

سید محمد



دانشگاه شاهرود
دانشکده علوم زمین
گروه تکتونیک

تحلیل هندسی و حرکتی ساختارهای زمین شناسی در ناحیه تیل آباد – غزنوی
(البرز شرقی)

امید باشام

اساتید راهنما :

دکتر رمضان رمضانی اومالی

استاد مشاور:

دکتر عزیزالله طاهری

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

بهمن ۹۳

دانشگاه صنعتی شاهرود

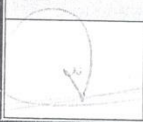
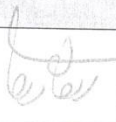
دانشکده : علوم زمین

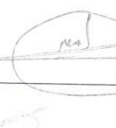
گروه : تکتونیک

پایان نامه کارشناسی ارشد آقای امید بشام

تحت عنوان: تحت عنوان تحلیل هندسی و حرکتی ساختارهای زمین شناسی در ناحیه تیل آباد - غزنوی (البرز شرقی)

در تاریخ ۹۳/۱۱/۲۷ توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد مورد ارزیابی و با درجه مورد پذیرش قرار گرفت.

امضاء	اساتید مشاور	امضاء	اساتید راهنما
	نام و نام خانوادگی : دکتر عزیز الله طاهری		نام و نام خانوادگی : دکتر رمضان رمضانی اومالی

امضاء	نماینده تحصیلات تکمیلی	امضاء	اساتید داور
	نام و نام خانوادگی : دکتر محمد رحمتی		نام و نام خانوادگی : دکتر پرویز امیدی
			نام و نام خانوادگی : دکتر سید سعید الرضا اسلامی



دانشگاه صنعتی شاهرود

مدیریت تحصیلات تکمیلی

فرم شماره (۶)

باسمه تعالی

شماره:

تاریخ:

ویرایش:

فرم صورت جلسه دفاع از پایان نامه تحصیلی دوره کارشناسی ارشد

با تأییدات خداوند متعال و با استعانت از حضرت ولی عصر (عج) نتیجه ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد آقای امید باشام رشته زمین شناسی گرایش تکتونیک تحت عنوان تحلیل هندسی و حرکتی ساختارهای زمین شناسی در ناحیه تیل آباد - غزنوی (البرز شرقی) که در تاریخ ۹۳/۱۱/۲۷ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می گردد:

☐ قبول (با درجه: بسیار ممتاز (۱۸-۱۵))	☐ دفاع مجدد	☐ مردود
--	------------------------------------	--------------------------------

۲- بسیار خوب (۱۸-۱۵/۹۹)

۱- عالی (۲۰-۱۹)

۴- قابل قبول (۱۵/۹۹-۱۴)

۳- خوب (۱۷/۹۹-۱۶)

۵- نمره کمتر از ۱۴ غیر قابل قبول

عضو هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
۱- استاد راهنما	دکتر رمضان رمضانی اومالی	استادیار	
۲- استاد مشاور	دکتر عزیز الله طاهری	استاد	
۳- نماینده شورای تحصیلات تکمیلی	دکتر		
۴- استاد ممتحن	دکتر سید سعید الرضا اسلامی	استادیار	
۵- استاد ممتحن	دکتر پرویز امیدی	استادیار	

رئیس دانشکده: دکتر پرویز امیدی امضاء: ۹۳/۱۱/۲۷

تقدیم به پدر و مادر عزیزم

خدای را بسی شاکرم که از روی کرم پدر و مادری فداکار نصیبم ساخته تا در سایه درخت پر بار وجودشان بیاسایم و از ریشه آنها شاخ و برگ گیرم و از سایه وجودشان در راه کسب علم و دانش تلاش نمایم.

والدینی که بودنشان تاج افتخاری است بر سرم و نامشان دلیلی است بر بودنم چرا که این دو وجود پس از پروردگار مایه هستی‌ام بوده اند دستم را گرفتند و راه رفتن را در این وادی زندگی پر از فراز و نشیب آموختند.

آموزگارانی که برایم زندگی؛ بودن و انسان بودن را معنا کردند

حال این برگ سبزی است تحفه درویش تقدیم آنان...

به پاس تعبیر عظیم و انسانی شان از کلمه ایثار و از خودگذشتگان

به پاس عاطفه سرشار و گرمای امیدبخش وجودشان که در این سردترین روزگاران بهترین پشتیبان است

به پاس قلب‌های بزرگشان که فریاد رس است و سرگردانی و ترس در پناهشان به شجاعت می‌گراید

و به پاس محبت‌های بی دریغشان که هرگز فروکش نمی‌کند.

تقدیم به پدر و مادر عزیزم

قدردانی

نخستین سپاس و ستایش از آن خداوندی است که بنده کوچکش را در دریای بیکران اندیشه، قطره‌ای ساخت تا وسعت آن را از دریچه اندیشه‌های ناب آموزگارانی بزرگ به تماشا نشیند. لذا اکنون که در سایه سار بنده نوازی‌هایش پایان نامه حاضر به انجام رسیده است.

«من لم یشکر المخلوق لم یشکر الخالق» بر خود لازم می‌دانم تا مراتب سپاس را از بزرگوارانی به جا آورم که اگر دست یاریگرشان نبود، هرگز این پایان نامه به انجام نمی‌رسید. به خصوص از استاد فرزانه جناب آقای دکتر رمضان رمضانی اومالی که در کلیه مراحل انجام این پژوهش با خوشروئی، یاری و راهنمایی-ام نمودند و همچنین از استاد فرهیخته جناب آقای دکتر عزیزالله طاهری که وقت خود را بی‌شائبه در اختیار من گذاشته و با دقت نظر خاصی مشاوره لازم در این خصوص ارائه نمودند صمیمانه تشکر و قدردانی می‌نمایم. از آقای دکتر پرویز امیدی به خاطر راهنمایی‌های موثرشان در زمینه آشنایی با سبک ساختاری منطقه مورد مطالعه بی‌نهایت متشکرم. از اساتید داور جناب آقایان دکتر اسلامی و امیدی که قبول زحمت نموده و داوری این پایان نامه را بر عهده گرفتند و قطعاً نظرات این بزرگواران در هرچه بهتر شدن این پایان نامه مثمرتر خواهد بود. همچنین از آقای مهندس میرباقری و سرکار خانم سعیدی و فارسی به دلیل همکاری بی‌دریغشان نهایت سپاسگذاری را دارم. جا دارد در اینجا از کلیه معلمان و اساتید دوران تحصیلم از ابتدا تا کنون صمیمانه تشکر و قدردانی نمایم.

همچنین از پدر و مادر عزیز، دلسوز و مهربانم که آرامش روحی و آسایش فکری فراهم نمودند، تا با حمایت‌های همه جانبه در محیطی مطلوب، مراتب تحصیلی و نیز پایان نامه درسی را به نحو احسن به اتمام برسانم، سپاسگزاری نمایم.

تشکر می‌نمایم از خواهران عزیزم و برادران مهربانم عبدالصمد، عبدالباسط و صلاح الدین و خواهرزاده‌های نازنینم حسیب، حسنا و آرمان که همواره در طول تحصیل متحمل زحماتم بودند و تکیه‌گاه من در مواجهه با مشکلات و وجودشان مایه دلگرمی من می‌باشند.

از همه دوستانم عزیزم بویژه آقایان تاشی، آرامش، هاشمی، عبداللهی، بازار نویی، درویشی، آنه منگلی، انصاری‌نیا، مرادی، وکیلی، روح افزا، میربیگی، خواجهی، خویان و فرحدل همچنین از خانم‌ها بابایی، خلیلی، صمدی، کرمی، تاتار و خراسانی که به نحوی در به ثمر رسیدن این تحقیق مرا یاری نمودند و رنج کیلومترها پیاده‌روی را به دوش کشیده‌اند، تشکر نموده و برای همه این عزیزان آرزوی سعادت و سلامتی می‌نمایم.

تعهد نامه

اینجانب امید باشام دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته زمین‌شناسی - تکتونیک دانشکده علوم زمین دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه تحلیل هندسی و حرکتی ساختارهای زمین‌شناسی در ناحیه تیل‌آباد - غزنوی تحت راهنمایی دکتر رمضان رمضانی اومالی متعهد می‌شوم.

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در 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 پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می‌گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، 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 ۱۳۹۳، ۱۲، ۱۰

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

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

❖ متن این صفحه نیز باید در ابتدای نسخه های تکثیر شده پایان نامه وجود داشته باشد .

چکیده

محدوده مورد مطالعه در قسمت شمالی البرز شرقی قرار دارد. این منطقه در ۴۵ کیلومتری جنوب شرق شهرستان آزادشهر در استان گلستان واقع شده است. در این منطقه سازندهای پالئوزوئیک، مزوزوئیک و سنوزوئیک بر اثر فرآیندهای تکتونیکی مختلف تحت تاثیر چین خوردگی و گسلش قرار گرفته اند. گسل‌های طولی منطقه با راستای شمال خاوری - جنوب باختری (گسل تیل‌آباد، زردابه، F^1 و F^2) دارای سازوکار مورب‌لغز چپ‌بر با مولفه شیب‌لغزی معکوس می‌باشند. گسل‌های عرضی موجود در منطقه نیز در دوگروه قرار دارند. گسل‌های با راستای تقریباً شمالی - جنوبی دارای سازوکار راستالغز چپ‌بر و دسته گسل‌های با راستای شمال باختری - جنوب خاوری نیز سازوکار راستالغز راست‌بر دارند. هندسه و سازوکار گسل‌های منطقه مورد مطالعه با الگوی دگرشکلی ترافشارشی چپ‌گرد مطابقت دارد. سطح محوری بیشتر چین‌های مطالعه شده در این منطقه در راستای شمال خاوری - جنوب باختری می‌باشند، طبق رده بندی فلوتی بر مبنای زاویه بین دو یال، بشتر در رده باز (Open) و تعداد محدودتری نیز در رده‌های ملایم (Gentle)، بسته (Close)، فشرده (Tight) قرار می‌گیرند. بر اساس شیب سطح محوری و میل لولا نیز چین‌های این منطقه بیشتر در رده ایستاده و با میل ملایم (Upright - Gently Plunging) و چین‌های پرشیب با میل ملایم (Steeply Inclined - Gently Plunging) قرار می‌گیرند. تقسیم بندی چین‌های این منطقه بر اساس ریکارد نیز در دو رده چین‌های ایستاده (Upright Fold) و کج شده (Inclined Fold) قرار می‌گیرند. سیمای زمین ریختی منطقه مورد مطالعه تا حد زیادی تحت تاثیر عناصر ساختاری (چین‌ها و گسل‌ها) قرار دارد.

واژه‌های کلیدی: البرز خاوری، تیل‌آباد، غزنوی، زردابه، گسل‌های عرضی،

مقالات مستخرج شده از این پایان نامه

* "تحلیل میدان تنش با استفاده از چین خوردگی‌ها در ناحیه تیل‌آباد - غزنوی (البرز شرقی)"، سی و دومین گردهمایی و نخستین کنگره بین‌المللی علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، بهمن ۱۳۹۲.

* "بررسی هندسه چین خوردگی‌ها در ناحیه تیل‌آباد - غزنوی (البرز شرقی)"، هشتمین همایش ملی تخصصی زمین‌شناسی دانشگاه پیام نور اراک، آبان ۱۳۹۳.

* "تحلیل ساختاری گسل‌های منطقه تیل‌آباد- غزنوی (البرز شرقی)"، همایش ملی علمی دانشجویان زمین‌شناسی دانشگاه اصفهان، آبان ۱۳۹۳.

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

فصل اول : کلیات

- ۱-۱- تعریف مساله و اهداف مطالعه : ۲
- ۲-۱- موقعیت جغرافیایی و راههای دسترسی به منطقه : ۳
- ۳-۱- آب وهوا و پوشش گیاهی ۴
- ۴-۱- زمین ریخت شناسی (ژئومورفولوژی) ۵
- ۵-۱- مطالعات پیشین ۸
- ۶-۱- روش پژوهش ۱۰
- ۱-۶-۱- مطالعات کتابخانه ای ۱۰
- ۲-۶-۱- مطالعات صحرایی : ۱۰
- ۳-۶-۱- تحلیل داده های ساختاری و تدوین پایان نامه ۱۱

فصل دوم : زمین شناسی عمومی

- ۱-۲- زمین ساخت البرز ۱۴
- ۲-۲- چینه شناسی منطقه : ۲۰
- ۱-۲-۲- واحدهای سنگی پالئوزوئیک ۲۱
- ۱-۲-۲-۱- سازند سلطان میدان ۲۱
- ۲-۲-۱-۲- سازند پادها ۲۲
- ۲-۲-۱-۳- سازند خوش ییلاق : ۲۴

- ۲۵ سازند مبارک: ۴-۱-۲-۲
- ۲۷ سازند دورود: ۵-۱-۲-۲
- ۲۸ سازند روته: ۶-۱-۲-۲
- ۲۹ واحدهای سنگی مزوزوئیک ۲-۲-۲
- ۲۹ سازند الیکا : ۱-۲-۲-۲
- ۳۱ سازند شمشک : ۲-۲-۲-۲
- ۳۲ سازند فارسیان : ۳-۲-۲-۲
- ۳۳ سازند لار : ۴-۲-۲-۲
- ۳۴ آهکهای کرتاسه بالایی: ۵-۲-۲-۲
- ۳۶ واحدهای سنگی سنوزوئیک ۳-۲-۲
- ۳۶ نهشته های پلیوسن: ۱-۳-۲-۲
- ۳۶ رسوبات کواترنری: ۲-۳-۲-۲
- ۳۷ نهشته های آبرفتی کهن (Q^t): ۳-۳-۲-۲
- ۳۷ نهشته های آبرفتی جوان (Q^{yt}): ۴-۳-۲-۲
- ۳۷ رسوبات آبرفتی رودخانه‌های (Q^{al}): ۵-۳-۲-۲

فصل سوم : زمین شناسی ساختمانی

- ۴۲ گسل ها ۱-۳
- ۴۳ گسل تیل آباد ۱-۱-۳
- ۵۳ گسل زردابه ۲-۱-۳
- ۶۱ گسل F۱ ۳-۱-۳

- ۶۷.....F_۲ -۴-۱-۳ گسل
- ۶۸.....: گسل غزنوی -۵-۱-۳
- ۷۶.....F_۳ -۶-۱-۳ گسل
- ۷۸.....F_۴ -۷-۱-۳ گسل
- ۷۹.....چین خوردگی ها -۲-۳
- ۸۳.....تاقدیس سرچشمه -۱-۲-۳
- ۸۴.....T_۱T_۲ -۱-۱-۲-۳ تاقدیس سرچشمه در پیمایش
- ۸۵.....T_۳T_۴ -۲-۱-۲-۳ تاقدیس سرچشمه در پیمایش
- ۸۷.....تاقدیس تیل آباد -۲-۲-۳
- ۸۷.....T_۵T_۶ -۱-۲-۲-۳ تاقدیس تیل آباد در پیمایش
- ۸۸.....T_۷T_۸ -۲-۲-۲-۳ تاقدیس تیل آباد در پیمایش
- ۹۱.....ناودیس تیل آباد -۳-۲-۳
- ۹۲.....ناودیس غزنوی -۴-۲-۳
- ۹۳.....A -۱-۴-۲-۳ ناودیس غزنوی در برش
- ۹۴.....B -۲-۴-۲-۳ ناودیس غزنوی در برش
- ۹۵.....تاقدیس غزنوی -۵-۲-۳
- ۹۵.....T_{۱۱}T_{۱۲} -۱-۵-۲-۳ تاقدیس غزنوی در پیمایش
- ۹۷.....T_{۱۳}T_{۱۴} -۲-۵-۲-۳ تاقدیس غزنوی در پیمایش
- ۱۰۲.....سازند پادها: -۶-۲-۳
- ۱۰۲.....سازند خوش ییلاق -۷-۲-۳

