

الله اعلم
١٤٠



دانشکده علوم زمین

پایان نامه کارشناسی ارشد تکتونیک

بررسی دگر ریختی در منطقه‌ی آهوانو- آستانه (شمال غرب دامغان)

نگارنده: یگانه فتحی

استاد راهنما

دکتر پرویز امیدی

تیر ۹۶

کشرشایان شمار ایزدمنان که توفیق را رفیق را هم ساخت تا این پایان نامه را به پایان

برسانم

و

تقدیم به روح مهربان پدر عزیزم

و دستان پر مهر مادر مهربانم

نمال را "باران" بلید، تا سیرابش کند از آب حیات و "آفتاب" بلید تا تابانند نیرو را و محکم کند شاخه های تازه رویده را،
بسی شایسته است که از استاد فرهیخته و فرزانه ام جناب آقای دکتر پرویز امیدی آموزگاری که برایم زندگی، بودن
و انسان بودن را معنا کرد، تقدیر و تشکر نمایم.

بچنین مراتب سپاس خود را از آقای دکتر عزیز اله طاهری به خاطر مهربانی و لطف ایشان و کمک های بی دریغ شان
ابراز می دارم.

از اساتید داور جناب آقایان دکتر رمضان رضوانی اومالی و آقای دکتر محسن خادمی که قبول زحمت نموده و داوری
این پایان نامه را بر عهده گرفته اند و قطعاً نظرات این بزرگواران در هر چه بهتر شدن این پایان نامه مثمر خواهد بود،
تشکر می نمایم. بر خود لازم می دانم که حضور نماینده ی تحصیلات تکمیلی آقای دکتر جعفرزاده را ارج نهاده و تشکر
می نمایم. بچنین بر خود لازم میدانم از تمام اساتید و کارکنان دانشکده علوم زمین تشکر نمایم.

بچنین از دوستان خوبم، آقای فرحدل، خانم ها واحدی، رستی، حسینی اصیل تشکر و سپاسگزاری می نمایم.

تعهد نامه

اینجانب یگانه فتحی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته زمین‌شناسی - تکتونیک دانشکده علوم زمین دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان‌نامه " بررسی دگر ریختی در منطقه‌ی آهوانو - آستانه (شمال غرب دامغان) " تحت راهنمایی دکتر پرویز امیدی 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 با نام « 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 بوده اند در مقالات مستخرج از پایان‌نامه رعایت می‌گردد.
- ± در کلیه مراحل انجام این پایان‌نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است .
- ± در کلیه مراحل انجام این پایان‌نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است .

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

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

چکیده

در این تحقیق چین‌ها و گسل‌های واقع در بین گسل‌های کواترنری آستانه (مرز شمالی) و شمال دامغان (مرز جنوبی) در شمال‌باختری شهرستان دامغان و حاشیه جنوبی البرز خاوری بررسی شده است. مطالعات چینه‌نگاری در این منطقه وجود واحدهای سنگی مزوزوئیک (سازندهای الیکا، شمشک، دلیچای و لار) و واحدهای سنگی سنوزوئیک (سازندهای کرج، زیارت، نهشته‌های نئوژن و کواترنری) را تأیید می‌کند. رخنمون واحدهای آذرین در جنوب روستای آستانه و شمال باختر منصورکوه به ترتیب بازالتی و گابرویی است. چین‌های بررسی شده در این منطقه در سازند شمشک (ناودیس FO1 و ناودیس جنوب پیشسار) و در واحدهای نئوژن (ناودیس جنوب منصورکوه) واقع شده‌اند. طبق رده‌بندی فلوتی بر مبنای زاویه بین دو یال، ناودیس FO1 در رده‌ی ملایم (gentle)، ناودیس جنوب پیشسار در رده‌ی باز (open) و ناودیس جنوب منصورکوه در رده‌ی باز (open) قرار می‌گیرند. همچنین بر اساس رده‌بندی شیب سطح محوری و میل لولا نیز ناودیس FO1 (Steeply inclined)، ناودیس جنوب پیشسار (Upright Horizontal) و ناودیس جنوب منصورکوه (Upright Horizontal) طبقه‌بندی شده‌اند. بررسی وضعیت چین‌خوردگی‌ها در این منطقه نشان می‌دهد که روند چین‌خوردگی‌ها شمال‌خاوری- جنوب‌باختری و هم‌روند با گسل‌های اصلی منطقه است. گسل‌های اصلی منطقه مانند گسل آستانه، کواترنری شمال دامغان، منصورکوه و گسل‌های فرعی از جمله گسل شمال‌باختری منصورکوه، پیشسار و جنوب پیشسار دارای راستای شمال‌خاوری- جنوب‌باختری و سازوکار امتدادلغز چپ بر با مؤلفه‌ی معکوس و معکوس با مؤلفه‌ی امتدادلغز چپ بر می‌باشند. همچنین گسل‌های شمال‌آهوانو، مهرنگار، F1 و F2 دارای روند شمال‌باختری- جنوب‌خاوری و سازوکار نرمال با مؤلفه‌ی امتدادلغز راست‌بر است. وجود سه دسته شکستگی مرتبط با چین‌خوردگی بر روی یال ناودیس جنوب منصورکوه مشاهده گردید که بیشترین شکستگی‌ها از نوع شکستگی‌های مایل می‌باشند. نشانه‌هایی از فعالیت‌های کواترنری و نو زمین‌ساختی همچون جابه‌جایی آبراهه‌ها (در امتداد گسل آستانه و گسل کواترنری شمال دامغان)، قطع‌شدگی و

جابه‌جایی مخروط افکنه‌ها (در امتداد گسل آستانه و گسل کواترنری شمال دامغان)، شکستگی

واحدهای تراورتن و چین‌خوردگی در واحدهای نئوژن بررسی شده است.

کلیدواژه: البرز خاوری، گسل آستانه، گسل کواترنری شمال دامغان

فهرست مطالب

۱	فصل اول: مقدمه
۲	۱-۱- راه‌های دسترسی
۳	۲-۱- تعریف مسئله
۵	۳-۱- سابقه مطالعات پیشین
۸	۴-۱- فرآیند مطالعه
۱۱	فصل دوم: زمین‌شناسی
۱۲	۱-۲- زمین‌ساخت البرز
۱۳	۲-۲- چینه‌شناسی
۱۴	۱-۲-۲- واحدهای سنگی مزوزوئیک
۱۴	۲-۲-۱-۱- سازند الیکا
۱۴	۲-۲-۱-۲- سازند شمشک
۱۵	۲-۲-۳-۱- سازند دلیچای
۱۶	۲-۲-۴-۱- سازند لار
۱۷	۲-۲-۵-۱- واحدهای آذرین
۲۱	۲-۲-۲- واحدهای سنگی سنوزوئیک
۲۱	۲-۲-۱- سازند زیارت
۲۱	۲-۲-۲- سازند کرج
۲۲	۲-۲-۳- واحدهای نئوژن
۲۳	۲-۲-۴- نهشته‌های کواترنری
۲۹	فصل سوم: زمین‌شناسی ساختمانی
۳۰	۱-۳- گسل

۳۱	..... گسل کواترنری شمال دامغان
۴۱	..... گسل منصورکوه
۵۴	..... گسل آستانه
۵۹	..... گسل پیشسار
۶۲	..... گسل شمال باختر منصورکوه
۶۷	..... گسل جنوب پیشسار
۷۱	..... گسل شمال آهوانو
۷۳	..... گسل مهرنگار
۷۶	..... گسل F1
۷۸	..... گسل F2
۸۰	..... گسل F3
۸۲	..... چین خوردگی
۸۳	..... چین خوردگی در سازند شمشک
۸۳	..... ناودیس FO1
۸۴	..... ناودیس جنوب پیشسار
۸۷	..... چین خوردگی در سازند دلیچای
۸۸	..... چین خوردگی در سازند کرج
۸۹	..... چین خوردگی جنوب منصورکوه
۹۱	..... شکستگی
۹۲	..... انواع شکستگی ها
۹۳	..... سیستم شکستگی وابسته به چین خوردگی
۹۴	..... سیستم شکستگی وابسته به گسل خوردگی
۹۵	..... شکستگی در ناودیس جنوب منصورکوه
۹۷	..... واحدهای تراورتن
۱۰۱	..... فصل چهارم: بحث و نتیجه گیری

- ۱-۴- بررسی هندسه و سازوکار گسل ها ۱۰۲
- ۱-۴-۱- گسل کواترنری شمال دامغان..... ۱۰۳
- ۱-۴-۲- گسل منصورکوه..... ۱۰۳
- ۱-۴-۳- گسل آستانه..... ۱۰۳
- ۱-۴-۴- گسل پیشسار..... ۱۰۴
- ۱-۴-۵- گسل مهرنگار..... ۱۰۴
- ۱-۴-۶- گسل شمال آهوانو..... ۱۰۵
- ۱-۴-۷- گسل شمال باختری منصورکوه..... ۱۰۶
- ۱-۴-۸- گسل جنوب پیشسار..... ۱۰۶
- ۱-۴-۹- گسل F1..... ۱۰۷
- ۱-۴-۱۰- گسل F2..... ۱۰۷
- ۱-۴-۱۱- گسل F3..... ۱۰۷
- ۲-۴- دگرریختی کواترنری..... ۱۰۸
- ۳-۴- پیشنهادها..... ۱۱۱
- منابع..... ۱۱۲

فهرست اشکال

- شکل ۱-۱- نقشه‌ی راه‌های دسترسی به منطقه مورد مطالعه..... ۳
- شکل ۱-۲- تصویر SRTM از رشته کوه البرز..... ۱۲
- شکل ۲-۲- تصویر صحرایی از سازند الیکا در شمال باختری روستای منصور کوه..... ۱۴
- شکل ۳-۲- تصویر صحرایی از سازند شمشک در جنوب روستای آستانه..... ۱۵
- شکل ۴-۲- تصویر صحرایی از سازند دلیچای شمال باختری روستای آهوانو..... ۱۶
- شکل ۵-۲- تصویر صحرایی از سازند لار در روستای منصور کوه..... ۱۷
- شکل ۶-۲- تصویر صحرایی از رخنمون واحدهای آذرین در جنوب روستای آستانه..... ۱۸
- شکل ۷-۲- تصویر صحرایی از رخنمون واحدهای آذرین در شمال باختری منصور کوه..... ۱۹
- شکل ۸-۲- ستون چینه‌شناسی سازندهای مربوط به دوران مزوزوئیک (بدون مقیاس)..... ۲۰
- شکل ۹-۲- تصویر صحرایی از سازند زیارت باختر روستای منصور کوه..... ۲۱
- شکل ۱۰-۲- تصویر صحرایی از سازند کرج باختر روستای منصور کوه..... ۲۲
- شکل ۱۱-۲- تصویر صحرایی از رخنمون کنگلومرا در باختر روستای منصور کوه..... ۲۳
- شکل ۱۲-۲- تصویر صحرایی از نهشته‌های کواترنری در منطقه مورد مطالعه..... ۲۴
- شکل ۱۳-۲- ستون چینه‌شناسی سازندهای مربوط به دوران سنوزوئیک (بدون مقیاس)..... ۲۵
- شکل ۱۴-۲- نقشه‌ی زمین شناسی منطقه مورد مطالعه..... ۲۷
- شکل ۱-۳- تصویر ماهواره ایی لندست از گسل کواترنری شمال دامغان..... ۳۱
- شکل ۲-۳- انحراف و جابجایی آبراهه‌ها بر اثر عملکرد گسل امتداد لغز..... ۳۲
- شکل ۳-۳- جابجایی چپ بر آبراهه توسط گسل‌های نرمال و معکوس و امتداد لغز..... ۳۲
- شکل ۴-۳- موقعیت ایستگاه‌های برداشت شده از گسل کواترنری شمال دامغان..... ۳۳
- شکل ۵-۳- تصویر قطع شدگی رسوبات و پادگانه‌های آبرفتی توسط گسل کواترنری شمال دامغان..... ۳۴
- شکل ۶-۳- تصویر جابجایی آبراهه توسط گسل کواترنری شمال دامغان..... ۳۴
- شکل ۷-۳- قطع شدگی نهشته‌های مخروطه افکنه توسط گسل کواترنری شمال دامغان..... ۳۵

- شکل ۳-۸- تصاویر سیکلوگرافیک صفحات گسلی اندازه گیری شده از گسل کواترنری شمال دامغان.....۳۶
- شکل ۳-۹- تصویری از امتداد گسل کواترنری شمال دامغان.....۳۶
- شکل ۳-۱۰- خش لغزهای گسلی گسل کواترنری شمال دامغان.....۳۷
- شکل ۳-۱۱- خراش های گسلی گسل کواترنری شمال دامغان.....۳۸
- شکل ۳-۱۲- تصویر ماهواره ایی از پیمایش 'AA.....۳۸
- شکل ۳-۱۳- تصاویر سیکلوگرافیک صفحات گسلی اندازه گیری شده در پیمایش 'AA.....۳۹
- شکل ۳-۱۴- خراش های گسلی از سطح گسل کواترنری شمال دامغان.....۴۰
- شکل ۳-۱۵- برشی نمادین از گسل کواترنری شمال دامغان.....۴۱
- شکل ۳-۱۶- تصویر ماهواره ایی لندست برگرفته از Google earth از نقاط برداشت داده در منصور کوه.....۴۱
- شکل ۳-۱۷- تصاویر سیکلوگرافیک از سطح گسل منصور کوه در ایستگاه اول.....۴۲
- شکل ۳-۱۸- کنتور دیاگرام قطب داده ها از یطح گیل منصور کوه در ایستگاه اول.....۴۳
- شکل ۳-۱۹- تصویر صحرایی از امتداد گسل منصور کوه.....۴۳
- شکل ۳-۲۰- خش لغزهای برداشت شده از سطح گسل منصور کوه در ایستگاه اول.....۴۴
- شکل ۳-۲۱- خش لغزهای برداشت شده از سطح گسل منصور کوه در ایستگاه اول.....۴۵
- شکل ۳-۲۲- تصویر سیکلوگرافیک صفحات گسلی اندازه گیری شده از گسل منصور کوه در ایستگاه دوم.....۴۶
- شکل ۳-۲۳- تصویری از امتداد گسل منصور کوه در ایستگاه دوم.....۴۶
- شکل ۳-۲۴- خش لغزهای برداشت شده از سطح گسل منصور کوه در ایستگاه دوم.....۴۷
- شکل ۳-۲۵- تصویری از مناظر نامتقارن بر روی گسل منصور کوه در ایستگاه دوم.....۴۸
- شکل ۳-۲۶- تصویر سیکلوگرافیک صفحات گسلی اندازه گیری شده از سطح گسل منصور کوه در ایستگاه دوم.....۴۹
- شکل ۳-۲۷- تصویری از امتداد گسل منصور کوه در ایستگاه دوم.....۵۰
- شکل ۳-۲۸- خش لغزهای سطح گسل منصور کوه در ایستگاه دوم.....۵۱
- شکل ۳-۲۹- تصویر سیکلوگرافیک صفحات گسلی اندازه گیری شده از سطح گسل منصور کوه.....۵۲
- شکل ۳-۳۰- تصویر صحرایی از امتداد گسل منصور کوه در ایستگاه سوم.....۵۲
- شکل ۳-۳۱- خش لغزهای گسلی گسل منصور کوه در ایستگاه سوم.....۵۳
- شکل ۳-۳۲- تصویر ماهواره ایی لندست ۸ از گسل معکوس شمال دامغان.....۵۴

- شکل ۳-۳۳- تصویر ماهواره‌ای لندست برگرفته از Google earth از گسل آستانه..... ۵۵
- شکل ۳-۳۴- تصویر سیکلوگرافیک صفحات گسلی اندازه‌گیری شده از سطح گسل آستانه..... ۵۶
- شکل ۳-۳۵- تصویر صحرایی از گسل آستانه..... ۵۷
- شکل ۳-۳۶- برش نمادین از سطح گسل آستانه..... ۵۷
- شکل ۳-۳۷- خراش گسلی از سطح گسلی گسل آستانه..... ۵۸
- شکل ۳-۳۸- تصویر ماهواره‌ای از جابجایی آبراهه‌ها..... ۵۹
- شکل ۳-۳۹- تصویر ماهواره‌ای لندست برگرفته از Google earth از گسل پیشسار..... ۶۰
- شکل ۳-۴۰- تصویر سیکلوگرافیک صفحات گسلی اندازه‌گیری شده از سطح گسل پیشسار..... ۶۰
- شکل ۳-۴۱- تصویر صحرایی از گسل پیشسار..... ۶۱
- شکل ۳-۴۲- خراش‌های گسلی از سطح گسل پیشسار..... ۶۲
- شکل ۳-۴۳- تصویر ماهواره‌ای لندست برگرفته از Google earth از گسل شمال باختر منصور کوه..... ۶۳
- شکل ۳-۴۴- تصویر سیکلوگرافیک صفحات گسلی اندازه‌گیری شده از سطح گسل شمال باختر منصور کوه..... ۶۳
- شکل ۳-۴۵- کنتور دیاگرام از قطب داده‌های گسل شمال باختر منصور کوه..... ۶۴
- شکل ۳-۴۶- تصویر صحرایی از گسل شمال باختر منصور کوه..... ۶۴
- شکل ۳-۴۷- تصویری از پرتگاه گسلی ایجاد شده توسط گسل شمال باختر منصور کوه..... ۶۵
- شکل ۳-۴۸- خش‌لغزهای گسلی از گسل شمال باختر منصور کوه..... ۶۶
- شکل ۳-۴۹- تصویر ماهواره‌ای لندست برگرفته از Google earth از گسل جنوب پیشسار..... ۶۷
- شکل ۳-۵۰- تصویر سیکلوگرافیک صفحات گسلی اندازه‌گیری شده در گسل جنوب پیشسار..... ۶۸
- شکل ۳-۵۱- تصویری از امتداد گسل جنوب پیشسار..... ۶۹
- شکل ۳-۵۲- تصویری از برونزد بازالت در جنوب آستانه..... ۶۹
- شکل ۳-۵۳- خراش‌های گسلی در سطح گسل جنوب پیشسار..... ۷۰
- شکل ۳-۵۴- تصویر ماهواره‌ای لندست برگرفته از Google earth از گسل شمال آهوانو..... ۷۱
- شکل ۳-۵۵- تصویر سیکلوگرافیک صفحات گسلی اندازه‌گیری شده از سطح گسل شمال آهوانو..... ۷۲
- شکل ۳-۵۶- تصویر صحرایی از امتداد گسل شمال آهوانو..... ۷۲
- شکل ۳-۵۷- خراش‌های گسلی در سطح گسل شمال آهوانو..... ۷۳

- شکل ۳-۵۸- تصویر سیکلوگرافیک صفحات گسلی اندازه‌گیری شده از سطح گسل مهرنگار..... ۷۴
- شکل ۳-۵۹- تصویر صحرایی از امتداد گسل مهرنگار..... ۷۵
- شکل ۳-۶۰- خش‌لغزهای گسلی گسل مهرنگار..... ۷۵
- شکل ۳-۶۱- تصویر سیکلوگرافیک صفحات گسلی اندازه‌گیری شده از سطح گسل F1..... ۷۷
- شکل ۳-۶۲- تصویر صحرایی از گسل F1..... ۷۷
- شکل ۳-۶۳- خش‌لغزهای گسلی گسل F1..... ۷۸
- شکل ۳-۶۴- تصاویر سیکلوگرافیک صفحات اندازه‌گیری شده از سطح گسل F2..... ۷۹
- شکل ۳-۶۵- تصویر صحرایی از گسل F2..... ۷۹
- شکل ۳-۶۶- خراش‌های گسلی در سطح گسل F2..... ۸۰
- شکل ۳-۶۷- تصاویر سیکلوگرافیک صفحات اندازه‌گیری شده از سطح گسل F3..... ۸۱
- شکل ۳-۶۸- تصویر صحرایی از گسل F3..... ۸۲
- شکل ۳-۶۹- تصویر خراش‌های گسلی در سطح گسل F3..... ۸۲
- شکل ۳-۷۰- تصویر صحرایی از ناودیس FO₁..... ۸۳
- شکل ۳-۷۱- استریوگرام‌های حاصل از داده‌های برداشت‌شده از ناودیس FO₁..... ۸۴
- شکل ۳-۷۲- تصویر صحرایی از ناودیس جنوب پیشسار..... ۸۵
- شکل ۳-۷۳- استریوگرام‌های حاصل از داده‌های برداشت‌شده از ناودیس جنوب پیشسار..... ۸۵
- شکل ۳-۷۴- تصویری از شیب لایه‌بندی در سازند شمشک..... ۸۶
- شکل ۳-۷۵- نمودار هم‌تراز قطب در لایه‌بندی سازند شمشک..... ۸۶
- شکل ۳-۷۶- تصویر صحرایی از لایه‌بندی در سازند دلچای..... ۸۷
- شکل ۳-۷۷- تصویر صحرایی از لایه‌بندی در سازند کرج..... ۸۸
- شکل ۳-۷۸- تصویر ماهواره‌ای لندست برگرفته از Google earth از ناودیس جنوب منصورکوه..... ۸۹
- شکل ۳-۷۹- استریوگرام حاصل از داده‌های برداشت‌شده از پیمایش T1..... ۹۰
- شکل ۳-۸۰- استریوگرام حاصل از داده‌های برداشت‌شده از پیمایش T2..... ۹۱
- شکل ۳-۸۱- تصویر شگستگی‌ها..... ۹۳
- شکل ۳-۸۲- تصویر انواع شکستگی‌های مرتبط با چین خوردگی..... ۹۴

- شکل ۳-۸۳- تصویر صحرایی از شکستگی در یال ناودیس..... ۹۵
- شکل ۳-۸۴- تصویر سیکلوگرافیک از شکستگی های یال ناودیس ۹۶
- شکل ۳-۸۵- تصویر قرارگیری تراورتن بر روی کنگلومرا و سازند شیلی شمشک..... ۹۸
- شکل ۳-۸۶- تصویری از معدن تراورتن ۹۹
- شکل ۳-۸۷- تصویری از چشمه تراورتن ساز..... ۹۹
- شکل ۳-۸۸- تصویر صحرایی از شکستگی های موجود در تراورتن..... ۱۰۰
- شکل ۴-۱- نمودار گل سرخی امتدادی برای گسل های منطقه..... ۱۰۲
- شکل ۴-۲- تصویر سیکلوگرافیک نشان دهنده صفحات میانگین گسل پیشسار و آستانه ۱۰۴
- شکل ۴-۳- تصویر سیکلوگرافیک نشان دهنده صفحات میانگین گسل مهرنگار و منصور کوه ۱۰۵
- شکل ۴-۴- تصویر سیکلوگرافیک نشان دهنده صفحات میانگین گسل شمال باختر منصور کوه و منصور کوه ۱۰۶
- شکل ۴-۵- روی هم اندازی قسمتی از نقشه های هوا مغناطیس با نقشه ی زمین شناسی..... ۱۰۹
- شکل ۴-۶- ارتباط سوی تنش بیشینه با سازوکار گسل های منطقه مورد مطالعه..... ۱۱۰

فهرست جداول

- جدول ۳-۱- داده های برداشت شده از سطح گسل کواترنری شمال دامغان..... ۳۵
- جدول ۳-۲- داده های برداشت شده پیمایش AA'..... ۳۹
- جدول ۳-۳- داده های برداشت شده از سطح گسل منصورکوه ایستگاه اول..... ۴۲
- جدول ۳-۴- داده های برداشت شده از سطح گسل منصورکوه در مهرنگار ایستگاه دوم..... ۴۵
- جدول ۳-۵- داده های برداشت شده از سطح گسل منصورکوه در مهرنگار ایستگاه دوم..... ۴۹
- جدول ۳-۶- داده های برداشت شده از سطح گسل منصورکوه ایستگاه سوم..... ۵۱
- جدول ۳-۷- داده های برداشت شده از سطح گسل جنوب آستانه..... ۵۶
- جدول ۳-۸- داده های برداشت شده از سطح گسل پیشسار..... ۶۰
- جدول ۳-۹- داده های برداشت شده از سطح گسل شمال باختر منصور کوه..... ۶۳
- جدول ۳-۱۰- داده های برداشت شده از سطح گسل جنوب پیشسار..... ۶۸
- جدول ۳-۱۱- داده های برداشت شده از سطح گسل شمال آهوانو..... ۷۱
- جدول ۳-۱۲- داده های برداشت شده از سطح گسل مهرنگار..... ۷۴
- جدول ۳-۱۳- داده های برداشت شده از سطح گسل F1..... ۷۶
- جدول ۳-۱۴- داده های برداشت شده از سطح گسل F2..... ۷۸
- جدول ۳-۱۵- داده های برداشت شده از سطح گسل F3..... ۸۱
- جدول ۳-۱۶- داده های برداشت شده از ناودیس FO₁..... ۸۴
- جدول ۳-۱۷- داده های برداشت شده از ناودیس جنوب پیشسار..... ۸۵
- جدول ۳-۱۸- داده های برداشت شده از لایه بندی سازند شمشک..... ۸۶
- جدول ۳-۱۹- داده های برداشت شده از لایه بندی سازند دلیچای..... ۸۷
- جدول ۳-۲۰- داده های برداشت شده از لایه بندی سازند کرج..... ۸۸
- جدول ۳-۲۱- داده های برداشت شده از ناودیس در پیمایش T₁..... ۹۰
- جدول ۳-۲۲- داده های برداشت شده از ناودیس در پیمایش T₂..... ۹۱

جدول ۳-۲۳- شکستگی های برداشت شده از ناودیس جنوب منصورکوه..... ۹۶

فصل اول

مقدمه

رشته کوه البرز به تنهایی یک کمربند کوهزایی نیست بلکه بخشی از یک کمربند کوهزایی وسیع تر است که شامل بخش‌های گسترده‌ای از ایران و رشته کوه قفقاز می‌گردد. بنابراین رشته کوه البرز یک بخش تقریباً حاشیه‌ای از کل کمربند کوهزایی ایران محسوب می‌شود (Stocklin, 1974).

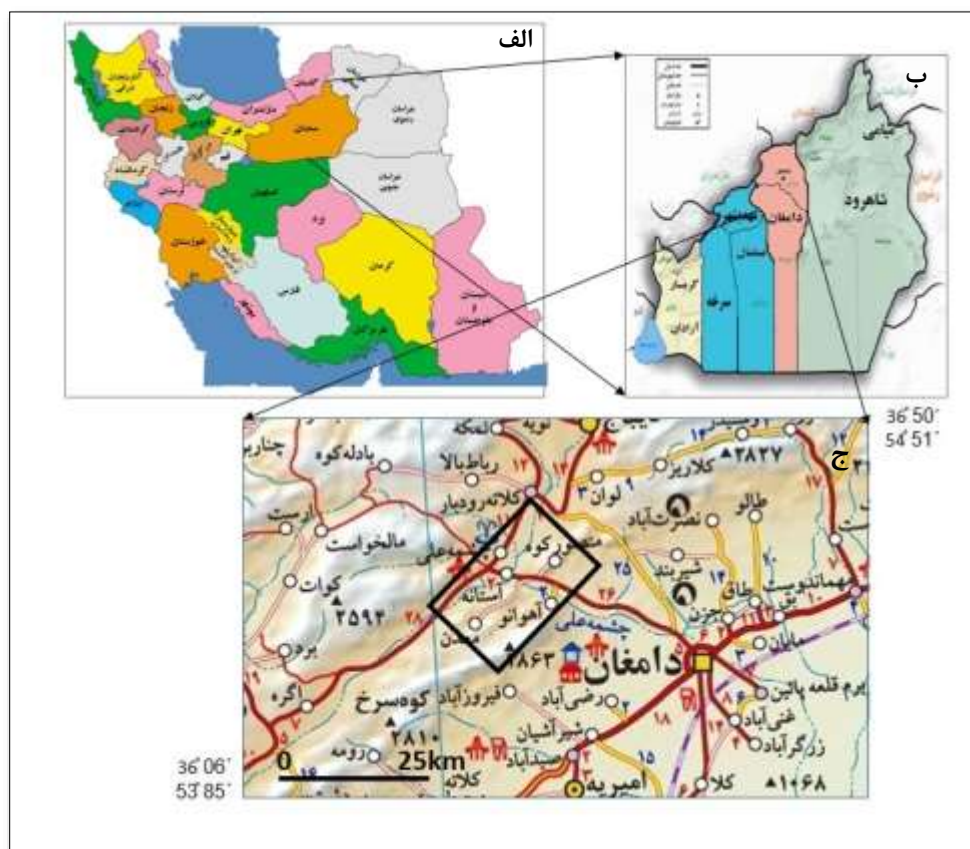
مطالعات مختلف چینه‌شناسی، رسوب‌شناسی، پترولوژی و نیز مطالعات ساختاری و زمین‌ساختی توسط محققین بسیاری از دیرباز تاکنون بر روی این پهنه رسوبی-ساختاری انجام گرفته و بیانگر این است که البرز از نظر زمین‌ریخت‌شناسی، ساختاری و چینه‌شناسی در همه جا یکسان نیست و پیچیدگی‌های ساختاری این رشته کوه باعث شده است که بخش‌های مختلف البرز به‌طور جداگانه مورد بررسی قرار گیرد. بررسی مفصل ساخت‌های این پهنه اعم از چین‌ها و گسل‌ها، به شناخت کامل تر و روشن تری از الگوهای دگرشکلی خواهد انجامید.

در این پژوهش سعی شده در همین راستا و با پیمایش‌های متعدد ساختارهای موجود برداشت شده و مورد تحلیل و بررسی قرار گیرند.

۱-۱- راه‌های دسترسی

منطقه مورد مطالعه در حدفاصل طول جغرافیایی $۸۵^{\circ} ۵۳'$ تا $۵۱^{\circ} ۵۴'$ و عرض جغرافیایی $۰۶^{\circ} ۳۶'$ تا $۵۰^{\circ} ۳۶'$ و به‌طور تقریبی در شمال غرب دامغان قرار دارد. مساحت ناحیه مورد مطالعه به‌طور تقریبی ۳۶۶ کیلومتر مربع (۲۳ کیلومتر طول و ۱۲ کیلومتر عرض) است.

محدوده مورد مطالعه به‌طور تقریبی در ۱۵ کیلومتری شمال غرب دامغان قرار دارد. به دلیل وسعت و گستردگی منطقه مورد مطالعه راه‌های دسترسی متعددی برای دسترسی به منطقه می‌توان ترسیم نمود. جاده آسفالتی دامغان-کیاسر اصلی‌ترین راه دستیابی به منطقه مورد مطالعه است و برای دسترسی بیشتر به نقاط مختلف منطقه شبکه‌ای از راه‌های خاکی متعدد وجود دارد که مرهون وجود روستاهایی مانند آهوانو، منصور کوه و... است (شکل ۱-۱).



شکل ۱-۱- نقشه جغرافیای ایران (الف)، استان سمنان (ب) و راه‌های ارتباطی منطقه (ج). منطقه مورد مطالعه درون مستطیل قرار گرفته است.

۱-۲- تعریف مسئله

منطقه‌ی پیشنهادی بخشی از نیمه‌ی جنوبی البرز خاوری است که در شمال باختری شهر دامغان قرار دارد. این محدوده در حدفاصل بین گسل کواترنری شمال دامغان (مرز جنوبی) و گسل آستانه (مرزشمالی) واقع شده است. گسل کواترنری شمال دامغان در نیمه‌ی جنوبی البرز خاوری و در ۱۰ کیلومتری شمال شهر دامغان قرار دارد و دارای روند خاوی-باختری و شیب به سمت جنوب است. نخستین بار (Krinley, 1972)، ۱۴/۵ کیلومتر از طول گسل مذکور را مطالعه و آن را نوعی گسل نرمال با شیب به سمت جنوب همراه با فروافتادن بخش جنوبی معرفی نمود. بنا بر گزارش (بربریان و همکاران، ۱۳۷۵) درازای این گسل حدود ۱۰۰ کیلومتر برآورد می‌شود و از دو بخش بنیادی خاوری و باختری ساخته شده است. بخش خاوری (از شمال دامغان تا ده ملا) به طول ۵۳ کیلومتر گاهی از میان کنگلومرای چین‌خورده‌ی نئون پسین و بادزن آبرفتی کهن و جوان کواترنری عبور می‌نماید. بخش باختری آن از

باختر سیاه کوه (شمال دامغان) تا آهوانو ادامه داشته و سازوکار چیره‌ی آن معکوس است. حال آنکه ادامه‌ی این گسل از غرب آهوانو تا فولادمحله نیز ادامه داشته که سازوکار آن نامشخص است. در مرز شمالی ناحیه‌ی مورد مطالعه گسل پویای آستانه با روند شمال خاوری - جنوب باختری در بخش خاوری البرز مرکزی قرار دارد. این گسل در شمال روستای آستانه (شمال باختری دامغان) در مجاورت جاده آستانه - فولادمحله به صورت دو گسل موازی در کنار هم و با ذکر نشانه‌هایی از برش چپ بر در رسوبات آبرفتی کواترنری، با درازایی بیش از ۷۵ کیلومتر در جنوب باختری آستانه و چشمه‌علی شناسایی و معرفی شد و از آستانه به سمت خاور تا نزدیکی‌های شاهرود می‌توان آن را ردیابی نمود.

در فاصله‌ی بین دو گسل مرزی شمالی و جنوبی بر مبنای نقشه‌ی زمین‌شناسی دامغان با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ (علوی و صالحی راد، ۱۹۷۵) رخنمون‌های گسترده‌ای از سازندهای مزوزوئیک (سازند الیکا، سازند شمشک، سازند دلیچای و سازند لار) و سازندهای سنوزوئیک (سازند کرج و سازند زیارت) و رسوبات کواترنری وجود دارد. واحدهای آذرین نیز بین سازند الیکا با سن تریاس زیرین - میانی و سازند شمشک با سن ژوراسیک پایینی - میانی رخنمون دارد.

این دو گسل موجود در مرز شمالی و جنوبی دارای فعالیت‌های نو زمین‌ساختی (کواترنری) هستند، لذا باید به بررسی دگر ریختی‌های منطقه و فعالیت‌های نو زمین‌ساختی در بین این دو مرز گسلی پرداخته شود. در منطقه‌ی مورد مطالعه گسل‌ها و چین‌خوردگی‌های متعددی به چشم می‌خورند که دارای روندهای متفاوتی از جمله شمال خاوری - جنوب باختری و شمالی - جنوبی هستند. روند شمال خاوری - جنوب باختری از روندهای کلی منطقه تبعیت می‌کند اما روند شمالی - جنوبی با روندهای اصلی منطقه همخوانی ندارد که باید به چگونگی ایجاد این ساختارها نیز پرداخته شود. در قسمت‌هایی از منطقه سازند لار با سن ژوراسیک بر روی سازند کرج با سن ائوسن قرار گرفته که دگر ریختی‌های موجود باعث ایجاد یک حالت بازمانده‌ی تکتونیکی شده است که باید به نحوه‌ی ایجاد این ساختار در منطقه پرداخته شود. با توجه به روند کلی منطقه (شمال خاوری - جنوب باختری) یک دره با روند تقریباً شمالی - جنوبی در منطقه وجود دارد که باید به نحوه‌ی ایجاد و ارتباط آن با دگر ریختی منطقه توجه شود. با توجه به

نبرد مطالعات تفضیلی ناحیه مورد اشاره با توجه به دگر ریختی و ساختارهای تکتونیکی (چین خوردگی ، گسلش و ...) ، مطالعات حاضر ضرورت پیدا می کند. در این پژوهش به بررسی الگوی چین خوردگی واحدهای سنگی (هندسه و منشأ)، بررسی هندسی، جنبشی و دینامیکی گسل های منطقه پرداخته خواهد شد. هدف از این بررسی ها پاسخ به سؤال های زیر است:

(۱) دگر ریختی در منطقه و ارتباط آن با دگر ریختی دو گسل مرزی به چه صورت است؟

(۲) نحوه ی ایجاد ساختارها (چین ها و گسل ها و ...) با روندهای مختلف چگونه است؟

(۳) دگر ریختی های نو زمین ساختی در منطقه مورد مطالعه دارای چه شواهدی است؟

۱-۳- سابقه مطالعات پیشین:

گسل کواترنری شمال دامغان اولین بار توسط علوی نائینی و صالحی راد (۱۳۵۳) در نقشه ی ۱:۱۰۰۰۰۰ دامغان و به صورت یک خطواره ی گسلی معرفی شد، اما در آن سازوکار گسل مشخص نشده است. بربریان (۱۳۶۳)، بیان کرد که گسل پویای آستانه با روند شمال خاوری-جنوب باختری در بخش خاوری البرز مرکزی قرارداد. این گسل، نخستین بار توسط ایشان در باختر روستای آستانه (شمال باختری دامغان) در مجاورت جاده ی آستانه- فولاد محله به صورت دو گسل موازی در کنار هم و با ذکر نشانه هایی از برش چپ بر در رسوبات آبرفتی کواترنری، با درازای بیش از ۷۵ کیلومتر در جنوب باختری آستانه و چشمه علی شناسایی و معرفی شد. بربریان و قریشی (۱۳۶۷) با مطالعه ی این گسل آن را به دو قطعه تقسیم کرده است. به عقیده ی ایشان سازوکار گسل دامغان از نوع معکوس بوده و تنها تفاوت در شیب گسل دو قطعه را از یکدیگر متمایز کرده است. شیب گسل در بخش شرقی به سمت شمال، و در بخش غربی به سمت جنوب است. ایشان وجود رویه های مثلثی شکل در دیواره ی شمالی گسل دامغان را دلیلی بر مولفه های راستا لغز در آن گسل دانسته اند.

سعیدی و اکبرپور (۱۳۷۱) در نقشه ی زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ کیاسر بخشی از گسل آستانه را در این ورقه بررسی کرده اند و آن را یک گسل کواترنری راستا لغز راست بر معرفی کردند.

بربریان و همکاران (۱۳۷۵) گسلی دامغان را در طولی برابر ۱۰۰ کیلومتر به نقشه درآورده و سازوکار فشاری را برای آن پیشنهاد داده‌اند. بربریان و همکاران (۱۳۷۵) اعلام کردند که گسل آستانه، پاره‌ی میانی سامانه‌ی گسلی شاهرود است. رد این گسل به‌خوبی با کار ریخت زمین‌شناسی در جابه‌جایی‌هایی که در کواترنری پسین به وجود آورده است، برداشت‌شده است. خادمی (۱۳۷۶) در یک مطالعه‌ی ساختاری بر روی بخشی از این گسل که آن را به سه قطعه در باختر رود چشمه‌علی، با سازوکار معکوس تا راندگی، رود چشمه‌علی تا سیاه کوه با سازوکار معکوس با زاویه‌ی تند و از سیاه کوه به سمت خاور با سازوکار نرمال معرفی کرده است.

امیدی (۱۳۸۰)، گسل آستانه را در بیشتر درازای خود دست‌کم در دو خط گسل کم‌و‌بیش موازی و بافاصله‌ی نزدیک به ۱۵ تا ۵۰۰ متر به همراه شاخه‌های فرعی معرفی کرده است که در امتداد آن دره‌ای با کف به نسبت مسطح با پوشش قابل توجه نهشته‌های کواترنری شکل‌گرفته است، همچنین او سازوکار آن را راستا لغز چپ‌بر معرفی نموده است.

شهریاری و همکاران (۱۳۸۰) تکامل ساختاری البرز را در سه مرحله تریاس پسین - ژوراسیک پیشین (کوهزایی سیمیرین)، کرتاسه‌ی پسین - پالئوسن پیشین (کوهزایی آلپ میانی) و نئوژن (کوهزایی آلپ پسین) معرفی کرده‌اند.

برنجیان (۱۳۹۰)، بیان نمود که گسل کواترنری شمال دامغان به‌صورت مورب با گسل‌های عطاری- جنوب شاهرود و به گسل آستانه می‌پیوندد و در محل پیوستن آن‌ها یک حوضه‌ی کششی (Pull apart basin) با طول ۳۰ تا ۴۰ کیلومتر دیده می‌شود و گسل دامغان احتمالاً نشان‌دهنده‌ی یک تقسیم‌شدگی دگر ریختی یا Strain partitioning در ناحیه‌ی دامغان است.

نعمتی و همکاران (۱۳۹۱)، بیان نمودند که گسل آستانه دارای چندپاره است. وی بیان نمود که از دیدگاه زمین‌شناسی گسل آستانه در ۵۳/۵ درجه طول جغرافیایی به دو گسل وارون چاشم و بشم با شیب‌های ناهمگون که پاره‌ی باختری گسل آستانه را به گسل فیروزکوه پیوند می‌دهد تفکیک‌شده است.

