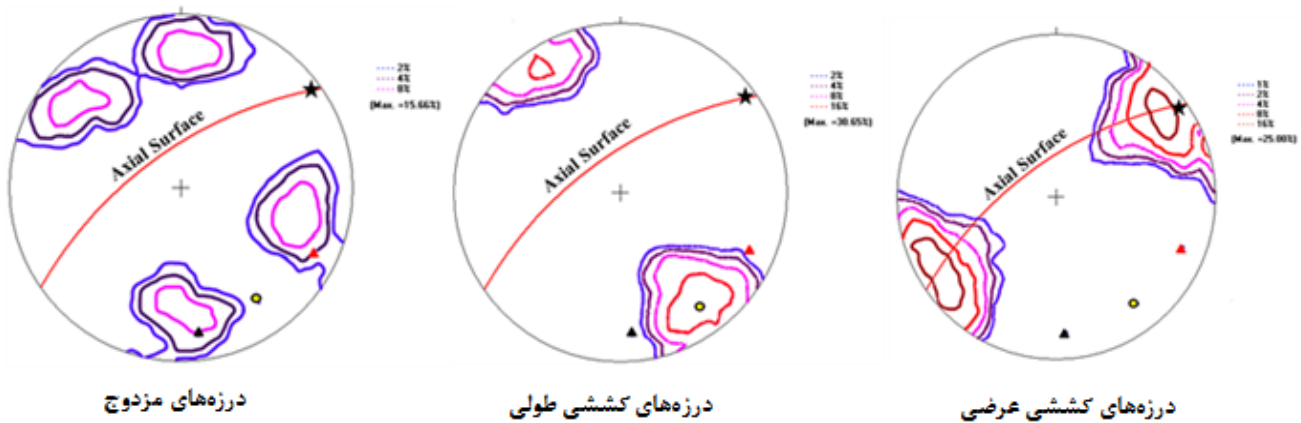


شکل ۳-۷۵- موقعیت درزه‌های آرمانی در پیمایش T1 (نماد ★): درزه‌های عرضی آرمانی، نماد ●: درزه‌های طولی آرمانی، نماد ▲ و ▲: درزه‌های مزدوج آرمانی را نشان می‌دهد).

جدول ۳-۱۷- مقایسه درزه‌های موجود با وضعیت آرمانی در پیمایش‌های صورت گرفته بر روی تاق‌دیس لاسجردشت

در پیمایش T1

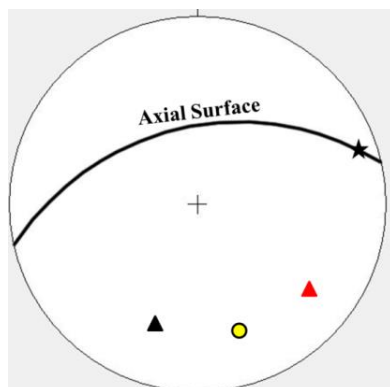
موقعیت قطب درزه‌های مزدوج	موقعیت قطب درزه‌های طولی	موقعیت قطب درزه‌های عرضی	موقعیت درزه‌های آرمانی
۱۵/۱۷۵، ۱۵/۱۱۴	۱۸/۱۴۵	۰۶/۰۵۳	موقعیت درزه‌های آرمانی
۰۵/۱۸۱، ۰۷/۱۱۵	۱۲/۱۴۶	۰۱/۵۵	موقعیت درزه‌های واقعی



شکل ۳-۷۶- استریوگرام‌های مربوط به درزه‌های برداشت شده و ارتباطشان با سطح محوری و خط لولا در پیمایش T1

- پیمایش T2

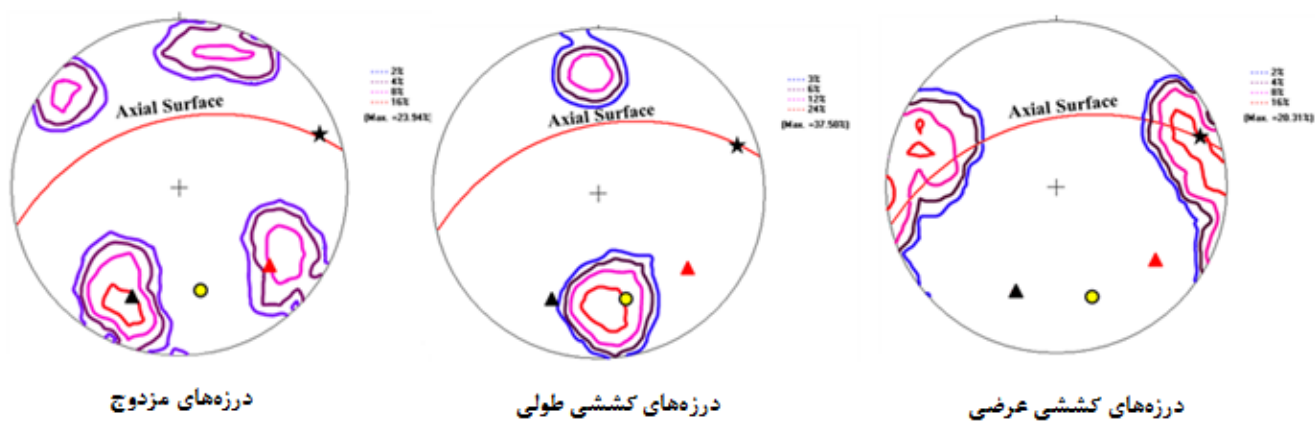
این پیمایش (پیوست ۱۱) نیز بر روی سازند قم و در هسته تاقدیس لاسجردشت صورت گرفت نتایج حاصل از برداشت درزه‌ها در جدول ۳-۱۸ نشان داده شده است. در شکل ۳-۷۷ موقعیت درزه‌های آرمانی در این پیمایش نمایش داده شده است. در استریوگرام‌های مربوط به درزه‌های برداشت شده و ارتباطشان با سطح محوری و خط لولا در شکل ۳-۷۸ نشان داده شده است. شکل ۳-۷۹ نمایی صحرائی از شکستگی‌ها را در پیمایش T2 نشان می‌دهد.



شکل ۳-۷۷- موقعیت درزه‌های آرمانی در پیمایش T2 (نماد \star): درزه‌های عرضی آرمانی، نماد \bullet : درزه‌های طولی آرمانی، نماد \blacktriangle و \blacktriangle : درزه‌های مزدوج آرمانی را نشان می‌دهد).

جدول ۳-۱۸- مقایسه درزه‌های موجود با وضعیت آرمانی در پیمایش‌های صورت گرفته بر روی تاق‌دیس لاسجردشت در پیمایش T2

موقعیت قطب درزه‌های مزدوج	موقعیت قطب درزه‌های طولی	موقعیت قطب درزه‌های عرضی	موقعیت درزه‌های آرمانی
۲۹/۱۳۲، ۲۹/۲۰۲	۳۴/۱۶۷	۱۳/۰۶۸	موقعیت درزه‌های آرمانی
۱۴/۱۲۶، ۱۴/۲۰۳	۱۹/۱۷۴	۰۲/۲۶۸	موقعیت درزه‌های واقعی



شکل ۳-۷۸- استریوگرام‌های مربوط به درزه‌های برداشت شده و ارتباطشان با سطح محوری و خط لولا در پیمایش T2



شکل ۳-۷۹- تصویری صحرایی از درزه‌های برداشت شده در پیمایش T2

همان‌طور که مشاهده می‌شود در هر دو پیمایش بر روی تاق‌دیس لاسجردشت محل تمرکز درزه‌های آرمانی و درزه‌های واقعی بر هم انطباق دارند. بنابراین این درزه‌ها مرتبط با چین‌خوردگی می‌باشند.

فصل چهارم:

بررسی میدان تنش در منطقه مورد مطالعه

شناسایی جهت تنش بخشی از تحلیل دینامیکی است که بن‌مایه تحلیل سینماتیک را تشکیل می‌دهد. بازسازی تنش دیرین در واقع تحلیل ساختارهای روی زمین است که این روش، امکاناتی را فراهم می‌سازد تا بتوان شرایط تنش در گذشته را تفسیر نمود و محیطی را که تنش در آن زمان بر آن عمل می‌کرده است، بازسازی نمود و در نتیجه فرایندهایی که منجر به ایجاد ساختارها شده‌اند را شناسایی کرد.

شناسایی سازوکار گسله‌ها و چگونگی جنبش آن‌ها در البرز مرکزی متأثر از کارهای چینه‌شناختی است که در دهه ۶۰ میلادی صورت گرفته است (Lorenz 1964, Glaus 1965,...). یکی از فنون متداول امروزی بازسازی تنش دیرینه بر مبنای تحلیل داده‌های زمین‌ساخت شکننده است. جهت تعیین راستای تنش دیرین از عناصر ساختاری مثل گسل‌ها، درزه‌ها و چین‌ها استفاده می‌گردد. با توجه به عناصر ساختاری منطقه و اندازه‌گیری‌های انجام شده بر روی آن‌ها و مقایسه انواع مختلف آن می‌توان توزیع محورهای جنبشی را در بخش‌های مختلف منطقه به طور کلی بدست آورد. در این پژوهش بررسی‌های دقیق صحرایی بر مبنای داده‌های لغزش گسلی صورت گرفته و از روش دو وجهی عمود بر هم استفاده شده است. در این فصل سعی شده است تا با بررسی لغزش‌های صورت گرفته بر روی سطوح گسلی برداشت شده در منطقه مورد مطالعه، موقعیت محورهای اصلی تنش σ_1 ، σ_2 و σ_3 را در بازه زمانی زمین‌شناسی، مورد ارزیابی قرار گیرد.

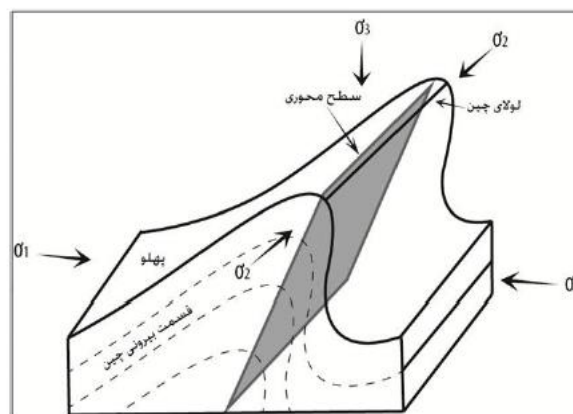
روش‌های زمین‌ساختی برای تعیین جهت تنش، شامل استفاده از ساختارهای گوناگون (مانند چین‌ها، گسل‌ها، درزه‌ها و استیلولیت‌ها) است. در پژوهش حاضر، از گسل‌ها برای تعیین تنش استفاده شده است.

۴-۱- روش‌های زمین‌ساختی

• چین‌ها

با بررسی شکل و هندسه چین‌ها می‌توان شواهدی از جهت و شدت نسبی نیروهای زمین‌ساختی به وجود آورنده‌ی آن‌ها را در طی دوران تکاملشان بدست آورد. یکی از روش‌های تعیین موقعیت

محورهای استرین، استفاده از سطوح محوری و لولای چین‌ها می‌باشد. در چین‌های خمشی، خطی که عمود بر سطح محوری چین قرار می‌گیرد، محور فشردگی به وجود آورنده چین است که با محور تنش بیشینه σ_1 همخوانی دارد (Davis & Reynolds, 1993). موقعیت σ_2 با موقعیت محور چین برابر می‌باشد. همچنین با توجه به فاصله ۹۰ درجه‌ای محورهای تنش از یکدیگر، موقعیت σ_3 به آسانی قابل شناسایی می‌باشد (شکل ۴-۱).



شکل ۴-۱ - موقعیت محورهای اصلی تنش نسبت به عناصر اصلی چین (برگرفته از Davis & Reynolds, 1993).

با توجه به این که این ساختارها تحت دگرشکلی پیشرونده شکل می‌گیرند نمی‌توان با استفاده از آن‌ها محورهای تنش مربوط به یک بازه زمانی را مشخص نمود. (Davis & Reynolds, 1993).

• استیلولیت‌ها

استیلولیت‌ها سطوح نامنظمی هستند که در داخل سنگ‌های رسوبی در اثر انحلال فشاری رسوبات تشکیل شده‌اند. و به طور کلی امتداد محور استیلولیت‌ها در جهت بیشترین نیروی وارده بر آن است. که بدین وسیله می‌توان جهت فشار وارده بر سنگ را تعیین کرد. در رابطه با ایجاد این درزه‌ها، فرضیه‌های زیادی توسط محققین ارائه شده است، که می‌توان به فرضیاتی مانند منشاء آبی ناشی از پدیده تبلور، فرسایش، انحلال و منشاء تکتونیکی اشاره نمود. رأس دندان‌های استیلولیت جهت σ_1 را نشان می‌دهد.

• درزه‌های کششی

در درزه‌های کششی سنگ‌های دو سوی درزه عمود بر سطح درزه از یکدیگر دور می‌شوند و عمدتاً به صورت بازشدگی‌هایی بر روی سطح گسل رخمون می‌یابند. و به طور معمول توسط کانی‌های ثانویه پر می‌شوند. که جهت رشد محور بلند این کانی‌ها جهت بیشترین کشیدگی σ_3 را نشان می‌دهند (شکل ۲-۴).



شکل ۲-۴- تصویری صحرایی از شکستگی کششی که توسط ژپیس پر شده است.

• شکستگی‌های پرماند

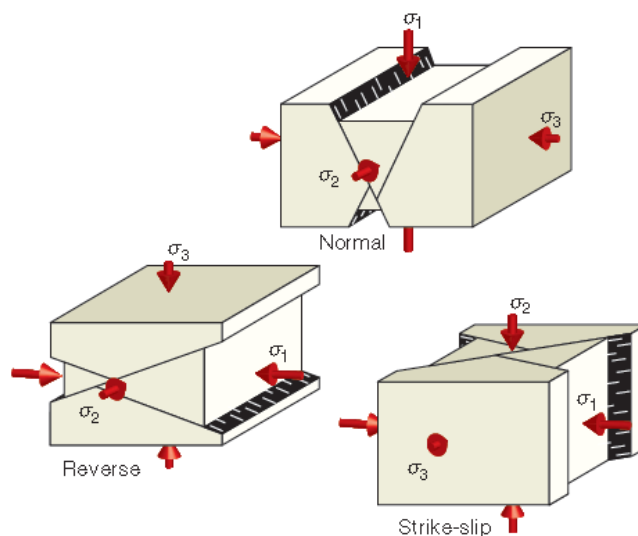
سطح درزه‌های کششی به طور عمومی شکل پرماند از خود نشان می‌دهند. این نوع اشکال نشان می‌دهند که درزه به سرعت پیشروی کرده است و با استفاده از شکل نامتقارن آن می‌توان جهت انتشار درزه را تعیین کرد و جهت تنش اصلی بیشینه σ_1 را برآورد نمود. این شکستگی‌ها، درزه‌های کششی مرتبط با سطح گسل می‌باشند که طرفین سطح گسل با زاویه حاده نسبت به آن‌ها تشکیل می‌شود. جهت زاویه حاده بیان‌گر جهت حرکت نسبی طبقات می‌باشد.

۲-۴- روش‌های تعیین موقعیت محورهای اصلی تنش

روش‌های زیادی برای تجزیه و تحلیل تنش‌دیرین، از روش‌های ساده‌ی گرافیکی تا تکنیک‌های پیچیده‌ی کامپیوتری، توسط محققین ارائه شده است که در ادامه به تعدادی از روش‌های مورد استفاده برای تجزیه و تحلیل تنش‌دیرین اشاره می‌کنیم.

۴-۲-۱- روش اندرسون (Andersonian Method)

تعیین جهت تنش‌های اصلی به کمک آرایش گسل‌ها و بردار لغزش روی آن‌ها، پس از تئوری Anderson (1942) شکل گرفت. طبق نظریه اندرسون برای تعیین جهت تنش، مشخصات فضایی دو صفحه گسلی مزدوج نشان دهنده یکی از محورهای اصلی تنش است. این نظریه بیان می‌کند، در صورتیکه محورهای σ_1 ، σ_2 و σ_3 به ترتیب قائم باشند، نوع گسلش، به ترتیب نرمال، معکوس و راست‌الغز خواهد بود (شکل ۴-۳).