- ۱۰۳..... FO_2 چین ۱-۷-۲-۳
- ۱۰۴..... FO_3 چین ۲-۷-۲-۳
- ۱۰۶..... ۸-۲-۳ - سازند مبارک:
- ۱۰۷..... A ۱-۸-۲-۳ - تاقدیس غزنوی در برش
- ۱۰۹..... B ۲-۸-۲-۳ - تاقدیس غزنوی در برش
- ۱۱۰..... C ۳-۸-۲-۳ - تاقدیس غزنوی در برش
- ۱۱۱..... D ۴-۸-۲-۳ - تاقدیس غزنوی در برش
- ۱۱۳..... E ۵-۸-۲-۳ - تاقدیس غزنوی در برش
- ۱۱۵..... ۹-۲-۳ - سازند روته:
- ۱۱۶..... FO_4 ۱-۹-۲-۳ - تاقدیس
- ۱۱۷..... FO_5 ۲-۹-۲-۳ - تاقدیس
- ۱۱۹..... ۱۰-۲-۳ - سازند الیکا :
- ۱۱۹..... FO_6 ۱-۱۰-۲-۳ - تاقدیس
- ۱۲۱..... FO_7 ۲-۱۰-۲-۳ - ناودیس
- ۱۲۲..... FO_8 ۳-۱۰-۲-۳ - تاقدیس
- ۱۲۳..... FO_9 ۴-۱۰-۲-۳ - تاقدیس
- ۱۲۶..... ۱۱-۲-۳ - سازند شمشک :
- ۱۲۶..... ۱۲-۲-۳ - چین خوردگی سازند فارسین :
- ۱۲۷..... ۱۳-۲-۳ - آهک های کرتاسه بالایی
- ۱۲۸..... ۱۴-۲-۳ - نهشته های پلیوسن:

فصل چهارم : بحث و نتیجه گیری

۱-۴- الگوی گسلش در منطقه.....	۱۳۲
۱-۱-۴- گسل تیل آباد.....	۱۳۱
۲-۱-۴- گسل زردابه.....	۱۳۱
۳-۱-۴- گسل F _۱	۱۳۲
۴-۱-۴- گسل F _۲	۱۳۲
۵-۱-۴- گسل غزنوی:.....	۱۳۴
۶-۱-۴- گسل F _۳	۱۳۳
۷-۱-۴- گسل F _۴	۱۳۳
۲-۴- الگوی چین خوردگی و گسلش در منطقه مورد مطالعه:.....	۱۳۷
۳-۴- الگوی چین خوردگی.....	۱۴۰
۴-۴- پیشنهادات.....	۱۴۵
پیوست.....	۱۴۷
منابع.....	۱۵۸

فهرست اشکال

عنوان	صفحه
شکل ۱-۱- تصویر منطقه مورد مطالعه.....	۴
شکل ۲-۱- تصویر پوشش گیاهی موجود در منطقه.....	۵
شکل ۳-۱- تصویر SARTM منطقه مورد مطالعه.....	۷
شکل ۱-۲- تصویر SRTM از رشته کوه البرز البرز.....	۱۴
شکل ۲-۲- موقعیت جغرافیایی بلوک عربی و ایران در پالئوژئیک و مزوزوئیک.....	۱۶
شکل ۳-۲- تکامل ساختاری البرز در اواخر دوران سنوزوئیک.....	۲۰
شکل ۴-۲- سازند سلطان.....	۲۲
شکل ۲- سازند پادها.....	۲۳
شکل ۶-۲- سازند خوش ییلاق.....	۲۵
شکل ۷-۲- سازند مبارک.....	۲۶
شکل ۸-۲- سازند دورود.....	۲۷
شکل ۹-۲- سازند روته.....	۲۸
شکل ۱۰-۲- ستون چینه شناسی مربوط به سازندهای دوران پالئوژئیک.....	۲۹
شکل ۱۱-۲- سازند الیکا.....	۳۱
شکل ۱۲-۲- سازند شمشک.....	۳۲
شکل ۱۳-۲- سازند فارسیان.....	۳۳
شکل ۱۴-۲- سازند لار.....	۳۴
شکل ۱۵-۲- واحد آهک های کرتاسه بالایی.....	۳۴
شکل ۱۶-۲- ستون چینه شناسی مربوط به سازندهای دوران مزوزوئیک.....	۳۵
شکل ۱۷-۲- نهشته های پیلوسن.....	۳۶

- شکل ۱۸-۲- نهشته های آبرفتی کهن (Q^{t1}) ۳۷
- شکل ۱۹-۲- رسوبات آبرفتی رودخانه ای (Q^{t2}) و رسوبات آبرفتی رودخانه ای (Q^{al}) ۳۸
- شکل ۲۰-۲- ستون چینه شناسی مربوط به سازندهای دوران سنوزوئیک ۳۸
- شکل ۲۱-۲- نقشه زمین شناسی تهیه شده از منطقه مورد مطالعه ۳۹
- شکل ۱-۳- بخشی از نقشه زمین شناسی منطقه که گسل تیل آباد بر روی آن مشخص شده است ۴۴
- شکل ۲-۳- تصویر صحرایی رانده شدن سازند مبارک بر روی رسوبات کواترنری ۴۴
- شکل ۳-۳- نمای نزدیک از سطح گسل تیل آباد در ایستگاه اول ۴۵
- شکل ۴-۳- نمایی از گسل تیل آباد در ایستگاه دوم ۴۶
- شکل ۵-۳- تصویر صحرایی از گسل تیل آباد در ایستگاه سوم ۴۷
- شکل ۶-۳- نمایی از سطح گسل تیل آباد و شکستگی R' در ایستگاه سوم ۴۸
- شکل ۷-۳- تصویر صحرایی از گسل تیل آباد در ایستگاه چهارم ۴۹
- شکل ۸-۳- نمایی صحرایی از سطح گسل تیل آباد در ایستگاه چهارم ۵۰
- شکل ۹-۳- استریوگرام مربوط به داده های برداشت شده از سطح گسل تیل آباد ۵۱
- شکل ۱۰-۳- نمودار گلسرخی شیبی و امتدادی مربوط به داده های برداشت شده از سطح گسل تیل آباد ۵۲
- شکل ۱۱-۳- تصویر سه بعدی از ترکیب داده های SRTM و نقشه زمین شناسی منطقه ۵۲
- شکل ۱۲-۳- بخشی از نقشه زمین شناسی منطقه مورد که گسل زردابه بر روی آن مشخص شده است ۵۳
- شکل ۱۳-۳- نمای صحرایی رانده شدن سازند الیکا بر روی آهک های کرتاسه بالایی ۵۴
- شکل ۱۴-۳- تصویر صحرایی از گسل زردابه در ایستگاه اول ۵۵
- شکل ۱۵-۳- نمایی از سطح گسل زردابه در ایستگاه اول ۵۶
- شکل ۱۶-۳- تصویری از سطح گسل زردابه در ایستگاه دوم ۵۷
- شکل ۱۷-۳- رخنمون سطح گسل زردابه در ایستگاه دوم ۵۸
- شکل ۱۸-۳- استریوگرام مربوط به داده های برداشت شده از سطح گسل زردابه ۵۹
- شکل ۱۹-۳- نمودار گلسرخی شیبی و امتدادی مربوط به داده های برداشت شده از سطح گسل زردابه ۵۹
- شکل ۲۰-۳- تصویر سه بعدی از ترکیب داده های SRTM و نقشه زمین شناسی منطقه ۶۰

- شکل ۳-۲۱- دره گسلی ایجاد شده توسط گسل زردابه..... ۶۱
- شکل ۳-۲۲- بخشی از نقشه زمین شناسی منطقه که گسل F_1 بر روی آن مشخص شده است..... ۶۲
- شکل ۳-۲۳- تصویر صحرایی رانده شدن سازند دورود بر روی سازند خوش ییلاق..... ۶۲
- شکل ۳-۲۴- تصویر گسل F_1 در ایستگاه اول..... ۶۴
- شکل ۳-۲۵- نمایی از سطح گسل F_1 در ایستگاه دوم..... ۶۵
- شکل ۳-۲۶- استریوگرام مربوط به داده های برداشت شده از سطح گسل F_1 ۶۶
- شکل ۳-۲۷- نمودار گلسرخی شیبی و امتدادی مربوط به داده های برداشت شده از سطح گسل F_1 ۶۶
- شکل ۳-۲۸- تصویر سه بعدی از ترکیب داده های SRTM و نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه..... ۶۷
- شکل ۳-۲۹- بخشی از نقشه زمین شناسی منطقه که گسل F_2 بر روی آن مشخص شده است..... ۶۸
- شکل ۳-۳۰- بخشی از نقشه زمین شناسی منطقه که گسل غزنوی بر روی آن مشخص شده است..... ۶۹
- شکل ۳-۳۱- نمای صحرایی دور از زون گسلی در ایستگاه اول..... ۷۰
- شکل ۳-۳۲- نمایی از سطح گسل ایستگاه اول..... ۷۱
- شکل ۳-۳۳- نمایی صحرایی از ایستگاه دوم بر روی گسل غزنوی..... ۷۲
- شکل ۳-۳۴- نمایی از سطح گسل غزنوی در ایستگاه دوم..... ۷۲
- شکل ۳-۳۵- نمایی از گسل غزنوی در ایستگاه دوم..... ۷۳
- شکل ۳-۳۶- نمایی از چین کشیده در مجاورت گسل غزنوی..... ۷۴
- شکل ۳-۳۷- استریوگرام حاصل از داده های برداشت شده از چین کشیده..... ۷۴
- شکل ۳-۳۸- استریوگرام مربوط به داده های برداشت شده از سطح گسل غزنوی..... ۷۵
- شکل ۳-۳۹- نمودار گلسرخی شیبی و امتدادی مربوط به داده های برداشت شده از سطح گسل غزنوی..... ۷۶
- شکل ۳-۴۰- موقعیت ایستگاه های برداشت داده از گسل های عرضی..... ۷۷
- شکل ۳-۴۱- نمایی صحرایی از ایستگاه اول بر روی گسل های عرضی..... ۷۸
- شکل ۳-۴۲- نمای صحرایی دور از گسل عرضی در ایستگاه دوم..... ۷۸
- شکل ۳-۴۳- گسل F_4 بر روی تصویر ماهواره های لندست..... ۷۹
- شکل ۳-۴۴- نامگذاری چین ها بر پایه زاویه بین یالی آنها..... ۸۱

- شکل ۳-۴۵- رده بندی چینها با توجه به وضعیت صفحه محوری و خط لولا..... ۸۲
- شکل ۳-۴۶- رده بندی چینها از دیدگاه ریکارد..... ۸۳
- شکل ۳-۴۷- تصویر ماهوارهای لندست..... ۸۳
- شکل ۳-۴۸- استریوگرام حاصل از دادههای برداشت شده از تاقدیس سرچشمه در برش T_1T_2 ۸۵
- شکل ۳-۴۹- مقطع نمادین از تاقدیس سرچشمه در برش T_1T_2 ۸۵
- شکل ۳-۵۰- استریوگرام حاصل از دادههای برداشت شده از تاقدیس در برش T_3T_4 ۸۶
- شکل ۳-۵۱- مقطع نمادین از تاقدیس سرچشمه در برش T_3T_4 ۸۶
- شکل ۳-۵۲- تصویر ماهوارهای لندستاز تاقدیس و ناودیس تیل آباد در پیمایش T_9T_9 و T_5T_6 ۸۷
- شکل ۳-۵۳- مقطع نمادین از تاقدیس و ناودیس تیل آباد در برش T_9T_{10} ۸۸
- شکل ۳-۵۴- استریوگرام حاصل از دادههای برداشت شده از چین..... ۸۹
- شکل ۳-۵۵- مقطع نمادین از تاقدیس تیل آباد در برش T_5T_6 ۸۹
- شکل ۳-۵۶- تصویر ماهوارهای لندست از تاقدیس تیل آباد در پیمایش T_7T_8 ۹۰
- شکل ۳-۵۷- استریوگرام حاصل از دادههای برداشت شده از چین..... ۹۰
- شکل ۳-۵۸- مقطع نمادین از تاقدیس تیل آباد در برش T_7T_8 ۹۱
- شکل ۳-۵۹- تصویر ماهوارهای لندست از ناودیس تیل آباد..... ۹۱
- شکل ۳-۶۰- استریوگرام حاصل از دادههای برداشت شده از چین..... ۹۲
- شکل ۳-۶۱- تصویر ماهوارهای لندست از تاقدیس و ناودیس غزنوی در برش A..... ۹۳
- شکل ۳-۶۲- استریوگرام حاصل از دادههای برداشت شده از چین..... ۹۴
- شکل ۳-۶۳- تصویر ماهوارهای لندست از تاقدیس و ناودیس غزنوی در برش B..... ۹۴
- شکل ۳-۶۴- استریوگرام حاصل از دادههای برداشت شده از چین..... ۹۵
- شکل ۳-۶۵: تصویر ماهوارهای لندست از تاقدیس غزنوی در برش $T_{11}T_{12}$ ۹۶
- شکل ۳-۶۶- استریوگرام حاصل از دادههای برداشت شده از چین..... ۹۷
- شکل ۳-۶۷- مقطع نمادین از تاقدیس غزنوی در برش $T_{11}T_{12}$ ۹۷
- شکل ۳-۶۸: تصویر ماهوارهای لندست از تاقدیس غزنوی در برش $T_{13}T_{14}$ ۹۸

- شکل ۳-۶۹ - استریوگرام حاصل از داده‌های برداشت شده از چین ۹۹
- شکل ۳-۷۰ - مقطع نمادین از تاقدیس غزنوی در برش $T_{14}T_{13}$ ۹۹
- شکل ۳-۷۱ - تصویر صحرایی چین FO_1 در سازند پادها ۱۰۲
- شکل ۳-۷۲ - تصویر صحرایی چین FO_2 ۱۰۳
- شکل ۳-۷۳ - استریوگرام حاصل از داده‌های برداشت شده از چین FO_2 ۱۰۴
- شکل ۳-۷۴ - تصویر صحرایی چین FO_3 ۱۰۵
- شکل ۳-۷۵ - استریوگرام حاصل از داده‌های برداشت شده از چین FO_3 ۱۰۵
- شکل ۳-۷۶ - مدل سه بعدی تاقدیس غزنوی و پهنه گسلی غزنوی ۱۰۷
- شکل ۳-۷۷ - نمایی صحرایی از برشهای تاقدیس غزنوی و پهنه گسلی غزنوی ۱۰۷
- شکل ۳-۷۸ - استریوگرام حاصل از داده‌های برداشت شده از تاقدیس غزنوی در مقطع A ۱۰۸
- شکل ۳-۷۹ - تصویر ماهواره‌ای لندست از تاقدیس و ناودیس غزنوی در برش A ۱۰۸
- شکل ۳-۸۰ - تصویر صحرایی تاقدیس غزنوی در برش B ۱۰۹
- شکل ۳-۸۱ - استریوگرام حاصل از داده‌های برداشت شده از تاقدیس غزنوی در مقطع A ۱۱۰
- شکل ۳-۸۲ - تصویر صحرایی تاقدیس غزنوی در برش C ۱۱۰
- شکل ۳-۸۳ - استریوگرام حاصل از داده‌های برداشت شده از چین ۱۱۱
- شکل ۳-۸۴ - تصویر صحرایی تاقدیس غزنوی در برش D ۱۱۲
- شکل ۳-۸۵ - استریوگرام حاصل از داده‌های برداشت شده از چین ۱۱۲
- شکل ۳-۸۶ - تصویر صحرایی تاقدیس غزنوی در برش E ۱۱۳
- شکل ۳-۸۷ - استریوگرام حاصل از داده‌های برداشت شده از چین ۱۱۴
- شکل ۳-۸۸ - تصویر صحرایی تاقدیس FO_4 ۱۱۶
- شکل ۳-۸۹ - استریوگرام حاصل از داده‌های برداشت شده از تاقدیس FO_4 ۱۱۷
- شکل ۳-۹۰ - تصویر صحرایی تاقدیس FO_5 ۱۱۷
- شکل ۳-۹۱ - استریوگرام حاصل از داده‌های برداشت شده از تاقدیس FO_5 ۱۱۸
- شکل ۳-۹۲ - تصویر صحرایی تاقدیس FO_6 ۱۲۰