۱۴/۵ کیلومتر از درازای گسله دامغان با روند خاوری-باختری برای اولین بار توسط (krinsely, 1970) به عنوان یک گسل کواترنری معرفی شد. وی سازوکار این بخش را کششی (Normal) با شیب به سوی جنوب و فروافتادن بخش جنوبی عنوان نمود.

(Axen et al., 2001) سیستم ترا فشارش چپ بر از پلیوسن را حاکم بر هندسه ساختارهای البرز مرکزی - خاوری دانسته و معتقدند بیشتر گسل‌ها با یک هندسه‌ی گل مانند به درون رشته‌کوه شیب پیدا کرده‌اند و جدایش معکوس از خود نشان می‌دهند .

پژوهش‌های نوین نشان می‌دهند که نحوه‌ی دگرشکلی در گستره‌ی البرز مرکزی به گونه‌ی ترا فشارشی چپ بر و به موازات ساختارهای البرز است (Jackson et al., 2002). بررسی لرزه‌خیزی و سازوکار ژرفی زمین‌لرزه‌های البرز ، اغلب بر اساس تحلیل‌های (Jackson et al., 2002). است. ایشان حوضه‌ی خزر جنوبی را به عنوان یک بخش دارای تکتونیک فعال (به احتمال از ۳/۴ میلیون سال پیش) تحریک شده در اثر بسته شدن حوضه‌های فرعی داخل ایران و آغاز کوتاه شدگی کمربند چین‌خورده‌ی ساده زاگرس می‌دانند.

(Allen et al., 2003)، بر این باورند که تغییر شکل در البرز به صورت کوتاه شدگی مایل بوده و سبب تجزیه‌ی دگر ریختی به دو مؤلفه‌ی چپ بر موازی رشته‌کوه و راندگی عمود بر آن شده است. ایشان عامل این تغییر شکل را حرکت روبه شمال ایران مرکزی و نزدیک شدگی صفحات عربی و اوراسیا و حرکت روبه جنوب باختر حوضه‌ی خزر جنوبی نسبت به البرز و ایران مرکزی می‌دانند.

(Allen et al., 2003)، بر اساس مشاهدات صحرائی و لرزه‌خیزی البرز ، واتنش در این بخش را به دو مؤلفه‌ی شیب‌لغز (راندگی‌ها) و راستا لغز تقسیم‌بندی نموده‌اند.

بر پایه‌ی داده‌های GPS، کوتاه شدگی شمالی -جنوبی 5 ± 2 میلی‌متر و برش چپ بر 4 ± 2 میلی‌متر (Vernant et al., 2004) برآورد شده است.

گسل کواترنری شمال دامغان با توجه به مطالعات (Hollings worth, 2007) در انتهای شمال باختری خود به همراه گسل آستانه یک حوضه‌ی کششی (Pull apart basin) را به وجود آورده است.

(Nazari and Ritz., 2008)، با بررسی‌های زمین‌ریخت‌شناسی، زمین‌ساختی و دیرینه‌لرزه‌شناسی بر این باورند که راندگی‌های بنیادی البرز چون طالقان، مشا، فیروزکوه و آستانه در بخش داخلی البرز در حال حاضر دارای سازوکار راستا لغز چپ بر با مؤلفه‌ی معکوس هستند، درحالی‌که سازوکار چیره‌ی این گسل‌ها در میوسن-پلیوسن معکوس به همراه سازوکار چپ‌بر بر روی گسل‌های آستانه و فیروزکوه و راست‌بر بر روی گسل‌های مشا و کندوان بوده است. داده‌ها نشان می‌دهد که وارونگی تنش قدیمی رخ داده است. آن‌ها زمان این وارونگی را بسیار جوان یعنی پلیستوسن می‌دانند.

۱-۴- فرآیند مطالعه:

روش کار در این مطالعه به ترتیب شامل موارد زیر است:

- ۱- جمع‌آوری و بررسی مطالعات انجام‌شده در خصوص زمین‌شناسی منطقه
- ۲- بررسی و مطالعه منابع مرتبط با موضوع تحقیق (بررسی و تحلیل سامانه‌های گسلی مختلف و الگوهای دگر ریختی مربوط به آن‌ها)
- ۳- تهیه و مطالعه تصاویر ماهواره‌ای و عکس‌های هوایی جهت شناسایی و تشخیص ساختارهای منطقه
- ۴- انجام عملیات صحرایی
برداشت‌های صحرایی در راستای چندین مسیر پیمایش به منظور تحلیل هندسی _ جنبشی گسل‌ها و بررسی‌های چین‌خوردگی‌های منطقه در انتخاب مسیر پیمایش چند نکته حائز اهمیت است:
الف: برش‌های موردنظر واحدهای سنگی (رخنمون‌های) مناسبی را قطع کند.
ب: مسیرها تا حد امکان از وضعیت توپوگرافی مطلوبی برخوردار باشد بطوریکه دسترسی و برداشت داده آسان باشد.
ج: مسیرهای عرضی تا حد امکان عمود بر راستای کلی واحدهای سنگی و ساختارها باشد بطوریکه در کمترین فاصله بیشترین تعداد واحدها و ساختارها قطع شود.
لازم به ذکر است که نحوه بیان موقعیت عناصر ساختاری صفحه‌ای به صورت شیب و جهت شیب (Dip, Dip Direction) و عناصر خطی به صورت میل و جهت میل (Plunge, Azimuth) است.

۵- تحلیل داده‌های ساختاری و تدوین پایان نامه

-تحلیل داده‌های ساختاری، که برگرفته از مطالعات قبلی، داده‌ها و اطلاعات به دست آمده از برداشت‌های صحرائی است. که پارامترهای ساختاری برداشت شده چین‌ها برای تقسیم‌بندی بر اساس زاویه بین یالی و سطح محوری (Fleuty,1964) صورت گرفته است. داده‌های برداشت شده گسل برای تعیین وضعیت هندسی، سازوکار و مدل جنبشی صورت گرفته است. به این منظور از نرم‌افزارهای استریو گرافیک مانند: Georient ,Dips ,Tectonic FP و ... استفاده شده است.

-تدوین پایان نامه و اضافه نمودن دستاوردهای جدید بر نقشه‌های موجود از طریق اطلاعات به دست آمده از تصاویر ماهواره‌ای عکس‌های هوایی و برداشت‌های صحرائی یا استفاده از نرم‌افزارهای مرتبط مانند: Global Mapper ،Arc Gis و ... به انجام رسیده است.

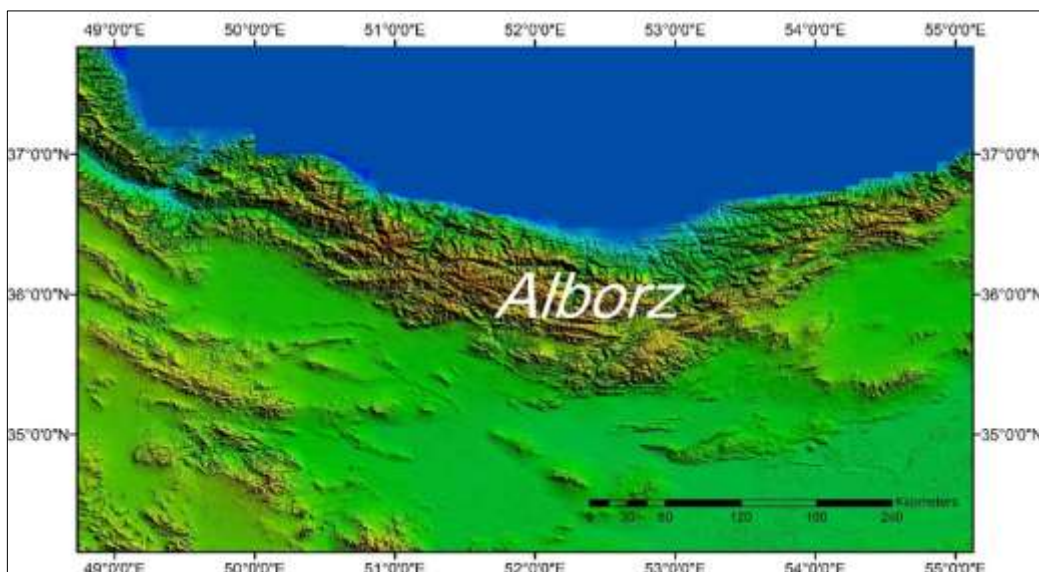
فصل دوم

زمین شناسی

از نظر تقسیم‌بندی پهنه‌های ساختاری ایران، منطقه مورد مطالعه، در نیمه‌ی جنوبی البرز خاوری قرار دارد. در این فصل، تاریخچه زمین‌شناسی البرز و چینه‌شناسی منطقه مورد مطالعه مورد بحث قرار گرفته است.

۱-۲- زمین ساخت البرز

رشته کوه البرز در شمال ایران، کمان مرتفعی است که از انتهای تالش در باختر تا تقاطع آن با کپه داغ در خاور گستره شده است (Jackson et al., 2002). بنا به نظر Alavi (1996)، کوه‌های البرز در شمال ایران، با طول حدود ۲۰۰۰ کیلومتر از ارمنستان و آذربایجان در شمال باختر تا کوه‌های پاراپامیسوس در شمال افغانستان در خاور امتداد دارند (شکل ۱-۲). پوسته البرز ضخامتی حدود ۳۵ کیلومتر دارد و شامل ردیف‌های ضخیمی از سنگ‌های پرکامبرین پسین تا عهد حاضر می‌باشند (Tatar, 2001).



شکل ۱-۲- تصویر SRTM از رشته‌کوه البرز

در بخش باختری البرز، ساختارها روند شمال باختری - جنوب خاوری دارند، اما در بخش خاوری روند ساختارها شمال خاوری - جنوب باختری است. این دو روند ناهمسان در البرز مرکزی به یکدیگر می‌رسند.

در شکل گیری ساختارهای چین خورده البرز، عواملی همچون برخورد صفحه ایران و توران، عملکرد گسل های راندگی و سرانجام عملکرد گسل های امتدادلغز شمال باختری - جنوب خاوری در البرز باختری و شمال خاوری - جنوب باختری در البرز خاوری، نقش دارند (آقانباتی، ۱۳۸۳).

به نظر Jackson و همکاران (2002)، رشته کوه البرز در حال حاضر تحت کوتاه شدگی چپ بر مایل قرار دارد ضمن آنکه ساختارهای مبین حرکت امتدادلغز چپ بر در البرز خاوری بیش از البرز باختری است. بنا بر نظر Alavi (1996) رشته کوه البرز یک کمربند چین-راندگی است که در نتیجه عملکرد گسل های راندگی به شکل تجمع های تاقدیس گون درآمده است.

۲-۲- چینه شناسی

بر اساس نتایج حاصل از مطالعات صورت گرفته پیشین، به ویژه نقشه های زمین شناسی دامغان با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ و چهارگوش گرگان با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ (سازمان زمین شناسی کشور، ۱۳۶۹) و مطالعات چینه شناسی صورت گرفته توسط نگارنده در منطقه، وجود توالی هایی از سنگ های مزوزوئیک و سنوزوئیک با راستای کلی شمال خاوری - جنوب باختری تا خاوری - باختری، در این ناحیه به اثبات رسیده است.

سازند الیکا به سن تریاس، قدیمی ترین و نهشته های کواترنری، جدیدترین واحدهای رخنمون یافته منطقه را تشکیل می دهند. توالی های مربوط به مزوزوئیک منطقه، شامل سازندهای الیکا، شمشک، دلیچای و لار است. لازم به ذکر است که توده های نفوذی آذرین نیز با سن تریاس میانی - بالایی نیز در منطقه رخنمون دارد. سازند زیارت، سازند کرج، واحدهای مارنی و کنگلومرایی نئوژن و نهشته های کواترنری، توالی های سنوزوئیک را تشکیل می دهند.

۲-۲-۱- واحدهای سنگی مزوزوئیک

۲-۲-۱-۱- سازند الیکا

در محل برش الگو (دره نور در ۵ کیلومتری روستای الیکا، خاور تهران) بخش پایینی سازند الیکا، شامل ضخامتی متغیر از سنگ‌آهک‌های نازک لایه و آهک مارنی است (آقانباتی، ۱۳۸۳).

این سازند در محدوده مورد مطالعاتی، در جنوب روستای آستانه مشاهده می‌شود (شکل ۲-۲). بخش زیرین این سازند با سنگ‌های نازک لایه دانه‌ریز آغاز می‌گردد که حاوی آثار زیستی فراوان است. بخش بالایی آن به سن تریاس میانی، شامل تناوبی از سنگ‌آهک دولومیتی و دولومیت متوسط تا ضخیم لایه است.

مرز زیرین سازند الیکا با سازند روته و مرز بالایی با سازند شمشک هردو با یک افق فرسایشی مشخص می‌شود (شهرابی، ۱۳۷۸). در منطقه مطالعاتی بخش بالایی سازند مذکور رخنمون دارد.



شکل ۲-۲- تصویر از سازند الیکا در شمال باختری روستای منصور کوه (دید به شمال خاوری)

۲-۲-۱-۲- سازند شمشک

آسرتو (Assereto, 1966) برش الگو این سازند را در شمال تهران معرفی نمود. وی این سازند را به چهار بخش تقسیم کرده است که به ترتیب از پایین به بالا شامل ماسه‌سنگ پایینی، سری زغال دار پایینی، ماسه‌سنگ بالایی و سری زغال دار بالایی است.

اختصاصات رسوبات این سازند مشابه سایر نقاط البرز، نشان‌دهنده رسوب‌گذاری در یک سیستم رودخانه‌ای - دلتایی است (آقابات، ۱۳۷۷).

در منطقه مورد مطالعه، سازند شمشک در بخش‌های شمالی و باختری رخنمون داشته و در یک نگاه کلی ماسه‌سنگ، شیل‌های خاکستری تیره تا سیاه، سیلتستون، کنگلومرا و رگه‌های زغال تشکیل شده است (شکل ۲-۳).

مرز این سازند با سازند الیکا در پایین و سازند دلیچای در بالا هر دو با ناپیوستگی فرسایشی است.



شکل ۲-۳- تصویری از سازند شمشک در جنوب خاوری روستای آستانه (دید به جنوب)

۲-۱-۲-۳- سازند دلیچای

به نظر آقابات (۱۳۸۳) برش الگوی سازند دلیچای در پهلوی راست رودخانه دلیچای، در خاور شهرستان دماوند است که حدود ۱۰۷ متر ستبراً دارد ولی این ضخامت ثابت نیست و حتی ممکن است به صفر برسد. این سازند شامل مارن، سنگ‌آهک‌های مارنی، کمی اسپاری و نازک لایه همراه با میان لایه‌هایی از شیل‌های مارنی است. سازند دلیچای به سن ژوراسیک میانی عمدتاً از مارن و سنگ‌آهک مارنی تشکیل شده است. این مجموعه با چندین متر سنگ ماسه آهکی متوسط تا ستبر لایه سرخ آجری رنگ با ناپیوستگی فرسایشی موازی بر روی سازند شمشک جای دارد و به صورت هم‌شیب و تدریجی به سنگ‌آهک‌های صخره ساز سازند لار تبدیل می‌شود. ایجاد ناپیوستگی فوق ناشی از عملکرد رویداد

سیمیرین میانی است که به ایستایی رسوبی و دوره فرسایشی روشنی در زمان ژوراسیک میانی شده است (آقانیاتی، ۱۳۸۳).

این سازند در شمال روستای آهوانو مشاهده شده که شامل آهک‌های مارنی نازک لایه تا متوسط لایه، حاوی نوارهای چرت و نیز میان لایه‌های مارنی است که به‌وفور دارای آمونیت است (شکل ۲-۴).



شکل ۲-۴-الف: تصویری از سازند دلیچای شمال باختر روستای آهوانو (دید به سمت خاور). ب: آمونیت های سازند دلیچای

۲-۲-۱-۴-سازند لار

مقطع تیپ این سازند در دره لار (شمال خاوری گرما بدر) قرار دارد و ضخامت آن ۲۵۰ تا ۳۵۰ متر و از آهک‌های ضخیم لایه تا توده‌ای حاوی چرت یا نوارهای سیلیسی است. فسیل آمونیت پرسیفتمکس سن این آهک‌ها را ژوراسیک بالایی تعیین می‌کند و آهک‌های لار روی سازند دلیچای و زیر ژپیس و ملافیرها یا آهک‌های کرتاسه زیرین قرار می‌گیرند (درویش زاده، ۱۳۸۳).

این سازند بنا به جنس خود که آهک است باعث به وجود آوردن ارتفاعات در این منطقه شده است. این سازند در مجموع از آهک‌های متوسط تا ضخیم لایه تشکیل شده است. در بخش‌های تحتانی، به‌طور عمده از آهک‌های کریستالین کرم‌رنگ و در بخش‌های فوقانی از آهک‌های خاکستری با میان‌لایه های مارنی تشکیل شده است. نودول‌های چرتی به‌صورت نواری و قلوه‌ای در این سازند مشاهده می‌شوند.

این سازند در غرب روستای منصور کوه قابل مشاهده است (شکل ۲-۵).



شکل ۲-۵- تصویری از سازند لار در محل روستای منصور کوه (دید به خاور)

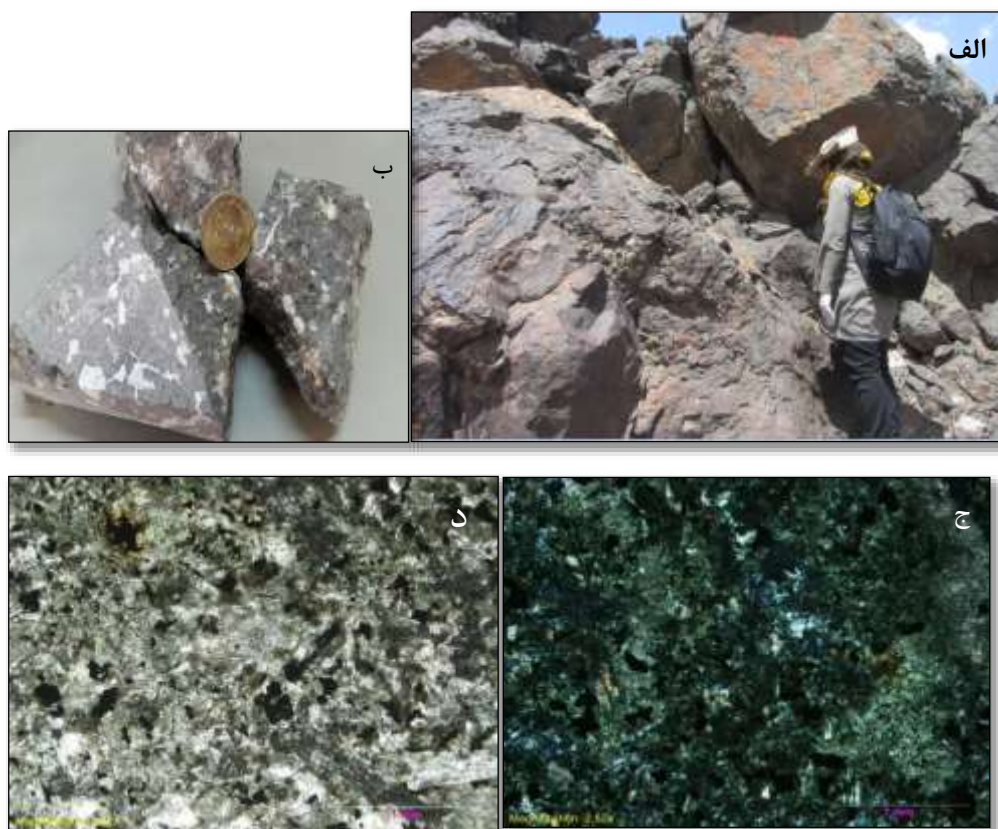
۲-۲-۱-۵- واحدهای آذرین

واحدهای آذرین مورد مطالعه بین پیکره‌های سنگی تریاس زیرین- میانی (سازند الیکا) و تریاس بالایی- ژوراسیک میانی (سازند شمشک) قرار دارد. سنگ‌های آذرین این منطقه بر روی افق فرسایشی موجود در مرز سازند الیکا و شمشک مشاهده می‌شود. در منطقه‌ی مورد مطالعه دو رخنمون از واحدهای آذرین دیده شده است که در زیر به‌طور جداگانه به بررسی آن‌ها می‌پردازیم:

الف) رخنمون جنوب آستانه

واحدهای آذرین در رخنمون جنوب آستانه دارای رنگ سبز تیره بوده و دگرسانی در آن‌ها بالا است. حفرات موجود در این سنگ‌ها توسط کانی‌های ثانویه‌ی اپیدوت، کلسیت، کلریت و اکسید آهن به‌صورت کاذب پر شده‌اند و ساخت بادامکی را ایجاد کرده‌اند. مقاطع میکروسکوپی تهیه شده از این واحدهای سنگی نشانگر حضور الیوین و پلاژیوکلاز نیمه میکروولیتی به‌صورت فراوان می‌باشد. جانشینی الیوین توسط کلریت، کلسیت و اکسید آهن اغلب به‌طور کامل صورت گرفته، به‌طوری که اشکال کاذبی از این کانی‌های ثانویه در قالب بلورهای الیوین ایجاد شده است. بافت‌های غالب مشاهده شده در مقطع جنوب آستانه، از نوع اینترسرتال، میکروولیتی و از نوع پورفیری هستند. پلاژیوکلاز با ماکل پلی سنتتیک، فراوان‌ترین کانی

موجود درزمینه‌ی این سنگ‌ها است که غالباً به شکل میکرولیتی حضور دارد. بلورهای مدور ونیمه خود شکل الیوین متحمل دگرسانی شده‌اند به طوری که می‌توان نام‌سنگ را الیوین بازالت نامید. سنگ‌های آذرین منطقه‌ی جنوب آستانه در بین دو سازند الیکا و شمشک (سازند شیل و ماسه، سنگی شمشک و سازند آهکی الیکا) به صورت گدازه رخنمون پیدا کرده است (شکل ۲-۶).

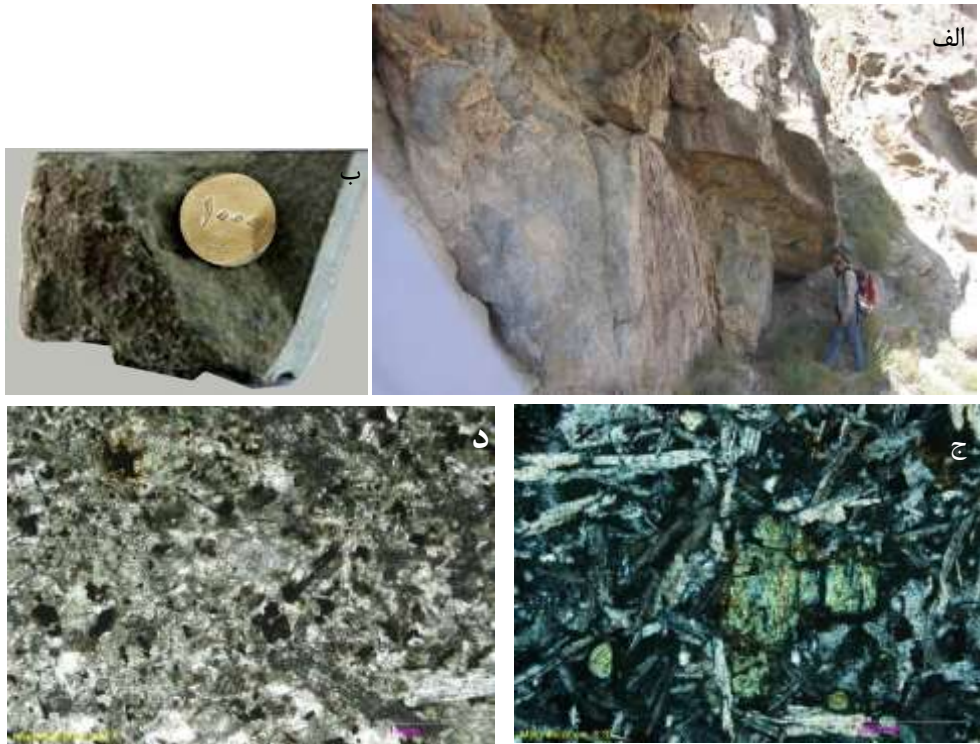


شکل ۲-۶ - الف) تصویر صحرایی از رخنمون بازالت در جنوب روستای آستانه (دید به شمال). ب) نمونه‌ی دستی تهیه شده از گابرو. ج) تصویر میکروسکوپی از بازالت (PPL). د) تصویر میکروسکوپی از بازالت (XPL).

ب) رخنمون شمال باختری منصور کوه

سنگ‌های آذرین منطقه‌ی شمال باختری منصور کوه رنگ روشن‌تری نسبت به سنگ‌های آذرین در رخنمون آستانه دارند. از خصوصیات میکروسکوپی این سنگ‌ها، می‌توان به بافت اینترگرانولار و حضور درشت‌بلورهای نیمه خود شکل پلاژیوکلاز و کلینوپیروکسن اشاره کرد. حضور کم آپاتیت‌ها در مقطع گابرویی این منطقه بیانگر ماهیت آلكالین ماگمای سازنده‌ی این سنگ‌هاست. حضور کانی‌های ثانویه‌ی

کلریت و اپیدوت ناشی از دگرسانی پلاژیوکلاز و کانی‌های فرومنیزین مانند پیروکسن می‌باشد. در این سنگ‌ها هماتیت نیز دیده شده است. سنگ‌های آذرین در این منطقه در بین سازند آهکی الیکا و سازند شیل و ماسه‌سنگی شمشک به صورت دایک رخمون پیدا کرده است (شکل ۲-۷).



شکل ۲-۷- الف) تصویر صحرایی از رخمون گابرو در جنوب روستای آستانه (دید به شمال). ب) نمونه‌ی دستی تهیه شده از گابرو . ج) تصویر میکروسکوپی از گابرو (PPL). د) تصویر میکروسکوپی از گابرو (XPL).

ستون چینة نگاری سازندهای رخنمون یافته مربوط به دوران مزوزوئیک، در منطقه مورد مطالعه، در شکل ۸-۲ آورده شده است.

Erathem	System	Seri	Formation	Lithology	Description
Mesozoic	Jurassic	Upper	Lar		Medium to thick bedded limestone
			Delichay		limestone and marl, with Amunite
		Lower	Shermshak		Sandstone, shale, siltstone, conglomerate, coaly shale and coal
					Volcanic Rock
					Medium to thick bedded dolomite and dolomite limestone
					Thin to medium bedded limestone
	Triassic	Middle	Ethka		Thin to medium bedded limestone
					Medium to thick bedded dolomite and dolomite limestone
		Upper	Shermshak		Volcanic Rock
					Sandstone, shale, siltstone, conglomerate, coaly shale and coal

شکل ۸-۲ - ستون چینة شناسی مربوط به سازندهای دوران مزوزوئیک (بدون مقیاس)

۲-۲-۲-واحد‌های سنگی سنوزوئیک

۲-۲-۲-۱-سازند زیارت

سازند آهکی زیارت، نشانگر واحدی از سنگ‌آهک نومولیت دار به سن ائوسن میانی است که در فاصله چینه‌شناسی سازند کنگلومرایبی فجن و در زیر توفیت های سازند کرج در بالا قرار دارد. برش الگوی سازند را (Dellenbach,1964) در خاور تهران در نزدیکی گورستانی واقع در باختر دهکده توچال به ضخامت ۴۳۵ متر اندازه‌گیری کرده است. این سازند در منطقه‌ی مورد مطالعه، شامل سنگ‌آهک‌های نومولیت دار است. این سازند در باختر روستای منصور کوه در منطقه مشاهده شد (شکل ۲-۹).



شکل ۲-۹-الف: تصویری از سازند زیارت در باختر روستای منصور کوه. ب: نومولیت‌های سازند زیارت

۲-۲-۲-۲-سازند کرج

سازند کرج (ائوسن میانی) به‌عنوان یکی از شاخص‌ترین واحدهای سنگ چینه‌ای البرز جنوبی، شامل توالی تقریباً ستبری از توف‌های سبزرنگ، سنگ‌های رسوبی و گدازه‌های آتشفشانی و به‌ندرت تبخیری است. (Dedual, 1967) در دره کرج برشی از این سازند را معرفی و آن را سازند کرج نامید. اگرچه سازند کرج یادآور توف‌های سبز البرز جنوبی است، ولی دربرش الگو و همچنین در دیگر رخنمون‌ها، سازند کرج ترکیب سنگ‌شناسی همگن ندارد. به همین رو، دربرش الگو با ۳۳۰۰ متر ضخامت، به پنج

عضو تقسیم شده که از پایین به بالا عبارت‌اند از: بخش شیل‌های پایینی، توف میانی، سیل آسارا، توف بالایی و شیل کندوان (آقا نباتی، ۱۳۸۳).

توف‌ها و مارن‌های این سازند در اکثر نقاط منطقه مطالعاتی گسترش دارد. رخنمونی از این سازند در باختر روستای منصور کوه در شکل (شکل ۲-۱۰) نشان داده شده است.



شکل ۲-۱۰- تصویری از سازند کرج در باختر روستای منصور کوه (دید به خاور)

۲-۲-۳- واحدهای نئوژن

نهشته‌های نئوژن در منطقه مورد مطالعه بیشتر از مارن‌های زرد و سبز، ماسه‌سنگ، کنگلومرای ریزدانه و ژئوپس تشکیل شده است (شکل ۲-۱۱) که اغلب توسط نهشته‌های آبرفتی پوشیده شده است. این نهشته‌ها بیشتر در نقاط مرکزی منطقه مطالعاتی و البته غرب روستای منصور کوه مشاهده می‌شود. مرز واحدهای نئوژن با سازند کرج در پایین و نهشته‌های کواترنری در بالا هر دو با ناپیوستگی است.



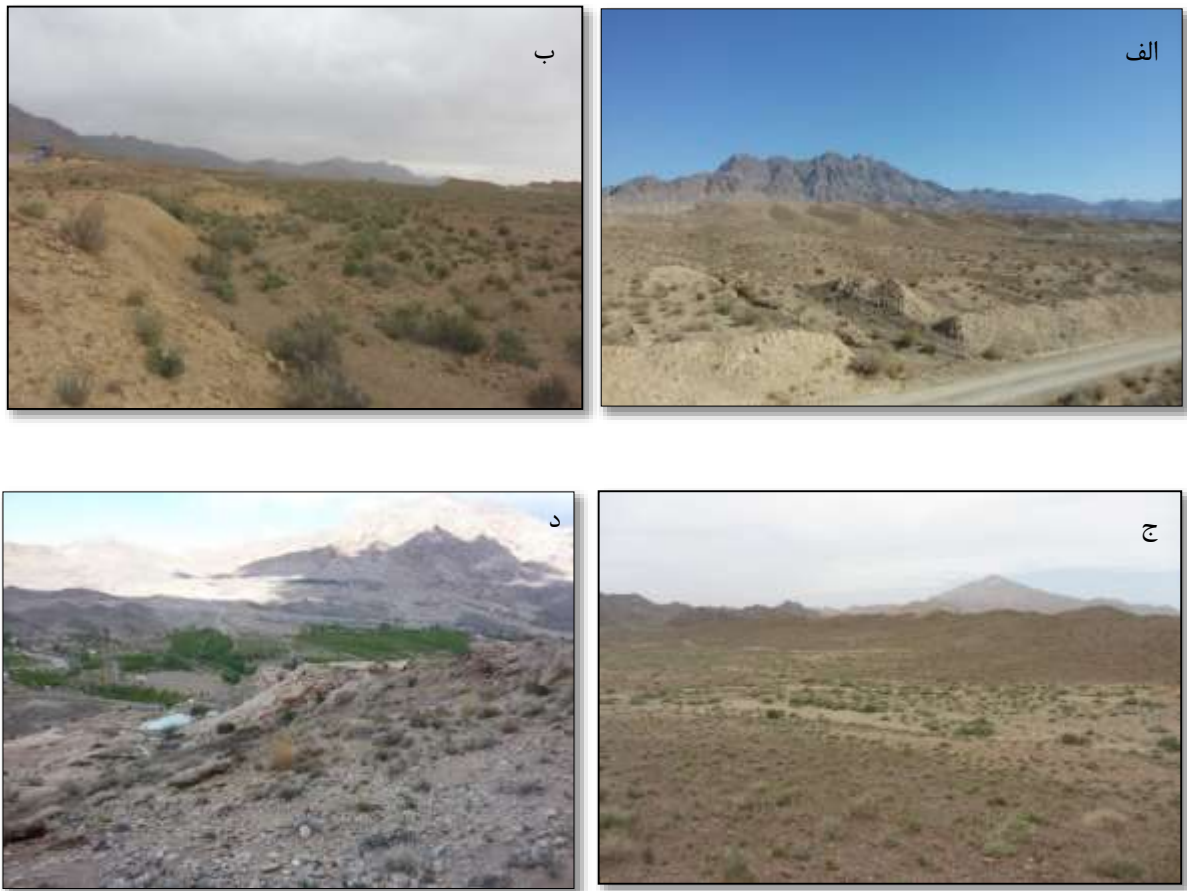
شکل ۱۱-۲-الف: تصویری از کنگلومراهای رخنمون یافته در غرب روستای منصور کوه (دید به خاور). ب: تصویری از کنگلومرا در جنوب روستای آستانه (دید به باختر).

۲-۲-۴- نهشته‌های کواترنری

جوان‌ترین رسوبات موجود در منطقه‌ی مطالعاتی، نهشته‌های کواترنری می‌باشند پراکندگی رسوبات کواترنری در منطقه‌ی به‌صورت رسوبات سخت نشده و یا با فشردگی اندک بوده که این ناحیه را پوشانده است. پراکندگی رسوبات کواترنری در نقشه‌ی زمین‌شناسی ۱۴-۲ نشان داده شده است.

نهشته‌های آبرفتی کهن (Qt_1) به شکل تختگاه‌های نسبتاً وسیعی گسترش دارنده فشردگی در این واحدها نسبی می‌باشد. که در بخش‌های میانی منطقه‌ی مورد مطالعه قابل‌رؤیت می‌باشند. نهشته‌های آبرفتی جوان (Qt_2)، این واحدها ضخامت و ارتفاع کمتری دارند و معمولاً دشت‌ها را شامل می‌شوند.

آبرفت‌های رودخانه ای (Q^{a1}) این واحدها شامل نهشته‌های رودخانه ای و رسوبات آبراهه‌ها می‌باشند که مجموعه ایی از قلوه‌های ریزودرشت بدون پیوستگی را شامل می‌شود. تراورتن‌ها (Q^{tr}) ، در جنوب روستای آستانه، واحدی از سنگ‌های کربناتی ، از جنس تراورتن را می‌توان مشاهده نمود که رسوبگذاری چشمه‌های تراورتن بر روی سازند شمشک قرار گرفته است (شکل ۲-۱۲).

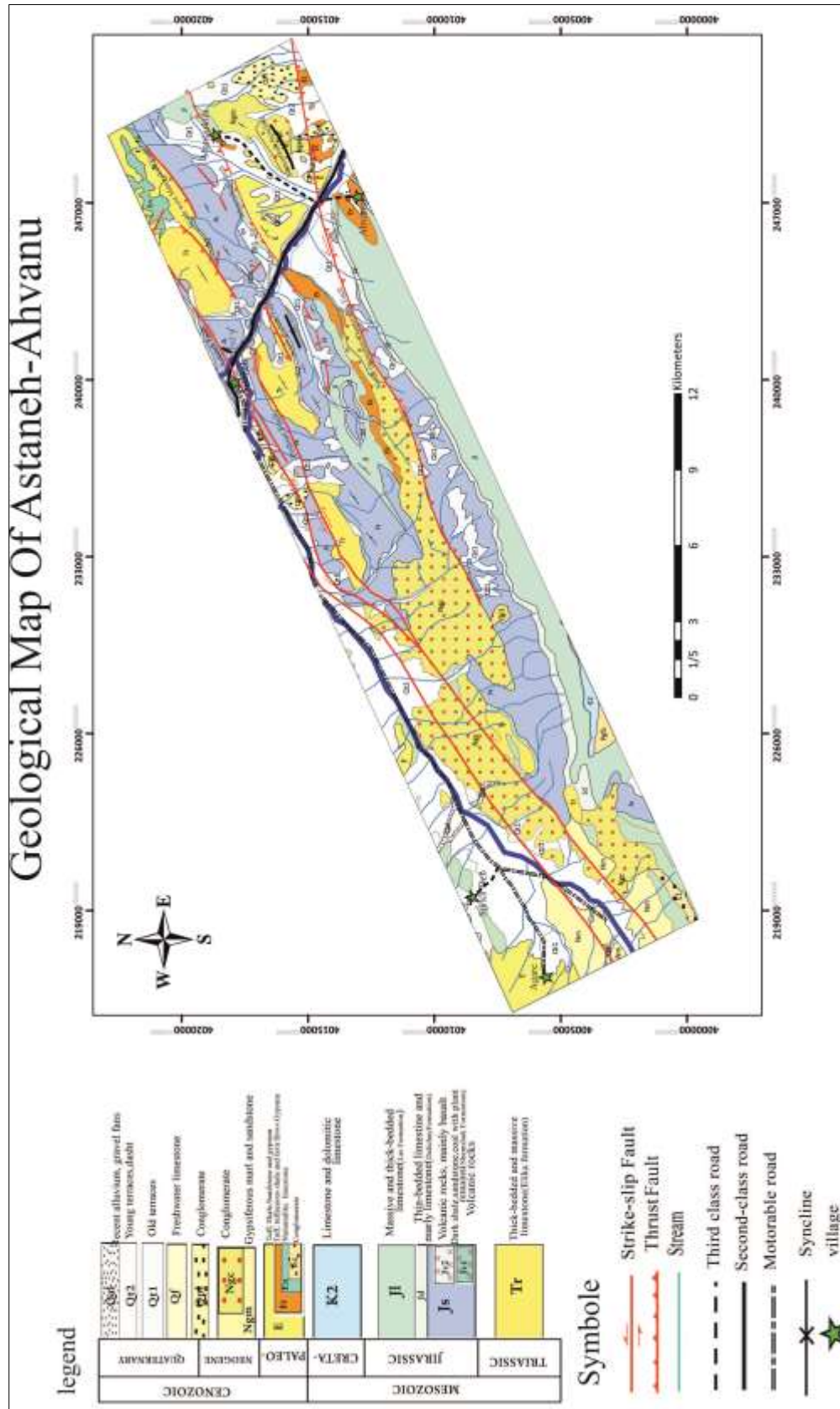


شکل ۲-۱۲-الف) نهشته‌های آبرفتی کهن (Q^{t1}). ب) نهشته‌های آبرفتی جوان (Q^{t2}). ج) آبرفت‌های رودخانه ای (Q^{al}). د) تراورتن‌ها

ستون چینه نگاری سازندهای رخنمون یافته مربوط به دوران سنوزوئیک، در منطقه مورد مطالعه، در شکل ۲-۱۳ آورده شده است.

Erathem	System	Seri	Formation	Lithology	Description	
Cenozoic	Quaternary				Travertine	
					High level piedmont and alluvial fan	
					Grey and dark Green marl , unconsolidated conglomerate	
					Conglomerate ,Gypsiferous marl and Sandstone	
	Paleogene	Neogene				Green tuff ,shale,sandy limestone ,marl and siltstone
		Ziarat		Yellow limestone		

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



شکل ۲-۱۴- نقشه زمین شناسی تهیه شده از منطقه مورد مطالعه؛ اقتباس از نقشه‌های زمین شناسی دامغان و کیاسر با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰

فصل سوم

زمین‌شناسی ساختمانی

منطقه‌ی مورد مطالعه بخشی از نیمه‌ی جنوبی البرز خاوری است که روندهای ساختاری چیره‌ی آن به صورت شمال خاوری-جنوب باختری است. قابل ذکر است که افزون بر این روندهای ساختاری شمال خاوری-جنوب باختری، تعدادی گسل با راستای شمال باختری-جنوب خاوری نیز در منطقه حضور دارند. در این محدوده، گسل‌ها و چین خوردگی‌های واحدهای سنگی مزوزوئیک و سنوزوئیک از مهم‌ترین عناصر ساختاری موجود هستند. در این پژوهش سعی شده است که به مطالعه‌ی دگرشکلی‌های رخ داده، اعم از هندسه و سازوکار حرکتی سامانه‌ی گسلی، الگوی چین خوردگی در سازندهای مزوزوئیک و سنوزوئیک پرداخته شود. علاوه بر آن به مطالعات نو زمین ساختی در این تحقیق پرداخته شده است. در این راستا دگرشکلی‌های رخ داده در سازندهای سنوزوئیک (کرج، زیارت، کنگلومرای نئوژن) را مورد بررسی قرار داده‌ایم.