شکل ۴-۳- رژیم استرس در ارتباط با حالت‌های مختلف لغزش گسل در مدل اندرسون (Fossen (2010)).

۴-۲-۲- روش برگشتی (Stress Inversion Method)

تعیین جهت تنش‌های اصلی به کمک آرایش گسل‌ها و بردار لغزش روی آن‌ها، به‌طور اساسی پس از تئوری Anderson (1942) از حدود سال ۱۹۸۰ به‌صورت چشمگیری گسترش یافت. از میان روش‌های موجود، روش استرس وارون (Stress Inversion) بر اساس تجزیه و تحلیل حرکت گسل، به‌طور گسترده‌ای از سال ۱۹۵۰ در زمین‌شناسی ساختمانی به کار گرفته شد. این روش در حال حاضر یک ابزار مفید و رایج است که برای مشخص کردن میدان تنش‌های قدیمی و تکتونیک فعال مورد استفاده قرار می‌گیرد.

در مکانیک سنگ پژوهشگران با در دست داشتن جهت تنش معلوم تلاش می‌کنند به جهت تنش

بیشینه برشی در سنگ‌ها دست یابند. اما برای مقاصد زمین‌شناسی، جهت برش بیشینه (خط‌خش) بر روی صفحه گسلی معلوم است و آنچه مطلوب است، وارونه کردن مسئله است. بدین معنی که با داشتن جهت برش بیشینه بتوان به تنش‌های اصلی رسید که باعث تشکیل گسل و خط‌خش شده است. افزون بر این، در هر پهنه‌ی گسلی تعداد زیادی صفحه گسلی با خط‌خش‌های مربوط به آن رخنمون دارند. با اندازه‌گیری این عناصر خطی و صفحه‌ای در یک پهنه گسلی می‌توان به جهت تنشی دست یافت که در شکل‌گیری یک پهنه گسلی کارساز بوده است. از این رو چون کار محاسباتی وارونه صورت می‌گیرد به آن روش برگشتی می‌گویند. یکی از مواردی که در این روش باید به آن توجه شود، این است که گسل و خراش‌های گسلی موجود بر روی یک گسل که جهت جابجایی دو بلوک سنگی نسبت به یکدیگر را ثبت می‌کنند، به‌عنوان جهت بیشینه‌ی تنش برشی در نظر گرفته می‌شوند که از پیش فرض‌های مهم روش برگشتی است.

از معایب این روش اختلافی است که میان جهت بیشینه‌ی تنش برشی اندازه‌گیری شده (توسط خراش‌های گسلی) و جهت بیشینه‌ی تنش برشی محاسبه شده (توسط روابط فیزیکی) به دست می‌آید. به اختلاف زاویه‌ای که میان این دو مقدار طبیعی و نظری وجود دارد، زاویه‌ی ناهمخوانی گفته می‌شود. برای حل این مشکل لازم است تنسور تنشی محاسبه شود تا زاویه‌ی ناهمخوانی (α) در آن به کمترین مقدار ممکن برسد. این مرحله یکی از پایه‌های روش برگشتی است.

مقدار α درجه سازگاری لغزش گسلی محاسبه شده را با تنش برشی اندازه‌گیری شده نشان می‌دهد. زوایای α با مقادیر بیش از ۴۵ قابل قبول نبوده و ناسازگاری بالایی را نشان می‌دهد؛ بنابراین، هر چه مقدار این زاویه کمتر باشد، درجه اطمینان بیشتر خواهد بود (Angelier, 1990).

• بیضوی تنش سه بعدی

شکل بیضوی تنش و یا به عبارت دیگر نسبت R نقش بسیار مهمی در سازوکار گسل‌ها دارد؛ که بهترین بیانگر وضعیت تنش سه بعدی در یک نقطه از جسم است. نسبت R یکی از مؤلفه‌هایی است که در روش برگشتی توسط برنامه‌های رایانه‌ای محاسبه می‌شود. بر اساس تعریف، سه محور اصلی

تنش σ_1 ، σ_2 و σ_3 یک بیضی سه بعدی را شکل می‌دهند.

بیضوی تنش سه بعدی، با توجه به تغییرات مقدار سه محور اصلی می‌تواند شکل‌های مختلفی را نشان دهد. پژوهشگران مختلف، برای این مقدار تعریف‌های متفاوتی را ارائه کرده‌اند. یکی از مهم‌ترین این تعریف‌ها، تعریف (1975) Angelier است که برای نشان دادن شکل هندسی بیضوی تنش و نقش آن در جهت لغزش، نسبتی را به نام فاکتور شکل (R) تعریف کرد:

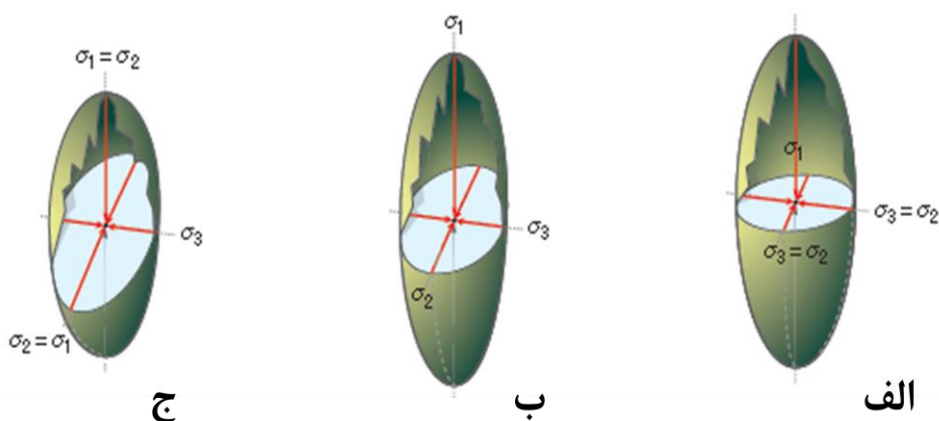
$$R = \frac{\sigma_2 - \sigma_3}{\sigma_1 - \sigma_3} \quad 0 \leq R \leq 1$$

نسبت R میان دو مقدار صفر تا یک نوسان می‌کند.

از آنجا که مقدار محورهای اصلی می‌تواند مختلف باشد، انتظار می‌رود بیضوی تنش نیز به شکل‌های مختلفی بروز کند. در سه حالت بیضوی تنش، مقادیر R عبارتند از:

$$R = 0 \text{ (ب) ؛ } 0 < R < 1 \text{ (ج) ؛ } R = 1 \text{ (الف)}$$

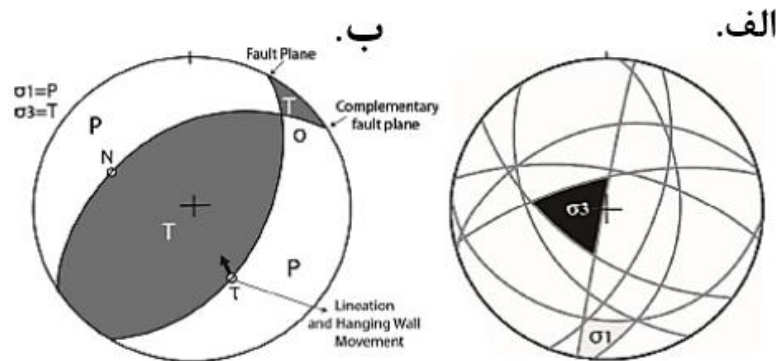
در شکل ۴-۴ در حالت الف، مقدار محورهای اصلی σ_2 و σ_3 با هم برابر است و شکل بیضوی تنش به صورت دوکی شکل می‌باشد. در حالت ب، مقدار محور اصلی σ_1 بزرگتر از σ_2 و σ_3 است و در حالت ج، مقدار محورهای اصلی σ_1 و σ_2 با هم برابر است و شکل بیضوی تنش بصورت کلوچه‌ای می‌باشد.



شکل ۴-۴- سه حالت از شکل بیضوی تنش (Fossen, 2010).

۴-۲-۳- روش دووجهی مستقیم (Right Dihedral Method) یا روش آنجلیه و مکلا

از میان روش‌های موجود برای اندازه‌گیری تنش‌های تنسورهای تنش‌دیرین، روش دووجهی که توسط Angelier و Machler در سال ۱۹۷۷ ارائه شد، مورد توجه بسیاری از محققین قرار گرفته است. در این روش برای هر دسته از داده‌ها (وضعیت گسل‌ها و بردار لغزش) یک صفحه گسلی و یک صفحه کمکی ترسیم می‌گردد. صفحه کمکی عمود بر صفحه گسل، به گونه‌ای ترسیم می‌شود که از قطب گسل و عمود بر بردار لغزش بر روی سطح گسل بگذرد. در این حالت محدوده‌ی تحت گسلش به دو بخش فشارشی (محور T) و کششی (محور P) تقسیم می‌شوند که دو ربع فشارشی و کششی در مقابل یکدیگر قرار می‌گیرند (شکل ۴-۵).



شکل ۴-۵- الف- چگونگی قرارگیری ربع‌های P و T در یک گسل معکوس، ب- چگونگی محدود کردن دو وجهی‌های کشش و فشارش و مشخص کردن موقعیتی که بیشترین تطابق را با محور σ_1 و σ_3 دارا می‌باشد.

۴-۳- تعیین موقعیت محورهای اصلی تنش با استفاده از گسل‌ها

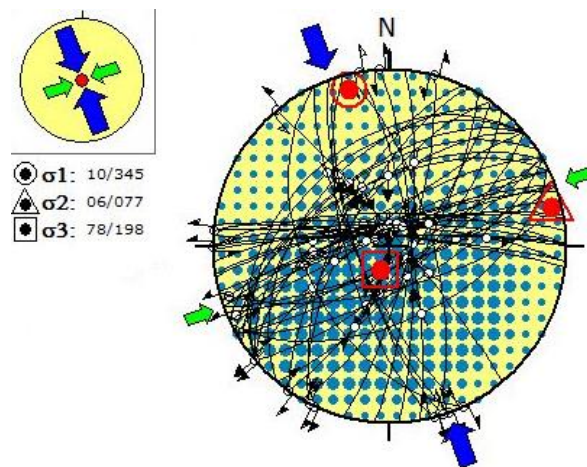
آنالیز ساختارهای شکننده معیار قابل اعتمادی برای شناسایی توزیع و تکامل میدان‌های تنش‌دیرین ناشی از حوادث تکتونیکی است، بنابراین مشاهده دقیق گسل‌ها این امکان را فراهم می‌کند که میدان تنش را بازسازی نمود. اثر اعمال تنش روی واحدهای سنگی در وضعیت شکننده به وسیله آرایه منظمی از خطوط موازی (خش‌لغز) در جهت حداکثر تنش برشی ثبت می‌شود. بررسی داده‌های خش‌گسلی شامل برداشت شیب و راستای لایه دارای خش و شیب خطواره از راه‌کارهایی مفید در بازسازی مراحل مختلف جهت و زمان نسبی اعمال تنش تا ثبت اثرات آن است.

در این پژوهش نیز از روش دو وجهی به منظور تعیین تنش دیرین استفاده شده است. داده‌های مورد استفاده در این روش، شامل موقعیت گسل و خط‌خش مربوط به آن و سوی حرکت می‌باشد. در هر یک از این موارد ابتدا مشخصات صفحه گسلی برداشت شد و پس از تشخیص خطوط خش‌لغز و برداشت مشخصات آن‌ها، سوی لغزش گسل مشخص گردید.

در این پژوهش تعداد ۶۲ صفحه گسلی (تمامی سطوح بر روی آهک‌های سازند قم برداشت شده‌اند) که از اطمینان بالاتری برخوردار بودند انتخاب شدند (پیوست ۱۲). در نهایت محور تنش مسبب جنبش این عناصر به روش دووجهی عمود برهم و با بکارگیری نرم افزار WinTensor تعیین گردید (شکل ۴-۶). موقعیت دقیق تنش‌های اصلی به دست آمده توسط نرم‌افزار WinTensor در جدول ۴-۱ قابل مشاهده می‌باشد. شکل ۴-۷ نمونه‌ای از سطوح گسلی برداشت شده را نشان می‌دهد.

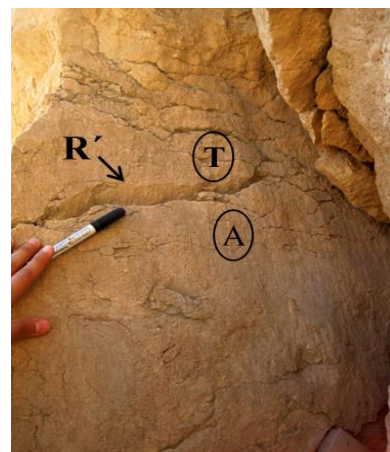
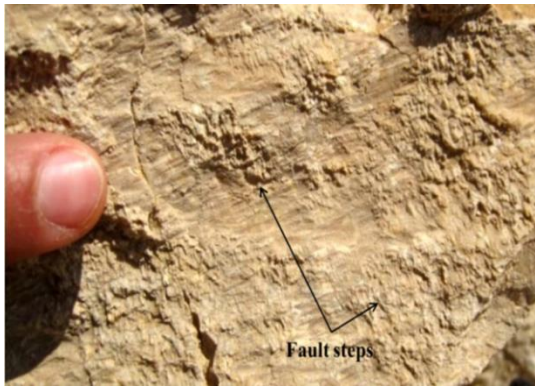
جدول ۴-۱- موقعیت محورهای σ_1 ، σ_2 و σ_3 ، در نرم افزار Win Tensor.

نام نرم افزار	σ_1	σ_2	σ_3
WinTensor	۱۰/۳۴۵	۰۶/۰۷۷	۷۸/۱۹۸



شکل ۴-۶- تعیین جهت محورهای اصلی تنش در منطقه‌ی مطالعاتی که با استفاده از نرم افزار WinTensor بدست آمده است.

فصل چهارم: بررسی میدان تنش در منطقه مورد مطالعه



شکل ۴-۷- تصاویر نمونه‌ی برخی از سطوح گسلی به کار رفته در تعیین وضعیت تنش در منطقه.

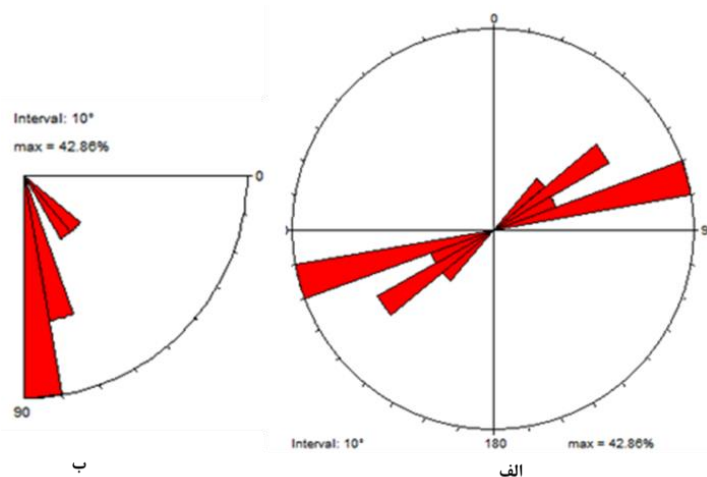
فصل پنجم:

نتیجہ گیری

در این فصل، با توجه به اطلاعات بدست آمده از این پژوهش و مطالعات صورت گرفته پیشین، به تحلیل ساختارهای منطقه و تشریح نتایج بدست آمده پرداخته می‌شود.