- شکل ۳-۹۳- استریوگرام حاصل از داده‌های برداشت شده از تاق‌دیس FO_۶..... ۱۲۰
- شکل ۳-۹۴- تصویر صحرایی ناودیس FO_۷..... ۱۲۱
- شکل ۳-۹۵- استریوگرام حاصل از داده‌های برداشت شده از ناودیس FO_۷..... ۱۲۲
- شکل ۳-۹۴- تصویر صحرایی ناودیس FO_۸..... ۱۲۲
- شکل ۳-۹۵- استریوگرام حاصل از داده‌های برداشت شده از ناودیس FO_۸..... ۱۲۲
- شکل ۳-۹۶: نمایی از تاق‌دیس FO_۹ در سازند الیکا..... ۱۲۴
- شکل ۳-۹۷- استریوگرام حاصل از داده‌های برداشت شده از تاق‌دیس FO_۹..... ۱۲۵
- شکل ۳-۹۸- تصویر صحرایی چین FO_{۱۰}..... ۱۲۷
- شکل ۳-۹۹- تصویر صحرایی چین FO_{۱۱}..... ۱۲۸
- شکل ۳-۱۰۰- تصویر صحرایی چین FO_{۱۲}..... ۱۲۹
- شکل ۳-۱۰۱- تصویر صحرایی چین FO_{۱۳}..... ۱۲۹
- شکل ۳-۱۰۲- تصویر صحرایی چین FO_{۱۴}..... ۱۲۹
- شکل ۴-۱: تکامل ساختاری البرز در اواخر دوران سنوزوئیک..... ۱۳۵
- شکل ۴-۲: نتایج بررسی‌های ورنانت و همکاران..... ۱۳۶
- شکل ۴-۳- طرح شماتیک تجزیه بردار حرکتی در زون رسوبی - ساختاری البرز خاوری و کپه داغ..... ۱۳۷
- شکل ۴-۴- مدل پیشنهادی برای تشکیل چین ها، گسل های معکوس و امتداد لغز در منطقه البرز خاوری..... ۱۳۸
- شکل ۴-۵- شکل‌گیری ساختهای فشارشی در بخشهایی از گسله های راستالغز که حالت همگرا دارند..... ۱۳۹
- شکل ۴-۶- نقشه ساختاری تهیه شده از منطقه مورد مطالعه..... ۱۴۰
- شکل ۴-۷- نمودار گل سرخی مربوط به سطح محوری چینها..... ۱۴۱
- شکل ۴-۸- رده بندی چینها بر اساس شیب سطح محوری و میل لولای چین..... ۱۴۲
- شکل ۰-۹- طبقه بندی چینها از دیدگاه ریکارد در منطقه مورد مطالعه..... ۱۴۳
- شکل ۴-۱۰- تلفیق نقشه مغناطیس‌هوایی گرگان نقشه زمین‌شناسی..... ۱۴۴
- شکل ۴-۱۱- تلفیق نقشه مغناطیس‌هوایی و نقشه زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه..... ۱۴۴

فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول ۱-۳ - خصوصیات هندسی چین‌های ماکروسکوپی برداشت شده در محدوده مورد مطالعه.....	۱۰۰
جدول ۲-۳ - جایگاه چین‌خوردگی‌های ماکروسکوپی برداشت شده در محدوده مورد مطالعه.....	۱۰۱
جدول ۳-۳ - خصوصیات هندسی چین‌های برداشت شده در سازند خوش ییلاق.....	۱۰۵
جدول ۴-۳ - جایگاه چین‌خوردگی‌های سازند خوش ییلاق در تقسیم بندی.....	۱۰۶
جدول ۵-۳ - خصوصیات هندسی چین‌های برداشت شده در سازند مبارک.....	۱۱۴
جدول ۶-۳ - جایگاه چین‌خوردگی‌های سازند مبارک در تقسیم بندی.....	۱۱۵
جدول ۷-۳ - خصوصیات هندسی چینهای برداشت شده در سازند دورود.....	۱۱۸
جدول ۸-۳ - جایگاه چین‌خوردگی‌های سازند دورود در تقسیم بندی‌های.....	۱۱۹
جدول ۹-۳ - خصوصیات هندسی چین‌های برداشت شده در سازند الیکا.....	۱۲۵
جدول ۱۰-۳ - جایگاه چین‌خوردگی‌های سازند الیکا در تقسیم بندی.....	۱۲۶
جدول ۱-۴ - طبقه بندی چینها بر اساس زاویه بین یالها.....	۱۴۱
جدول ۲-۴ - مقدار فراوانی چین‌ها بر اساس شیب سطح محوری و میل لولای چین در منطقه مورد مطالعه....	۱۴۲
جدول ۳-۴ - مقدار فراوانی چین‌ها از دیدگاه ریکارد در منطقه مورد مطالعه.....	۱۴۳

فصل اول

کلیات

۱-۱- تعریف مساله و اهداف مطالعه :

منظومه کوهستانی البرز در شمال ایران بخشی از سلسله جبال آلپ - هیمالیا می باشد، که تقریباً به طول ۲۰۰۰ کیلومتر، از سمت باختر به کوههای قفقاز در ارمنستان و جمهوری آذربایجان و از سمت خاور به کوههای پاراپامسیوس در شمال افغانستان کشیده شده است (علوی^۱، ۱۹۹۶).

سرزمین البرز از نگاه ریخت شناسی و نیز سرگذشت چینه ای در همه جا یکسان نیست و پیچیدگی های ساختاری این رشته کوه باعث شده است که بخش های مختلف البرز به طور جداگانه مورد بررسی قرار گیرد. در شکل گیری ساختارهای این رشته کوه عواملی مانند برخورد صفحه ایران و توران، عملکرد گسل های راندگی و امتدادلغز نقش دارند.

منطقه مورد مطالعه بخش کوچکی از دامنه جنوبی زون رسوبی - ساختاری البرز خاوری است و از نظر موقعیت جغرافیایی در جنوب خاوری استان گلستان قرار دارد. واحدهایی سنگی - رسوبی که در منطقه تحت تاثیر چین خوردگی و گسلش قرار گرفته اند، متعلق به دوران های پالئوزوئیک، مزوزوئیک و سنوزوئیک می باشند. چین خوردگی ها و گسلش های رخ داده در منطقه همانند البرز خاوری، بیشتر دارای روند شمال خاوری - جنوب باختری می باشند. همچنین گسل های عرضی در منطقه قابل شناسایی می باشند، که تقریباً دارای روند شمالی - جنوبی و شیب به سمت خاور هستند، که در نقشه های موجود چندان به آن توجه نکرده اند و تنها به صورت یک خطواره نشان داده اند.

۱ - تحلیل هندسی تاقدیس های تیل آباد، غزنوی و چین خوردگی های موجود در منطقه مورد مطالعه

۲ - هندسه و سازوکار گسل های محدوده مورد مطالعه و ارتباط آنها با یکدیگر

۳ - ارتباط بین گسل ها و چین ها محدوده مورد مطالعه

۴ - ارتباط بین گسل های طولی و عرضی منطقه

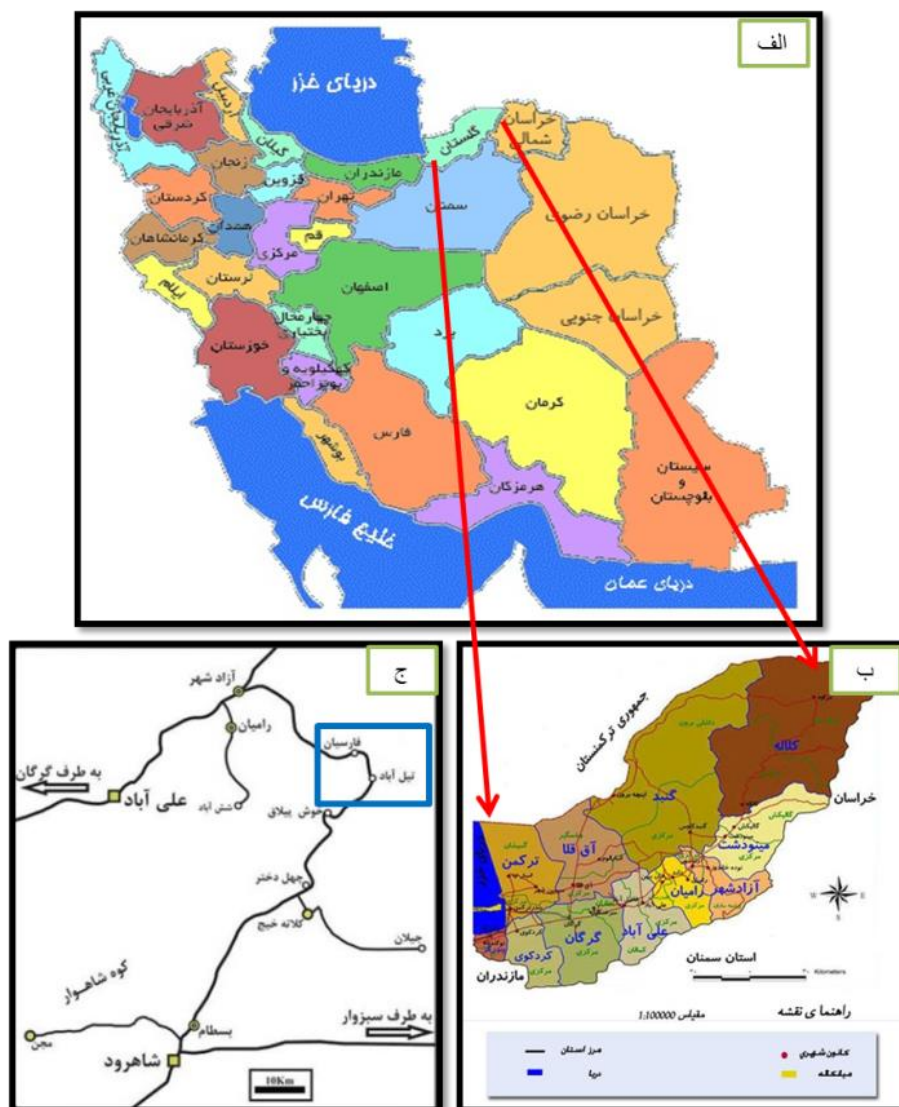
^۱ Alavi

۵ - تهیه نقشه زمین شناسی محدوده مورد مطالعه در مقیاس مناسب

۱-۲- موقعیت جغرافیایی و راههای دسترسی به منطقه :

منطقه مورد مطالعه در پهنه رسوبی - ساختاری البرز، در حاشیه جنوبی البرز خاوری در بین طولهای جغرافیایی $24^{\circ} 55'$ الی $30^{\circ} 55'$ شرقی و عرض جغرافیایی $36^{\circ} 57.6'$ الی $36^{\circ} 52.8'$ شمالی قرار گرفته است. این منطقه از نظر تقسیم‌بندی کشوری در جنوب شرق استان گلستان و در فاصله ۴۵ کیلومتری شهرستان آزادشهر در دهستان چشمه ساران قرار دارد. فاصله این شهرستان از مرکز استان گلستان (گرگان) حدود ۱۲۰ کیلومتر می باشد. روستاهای تیل آباد، محمدعلی آباد، غزنوی و فارسیان در منطقه مورد مطالعاتی قرار گرفته اند. مساحت منطقه مورد مطالعه تقریباً ۸۱ کیلومتر مربع (۹ کیلومتر طول و ۹ کیلومتر عرض) می باشد.

اصلی ترین راه دسترسی به این منطقه راه آسفalte آزادشهر - شاهرود است. این راه دقیقاً از وسط منطقه مورد مطالعه می گذرد. دیگر راههای دسترسی به منطقه میتوان به راه ارتباطی روستای تیل آباد به پامنار و فارسیان نام برد. و برای ورود به درون منطقه مورد مطالعه نیز باید از دره های عرضی و راه های خاکی که منتهی به زمین های کشاورزی و دامداری ها است استفاده کرد. تا به سهولت به نقاط دسترسی پیدا کرد (شکل ۱-۱).



شکل ۱-۱ - الف - منطقه مورد مطالعه نسبت به نقشه ایران (ب) منطقه مورد مطالعه نسبت به استان (ج) منطقه مورد مطالعه نسبت به شهرستان

۱-۳- آب و هوا و پوشش گیاهی

این منطقه از لحاظ آب و هوایی جزء مناطق کوهستانی، سرد و خشک می باشد و به سمت آزادشهر بر رطوبت هوا بخاطر نزدیک شدن به دریای خزر افزوده می شود. در فصل پاییز و بهار متوسط حالت بین زمستان و تابستان برقرار می باشد. که دارای زمستان های بسیار سرد طولانی و تابستان های معتدل و کوتاه می باشد میانگین دما در گرمترین ماه سال (تیر ماه) ۳۰-۳۵ درجه سانتی گراد و در سردترین ماه سال

(بهمن) تا ۱۰- درجه سانتی گراد می‌رسد. بارش در این منطقه بنا به فصل بارش بصورت برف و باران متغیر هست، که در زمستان بیشتر بارش‌ها بصورت برف و در فصل‌های بهار و پاییز بصورت باران می‌باشد. میزان بارندگی در این منطقه ۱۰۰-۴۰۰ میلی متر در سال است.

هر چه از قسمت‌های شمالی به سمت جنوب حرکت می‌کنیم، از میزان دمای هوا و پوشش گیاهی کاسته می‌شود. پوشش گیاهی در کنار رودخانه تیل‌آباد بیشتر گردو و هلو ولی در کوهستان‌ها درختان کوهستانی مثل گز، زرشک و .. می‌باشد (شکل ۱-۲).