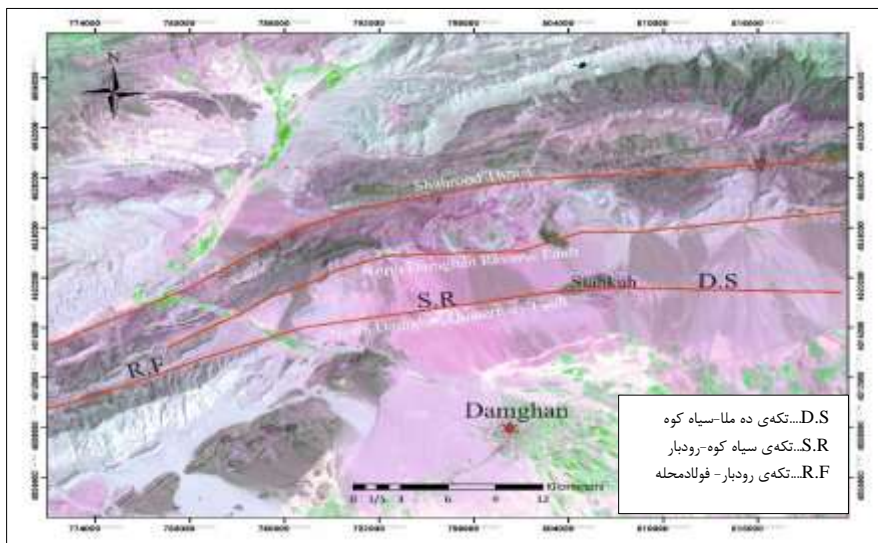
۳-۱- گسل‌ها

در این پژوهش گسل‌های با راستای شمال خاور-جنوب باختر که از راستای کلی ساختاری البرز خاوری تبعیت می‌کنند به عنوان گسل‌های اصلی منطقه معرفی می‌شوند. این گسل‌ها قبلاً در نقشه‌ی زمین‌شناسی دامغان با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ شناسایی و گسل‌های کواترنری شمال دامغان، معکوس شمال دامغان و آستانه نام‌گذاری شده‌اند. علاوه بر مطالعه‌ی تفصیلی گسل‌های اصلی، گسل‌هایی با راستای شمال باختر-جنوب خاور یا گسل‌هایی با راستای شمال خاور-جنوب باختر که قبلاً بر روی نقشه ترسیم شده‌اند و یا برای اولین بار در این پژوهش مطالعه و شناسایی شده‌اند مانند گسل پیشسار، گسل جنوب پیشسار، گسل شمال آهوانو، گسل شمال باختری منصور کوه و... مورد مطالعه‌ی تفصیلی قرار گرفته‌اند.

در این بخش به منظور افزایش دقت در برداشت‌های صورت گرفته در صحرا، از تصاویر ماهواره‌ای و سنجش از دور نیز برای بررسی ساختارهای موجود در منطقه استفاده کرده‌ایم.

۳-۱-۱- گسل کواترنری شمال دامغان

خادمی (۱۳۷۶) در یک مطالعه‌ی ساختاری بر روی بخشی از این گسل که آن را به سه قطعه در باختر رود چشمه‌علی، با سازوکار معکوس تا راندگی (تکه ۱)، رود چشمه‌علی تا سیاه کوه با سازوکار معکوس با زاویه‌ی تند (تکه ۲) و از سیاه کوه به سمت خاور با سازوکار نرمال (تکه ۳) معرفی کرده است (شکل ۳-۱).

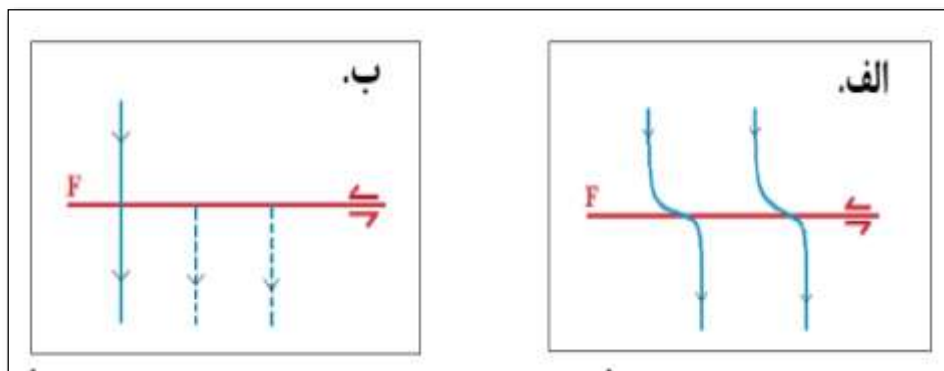


شکل ۳-۱- تصویر ماهواره‌ای که موقعیت گسل کواترنری شمال دامغان را نشان می‌دهد.

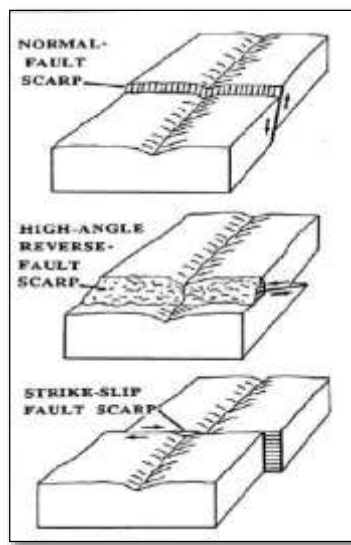
انحراف در مسیر آبراهه‌های یک منطقه می‌تواند دلیلی بر وجود گسل امتدادلغز باشد. گاهی نیز حرکت امتدادلغز گسل‌ها، آبراهه‌ها را به‌طور کلی از ادامه‌ی بستر اصلی جدا می‌کند و جریان‌های بعدی در آبراهه‌های جابجا شده موجب ایجاد بستر جدید در مسیر پایین‌دست می‌گردد (شکل ۳-۲).

با دقت در طرح آبراهه‌ها در مناطق متأثر از گسل می‌توان چنین بیان داشت که چنانچه یک گسل کواترنری، جنبشی شیب‌لغز محض به‌صورت فشارشی یا کششی، داشته باشد، آبراهه‌های بریده‌شده در بالادست و پایین‌دست گسل در یک امتداد قرار خواهند گرفت. این در حالی است که اگر گسل حرکت شاغولی نداشته باشد و تنها جنبش امتدادلغز محض داشته باشد آبراهه‌های بریده‌شده در بالادست و پایین‌دست گسل در یک امتداد قرار نمی‌گیرند (شکل ۳-۳)، در نتیجه در جریان بعدی در طول کانال

رودخانه، رودخانه شروع به حفر بستر جدید برای خود می کند و کانال قدیمی به صورت ابتر باقی می ماند. در این حالت با دقت در تعداد کانال های آبراهه در پایین دست و بالادست خط گسل می توان به سازوکار گسل پی برد.



شکل ۳-۲- انحراف و جابجایی آبراهه ها بر اثر عملکرد یک گسل راستا لغز،الف) تغییر مسیر آبراهه ها در امتداد گسل.ب) دو آبراهه از کار افتاده در نتیجه ی دو جنبش گسل



شکل ۳-۳- چگونگی جابجایی آبراهه ها توسط گسل های نرمال، معکوس و امتداد لغز (Hancock,1988)

همچنین قطع شدگی رسوبات جوان و کواترنری یکی از عوامل تشخیص گسل ها و فعالیت های نو زمین ساختی آن ها هست. این رسوبات از آن جهت که دگرشکلی های موجود در آن ها جوان و متعلق به زمان کواترنری است حائز اهمیت هست و شاهی برای فعالیت کواترنری گسل ها خواهند بود.

در این قسمت با استفاده از کارهای از قبل انجام شده و با توجه به یافته‌های به دست آمده که حاصل مطالعه و برداشت روی زمین در پهنه‌ی گسلی، مطالعات دورسنجی و مطالعات چینه نگاری است ویژگی‌های این گسل را مورد بررسی قرار می‌دهیم. اثر این گسل با طول تقریبی بیش از ۲۵ کیلومتر در موقعیت جغرافیایی با طول $36^{\circ} 12' 7.82''$ تا $36^{\circ} 16' 35.45''$ شمالی و عرض جغرافیایی $54^{\circ} 6' 53.61''$ تا $54^{\circ} 6' 53.61''$ شرقی را می‌توان در منطقه مطالعاتی مشاهده نمود. راستای این گسل خاور شمال خاوری - باختر جنوب باختری است. همان‌طور که در تصویر ماهواره‌ای مشاهده می‌شود شیب آبراهه‌ها به پیروی از شیب توپوگرافی منطقه به سمت جنوب است. بدیهی است که در صورت عدم عملکرد گسل به سمت پایین دست، آبراهه‌ها باید مسیر خود را به صورت مستقیم یا با کمی پیچ‌وخم به سمت توپوگرافی ادامه دهند، ولی آشکار است که آبراهه‌ها در برخورد با گسل به صورت چپ‌بر جابه‌جاشده است. همچنین گسل کوتاه‌تری شمال دامغان به خوبی در تصاویر ماهواره‌ای قابل شناسایی و ردیابی است و این گسل را در ۳ ایستگاه بررسی کرده‌ایم. (شکل ۳-۴).



شکل ۳-۴- موقعیت ایستگاه‌های برداشت شده از گسل کوتاه‌تری شمال دامغان در تصویر ماهواره‌ای لندست (برگرفته از Google earth)

بررسی‌های صحرایی و همچنین بررسی بر روی تصاویر ماهواره‌ای شواهد اثرات کوتاه‌تری را نشان می‌دهد. گسل کوتاه‌تری شمال دامغان باعث بریدگی واحدهای آبرفتی کنگلومرایی شده است (شکل ۳-۵) که این بریدگی توسط تصاویر ماهواره‌ای نیز قابل ردیابی و بررسی است (ایستگاه ۱).

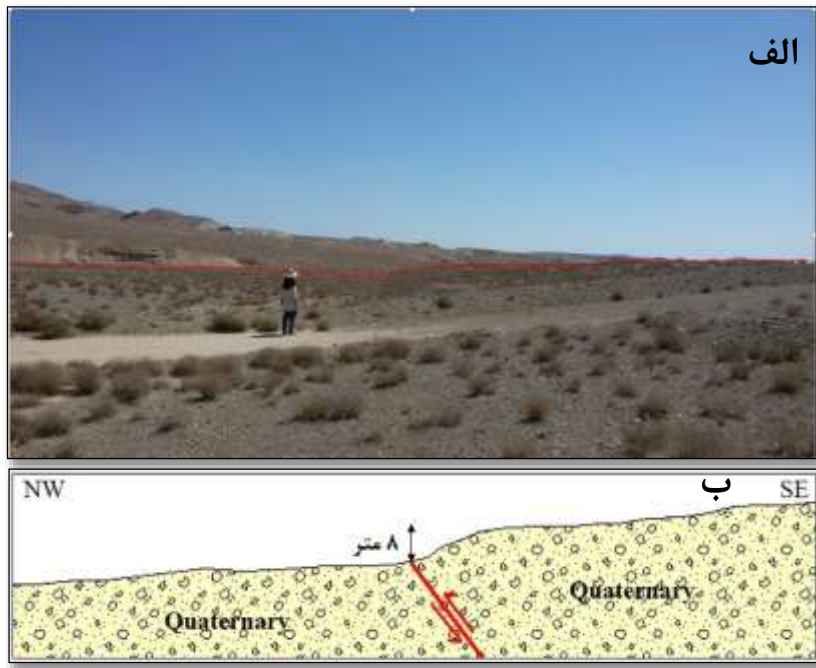


شکل ۳-۵- نمایی از گسل کواترنری شمال دامغان که رسوبات و پادگانه‌های آبرفتی را قطع کرده است (دید به شمال).

در برداشت‌های میدانی در ایستگاه دوم نیز جابه‌جایی آبراهه در امتداد گسل کواترنری شمال دامغان شناسایی شده است (شکل ۳-۶). در این تصویر به خوبی می‌توان قطع‌شدگی و جابه‌جایی چپ‌بر آبراهه را مشاهده نمود که مقدار این جابه‌جایی ۱۲ متر است و همچنین شاهد قطع‌شدگی نهشته‌های مخروطه افکنه توسط گسل کواترنری هستیم، که بالآمدگی بلوک جنوبی را شامل شده است (شکل ۳-۷).



شکل ۳-۶- جابه‌جایی چپ‌بر آبراهه توسط گسل کواترنری شمال دامغان (دید به جنوب).



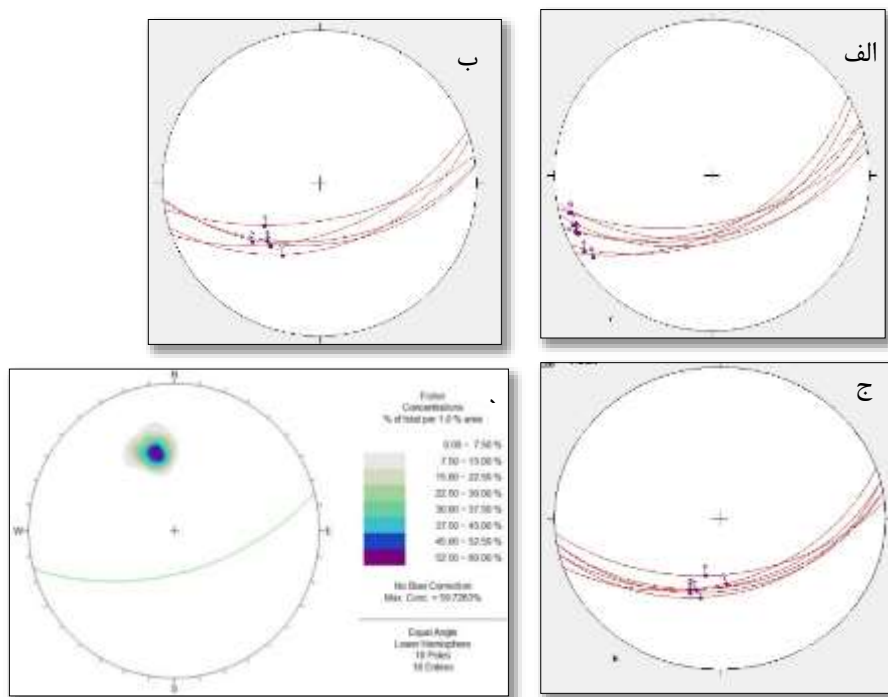
شکل ۳-۷- الف: قطع‌شدگی نهشته‌های مخروطه‌افکنه توسط گسل کواترنری شمال دامغان. ب: برش نمادین که بالا آمدگی بلوک جنوبی را نشان می‌دهد.

در شمال روستای آهوانو نیز رانده شدن واحدهای آهکی لار با سن ژوراسیک بالایی (فرادیواره) بر روی واحدهای کواترنری (فرودیواره) در راستای این گسل، مورد بررسی قرار گرفته است. داده‌های مربوط به سطوح برداشت‌شده از این گسل در جدول (۳-۱) آورده شده است. نمودارهای سیکلوگرافیک و کنتور دیاگرام‌های آن رسم شده است که موقعیت میانگین این گسل ۵۸/۱۶۵ به‌دست آمده است (شکل ۳-۸).

جدول ۳-۱- داده‌های برداشت‌شده از سطح گسل کواترنری شمال دامغان

*جهت حرکت فرادیواره: ۱- روبه بالا (معکوس) ۲- روبه پایین (نرمال) ۳- راست بر ۴- چپ بر

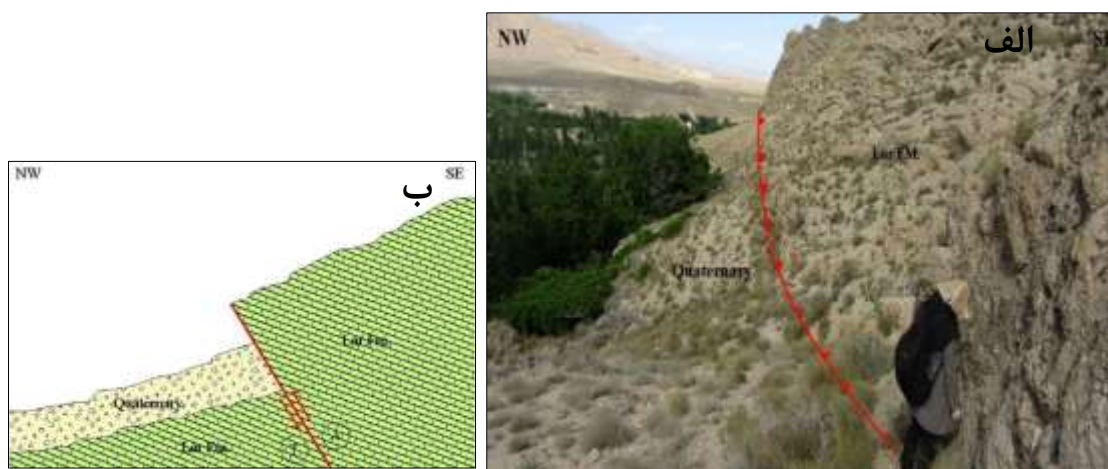
Fault Plane		Slicken Lines			Fault Plane		Slicken Lines		
Dip	Dip.Dir.	Azimuth	Plunge	Sense*	Dip	Dip.Dir.	Azimuth	Plunge	Sense*
۵۰	۱۷۰	۱۴۰	۴۷	۱	۶۳	۱۶۰	۱۰۲	۴۷	۴
۵۲	۱۷۰	۱۴۹	۴۹	۱	۵۷	۱۷۴	۱۲۰	۴۳	۱
۵۳	۱۶۶	۱۳۵	۵۰	۱	۶۵	۱۶۸	۰۸۱	۶	۴
۴۸	۱۶۶	۱۳۹	۴۶	۱	۶۳	۱۶۰	۰۷۴	۸	۴
۵۵	۱۶۱	۱۴۷	۵۴	۱	۵۸	۱۷۰	۰۸۵	۸	۴
۵۹	۱۷۴	۱۵۴	۵۷	۱	۶۰	۱۶۱	۰۷۴	۷	۴
۷۰	۱۷۰	۱۰۸	۵۳	۱	۵۵	۱۶۵	۰۷۹	۸	۴
۵۵	۱۶۳	۱۲۰	۴۶	۱	۵۸	۱۵۳	۰۶۶	۷	۴
۵۹	۱۷۳	۱۲۴	۴۹	۴	۶۲	۱۵۰	۰۶۵	۱۰	۴



شکل ۳-۸- الف: تصاویر سیکلوگرافیک از سطوح گسلی با خط خش‌های دارای موقعیت ۴۳/۲۲۱. ج: تصاویر سیکلوگرافیک از سطوح گسلی با خط خش‌های دارای موقعیت ۵۳/۱۹۹. د : کنتور دیاگرام از قطب داده‌ها که روند میانگین ۵۸/۱۶۵ را برای گسل کواترنری شمال دامغان نشان می‌دهد.

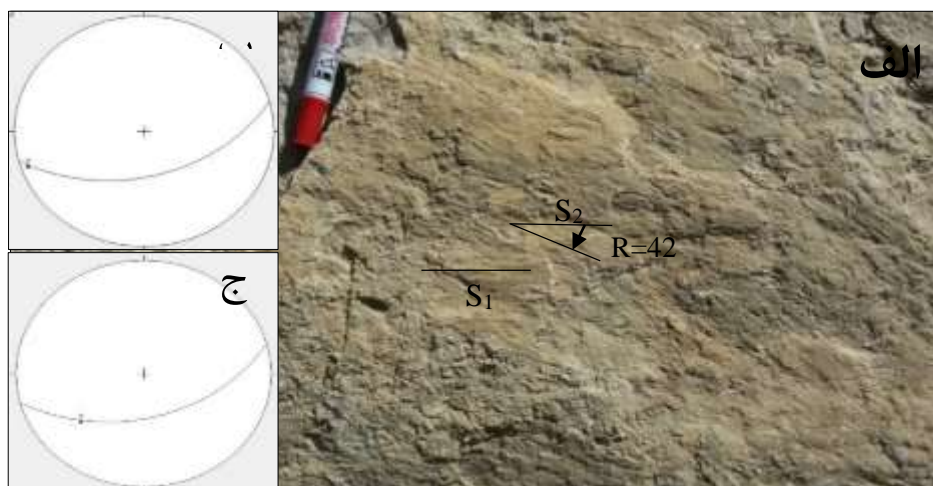
گسل کواترنری شمال دامغان، با فعالیت معکوس خود باعث رانده شدن واحدهای آهکی سازند لار بر روی رسوبات کواترنری شده است که نشان‌دهنده‌ی سازوکار معکوس برای مؤلفه‌ی شیب‌لغز این گسل

است. (شکل ۳-۹-الف). مقطعی نمادین از این رخنمون در شکل (۳-۹-ب) رسم شده است.

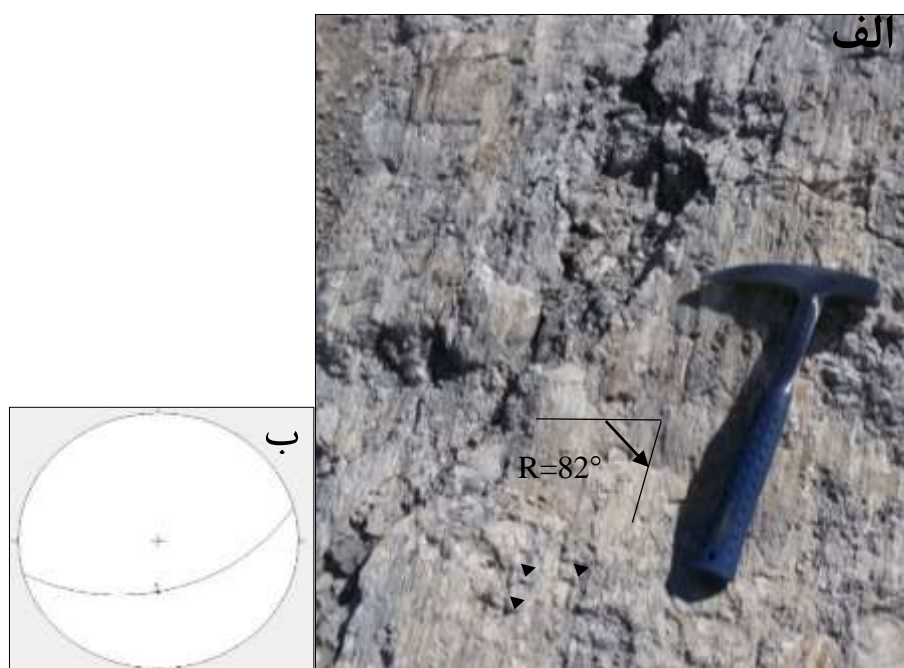


شکل ۳-۹- الف : تصویری از امتداد گسل کواترنری شمال دامغان (دید به شمال خاوری) ، ب: برشی نمادین از سطح گسل کواترنری شمال دامغان

با بررسی‌های ریخت‌شناسی سطح گسل سه دسته خراش گسلی با ریک ۷ درجه پادساعتگرد و ۴۲ درجه پادساعتگرد (شکل ۳-۱۰) و بالای ۷۰ درجه پادساعتگرد مشاهده شده است (شکل ۳-۱۱). حضور خراش‌هایی با ریک ۷۰ درجه‌ی پادساعتگرد با موقعیت میانگین $۵۸/۱۸۲$ که به‌وضوح بر روی سطوح گسله قابل مشاهده است و بیان‌کننده‌ی سازوکار گسل از نوع معکوس است. همچنین حضور خراش‌های با ریک ۴۲ درجه‌ی پادساعتگرد با موقعیت میانگین $۳۷/۲۳۰$ نیز معکوس بودن مؤلفه‌ی شیب لغز گسل را بیان می‌کند. با بررسی‌های صورت گرفته بر روی سطح گسل، خراش‌هایی با ریک ۷ درجه‌ی پادساعتگرد با موقعیت میانگین $۷/۲۵۳$ که بیان‌کننده‌ی حرکت امتدادلغز گسل است مشاهده گردید. قابل ذکر است که خراش‌های گسلی باریک ۷ درجه پادساعتگرد، خراش‌های گسلی باریک ۴۲ درجه پادساعتگرد را قطع کرده‌اند که با توجه به قانون شدن خراش‌های قدیمی توسط خراش‌های جدید، می‌توان بیان کرد که آخرین حرکت گسل کواترنری دامغان از نوع امتدادلغز است و با توجه به پله‌های گسلی و جابه‌جایی چپبر آبراهه‌ها، حرکت امتدادلغز این گسل از نوع چپبر تعیین شد. با توجه به جابه‌جایی آبراهه‌ها و قطع‌شدگی مخروط افکنه‌ها و بالآمدگی بلوک جنوبی در رسوبات کواترنری، حرکت و جنبش کواترنری برای گسل کواترنری شمال دامغان مشخص و محرز گردید.



شکل ۳-۱۰- الف- سطح گسلی با خش لغزهایی باریک ۷ درجه و ۴۲ درجه بر روی سازند لار (برداشت‌ها از فرادیواره انجام شده است). ب : استریو گرام سطح گسل با موقعیت $۵۸/۱۶۵$ و خش لغز باریک ۷ درجه با موقعیت $۷/۲۵۳$. ج: استریو گرام سطح گسل با موقعیت $۵۸/۱۶۵$ و خش لغز باریک ۴۲ درجه‌ی ساعتگرد با موقعیت $۳۷/۲۳۰$.



شکل ۳-۱۱-الف: سطح گسلی باخس لغزهایی باریک ۸۲ درجه‌ی پادساعتگرد بر روی سازند لار. ب: استریو گرام سطح گسل با موقعیت ۵۸/۱۶۵ و خش لغز باریک ۸۲ درجه‌ی پادساعتگرد با موقعیت ۵۵/۱۸۲. (برداشت‌ها از فرودپواره انجام شده است).

همچنین گسل کواترنری شمال دامغان در ادامه‌ی جنوب باختری به سمت روستای فولادمحله نیز مورد بررسی قرار گرفته است. در فاصله‌ی روستای آستانه تا فولادمحله سه برش عرضی به جهت ردیابی و شناسایی این گسل در نظر گرفته شده است (شکل ۳-۱۲).



شکل ۳-۱۲- تصویر ماهواره‌ای (برگرفته از Google earth) از منطقه مورد مطالعه که محل پیمایش‌ها بر روی آن مشخص شده است.

در بررسی‌های انجام‌گرفته در سه پیمایش به بررسی و ردیابی گسل کواترنری شمال دامغان و گسل آستانه پرداخته‌شده است. بنابراین بر طبق مطالعات پیشین و همچنین بررسی‌های صحرایی و مطالعات دورسنجی صورت پذیرفته آثار گسل آستانه به سمت فولادمحله در رسوبات کواترنری به شکل بریدگی در رسوبات کواترنری و همچنین جابجایی چپ بر آبراهه‌ها به‌خوبی قابل‌مشاهده است. این شواهد بر روی تصاویر ماهواره‌ای نیز به‌طور واضحی قابل‌رؤیت است. اما برای ردیابی گسل کواترنری شمال دامغان به سمت فولادمحله در سه پیمایش انجام‌شده به بررسی پرداخته‌ایم.

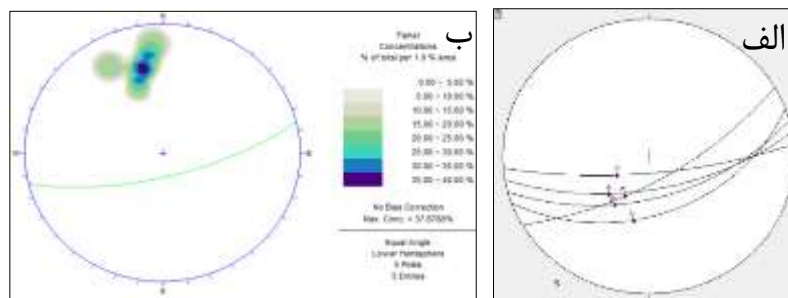
برش عرضی AA'

به دلیل خردشدگی در واحدهای سنگی شواهد سطح گسل به‌خوبی قابل‌برداشت نبودند اما سطوح محدودی در این قسمت موردبررسی قرار گرفت که داده‌های مربوط به سطوح برداشت‌شده از این پیمایش در جدول (۲-۳) آورده شده است. نمودارهای سیکلوگرافیک و کنتور دیاگرام‌های آن رسم شده است که موقعیت میانگین گسلش ۶۹/۱۶۴ به‌دست‌آمده است (شکل ۳-۱۳).

جدول ۲-۳- داده‌های برداشت‌شده در پیمایش AA'

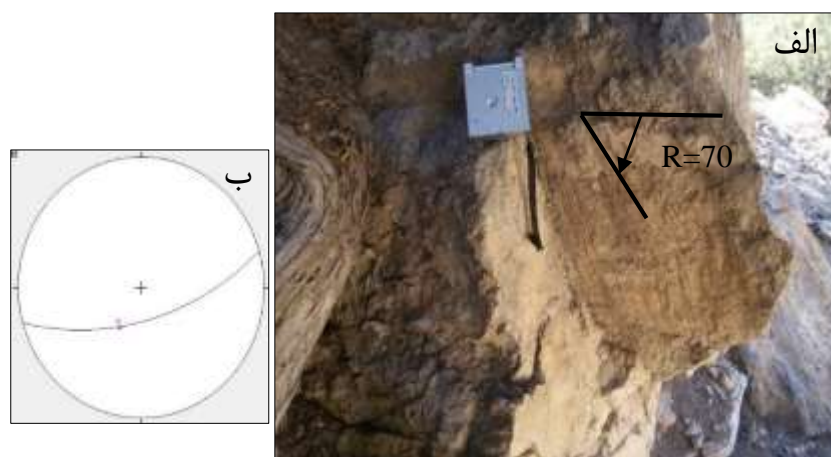
*جهت حرکت فرادیواره: ۱- روبه بالا (معکوس) ۲- روبه پایین (نرمال) ۳- راست بر ۴- چپ بر

Fault Plane		Slicken Lines		
Dip	Dip.Dir.	Azimuth	Plunge	Sense*
۶۵	۱۶۵	۲۱۱	۵۷	۱
۷۵	۱۵۰	۲۰۸	۶۶	۱
۵۵	۱۶۰	۱۹۳	۵۰	۱
۷۰	۱۷۰	۲۱۸	۶۲	۱
۸۰	۱۷۵	۲۴۴	۶۳	۱

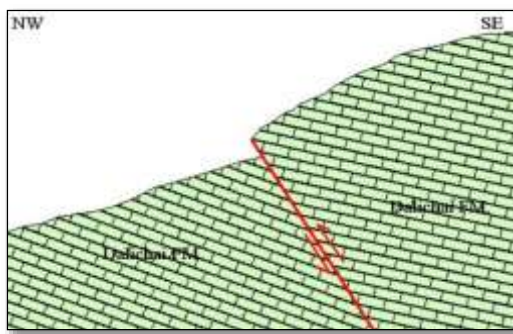


شکل ۳-۱۳-الف-تصاویر سیکلوگرافیک از سطوح گسلی با خط‌خس‌های دارای موقعیت ۶۳/۲۰۹. ب: کنتور دیاگرام از قطب داده‌ها که روند میانگین ۶۹/۱۶۴ را برای گسلش در پیمایش AA' نشان می‌دهد.

در طول این پیمایش منطقه به شدت تحت تأثیر هوازدگی و فرسایش قرار گرفته است و تقریباً می توان گفت که واحدهای سنگی به شدت خرد شده اند، به همین دلیل پیدا کردن سطوح گسلی که بتوان اندازه گیری های میدانی را بر روی آن انجام داد بسیار دشوار بود. با این حال چندین سطح گسلی در مقیاس کوچک مشاهده گردید و اندازه گیری بر روی سطوح گسله انجام پذیرفت. جنس واحدهای سنگی در منطقه از آهک های سازند دلیچای بوده است که فسیل آمونیت نیز در این منطقه به وفور مشاهده گردید. در این ایستگاه سطوح گسلی بر روی واحدهای آهکی سازند دلیچای (در فرادیواره و فرودیواره جنس واحدهای سنگی، آهک های سازند دلیچای بوده است) رخنمون دارند و گسلش باعث بریدگی و جابه جایی در این واحدها شده است. با توجه به حرکت فرادیواره نسبت به فرودیواره سازوکار گسل به صورت معکوس تعیین گردید و همچنین بر روی سطوح گسلی برداشت شده شواهد ریخت شناسی سطح گسل از جمله خراش های گسلی باریک 70° درجه ای ساعتگرد با موقعیت میانگین $63/209$ قابل رؤیت است. حضور خراش های گسلی با ریک بالا بر روی این واحدها سازوکار معکوس را برای این گسل محرز می گرداند (شکل ۳-۱۴). برشی نمادین از سطح گسل در شکل (۳-۱۵) نشان داده شده است.



شکل ۳-۱۴- الف- سطح گسلی باخس لغزهایی با ریک 70° درجه ساعتگرد . ب : استریو گرام سطح گسل با موقعیت $69/164$ و خس لغز با ریک 70° درجه با موقعیت $63/209$ (برداشت از فرادیواره).

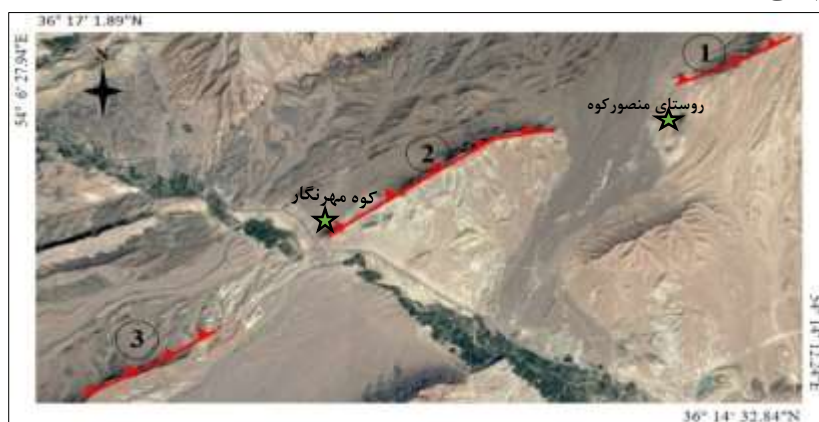


شکل ۳-۱۵- برش نمادین از سطح گسل کواترنری شمال دامغان.

دربرش های عرضی BB' و CC' اثر گسل کواترنری شمال دامغان به صورت صفحات گسلی که بتوان برداشت های میدانی بر روی آن ها انجام شود مشاهده نگردید.

۳-۱-۲- گسل منصور کوه

رخمون های گسل منصور کوه را در شمال روستای منصور کوه ، در اطراف کوه مهر نگار و در شمال غرب آهوانو بین طول های جغرافیایی $54^{\circ} 14' 12/24''$ تا $54^{\circ} 6' 29/94''$ خاوری و عرض های جغرافیایی $36^{\circ} 14' 32/84''$ تا $36^{\circ} 17' 1/89''$ شمالی به صورت یک پهنه ی گسلی می توان مشاهده نمود. همان طور که در تصویر ماهواره ای دیده می شود (شکل ۳-۱۶) راستای کلی این گسل شمال خاوری - جنوب باختری است . رخمون این گسل را در ۳ ایستگاه مطالعه و برداشت شده که در شکل (۳-۱۶) نشان داده شده است.

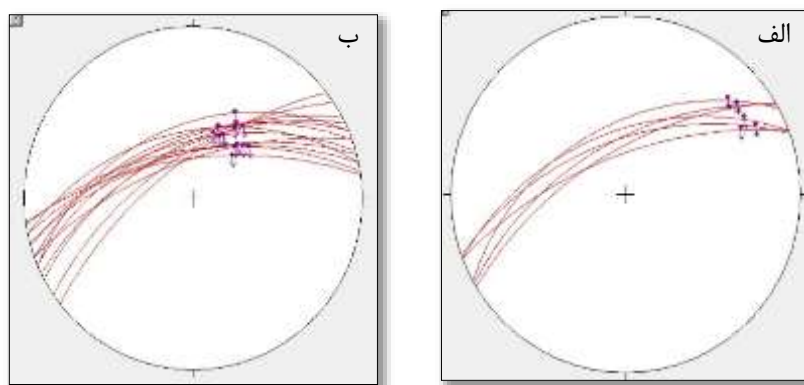


شکل ۳-۱۶- تصویر ماهواره ای برگرفته از گسل منصور کوه و نمایش موقعیت مکانی نقاط برداشت داده از سطح گسل منصور کوه (شماره های ۱، ۲، ۳ نشان دهنده ایستگاه های برداشت است). (برگرفته از Google earth).

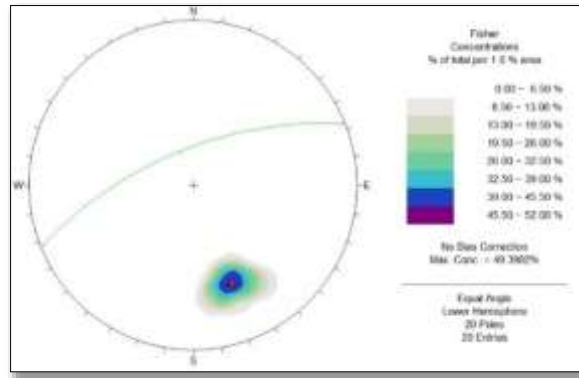
با توجه به باز دیده‌های صحرایی و برداشت‌های صورت گرفته از سطح گسل منصور کوه در ایستگاه ۱ (شمال منصور کوه) میانگین وضعیت هندسی گسل منصور کوه ۶۵/۳۳۸ به دست آمده است. این داده‌ها در جدول (۳-۳) درج شده است. تصاویر سیکلوگرافیک داده‌ها (شکل ۱۷-۳) و نمودار کنتوری قطب آن‌ها برای یافتن روند غالب در استریوگرام‌های شکل (۳-۱۸) نشان داده شده است.

جدول ۳-۳ داده‌های برداشت شده از سطح گسل منصور کوه ایستگاه ۱
*جهت حرکت فرادیواره: ۱-روبه بالا (معکوس) ۲-روبه پایین (نرمال) ۳-راست بر ۴-چپ بر

Fault Plane		Slicken Lines			Fault Plane		Slicken Lines		
Dip	Dip.Dir.	Azimuth	Plunge	Sense*	Dip	Dip.Dir.	Azimuth	Plunge	Sense*
۶۱	۳۳۹	۰۵۷	۲۰	۴	۵۵	۳۳۷	۰۴۳	۵۳	۱
۷۰	۳۲۹	۰۵۰	۲۴	۴	۵۸	۳۴۸	۰۲۵	۴۳	۱
۶۵	۳۴۰	۰۶۲	۱۷	۴	۶۶	۳۳۴	۰۳۴	۴۷	۱
۵۸	۳۳۱	۰۴۷	۲۲	۴	۷۰	۳۲۶	۰۲۲	۵۷	۱
۶۶	۳۳۰	۰۵۱	۱۹	۴	۶۳	۳۴۴	۰۲۹	۵۰	۱
۷۲	۳۳۹	۰۶۰	۲۶	۴	۶۷	۳۵۰	۰۴۷	۵۴	۱
۶۰	۳۴۰	۰۱۹	۵۳	۱	۶۲	۳۳۷	۰۲۹	۴۸	۱
۷۳	۳۲۲	۰۲۵	۵۶	۱	۷۲	۳۴۰	۰۳۰	۴۸	۱
۶۸	۳۴۸	۰۲۵	۵۵	۱	۶۵	۳۳۲	۰۱۶	۵۷	۱
۷۱	۳۵۲	۰۴۴	۵۶	۱	۶۸	۳۴۵	۰۳۹	۵۶	۱

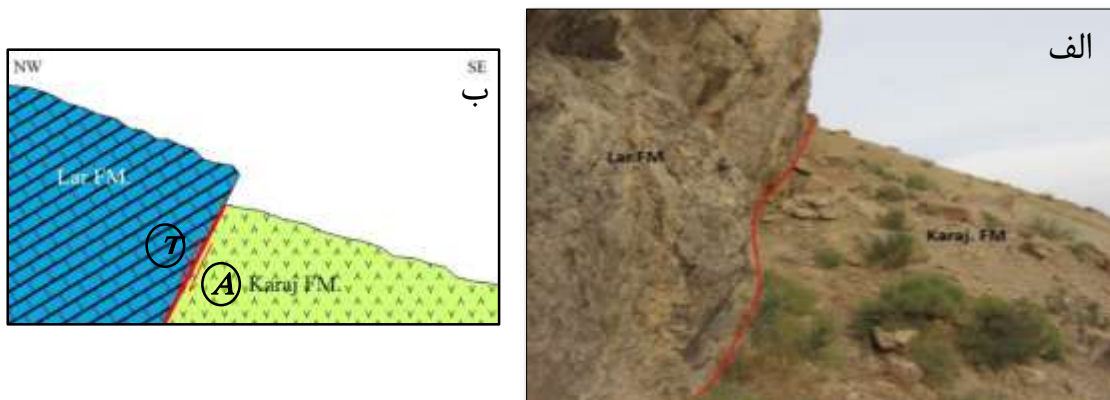


شکل ۳-۱۷- الف: تصاویر از سطوح گسلی با خط خش‌های دارای موقعیت ۲۳/۰۵۵. ب: تصاویر از سطوح گسلی با خط خش‌های دارای موقعیت ۵۹/۰۳۷.