۵-۱- الگوی چین خوردگی

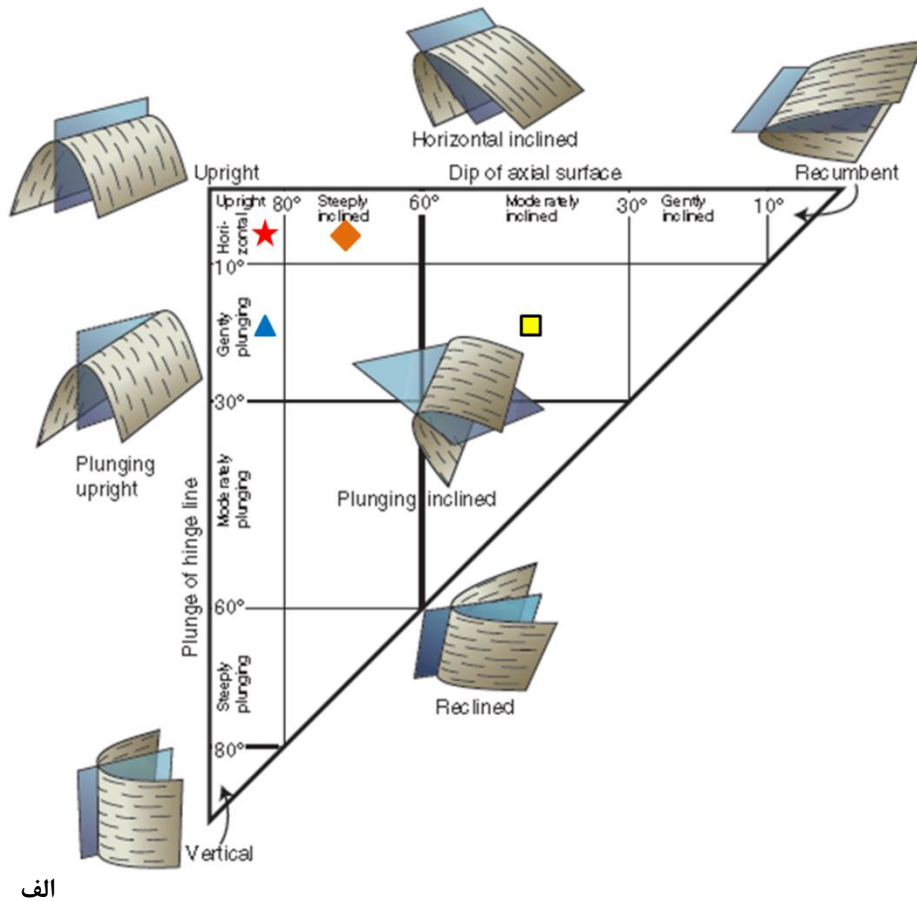
بررسی وضعیت چین خوردگی در محدوده‌ی مورد مطالعه منجر به شناسایی شش چین گشت، که ویژگی‌های هندسی مربوط به این چین‌ها نشان دهنده‌ی روند شمال خاوری- جنوب باختری می‌باشند. که نشان دهنده‌ی پیروی کردن روند غالب آن‌ها از روند ساختاری البرز می‌باشد (شکل ۵-۱-الف). همچنین با دقت در نمودار رزیدیاگرام شیبی ۴۲٫۸۶ درصد سطوح محوری چین‌های منطقه دارای شیبی در بازه ۸۰ تا ۹۰ درجه می‌باشند (شکل ۵-۱-ب).



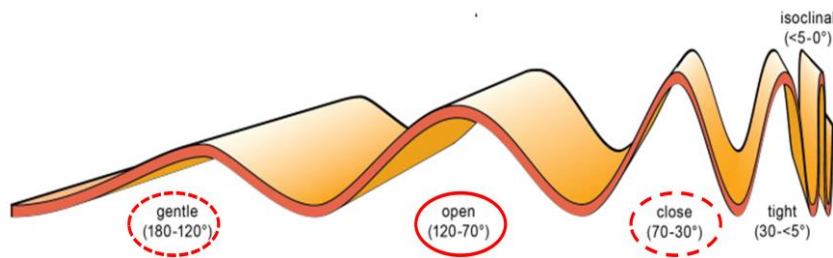
شکل ۵-۱-الف- نمودار گل‌سرخ‌ی امتدادی مربوط به سطوح محوری چین‌ها که روند غالب شمال خاوری- جنوب باختری را نشان می‌دهد، ب- نمودار گل‌سرخ‌ی شیبی که اغلب سطوح محوری چین‌ها دارای شیب بین ۸۰ تا ۹۰ درجه می‌باشند.

بررسی وضعیت هندسی چین خوردگی‌ها در منطقه نشان می‌دهد که چین‌ها طبق رده‌بندی فلوتی (Fluty 1964)، بر اساس شیب سطح محوری و میل لولا، در چهار رده‌ی : ۱- ایستاده و با میل تقریباً افقی (Upright sub-horizontal plunging)، ۲- ایستاده با میل ملایم (Upright- gently plunging)، ۳- شیب متوسط با میل ملایم (Moderately inclined - gently plunging)، ۴- پرشیب با میل تقریباً افقی (Steeply inclined- Sub horizontal Plunging) قرار می‌گیرند (شکل ۵-۲). طبق رده‌بندی

دیگر که بر مبنای زاویه‌ی بین دو یال صورت می‌گیرد (Fleuty 1964)، چین‌های منطقه به طور عمده در رده‌ی باز (Open) و به تعداد خیلی محدود در رده‌ی ملایم (Gentle) و بسته (Close) قرار می‌گیرند (شکل ۵-۲).

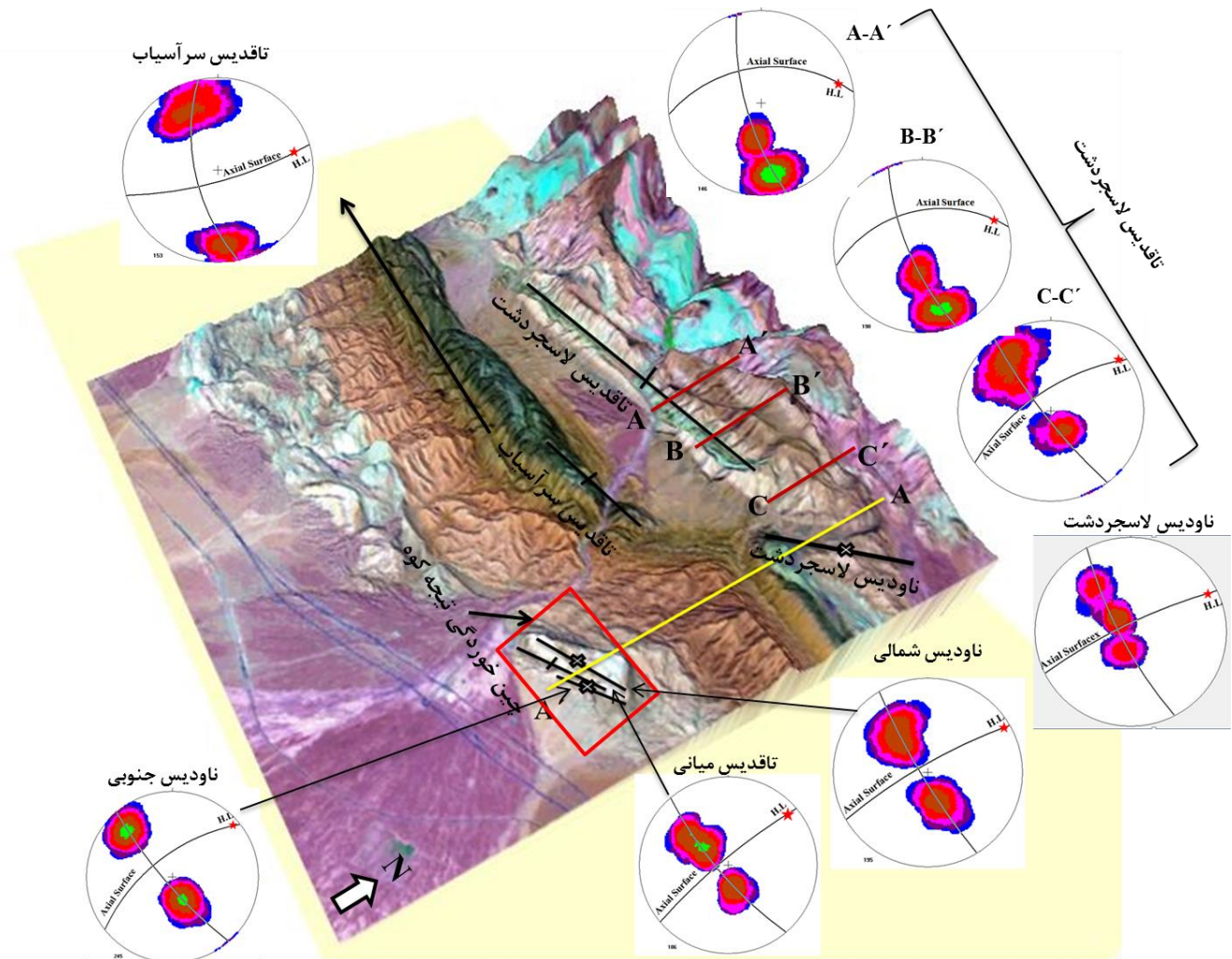


الف



ب

شکل ۵-۲-الف- رده‌بندی چین‌ها براساس شیب سطح محوری و میل لولای چین (Fleuty 1964) (برگرفته از Fossen 2010) (ناودیس شمالی، ناودیس جنوبی و ناودیس لاسجردشت با علامت ستاره. تاقدیس میانی، و تاقدیس سرآسیاب با علامت مثلث. و برش A-A', B-B' از تاقدیس لاسجردشت با علامت مربع و برش عرضی C-C' از تاقدیس لاسجردشت با علامت لوزی نشان داده شده‌اند). ب- رده‌بندی چین‌ها براساس زاویه بین دو یال، جایگاه چین‌های منطقه مورد مطالعه بر روی شکل مشخص شده است (ناودیس شمالی، ناودیس جنوبی، تاقدیس میانی و برش عرضی C-C' از تاقدیس لاسجردشت در رده‌ی چین‌های باز و تاقدیس سرآسیاب و دو برش عرضی A-A', B-B' از تاقدیس لاسجردشت در رده‌ی چین‌های بسته و ناودیس لاسجردشت در رده‌ی چین‌های ملایم قرار می‌گیرند).



شکل ۵-۳- تصویری سه بعدی از موقعیت چین‌های منطقه مورد مطالعه همراه با استریوگرام ساختاری آن‌ها.

۵-۲- ارتباط درزه‌ها با چین خوردگی

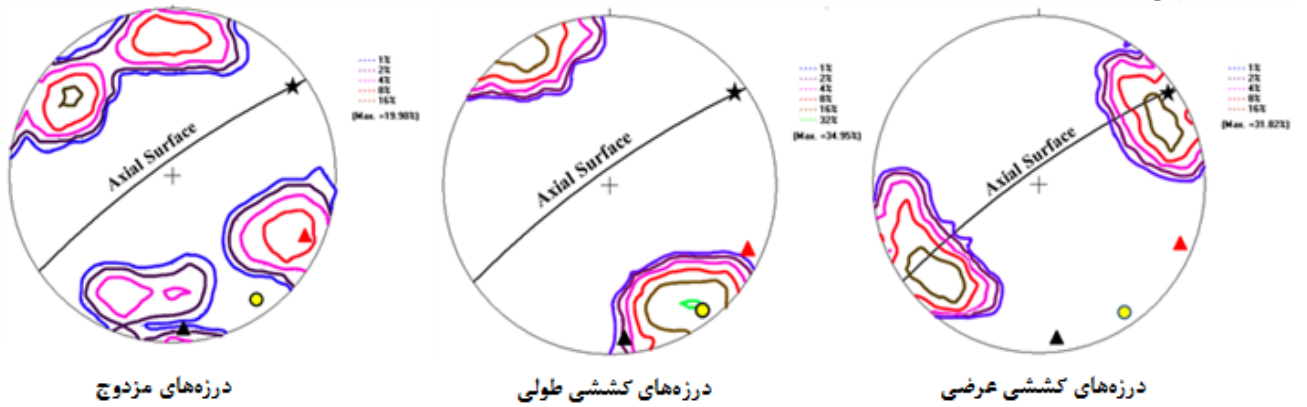
اصولاً شکستگی‌ها همراه با ساختارهای دیگر ایجاد می‌شوند و در صورتی که این ارتباط مستند شود، شکستگی‌ها می‌توانند اطلاعات با ارزشی در مورد ساختارهای مرتبط ارائه دهند. با توجه به اینکه نیروهای عمل‌کننده بر سنگ‌ها و لایه‌های زمین موجب شکل‌گیری شکستگی‌ها می‌شوند، بنابراین می‌توان نحوه ارتباط شکستگی‌ها را با دیگر ساختارهای زمین در طی فرآیند دگرشکلی توده سنگ یا

لایه، تعیین کرد. تاریخچه تنش- کرنش در طی ایجاد و رشد یک چین و سپس توسعه شکستگی‌ها در آن بسیار پیچیده است؛ اما الگوهای ساختاری حاکم بر هر منطقه و روابط حاکم بر این الگوها در شناخت و درک این عوامل بسیار سودمند هستند؛ بنابراین مادامی که وضعیت و شدت شکستگی‌ها با شکل و روند چین همخوانی داشته باشد می‌توان آن‌ها را در رده شکستگی‌های مرتبط با چین قرارداد. در مناطقی که سنگ‌ها چین خورده‌اند، درزه‌های مرتبط با منشاء چین‌خوردگی، نسبت به طبقه‌بندی و چین‌خوردگی جهت‌گیری خاصی از خود نشان می‌دهند. تعیین هندسه درزه بر حسب رابطه هندسی آن‌ها با چین‌ها در تحلیل تکتونیکی منطقه از اهمیت بالایی برخوردار است.

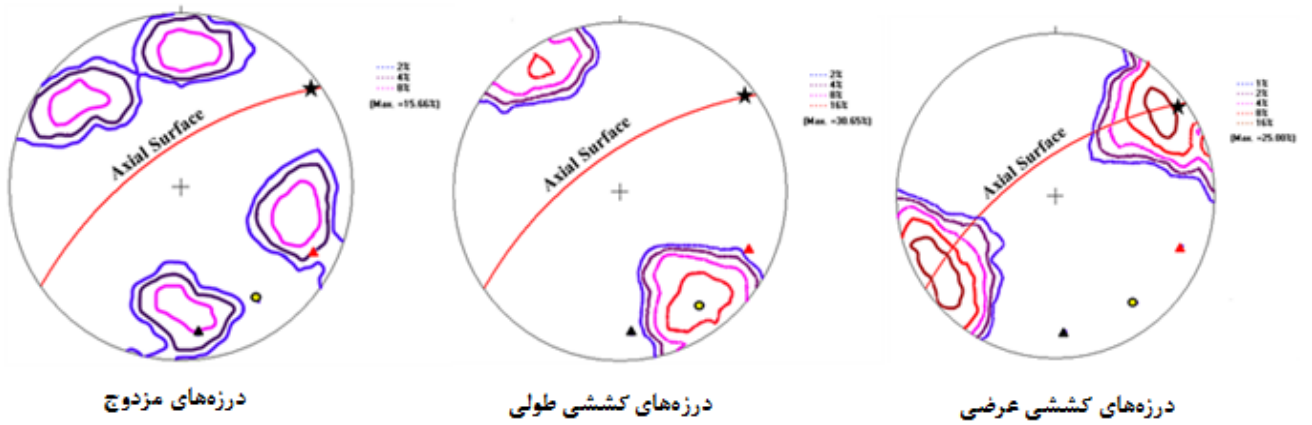
در این تحقیق ارتباط درزه‌ها با چین‌خوردگی مورد بررسی قرار گرفت و شکستگی‌ها در چندین پیمایش در چین‌های تیجه‌کوه و تاقدیس لاسجردشت اندازه‌گیری شدند. سپس با توجه به وضعیت هندسی چین مورد بررسی قرار گرفتند.

شکل ۴-۵ استریوگرام‌های مربوط به درزه‌های برداشت شده و ارتباطشان با سطح محوری و خط لولا را در چین‌های تیجه‌کوه و لاسجردشت نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود محل تمرکز درزه‌های آرمانی و درزه‌های واقعی هم در چین‌خوردگی تیجه‌کوه و هم در تاقدیس لاسجردشت بر هم منطبق هستند. بنابراین این درزه‌ها مرتبط با چین‌خوردگی می‌باشند.