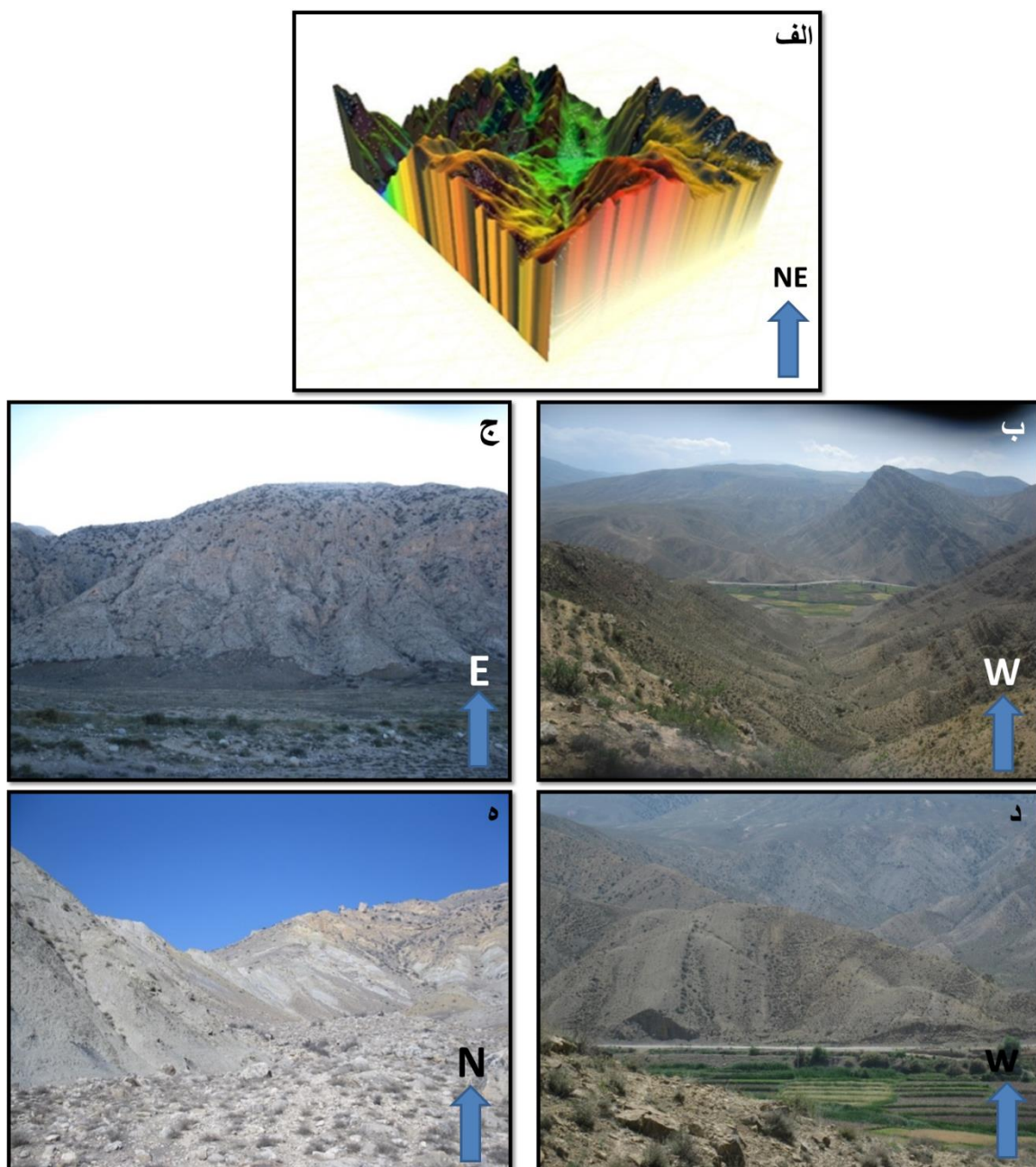
شکل ۱-۲- پوشش گیاهی موجود در منطقه، الف - جنوب روستای غزنوی (دید به سمت شمال باختری)، ب - جنوب غرب منطقه مورد مطالعه (دید به سمت جنوب خاوری).

۴-۱- زمین ریخت شناسی (ژئومورفولوژی)

زمین ریخت شناسی کمربند البرز تغییرات بسیار زیادی را نشان می‌دهد، البته با بررسی این رشته کوه از سمت البرز باختری به البرز خاوری شاهد تغییرات منظمی مطابق با روند ساختاری هر بخش هستیم (قرشی، ۱۳۸۹). از شاهرود به سمت تیل‌آباد - غزنوی، تا قبل گردنه‌ی خوش ییلاق منطقه حالت فلات گونه دارد و بعد از آن به دلیل ارتفاعات متعدد چهره‌ی کوهستانی پیدا می‌کند. ژئومورفولوژی منطقه تابعی از آب و هوا و با توجه به گوناگونی در ترکیب سنگ‌ها و نهشته‌ها و نوع فرسایش ژئومورفولوژی خاصی دارند. گسل خوردگی‌ها و چین خوردگی‌ها نیز در طول زمان زمین شناسی یکی از عوامل اصلی در ایجاد

سیماهای مورفولوژیکی در منطقه می باشند. در محدوده مورد بررسی خط الراس کوهها و درهها بطور کلی دارای روند شمال خاوری - جنوب باختری، موازی با روند ساختارهای اصلی منطقه بوده است. بطور کلی در منطقه سازندهای خوش ییلاق، دورود، شمشک و نهشته های کواترنری به علت نامقاوم بودن بیشتر تحت تاثیر فرسایش قرار گرفته و ریخت شناسی ملایم و تپه های مدور با شیب کم را ایجاد کرده اند. ولی سازندهای آهکی و سخت همانند مبارک، روته، الیکا، لار و آهکهای کرتاسه به علت مقاومت بیشتر در مقابل فرسایش مناطق ستیغ و بلندیهای منطقه را ایجاد کرده اند (شکل ۱-۳). از نظر توپوگرافی میانگین ارتفاع محدوده مورد مطالعه از سطح دریا ۱۶۰۰ متر می باشد. حداکثر ارتفاع محدوده یاد شده مربوط به قله کوههای قسمت جنوبی و جنوب خاوری منطقه مورد مطالعه در سازند لار با ارتفاع ۱۹۰۰ متر از سطح دریا و حداقل ارتفاع ۸۰۰ متر از سطح دریا مربوط به قسمت شمال باختری در بستر رودخانه خرمالو (تیل آباد) قرار دارد (نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ خوش ییلاق).

از رودهای مهم منطقه میتوان به رودخانه خرمالو (تیل آباد) و وامنان نام برد که آب این رودها از چشمهها و کوههای اطراف تامین می شود و در محل پل تاریخی روستای غزنوی به هم می پیوندند و با پیوستن به گرگان رود به دریای خزر می ریزد.



شکل ۳-۱- الف - تصویر SARTM منطقه مورد مطالعه برای نشان دادن توپوگرافی منطقه مورد مطالعه، ب - نمایی از توپوگرافی خشن سازند مبارک (دید به سمت غرب)، ج - نمایی از توپوگرافی خشن سازند آهکهای کرتاسه بالایی (دید به سمت شرق)، د- نمایی از توپوگرافی ملایم بخش بالایی سازند خوش ییلاق کنار جاده شاهرود - آزادشهر (دید به سمت غرب)، ه- نمایی از توپوگرافی ملایم سازند شمشک در نزدیکی روستای غزنوی (دید به سمت شمال).

۱-۵- مطالعات پیشین

اگرچه مطالعات انجام شده بر روی رشته کوه البرز شرقی نسبتاً زیاد می‌باشد، اما این مطالعات در منطقه مورد مطالعه به صورت کلی بوده و به جزئیات ساختاری کمتر پرداخته شده است. اولین مطالعات ساختاری مربوط به منطقه برای تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ گرگان توسط علوی و همکاران (۱۳۶۹)، ۱:۱۰۰۰۰۰ خوش‌یلاق توسط جعفریان و همکاران (۱۳۸۳) صورت پذیرفته است. بیشتر مطالعات صورت گرفته در این منطقه مربوط به مباحث چینه‌شناسی و رسوب‌شناسی بوده است. برخی از این مطالعات به شرح زیر می‌باشد.

شهبازی و همکاران (۱۳۹۳)، به تحلیل هندسی و جنبشی چین‌خوردگی در ناحیه تیل‌آباد پرداخته‌اند. وضعیت اکثر چین‌ها، در رده چین‌های کم میل تا متوسط میل و پر شیب قرار می‌گیرند، بر حسب زاویه بین دو یال اکثر چین‌های منطقه در رده چین‌های باز و بر اساس تقسیم بندی رمزی، اکثر چین‌ها در رده ۱ و بخصوص در رده ۱B که چین‌های موازی هستند قرار می‌گیرند. در کل روند سطح محوری چین‌ها شمال خاوری - جنوب باختری می‌باشد.

نورافکن و همکاران (۱۳۹۱)، در جنوب منطقه مورد مطالعه، به تحلیل ساختاری چین‌خوردگی‌ها و گسلش در ناحیه چهل دختر (شمال خاوری شاهرود) پرداخته‌اند، که طی مطالعات آنها در این منطقه، گسل‌های با راستای شمال خاوری - جنوب باختری همچون گسل ابر، میقان، خیج و کلاته بن، دارای سازوکار معکوس چپ‌بر و گسل‌های با راستای شمالی - جنوبی دارای سازوکار راست‌بر می‌باشند. چین‌های مطالعه شده، در این منطقه بر مبنای زاویه بین دو یال به طور عمده در رده باز و تعداد محدودی از آنها در رده ملایم قرار می‌گیرد. و بر اساس شیب سطح محوری و میل لولا بیشتر در دو رده ایستاده و تقریباً افقی، ایستاده با میل ملایم قرار می‌گیرند.

جاویدفخر و همکاران (۲۰۱۱)، برای مطالعه زمین ساخت فعال در البرز خاوری، به بررسی سازوکار گسل-های ابر و خیج پرداخته‌اند، این دو گسل دارای راستای شمال خاوری جنوب باختری و سازوکار چپ‌بر می‌باشد. این دو گسل تقریباً به صورت موازی و با فاصله تقریباً ۲۰ کیلومتری نسبت با یکدیگر قرار دارند، ولی در نزدیکی روستای تیل‌آباد این فاصله به ۲ کیلومتر می‌رسد.

درخشان و همکاران (۱۳۹۱) به مطالعه محیط رسوبی سازند الکیا در برش تیل‌آباد پرداخته‌اند. محیط رسوبی سازند الیکا در منطقه تیل‌آباد با ظهور رخساره‌های مناطق نیمه عمیق مانند رمپ میانی شروع می‌شود و تا پهنه‌های جذر و مدی، و در نهایت محیط قاره‌ای ادامه می‌یابد، که این تفاوت رخساره‌ها نشان دهنده‌ی تغییرات سطح آب دریا در محدوده زمانی تریاس به شکل یک پسرپی در البرز شرقی است. سعیدی و همکاران (۱۳۹۱) به تحلیل رخساره‌های رسوبی سازند مبارک در برش تیل‌آباد پرداخته‌اند. سازند مبارک در این برش در یک پلاتفرم کربناته نوع رمپ هموکلینال نهشته شده است.

حسینی و همکاران (۱۳۸۹) به بررسی رخساره‌ها، محیط رسوبگذاری و چین‌نگاری سکانسی توالی رسوبی پرمین در ناحیه تیل‌آباد - غزنوی پرداخته‌اند. توالی رسوبی در این ناحیه در یک سیستم مختلط آواری-کربناته نهشته شده است. سازند دورود (پرمین پیشین) با حاکمیت محیط آواری نهشته شده و در یک سیستم رودخانه‌ای - ساحلی تشکیل شده است. شرایط در زمان تشکیل سازند روت (پرمین میانی) همزمان با بالا آمدن سطح آب دریا و کاهش ورود آواری‌ها به حوضه، شرایط محیط رسوبگذاری از آواری به کربناته تحول یافته و یک پلاتفرم کربناته از نوع رمپ در منطقه گسترش یافته است.

حاجی پور (۱۳۸۸)، به مطالعه ماکروفسیل‌های سازند شمشک در ناحیه غزنوی - فارسین پرداخته‌اند. که قاعده سازند شمشک در منطقه از رتین (تریاس پسین) آغاز می‌شود و شرایط آب و هوایی نیمه استوایی و مرطوب و محیط رسوبگذاری دلتایی که با نوسانات شدید سطح آب حوضه رسوبی همراه بوده است.

میرباقری و همکاران (۱۳۸۶)، به بررسی مشخصات سنگ شناسی، محیط رسوبی و سکانس استراتیگرافی سازند شمشک در روستای غزنوی پرداخته است. در این منطقه شانزده سکانس را از این سازند شناسایی و محیط تشکیل آن را دلتایی پیشنهاد کرده است.

لاسمی و همکاران (۱۳۷۹) به بررسی رخساره‌ها، محیط‌های رسوبی و چینه نگاری سکانشی سازند الیکا در ناحیه غزنوی پرداخته‌اند. رخساره‌های بخش زیرین در دوره‌های آرام و طوفانی و رخساره‌های بخش بالایی در دوره‌های آرام در پلاتفرم کربناتی نوع رمپ تشکیل شده است.

۱-۶- روش پژوهش

برای انجام پژوهش مورد نظر و رسیدن به اهداف از پیش تعیین شده آن از روش‌های پژوهشی مختلف زیر به شرح زیر استفاده شده است.

۱-۶-۱- مطالعات کتابخانه‌ای

- جمع‌آوری اطلاعات علمی موجود در رابطه با موضوع و محل پژوهش از منابع علمی مختلف از جمله کتب و مجلات علمی معتبر و گزارش‌های سازمان زمین شناسی، با مطالعه و بررسی این منابع جهت دست‌یابی به اطلاعات اولیه لازم برای انجام پژوهش‌های دیگر و آشنایی با سوابق پژوهش‌های مربوطه.
- تهیه نقشه‌های زمین شناسی و توپوگرافی و عکس‌های هوایی و ماهواره‌ای منطقه مورد پژوهش و بررسی آنها به منظور آشنایی با موقعیت جغرافیایی، توپوگرافی و زمین شناسی منطقه.
- پیدا کردن بهترین راه دسترسی به منطقه برای برداشت‌های صحرایی.

۱-۶-۲- مطالعات صحرایی :

- نمونه برداری از سنگ‌ها و تهیه مقاطع نازک به منظور تشخیص سازندها

- اندازه گیری وضعیت استقرار (شیب و جهت بزرگترین شیب) ساختارهای زمین شناسی در صحرا، جهت تهیه استریوگرام‌های مختلف و تفسیر آنها.

- شناسایی آثار گسلش سطحی و ساختارهای مرتبط با آن
لازم بر ذکر است که نحوه بیان موقعیت عناصر ساختاری صفحه ای بصورت شیب و جهت بزرگترین شیب (Dip, Dip Direction) و عناصر خطی به صورت میل و جهت میل (Azimuth, Plunge) می باشد.

۱-۶-۳- تحلیل داده های ساختاری و تدوین پایان نامه

- تحلیل داده‌های ساختاری، که برگرفته از مطالعات قبلی، داده‌ها و اطلاعات بدست آمده از برداشت‌های صحرایی می‌باشد. که پارامترهای ساختاری برداشت شده چین‌ها برای تقسیم بندی براساس زاویه بین یالی و سطح محوری (فلوتی)، شیب و پلانژ (ریکارد) صورت گرفته است. داده‌های برداشت شده گسل برای تعیین وضعیت هندسی، سازوکار و مدل جنبشی صورت گرفته است. به این منظور از نرم افزارهای استریوگرافیک مانند: Tectonic FP، Dips، Georient و ... استفاده شده است.

- تدوین پایان نامه و تهیه نقشه‌های زمین شناسی و ساختاری از منطقه مورد مطالعه که از طریق اطلاعات بدست آمده از تصاویر ماهواره‌ای، عکس‌های هوایی و برداشت‌های صحرایی با استفاده از نرم افزارهای مرتبط مانند: Arc Gis، Global Mapper و ... به انجام رسیده است. در آخر برای تهیه نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه، از نقشه زمین شناسی خوش ییلاق با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ به عنوان نقشه پایه استفاده شده و یافته‌های جدید این پژوهش در محیط Arc Gis بر روی آن اضافه شده است.

