

بسم الله الرحمن الرحيم



دانشکده علوم زمین  
رشته زمین شناسی گرایش تکتونیک

پایان نامه کارشناسی ارشد

## تحلیل ساختاری پهنه گسلی ناحیه ابر و شاهکوه

نگارنده: سعید آقاجانی عیسی لو

استاد راهنما

دکتر رمضان رضانی اومالی

استاد مشاور

دکتر عزیزا.. طاهری

بهمن ۱۳۹۵



مدیریت تحصیلات تکمیلی

باسمه تعالی

شماره: ۱۳۶۰۸  
تاریخ: ۹۵/۱۱/۸  
ویرایش:

فرم شماره ۷: صورتجلسه نهایی دفاع از پایان نامه دوره کارشناسی ارشد

با تأییدات خدانوند متعال و با استعانت از حضرت ولی عصر (عج) ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد آقای سعید آقاجانی عیسی‌لو به شماره دانشجویی ۹۲۳۳۹۳۴ رشته زمین‌شناسی گرایش تکتونیک تحت عنوان تحلیل ساختاری پهنه گسلی ناحیه ابر-شاهکوه که در تاریخ ۱۳۹۵/۱۱/۱۷ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می‌گردد:

|                                                                        |                                    |                                |
|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|
| قبول (با درجه: <input checked="" type="checkbox"/> خوب امتیاز: ۱۷)     | <input type="checkbox"/> دفاع مجدد | <input type="checkbox"/> مردود |
| نوع تحقیق: <input type="checkbox"/> نظری <input type="checkbox"/> عملی |                                    |                                |

۱- عالی (۲۰ - ۱۹)

۲- بسیار خوب (۱۸/۹۹ - ۱۸)

۳- خوب (۱۷/۹۹ - ۱۶)

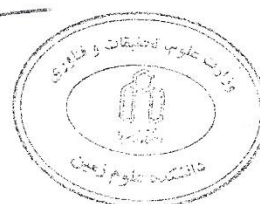
۴- قابل قبول (۱۵/۹۹ - ۱۴)

۵- نمره کمتر از ۱۴ غیر قابل قبول

| عضو هیأت داوران                 | نام و نام خانوادگی       | مرتبه علمی | امضاء |
|---------------------------------|--------------------------|------------|-------|
| ۱- استاد راهنمای اول            | دکتر رمضان رمضانی اومالی | دانشیار    |       |
| ۲- استاد مشاور                  | دکتر عزیزا... طاهری      | استاد      |       |
| ۳- نماینده شورای تحصیلات تکمیلی | دکتر مهدی جعفرزاده       | استادیار   |       |
| ۴- استاد ممتحن اول              | دکتر پرویز امیدی         | استادیار   |       |
| ۵- استاد ممتحن دوم              | دکتر مجسن خادمی          | استادیار   |       |

نام و نام خانوادگی رئیس دانشکده: دکتر امیدی

تاریخ و امضاء و مهر دانشکده: دکتر امیدی ۹۵/۱۱/۹



تقدیم به

روح پاک مادرم که عالمانه به من آموخت تا چگونه در عرصه زندگی، ایستادگی را تجربه نمایم.

و روح پاک خواهرم که قلبی سرشار از مهر و محبت و دوستی را به من بخشید.

و پدرم که به خاطر همه ی تلاشهای محبت آمیزی که در دوران مختلف زندگی ام انجام داده و با مهربانی چگونه زیستن را به من

آموخته است.

و همسرم که سایه مهربانش سایه ساز زندگیم می باشد، او که اسوه صبر و تحمل بوده و مشکلات مسیر را برایم تسهیل نمود.

و خواهران و برادرانم که همواره در طول تحصیل متحمل زحمت بودند و تکیه گاه من در مواجهه با مشکلات، و وجودشان مایه دلگرمی

من می باشد.

و به استادان فرزانه و فرهیخته ای که در راه کسب علم و معرفت مرایای نمودند.

## سپاسگزاری

خداوند متعال را سپاس بی کران برای راهی که پیش روی بنده گذارد تا در مسیری گام بردارم که بزرگان علم و دانشمندان بی شماری را پرورانده است. تحقیق پیش رونجی برای و زحمات بی پایان استاد ارجمند و فرزانه جناب آقای دکتر رمضان رمضان‌آبادی که زحمات راهبانی و هدایت این پایان نامه را بر عهده داشتند می باشد. همچنین لازم است از راهبانی های جناب آقای دکتر عزیزان طاهری به دلیل مشاوره در این پژوهش سپاس گذاری کنم.

همچنین از جناب آقای دکتر پرویز امید که مراد این پایان نامه مساعدت نموده اند تشکر ویژه دارم و برای این عزیزان از درگاه ایزدمنان سلامت، سعادت و بهروزی را آرزو مندم.

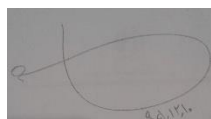
باسپاس بی دریغ خدمت دوستان گران یار ام آقاییان سید حمید موسوی زاده، محبتی محسنی فرد، محبتی سنجواستی، حمید بوژآبادی، سید حسن باقرزاده و وحید شفیع و خانم مانده روزبهانی، شبنم شریستانی که مرا صمیمانه و مشفقانه یاری داده اند.

سپاسگزارم از زحمات خالصانه کارمندان دانشکده علوم زمین دانشگاه صنعتی شاهرود به خصوص آقایان مهندس خانعلیراده و محسن محمدیان و خانم مهندس فارسی.

## تعهدنامه

اینجانب سعید آقاجانی عیسی‌لو دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته تکتونیک دانشکده علوم زمین دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان‌نامه تحلیل ساختاری پهنه گسلی ناحیه ابر و شاهکوه تحت راهنمایی جناب آقای دکتر رمضان رضائی اومالی متعهد می‌شوم

- تحقیقات در این پایان‌نامه 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 پایان‌نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است .
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد و مقالات مستخرج بانام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید .
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان‌نامه 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 .



امضای دانشجو

تاریخ 95/12/10

### مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، کتاب ، برنامه های رایانه ای ، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است ) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود .
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان‌نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

## چکیده

ناحیه ابر و شاهکوه بخشی از زون رسوبی - ساختاری البرزخاوری را شامل می‌شود که به لحاظ جغرافیایی در شمال‌باختری شهرستان شاهرود واقع می‌باشد. در این تحقیق دگرریختی‌های واحدهای سنگی رخنمون یافته در پهنه مورد مطالعه اعم از چین‌خوردگی و گسلش با نگاه ویژه به دگرریختی نوزمین‌ساختی مورد بررسی قرار گرفته است. بررسی وضعیت چینه‌شناسی این منطقه وجود توالی‌هایی از سنگ‌های پالئوزوئیک، مزوزوئیک و سنوزوئیک را نشان می‌دهد. گسل‌های اصلی این منطقه مانند گسل ابر دارای روند شمال‌خاوری - جنوب‌باختری و سازوکار معکوس چپ‌بر و همچنین گسل شاهکوه دارای روند شمال‌باختری - جنوب‌خاوری را نشان می‌دهند. بررسی وضعیت چین‌خوردگی در این ناحیه با توجه به نقشه‌های زمین‌شناسی، تصاویر ماهواره‌ای و برداشت‌های میدانی نشان می‌دهد که روند عمومی چین‌خوردگی‌ها شمال‌خاوری - جنوب‌باختری تا خاوری - باختری است که این تغییر روند، ناشی از تغییرات در سازوکار گسل‌های منطقه و در نتیجه تغییر در روند محور بیشینه فشارش می‌باشد. نتایج بدست آمده از بررسی وضعیت میدان تنش، با استفاده از چین‌ها و تحلیل لغزش گسل‌ها، نشان می‌دهد که جهت تنش بیشینه از شمال‌خاوری - جنوب‌باختری به شمال‌باختری - جنوب‌خاوری تغییر کرده است.

این میدان تنش با سازوکار چیره معکوس چپ‌بر برای گسل ابر با روند شمال‌خاوری - جنوب‌باختری و با سازوکار چیره معکوس راست‌بر برای گسل شاهکوه با روند شمال‌باختری - جنوب‌خاوری سازگاری دارد.

**واژه‌های کلیدی:** ابر، شاهکوه، شاهرود، گسل، چین‌خوردگی، تنش، نوزمین‌ساخت، البرزخاوری

## فهرست مطالب

|                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------|----|
| فصل اول مقدمه .....                                                        | ۱  |
| ۱-۱- مقدمه .....                                                           | ۲  |
| ۱-۲- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه .....                              | ۲  |
| ۱-۳- راههای دسترسی به منطقه .....                                          | ۳  |
| ۱-۴- شرایط اقلیمی منطقه .....                                              | ۴  |
| ۱-۵- تعریف مسأله و تبیین موضوع .....                                       | ۵  |
| ۱-۶- اهداف پژوهش .....                                                     | ۵  |
| ۱-۷- تاریخچه مطالعات قبلی در منطقه .....                                   | ۵  |
| ۱-۸- روش و مراحل اجرایی طرح .....                                          | ۸  |
| فصل دوم زمین‌شناسی عمومی .....                                             | ۹  |
| ۲-۱- مقدمه .....                                                           | ۱۰ |
| ۲-۲- موقعیت زمین‌شناسی ایران در کمربند آلپ - هیمالیا .....                 | ۱۰ |
| ۲-۳- جایگاه البرز در تقسیم بندی های ساختاری - رسوبی زمین‌شناسی ایران ..... | ۱۲ |
| ۲-۳-۱- تقسیم بندی اشتوکلین (۱۹۶۸) .....                                    | ۱۲ |
| ۲-۳-۲- تقسیم بندی افتخارنژاد .....                                         | ۱۳ |
| ۲-۴- شرح واحدهای سنگی منطقه مورد مطالعه .....                              | ۱۴ |
| ۲-۴-۱- پالئوزوئیک .....                                                    | ۱۴ |
| ۲-۴-۲- مزوزوئیک .....                                                      | ۱۷ |
| ۲-۴-۳- سنوزوئیک .....                                                      | ۲۲ |
| فصل سوم زمین‌شناسی ساختاری .....                                           | ۲۷ |
| ۳-۱- مقدمه .....                                                           | ۲۸ |
| ۳-۲- پارامترهای ضروری در تحلیل ساختارهای منطقه .....                       | ۲۹ |
| ۳-۲-۱- پارامترهای ضروری برای تحلیل چین‌ها .....                            | ۲۹ |
| ۳-۲-۲- پارامترهای لازم جهت تحلیل هندسی و جنبشی گسل .....                   | ۳۰ |
| ۳-۲-۳- پارامترهای ضروری برای تحلیل درزه‌ها .....                           | ۳۱ |
| ۳-۳- بررسی ساختارها در منطقه ابر و شاهکوه .....                            | ۳۱ |

|    |                                                     |
|----|-----------------------------------------------------|
| ۳۱ | ۳-۳-۱- چین خوردگی‌های منطقه مورد مطالعه             |
| ۴۴ | ۳-۳-۲- گسل                                          |
| ۴۵ | ۳-۴- گسل‌های اصلی منطقه مورد مطالعه                 |
| ۴۵ | ۳-۴-۱- گسل معکوس شاهکوه                             |
| ۴۷ | ۳-۴-۲- گسل معکوس ابر                                |
| ۵۰ | ۳-۴-۳- گسل قطار زرشک                                |
| ۵۱ | ۳-۴-۴- گسل $F_1$                                    |
| ۵۲ | ۳-۴-۵- گسل $F_2$                                    |
| ۵۳ | ۳-۴-۶- گسل $F_3$                                    |
| ۵۴ | ۳-۵- سطوح گسلی بین گسل‌های ابر و شاهکوه             |
| ۵۵ | ۳-۵-۱- گسل $F_4$                                    |
| ۵۶ | ۳-۵-۲- گسل $F_5$                                    |
| ۵۷ | ۳-۵-۳- گسل $F_6$                                    |
| ۵۹ | فصل چهارم بررسی میدان تنش در منطقه مورد مطالعه      |
| ۶۰ | ۴-۱- مقدمه                                          |
| ۶۱ | ۴-۲- ویژگی‌های میدان تنش                            |
| ۶۱ | ۴-۲-۱- تعیین راستای تنش اصلی وارد بر منطقه مطالعاتی |
| ۷۵ | فصل پنجم نو زمین‌ساخت                               |
| ۷۶ | ۵-۱- مقدمه                                          |
| ۷۶ | ۵-۲- شاخص‌های ریخت زمین‌ساختی                       |
| ۷۷ | ۵-۲-۱- ویژگی‌های ریخت‌سنجی کوه‌ها                   |
| ۸۳ | ۵-۲-۲- شاخص‌های کانال رودخانه                       |
| ۹۰ | ۵-۳- فعالیت نسبی زمین‌ساختی                         |
| ۹۳ | فصل ششم نتیجه‌گیری و پیشنهادات                      |
| ۹۴ | ۶-۱- الگوی گسلش                                     |
| ۹۵ | ۶-۲- الگوی چین‌خوردگی                               |

۹۶-۳- میدان تنش حاکم بر منطقه..... ۹۷

۹۸-۴- الگوی نو زمین ساخت و لرزه‌ای..... ۹۸

## فهرست اشکال

- شکل ۱-۱- تصویر ماهواره‌های لندست از گسل‌های موجود در منطقه مورد مطالعه ..... ۳
- شکل ۱-۲- نقشه راه‌های دسترسی به منطقه مورد مطالعه ..... ۴
- شکل ۱-۳- برش‌های عرضی ترسیمی از چارچوب اصلی ساختاری سیستم البرز ..... ۶
- شکل ۱-۴- برش عرضی رسم شده در راستای حوضه خزر جنوبی - ایران مرکزی ..... ۷
- شکل ۲-۳- پهنه‌های ساختاری - رسوبی ایران در تقسیم‌بندی افتخارنژاد ..... ۱۴
- شکل ۲-۴- تناوب شیل و ماسه‌سنگ‌های سازند ابرسج، شمال نکارمن ..... ۱۵
- شکل ۲-۵- سازند خوش ییلاق در دره تنگه، نکارمن ..... ۱۶
- شکل ۲-۵- نمایشی از سازند دورود در ناحیه تاش علیا ..... ۱۶
- شکل ۲-۶- نمایشی از سازند الیکا در شمال روستای تاش ..... ۱۷
- شکل ۲-۷- نمایشی از سازند شمشک در جاده شاهکوه علیا ..... ۱۸
- شکل ۲-۸- نمایشی از سازند الیکا در روستای مجن ..... ۱۹
- شکل ۲-۹- نمایشی از واحدهای آهکی کرتاسه فوقانی ..... ۲۰
- شکل ۲-۱۰- ستون چینه‌شناسی سازندهای مربوط به دوران مزوزوئیک ..... ۲۱
- شکل ۲-۱۱- نمایشی از سازند فجن در جنوب روستای تاش ..... ۲۲
- شکل ۲-۱۲- نمایشی از سازند فجن در جنوب روستای تاش ..... ۲۳
- شکل ۳-۱- تقسیم بندی چین ها براساس زاویه میان یالی ..... ۳۰
- شکل ۳-۲- تقسیم بندی چین ها بر اساس شیب سطح محوری و زاویه میل لولا ..... ۳۰
- شکل ۳-۳- نمای طبیعی تاقدیس  $A_1$  واقع در واحدهای آهکی سازند دورود و با سن پرمین زیرین ..... ۳۲
- شکل ۳-۴- نگاشت موقعیت یال‌ها، محور و سطح محوری تاقدیس  $A_1$  در شبکه هم مساحت ..... ۳۲
- شکل ۳-۵- نمای طبیعی تاقدیس  $A_2$  واقع در واحدهای آهکی سازند دورود و با سن پرمین زیرین ..... ۳۳
- شکل ۳-۶- نگاشت موقعیت یال‌ها، محور و سطح محوری تاقدیس  $A_2$  در شبکه هم مساحت ..... ۳۴
- شکل ۳-۷- نمای طبیعی تاقدیس  $A_3$  واقع در واحدهای آهکی سازند دورود و با سن پرمین زیرین ..... ۳۵
- شکل ۳-۸- نگاشت موقعیت یال‌ها، محور و سطح محوری تاقدیس  $A_3$  در شبکه هم مساحت ..... ۳۵
- شکل ۳-۹- نمای طبیعی تاقدیس  $A_4$  واقع در واحدهای آهکی سازند دورود و با سن پرمین زیرین ..... ۳۶
- شکل ۳-۱۰- نگاشت موقعیت یال‌ها، محور و سطح محوری تاقدیس  $A_4$  در شبکه هم مساحت ..... ۳۷
- شکل ۳-۱۱- نمای طبیعی تاقدیس  $A_5$  واقع در واحدهای آهکی سازند دورود و با سن پرمین زیرین ..... ۳۸
- شکل ۳-۱۲- نگاشت موقعیت یال‌ها، محور و سطح محوری تاقدیس  $A_5$  در شبکه هم مساحت ..... ۳۸

- شکل ۳-۱۳- نمای طبیعی تاق‌دیس‌ها و ناودیس‌های  $A_6, A_7, A_8, A_9, A_{10}$  واقع در واحدهای آهکی سازند دورود ..... ۳۹
- شکل ۳-۱۴- نگاشت موقعیت یال‌ها، محور و سطح محوری تاق‌دیس  $A_6, A_7, A_8, A_9, A_{10}$  در شبکه هم‌مساحت ..... ۴۰
- شکل ۳-۱۵- نمای طبیعی تاق‌دیس  $A_{11}$  واقع در نهشته‌های نئوژن ..... ۴۱
- شکل ۳-۱۶- نگاشت موقعیت یال‌ها، محور و سطح محوری تاق‌دیس  $A_{11}$  در شبکه هم‌مساحت ..... ۴۲
- شکل ۳-۱۷- نمای طبیعی تاق‌دیس  $A_{12}$  واقع در واحدهای آهکی سازند کرج و با سن ائوسن ..... ۴۳
- شکل ۳-۱۹- انواع گسل‌ها بر اساس زاویه ریک لغزش ..... ۴۵
- شکل ۳-۲۰- بخشی از گسل رانده شاهکوه، که در آن سازند شمشک بر روی سازند دورود قرار گرفته است ..... ۴۶
- شکل ۳-۲۱- دیواره گسلی مربوط به گسل شاهکوه در جنوب روستای شاهکوه سفلی ..... ۴۶
- شکل ۳-۲۳- تصویر سه‌بعدی بخشی از ناحیه مورد مطالعه ..... ۴۸
- شکل ۳-۲۴- دیواره گسلی مربوط به گسل ابر در شمال روستای ابر ..... ۴۹
- شکل ۳-۲۵- نمودار سیکلوگرافیک بدست آمده از داده‌های برداشت شده از سطح گسل ابر ..... ۴۹
- شکل ۳-۲۶- نمای صحرایی از سطوح گسلی مربوط به گسل قطار زرشک ..... ۵۰
- شکل ۳-۲۷- تصویر سیکلوگرافیک سطوح برداشت شده و نمودار کنتور قطب صفحات گسلی برای گسل قطار زرشک ..... ۵۰
- شکل ۳-۲۸- نمای صحرایی از نمونه سطوح گسلی برداشت شده در راستای گسل  $F_1$  ..... ۵۱
- شکل ۳-۲۹- تصویر سیکلوگراف سطوح برداشت شده و نمودار کنتور تراکم قطب صفحات گسلی مربوط به گسل  $F_1$  ..... ۵۲
- شکل ۳-۳۰- نمایی از گسل  $F_2$  ..... ۵۳
- شکل ۳-۳۱- استریوگرام ترسیم شده از صفحات گسلی برداشت شده در امتداد گسل  $F_2$  ..... ۵۳
- شکل ۳-۳۲- نمایی از گسل  $F_3$  ..... ۵۴
- شکل ۳-۳۳- استریوگرام ترسیم شده از صفحات گسلی برداشت شده در امتداد گسل  $F_3$  ..... ۵۴
- شکل ۳-۳۴- نمایی از گسل  $F_4$  ..... ۵۵
- شکل ۳-۳۵- استریوگرام ترسیم شده از صفحات گسلی برداشت شده در امتداد گسل  $F_4$  ..... ۵۵
- شکل ۳-۳۶- نمایی از گسل  $F_5$  ..... ۵۶
- شکل ۳-۳۷- استریوگرام ترسیم شده از صفحات گسلی برداشت شده در امتداد گسل  $F_5$  ..... ۵۶
- شکل ۳-۳۸- نمایی از گسل  $F_6$  ..... ۵۷
- شکل ۳-۳۹- استریوگرام ترسیم شده از صفحات گسلی برداشت شده در امتداد گسل  $F_6$  ..... ۵۷
- شکل ۳-۴۰- نقشه ساختاری منطقه مورد مطالعه ..... ۵۸
- شکل ۴-۱- موقعیت محورهای اصلی تنش نسبت به عناصر اصلی چین ..... ۶۲
- شکل ۴-۲- موقعیت سطوح محوری در چین‌های برداشت شده در سازندهای دورود و کرج در دوره پرمین و ائوسن ..... ۶۳

- شکل ۴-۳- استریوگرام ترسیم شده و کنتور دیاگرام‌های تفکیک شده به ترتیب برای محورهای  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$ ,  $\sigma_3$  در چین‌های مربوط به منطقه مورد مطالعه ..... ۶۷
- شکل ۴-۴- نسل‌های مختلف به دست آمده از محورهای اصلی تنش در چین‌های برداشت شده در منطقه مورد مطالعه ..... ۶۷
- شکل ۴-۶- حدهای نهایی تغییرات محور بیشینه فشارش در ایستگاه‌های مورد بررسی ..... ۷۴
- شکل ۵-۱- عکس هوایی از موقعیت گسل‌های ابر و شاهکوه ..... ۷۷
- شکل ۵-۲- عوامل مؤثر در تعیین سینوسیته پیشانی کوهستان ..... ۷۸
- شکل ۵-۳- وضعیت تضاريس جبهه کوهستان در دو محیط تکتونیکی متفاوت ..... ۷۸
- شکل ۵-۴- محل بررسی سینوسیته پیشانی کوهستان در امتداد گسل ..... ۷۹
- شکل ۵-۵- پیشانی کوهستان تقریباً خطی در نزدیک روستای تاش علیا و روستای مچن ..... ۸۰
- شکل ۵-۶- پارامترهای مؤثر در تعیین شاخص نسبت  $V_f$  ..... ۸۱
- شکل ۵-۷- محاسبه شاخص  $V_f$  در منطقه مطالعاتی با استفاده از نرم افزار Global mapper ..... ۸۳
- شکل ۵-۸- میزان سینوسیته کانال رودخانه در مقطع شاهکوه ..... ۸۵
- شکل ۵-۹- تصویر ماهواره‌ای موقعیت مناطق انتخابی جهت تعیین شاخص سینوسیته کانال رودخانه هورو در منطقه مطالعاتی .... ۸۶
- شکل ۵-۱۲- بلوک دیاگرام شماتیک حوضه زهکش متأثر از حرکات فرایشی ..... ۸۷
- شکل ۵-۱۳- ارزیابی شاخص عدم تقارن آبراهه برای منطقه ابر ..... ۸۸
- شکل ۶-۱- نقشه ۱:۲۵۰۰۰ ژئومغناطیس هوایی گرگان ..... ۹۵
- شکل ۶-۲- رز دیاگرام امتدادی سطوح محوری ..... ۹۶
- شکل ۶-۳- موقعیت مربوط به سطح محوری چین‌های برداشت شده از منطقه ابر و شاهکوه ..... ۹۶
- شکل ۶-۴- رده‌بندی چین‌ها بر اساس شیب سطح محوری و میل لولای چین ..... ۹۷
- شکل ۶-۵- راستای محور چین با جهت تنش بیشینه که تقریباً بر هم عمود می‌باشند. .... ۹۷

## فهرست جداول

|           |                                                                                                                    |    |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| جدول ۱-۳  | خصوصیات هندسی چین $A_1$                                                                                            | ۳۲ |
| جدول ۲-۳  | جایگاه چین $A_1$ در تقسیم‌بندی‌های به کار رفته                                                                     | ۳۲ |
| جدول ۳-۳  | خصوصیات هندسی چین $A_2$                                                                                            | ۳۴ |
| جدول ۴-۳  | جایگاه چین $A_2$ در تقسیم‌بندی‌های به کار رفته                                                                     | ۳۴ |
| جدول ۵-۳  | خصوصیات هندسی چین $A_3$                                                                                            | ۳۵ |
| جدول ۶-۳  | جایگاه چین $A_3$ در تقسیم‌بندی‌های به کار رفته                                                                     | ۳۶ |
| جدول ۷-۳  | خصوصیات هندسی چین $A_4$                                                                                            | ۳۷ |
| جدول ۸-۳  | جایگاه چین $A_4$ در تقسیم‌بندی‌های به کار رفته                                                                     | ۳۷ |
| جدول ۹-۳  | خصوصیات هندسی چین $A_5$                                                                                            | ۳۸ |
| جدول ۱۰-۳ | جایگاه چین $A_5$ در تقسیم‌بندی‌های به کار رفته                                                                     | ۳۹ |
| جدول ۱۱-۳ | خصوصیات هندسی چین $A_6$                                                                                            | ۴۰ |
| جدول ۱۲-۳ | جایگاه چین $A_6, A_7, A_8, A_9, A_{10}$ در تقسیم‌بندی‌های به کار رفته                                              | ۴۱ |
| جدول ۱۳-۳ | خصوصیات هندسی چین $A_{11}$                                                                                         | ۴۲ |
| جدول ۱۴-۳ | جایگاه چین $A_{11}$ در تقسیم‌بندی‌های به کار رفته                                                                  | ۴۲ |
| جدول ۱۵-۳ | خصوصیات هندسی چین $A_{12}$                                                                                         | ۴۳ |
| جدول ۱۶-۳ | جایگاه چین $A_{12}$ در تقسیم‌بندی‌های به کار رفته                                                                  | ۴۳ |
| جدول ۱-۴  | موقعیت محورهای اصلی تنش و سطح محوری به همراه استریوگرام مربوط به آنها برای چین‌های برداشت شده در منطقه مورد مطالعه | ۶۴ |
| جدول ۲-۴  | خلاصه‌ای از موقعیت نسل‌های مختلف تنش بدست آمده از چین‌های مربوط به منطقه مورد مطالعه                               | ۶۸ |
| جدول ۳-۴  | مشخصات صفحات گسلی برداشت شده به منظور تعیین جهت محورهای فشارش و کشش در منطقه                                       | ۷۱ |
| جدول ۴-۴  | تفکیک گسل‌های سازگار و محاسبه موقعیت محورهای اصلی تنش در منطقه مورد مطالعه                                         | ۷۳ |
| جدول ۵-۴  | موقعیت محورهای اصلی تنش بدست آمده به روش آنجلیه و مکلر (P & T dihedral)                                            | ۷۴ |
| جدول ۱-۵  | محاسبه سینوسیته پیشانی کوهستان در نواحی انتخابی در منطقه مطالعاتی                                                  | ۷۹ |
| جدول ۲-۵  | محاسبه شاخص $V_f$ در منطقه مطالعاتی                                                                                | ۸۲ |
| جدول ۳-۵  | محاسبه سینوسیته کانال رود در منطقه مطالعاتی                                                                        | ۸۶ |
| جدول ۴-۵  | محاسبه شاخص $A_f$ حوضه‌های منطقه مطالعاتی                                                                          | ۸۸ |
| جدول ۵-۵  | محاسبه نسبت BS حوضه‌ها در منطقه مطالعاتی                                                                           | ۹۰ |



# فصل اول

## مقدمه

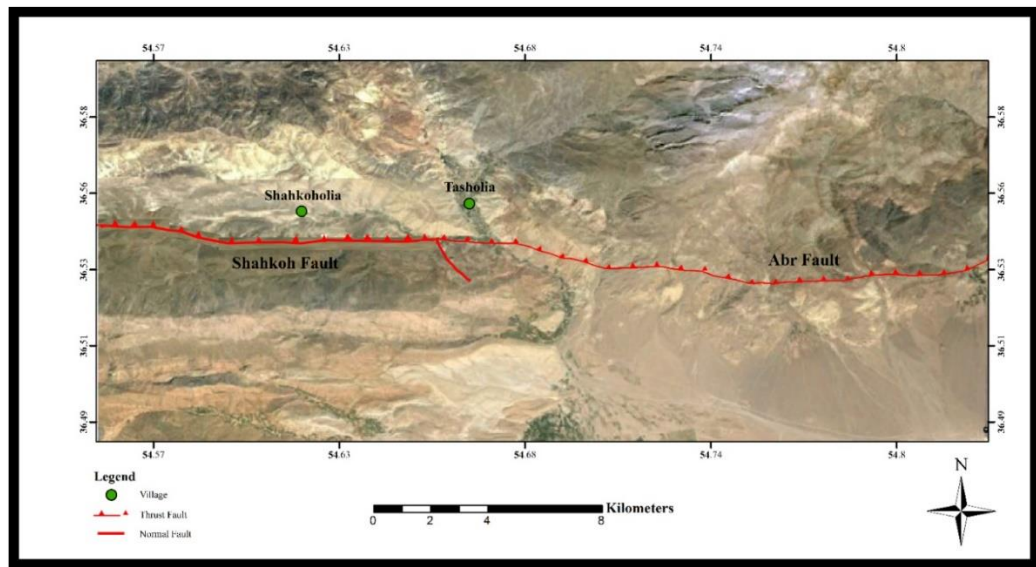
---

## ۱-۱- مقدمه

منطقه ابر و شاهکوه بخشی از سیستم کوهستانی مهم و گسترده البرز به شمار می آید که در بخش خاوری آن واقع است. طی سالیان متمادی، رشته کوه البرز توسط محققان گوناگون داخلی و دیگر نقاط جهان در گرایش های مختلف علوم زمین در جهت روشن ساختن چگونگی تشکیل و تکوین آن مورد پژوهش قرار گرفته است که در ادامه به برخی از آن ها نیز اشاره می شود. این پژوهش نیز بررسی جزئی و دقیق بخش کوچکی از این گستره کوهستانی شاخص ایران و کمربند آلپ - هیمالیا در دو حوزه مطالعات میدانی صحرایی و نظری بوده که میتواند اطلاعات در خوری را در اختیار محققان این بخش از ایران قرار دهد.

## ۱-۲- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در پهنه ساختاری البرزخاوری و حدفاصل شهرستان شاهرود ( از توابع استان سمنان) و گرگان ( از توابع استان گلستان) بین عرض های جغرافیایی  $36^{\circ} 30'$  و  $36^{\circ} 37'$  شمالی و طول های جغرافیایی  $54^{\circ}$  و  $55^{\circ} 30'$  خاوری و در بخش خاوری - مرکزی چهار گوش نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ گرگان واقع شده است که از نظر تقسیم بندی کشوری در ۳۵ کیلومتری شمال باختری شاهرود و در ۶۵ کیلومتری جنوب گرگان قرار گرفته است. زون گسلی ابر و شاهکوه با طول تقریبی ۴۸ کیلومتر و پهنای ۳,۵ کیلومتر در مجاورت سه روستای مجن و تاش و شاهکوه علیا قرار دارد (شکل ۱-۱). این منطقه در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ علی آباد (ظهرباب، ۱۳۸۵) به خوبی دیده می شود.



شکل ۱-۱- تصویر ماهواره‌ای لندست از گسل‌های موجود در منطقه مورد مطالعه (برگرفته از google earth)

### ۱-۳- راه‌های دسترسی به منطقه

از مهم‌ترین راه‌های ارتباطی برای دستیابی به منطقه مورد مطالعه (شکل ۱-۲) می‌توان به موارد زیر

اشاره کرد:

۱) جاده شاهرود - گرگان (توسکستان) / روستای تاش علیا / روستای شاهکوه علیا

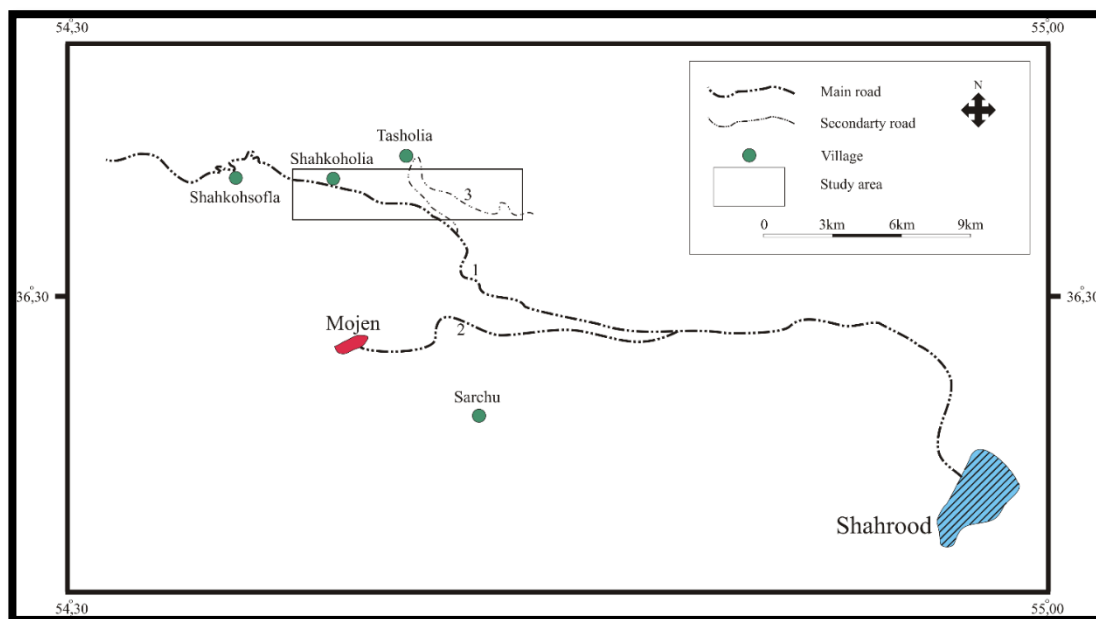
این مسیر راه اصلی دسترسی به منطقه است که پس از طی حدود ۳۰ کیلومتر در جاده وارد سه راهی روستای تاش و مجن و شاهکوه علیا می‌شویم که منطقه مورد مطالعه قسمت گسل ابر در ۳ کیلومتری روستای تاش قرار دارد و سپس مابقی مسیر در ۱۰ کیلومتری روستای شاهکوه علیا گسل شاهکوه قرار دارد و بعد یک راه خاکی از روستای شاهکوه علیا به گسل شاهکوه وجود دارد که امکان مطالعه را فراهم می‌کند.

۲) جاده شاهرود - مجن

راه دیگر رسیدن به مرز گسلی ابر و شاهکوه جاده آسفالت به داخل مجن است که بعد از طی ۱۰ کیلومتر به راه خاکی منتهی به منطقه قطار زرشک که محل برخورد گسل ابر با گسل شاهکوه است می‌رسیم.

۳) جاده خاکی منتهی به معدن بوکسیت تاش

این مسیر خاکی برای دسترسی به گسل ابر در جاده مجن - تاش قرار دارد که بعد از طی حدود ۸ کیلومتر از مجن به طرف تاش در سمت راست جاده می باشد.



شکل ۱-۲- نقشه راه‌های دسترسی به منطقه مورد مطالعه (شماره‌های داخل نقشه مسیرهای ذکر شده در متن را نشان می‌دهند)

#### ۱-۴- شرایط اقلیمی منطقه

آب و هوای این منطقه نیز همانند دیگر مناطق کشور متأثر از توپوگرافی می‌باشد. به طور کلی آب و هوای منطقه مورد مطالعه از نوع معتدل کوهستانی سرد و متغیر و وزش بادهای در جهت شمال‌باختری پرباران از جمله ویژگی‌های آب و هوایی منطقه است. طی گزارشات هواشناسی شهرستان گرگان در سال ۱۳۹۵، منطقه مورد مطالعه دارای میانگین رطوبت ۶۴ درصد است. دمای هوا در گرم‌ترین روزهای سال به ۲۹ درجه سانتیگراد بالای صفر و در سردترین روزها به ۱۲ درجه ریز صفر می‌رسد یعنی میانگین دمای سالانه در منطقه حدود ۱۳٫۵ درجه سانتیگراد بالای صفر است. میانگین بارش سالانه در منطقه حدود ۳۵۰ میلی‌متر و میانگین بارش برف در حدود ۱۵ سانتی‌متر است که مقدار بارش‌ها در ارتفاعات بیشتر از دشت‌ها می‌باشد. این آمار حاکی از آب و هوای سرد تا معتدل کوهستانی منطقه می‌باشد. به سمت شمال و شهر گرگان، هوا معتدل‌تر گشته و بر میزان بارندگی و رطوبت افزوده می‌شود.

## ۱-۵- تعریف مسأله و تبیین موضوع

رشته کوه البرز در شمال ایران ناحیه‌ای با دگرریختی فعال می‌باشد و بر مبنای روند ساختاری به سه بخش البرز خاوری، البرز مرکزی و البرز باختری قابل تقسیم است. منطقه مورد مطالعه در زون ساختاری البرز خاوری واقع شده است. ساختارهای منطقه اعم از گسل‌ها و چین خوردگی‌ها دارای روند غالب خاوری - باختری هستند. زون گسلی ابر و شاهکوه که سبب منقطع شدن واحدهای سنگی منطقه و همبری گسله شده است از ساختارهای مهم منطقه می‌باشد.

ساختارها و چین‌نگاری کلی منطقه مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است اما تاکنون به طور جزئی و سیستماتیک اختصاصات زون گسلی ابر و شاهکوه کار نشده است. در این پژوهش به بررسی هندسی چین‌ها و گسل‌های منطقه، مورد بررسی و مطالعه قرار گرفته است. با انجام این مطالعات هندسه و سازوکار زون گسلی ابر و شاهکوه مشخص می‌گردد.

## ۱-۶- اهداف پژوهش

عمده‌ترین اهداف این پروژه عبارت‌اند از:

(۱) ویژگی‌های هندسی و سازوکار دو گسل راندگی ابر و شاهکوه و دیگر گسل‌های مرتبط

(۲) دلیل تغییر شیب دو گسل در راستای خاوری - باختری

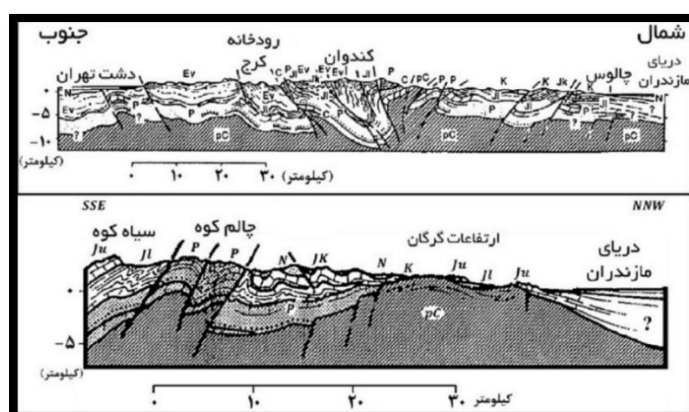
## ۱-۷- تاریخچه مطالعات قبلی در منطقه

تاکنون بررسی‌های دقیق ساختاری بر روی زون گسلی ابر و شاهکوه انجام نشده است. تنها کارهای صورت گرفته در منطقه یا مربوط به مطالعات مورفوتکتونیک هستند، یا زمین شناسی و تکتونیک عمومی منطقه که مهم‌ترین آن‌ها عبارت‌اند از:

## الف) مطالعات صورت گرفته در مورد البرز

مطالعات گسترده پهنه وسیع البرز طی چندین دهه توسط زمین شناسان شاخه‌های مختلف که همه این تلاش‌ها به منظور درک ساختار کلی و ارائه مدلی ساختاری از این مجموعه کوهزایی است، دلیلی بر اهمیت و پیچیدگی زیاد کمربند رانده - چین خورده البرز می‌باشد.