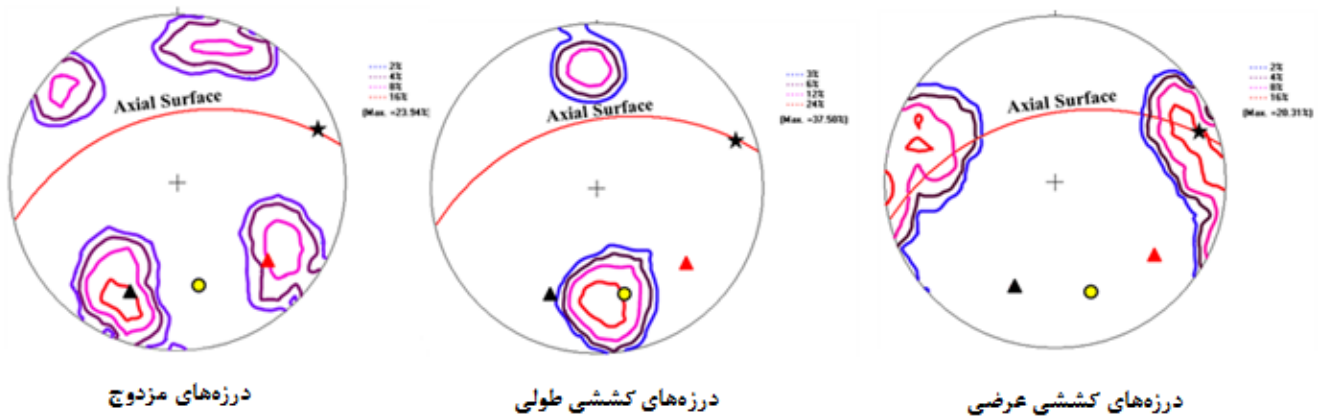
الف.



ب.



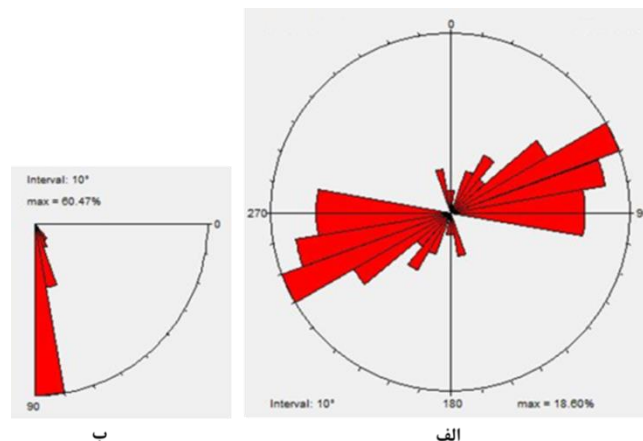
ج.



شکل ۴-۵-الف- استریوگرام های مربوط به درزه های برداشت شده و ارتباطشان با سطح محوری و خط لولا در چین خوردگی تیجه کوه،
 ب- استریوگرام های مربوط به درزه های برداشت شده و ارتباطشان با سطح محوری و خط لولا در تاقدیس لاسجردشت در پیمایش T1،
 ج- استریوگرام های مربوط به درزه های برداشت شده و ارتباطشان با سطح محوری و خط لولا در تاقدیس لاسجردشت در پیمایش T2.

۵-۳- الگوی گسلش

با توجه به مطالعات صحرایی و اندازه‌گیری سطوح گسلی از منطقه مورد مطالعه، این عناصر ساختاری در دو روند شمال خاوری- جنوب باختری و خاوری- باختری جای گرفته‌اند (شکل ۵-۵-الف). با توجه به رزیدیاگرام شیبی ۶۰٫۴۷ درصد سطوح گسلی برداشت شده در منطقه مطالعاتی دارای شیبی در بازه ۸۰ تا ۹۰ می‌باشند (شکل ۵-۵-ب).



شکل ۵-۵-الف- نمودار گل‌سرخ‌ی امتدادی که روند غالب شمال خاوری - جنوب باختری تا خاوری - باختری را برای گسل‌های منطقه نشان می‌دهد، ب- نمودار گل‌سرخ‌ی شیبی که اغلب سطوح گسلی دارای شیبی بین ۸۰ تا ۹۰ درجه می‌باشند.

دوگسل گرمسار و سرخ‌کلوت از مهم‌ترین گسل‌های موجود در منطقه مورد مطالعه بودند که در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفتند همچنین گسل کواترنری شمال دهنمک نیز اولین بار در این پژوهش شناسایی و مورد بررسی قرار گرفت.

• گسل گرمسار

گسل گرمسار گسلی است با راستای خاوری - باختری و درازای بیش از ۱۰۰ کیلومتر که در بخش شمال خاوری گرمسار مرز میان سازند هزاردره و آبرفت‌های دشت را می‌سازد. آرایش هندسی این گسل راندگی با شیب به سمت شمال می‌باشد. داده‌های برداشت شده از این گسل، موقعیت غالب ۸۲/۳۲۴ را برای این گسل نشان می‌دهد. با استفاده از داده‌های زمین‌لرزه‌های دستگاهی (۲۰۱۴-۱۹۸۰) ثبت شده توسط مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران و پلات کردن این داده‌ها بر روی تصویر

ماهواره‌های Google earth مشاهده شد، بیشترین زمین‌لرزه‌ها در حوالی گسل گرمسار، به ویژه قسمت‌های غربی آن ثبت شده است و این‌گونه به نظر می‌رسد که بخش غربی گسل گرمسار نسبت به بخش شرقی خود (منطقه مطالعاتی) در بازه ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۴ فعالیت بیشتری دارد.

• گسل سرخ‌کلوت

این گسل دارای روند خاوری-باختری و درازای ۵۳ کیلومتر است. گسل سرخ‌کلوت در بخشی از درازای خود، سبب بریده شدن سنگ‌های سازند قرمز زیرین، قم و قرمز بالایی گردیده است، گسلی با فعالیت کواترنری است. در دهانه‌ی دره رامه (در موقعیت جغرافیایی $52^{\circ} 20' 52,87''$ شمالی و $31^{\circ} 43' 04''$ شرقی) بخشی از این گسله سبب رانده شدن سنگ‌های سازند قرمز زیرین بر روی رسوبات سازند قم گردیده است. که با توجه به شواهد چینه‌شناسی (رانده شدن سازند قرمز زیرین بر روی سازند قم) سازوکار این گسل راندگی با شیب به سمت شمال تشخیص داده شد. لازم به ذکر است که پایانه خاوری این راندگی، متشکل از دو شاخه دربردارنده منطقه لولایی تاقدیس لاسجردشت می‌باشد که در این پژوهش تحت عنوان گسل F2 و گسل F3 شناسایی و مورد بررسی قرار گرفتند.

• گسل F2

این گسل با طولی در حدود ۸ کیلومتر در عبور از سازند آهکی قم، در یال جنوبی تاقدیس لاسجردشت سطوح گسلی با خراش‌های گسلی بر جای گذاشته است. دو دسته خراش گسلی، روی سطح گسل مشاهده شده است. یک دسته با ریک نزدیک به صفر و سازوکار امتداد لغز (که می‌توان با استفاده از نشانه‌های حرکتی از جمله، پله‌های گسلی بیان کرد که حرکت امتداد لغزی چپ‌بر می‌باشد) و دسته دیگر با ریک حدود ۶۵ درجه ساعتگرد که حاکی از حرکت مورب لغز (معکوس چپ‌بر) است. موقعیت غالب سطح گسل F2 در برداشته‌های صورت گرفته ۷۶/۳۴۸ می‌باشد.

• گسل F3

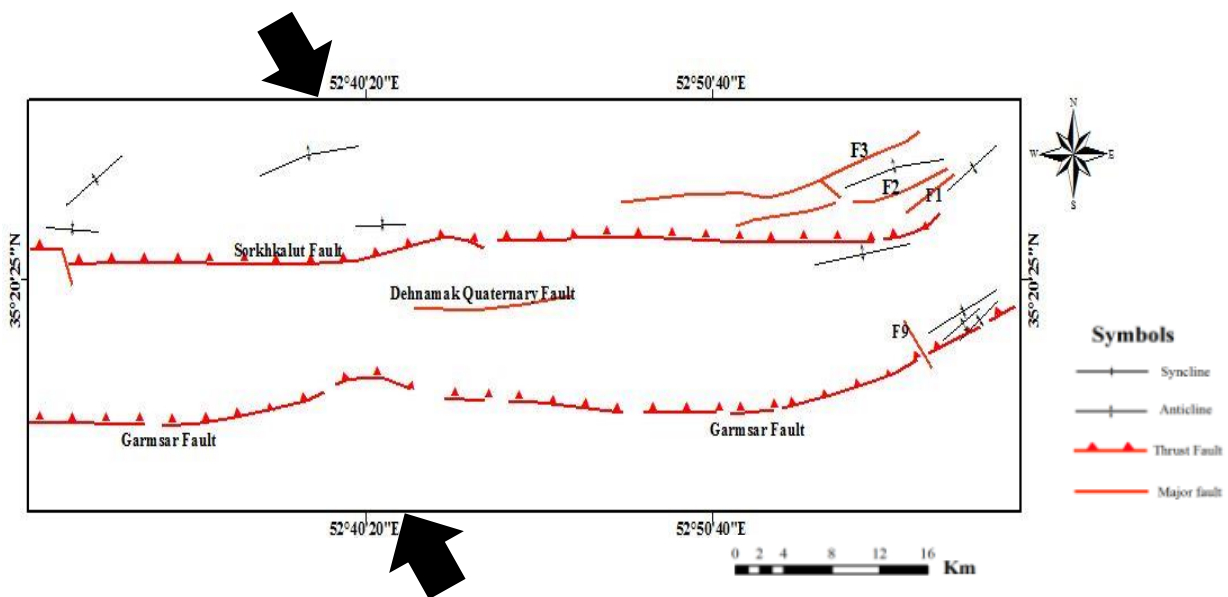
طول تقریبی این گسل در حدود ۱۰ کیلومتر می‌باشد. این گسل در امتداد خود سازند آهکی قم را (در یال شمالی تاقدیس لاسجردشت) تحت تاثیر قرار داده و بر روی آن سطوح گسلی بر جای گذاشته

است. بر روی سطوح این گسل سه نسل از خراش‌های گسلی، ریک خراش گسلی نزدیک به ۹۰ درجه (معکوس)، ریک تقریباً افقی (حرکت امتداد لغزی چپ‌بر) و ریک ۵۰ درجه ساعتگرد که حاکی از حرکت مورب لغز (معکوس راست‌بر) است، قابل تشخیص است. که در بررسی آن‌ها حرکت جوان مربوط به این گسل، امتداد لغز چپ‌بر می‌باشد. امتداد غالب این گسل ۸۲/۳۴۴ می‌باشد.

• گسل کواترنری دهنمک

گسل کواترنری دهنمک در منطقه مطالعاتی با روند خاوری-باختری با طولی در حدود ۲ کیلومتر در موقعیت جغرافیایی $35^{\circ} 19' 9.65''$ شرقی و $52^{\circ} 46' 02.55''$ شمالی قرار دارد. مطالعه تصاویر دورسنجی و مشاهدات صحرایی نشان می‌دهد که این گسل رسوبات کواترنری را بریده است. همچنین این گسل همراه با مؤلفه شاغولی نیز می‌باشد که باعث بالا آمدن بخش جنوبی نسبت به بخش شمالی گردیده است. در طی پیمایش‌های صحرایی، سطحی که مربوط به این گسل باشد مشاهده نشد و اطلاعات حاصل، از ویژگی‌های زمین‌ریختی ایجاد شده بر اثر عملکرد این گسل بدست آمده است. طرح آبراهه‌ها در نهشته‌های کواترنری در منطقه‌ی مطالعاتی نشان می‌دهد که بسیاری از آن‌ها در برخورد با گسل کواترنری شمال دهنمک قطع شده و در پایین دست گسل همتایی ندارند.

شکل ۵-۶ نقشه ساختاری تهیه شده از منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل ۵-۶- نقشه ساختاری تهیه شده از منطقه مورد مطالعه به همراه جهت تنش بیشینه.

۵-۴- تحلیل دینامیکی (بررسی ویژگی‌های میدان تنش)

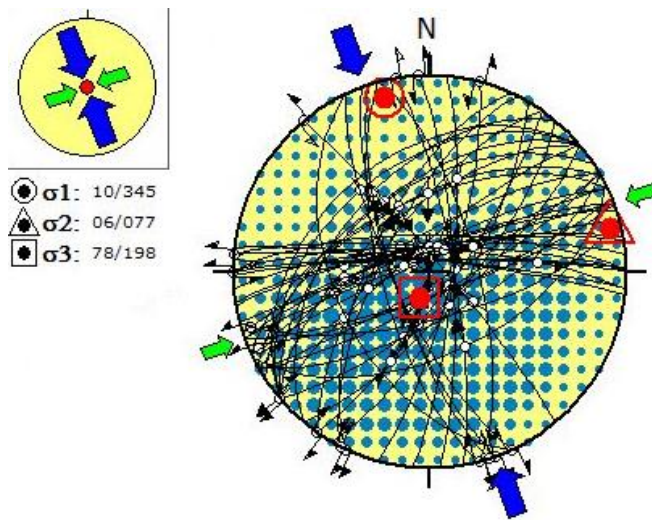
بازسازی تنش دیرین در واقع تحلیل ساختارهای روی زمین است که این روش، امکاناتی را فراهم می‌سازد تا بتوان شرایط تنش در گذشته را تفسیر نمود و محیطی را که تنش در آن زمان بر آن عمل می‌کرده است، بازسازی نمود و در نتیجه فرایندهایی که منجر به ایجاد ساختارها شده‌اند را شناسایی کرد. بعضی از محققان بر این باورند که الگوی تنش با زمان تغییر می‌کند لذا باید ساختارهایی را شناسایی کرد که در اثر تنش‌های خاصی شکل می‌گیرند که در این راستا تحلیل کیفی و کمی ساختارهای شکننده مانند گسل‌ها کلید قابل اعتمادی را برای فهم توزیع و تکامل میدان‌های تنش دیرین از رویدادهای زمین ساختی فراهم می‌کنند.

در این پژوهش بررسی‌های دقیق صحرایی بر مبنای داده‌های لغزش گسلی (۶۲ صفحه گسلی (این سطوح در سازند آهکی قم یافت شده‌اند) صورت گرفته و محور تنش به روش دو وجهی عمود بر هم و با بکارگیری نرم افزار WinTensor تعیین گردید که موقیت محورهای اصلی تنش σ_1 ، σ_2 و σ_3 به ترتیب $10/345$ ، $06/077$ ، $78/198$ بدست آمد (شکل ۵-۷). نتایج حاصل از این پژوهش با نتایج بدست آمده توسط Zarifi et al, (2013) در البرز مورد مقایسه قرار گرفته است (جدول ۵-۱).