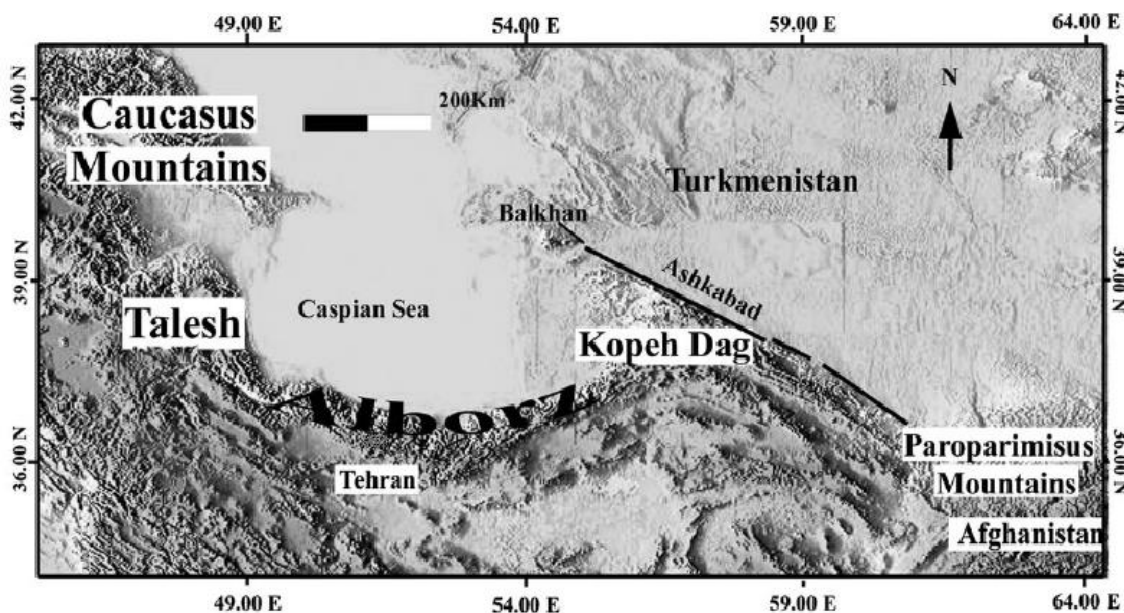
فصل دوم

زمین شناسی عمومی

منطقه مورد مطالعه برای این پژوهش از دیدگاه زمین شناسی ایران، در زون رسوبی - ساختاری البرز و در حاشیه جنوبی البرز خاوری قرار دارد. به همین لحاظ در این فصل تاریخچه مختصری از زمین ساخت البرز و چینه شناسی محدوده مورد مطالعه مورد بحث قرار می گیرد.

۱-۱- زمین ساخت البرز

به اعتقاد علوی^۱ (۱۹۹۶) سرزمین ایران در میان کمربندهای کوهستانی آلپ - هیمالیا، بصورت زون قاره-ای با همگرایی بین اوراسیا در شمال و بلوک عربی در جنوب قرار دارد. به اعتقاد علوی منظومه کوهستانی البرز در شمال ایران بخشی از سلسله جبال آلپ - هیمالیا می باشد که تقریباً به طول ۲۰۰۰ کیلومتر، از سمت باختر به کوه‌های قفقاز در ارمنستان و جمهوری آذربایجان و از سمت خاور به کوه‌های پاراپامسیوس در شمال افغانستان کشیده شده است (شکل ۱-۲).



شکل ۱-۲- تصویر SRTM از رشته کوه البرز البرز (برگرفته از احتشامی و یساقی، ۲۰۰۶)

^۱ Alavi

^۲ Ehteshami and Yassaghi

به اعتقاد جکسون رشته کوه البرز بصورت کمان مرتفعی در شمال ایران، که از انتهای تالش در باختر تا تقاطع آن با کپه داغ در خاور گسترده شده است (جکسون و همکاران^۱، ۲۰۰۲). پهنه رسوبی - ساختاری البرز شامل بلندهای شمال ایران، ناحیه‌ای با دگرشکلی فعال در زون برخوردی اوراسیا - عربی می‌باشد که بصورت رشته کوه‌هایی به شکل V باز در حاشیه جنوبی حوضه خزر، در یک راستای عمومی خاوری - باختری و نسبتاً پر پیچ خم‌دار از آذربایجان تا خراسان امتداد دارد (آقناباتی، ۱۳۸۳).

پوسته البرز ضخامتی در حدود ۳۵ کیلومتر دارد و شامل ردیف‌های ضخیمی از سنگ‌های پرکامبرین پسین تا عهد حاضر می‌باشند (تاتار^۲، ۲۰۰۱). رشته‌کوه البرز مثال بارزی از تغییر شکل فشارشی و امتدادلغز است (آلن و همکاران^۳، ۲۰۰۳). گسل خوردگی به صورت راندگی مهم‌ترین شکل دگرریختی در البرز محسوب می‌گردد. این نوع گسل‌ها موجب جابجایی ورقه‌های ساختاری بیشمار و تشکیل سیستم‌های دوپلکسی گردیده است (علوی، ۱۹۹۶).

ساختمان البرز نتیجه دو کوهزایی مهم است، اولین کوهزایی مربوط به پرکامبرین، دومین کوهزایی مربوط به کوهزایی آلپین که مربوط به دوران مزوزوئیک می‌باشند. که باعث چین خوردگی در البرز، سخت شدن و به هم پیوستگی پی سنگ را به دنبال داشته است. اگر چه مجموعه البرز از آذربایجان تا خراسان ادامه می‌یابد، ولی از نظر چین‌ه‌شناسی و تکتونیک اختصاصات یکنواخت نداشته و به همین دلیل به واحدهای کپه داغ، آذربایجان، البرز باختری، البرز مرکزی و البرز خاوری تقسیم شده است (درویش زاده، ۱۳۷۰).

در زمان پرکامبرین، نواحی البرز، ایران مرکزی، سهندج سیرجان و زاگرس در حاشیه شمالی قاره گندوانا قرار داشته و به وسیله اقیانوس تتیس کهن (پالئوتتیس) از پهنه کپه داغ و به تبع آن از قاره اوراسیا جدا بوده‌اند (بربریان و کینگ^۴، ۱۹۸۱). در اواخر دوران پالئوزوئیک تا ابتدای مزوزوئیک، البرز و ایران مرکزی

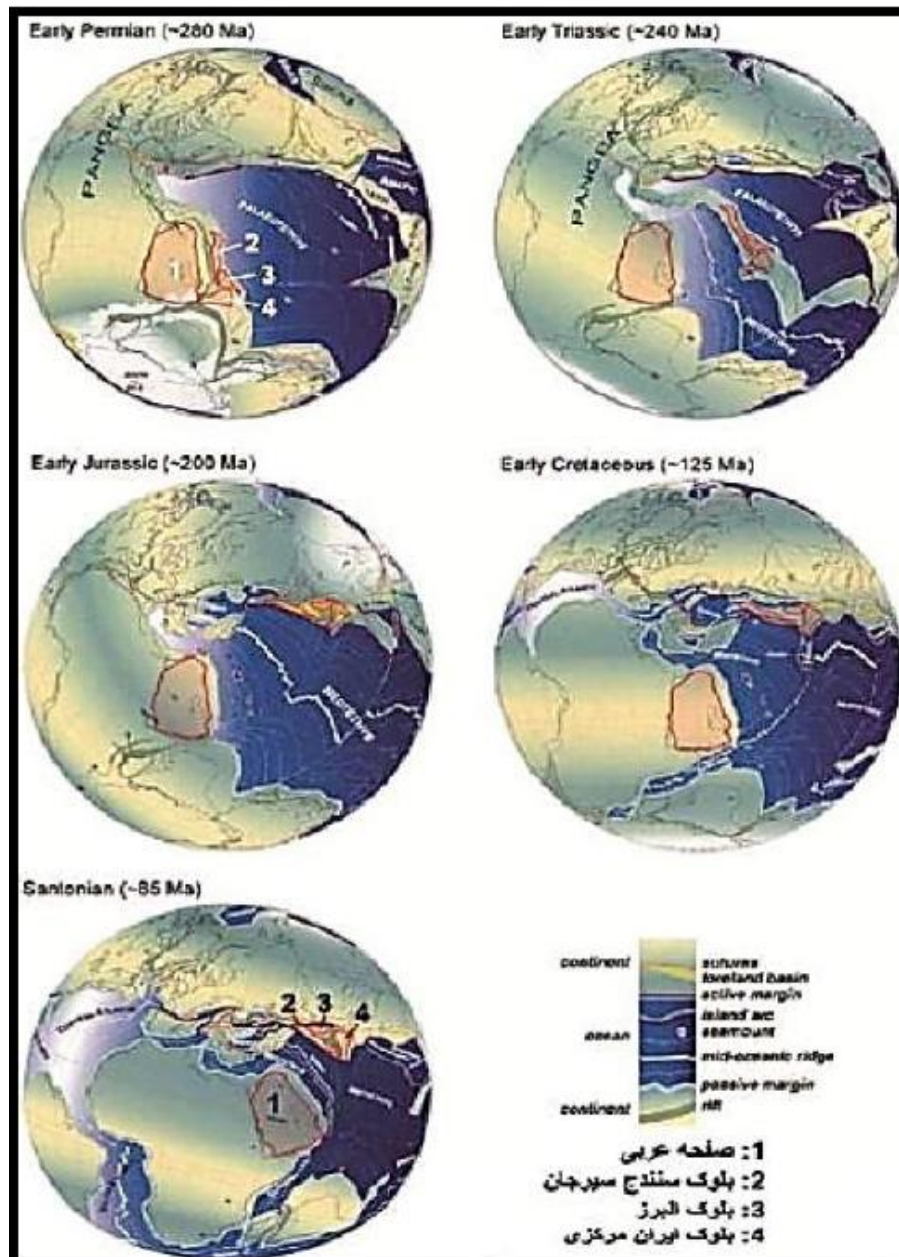
^۱ Jackson

^۲ Tatar

^۳ Allen

^۴ Berberian & King

گندوانا جدا شده و با حرکت تدریجی به سمت شمال، طی تریاس پسین (حدود ۲۱۰ میلیون سال قبل) به ورقه شمالی (اورازیا) برخورد کرده است (شکل ۲-۲). البرز و ایران مرکزی به اورازیا متصل شد و اقیانوس پالئوتتیس به طور کامل بسته شد.



شکل ۲-۲- موقعیت جغرافیایی بلوک عربی و ایران در پالئوزوئیک و مزوزوئیک (بر گرفته از اشتامفلی و برل^۱، ۲۰۰۲).

^۱ Stampfli & Borel

بسیاری از محققان، البرز را از اینفراکامبرین تا تریاس میانی، به صورت یک پلاتفرم پایدار در نظر می-گیرند، فازهای کالدونین و هرسی نین را تنها به صورت خشکی زایی قبول دارند (اشتامفلی، ۱۹۷۸، اشتوکلین^۱، ۱۹۶۸). البرز از زمان تریاس تا به امروز توسط کوهزایی‌های سیمیرین و آلپ تکامل یافته است (علوی، ۱۹۹۶). در زمان تریاس پسین، همزمان با رویداد کوهزایی سیمیرین پیشین، اگرچه رویدادهای ناشی از برخورد حاشیه قاره‌ای فعال و پویای توران با حاشیه قاره‌ای ناپویای البرز موجب شکل‌گیری گسل‌های راندگی و فرورائش مجموعه‌های اقیانوسی تتیس کهن بر روی لبه شمالی البرز شده است (آقانباتی، ۱۳۸۳).

ویژگی‌های سنگی و زیستی ژوراسیک البرز، پیوند نزدیک با رویدادهای زمین‌ساختی دارد، به گونه‌ای که می‌توان همه سنگ‌های ژوراسیک البرز را در دو دوره رسوبی جدا جای داد. سنگ‌های نخستین چرخه نشانگر حوضه‌های مردابی - رودخانه‌ای و گاه دریایی کم ژرفا و بخشی از واحد سنگی « گروه شمشک » است. رسوب‌های چرخه رسوبی دوم، بیشتر ردیف‌های دریایی شامل مارن و سنگ‌آهک‌های مارنی « سازند دلیچای » به سن ژوراسیک میانی و سنگ‌آهک‌های « سازند لار » به سن ژوراسیک پسین است. حدهای چرخه رسوبی و حتی مرز سازندهای ژوراسیک، در بیشتر نواحی البرز ناهمزمان (Diachronous) است (آقانباتی ۱۳۸۳).

نوار کوهزایی البرز بر حاشیه شمالی ایران، در اواخر ژوراسیک پیشین لیتوسفر قاره‌ای برای رسیدن به تعادل ایزوستاتیک در زیر بار وزن نوار کوهزایی البرز فرونشینی کرده است. این فرونشینی که با کاهش شدت فرسایش همراه بوده است با همراهی افزایش سطح جهانی آبها، پیشروی مجدد محیط دریایی به سمت نوار کوهزایی و برقراری محیط دریایی در حوضه فورلند را سبب شده است. در این مرحله که با

^۱ Stocklin

شروع یک دوره آرامش تکتونیکی همراه بوده است، توالی رسوبات آهکی ژوراسیک میانی تا کرتاسه پسین در حوضه فورلند را سبب شده‌اند (شهریاری و همکاران، ۱۳۸۲).

بررسی دیرینه جغرافیایی البرز نشان می‌دهد که رسوبات پالئوزوئیک دامنه شمالی سترتراند و در پاره‌ای نقاط همچون آمل، کندوان ناپیوستگی رسوبی میان سنگ‌های پرمین و تریاس در کمترین اندازه است. در ضمن، ستربرای رسوبات زغالدار تریاس بالا - ژوراسیک میانی در دامنه شمالی، چندین برابر دامنه جنوبی است. این نکته‌ها نشان می‌دهد که در زمان‌های پالئوزوئیک - مزوزوئیک حوضه رسوبی دامنه شمالی البرز عمیق‌تر از دامنه جنوبی بوده است (آقابات، ۱۳۸۳).

اولین حرکات واقعی که منجر به چین‌خوردگی البرز شد، در ماستریشین پایانی و پالئوسن اتفاق افتاد (فاز لارامید) و در اثر آن، محدوده فرورفتگی در شمال به خشکی مبدل شده است و موجب تشکیل جبال البرز در اوایل دوران سنوزوئیک گردید. دومین فاز کوهزایی در اوایل - اواسط الیگوسن اتفاق افتاد (فاز پیرنه). این حرکات موجب مرتفع شدن بیشتر، و فرسایش بعدی قسمت مرکزی کمربند البرز شد. آخرین فرایند کوهزایی مهم در البرز در اواخر پلیوسن یا اوایل پلیستوسن اتفاق افتاده است (فاز پاسادنین). پی آمد این حرکات، گسل خوردگی‌ها، روراندگی‌های ملایم و مرتفع شدن البرز بوده است (خسروتهرانی، ۱۳۶۴).

با شروع نئوژن در نتیجه حرکات کوهزایی آلپ پسین، بالآمدگی در فلات ایران و نیز افت سطح جهانی آبها (Vail et al, ۱۹۹۷) حوضه فورلند دریایی به یک حوضه غیر دریایی تبدیل شده است (شهریاری و همکاران، ۱۳۸۲).

توالی رسوبات از نئوژن تا عهد حاضر در این پهنه، به طور عمده از نوع آواری و پلایایی است. رسوبات متعلق به این بازه از چندین سیکل از رسوبات آواری ضخیم شونده و درشت شونده به سمت بالا تشکیل شده است. این سیکل‌های آواری توسط مجموعه‌های از رسوبات پلایایی از یکدیگر جدا می‌شوند. سیکل -

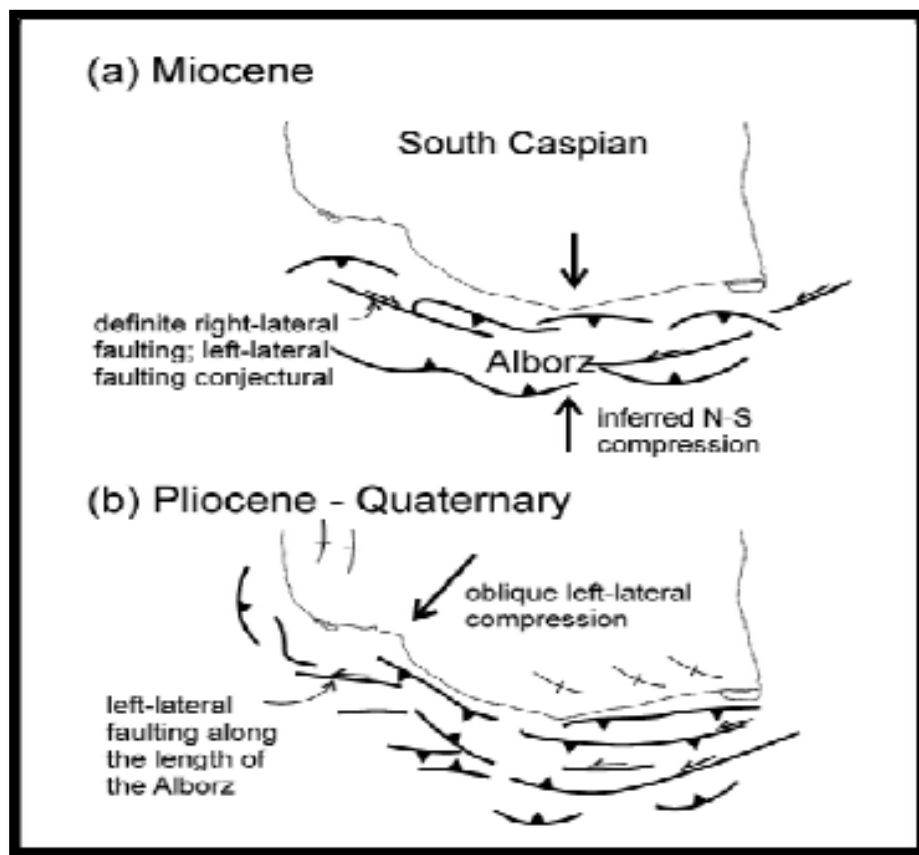
های آواری، مجموعه‌های همزمان با کوهزایی هستند که در نتیجه فعالیت نوار چین خورده - گسلیده البرز، پیوستن ورقه‌های جدید از پوشش رسوبی فورلند، بالاآمدگی، و متعاقب آن تجدید حیات فرسایش، تشکیل شده‌اند (رحیمی، ۱۳۸۱).