اولین مطالعات بنیادی و ارائه مدل ساختاری از البرز را می‌توان به اشتوکلین<sup>۱</sup> در سال ۱۹۶۸ و پس از او بردین<sup>۲</sup> در سال ۱۹۷۰ نسبت داد. این چهارچوب که از آن پس به عنوان الگویی کلی برای البرز در نظر گرفته شده است، البرز را به شکل ناودیسی با راستای خاوری - باختری نشان می‌دهد که بخش مرکزی آن به اعماق بسیار زیادی فرونشسته و در یال‌هایش سنگ‌ها توسط روراندگی‌هایی جابه‌جا شده‌اند (شکل ۱-۳) [31 و 61]. روراندگی‌ها در یال شمالی به سمت جنوب شیب دارند و حرکت فرادیواره رو به شمال می‌باشد. در حالی که روراندگی‌های یال جنوبی به سمت شمال شیب دارند و حرکت فرادیواره به سمت جنوب است. وی همچنین این مطلب را بیان می‌کند که حاشیه جنوبی البرز شباهت زیادی به ایران مرکزی دارد در حالی که حاشیه شمالی آن شرایط متفاوتی را دارد. به علاوه اشتوکلین در خصوص زمین ناودیس<sup>۳</sup> بودن البرز و بیان آن در نقشه زمین ساختی اروپا و کمربند آلپی احتمال آن را به دلیل حرکات زمین ساختی کم البرز، ضعیف می‌داند.



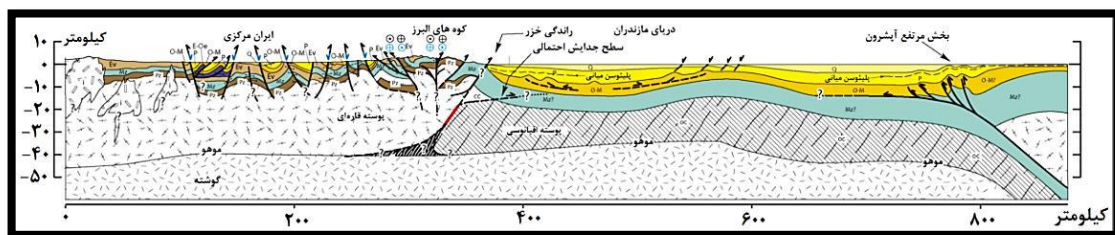
شکل ۱-۳- برش‌های عرضی ترسیمی از چهارچوب اصلی ساختاری سیستم البرز [61]

۱- Stöcklin

۲- Breddin

۳- Geosynclinal

گست<sup>۱</sup> و همکاران در سال های ۲۰۰۶ و ۲۰۰۷ با انجام مطالعاتی گسترده در البرز، برخورد صفحه عربی و حاشیه فعال ایران - ترکیه را به میوسن میانی نسبت دادند. آن ها ریشه کوه های البرز را ۳-۵ کیلومتر، فرونشست حوضه خزر جنوبی و بخش مرکزی ایران از میوسن پایانی تا حال حاضر را به ترتیب حدود ۱۰ و ۳-۶ کیلومتر پیش بینی می کنند. به علاوه البرز را یک چین خوردگی پوسته ای ساده در شمال صفحه ایران به شمار می آورند و وضعیت آن را مشابه مراحل ابتدایی برخورد قاره - اقیانوس (حوضه خزر جنوبی) می دانند [45]. آن ها همچنین با رسم برشی عرضی در راستای حوضه خزر جنوبی - ایران مرکزی مدل تاق گون همراه با تغییر شکل پوسته نازک برای البرز را رد کردند و با نظر آلن و همکاران (۲۰۰۳) هم عقیده هستند (شکل ۱-۴). البته گست و همکاران معتقدند که زمین ساخت نازک پوسته را تنها به منطقه محدودی از البرز می توان بسط داد و برای تمامی البرز صدق نمی کند [46].



شکل ۱-۴- برش عرضی رسم شده در راستای حوضه خزر جنوبی - ایران مرکزی [46]

### ب) مطالعات صورت گرفته در مورد منطقه مورد مطالعه

زیادی (۱۳۹۳) به بررسی مورفومتری و ارزیابی فعالیت نو زمین ساختی در منطقه شاهوار در شمال باختری شاهرود پرداخته است.

نورافکن (۱۳۹۱) به بررسی تحلیل ساختاری چین خوردگی و گسلش در شمال خاوری شاهرود پرداخته است.

نبوی (۱۳۹۱) به بررسی سازوکار جایگیری سفره های رانده، چین خورده منطقه چهارباغ - البرز خاوری پرداخته است.

<sup>۱</sup> - Guest

از دیگر کارهای قابل ذکر در زمینه مطالعات ارزیابی فرسایش پذیری حوضه آبریز شاهکوه می توان کرم اللهی (۱۳۹۲) اشاره کرد که با هدف بررسی ارزیابی فرسایش حوضه آبریز شاهکوه در سازندهای موجود در منطقه شاهکوه انجام شده است.

همانطور که قبلاً اشاره شد منابع مطالعاتی برای منطقه گسلی ابر - شاهکوه بسیار کم است ولی شاید بتوان گفت که قابل استفاده ترین منبع در شناسایی و بررسی منطقه، نقشه های زمین شناسی هستند به ویژه نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ گرگان تهیه شده توسط سازمان زمین شناسی کشور (صالحی راد، الف. ۱۳۶۹) و همچنین نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ علی آباد که توسط سازمان زمین شناسی اکتشافات معدنی کشور (ظهرا ب، الف. ۱۳۸۵) تهیه شده است.

#### ۱-۸- روش و مراحل اجرایی طرح

به منظور تحقق اهداف این پروژه روش ها و مراحل جهت مطالعه به شرح زیر اتخاذ گردید:

- مطالعه و جمع آوری اطلاعات کتابخانه ای مرتبط با موضوع پروژه مانند کتاب ها، مقالات، نقشه ها، گزارش ها و عکس های هوایی.
- بررسی نقشه های زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ و ۱:۱۰۰۰۰۰ منطقه مورد مطالعه و تطبیق ساختارهای شناسایی شده بر روی آن با عکس های هوایی و ماهواره ای، جهت به حداقل رساندن خطاهای احتمالی.
- انجام ۴۰ روز (ناپیوسته) عملیات صحرایی به منظور برداشت عناصر ساختاری چون صفحه گسل ها، خش لغزهای روی صفحه گسل ها، چین خوردگی ها و درزه ها.
- استفاده از نرم افزارهایی چون Wintensor, Stereowin, Faultkin, Georient, Stereonett
- رسم نقشه یا نقشه های زمین شناسی لازم.
- نگارش مطالب و نتایج حاصله از ادغام اطلاعات به دست آمده.

## فصل دوم

### زمین شناسی عمومی

---

شناخت زمین‌شناسی یک منطقه برای پی بردن به مکانیسم تشکیل ساختارهای آن، بسیار ضروری است. از آنجایی که منطقه مورد مطالعه در تقسیم‌بندی پهنه‌های رسوبی - ساختاری ایران در پهنه البرز قرار گرفته است لذا تاریخچه دگرشکلی آن وابسته به تحولات این پهنه می‌باشد. رشته‌کوه البرز در کمربند آلپ - هیمالیا و جنوب دریای مازندران قرار گرفته است که با الگوی کمانی طولی در حدود ۲۰۰۰ کیلومتر از کوه‌های قفقاز کوچک ارمنستان تا کوه‌های پاراپامیسوس افغانستان گسترده شده است. این سیستم کوهستانی چندین کوهزاد در طی تکامل پوسته ایران متحمل شده است و از زمان تریاس پسین (کوهزاد سیمین) تا الیگوسن (کوهزاد آلپی جوان) دچار کوتاه‌شدگی شده است [20]. با توجه به جهات مختلف تنش وارده به این نقطه واضح است که این رشته‌کوه‌ها در جای‌جای خود مشخصه‌های چینه‌شناختی و زمین‌ساختی<sup>۱</sup> متفاوتی دارد و بر همین اساس به البرزباختری، البرزمرکزی و البرزخاوری و کپه‌داغ تقسیم شده است. منطقه مورد مطالعه در البرزخاوری واقع شده است.

این فصل بر این نکته تأکید دارد تا خصوصیات زمین‌شناسی و تکوین ساختاری البرز ابراز گردد. در این فصل نخست به بررسی موقعیت زمین‌شناسی ایران در کمربند آلپ- هیمالیا پرداخته و سپس زون ساختاری البرز معرفی می‌شود و در آخر هم واحدهای سنگی منطقه مورد مطالعه بیان می‌گردند.

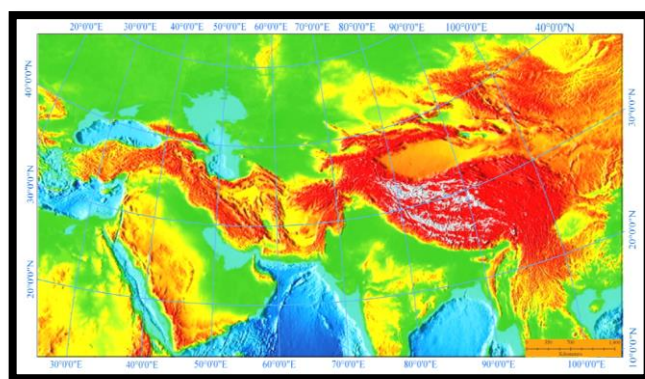
## ۲-۲- موقعیت زمین‌شناسی ایران در کمربند آلپ - هیمالیا

ایران در قسمت میانی رشته‌کوه‌های چین‌خورده- رانده آلپ-هیمالیا واقع شده است که یکی از پرتکاپوترین کمربندهای کوهزایی روی کره زمین از پالئوزوئیک تا عهد حاضر می‌باشد. این کمربند کوهزایی از باختر اروپا آغاز شده و پس از عبور از ترکیه، ایران، افغانستان تا تبت و یا شاید تا نزدیک برمه و اندونزی ادامه دارد (شکل ۱-۲) [۱]. از دیدگاه تکتونیک صفحه‌ای رشته‌کوه‌های آلپ- هیمالیا حاصل تقارب دو ابرقاره اوراسیا در شمال و گندوانا در جنوب و سرانجام بسته شدن اقیانوس تتیس

---

۱- Tectonic

می‌باشند [10]. به باور بربریان و کینگ (۱۹۸۱) حدود ۴۰۰ تا ۲۷۰ میلیون سال پیش یعنی همزمان با رخداد هرسینین، تقارب دو ابرقاره اوراسیا و گندوانا و به تبع آن بسته شدن پالئوتتیس آغاز می‌گردد. ادامه این همگرایی در تریاس میانی موجب می‌شود تا علاوه بر ادامه فرورانش و کاهش گستره حوضه آبی پالئوتتیس، صفحه ایران از صفحه زاگرس-عربستان جدا شده و به سمت شمال حرکت کند؛ ازجمله حوادث مهم دیگر این زمان می‌توان به ایجاد اشتقاق جدیدی در محل تقریبی راندگی اصلی زاگرس اشاره کرد که امروزه ما آن را به نام نئوتتیس می‌شناسیم. نهایتاً در تریاس پسین پالئوتتیس به پایان عمر خود رسیده و از این زمان به بعد با پیوستن صفحه ایران و توران به یکدیگر سرشت اوراسیایی صفحه ایران که تا پیش از این ماهیت گندوانایی داشته، آغاز می‌گردد و در محل برخورد، باعث ایجاد چین‌خوردگی‌ها، رو راندگی‌ها و گسل‌های عظیم گردیده است؛ که در بخش شمالی این برخورد یعنی در لبه جنوبی صفحه توران مجموعه این چین‌خوردگی‌ها و راندگی‌ها را به‌عنوان زون ساختاری یا کمربند چین‌خورده کپه‌داغ می‌شناسیم [۱]. البته این پایان تغییرات در ایران نبود، در زمان نئوژن تولد دریای سرخ دوره‌ای را در ایران آغاز کرد که در ۵ میلیون سال پیش سرانجام اقیانوس نئوتتیس را رقم زد و تا به امروز به فعالیت خود ادامه می‌دهد و ماحصل فعالیت آن را به‌صورت چین‌خوردگی‌ها، گسلش‌ها و زلزله‌های بزرگ و کوچک در ایران زمین مشاهده می‌کنیم [۱].



شکل ۱-۲- جایگاه زمین‌شناسی ایران در نوار چین‌خورده آلپ-همالیا [۱]

## ۳-۲- جایگاه البرز در تقسیم بندی های ساختاری - رسوبی زمین شناسی ایران

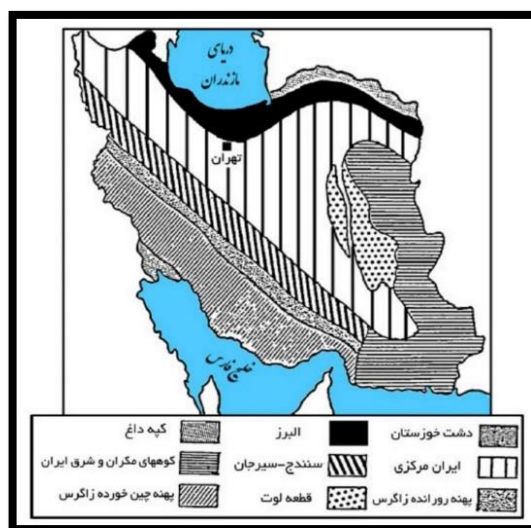
موقعیت ویژه ایران از لحاظ زمین ساختی و اعمال تنش های وارده با شدت های مختلف از سوی صفحات پیرامون سبب شده است تا در بخش های مختلف آن شاهد تنوع ساختاری و سنگ شناختی گسترده ای باشیم. از اینرو همواره پهنه ایران طی سالیان متمادی توسط محققان مورد تقسیم بندی ساختاری - رسوبی قرار گرفته است. حال در این تقسیم بندی های پهنه ساختاری - رسوبی ایران، البرز همواره در جایگاه های مختلفی از تقسیم بندی قرار گرفته است. ما در زیر به برخی از تقسیم بندی های رایج و علمی تر می پردازیم:

### ۳-۲-۱- تقسیم بندی اشتوکلین (۱۹۶۸)

اشتوکلین (۱۹۶۸) بر اساس امتداد ساختارها و ویژگی های رسوبی در بخش های مختلف ایران، کشور را به چند واحد ساختاری - رسوبی تقسیم نمود که زیربنایی برای تقسیم بندی های آتی گردید. به نظر وی هر یک از این واحدها در بردارنده وضعیت زمین ساختی، ساختاری و رسوبی متفاوتی می باشند. این واحدها عبارتند از (شکل ۲-۲: ۱) دشت خوزستان (که از نظر زمین ساختی بخش انتهایی سکوی<sup>۱</sup> عربستان می باشد. ۲) منطقه رورانه زاگرس. ۳) کمربند سنندج - سیرجان. ۴) کمربند چین خورده زاگرس. ۵) ایران مرکزی. ۶) البرز. ۷) کپه داغ. ۸) رشته کوه های مکران و خاور ایران. ۱۰) قطعه لوت.

---

۱- Platform



شکل ۲-۲- واحدهای ساختاری-رسوبی ایران در تقسیم‌بندی اشتوکلین (۱۹۶۸) [با تغییرات از ۴۷]

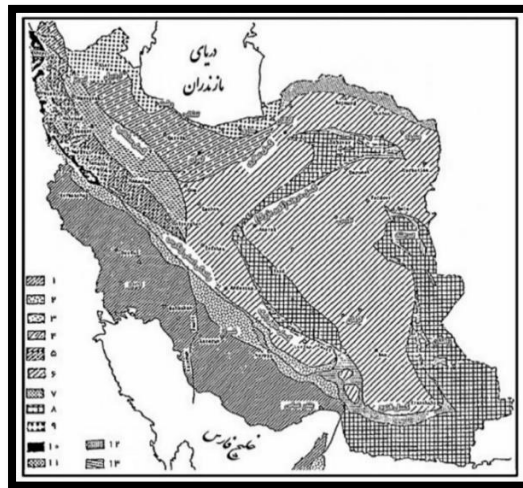
## ۲-۳-۲- تقسیم بندی افتخارنژاد

افتخارنژاد (۱۳۵۹) در مقاله‌ای تحت عنوان «تفکیک بخش‌های مختلف ایران از نظر وضع ساختمانی در ارتباط با حوضه‌های رسوبی» که در شماره ۸۲ نشریه انجمن نفت منتشر شده است، ایران را براساس نوع پوسته (قاره‌ای یا اقیانوسی)، رویدادهای کوهزایی و الگوهای ساختاری تقسیم‌بندی نمود که طی آن ایران به دو بخش زیر تقسیم شد (شکل ۲-۳) [۲]:

(۱) مناطق دارای پوسته قاره‌ای: شمال زاگرس (چین خورده و رورانده)، سلطانیه - میشو، البرزباختری و مرکزی، همدان - ارومیه، ایران مرکزی و شمال خاوری (البرزخاوری) و کپه‌داغ.

(۲) مناطق دارای پوسته اقیانوسی: شامل فلیش ایران مرکزی، دریای مازندران، آمیزه‌های رنگین و افیولیت‌های شمال‌باختر و جنوب‌خاور زاگرس، آمیزه‌های رنگین و کمر بند افیولیتی ایران مرکزی و آمیزه‌های رنگین اسفندقه - حاجی آباد.

طی این تقسیم‌بندی و نقشه ارائه شده آن، منطقه مورد مطالعه در محدوده ایران مرکزی و شمال‌خاور (البرزخاوری) قرار دارد. این پهنه دارای پوسته قاره‌ای و پی سنگ پرکامبرین می‌باشد که با نهشته‌های سکویی پالئوزوئیک پوشیده شده‌اند.



شکل ۳-۲- پهنه‌های ساختاری - رسوبی ایران در تقسیم‌بندی افتخارنژاد (۱۳۵۹).

## ۴-۲- شرح واحدهای سنگی منطقه مورد مطالعه

واحدهای سنگی که در منطقه برونزد دارند را می‌توان در چهار گروه پالئوزوئیک، مزوزوئیک و سنوزوئیک تقسیم‌بندی کرد.

### ۲-۴-۱- پالئوزوئیک

#### ۲-۴-۱-۱- سازند ابرسج (اردوویسین پسین)

این سازند، نخستین بار در نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ گرگان توسط شهرابی و همکاران (۱۳۶۹) معرفی گردیده است. این واحد سنگی در شمال روستای نکارمن و ابرسج و خاور ارتفاعات سیاه مرزکوه رخنمون دارد. در البرزخاوری در مرز زیرین آن، سازند آبستو (مجموعه‌ای از دولومیت، آهک و شیل) به سن اردوویسین زیرین به صورت هم‌شیب قرار دارد، اما در منطقه نکارمن به دلیل عملکرد گسل ابر و گسلیده بودن یال جنوبی تاقدیس نکارمن، در قسمت زیرین سازند ابرسج نهشته‌های مربوط به دونین (سازند پادها) قرار گرفته است.

طبق مطالعات و اندازه‌گیری‌های صحرایی، این سازند در منطقه نکارمن حدود ۱۱۳۰ ضخامت متر دارد و لیتولوژی آن شامل ماسه‌سنگ، سیلتستون میکاسه و شیل‌های زیتونی و سبز می‌باشد (شکل ۴-۲).



شکل ۲-۴ - تناوب شیل و ماسه‌سنگ‌های سازند ابرسج، شمال نکارمن (جهت دید عکس به سمت باختر).

بر مبنای حضور اکریتارش، کیتینونوزوآ، اسکلوکودونت و کریپتواسپور فراوان سن سازند ابرسج به اردوویسین‌پسین (آشگیلین) نسبت داده شده و آن را معادل با سازند قلی در نظر می‌گیرند (قویدل سیوکی، ۲۰۰۹؛ قویدل سیوکی و حسین زاده مقدم، ۱۳۸۹).

#### ۲-۴-۱-۲- سازند خوش ییلاق (دونین میانی - بالایی)

سازند خوش ییلاق توالی ضخیم به سن دونین میانی - فوقانی است که عمدتاً از کربنات‌ها، آواری‌ها و مقادیر قابل توجهی از مخلوط رسوبات آواری - کربناته تشکیل شده است. سازند خوش ییلاق، سازند پادها را می‌پوشاند و مرز این دو سازند توسط کنگلومرای قرمز قاعده‌ای مشخص است و سازند مبارک سازند خوش ییلاق را با پیوستگی می‌پوشاند (بزرگ‌نیا، ۱۹۷۳؛ اهری‌پور و همکاران، ۲۰۱۰). بر اساس حضور برخی فسیل‌ها (براکیوپود، کنودونت‌ها و بقایای ماهی‌ها) در سازند خوش ییلاق، سن دونین میانی - فوقانی را به این سازند نسبت داده‌اند. برش الگوی آن توسط بزرگ‌نیا (۱۹۷۳) در گردنه خوش ییلاق (شمال شاهرود) مطالعه و معرفی شده است.

از لحاظ زمین‌ریخت‌شناسی این سازند به علت توان فرسایش‌پذیری بالا، ارتفاع متوسطی را تشکیل می‌دهد و به سبب چین‌خوردگی و به هم‌ریختگی، ضخامت متغیری را نشان می‌دهد که به طور نسبی ضخامت ۱۵۰۰ متر را برای این سازند در نظر می‌گیرند [۱].



شکل ۲-۵- سازند خوش بیلاق در دره تنگه، نکارمن (جهت دید عکس به سمت شمال باختری).

#### ۲-۴-۱-۳- سازند دورود (پرمین زیرین)

این سازند با سن پرمین زیرین، در منطقه مورد مطالعه شامل رخساره‌های آواری (کنگلوما، ماسه‌سنگ، سیلتستون و شیل) و سنگ‌های آهکی فوزولین‌دار است. رخنمون این سازند به طور پراکنده در بخش‌های شمالی و خاوری و باختری منطقه قابل مشاهده است. همبری تحتانی این به صورت، نهشته‌ها با سنگ‌های آهکی سازند مبارک و همبری فوقانی آن با رسوبات سازند روته، به صورت ناپیوستگی فرسایشی می‌باشد (مختاریور، ۱۳۷۶).

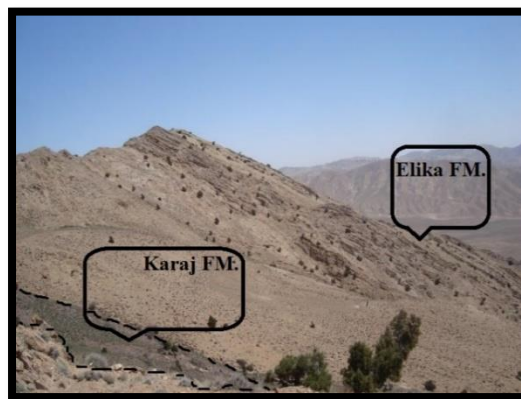


شکل ۲-۵- نمایی از سازند دورود در ناحیه تاش علیا (جهت دید عکس به سمت شمال باختری)

## ۲-۴-۲- مزوزوئیک

### ۲-۴-۲-۱- سازند الیکا (تریاس پسین)

این سازند اولین بار توسط گلوس (۱۳۶۵) به سن تریاس پیشین تا تریاس میانی معرفی شد. این سازند از ترف‌های آهک و دولومیت تشکیل شده است. آقناباتی این سازند را به سه بخش شامل پاره سازند پایینی، پاره سازند میانی و پاره سازند بالایی تقسیم نمود. لیتولوژی غالب پاره سازند پایینی شامل آهک‌های نازک لایه و مارن همراه با ساخت‌های کرم مانند همراه با فسیل کلارایا که به صورت غیررسمی، آهک‌های ورمیکوله نامیده می‌شود است. پاره سازند میانی شامل کربنات‌های دولومیتی، آهک ضخیم لایه روشن رنگ و کوه‌ساز که به دولومیت‌های الیکا معروف می‌باشد. پاره سازند بالایی شامل سنگ‌آهک سفیدرنگ ریزدانه و ضخیم لایه که به صورت غیررسمی بخش آهک ورسک نامیده می‌شود. این سازند در منطقه بعد از سازند شمشک بیشترین رخمون را دارا می‌باشد.



شکل ۲-۶- نمایی از سازند الیکا در شمال روستای تاش

### ۲-۴-۲-۲- سازند شمشک (تریاس بالایی-ژوراسیک زیرین)

این سازند اولین بار توسط اسرتو (۱۹۶۳) معرفی و سن آن تریاس میانی و ژوراسیک پیشین تعیین گردید [۱]. با توجه به ویژگی‌های چینه‌شناسی، این واحد سنگ‌چینه‌ای را در مرتبه گروه شمشک قرار داد. در منطقه از روستای تاش بیش از همه این سازند خودنمایی می‌کند. این سازند در محدوده مطالعات از گسترش نسبتاً وسیع برخوردار است و از ماسه‌سنگ متوسط تا ضخیم لایه به رنگ خاکستری تا قهوه‌ای سوخته، ماسه‌سنگ کنگلومرایی، شیل خاکستری تا سبز زیتونی، مارن، سیلتستون، سنگ‌های

آشفشانی با ترکیب بازیک تا میانه و افق‌هایی از زغال تشکیل شده است، سازند شمشک به‌طور میانگین ۱۸۰۰ متر ضخامت دارد. مرز زیرین آن در گوشه جنوب خاوری منطقه با ناپیوستگی بر روی سازند الیکا جای دارد مرز بالایی آن به نظر با ناپیوستگی هم‌شیب توسط سازند لار پوشیده می‌شود. در گستره منطقه، این سازند را می‌توان به سه زیر واحد زیر تفکیک و در نقشه نمایش داد:

**زیر واحد  $J_{s1}$ :** این بخش در نیمه جنوبی ورقه (شمال خاور روستای ابرسج و خاور روستای تاش) برونزد دارد، در آغاز از ۴۰ متر ماسه‌سنگ ضخیم لایه به رنگ قهوه‌ای سوخته تا خاکستری به همراه گرهک‌هایی با هسته لیمونیتی و شیل سیلتی پدید آمده است، بر روی آن به گونه پیوسته و تدریجی تناوبی از شیل خاکستری تا سبز زیتونی و ماسه‌سنگ متوسط تا ضخیم لایه خاکستری تا سبز کم‌رنگ جای دارند، بر روی سطح فرسایشی ماسه‌سنگ‌ها آثار گیاهی دیده می‌شود. در بررسی‌های پالینولوژی از یک نمونه گرفته‌شده از آن سن تریاس بالایی - ژوراسیک زیرین به‌دست‌آمده است [9].



شکل ۲-۷- نمایی از سازند شمشک در جاده شاهکوه علیا (جهت دید عکس به سمت جنوب)

**زیر واحد  $J_{s2}$ :** این بخش به‌طور عمده در دره تاش برونزد دارد و از تناوب شیل خاکستری تیره تا سیاه، گاهی سبز زیتونی و ماسه‌سنگ نازک تا متوسط لایه با سطح فرسایشی قهوه‌ای تا خاکستری‌رنگ پدید آمده است. این بخش به گونه پیوسته و هم‌شیب بر روی زیر واحد  $J_{s1}$  قرار دارد، از گسترش به نسبت وسیعی برخوردار است و در آن افق‌های زغال‌دار دیده می‌شود [9].

## ۲-۴-۳- سازند لار (ژوراسیک بالایی)

این سازند اولین بار توسط اسرتو (۱۹۶۳) معرفی و سن آن نئوکومین تعیین شده است. لیتولوژی کامل آن آهک نازک لایه تا توده‌ای حاوی ندول‌ها و نواری‌های نازک لایه از چرت می‌باشد. این سازند در بالای روستای مجن و ارتفاعات شاهکوه از گسترش زیادی برخوردار است. (محمودی نیا، ۱۳۸۹) و ضخامت آن ۴۵۰ متر برآورد می‌گردد، مرز زیرین سازند لار به نظر به گونه هم‌شیب بر روی سازند شمشک جای دارد و مرز بالایی آن با ناپیوستگی هم‌شیب و یا کمی زاویه‌دار به وسیله سنگ‌های کرتاسه بالایی پوشیده می‌شود. سازند لار از آهک، آهک و دولومیت و دولومیت ضخیم لایه تا توده‌ای پدید آمده و ارتفاعات ستیغ ساز شاهکوه را می‌سازد. این واحد ادامه سازند لار در ورقه گرگان است. پیش‌تر (م. زمانی پدram ۱۳۸۰) از آن میکروفسیل‌هایی به سن ژوراسیک بالایی - کرتاسه پایینی به دست آورده است.



شکل ۲-۸- نمایی از سازند الیکا در روستای مجن (جهت دید عکس به سمت شمال خاوری)

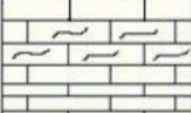
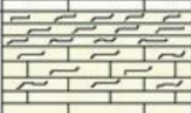
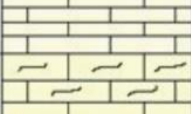
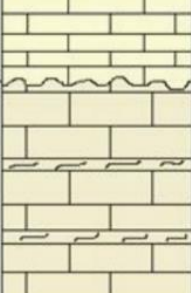
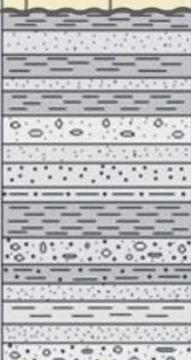
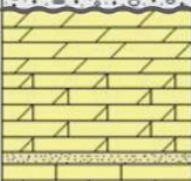
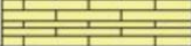
## ۲-۴-۴- کرتاسه بالایی

**واحد  $K_1$ :** این واحد در ارتفاعات شاهکوه واقع در جنوب منطقه رخنمون دارد و از نگاه ریخت‌شناختی برجستگی‌های بلند منطقه را می‌سازد. از سنگ‌آهک‌های رودیست‌دار ضخیم لایه تا توده‌ای به رنگ خاکستری روشن تا کرم پدید آمده است که در آن میان لایه‌های اندکی از مارن دیده می‌شود. مرز زیرین آن با ناپیوستگی هم‌شیب بر روی سازند لار جای می‌گیرد و در برخی مناطق (گوشه جنوب باختری منطقه مورد مطالعه) به‌طور جانبی در بخش‌های زیرین آن یک افق کنگلومرایی به همراه

گدازه‌های بازالتی ( $K^V$ ) برونزد دارند که ضخامت آن متغیر از (چند سانتی‌متر تا ۲۰ متر) و در پاره‌ای نقاط به صفر می‌رسد.



شکل ۲-۹- نمایی از واحدهای آهکی کرتاسه فوقانی

| Erathem  | System     | Seri   | Formation | Lithology                                                                           | Description                                                     |
|----------|------------|--------|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| Mesozoic | Cretaceous | Upper  |           |    | Thin to medium bedded crystalline limestone and marly limestone |
|          |            |        |           |    | Thin bedded white limestone and marly limestone                 |
|          |            |        |           |    | Thin to medium bedded milky to white marly limestone            |
|          | Jurassic   | Upper  | Lar       |   | Medium to thick bedded limestone                                |
|          |            | Lower  | Shemshak  |  | Sandstone, shale, siltstone, conglomerate, coaly shale and coal |
|          | Triassic   | Upper  |           |  | Medium to thick bedded dolomitic limestone and dolomite         |
|          |            | Middle | Elika     |  | Thin to medium bedded limestone                                 |
|          |            | Lower  |           |  | Thin to medium bedded limestone                                 |

شکل ۱۰-۲ - ستون چینہ‌شناسی سازندهای مربوط به دوران مزوزوئیک (بدون مقیاس)

## ۲-۴-۳- سنوزوئیک

### ۲-۴-۳-۱- سازند فجین (پالتوسن)

این سازند اولین بار توسط دلنباخ (۱۹۶۴) در شرق تهران معرفی و از نظر سنی معادل پالتوسن است. نهشته‌های این مقطع زمانی (سازند فجین) را می‌توان به دو واحد تفکیک نمود.

**واحد  $Pe^{m,c}$ :** پایانی‌ترین بخش جنوب باختری منطقه مورد مطالعه رخنمونی از مارن ماسه‌ای قرمز رنگ با میان لایه‌هایی از کنگلومرا و ماسه‌سنگ است که با ناپیوستگی زاویه‌دار بر روی سنگ‌های کرتاسه بالایی جای دارد و خود نیز به گونه پیوسته و هم‌شیب توسط واحد  $Pe^{c,s}$  پوشیده می‌شود. این واحد ۷۰ تا ۱۰۰ متر ضخامت دارد و با توجه به جایگاه چینه نگاشتی آن هم ارز بخش زیرین سازند فجین است.



شکل ۲-۱۱- نمایی از سازند فجین در جنوب روستای تاش (جهت دید عکس به سمت شمال)

### ۲-۴-۳-۲- سازند کرج (اٹوسن)

سازند توفی کرج اولین بار توسط دوال (۱۹۶۷) معرفی و سن آن اٹوسن میانی می‌باشد. باوجود تنوع سنگواره‌ای، تفسیر محیط رسوبی این سازند مشکل می‌باشد و این باور وجود دارد که سازند کرج به‌رغم سستبرای زیاد در یک دوره کوتاه مدت نهشته شده است. نحوه رخنمون این سازند در منطقه به صورت تپه‌ماهوری می‌باشد. این واحد را می‌توان به دو واحد زیر تفکیک نمود.

**واحد  $E^{m,t,c}$ :** این واحد در دامنه شمالی ارتفاعات شاهکوه رخنمون دارد و از لحاظ لیتولوژی شامل مارن، مارن ما سه‌ای قرمز رنگ، توف سبزرنگ به همراه میان لایه‌هایی از ما سه سنگ توفی ورقه‌ای تا متوسط لایه به رنگ خاکستری متمایل به سبز و لایه‌های کنگلومرای توفی متوسط تا ضخیم لایه است.

**واحد  $E^s$ :** این واحد به‌طور گسترده در باختر روستای تاش رخنمون دارد و به‌طور عمده از ماسه‌سنگ، ماسه‌سنگ توفی و آهکی متوسط تا ضخیم لایه با سطح فرسایشی به رنگ کرم متمایل به زرد پدید آمده است که در آن میان لایه‌هایی از شیل رخنمون دارد. مرز زیرین آن به‌طور هم‌شیب بر روی واحد  $E^{m,t,c}$  جای دارد و مرز زیرین آن به وسیله نهشته‌های کواترنری پوشیده می‌شود.



شکل ۲-۱۲- نمایی از سازند فجن در جنوب روستای تاش (جهت دید عکس به سمت شمال)

## ۲-۴-۳- نهشته‌های کواترنر

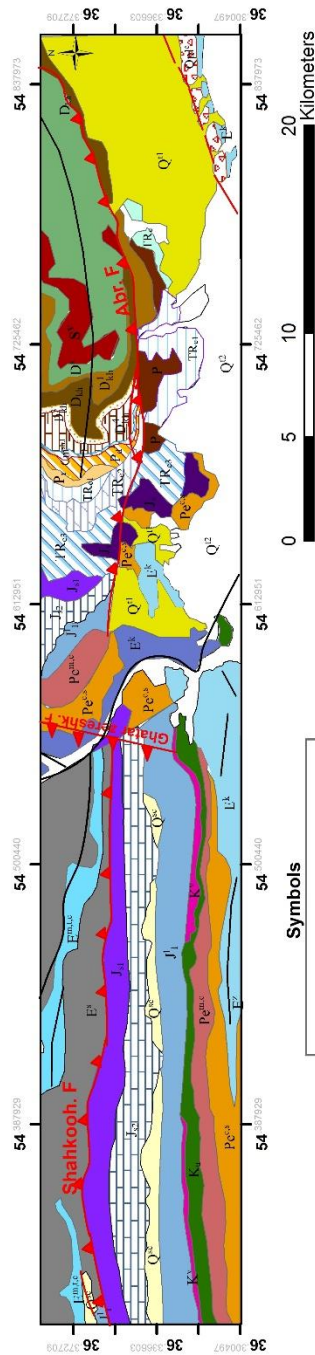
جوان‌ترین رسوبات موجود در منطقه مورد مطالعه، نهشته‌های کواترنری می‌باشند که به‌صورت رسوبات سخت نشده و یا با فشردگی اندک بوده و بخش وسیعی از ناحیه مورد بررسی را، بخصوص در بخش‌های میانی و جنوبی، می‌پوشانند.

در محدوده مورد مطالعه نهشته‌های آبرفتی و بادرفتی، در نقاط متعددی از محدوده دیده می‌شوند که واحدهای سنگی کهن‌تر را با ناپیوستگی پوشانیده‌اند.