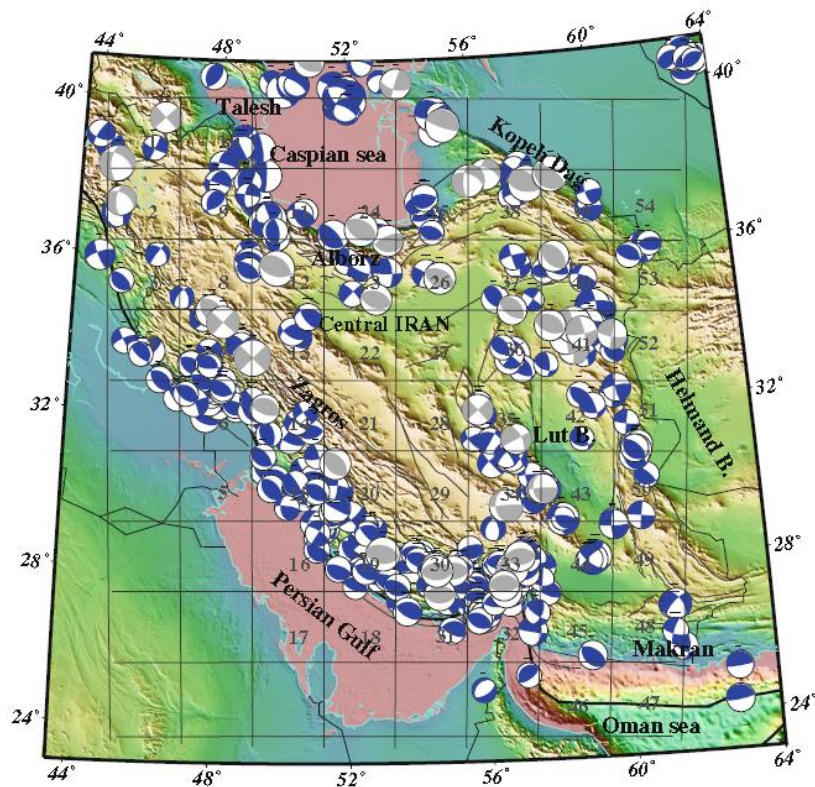
لازم به ذکر است که Zarifi et al, (2013) به بررسی تعیین میدان تنش در بخش‌های مختلف ایران با استفاده از معکوس سازی حاصل از سازوکار کانونی زلزله‌های پوسته‌ای (عمق کم‌تر از ۴۰ کیلومتر) دوره زمانی ۱۹۰۹ تا ۲۰۱۱ (شکل ۵-۸ و ۵-۹) پرداخته‌اند و موقعیت تنش بیشینه را برای البرز تعیین نموده‌اند (شکل ۵-۱۰).

جدول ۵-۱- مقایسه موقعیت تنش‌های اصلی محاسبه شده در این پژوهش با نتایج حاصل از کار پژوهشگران دیگر

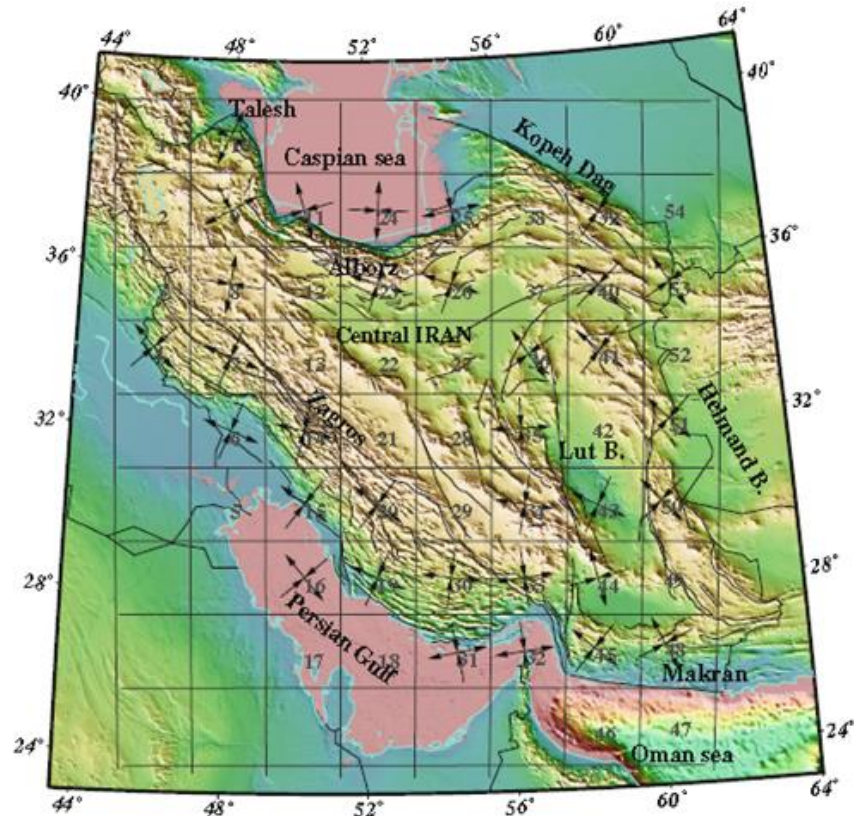
σ_3	σ_2	σ_1	
۱۳/۲۹۴	۵۰/۰۶۲	۲۳/۱۹۹	Zarifi et al, (2013)
۷۸/۱۹۸	۰۶/۰۷۷	۱۰/۳۴۵	تنش بدست آمده در منطقه مطالعاتی



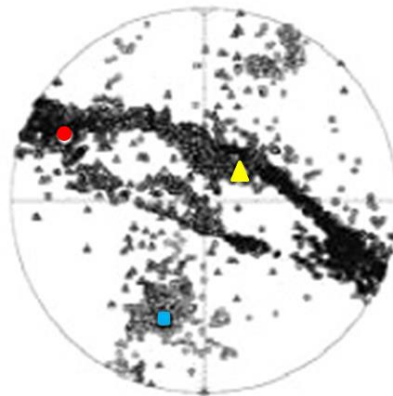
شکل ۵-۷- تعیین جهت محورهای اصلی تنش در منطقه‌ی مطالعاتی که با استفاده از نرم افزار WinTensor بدست آمده است.



شکل ۵-۸- فوکال مکانیسم زمین لرزه‌های ۱۹۰۹ تا ۲۰۱۱ ایران (Zarifi et al, 2013).



شکل ۵-۹- جهت‌های محورهای کششی و فشارشی در بخش‌های مختلف ایران (Zarifi et al, 2013).

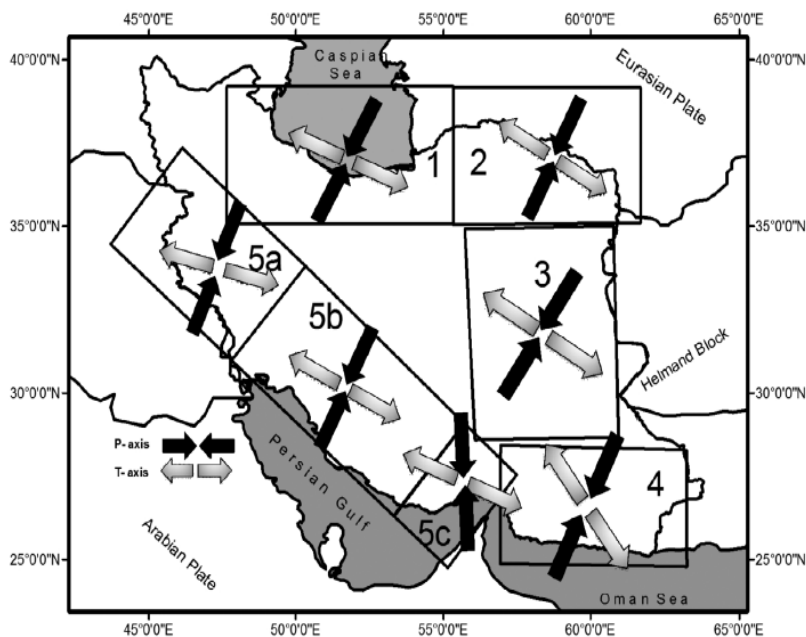


شکل ۵-۱۰- موقعیت محورهای اصلی تنش بدست آمده از معکوس سازی فوکال مکانیسم‌ها در منطقه البرز، \mathcal{S}_1 با مربع، \mathcal{S}_2 با مثلث و \mathcal{S}_3 با دایره نشان داده شده است (Zarifi et al, 2013).

از آنجایی که ارائه الگویی که توجیه کننده ساختارهای موجود در منطقه‌ی مورد مطالعه باشد بدون انطباق با دستاوردهای حاصل از نحوه تکاملی البرز امکان پذیر نیست. بنابراین اشاره ای مختصر به مکانیسم های احتمالی ایجاد کننده این رشته کوه به نظر لازم می آید.

از دیدگاه (Allen et al (2003)، به طور کلی تغییر شکل فشاری سنوزوئیک در البرز، از میوسن (یا کمی پیش‌تر) و با اولین مرحله‌ی برخورد صفحات عربی و اوراسیا آغاز گشت که در این زمان جهت‌گیری تنش بیشینه، شمالی- جنوبی بوده و البرز به طور غالب تحت تنش فشاری قرار داشته است. با غلبه تنش اعمال شده از صفحه‌ی عربی و آغاز حرکت رو به سمت باختر پی‌سنگ خزر جنوبی نسبت به ایران از زمان پلیوسن، جهت تنش بیشینه ناحیه‌ای از حالت شمالی- جنوبی به راستای شمال خاوری- جنوب باختری تغییر کرده و تغییر در شرایط دگرشکلی فشاری به چپ‌لغز را سبب شده است.

همچنین (Ansari & Zamani (2014 بر این باورند که همگرایی رو به شمال ایران مرکزی به سمت اوراسیا و حرکت شمال غربی حوضه‌ی کاسپین جنوبی نسبت به اوراسیا، رشته کوه البرز را تحت تاثیر قرار داده است. این حرکات سبب ایجاد یک رژیم ترا فشارشی در این کوه‌ها شده‌اند به جز البرز مرکزی که یک رژیم جوان و فعال تراکششی با محور کشش WNW-ESE در آن حضور دارد همچنین آن‌ها جهت‌های اصلی محوره‌ای کشش و فشارش را بر اساس زمین‌لرزه‌ها برای کل کشور تعیین کردند (شکل ۵-۱۱).



شکل ۵-۱۱- جهت‌های اصلی محوره‌ای کشش و فشارش زمین‌لرزه‌ها (Ansari & Zamani 2014).

(Vernant et al 2004) علاوه بر تعیین جهت تنش بیشینه در البرز، به تعیین جهت تنش در بخش‌های مختلف کشور پرداخته‌اند و برای منطقه‌ی البرز، راستای تقریبی شمال خاوری - جنوب باختری را جهت تنش بیشینه تعیین کرده‌اند که نشان دهنده‌ی رژیم زمین‌ساختی کنونی در ایران است.

با توجه به نقشه ساختاری تهیه شده از منطقه مطالعاتی (شکل ۵-۶) و موقعیت‌های بدست آمده برای محورهای اصلی تنش، می‌توان به حاکمیت رژیم تنش‌ی چیره فشاری در بازه‌ی نو زمین ساختی در منطقه مورد مطالعه پی برد.

۵-۵- پیشنهادها

- انجام مطالعات دیرینه لرزه شناسی بر روی گسل کواترنری شمال دهنمک.
- مطالعه جغرافیای دیرین ، پراکندگی و شکل حوضه‌های رسوبی در منطقه.
- مطالعه بر روی آرایش مکانی و زمانی زمین لرزه‌ها به منظور بررسی عمق گسل‌ها.

پوست

پیوست ۱- داده‌های برداشت شده از ناودیس شمالی

No	Dip	Dip.Dir	No	Dip	Dip.Dir	No	Dip	Dip.Dir
1	65	150	66	23	330	130	45	165
2	65	130	67	35	350	131	55	131
3	55	150	68	25	333	132	45	142
4	60	155	69	30	350	133	55	151
5	35	137	70	15	356	134	50	142
6	40	140	71	20	353	135	50	158
7	50	140	72	15	355	136	48	144
8	30	143	73	35	350	137	60	150
9	45	145	74	40	351	138	35	148
10	50	145	75	25	348	139	30	140
11	50	152	76	20	003	140	30	142
12	40	130	77	30	350	141	35	150
13	35	134	78	20	315	142	50	132
14	35	151	79	20	341	143	60	130
15	35	120	80	30	347	144	30	143
16	30	134	81	25	330	145	35	152
17	35	149	81	25	325	146	20	147
18	45	148	82	20	349	147	25	136
19	30	150	83	25	325	148	40	135
20	25	138	84	20	340	149	60	135
21	40	155	85	20	027	150	55	140
22	50	120	86	20	020	151	60	144
23	55	130	87	20	319	152	55	160
24	60	140	88	25	005	153	55	167
25	55	148	89	30	350	154	45	164
26	50	125	90	25	337	155	50	150
27	45	120	91	20	358	156	55	149
28	45	135	92	20	010	157	20	143
29	35	125	92	30	358	158	20	150
30	40	122	94	25	340	159	30	340
31	40	118	95	20	325	160	40	350
32	45	125	96	20	004	161	35	350
33	45	130	97	20	343	162	35	315
34	35	138	98	20	002	163	30	325
35	25	145	99	30	333	164	30	345
36	30	150	100	60	150	165	45	320
37	30	140	101	50	170	166	40	320
38	25	145	102	50	160	167	35	325
39	30	140	103	50	155	168	25	315
40	30	128	104	55	170	169	30	330
41	25	130	105	50	153	170	40	335
42	25	127	106	50	150	171	35	342
43	30	123	107	55	155	172	35	340
44	25	128	108	55	148	173	50	325
45	30	132	109	45	130	174	50	330
46	35	125	110	45	135	175	45	350
47	35	144	111	50	150	176	55	325
48	30	142	112	40	145	177	30	348

No	Dip	Dip.Dir	No	Dip	Dip.Dir	No	Dip	Dip.Dir
49	40	148	113	45	140	178	30	340
50	30	150	114	50	150	179	45	335
51	25	147	115	55	155	180	20	005
52	50	120	116	40	145	181	20	000
53	45	131	117	45	135	182	25	345
54	40	125	118	45	160	183	30	343
55	45	130	119	40	160	184	28	353
56	35	113	120	50	142	185	30	337
57	42	135	121	50	150	186	45	328
58	28	135	122	55	138	187	30	320
59	25	332	123	45	136	188	45	323
60	23	342	124	40	139	189	35	325
61	30	346	125	40	140	190	35	320
62	25	330	126	45	159	191	30	322
63	25	347	127	50	155	192	35	334
64	18	322	128	52	158	193	35	328
65	25	325	129	47	163	194	40	345

پیوست ۲- داده‌های برداشت شده از تاق‌دیس میانی

No	Dip	Dip.Dir	No	Dip	Dip.Dir	No	Dip	Dip.Dir
1	50	140	36	48	130	71	25	334
2	30	150	37	40	123	72	35	346
3	50	122	38	45	115	73	30	325
4	35	125	39	40	130	74	35	330
5	50	131	40	40	128	75	25	350
6	55	135	41	45	125	76	35	351
7	45	130	42	40	130	77	25	348
8	45	128	43	35	110	78	30	120
9	30	120	44	20	344	79	25	135
10	50	130	45	20	348	80	25	150
11	55	117	46	25	351	81	30	154
12	35	123	47	20	353	82	30	130
13	35	125	48	15	355	83	30	142
14	45	125	49	22	342	84	27	135
15	35	130	50	25	346	85	25	110
16	50	128	51	15	347	86	20	112
17	55	133	52	20	345	87	25	120
18	40	110	53	20	350	88	30	145
19	40	116	54	35	356	89	22	108
20	45	105	55	35	353	90	27	112
21	48	122	56	20	355	91	22	115
22	55	130	57	30	345	92	20	110
23	35	129	58	30	356	93	25	125

No	Dip	Dip.Dir	No	Dip	Dip.Dir	No	Dip	Dip.Dir
24	40	125	59	35	352	94	20	110
25	45	120	60	20	337	95	25	110
26	55	135	61	23	325	96	20	100
27	52	125	62	16	348	97	25	125
28	35	136	63	28	325	98	20	115
29	60	116	64	20	350	99	30	138
30	55	131	65	20	345	100	30	140
31	30	130	66	15	335	101	18	111
32	45	132	67	20	342	102	25	124
33	45	125	68	15	344	103	25	144
34	30	118	69	15	332	104	22	130
35	55	125	70	25	355	105	20	133
						106	20	135

پیوست ۳- داده‌های برداشت شده از ناودیس جنوبی

No	Dip	Dip.Dir	No	Dip	Dip.Dir	No	Dip	Dip.Dir
1	60	140	34	40	330	66	25	325
2	60	130	35	45	350	67	30	348
3	60	135	36	30	348	68	30	340
4	65	140	37	30	340	69	20	335
5	65	130	38	45	335	70	20	005
6	70	128	39	20	005	71	20	000
7	70	130	40	20	000	72	25	345
8	65	135	41	25	345	73	15	343
9	65	128	42	30	343	74	28	353
10	60	130	43	28	353	75	20	337
11	65	135	44	30	337	76	18	320
12	80	135	45	45	328	77	20	323
13	70	135	46	30	320	78	25	325
14	65	130	47	45	323	79	25	320
15	50	134	48	35	325	80	30	324
16	55	135	49	35	320	81	25	335
17	80	135	50	30	322	82	22	328
18	75	125	51	35	334	83	15	319
19	65	140	52	35	328	84	20	325
20	80	140	53	40	345	85	25	007
21	60	130	54	15	350	86	20	000
22	70	132	55	30	330	87	75	138
23	80	140	56	20	354	88	75	140
24	75	128	57	15	340	89	65	136
25	75	136	58	15	345	90	65	143
26	70	129	59	15	351	91	80	140
27	60	130	60	25	350	92	75	142
28	65	129	61	25	352	93	75	137
29	60	135	62	30	348	94	70	144
30	62	138	63	30	355	95	70	135
31	67	133	64	20	343	96	70	130
32	70	135	65	25	346	97	60	142
33	55	131	65	15	347	98	65	145