آخرین فرایند زمین ساختی بزرگ در شمال ایران و جنوب دریای خزر که باعث تغییر شکل گسترده شده است، مربوط به آخرین برخورد فشرده‌گی در میوسن میانی می باشد (بربریان و کینگ، ۱۹۸۱). خط ساحلی جنوب دریای خزر با سرعتی حدود ۵ میلی متر در سال به سمت شمال غرب نسبت ایران حرکت می‌کند و برشی‌های چپ‌گرد را در البرز حدود ۴ میلی‌متر در سال حساب شده است (ورنانت^۱، ۲۰۰۴). همگرایی شمالی - جنوبی از ایران مرکزی با حالت حرکت از سوی جنوب غرب به سوی شمال شرق جنوب دریای خزر باعث بوجود آوردن تکتونیک ترافشارشی در منطقه البرز شده است. این تکتونیک ترافشارشی زمان شروعش بین ۳ تا ۷ میلیون سال می‌باشد (ریتز^۲، ۲۰۰۶). این بالا آمدگی خمشی که باعث بالا رفتن البرز و کوههای تالش در جنوب دریای خزر باعث افزایش ضخامت پوسته در اواخر سنوزوئیک شده است (آلن و همکاران، ۲۰۰۳).

آلن و همکاران (۲۰۰۳) تکامل پوسته در البرز در اواخر دوران سنوزوئیک را اینگونه بیان کرد که در میوسن تغییر شکل احتمالا فشارشی و همراه با حرکت عموما راستالغز بوده است. حرکت فشارشی بعد میوسن، که تا کنون نیز ادامه دارد، سبب جابجایی چپ‌لغز شده است. حرکت به سمت غرب پی سنک خزر جنوبی، نسبت به ایران مسبب این جابجایی چپ‌لغز می‌باشد (شکل ۲-۳).

^۱ Vernant

^۲ Ritz



شکل ۲-۳- تکامل ساختاری البرز در اواخر دوران سنوزوئیک، تغییر شکل در میوسن بیشتر به صورت فشارشی همراه با حرکات راستالغز و بعد از میوسن به سبب جابجایی به سمت باختر خزر جنوبی، حرکات به طور عمده از نوع چپبر می باشد (برگرفته از آلن و همکاران، ۲۰۰۳).

۲-۱- چینه شناسی منطقه :

با توجه به نتایج مطالعات پیشین در این ناحیه مثل تهیه نقشه زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ گرگان (صالحی راد و همکاران، ۱۳۶۹)، نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ خوش ییلاق (جعفریان و همکاران، ۱۳۸۳)، پایان نامه های و مقالات مربوط به این منطقه و برداشت های صحرایی نگارنده در این منطقه رخنمون سازندهای دوران پالئوزوئیک، مزوزوئیک و سنوزوئیک مشاهده گردیده است.

سازندهای دوران پالئوزوئیک که در منطقه رخنمون و گسترش دارند از قدیم به جدید عبارتند از سلطان میدان، پادها، خوش ییلاق، مبارک، دورود و روته، سازندهای دوران مزوزوئیک شامل الیکا، شمشک،

فارسیان، لار و آهک‌های کرتاسه بالایی هستند. واحدهای سنگی دوران سنوزوئیک بیشتر رسوبات و نهشته‌های آبرفتی به سن کواترنری می‌باشند.

۱-۲-۱- واحدهای سنگی پالئوزوئیک

۱-۱-۲-۱- سازند سلطان میدان

این سازند اولین بار توسط ژنی^۱ (۱۹۷۷) معرفی و مشخص شده است. مقطع نمونه این سازند در ۳۰ کیلومتری شمال شاهرود قرار داشته و ضخامت آن ۶۰۰ متر می‌باشد. این سازند شامل روانه‌های بازالتی ضخیمی است. این روانه‌ها حالت ماسیو (توده ای) داشته و گهگاه به وسیله شیل‌ها و توفیت‌های قرمز تا سبز رنگ از هم جدا می‌شوند. سازند سلطان میدان به طور هم شیب روی شیل‌های سبز سازند شیرگشت قرار می‌گیرد و خود به وسیله ماسه سنگ‌های سازند پادها پوشیده می‌شود.

در منطقه خوش ییلاق در پایین و بالای این سازند، لایه‌هایی کنگلومرایی یافت می‌شود که ضخامت آن گاهی به ۲۰ متر هم می‌رسد. بر اساس سن ماسه سنگ‌های سازند پادها که به دونین زیرین تعلق دارند (بزرگ نیا، ۱۹۷۳) باید سن بازالت‌های سلطان میدان به سیلورین یا اردوئین فوقانی محدود باشد. سن مطلق سازند سلطان میدان با روش پتاسیم - آرگون بین ۱۷۳ تا ۵۰۱ میلیون سال به دست آمده است (ژنی، ۱۹۷۷).

این سازند در گردنه خوش ییلاق و در حد فاصل روستای خوش ییلاق تا تیل‌آباد گسترش زیادی داشته و گاهی در آن گدازه‌های بالشی نیز مشاهده می‌شود (درویش زاده، ۱۳۷۰).

تنها سازند غیر رسوبی در محدوده مورد مطالعه است که در قسمت جنوب غربی در نزدیکی روستای خوش ییلاق در دو بخش رخنمون دارد (شکل ۲-۴).

^۱ Jenny



شکل ۲-۴- سازند سلطان میدان کنار امامزاده محمد آباد حدفاصل روستای خوش بیلاق- تیل آباد (دید به سمت جنوب باختری).

۲-۱-۲-۱- سازند پادها

مقطع تیپ سازند پادها در ناحیه ازبک کوه طبس به وسیله روتنر و دیگران انتخاب و تعیین شده است (روتنر و دیگران^۱، ۱۹۶۸ و اشتوکلین، ۱۹۷۲). این سازند در مقطع تیپ شامل ۵۰۰ متر ماسه سنگ، دولومیت و گچ تقریباً کم فسیل است که بدون دگرشیب بر روی سازند نیور قرار داشته و خود به همین ترتیب به وسیله سازند دولومیتی سیب زار پوشیده می شود (درویش زاده، ۱۳۷۰).

اهری پور و همکاران^۲ (۲۰۱۰) این سازند را به سه بخش تقسیم کرده اند:

بخش ۱: با یک مرز ناپیوسته بر روی بازالت های سلطان میدان قرار گرفته است. این بخش در ناحیه خوش بیلاق، به طور عمده شامل ارتو تا پارا کنگلومراهای قرمز می باشد. قطعات آتشفشانی فراوان ترین اجزاء آن می باشد.

بخش ۲: متشکل از ماسه سنگ های کوارتز آرنایتی سفید رنگ می باشد. این بخش حاوی تناوبی از ماسه سنگ های کوارتز آرنایتی سفید، آرکوزی و گری وکی با شیل های قرمز می باشد.

^۱ Rootner

^۲ Aharipour

بخش ۳: علاوه بر سنگ‌های سیلیکاته آواری، دارای میان لایه های کربناته نیز می‌باشد. قسمت کربناته بخش ۳ شامل واحد های زیر می‌باشد:

۱ - کالکریت‌های فراوان با رنگ مایل به زرد و دولوکریت‌های حاوی ریشه‌های آهکی (ریزولیت)

۲ - سنگ آهک‌های نازک لایه حاوی دوکفه‌ای و استراکودهای بسیار کوچک

۳ - سنگ آهک و دولومیت برشی شده

۴ - دولومیت با لامیناسیون خیلی ظریف

در بخش کربناته برخی ساختمان‌های رسوبی از قبیل ترک‌های گلی و ساخت های تی پی (Tepee) نیز وجود دارند. در ناحیه مورد مطالعه، سازند پادها با ناپیوستگی هم شیب توسط سنگ‌های آواری قرمز رنگ سازند خوش ییلاق پوشیده می‌شود.

این سازند در قسمت‌های جنوب غرب منطقه در دو محل رخنمون یافته است. این سازند در محدوده مورد مطالعه نسبت به سازندهای موجود در منطقه از رخنمون کمتری برخوردار است (شکل ۲-۵).



شکل ۲-۵- سازند پادها جنوب باختری روستای تیل‌آباد (دید به سمت جنوب خاوری).

۱-۲-۱-۳- سازند خوش ییلاق:

مقطع اصلی این سازند در کنار جاده آزادشهر به شاهرود، در ۲ کیلومتری جنوب غربی دهکده خوش ییلاق قرار دارد. این مقطع اولین بار توسط ح. بزرگ نیا برداشت شد و به وسیله ف. بزرگ نیا (۱۹۷۳)، به تفصیل مورد بررسی قرار گرفت. علاوه بر نامبردگان، دولاپاران و اشتهامپلی (۱۹۷۸) از نظر فسیل شناسی و چینه شناسی به مطالعه این سازند پرداخته‌اند. ضخامت این سازند بیش تر از ۱۳۰۰ متر است که به طور همشیب بر روی سازند پادها قرار دارد. (درویش زاده، ۱۳۷۰).

به طور کلی رسوبات این سازند از قاعده به سمت راس مقطع شامل:

واحد ۱: کنگلومرا، سیلتستون توفی، ماسه سنگ و حاوی دیابازهای فرسوده است.

واحد ۲: تناوب آهک سیلتی، ماسه سنگ و دولومیت

واحد ۳: آهک رسی، آهک بیوکلاستیک و شیل

واحد ۴: آهک رسی، ماسه سنگ کوارتزیتی قرمز قهوه‌ای

واحد ۵: آهک بیوکلاستیک و شیل

واحد ۶: شیل‌های کربناته و آهک‌های لایه ضخیم بیوکلاستیک

سازند خوش ییلاق با فسیلهای فراوان، براکیوپودا، تریلوبیت، مرجان، تانتاکولیتس، ماهیهای دونین، ارتوسراتیده و غیره مشخص است که سن دونین میانی تا بالایی را تعیین می‌کند. این سازند روی سازند پادها و به طور همشیب قرار گرفته و روی آن را آهک‌های کرنیفر زیرین (معادل آهک مبارک) می‌پوشاند (درویش زاده، ۱۳۸۳).

سازند خوش ییلاق در محدوده غرب روستای تیل‌آباد رخنون یافته است. از نظر وسعت بیشترین مساحت را نسبت به دیگر سازندها در این منطقه دارد سازند فوق الذکر در منطقه مورد مطالعه دارای مورفولوژی

نسبتا پست می باشد و ارتفاعات متوسطی را تشکیل می دهد. لیتولوژی غالب این سازند در منطقه، آهک سرشار از براکیوپود با میان لایه های مارن و آهک مارنی است (شکل ۶-۲).



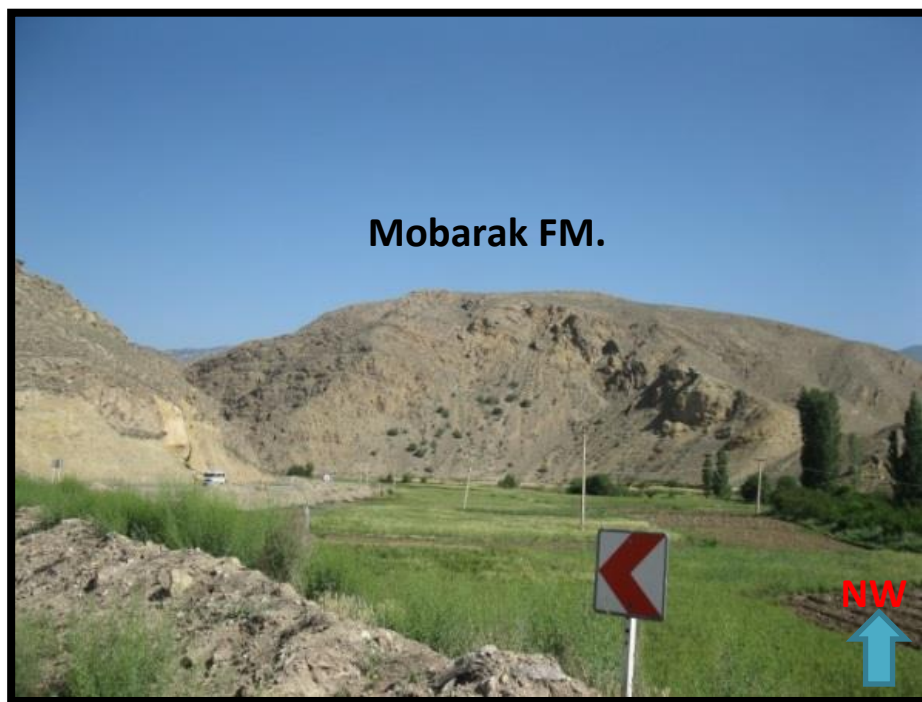
شکل ۶-۲- سازند خوش ییلاق در حدفاصل روستاهای تیل آباد- غزنوی (دید به سمت جنوب باختری).

۱-۲-۴- سازند مبارک:

سازند مبارک را آهک مبارک هم می گویند. نام آن را از دهکده مبارک آباد سر راه تهران به آبعلی انتخاب شده است (آسرتو ۱۹۶۳). این سازند شامل ۴۵۰ متر آهک سیاه رنگ پر فسیل همراه با میان لایه هایی از مارن در زیر سازند جیروود قرار دارد و خود با A بخش زیرین است. سطح قاعده این سازند با دگرشیبی فرسایش بر ممبر سازند D,C,B دگر شیبی زاویه دار به وسیله سازند دورود (پرمین زیرین) پوشیده می شود. در ضمن ممبرهای سازند جیروود معادل همین سازند در البرز مرکزی است. با توجه به رخساره های لیتولوژی یکنواختی که سازند مبارک در سرتاسر البرز دارد می توان چنین تصور کرد که این رسوبات در شرایط تکتونیکی یکنواختی ته نشین شده اند. مطالعات رسوب شناسی حاکی از آن است که این رسوبات در محیطی با آب ساکن و فقیر از اکسیژن ته نشین شده و میزان گوگرد در حوضه رسوبی بیش از حد لازم بوده است، و چون رسوبات تخریبی اندک دارد لذا در سرزمین های دور از ارتفاعات قابل توجه ته نشین شده است (درویش زاده، ۱۳۸۳).