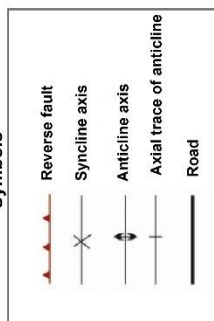
| Erathem  | System     | Seri   | Formation | Lithology | Description                    |
|----------|------------|--------|-----------|-----------|--------------------------------|
| Cenozoic | Quaternary | Qsc    |           |           | Sandstone                      |
|          |            | Qt2    |           |           | Conglomerate                   |
|          |            | Qt1    |           |           | Conglomerate                   |
|          | Paleogene  | Eocene | Karaj     |           | Shale, Tuff, Sandy Limeston    |
|          |            |        |           |           |                                |
|          |            |        |           |           |                                |
|          |            |        |           |           |                                |
|          |            |        |           |           |                                |
|          |            |        |           |           |                                |
|          |            |        |           |           |                                |
|          |            | Lower  |           |           | Conglomerate, Sandstone, Shale |
|          | Paleocene  |        | Fajan     |           |                                |
|          |            |        |           |           |                                |

شکل ۲-۱۳- ستون چین‌شناسی سازندهای مربوط به دوران سنوزوئیک (بدون مقیاس)

# Geology map of Shahkooh



Symbols



| PALEOZOIC |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                           |  |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| SIL.      | S                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Splitle, basalt, andesite and tuff (SOLTAN_MADAN E)                                       |  |
| DEVONIAN  | D <sup>4</sup> , D <sup>3</sup> , D <sup>2</sup> , D <sup>1</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Association of limestone, dolomite, limestone, marl, dolomite and tuff. (KHOSH_YEILAGH E) |  |
| CAR.      | Cm <sup>sh,1</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Black shale and yellow limestone. (MOBARAKE E)                                            |  |
| PERMIAN   | P <sup>1</sup> , P <sup>2</sup> , P <sup>3</sup> , P <sup>4</sup> , P <sup>5</sup> , P <sup>6</sup> , P <sup>7</sup> , P <sup>8</sup> , P <sup>9</sup> , P <sup>10</sup> , P <sup>11</sup> , P <sup>12</sup> , P <sup>13</sup> , P <sup>14</sup> , P <sup>15</sup> , P <sup>16</sup> , P <sup>17</sup> , P <sup>18</sup> , P <sup>19</sup> , P <sup>20</sup> , P <sup>21</sup> , P <sup>22</sup> , P <sup>23</sup> , P <sup>24</sup> , P <sup>25</sup> , P <sup>26</sup> , P <sup>27</sup> , P <sup>28</sup> , P <sup>29</sup> , P <sup>30</sup> , P <sup>31</sup> , P <sup>32</sup> , P <sup>33</sup> , P <sup>34</sup> , P <sup>35</sup> , P <sup>36</sup> , P <sup>37</sup> , P <sup>38</sup> , P <sup>39</sup> , P <sup>40</sup> , P <sup>41</sup> , P <sup>42</sup> , P <sup>43</sup> , P <sup>44</sup> , P <sup>45</sup> , P <sup>46</sup> , P <sup>47</sup> , P <sup>48</sup> , P <sup>49</sup> , P <sup>50</sup> , P <sup>51</sup> , P <sup>52</sup> , P <sup>53</sup> , P <sup>54</sup> , P <sup>55</sup> , P <sup>56</sup> , P <sup>57</sup> , P <sup>58</sup> , P <sup>59</sup> , P <sup>60</sup> , P <sup>61</sup> , P <sup>62</sup> , P <sup>63</sup> , P <sup>64</sup> , P <sup>65</sup> , P <sup>66</sup> , P <sup>67</sup> , P <sup>68</sup> , P <sup>69</sup> , P <sup>70</sup> , P <sup>71</sup> , P <sup>72</sup> , P <sup>73</sup> , P <sup>74</sup> , P <sup>75</sup> , P <sup>76</sup> , P <sup>77</sup> , P <sup>78</sup> , P <sup>79</sup> , P <sup>80</sup> , P <sup>81</sup> , P <sup>82</sup> , P <sup>83</sup> , P <sup>84</sup> , P <sup>85</sup> , P <sup>86</sup> , P <sup>87</sup> , P <sup>88</sup> , P <sup>89</sup> , P <sup>90</sup> , P <sup>91</sup> , P <sup>92</sup> , P <sup>93</sup> , P <sup>94</sup> , P <sup>95</sup> , P <sup>96</sup> , P <sup>97</sup> , P <sup>98</sup> , P <sup>99</sup> , P <sup>100</sup> |                                                                                           |  |

| MESOZOIC |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|
| TRIASSIC | TR <sub>e</sub> , TR <sub>2</sub> , TR <sub>3</sub> , TR <sub>4</sub> , TR <sub>5</sub> , TR <sub>6</sub> , TR <sub>7</sub> , TR <sub>8</sub> , TR <sub>9</sub> , TR <sub>10</sub> , TR <sub>11</sub> , TR <sub>12</sub> , TR <sub>13</sub> , TR <sub>14</sub> , TR <sub>15</sub> , TR <sub>16</sub> , TR <sub>17</sub> , TR <sub>18</sub> , TR <sub>19</sub> , TR <sub>20</sub> , TR <sub>21</sub> , TR <sub>22</sub> , TR <sub>23</sub> , TR <sub>24</sub> , TR <sub>25</sub> , TR <sub>26</sub> , TR <sub>27</sub> , TR <sub>28</sub> , TR <sub>29</sub> , TR <sub>30</sub> , TR <sub>31</sub> , TR <sub>32</sub> , TR <sub>33</sub> , TR <sub>34</sub> , TR <sub>35</sub> , TR <sub>36</sub> , TR <sub>37</sub> , TR <sub>38</sub> , TR <sub>39</sub> , TR <sub>40</sub> , TR <sub>41</sub> , TR <sub>42</sub> , TR <sub>43</sub> , TR <sub>44</sub> , TR <sub>45</sub> , TR <sub>46</sub> , TR <sub>47</sub> , TR <sub>48</sub> , TR <sub>49</sub> , TR <sub>50</sub> , TR <sub>51</sub> , TR <sub>52</sub> , TR <sub>53</sub> , TR <sub>54</sub> , TR <sub>55</sub> , TR <sub>56</sub> , TR <sub>57</sub> , TR <sub>58</sub> , TR <sub>59</sub> , TR <sub>60</sub> , TR <sub>61</sub> , TR <sub>62</sub> , TR <sub>63</sub> , TR <sub>64</sub> , TR <sub>65</sub> , TR <sub>66</sub> , TR <sub>67</sub> , TR <sub>68</sub> , TR <sub>69</sub> , TR <sub>70</sub> , TR <sub>71</sub> , TR <sub>72</sub> , TR <sub>73</sub> , TR <sub>74</sub> , TR <sub>75</sub> , TR <sub>76</sub> , TR <sub>77</sub> , TR <sub>78</sub> , TR <sub>79</sub> , TR <sub>80</sub> , TR <sub>81</sub> , TR <sub>82</sub> , TR <sub>83</sub> , TR <sub>84</sub> , TR <sub>85</sub> , TR <sub>86</sub> , TR <sub>87</sub> , TR <sub>88</sub> , TR <sub>89</sub> , TR <sub>90</sub> , TR <sub>91</sub> , TR <sub>92</sub> , TR <sub>93</sub> , TR <sub>94</sub> , TR <sub>95</sub> , TR <sub>96</sub> , TR <sub>97</sub> , TR <sub>98</sub> , TR <sub>99</sub> , TR <sub>100</sub> |  |  |
| JURASSIC | J <sub>1</sub> , J <sub>2</sub> , J <sub>3</sub> , J <sub>4</sub> , J <sub>5</sub> , J <sub>6</sub> , J <sub>7</sub> , J <sub>8</sub> , J <sub>9</sub> , J <sub>10</sub> , J <sub>11</sub> , J <sub>12</sub> , J <sub>13</sub> , J <sub>14</sub> , J <sub>15</sub> , J <sub>16</sub> , J <sub>17</sub> , J <sub>18</sub> , J <sub>19</sub> , J <sub>20</sub> , J <sub>21</sub> , J <sub>22</sub> , J <sub>23</sub> , J <sub>24</sub> , J <sub>25</sub> , J <sub>26</sub> , J <sub>27</sub> , J <sub>28</sub> , J <sub>29</sub> , J <sub>30</sub> , J <sub>31</sub> , J <sub>32</sub> , J <sub>33</sub> , J <sub>34</sub> , J <sub>35</sub> , J <sub>36</sub> , J <sub>37</sub> , J <sub>38</sub> , J <sub>39</sub> , J <sub>40</sub> , J <sub>41</sub> , J <sub>42</sub> , J <sub>43</sub> , J <sub>44</sub> , J <sub>45</sub> , J <sub>46</sub> , J <sub>47</sub> , J <sub>48</sub> , J <sub>49</sub> , J <sub>50</sub> , J <sub>51</sub> , J <sub>52</sub> , J <sub>53</sub> , J <sub>54</sub> , J <sub>55</sub> , J <sub>56</sub> , J <sub>57</sub> , J <sub>58</sub> , J <sub>59</sub> , J <sub>60</sub> , J <sub>61</sub> , J <sub>62</sub> , J <sub>63</sub> , J <sub>64</sub> , J <sub>65</sub> , J <sub>66</sub> , J <sub>67</sub> , J <sub>68</sub> , J <sub>69</sub> , J <sub>70</sub> , J <sub>71</sub> , J <sub>72</sub> , J <sub>73</sub> , J <sub>74</sub> , J <sub>75</sub> , J <sub>76</sub> , J <sub>77</sub> , J <sub>78</sub> , J <sub>79</sub> , J <sub>80</sub> , J <sub>81</sub> , J <sub>82</sub> , J <sub>83</sub> , J <sub>84</sub> , J <sub>85</sub> , J <sub>86</sub> , J <sub>87</sub> , J <sub>88</sub> , J <sub>89</sub> , J <sub>90</sub> , J <sub>91</sub> , J <sub>92</sub> , J <sub>93</sub> , J <sub>94</sub> , J <sub>95</sub> , J <sub>96</sub> , J <sub>97</sub> , J <sub>98</sub> , J <sub>99</sub> , J <sub>100</sub>                                                                                                     |  |  |
| CRE.     | K <sub>1</sub> , K <sub>2</sub> , K <sub>3</sub> , K <sub>4</sub> , K <sub>5</sub> , K <sub>6</sub> , K <sub>7</sub> , K <sub>8</sub> , K <sub>9</sub> , K <sub>10</sub> , K <sub>11</sub> , K <sub>12</sub> , K <sub>13</sub> , K <sub>14</sub> , K <sub>15</sub> , K <sub>16</sub> , K <sub>17</sub> , K <sub>18</sub> , K <sub>19</sub> , K <sub>20</sub> , K <sub>21</sub> , K <sub>22</sub> , K <sub>23</sub> , K <sub>24</sub> , K <sub>25</sub> , K <sub>26</sub> , K <sub>27</sub> , K <sub>28</sub> , K <sub>29</sub> , K <sub>30</sub> , K <sub>31</sub> , K <sub>32</sub> , K <sub>33</sub> , K <sub>34</sub> , K <sub>35</sub> , K <sub>36</sub> , K <sub>37</sub> , K <sub>38</sub> , K <sub>39</sub> , K <sub>40</sub> , K <sub>41</sub> , K <sub>42</sub> , K <sub>43</sub> , K <sub>44</sub> , K <sub>45</sub> , K <sub>46</sub> , K <sub>47</sub> , K <sub>48</sub> , K <sub>49</sub> , K <sub>50</sub> , K <sub>51</sub> , K <sub>52</sub> , K <sub>53</sub> , K <sub>54</sub> , K <sub>55</sub> , K <sub>56</sub> , K <sub>57</sub> , K <sub>58</sub> , K <sub>59</sub> , K <sub>60</sub> , K <sub>61</sub> , K <sub>62</sub> , K <sub>63</sub> , K <sub>64</sub> , K <sub>65</sub> , K <sub>66</sub> , K <sub>67</sub> , K <sub>68</sub> , K <sub>69</sub> , K <sub>70</sub> , K <sub>71</sub> , K <sub>72</sub> , K <sub>73</sub> , K <sub>74</sub> , K <sub>75</sub> , K <sub>76</sub> , K <sub>77</sub> , K <sub>78</sub> , K <sub>79</sub> , K <sub>80</sub> , K <sub>81</sub> , K <sub>82</sub> , K <sub>83</sub> , K <sub>84</sub> , K <sub>85</sub> , K <sub>86</sub> , K <sub>87</sub> , K <sub>88</sub> , K <sub>89</sub> , K <sub>90</sub> , K <sub>91</sub> , K <sub>92</sub> , K <sub>93</sub> , K <sub>94</sub> , K <sub>95</sub> , K <sub>96</sub> , K <sub>97</sub> , K <sub>98</sub> , K <sub>99</sub> , K <sub>100</sub>                                                                                                     |  |  |
| PAL.     | P <sub>1</sub> , P <sub>2</sub> , P <sub>3</sub> , P <sub>4</sub> , P <sub>5</sub> , P <sub>6</sub> , P <sub>7</sub> , P <sub>8</sub> , P <sub>9</sub> , P <sub>10</sub> , P <sub>11</sub> , P <sub>12</sub> , P <sub>13</sub> , P <sub>14</sub> , P <sub>15</sub> , P <sub>16</sub> , P <sub>17</sub> , P <sub>18</sub> , P <sub>19</sub> , P <sub>20</sub> , P <sub>21</sub> , P <sub>22</sub> , P <sub>23</sub> , P <sub>24</sub> , P <sub>25</sub> , P <sub>26</sub> , P <sub>27</sub> , P <sub>28</sub> , P <sub>29</sub> , P <sub>30</sub> , P <sub>31</sub> , P <sub>32</sub> , P <sub>33</sub> , P <sub>34</sub> , P <sub>35</sub> , P <sub>36</sub> , P <sub>37</sub> , P <sub>38</sub> , P <sub>39</sub> , P <sub>40</sub> , P <sub>41</sub> , P <sub>42</sub> , P <sub>43</sub> , P <sub>44</sub> , P <sub>45</sub> , P <sub>46</sub> , P <sub>47</sub> , P <sub>48</sub> , P <sub>49</sub> , P <sub>50</sub> , P <sub>51</sub> , P <sub>52</sub> , P <sub>53</sub> , P <sub>54</sub> , P <sub>55</sub> , P <sub>56</sub> , P <sub>57</sub> , P <sub>58</sub> , P <sub>59</sub> , P <sub>60</sub> , P <sub>61</sub> , P <sub>62</sub> , P <sub>63</sub> , P <sub>64</sub> , P <sub>65</sub> , P <sub>66</sub> , P <sub>67</sub> , P <sub>68</sub> , P <sub>69</sub> , P <sub>70</sub> , P <sub>71</sub> , P <sub>72</sub> , P <sub>73</sub> , P <sub>74</sub> , P <sub>75</sub> , P <sub>76</sub> , P <sub>77</sub> , P <sub>78</sub> , P <sub>79</sub> , P <sub>80</sub> , P <sub>81</sub> , P <sub>82</sub> , P <sub>83</sub> , P <sub>84</sub> , P <sub>85</sub> , P <sub>86</sub> , P <sub>87</sub> , P <sub>88</sub> , P <sub>89</sub> , P <sub>90</sub> , P <sub>91</sub> , P <sub>92</sub> , P <sub>93</sub> , P <sub>94</sub> , P <sub>95</sub> , P <sub>96</sub> , P <sub>97</sub> , P <sub>98</sub> , P <sub>99</sub> , P <sub>100</sub>                                                                                                     |  |  |
| EOC.     | E <sub>1</sub> , E <sub>2</sub> , E <sub>3</sub> , E <sub>4</sub> , E <sub>5</sub> , E <sub>6</sub> , E <sub>7</sub> , E <sub>8</sub> , E <sub>9</sub> , E <sub>10</sub> , E <sub>11</sub> , E <sub>12</sub> , E <sub>13</sub> , E <sub>14</sub> , E <sub>15</sub> , E <sub>16</sub> , E <sub>17</sub> , E <sub>18</sub> , E <sub>19</sub> , E <sub>20</sub> , E <sub>21</sub> , E <sub>22</sub> , E <sub>23</sub> , E <sub>24</sub> , E <sub>25</sub> , E <sub>26</sub> , E <sub>27</sub> , E <sub>28</sub> , E <sub>29</sub> , E <sub>30</sub> , E <sub>31</sub> , E <sub>32</sub> , E <sub>33</sub> , E <sub>34</sub> , E <sub>35</sub> , E <sub>36</sub> , E <sub>37</sub> , E <sub>38</sub> , E <sub>39</sub> , E <sub>40</sub> , E <sub>41</sub> , E <sub>42</sub> , E <sub>43</sub> , E <sub>44</sub> , E <sub>45</sub> , E <sub>46</sub> , E <sub>47</sub> , E <sub>48</sub> , E <sub>49</sub> , E <sub>50</sub> , E <sub>51</sub> , E <sub>52</sub> , E <sub>53</sub> , E <sub>54</sub> , E <sub>55</sub> , E <sub>56</sub> , E <sub>57</sub> , E <sub>58</sub> , E <sub>59</sub> , E <sub>60</sub> , E <sub>61</sub> , E <sub>62</sub> , E <sub>63</sub> , E <sub>64</sub> , E <sub>65</sub> , E <sub>66</sub> , E <sub>67</sub> , E <sub>68</sub> , E <sub>69</sub> , E <sub>70</sub> , E <sub>71</sub> , E <sub>72</sub> , E <sub>73</sub> , E <sub>74</sub> , E <sub>75</sub> , E <sub>76</sub> , E <sub>77</sub> , E <sub>78</sub> , E <sub>79</sub> , E <sub>80</sub> , E <sub>81</sub> , E <sub>82</sub> , E <sub>83</sub> , E <sub>84</sub> , E <sub>85</sub> , E <sub>86</sub> , E <sub>87</sub> , E <sub>88</sub> , E <sub>89</sub> , E <sub>90</sub> , E <sub>91</sub> , E <sub>92</sub> , E <sub>93</sub> , E <sub>94</sub> , E <sub>95</sub> , E <sub>96</sub> , E <sub>97</sub> , E <sub>98</sub> , E <sub>99</sub> , E <sub>100</sub>                                                                                                     |  |  |
| PLIO.    | Q <sub>1</sub> , Q <sub>2</sub> , Q <sub>3</sub> , Q <sub>4</sub> , Q <sub>5</sub> , Q <sub>6</sub> , Q <sub>7</sub> , Q <sub>8</sub> , Q <sub>9</sub> , Q <sub>10</sub> , Q <sub>11</sub> , Q <sub>12</sub> , Q <sub>13</sub> , Q <sub>14</sub> , Q <sub>15</sub> , Q <sub>16</sub> , Q <sub>17</sub> , Q <sub>18</sub> , Q <sub>19</sub> , Q <sub>20</sub> , Q <sub>21</sub> , Q <sub>22</sub> , Q <sub>23</sub> , Q <sub>24</sub> , Q <sub>25</sub> , Q <sub>26</sub> , Q <sub>27</sub> , Q <sub>28</sub> , Q <sub>29</sub> , Q <sub>30</sub> , Q <sub>31</sub> , Q <sub>32</sub> , Q <sub>33</sub> , Q <sub>34</sub> , Q <sub>35</sub> , Q <sub>36</sub> , Q <sub>37</sub> , Q <sub>38</sub> , Q <sub>39</sub> , Q <sub>40</sub> , Q <sub>41</sub> , Q <sub>42</sub> , Q <sub>43</sub> , Q <sub>44</sub> , Q <sub>45</sub> , Q <sub>46</sub> , Q <sub>47</sub> , Q <sub>48</sub> , Q <sub>49</sub> , Q <sub>50</sub> , Q <sub>51</sub> , Q <sub>52</sub> , Q <sub>53</sub> , Q <sub>54</sub> , Q <sub>55</sub> , Q <sub>56</sub> , Q <sub>57</sub> , Q <sub>58</sub> , Q <sub>59</sub> , Q <sub>60</sub> , Q <sub>61</sub> , Q <sub>62</sub> , Q <sub>63</sub> , Q <sub>64</sub> , Q <sub>65</sub> , Q <sub>66</sub> , Q <sub>67</sub> , Q <sub>68</sub> , Q <sub>69</sub> , Q <sub>70</sub> , Q <sub>71</sub> , Q <sub>72</sub> , Q <sub>73</sub> , Q <sub>74</sub> , Q <sub>75</sub> , Q <sub>76</sub> , Q <sub>77</sub> , Q <sub>78</sub> , Q <sub>79</sub> , Q <sub>80</sub> , Q <sub>81</sub> , Q <sub>82</sub> , Q <sub>83</sub> , Q <sub>84</sub> , Q <sub>85</sub> , Q <sub>86</sub> , Q <sub>87</sub> , Q <sub>88</sub> , Q <sub>89</sub> , Q <sub>90</sub> , Q <sub>91</sub> , Q <sub>92</sub> , Q <sub>93</sub> , Q <sub>94</sub> , Q <sub>95</sub> , Q <sub>96</sub> , Q <sub>97</sub> , Q <sub>98</sub> , Q <sub>99</sub> , Q <sub>100</sub>                                                                                                     |  |  |
| QUA.     | Q <sub>1</sub> , Q <sub>2</sub> , Q <sub>3</sub> , Q <sub>4</sub> , Q <sub>5</sub> , Q <sub>6</sub> , Q <sub>7</sub> , Q <sub>8</sub> , Q <sub>9</sub> , Q <sub>10</sub> , Q <sub>11</sub> , Q <sub>12</sub> , Q <sub>13</sub> , Q <sub>14</sub> , Q <sub>15</sub> , Q <sub>16</sub> , Q <sub>17</sub> , Q <sub>18</sub> , Q <sub>19</sub> , Q <sub>20</sub> , Q <sub>21</sub> , Q <sub>22</sub> , Q <sub>23</sub> , Q <sub>24</sub> , Q <sub>25</sub> , Q <sub>26</sub> , Q <sub>27</sub> , Q <sub>28</sub> , Q <sub>29</sub> , Q <sub>30</sub> , Q <sub>31</sub> , Q <sub>32</sub> , Q <sub>33</sub> , Q <sub>34</sub> , Q <sub>35</sub> , Q <sub>36</sub> , Q <sub>37</sub> , Q <sub>38</sub> , Q <sub>39</sub> , Q <sub>40</sub> , Q <sub>41</sub> , Q <sub>42</sub> , Q <sub>43</sub> , Q <sub>44</sub> , Q <sub>45</sub> , Q <sub>46</sub> , Q <sub>47</sub> , Q <sub>48</sub> , Q <sub>49</sub> , Q <sub>50</sub> , Q <sub>51</sub> , Q <sub>52</sub> , Q <sub>53</sub> , Q <sub>54</sub> , Q <sub>55</sub> , Q <sub>56</sub> , Q <sub>57</sub> , Q <sub>58</sub> , Q <sub>59</sub> , Q <sub>60</sub> , Q <sub>61</sub> , Q <sub>62</sub> , Q <sub>63</sub> , Q <sub>64</sub> , Q <sub>65</sub> , Q <sub>66</sub> , Q <sub>67</sub> , Q <sub>68</sub> , Q <sub>69</sub> , Q <sub>70</sub> , Q <sub>71</sub> , Q <sub>72</sub> , Q <sub>73</sub> , Q <sub>74</sub> , Q <sub>75</sub> , Q <sub>76</sub> , Q <sub>77</sub> , Q <sub>78</sub> , Q <sub>79</sub> , Q <sub>80</sub> , Q <sub>81</sub> , Q <sub>82</sub> , Q <sub>83</sub> , Q <sub>84</sub> , Q <sub>85</sub> , Q <sub>86</sub> , Q <sub>87</sub> , Q <sub>88</sub> , Q <sub>89</sub> , Q <sub>90</sub> , Q <sub>91</sub> , Q <sub>92</sub> , Q <sub>93</sub> , Q <sub>94</sub> , Q <sub>95</sub> , Q <sub>96</sub> , Q <sub>97</sub> , Q <sub>98</sub> , Q <sub>99</sub> , Q <sub>100</sub>                                                                                                     |  |  |

نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه ( اقتباس از نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ علی آباد با اندکی تغییرات)



# فصل سوم

## زمین‌شناسی ساختاری

---

در این فصل به تحلیل و ارائه نتیجه‌ای از داده‌های برداشت‌شده از ساختارهای منطقه (از قبیل گسل، چین، درزه و دیگر ساختارهای مرتبط با آن‌ها) پرداخته می‌شود. با توجه به موضوع پایان‌نامه و کارهای اندک انجام‌شده در این زمینه در کشور، ابتدا به تحلیل داده‌های برداشت‌شده از کارهای میدانی پرداخته می‌شود.

کمربندهای رانده - چین‌خورده که در نتیجه کوهزایی‌های عظیمی در تاریخ زمین‌شناسی می‌باشند که سبب بروز ساختارهای موضعی و کوچک مقیاسی در سطح می‌شوند. از اینرو بررسی و مطالعه عناصر ساختاری کوچک‌مقیاس موجود در ناحیه مورد نظر ابزاری ضروری به منظور شناخت دگرریختی از لحاظ میزان، جهت اعمال تنش‌ها، تعداد رویدادهای دگرریختی، طول هر یک از رویدادهای دگرریختی و در نهایت ارائه الگوی دگرریختی ناحیه می‌باشند. در این میان ساختارهای مهمی را که می‌توانند با بررسی و تحلیل آن‌ها، الگوی دگرریختی منطقه موردنظر را تعیین نمود؛ گسل‌ها، چین‌ها و درزه‌ها می‌باشند.

پس از اندازه‌گیری و جمع‌آوری اطلاعات از این ساختارها توسط کمپاس برانتون و دستگاه موقعیت‌یابی جهانی (GPS)، داده‌های برداشت‌شده بر روی شبکه هم مساحت (شبکه اشمیت) نگاشته شد و نتایج حاصل از آن مورد تحلیل قرار گرفت. همچنین این داده‌ها بر روی نقشه‌های رقومی زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه پیاده و موقعیت گسل‌ها و چین‌ها نسبت به یکدیگر مشخص گردید.

لازم بذکر است که کلیه داده‌های این پژوهش در شرایط Lower hemisphere، Equal area در نرم افزارهای Georient، Stereonett، Wintensor، faultkin رسم شده‌اند. داده‌های صفحه‌ای ذکر شده در تمام متن این پژوهش برحسب امتداد-جهت شیب و داده‌های خطی بر حسب روند-میل آورده شده‌اند.

### ۳-۲- پارامترهای ضروری در تحلیل ساختارهای منطقه

#### ۳-۲-۱- پارامترهای ضروری برای تحلیل چین‌ها

(۱) شیب و امتداد لایه‌ها، (۲) تعیین موقعیت محور چین، (۳) تعیین سطح محوری چین، (۴) تعیین زاویه بین یالی، (۵) زاویه میل محور چین، (۶) کلاس چین و سازوکار چین‌خوردگی می‌باشد.

چین‌ها ساختارهای جالب توجهی هستند که می‌توانند در مقیاس‌های مختلفی در انواع سنگ‌ها، در محیط‌های زمین‌ساختی گوناگون و در اعماق مختلف تشکیل شوند. از اینرو این ساختارها از زمانی که هنوز زمین‌شناسی به عنوان یک علم در جهان شناخته نشده بود (۵۰۰ سال قبل) مورد علاقه محققان قرار گرفت. این ساختارها به حالت موجی شکل می‌باشند که تحت تاثیر میدان‌های تنش زمین‌ساختی به صورت شکل‌پذیر در یک لایه و یا یک توالی لایه‌ها تشکیل می‌شوند. عبارت دیگر، چین‌ها آن دسته از تغییر شکل‌های سنگ‌ها هستند، که فقط باعث تغییر وضعیت سنگ می‌شوند، بدون آنکه در آن گسستگی بوجود آورند. چین‌ها می‌توانند در نتیجه دگرریختی اولیه (غیر زمین‌ساختی) نیز ایجاد شوند.

مطالعه چین‌ها چه در مقیاس میکروسکوپی و چه در مقیاس‌های ماکرو و مزوسکوپی راهی به منظور درک تاریخچه دگرریختی موضعی<sup>۱</sup> و یا ناحیه‌ای<sup>۲</sup> گذشته یک منطقه یا یک قاره است. هندسه چین‌ها اطلاعات مهمی را در خصوص نوع دگرریختی، جنبش‌شناختی‌ها و زمین‌ساخت یک ناحیه ارائه می‌دهد.

#### ۳-۲-۱-۱- اساس مطالعه چین‌ها

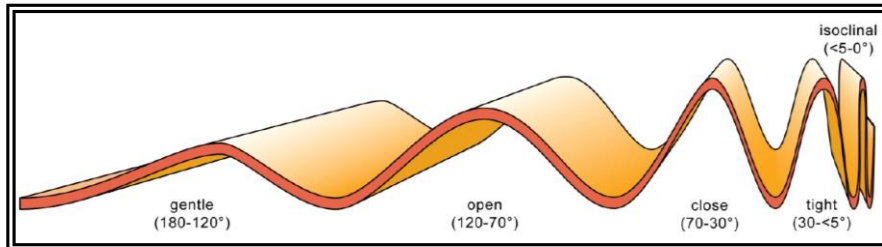
تحلیل داده‌های برداشت شده از چین‌ها بر پایه نگاشت آن‌ها بر شبکه هم مساحت و مطالعه تصاویر استریوگرافیک می‌باشد. با استفاده از فنون مربوط به مطالعه چین‌ها در شبکه هم مساحت، مانند نمودار بتا ( $\beta$ )، نمودار پی ( $\pi$ ) و نمودار خطوط هم تراز می‌توان میزان میل محورچین، جهت‌گیری محور، سطح‌محوری و نوع چین را به دست آورد.

---

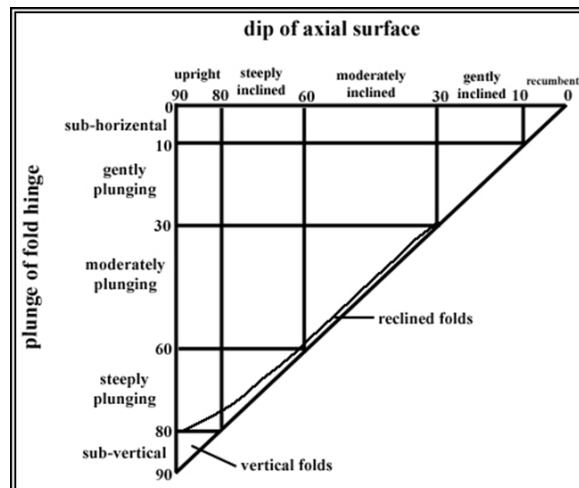
<sup>۱</sup>- Local

<sup>۲</sup>- regional

همچنین می‌توان نوع چین را با استفاده از تقسیم‌بندی‌های رایج در این زمینه از قبیل تقسیم‌بندی‌های فلوتی بر اساس زاویه بین‌یالی و میزان فشردگی چین‌ها (۱۹۶۴) (شکل ۳-۱) و شیب سطح محوری در مقابل زاویه میل خط لولا (۱۹۶۴) تعیین نمود (شکل ۳-۲).



شکل ۳-۱- تقسیم بندی چین ها براساس زاویه میان یالی (فلوتی، ۱۹۶۴)



شکل ۳-۲- تقسیم بندی چین ها بر اساس شیب سطح محوری و زاویه میل لولا، مرکز مثلث مجموعه‌ای از زوایای مربوط به هر اصطلاح را نشان می‌دهد. (فلوتی، ۱۹۶۴)

### ۳-۲-۲- پارامترهای لازم جهت تحلیل هندسی و جنبشی گسل

(۱) امتداد و شیب سطح گسل، (۲) زاویه ریک خطواره‌های روی سطح گسل، (۳) جهت حرکت روی گسل و (۴) نوع گسل می‌باشد.

### ۳-۲-۳- پارامترهای ضروری برای تحلیل درزه‌ها

(۱) تعداد درزه‌ها، ۲ ( شیب و امتداد درزه‌های موجود، ۳) تراکم درزه‌ها و نوع درزه‌ها در منطقه می‌باشد که در ادامه به بررسی و تفسیر آن‌ها می‌پردازیم.

### ۳-۳- بررسی ساختارها در منطقه ابر و شاهکوه

به منظور بررسی ساختاری گسلش راندگی در منطقه ابر و شاهکوه کلیه عناصر ساختاری که در طول مراحل مختلف دگرشکلی بوجود آمده‌اند برداشت شده و روابط بین آنها، به منظور ارائه تحلیل جنبشی از این منطقه، از نقطه نظر هندسی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در این راستا عناصر ساختاری که برداشت شده و مورد تجزیه و تحلیل هندسی قرار گرفته‌اند شامل چین، گسل و درزه می‌باشد.

### ۳-۳-۱- چین خوردگی‌های منطقه مورد مطالعه

در این منطقه تاقدیس‌ها و ناودیس‌های زیادی مشاهده می‌شوند که تقریباً در تمام نقاط منطقه توسعه یافته‌اند و اغلب در یک منطقه محدود چندین تاقدیس و ناودیس فشرده و متوالی دیده می‌شود که در ذیل با حروف اختصاری  $A_i$  بیان شده‌اند.

### ۳-۳-۱-۱- تاقدیس $A_1$

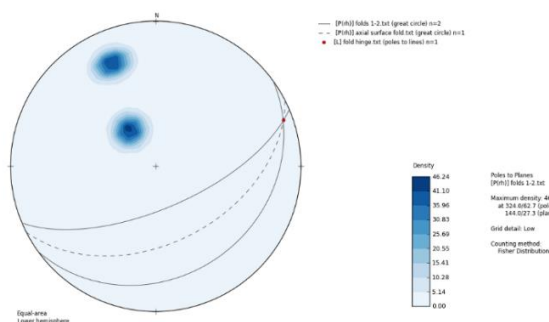
این تاقدیس در ۴,۵ کیلومتری روستای شاهکوه سفلی قرار دارد که در بخش‌هایی از سازند دورود مورد بررسی گرفت و دارای محور شمال خاوری-جنوب‌باختری است. متوسط شیب یال‌های جنوب‌خاوری ۲۵ درجه و برای یال‌های شمال‌باختری ۶۶ درجه می‌باشد. از اینرو زاویه میان یالی این تاقدیس در حدود ۴۱ درجه است و در تقسیم‌بندی فلوتی در رده چین‌های بسته قرار می‌گیرد (شکل ۳-۳).

پس از نگاشت قطب یال‌های این چین بر روی شبکه هم مساحت با توجه به این که قطب هر دو یال در یک سمت سطح‌محوری چین نگاشته شده‌اند از این رو چین مورد نظر از نوع برگشته می‌باشد. موقعیت محور و سطح‌محوری آن به ترتیب  $07/07$  و  $SE 63/46$  می‌باشد. با توجه به میزان زاویه

میل محور و شیب سطح محوری، این چین در رده چین‌های نیمه افقی و متوسط شیب قرار می‌گیرد که به اندازه ۴۴ درجه به سمت جنوب‌خاوری تمایل دارد (شکل ۳-۴).



شکل ۳-۳- نمای طبیعی تاقدیس  $A_1$  واقع در واحدهای آهکی سازند دورود و با سن پرمین زیرین (جهت دید عکس شمال‌خاوری)



شکل ۳-۴- نگاشت موقعیت یال‌ها، محور و سطح محوری تاقدیس  $A_1$  در شبکه هم مساحت (شبکه اشمیت).

جدول ۳-۱- خصوصیات هندسی چین  $A_1$

| نام چین | میانگین یال<br>شمال‌باختری | میانگین یال<br>جنوب‌خاوری | موقعیت سطح-<br>محوری | موقعیت خط<br>لولا | زاویه بین دو<br>یال |
|---------|----------------------------|---------------------------|----------------------|-------------------|---------------------|
| $A_1$   | ۰۶۷/۶۶ SE                  | ۰۵۴/۲۵ SE                 | ۰۶۳/۴۶ SE            | ۰۷۰/۰۷            | ۴۱                  |

جدول ۳-۲- جایگاه چین  $A_1$  در تقسیم‌بندی‌های به کار رفته

| نام چین | توصیف هندسی چین بر مبنای<br>زاویه بین یالی (Fleuty, 1964) | توصیف هندسی چین بر مبنای وضعیت لولا و<br>سطح محوری (Fleuty, 1964) |
|---------|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| $A_1$   | close                                                     | Moderately inclined- Sub Horizontal                               |

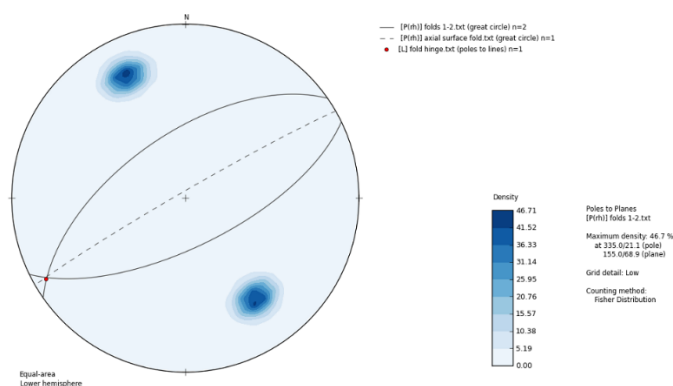
A<sub>2</sub> ۳-۳-۱-۲- تاقدیس

این چین مزوسکوپی که به صورت تاقدیس می‌باشد در واحدهای آهکی سازند دورود قرار دارد و دارای محور شمال‌خاوری-جنوب‌باختری می‌باشد. با اندازه‌گیری مستقیم چین مشخص گردید که متوسط شیب یال‌های جنوب‌خاوری ۶۷ درجه و برای یال‌های شمال‌باختری ۶۰ درجه می‌باشد. از اینرو زاویه میان یالی این تاقدیس در حدود ۵۳ درجه است و در تقسیم بندی فلوئی در رده چین‌های بسته قرار می‌گیرد (شکل ۳-۵).

پس از نگاشت قطب یال‌های این چین بر روی شبکه هم مساحت مشخص گردید چین مورد نظر از نوع نامتقارن بوده و موقعیت محور و سطح‌محوری آن به ترتیب  $240/08$  و  $240/87$  NW می‌باشد. با توجه به میزان زاویه بین محوری و شیب سطح‌محوری، این چین به ترتیب در رده چین‌های نیمه افقی و ایستاده قرار می‌گیرد که می‌توان گفت چین مورد نظر تمایل چندانی ندارد (شکل ۳-۶).



شکل ۳-۵- نمای طبیعی تاقدیس A<sub>2</sub> واقع در واحدهای آهکی سازند دورود و با سن پرمین زیرین (جهت دید عکس شمال‌خاوری)



شکل ۳-۶- نگاشت موقعیت یال ها، محور و سطح محوری تاقدیس  $A_2$  در شبکه هم مساحت (شبکه اشمیت).

جدول ۳-۳- خصوصیات هندسی چین  $A_2$

| نام چین | میانگین یال<br>شمال باختری | میانگین یال<br>جنوب خاوری | موقعیت سطح-<br>محوری | موقعیت خط<br>لولا | زاویه بین دو<br>یال |
|---------|----------------------------|---------------------------|----------------------|-------------------|---------------------|
| $A_2$   | ۰۵۵/۶۰ NW                  | ۰۶۴/۶۷ SE                 | ۲۴۰/۸۷ NW            | ۲۴۰/۰۸            | ۵۳                  |

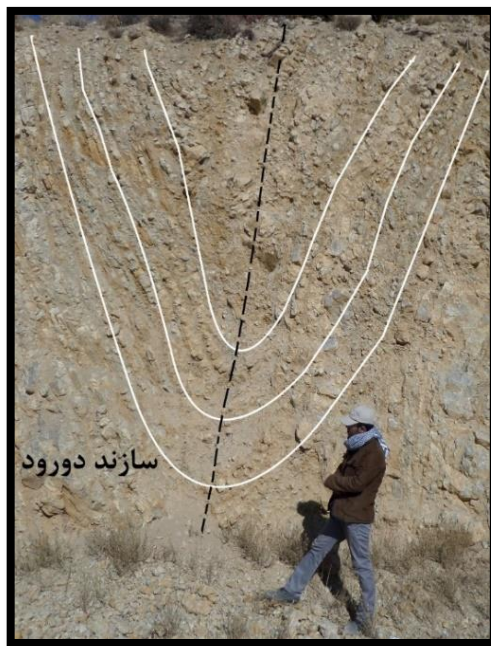
جدول ۳-۴- جایگاه چین  $A_2$  در تقسیم بندی های به کار رفته

| نام چین | توصیف هندسی چین بر مبنای<br>زاویه بین یالی (Fleuty, 1964) | توصیف هندسی چین بر مبنای وضعیت لولا و<br>سطح محوری (Fleuty, 1964) |
|---------|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| $A_2$   | Close                                                     | Upright-Sab horizontal                                            |

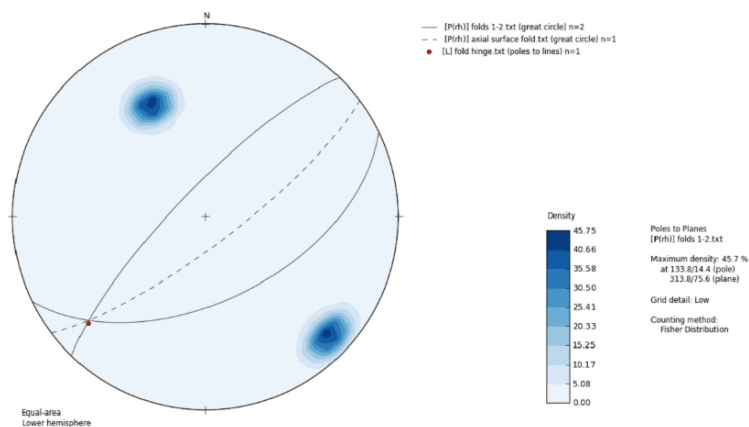
### ۳-۳-۱-۳- ناودیس $A_3$

این ناودیس دارای محور شمال خاوری-جنوب باختری بوده و در سازند دورود واقع شده است. متوسط شیب یال های جنوب خاوری ۵۴ درجه و برای یال های شمال باختری ۷۸ درجه می باشد. از اینرو زاویه میان یالی در حدود ۵۱ درجه است و در تقسیم بندی فلوتی در رده چین های بسته قرار می گیرد (شکل ۳-۷).