100	75	142	148	20	350	197	60	145
101	65	141	149	15	356	198	70	144
102	55	132	150	15	353	199	70	132
103	50	138	151	20	355	200	55	125
104	58	134	52	20	345	201	65	130
105	60	140	153	22	356	202	65	128
106	65	140	154	20	352	203	75	143
107	65	138	155	18	317	204	60	138
108	70	140	156	15	325	205	75	146
109	70	142	157	25	318	206	60	130
110	60	140	158	20	327	207	65	135
111	58	132	159	20	333	208	80	150
112	60	130	160	22	331	209	70	145
113	60	135	161	20	320	210	65	140
114	65	135	162	25	310	211	70	144
115	55	140	163	20	312	212	55	145
116	66	144	164	25	314	213	80	145
117	55	140	165	30	321	214	75	135
118	55	137	166	15	325	215	65	145
119	60	134	167	30	332	216	80	135
120	50	140	168	20	338	217	60	130
121	55	139	169	15	322	218	80	147
122	55	134	170	15	320	219	75	139
123	65	130	171	25	325	220	75	135
124	65	135	172	20	331	221	70	137
125	55	140	173	15	315	222	60	140
126	50	135	174	20	329	223	75	142
127	60	130	175	20	326	224	65	146
128	60	142	176	20	320	225	55	144
129	70	135	177	25	337	226	60	137
130	65	133	178	25	325	227	60	122
131	50	135	179	25	316	228	75	130
132	30	340	180	28	320	229	75	125
133	40	350	181	35	335	230	65	135
134	35	350	182	35	328	231	75	129
135	35	315	183	25	348	232	70	140
136	30	325	184	30	340	233	70	127
137	30	345	185	20	350	234	70	135
138	45	320	186	30	351	235	65	133
139	40	320	187	25	320	236	65	126
140	35	325	188	20	320	237	70	135
141	25	315	189	30	325	238	70	136
142	30	330	190	25	315	239	58	122
143	40	335	191	30	330	240	60	120
144	35	342	192	35	342	241	60	125
145	35	340	193	35	340	242	65	130
146	45	325	194	20	350	243	50	130
						244	55	115
						245	50	125

پیوست ۴- داده‌های برداشت شده از تاق‌دیس سر آسیاب

No	Dip	Dip.Dir	No	Dip	Dip.Dir	No	Dip	Dip.Dir
1	70	190	44	50	150	87	70	350
2	70	183	45	60	130	88	60	355
3	65	173	46	70	140	89	65	351
4	60	175	47	65	133	90	70	356
5	60	175	48	65	148	91	65	000
6	55	170	49	60	155	92	65	353
7	60	165	50	65	150	93	60	345
8	55	178	51	60	160	94	65	355
9	65	172	52	50	165	95	65	345
10	60	171	53	60	141	96	65	004
11	50	165	54	50	164	97	60	338
12	50	155	55	55	140	98	70	358
13	55	170	56	60	140	99	70	359
14	50	173	57	50	147	100	60	002
15	60	180	58	65	153	101	70	340
16	60	182	59	55	143	102	60	357
17	50	160	60	65	135	103	80	358
18	70	176	61	55	133	104	70	342
19	60	168	62	55	145	105	75	335
20	50	190	63	65	142	106	70	346
21	80	170	64	50	130	107	75	340
22	70	158	65	60	149	108	75	345
23	85	172	66	50	143	109	80	354
24	80	173	67	60	152	110	75	355
25	85	180	68	55	150	111	75	357
26	85	174	69	60	141	112	80	356
27	85	165	70	68	130	113	70	001
28	75	167	71	55	157	114	65	002
29	85	166	72	70	147	115	80	352
30	80	168	73	65	153	116	75	354
31	85	170	74	65	142	117	70	359
32	80	160	75	70	154	118	80	357
33	70	166	76	70	160	119	60	350
34	80	179	77	70	149	120	70	355
35	70	162	78	65	145	121	78	349
36	55	184	79	60	137	122	60	350
37	60	170	80	55	155	123	68	346
38	50	174	81	80	145	124	65	341
39	65	153	82	85	160	125	80	352
40	70	179	83	85	150	126	75	359
41	55	166	84	85	153	127	70	357
42	75	167	85	85	158	128	65	007
43	70	151	86	70	154	129	75	002

No	Dip	Dip.Dir	No	Dip	Dip.Dir	No	Dip	Dip.Dir
130	66	170	139	75	153	148	75	348
131	75	172	140	75	150	149	75	345
132	60	157	141	80	155	150	70	340
133	57	160	142	70	359	151	70	010
134	62	189	143	70	350	152	70	013
135	60	136	144	75	356	153	75	340
136	55	138	145	75	358			
137	65	158	146	70	353			
138	50	140	147	70	015			

پیوست ۵- داده‌های برداشت شده از سگشن A-A' تاق‌دیس لاسجردشت

No	Dip	Dip.Dir	No	Dip	Dip.Dir	No	Dip	Dip.Dir
1	65	351	34	60	352	82	68	350
2	60	355	35	80	340	83	80	002
3	70	005	36	75	342	84	60	346
4	60	352	52	65	345	85	65	358
5	60	350	53	65	347	86	60	348
6	70	003	54	60	341	87	70	350
7	60	360	55	65	357	88	65	345
8	65	358	56	65	353	89	65	351
9	65	357	57	80	008	90	45	005
10	60	005	58	75	355	91	45	010
11	60	345	59	75	349	92	30	011
12	70	355	60	65	006	93	30	010
13	65	000	61	60	001	94	45	010
14	70	354	62	65	351	95	30	010
15	60	355	63	70	349	96	40	005
16	70	350	64	70	352	97	30	000
17	70	345	65	65	348	98	35	012
18	60	350	66	80	005	99	30	011
19	60	352	67	75	351	100	40	003
20	70	355	68	70	005	101	40	014
21	80	352	69	70	359	102	40	015
22	80	344	70	75	343	103	30	010
23	65	351	71	75	355	104	30	000
24	65	350	72	60	360	105	35	015
25	65	345	73	60	357	106	30	005
26	60	346	74	75	350	107	30	015
27	70	356	75	75	359	108	40	013
28	60	344	76	55	347	109	30	010
29	80	346	77	70	350	110	40	008
30	80	347	78	60	339	111	30	002
31	60	345	79	60	351	112	30	005
32	75	354	80	65	340	113	35	001
33	75	335	81	60	338	114	30	016

No	Dip	Dip.Dir	No	Dip	Dip.Dir	No	Dip	Dip.Dir
116	80	348	131	65	355	146	35	012
117	55	338	132	70	336	147	35	006
118	60	341	133	70	339	148	20	010
119	60	342	134	75	341	149	20	013
120	75	356	135	75	343	150	20	000
121	70	348	136	80	354	151	45	008
122	75	349	137	80	359	152	35	007
123	55	342	138	75	345	153	35	013
124	55	345	139	70	349	154	30	001
125	70	333	140	65	342	155	30	002
126	75	358	141	80	356	156	35	008
127	70	341	142	60	358	157	25	010
128	60	336	143	55	345	158	25	005
129	65	348	144	65	355	159	25	003

پیوست ۶- داده‌های برداشت شده از سکشن B-B^۱ تاقدیس لاسجردشت

No	Dip	Dip.Dir	No	Dip	Dip.Dir	No	Dip	Dip.Dir
1	30	020	29	70	335	57	70	336
2	35	022	30	60	330	58	70	339
3	40	013	31	60	332	59	75	341
4	30	024	32	80	332	60	75	343
5	30	012	33	80	344	61	80	334
6	35	016	34	65	341	62	80	329
7	40	010	35	65	330	63	75	335
8	25	015	36	65	335	64	70	349
9	35	012	37	60	346	65	65	342
10	40	011	38	70	336	66	80	356
11	30	010	39	60	344	67	55	345
12	30	020	40	80	336	68	65	355
13	30	015	41	80	337	69	68	350
14	30	010	42	60	345	70	80	002
15	35	005	43	75	334	71	60	346
16	35	020	44	75	335	72	65	358
17	30	003	45	78	333	73	60	348
18	15	354	46	80	328	74	70	350
19	15	358	47	55	338	75	65	345
20	20	000	48	60	341	76	65	331
21	15	359	49	60	342	77	60	340
22	25	358	50	70	338	78	65	352
23	25	355	51	75	339	79	60	344
24	20	359	52	55	342	80	70	340
25	10	352	53	55	345	81	65	350
26	10	001	54	70	333	82	60	340
27	15	005	55	75	328	83	65	345
28	10	000	56	70	341	84	80	344

No	Dip	Dip.Dir	No	Dip	Dip.Dir	No	Dip	Dip.Dir
86	20	022	121	60	336	158	80	336
87	20	009	122	65	348	159	70	347
88	18	010	123	60	332	160	80	350
89	15	025	124	80	340	161	70	329
90	20	013	125	75	342	162	60	328
91	15	008	127	65	345	163	60	331
92	20	010	128	65	332	164	65	327
93	25	023	129	60	341	165	60	328
94	25	011	130	65	357	166	70	331
95	25	025	131	65	353	167	70	343
96	20	354	132	75	355	168	70	346
97	20	359	133	75	349	169	55	353
98	20	352	134	60	001	170	55	356
99	22	348	135	65	351	171	60	345
100	25	350	137	70	349	172	65	358
101	30	358	138	70	352	173	65	354
102	30	355	139	65	348	174	65	003
103	30	359	140	68	001	175	65	345
104	33	359	141	75	351	176	60	340
105	35	355	142	70	359	177	60	346
106	30	354	143	75	343	178	62	341
107	50	356	144	75	355	179	65	331
108	35	355	145	60	360	180	60	348
109	50	353	146	60	357	181	60	328
110	30	352	147	75	350	182	65	347
111	40	350	148	75	359	183	60	340
112	40	350	149	55	345	184	80	334
113	35	350	150	55	347	185	75	327
114	60	345	151	60	339	186	80	335
115	70	355	152	60	331	187	80	356
116	65	000	153	65	340	188	65	335
117	70	354	154	60	332	189	75	341
118	60	355	155	5	334			
119	70	350	156	65	329			

پیوست ۷- داده‌های برداشت شده از سکشن C-C' تاقدیس لاسگردشت

No	Dip	Dip.Dir	No	Dip	Dip.Dir	No	Dip	Dip.Dir
1	65	145	9	25	015	17	50	137
2	75	140	10	15	040	18	50	135
3	70	150	11	30	005	19	65	138
4	80	136	12	30	035	20	45	146
5	80	150	13	25	321	21	45	141
6	85	150	14	30	319	22	60	168
7	70	147	15	25	320	23	35	115
8	65	145	16	25	323	24	40	140
25	70	150	71	25	307	119	30	125

26	65	151	72	20	311	120	30	114
27	60	140	73	20	307	121	40	130
28	65	135	74	25	307	122	30	125
29	65	140	75	25	310	123	35	128
30	70	140	76	30	309	124	50	120
31	70	128	77	20	322	125	55	115
32	70	143	78	15	318	126	55	135
33	75	140	79	15	321	127	55	150
34	75	135	80	25	335	128	65	155
35	70	144	81	25	340	129	30	332
36	65	160	82	20	332	130	20	340
37	70	138	83	15	319	131	25	315
38	65	140	84	15	321	132	25	005
39	70	130	85	30	358	133	20	003
40	80	130	86	25	333	134	15	004
41	65	135	87	15	316	135	40	130
42	60	125	88	15	318	136	40	125
43	65	122	89	20	323	137	30	115
44	60	145	90	20	312	138	45	115
45	65	130	91	25	337	139	45	125
46	55	165	92	30	339	140	25	145
47	65	160	93	25	329	141	30	125
48	50	153	94	70	121	142	30	130
49	50	168	95	70	120	143	15	030
50	45	130	96	75	114	144	60	154
51	55	130	97	70	158	145	65	149
52	50	140	98	75	153	146	55	156
53	50	130	99	80	157	147	60	149
54	45	132	100	80	156	148	55	114
55	60	135	101	70	126	149	50	152
56	45	140	102	65	148	150	50	148
57	60	138	103	70	147	151	55	143
58	60	140	104	75	150	152	45	145
59	60	115	105	75	145			
60	50	130	106	65	146			
61	55	125	107	65	131			
62	65	110	108	60	127			
63	40	134	109	65	146			
64	55	125	110	70	140			
65	55	123	111	65	111			
66	45	130	112	75	170			
67	50	128	113	70	171			
68	50	110	114	65	147			
69	45	112	115	60	158			
70	35	145	118	65	151			

پیوست ۸- داده‌های برداشت شده از ناودیس لاسجردشت

NO	Dip	Dip. Dir.	NO	Dip	Dip. Dir.
1	20	046	29	55	145
2	15	024	30	45	148
3	25	011	31	55	141
4	15	020	32	10	135
5	25	030	33	55	140
6	20	347	34	60	151
7	15	350	35	50	137
8	20	038	36	15	145
9	25	042	37	20	146
10	20	031	38	55	142
11	20	358	39	45	126
12	15	005	40	45	141
13	15	022	41	50	145
14	15	355	42	15	128
15	10	352	43	15	135
16	20	014	44	10	140
17	40	139	45	20	145
18	40	143	46	15	130
19	30	131	47	20	145
20	15	135	48	25	145
21	25	123	49	20	148
22	10	142	50	25	130
23	45	117	51	15	130
24	15	125	52	20	140
25	45	143	53	10	130
26	50	158	54	15	132
27	60	144	55	15	135
28	60	139			

پیوست ۹ - شکستگی‌های برداشت شده از چین خوردگی تیجه‌کوه

NO.	Dip	Dip.Dir	NO.	Dip	Dip.Dir	NO.	Dip	Dip.Dir	NO.	Dip	Dip.Di	NO.	Dip	Dip.Dir
1	75	173	85	40	302	169	70	019	253	70	225	337	85	150
2	75	190	86	80	301	170	75	019	254	75	231	338	85	163
3	70	178	87	85	292	171	75	022	255	80	055	339	85	171
4	70	130	88	80	298	172	70	026	256	85	066	340	80	165
5	85	171	89	70	293	173	70	030	257	72	048	341	80	161
6	85	173	90	60	290	174	62	022	258	75	050	342	78	165
7	80	165	91	65	305	175	75	030	259	75	042	343	70	340
8	78	165	92	60	130	176	65	025	260	80	065	344	75	345
9	65	160	93	80	125	177	65	031	261	75	058	345	70	335
10	70	130	94	85	200	178	65	017	262	70	053	346	70	310
11	75	130	95	80	130	179	75	027	263	65	232	347	80	150
12	70	126	96	60	135	180	65	016	264	75	227	348	80	150
13	70	120	97	65	135	181	60	018	265	70	225	349	80	154