سازند مبارک در منطقه مورد مطالعه عمدتاً از تناوب آهک‌های نازک تا ضخیم لایه با میان لایه شیل و آهک شیلی تیره رنگ تشکیل شده است. در این منطقه سازند مبارک به صورت همشیب بر روی سازند خوش‌ییلاق و با ناپیوستگی فرسایشی زیر سازند دورود قرار دارد و لایه های قرمز رنگ بوکسیت نشانگر ناپیوستگی مرز فوقانی سازند مذکور می‌باشد. ضخامت سازند مبارک در این منطقه ۲۸۲ متر می‌باشد. سازند مبارک به صورت سیکل‌های کم عمق شونده به طرف بالاست که در یک پلاتفرم کربناته نوع رمپ هموکلینال نهشته شده است (سعیدی و همکاران، ۱۳۹۱).

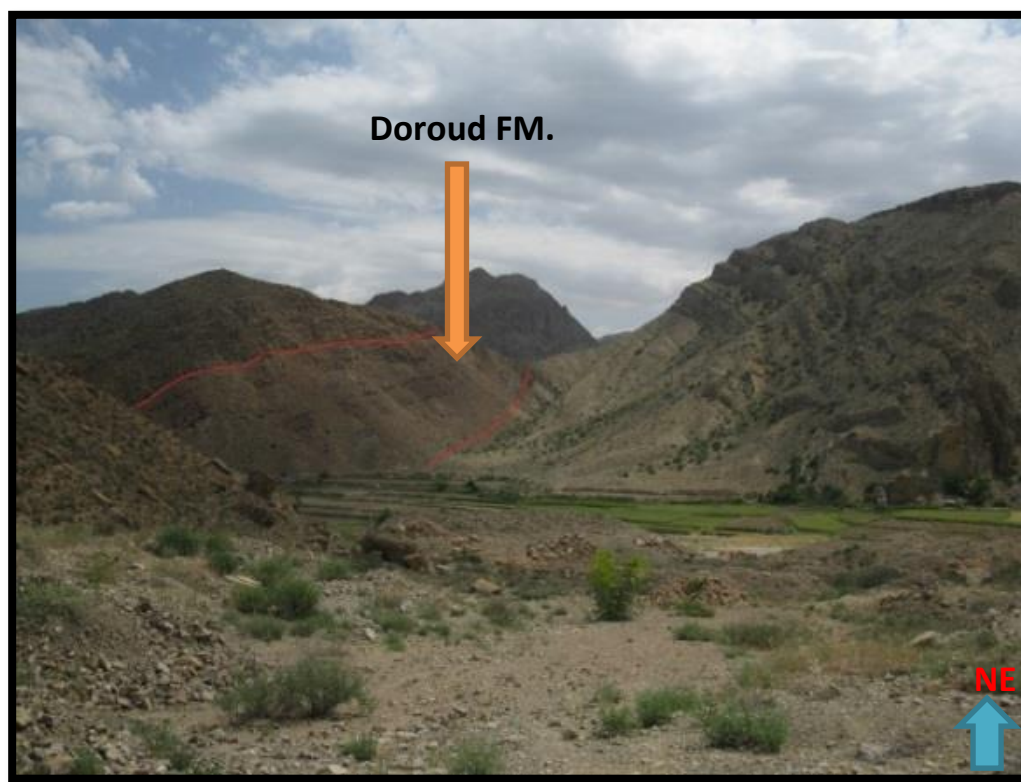
سازند مبارک در محدوده مورد مطالعه بیشتر در مرکز منطقه رخنمون دارد. از نظر وسعت مساحت بیشتری نسبت به دیگر سازندها دارد. سازند فوق الذکر دارای مورفولوژی نسبتاً مرتفعی را می‌سازد (شکل ۷-۲).



شکل ۷-۲- سازند مبارک در کنار روستای تیل‌آباد (دید به سمت شمال باختری).

۱-۲-۵- سازند دورود:

مقطع اصلی سازند دورود توسط آسرتو (۱۹۶۳) مشخص شده است. نام این سازند از روستای دورود (واقع در سردوراهی دورود به شمشک) انتخاب شده، ضخامت آن ۱۵۰ متر و از چهار واحد تشکیل یافته است. سازند دورود در منطقه تیل‌آباد-غزنوی با رخساره آواری و کربناته مشخص می‌گردد. همبری زیرین آن در آن در این ناحیه با سنگ‌های آهکی نازک لایه همراه با میان لایه‌های شیلی مربوط به کربنیفر (سازند مبارک) به صورت ناپیوستگی فرسایشی مشخص می‌شود. ضخامت سازند دورود در این منطقه ۱۰۰ متر تعیین شده است. سازند دورود در این منطقه با دو واحد سنگی مشخص می‌شود که واحد اول آن تخریبی بوده و تناوبی از کنگلومرا، ماسه سنگ و شیل‌های قرمز و خاکستری می‌باشد و واحد دوم سنگ‌های کربناته تخریبی می‌باشد (مختارپور و همکاران، ۱۳۷۶). این سازند به سن پرمین زیرین می‌باشد. این سازند در دو قسمت بین روستای تیل‌آباد و غزنوی رخنمون دارد (شکل ۲-۸).



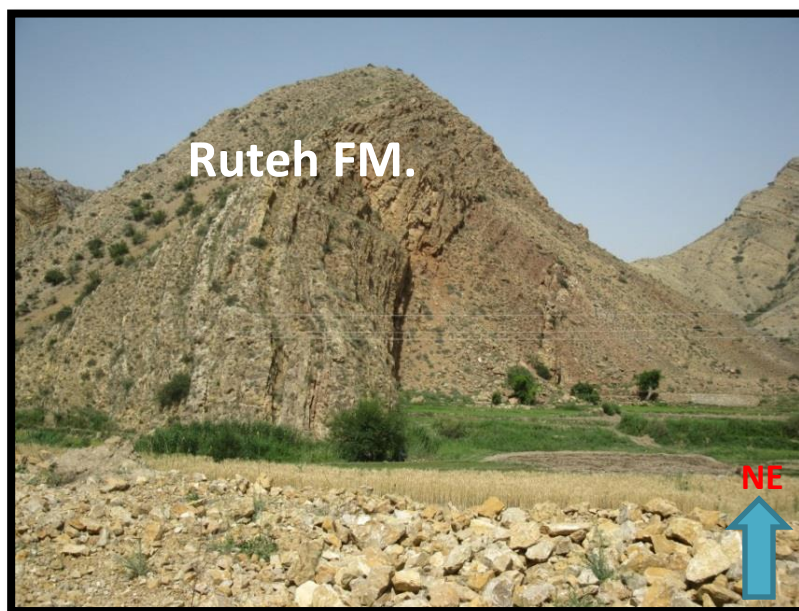
شکل ۲-۸- سازند دورود در کنار جاده شاهرود - آزادشهر (دید به سمت شمال خاوری).

۱-۲-۶- سازند روته:

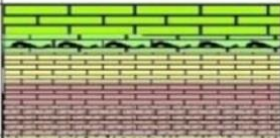
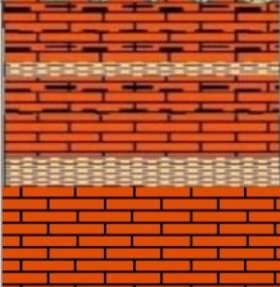
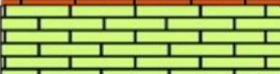
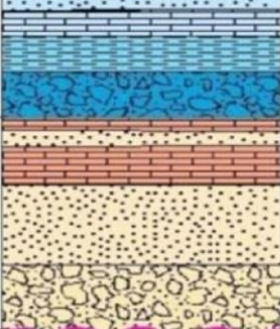
مقطع اصلی این سازند به وسیله آسرتو در دره روته (بالای جاجرود) مطالعه و معرفی شده است. بین سازند درود و روته در بعضی نقاط یک لایه هوازده لاتریتی و گاه بوکسیتی وجود دارد که خود نشانه یک دوره فرسایش و خروج از آب است. ضخامت این سازند بیش از ۲۰۰ متر گزارش شده و اساساً از آهک خاکستری تا تیره تشکیل شده که در آن تناوبی از لایه‌های نازک مارنی وجود دارد و در آهک‌های آن فسیل مرجان‌ها، بازوپایان، فوزولین و بریزوئر یافت می‌شود که سن پرمین میانی را محرز می‌سازد (درویش زاده، ۱۳۸۸).

سازند روته در این منطقه ۱۷۹ متر از آهک ضخیم تا نازک لایه خاکستری تا کرم رنگ با میان لایه‌های آهک مارنی تشکیل شده است. فسیل‌های یافت شده در این منطقه شامل براکیوپودا، گاستروپود، مرجان‌ها و جلبک‌های آهکی هستند (حسنی و همکاران، ۱۳۹۱).

رخنمون سازند روته را در این منطقه در دو مکان حدفاصل روستای تیل‌آباد و غزنوی مشاهده نمود (شکل ۲-۹).



شکل ۲-۹ - سازند روته شمال خاوری روستای تیل‌آباد (دید به سمت شمال خاوری)

Erathem	System	Seri	Formation	Lithology	Description
Paleozoic	Permian	Middle	Ruteh		Medium to thick bedded light limestone
		Lower	Doroud		Red and brown conglomerate – sandstone – shale and oncolidal limestone
	Carboniferous	Lower	Mobark		Thin to medium bedded bituminous Limestone and shaly limestone
	Devonian	Upper	Khoshyeilagh		Conglomerate – Sandstone – Shale and limestone
		Middle			
		Lower	Padeha		Sandstone and limestone with conglomerate at the base
	Silurian		Soltan Meidan		Porphyritic basalt and tuff

شکل ۲-۱۰- ستون چینه شناسی مربوط به سازندهای دوران پالئوزوئیک (بدون مقیاس)

۱-۲-۲- واحدهای سنگی مزوزوئیک

۱-۲-۲-۱- سازند الیکا :

نام آن از دهکده الیکا واقع در بالای دره چالوس گرفته شده است (گلوس^۱، ۱۹۶۵). سازند الیکا در ناحیه غزنوی با یک افق ضخیم لاتریتی روی سازند روته قرار گرفته است. مرز بالایی این سازند با سازند شمشک نیز ناپیوستگی مشخص می شود. ضخامت سازند الیکا در ناحیه غزنوی ۳۲۲ متر است و مشابه مقطع تیپ از دو بخش زیرین و بالایی تشکیل شده است. بخش زیرین سازند الیکا (تریاس پیشین) به ضخامت ۱۲۳ متر که به طور عمده در برگرنده تناوبی از شیل، سنگ آهک های نازک تا متوسط لایه دارای آثار زیستی فراوان (سنگ آهک ورمیکوله) با رنگ های متنوع است. لایه های کنگلومرای درون سازندی (به طور عمده وابسته به نهشته های طوفانی) از ویژگی های بارز این بخش به شمار می رود. بخش بالایی سازند الیکا (به سن تریاس میانی) نیز به ضخامت ۱۹۹ متر است و با یک افق ضخیم ماسه سنگی از بخش زیرین خود تفکیک می شود. این بخش شامل تناوبی از شیل، سنگ آهک دولومیتی و دولومیت متوسط تا ضخیم لایه است (درخشان و همکاران، ۱۳۹۱ و لاسمی و همکاران، ۱۳۷۹).

این سازند در نزدیکی روستای غزنوی و جنوب روستای تیل آباد رخنمون دارد. یکی از سازندهای صخره ساز در منطقه بخاطر جنس آهک آن می باشد (شکل ۲-۱۱).

^۱ Glaus



شکل ۲-۱۱ - سازند الیکا در جنوب خاوری روستای غزنوی (دید به سمت شمال خاوری).

۱-۲-۲-۲ - سازند شمشک :

مقطع نمونه این سازند در شمال گردنه لاسم در دره علیای روته، بخش شرقی منطقه معدنی شمشک انتخاب شده است (آسرتو، ۱۹۹۶؛ اشتوکلین، ۱۹۷۲). این سازند یکی از گسترده‌ترین رسوباتی است که در ایران ته نشین شده است و قسمت اعظم آن از رس - ماسه‌ای تشکیل شده است، لذا برجستگی‌های کم ارتفاعی به وجود می‌آورند و در روی زمین به آسانی قابل تشخیص است. این سازند از نظر اقتصادی برای کشور ما پر اهمیت است زیرا که تقریباً تمام زغال سنگ‌های کشور ما در این سازند ذخیره یافته‌اند. این سازند شامل مجموعه‌ای از ماسه سنگ، سیلتستون و شیل است و آن را می‌توان به عنوان مولاس سلسله کوه‌های سیمیرین پیشین دانست که بین پلاتفرم توران و ایران - افغانستان به وجود آمده است. اشتامفلی (۱۹۷۸) سازند شمشک را حدفاصل شاهرود تا آزادشهر از نظر مشخصات سنگ شناسی مطالعه نموده و آن را به سه بخش زیرین، میانی و بالایی تقسیم کرده است و اظهار می‌دارد که این سازند با یک

افق بوکسیتی بر روی سازند الیکا قرار گرفته و توسط آهک‌های کرینوئیددار سازند فارسیان (معادل دلیچای) پوشیده می‌شود. سازند شمشک در منطقه‌ی مورد بررسی اطراف روستای غزنوی دارای گسترش زیادی است. ضخامت آن بیش از ۲۰۰۰ متر است، که از ماسه سنگ، شیل به رنگ خاکستری تیره و سیاه، کنگلومرا همراه با افق‌های زغال‌سنگی تشکیل شده است. سازند شمشک در ناحیه مورد مطالعه از پایین به بالا به سه بخش زیر قابل تقسیم است (میرباقری و همکاران، ۱۳۸۶).

بخش زیرین: دارای ضخامت ۶۰ متر می‌باشد، که تناوبی از ماسه سنگ، سیلتستون و شیل به رنگ خاکستری تشکیل شده است.

بخش میانی: از شیل خاکستری تیره تا سیاه، سیلتستون و ماسه سنگ تشکیل شده است. این بخش دارای آثاری از فسیل‌های گیاهی، کنکرسیون‌های آهنی و سیلیسی است. این بخش ۱۱۶۰ متر ضخامت دارد.

بخش بالایی: این بخش حدوداً ۷۰۰ متر ضخامت دارد. از ماسه سنگ، شیل، کنگلومرا و زغال سنگ تشکیل شده است (شکل ۲-۱۲).



شکل ۲-۱۲ - سازند شمشک شمال روستای غزنوی (دید به سمت شمال خاوری).

۱-۲-۳- سازند فارسین :

این سازند را اشتهامفلی (۱۹۷۸) در سه کیلومتری شمال باختری روستای فارسین معرفی کرده است. سازند فارسین در این ناحیه و در حد فاصل خوش‌یلاق و آزادشهر گسترش دارد و شامل لایه‌های آهکی و مارنی قرمز می‌باشد. اشتهامفلی این لایه‌های قرمز رنگ را گذر تدریجی بین نهشته‌های گروه شمشک و سازند لار می‌داند، به دلیل داشتن رنگ گراينده به قرمز، داشتن واریزه‌هایی از سخت پوستان و کرینوئیدها و نیز داشتن لایه‌بندی متغییر، به آسانی از سنگ آهک‌های سازند لار قابل جدایش است (آقانباتی، ۱۳۷۷). لیتولوژی این سازند در شمال باختری غزنوی دارای ۴ بخش است، که به ترتیب از پایین به بالا ماسه سنگ آهکی، مارن، ماسه سنگ آهکی و آهک قرمز رنگ نازک لایه است (شکل ۲-۱۳).