پس از نگاشت قطب یال های این چین بر روی شبکه هم مساحت و با توجه به میانگین یال های چین و ظاهر چین در صحرا مشخص گردید که موقعیت محور و سطح محوری آن به ترتیب ۲۲۸/۱۹ و SE ۵۳/۷۸ می باشد. با توجه به میزان زاویه میل محور و شیب سطح محوری، این چین در رده چین های کم میل و پرشیب قرار می گیرد و به اندازه ۱۲ درجه به سمت شمال خاوری تمایل دارد (شکل ۳-۸).



شکل ۳-۷- نمای طبیعی ناودیس  $A_3$  واقع در واحدهای آهکی سازند دورود و با سن پرمین زیرین (جهت دید عکس شمال خاوری)



شکل ۳-۸- نگاشت موقعیت یال ها، محور و سطح محوری تاقدیس  $A_3$  در شبکه هم مساحت (شبکه اشمیت).

جدول ۳-۵- خصوصیات هندسی چین  $A_3$

| نام چین | میانگین یال<br>شمال باختری | میانگین یال<br>جنوب خاوری | موقعیت سطح-<br>محوری | موقعیت خط<br>لولا | زاویه بین دو<br>یال |
|---------|----------------------------|---------------------------|----------------------|-------------------|---------------------|
| $A_3$   | ۲۲۴/۷۸ NW                  | ۰۶۴/۵۴ SE                 | ۰۵۳/۷۸ SE            | ۲۲۸/۲۰            | ۵۱                  |

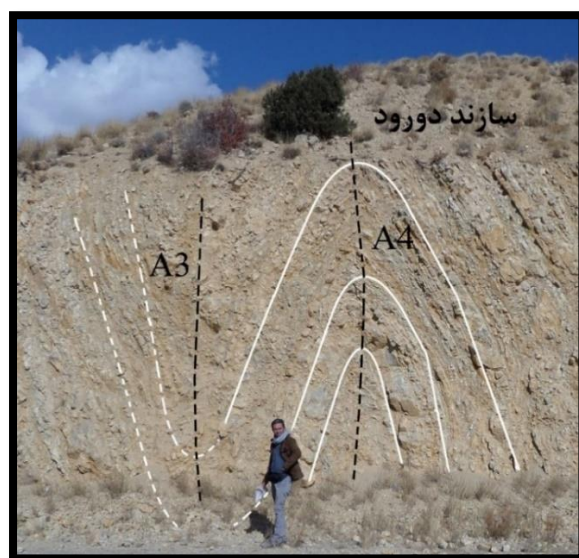
جدول ۳-۶- جایگاه چین A<sub>3</sub> در تقسیم‌بندی‌های به کار رفته

| نام چین        | توصیف هندسی چین بر مبنای<br>زاویه بین یالی (Fleuty, 1964) | توصیف هندسی چین بر مبنای وضعیت لولا و<br>سطح محوری (Fleuty, 1964) |
|----------------|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| A <sub>3</sub> | Close                                                     | Steeplly inclined-Gently plunging                                 |

### ۳-۱-۴- تاقدیس A<sub>4</sub>

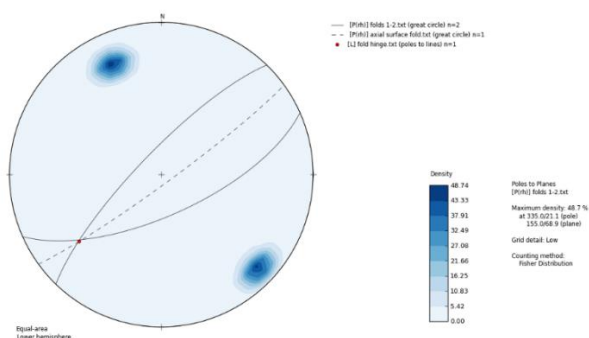
این تاقدیس نیز همانند چین‌های دیگر بررسی شده دارای محور شمال‌خاوری-جنوب‌باختری بوده و در سازند دورود واقع شده است. متوسط شیب یال‌های جنوب‌خاوری ۶۷ درجه و برای یال‌های شمال-باختری ۷۸ درجه می‌باشد. از اینرو زاویه میان یالی این تاقدیس در حدود ۳۵ درجه است و در تقسیم‌بندی فلوتی در رده چین‌های بسته قرار می‌گیرد (شکل ۳-۹).

پس از نگاشت قطب یال‌های این چین بر روی شبکه هم‌مساحت مشخص گردید که موقعیت محور و سطح محوری آن به ترتیب ۲۳۱/۳۱ و SE ۵۴/۸۵ می‌باشد. با توجه به میزان زاویه میل محور و سطح محوری، این چین در رده چین‌های متوسط میل و ایستاده قرار می‌گیرد که به اندازه ۵ درجه به سمت جنوب‌خاوری تمایل دارد (شکل ۳-۱۰).



شکل ۳-۹- نمای طبیعی تاقدیس A<sub>4</sub> واقع در واحدهای آهکی سازند دورود و با سن پرمین زیرین (جهت دید عکس

شمال‌خاوری)



شکل ۳-۱۰- نگاشت موقعیت یال ها، محور و سطح محوری تاقدیس A<sub>4</sub> در شبکه هم مساحت (شبکه اشمیت).

جدول ۳-۷- خصوصیات هندسی چین A<sub>4</sub>

| نام چین        | میانگین یال<br>شمال باختری | میانگین یال<br>جنوب خاوری | موقعیت سطح-<br>محوری | موقعیت خط<br>لولا | زاویه بین دو<br>یال |
|----------------|----------------------------|---------------------------|----------------------|-------------------|---------------------|
| A <sub>4</sub> | ۲۲۴/۷۸ NW                  | ۰۶۶/۶۸ SE                 | ۰۵۴/۸۵ SE            | ۲۳۲/۳۲            | ۳۳                  |

جدول ۳-۸- جایگاه چین A<sub>4</sub> در تقسیم بندی های به کار رفته

| نام چین        | توصیف هندسی چین بر مبنای<br>زاویه بین یالی (Fleuty, 1964) | توصیف هندسی چین بر مبنای وضعیت لولا و<br>سطح محوری (Fleuty, 1964) |
|----------------|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| A <sub>4</sub> | Close                                                     | Upright-Moderately plunging                                       |

### ۳-۳-۱-۵- ناودیس A<sub>5</sub>

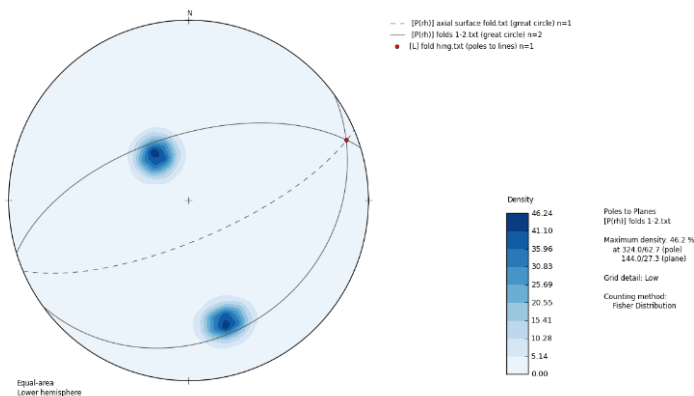
این چین مزوسکوپی که به صورت ناودیس می باشد در واحدهای آهکی سازند دورود قرار دارد و دارای محور شمال خاوری-جنوب باختری می باشد. با اندازه گیری مستقیم چین مشخص گردید که متوسط شیب یال های جنوب خاوری ۲۵ درجه و برای یال های شمال باختری ۶۰ درجه می باشد. از اینرو زاویه میان یالی این ناودیس در حدود ۹۵ درجه است و در تقسیم بندی فلوتی در رده چین های باز قرار می گیرد (شکل ۳-۱۱).

پس از نگاشت قطب یال های این چین بر روی شبکه هم مساحت مشخص گردید که موقعیت محور و سطح محوری آن به ترتیب ۰۶۹/۰۷ و ۰۶۷/۷۲ SE می باشد. با توجه به میزان زاویه بین محوری و شیب

سطح محوری، این چین به ترتیب در رده چین‌های نیمه‌افقی و پرشیب قرار می‌گیرد و چین مورد نظر ۱۸ درجه تمایل به سمت جنوب‌خاوری دارد (شکل ۳-۱۲).



شکل ۳-۱۱- نمای طبیعی ناودیس A5 واقع در واحدهای آهکی سازند دورود و با سن پرمین زیرین (جهت دید عکس شمال‌خاوری)



شکل ۳-۱۲- نگاشت موقعیت یال‌ها، محور و سطح محوری ناودیس A5 در شبکه هم‌مساحت (شبکه اشمیت).

جدول ۳-۹- خصوصیات هندسی چین A5

| نام چین | میانگین یال<br>شمال‌باختری | میانگین یال<br>جنوب‌خاوری | موقعیت سطح-<br>محوری | موقعیت خط<br>لولا | زاویه بین دو<br>یال |
|---------|----------------------------|---------------------------|----------------------|-------------------|---------------------|
| A5      | ۲۵۳/۶۰ NW                  | ۰۵۴/۲۵ SE                 | ۰۶۷/۷۲ SE            | ۰۶۹/۰۷            | ۹۵                  |

جدول ۳-۱۰- جایگاه چین A<sub>5</sub> در تقسیم‌بندی‌های به کار رفته

| نام چین        | توصیف هندسی چین بر مبنای<br>زاویه بین یالی (Fleuty, 1964) | توصیف هندسی چین بر مبنای وضعیت لولا و<br>سطح محوری (Fleuty, 1964) |
|----------------|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| A <sub>5</sub> | Open                                                      | Steeply inclined-Sub horizontal                                   |

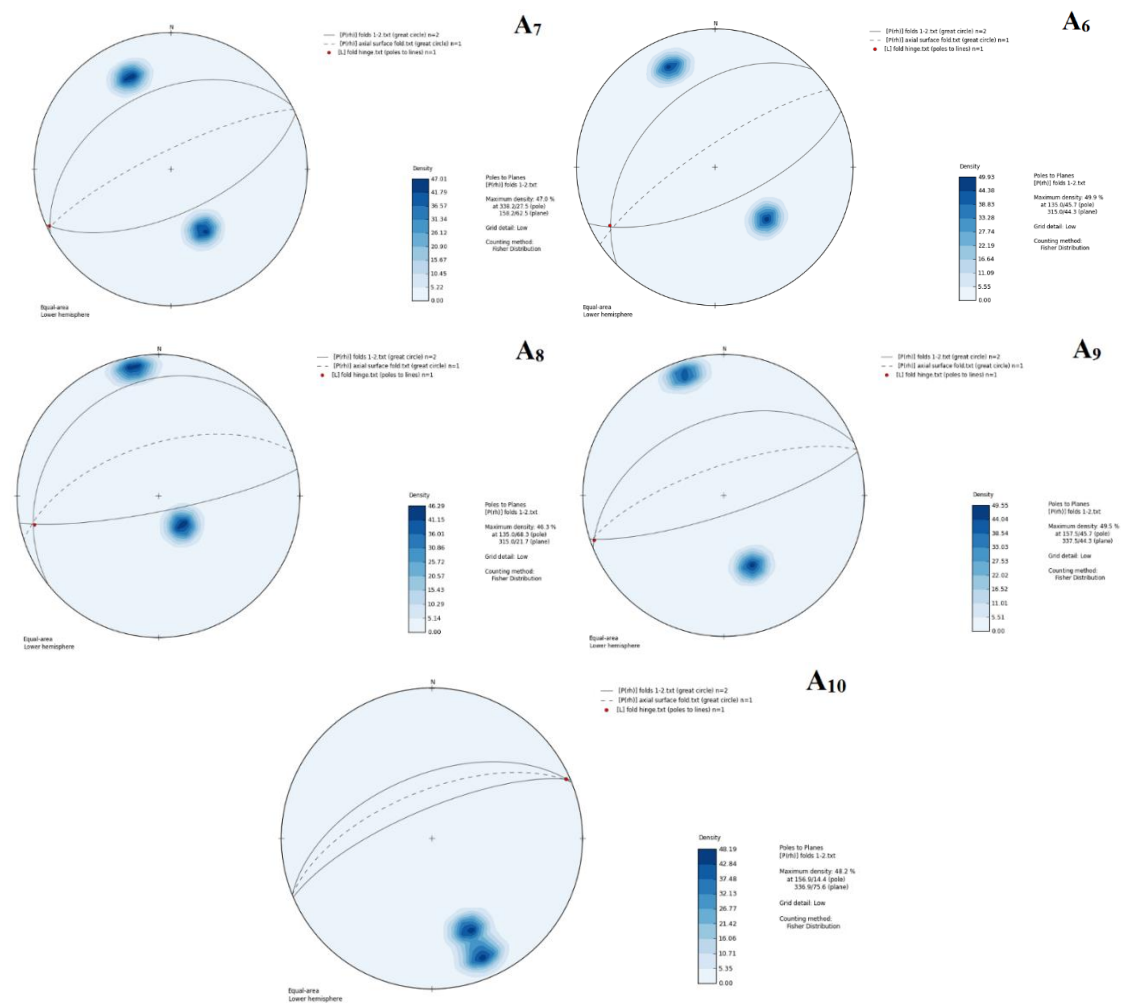
### ۳-۳-۱-۶- تاقدیس و ناودیس A<sub>6</sub>، A<sub>7</sub>، A<sub>8</sub>، A<sub>9</sub>، A<sub>10</sub>

این تاقدیس و ناودیس در بخش هایی از سازند دورود مورد بررسی قرار گرفت و دارای محور شمال خاوری-جنوب‌باختری است. پس از نگاشت قطب یال‌های هر کدام از این چین‌ها بر روی شبکه هم مساحت (شکل ۳-۱۳) مشخصات آن‌ها در جدول های ۱۱ و ۱۲ بیان شده است.



شکل ۳-۱۳- نمای طبیعی تاقدیس‌ها و ناودیس‌های A<sub>6</sub>، A<sub>7</sub>، A<sub>8</sub>، A<sub>9</sub>، A<sub>10</sub> واقع در واحدهای آهکی سازند دورود و

با سن پرمین زیرین (جهت دید عکس شمال‌باختری)



شکل ۳-۱۶- نگاشت موقعیت یال ها، محور و سطح محوری تاقدیس A<sub>6</sub>، A<sub>7</sub>، A<sub>8</sub>، A<sub>9</sub>، A<sub>10</sub> در شبکه هم مساحت (شبکه اشمیت).

جدول ۳-۱۱- خصوصیات هندسی چین A<sub>6</sub>، A<sub>7</sub>، A<sub>8</sub>، A<sub>9</sub>، A<sub>10</sub>

| نام چین         | میانگین یال<br>شمال باختری | میانگین یال<br>جنوب خاوری | موقعیت سطح-<br>محوری | موقعیت خط<br>لولا | زاویه بین دو<br>یال |
|-----------------|----------------------------|---------------------------|----------------------|-------------------|---------------------|
| A <sub>6</sub>  | ۲۲۵/۴۴ NW                  | ۰۶۶/۶۸ SE                 | ۲۳۶/۷۸ NW            | ۲۴۰/۱۴            | ۶۹                  |
| A <sub>7</sub>  | ۲۴۲/۴۲ NW                  | ۰۶۶/۶۳ SE                 | ۲۴۴/۷۹ NW            | ۲۴۵/۰۲            | ۷۵                  |
| A <sub>8</sub>  | ۲۳۱/۲۲ NW                  | ۰۷۹/۸۱ SE                 | ۲۵۲/۶۰ NW            | ۲۵۷/۱۱            | ۷۸                  |
| A <sub>9</sub>  | ۲۴۸/۴۵ NW                  | ۰۷۲/۷۹ SE                 | ۲۵۱/۷۳ NW            | ۲۵۱/۰۳            | ۵۶                  |
| A <sub>10</sub> | ۲۴۸/۵۵ NW                  | ۲۴۷/۷۴ SE                 | ۲۴۸/۶۴ NW            | ۰۶۶/۰۳            | ۱۹                  |

جدول ۳-۱۲- جایگاه چین  $A_6, A_7, A_8, A_9, A_{10}$  در تقسیم‌بندی‌های به کار رفته

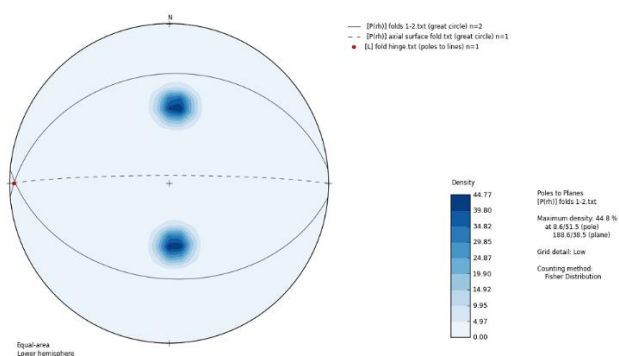
| نام چین               | توصیف هندسی چین بر مبنای زاویه بین یالی (Fleuty, 1964) | توصیف هندسی چین بر مبنای وضعیت لولا و سطح محوری (Fleuty, 1964) |
|-----------------------|--------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| <b>A<sub>6</sub></b>  | Close                                                  | Steeply inclined-Gently plunging                               |
| <b>A<sub>7</sub></b>  | Open                                                   | Steeply inclined-Gently plunging                               |
| <b>A<sub>8</sub></b>  | Open                                                   | Steeply inclined-Sub horizontal                                |
| <b>A<sub>9</sub></b>  | Close                                                  | Steeply inclined-Sub horizontal                                |
| <b>A<sub>10</sub></b> | Tight                                                  | Steeply inclined-Sub horizontal                                |

### ۳-۱-۳-۷- تاقدیس $A_{11}$

این چین مزوسکوپی که به صورت تاقدیس می‌باشد در نهشته‌های نئوژن قرار دارد و دارای محور خاوری-باختری می‌باشد. با اندازه‌گیری مستقیم چین مشخص گردید که متوسط شیب یال‌های خاوری ۳۲ درجه و برای یال‌های باختری ۴۰ درجه می‌باشد. از اینرو زاویه میان یالی این تاقدیس در حدود ۱۰۵ درجه است و در تقسیم بندی فلوتی در رده چین‌های باز قرار می‌گیرد (شکل ۳-۱۵). پس از نگاشت قطب یال‌های این چین بر روی شبکه هم مساحت مشخص گردید که موقعیت محور و سطح محوری آن به ترتیب  $270/03$  و  $270/86$  N می‌باشد (شکل ۳-۱۶).



شکل ۳-۱۵- نمای طبیعی تاقدیس  $A_{11}$  واقع در نهشته‌های نئوژن (جهت دید عکس باختر).



شکل ۳-۱۶- نگاشت موقعیت یال ها، محور و سطح محوری تاقدیس  $A_{11}$  در شبکه هم مساحت (شبکه اشمیت).

جدول ۳-۱۳- خصوصیات هندسی چین  $A_{11}$

| نام چین  | میانگین یال خاوری | میانگین یال باختری | موقعیت سطح-محوری | موقعیت خط لولا | زاویه بین دو یال |
|----------|-------------------|--------------------|------------------|----------------|------------------|
| $A_{11}$ | ۲۶۵/۳۲ N          | ۰۹۵/۴۰ S           | ۲۷۰/۸۶ N         | ۲۷۰/۰۳         | ۱۰۷              |

جدول ۳-۱۴- جایگاه چین  $A_{11}$  در تقسیم بندی های 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) |
|----------|--------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| $A_{11}$ | Open                                                   | Upright- horizontal                                            |

۳-۱-۸- تاقدیس  $A_{12}$

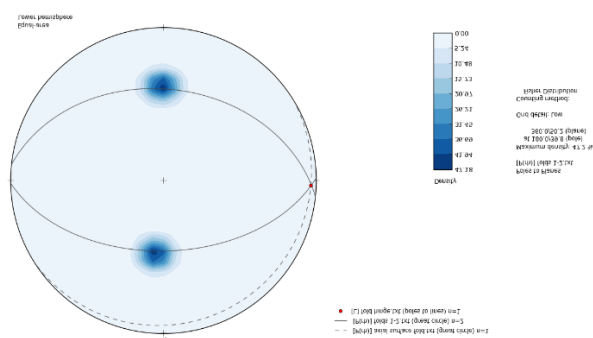
این تاقدیس در بخش هایی از سازند کرج مورد بررسی قرار گرفت و دارای محور خاوری-باختری است. متوسط شیب یال های باختری ۴۰ درجه و برای یال های خاوری ۵۲ درجه می باشد. از اینرو زاویه میان یالی این تاقدیس در حدود ۹۱,۸ درجه است و در تقسیم بندی فلوتی در رده چین های باز قرار می گیرد (شکل ۳-۱۷).

پس از نگاشت قطب یال های این چین بر روی شبکه هم مساحت با توجه به این که قطب هر دو یال در یک سمت سطح محوری چین نگاشته شده اند از این رو چین مورد نظر از نوع برگشته می باشد. موقعیت محور و سطح محوری آن به ترتیب ۰۸۸/۰۴ و ۳۰۲/۰۷ SE می باشد. با توجه به میزان زاویه

میل محور و شیب سطح محوری، این چین در رده چین‌های نیمه افقی و خوابیده قرار می‌گیرد که به اندازه ۶ درجه به سمت شمال خاور تمایل دارد (شکل ۳-۱۸).



شکل ۳-۱۷- نمای طبیعی تاق‌دیس A<sub>12</sub> واقع در واحدهای آهکی سازند کرج و با سن ائوسن (جهت دید عکس به سمت خاور).



شکل ۳-۱۸- نگاشت موقعیت یال‌ها، محور و سطح محوری تاق‌دیس A<sub>12</sub> در شبکه هم مساحت (شبکه اشمیت).

جدول ۳-۱۵- خصوصیات هندسی چین A<sub>12</sub>

| نام چین         | میانگین یال خاوری | میانگین یال باختری | موقعیت سطح-محوری | موقعیت خط لولا | زاویه بین دو یال |
|-----------------|-------------------|--------------------|------------------|----------------|------------------|
| A <sub>12</sub> | ۲۷۱/۵۲N           | ۰۸۴/۴۰S            | ۳۰۲/۰۷SE         | ۰۸۸/۰۴         | ۹۱               |

جدول ۳-۱۶- جایگاه چین A<sub>12</sub> 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) |
|-----------------|--------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| A <sub>12</sub> | Open                                                   | Recumbent-Sub horizontal                                       |

### ۳-۳-۲- گسل

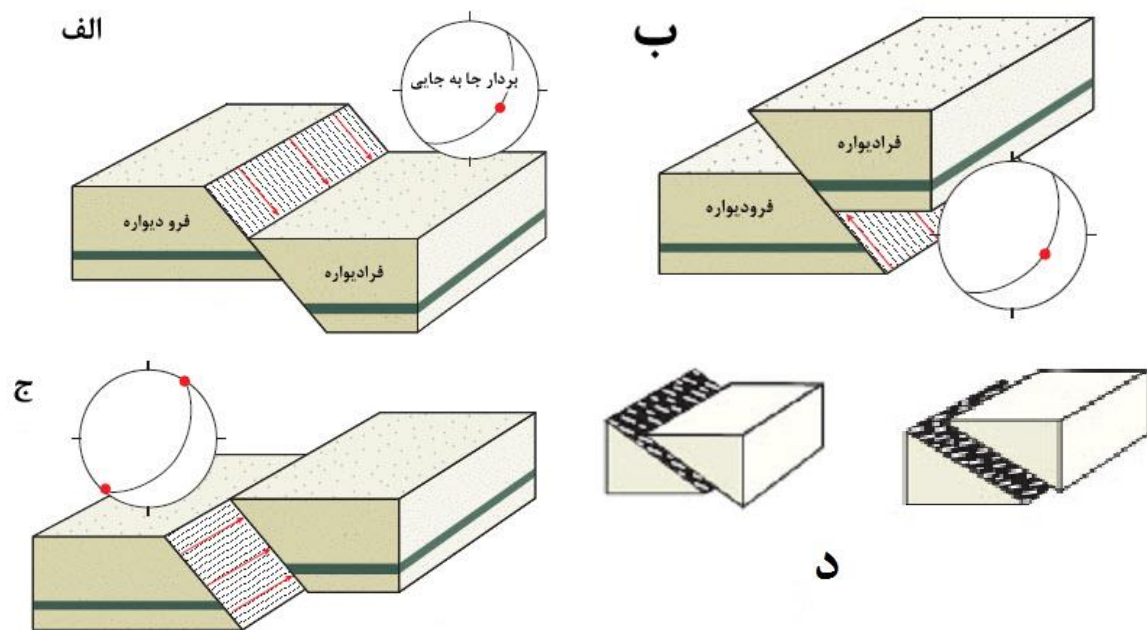
گسل‌ها نمونه‌ای از مشخصه‌های صفحه‌ای و دگرریختی شکننده در پوسته زمین می‌باشند که توالی منظم سنگ‌های لایه‌ای و چارچوب چینه‌شناختی اولیه را از بین می‌برد و سبب جابه‌جایی دو قطعه در امتداد یکدیگر می‌شوند. گسل‌ها بر اساس پارامترهای گوناگونی تقسیم‌بندی می‌شوند اما معمول‌ترین آن‌ها که در مطالعات صحرایی نیز بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد تقسیم‌بندی بر اساس زاویه ریک لغزش کلی است که طی آن گسل‌ها در یکی از سه رده زیر قرار می‌گیرند:

۱- شیب‌لغز که خود به دو نوع نرمال‌لغز و معکوس‌لغز می‌باشد که در هر دو زاویه میل برابر ۹۰ درجه است و روش شناسایی این دو نوع گسل در مشاهدات صحرایی از طریق قطعات فرودپیواره و فرادیواره نسبت به یکدیگر و یا لمس خطوط آینه گسلی در سطح گسل می‌باشد (شکل ۳-۱۹-الف و ب) [42].

۲- امتدادلغز با زاویه ریک صفر درجه (شکل ۳-۱۹-ج)

۳- مورب‌لغز که در آن هم گسلش امتدادلغز و هم شیب‌لغز رخ می‌دهد. در این رده که اکثر گسل‌ها را به خود اختصاص می‌دهد مقدار زاویه ریک در بازه ۰-۹۰ درجه قرار دارد. در صورتی که ریک در بازه ۰-۴۵ درجه قرار گیرد گسلش امتدادلغز بر شیب‌لغز غالب است و در نام‌گذاری گسل ابتدا مولفه امتدادلغز و سپس مولفه شیب‌لغز بیان می‌گردد. در صورتی که زاویه ریک در بازه ۴۵-۹۰ درجه باشد گسلش شیب‌لغز و سپس مولفه امتدادلغز غالب بوده و در نام‌گذاری گسل ابتدا مولفه شیب‌لغز و سپس مولفه امتدادلغز بیان می‌گردد (شکل ۳-۱۹-د).

از آنجایی که کلیه گسل‌های مشاهده شده و بررسی شده در منطقه مورد مطالعه از نوع معکوس می‌باشند از این رو شرح مختصری در مورد این نوع از گسل‌ها و پدیده‌های حاصله از آن‌ها در طبیعت پرداخته می‌شود. در ادامه گسل‌های برداشت شده با روشی ویژه از لحاظ هندسی و حرکتی مورد تحلیل قرار می‌گیرند.



شکل ۳-۱۹- انواع گسل‌ها بر اساس زاویه ریک لغزش (الف) گسل نرمال با زاویه ریک ۹۰ درجه (ب) گسل معکوس با زاویه ریک ۹۰ درجه (ج) گسل امتدادلغز با زاویه ریک ۰ درجه (د) گسل مورب‌لغز با زاویه ریک ۰ تا ۹۰ درجه [66].

### ۳-۴- گسل‌های اصلی منطقه مورد مطالعه

با توجه به موقعیت زمین ساختی منطقه مورد مطالعه عمده گسل‌ها از نوع معکوس می‌باشد. غالب این گسل‌ها در راستای شمال‌خاور- جنوب‌باختر قرار دارند. از میان تمامی گسل‌های گسترده مورد پژوهش دو گسل شاخص و اصلی وجود دارد که از نوع معکوس می‌باشند. این دو گسل در ذیل تشریح شده‌اند.

#### ۳-۴-۱- گسل معکوس شاهکوه

گسل شاهکوه در باختر محدوده مورد مطالعه واقع شده است. راستای این گسل خاوری- باختری و به میزان  $268^{\circ}$  می‌باشد که به سمت شمال‌باختری  $41^{\circ}$  درجه شیب دارد. هرچند در ادامه مسیر به سمت خاور امتداد آن به شمال‌باختر- جنوب‌خاور تغییر می‌یابد. اثر این گسل به سمت خاور محدوده مطالعه و تا حوالی روستای تاش ادامه دارد. در قطعه فرادیواره این گسل سازندهای شمشک، لار و نهشته‌های کواترنر و در قطعه فرودیواره آن سازند دورود و شمشک و نهشته‌های کواترنری قرار دارند. عملکرد این گسل سبب بالآمدگی واحدهای پرمین و ژوراسیک (سازندهای دورود و شمشک) بر روی ژوراسیک

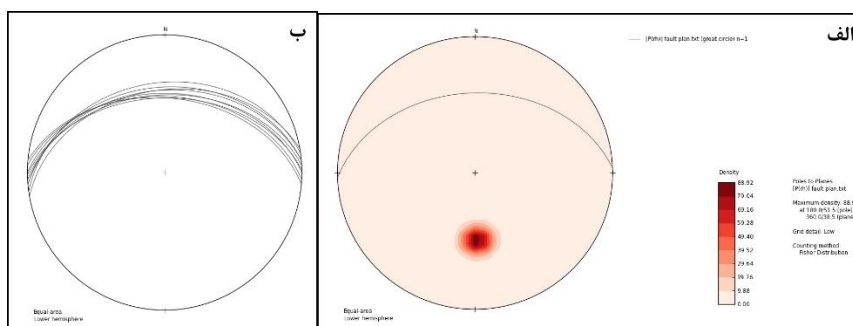
(سازندهای لار و شمشک) و در بخش‌هایی بر روی واحدهای ائوسن و کواترنر شده است که موجب مرتفع‌شدگی زیاد این بخش از منطقه تا ارتفاع حدود ۳۶۰۰ متر شده است (شکل ۳-۲۰).



شکل ۳-۲۰- بخشی از گسل رانده شاهکوه، که در آن سازند شمشک بر روی سازند دورود قرار گرفته است (جهت دید عکس به سمت جنوب‌خاوری)



شکل ۳-۲۱- دیواره گسلی مربوط به گسل شاهکوه در جنوب روستای شاهکوه سفلی (جهت دید عکس به سمت شمال‌باختری)

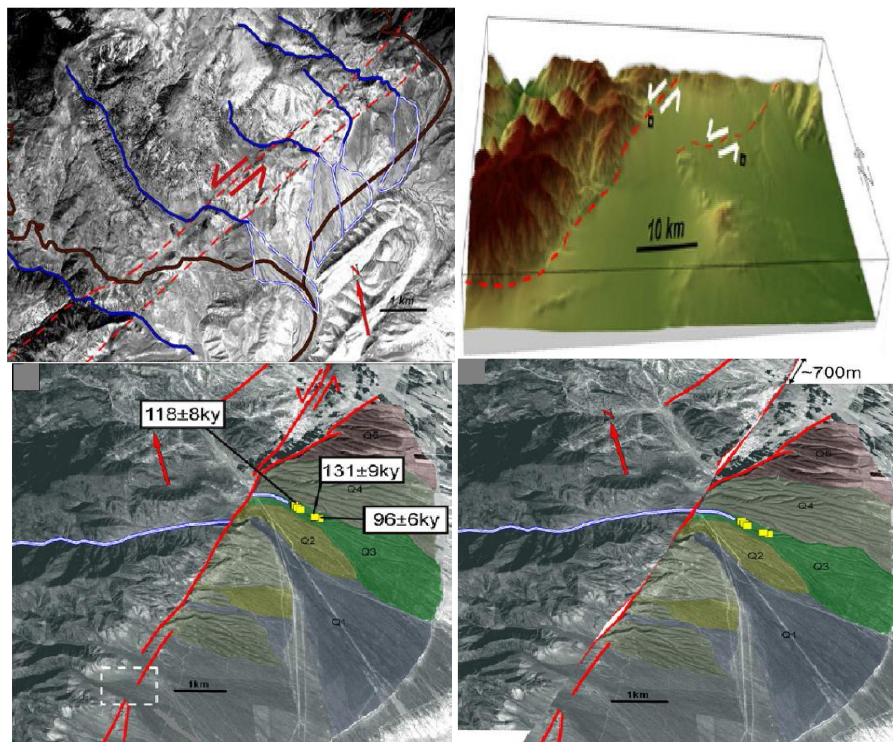


شکل ۳-۲۲- الف و ب: تصویر سیکلوگراف سطوح برداشت شده و نمودار کنتور تراکم قطب صفحات گسلی مربوط به گسل شاهکوه و پیشنهاد موقعیت میانگین  $268^{\circ}/41^{\circ}$  NW

### ۳-۴-۲- گسل معکوس ابر

گسل ابر با روند شمال خاوری - جنوب باختری در خاور ناحیه مورد مطالعه دیده می‌شود. دنباله جنوب باختری این گسل وارد نقشه زمین‌شناسی علی‌آباد (سازمان زمین‌شناسی کشور ۱۳۸۵) شده که به سمت باختر، روندی خاوری - باختری می‌یابد (گسل شاهکوه). در نقشه‌های زمین‌شناسی منطقه، این گسل با طولی حدود ۵۰ کیلومتر، از نوع معکوس و با مؤلفه امتدادی چپ‌بر و شیب آن به سمت شمال - شمال باختری ذکر شده است. گسل ابر به سمت شمال خاوری احتمالاً به گسل‌های گردنه خوش بیلاق متصل می‌گردد و به دلیل بهم ریختگی ناحیه اهمیتی ویژه دارد (جعفریان و جلالی، ۱۳۸۳).

جاوید فخر و همکاران معتقدند، گسل ابر با طولی در حدود ۹۵ کیلومتر، بین روستای نکارمن و تیل‌آباد قرار دارد. به اعتقاد ایشان، این گسل با روند شمال خاوری - جنوب باختری، یک گسل امتدادلغز چپ‌بر با مؤلفه شیب‌لغز معکوس می‌باشد که مرز توپوگرافی مشخص و متمایزی بین نواحی کوهستانی و حوضه‌های کواترنری ایجاد کرده است (شکل ۳-۲۳-الف). انحراف رودخانه‌ها در سراسر گسل ابر نشان می‌دهد که این بخش در دوره کواترنری فعال بوده است. سیمای زمین ریختی در طول گسل ابر به وسیله جابجایی چپ‌بر عوارضی مانند مخروط افکنه‌ها و مسیر رودخانه‌ها مشخص می‌باشد (شکل ۳-۲۳-ب، پ و ت).

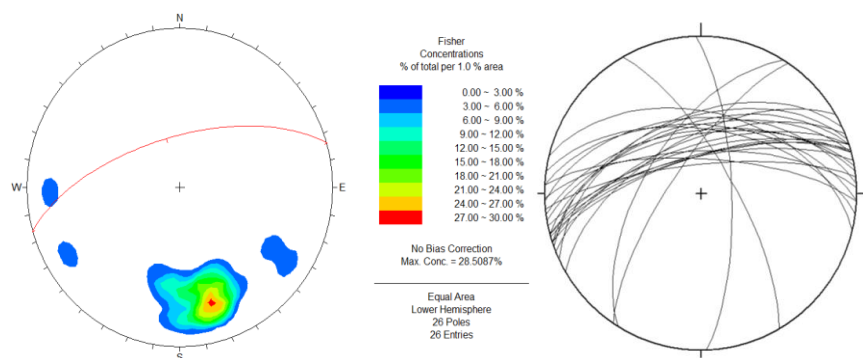


شکل ۳-۲۳- الف) تصویر سه بعدی بخشی از ناحیه مورد مطالعه که نشان می‌دهد گسل ابر مرز مشخصی بین نواحی کوهستانی و حوضه‌های کواترنری ایجاد کرده است؛ ب) انحراف چپ بر آبراهه‌ها در اثر عملکرد گسل ابر؛ پ) مخروطه افکنه‌های کواترنری در طول گسل ابر؛ Q<sub>1</sub> تا Q<sub>5</sub> به ترتیب مخروطه افکنه‌های جوان تا قدیمی‌تر را نشان می‌دهند. جابجایی مشخصی بین آبراهه‌های تغذیه‌کننده مخروطه افکنه‌ها و جایگاه فعلی محور آن‌ها دیده می‌شود؛ ت) بازسازی جابجایی رخ داده بر اثر عملکرد گسل ابر که محور Q<sub>3</sub> را با کانال تغذیه‌کننده آرا منطبق می‌کند و مقدار جابجایی حدود ۷۰۰ متر را برای آن نشان می‌دهد [تصاویر برگرفته از ۳۷].

اطلاعات مربوط به سطوح برداشت شده از گسل ابر، نشان دهنده سازوکار معکوس همراه با مؤلفه امتدادی چپ‌بر برای این گسل می‌باشد (شکل ۳-۲۴). استریوگرام‌های حاصل از داده‌های برداشت شده از سطح گسل ابر، شامل نمودار همتراز تراکم داده‌های مربوط به قطب صفحات گسلی نشان می‌دهد که موقعیت غالب بدست آمده برای صفحات گسلی ۲۵۴/۶۴NW و خش‌لغز روی آن ۴۷ درجه پادساعتگرد می‌باشد. سطوح برداشت شده‌ای که روندی متفاوت نسبت به روند کلی گسل ابر نشان می‌دهند، احتمالاً گسل‌های فرعی مربوط به گسل اصلی ابر می‌باشند (شکل ۳-۲۵).