شکل ۳-۱۸- کنترلر دیاگرام از قطب داده‌ها که روند میانگین ۶۵/۳۳۸ را برای گسل منصور کوه نشان می‌دهد.

با توجه به نقشه‌ی زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ دامغان (علوی نائینی و صالحی راد، ۱۹۷۵) و مشاهدات صحرایی صورت پذیرفته سازند لار با جنس آهک‌های متوسط تا ضخیم لایه‌ی خود باعث به وجود آمدن ارتفاعات در منطقه شده است و سازند کرج نیز با توالی تقریباً ستبری از توف‌های سبزرنگ در منطقه مشاهده گردید. گسل منصور کوه در شمال روستای منصور کوه با راستای کلی شمال خاوری-جنوب باختری باعث رانده شدن و قرارگیری سازندهای آهکی لار (ژوراسیک) در فرادیواره بر روی توف و مارن‌های سازند کرج (آئوسن) در فرودیواره شده است (شکل ۳-۱۹-الف). مقطعی نمادین از این رخنمون در شکل (۳-۱۹-ب) رسم شده است.



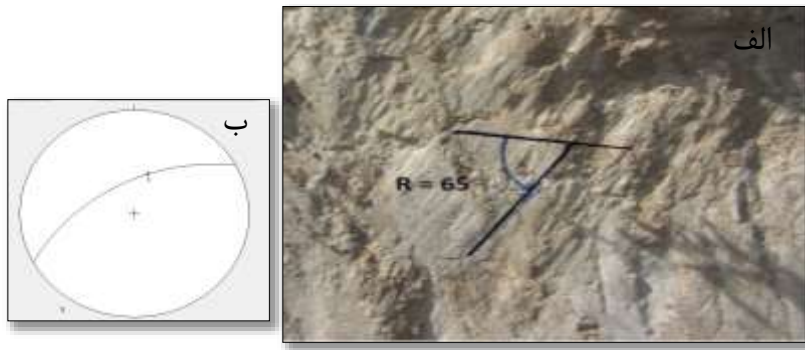
شکل ۳-۱۹- الف : تصاویری از امتداد گسل منصور کوه در سازند آهکی لار و سازند کرج در منصور کوه. ب: برشی نمادین از سطح گسل منصور کوه.

بنابراین با توجه به هم‌ریختگی چینه‌شناسی و استقرار سازند لار در فرادیواره بر روی سازند کرج در فرودیواره مؤلفه‌ی شیب‌لغز گسل معکوس خواهد بود. علاوه بر نشانه‌های چینه نگاری، نشانه‌های حرکتی

سطح گسل از جمله خراش‌های گسلی و شکستگی‌های کششی که جهت حرکت را نشان می‌دهند (جهت حرکت عمود بر شکستگی‌های کششی است) می‌توان جهت حرکت بلوک گم‌شده را تعیین نمود. لذا با توجه به شکستگی‌های کششی مشاهده‌شده بر روی سطح گسل که سمت شیب کمتر این شکستگی‌ها جهت حرکت بلوک گم‌شده را نشان می‌دهد، سازوکار گسل به صورت معکوس همراه با مؤلفه‌ی راستا لغز چپ‌بر را نشان می‌دهد. بررسی‌های صحرایی بر روی ریخت‌شناسی سطح گسل معکوس شمال دامغان، خراش‌هایی با ریک ۲۳ درجه‌ی پادساعتگرد (شکل ۳-۲۰) و ریک بالای ۶۵ درجه‌ی پادساعتگرد را نشان می‌دهد (۳-۲۱). در نتیجه با توجه به شواهد به دست آمده از روش چینه نگاری که سازوکار معکوس را برای گسل مورد بحث مشخص کرد، خراش‌های گسلی با ریک ۶۵ درجه پادساعتگرد نیز می‌توان جهت شیب لغز را که از نوع معکوس است را تعیین نمود. همچنین با حضور خراش‌های گسلی با ریک ۲۳ درجه‌ی پادساعتگرد حرکت امتداد لغز چپ‌بر نیز برای این گسل قابل تعیین است.



۳-۲۰-الف: سطح گسلی با رخس لغز راستا با ریک ۲۳ درجه‌ی پادساعتگرد بر روی سازند لار و حضور شکستگی‌های کششی بر روی آن. ب: استریوگرام سطح گسل با موقعیت ۲۳/۰۵۵ و رخس لغز با ریک ۲۳ درجه‌ی پادساعتگرد با موقعیت ۲۰/۰۵۹ (برداشت از فرادپواره).



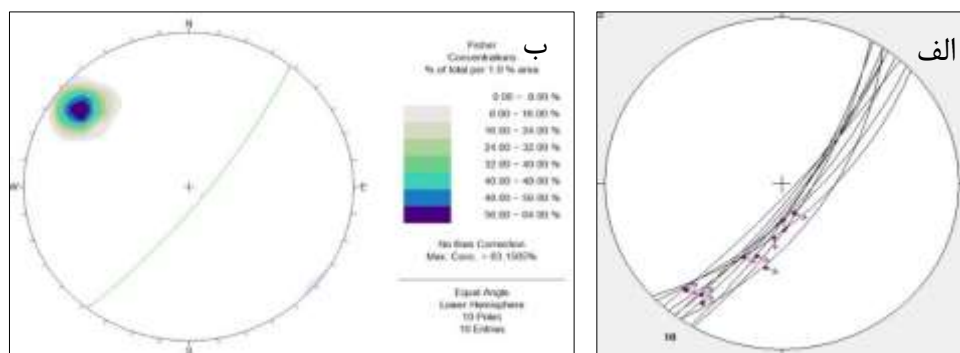
شکل ۳-۲۱-الف: سطح گسلی با خش لغزهایی با ریک ۶۵ درجه‌ی پادساعتگرد بر روی سازند لار. ب: استریوگرام سطح گسل با موقعیت ۵۹/۰۳۷ و خش لغز با ریک ۶۵ درجه‌ی پادساعتگرد با موقعیت ۵۶/۰۱۵.

یکی از شاخه‌های فرعی گسل منصور کوه با راستای شمال خاوری_ جنوب باختری در نزدیکی کوه مهر نگار بین عرض‌های جغرافیایی $36^{\circ} 15' 25/76''$ تا $36^{\circ} 15' 32/33''$ شمالی و طول‌های جغرافیایی $54^{\circ} 9' 21/64''$ تا $54^{\circ} 9' 32/15''$ خاوری با طول تقریبی ۱۵۰ متر قرار گرفته است. واحدهای دو طرف این گسل آهک‌های سازند لار و توف‌های سبز کرج می‌باشند. میانگین وضعیت هندسی گسل بر اساس برداشت‌های انجام‌شده ۷۸/۱۲۸ به‌دست آمده است. این داده‌ها در جدول (۳-۴) آورده شده است. تصاویر سیکلوگرافیک داده‌ها و نمودار کنتوری قطب آن‌ها برای یافتن روند غالب در استریوگرام‌های شکل (۳-۲۲) نشان داده شده است.

جدول ۳-۴- داده‌های برداشت‌شده از سطح گسل منصور کوه در کوه مهرنگار

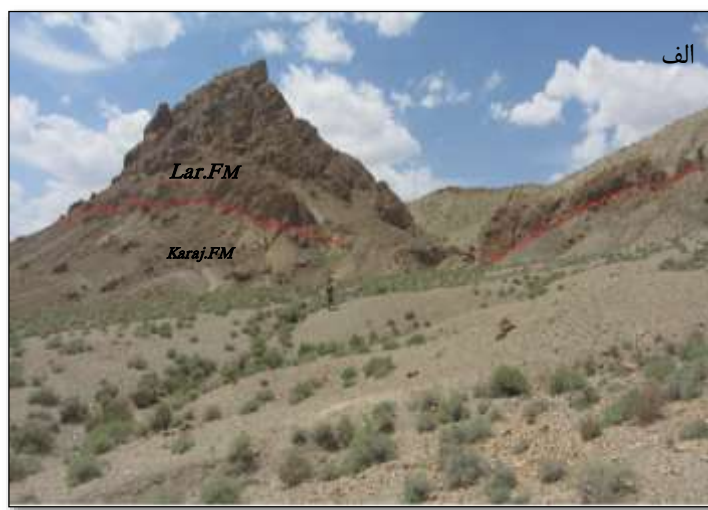
*جهت حرکت فرادیواره: ۱-روبه بالا (معکوس) ۲-روبه پایین (نرمال) ۳-راست بر ۴-چپ بر

Fault Plane		Slicken Lines			Fault Plane		Slicken Lines		
Dip	Dip.Dir.	Azimuth	Plung	Sense*	Dip	Dip.Dir.	Azimuth	Plung	Sense*
۸۵	۱۳۲	۲۲۱	۱۷	۳	۷۷	۱۲۰	۲۰۴	۳۶	۲
۸۳	۱۲۷	۲۱۵	۱۵	۳	۷۲	۱۳۷	۱۷۹	۷۲	۲
۸۰	۱۲۵	۲۱۲	۱۸	۳	۷۸	۱۳۰	۱۶۷	۶۳	۳
۷۶	۱۳۵	۲۱۶	۳۴	۲	۶۹	۱۲۵	۱۹۸	۶۵	۲
۸۰	۱۲۱	۲۰۵	۳۶	۲	۸۱	۱۲۷	۲۰۰	۶۵	۲



شکل ۳-۲۲- الف: تصاویر سیکلوگرافیک از سطوح گسلی برداشت شده از گسل منصور کوه. ب: کنتور دیاگرام از قطب داده‌ها که روند میانگین ۷۸/۱۲۸ را برای گسل منصور کوه نشان می‌دهد.

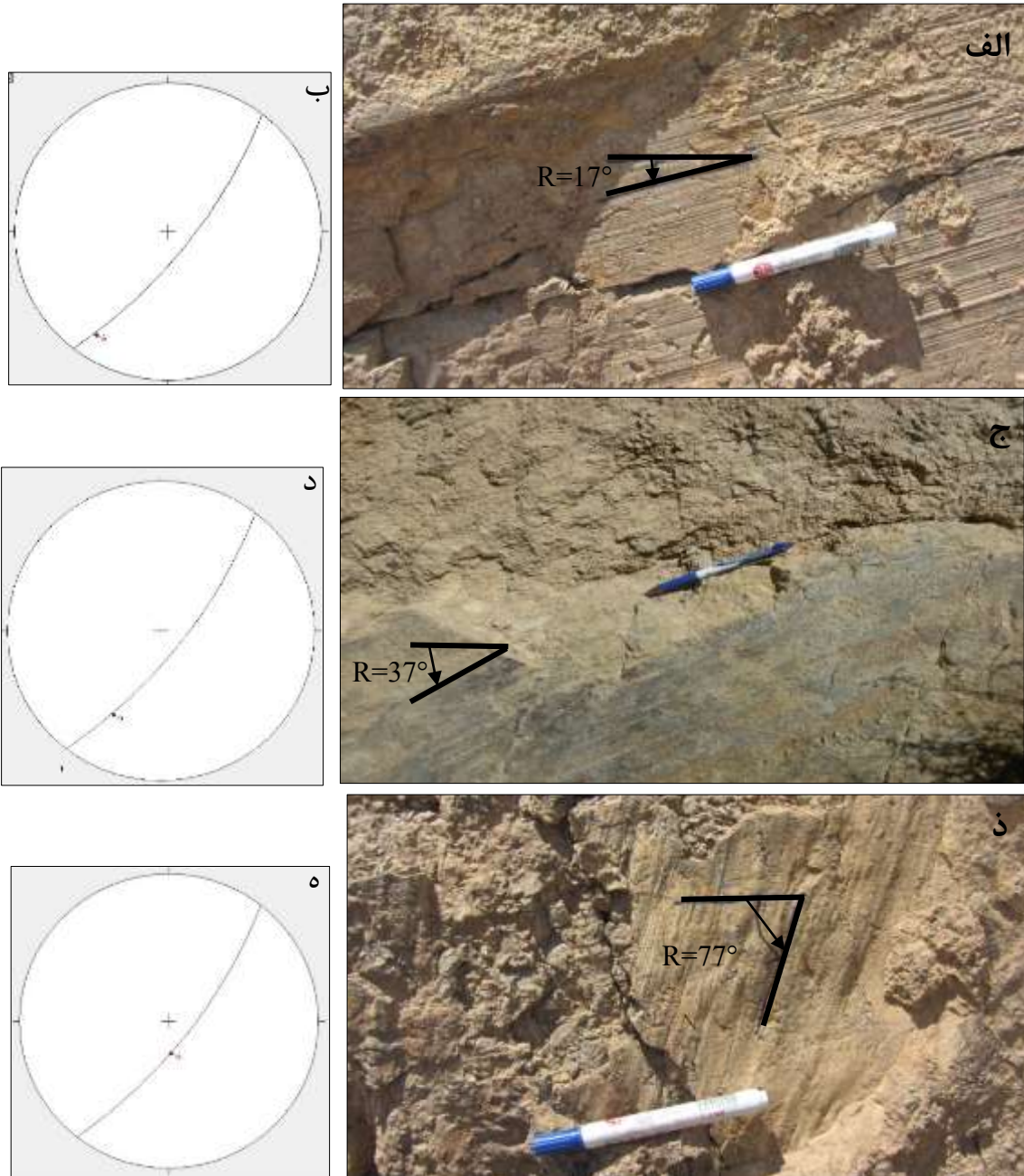
گسل مورد بحث در این ایستگاه با راستای کلی شمال خاوری- جنوب باختری، باعث قرارگیری توف های سبز کرج (اوسن) بر روی سازند آهکی لار (ژوراسیک) شده است (۳-۲۳-الف). مقطعی نمادین از این گسل در شکل (۳-۲۳-ب) نشان داده شده است.



شکل ۳-۲۳- الف: تصویری از امتداد گسل منصور کوه (دید به شمال خاوری). ب: برشی نمادین از سطح گسل منصور کوه.

گسل منصور کوه در این ایستگاه با عملکرد خود منجر به رخنمون دو صفحه‌ی گسلی شده است که در یک طرف گسلش باعث قرارگیری سازند کرج در فرادیواره و سازند لار در فرودیواره شده است. با بررسی‌های صحرائی بر روی سطح گسل سه دسته خراش گسلی با ریک ۷۷ درجه پادساعتگرد، خراش

گسلی باریک ۳۷ درجه پادساعتگرد و خراش گسلی باریک ۱۷ درجه پادساعتگرد را نشان می دهد(۳-۲۴).



شکل ۳-۲۴-الف: سطح گسلی با خش لغزهایی باریک ۱۷ درجه پادساعتگرد بر روی سازند لار. ب: استریو گرام های سطح گسل با موقعیت ۷۸/۱۲۸ بخش لغز باریک ۱۷ درجه پادساعتگرد با موقعیت ۱۷/۲۱۵. ج: سطح گسلی با خش لغزهایی باریک ۳۷ درجه پادساعتگرد بر روی سازند لار. د: استریو گرام سطح گسل با موقعیت ۷۸/۱۲۸ و خش لغز باریک ۳۷ درجه پادساعتگرد با موقعیت ۳۷/۲۱۱. ذ: سطح گسلی با خش لغزهایی باریک ۷۷ درجه پادساعتگرد بر روی سازند لار. ه: استریو گرام های سطح گسل با موقعیت ۷۸/۱۲۸ و خش لغز باریک ۷۷ درجه پادساعتگرد با موقعیت ۷۳/۱۷۴.

یکی از نشانه‌های حرکتی معتبر در رده‌بندی (Doblas, 1998) وجود حفره‌های نامتقارن بر روی سطح گسل است. از ویژگی‌های مهم مناظر نامتقارن این است که بخشی از حفره که دیواره‌ی آزاد را تشکیل می‌دهد فاقد خراش گسلی است و قسمتی از حفره که دیواره‌ی درگیر را تشکیل می‌دهد دارای خراش گسلی است. خراش‌های گسلی تشکیل شده در این بخش در اثر حرکت دو بلوک گسلی در کنار هم ایجاد شده است. سمت حرکت به سمت دیواره‌ای است که خراش بر روی آن تشکیل شده است. بنابراین برای تعیین جهت حرکت گسل منصور کوه در اطراف کوه مهر نگار، از این شاخص حرکتی که بر روی سطح گسل مشاهده گردید استفاده شده است که حرکت راست‌بر برای این گسل تعیین گردید (شکل ۳-۲۵).

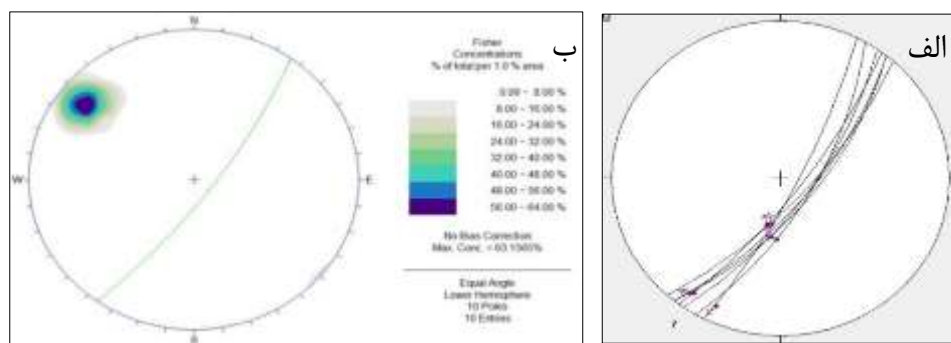


شکل ۳-۲۵- تصویر صحرایی از مناظر نامتقارن بر روی سطح گسل منصور کوه

رخمون دیگری از شخه‌های فرعی گسل منصور کوه با راستای شمال خاوری_ جنوب باختری در نزدیکی کوه مهر نگار بین عرض‌های جغرافیایی $36^{\circ} 15' 25/76''$ تا $36^{\circ} 15' 32/33''$ شمالی و طول‌های جغرافیایی $54^{\circ} 9' 21/64''$ تا $54^{\circ} 9' 32/15''$ خاوری قرار گرفته است. میانگین وضعیت هندسی گسل منصور کوه بر اساس برداشت‌های انجام شده ۷۷/۱۲۶ به دست آمده است. این داده‌ها در جدول (۳-۵) آورده شده است. تصاویر سیکلوگرافیک داده‌ها و نمودار کنتوری قطب آن‌ها برای یافتن روند غالب در استریوگرام‌های شکل (۳-۲۶) نشان داده شده است.

جدول ۳-۵- داده‌های برداشت‌شده از سطح گسل منصور کوه در ایستگاه ۲
*جهت حرکت فرادیواره: ۱-روبه بالا (معکوس) ۲-روبه پایین (نرمال) ۳-راست‌بر ۴-چپ‌بر

Fault Plane		Slicken lines		
Dip	Dip.Dir.	Azimuth	Plung	Sense*
۸۰	۱۲۷	۱۸۸	۷۰	۱
۷۵	۱۲۵	۱۶۹	۷۰	۱
۷۴	۱۲۰	۱۷۵	۶۴	۱
۷۳	۱۲۹	۲۱۶	۱۱	۴
۸۲	۱۱۷	۲۰۵	۶	۴
۷۷	۱۳۲	۱۸۷	۷۰	۱
۷۵	۱۲۹	۲۱۸	۸	۴



شکل ۳-۲۶- الف: تصاویر از سطوح گسلی برداشت‌شده از گسل منصور کوه ب: کنتور دیاگرام از قطب داده‌ها که روند

میانگین ۷۷/۱۲۶ را برای گسل منصور کوه نشان می‌دهد.

این گسل با راستای کلی شمال خاوری-جنوب باختری، باعث رانده شدن و قرارگیری سازند آهک‌های

لار (ژوراسیک) بر روی توف و مارن های سازند کرج (ائوسن) شده است (شکل ۳-۲۷). مقطعی نمادین

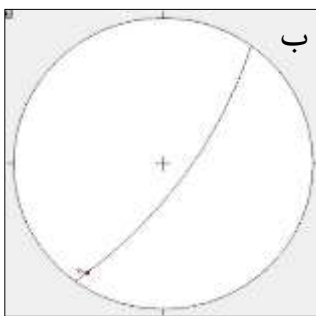
از این گسل در شکل (۳-۲۳-ب) نشان داده شده است.



شکل ۳-۲۷- تصویری از امتداد گسل منصور کوه (دید به جنوب باختری)

مشاهدات صحرایی نشان داد که سازند لار در بلوک فرادیواره و سازند کرج در بلوک فرودیواره قرار گرفته است که بیان‌کننده‌ی معکوس بودن مؤلفه‌ی شیب‌لغز برای گسل موردنظر است. آنچه قابل‌ذکر است دودسته خراش گسلی با ریک ۱۰ درجه‌ی ساعتگرد و ریک ۷۲ درجه ساعتگرد بر روی سطح گسل است (شکل ۳-۲۸).

در نتیجه گسل رخنمون یافته، با توجه به شواهد چینه نگاری و شواهد ریخت‌شناسی سطح گسل از جمله خراش‌های گسلی دارای سازوکار معکوس با مؤلفه امتدادلغز کوچک است.





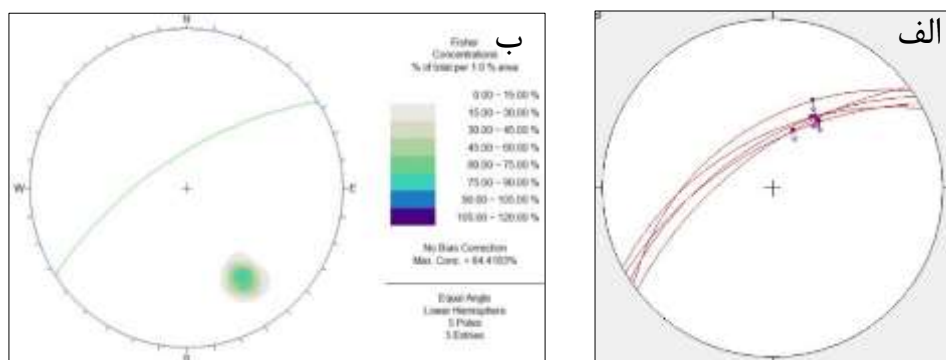
شکل ۳-۲۸-الف: سطح گسلی با خش لغزهایی با ریک ۱۰ درجه‌ی پادساعتگرد بر روی سازند لار. ب: استریوگرام سطح گسل با موقعیت ۷۷/۱۲۶ و خش لغز با ریک ۱۰ درجه‌ی پادساعتگرد با موقعیت ۱۰/۲۱۵. ج: سطح گسلی با خش لغزهایی با ریک ۷۲ درجه‌ی پادساعتگرد بر روی سازند لار. د: استریوگرام سطح گسل با موقعیت ۷۷/۱۲۶ و خش لغز با ریک ۷۲ درجه‌ی پادساعتگرد با موقعیت ۶۹/۱۸۱. (برداشت‌ها از فرادیواره انجام شده است).

همچنین در رخنمون دیگری از گسل منصورکوه (ایستگاه ۳) در محل کوه بابا حافظ که در شکل (۳-۱۶) مشخص کرده‌ایم را مورد بررسی قرار می‌دهیم. راستای این گسل شمال خاوری-جنوب باختری است. میانگین وضعیت هندسی گسل منصور کوه بر اساس برداشت‌های انجام شده در این ایستگاه، ۶۵/۳۳۰ به دست آمده است. این داده‌ها در جدول (۳-۶) درج شده است. تصاویر سیکلوگرافیک داده‌ها و نمودار کنطوری قطب آن‌ها برای یافتن روند غالب در استریوگرام‌های شکل (۳-۲۹) نشان داده شده است.

جدول ۳-۶- داده‌های برداشت شده از سطح گسل منصور کوه در ایستگاه ۳

جهت حرکت فرادیواره: ۱- روبه بالا (معکوس) ۲- روبه پایین (نرمال) ۳- راست بر ۴- چپ بر

Fault Plane		Slicken Lines		
Dip	Dip.Dir.	Azimuth	Plunge	Sense*
۷۲	۳۲۳	۰۲۸	۵۰	۱
۷۰	۳۳۰	۰۳۶	۴۹	۱
۶۵	۳۳۲	۰۳۰	۴۹	۱
۶۰	۳۲۵	۰۲۱	۴۳	۱
۶۸	۳۲۷	۰۱۹	۵۵	۱



شکل ۳-۲۹-الف: تصاویر سیکلوگرافیک از سطوح گسلی با خط خش‌های دارای موقعیت ۴۹/۰۲۹ ب: کنتور دیاگرام از قطب داده‌ها که روند میانگین ۶۷/۳۲۷ را برای گسل معکوس شمال دامغان نشان می‌دهد.

شواهد صحرائی نشان می‌دهد که در طول گسل منصورکوه در این ایستگاه سازند لار در فرادیواره و سازند کرج در فرودیواره رخنمون یافته است. طبق شواهد چینه نگاری دارای به هم ریختگی چینه نگاری بوده و سازوکار معکوس را می‌توان برای آن در نظر گرفت (شکل ۳-۳۰). برداشت‌های صحرائی از سطح گسل، خراش‌های گسلی با ریک ۵۵ درجه‌ی پادساعتگرد مشاهده گردیده شد که با توجه به روش چینه نگاری سازوکار معکوس برای این گسل در این ایستگاه قابل تعیین است (شکل ۳-۳۱). برداشت‌های صورت گرفته از خراش‌های سطح گسل باریک تقریباً بالا حاکی از چیرگی مؤلفه‌ی شیب‌لغز برای گسل مورد بحث است که می‌تواند مؤید جنبش معکوس به دست آمده با توجه به نشانه‌های چینه نگاری (قرارگیری سازند لار بر روی سازند کرج) باشد.

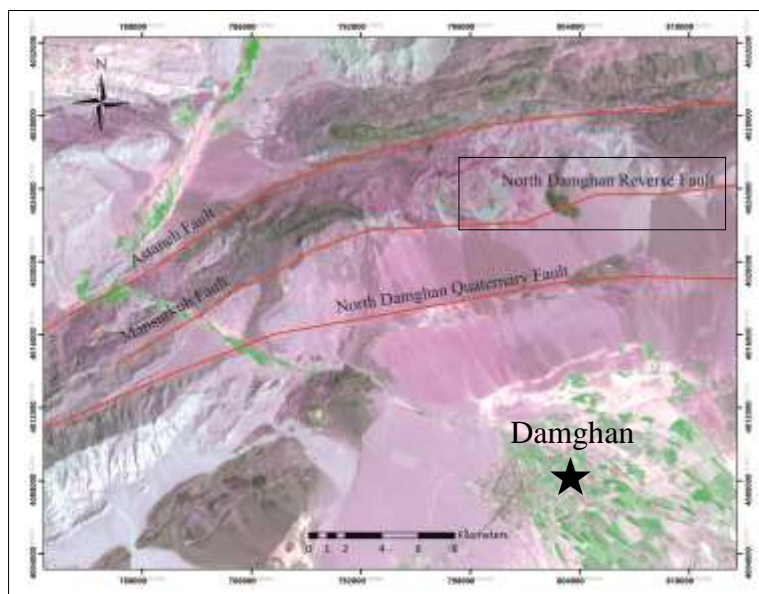


شکل ۳-۳۰-تصویری از امتداد گسل منصورکوه (دید به شمال باختری)



شکل ۳-۳۱- الف: سطح گسلی باخش لغزهایی با ریک ۵۵ درجه‌ی پادساعتگرد بر روی سازند لار . ب: استریو گرام سطح گسل با موقعیت ۶۵/۳۳۰ و خش لغز باریک ۵۵ درجه‌ی پادساعتگرد با موقعیت ۴۸/۰۲۹.

گسل منصور کوه در فاصله‌ی حدود ۵ کیلومتری گسل کواترنری شمال دامغان قرار دارد . در پژوهش‌های پیشین این گسل اشاره‌ای به فعالیت کواترنری آن اشاره نشده است. بخشی از این گسل توسط بربریان و قریشی (۱۳۶۸) گسل وارون شمال دامغان نام‌گذاری شده است (شکل ۳-۳۲) و همچنین اعراب و همکاران (۱۳۸۸) در دره‌ی طزره و دره‌ی ده ملا به مطالعه‌ی گسل وارون شمال دامغان پرداخته‌اند و گسل وارون شمال را همانند گسل آستانه و گسل کواترنری شمال دامغان در ردیف گسل‌های (Quaternary active fault) معرفی کرده‌اند. با توجه به بررسی‌های قبلی انجام‌شده بر روی گسل مورد بحث، ما این گسل را در ۳ ایستگاه بررسی کرده‌ایم و این شاخه از گسل را که در ادامه‌ی گسل وارون شمال دامغان تغییر روند داده است ، گسل منصور کوه نام‌گذاری کرده‌ایم. در منطقه‌ی مطالعاتی آثار گسلش بر روی واحدهای لار (فرادیواره) و واحدهای کرج (فرودیواره) مشاهده گردیده است اما آثار گسل خوردگی در روی واحدهای کواترنری در رخنمون‌های منطقه‌ی مطالعاتی مشاهده نگردید اما با توجه به مشاهدات صحرایی قبلی و ردگیری اثر گسل خوردگی بر روی نهشته‌های کواترنری و آثار ریخت‌شناسی آن توسط اعراب و همکاران (۱۳۸۸) می‌توان آخرین جنبش گسل را به دوره‌ی کواترنری نسبت داد.



شکل ۳-۳- تصویر از ماهواره لندست ۸ که تصویری از محدوده‌ی مورد مطالعه اعراب و همکاران (۱۳۸۸) و گسل‌های پیرامون آن را نشان می‌دهد.

۳-۱-۳- گسل آستانه

گسل آستانه با طول تقریبی ۷۵ کیلومتر در شمال روستای آستانه و بین عرض‌های جغرافیایی $24^{\circ}29''$ تا $36^{\circ}16'$ تا $34^{\circ}16'34/80''$ شمالی و طول‌های جغرافیایی $54^{\circ}4'51/88''$ تا $54^{\circ}6'30/04''$ خاوری قرار گرفته است. تصاویر ماهواره‌ای خطواره‌ی این گسل را با روند شمال خاوری-جنوب باختری نشان می‌دهند (شکل ۳-۳۳). گسل مورد بحث یکی از گسل‌های اصلی منطقه است که در نقشه‌ی ۱:۱۰۰۰۰۰ دامغان مشخص شده است. برای بررسی هندسه‌ی گسل آستانه از تصاویر ماهواره‌ای و تحلیل داده‌های اندازه‌گیری شده از برداشت‌های میدانی استفاده شده است.



شکل ۳-۳۳- تصویر ماهواره‌ای گرفته‌شده از Google Earth و نمایش موقعیت مکانی از سطح گسل آستانه

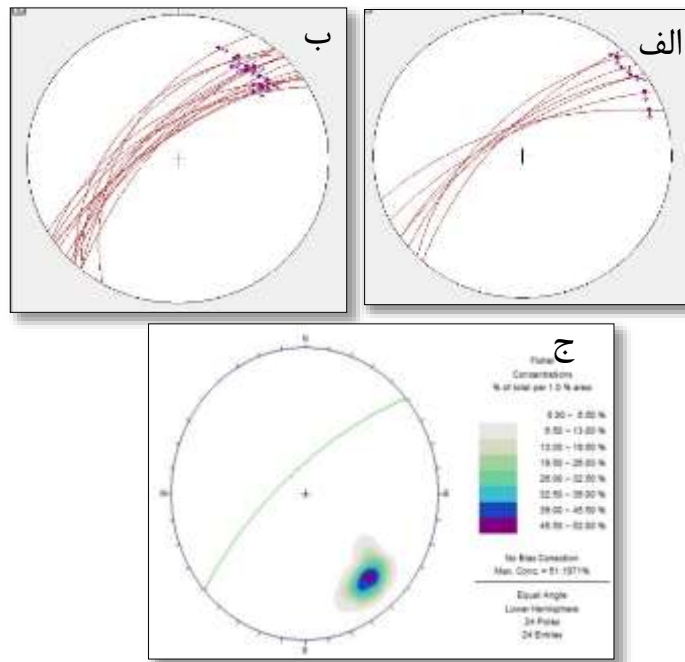
بهترین رخنمون این گسل ، دو سطح کاملاً آشکار بر روی سازند دلیچای و لار در شمال روستای آستانه است. یکی از این سطوح گسلی در مرز بین سازند شمشک (فرودیواره) و سازند دلیچای (فرادیواره) و دیگری در مرز سازند دلیچای (فرادیواره) و سازند لار (فرودیواره) قابل مشاهده است. همچنین بر اساس برداشت‌های صحرائی در طول گسل آستانه ، در محل پل روستای آستانه ، واحدهای آهکی لار در فرادیواره و سازند شیل و ماسه‌سنگ شمشک در فرودیواره نشان داده شده است و گسل مورد بحث به سمت فولاد محله در نهشته‌های کواترنری رخنمون دارد (شکل ۳-۳۵). مقطع نمادین از این گسل در محل پل روستای آستانه در شکل (۳-۳۶) آورده شده است.

در این قسمت با استفاده از کارهای از قبل انجام شده و با توجه به یافته‌های به دست آمده که حاصل مطالعه و برداشت روی زمین در پهنه‌ی گسلی، مطالعات دورسنجی و مطالعات چینه نگاری است ویژگی‌های این گسل را مورد بررسی قرار می‌دهیم. بنابراین رخنمون‌های گسلی در محل پل آستانه و روستای آستانه قابل مشاهده است و آن‌ها را بررسی کرده‌ایم. در طی انجام مطالعات صحرائی میانگین موقعیت گسل ۷۱/۳۲۱ به دست آمده است. داده‌های مربوط به سطح گسل در جدول (۳-۷) آورده شده است. تصاویر سیکلوگرافیک داده‌ها و نمودار کنتوری قطب آن‌ها در شکل (۳-۳۴) نمایش داده شده است.

جدول ۳-۷- داده‌های برداشت‌شده از سطح گسل آستانه

جهت حرکت فرادیواره: ۱- روبه بالا (معکوس) ۲- روبه پایین (نرمال) ۳- راست بر ۴- چپ بر

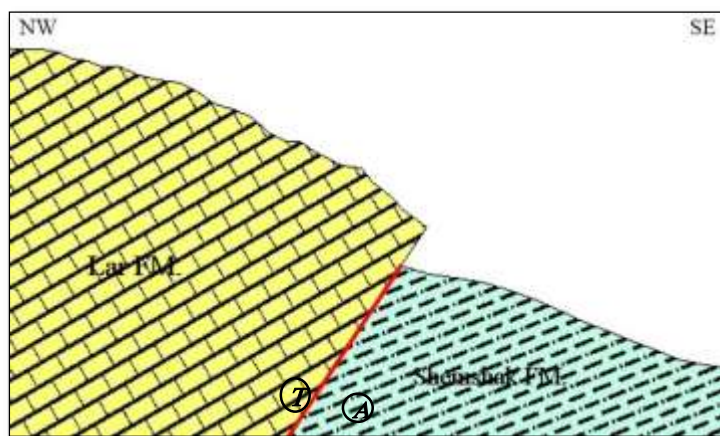
Fault Plane		Slicken Lines			Fault Plane		Slicken Lines		
Dip	Dip.Dir	Azimuth	Plunge	Sense*	Dip	Dip.Dir.	Azimuth	Plunge	Sense*
۷۵	۳۲۲	۰۴۴	۲۸	۱	۶۹	۳۱۵	۰۳۶	۲۲	۱
۶۹	۳۱۰	۰۲۹	۲۷	۱	۷۷	۳۱۸	۰۴۳	۲۱	۱
۵۶	۳۱۳	۰۲۸	۲۱	۱	۷۱	۳۲۶	۰۴۵	۲۵	۴
۷۱	۳۱۵	۰۳۵	۲۵	۱	۶۰	۳۱۰	۰۲۹	۱۹	۴
۶۵	۳۲۷	۰۴۶	۲۰	۱	۷۶	۳۳۳	۰۶۶	۸	۴
۷۷	۳۱۰	۰۳۵	۲۲	۱	۷۳	۳۴۲	۰۶۸	۱۱	۴
۷۴	۳۱۴	۰۳۸	۱۸	۱	۷۳	۳۲۵	۰۵۲	۹	۴
۶۰	۳۰۰	۰۱۹	۱۸	۱	۶۸	۳۱۵	۰۴۱	۷	۴
۷۰	۳۲۴	۰۴۹	۲۱	۱	۷۵	۳۱۲	۰۳۹	۷	۴
۷۰	۳۳۰	۰۴۷	۳۱	۱	۷۳	۳۲۰	۰۴۷	۹	۴
۷۷	۳۲۵	۰۴۸	۲۶	۱	۷۳	۳۲۵	۰۵۳	۷	۴



شکل ۳-۳۴- الف: تصاویر سیکلوگرافیک از سطوح گسلی با خط خش‌های دارای موقعیت ۸/۰۵۲. ب: تصاویر سیکلوگرافیک از سطوح گسلی با خط خش‌های دارای موقعیت ۲۲/۰۳۶. ج: کنتور دیاگرام از قطب داده‌ها که روند میانگین ۷۱/۳۲۱ را برای گسل آستانه را نشان می‌دهد

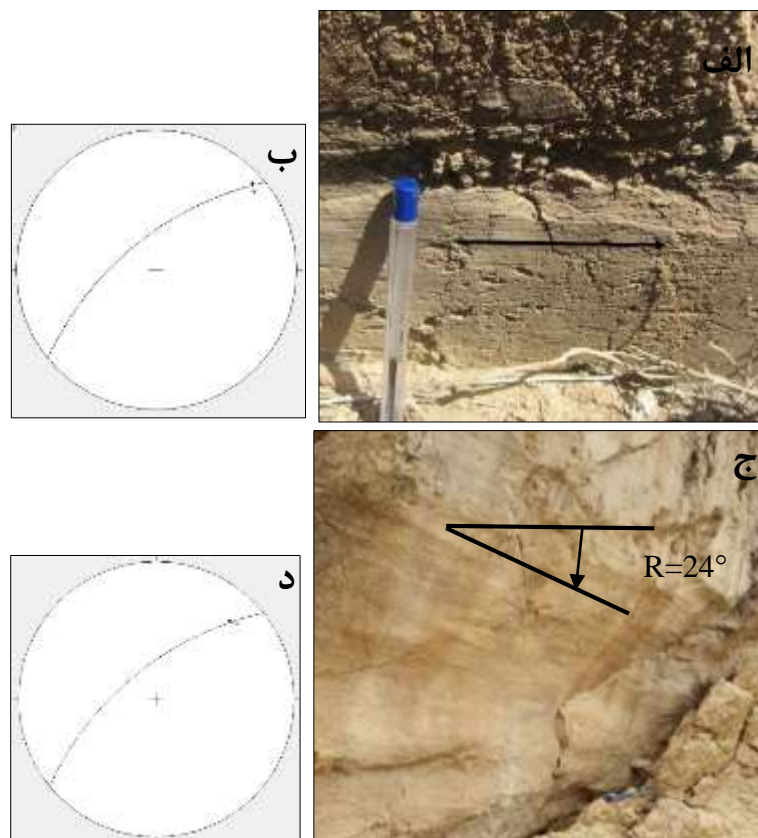


شکل ۳-۳۵- تصویر صحرایی از گسل آستانه در محل روستای آستانه . الف :دید به شمال باختر. ب: دید به شمال خاور.