14	70	110	98	65	130	182	65	030	266	70	222	350	80	148
15	70	135	99	60	130	183	75	207	267	70	230	351	73	153
16	85	124	100	60	120	184	75	202	268	75	218	352	80	334
17	83	115	101	65	120	185	75	200	269	75	235	353	75	340
18	71	125	102	68	122	186	65	201	270	80	233	354	75	315
19	65	125	103	70	120	187	65	198	271	65	220	355	65	320
20	65	120	104	60	130	188	70	048	272	65	216	356	70	315
21	70	118	105	65	130	189	65	045	273	60	230	357	75	328
22	80	120	106	68	140	190	70	038	274	60	245	358	75	340
23	73	122	107	60	120	191	65	035	275	60	255	359	75	345
24	75	134	108	60	122	192	70	053	276	85	050	360	80	344
25	68	135	109	60	120	193	60	048	277	50	245	361	75	330
26	60	122	110	62	125	194	60	045	278	75	245	362	70	338
27	60	137	111	80	280	195	75	246	279	70	75	363	70	330
28	60	128	112	87	295	196	78	240	280	75	080	364	70	325
29	62	117	113	85	295	197	80	251	281	75	085	365	67	328
30	65	110	114	80	275	198	80	255	282	75	080	366	65	326
31	65	133	115	65	295	199	85	250	283	70	075	367	75	144
32	70	182	116	65	295	200	75	245	284	70	090	368	80	145
33	65	168	117	68	298	201	75	247	285	75	050	369	75	148
34	65	172	118	80	300	202	80	244	286	78	055	370	80	170
35	75	171	119	80	290	203	75	247	287	80	050	371	85	150
36	75	163	120	78	280	204	65	254	288	82	060	372	80	325
37	80	170	121	75	290	205	65	250	289	50	060	373	85	340
38	85	171	122	85	291	206	70	245	290	70	055	374	75	322
39	70	180	123	80	285	207	85	256	291	65	048	375	75	320
40	75	185	124	65	290	208	68	242	292	68	045	376	80	320
41	75	183	125	80	301	209	75	257	293	70	045	377	83	325
42	70	179	126	85	195	210	80	257	294	78	050	378	85	330
43	65	177	127	80	180	211	70	046	295	80	055	379	85	325
44	70	163	128	72	195	212	75	040	296	78	045	380	80	320
45	72	169	129	75	190	213	80	051	297	65	060	381	80	320
46	78	177	130	80	190	214	80	045	298	68	061	382	82	315
47	80	172	131	85	195	215	85	050	299	75	234	383	75	320
48	65	175	132	65	195	216	65	040	300	75	237	384	78	315
49	65	185	133	67	195	217	65	042	301	65	230	385	85	324
50	65	163	134	70	191	218	60	035	302	65	245	386	65	325
51	70	158	135	70	177	219	85	055	303	70	254	387	60	330
52	75	114	136	75	175	220	75	053	304	65	240	388	60	337
53	68	123	137	65	185	221	65	055	305	65	250	389	60	334
54	62	132	138	70	180	222	65	047	306	70	245	390	65	335
55	70	133	139	75	195	223	80	250	307	75	250	391	55	343
56	65	136	140	70	197	224	75	253	308	60	240	392	60	340
57	75	125	141	80	165	225	80	250	309	80	075	393	62	330
58	75	115	142	70	170	226	80	242	310	65	080	394	70	335
59	60	120	143	75	172	227	75	252	311	75	065	395	65	346
60	65	130	144	75	177	228	65	035	312	70	232	396	60	338
61	80	122	145	70	185	229	70	035	313	75	228	397	62	337
62	80	125	146	75	192	230	70	045	314	70	225	398	60	340
63	47	308	147	80	178	231	65	035	315	65	073	399	55	325
64	55	300	148	80	175	232	60	040	316	70	248	400	60	335
65	60	302	149	65	170	233	68	045	317	75	061	401	85	145
66	58	297	150	75	130	234	75	052	318	75	075	402	85	153
67	60	295	151	75	127	235	70	035	319	70	084	403	75	150
68	65	300	152	75	135	236	70	045	320	80	320	404	75	146
69	65	304	153	70	155	237	75	040	321	80	322	405	80	138
70	55	307	154	70	156	238	65	050	322	82	325	406	85	135
71	50	311	155	75	155	239	70	045	323	82	315	407	65	145
72	50	315	156	75	294	240	65	030	324	85	310	408	70	155
73	60	285	157	70	292	241	72	045	325	85	315	409	75	149
74	65	280	158	70	285	242	70	042	326	80	310	410	80	139
75	65	286	159	70	300	243	75	040	327	80	325	411	65	148
76	58	285	160	85	298	244	75	063	328	85	330	412	65	152

77	55	285	161	70	295	245	75	065	329	75	320	413	75	145
78	50	295	162	75	305	246	70	065	330	80	310	414	75	330
79	45	302	163	65	302	247	70	072	331	85	320	415	75	332
80	60	310	164	75	298	248	65	059	332	82	318	416	68	330
81	58	313	165	75	300	249	80	065	333	80	340	417	65	322
82	65	310	166	80	290	250	75	070	334	85	154	418	65	320
83	68	300	167	60	023	251	80	230	335	85	150	419	70	337
84	50	295	168	65	021	252	85	235	336	80	140	420	60	328

پیوست ۱۰- شکستگی‌های برداشت در پیمایش T1 بر روی تاقدیس لاسجردشت

NO	Dip	Dip. Dir.	NO	Dip	Dip. Dir.	NO	Dip	Dip. Dir.
1	70	110	37	70	263	72	70	035
2	85	080	38	65	265	73	70	035
3	90	090	39	70	263	74	60	041
4	90	087	40	75	245	75	70	018
5	85	105	41	80	092	76	65	022
6	65	100	42	85	110	77	70	018
7	80	240	43	65	105	78	80	201
8	75	235	44	60	095	79	75	205
9	60	250	45	85	112	80	65	037
11	75	115	46	85	110	81	60	033
12	90	105	47	80	105	82	50	045
13	80	235	48	60	120	83	50	040
14	70	110	49	65	246	84	50	035
15	90	250	50	65	250	85	45	030
16	90	260	51	60	244	86	45	038
17	80	100	52	75	238	87	50	025
18	55	089	53	75	260	88	65	020
19	55	100	54	60	105	89	65	180
20	55	110	55	70	122	90	80	193
21	50	115	56	80	085	91	75	195
22	55	110	57	70	075	92	70	190
23	85	120	58	80	110	93	70	017
24	90	270	59	75	275	94	75	015
25	90	265	60	75	020	95	80	010
26	90	260	61	70	018	96	45	022
27	80	105	62	70	030	97	70	182
28	75	270	63	75	025	98	75	300
29	65	095	64	75	020	99	70	298
30	60	240	65	75	025	100	75	305
31	60	130	66	80	175	101	65	300
32	70	240	67	75	190	102	65	295
33	75	252	68	70	198	103	50	290
34	75	248	69	75	206	104	75	130
35	75	255	70	80	210	105	60	132
36	85	260	71	80	212	106	80	132

107	85	262	136	75	210	165	80	125
108	80	268	137	65	030	166	80	122
109	80	270	138	65	030	167	80	130
110	75	245	139	65	020	168	75	140
111	70	302	140	55	180	169	60	344
112	65	315	141	65	354	170	50	003
113	55	296	142	55	343	171	45	335
114	60	295	143	55	346	172	40	352
115	55	290	144	65	358	173	70	355
116	60	310	145	75	350	174	70	358
117	60	308	146	75	350	175	50	340
118	50	300	147	50	352	176	50	358
119	45	305	148	60	350	177	75	356
120	75	314	149	60	004	178	60	001
121	80	316	150	60	005			
122	75	320	151	55	359			
123	65	348	152	70	345			
124	60	356	153	68	345			
125	55	353	154	75	175			
126	65	178	155	65	170			
127	65	175	156	55	175			
128	65	170	157	60	180			
129	65	182	158	58	175			
130	70	180	159	55	185			
131	60	168	160	70	003			
132	80	350	161	50	005			
133	40	340	162	55	010			
134	45	350	163	50	005			
135	80	354	164	55	007			

پیوست ۱۱- شکستگی های برداشت شده در پیمایش T2 بر روی تاقدیس لاسجردشت

NO	Dip	Dip. Dir.	NO	Dip	Dip. Dir.	NO	Dip	Dip. Dir.
1	45	005	13	75	292	24	80	339
2	60	340	14	80	295	25	75	332
3	55	010	15	45	295	26	75	328
4	55	013	16	60	295	27	80	322
5	40	003	17	60	285	28	75	316
6	50	005	18	65	288	29	65	319
7	55	008	19	70	285	30	65	326
8	65	345	20	65	290	31	65	335
10	65	347	21	45	285	32	70	337
11	60	010	22	60	288	33	80	333
12	65	013	23	55	292	34	80	337

35	60	004	79	50	285	123	70	323
36	70	355	80	65	283	124	70	325
37	65	350	81	50	290	125	75	320
38	55	357	82	50	275	126	65	330
39	70	358	83	65	277	127	70	330
40	65	348	84	65	265	128	70	339
41	75	352	85	70	266	129	70	335
42	75	355	86	60	268	130	65	330
43	85	358	87	60	275	131	80	328
44	70	195	88	55	280	132	70	314
45	70	168	89	70	272	133	80	320
46	65	188	90	85	120	134	75	320
47	65	185	91	75	130	135	70	311
48	60	185	92	70	136	136	65	310
49	65	177	93	70	129	137	75	308
50	75	178	94	75	124	138	85	310
51	70	180	95	70	127	139	85	315
52	65	172	96	75	120	140	80	310
53	65	190	97	80	113	141	80	330
54	60	180	98	80	118	142	65	318
55	70	185	99	70	142	143	70	319
56	70	173	100	65	140	144	75	336
57	80	187	101	65	135	145	85	153
58	80	190	102	55	135	146	80	150
59	75	175	103	55	140	147	80	140
60	75	197	104	50	144	148	80	163
61	70	178	105	50	138	149	75	148
62	70	204	106	55	145	150	80	155
63	85	205	107	65	121	151	85	145
64	55	354	108	65	125	152	75	140
65	70	145	109	80	057	153	71	057
66	75	160	110	75	220	154	80	067
67	75	157	111	80	065	155	85	075
68	65	150	112	85	049	156	85	043
69	65	156	113	85	070	157	78	229
70	80	143	114	80	070	158	78	231
71	75	150	115	75	054	159	75	230
72	75	152	116	80	077	160	78	238
73	80	140	117	70	067	161	70	239
74	80	135	118	70	040	162	65	227
75	80	133	119	80	070	163	65	215
76	45	325	120	85	230	164	65	221
77	45	330	121	80	221	165	80	238
78	50	320	122	80	226	166	75	244

167	50	333	195	85	222	223	65	245
168	55	327	196	75	235	224	70	234
169	55	314	197	75	240	225	72	233
170	50	318	198	75	245	226	68	224
171	50	320	199	65	235	227	70	220
172	45	337	200	65	240	228	70	218
173	55	335	201	75	242	229	70	225
174	90	080	202	80	052	230	65	230
175	70	250	203	75	068	231	65	232
176	70	235	204	67	054	232	80	241
177	90	225	205	70	060	233	70	245
178	80	082	206	75	061	234	75	247
179	85	055	207	77	040	235	75	250
180	90	220	208	85	044	236	80	225
181	80	60	209	85	063	237	85	225
182	75	250	210	75	070	238	80	230
183	70	245	211	73	072	239	77	222
184	60	040	212	85	080	240	85	225
185	80	035	213	80	073	241	72	051
186	65	070	214	75	056	242	75	050
187	80	065	215	75	058	243	70	048
188	75	045	216	80	044	244	70	064
189	85	040	217	85	046	245	70	052
190	75	225	218	75	058	246	70	046
191	80	047	219	80	062	247	73	050
192	80	065	220	80	063	248	80	038
193	70	230	221	75	063	249	80	042
194	80	235	222	75	070	250	50	050

پیوست ۱۲- داده‌های حاصل از سطوح گسلی برداشت شده برای تعیین تنش در منطقه مورد مطالعه

NO	Dip	Dip. Dir.	NO.	Dip	Dip. Dir
1	80	125	13	75	250
2	75	120	14	80	095
3	80	158	15	70	165
4	75	330	16	80	150
5	55	320	17	75	130
6	80	335	18	80	160
7	70	305	19	80	080
8	65	320	20	75	140
9	65	295	21	75	252
10	70	297	22	45	320
11	55	327	23	80	125
12	60	335	24	80	125

25	50	310	53	55	154
26	60	331	54	40	320
27	80	355	55	70	151
28	80	350	56	85	150
29	85	345	57	80	105
30	75	000	58	80	087
31	80	350	59	85	050
32	80	340	60	50	245
33	85	005	61	75	245
34	80	320	62	70	075
35	85	000			
36	80	335			
37	80	335			
38	80	335			
39	80	342			
40	80	342			
41	80	342			
42	80	355			
43	85	340			
44	85	345			
45	85	335			
46	85	359			
47	85	007			
48	80	000			
49	80	351			
50	80	005			
51	80	005			
52	70	255			

منابع

- آقاباتی ع، (۱۳۸۳) "زمین‌شناسی ایران"، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ص ۵۸۶.
- آقاباتی ع و حامدی ع.ر، (۱۳۷۳) "نقشه زمین‌شناسی چهارگوش سمنان (۱:۲۵۰۰۰۰)"، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- آراین م و فیضی ف، (۱۳۸۹) "نقش گسلش در گسترش سطحی نهشته‌های تبخیری محدوده ورامین- سمنان" فصل‌نامه علمی پژوهشی زمین و منابع واحد لاهیجان، سال سوم، شماره سوم.
- آراین م و قرشی م، (۱۳۸۵) "ارزیابی توان حرکتی گسل‌های کواترنری در منطقه مرزی البرز - ایران مرکزی، از خاور تهران تا خاور سمنان" فصل‌نامه علوم‌زمین، سال ۱۵، شماره ۵۹.
- آراین م، (۱۳۹۰) "مفهوم زمین‌شناختی مرز البرز ایران مرکزی درگستره‌ی تهران تا سمنان و دی‌اپیریسم نمک در طول آن" مجله نمک، سال اول، شماره سوم، صفحات ۱۳-۱.
- امینی ب، رشید ح و رضائیان ش، (۱۳۸۳) "نقشه زمین‌شناسی گرمسار (۱:۱۰۰۰۰۰)"، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- امینی ب، رشید ح و رضائیان ش، (۱۳۸۳) "گزارش ورقه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ گرمسار".
- اسدیان ف، پورکرمانی م و آراین م، (۱۳۸۶) "ژئومورفولوژی ساختمانی ساختارهای نمکی در گستره گرمسار- لاسجرد" پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۶۰، صفحات ۷۵-۸۵.
- اعراب ف، امیدی پ و طاهری ع، (۱۳۹۰) "دگرریختی کواترنری در باختر شاهرود (البرز خاوری)" فصل‌نامه علوم زمین، سال بیستم، شماره ۸۰، صفحه ۸۹ - ۹۴.
- الیاسی م، نوگل سادات م و قریشی م، (۱۳۸۰) "بررسی مقایسه‌ای بردارهای ویژه و محورهای اصلی تنش دیرین در تعیین تیپ دگرریختی بخش جنوبی البرز مرکزی" مجله علوم دانشگاه تهران، شماره ۱، صفحه ۶۷-۸۰.