شکل ۳-۲۴- الف) دیواره گسلی مربوط به گسل ابر در شمال روستای ابر (جهت دید عکس به سمت شمال خاوری)؛ ب) سطح گسلی با موقعیت  $254/64NW$  مربوط به گسل ابر با سازوکار معکوس و چپ‌بر (جهت دید عکس به سمت شمال-باختری).



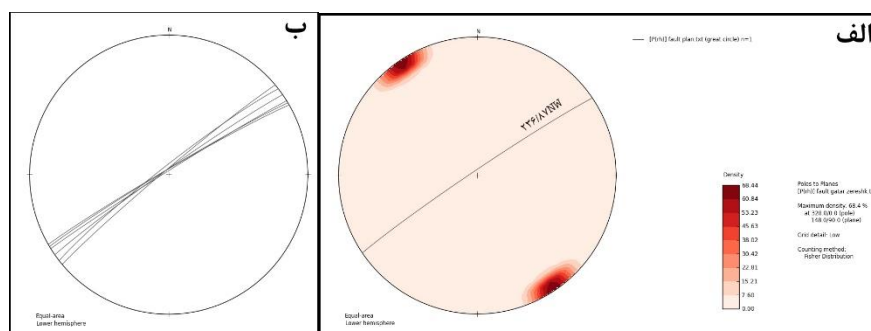
شکل ۳-۲۵- الف) نمودار سیکلوگرافیک بدست آمده از داده‌های برداشت شده از سطح گسل ابر؛ ب) نمودار هم‌تراز قطب صفحات گسلی که روند غالب  $254/64NW$  را برای این گسل نشان می‌دهد.

### ۳-۴-۳- گسل قطار زرشک

این گسل به دلیل قرارگیری در باختر روستای تاش‌علیا و شمال روستای مجن و منطقه قطار زرشک، برای نخستین بار، در این پژوهش به نام قطار زرشک نامیده شد. خطواره این گسل دارای راستای کلی شمال‌خاوری-جنوب‌باختری است (شکل ۳-۲۶) و در حدود ۳ کیلومتر طول دارد. این گسل سازندهای چین‌خورده کرج و فجن را قطع کرده است. با توجه به صفحات گسلی برداشت شده در این مقطع، موقعیت هندسی این گسل  $236/87NW$  و خش‌لغزهای روی گسل حدود  $57^\circ$  درجه پادساعتگرد می‌باشد. خش‌لغز از روی فرودیواره برداشت شد و فرادیواره نسبت به فرودیواره با مولفه امتدادی چپ‌بر به سمت بالا حرکت میکند (شکل ۳-۲۷). با توجه به این اطلاعات به دست آمده نوع گسل معکوس همراه با مولفه امتدادی چپ‌بر تعیین شد.



شکل ۳-۲۶- الف) نمای صحرایی از سطوح گسلی مربوط به گسل قطار زرشک (جهت دید عکس به سمت باختر) ب) خش‌لغزهای دارای ریک  $57^\circ$  پ) پیکان سیاه جهت حرکت بلوک گمشده و پیکان قرمز پله گسلی را نشان می‌دهد.

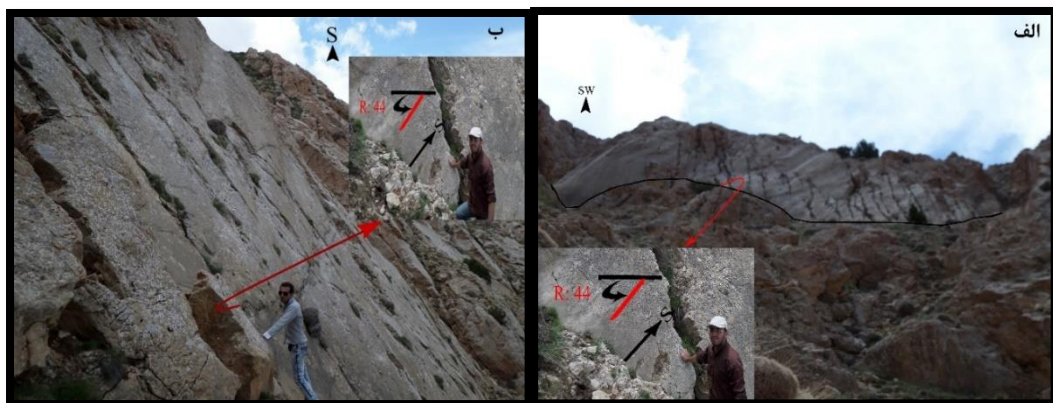


شکل ۳-۲۷- الف و ب: تصویر سیکلوگرافیک سطوح برداشت شده و نمودار کنتور قطب صفحات گسلی و تعیین

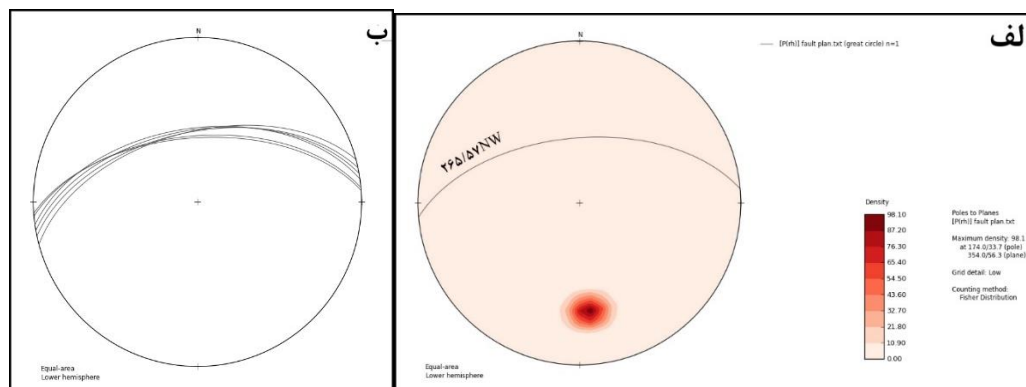
صفحه غالب برای گسل قطار زرشک

### ۳-۴-۴- گسل $F_1$

گسل  $F_1$ ، دارای طول تقریباً ۵ کیلومتر می‌باشد. این گسل در جنوب‌خاوری معدن بوکسیت تاش واقع شده است. در امتداد خاوری و باختری، این گسل تقریباً عمود بر گسل‌های  $F_2$  و  $F_3$  قرار دارد که گسل  $F_1$  را قطع می‌کنند. گسل مذکور به سمت جنوب‌باختری به گسل ابر که گسل اصلی منطقه مورد مطالعه می‌باشد ختم می‌شود. شکل ۳-۲۸ نماهایی صحرائی از نمونه سطوح گسلی برداشت شده را نشان می‌دهد. در امتداد گسل  $F_1$  در مکان‌هایی که امکان برداشت سطح گسلی وجود داشت به منظور تحلیل‌های استریوگرافیک و تعیین مکانیسم اصلی گسل، برداشت‌های متعددی صورت گرفت. با توجه به استریوگرام سطوح گسلی و همین‌طور نمودار کنتور تراکم ترسیم شده از قطب صفحات، صفحه غالب NW  $57^\circ/265^\circ$  برای گسل  $F_1$  پیشنهاد می‌شود (شکل ۳-۲۹). خش‌لغزهای روی گسل حدود ۴۴ درجه پادساعتگرد می‌باشد خش‌لغز از روی فرودیواره برداشت شد و فرادیواره نسبت به فرودیواره با مولفه امتدادی چپ‌بر به سمت بالا حرکت می‌کند (شکل ۳-۲۸).



شکل ۳-۲۸- الف و ب: نمای صحرائی از نمونه سطوح گسلی برداشت شده در راستای گسل  $F_1$  (به ترتیب جهت دید به سمت جنوب‌باختری و جنوب).



شکل ۳-۲۹- الف و ب: تصویر سیکلوگراف سطوح برداشت شده و نمودار کنتور تراکم قطب صفحات گسلی مربوط به

گسل  $F_1$  و پیشنهاد موقعیت میانگین  $265^\circ/57^\circ NW$

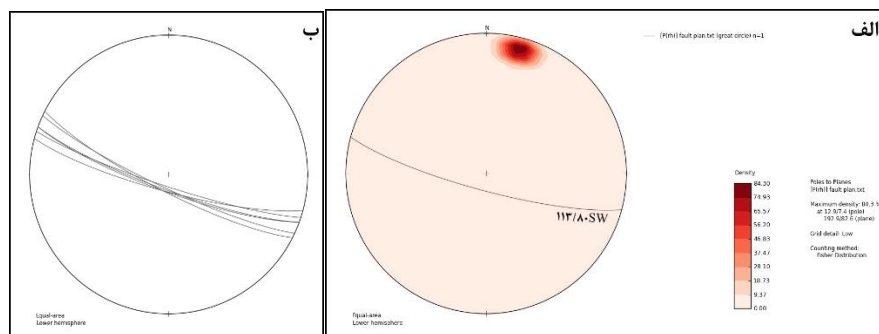
در قطعه فرودیواره این گسل سازند کرج و در قطعه فرادیواره آن سازند لار قرار دارند. عملکرد این گسل سبب بالآآمدگی واحدهای ژوراسیک (سازند لار) بر روی واحدهای ائوسن (سازند کرج) شده است.

### ۳-۴-۵- گسل $F_2$

این گسل در شمال خاوری گسل  $F_1$  قرار دارد که با ترسیم کنتور دیاگرام تراکم قطب صفحات برداشت شده در امتداد این گسل و به دست آوردن صفحه میانگین از آن‌ها می‌توان گفت که شیب و امتداد غالب این گسل برابر با  $113/80 SW$  است (شکل ۳-۳۱). گسل  $F_2$  در امتداد خود سازندهای آهکی روته و نسن را تحت تاثیر قرار داده و بر روی آن‌ها سطوح گسلی متعددی را به جای گذاشته است. بر روی این سطوح گسلی چندین نسل از خراش‌های گسلی قابل تشخیص است. در بررسی آن‌ها، گسل معکوس چپ‌بر می‌باشد. خش‌لغز اندازه‌گیری شده بر روی این صفحه حدود  $90^\circ$  درجه می‌باشد خش‌لغز از روی فرودیواره برداشت شد و فرادیواره نسبت به فرودیواره با مولفه امتدادی چپ‌بر به سمت بالا حرکت می‌کند (شکل ۳-۳۰).



شکل ۳-۳۰- نمایشی از گسل  $F_2$  (جهت دید عکس شمال خاوری) مقدار ریک اندازه گیری شده  $89^\circ$



شکل ۳-۳۱- الف و ب: استریوگرام ترسیم شده از صفحات گسلی برداشت شده در امتداد گسل  $F_2$  و کنتور دیاگرام

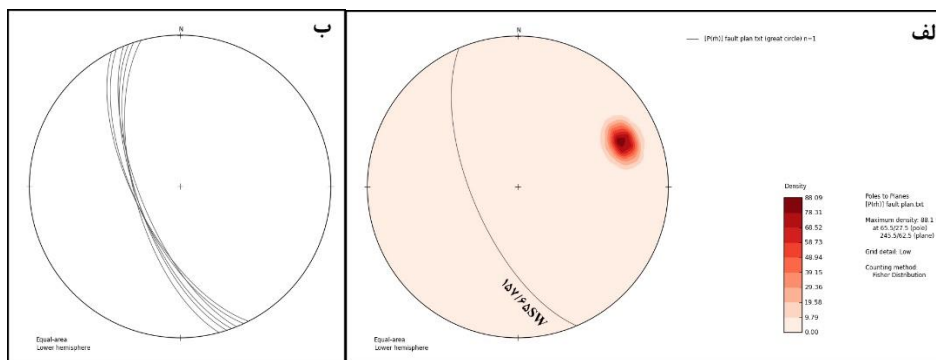
تراکم قطب صفحات گسلی و بدست آوردن موقعیت غالب  $113/80SW$  برای گسل  $F_2$

### ۳-۴-۶- گسل $F_3$

این گسل در شمال خاوری گسل  $F_1$  قرار دارد که با ترسیم کنتور دیاگرام تراکم قطب صفحات برداشت شده در امتداد این گسل و به دست آوردن صفحه میانگین از آن‌ها می‌توان گفت که شیب و امتداد غالب این گسل برابر با  $157/65SW$  است (شکل ۳-۳۳). مقدار خش‌لغز اندازه‌گیری شده بر روی این صفحه حدود  $85$  درجه می‌باشد خش‌لغز از روی فرودپواره برداشت شد و فرادپواره نسبت به فرودپواره با مولفه امتدادی چپ‌بر به سمت بالا حرکت می‌کند. در بررسی خراش‌های گسلی نوع گسل را گسل معکوس چپ‌بر تعیین نمودیم (شکل ۳-۳۲).



شکل ۳-۳۲- نمایشی از گسل F<sub>3</sub> (جهت دید عکس شمال خاوری) مقدار ریک اندازه‌گیری شده ۸۵° ساعتگرد



شکل ۳-۳۳- الف و ب: استریوگرام ترسیم شده از صفحات گسلی برداشت شده در امتداد گسل F<sub>3</sub> و کنتور دیاگرام

تراکم قطب صفحات گسلی و بدست آوردن موقعیت غالب ۱۵۷/۶۵SW برای گسل F<sub>3</sub>

### ۳-۵- سطوح گسلی بین گسل های ابر و شاهکوه

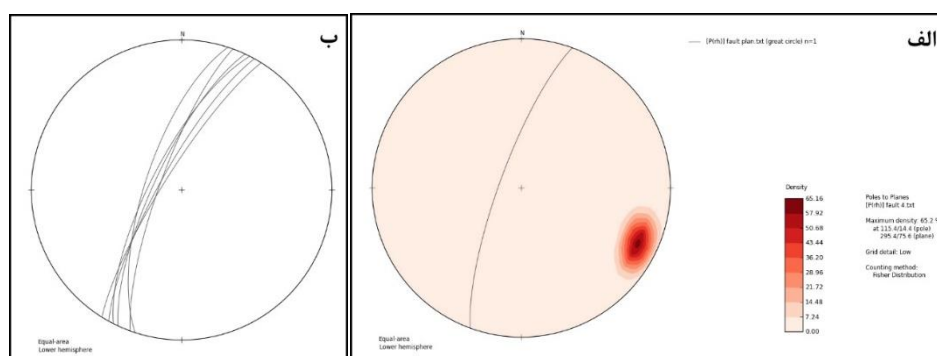
سه سطح گسلی در محل ختم شدن گسل معکوس ابر به گسل معکوس شاهکوه وجود دارد که در نقشه زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ گرگان و نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ علی آباد مشخص نگردیده که مربوط به کدام یک از گسل‌های مذکور می‌باشند در حالیکه در امتداد و دنباله این دو گسل می‌باشند در نتیجه در طی مطالعات صحرایی بر روی این سه سطح گسلی که در فاصله تقریباً ۴ متری هم قرار دارند و برداشت‌های متعددی که از روی سطوح گسلی انجام شد حرکت و سازوکار آن‌ها را نسبت به دو گسل ابر و شاهکوه مقایسه شد در نتیجه به بررسی این سطوح گسلی در ذیل می‌پردازیم.

### ۳-۵-۱- گسل F<sub>4</sub>

گسل F<sub>4</sub> تقریباً در همجواری گسل شاهکوه قرار گرفته است که با ترسیم کنتور دیاگرام تراکم قطب صفحات برداشت شده در امتداد این گسل و به دست آوردن صفحه میانگین از آن می‌توان گفت که شیب و امتداد غالب این گسل برابر با ۲۰۰/۷۸NW است (شکل ۳-۳۵). مقدار خش‌لغز اندازه‌گیری شده بر روی این صفحه حدود ۷۰ درجه ساعتگرد می‌باشد. خش‌لغز از روی فرودیواره برداشت شد و فرادیواره نسبت به فرودیواره با مولفه امتدادی راست‌بر به سمت بالا حرکت می‌کند. در بررسی خراش‌های گسلی نوع گسل را گسل معکوس راست‌بر تعیین نمودیم (شکل ۳-۳۴). با توجه به این‌که ساز و کار این گسل مانند سازوکار گسل شاهکوه است در نتیجه این قسمت از منطقه گسلی مربوط به گسل شاهکوه می‌باشد.



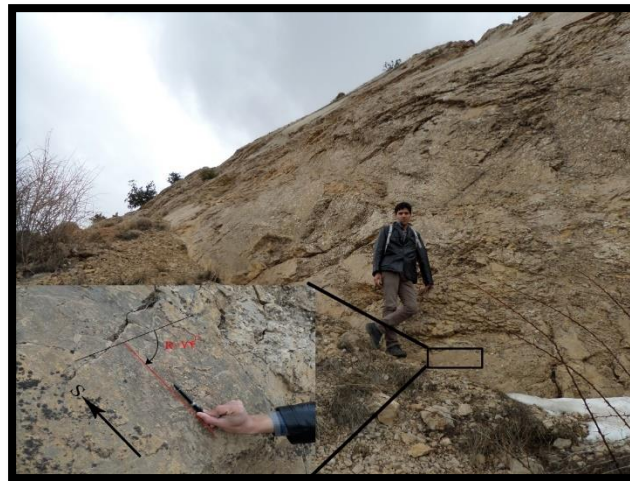
شکل ۳-۳۴- نمایی از گسل F<sub>4</sub> (جهت دید عکس جنوب‌خاوری)



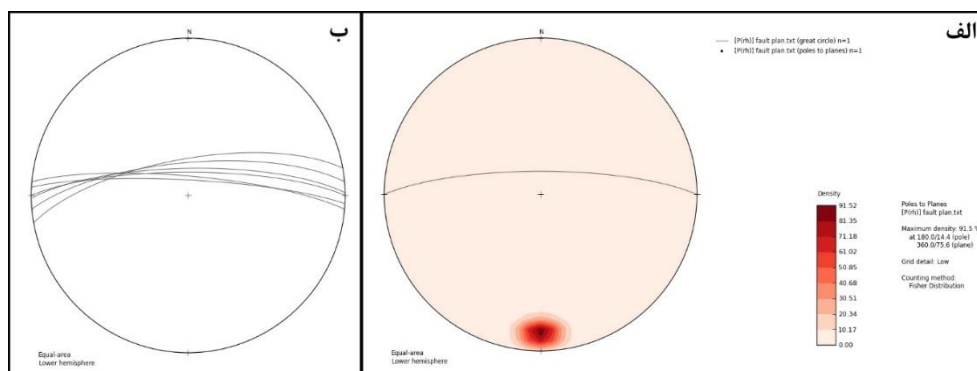
شکل ۳-۳۵- الف و ب: استریوگرام ترسیم شده از صفحات گسلی برداشت شده در امتداد گسل F<sub>4</sub> و کنتور دیاگرام تراکم قطب صفحات گسلی و بدست آوردن موقعیت غالب ۲۰۰/۷۸NW برای گسل F<sub>4</sub>

### ۳-۵-۲- گسل F<sub>5</sub>

گسل F<sub>5</sub> تقریباً در همجواری گسل شاهکوه قرار گرفته است که با ترسیم کنتور دیاگرام تراکم قطب صفحات برداشت شده در امتداد این گسل و به دست آوردن صفحه میانگین از آن می توان گفت که شیب و امتداد غالب این گسل برابر با ۲۷۰/۷۸NW است (شکل ۳-۳۷). مقدار خش لغز اندازه گیری شده بر روی این صفحه حدود ۷۴ درجه ساعتگرد می باشد. خش لغز از روی فرودیواره برداشت شد و فرادیواره نسبت به فرودیواره با مولفه امتدادی راست بر به سمت بالا حرکت می کند. در بررسی خراش های گسلی نوع گسل را گسل معکوس راست بر تعیین نمودیم (شکل ۳-۳۶). با توجه به این که ساز و کار این گسل مانند سازوکار گسل شاهکوه است در نتیجه این قسمت از منطقه گسلی مربوط به گسل شاهکوه می باشد.



شکل ۳-۳۶- نمایی از گسل F<sub>5</sub> (جهت دید عکس جنوب خاوری)



شکل ۳-۳۷- الف و ب: استریوگرام ترسیم شده از صفحات گسلی برداشت شده در امتداد گسل F<sub>5</sub> و کنتور دیاگرام

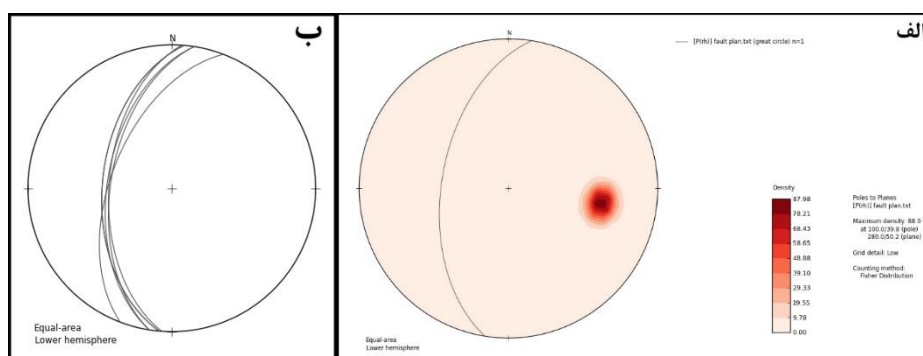
تراکم قطب صفحات گسلی و بدست آوردن موقعیت غالب ۲۷۰/۷۸NW برای گسل F<sub>5</sub>

### ۳-۵-۳- گسل F<sub>6</sub>

گسل F<sub>6</sub> تقریباً در همجواری گسل ابر از قست روستای تاش رخنمون دارد که با ترسیم کنتور دیاگرام تراکم قطب صفحات برداشت شده در امتداد این گسل و محاسبه صفحه میانگین از آن می‌توان گفت که شیب و امتداد غالب این گسل برابر با ۱۸۹/۵۳NW است (شکل ۳-۳۹). مقدار خش‌لغز اندازه‌گیری شده بر روی این صفحه حدود ۴۵ درجه پادساعتگرد می‌باشد. خش‌لغز از روی فرودیواره برداشت شد و فرادیواره نسبت به فرودیواره با مولفه امتدادی چپ‌بر به سمت بالا حرکت می‌کند. در بررسی خراش‌های گسلی، گسل را گسل معکوس چپ‌بر تعیین نمودیم (شکل ۳-۳۸). با توجه به این‌که ساز و کار این گسل مانند سازوکار گسل ابر است در نتیجه این قسمت از منطقه گسلی مربوط به گسل ابر می‌باشد.



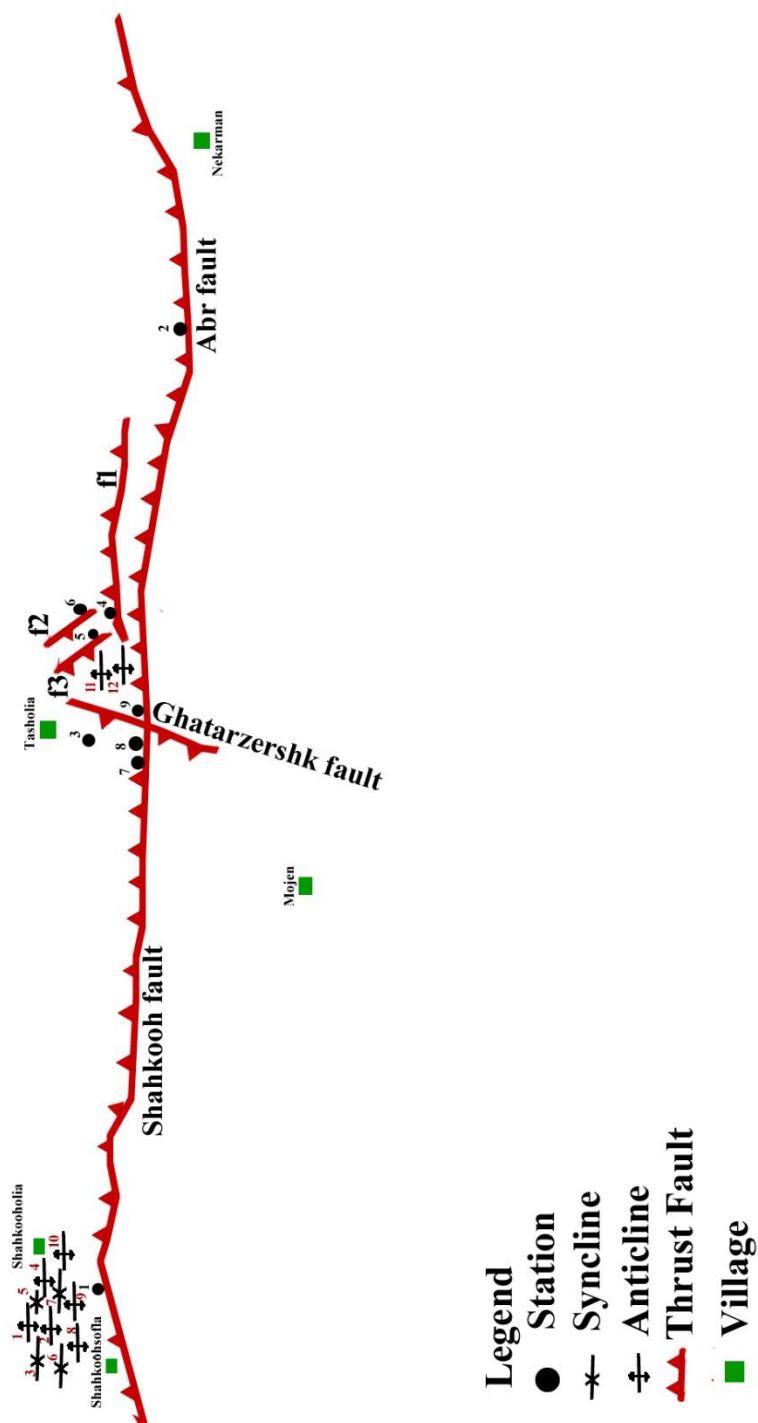
شکل ۳-۳۸- نمایی از گسل F<sub>6</sub> (جهت دید عکس جنوب‌خاوری)



شکل ۳-۳۹- الف و ب: استریوگرام ترسیم شده از صفحات گسلی برداشت شده در امتداد گسل F<sub>6</sub> و کنتور دیاگرام

تراکم قطب صفحات گسلی و بدست آوردن موقعیت غالب ۱۸۹/۵۳NW برای گسل F<sub>6</sub>

## Structural map of Abr-Shahkoo



شکل ۳-۴۰- نقشه ساختاری منطقه مورد مطالعه

# فصل چهارم

## بررسی میدان تنش در منطقه مورد مطالعه

---

نیروهای ناشی از حرکات قطعات لیتوسفری در زمان‌های مختلف در بخش‌های مختلف پوسته، موجب ایجاد میدان‌های تنش گردیده و باعث رخداد دگرریختی در سنگ‌ها می‌شود. بر حسب شرایطی که سنگ‌ها قرار دارند و تنش‌های وارده، دگرریختی‌های مختلفی حاصل می‌شود و در نتیجه ساختارها و یا اشکال ساختمانی مختلفی شکل می‌گیرند. بنابراین، بررسی ساختارها و سیمای زمین، نحوه دگرریختی و تنش‌های وارده را نمایان می‌سازد. علم زمین‌شناسی ساختمانی ضمن مطالعه این دگرریختی‌ها سعی در شناسایی نحوه اعمال تنش در زمان‌های مختلف دارد.

به بررسی و مطالعه جنبش‌هایی که به هنگام تشکیل و دگرشکلی سنگ‌ها روی داده است هم چون جابه‌جایی، تغییر حجم، چرخش و به هم ریختگی، تحلیل جنبشی گویند.

به منظور دستیابی به الگوی جنبشی مناسب باید مراحل زیر را بررسی نمود:

- بررسی هندسه و سازوکار تشکیل ساختارهای اصلی هم چون چین‌ها و گسل‌ها

- بررسی تغییرات محلی هندسه ساختارها (جابجایی‌ها)

- دستیابی به محورهای اصلی تنش و کرنش در گستره مورد مطالعه

- بررسی توزیع ناحیه‌ای محورهای اصلی تنش

- دستیابی به الگوی جنبشی مناسب با ترکیب کردن موارد بالا

جابجایی‌های مختلف سبب پیدایش عناصر ساختاری و تغییر شکل‌های بعدی آنها می‌گردد که این حرکات و جابجایی عناصر ساختاری در تحلیل جنبشی نقش مهمی دارند و با مطالعه و بررسی عناصر ساختاری می‌توان نشانه‌های حرکت را بر روی این عناصر مشاهده نمود. سازوکار عناصر ساختاری مختلف را می‌توان بر اساس خصوصیات هندسی عناصر و ارتباط آنها با یکدیگر به دست آورد. از جمله ساختارهای فشارشی، چین‌ها و راندگی‌ها می‌باشند که معمولاً به ترتیب محورشان و امتدادشان عمود بر تنش حداکثر است.

#### ۴-۲- ویژگی‌های میدان تنش

در هر پهنه، محورهای اصلی تنش عبارتند از:  $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$ ، که هر کدام از آنها یک کمیت تانسوری و دارای جهت و مقدار است. عوامل کنترل کننده آشفته‌گی‌ها در میدان تنش و موقعیت محور تنش را در موارد زیر می‌توان خلاصه کرد:

- موقعیت بردار تنش ناحیه

- ویژگی‌های مکانیکی مواد و اجزاء سازنده محیط

- ساختارهای منطقه، نحوه قرارگیری چین‌ها و شکستگی‌ها

#### ۴-۲-۱- تعیین راستای تنش اصلی وارد بر منطقه مطالعاتی

تحلیل تنش و تهیه نقشه‌های آن ابزار مناسبی برای درک تحول ژئودینامیکی منطقه در زمان‌های مختلف زمین‌شناسی است. جهت تعیین راستای تنش دیرینه اصلی از عناصر ساختاری چون گسل‌ها، چین‌خوردگی‌ها و درزه‌ها استفاده می‌گردد.

با توجه به توزیع هندسی عناصر ساختاری در منطقه و اندازه‌گیری‌های انجام شده بر روی این عناصر و مقایسه انواع مختلف آن می‌توان توزیع محورهای جنبشی را در بخش‌های مختلف منطقه به طور کلی به‌دست آورد. امروز زمین‌شناسان برای تعیین راستای تنش اصلی از روش‌های متعددی استفاده می‌کنند. آرمان تعیین جهات تنش‌های اصلی به کمک آرایش گسل‌ها و بردار لغزش روی آن‌ها در گسل‌ها، بطور اساسی پس از تئوری اندرسون (۱۹۴۲) شکل گرفت. روش‌های دیگر مانند الکساندروسکی (۱۹۸۵) و آرتود (۱۹۶۹) مبتنی بر سطوح حرکت<sup>۱</sup> هستند.

---

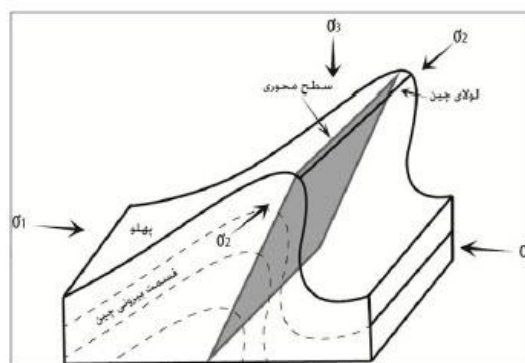
<sup>۱</sup> - planes Movement

در این فصل سعی شده است تا با بررسی عناصر هندسی بدست آمده از چین‌ها و همین‌طور بررسی لغزش‌های صورت گرفته بر روی سطوح گسلی برداشت شده در منطقه مورد مطالعه، موقعیت محورهای اصلی تنش ( $\sigma_1$  و  $\sigma_2$  و  $\sigma_3$ ) را در بازه زمانی پرمین تا اتوسن مورد ارزیابی قرار گیرد.

#### ۴-۲-۱-۱- تعیین موقعیت محورهای استرس با استفاده از سطح محوری چین‌ها

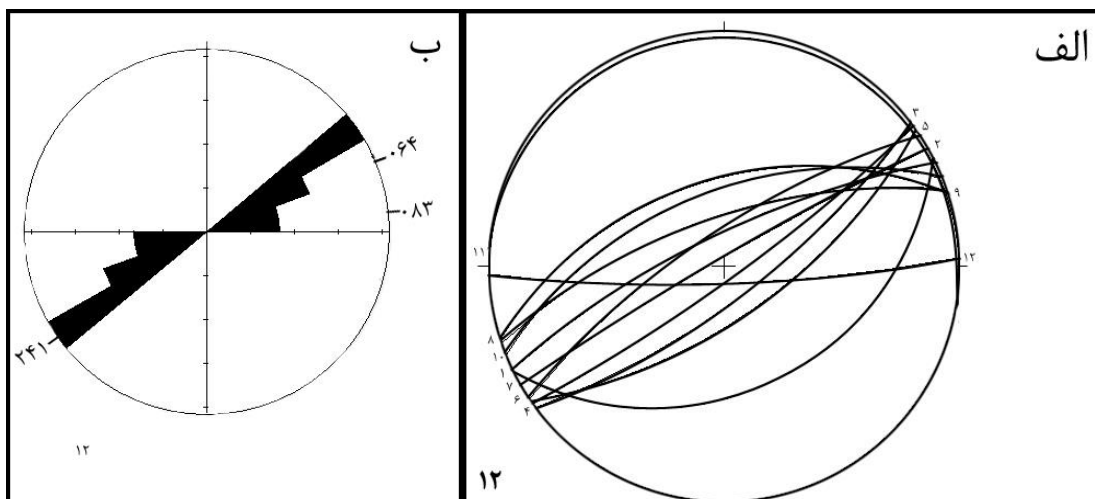
ساختارهای بسیاری هستند که محصول دگرریختی‌های پیشرونده هستند. این ساختارها بر اثر تجمع و اتنش‌های کوچک به وجود می‌آیند. به طور نمونه چین‌ها را می‌توان به عنوان ساختارهایی که محصول نهایی تجمع تنش می‌باشند، نام برد. در هر نقطه در داخل چین‌ها، تغییر شکل‌های پیشرونده دارای مقدار و بزرگی متفاوتی هستند که این عامل باعث مشکل و پیچیده شدن تعیین محل و تفسیر موقعیت محورهای اصلی تنش در مقیاس‌های متفاوت با توجه به این ساختارها می‌شود [59].

یکی از روش‌های تعیین موقعیت محورهای تنش با استفاده از سطوح محوری چین‌های موجود در منطقه است. خطی که عمود بر سطح محوری چین قرار می‌گیرد همان محور فشردگی به وجود آورنده چین می‌باشد [37]، که برابر محور تنش بیشینه ( $\sigma_1$ ) است. موقعیت  $\sigma_2$  نیز در چین‌ها، با موقعیت محور چین برابر می‌باشد. همچنین با توجه به فاصله ۹۰ درجه‌ای محورهای تنش از یکدیگر، موقعیت تنش  $\sigma_3$  به آسانی قابل شناسایی می‌باشد (شکل ۴-۱).



شکل ۴-۱- موقعیت محورهای اصلی تنش نسبت به عناصر اصلی چین [برگرفته از ۲۷]

با توجه به اندازه‌گیری‌های به عمل آمده از وضعیت چین‌های منطقه، به کمک محور چین‌ها و صفحه محوری آن‌ها مختصات محور تنش بیشینه به دست آمد (شکل ۴-۲).

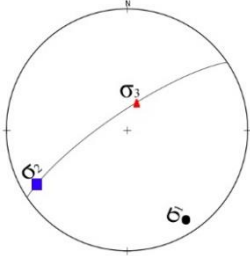
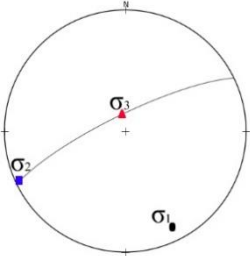
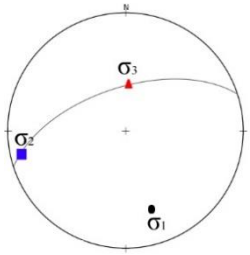
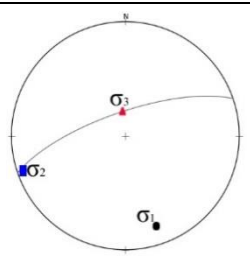
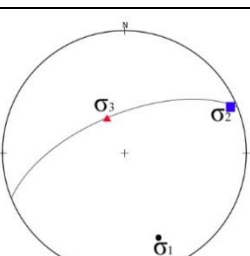
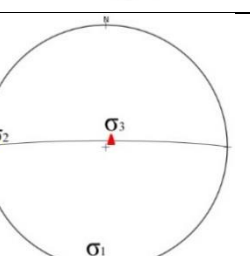


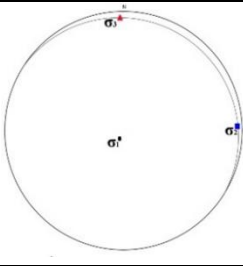
شکل ۴-۲) الف- موقعیت سطوح محوری در چین‌های برداشت شده در سازندهای دورود و کرج در دوره پرمین و ائوسن؛ شماره‌ها نشان دهنده شماره اختصاص داده شده به هر چین در جدول ۴-۱ می‌باشد. ب- رز دیاگرام امتدادی سطوح محوری که بیان کننده سه روند غالب ۲۴۱ و ۰۶۴ و ۰۸۳ درجه برای سطوح محوری در این چین‌ها می‌باشد.