شکل ۳-۳۶- برشی نمادین از سطح گسل آستانه.

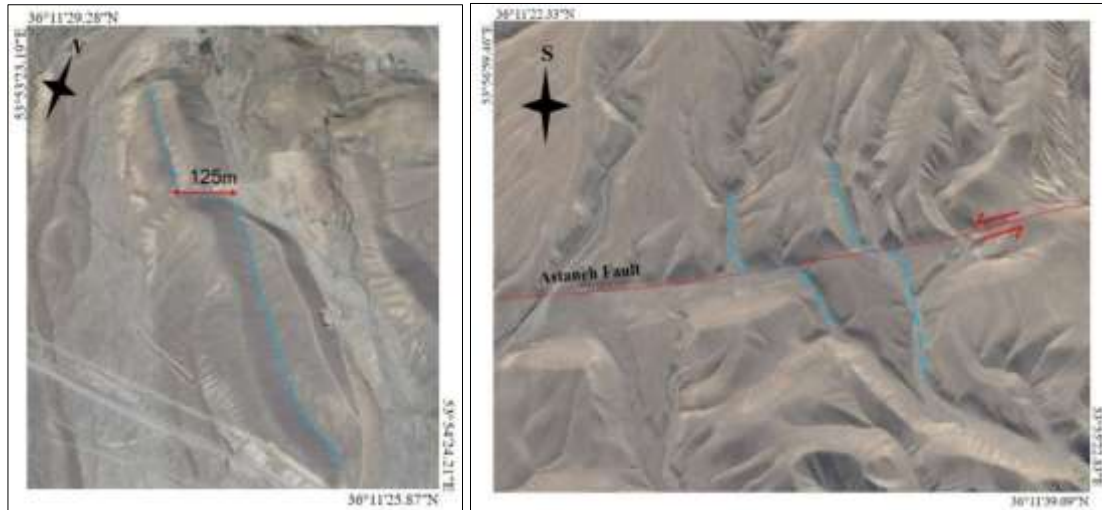
با بررسی‌ها میدانی سطح گسل، دودسته خش لغز با ریک ۸ درجه پادساعتگرد و ۲۴ درجه پادساعتگرد مشاهده شد (شکل ۳-۳۷).



شکل ۳-۳۷- الف: سطح گسلی با خش لغزهایی با ریک ۸ درجه‌ی بر روی سازند لار . ب: استریوگرام سطح گسل با موقعیت ۷۱/۳۲۱ و خش لغز باریک ۸ درجه‌ی با موقعیت ۰۸/۰۴۸ . ج: سطح گسلی با خش لغزهایی با ریک ۲۴ درجه‌ی ساعتگرد بر روی سازند لار . ب: استریوگرام سطح گسل با موقعیت ۷۱/۳۲۱ و خش لغز باریک ۲۴ درجه‌ی ساعتگرد با موقعیت ۲۴/۰۴۳. (برداشت‌ها از فرادایواره انجام شده است).

با توجه به بررسی‌های صحرائی بر روی ریخت‌شناسی سطح گسل آستانه و حضور خراش‌هایی با ریک ۸ درجه‌ی پادساعتگرد و ۲۴ درجه‌ی پادساعتگرد می‌توان سازوکار چیره گسل را به صورت امتدادلغز تعیین کرد. به علاوه با توجه به اینکه گسل مورد بحث با فعالیت راستا لغز چپ بر خود سیمای زمین ریخت آبراهه‌های این منطقه را تحت تأثیر قرار داده و آن‌ها را به صورت چپ بر جابجا نموده است که مویذ حرکت چپ بر آن است. همچنین فعالیت این گسل از روستای آستانه تا فولادمحله با توجه به نشانگرهای جنبشی سطح گسل و جابه‌جایی و قطع‌شدگی رسوبات کواترنری، جنبش کواترنری برای

گسل آستانه محرز می‌گردد (شکل ۳-۳۸). قطع‌شدگی واحدهای کواترنری و جابجایی آبراهه‌ها توسط گسل آستانه از علائم و شواهد فعالیت نو زمین‌ساخت در منطقه است.



شکل ۳-۳۸- تصویر ماهواره‌ای از جابجایی آبراهه توسط گسل آستانه

۳-۱-۴- گسل پیشسار

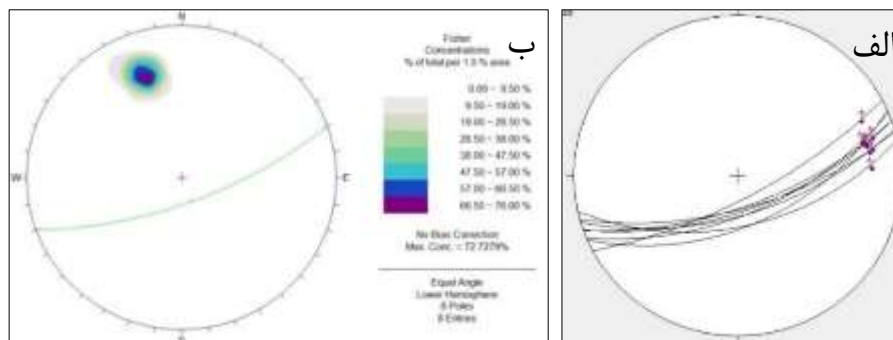
در جنوب روستای آستانه، گسلی با روند شمال خاوری-جنوب باختری دیده می‌شود. این گسل به طول تقریبی ۱۰ کیلومتر در جنوب روستای آستانه و بین طول‌های جغرافیایی $36^{\circ} 14' 21''$ تا $36^{\circ} 11' 69''$ و عرض‌های جغرافیایی $54^{\circ} 0' 58''$ تا $54^{\circ} 7' 33''$ رخمون دارد. برای بررسی هندسه‌ی گسل جنوب آستانه، از تصویر ماهواره‌ای و تحلیل داده‌های اندازه‌گیری شده از برداشت‌های میدانی استفاده شده است. گسل مورد بحث در نقشه‌ی زمین‌شناسی دامغان (علوی و صالحی راد، ۱۳۵۴) با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ به صورت یک خطواره نشان داده شده است، در این پژوهش گسل جنوب آستانه مورد بررسی هندسی و سیستماتیک قرار گرفته است. در تصویر ماهواره‌ای برگرفته از Google earth نیز خطواره‌ی گسلی را می‌توان مشاهده نمود (شکل ۳-۳۹). بهترین راه دسترسی به رخمون این گسل جاده‌ی خاکی منشعب شده از جاده‌ی آسفالت‌هی دامغان-چشمه‌علی است.



شکل ۳-۳۹- تصویر ماهواره‌ای برگرفته شده از Google Earth و نمایش موقعیت مکانی از سطح گسل پیشسار در طی انجام مطالعات صحرایی میانگین موقعیت گسل ۷۶/۱۶۰ به دست آمده است. داده‌های مربوط به سطح گسل در جدول (۳-۸) آورده شده است. تصاویر سیکلوگرافیک داده‌ها و نمودار کنوری قطب آن‌ها در شکل (۳-۴۰) نمایش داده شده است.

جدول ۳-۸- داده‌های برداشت شده از سطح گسل پیشسار
*جهت حرکت فرادیواره: ۱-رویه بالا (معکوس) ۲-رویه پایین (نرمال) ۳-راست بر ۴-چپ بر

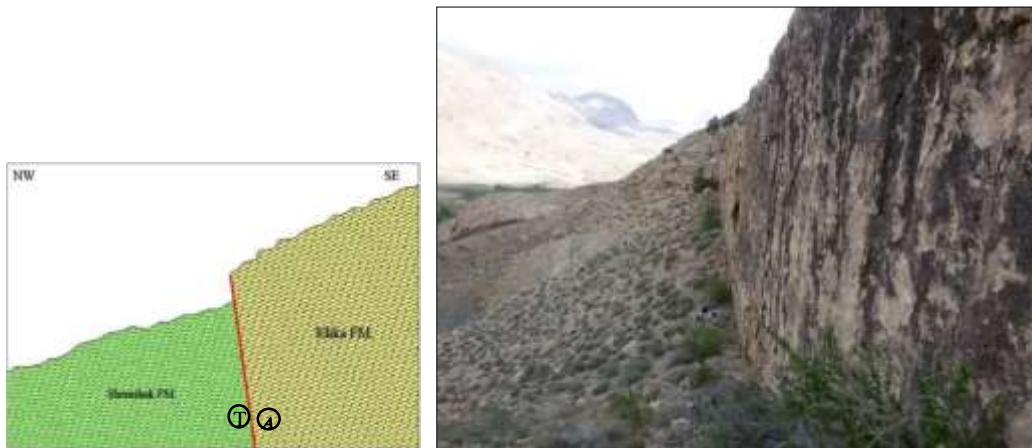
Fault Plane		Slicken Lines			Fault Plane		Slicken Lines		
Dip	Dip.Dir.	Azimuth	Plunge	Sense *	Dip	Dip.Dir.	Azimuth	Plunge	Sense*
۷۵	۱۶۷	۰۸۱	۱۷	۱	۷۳	۱۶۴	۰۷۹	۱۷	۱
۷۴	۱۶۰	۰۷۳	۱۵	۱	۷۷	۱۵۶	۰۷۰	۲۰	۱
۷۸	۱۵۲	۰۶۲	۴	۴	۷۲	۱۶۰	۰۷۲	۶	۴
۸۲	۱۵۷	۰۶۶	۲	۴	۷۹	۱۶۳	۰۷۷	۲۰	۴



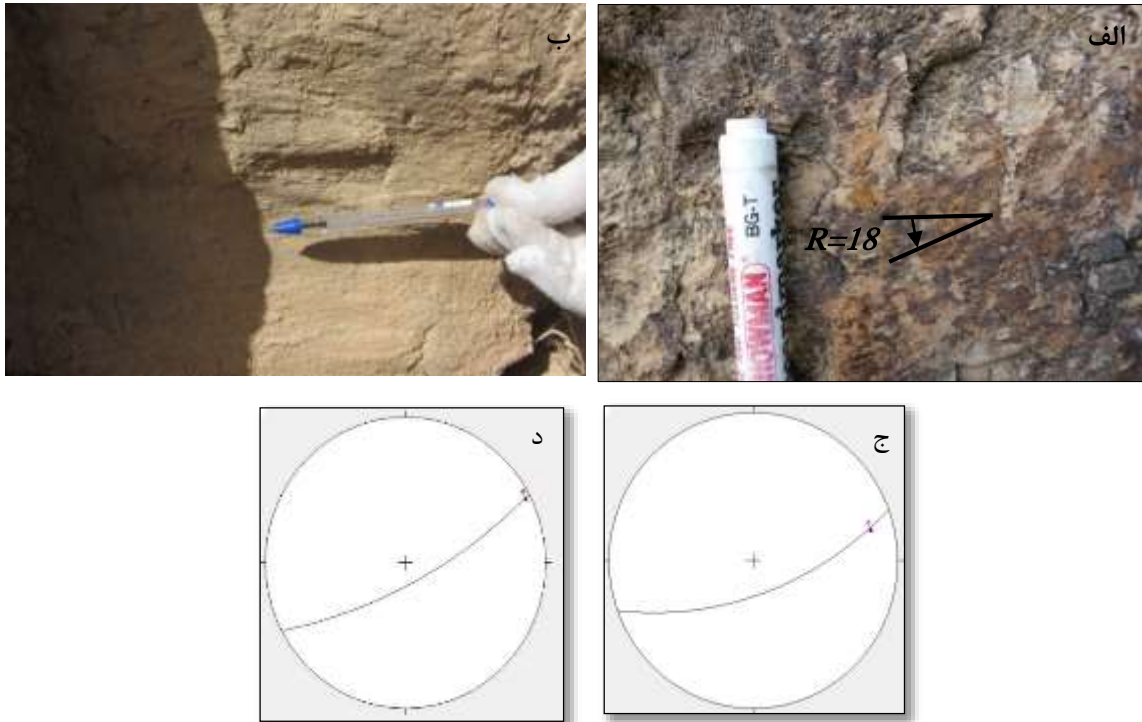
شکل ۳-۴۰- الف: تصاویر سیکلوگرافیک از سطوح گسلی با خط خش‌های دارای موقعیت ۱۳/۰۷۳. ب: کنور دیاگرام از قطب داده‌ها که روند میانگین ۷۶/۱۶۰ را برای گسل پیشسار نشان می‌دهد.

به علت اعوجاج و شیب بالای سطح گسل ، تعیین فرادیواره و فرودیواره برای این گسل امکان پذیر نبوده است. شکل (۳-۴۱-الف)، نمایی از سطح گسل پیشسار و شکل (۳-۴۱-ب)، برش نمادین از آن را نشان می دهد. گسل پیشسار با عملکرد خود سبب ایجاد پرتگاه گسلی مرتفع حدوداً با ارتفاع تقریبی ۱۰ متر بر روی واحدهای سنگی الیکا شده است. همچنین سطح گسل تحت تأثیر هوازدگی ، انحلال و فرسایش قرار گرفته است. به گونه ای که آثار حرکتی خش لغزها بر روی تمام سطح گسل به خوبی قابل رؤیت نبود. اما در بعضی قسمت هایی از سطح گسل دودسته خش لغزها با زاویه ریک ۴ درجه و خش لغزهایی با ریک ۱۸ درجه پادساعتگرد مشاهده گردید(شکل ۳-۴۲). با توجه به خراش های مشاهده شده بر روی سطح گسل (خراش های افقی) حرکت امتدادلغز از نوع چپ بر برای این گسل قابل تعیین است. پیشسار به سمت جنوب باختری منطقه مورد مطالعه ادامه دارد و بر روی تصاویر ماهواره ای نیز قابل ردیابی است.

در نتیجه با توجه به شواهد ریخت شناسی سطح گسل مانند خش لغزها سازوکار این گسل به صورت امتدادلغز چپ بر تعیین شد.



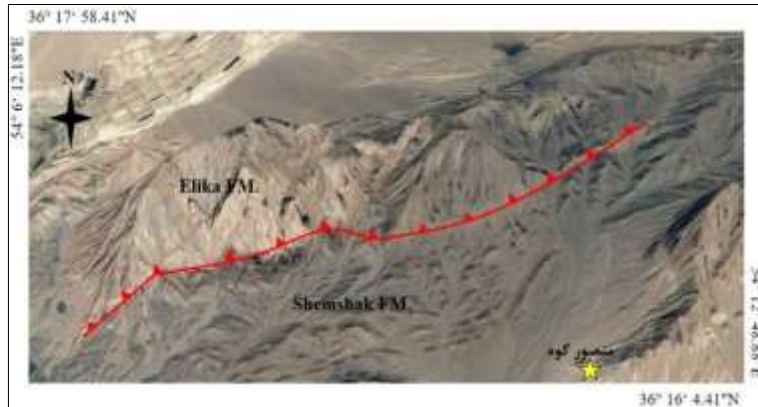
شکل ۳-۴۱-الف: تصویر صحرایی از گسل پیشسار در حد بین واحدهای آهکی الیکا و شیلی شمشک (دید به شمال خاوری).
ب: برشی نمادین از سطح گسل پیشسار



شکل ۳-۴۲- الف: سطح گسلی با خش لغزهایی با ریک ۱۸ درجه‌ی پادساعتگرد بر روی سازند الیکا. ب: استریو گرام سطح گسل با موقعیت ۷۶/۱۶۰ و خش لغز باریک ۱۸ درجه‌ی پادساعتگرد با موقعیت ۱۸/۰۷۳. سطح گسلی با خش لغزهایی با ریک ۴ درجه‌ی پادساعتگرد بر روی سازند الیکا. د: استریو گرام سطح گسل با موقعیت ۷۸/۱۵۲ و خش لغز باریک ۴ درجه با موقعیت ۰۳/۰۶۲.

۳-۱-۵- گسل شمال باختر منصور کوه

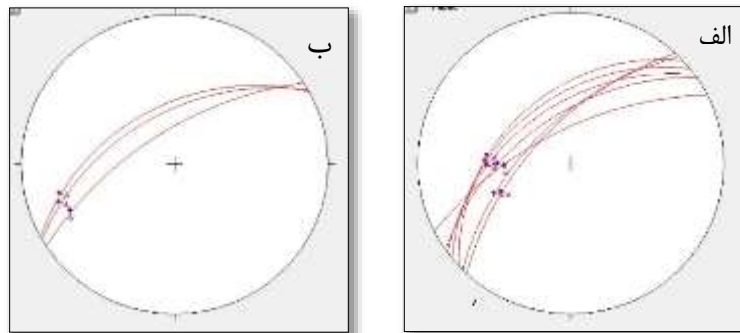
این گسل با روند شمال خاوری - جنوب باختری و شیب به شمال باختری با طول حدود ۶ کیلومتر است. بهترین رخنمون این گسل را می‌توان در ۲/۵ کیلومتری شمال باختری روستای منصور کوه در مرز واحدهای آهکی سازند الیکا و واحدهای شیلی و ماسه‌سنگی سازند شمشک مشاهده نمود. اثر این گسل در تصاویر ماهواره‌ای برگرفته از Google Earth مشاهده می‌شود (شکل ۳-۴۳).



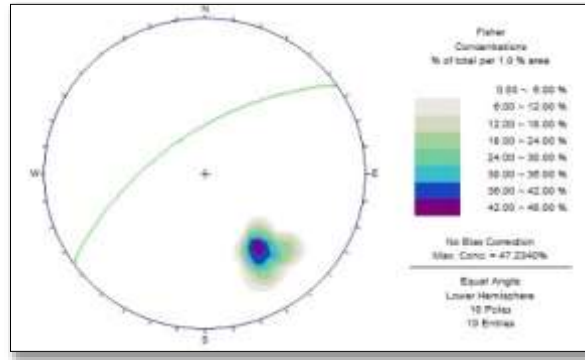
شکل ۳-۴۳- نمایش خطواره گسل شمال باختر منصور کوه در تصویر ماهواره‌ای لندست (برگرفته از Google Earth)
 میانگین وضعیت هندسی گسل شمال باختر منصور کوه بر اساس برداشت‌های انجام‌شده، ۶۳/۳۲۴ به‌دست‌آمده است. این داده‌ها در جدول (۳-۹) درج‌شده است. تصاویر سیکلوگرافیک داده‌ها (شکل ۳-۴۴) و نمودار کنتوری قطب آن‌ها برای یافتن روند غالب در استریوگرام‌های شکل (۳-۴۵) نشان داده‌شده است.

جدول ۳-۹- داده‌های برداشت‌شده از سطح گسل شمال باختر منصور کوه
 *جهت حرکت فرادیواره: ۱- روبه بالا (معکوس) ۲- روبه پایین (نرمال) ۳- راست بر ۴- چپ بر

Fault Plane		Slicken Lines			Fault Plane		Slicken Lines		
Dip	Dip.Dir.	Azimuth	Plunge	Sense*	Dip	Dip.Dir.	Azimuth	Plunge	Sense*
۵۲	۳۱۷	۲۷۷	۴۴	۱	۶۲	۳۳۰	۲۵۲	۲۱	۴
۷۲	۳۳۳	۲۷۰	۵۴	۱	۷۰	۳۱۳	۲۴۹	۴۸	۱
۵۹	۳۲۴	۲۷۱	۴۴	۱	۶۸	۳۱۵	۲۵۰	۴۵	۴
۶۴	۳۲۵	۲۷۲	۴۹	۱	۵۵	۳۲۱	۲۵۶	۲۳	۴
۵۸	۳۳۱	۲۵۶	۲۳	۴	۷۲	۳۲۷	۲۴۶	۲۷	۴

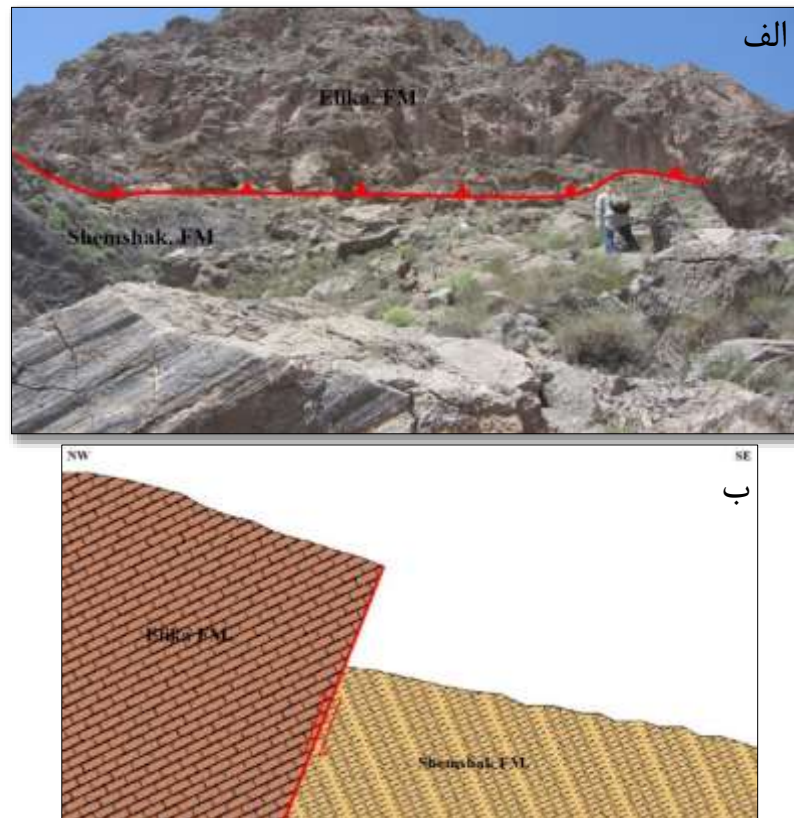


شکل ۳-۴۴- الف: تصاویر سیکلوگرافیک از سطوح گسلی با خط خش‌های دارای موقعیت ۴۷/۲۶۸. ب: تصاویر سیکلوگرافیک از سطوح گسلی با خط خش‌های دارای موقعیت ۲۴/۲۵۳.



شکل ۳-۴۵- کنتور دیاگرام از قطب داده‌ها که روند میانگین $63/324$ را برای گسل شمال باختر منصور کوه نشان می‌دهد.

گسل شمال باختر منصور کوه با روند تقریبی شمال خاوری - جنوب باختری باعث قرارگیری سازند آهکی الیکا با سن تریاس (فرادیواره) بر روی سازند شیل و ماسه‌سنگی شمشک با سن ژوراسیک (فرودیواره) شده است (شکل ۳-۴۶-الف). مقطع نمادینی از این رخنمون نیز در شکل (۳-۴۶-ب) نشان داده شده است.



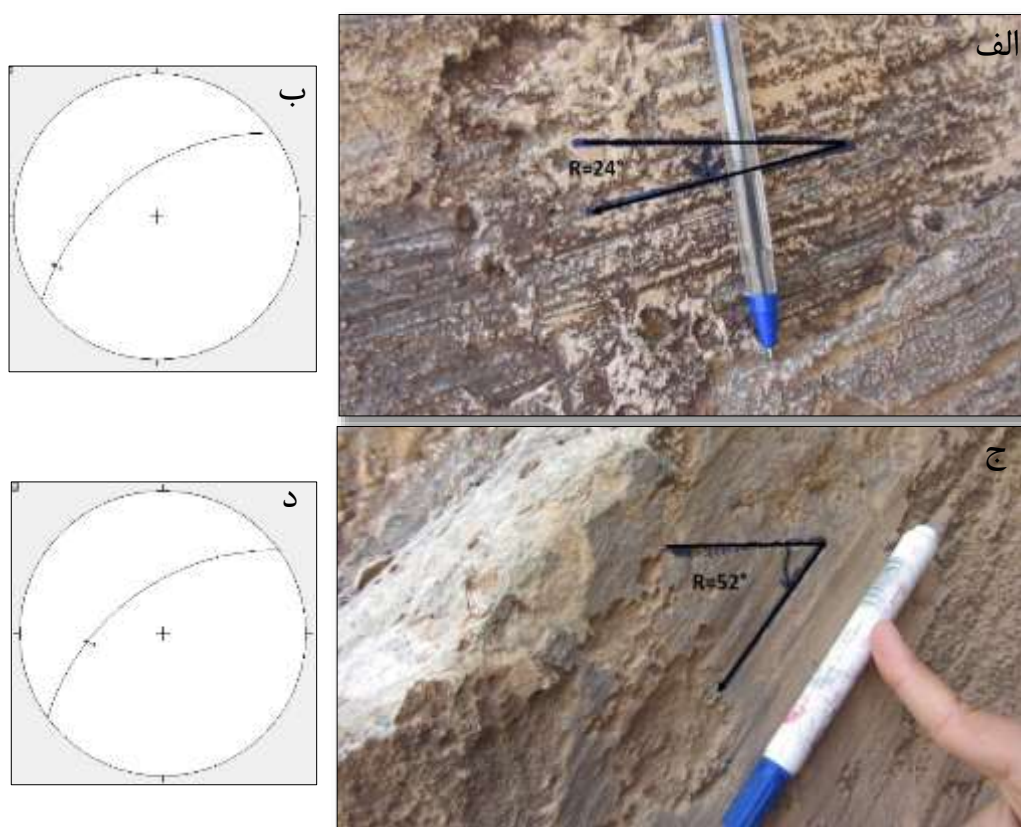
شکل ۳-۴۶- الف : تصویری از اثر گسل شمال باختر منصور کوه (دید به شمال باختری) ، ب: برشی نمادین از سطح گسل شمال باختر منصور کوه

با توجه به اینکه قرارگیری سازند الیکا بر روی سازند شمشک طبیعی نیست از لحاظ شواهد چینه نگاری مؤید سازوکار معکوس برای مؤلفه‌ی شیب‌لغز آن است. عملکرد معکوس این گسل سبب رانده شدن فرادیواره به سمت بالا و ارتفاع گرفتن سازند الیکا و قرارگیری آن‌ها بر روی سازند شمشک در فرودیواره و مرتفع شدن این واحد آهکی در منطقه شده است. این گسل با عملکرد خود افراز گسلی با ارتفاع تقریبی ۶ متر در واحدهای سازند الیکا را ایجاد کرده است. قابل ذکر است که در مرز این دو واحد که گسل رخنمون دارد واحدهای آذرین نیز بیرون زدگی دارند (شکل ۳-۴۷).



شکل ۳-۴۷- الف: تصویری از پرتگاه گسلی ایجاد شده توسط گسل شمال باختر منصور کوه. ب: واحدهای آذرین مرز سازند شمشک و الیکا که با مستطیل نشان داده شده است.

علاوه بر شواهد چینه نگاری ، بررسی‌های صحرایی بر روی ریخت‌شناسی سطح گسل شمال باختری منصور کوه از جمله خراش‌های سطح گسل، دودسته خش لغز با ریک ۲۴ درجه پادساعتگرد و دسته دوم خش لغزهایی با ریک ۵۲ درجه پادساعتگرد بر روی سطح گسل قابل تشخیص است (شکل ۳-۴۸). بنابراین با توجه به شواهد به‌دست‌آمده از روش چینه نگاری که سازوکار معکوس را برای گسل مورد بحث مشخص کرد و خراش‌های گسلی نیز با ریک ۵۲ درجه‌ی پادساعتگرد نیز می‌توان حرکت شیب‌لغز را که از نوع معکوس است را تعیین نمود. همچنین با حضور خراش‌های گسلی باریک ۲۴ درجه‌ی امتدادلغز نیز برای این گسل قابل تشخیص است. در نتیجه با استناد به شواهد صحرایی و شواهد چینه نگاری این گسل به‌صورت معکوس با مؤلفه‌ی کوچک امتدادلغز راست‌براست.



شکل ۳-۴۸-الف: سطح گسلی با خش لغزهایی با ریک ۲۴ درجه‌ی پادساعتگرد بر روی سازند الیکا. ب: استریوگرام سطح گسل با موقعیت ۶۳/۳۲۴ و خش لغز با ریک ۲۴ درجه‌ی پادساعتگرد با موقعیت ۲۴/۲۴۵. ج: سطح گسلی با خش لغزهایی با ریک ۵۲ درجه‌ی پادساعتگرد بر روی سازند الیکا. د: استریوگرام سطح گسل با موقعیت ۶۳/۳۲۴ و خش لغز با ریک ۵۲ درجه‌ی پادساعتگرد با موقعیت ۴۵/۲۶۵. (برداشت از فرادیواره انجام‌شده است).

واحدهای آذرین مورد مطالعه در مرز بالایی سازند شمشک و در مرز پایینی سازند الیکا قرار گرفته است . با توجه به مقطع‌های تهیه شده از منطقه ، جنس این سنگ‌ها گابرو تشخیص داده شده است.

۳-۱-۶- گسل جنوب پیشسار

گسل جنوب پیشسار، دارای طول حدود ۴ کیلومتر و در قسمت شمالی منطقه‌ی مورد مطالعه و در دامنه‌ی جنوبی کوه پیشسار بین طول‌های جغرافیایی $36^{\circ} 14' 53.32''$ تا $36^{\circ} 16' 30.05''$ خاوری و عرض‌های جغرافیایی $54^{\circ} 4' 0.66''$ تا $54^{\circ} 8' 5.38''$ شمالی واقع شده است. این گسل دارای روند کلی شمال خاوری - جنوب باختری و شیب به سمت شمال باختری است که اثر این گسل در تصاویر ماهواره‌ای نیز قابل‌ردیابی است (شکل ۳-۴۹).

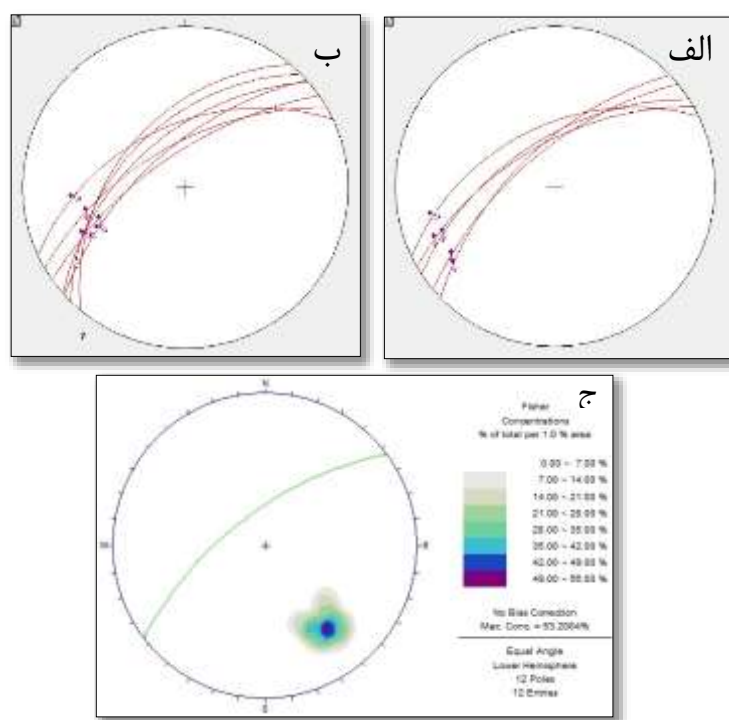


شکل ۳-۴۹- موقعیت گسل جنوب پیشسار بر روی تصویر ماهواره‌ای (برگرفته از Google earth)

برداشته‌های صحرایی مربوط به وضعیت هندسی گسل جنوب پیشسار در جدول (۳-۹) آورده شده است. استریوگرام‌های مربوط به این برداشتها، شامل تصاویر سیکلوگرافیک داده‌های صفحه‌ای و نمودار هم‌تراز قطب آن‌ها (شکل ۳-۵۰)، نشان‌دهنده‌ی موقعیت $65/323$ برای این گسل است.

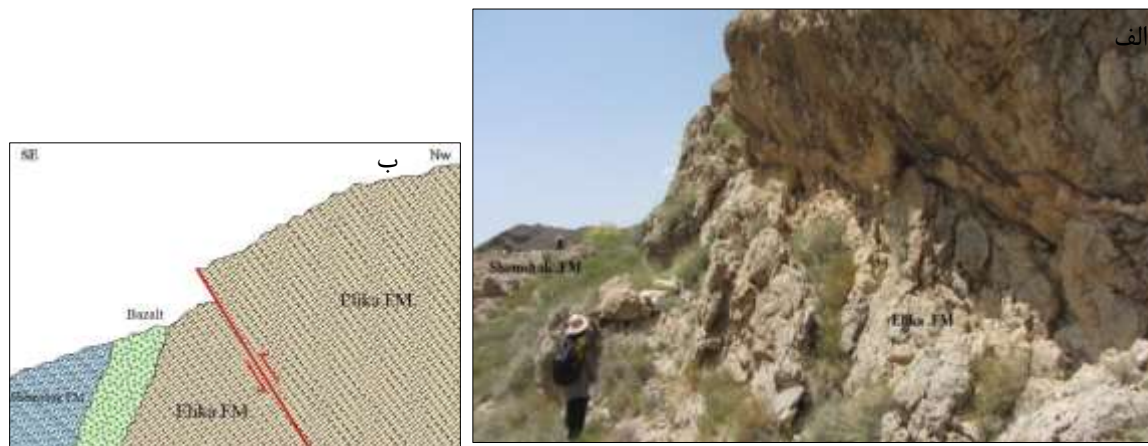
جدول ۳-۱۰- داده‌های برداشت شده از سطح گسل جنوب پیشسار
*جهت حرکت فرادیواره: ۱-رویه بالا (معکوس) ۲-رویه پایین (نرمال) ۳-راست بر ۴-چپ بر

Fault Plane		Slicken Lines			Fault Plane		Slicken Lines		
Dip	Dip.Dir.	Azimuth	Plunge	Sense*	Dip	Dip.Dir.	Azimuth	Plunge	Sense*
۵۵	۳۱۰	۲۴۷	۳۳	۱	۵۸	۳۲۵	۲۶۶	۳۰	۱
۷۰	۳۱۸	۲۴۶	۴۲	۱	۷۲	۳۳۰	۲۳۸	۲۴	۳
۵۸	۳۱۵	۲۴۷	۳۲	۱	۶۶	۳۲۷	۲۴۸	۲۵	۳
۷۳	۳۲۵	۲۵۲	۴۴	۱	۷۰	۳۱۶	۲۳۳	۲۴	۳
۶۳	۳۱۹	۲۴۸	۳۲	۱	۵۹	۳۳۴	۲۵۸	۲۲	۳
۶۸	۳۳۰	۲۵۸	۳۷	۱	۶۸	۳۳۰	۲۴۸	۱۹	۳



شکل ۳-۵۰- الف:تصاویر سیکلوگرافیک از سطوح گسلی با خط خش‌های دارای موقعیت ۲۴/۲۴۹. ب:تصاویر سیکلوگرافیک از سطوح گسلی با خط خش‌های دارای موقعیت ۳۷/۲۵۲. ج: کنتور دیاگرام از قطب داده‌ها که روند میانگین ۶۵/۳۲۳ را برای گسل جنوب پیشسار نشان می‌دهد.

با توجه به بررسی‌های انجام‌شده بر روی سطح گسل جنوب پیشسار، عملکرد گسلش باعث جابه‌جایی و رانده‌شده واحدهای الیکا در دو طرف سطح گسلی شده است (شکل ۳-۵۱-الف). مقطع نمادینی از این رخنمون در شکل (۳-۵۱-ب) نشان داده‌شده است.

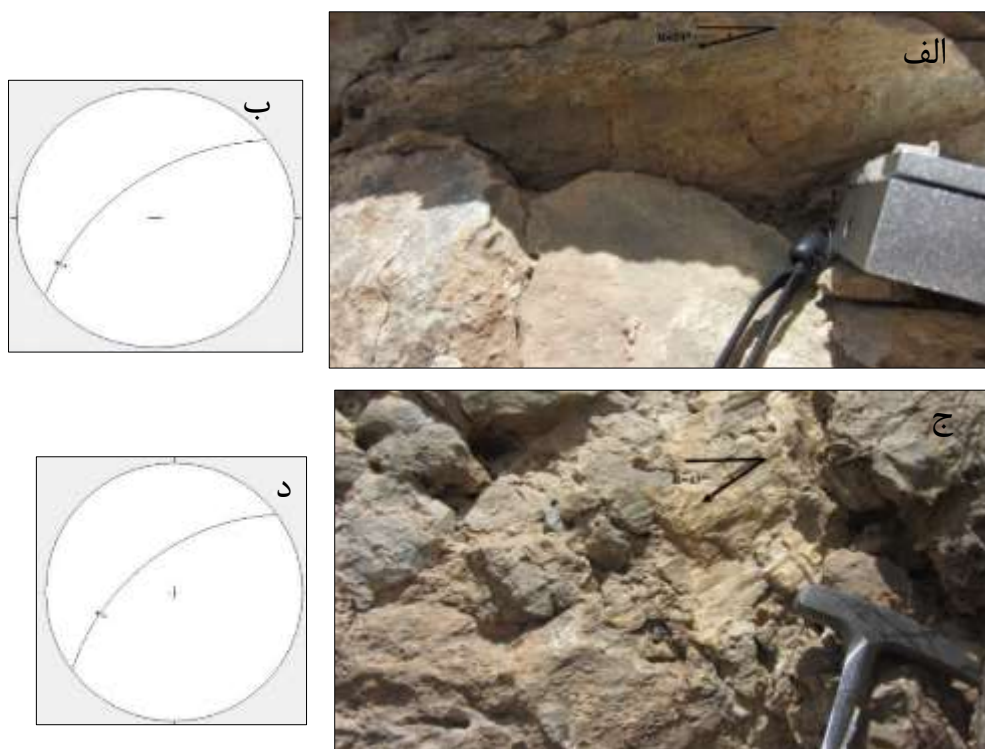


شکل ۳-۵۱ - الف: تصویری از امتداد گسل جنوب پیشسار (دید به جنوب باختری). ب: برشی نمادین از سطح گسل جنوب پیشسار.

همچنین در مرز دو سازند الیکا و سازند شمشک واحدهای آذرینی برونزد دارند. با توجه به مقاطع تهیه‌شده از این منطقه جنس این سنگ‌ها بازالت تعیین شد. برونزد بازالت‌های این منطقه از نوع گدازه تعیین‌شده است (۳-۵۲). سنگ‌های موجود در این منطقه دارای رنگ سبز تیره‌ی مایل به سیاه بوده و به‌شدت دگرسان شده‌اند.



شکل ۳-۵۲- برونزد بازالت‌ها در جنوب آستانه در مرز سازند شمشک و الیکا (دید به شمال).



شکل ۳-۵۳- الف: سطح گسلی با خش لغزهایی با ریک ۲۴ درجه‌ی ساعتگرد بر روی سازند الیکا. ب: استریوگرام سطح گسل با موقعیت ۶۵/۳۲۳ و خش لغز با ریک ۲۴ درجه‌ی ساعتگرد با موقعیت ۲۴/۲۴۲. ج: سطح گسلی با خش لغزهایی با ریک ۴۳ درجه‌ی ساعتگرد بر روی سازند الیکا. د: استریوگرام سطح گسل با موقعیت ۶۵/۳۲۳ و خش لغز با ریک ۴۳ درجه‌ی ساعتگرد با موقعیت ۴۰/۲۵۴. (برداشت‌ها از فرادیواره انجام شده است).

بررسی‌های صحرایی بر روی ریخت‌شناسی سطح گسل جنوب پیشسار، خراش‌های گسلی با ریک ۲۴ درجه‌ی پادساعتگرد و خراش‌های گسلی با ریک ۴۳ درجه‌ی پادساعتگرد تعیین شده است. خراش‌های گسلی با ریک ۴۳ درجه پادساعتگرد تأیید کننده معکوس بودن مؤلفه‌ی مورب لغز است. بعلاوه حضور خراش‌هایی با ریک ۲۴ درجه‌ی پادساعتگرد نشان‌دهنده‌ی مؤلفه‌ی امتدادلغز برای گسل مورد بحث است. با توجه به شواهد ریخت‌شناسی سطح گسل مانند خراش‌های گسلی و پله‌های گسلی می‌توان حرکت امتدادلغز گسل به صورت راست‌بر تعیین شده است (شکل ۳-۵۳). در نتیجه گسل دارای سازوکار معکوس با مؤلفه امتدادلغز راست‌بر است.