- امیددی پ، نوگل سادات م و قرشی م، (۱۳۸۱) "بازسازی تنش کواترنری بر اساس تحلیل لغزش گسل در نیمه جنوبی البرزخاوری" فصلنامه علوم زمین، سال یازدهم، شماره ۴۵-۴۶.
- بربریان م، قرشی م، طالبیان م و شجاع طاهری ج، (۱۳۷۵) "پژوهش و بررسی نوزمین ساخت لرزه زمین ساخت و خطرزمین لرزه، گسلش در گستره سمنان" سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، گزارش شماره ۶۳، ۲۶۶ صفحه، صفحات ۶۵ - ۱۲۰.
- بربریان م، قرشی م، طالبیان م. و شجاع طاهری، ج، (۱۳۷۵)، "پژوهش و بررسی نوزمین ساخت و خطر زمین لرزه-گسلش در گستره تهران"، سازمان زمین شناسی کشور،
- پورکرمانی م و نظری زاده م، (۱۳۹۰) "ساختارهای نمکی و ارتباط آن‌ها با گسلش در شمال گرمسار" مجله نمک، دانشگاه آزاد اسلامی گرمسار، شماره اول، سال اول، ۴۳-۵۲.
- تاتار م، مومنی م، یمینی فرد ف، (۱۳۹۳)، "خردلرزه خیزی و لرزه زمین ساخت ناحیه گرمسار"، فصلنامه علوم زمین، سال ۲۴، شماره ۹۴، صفحه ۲۸۹-۲۹۸.
- درّی م، (۱۳۷۰)، پایان نامه کارشناسی ارشد: "مطالعه زمین شناسی و چینه شناسی کوه کلرز (شمال گرمسار)" دانشکده علوم زمین، دانشگاه تهران، ۱۴۹ صفحه.
- خرمی ف، حسامی خ، نانگلی ح و نوگلی ف، (۱۳۹۰) "بررسی زمین ساخت جنبا در منطقه البرز با استفاده از مشاهدات شبکه دائمی GPS" فصلنامه علوم زمین، سال بیست و یکم، شماره ۸۲، صفحه ۲۲۳ تا ۲۳۰.
- درویش زاده ع، (۱۳۷۰) "زمین شناسی ایران" موسسه انتشارات امیرکبیر دانشگاه تهران، ۹۰۱ صفحه.
- رمضانی دانا ل، (۱۳۸۲) پایان نامه ارشد: "بیواستراتیگرافی سازند قم در منطقه گرمسار، شمال دهنمک" گرایش چینه شناسی و فسیل شناسی، دانشگاه تربیت معلم، ۱۵۰ صفحه.
- رحیم زاده ف، (۱۳۷۳) "الیگوسن، میوسن، پلیوسن، طرح تدوین کتاب زمین شناسی ایران"، شماره ۱۲، سازمان زمین شناسی کشور، ۳۱۱ صفحه.

- سعادت م، علوی ا و سعیدی ع، (۱۳۸۷) "تحلیل تنش دیرینه در خاور و جنوب خاوری تهران (سرخه حصار - خجیر)" **فصل نامه علوم زمین**، شماره ۶۷، سال هفدهم، صفحه ۲۲-۳۷.
- صفایی ه، (۱۳۶۹)، پایان نامه ارشد: "سایزموکتونیک دیاپیرهای گرمسار"، دانشگاه تربیت معلم تهران.
- صفایی ه، (۱۳۷۴) "گسله مسبب زمین لرزه های گرمسار"، **فصل نامه علوم زمین**. شماره ۱۴. صفحات ۲۹-۳۵.
- صادقی ح. و شجاع طاهری ج، (۱۳۸۵) "مشخصه های تنش زمین ساختی در فلات ایران با استفاده از تعیین سازوکار کانونی زمین لرزه های ثبت شده" **فصل نامه علوم زمین**، سال پانزدهم، شماره ۵۹.
- عباسی م و شبانیان بروجنی ا، (۱۳۸۴) "تعیین وضعیت تنش به کمک روش برگشتی از صفحه های گسلی لبه جنوبی البرز مرکزی" **فصل نامه علوم زمین**، شماره ۵۷.
- عبادتی ن، (۱۳۷۷)، پایان نامه دوره دکتری: "زمین ساخت و تکامل ژئودینامیکی گستره گرمسار"، تکتونیک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات.
- قرشی م و آراین م، (۱۳۸۹) "تکتونیک ایران"، چاپ اول، انتشارات مربع آبی، ۳۳۶ صفحه.
- فیضی ف و آراین م، (۱۳۸۵) "رده بندی پیشانی های رانده در مرز مناطق ساختاری البرز - ایران مرکزی از خاور ورامین تا خاور سمنان" **مجله علوم پایه دانشگاه آزاد اسلامی**، شماره ۶۱.
- قاسمی م.ر، (۱۳۸۷) "پایه های زمین شناسی ساختمانی" جلد اول، چاپ اول، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۳۲۰ ص.
- قره چلو س، فیض نیا س، علوی پناه ک و میرآخورلو خ، (۱۳۸۸) "ارزیابی پهنه بندی شاخص شوری زمین شناسی مؤثر بر تخریب آب و خاک (بررسی موردی: حوزه آبخیز حبله رود)" **نشریه مرتع و آبخیزداری**، **مجله منابع طبیعی ایران**، دوره ۶۲، شماره ۴، صفحه ۵۲۷ تا ۵۳۷.
- گلایی ف. و قیطانچی م، (۱۳۸۹) "بررسی لرزه خیزی گستره البرز مرکزی"، **مجموعه مقالات چهاردهمین کنفرانس ژئوفیزیک ایران**، صفحه ۱۱۴۱-۱۱۴۴، تهران.

- مشرفی فر م، علوی ا و محجل م، (۱۳۸۷) "تفکیک فازهای تنش دیرین بر پایه داده‌های گسلی ناهمگن در بخش مرکزی گسل دهشیر" فصل‌نامه علوم زمین، سال هجدهم، شماره ۶۹، صفحه ۶۴ - ۷۳.

- وزیری ح و مجیدی فرد م، (۱۳۸۹) "جایگاه چینه‌شناسی نهشته‌های نمکی منطقه گرمسار، ایران مرکزی"، دوفصلنامه تخصصی نمک، سال اول، صفحات ۱۷-۲۴.

References:

- Alavi M. (1991) "Sedimentary and structural characteristics of the Paleo- Tethys remnants in Northeastern Iran" Geological Society of America Bulletin 103, PP. 983-992 .
- Alavi M. (1996) "Tectonostratigraphy synthesis and structural style of the Alborz mountain system in Northern Iran", **J. of. Geodynamic**, 21(1), PP. 1-33
- Allen M.B. Ghassemi M.R. Shahrabi M. Qorashi, M. (2003) "Accommodation of late Cenozoic oblique shortening in the Alborz range, northern Iran" **J. of. Structural Geology**, V.25, PP. 659-627.
- Allmendinger R.W. With Contributions by Gephart J.W. Marrett R.A. (1989) "Notes on fault slip analysis prepared for the geological society of America short course on « Quantitative interpretation of joints and faults»" Department of Geological Sciences, Cornell University, NewYork.
- Anderson E.M. (1942) "The Dynamics of Faulting and Dyke Formation with Application to Britain: Oliver and Boyd, Edinburgh", P.191.
- Angelier J. (1975) "Sur l'analyse de mesures recueillies dans des sites faillés: l'utilité d'une confrontation entre les méthodes dynamiques et cinématiques". *Compte Rendus del'Académie des Sciences de Paris* D281, PP. 1805-1808.
- Angelier J. (1990) " Inversion of field data tectonics to obtain the regional stress – III. A new rapid direct inversion method by analytical means" **J. of Geophysics**, PP. 363-376.
- Angelier J. (1994) "Fault slip analysis and paleostress reconstruction Continental deformation" Edition by Hancock P. L., pergamon press, PP. 53-100.

- Ansari S. and Zamani A. (2014) “Short-term seismic crustal deformation of Iran”, **J.of. Annals of Geophysics**, V.57.
- Arian M. Bagha N. khavari R. and Noroozpour H. (2012) “Seismic sources and neo-tectonics of Tehran area (North Iran)”, **Indian Journal of Science and Technology**, V.5, No.3, PP. 2379-2383.
- Ashtari M. Hatzfeld D. Kamalian N. (2005) “Microseismicity in the region of Tehran”, **J. of. Tectonophysics**, PP. 193-208.
- Bouzari S. Konon A. Koprianiuk M. Julapour A. (2013) “Thin-skinned tectonics in the Central Basin of the Iranian Plateau in the Semnan area, Central Iran”, **J.of. Asian Earth Science**, PP. 269-281.
- Berberian M. and King G.G. (1981) “Towards a paleogeography and tectonic evolution of Iran”, **Canadian Journal Earth Science**, PP. 210-265.
- Bott M.H.P. (1959) “The mechanisms of oblique slip faulting” **Geological Magazine**, V.96, PP. 109 –117.
- Bull W.B. (2007) “Tectonic Geomorphology of mountains: A New Approach to paleoseismology” Oxford: BLACKWELL.
- Davis G.H. Reynolds j.s. (1993) “Structural Geology of Rocks and Regions” New york: John Willy & Sons, INC.
- Djamour Y. Vernant P. Bayer R. Nankali H.R Ritz J.F. Hinderer J. Hatam Y. Luck B. Moigene N. Sedighi M. Khorrami F. (2010) “GPS and gravity constraints on continental deformation in the Alborz mountain range,”, **J. of. Geophysics**, V.183. PP. 1287-1301.
- Doblás M. (1998) “Slickenside kinematic indicators” **J. of. Tectonophysics**, PP. 187-197.
- Ehteshami Moinabadi M. and Yassaghi A. (2006) “Geometry and kinematics of the Mosha fault, south central Alborz Range, Iran: An example of basement involved thrusting”, **Journal of Asian Earth Sciences**.
- Fleuty M.J., (1964) “The description of fold, Proceedings of the Geologist Association”, V. 35, PP. 461-492.
- Fossen H. (2010) ”**Structural Geology**”, Cambridge University Press, New York. PP. 481.
- Gansser A., Huber. H. (1962) “Geological observations in Central Alburz, Iran.

Schweizerische Mineralogische und petrographische Mitteilungen” PP. **583-630**.

- Hancock P.L. (1988) “ Neotectonics:Geology Today” V.4, PP. **57- 61**.
- Jackson J., Priestly K., Allen M., and Berberian M. (2002) “Active tectonics of the South Caspian Basin” **J. of. Geophysics**, PP. **214 – 245**.
- Hessami Kh., Nilforoushan F. and Talbot Ch. (2006) “Active deformation within the Zagros Mountains deduced from GPS measurement” **J.of Geol. Soc. London**, V. **163**, PP.**143-148**.
- Glaus M. (1965) “Die Geologie des Gebietes noerdlich des Kandeavan-Passes (Zentral-Elburz), Iran”, Diss. ETH Zurich.
- Lorenz Ch. (1964) “Die Geologie des oberen Karaj-Tales (Zentral-Elburz), Iran”, Diss. Univ. Zurerich.
- Marshak S. and Mitra G., (1988),“**Basic methods of structural geology**”, New-jersey: prentice Hall, Englewood Cliffs, P. **446**.
- Morley C.K. Waples D.W. Boonyasaknanon P. Julapour A. Loviruchsutee P. (2013) “The origin of separate oil and gas accumulations in adjacent anticlines in Central Iran”, **J. of. Marine and Petroleum Geology**, PP. **1-16**.
- Nazari H. Ritz J-F. Walker R.T. Salamati R. Rizza M. Patnaik R. Hollingsworth J. Alimohammadian H. Jalali A. Kaveh Firoz A. Shahidi A. (2014) “Palaeoseismic evidence for medieval earthquake, and preliminary estimate of late Pleistocene slip-rate, on the Firouzkuh strike-slip fault in the Central Alborz region of Iran”, **J. of. Asian Earth Sciences**. V. **82**. PP. **124-135**.
- Nemati M. Hollingsworth J. and Ghassemi M.R. (2015) “Investigation of seismotectonics of Eastern South Caspian Basin Using Earthquake Focal Mechanism and Geomorphological Investigations”, **Scientific Quarterly Journal, GEOSCIENCES**, V. **24**, No. **94**.
- Nemati M. Hatzfeld D. Gheitanchi M.R. Sadidkhouy A. Mirzaei N. (2011) “Microseismicity and seismotectonics of the Firuzkuh and Astaneh faults (East Alborz, Iran)”, **J. of. Tectonophysics**, PP. **11-21**.
- Nilforoushan F. Vernant P. Masson F. Vigny C. Martinod J. Abassi M. Nankali H. Hatzfeld D. Bayer R. Tavakoli F. Ashtiani A. Doerflinger E. Daignieres M. Collard P. Chery J. (2003), “GPS network monitors the Arabia-Eurasia collision deformation in Iran” **J.OF. Geodesy**, V. **77**, PP. **411-422**.

- Ramsay J.G. and Huber M.I. (1983) “**The techniques of modern structural geology**”, V. 1: Strain analysis, London: Academic Press.
- Ramsay J.G. and Huber M.I. (1987) “**The techniques of modern structural geology**”, V. 2: Fold and Fractures, London: Academic Press.
- Ritz J.F. Nazari H. Ghassemi A. Salamati R. Shafei A. Solaymani S. Vernant P. (2006) “Active transtension inside central Alborz: A new insight into northern Iran-southern Caspian geodynamics”, **J.OF. Geology**, V. 34, PP. 477-480.
- Riedel W. (1929) “Zur Mechanik geologischer Brucherscheinungen” Zentral blatt fur Mineralogier Abteilung B, PP. 354-368.
- Petite J.P. (1987) “Criteria for the sense of movement on fault surfaces in brittle rocks” **J. of. Structural Geology**, PP. 597-608.
- Stocklin J. (1974), “Northern Iran: Alborz mountains, mezozoic – cenozoic orogenic belt, data for orogenic studies” Geological Society, Special Publications, London, Vol. 4, PP. 213- 234.
- Stocklin J. (1968), “Structural history and tectonics of Iran, A review”, **J.of. American Association of petroleum Geologists Bulletin**, V. 52, PP. 1229-1258.
- Tatar M. (2001) “Etude seismotectonique de deux zones de collision continental: Le Zagros Central et l’ Alborz (Iran)”, PhD. Thesis, University de Joseph Fourier.
- Tatar M. Hatzfeld D. Abbassi A. Yamimi Fard F. (2012) “Microseismicity and seismotectonics around the Mosha fault (Central Alborz, Iran)”, **J.of. Tectonophysics**, PP.50-59.
- Twiss R.J. and Moores E.M. (1992), “Structural geology” W.H. FreemanandCompany, NewYork, P. 532.
- Woodcock N.H. and Schubert C. (1994) “Continental Strike-slip Tectonics” In: HANCOCK P.L, Edition “Continental Deformation” Pergamon Press, PP. 251-263.
- Vernant Ph. Nilforoushan F. Hatzfeld D. Abbassi M.R. Vigny C. Masson F. Nankali H. Martinod J. Ashtiani A. Bayer R. Tavakoli F. Chery, J. (2004) “Present-day crustal deformation and plate kinematics in the Middle East

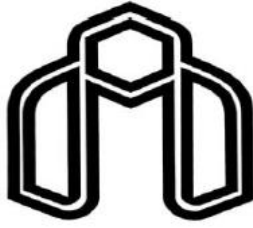
constrained by GPS measurements in Iran and northern Oman”, **Geophys. J. Int.**, V. **157**, PP. **381-398**.

- Zarifi Z. Nilfoyrushan F. and Raeesi M. (2013) “Crustal Stress Map of Ira: Insight From Seismic and Geodetic Computations” **J.of. Pure and Applied Geophysics**, PP.1-18.
- Zamani B. Angelier J. Zamani A. (2008), “State of stress induced by plate convergence and stress partitioning in northeastern Iran, as indicated by focal mechanisms of earthquakes”, **J.of. Geodynamics**, V. **45**, PP.120-132.

Abstract

The studied area is a small part of south margin of central Alborz. It is located in North, Northeast of Aradan city; Between North Jalilabad valley and Abdollahabad valley. Cenozoic formations including Lower red, Qom, Upper red, Hezardarreh conglomerate and Quaternary deposits have outcrops in this area. The geological structures (folds and faults) have east- west to northeast - southwest trend. The studied folds mainly are open and less frequently are gentle and close in Fleuty classification (1964) based on interlimb angle. Based on the dip of axial plane and plunge of hinge line (Fleuty 1964), the folds classified as upright-sub horizontal plunging, upright- gently plunging, steeply inclined- sub horizontal plunging and moderately inclined-gently plunging. The main faults in the area such as Garmsar, Sorkhkalut, F2 and F3 have east - west trend and reverse mechanism with a left lateral strike slip component. Some faults like F2, F3, F4 and F5 show evidences related to tow dynamic phases. This evidences show that the strike-slip phase is younger than the dip slip (reverse) phase. Paleostress calculations based on fault slip analysis on Qom formation; show that the orientations of principle stresses σ_1 , σ_2 and σ_3 are 10/345, 06/077 and 78/198, respectively. The results support the idea of predominantly compressional stress regime in the neotectonic period.

Keywords: Central Alborz, Aradan, Garmsar, Sorkhkalut.



دانشگاه شاهرود

Shahrood University
Faculty of Earth Sciences
Tectonic Group

Cenozoic deformation in northeast Aradan

Mahtab karami

Supervisor
Dr. P. Omid

September 2015