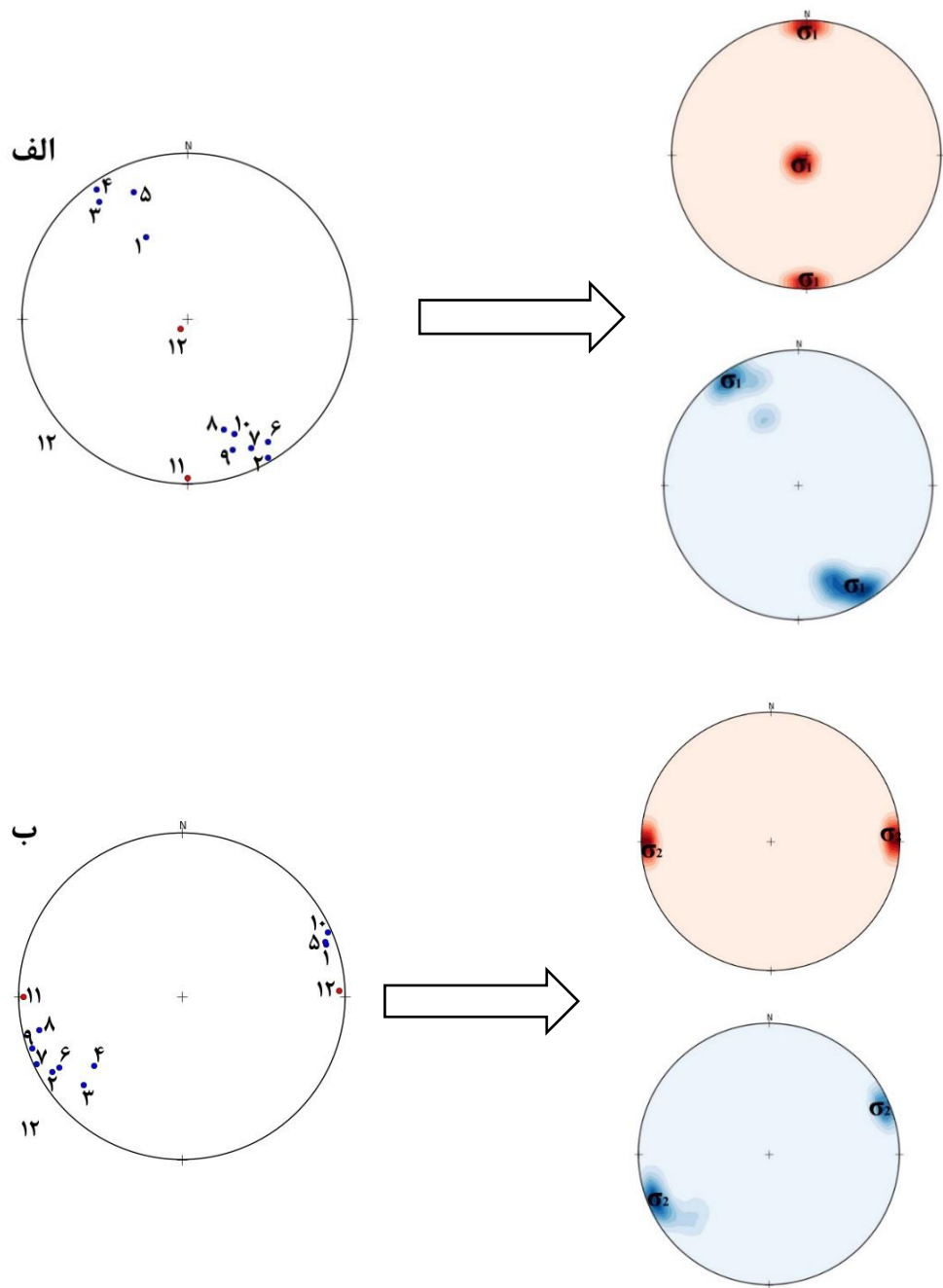
موقعیت محورهای اصلی تنش و سطح محوری را برای هر کدام از چین‌های منطقه مورد مطالعه در جدول ۴-۱ ترسیم شد و سپس در شکل ۴-۳ استریوگرام و کنتور دیاگرام‌های تفکیک شده به ترتیب برای محورهای  $\sigma_1$ ،  $\sigma_2$ ،  $\sigma_3$  در چین‌های مورد نظر پیاده گردید و در نهایت نسل‌های مختلف (پرمین تا ائوسن) به دست آمده از محورهای اصلی تنش (به ترتیب  $\sigma_1$ ،  $\sigma_2$ ،  $\sigma_3$ ) در چین‌های برداشت شده در منطقه مورد مطالعه به دست آمد (شکل ۴-۴). با توجه به کمبود شواهد نمی‌توان تقدم و تاخر نسل‌های مختلف چین‌خوردگی و متعاقب آن نسل‌های مختلف تنش حاکم بر منطقه را صرفاً از روی مطالعه چین‌های مربوط به سازندهای دوره پرمین و ائوسن بدست آورد.

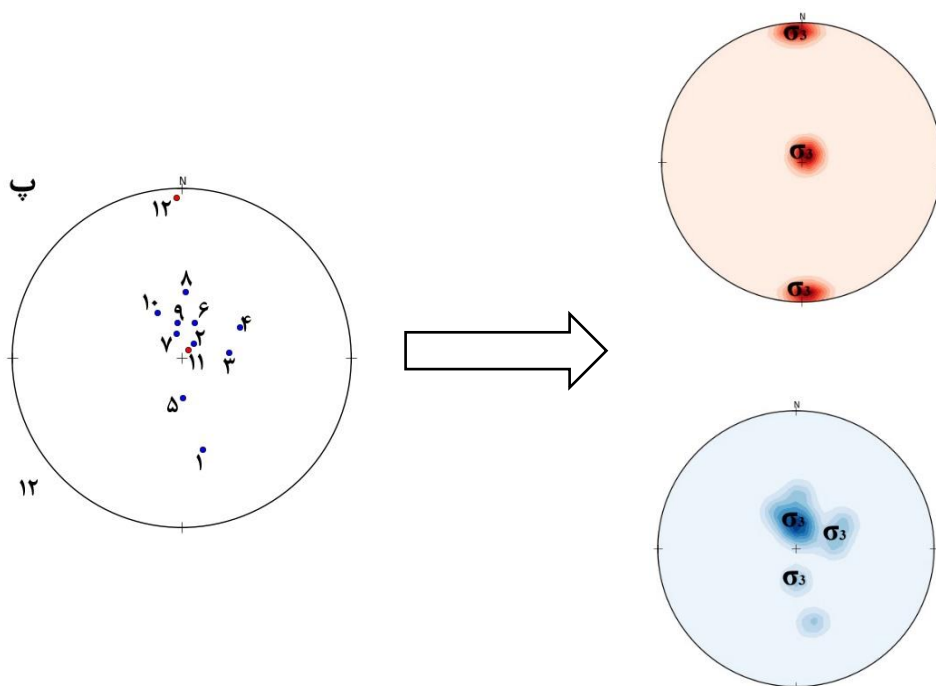
جدول ۴-۱- موقعیت محورهای اصلی تنش و سطح محوری به همراه استریوگرام مربوط به آن‌ها برای چین‌های برداشت شده در منطقه مورد مطالعه

| شماره | نام<br>چین     | موقعیت<br>$\sigma_1$ | موقعیت<br>$\sigma_2$ | موقعیت<br>$\sigma_3$ | موقعیت<br>سطح محوری | استریوگرام |
|-------|----------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|------------|
| ۱     | A <sub>1</sub> | ۳۳۳/۴۴               | ۰۷۰/۰۷               | ۱۶۷/۴۴               | ۰۶۳/۴۶              |            |
| ۲     | A <sub>2</sub> | ۱۵۰/۰۳               | ۲۴۰/۰۹               | ۰۳۸/۸۱               | ۲۴۰/۸۷              |            |
| ۳     | A <sub>3</sub> | ۳۲۳/۱۲               | ۲۲۸/۲۰               | ۰۸۳/۶۷               | ۰۵۳/۷۸              |            |
| ۴     | A <sub>4</sub> | ۳۲۵/۰۵               | ۲۳۲/۳۲               | ۰۶۲/۵۸               | ۰۵۴/۸۵              |            |
| ۵     | A <sub>5</sub> | ۳۳۷/۱۸               | ۰۶۹/۰۷               | ۱۷۹/۷۱               | ۰۶۷/۷۲              |            |

|                                                                                     |        |        |        |        |                 |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|-----------------|----|
|    | ۲۳۶/۷۸ | ۰۱۹/۷۲ | ۲۴۰/۱۴ | ۱۴۷/۱۲ | A <sub>6</sub>  | ۶  |
|    | ۲۴۴/۷۹ | ۳۴۸/۷۸ | ۲۴۵/۰۲ | ۱۵۴/۱۴ | A <sub>7</sub>  | ۷  |
|   | ۲۵۲/۶۰ | ۰۰۳/۵۸ | ۲۵۷/۱۱ | ۱۶۲/۳۰ | A <sub>8</sub>  | ۸  |
|  | ۲۵۱/۷۳ | ۳۵۲/۷۳ | ۲۵۱/۰۳ | ۱۶۱/۱۷ | A <sub>9</sub>  | ۹  |
|  | ۲۴۸/۶۴ | ۳۳۲/۶۵ | ۰۶۶/۰۳ | ۱۵۸/۲۶ | A <sub>10</sub> | ۱۰ |
|  | ۲۷۰/۸۶ | ۰۳۵/۸۵ | ۲۷۰/۰۳ | ۱۸۰/۰۴ | A <sub>11</sub> | ۱۱ |

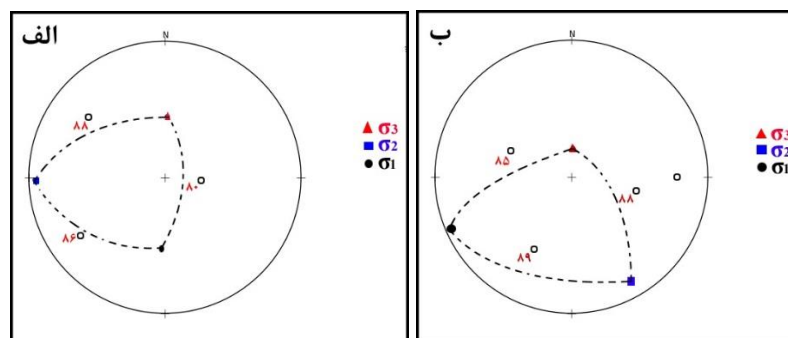
|                                                                                   |        |        |        |        |          |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|----------|----|
|  | ٣٠٢/٠٧ | ٣٥٨/٠٦ | ٠٨٨/٠٤ | ٢١٤/٨٤ | $A_{12}$ | ١٢ |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|----------|----|





شکل ۳-۴- الف، ب، پ: استریوگرام ترسیم شده و کنتور دیاگرام‌های تفکیک شده به ترتیب برای محورهای  $\sigma_1$ ،  $\sigma_2$ ،  $\sigma_3$  در چین‌های مربوط به منطقه مورد مطالعه. شماره‌ها نشان‌دهنده شماره اختصاص داده شده به هر چین در جدول

۱-۴



شکل ۴-۴- الف، ب: نسل‌های مختلف به دست آمده از محورهای اصلی تنش (به ترتیب  $\sigma_1$ ،  $\sigma_2$ ،  $\sigma_3$ ) در چین‌های برداشت شده در منطقه مورد مطالعه

بر اساس جدول ۲-۴ موقعیت عناصر هندسی در چین‌های منطقه شاهکوه، محور بیشینه فشارش به سمت SSE ( $150^\circ/130^\circ$ ) بدست آمده است. این جهت‌گیری در چین‌های بررسی شده در سازندهای مربوط به منطقه ابر (۱۱ و ۱۲) نیز قابل پیگیری می‌باشد ( $183^\circ/47^\circ$ ).

جدول ۴-۲- خلاصه‌ای از موقعیت نسل‌های مختلف تنش بدست آمده از چین‌های مربوط به منطقه مورد مطالعه

| نسل‌های مختلف تنش                                                | موقعیت ۵۱ | موقعیت ۵۲ | موقعیت ۵۳ |
|------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| الف: محاسبه شده از چین‌های ۱۱ و ۱۲                               | ۱۸۳/۴۷    | ۲۶۹/۰۵    | ۰۰۲/۵۳    |
| ب: محاسبه شده از چین‌های شماره‌های ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹، ۱۰ | ۱۵۰/۱۳    | ۲۴۷/۰۳    | ۰۰۳/۷۳    |

#### ۴-۲-۱-۲- تعیین موقعیت محورهای اصلی تنش با استفاده از گسل‌ها

تعیین جهات تنش‌های اصلی به کمک آرایش گسل‌ها و بردار لغزش روی آن‌ها، به طور اساسی پس از تئوری اندرسون (۱۹۴۲) شکل گرفت. سنگ‌ها به طور عمومی دارای تعداد زیادی شکستگی قبلی هستند که با جهات‌های مختلف در درون موادی با ویژگی‌های گوناگون جای گرفته‌اند. بنابراین پیش-فرض‌های قانون اندرسون، محدودتر از آن است که بتوان آن را در شرایط طبیعی زمین به کار برد. امروزه زمین‌شناسان جهت تعیین راستای تنش‌های اصلی از روش‌های متعددی استفاده می‌کنند. اساساً تعیین راستای تنش‌های اصلی به کمک آرایش گسل‌ها و طرح لغزش روی آن‌ها صورت می‌گیرد. خراش-های گسلی جهت جابه‌جایی را بر روی دو قطعه سنگی نسبت به یکدیگر ثبت می‌کنند که به عنوان جهت بیشینه تنش برشی در نظر گرفته می‌شود. این امر یکی از پیش‌فرض‌های مهم روش‌های محاسباتی به شمار می‌رود که به آن روش برگشتی گفته می‌شود.

در مکانیک سنگ، پژوهشگران با در دست داشتن جهات معلوم، تلاش می‌کنند به جهت بیشینه برش در سنگ‌ها دست یابند. اما برای مقاصد زمین‌شناسی جهت برش بیشینه (خراش گسلی) بر روی صفحه گسلی معلوم است و آنچه مطلوب است، وارونه کردن مسئله است. بدان معنی که با داشتن جهت برش بیشینه بتوان به جهت تنش‌های اصلی رسید که باعث تشکیل گسل و خراش گسلی شده است. افزون بر این، در هر پهنه گسلی تعداد زیادی صفحه گسل با خراش‌های گسلی مربوط به آن‌ها رخنمون دارند. با اندازه‌گیری این عناصر خطی و صفحه‌ای در یک پهنه گسلی، می‌توان به جهت تنشی دست یافت که

در شکل‌گیری یک پهنه سنگی کارساز بوده است. از این رو چون کار محاسباتی وارون صورت می‌گیرد به آن روش برگشتی گفته می‌شود.

چنانکه چنین محاسباتی در جهت‌های مختلف انجام گیرد، می‌توان به یک تنسور تنش دست یافت که می‌تواند بیانگر شکل بیضی تنش و شیوه قرارگیری جهت‌های اصلی تنش (کمینه  $\sigma_1$ ، میانی  $\sigma_2$ ، بیشینه  $\sigma_3$ ) باشد. یکی از مشکلاتی که چنین محاسباتی را با دشواری روبه‌رو می‌کند، اختلافی است که میان جهت بیشینه تنش برشی اندازه‌گیری شده (توسط خراش‌های گسلی) و جهت بیشینه تنش برش محاسبه شده (توسط روابط فیزیکی) بدست می‌آید. به بیان دیگر جهت خراش‌های گسلی که در طبیعت اندازه‌گیری می‌شود، به آنچه که به کمک روابط فیزیکی محض محاسبه می‌شود، با یکدیگر همخوان نیستند. برای حل این مشکل لازم است تنسور تنش محاسبه شود تا زاویه ناهمخوانی در آن به کمترین مقدار ممکن برسد. این مرحله یکی از پایه‌های روش برگشتی است [36].

شمار روش‌های به کمینه رساندن زاویه ناهمخوانی، به اندازه شمار برنامه‌های رایانه‌ای است که توانمند محاسبه تنسور تنش هستند. در این بررسی از نرم‌افزار Faultkin و از روش دووجهی P و T آنجلیه و مککر (۱۹۷۷) استفاده شده است.

این روش به ما این اجازه را می‌دهد که دگرریختی کلی با الگوی حرکت کلی حاصل از حرکت انباشتی گسله‌ها را در یک ناحیه تعیین نموده و جهت کلی کوتاه‌شدگی و درازشدگی را مشخص نماییم. فرض‌های مهم روش‌های برگشتی به‌قرار زیر است [24]:

➤ جنبش زمین‌ساختی که باعث حرکت گسل‌ها شده تحت یک تنسور خاص همگن صورت گرفته است.

➤ عملکرد تنش در یک توده سنگی باعث ایجاد گسل‌های جدید یا باز فعال شدن حرکت بر روی صفحات قبلی می‌شوند و لغزش در سطح آن‌ها در جهت مولفه اصلی تنش برشی<sup>۱</sup> روی می‌دهد.

---

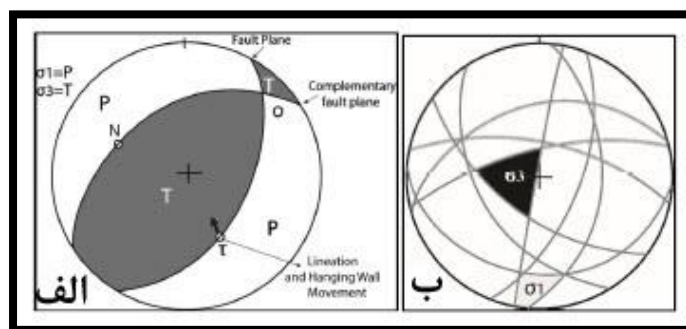
<sup>۱</sup>- Resolved Sheard Stress

- جنبش زمین‌ساختی که موجب شکل‌گیری گسل‌ها شده، یک رویداد یکباره بوده و صفحه‌های سنگی در حین این رویداد زمین‌ساختی، دچار هیچ چرخشی نشده‌اند و اندازه تغییرات هندسی گسل در مقایسه با ابعاد صفحه‌های سنگی و بلوک‌های تشکیل شده بسیار اندک است.
- لغزش هر گسل مستقل از گسل دیگر است.
- در این رویداد مشخصه زمین‌ساختی هیچ تغییر حجمی در توده سنگی روی نداده است.

#### ۴-۲-۱-۲- تعیین تنش با استفاده از روش دو وجهی عمود بر هم<sup>۱</sup>

این روش نخستین بار توسط آنجلیه و مک‌لر<sup>۲</sup> ارائه شد. در این روش برای هر دسته از داده‌ها (وضعیت گسل و بردار لغزش) یک صفحه گسل و یک صفحه کمکی می‌توان ترسیم نمود. 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 صورت محدوده تحت گسلش به دو بخش فشارشی (محور  $T$ ) و کششی (محور  $P$ ) تقسیم می‌شود که دو ربع فشارشی و کششی در مقابل یکدیگر قرار می‌گیرند.

وی بیان کرد که، به ویژه در نواحی دارای شکستگی‌های قدیمی، ممکن است اختلاف زیادی بین موقعیت تنش‌های اصلی و محورهای  $P$  و  $T$  وجود داشته باشد. در واقع موقعیت بزرگترین و کوچکترین تنش اصلی ممکن است در هر جایی از ربع‌های  $P$  و  $T$  قرار گرفته باشد. در این روش موقعیتی که بیشترین تعداد ربع‌های  $P$  و  $T$  قرار می‌گیرد، به احتمال زیاد با جهت  $\sigma_1$  و  $\sigma_3$  مطابقت دارد (شکل ۴-۵).



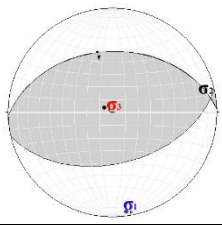
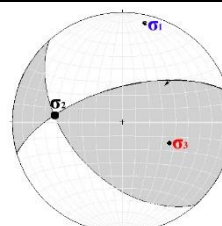
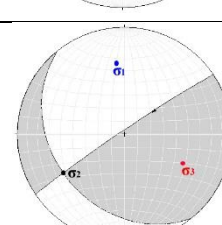
شکل ۴-۵- الف: چگونگی قرارگیری ربع‌های  $P$  و  $T$  در یک گسل معکوس. ب: چگونگی محدود کردن دو وجهی‌های کشش و فشارش و مشخص کردن موقعیتی که بیشترین تطابق را با محور  $\sigma_1$  و  $\sigma_3$  دارا می‌باشد. (نقل از آنجلیه و مک‌لر)

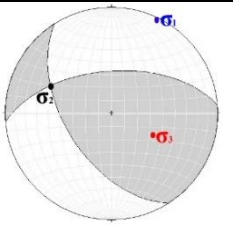
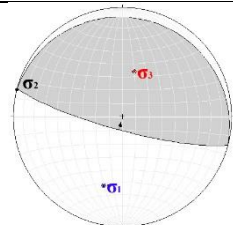
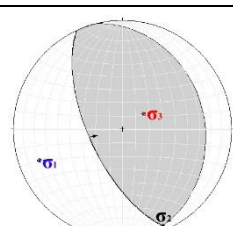
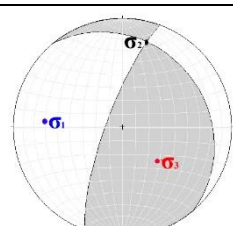
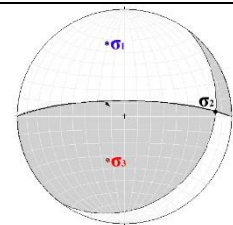
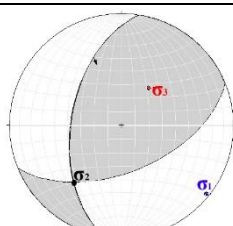
<sup>۱</sup>- Right dihedral method  
<sup>۲</sup>- P & T dihedral

در بررسی این سطوح با استفاده از روابط موجود برای تعیین رویدادهای زمین‌ساختی و هم‌ین‌طور جداسازی محوره‌های P و T سعی شد تا گسل‌های سازگار از نظر سینماتیکی تفکیک و نسل‌های مختلف سطوح گسلی به همراه خراش‌های گسلی مربوط به آن‌ها مشخص گردد. سپس محوره‌های تنش مربوط به آن‌ها به روش آنجلیه و مکلر محاسبه گردید.

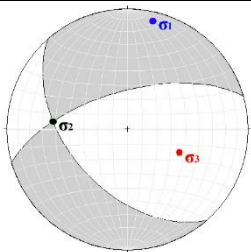
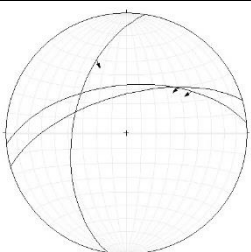
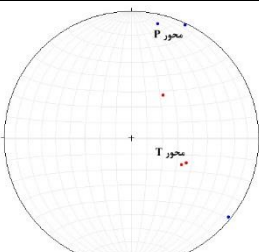
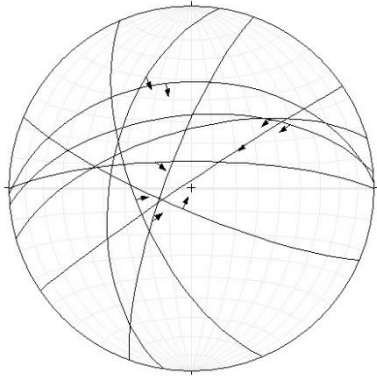
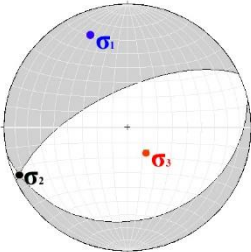
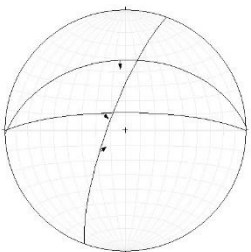
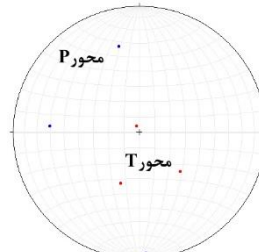
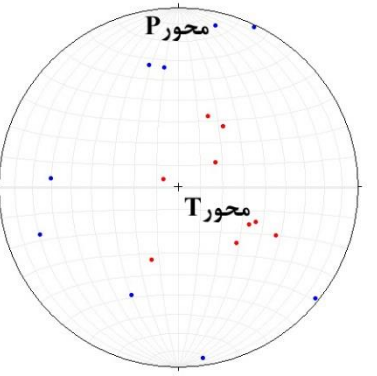
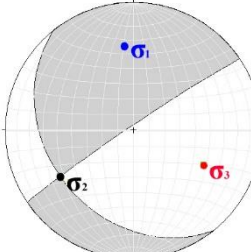
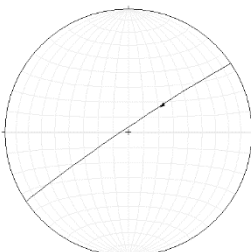
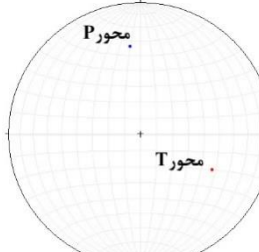
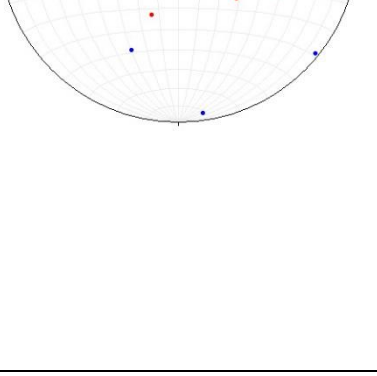
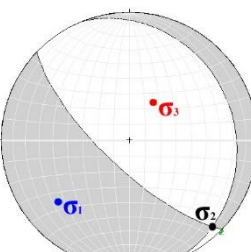
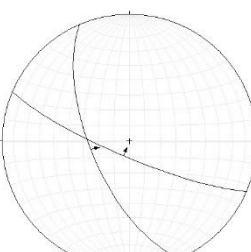
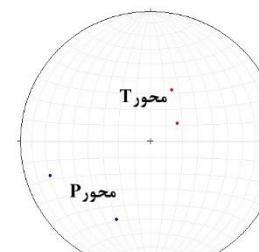
نتایج حاصل از استریوگرام‌ها و موقعیت محوره‌های تنش به دست آمده در هر ایستگاه برای هر یک از گسل‌ها در جدول ۴-۵ و استریوگرام‌های مربوط به آن‌ها در جدول ۴-۳ آورده شده است. مراحل ذکر شده در فوق برای ایستگاه‌ها در جدول ۴-۴ آورده شده است.

جدول ۴-۳- مشخصات صفحات گسلی برداشت شده به منظور تعیین جهت محوره‌های فشارش و کشش در منطقه

| سازوکار کانونی                                                                       | شیب<br>خش‌لغز | روند<br>خش‌لغز | شیب<br>گسل | امتداد<br>گسل |   |
|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------|----------------|------------|---------------|---|
|  | ۴۰            | ۳۴۶            | ۴۱         | ۲۶۸           | ۱ |
|  | ۴۱            | ۰۴۹            | ۶۴         | ۲۵۴           | ۲ |
|  | ۵۷            | ۰۵۱            | ۸۷         | ۲۳۶           | ۳ |

|   |     |    |      |    |                                                                                      |
|---|-----|----|------|----|--------------------------------------------------------------------------------------|
| ۴ | ۲۶۵ | ۵۷ | ۰.۵۷ | ۳۶ |    |
| ۵ | ۱۰۵ | ۸۰ | ۱۹۵  | ۸۰ |    |
| ۶ | ۱۵۵ | ۶۵ | ۲۵۷  | ۶۵ |    |
| ۷ | ۲۰۰ | ۷۸ | ۲۳۰  | ۶۷ |   |
| ۸ | ۲۷۰ | ۷۸ | ۳۰۶  | ۷۰ |  |
| ۹ | ۱۸۹ | ۵۳ | ۳۳۸  | ۳۴ |  |

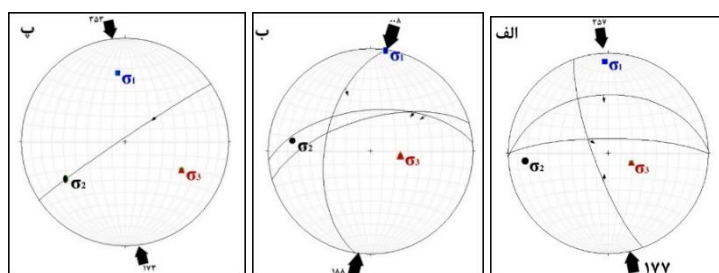
جدول ۴-۴- تفکیک گسل‌های سازگار و محاسبه موقعیت محورهای اصلی تنش در منطقه مورد مطالعه

| موقعیت محورهای اصلی<br>تنش در هر سطح گسل                                              | سطوح گسلی سازگار                                                                     | محورهای $T$ و $P$ تفکیک<br>شده                                                      | سطوح گسلی و محورهای $P$ و $T$<br>محاسبه شده                                         |
|---------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|    |    |    |    |
|   |   |   |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

جدول ۴-۵- موقعیت محورهای اصلی تنش بدست آمده به روش آنجلیه و مکلر (P & T dihedral)

| ایستگاه | $\sigma_1$ | $\sigma_2$ | $\sigma_3$ |
|---------|------------|------------|------------|
| ۱       | ۱۷۲/۰۴     | ۰۸۱/۰۶     | ۲۹۸/۸۳     |
| ۲       | ۰۱۳/۰۹     | ۲۷۶/۳۷     | ۱۱۴/۵۱     |
| ۳       | ۳۵۴/۳۴     | ۲۳۸/۳۲     | ۱۱۶/۳۹     |
| ۴       | ۰۲۶/۰۲     | ۲۹۵/۳۶     | ۱۱۸/۵۳     |
| ۵       | ۱۹۵/۳۵     | ۲۸۵/۰۱     | ۰۱۵/۵۵     |
| ۶       | ۲۴۹/۲۰     | ۱۵۸/۰۵     | ۰۵۵/۷۰     |
| ۷       | ۲۷۴/۳۰     | ۰۱۶/۲۰     | ۱۳۴/۵۳     |
| ۸       | ۳۴۷/۳۱     | ۰۸۷/۱۶     | ۲۰۰/۵۴     |
| ۹       | ۱۲۹/۰۲     | ۲۲۰/۳۴     | ۰۳۷/۵۶     |

با در نظر گرفتن نتایج به دست آمده از تحلیل لغزش‌های صورت گرفته بر روی سطوح گسلی و بدست آوردن موقعیت محورهای اصلی تنش می‌توان گفت، بیشترین تغییرات از امتداد ۱۸۸-۰۰۸ درجه (در سازند کرج-لار)، محاسبه شده در ایستگاه ۲ تا امتداد ۱۷۷-۳۵۷ درجه (در سازند شمشک-دورود) محاسبه شده در ایستگاه ۱ صورت گرفته است (شکل ۴-۶).



شکل ۴-۶- حدهای نهایی تغییرات محور بیشینه فشارش در ایستگاه‌های مورد بررسی الف: راستای ۱۷۷-۳۵۷ درجه محاسبه شده برای محور بیشینه فشارش در ایستگاه شاهکوه ب: راستای ۱۸۸-۰۰۸ درجه محاسبه شده برای ایستگاه ابر پ: راستای ۱۷۳-۳۵۳ درجه محاسبه شده برای ایستگاه قطار زرشک

# فصل پنجم

## نوزمین ساخت

---

از جمله روش‌های تفسیر ساختارها در علوم زمین استفاده از تحلیل‌های مورفوتکتونیک است که این تحلیل‌ها به بررسی روابط فضایی بین زمین‌ریخت‌ها<sup>۱</sup> و فرآیندهای تکتونیک که باعث به وجود آمدن آن‌ها می‌شود می‌پردازد. به عبارت دیگر مورفوتکتونیک یا ژئومورفولوژی تکتونیک به مطالعه رابطه بین فرآیندهای تکتونیک که در جهت به وجود آوردن توپوگرافی عمل می‌کنند و فرآیندهای سطحی که به حذف این پدیده‌ها می‌پردازند گفته می‌شود [33].

اگر بخواهیم در مورد آینده لرزه‌خیزی یک منطقه تحلیل درستی داشته باشیم، مهم است که تحلیل آن را در گذشته بدانیم. فرآیندهای مورفوتکتونیک ابزار مهمی در تحلیل رفتار دیرینه لرزه زمین‌ساختی یک منطقه یا یک گسل به شمار می‌آیند. از آنجایی که گسل فعال گسلی است که طی ۳۵۰۰۰ سال گذشته یک فعالیت داشته باشد و با توجه به این که داده‌های دستگاهی از سال ۱۹۰۰ به بعد موجود می‌باشند، در نتیجه بررسی پارامترهای مورفوتکتونیک لازم به نظر می‌رسد.

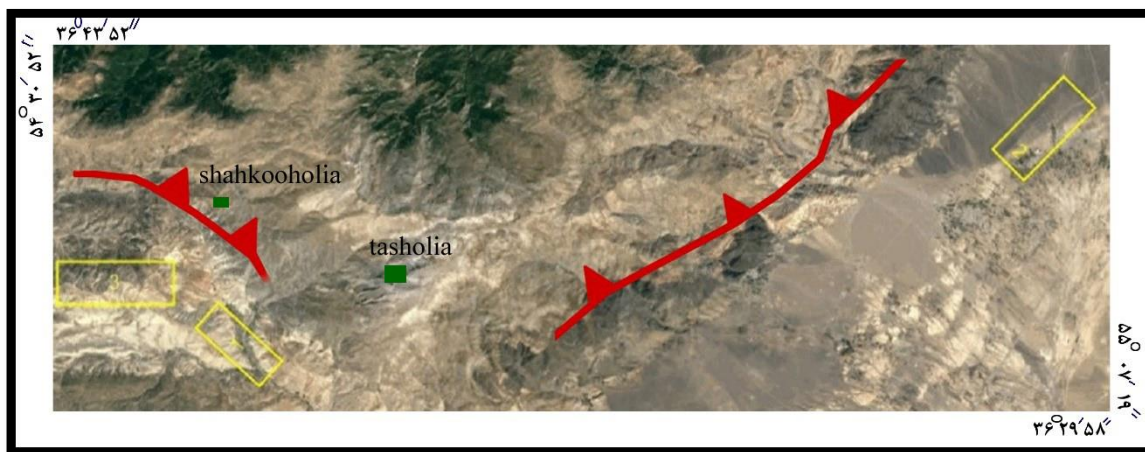
## ۵-۲- شاخص‌های ریخت زمین‌ساختی

در سال‌های اخیر محققین علاوه بر بررسی علائم و شواهد کیفی، سعی در کمی نمودن رفتار و حرکات زمین‌ساختی مناطق را داشته و برای انجام این عمل نشانگرهای گوناگونی را تحت عنوان علائم و شواهد کمی یا مورفومتریک ارائه کرده‌اند. اندازه‌گیری کمی ریخت‌زمین‌ها براساس محاسبه شاخص‌های ژئومورفیک با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی، عکس‌های هوایی و کارهای صحرایی صورت می‌گیرد. امتیاز عمده به کارگیری این نشانگرها در ارزیابی سریع میزان فعالیت تکتونیک در مناطق وسیع و در مدت زمان کوتاه می‌باشد. بدیهی است که استفاده از این نشانگرها به عنوان یکی از راهکارهای اولیه و مهم در ارزیابی خطر زمین‌لرزه حائز اهمیت است. لذا جهت نیل به این هدف، به بررسی شاخص‌های

---

۱- Landforms

پیچ و خم جبهه کوهستان<sup>۱</sup> ( $S_{mf}$ )، سینوسیته کانال رودخانه<sup>۲</sup> ( $S$ )، نسبت  $V^3$  و نسبت پهنای به ارتفاع دره<sup>۴</sup> در سه بخش گسل‌های ابر و شاهکوه پرداخته شده است (شکل ۵-۱).



شکل ۵-۱- عکس هوایی از موقعیت گسل‌های ابر و شاهکوه (کادرهای زرد سه بخش مورد بررسی از نظر شاخص‌های مورفوتکتونیکی را نشان می‌دهند).

#### ۵-۲-۱- ویژگی‌های ریخت‌سنجی کوه‌ها

ویژگی‌های ریخت‌سنجی کوه‌ها شامل پارامترهایی است که به نرخ بالآمدگی و رابطه آن با فرسایش می‌پردازند.

#### ۵-۲-۱-۱- پیچ و خم جبهه کوهستان

این شاخص در واقع نشانگر رابطه بین عملکرد جریان‌های سطحی و فرآیند فرسایش در دامنه کوه‌ها و بالآمدگی ناشی از فرآیندهای زمین‌ساختی است. که فرآیندهای سطحی موجب مضرس شدن و نامنظم شدن پیشانی کوهستان شده و فرآیندهای زمین‌ساختی موجب صاف و خطی‌تر شدن این پیشانی‌ها می‌شود. بنابراین یک جبهه فعال دارای مورفولوژی خطی و انحنای اندک می‌باشد. با کاهش فعالیت و یا

۱- Mountain Front Sinuosity

۲- Sinuosity of river channel

۳- V ratio

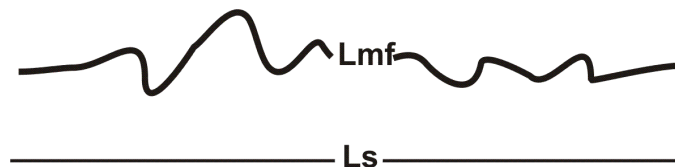
۴- Valley floor to Valley Height Ratio

متوقف شدن آن، فرآیندهای فرسایشی شروع به ایجاد مورفولوژی سینوسی شکل و افزایش بی‌نظمی می‌نمایند.

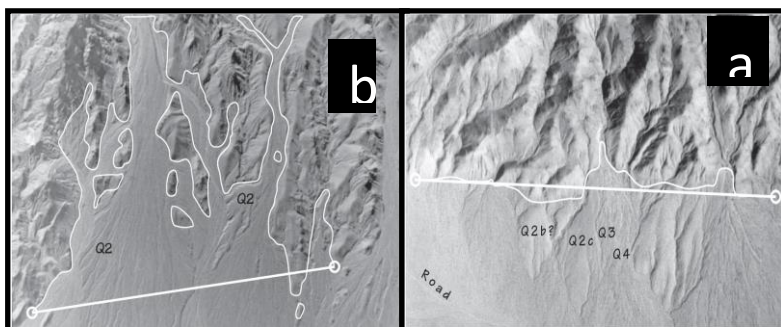
بر اساس محاسبات صورت گرفته دامنه تغییرات شاخص  $S_{mf}$  مقادیر بزرگتر از ۱ می‌باشد. اگر میزان این شاخص برابر با ۱ باشد نشان دهنده فعال بودن فرآیندهای زمین ساختی و جوان بودن کوهستان است و افزایش این مقدار نشان دهنده کمتر شدن فعالیت تکتونیکی و غالب شدن فرآیندهای سطحی است. در رابطه زیر  $S_{mf}$  سینوسیته پیشانی کوه،  $L_{mf}$  طول پیشانی کوهستان در طول اتصال کوهستان – آبرفت و  $L_s$  طول خط مستقیم پیشانی کوهستان می‌باشد (شکل ۵-۲). این شاخص به سه رده تقسیم شده است (Hamdouni et al; 2007): رده ۱ ( $S_{mf} \leq 1$ )، رده ۲ ( $1.1 < S_{mf} \leq 1.5$ ) و رده ۳ ( $S_{mf} > 1.5$ ).

$$S_{mf} = L_{mf} / L_s \quad \text{رابطه ۵-۱}$$

این شاخص را می‌توان با استفاده از عکس‌های هوایی، ماهواره‌ای و نقشه‌های توپوگرافی بدست آورد (شکل ۵-۳). جدول ۵-۱ مقادیر  $S_{mf}$  بدست آمده از روی عکس‌های هوایی و ماهواره‌ای (در مناطق مشخص شده روی شکل ۵-۴) برای جبهه کوه‌ها در امتداد گسل‌های ابر و شاهکوه را نشان می‌دهد.