۳-۱-۷- گسل شمال آهوانو

این گسل یکی از گسل‌های عرضی منطقه با روند شمال باختری - جنوب خاوری در شمال روستای آهوانو با طول تقریبی ۱۲۰ متر با طول جغرافیایی $54^{\circ} 10' 3/47''$ تا $54^{\circ} 11' 6/79''$ خاوری و عرض جغرافیایی $36^{\circ} 13' 55/37''$ تا $36^{\circ} 13' 59/78''$ شمالی قرار دارد (شکل ۳-۵۴).



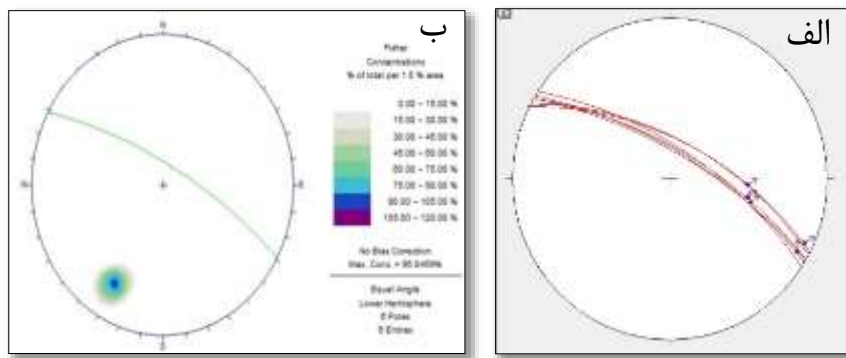
شکل ۳-۵۴- تصویر ماهواره‌ای از گسل شمال آهوانو (برگرفته از Google earth)

میانگین وضعیت هندسی گسل شمال آهوانو بر اساس برداشت‌های انجام شده، $74/034$ به دست آمده است. این داده‌ها در جدول (۳-۱۱) درج شده است. تصاویر سیکلوگرافیک داده‌ها و نمودار کنوری قطب آن‌ها برای یافتن روند غالب در استریو گرام‌های شکل (۳-۵۵) نشان داده شده است.

جدول ۳-۱۱- داده‌های برداشت شده از سطح گسل شمال آهوانو

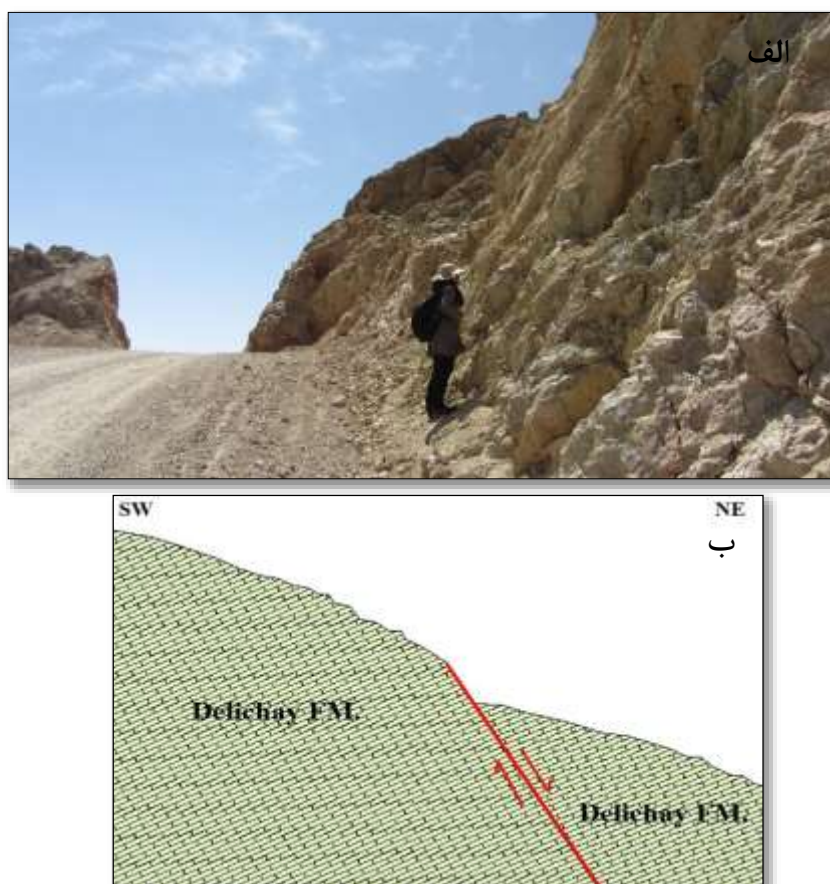
*جهت حرکت فرادیواره: ۱- روبه بالا (معکوس) ۲- روبه پایین (نرمال) ۳- راست بر ۴- چپ بر

Fault Plane		Slicken Lines		
Dip	Dip.Dir.	Azimuth	Plung	Sense*
۷۵	۳۰	۱۰۳	۴۸	۲
۷۴	۳۳	۱۰۷	۴۷	۲
۷۰	۲۸	۰۹۴	۴۹	۲
۷۷	۳۰	۱۰۶	۴۶	۲
۷۰	۲۷	۱۱۵	۸	۳
۷۶	۳۱	۱۱۹	۹	۳



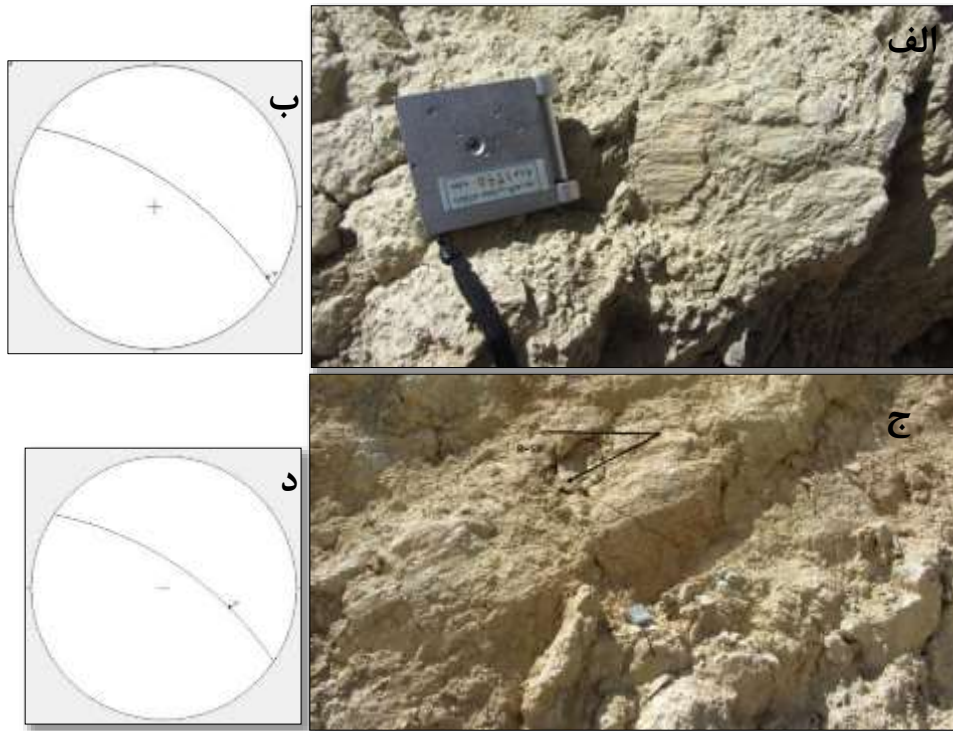
شکل ۳-۵۵-الف: تصاویر سیکلوگرافیک از سطوح گسل شمال آهوانو. ب: کنتور دیاگرام از قطب داده‌ها که روند میانگین ۷۴/۰۳۴ را برای گسل شمال آهوانو نشان می‌دهد.

با استناد به برداشت‌های صحرایی و شواهد ریخت‌شناسی سطح گسل از جمله خراش‌های گسلی، پله‌های گسلی، می‌توان به رخداد گسلش در واحدهای سنگی دلیچای اشاره نمود (شکل ۳-۵۶-الف). مقطع نمادینی از این رخنمون در شکل (۳-۵۶-ب) نشان داده شده است.



شکل ۳-۵۶-الف: تصاویری از امتداد گسل شمال آهوانو (دید به جنوب خاوری). ب: برشی نمادین از سطح گسل شمال آهوانو.

در سطح گسل شمال آهوانو، دودسته خش لغز با ریک ۵۰ درجه‌ی پادساعتگرد و خش لغزی با ریک ۷ درجه مشاهده شده است (شکل ۳-۵۷). خراش گسلی باریک ۵۰ درجه‌ی پادساعتگرد مؤید جنبش نرمال برای مؤلفه‌ی مورب لغز گسل است بعلاوه به دلیل حضور خراش‌های گسلی با ریک ۷ درجه مؤلفه‌ی امتدادلغز نیز برای گسل مورد بحث قابل تعیین است.



شکل ۳-۵۷-الف: سطح گسلی با خش لغزهایی با ریک ۷ درجه بر روی سازند دلیچای. ب : استریوگرام سطح گسل با موقعیت ۷۴/۰۳۴ و خش لغز با ریک ۷ درجه با موقعیت ۷/۱۲۲. ج: سطح گسلی با خش لغزهایی با ریک ۵۰ درجه‌ی پادساعتگرد بر روی سازند دلیچای. د: استریوگرام سطح گسل با موقعیت ۷۴/۰۳۴ و خش لغز با ریک ۵۰ درجه‌ی پادساعتگرد با موقعیت ۴۸/۱۰۶. (برداشت از فرودپواره انجام شده است).

در نتیجه با توجه به شواهد گسلی مانند خط خش‌ها و پله‌های گسلی سازوکار حرکتی برای این گسل به صورت نرمال با مؤلفه‌ی امتدادلغز راست بر تعیین شده است.

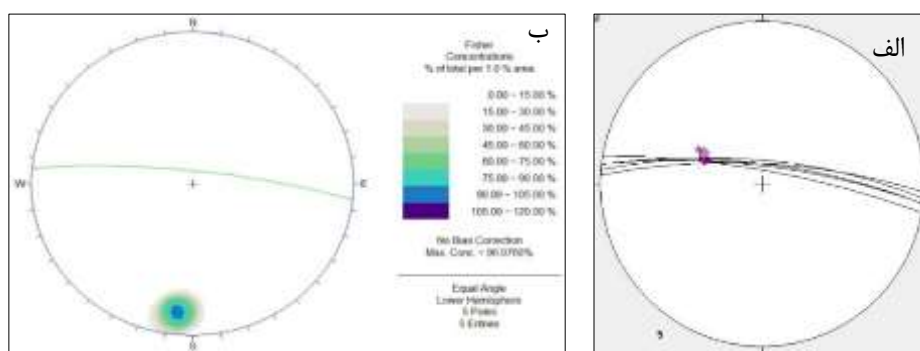
۳-۱-۸- گسل مهرنگار

این گسل در قسمت شمال باختری کوه مهرنگار و بروی این کوه قرار گرفته است. واحدهای دو طرف این گسل آهک‌های سازند لار و توف‌های سبز کرج می‌باشند. میانگین وضعیت هندسی گسل مهرنگار بر اساس برداشت‌های انجام شده ۸۰/۰۰۶ به دست آمده است. این داده‌ها در جدول (۳-۱۲) آورده شده

است. تصاویر سیکلوگرافیک داده‌ها و نمودار کنتوری قطب آن‌ها برای یافتن روند غالب در استریوگرام‌های شکل (۵۸-۳) نشان داده شده است.

جدول ۳-۱۲- داده‌های برداشت شده از سطح گسل مهرنگار
 *جهت حرکت فرادیواره: ۱-روبه بالا (معکوس) ۲-روبه پایین (نرمال) ۳-راست بر ۴-چپ بر

Fault Plane		Slicken Lines		
Dip	Dip.Dir.	Azimuth	Plunge	Sense*
۸۰	۰۰۷	۲۹۶	۵۸	۲
۷۸	۰۰۵	۲۹۵	۶۰	۲
۸۳	۰۱۰	۲۹۴	۶۰	۲
۸۰	۰۰۳	۲۹۲	۵۹	۲
۸۱	۰۰۷	۲۹۵	۵۸	۲



شکل ۳-۵۸- الف: تصاویر سیکلوگرافیک از سطوح گسلی با خط خش‌های دارای موقعیت ۵۷/۲۹۵. ب: کنتور دیاگرام از قطب داده‌ها که روند میانگین ۸۰/۰۰۶ را برای گسل مهرنگار نشان می‌دهد.

گسل مهرنگار با راستای کلی خاوری-باختری، که سازند کرج در فرادیواره و سازند لار در فرودیواره قرار گرفته است. (۵۹-۳). با توجه به حرکت فرادیواره (سازند کرج) و فرودیواره (سازند لار) می‌توان سازوکار

گسلش را به صورت نرمال تعیین کرد.



شکل ۳-۵۹- الف) تصاویری از امتداد گسل مهرنگار (دید به باختر). ب) برشی نمادین از سطح گسل مهرنگار
بررسی‌های صحرایی بر روی ریخت‌شناسی سطح گسل مهرنگار، خراش گسلی با ریک ۶۰ درجه
ساعتگرد نشان می‌دهد (شکل ۳-۶۰).



شکل ۳-۶۰- الف: سطح گسلی با خش لغزهایی با ریک ۶۰ درجه‌ی ساعتگرد بر روی سازند لار. ب : استریوگرام سطح گسل با
موقعیت ۸۰/۰۰۶ و خش لغز با ریک ۶۰ درجه‌ی پادساعتگرد با موقعیت ۵۹/۲۹۳.

کوه مهرنگار در مرکز منطقه مورد مطالعه به صورت یک رخنمون جدا افتاده از سایر ساختارهای منطقه است اما از لحاظ تکتونیکی شواهدی دارد که کاملاً پیوستگی و الگوی دگرشکلی هماهنگ با سایر ساختارهای منطقه را نشان می‌دهد. با توجه به بررسی‌های صحرایی در محل کوه مهرنگار، واحدهای آهکی لار توسط سازند کرج احاطه شده اند که مرز این واحدها در این منطقه گسلی می‌باشد. در شمال کوه مهرنگار مرز واحدهای مذکور را گسل مهرنگار و در قسمت خاوری و جنوبی گسل منصور کوه احاطه

شده است. از آنجایی که برای تشکیل کلیپ وجود گسل‌های رو رانده (گسل‌هایی با شیب کم) نیاز است و طبق بررسی‌های انجام‌شده در طی مشاهدات و برداشت‌های صحرایی گسلی با شیب کم در منطقه مشاهده نگردیده است.

۳-۱-۹- گسل F1

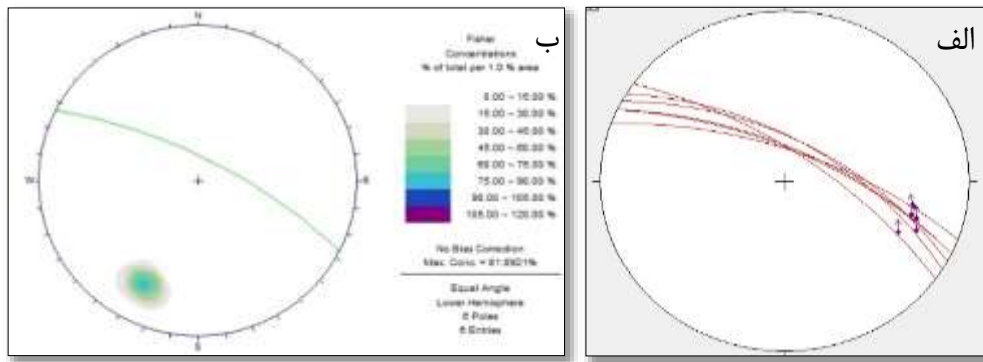
این گسل یکی از گسل‌های عرضی منطقه با روند شمال باختری - جنوب خاوری در غرب روستای منصور کوه با طول تقریبی ۹۰ متر در بین طول‌های جغرافیایی $۵۴^{\circ} ۱۰' ۴/۵۳''$ تا $۵۴^{\circ} ۱۰' ۴/۱۸''$ خاوری و عرض‌های جغرافیایی $۳۶^{\circ} ۱۵' ۵۵/۸۱''$ تا $۳۶^{\circ} ۱۵' ۵۳/۲۵''$ شمالی قرار دارد. گسل F1 باعث برش و جابه‌جایی در واحدهای آهکی لار شده است.

میانگین وضعیت هندسی گسل F1 بر اساس برداشت‌های انجام‌شده، $۷۳/۰۲۷$ به دست آمده است. این داده‌ها در جدول (۳-۱۳) درج شده است. تصاویر سیکلوگرافیک داده‌ها و نمودار کنتوری قطب آن‌ها برای یافتن روند غالب در استریوگرام‌های شکل (۳-۶۱) نشان داده شده است.

جدول ۳-۱۳- داده‌های برداشت شده از سطح گسل F1

*جهت حرکت فرادیواره: ۱- روبه بالا (معکوس) ۲- روبه پایین (نرمال) ۳- راست بر ۴- چپ بر

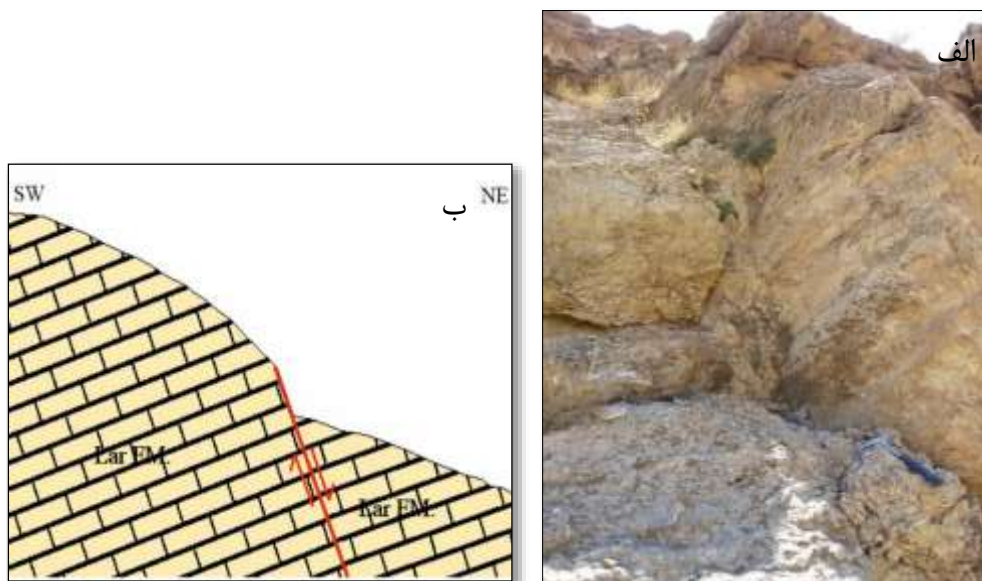
Fault Plane		Slicken Lines		
Dip	Dip.Dir.	Azimuth	Plunge	Sense*
۷۵	۰۲۰	۱۳۶	۱۰	۲
۷۵	۰۲۵	۱۳۹	۱۳	۲
۷۰	۰۲۸	۱۳۱	۱۵	۲
۷۶	۰۳۵	۱۳۷	۱۹	۲
۷۰	۰۳۱	۱۳۶	۱۴	۲
۷۴	۰۲۵	۱۳۸	۱۲	۲



شکل ۳-۶۱- الف: تصاویر سیکلوگرافیک از سطوح گسلی با خط خش‌های دارای موقعیت ۲۹/۱۰۵: ب: کنتور دیاگرام از قطب داده‌ها که روند میانگین ۷۳/۰۲۷ را برای گسل F1 را نشان می‌دهد.

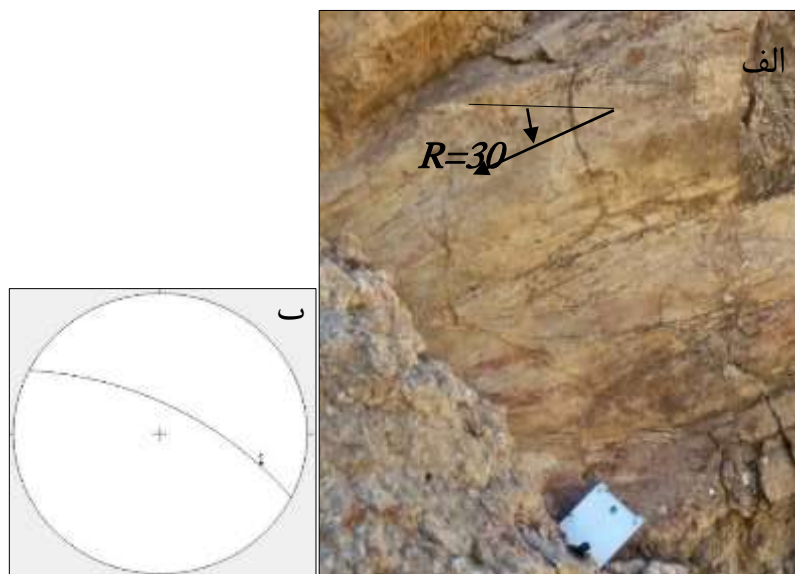
گسل F1 با راستای شمال باختری - جنوب خاوری با عبور از واحدهای آهکی لار با سن ژوراسیک

باعث بریدگی و قطع‌شدگی در این واحدها شده است (شکل ۳-۶۲).



شکل ۳-۶۲- تصویر صحرایی از گسل F1 (دید به جنوب خاوری). (ب) برشی نمادین از سطح گسل F1

در نتیجه‌ی بررسی‌های صحرایی و بررسی شواهد ریخت‌شناسی سطح گسل یک دسته خراش گسلی با ریک ۳۰ درجه پادساعتگرد مشاهده گردید. به‌علاوه منطقه تحت تأثیر هوازدگی به‌هم‌ریخته است (شکل ۳-۶۳) در نتیجه سازوکار گسل به‌صورت نرمال تعیین گردید.



شکل ۳-۶۳- الف: سطح گسلی با خش لغزهایی با ریک ۳۰ درجه‌ی پادساعتگرد بر روی سازند لار. ب: استریو گرام سطح گسل با موقعیت ۷۳/۰۲۷ و خش لغز با ریک ۳۰ درجه‌ی پادساعتگرد با موقعیت ۳۰/۱۰۸.

۳-۱-۱۰-۳ گسل F2

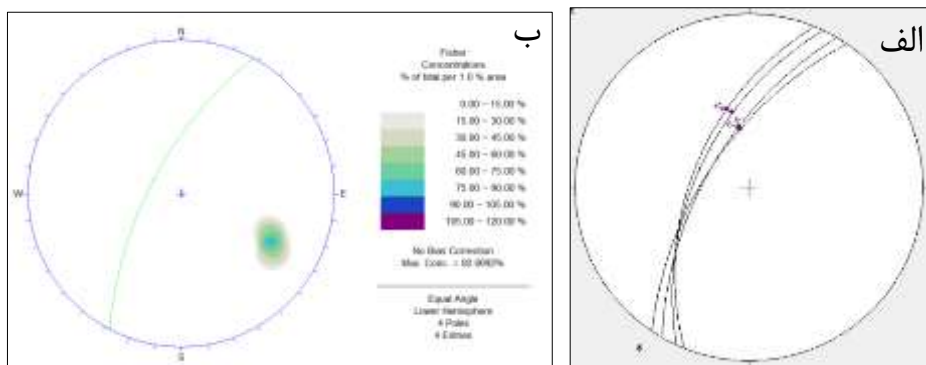
این گسل نیز یکی از گسل‌های عرضی منطقه با روند شمال خاوری - جنوب باختری در جنوب کوه مهر نگار در بین طول‌های جغرافیایی $۵۵^{\circ} ۹' ۵۵/۳۳''$ تا $۵۴^{\circ} ۱۰' ۳/۶۰''$ خاوری و عرض‌های جغرافیایی $۳۶^{\circ} ۱۵' ۱۳/۴۹''$ تا $۳۶^{\circ} ۱۵' ۱۷/۱۷''$ شمالی قرار دارد.

میانگین وضعیت هندسی گسل F2 بر اساس برداشت‌های انجام‌شده، ۶۷/۲۹۸ به‌دست آمده است. این داده‌ها در جدول (۳-۱۴) درج شده است. تصاویر سیکلوگرافیک داده‌ها و نمودار کنطوری قطب آن‌ها برای یافتن روند غالب در استریوگرام‌های شکل (۳-۶۴) نشان داده شده است

جدول ۳-۱۴- داده‌های برداشت شده از سطح گسل F2

*جهت حرکت فرادیواره: ۱- روبه بالا (معکوس) ۲- روبه پایین (نرمال) ۳- راست بر ۴- چپ بر

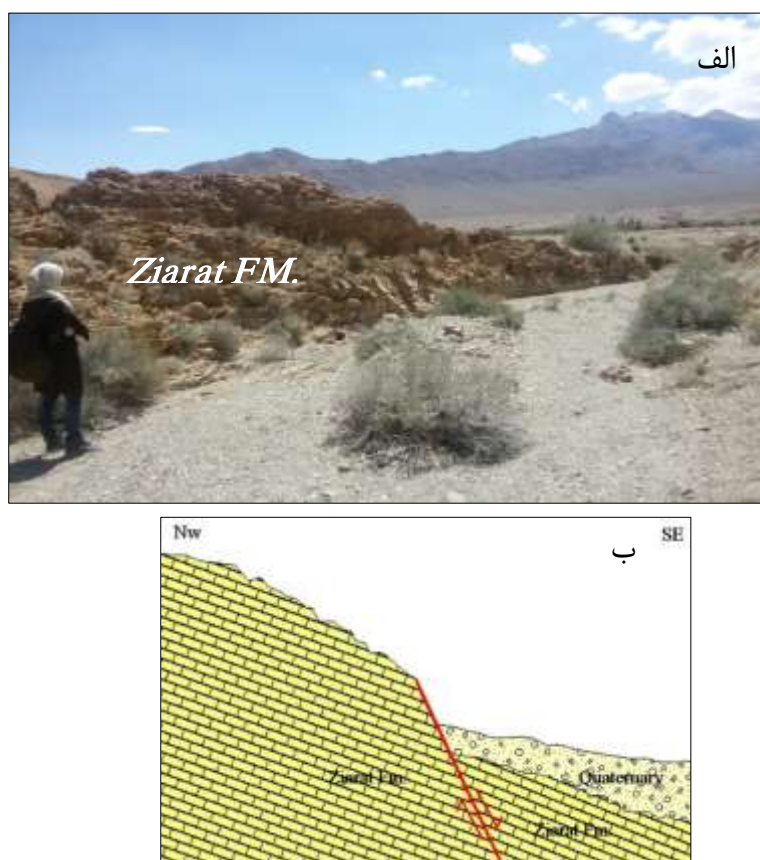
Fault Plane		Slicken Line		
Dip	Dip.Dir.	Azimuth	Plunge	Sense*
۶۵	۲۹۵	۳۵۰	۵۱	۲
۷۰	۳۰۰	۳۵۸	۵۴	۲
۶۳	۲۹۲	۳۳۹	۵۳	۲
۷۰	۳۰۴	۳۵۸	۵۷	۲



شکل ۳-۶۴- الف: تصاویر سیکلوگرافیک از سطوح گسلی با خط خش‌های دارای موقعیت ۲۹/۱۰۵. ب: کنتور دیاگرام از قطب داده‌ها که روند میانگین ۶۷/۲۹۸ را برای گسل F2 را نشان می‌دهد.

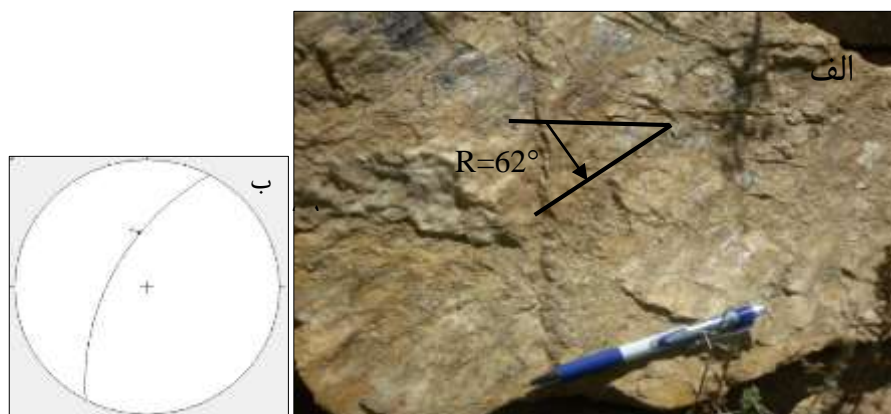
گسل F2 با روند شمال خاوری - جنوب باختری باعث رخداد گسلش بین سازند زیارت (فرودیواره) و

رسوبات کواترنری (فرادیواره) شده است (شکل ۳-۶۵).



شکل ۳-۶۵- الف) تصویر صحرایی از گسل F2 بین سازند زیارت و رسوبات کواترنری (دید به جنوب خاوری). ب) برشی نمادین از گسل F2

مشاهدات صحرایی و اطلاعات مربوط به سطوح برداشت شده از فرودپواره گسل F2، نشان دهنده‌ی خراش‌های گسلی با زاویه ریک ۶۲ درجه پادساعتگرد است (شکل ۳-۶۶). با توجه به شواهد ریخت‌شناسی سطح گسل از جمله خراش‌ها و پله‌های گسلی می‌توان سازوکار گسل مورد بحث را به صورت نرمال با مولفه امتداد لغز راست بر تعیین کرد.



شکل ۳-۶۶-الف: سطح گسلی با خش لغزهایی با ریک ۶۲ درجه‌ی پادساعتگرد بر روی سازند زیارت. ب: استریوگرام سطح گسل با موقعیت ۶۷/۲۹۸ و خش لغز با ریک ۶۲ درجه‌ی پادساعتگرد با موقعیت ۵۵/۳۵۲.

۳-۱۱-۱-۳- گسل F3

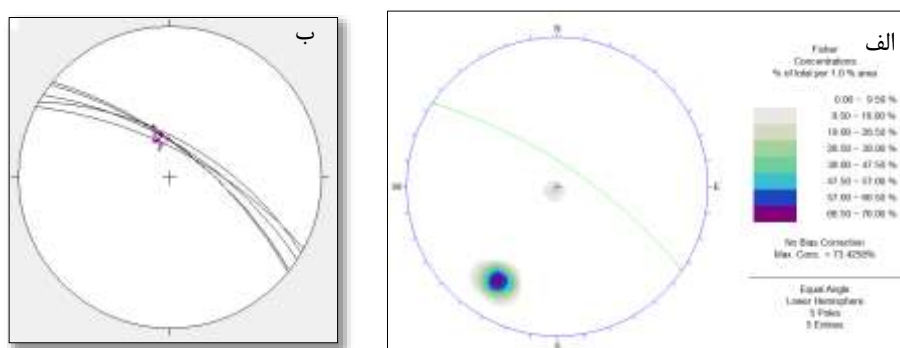
این گسل نیز یکی از گسل‌های عرضی منطقه با روند شمال باختری - جنوب خاوری، بین طول‌های جغرافیایی $36^{\circ} 15' 44''$ تا $36^{\circ} 15' 44''$ و عرض‌های $54^{\circ} 8' 35''$ تا $38/72''$ $54^{\circ} 8'$ جغرافیایی شمالی قرار دارد.

میانگین وضعیت هندسی گسل F3 بر اساس برداشت‌های انجام شده، $73/034$ به دست آمده است. این داده‌ها در جدول (۳-۱۴) درج شده است. تصاویر سیکلوگرافیک داده‌ها و نمودار کنتروری قطب آن‌ها برای یافتن روند غالب در استریوگرام‌های شکل (۳-۶۷) نشان داده شده است.

جدول ۳-۱۵ - داده‌های برداشت شده از سطح گسل F3

*جهت حرکت فرادیواره: ۱- روبه بالا (معکوس) ۲- روبه پایین (نرمال) ۳- راست بر ۴- چپ

Fault Plane		Slicken Lines		
Dip	Dip.Dir.	Azimuth	Plunge	Sense*
۷۴	۰.۳۹	۳۴۴	۶۳	۱
۷۰	۰.۳۰	۳۴۳	۶۲	۱
۷۵	۰.۲۸	۳۳۷	۶۷	۱
۷۳	۰.۳۳	۳۴۰	۶۱	۱
۷۴	۰.۳۸	۳۴۶	۶۵	۱

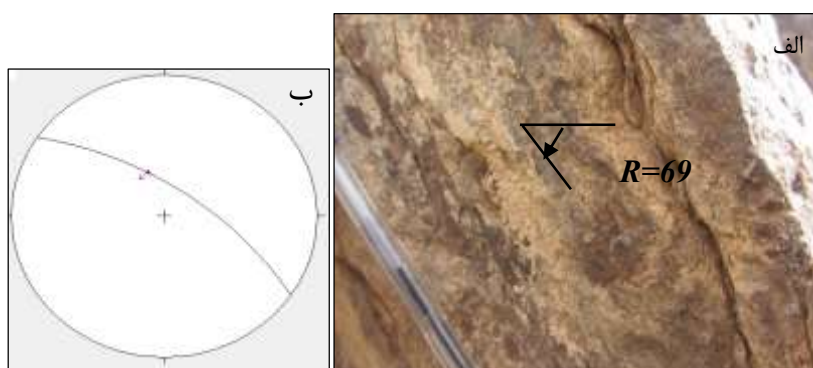


شکل ۳-۶۷- الف: تصاویر سیکلوگرافیک از سطوح گسلی با خط خش‌های دارای موقعیت ۶۷/۳۴۹. ب: کنتور دیاگرام از قطب داده‌ها که روند میانگین ۷۳/۰۳۴ را برای گسل F3 را نشان می‌دهد.

گسل F3 با روند شمال باختری - جنوب خاوری باعث رخداد گسلش در سازند شمشک شده است (شکل ۳-۶۸). مشاهدات صحرائی و اطلاعات مربوط به سطوح برداشت شده از فرودیواره گسل F3، نشان‌دهنده‌ی خراش‌های گسلی با زاویه ریک ۶۹ درجه ساعتگرد است (شکل ۳-۶۹). به‌علاوه منطقه تحت تأثیر هوازدگی به‌شدت خردشده بود و صفحات گسلی تحت تأثیر هوازدگی قرار گرفته بودند به گونه‌ای که آثار حرکتی خش لغزها بر روی آن‌ها به‌صورت واضح باقی نمانده بود.



شکل ۳-۶۸- الف:تصویر صحرایی از گسل F3 در سازند شمشک(دید به شمال باختری)،ب:برش نمادین از گسل F3



شکل ۳-۶۹- الف: سطح گسلی با خش لغزهایی با ریک ۶۹ درجه‌ی ساعتگرد بر روی سازند شمشک. ب : استریوگرام‌های سطح گسل با موقعیت ۷۳/۰۳۴ و خش لغز با ریک ۶۹ درجه‌ی ساعتگرد با موقعیت ۶۲/۳۴۴.

در نتیجه با توجه به حرکت صفحات گسلی و شواهد ریخت‌شناسی سطح گسل از جمله خراش‌های گسلی ، سازوکار این گسل به صورت معکوس با مولفه امتداد لغز راست بر تعیین شد.

۳-۲- چین خوردگی

چین‌ها، ساختارهای زیبای زمین‌شناسی هستند که تنوع شگفت‌آور شکل‌ها و ساختارها، شرایط دگرشکلی را به انضمام ویژگی‌های مکانیکی لایه‌های چین‌خورده منعکس می‌کند. تفاوت شکل‌پذیری بین لایه‌ها در پروفیل چین قابل ثبت کردن است. چین‌ها ارزش کاربردی بسیاری دارند به گونه‌ای که هندسه و جهت‌گیری چین‌ها می‌تواند در تفسیر جهت‌گیری حرکات تکتونیکی مورد استفاده قرار گیرد. همچنین چین‌ها می‌توانند حاوی سنگ‌های دگرگونی و پهنه‌های برشی مملو از چین‌هایی با اشکال متفاوت باشند که شرایط دگرشکلی پلاستیک و حتی ویسکوزیته را منعکس می‌کنند (Davis,)

1996)، برای تحلیل هندسی چین‌ها در این پژوهش، پارامترهایی همچون موقعیت خط لولا، سطح محوری و زاویه بین یالی با استفاده از روش استریو گرافیک به دست آمده و به کار گرفته شده‌اند.

۳-۲-۱- چین خوردگی سازند شمشک:

سازند شمشک با جنس شیل و ماسه‌سنگ به سن ژوراسیک است. با توجه به تنش‌های وارده از حالت افقی خارج شده و به صورت لایه‌های چین‌خورده در محدوده مورد مطالعه رخمون دارد. که در مناطق مختلف مورد بررسی قرار گرفت.

۳-۲-۱-۱- ناودیس FO1

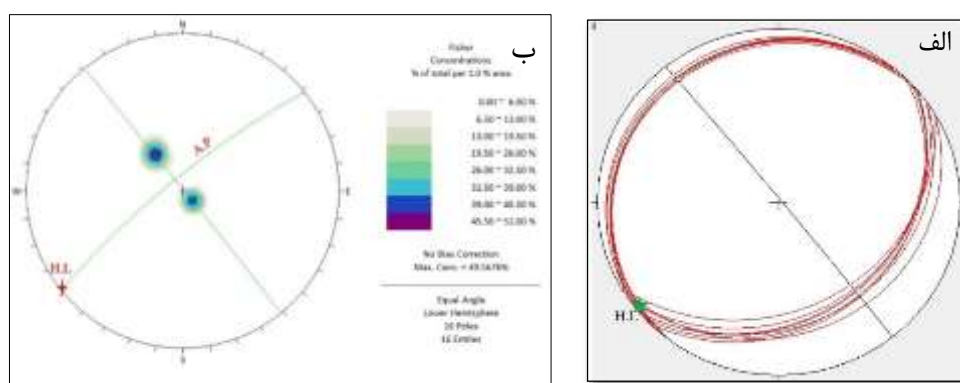
این ناودیس در شرق روستای آستانه، در واحدهای شیلی سازند شمشک تشکیل شده است (شکل ۳-۷۰). داده‌های برداشت شده از این ناودیس در جدول ۳-۱۶ نشان داده شده است. بر اساس استریو گرام‌های حاصل از داده‌های برداشت شده از این ناودیس می‌توان بیان داشت که موقعیت خط لولای آن $2/057$ و موقعیت سطح محوری آن $79/321$ است (شکل ۳-۷۱). زاویه بین دو یال در این ناودیس 138 درجه بوده که بنا بر تقسیم‌بندی چین‌ها بر اساس زاویه بین یالی در رده‌ی چین‌های ملایم (gentle) و بر اساس شیب سطح محوری و لولا در رده‌ی چین‌های steeply inclined قرار می‌گیرد.



شکل ۳-۷۰- تصویر صحرایی از ناودیس FO1 (دید به شمال خاوری)

جدول ۳-۱۶- داده های برداشت شده از ناودیس FO1

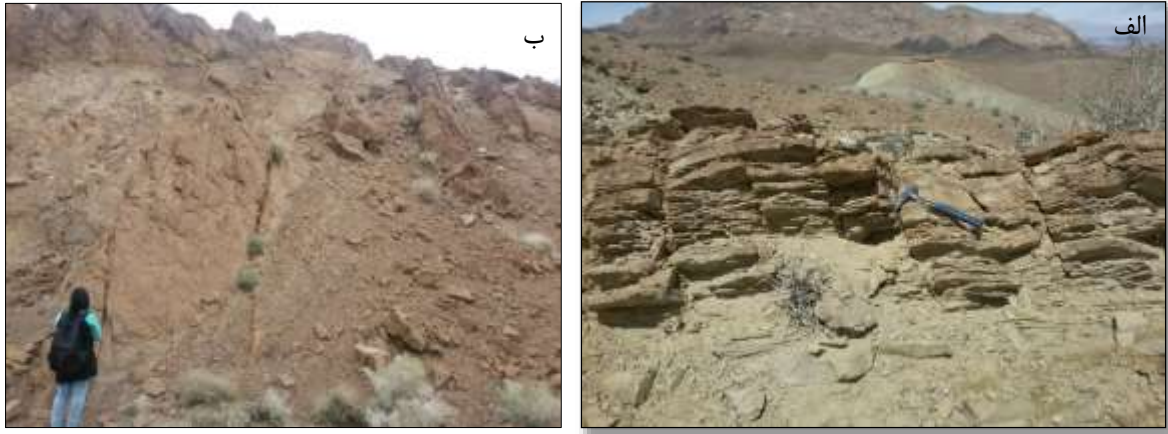
NO.	Dip	Dip. Dir	NO.	Dip	Dip. Dir
۱	۳۰	۱۳۵	۹	۱۱	۳۱۰
۲	۳۵	۱۴۵	۱۰	۱۲	۳۲۰
۳	۳۵	۱۴۵	۱۱	۰۹	۳۲۲
۴	۳۸	۱۵۰	۱۲	۱۱	۳۱۴
۵	۳۰	۱۴۵	۱۳	۱۰	۳۰۸
۶	۲۵	۱۵۰	۱۴	۳۴	۱۴۰
۷	۲۵	۱۳۰	۱۵	۳۱	۱۳۸
۸	۲۹	۱۳۵	۱۶	۳۳	۱۴۰



شکل ۳-۷۱- استریوگرام های حاصل از داده های برداشت شده از ناودیس FO1. الف: نمودار β و تعیین خط لولا (H.L) با موقعیت (۲/۰۵۷). ب: نمودار کنتور یال های چین به منظور تعیین زاویه بین یالی (۱۳۸)، و تعیین موقعیت سطح محوری (A.P) با موقعیت (۷۹/۳۲۱).

۳-۲-۱-۲-۳- ناودیس جنوب پیشسار

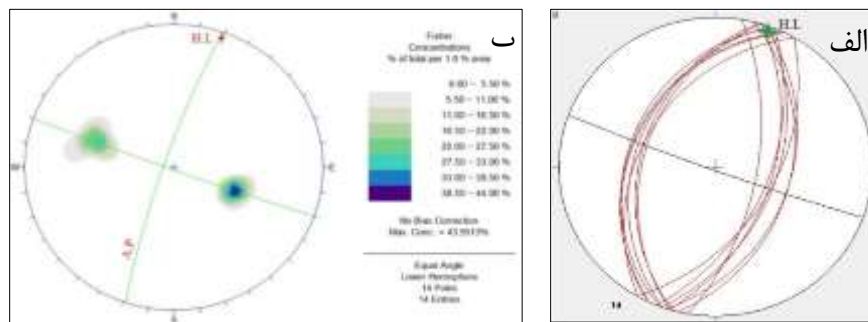
این ناودیس در جنوب کوه پیشسار، در واحدهای شیلی سازند شمشک تشکیل شده است (شکل ۳-۷۲). داده های برداشت شده از این ناودیس در جدول ۳-۱۷ نشان داده شده است. بر اساس استریوگرام های حاصل از داده های برداشت شده از این ناودیس می توان بیان داشت که موقعیت خط لولای آن ۲/۰۱۸ و موقعیت سطح محوری آن ۸۲/۲۹۰ است (شکل ۳-۷۳). زاویه بین دو یال در این ناودیس ۸۰ درجه بوده که بنا بر تقسیم بندی چین ها بر اساس زاویه بین یالی در رده ی چین های باز (open) و بر اساس شیب سطح محوری و لولا در رده ی چین های ایستاده (Upright Horizontal) قرار می گیرد.



شکل ۳-۷۲-الف) تصویری از یال جنوب خاوری (دید به شمال باختری). ب) تصویری از یال شمال باختری ناودیس جنوب پیشسار (دید به خاور).

جدول ۳-۱۷- داده‌های برداشت‌شده از ناودیس جنوب پیشسار

NO.	Dip	Dip. Dir	NO.	Dip	Dip. Dir
۱	۴۷	۲۹۰	۸	۶۲	۱۱۲
۲	۴۵	۲۹۶	۹	۵۰	۱۰۴
۳	۵۸	۱۱۰	۱۰	۵۲	۲۸۷
۴	۶۸	۱۰۰	۱۱	۴۴	۲۹۵
۵	۵۰	۱۰۸	۱۲	۴۳	۲۹۱
۶	۵۹	۱۲۰	۱۳	۵۰	۲۸۶
۷	۶۰	۱۰۷	۱۴	۵۰	۳۰۰



شکل ۳-۷۳- استریوگرام‌های حاصل از داده‌های برداشت‌شده از ناودیس جنوب پیشسار الف: نمودار β و تعیین خط لولا (H.L.) با موقعیت (۲/۰۱۸). ب: نمودار کنتور یال‌های چین به منظور تعیین زاویه بین یالی (۸۰)، و تعیین موقعیت سطح محوری (A.P) با موقعیت (۸۲/۲۹۰).

همچنین رخنمون لایه‌های شیل و ماسه سنگی شمشک در منطقه‌ی مطالعاتی به صورت لایه‌هایی با شیب واحد دیده می‌شود که امکان بازسازی ساختاری آن‌ها به صورت چین کامل وجود ندارد. در طی برداشت‌های میدانی لایه‌های شیب‌دار این سازند در موقعیت جغرافیایی $36^{\circ} 15' 40''/84$ شمالی و

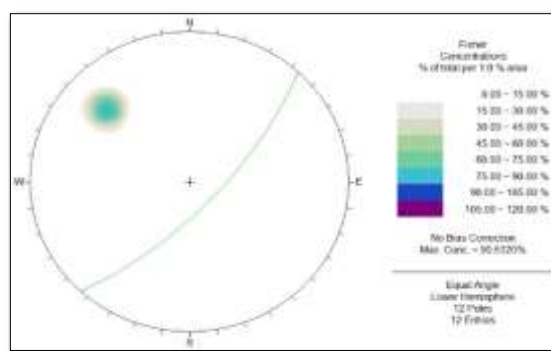
شماره ۲۳/۶۲' ۱۰° ۵۴ خاوری اندازه‌گیری شده است شکل (۳-۷۴) تصویری از لایه‌های شیلی سازند شمشک را در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد. داده‌های اندازه‌گیری شده از این رخنمون در جدول ۳-۱۸ آورده شده است. استریوگرام‌های (شکل ۳-۷۵) موقعیت میانگین لایه‌بندی را از این سازند به صورت ۷۰/۱۳۳ نشان می‌دهد.



شکل ۳-۷۴- تصویر صحرایی از لایه‌بندی سازند شمشک (دید به شمال خاور)

جدول ۳-۱۸- داده‌های برداشت شده از لایه‌بندی شیل

NO.	Dip	Dip.Dir	NO.	Dip	Dip.Dir
۱	۶۵	۱۳۰	۷	۶۶	۱۳۵
۲	۷۲	۱۳۵	۸	۷۰	۱۳۰
۳	۶۸	۱۳۷	۹	۷۳	۱۳۲
۴	۷۵	۱۲۹	۱۰	۷۱	۱۳۶
۵	۷۳	۱۳۲	۱۱	۷۴	۱۳۱
۶	۶۹	۱۲۷	۱۲	۶۷	۱۲۷



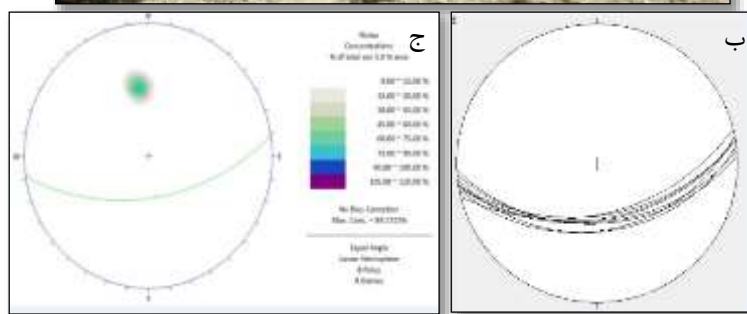
شکل ۳-۷۵- نمودار هم‌تراز قطب‌ها که موقعیت میانگین لایه بندی را ۷۰/۱۳۳ نشان می‌دهد.

۳-۲-۲- چین خوردگی در واحد دلیچای

سازند دلیچای به سن ژوراسیک میانی عمدتاً از مارن و سنگ آهک مارنی تشکیل شده است. این مجموعه با ناپیوستگی فرسایشی بر روی سازند شمشک جای دارد و به صورت هم شیب تدریجی به سنگ آهک‌های صخره ساز لار تبدیل می‌شود. لایه‌های شیب دار این سازند در منطقه‌ی مورد مطالعه اندازه‌گیری شد. داده‌های اندازه‌گیری شده در این رخنمون در جدول (۳-۱۹) آورده شده است. استریوگرام (شکل ۳-۷۶) موقعیت میانگین لایه‌بندی را از این سازند به صورت ۵۵/۱۷۱ نشان می‌دهد.

جدول ۳-۱۹- داده‌های برداشت شده از لایه بندی دلیچای

NO.	Dip.	Dip.Dir	NO	Dip	Dip.Dir
۱	۵۵	۱۷۵	۵	۶۰	۱۶۶
۲	۵۷	۱۷۰	۶	۵۹	۱۷۱
۳	۵۰	۱۶۹	۷	۴۹	۱۷۳
۴	۵۴	۱۷۷	۸	۵۶	۱۷۰



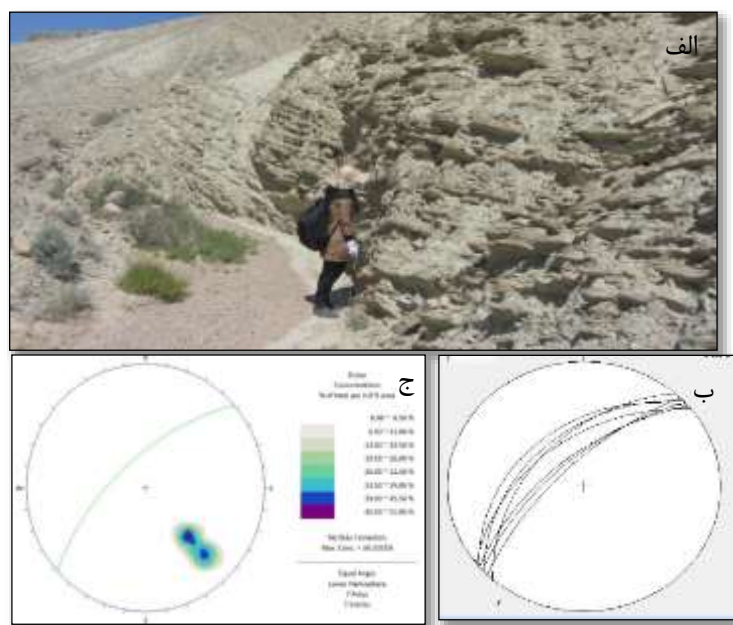
شکل ۳-۷۶ - الف: تصویر صحرایی از لایه‌بندی سازند دلیچای (دید به جنوب شرق). ب: استریوگرام حاصل از لایه بندی در سازند دلیچای. ج: نمودار هم تراز قطب ها در لایه بندی سازند دلیچای

۳-۲-۳- چین خوردگی در سازند کرج

سازند کرج شامل توالی نسبتاً ستبری از توف‌های سبز رنگ، سنگ‌های رسوبی و گدازه‌های آتشفشانی است. این سازند به صورت هم‌شیب و پیوسته با سازندهای فجن و زیارت قرار گرفته است. رخنمونی از این سازند به صورت لایه‌هایی با شیب واحد در شمال روستای آهوانو مشخص شده است. اندازه‌گیری‌های انجام شده از سازند کرج در جدول (۳-۲۰) آورده شده است. تصویری از لایه بندی در این سازند به همراه استریوگرام رسم شده از لایه‌بندی آن را نشان می‌دهد (شکل ۳-۷۷). میانگین موقعیت لایه‌بندی سازند کرج در منطقه به صورت ۶۳/۳۱۸ است.

جدول ۳-۲۰- داده‌های برداشت‌شده از لایه‌بندی سازند کرج

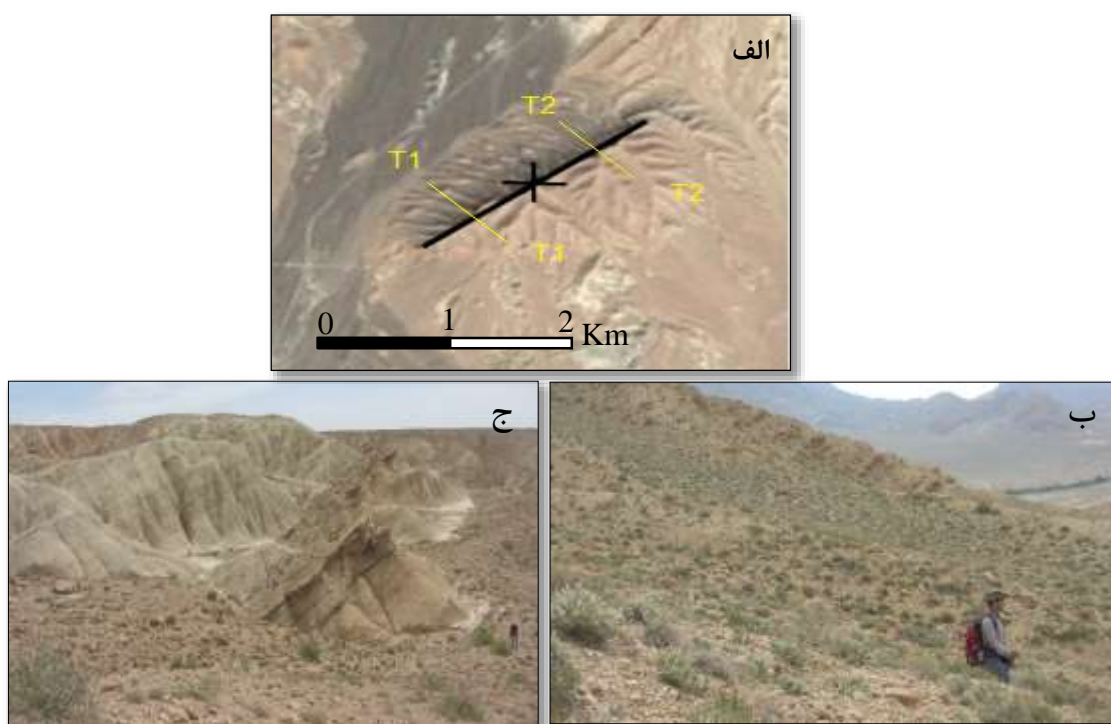
NO.	Dip.	Dip.Dir.
۱	۵۰	۳۲۰
۲	۷۵	۳۱۵
۳	۷۰	۳۲۰
۴	۵۸	۳۱۲
۵	۵۹	۳۲۲
۶	۷۲	۳۱۸



شکل ۳-۷۷-الف: تصویر صحرایی از لایه‌بندی سازند کرج (شمال باختری). ب: استریوگرام حاصل از لایه بندی در سازند کرج. ج: نمودار هم تراز قطب ها در لایه بندی سازند کرج.

۳-۲-۴- ناودیس جنوب منصورکوه

ناودیس جنوب منصورکوه در مرکز محدوده‌ی مورد مطالعه به طول ۱/۸ کیلومتر، حدفاصل روستای منصور کوه - آهوانو با موقعیت $36^{\circ}15'51''$ و $11^{\circ}93'54''$ در این پژوهش بررسی شده است. این ناودیس دارای محور شمال خاوری - جنوب باختری است. برای بررسی این ناودیس دو پیمایش T_1 و T_2 صورت گرفته است. ناودیس باعث چین خوردگی واحدهای کنگلومرایی نئوژن شده است (شکل ۳-۷۸).



شکل ۳-۷۸- الف: تصویر ماهواره‌ای لندست برگرفته از Google Earth از ناودیس. ب: تصویر صحرایی از یال شمال باختری (دید به جنوب باختری). ج: تصویر صحرایی از یال جنوب خاوری (دید به شمال خاوری).

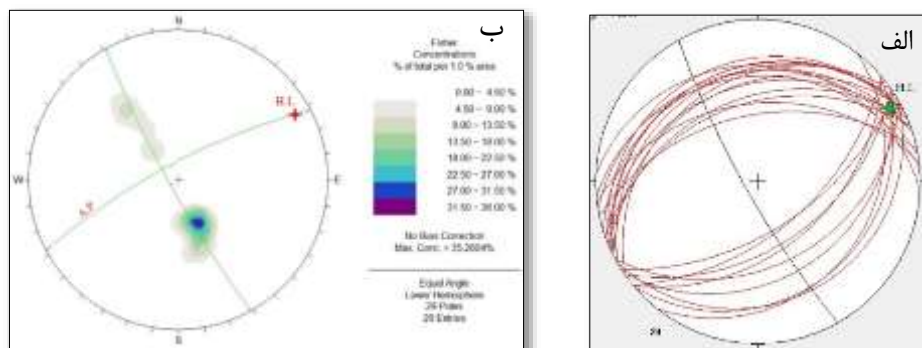
پیمایش T_1 :

این پیمایش در جنوب این ناودیس صورت گرفته است. داده‌های برداشت شده در این پیمایش در جدول ۳-۲۱ آورده شده است. با بررسی استریوگرام‌های به دست آمده از موقعیت لایه بندی یال‌های این ناودیس، موقعیت خط لولا به صورت $7/061$ و سطح محوری آن نیز با موقعیت $87/332$ به دست آمده است (شکل ۳-۷۹). زاویه بین دو یال این ناودیس 98 درجه است و بنابر تقسیم بندی چین‌ها بر اساس زاویه بین دو یال

در رده‌ی باز (open) و بر اساس شیب سطح محوری و میل لولا در رده‌ی چین‌های Upright Horizontal است.

جدول ۳-۲۱- داده‌های برداشت‌شده از ناودیس در پیمایش T_1

NO.	Dip	Dip. Dir	NO.	Dip	Dip. Dir
۱	۳۳	۳۴۳	۱۴	۶۵	۱۴۷
۲	۳۳	۳۳۰	۱۵	۴۷	۱۵۱
۳	۳۵	۳۵۵	۱۶	۴۰	۱۴۵
۴	۲۹	۰۰۳	۱۷	۵۰	۳۴۰
۵	۳۲	۳۵۰	۱۸	۴۰	۳۳۳
۶	۳۰	۳۳۳	۱۹	۳۷	۳۲۵
۷	۲۶	۳۳۷	۲۰	۴۰	۳۴۰
۸	۵۵	۱۴۰	۲۱	۳۰	۳۳۵
۹	۲۵	۱۵۰	۲۲	۵۰	۳۴۰
۱۰	۲۹	۱۳۹	۲۳	۴۰	۳۳۳
۱۱	۳۰	۱۲۸	۲۴	۴۷	۳۳۷
۱۲	۵۷	۱۴۵	۲۵	۵۶	۳۴۸
۱۳	۶۴	۱۴۰	۲۶	۵۰	۳۵۳



شکل ۳-۷۹- استریوگرام‌های حاصل از داده‌های برداشت‌شده از پیمایش T_1 . الف: نمودار β و تعیین خط لولا (H.L) با موقعیت (۷/۰۶۱). ب: نمودار کنتور یال‌های چین به‌منظور تعیین زاویه بین یالی (۹۸)، و تعیین موقعیت سطح محوری (A.P) با موقعیت (۸۷/۳۳۲).

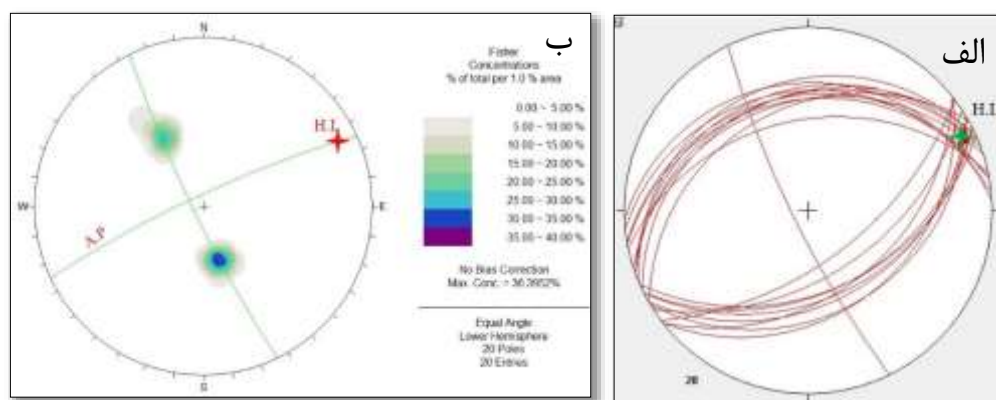
پیمایش T_2 :

این پیمایش در شمال خاوری این ناودیس صورت گرفته است. داده‌های برداشت‌شده در این پیمایش در جدول ۳-۲۲ آورده شده است. با بررسی استریوگرام‌های به‌دست‌آمده از موقعیت لایه‌بندی یال‌های این ناودیس، موقعیت خط لولا به‌صورت ۷/۰۶۴ و سطح محوری آن نیز با موقعیت ۸۳/۳۳۵ به‌دست‌آمده است (شکل ۳-۸۰). زاویه بین دویال این ناودیس ۹۱ درجه است و بنا بر تقسیم‌بندی چین‌ها بر اساس

زاویه بین دو یال در رده‌ی باز (open) و بر اساس شیب سطح محوری و میل لولا در رده‌ی چین‌های ایستاده (Upright Horizontal) است.

جدول ۳-۲۲- داده‌های برداشت‌شده از ناودیس در پیمایش T₃T₄

NO.	Dip	Dip. Dir	NO.	Dip	Dip. Dir
۱	۳۷	۳۵۰	۱۱	۶۷	۱۴۳
۲	۳۷	۳۳۵	۱۲	۵۳	۱۵۶
۳	۳۹	۳۵۰	۱۳	۴۳	۱۴۹
۴	۳۱	۳۵۷	۱۴	۴۹	۳۴۸
۵	۳۵	۳۵۴	۱۵	۳۷	۳۴۰
۶	۳۴	۳۴۰	۱۶	۴۳	۳۳۰
۷	۳۰	۳۳۷	۱۷	۴۰	۳۴۲
۸	۶۰	۱۴۷	۱۸	۵۲	۱۴۲
۹	۵۳	۱۵۳	۱۹	۵۰	۱۵۳
۱۰	۴۳	۱۴۲	۲۰	۴۸	۱۵۰



شکل ۳-۸۰- استریوگرام‌های حاصل از داده‌های برداشت‌شده از پیمایش T₂. الف: نمودار β و تعیین خط لولا (H.L.) با موقعیت (۷/۰۶۴). ب: نمودار کنتور یال‌های چین به‌منظور تعیین زاویه بین یالی (۹۱)، و تعیین موقعیت سطح محوری (A.P.) با موقعیت (۸۳/۳۳۵).

۳-۳- شکستگی

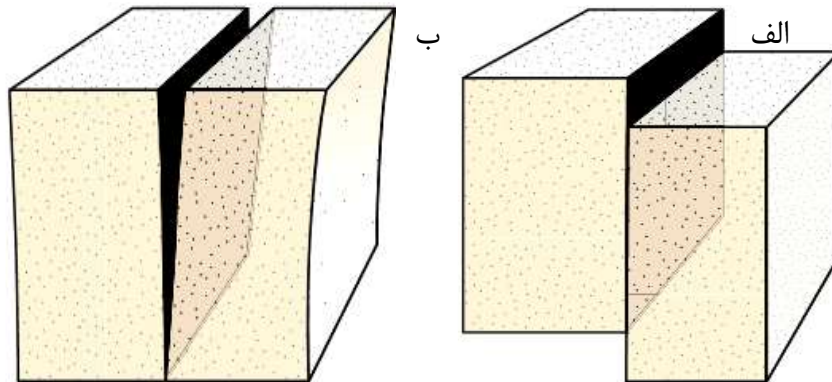
واژه‌ی شکستگی یک اصطلاح کلی است که همه‌ی سطوح انفصال ثانوی ایجادشده در سنگ‌ها را در برمی‌گیرد و از اصطلاح لاتین fracture اقتباس شده است (moores & twiss 1992). شکستگی‌ها از معمول‌ترین ساختارهای زمین‌شناسی هستند، که بر اثر گسیختگی شکننده در سنگ‌ها ایجاد می‌شوند. در امتداد سطوح شکستگی، چسبندگی بین اجزای تشکیل‌دهنده‌ی سنگ کاهش یافته یا از بین می‌رود

(twiss&moores 1992). این ساختارها از نظر اندازه تغییرات وسیعی دارند و از خطواره‌های بسیار بزرگ به طول صدها یا هزاران کیلومتر تا درزه‌های بسیار کوچک به طول یک تا چند میلی‌متر تغییر می‌کنند. شکستگی‌ها در انواع مختلفی از سنگ‌ها و محیط‌های تکتونیکی شکل می‌گیرند و معمولاً در ده کیلومتری بالایی پوسته‌ی زمین که در آن دما و فشارهای همه‌جانبه نسبتاً کم است (بین صفر تا ۳۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد دما و صفر تا ۴ کیلو بار فشار)، بسیار فراوان می‌باشند.

۳-۳-۱- انواع شکستگی‌ها

بر اساس مطالعات صحرایی و آزمایشگاهی که بر روی سنگ‌ها و فرآیندهای تکامل آن‌ها صورت گرفته است، شکستگی‌ها به دو دسته‌ی شکستگی‌های ناشی از فرآیندهای زمین‌ساختی و شکستگی‌های غیر زمین‌ساختی تقسیم می‌شوند. از فرآیندهای غیر زمین‌ساختی ایجاد شکستگی‌ها می‌توان به عواملی مانند انقباض حاصل از سرد شدن یا خشک شدن سنگ‌ها، حرکات سطحی زمین، هوازگی، اثر متقابل جنس لایه‌ها، انفجار و شکستگی‌های ایجادشده در اثر حفاری اشاره کرد. شکستگی‌های زمین‌ساختی معمولاً در اثر تنش‌های زمین‌ساختی به وجود می‌آیند. روند کلی این دسته شکستگی‌ها به کمک جهت تنش‌های زمین‌ساختی محلی تعیین می‌شوند. شکستگی‌های زمین‌ساختی را می‌توان به شکستگی‌های برشی و شکستگی‌های کششی (درزه‌ها، شکاف‌ها و رگه‌ها) تفکیک کرد (fossen, 2010). شکستگی‌های برشی یا سطح لغزشی، شکستگی‌هایی هستند که حرکت نسبی، موازی شکستگی است. واژه‌ی شکستگی برشی برای شکستگی‌هایی به کار برده می‌شود که جابه‌جایی اندکی در حدود میلی‌متر و یا کسری از میلی‌متر در راستای آن‌ها انجام شده باشد. درحالی‌که اگر طول شکستگی زیاد باشد و روی سطح شکستگی جابه‌جایی و لغزش فراوانی صورت گرفته باشد، از واژه‌ی گسل برای شکستگی برشی استفاده می‌کنیم. شکستگی‌های کششی شکستگی‌هایی هستند که کشش، جهت عمود بر دیواره‌ها را نشان می‌دهند. جابه‌جایی در راستای درزه‌ها اندک است و این جابه‌جایی به‌صورت

ماکروسکوپی قابل شناسایی نیست. شکاف، شکستگی‌های کششی هستند که توسط هوا یا سیالات پر می‌شوند. تصاویر این شکستگی‌ها در شکل (۳-۸۱) دیده می‌شود.

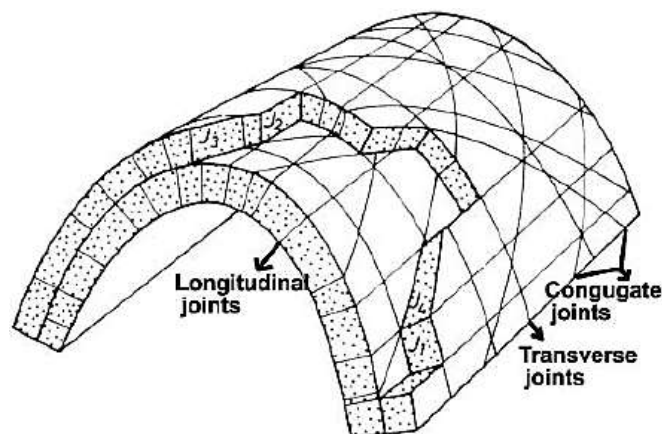


شکل ۳-۸۱-الف- شکستگی برشی ب - شکستگی کششی: شکاف (Fossen, 2010)

اصولاً شکستگی‌ها همراه با ساختارهای دیگر ایجاد می‌شوند و در صورتی که این ارتباط مستند شود، شکستگی‌ها می‌توانند اطلاعات باارزشی در مورد ساختارهای مرتبط ارائه دهند. با توجه به اینکه نیروهای عمل‌کننده بر سنگ‌ها و لایه‌های زمین موجب شکل‌گیری شکستگی‌ها می‌شوند، بنابراین می‌توان نحوه‌ی ارتباط شکستگی‌ها را با دیگر ساختارهای زمین در طی فرآیند دگرشکلی توده‌ی سنگ یا لایه، تعیین کرد و آن را به دودسته‌ی شکستگی‌های وابسته به چین‌خوردگی و شکستگی‌های وابسته به گسل خوردگی تقسیم کرد.

۳-۱-۱-۳-۳-سیستم شکستگی وابسته به چین‌خوردگی

زمانی که وضعیت و شدت شکستگی‌ها با شکل و روند چین همخوانی داشته باشد، می‌توان آن‌ها را در رده‌ی شکستگی‌های مرتبط با چین قرار داد. شکستگی‌های ایجادشده در طی فرآیند چین‌خوردگی را که از آغاز دگرشکلی تشکیل و تا آخرین مراحل دگرشکلی با آن همراه هستند را می‌توان در سه گروه شکستگی قرار داد. الف: شکستگی مزدوج مایل (conjugate joints) که نسبت به جهت حداکثر کوتاه شدگی زاویه‌ی کمتر از ۴۵ درجه و معمولاً در حد ۳۰ درجه می‌سازند این نوع شکستگی‌ها به صورت قرینه نسبت به محور چین‌خوردگی قرار می‌گیرند ب: شکستگی‌های کششی یا طولی



شکل ۳-۸۲- توسعه‌ی انواع مختلف شکستگی‌ها در ارتباط با چین خوردگی (Ramsay & huber, 1987)

(longitudinal joints) که روند آن‌ها به موازات چین و عمود بر روند کوتاه شدگی است ج: شکستگی‌های عرضی (transverse joint) که روند آن‌ها عمود بر محور چین و به موازات روند حداکثر کوتاه شدگی است که می‌توان این دسته را به عنوان شکستگی‌های کششی در نظر گرفت تقسیم کرد؛ زیرا هنگامی که طبقات، در امتداد عمود بر محور چین تحت فشارش قرار گرفته و چین‌ها را به وجود می‌آورند، در امتداد محور چین تحت کشش واقع می‌شوند، بنابراین در امتداد عمود بر محور چین، شکستگی‌های کششی به وجود می‌آیند. شکل (۳-۸۲) شکستگی‌های مرتبط با چین را نشان می‌دهد.

۳-۳-۱-۲- سیستم شکستگی‌های وابسته به گسل خوردگی

برخی از شکستگی‌ها می‌توانند ناشی از فعالیت گسل‌ها باشند و در مناطق گسلی بر روی واحدهای سنگی قابل رؤیت هستند. برخی از این شکستگی‌ها بدون جابه‌جایی باقی‌مانده و برخی دیگر ممکن است به تبع فعالیت در منطقه‌ی گسل جابه‌جایی‌های نه‌چندان بزرگ را متحمل شوند و گسل‌های کوچک و فرعی نسبت به گسل اصلی بسازند. از آنجایی که میدان‌های تنش ایجادکننده‌ی گسل و شکستگی‌های مرتبط با آن‌ها مشابه است بنابراین ارتباط بین شکستگی‌ها و گسل‌ها می‌تواند عامل مؤثری در جهت تعیین جهات تنش باشد. انواعی از شکستگی‌ها در ارتباط با گسل ایجاد می‌شوند که از جمله‌ی آن‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱- شکستگی‌های برشی که سطوح آن‌ها به موازات سطوح گسل‌ها است.

۲- شکستگی‌های برشی مزدوج که فراوانی کمتری دارند و دودسته هستند که با یکدیگر زاویه‌ی ۶۰ درجه می‌سازند.

۳- شکستگی‌های کششی که با زاویه‌ی حاده در بین شکستگی‌های مزدوج قرار می‌گیرند. به‌منظور پی بردن به چگونگی جهت‌گیری شکستگی‌های موجود در منطقه مورد مطالعه، ۲ ایستگاه در منطقه مورد مطالعه در نظر گرفته شد. هر ۲ ایستگاه مورد مطالعه بر روی کنگلومرای‌های نئوژن قرار گرفته است. در این بخش این دو ایستگاه را مورد بررسی قرار می‌دهیم.

۳-۱-۳-۳- شکستگی در چین جنوب منصور کوه

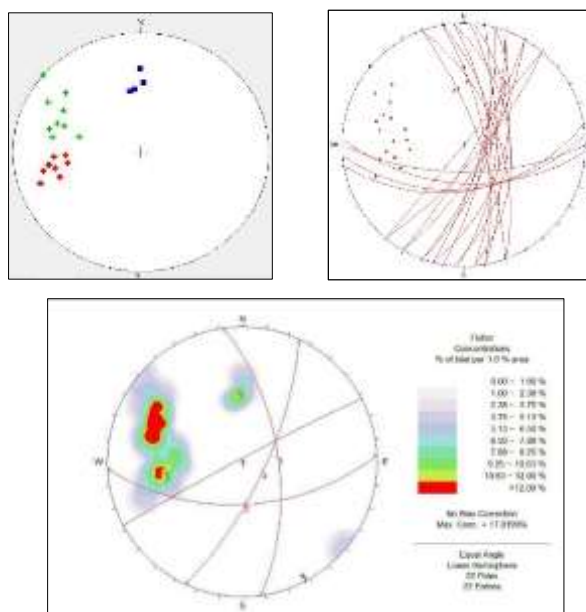
در بسیاری از حالات، شکستگی‌های متعددی بر روی لایه‌های چین خورده مشاهده می‌شوند. این شکستگی‌ها در اثر نیروهایی که لایه‌ها را چین داده‌اند، به وجود آمده‌اند. ذکر این نکته لازم است که امکان دارد شکستگی‌ها بعد از چین خوردگی نیز بر ساختار ناحیه اضافه شوند. سپس می‌توان آن‌ها را به‌عنوان شکستگی‌های بعد از چین خوردگی و غیر مرتبط با آن در نظر گرفت. محل برداشت شکستگی‌ها در محل ناودیس کنگلومرای نئوژن و در جنوب روستای منصور کوه قرار دارد. شکستگی‌های برداشت‌شده از این ایستگاه در جدول (۳-۲۳) نشان داده شده است. نمونه‌هایی از این شکستگی‌ها در شکل (۳-۸۳) نشان داده شده است. موقعیت میانگین شکستگی‌ها ۶۸/۰۹۶ تعیین شده است.



شکل ۳-۸۳- تصویری از شکستگی کنگلومرا در یال ناودیس (دید شمال خاوری)

جدول ۳-۲۳- شکستگی‌های برداشت‌شده از ناودیس جنوب منصور کوه

Dip	Dip. Dir.	Dip	Dip. Dir.	Dip	Dip. Dir.
۶۵	۱۰۰	۶۵	۰۵۵	۷۵	۲۸۵
۵۳	۱۰۰	۶۰	۱۰۰	۶۵	۱۰۰
۵۳	۱۰۵	۷۵	۰۷۰	۷۳	۱۰۵
۵۰	۹۵	۶۵	۲۱۰	۸۰	۱۲۰
۶۵	۰۴۰	۷۰	۰۸۰	۸۰	۱۲۰
۶۰	۰۹۳	۷۰	۱۰۰	۸۰	۱۲۰
۶۵	۰۸۵	۷۰	۲۸۰	۴۸	۰۸۵
۵۸	۰۷۰	۷۵	۱۳۰	۷۰	۱۱۰
۷۰	۱۲۰	۶۳	۳۲۰	۵۵	۱۸۳
۶۰	۰۸۰	۸۰	۲۷۰	۴۹	۱۷۰
۹۰	۱۳۰	۸۰	۲۶۰	۷۰	۱۲۰
۷۰	۳۰۰	۸۰	۲۵۵	۶۵	۱۱۰
۶۵	۰۱۰	۵۰	۱۷۵	۸۰	۲۶۰



شکل ۳-۸۴- تصاویر سیکلوگرافیک شکستگی‌های برداشت‌شده از ناودیس جنوب منصور کوه.

با توجه به این که سه دسته شکستگی طولی و عرضی و مایل در ارتباط با چین خوردگی ایجاد می‌شوند بنابراین در ناودیس جنوب منصور کوه نیز شکستگی‌های طولی، عرضی و مایل شناسایی شده‌اند. شکستگی‌های عرضی بر محور چین عمود هستند و شکستگی‌های طولی به موازات سطح محوری چین

تشکیل می‌شوند. شکستگی‌های مزدوج مایل که به نسبت جهت حداکثر کوتاه شدگی زاویه‌ی کمتر از ۴۵ درجه و معمولاً ۳۰ درجه می‌سازند و به شکل قرینه نسبت به محور چین خوردگی قرار می‌گیرند. در نتیجه غالب شکستگی‌های برداشت شده بر روی ناودیس جنوب منصور کوه از نوع شکستگی‌های مایل می‌باشند.

۳-۴- واحدهای تراورتن

نهشته‌های تراورتن از چشمه‌های آب گرم اشباع و یا فوق اشباع کربنات کلسیم (CaCO_3) ایجاد شده‌اند (Hancock et al, 1999). تراورتن‌ها عمدتاً با لایه‌بندی‌های نسبتاً خوب و به شکل طبقه و متخلخل دیده می‌شوند. نهشته‌های تراورتن در امتداد گسل‌های فعال به‌عنوان نشانگرهای خوبی در پیدا کردن این گسل‌ها می‌باشند و می‌توانند ویژگی‌های نئوتکتونیک در منطقه را بیان کنند. باین حال مطالعه‌ی نهشته‌های تراورتن از جنبه‌ی تکتونیک تاکنون محدود به مطالعات (Altunel & Hancock 1996) و (Hancock et al 1999) است که در بررسی‌های خود جنبه‌های ساختاری شکاف‌های پر شده با تراورتن را مشخص کرده‌اند و با استفاده از آن‌ها جهت کشش در عهد حاضر را تعیین کردند (Hancock et al 1999). برطبق نظریات فورد در سال ۱۹۸۳ در سراسر جهان چندین هزار چشمه‌ی آب گرم وجود دارد که از میان آن‌ها فقط چند صد چشمه تراورتن را رسوب می‌دهند (Hancock et al 1999). ارتباط بین نهشته‌های تراورتن و گسل‌های فعال و شکستگی‌ها به اثبات رسیده است به‌طوری‌که (Barnes et al 1978) اظهار کردند که یک رابطه‌ی جهانی بین نهشته‌های تراورتن با زون‌های فعال تکتونیک برقرار است زیرا گسل نقش مهم و کلیدی در انتقال جریان‌های هیدروترمال ایفا می‌کند. بنابراین رسوب تراورتن می‌تواند به‌عنوان یک شاخص تقریبی از موقعیت یک گسل فعال باشد.

سنگ‌های تراورتن ایران از معروف‌ترین سنگ‌های تراورتن جهان به حساب می‌آیند. سنگ‌های تراورتن ایران در شهرهای مختلفی گسترده شده‌اند و به یک منطقه محدود نمی‌شوند. معادن سنگ کاشان، معادن سنگ تراورتن تکاب، معدن سنگ تراورتن سلماس، معادن سنگ تراورتن محلات، معادن سنگ

تراورتن زنجان، معادن سنگ تراورتن آذرشهر و معادن سنگ تراورتن یزد از معروفترین معادن سنگ ایران به شمار می آیند.

در این نوشتار به بررسی نهشته‌های به‌وسیله‌ی گسل‌ها که به شناخت ما از فرآیندهای نئوتکتونیک کمک می‌کند می‌پردازیم.

در منطقه‌ی مطالعاتی، در جنوب روستای آستانه بین طول جغرافیایی $52^{\circ} 57' 54''$ و $29^{\circ} 07'$ و عرض‌های جغرافیایی $36^{\circ} 15' 40''/36'$ و $36^{\circ} 15' 50''/15'$ شمالی نهشته‌های تراورتن به‌صورت لایه‌هایی تقریباً افقی بر روی افق‌های شیب دیده می‌شوند (شکل ۳-۸۵). افقی بودن این تراورتن‌ها حاکی از جوان بودن آن‌ها است. حضور شکستگی‌های موجود بر روی تراورتن‌های منطقه می‌تواند نشانگر نوزمین ساخت فعال در منطقه باشد.