شکل ۵-۲- عوامل مؤثر در تعیین سینوسیته پیشانی کوهستان



شکل ۵-۳- وضعیت تضاريس جبهه کوهستان در دو محیط تکتونیکی متفاوت. a: پیشانی کوهستانی که از نظر

تکتونیکی فعال بوده. b: پیشانی کوهستان که از نظر تکتونیکی فعال نیست. (مک فادن ۱۹۹۷)

جدول ۵-۱- محاسبه سینوسیته پیشانی کوهستان در نواحی انتخابی در منطقه مطالعاتی

| رد | $S_{mf}$ | $L_s$ | $L_{mf}$ | ناحیه |
|----|----------|-------|----------|-------|
| ۲  | ۱,۳۴     | ۱۴۲۳۹ | ۱۹۱۱۶    | ۱     |
| ۳  | ۱,۶۹     | ۷۵۰۷  | ۱۲۶۸۳    | ۲     |
| ۲  | ۱,۱۶     | ۵۸۶۱  | ۶۷۸۴     | ۳     |
| ۳  | ۱,۸۴     | ۹۳۰۱  | ۱۷۰۹۷    | ۴     |
| ۲  | ۱,۴۲     | ۶۲۱۴  | ۸۸۱۰     | ۵     |

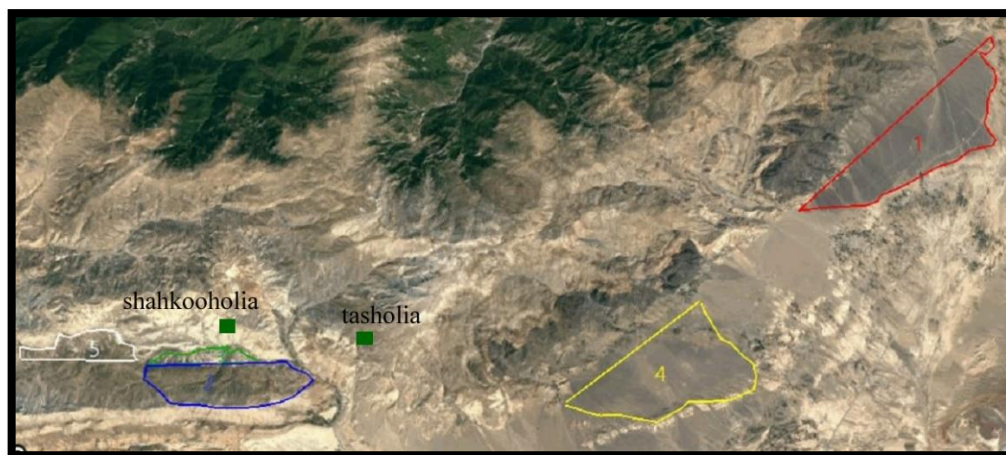
ویژگی‌های لازم جهت تقسیم‌بندی یک پیشانی کوهستان برای بدست آوردن شاخص  $S_{mf}$ ، از دیدگاه ولز و همکاران (۱۹۸۸):

الف - بریده شدن پیشانی کوهستان توسط یک آبراهه بزرگ

ب - انحراف ناگهانی در امتداد پیشانی کوه

پ - تغییر ناگهانی در سنگ‌شناسی

ت - تغییرات ناگهانی ویژگی‌های زمین ریخت‌شناسی اصلی نسبت به بخش دیگر پیشانی کوه متصل به آن.

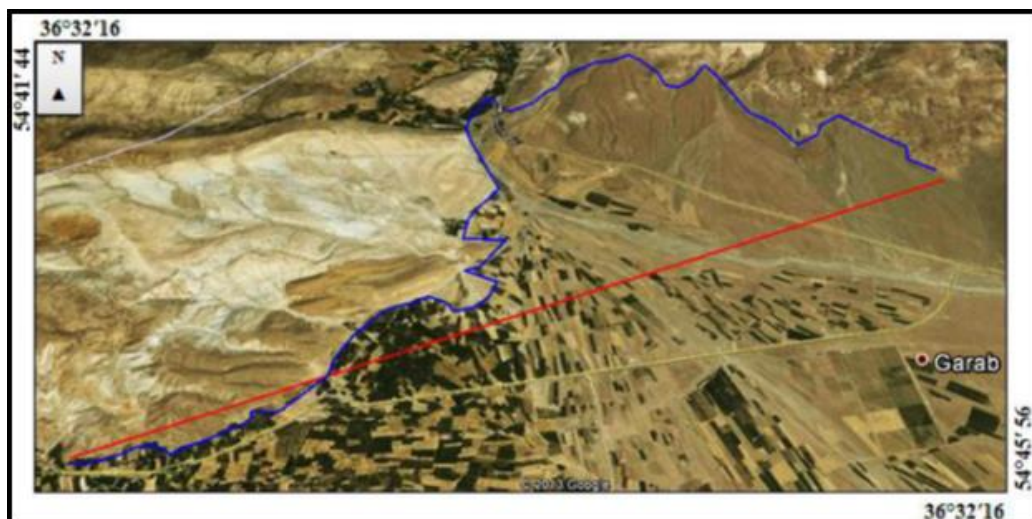


شکل ۵-۴- محل بررسی سینوسیته پیشانی کوهستان در امتداد گسل ( جهت دید عکس به شمال)

از آنجایی که ممکن است مقادیر شاخص‌ها در یک ناحیه به دلایل ساختاری و لیتولوژیکی با ایستگاه‌های دیگر متفاوت باشد با مطالعه‌ی چند ایستگاه نمی‌توان در مورد یک منطقه قضاوت کرد به عنوان مثال وجود یک لیتولوژی نرم ممکن است عمل فرسایش را تسهیل کند و چون شاخص‌های مورفومتریک نیز

تابعی از مورفولوژی هستند این امر موجب می‌شود که مثلاً یک رشته کوه در یک ناحیه فعال یا غیرفعال شناخته شود. با مطالعه این جبهه‌کوه‌ها به موازات گسل می‌توان شدت نسبی فعالیت تکتونیکی و همچنین مناطقی را که دارای بیشترین فعالیت بالاآمدگی هستند مشخص نمود. آنگاه با مقایسه آن با دیگر شاخص‌های مورفومتریکی به یک جمع‌بندی نهایی در مورد وضعیت فعالیت و مناطق فعال در امتداد گسل‌های ابر و شاهکوه دست یافت.

در جدول ۵-۱ نتایج بدست آمده بین ۱,۱ - ۱,۸ می‌باشد که نمایانگر بالا آمدگی فعال در منطقه مطالعاتی است. در این منطقه نیروی تکتونیکی با غلبه بر نیروی فرسایش، اجازه فرسوده کردن پیشانی کوه و تشکیل یک پیشانی پریپیچ و خم را به آن نداده و موجبات تشکیل پیشانی‌های خطی شده است (شکل ۵-۵). همانگونه که در جدول ۵-۱ مشاهده می‌شود، مقادیر اندازه‌گیری شده شاخص  $S_{mf}$  برای بیشتر مناطق مقادیر کمی را نشان می‌دهد و معرف این است که سرتاسر گسل‌های ابر و شاهکوه از فعالیت بالایی برخوردار است. مقادیر محاسبه شده در هر پنج بخش از این گسل در محدوده ی ۱,۱ - ۱,۸ می‌باشد که نشان دهنده قرارگیری گسل در کلاس دو تکتونیکی است. همانطور که در جدول نشان داده شده است کمترین مقدار این شاخص ( $S_{mf}=1.16$ ) مربوط به بخش گسل شاهکوه می‌باشد.



شکل ۵-۵- پیشانی کوهستان تقریباً خطی در نزدیک روستای تاش علیا و روستای مجن

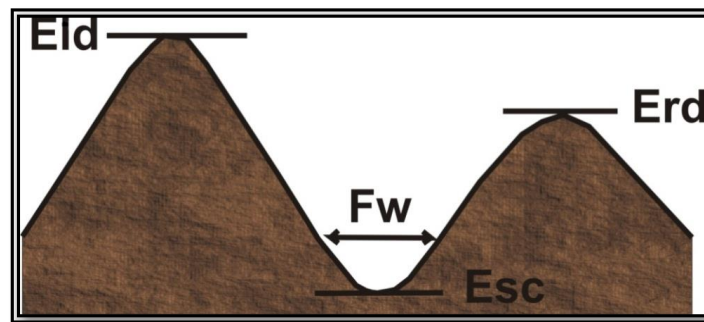
به دلیل اینکه نمی‌توان با استناد به یک شاخص مورفوتکتونیک درباره تکتونیک منطقه اظهار نظر کرد لذا شاخص‌های دیگر نیز مورد بررسی قرار گرفت و در نهایت با توجه به تمامی شاخص‌ها فعالیت تکتونیک منطقه مشخص گردید.

#### ۶-۲-۱-۲-۶- نسبت کف دره بر ارتفاع آن

این شاخص عبارت است از نسبت دو برابر عرض کف دره به ارتفاع دیواره دو سمت آن و ارتفاع کف دره :

$$V_f = 2V_{fw} / \{ (E_{ld} - E_{sc}) + (E_{rd} - E_{sc}) \} \quad \text{رابطه ۵-۲}$$

که در آن  $V_{fw}$  عرض کف دره،  $E_{ld}$  و  $E_{rd}$  به ترتیب ارتفاع دیواره‌های سمت راست و چپ و  $E_{sc}$  ارتفاع کف دره است (شکل ۵-۶).



شکل ۵-۶- پارامترهای مؤثر در تعیین شاخص نسبت  $V_f$

این شاخص در واقع منعکس کننده اختلاف بین دره‌های V شکل و U شکل است، به این معنی که هرچه مورفولوژی دره به شکل V نزدیک‌تر باشد مقدار  $V_{fw}$  کاهش یافته و حاصل رابطه فوق به سمت عدد صفر میل می‌کند که نشان دهنده عمل تخریب و فرسایش آب‌های جاری در پاسخ به فرآیندهای زمین‌ساختی فعال بوده و هرچه مورفولوژی دره به شکل U نزدیک‌تر شود مقدار  $V_{fw}$  افزایش یافته و حاصل رابطه بالا بزرگتر گشته که نشان دهنده تعریض و تسطیح دره توسط آب‌های جاری و کاهش شدت فرآیندهای زمین‌ساختی است. دامنه تغییرات این شاخص شامل  $V_f > 0$  می‌باشد. مقادیر به دست آمده از این شاخص به سه رده تفکیک شده اند: رده ۱ ( $V_f \leq 0.5$ )، رده ۲ ( $0.5 < V_f < 1$ ) و رده ۳ ( $V_f \geq 1$ ) (El Hamdouni et al; 2007).

با توجه به مقادیر بدست آمده برای شاخص فوق (شکل ۵-۷) می‌توان چنین استنباط کرد که عمل فرسایش آب‌های جاری نقش بسزایی در حفر عمیق دره‌ها داشته که این امر خود نشان از تکتونیک فعال منطقه دارد. گستره مورد مطالعه از لحاظ فعالیت یکسان نبوده و می‌توان مناطق با فعالیت بالا و مناطق با فعالیت کمتر برای آن متصور شد. با توجه به جدول ۶-۲ ملاحظه می‌شود که کمترین مقدار شاخص  $V_f$  مربوط به شاهکوه می‌باشد که حکایت از فعالیت بیشتر این بخش نسبت به دیگر قسمت‌ها دارد.

جدول ۵-۲- محاسبه شاخص  $V_f$  در منطقه مطالعاتی

| دره | موقعیت                                                 | $E_r(m)$ | $E_l(m)$ | $E_s(m)$ | $V_{fw}(m)$ | $V_f$ | رده |
|-----|--------------------------------------------------------|----------|----------|----------|-------------|-------|-----|
| ۱   | N: $36^{\circ}54'10.48''$<br>E: $54^{\circ}53'32.88''$ | ۲۸۷۵     | ۲۷۳۳     | ۲۵۹۸     | ۸۳          | ۰,۴۵  | ۱   |
| ۲   | N: $36^{\circ}58'95.36''$<br>E: $54^{\circ}62'11.86''$ | ۲۶۸۹     | ۲۵۹۴     | ۲۵۴۶     | ۴۴          | ۰,۴۶  | ۱   |
| ۳   | N: $36^{\circ}54'40.14''$<br>E: $54^{\circ}83'38.75''$ | ۲۴۰۰     | ۲۲۷۸     | ۲۱۸۱     | ۷۸          | ۰,۴۹  | ۱   |



به عقیده دبلیکس (۱۹۶۲)، گسترش محلی مئاندر، رودهای بریده بریده، پهناوری و نازکی کانال رودخانه و حوضچه‌های محلی تشکیل شده دلایلی مبنی بر وجود فعالیت‌های زمین‌ساختی هستند. همچنین زمین‌ساخت فعال قادر به ایجاد تحدب و تقعر در مقطع طول رودخانه است که بطور کمی قابل مطالعه و بحث است. علاوه بر تاثیر اولیه فرآیندهای فعال زمین‌ساختی بر روی مورفولوژی کانال رودخانه و شیب دره، تاثیرات ثانویه نظیر تسطیح مناطق حاوی رسوب و پرکردن نواحی گودتر و تغییر در حجم و اندازه بار رسوبی رود بسیار مهم است.

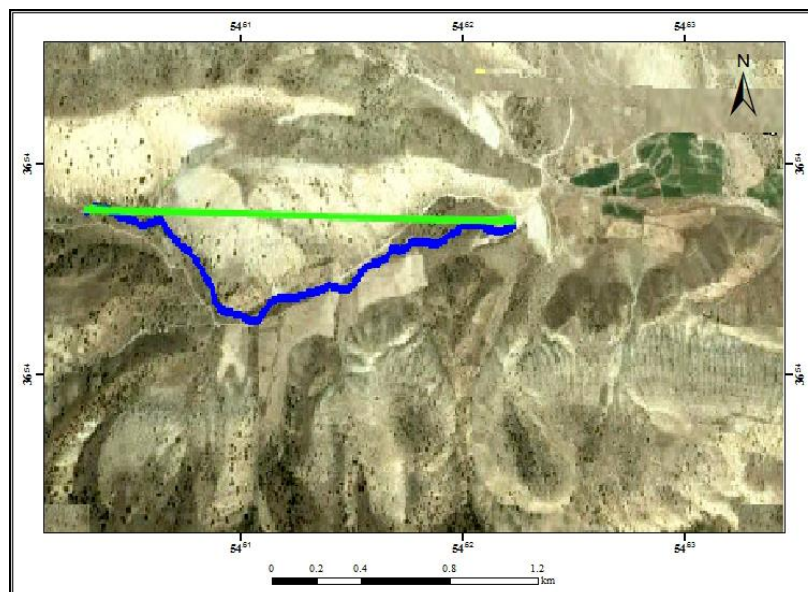
الگو و طرح رودها نسبت به تغییرات شیب بسیار حساس است. آدامز<sup>۱</sup> و دیگران (۱۹۹۹)، ارتباط میان مقدار کج‌شدگی بستر رودخانه و تغییر در سینوسیته آن را مورد بررسی قرار داد و چنین نتیجه گرفت که با افزایش مقدار کج‌شدگی برای رسیدن به یک مقدار ثابت شیب، سینوسیته رود افزایش و با کاهش کج‌شدگی این مقدار نیز افزایش می‌یابد [18].

#### ۱-۲-۲-۶- شاخص سینوسیته کانال رودخانه

سینوسیته کانال رودخانه عبارت است از طول کانال رود به طول خط مستقیم در راستای دره (آدامز و همکاران، ۱۹۹۹) و از رابطه زیر به دست می‌آید (شکل ۵-۸) :

$$S = V / C \quad \text{رابطه ۵-۳}$$

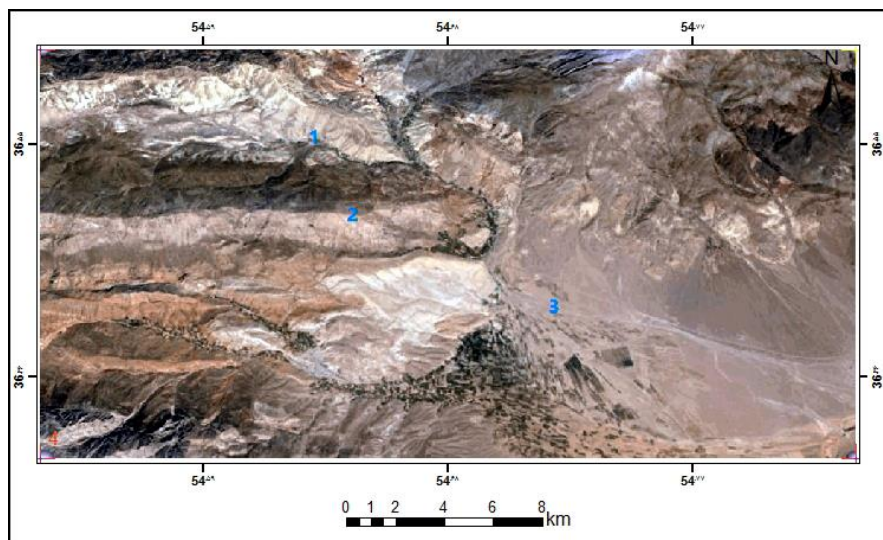
در رابطه بالا،  $V$  طول کانال رودخانه و  $C$  طول خط مستقیم در راستای دره می‌باشد.



شکل ۵-۸- میزان سینوسیته کانال رودخانه در مقطع شاهکوه

اما به طور کلی در نواحی با شیب زیاد، رودخانه دارای کانال و مسیری مستقیم<sup>۱</sup> بوده و با کاهش مقدار شیب، رودخانه به حالت مئاندری در می آید. بسیاری از رودهای جدید الگوهای متفاوتی از جمله مستقیم، مئاندری<sup>۲</sup> و شاخه شاخه از خود نشان می دهد. با تعیین این الگوها و میزان سینوسیته آنها می توان وضعیت زمین ساخت فعال یک حوضه را در طول مسیر رود بیان نمود. عموماً سینوسیته یک رودخانه با کاهش شیب، افزایش می یابد که این تغییر سینوسیته بیانگر تغییر و کاهش در نرخ فعالیت زمین ساختی منطقه محسوب می شود. به همین ترتیب با افزایش شیب، مورفولوژی کانال رود به شکل شاخه ای نزدیکتر می شود که این امر دلیل مناسبی جهت استنباط برخاستگی زمین ساختی است. جهت بررسی این شاخص مورفومتریک در منطقه مطالعاتی، تعدادی از مهمترین رودخانه های منطقه انتخاب شد و مقادیر سینوسیته آنها در جدول ۵-۳ نشان داده شده است (شکل ۵-۹).

<sup>۱</sup>- Straight  
<sup>۲</sup>- Meander



شکل ۵-۹- تصویر ماهواره‌ای موقعیت مناطق انتخابی جهت تعیین شاخص سینوسیته کانال رودخانه هورو در منطقه مطالعاتی (شماره اعداد مطابق با جدول ۵-۳ است)

با توجه به نتایج بدست آمده در جدول ۵-۳ برای این شاخص، دامنه تغییرات داده‌ها در محدوده ۱,۰۶ – ۱,۲۲ می‌باشد که بیانگر سینوسیته اندک در مسیر گسل است و حاکی از برخاستگی در منطقه می‌باشد.

جدول ۵-۳- محاسبه سینوسیته کانال رود در منطقه مطالعاتی (اعداد جهت تعیین موقعیت محل اندازه‌گیری شاخص در شکل ۵-۹ می‌باشد)

| رودخانه | V (km) | C (km) | S    |
|---------|--------|--------|------|
| ۱       | ۳۶,۳   | ۳۳,۴   | ۱,۰۸ |
| ۲       | ۳۲,۶   | ۳۰,۵   | ۱,۰۶ |
| ۳       | ۲۷,۷   | ۲۲,۸   | ۱,۲۲ |

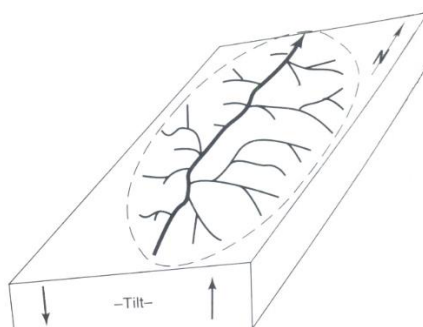
## ۶-۲-۲- شاخص عدم تقارن آبراهه‌ها در حوضه آبریز

طول آبراهه و زهکشی‌های فرعی در دو سوی آبراهه اصلی نیز می‌توانند برای ارزیابی بالآمدگی فعال مورد استفاده قرار گیرند. در مناطق دارای بالآمدگی فعال معمولاً به دلیل تظاهر اثرات توپوگرافی حاصل از بالآمدگی در یک سوی منطقه و به طبع آن ایجاد فرونشست در سوی دیگر، طول آبراهه‌های فرعی و در نتیجه مساحت در بر گیرنده این آبراهه‌ها در سوی بالآمدگی منطقه بیش از همین طول در سمت

مقابل خواهد بود. در نتیجه از این شاخص می‌توان برای ارزیابی کج‌شدگی تکتونیکی یک حوضه زهکشی شده توسط آبراهه‌ها فرعی استفاده کرد شاخص عدم تقارن آبراهه‌ها به صورت زیر تعریف می‌شود (شکل ۵-۱۲):

$$A_f = 100(A_r/A_t)$$

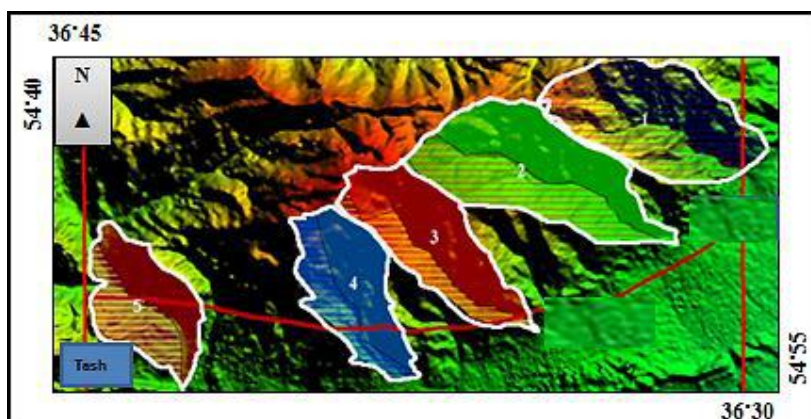
رابطه ۵-۴



شکل ۵-۱۲- بلوک دیاگرام شماتیک حوضه زهکش متأثر از حرکات فرایشی (سلیمانی، ۱۳۸۷)

در معادله فوق  $A_f$  شاخص عدم تقارن آبراهه‌ها،  $A_r$  مساحت حوضه در بر گیرنده زهکش‌های فرعی در سمت راست آبراهه اصلی (دید به سمت پایین آبراهه اصلی) و  $A_t$  مساحت کل حوضه در بر گیرنده زهکش‌های فرعی در سمت چپ و راست آبراهه اصلی هستند. مقادیر عددی  $A_f$  در حدود ۵۰، بیانگر وجود تقارن زهکش‌های فرعی نسبت به آبراهه اصلی و در نتیجه عدم وجود کج‌شدگی بر اثر بالآمدگی خواهد بود. مقادیر عددی بیشتر و یا کمتر از ۵۰ به ترتیب بیانگر عملکرد بالآمدگی در سمت راست یا چپ آبراهه اصلی خواهد بود. البته لیتولوژی منطقه و روند لایه‌بندی‌ها بر روی این شاخص تأثیر می‌گذارند. این شاخص به سه رده تقسیم شده است (Hamdouni et al., 2007): رده ۱ ( $A_f \geq 65$  or ) می‌گذارند. این شاخص به سه رده تقسیم شده است (Hamdouni et al., 2007): رده ۱ ( $A_f \geq 65$  or ) رده ۲ ( $35 \leq A_f < 43$  or  $57 \leq A_f < 65$ ) و رده ۳ ( $43 \leq A_f < 57$ ). با استفاده از Arc GIS میزان این شاخص برای حوضه‌های منطقه اندازه‌گیری شد و نتایج آن در جدول ۴-۵ آورده شده است. اکثر حوضه‌هایی که در مجاورت گسل قرار گرفته‌اند دارای کج‌شدگی زیادی هستند. حوضه‌هایی که آبراهه آن‌ها تقریباً مایل تا عمود بر امتداد حوضه و تقریباً به موازات جبهه کوهستان جریان دارند، عارضه کج‌شدگی را به خوبی نشان می‌دهند مانند حوضه‌های ۲، ۳، ۵ در حوضه‌هایی که جریان به موازات

امتداد حوضه و تقریباً عمود بر جبهه کوهستان صورت می‌گیرد عارضه کج‌شدگی به مقدار ناچیز نشان می‌دهند و حتی حوضه‌های که خیلی کوچک هستند ممکن است این عارضه را نشان ندهند. الگوی جریان آبراهه‌های منطقه مطالعاتی در حوضه‌هایی که دارای کج‌شدگی‌اند (در مجاورت گسل ابر و شاهکوه)، در جهت تقریباً عمود بر جبهه کوهستان عارضه کج‌شدگی را نشان می‌دهند



شکل ۵-۱۳- ارزیابی شاخص عدم تقارن آبراهه برای منطقه ابر

جدول ۵-۴- محاسبه شاخص  $A_f$  حوضه‌های منطقه مطالعاتی

| حوضه | $A_f$ | $A_r$  | $A_t$  | رده |
|------|-------|--------|--------|-----|
| ۱    | ۲۶    | ۱۷,۶   | ۶۸,۵۳  | ۱   |
| ۲    | ۵۶    | ۱۰,۲۱۲ | ۱۸,۳۱۲ | ۳   |
| ۳    | ۵۲    | ۲۹,۱   | ۵۶,۲   | ۳   |
| ۴    | ۴۴    | ۱۵,۹   | ۳۶     | ۳   |
| ۵    | ۵۶    | ۷,۴    | ۱۳,۲   | ۳   |
| ۶    | ۳۸    | ۱۵,۱   | ۳۹,۴   | ۱   |

#### ۶-۲-۲-۳- شاخص شکل حوضه زهکشی

طرح افقی یک حوضه را می‌توان توسط شاخص شکل حوضه زهکشی ( $B_s$ ) توصیف کرد، که معرف نسبت کشیدگی حوضه زهکشی شده است [35 و 57]. این شاخص به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$B_s = B_l / B_w$$

رابطه ۵-۵

در رابطه فوق  $B_S$  شاخص شکل حوضه زهکشی،  $B_L$  طول حوضه از بالاترین نقطه حوضه تا خروجی و  $B_W$  عرض حوضه اندازه‌گیری شده در پهن‌ترین نقطه آن می‌باشند. حوضه‌های زهکشی جوان در مناطق تکتونیکی فعال دارای شکل کشیده، عمود بر شیب توپوگرافی کوهستان هستند [57]. بنابراین شاخص زهکشی حوضه می‌تواند منعکس‌کننده میزان فعالیت تکتونیکی در منطقه باشد. به گونه‌ای که مقادیر زیاد این شاخص نشان از حوضه‌های کشیده‌ای است که عموماً با فعالیت تکتونیکی نسبتاً بالایی همراه هستند. مقادیر کم این شاخص نشان دهنده حوضه‌های دایره‌ای شکلی است که عموماً با فعالیت‌های تکتونیکی کمی همراه هستند. (Hamdouni et al., 2007) این شاخص را به سه رده تقسیم کرده است:

رده ۱ ( $B_S \geq 4$ )، رده ۲ ( $3 \leq B_S < 4$ ) و رده ۳ ( $B_S < 3$ ).

با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌های توپوگرافی ۱/۱۰۰۰۰۰، میزان این شاخص برای هر حوضه محاسبه و نتایج اندازه‌گیری شده در جدول ۵-۵ آورده شده است. داده‌های جدول ۵-۵ نشان می‌دهند که حوضه‌ها اکثراً از نظر شکلی، در رده ۲ قرار می‌گیرند. یکی از دلایل این امر علاوه بر فعالیت تکتونیکی تأثیر وجود لیتولوژی‌های مختلف در منطقه است که بر شکل حوضه تأثیر می‌گذارند. که این نشان می‌دهد در قسمت‌هایی که از لحاظ تکتونیکی فعالیت بیشتری وجود دارد و یا اینکه لیتولوژی مقاوم‌تری وجود دارد حوضه‌ها کشیده‌ترند و برعکس در جاهایی که فعالیت تکتونیکی کم است، تأثیر فرسایش بر روی شکل حوضه خود را بیشتر نشان می‌دهد و از کشیدگی حوضه‌ها کاسته می‌شود، مخصوصاً اگر لیتولوژی کم‌مقاومی هم وجود داشته باشد شکل حوضه از لیتولوژی متأثر می‌شود و حوضه در همه جهات شروع به گسترش و پهن شدن می‌کند.

جدول ۵-۵- محاسبه نسبت BS حوضه ها در منطقه مطالعاتی

| حوضه | $B_s$ | $B_l$  | $B_w$ | رده |
|------|-------|--------|-------|-----|
| ۱    | ۴,۶   | ۲۱,۹۰۶ | ۴,۸   | ۱   |
| ۲    | ۳,۶۳  | ۱۶,۴۵  | ۴,۵۳  | ۲   |
| ۳    | ۳,۶   | ۹,۳۵   | ۲,۶   | ۲   |
| ۴    | ۳,۴۵  | ۱۰,۴۵  | ۲,۸   | ۲   |
| ۵    | ۳,۳   | ۱۱,۸۷  | ۳,۶   | ۲   |
| ۶    | ۲,۴۵  | ۱۱,۲   | ۴,۶   | ۳   |

### ۵-۳- فعالیت نسبی زمین ساختی

می‌توان بر اساس نتایج بدست آمده از محاسبه شاخص‌های ریخت‌زمین‌ساختی و با تلفیق آن‌ها یک رده‌بندی نسبی از فعالیت تکتونیکی در یک منطقه ایجاد کرد.

با استفاده از نظرات پینتر و کلر (۱۹۹۶)، بال و مک فادن (۱۹۹۷) و بال (۱۹۷۸) می‌توان دسته

بندی زیر را برای تعیین درجه فعالیت زمین ساختی ارائه نمود:

➤ گروه اول: این گروه دارای بیشترین فعالیت زمین‌ساختی است. دارای  $S_{mf}$  بین ۱/۶-۱ می‌باشد و شاخص‌های  $V, V_f$  در این گروه مقادیر کوچک‌تر از ۱ را به خود اختصاص می‌دهند. سرعت بالآآمدگی برای این پیشانی‌ها بیش از فرسایش بوده و مقدار بالآآمدگی بین ۶-۱ میلی‌متر تخمین زده می‌شود.

➤ گروه دوم: این گروه دارای فعالیت تکتونیکی کمتری نسبت به گروه اول می‌باشد. در این گروه  $S_{mf}$  بین ۱/۴-۳ متغیر بوده و شاخص‌ها  $V, V_f$  مساوی تا اندکی بیشتر از ۱ هستند.

➤ گروه سوم: در این دسته شاخص  $S_{mf}$  بین ۱/۸-۵ متغیر بوده شاخص  $V, V_f$  خیلی بزرگ‌تر از ۱ می‌باشد حفر آبراهه‌ها در این دسته از مقدار بالآآمدگی پیشانی کوه کاملاً بیشتر است، به طوری که نیمرخ آبراهه‌ها در بالا رود  $U$  بوده اما هنوز مرز بین کوه و دشت به تعداد قابل

توجهی صاف است میزان بالا آمدگی در این دسته ۰/۰۵ میلی متر در سال در نظر گرفته شده است. در این گروه هنوز فعالیت تکتونیکی قابل مشاهده است، اما شاخص های مورفومتریکی فعالیت کمتری نسبت به گروه دوم دارند.

مرزبندی بین گروه های یاد شده در بالا تنها به تفاوت نسبی اشاره می کند، پس نمی توان مرز مشخصی را برای مقدار مشخصی از شاخص های زمین ریخت شناختی قرار داد، زیرا این شاخص ها تا حدودی شرایط محلی، نوع سنگ، ساختار و آب و هوا را منعکس می کنند. در عین حال پیشانی کوه ها را می توان با این روش به سه دسته خیلی فعال، فعالیت متوسط و غیرفعال تقسیم کرد. این اطلاعات که به کمک نقشه ها حاصل می شوند، برای نواحی که مطالعات دقیق صحرایی در مورد آنها نمی تواند انجام گیرد، مفید است [۳].

نتایج حاصل از داده های مورفوتکتونیک: با مقایسه داده های مورفوتکتونیک منطقه مورد مطالعه، و طبق رتبه بندی عنوان شده میتوان فعالیت تکتونیکی این منطقه را به صورت نسبی تعیین کرد. بررسی واحدهای مورفوتکتونیک در منطقه نشان دهنده این موضوع می باشد که کل منطقه از لحاظ تکتونیکی فعال است.



# فصل ششم

## نتیجہ گیری و پیشہادات

---

## نتیجه گیری

بر اساس تحقیق صورت گرفته و مطالب عنوان شده در فصل های پیشین، در این بخش به تشریح و ارائه نتایج بدست آمده پرداخته می شود..

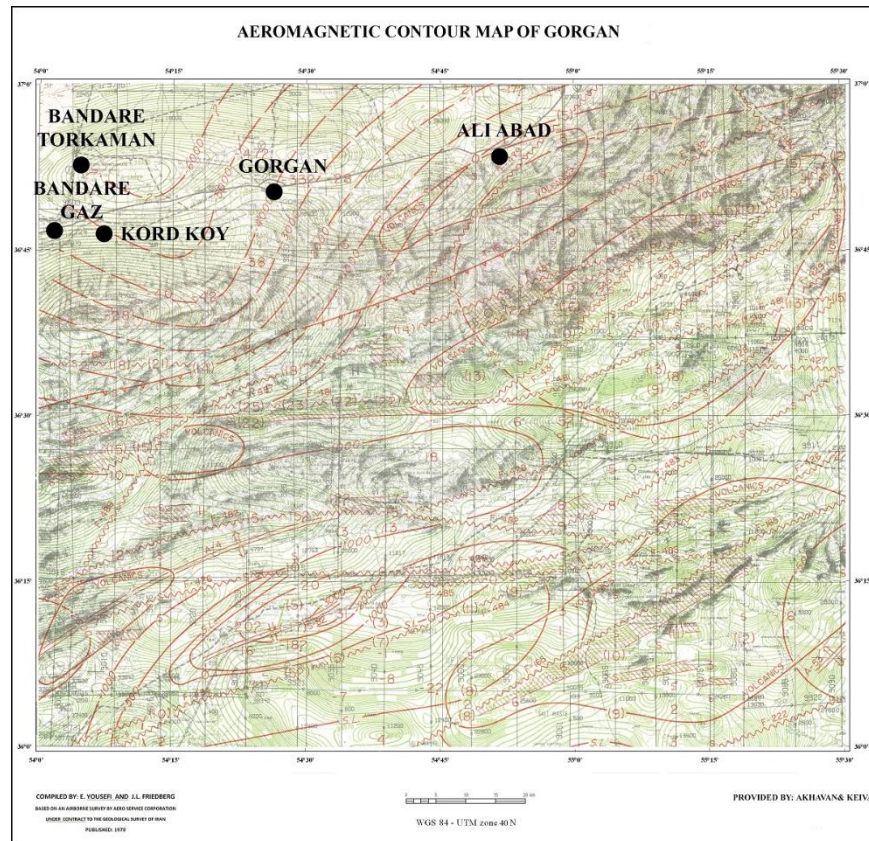
### ۶-۱- الگوی گسلش

مطالعه صورت گرفته بر روی گسل های منطقه مورد مطالعه نشان می دهد که گسل های اصلی این ناحیه دارای روند عمومی خاوری - باختری می باشند. گسل هایی با روند خاوری - باختری، شامل گسل های ابر و شاهکوه می باشند که از روند عمومی زون رسوبی - ساختاری البرز خاوری پیروی می کنند. سازوکار این گروه از گسل ها بر اساس خراش های گسلی ثبت شده بر روی سطوح گسله مربوط به آن ها، از معکوس چپ بر تا معکوس راست بر قابل تشخیص است. در بررسی این خراش های گسلی از قاعده برش، جوان ترین حرکت در راستای این گسل ها به صورت معکوس چپ بر می باشد. شواهد زمین ریختی ثبت شده در امتداد این گسل ها نیز مؤید این مطلب می باشد. روند و سازوکار این ساختارها با میدان تنش حاکم بر منطقه مطابقت دارد.

گسل شاهکوه برخلاف آنچه که در نقشه های زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ گرگان و ۱:۱۰۰۰۰۰ علی آباد که گسل معکوس با شیب به سمت جنوب معرفی گردیده بود دارای سازوکار معکوس راست بر و هم روند با دیگر گسل های البرز خاوری شیب به سمت شمال دارد و در نقشه های زمین شناسی مذکور شیب به سمت جنوب اشتباه است. از دلایلی که میتوان برای این نتیجه بیان کرد عبارتند از:

➤ بررسی سازندهای موجود که در منطقه گسلی شاهکوه بهم ریختگی سازندها مشاهده گردید که متعاقبا به طور مفصل در فصل دوم قسمت بررسی سازندهای منطقه مورد مطالعه به آن پرداخته شد؛ در نتیجه می توان بیان نمود که در نقشه های زمین شناسی گرگان و علی آباد دوباره به اشتباه به بیان یکی از سازندهای موجود در ناحیه شاهکوه در محدوده گسل شاهکوه اشاره شده است مانند عدم ذکر سازند لار در این منطقه.

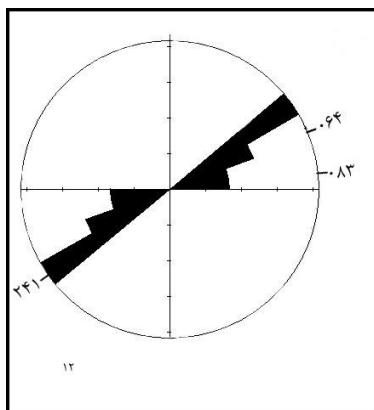
➤ با مطالعه نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ ژئومغناطیس هوایی گرگان می‌توان بیان نمود که گسل شاهکوه و گسل ابر با خطواره مغناطیسی  $F=۴۸۱$  همخوانی دارد (شکل ۶-۱) و بیانگر شیب به سمت شمال می‌باشد.



شکل ۶-۱- نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ ژئومغناطیس هوایی گرگان

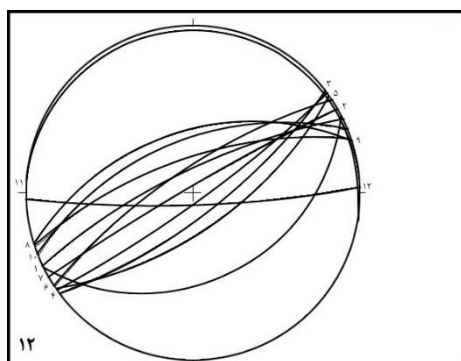
## ۶-۲- الگوی چین خوردگی

بررسی وضعیت چین خوردگی در محدوده مورد مطالعه منجر به شناسایی تعدادی چین گشت که ویژگی‌های هندسی مربوط به چین‌ها نشان‌دهنده دو روند شمال‌خاوری-جنوب‌باختری و خاوری-باختری می‌باشند. (شکل ۶-۲).



شکل ۲-۶- رز دیاگرام امتدادی سطوح محوری که بیان کننده سه روند غالب ۲۴۱ و ۰۶۴ و ۰۸۳ درجه برای سطوح محوری در چین‌های منطقه مورد مطالعه می‌باشد.