شکل ۳-۸۵ - الف: تصویر قرارگیری تراورتن بر روی کنگومرا و سازند شیلی شمشک در شرق روستای آستانه. ب: تصویر قرار گیری تراورتن بر روی سازند شمشک در جنوب آستانه

در این محدوده یک معدن تراورتن نیز به شکل فعال در حال بهره‌برداری است (شکل ۳-۸۶). در جنوب روستای آستانه حضور نهشته‌های تراورتن در اطراف چشمه قابل‌رؤیت است (شکل ۳-۸۷). این چشمه در حال حاضر فعال است افق‌های تراورتن علاوه بر جنوب روستای آستانه در شرق روستای آستانه نیز رخنمون دارند که این نهشته‌ها به شکل منظمی بر روی کنگلومرا و شیل قرار گرفته‌اند.



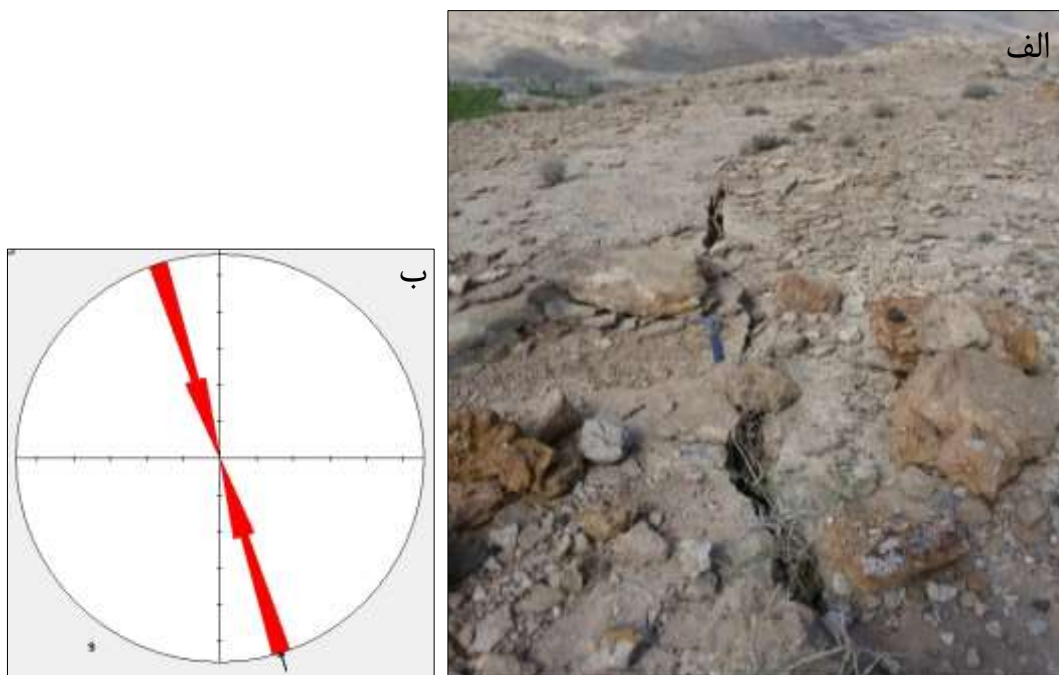
شکل ۳-۸۶- تصویری از معدن تراورتن در منطقه‌ی مورد مطالعه (دید به شمال باختری).



شکل ۳-۸۷- تصویری از چشمه‌های تراورتن ساز در جنوب آستانه.

براین اساس، با توجه به امتداد غالب شکستگی‌های موجود در تراورتن‌ها که شمال باختری- جنوب خاوری می‌باشند (شکل ۳-۸۸). ته نشست رسوبات کواترنری بر روی سازند شمشک حاکی از فعالیت گسل کواترنری آستانه و تأثیر آن بر روی این چشمه بوده است.

با بررسی بر روی تراورتن‌های انباشته‌شده، شکستگی‌های واضح و مشخصی در سطح واحدهای تراورتنی دیده می‌شوند که نشانه‌ی فعالیت کواترنری در منطقه می‌باشند که با فعالیت عهد حاضر خود منجر به ایجاد این شکستگی بر روی واحدهای تراورتنی شده است.



شکل ۳-۸۸-الف: تصویر صحرایی از شکستگی‌های موجود در (دید شمال). ب: نمودار گل‌سرخ‌ی از شکستگی‌های برداشت‌شده بر روی واحدهای تراورتن

فصل چہارم

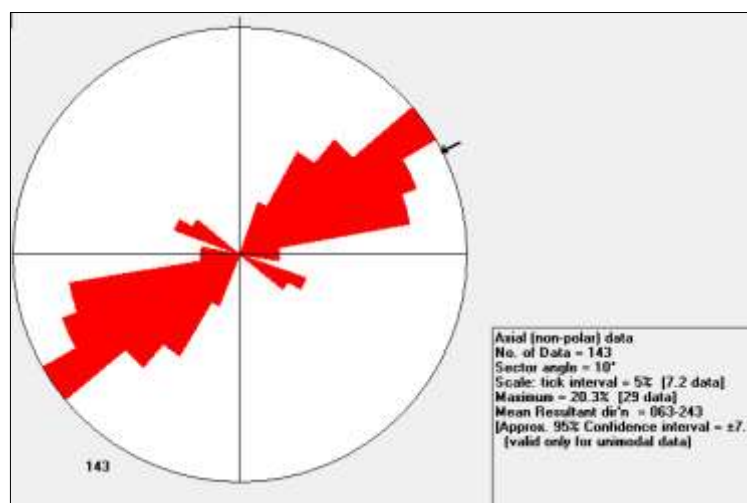
بحث و نتیجہ گیری

عناصر ساختاری اصلی مطالعه شده در این منطقه شامل چین‌ها و گسل‌ها هستند که ابزارهای اصلی شناخت دگرشکلی و دست‌یابی به الگوی دگرشکلی ناحیه ایی می‌باشند. رسیدن به این مهم، با استفاده از تحلیل ویژگی‌های هندسی و جنبشی توسط برداشتهای صحرایی به کمک پردازش تصاویر ماهواره ایی امکان‌پذیر شده است. بر اساس این مطالعات مشخص شد که در محدوده‌ی مورد مطالعه چین‌ها همراه با گسل‌های معکوس و امتدادلغز (یا گسل‌های دارای هردو نوع حرکت) اصلی‌ترین عوامل کنترل‌کننده دگرشکلی‌های موجود در منطقه هستند.

در این پژوهش، طی بررسی‌ها و مشاهدات انجام‌شده بر روی ساختارهای منطقه مطالعاتی، با استنباط به مطالعات و بررسی‌های انجام‌شده و با توجه به مطالعات پیشین در این فصل به تحلیل ساختارهای منطقه و تشریح نتایج به دست‌آمده پرداخته می‌شود..

۴-۱- بررسی هندسه و سازوکار گسل‌ها

باتوجه به مطالعات صحرایی و اندازه‌گیری ۱۴۳ سطح گسلی در منطقه‌ی مطالعاتی، این عناصر ساختاری دارای دو روند غالب شمال خاوری-جنوب باختری و شمال باختری-جنوب خاوری به ترتیب تحت عنوان گسل‌های طولی و عرضی بررسی شده‌اند (شکل ۴-۱).



شکل ۴-۱- نمودار گل‌سرخ‌ی امتدادی که روند غالب شمال باختری- جنوب خاوری را برای گسل‌های فرعی و روند غالب شمال خاوری- جنوب باختری را برای گسل‌های اصلی نشان می‌دهد.

۴-۱-۱- گسل کواترنری شمال دامغان

گسل کواترنری شمال دامغان با طول تقریبی ۱۰۰ کیلومتر در بخش جنوبی منطقه‌ی مطالعاتی قرار گرفته است. این گسل با راستای خاوری شمال خاوری-باختر جنوب باختری و شیب به سمت جنوب (۵۸/۱۶۵) دارای سازوکار معکوس با مؤلفه‌ی راستا لغز چپ برمی باشد که باعث رانده شدن واحدهای آهکی لار بر روی رسوبات کواترنری شده است. این گسل در مسیر خود آبراهه‌های جوان را تحت تأثیر قرار داده و به صورت راستا لغز چپ بر جابجا کرده است. این گسل در سه پیمایش در حدفاصل روستای آستانه- فولادمحله نیز مورد بررسی قرار گرفت که در پیمایش AA' صفحات کوچکی از گسلش مشاهده و بررسی شد که احتمال حضور این گسل نیز در این پیمایش وجود دارد. اما در پیمایش‌های BB' و CC' آثاری از گسلش به دلیل جنس رسوبات منطقه و خردشدگی واحدها مشاهده نگردید. در نتیجه می‌توان این گونه بیان کرد که احتمالاً گسل کواترنری شمال دامغان به گسل آستانه در ادامه‌ی جنوب باختری خود ملحق نمی‌شود (شکل ۴-۶).

۴-۱-۲- گسل منصورکوه

گسل منصورکوه به موازات گسل کواترنری شمال دامغان قرار گرفته است و دارای راستای شمال خاوری-جنوب باختری با شیب به سمت شمال باختری (۶۵/۳۳۸) است. شواهد گسلی و همچنین خش لغزهای موجود بر سطح این گسل نشان‌دهنده‌ی، سازوکار به شکل معکوس با مؤلفه‌ی کوچک راستا لغز چپ بر برای گسل منصورکوه است.

۴-۱-۳- گسل آستانه

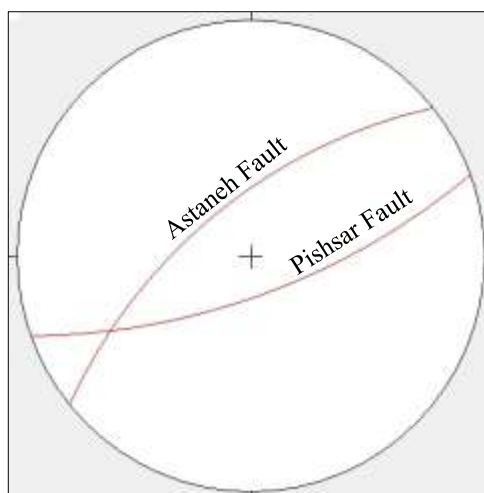
گسل آستانه با راستای شمال خاوری- جنوب باختری و شیب به سمت شمال (۷۱/۳۲۱) است. بهترین رخنمون گسل آستانه در محل روستای آستانه دیده می‌شود. گسل آستانه در ادامه‌ی جنوب باختری به سمت فولادمحله (دره آستانه) باعث جابجایی چپ بر آبراهه‌ها و قطع‌شدگی مخروط افکنه‌های کواترنری

شده است مؤید جنبش کواترنری برای این گسل است. همچنین با توجه به بررسی های میدانی انجام شده سازوکار گسل کواترنری آستانه به صورت امتدادلغز چپ بر تعیین شد.

۴-۱-۴- گسل پیشسار

گسل پیشسار با روند کلی شمال خاوری_ جنوب باختری و شیب به سمت جنوب خاوری (وضعیت هندسی گسل) یکی از گسل های اصلی منطقه است که دارای سازوکار راستا لغز چپ بر است. این گسل در جنوب گسل آستانه قرار گرفته و به سمت جنوب باختری احتمال دارد که به گسل آستانه ملحق شود که می توان آن را شاخه ایی از گسل آستانه در نظر گرفت. گسل پیشسار با گسل آستانه زاویه ۱۹ درجه را می سازد. استریوگرام (شکل ۴-۲) زاویه بین گسل آستانه و گسل پیشسار را نشان

می دهد.



شکل ۴-۲ - تصویر سیکلوگرافیک نشان دهنده صفحات میانگین گسل پیشسار و گسل آستانه

با توجه به موقعیت جغرافیایی گسل پیشسار و وضعیت هندسی به دست آمده از این گسل و همچنین اتصال ادامه ی جنوب باختری این گسل به گسل آستانه، می توان این طور بیان کرد گسل پیشسار یکی از شاخه های فرعی گسل آستانه است یا این گسل در اثر فعالیت گسل آستانه به وجود آمده است.

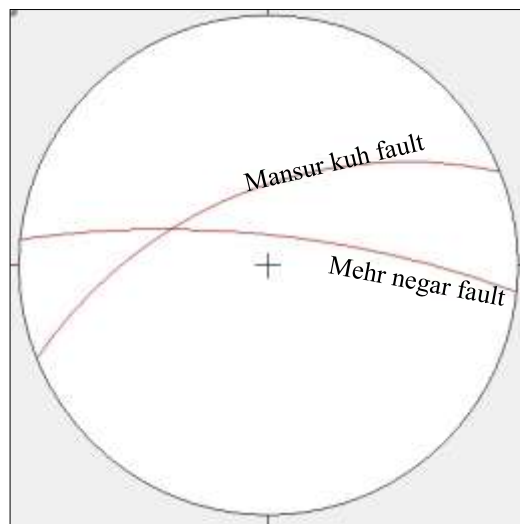
۴-۱-۵- گسل مهرنگار

گسل مهرنگار، دارای راستای کلی خاوری- باختری است. میانگین هندسی تعیین شده برای گسل

۸۰/۰۰۶ به دست آمده است. سازوکار این گسل به صورت نرمال تعیین شده است. گسل مهرنگار در ادامه ی خاوری خود به گسل منصور کوه رسیده و در محل این گسل به پایان می رسد .

گسل مهرنگار با گسل منصور کوه که دارای امتداد شمال خاوری- جنوب باختری است زاویه ی حدود ۲۸ درجه را می سازد. استریوگرام (شکل ۴-۳) زاویه ی ۲۸ را بین گسل مهرنگار و گسل منصور کوه را

نشان می دهد.



شکل ۴-۳ - تصویر سیکلوگرافیک نشان دهنده صفحات میانگین گسل مهرنگار و گسل منصور کوه

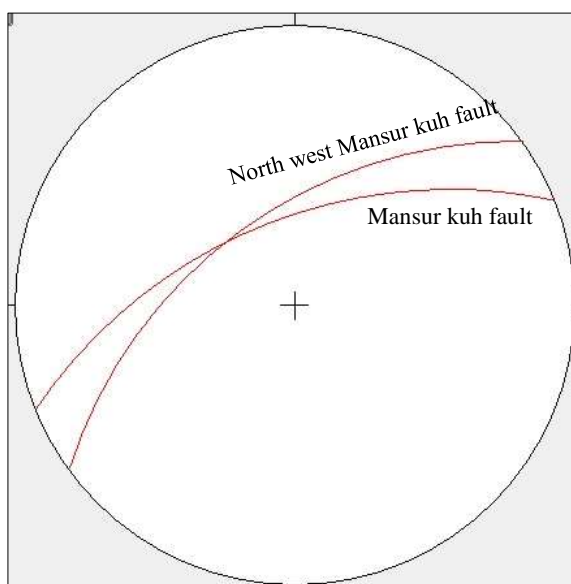
۴-۱-۶- گسل شمال آهوانو

گسل شمال آهوانو یکی از گسل های عرضی منطقه با روند شمال باختری- جنوب خاوری است. میانگین وضعیت هندسی گسل شمال آهوانو ۷۴/۰۳۴ به دست آمده است که باعث برش و جابه جایی در واحدهای آهکی سازند دلیچای شده است. با بررسی ریخت شناختی سطح گسل دو دسته خراش گسلی با ریک ۷ درجه و ۵۰ درجه ی پادساعتگرد بر روی سطح گسل مشاهده شد و سازوکار این گسل به صورت نرمال تعیین شد.

۴-۱-۷- گسل شمال باختری منصور کوه

این گسل با روند شمال خاوری- جنوب باختری و شیب به سمت شمال باختر (۶۳/۳۲۴) یکی از گسل های طولی مورد مطالعه ی منطقه است. با بررسی ریخت شناسی سطح گسل دودسته خراش گسل

با ریک ۲۴ درجه و دسته دوم خراش‌های گسل با ریک ۵۲ درجه مشاهده گردید. سازوکار معکوس با مؤلفه‌ی امتداد لغز راست‌بر برای آن تعیین گردید. استریوگرام شکل (۴-۴) زاویه‌ی ۱۴ درجه را بین گسل شمال باختری منصورکوه و گسل منصور کوه نشان می‌دهد. از آنجایی که سازو کار معکوس بین دو گسل منصورکوه و گسل شمال باختر منصور مشترک بوده و هر دو گسل دارای یک روند می باشد و در فاصله‌ی جغرافیایی کمی از یکدیگر قرار گرفته اند برای این منطقه اینطور نتیجه گرفته شد که این دو گسل در یک زون گسلی قرار گرفته اند.



شکل ۴-۴- تصویر سیکلوگرافیک نشان دهنده صفحات میانگین گسل شمال باختری منصورکوه و گسل منصور کوه

۴-۱-۸- گسل جنوب پیشسار

گسل جنوب پیشسار با روند کلی شمال خاوری-جنوب باختری و میانگین وضعیت هندسی (۶۵/۳۲۳) است. این گسل در امتداد خود باعث برش و جابه جایی در سازند آهکی الیکا شده است. با بررسی‌های ریخت شناختی سطح گسل دودسته خراش گسلی با ریک ۲۴ درجه پادساعتگرد و دسته دوم با ریک ۴۳ درجه پادساعتگرد مشاهده شد. سازوکار این گسل به صورت معکوس با مؤلفه‌ی راستا لغز راست‌بر تعیین شد.

۴-۱-۹-۱ گسل F1

یکی از گسل‌های عرضی منطقه با روند شمال باختری- جنوب خاوری است. میانگین وضعیت هندسی گسل F1، $73/027$ به دست آمده است. بر اساس مشاهدات صحرایی و داده‌های برداشت شده از سطح گسل، سازوکار گسل به صورت نرمال با مؤلفه‌ی امتداد لغز کوچک راست بر تعیین شد.

۴-۱-۱۰-۱ گسل F2

گسل F2 با روند شمال خاوری- جنوب باختری و شیب به سمت شمال باختری ($67/298$) است. بر اساس مشاهدات صحرایی و برداشت‌های انجام شده از سطح گسل، سازوکار گسل به صورت نرمال تعیین شد.

۴-۱-۱۱-۱ گسل F3

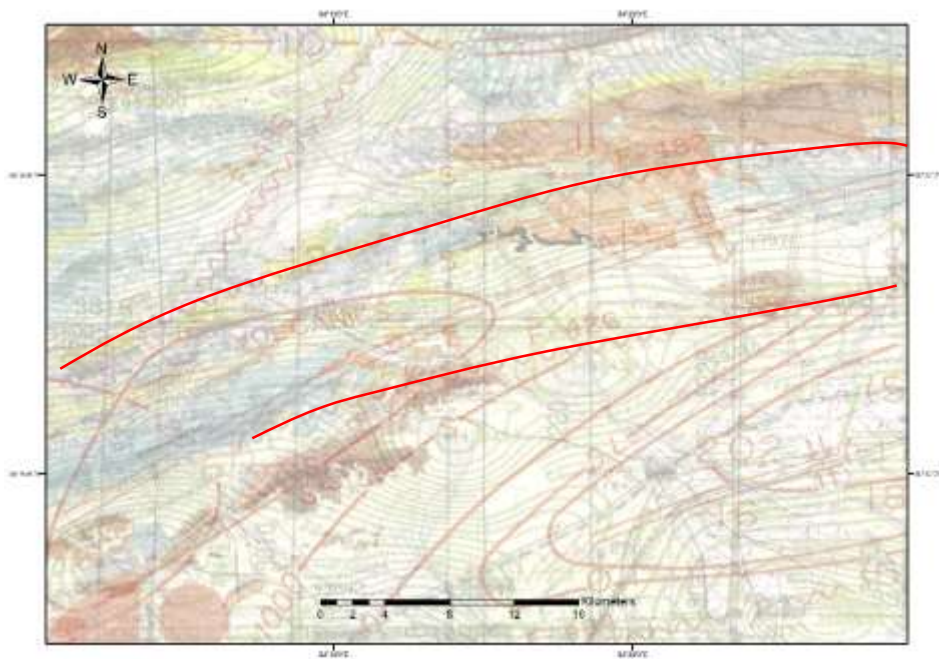
گسل F3، یکی دیگر از گسل‌های عرضی منطقه با روند کلی شمال باختری- جنوب خاوری است. با توجه به مشاهدات صحرایی و برداشت‌های انجام شده از سطح گسل F3، سازوکار گسل به صورت معکوس تعیین شد.

۴-۲-۲ دگر ریختی کواترنری

به طور کلی فعالیت‌های نوزمین ساختی با علائم و شواهدی از جمله پرتگاه‌های گسلی، جابجایی آبراهه‌ها، فرسایش بستر رودخانه، چشمه‌های تراورتن ساز، جابجایی مخروطه افکنه‌ها و همچنین دگر ریختی واحدهای جوان و نهشته‌های کواترنری مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. منطقه‌ی مورد مطالعه حدفاصل گسل آستانه (مرزشمالی) و گسل کواترنری شمال دامغان (مرزجنوبی) قرار گرفته است با توجه به اینکه این گسل‌های مرزی در منطقه در امتداد خود آبراهه‌های جوان را تحت تأثیر قرار داده‌اند و همچنین باعث قطع کردن جابجایی رسوبات کواترنری شده‌اند دلیلی بر فعالیت نوزمین ساختی برای گسل کواترنری شمال دامغان و گسل آستانه است. در منطقه‌ی مورد مطالعه نهشته‌های تراورتن در جنوب روستای

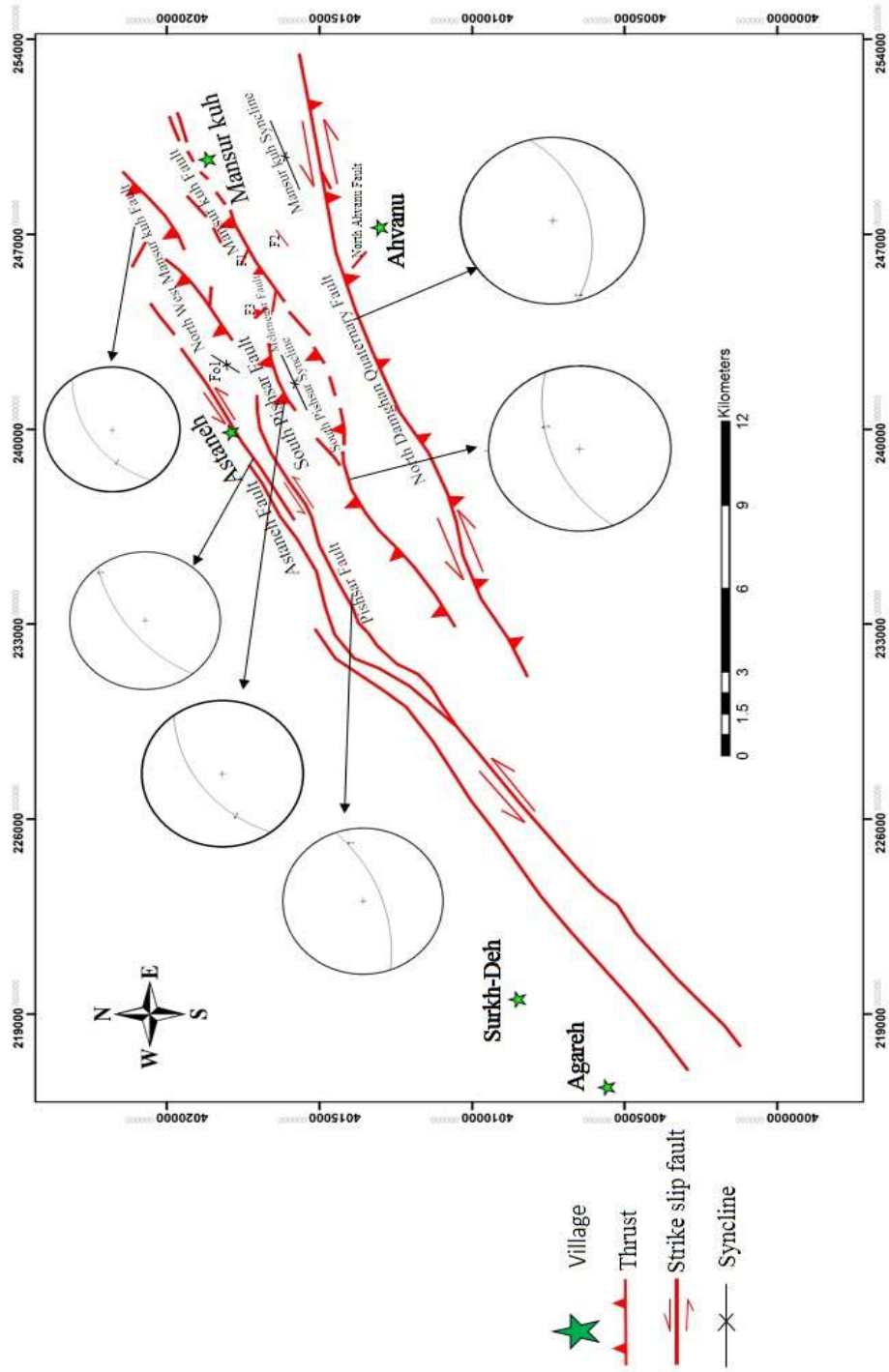
آستانه رخنمون دارند که یکی از شواهد فعالیت نوزمین ساخت گسل آستانه در این منطقه است. دگرشکلی واحدهای سنگی در نهشته‌هایی که در بازه‌ی زمانی نوزمین ساختی تشکیل شده‌اند از شواهد مهم در شناخت تأثیر فرآیندهای زمین ساختی جوان بر مناطق مختلف است. واحدهای رسوبی جوان در منطقه‌ی مورد مطالعه شامل کنگلومرای نئوژن است که چین خوردگی این نهشته‌ها و ایجاد چین در آن‌ها از شواهد مهم تأثیر فرآیندهای زمین ساختی جوان بر این ناحیه است. چین خوردگی واحدهای نئوژن در جنوب روستای منصورکوه دیده می‌شود (ناودیس جنوب منصورکوه) که بر اثر فرآیندهای زمین ساختی دچار کج شدگی شده و از حالت افقی خارج شده‌اند. از آنجا که گسل کواترنری شمال دامغان از قسمت جنوبی این چین خوردگی می‌گذرد در نتیجه می‌توان آن را یکی از نشانه‌های فعالیت نوزمین ساختی گسل کواترنری شمال دامغان بیان نمود.

از دیگر بررسی‌های انجام گرفته در این پژوهش، بررسی نقشه‌های هوا مغناطیس و انطباق آن‌ها با نقشه‌های زمین‌شناسی در محدوده مورد مطالعه به منظور شناسایی گسل‌های پی سنگی هست. بدین منظور، نقشه‌ی زمین‌شناسی دامغان با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰، به همراه نقشه‌های هوا مغناطیس ورقه گرگان با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰، در محیط نرم افزار Global Mapper تهیه گردیده است. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود، خطواره مشاهده می‌شود، خطواره مغناطیسی F-426 با گسل کواترنری شمال دامغان و خطواره مغناطیسی F-482 با گسل آستانه درج شده در نقشه زمین‌شناسی، در محدوده مطالعاتی انطباق دارد (شکل ۴-۵). دیگر ساختارهای منطقه با هیچ‌یک از خطواره‌های مغناطیسی انطباق ندارند.



شکل ۴-۵- روی هم اندازی قسمتی از نقشه‌های هوا مغناطیس ورقه‌های ۱:۲۵۰۰۰۰ گرگان با نقشه‌ی زمین‌شناسی

دامغان با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰



شکل ۴-۶- ارتباط سوی تنش بیشینه با سازوکار گسل های منطقه مورد مطالعه که نشان می دهد شرایط دگرشکلی ترازشاری چی گرد بر منطقه حاکم است.

۴-۵- پیشنهادات

-جهت انجام مطالعات دقیق تر و تکمیلی می توان به انجام مطالعات دیرینه لرزه شناسی بر روی گسل کواترنری شمال دامغان جهت تعیین فعالیت گسل اشاره کرد.

-مطالعه بر روی آرایش مکانی و زمانی زمین لرزه ها به ویژه ریز لرزه ها به منظور پی بردن به عمق گسل ها

-تهیه مقاطع لرزه ایی جهت بررسی تأثیر گسلش و چین خوردگی در دگرشکلی منطقه.

منابع

- ± امیدوی پ، نوگل سادات م. و قرشی م، (۱۳۸۱)، " بازسازی تنش کواترنری بر اساس تحلیل لغزش در نیمه جنوبی البرز خاوری"، فصلنامه علمی - پژوهشی علوم زمین، شماره ۴۶-۴۵.
- ± امیدوی پ، ۱۳۸۰ - تحلیل ساختاری و دینامیکی تفصیلی زون‌های گسلی در حاشیه جنوبی البرز خاوری، رساله دکتری . گروه زمین‌شناسی دانشگاه تربیت مدرس
- ± آقناباتی، س.ع.، (۱۳۷۷)، " چینه‌شناسی ژوراسیک در ایران"، جلد دوم، سازمان زمین‌شناسی و اکتشاف معدنی کشور، ۳۵۵ صفحه.
- ± آقناباتی، س.ع.، ۱۳۸۳، زمین‌شناسی ایران. انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۶۴۰ صفحه.
- ± بربریان م، قریشی م، شجاع طاهری ج، (۱۳۷۵)، " پژوهش و بررسی نو زمین‌ساخت و خطر زمین‌لرزه - گسلش در گستره سمنان"، انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور، گزارش شماره ۶۳، ص ۲۶۶.
- ± بربریان م، ۱۳۶۳ - بررسی و پژوهش نو زمین‌ساخت، لرزه‌زمین‌ساخت و خطر زمین‌لرزه -گسلش در ناحیه باختر دامغان، مهندسی مشاور کوبانکاو، سازمان آب منطقه‌ای سمنان.
- ± برنجیان، م، (۱۳۹۰)، " زمین‌ساخت فعال گسل دامغان"، سی امین گردهمایی علوم زمین، اسفند ۱۳۹۰.
- ± خادمی، م، (۱۳۷۶)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد: " بررسی و تحلیل ساختاری گسل‌های دامغان و عطاری در منطقه دامغان"، دانشگاه تربیت مدرس.
- ± درویش زاده ع. (۱۳۷۱)، زمین‌شناسی ایران. موسسه انتشارات امیرکبیر دانشگاه تهران، ۹۰۱ صفحه.
- ± رحیمی ب، (۱۳۸۱)، پایان‌نامه دکتری: "مطالعات ساختاری رشته‌کوه البرز در شمال دامغان"، دانشگاه شهید بهشتی.
- ± سعیدی ا، و اکبرپور م، (۱۳۷۱)، نقشه زمین‌شناسی کیاسر به مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰، سازمان زمین‌شناسی و اکتشاف معدنی کشور.
- ± شگری م، قرشی م، نظری ح، سلامتی ر، طالبیان م، ریتز ج - ف، محمدخانی ح، شاهپسندزاده م، (۱۳۸۸)، "نخستین نتایج حفر ترانشه دیرنه زمین‌لرزه‌شناسی روی گسل آستانه"، مجله علوم زمین، جلد ۱۸، شماره ۷۰.
- ± شهرابی، م، (۱۳۷۸)، تریاس در ایران، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۲۷۹ ص.
- ± شهریاری، س.، موسوی حرمی، ر.، ۱۳۸۰، تکوین و تکامل ساختاری البرز و تحولات رسوب‌گذاری مرتبط با آن. نشریه علوم دانشگاه تربیت‌معلم، جلد اول، شماره ۳ و ۴، صفحه‌ی ۱۶۲-۱۴۱
- ± علوی نایینی م. و صالحی راد م، (۱۹۷۵)، نقشه‌ی زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ دامغان
- ± قاسمی م، ر. (۱۳۸۷)، " پایه‌های زمین‌شناسی ساختمانی"، سازمان زمین‌شناسی و اکتشاف معدنی کشور، ۳۲۰ صفحه.
- ± نعمتی م، هتسفلد د، قیطانچی م، سدیدخوی ا، میرزایی ن، مرادی ع، (۱۳۹۰)، " بررسی لرزه‌خیزی گسل آستانه در البرز خاوری"، مجله فیزیکی زمین و فضا، جلد ۳۷.
- ± نقشه‌های هوا مغناطیس ورقه‌های گرگان به مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰، سازمان زمین‌شناسی کشور.

‡ وحدتی دانشمند ف. وسعیدی ع، (۱۳۶۹)، نقشه زمین‌شناسی ساری به مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰، سازمان زمین‌شناسی و اکتشاف معدنی کشور.

References

- ‡ Alavi, M., (1996). "Tectonostratigraphic synthesis and structural style of Alborz mountain system in northern Iran." *Journal of Geodynamics*, v21.
- ‡ Allen, M.B., Ghassemi, M.R., Shahrabi, M., Qorashi, M., 2003, Accommodation of late Cenozoic oblique shortening in the Alborz range, northern Iran, *Journal of Structural Geology*, Vol.25, P. 659-627.
- ‡ Altunel, E. & Hancock, P.L., 1996, Structural attributes of travertine-filled extensional fissures in the Pamukkale Plateau, Western Turkey, *Int. Geol. Rev.*, Vol. 38, P. 768-777.
- ‡ Asserto, R., (1966), "The Jurassic Shemshak formation in central Elburz (Iran)".
- ‡ Axen, G.J., Lam, P.S., Grove, M., Stockli, D.F., Hassanzadeh, J., 2001. Exhumation of the westcentral Alborz Mountains, Iran, Caspian subsidence, and collision-related tectonics. *Geology*, Vol.29, P. 559-562.
- ‡ Barnes, I., Irwin, W.P., White, D.E., 1978, Global distribution of carbon dioxide discharges and major zones of seismicity, United States Geological Survey, Water Resources Investigations, Open File report, P. 78-39.
- ‡ Berberian, M., and King, G., 1981, Towards a paleogeography and tectonic evolution of Iran. *Canadian Journal of Earth sciences*. V.18, p.210-265.
- ‡ Davis G.H., (1984), "Structural geology of rocks and regions", John Wiley and Sons. New York, P 492
- ‡ Dedual, E., 1967, Zur geologie des mittleren and unteren Karaj-Tales, Zentral – Elbourz (Iran), P. 125.
- ‡ Dellenbach, J., 1964, Contribution à l'étude géologique de la région située à l'est de Tehran (Iran), *fac. Sci. Univ. Strasbourg (France)*, P. 117.
- ‡ Doblans M., (1998), "Slickensid kinematic indicators", *Journal of Tectonophysics*, Vol 295, PP 187-197.
- ‡ Fleuty M.J., (1964), "The description of fold, Proceedings of the Geologist Association", vol , pp -492.
- ‡ Fossen, H., (2010), "Structural Geology", Cambridge University Press, New York.
- ‡ Hancock, P.L., Chalmers, R.M.L., Altunel, E., Cakir, Z., 1999, Travertines: using travertines in active fault studies, *Journal of Structural Geology*, Vol. 21, P. 903-916
- ‡ Hollingsworth, J., 2007. "Active tectonic of NE Iran", PhD thesis, University of Cambridge, England.

- ± Hollingsworth, J., Jackson, J., Walker, R. & Nazari, H., 2008. "Extrusion tectonic and subduction in eastern South Caspian Region since 10 Ma", *Geology*, 36; no. 10; p. 763-766.
- ± Hollingsworth J., Nazari H., Ritz J., Salamati R., Talebian M., Bahroudi A., Walker R. T., Rizza M., (2010), "Active tectonics of the east Alborz mountains, NE Iran: Rupture of the left-lateral Astaneh fault system during the great 856 A.D. Qumis earthquake", *Jof Geophys Res*, vol. 115, pp 1-19
- ± Jackson, J., Priestly, K., Allen, M., Berberian, M., (2002) "Active tectonics of the south Caspian basin", *Geophys. J.*
- ± 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.
- ± Kerinsely, D.B., 1970, "A geomorphological and paleoclimatological study of the playas of Iran", 2 vols. Air force Cambridge Res. Lab. 70.0503.
- ± M. Rizza*, S. Mahan, J-F. Ritz, H. Nazari, J. Hollingsworth, R. Salamati. Using luminescence dating of coarse matrix material to estimate the slip rate of the Astaneh fault, Iran
- ± Nazari, H., Ritz, J.F., 2008, Neotectonics in Central Alborz, *Geosciences Quaternary Journal, Special Issue, Vol. 17 (1), P. 74- 93.*
- ± Nogole sadat, M.A.A., Almasian, A., (1993) "Tectonic map of Iran, 1:1000000", *Treatise on the geology of Iran.*
- ± Ramsay J.G., Huber M.I. (1987) "The Techniques of modern structural geology" Academic Press Limited, Vol. 2 (fold and fracture) , 391p.
- ± Safari, H., Gholami, M., (2011), *Tectonic Evolution Of Southern Limb Of Eastern Alborz, Iran, I.J. Geoinformatics Research and Development, Vol. 2, Issue 1, pp 113.*
- ± Stampfli, G. M., & Borel, G. D. (2002). A plate tectonic model for the Paleozoic and Mesozoic constrained by dynamic plate boundaries and restored synthetic oceanic isochrons. *Earth and Planetary Science Letters*, v. 196, p. 17-33.
- ± Stocklin, J. (1972). *Iran Central, Septentrional et Oriental. Lexique stratigraphique International*, 3, Fascicule 9b, Iran, pp. 1-283, Centre National de la Recherche Scientifique, Paris
- ± Stocklin, J. (1974). Northern Iran: Alborz mountain, Mesozoic-Cenozoic orogenic belt, data for orogenic studies. *Geol. Soc. London, Sp. Pub. 4, p. 213- 234.*

-
- ‡ Tatar, M., (2001), "Etude seismotectonique de deux zones de collision continental: Le Zagros Central et l' Alborz (Iran)", PhD. Thesis, University de Joseph Fourier.
 - ‡ Twiss R.J., and Moores E.M., (1992), "Structural Geology", W. H. Freeman and company New York, PP 532.
 - ‡ Vernant, P., Nilforoushan, F., Chery, J., Bayer, R., Djamor, Y., Masson, F., Nankli, H., Ritz, J., Sedighi, M., Tavakoli, F., 2004, Deciphering oblique shortening of central Alborz in Iran using geodetic data, Earth and Planetary.

Abstract

In this research, folds and faults which located between the Astaneh and north Damghan Quaternary faults have been investigated, in the northwest of Damghan city and the margin of east Alborz. Cropped out Stratigraphical units in this are include Mesozoic rock units (Elika, Shemshak, Dilechay, Lar Formations) and Cenozoic rock Formation (Karaj, Ziarat, Neogene, Quaternary diposit). Igneous units the southern part of Astaneh village and northwest of Mansour Kouh, basaltic and gabbroic, inrespectively. folds are Investigated, in Shemshak Formation (FO1 syncline and South Peshar syncline) and in the Neogenes (Southern Mansur syncline). based on interlimbs angle of fold , most of the fold ,have taken place in open folds in the south of Mansurkuh and Pishsar syncline and in the FO1 syncline are Gentle folds, Also based on the dip of axial plane and plunge of hinge line, FO1 syncline steeply inclined and South Pishsar syncline upright horizontal and in the Southern Mansurkuh syncline is upright horizontal are classificated. survey of situation of folding in this area demonstrate that general trend of folding is NE-SW which is the same trend of main faults in the area. Major faults (Astaneh, north Damghan Quaternary, Mansur Kuh) and Minor Fault such as north west Mansurkuh Fault,Pishsar and south Pishsar Fault ,are have trend NE-SW ,and faults with left lateral strike slip mechanism with reverse component and reverse faults with strike-slip compone. Also, north Ahvanu, Mehrnegar, F1, F2, faults have NW-SE trend and normal with right lateral strike slip mechanis. The existence of three fractures groups related of folding on the interlimb southwest of Mansur Kouh syncline observated,that the most fractures of the type of fractures are oblique. Signs of quaternary and Neotectonics activities such as the displacement of the rivers (along the Astana fault and the Quaternary fault of northern Damghan), the cut off and displacement of the fans (along the Astaneh fault and Quaternary fault of northern Damghan), fracture of travertine units and folding Neogene units have been studied.

Keywords: eastern Alborz, Astane Fault, north Damghan Quaternary Fault, travertine



Shahrood University of Technology

Faculty of Earth Sciences

M.Sc. Thesis in Tectonic

*Investigation of deformation in Ahvanu- Astaneh
(North west of Damghan)*

By: Yeganeh Fathi

Supervisor
Dr. P. Omid

July. 2017