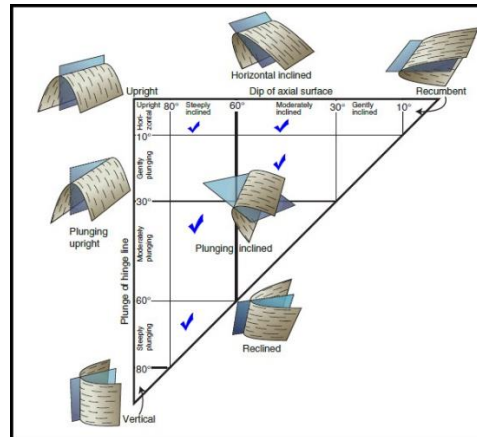
نکته قابل توجه دیگر در مورد سطوح محوری چین‌ها در این منطقه این است که اکثر این سطوح محوری به سمت شمال‌باختری و جنوب‌خاوری شیب دارند (شکل ۳-۶).



شکل ۳-۶- موقعیت مربوط به سطح محوری چین‌های برداشت شده از منطقه ابر-شاهکوه (۱۲ چین)

پس از مشخص شدن ویژگی‌های هندسی چین‌ها، از جمله موقعیت خط لولا و سطح محوری و هم چنین زاویه میان یالی، جایگاه آن‌ها در دو رده‌بندی فلوتی (۱۹۶۴)، بر اساس زاویه بین یالی و همچنین شیب سطح محوری و میل لولا مشخص گشتند. بر اساس زاویه بین یالی، چین‌های شناسایی شده عمدتاً در رده بسته و به تعدادی نیز در رده باز قرار دارند. جایگاه چین‌های شناسایی شده در منطقه مورد مطالعه، در طبقه بندی دیگر فلوتی (۱۹۶۴) که بر اساس شیب سطح محوری و میل لولا صورت می‌گیرد، مربوط به رده‌های زیر می‌باشند (شکل ۴-۶).

- ۱- متوسط شیب با پلانژ تقریباً نیمه افقی ۲- ایستاده با پلانژ تقریباً نیمه افقی ۳- پرشیب با پلانژ کم میل ۴- ایستاده با پلانژ متوسط میل ۵- پرشیب با پلانژ نیمه افقی ۶- پرشیب با پلانژ پرمیل



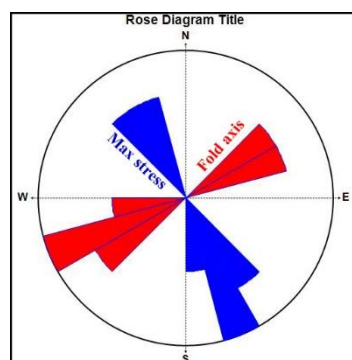
شکل ۴-۶- رده‌بندی چین‌ها بر اساس شیب سطح محوری و میل لولای چین (برگرفته از فووزن ۲۰۱۰)

### ۳-۶- میدان تنش حاکم بر منطقه

تحلیل جنبشی عناصر ساختاری از جمله خطواره‌های لغزشی شکل گرفته بر روی گسل‌ها و نیز مؤلفه‌های تنش محاسبه شده با استفاده از سطوح گسلی و سطوح محوری چین‌ها در این منطقه نشان داد که تنش کمینه ( $\sigma_3$ ) در این منطقه به حالت قائم بوده و تنش بیشینه ( $\sigma_1$ ) به حالت افقی نزدیکتر است (شکل ۴-۴)، بنابراین می‌توان گفت که منطقه تحت فشارش است.

همچنین بررسی مؤلفه برشی روی صفحات گسلی نشان داد که گسل ابر از نوع معکوس با مؤلفه برشی چپ‌گرد و صفحات گسلی شاهکوه از انواع معکوس با مؤلفه برشی راست‌گرد می‌باشند.

در شکل ۵-۶ نمودار گل‌سرخی مربوط به جهت تنش بیشینه و امتداد محور چین نشان داده شده است



که تقریباً بر هم عمود می‌باشند.

شکل ۵-۶- راستای محور چین با جهت تنش بیشینه که تقریباً بر هم عمود می‌باشند.

#### ۴-۶- الگوی نو زمین ساخت و لرزه‌ای

- با ترکیب تمام داده‌های مورفوتکتونیکی می‌توان فعالیت تکتونیکی این منطقه را به صورت نسبی تعیین کرد. بررسی واحدهای مورفوتکتونیکی در منطقه نشان دهنده این موضوع می‌باشد که کل منطقه از لحاظ تکتونیکی فعال بوده و نتایج محاسبه شاخص‌های تکتونیکی در این منطقه بیانگر قرار گرفتن در گروه یک تکتونیکی است.
- مطالعات لرزه زمین‌ساختی صورت گرفته نیز شواهد مورفوتکتونیکی را تأیید می‌کند و گویای فعال بودن منطقه از لحاظ تکتونیکی است. با توجه به این که زلزله‌های منطقه در سال‌های اخیر افزایش چشمگیری داشته، و با توجه به وجود مراکز جمعیتی روستایی فراوان در این منطقه، وقوع زمین‌لرزه شدید، خسارات جانی و مالی فراوانی را برای مردم این مناطق در بر خواهد داشت که لزوم اقدام برای بهسازی مناطق مذکور را نشان می‌دهد.

## پیشنهادهات

- ۱- بررسی زمین لغزش‌های وابسته به گسلش در منطقه
- ۲- ادامه مطالعات ساختاری به سمت بخش‌های شمال باختری محدوده مورد مطالعه
- ۳- بررسی منطقه با نگاه ریززمین ساخت (میکروتکتونیک) و سنگ‌شناسی ساختاری (پتروفابریک) در شیست‌های گرگان به سمت شمال منطقه مورد مطالعه
- ۴- بررسی و تحلیل چین‌های منطقه و کمربند رانده-چین خورده البرز با استفاده از روش‌های تداخلی الگوهای کرنش

پوستها



پیوست ۱- داده‌های برداشت شده از تاق‌دیس  $A_1$

| جهت شیب | شیب | امتداد | جهت شیب | شیب | امتداد |
|---------|-----|--------|---------|-----|--------|
| SE      | ۶۵  | ۰۶۵    | SE      | ۲۵  | ۰۵۳    |
| SE      | ۷۵  | ۰۷۰    | SE      | ۳۰  | ۰۵۵    |
| SE      | ۷۸  | ۰۷۰    | SE      | ۲۵  | ۰۴۳    |
| SE      | ۶۰  | ۰۵۸    | SE      | ۲۳  | ۰۵۷    |
| SE      | ۵۰  | ۰۶۵    | SE      | ۲۷  | ۰۶۳    |
| SE      | ۵۶  | ۰۶۸    | SE      | ۲۰  | ۰۴۵    |
| SE      | ۶۵  | ۰۷۵    | SE      | ۲۶  | ۰۵۷    |
| SE      | ۷۷  | ۰۶۳    | SE      | ۷۰  | ۰۷۰    |

پیوست ۲- داده‌های برداشت شده از تاق‌دیس  $A_2$

| جهت شیب | شیب | امتداد | جهت شیب | شیب | امتداد |
|---------|-----|--------|---------|-----|--------|
| NW      | ۵۵  | ۲۶۰    | SE      | ۶۲  | ۰۷۰    |
| NW      | ۵۰  | ۲۵۶    | SE      | ۶۵  | ۰۶۷    |
| NW      | ۵۸  | ۲۵۰    | SE      | ۶۸  | ۰۶۵    |
| NW      | ۶۰  | ۲۴۸    | SE      | ۶۷  | ۰۶۰    |
| NW      | ۶۲  | ۲۵۵    | SE      | ۷۰  | ۰۶۳    |
| NW      | ۵۸  | ۲۵۱    | SE      | ۶۴  | ۰۵۷    |
| NW      | ۶۹  | ۲۵۲    | SE      | ۷۲  | ۰۶۳    |
| NW      | ۷۲  | ۲۵۳    | SE      | ۶۹  | ۰۷۰    |

پیوست ۳- داده‌های برداشت شده از ناودیس  $A_3$

| جهت شیب | شیب | امتداد | جهت شیب | شیب | امتداد |
|---------|-----|--------|---------|-----|--------|
| NW      | ۷۶  | ۲۲۵    | SE      | ۵۵  | ۰۷۰    |
| NW      | ۷۷  | ۲۲۵    | SE      | ۵۸  | ۰۶۷    |
| NW      | ۷۹  | ۲۲۳    | SE      | ۵۸  | ۰۶۵    |
| NW      | ۸۱  | ۲۲۷    | SE      | ۵۶  | ۰۶۰    |
| NW      | ۷۷  | ۲۲۰    | SE      | ۵۵  | ۰۶۳    |
| NW      | ۷۵  | ۲۲۰    | SE      | ۵۰  | ۰۵۷    |
| NW      | ۸۰  | ۲۲۷    | SE      | ۵۱  | ۰۶۳    |
| NW      | ۷۸  | ۲۱۸    | SE      | ۵۰  | ۰۷۰    |

پیوست ۴- داده‌های برداشت شده از تاق‌دیس A4

| جهت شیب | شیب | امتداد | جهت شیب | شیب | امتداد |
|---------|-----|--------|---------|-----|--------|
| NW      | ۷۶  | ۲۲۵    | SE      | ۷۴  | ۰۶۵    |
| NW      | ۷۷  | ۲۲۵    | SE      | ۷۳  | ۰۶۷    |
| NW      | ۷۹  | ۲۲۳    | SE      | ۷۸  | ۰۷۲    |
| NW      | ۸۱  | ۲۲۷    | SE      | ۶۲  | ۰۶۵    |
| NW      | ۷۷  | ۲۲۰    | SE      | ۵۸  | ۰۶۳    |
| NW      | ۷۵  | ۲۲۰    | SE      | ۶۷  | ۰۶۷    |
| NW      | ۸۰  | ۲۲۷    | SE      | ۵۷  | ۰۶۷    |
| NW      | ۷۸  | ۲۱۸    | SE      | ۷۷  | ۰۶۵    |

پیوست ۵- داده‌های برداشت شده از ناودیس A5

| جهت شیب | شیب | امتداد | جهت شیب | شیب | امتداد |
|---------|-----|--------|---------|-----|--------|
| NW      | ۵۵  | ۲۶۰    | SE      | ۲۵  | ۰۵۳    |
| NW      | ۵۰  | ۲۵۶    | SE      | ۳۰  | ۰۵۵    |
| NW      | ۵۸  | ۲۵۰    | SE      | ۲۵  | ۰۴۳    |
| NW      | ۶۰  | ۲۴۸    | SE      | ۲۳  | ۰۵۷    |
| NW      | ۶۲  | ۲۵۵    | SE      | ۲۷  | ۰۶۳    |
| NW      | ۵۸  | ۲۵۱    | SE      | ۲۰  | ۰۴۵    |
| NW      | ۶۹  | ۲۵۲    | SE      | ۲۶  | ۰۵۷    |
| NW      | ۷۲  | ۲۵۳    | SE      | ۲۷  | ۰۵۳    |

پیوست ۶- داده‌های برداشت شده از ناودیس A6

| جهت شیب | شیب | امتداد | جهت شیب | شیب | امتداد |
|---------|-----|--------|---------|-----|--------|
| NW      | ۳۲  | ۲۲۰    | SE      | ۷۴  | ۰۶۵    |
| NW      | ۴۲  | ۲۲۷    | SE      | ۷۳  | ۰۶۷    |
| NW      | ۳۸  | ۲۳۰    | SE      | ۷۸  | ۰۷۲    |
| NW      | ۴۵  | ۲۲۳    | SE      | ۶۳  | ۰۶۵    |
| NW      | ۴۸  | ۲۱۸    | SE      | ۵۸  | ۰۶۳    |
| NW      | ۶۰  | ۲۳۳    | SE      | ۶۷  | ۰۶۷    |
| NW      | ۵۷  | ۲۲۹    | SE      | ۵۷  | ۰۶۷    |

پیوست ۷- داده‌های برداشت شده از ناودیس A7

| جهت شیب | شیب | امتداد | جهت شیب | شیب | امتداد |
|---------|-----|--------|---------|-----|--------|
| NW      | ۳۸  | ۲۴۰    | SE      | ۷۳  | ۰۶۵    |
| NW      | ۴۲  | ۲۴۳    | SE      | ۷۰  | ۰۶۷    |
| NW      | ۵۰  | ۲۴۷    | SE      | ۷۳  | ۰۷۲    |

|     |    |    |     |    |    |
|-----|----|----|-----|----|----|
| ۰۶۵ | ۶۵ | SE | ۲۴۵ | ۴۸ | NW |
| ۰۶۳ | ۵۸ | SE | ۲۳۷ | ۴۵ | NW |
| ۰۶۷ | ۶۰ | SE | ۲۳۹ | ۳۵ | NW |
| ۰۶۷ | ۶۳ | SE | ۲۴۴ | ۳۷ | NW |
| ۰۶۵ | ۴۵ | SE | ۲۴۵ | ۴۰ | NW |

پیوست ۸- داده‌های برداشت شده از تاق‌دیس A<sub>8</sub>

| جهت شیب | شیب | امتداد | جهت شیب | شیب | امتداد |
|---------|-----|--------|---------|-----|--------|
| NW      | ۲۵  | ۲۳۰    | SE      | ۸۰  | ۰۸۲    |
| NW      | ۲۳  | ۲۲۳    | SE      | ۸۳  | ۰۸۱    |
| NW      | ۲۰  | ۲۳۵    | SE      | ۸۵  | ۰۷۹    |
| NW      | ۲۲  | ۲۳۶    | SE      | ۷۴  | ۰۷۵    |
| NW      | ۱۸  | ۲۳۴    | SE      | ۸۷  | ۰۷۸    |
| NW      | ۲۵  | ۲۳۲    | SE      | ۷۸  | ۰۸۰    |
| NW      | ۲۰  | ۲۲۵    | SE      | ۸۰  | ۰۸۳    |

پیوست ۹- داده‌های برداشت شده از تاق‌دیس A<sub>9</sub>

| جهت شیب | شیب | امتداد | جهت شیب | شیب | امتداد |
|---------|-----|--------|---------|-----|--------|
| NW      | ۵۰  | ۲۴۵    | SE      | ۷۸  | ۰۶۸    |
| NW      | ۴۸  | ۲۴۹    | SE      | ۸۰  | ۰۷۲    |
| NW      | ۴۳  | ۲۵۲    | SE      | ۸۶  | ۰۷۴    |
| NW      | ۴۰  | ۲۵۰    | SE      | ۸۳  | ۰۷۳    |
| NW      | ۴۵  | ۲۴۷    | SE      | ۸۱  | ۰۷۰    |
| NW      | ۴۴  | ۲۴۵    | SE      | ۷۰  | ۰۷۶    |
| NW      | ۴۹  | ۲۴۳    | SE      | ۷۵  | ۰۷۲    |

پیوست ۱۰- داده‌های برداشت شده از تاق‌دیس A<sub>10</sub>

| جهت شیب | شیب | امتداد | جهت شیب | شیب | امتداد |
|---------|-----|--------|---------|-----|--------|
| NW      | ۷۸  | ۲۴۴    | NW      | ۵۰  | ۲۴۵    |
| NW      | ۷۵  | ۲۵۰    | NW      | ۵۵  | ۲۴۸    |
| NW      | ۷۰  | ۲۵۲    | NW      | ۵۸  | ۲۵۳    |
| NW      | ۸۳  | ۲۴۴    | NW      | ۶۰  | ۲۵۰    |
| NW      | ۶۷  | ۲۴۵    | NW      | ۵۲  | ۲۴۴    |
| NW      | ۸۰  | ۲۵۵    | NW      | ۵۷  | ۲۵۳    |

پیوست ۱۱- داده‌های برداشت شده از تاق‌دیس A<sub>11</sub>

| جهت شیب | شیب | امتداد | جهت شیب | شیب | امتداد |
|---------|-----|--------|---------|-----|--------|
| SW      | ۱۶  | ۲۷۵    | NE      | ۱۷  | ۲۷۵    |
| SW      | ۲۴  | ۲۶۰    | NE      | ۲۶  | ۲۶۰    |
| SW      | ۳۰  | ۲۶۳    | NE      | ۳۰  | ۲۶۳    |
| SW      | ۳۵  | ۲۷۰    | NE      | ۳۲  | ۲۷۰    |
| SW      | ۳۳  | ۲۷۸    | NE      | ۳۵  | ۲۷۸    |
| SW      | ۴۰  | ۲۶۵    | NE      | ۴۰  | ۲۶۵    |

پیوست ۱۲- داده‌های برداشت شده از تاق‌دیس A<sub>12</sub>

| جهت شیب | شیب | امتداد | جهت شیب | شیب | امتداد |
|---------|-----|--------|---------|-----|--------|
| SW      | ۶۷  | ۰۸۵    | NE      | ۶۰  | ۲۷۰    |
| SW      | ۷۰  | ۰۸۹    | NE      | ۵۵  | ۲۶۸    |
| SW      | ۲۱  | ۰۷۶    | NE      | ۵۰  | ۲۷۵    |
| SW      | ۳۵  | ۰۷۴    | NE      | ۴۵  | ۲۷۲    |
| SW      | ۳۰  | ۰۸۳    | NE      | ۵۵  | ۲۶۳    |
| SW      | ۲۲  | ۰۸۲    | NE      | ۵۸  | ۲۶۷    |

پیوست ۱۳- داده‌های برداشت شده از سطح گسلی شاهکوه

| NO | Strike | Dip | Rake |
|----|--------|-----|------|
| ۱  | ۲۵۵    | ۵۵  | ۵۵   |
| ۲  | ۲۶۰    | ۵۳  | ۵۵   |
| ۳  | ۲۶۵    | ۴۵  | ۶۰   |
| ۴  | ۲۵۹    | ۴۸  | ۲۷   |
| ۵  | ۲۶۵    | ۵۲  | ۴۰   |
| ۶  | ۲۶۸    | ۴۱  | ۵۰   |

پیوست ۱۴- داده‌های برداشت شده از سطح گسلی ابر (علامت - نشان دهنده پادساعتگرد است.)

| NO | Dip.Dir. | Dip | Rake |
|----|----------|-----|------|
| ۱  | ۰۰۳      | ۷۲  | -۵۵  |
| ۲  | ۳۵۴      | ۵۷  | -۵۸  |
| ۳  | ۳۰۴      | ۷۴  | -۴۸  |
| ۴  | ۳۰۲      | ۶۰  | -۴۹  |
| ۵  | ۳۴۰      | ۵۰  | -۴۳  |
| ۶  | ۳۴۵      | ۵۵  | -۳۹  |
| ۷  | ۳۳۸      | ۶۲  | -۴۸  |
| ۸  | ۳۴۵      | ۷۰  | -۴۶  |

|    |     |    |     |
|----|-----|----|-----|
| ۹  | ۳۵۰ | ۵۹ | -۴۵ |
| ۱۰ | ۳۴۲ | ۵۳ | -۳۸ |
| ۱۱ | ۳۳۰ | ۶۱ | -۳۸ |
| ۱۲ | ۳۳۵ | ۴۹ | -۳۶ |
| ۱۳ | ۳۵۷ | ۵۰ | -۳۶ |
| ۱۴ | ۳۳۸ | ۶۲ | -۵۱ |
| ۱۵ | ۰۰۸ | ۵۶ | -۳۶ |

پیوست ۱۵- داده‌های برداشت شده از سطح گسلی قطار زرشک

| NO | Strike | Dip | Rake |
|----|--------|-----|------|
| ۱  | ۲۳۹    | ۸۷  | -۵۵  |
| ۲  | ۲۳۸    | ۸۸  | -۵۹  |
| ۳  | ۲۳۵    | ۸۷  | -۵۶  |
| ۴  | ۲۴۰    | ۸۷  | -۵۷  |
| ۵  | ۲۳۲    | ۸۵  | -۵۷  |
| ۶  | ۲۳۰    | ۸۷  | -۵۶  |

پیوست ۱۶- داده‌های برداشت شده از سطح گسلی **F<sub>1</sub>**

| NO | Strike | Dip | Rake |
|----|--------|-----|------|
| ۱  | ۲۶۵    | ۵۷  | -۴۴  |
| ۲  | ۲۶۰    | ۵۴  | -۴۳  |
| ۳  | ۲۵۸    | ۵۵  | -۴۳  |
| ۴  | ۲۶۶    | ۵۸  | -۴۵  |
| ۵  | ۲۶۲    | ۵۳  | -۴۳  |
| ۶  | ۲۵۵    | ۵۵  | -۴۳  |

پیوست ۱۷- داده‌های برداشت شده از سطح گسلی **F<sub>2</sub>**

| NO | Strike | Dip | Rake |
|----|--------|-----|------|
| ۱  | ۱۰۵    | ۸۰  | -۹۰  |
| ۲  | ۱۱۵    | ۸۲  | -۸۹  |
| ۳  | ۱۱۰    | ۸۱  | -۹۰  |
| ۴  | ۱۰۸    | ۸۳  | -۹۰  |
| ۵  | ۱۱۰    | ۸۰  | -۸۸  |
| ۶  | ۱۱۷    | ۸۰  | -۸۹  |

پیوست ۱۸- داده‌های برداشت شده از سطح گسلی F<sub>3</sub>

| NO | Strike | Dip | Rake |
|----|--------|-----|------|
| ۱  | ۱۵۵    | ۶۵  | -۸۵  |
| ۲  | ۱۵۸    | ۶۸  | -۸۵  |
| ۳  | ۱۶۰    | ۶۶  | -۸۴  |
| ۴  | ۱۵۳    | ۶۵  | -۸۶  |
| ۵  | ۱۶۲    | ۶۶  | -۸۴  |
| ۶  | ۱۶۵    | ۶۵  | -۸۵  |

پیوست ۱۹- داده‌های برداشت شده از سطح گسلی F<sub>4</sub>

| NO | Strike | Dip | Rake |
|----|--------|-----|------|
| ۱  | ۱۹۸    | ۷۰  | ۶۸   |
| ۲  | ۲۰۰    | ۷۸  | ۷۰   |
| ۳  | ۲۰۵    | ۷۵  | ۷۰   |
| ۴  | ۲۰۷    | ۷۳  | ۷۲   |
| ۵  | ۲۰۹    | ۷۸  | ۷۲   |
| ۶  | ۲۱۲    | ۸۰  | ۷۵   |

پیوست ۲۰- داده‌های برداشت شده از سطح گسلی F<sub>5</sub>

| NO | Strike | Dip | Rake |
|----|--------|-----|------|
| ۱  | ۲۶۵    | ۷۳  | ۷۰   |
| ۲  | ۲۶۰    | ۷۱  | ۷۲   |
| ۳  | ۲۶۹    | ۷۶  | ۷۷   |
| ۴  | ۲۷۰    | ۷۸  | ۷۸   |
| ۵  | ۲۷۵    | ۸۰  | ۷۵   |
| ۶  | ۲۷۳    | ۸۲  | ۷۷   |

پیوست ۲۱- داده‌های برداشت شده از سطح گسلی F<sub>6</sub>

| NO | Strike | Dip | Rake |
|----|--------|-----|------|
| ۱  | ۱۸۵    | ۵۰  | -۴۶  |
| ۲  | ۱۸۹    | ۵۵  | -۴۷  |
| ۳  | ۱۸۴    | ۵۴  | -۴۶  |
| ۴  | ۲۰۱    | ۵۵  | -۴۹  |
| ۵  | ۱۸۵    | ۵۰  | -۴۳  |
| ۶  | ۱۸۹    | ۵۳  | -۴۲  |

منابع

---

## منابع فارسی

- ۱- آقاباتی، سید علی (۱۳۸۹). زمین شناسی ایران، چاپ سوم، تهران، انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- ۲- افتخارنژاد، جمشید (۱۳۵۹)، تفکیک بخش های مختلف ایران از نظر وضع ساختمانی در ارتباط با حوضه های رسوبی. شماره ۸۲، صفحات ۱۹-۲۸، نشریه انجمن نفت.
- ۳- پورکرمانی، م.، آرین. م.، ۱۳۷۳، لرزه زمین ساخت. انتشارات شرکت مهندسی مشاور دز آب.
- ۴- خسروتهرانی، خسرو (۱۳۸۷). زمین شناسی ایران، چاپ ششم، انتشارات دانشگاه پیام نور.
- ۵- درویش زاده، علی (۱۳۸۸). زمین شناسی ایران، چینه شناسی، تکتونیک، دگرگونی و ماگماتیسم، چاپ سوم تهران، انتشارات موسسه امیرکبیر.
- ۶- رحیمی ب، (۱۳۸۱)، رساله دکتری، "مطالعات ساختاری رشته کوه البرز در شمال دامغان". دانشکده علوم، دانشگاه شهید بهشتی، صفحه ۲۰۸.
- ۷- سلیمانی، شهریار، ۱۳۸۷، رهنمودهایی در شناسایی حرکات تکتونیکی فعال و جوان، پژوهشگاه بین المللی زلزله-شناسی و مهندسی زلزله.
- ۸- شاه پسندزاده، مجید. زارع، مهدی (۱۳۷۴). بررسی مقدماتی لرزه خیزی، لرزه زمین ساخت و خطر زمین لرزه-گسلش در پهنه استان مازندران. سال چهارم، شماره ۵، صفحات ۱۰-۱۲، انتشارات موسسه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله.
- ۹- شهرابی، مصطفی (۱۳۶۹). نقشه زمین شناسی گرگان (مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰)، سازمان زمین شناسی کشور.
- ۱۰- قریشی، منوچهر. آرین، مهران (۱۳۸۹). تکتونیک ایران، چاپ اول، تهران: انتشارات مربع آبی.
- ۱۱- نوگل سادات، م. ع. ا.، ۱۳۷۲، نقشه تکتونیک ایران. سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- ۱۲- زیادی (۱۳۹۳)، پایان نامه ارشد: بررسی مورفومتری و ارزیابی فعالیت نو زمین ساختی در منطقه شاهوار در شمال باختری شاهرود، دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود.

۱۳- نورافکن (۱۳۹۱)، پایان نامه ارشد: بررسی تحلیل ساختاری چین‌خوردگی و گسلش در شمال‌خاوری شاهرود، دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود.

۱۴- نبوی (۱۳۹۱)، پایان نامه ارشد: بررسی سازوکار جایگیری سفره‌های رانده، چین‌خورده منطقه چهارباغ – البرز- خاوری. دانشکده علوم پایه، دانشگاه دامغان.

۱۵- کرم‌اللهی (۱۳۹۲)، بررسی ارزیابی فرسایش حوضه آبریز شاهکوه در سازندهای موجود در منطقه شاهکوه.

۱۶- صالحی‌راد، الف. (۱۳۶۹)، نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ گرگان تهیه شده توسط سازمان زمین‌شناسی کشور.

۱۷- ظهراپ، الف. (۱۳۸۵)، نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ علی‌آباد تهیه شده توسط سازمان زمین‌شناسی اکتشافات معدنی کشور.

- ۱۸- **Adams, K.D., Wesnousky, S.G., Bills, B.G., 1999**, Isostatic rebound, active faulting, and potential geomorphic effects in the Lake Lahontan basin, Nevada and California. Geological Society of America Bulletin, Vol. 111, p. 1739-1756.
- ۱۹- **Alavi, M. (1992)**. Thrust tectonics of Binalood region, NE Iran. Tectonics, Vol. 11, pp. 360-370.
- ۲۰- **Alavi, M. (1996)**. Tectonostratigraphic synthesis and structural style of Alborz Mountain system in northern Iran. Journal of geodynamics. Vol. 21, pp. 1-33.
- ۲۱- **Alavi, M., 1991**, Sedimentary and structural characteristics of the Paleo-Tethys remnants in northeastern Iran. Geological Society of America Bulletin, 103, 983-992.
- ۲۲- **Allen, M. B., ghassemi, r, shahrabi, M. and Qorashi, M. (2003)**. Accommodation of late Cenozoic oblique shortening in the Alborz range, northern Iran. Journal of structural geology, Vol, 25. pp, 659-672.
- ۲۳- **Ambraseys, N.N., Melville, C.P., 1982**, A history of Persian earthquakes. Cambridge University press, Cambridge, UK.
- ۲۴- **Angelier, j. (1994)**. Fault Slip Analysis & Paleostress reconstruction In Hancock, P. l. 1994. Continental Deformation, pergamon press Ltd. chapter 4, pp. 53-100.
- ۲۵- **Angelier, J., mechler, p. (1977)**. Sur une method graphique de recherché des contraintes principals egalment utilisable en tectonique et en seismologie. La method des diedres droits: Bulletin de societie geologique de frace, Vol. 19, pp. 1309-1318.
- ۲۶- **ballato, p., nowaczyk, n. R., landgrave. A., strecker, M. R., friedrich, A., and tabatabaei, S. H. (2008)**. Tectonic control on sedimentary facies pattern and sediment accumulation rates in the miocen forland basin of the southern alborz mountains, northern iran. Tectonics, vol. 27, pp. 20.
- ۲۷- **Assereto, R. (1966)**. The Jurassic shemshak formation in central Alborz (Iran). Rivista Italiana di paleontologia e strtigrafia, Vol. 72, pp. 1133-1182.
- ۲۸- **Berberian, M. (1976)**. An explanatory note on the first seismotectonic map of Iran; a seismo-tectonic review of the country. Geological survey of Iran, no. 39, pp. 7-141.

- ۲۹- **Berberian, M. (1976).** Contribution to the seismotectonics of Iran (part II), Geol. Surv. Iran, Rep. 39.
- ۳۰- **Berberian, M., King, G. C. (1981).** Toward a paleogeography and tectonic evolution of Iran. Canadian journal of Earth sciences, Vol. 18. Pp, 210-265.
- ۳۱- **Bredden, H. (1970).** Der Alborz im Iran. Ein schuppengebirge: Geol. Mitt. (Aachen), vol. 10, pp. 61-100.
- ۳۲- **Burnet, M. F., Wilmsen, M. and Granath, J. W. (2009).** South Caspian to central Iran basins. Geological society special publication 312, London.
- ۳۳- **Burbank, D., Anderson, R., 1987,** Tectonic Geomorphology. Department of Geosciences, the Pennsylvania State University.
- ۳۴- **Bull, W.B., McFadden, L.D., 1977.** Tectonic geomorphology north and south of the Garlock fault, California. In: Doehring, D.O. (Ed.), Geomorphology in Arid Regions. Proceedings of the Eighth Annual Geomorphology Symposium. State University of New York, Binghamton, pp. 115–138.
- ۳۵- **Cannon, P.J., 1976,** Generation of explicit parameters for a quantitative geomorphic study of Mill Creek drainage basin. Oklahoma Geology Notes 36 (1), 3–16.
- ۳۶- **Carey, E., & Brunner, M. B. (1974).** Analyse theorique et numerique d'un modele mecanique elementaire applique. l'etude d'une population de failles. C. R. Acad. Sci. Paris D 279, 891.
- ۳۷- **Davis, G. H., & Reynolds, J. S. (1993).** Structural Geology of Rocks and Regions. New York: John Wiley & Sons, INC.
- ۳۸- **De Paor, D. G. (1983).** Orthographic analysis of geological structures. Deformation theory. Journal of structural geology, no. 314, pp. 255-277.
- ۳۹- **Dehghani, G. A. and Makris, J., 1983,** The gravity field and crustal structure in Iran, in Geodynamic Project (Geotraverse) in Iran, Rep. 51, Geol. Surv. Iran, 51-67.
- ۴۰- **Dewey, J. F., Bird, J. N. (1970).** Mountain belts and the new global tectonics. Journal of geophysical research, vol. 75, pp. 2625-2647.
- ۴۱- **El Hamdouni, R., Irigaray, C., Fernandez, T., Chacón, J., Keller, E.A., 2007,** Assessment of relative active tectonics, southwest border of Sierra Nevada (southern Spain). Geomorphology 96, 150–173.

- ۴۲- **Fossen, H. (2010).** Structural geology. Cambridge university press.
- ۴۳- **Fursich, F.T., Wilmsen, M., Seyed-Emami, K., Majidifard, M.R., (2009),** “Lithostratigraphy of the Upper Triassic-Middle Jurassic Sheemshak Group of Northern Iran ,South Caspian to Centrral Iran Basin”, The Geological Society, London, Special Publication, 312, 129-160.
- ۴۴- **Ghosh, S. K. (1993).** Structural geology. Fundamentals and modern developments. Pergamo press, Oxford.
- ۴۵- **guest, B., Axen, G., Lam, P. S., and Hassanzadeh, J. (2006).** Late Cenozoic shortening in the west-central Alborz. Mountains, northern Iran, by combined conjugate strike-slip and thin-skinned deformation. Geological society of America, vol. 2, pp.35-52.
- ۴۶- **guest, B., guest, A., Axen, G. (2007).** Late tertiary tectonic evolution of northern Iran: A case for simple crustal folding. Global and planetary change, vol. 58, pp. 435-453.
- ۴۷- **Jackson, J. A., 1992,** Partitioning of strike-slip and convergent motion between Eurasia and Arabia in Eastern Turkey and the Caucasus, J. Geophys. Res., 97, 12471-12479.
- ۴۸- **Jackson, J. A.and McKenzi, D. P., 1984,**Active tectonics of the Alpine-Himalayan belt between Western Turkey and Pakistan, Geophys. J. R. astr. Soc., 77, 185-264.
- ۴۹- **Jackso, J., Priestly, k., Allen, M., and Berberian, M. (2002).** Active tectonics of the South Caspian Basin. Geophysical ournal international, vol. 148, pp. 214-245.
- ۵۰- **Javidfakhr, B., Bellier, O., Shabanian, E., Siame, L., Leanni, L., Bourles, D., Ahmadian, S., (2011a),**“Fault kinematics and active tectonics at the southeastern boundary of the eastern Alborz (Abr and Khij fault zones)”, Geodynamic implications for NNE Iran, Journal of Geodynamics, doi: 10.1016.
- ۵۱- **Keller, E.A., Pinter, N., 1996,** Active Tectonics: Earthquakes, Uplift, and Landscape. Prentice Hall, New Jersey.
- ۵۲- **Kijko, A., 1992,** estimation of earthquake parameters from incomplete data files, Part II. Incorporation of magnitude heterogeneity. Bull. Seism. Soc. Am., 82, p. 120-134.
- ۵۳- **Marrett, R., & Allmendinger, R. W. (1990).** Kinematic analysis of fault-slip data. journal of Structural Geology, V. 12, 973-986.

- ۵۴- **McClay, K. R. (1992).** Glossary of thrust tectonics terms, In: K. R. McClay, editor, thrust tectonics. Chapman & Hall. London.
- ۵۵- **Mirzaei, N., Gao, M., Chen, Y. T., 1998,** Seismic source regionalization for seismic zoning of Iran: major seismotectonic provinces. J. Earthquake prediction Research, 7, 465-495.
- ۵۶- **Moore, E. M. Twiss, R. J. (1995).** Tectonics. New York: W.H, Freeman and company.
- ۵۷- **Ramírez- Herrera, M.T., 1998,** Geomorphic assessment of active tectonics in the Acambay Graben, Mexican volcanic belt. Earth Surface Processes and Landforms 23, 317–332
- ۵۸- **Ramsay, J. G., Huber, M. I. (1983).** The technique of modern structural geology volume 1: strain analysis. Academic Press Ltd, USA.
- ۵۹- **Ramsay, J. G., Huber, M. I. (1987).** The technique of modern structural geology volume 2: folds and fractures. 3rd edition Academic press Ltd USA.
- ۶۰- **Sengör, A. M. C., Altiner, D., Cin, A., Ustaogör, T. and Hsu, K. J., (1988),** “Origin and Assembly of the Tethyside Orogenic collage at the expense of Gondwana Land, in: Gondwana and Tethys”, (ed. By M.G. Audley charls and A. Hahham), Geol. Soc. Of London, Spicial paper 37, 119-181.
- ۶۱- **Stöcklin, J. (1968).** Structural history and tectonics of Iran. A review: American association of petroleum geologists bulletin. Vol 52 pp 1229-1258.
- ۶۲- **suppe, J. (1985).** Principles of structural geology. New jersey: prentice Hall, Englewood cliffs.
- ۶۳- **Tatar, M., Jackson, J., Hatzfeld, D., and Bergman, E. (2007).** The 2004 may 28 baladeh earthquake ( $M_w$  6.2) in the Alborz, Iran: Overthrusting the south Caspian basin margin, partitioning of oblique convergence and the seismic hazard of Tehran. Geophysical international, Vol. 170, pp. 249-261.
- ۶۴- **Tavakoli, B., Ghafory-Ashtiany, M., 1999,** Seismic Hazard Assessment of Iran. Annali di Geofisica, Vol. 42, No. 6.

۶۵- **Tikoff, B., Fossen, H. (1993).** Simultaneous pure and simple shear: the unifying deformation matrix. *Tectonophysics*, Vol. 217, pp. 267-283.

۶۶- **Twiss, R. Moores, E. M. (2007).** *Structural geology*. new York: W.H, freeman and company.

۶۷- **Varnant, ph., Nilforoushan, F., Chery, J., Bayer. R., Djamour, Y., Masson, F., Nankali,H., Ritz,J. F., Sedighi, M., and Tavakoli, F. (2004).** Deciphering oblique shortening of central Alborz in Iran using geodetic data. *Earth and planetary science letters*, vol. 223, pp. 177-185.

۶۸- **Vita-Finzi, C., 1986,** *Recent Earth movement-An introduction to Neotectonics*. Academic Press, London, pp. 226.

۶۹- **Ye, H.,Chen, G. and Zhou, Q., 1995,** Study on the intraplate potential seismic sources, in: *Proc. Fifth International Conf. Seismic Zonation*, Nice, France, 2, 1424-1430.

۷۰- **Zanchi, A., Zanchetta, S., Berra, f., Mattei, M., Garzanti, E., Molyneux, S., Nawab, A., and sabouri, J. (2009).** The Eo-cimmeria orogeny in North Iran. In: *south Caspian to Central Iran Basins*, geological society special publications 312, pp. 31-55.

## **Abstract**

Abr-shahkooh region is a part of east alborz sedimentary structural zone, which is located in northwest of shahrood. In this research, deformation of rock units that cropouts in the studied area, consist of folding and faulting with a special view to neotectonic deformation, has been investigated. Stratigraphic investigation in this area shows occurrence of Paleozoic, Mesozoic and Cenozoic formations. The Main faults in this area such as fault abr have northeast-southwest trend and left lateral reverse mechanism. Others fault shahkooh have northwest-southeast and show right lateral reverse mechanism. The studying of fold geometry in this area based on existing geological maps, satellite images and field geology demonstrate that general trend of folding is northeast-southwest to east-west. The change in trend of folds from northeast-southwest to northwest-southeast is due to changes in faults mechanism region and the following changes in orientation of maximum pressure axis. Paleostress analysis based on folding and fault slip analysis show that direction of maximum stress has been changed from northeast-southwest to northwest-southeast.

This stress field are compatible with dominant left revers mechanism in fault abr with northeast-southwest trend and with dominant right reverse mechanism in fault shahkooh with northwest-southeast trend.

**Key words:** Abr, Shahkooh, Fault, Fold, Stress, Neotectonic, East alborz





**Shahrood University of Technology**

**Faculty of Geology Sciences**

**MSc Thesis in Tectonic**

**Structural Analysis of Abr – shahkooh fault zone area**

By: Saeed Aghajani esalo

Supervisor

Dr. R. Ramazani Oomali

Advisor

Dr. A. Taheri

February 2017