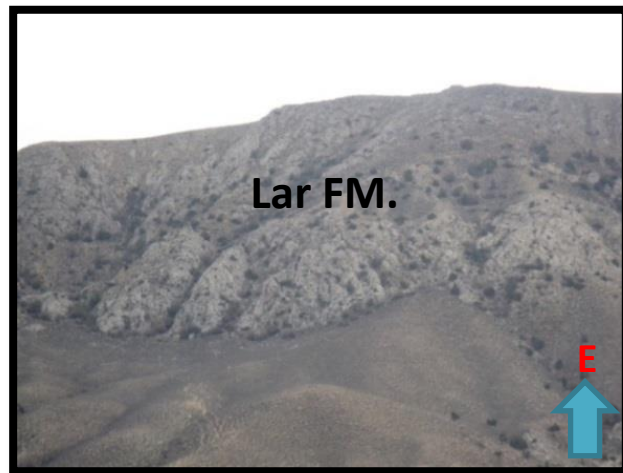


شکل ۲-۱۳- سازند فارسین شمال روستای غزنوی (دید به سمت شمال باختری).

۱-۲-۴- سازند لار :

مقطع تیپ این سازند در دره لار (شمال شرقی گرمابدر) قرار دارد و ضخامت آن ۲۵۰ تا ۳۵۰ متر و از آهک‌های ضخیم لایه تا توده ای حاوی چرت یا نوارهای سیلیسی است. فسیل آمونیت پرسیفکتس سن این آهکها را ژوراسیک بالایی (آکسفوردین - کیمریجین) تعیین می کند و آهک‌های لار روی سازند دلیچای و زیر ژپس و ملافیر ها یا آهک‌های کرتاسه زیرین قرار می‌گیرند (درویش زاده، ۱۳۸۳).

این سازند بنا به جنس خود که آهک می باشد باعث بوجود آوردن ارتفاعات در این منطقه شده است. میانگین ارتفاعات بوجود آورنده این سازند ۱۷۰۰ متر می باشد که در قسمت جنوب شرق ناحیه مورد مطالعه قرار گرفته است (شکل ۲-۱۴).



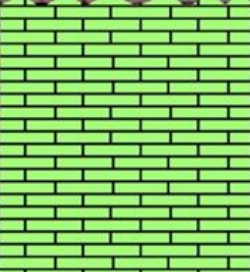
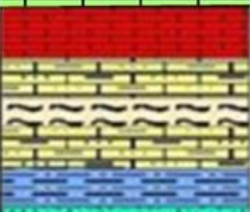
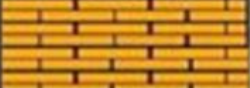
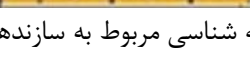
شکل ۲-۱۴- سازند لار جنوب روستای تیل آباد (دید به سمت شرق).

۱-۲-۲-۵- آهک های کرتاسه بالایی:

این واحد در مجموع از آهک های سفید رنگ نازک تا متوسط لایه تشکیل شده و بطور معمول ارتفاعات بلند را در قسمت جنوب خاوری منطقه مورد مطالعه می سازد (شکل ۲-۱۵). (نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ خوش ییلاق، ۱۳۸۳).



شکل ۲-۱۵- واحد آهک های کرتاسه بالایی شرق روستای تیل آباد (دید به سمت شرق).

Erathem	System	Seri	Formation	Lithology	Description
Mesozoic	Cretaceous	Upper			Thin to meddium bedded, white marly limestone
					Medium To Thick bedded Limestone
	Jurassic	Upper	Lar		
		Middle	Farsian		Sandy limestone – marl - Thick bedded Limestone
		Lower	shemshak		Sandstone – shale – siltstone – conglomerate – coaly – shale and coal
	Triassic	Upper			
		Middle	Elika		Medium To Thick bedded dolomitic
		Lower			Thin to medium bedded Limestone

شکل ۲-۱۶- ستون چینه شناسی مربوط به سازندهای دوران مزوزوئیک (بدون مقیاس)

۱-۲-۳- واحدهای سنگی سنوزوئیک

۱-۳-۲-۱- نهشته‌های پلیوسن:

نهشته‌های پلیوسن با جنس کنگلومرا با بین لایه‌های ماسه سنگی می‌باشد. که در شمال روستای غزنوی بر روی سازند فارسین قرار گرفته است (شکل ۲-۱۷).



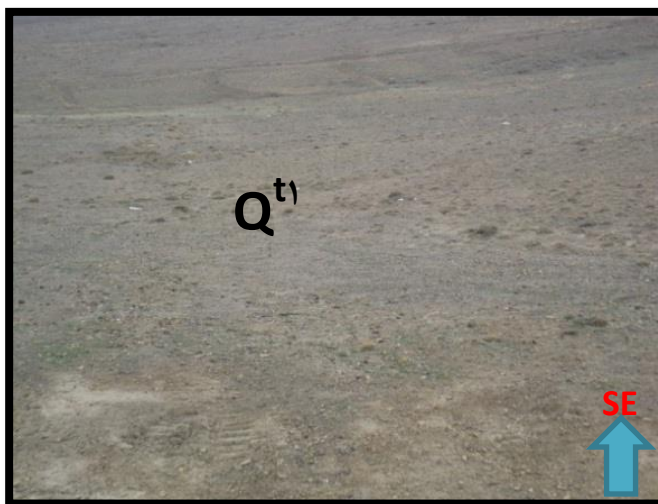
شکل ۲-۱۷- نهشته‌های پلیوسن در شمال روستای غزنوی (دید به سمت شمال خاوری).

۱-۲-۳-۲- رسوبات کواترنری:

جوانترین رسوبات موجود در منطقه مورد مطالعه، نهشته‌های کواترنری می‌باشند که بصورت رسوبات سخت نشده و یا با فشردگی اندک می‌باشند. در بین نهشته‌های کواترنری، نهشته‌های آبرفتی بیشترین سهم را دارند. اینها مواد فرسایشی هستند که از دامنه ارتفاعات تا نواحی پست دشت‌ها گسترده‌اند و با دور شدن از ارتفاعات، درشتی دانه‌ها کاهش می‌یابد (آقانباتی، ۱۳۸۹).

۱-۲-۳- نهشته های آبرفتی کهن (Q^{t1}):

پادگان های آبرفتی کنگلومرایی نسبتا مسطح، قدیمی تر و بلندتر با عنوان Q^{t1} که در قسمت جنوبی منطقه مورد مطالعه قرار دارد، که در بعضی افق ها، کنگلومرای مذکور دارای سیمانی سست می باشد (شکل ۲-۱۸).



شکل ۲-۱۸- نهشته های آبرفتی کهن (Q^{t1}) در شمال خاوری پاسگاه حفاظت محیط زیست زردابه (دید به سمت جنوب خاوری)

۱-۲-۳-۴- نهشته های آبرفتی جوان (Q^{t2}):

رسوبات آبرفتی جوان بیشتر زمین های کشاورزی را تشکیل می دهند و معمولا دانه ریزتر از نهشته های آبرفتی کهن می باشند و تقریبا فاقد سیمان می باشند. و بیشتر در مرکز و شرق محدوده مورد مطالعه اطراف روستای تیل آباد رخنمون دارد (شکل ۲-۱۹- الف).

۱-۲-۳-۵- رسوبات آبرفتی رودخانه ای (Q^{al}):

رسوبات آبرفتی بستر رودخانه ها در حقیقت جوانترین رسوبات آبرفتی است که بصورت Q^{al} در نقشه آورده شده است (شکل ۲-۱۹- ب).

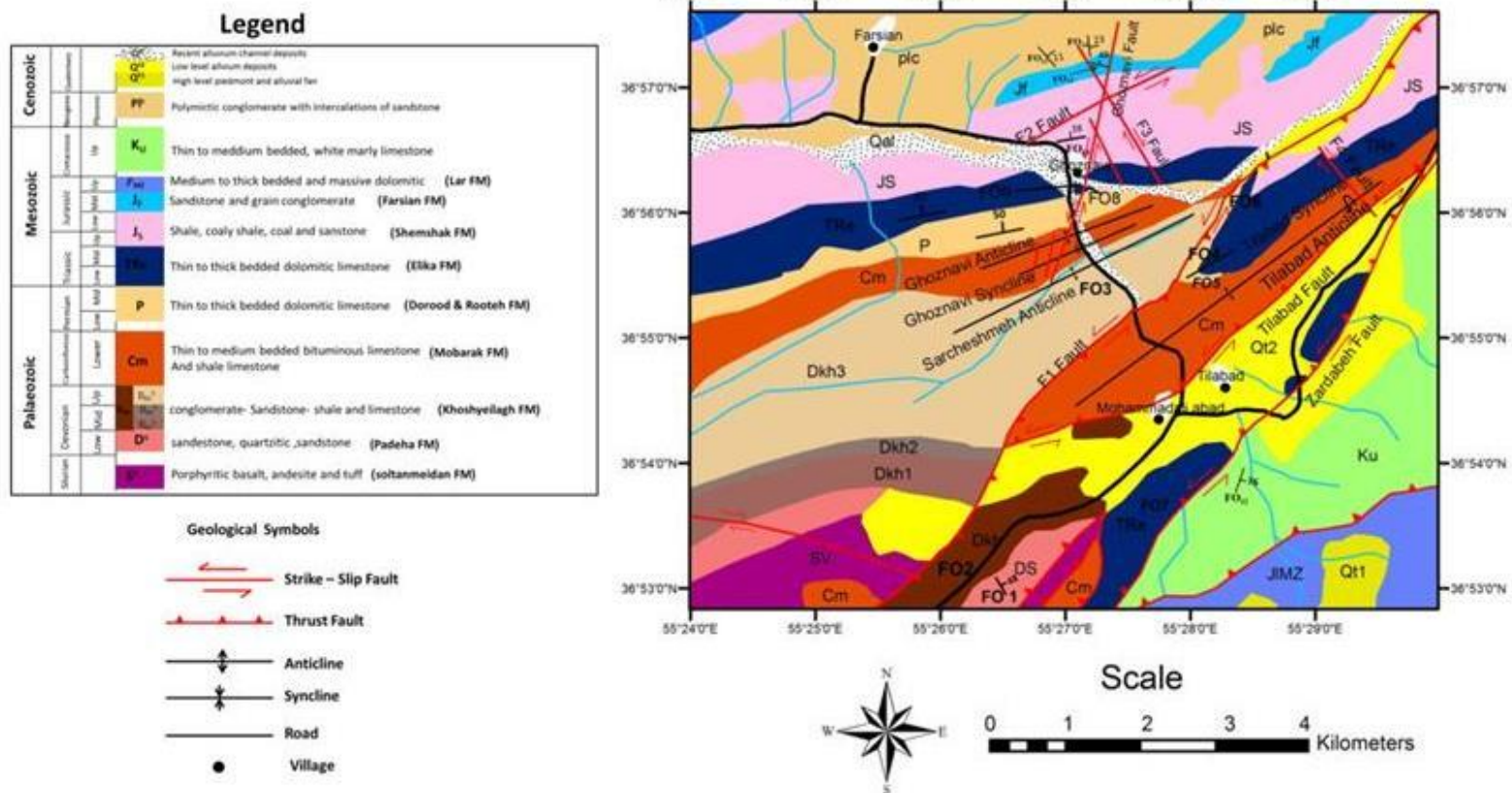


شکل ۲-۱۹ - الف - رسوبات آبرفتی رودخانه‌ای (Q^{t2}) در جنوب روستای تیل آباد (دید به سمت جنوب خاوری). ب- رسوبات آبرفتی رودخانه‌ای (Q^{al}) در شمال روستای تیل آباد (دید به سمت شمال خاوری).

Erathem	System	Seri	Lithology	Description
Cenozoic	Quaternary			Recent alluvial channel deposits
	Neogene	Pliocene		Polymictic Conglomerate With Intercalation of Sandstone

• شکل ۲-۲۰ - ستون چینه شناسی مربوط به سازندهای دوران سنوزوئیک (بدون مقیاس)

Geological map of Tilabad – Ghoznavi (Eastern Alborz)



شکل ۲-۲۱- نقشه زمین شناسی تهیه شده از منطقه مورد مطالعه بر پایه نقشه زمین شناسی ورقه خوش ییلاق با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ با اضافات و تغییرات (باشام، ۱۳۹۳)

فصل سوم

زمین شناسی ساختمانی

تحلیل عناصر ساختاری موجود در یک ناحیه (گسلش، چین خوردگی و ...) ابزار توانمندی برای دستیابی به الگوی دگرشکلی در آن منطقه می‌باشد. واحدهایی سنگی - رسوبی که در منطقه تحت تاثیر چین خوردگی و گسلش قرار گرفته‌اند، متعلق به دوران‌های پالئوزوئیک، مزوزوئیک و سنوزوئیک می‌باشند. چین‌خوردگی‌ها و گسلش‌های رخ داده در منطقه همانند البرز خاوری، بیشتر دارای روند شمال‌خاوری - جنوب‌باختری می‌باشند. همچنین گسل‌های عرضی در منطقه قابل شناسایی می‌باشند، که تقریباً دارای روند شمالی - جنوبی و شمال‌باختری - جنوب‌خاوری هستند، که در نقشه‌های موجود چندان به آن توجه نکرده‌اند و تنها به صورت یک خطواره نشان داده‌اند.

۱-۱- گسل‌ها

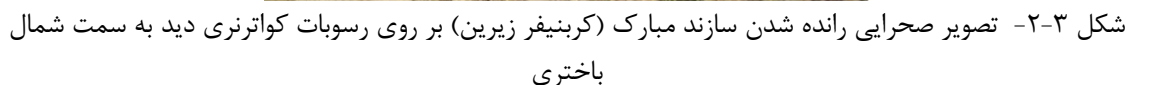
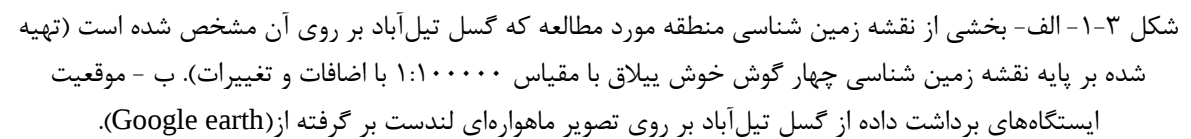
گسل، به شکستگی‌هایی اطلاق می‌شود که سنگ‌های دو طرف صفحه شکستگی نسبت به یکدیگر حرکت کرده باشند. این جابه‌جایی می‌تواند از چند میلی‌متر تا صدها متر باشد و به کمک همین مشخصه، می‌توان آنها را از درزه‌ها تشخیص داد. در واقع حضور گسل در یک منطقه نشان می‌دهد که در یک زمان گذشته، در طول آن جابه‌جایی رخ داده است. گسل‌های اصلی منطقه هم راستا با ساختارهای البرز خاوری (شمال‌خاوری - جنوب‌باختری) می‌باشند، که به این نوع گسل‌ها، گسل طولی و به گسل‌های که با روند تقریباً شمالی - جنوبی و شمال‌باختری - جنوب‌خاوری که ساختارهای زمین شناسی را به صورت عرضی قطع کرده‌اند و نسبت به گسل‌های طولی از نظر اندازه کوچک بوده، به عنوان گسل‌های عرضی نام نهاده شده است. گسل‌های تیل‌آباد، زردابه، غزنوی و ... از گسل‌های شاخص منطقه مورد مطالعه می‌باشند. نامگذاری گسل‌ها به طور عمده برگرفته از نقشه زمین شناسی خوش‌بیلاق با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ (جعفریان و همکاران، ۱۳۸۳) می‌باشد. لازم به ذکر است که گسل‌های عرضی برای اولین بار در این پژوهش مورد مطالعه و نامگذاری قرار گرفته است.

۱-۱-۱- گسل تیل آباد

این گسل در شمال روستای تیل آباد قرار دارد. این گسل اولین بار توسط علوی و همکاران (۱۳۶۹) در نقشه زمین شناسی گرگان با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ به صورت یک خطواره نشان داده شده است. جعفریان و همکاران (۱۳۸۳) در نقشه زمین شناسی خوش ییلاق با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ این گسل را با توجه به همجوار بودن با روستای تیل آباد، نام گسل را تیل آباد نامیده‌اند. این گسل تقریباً به طول ۷ کیلومتر می‌باشد، که بیشتر مرز بین آهک‌های مبارک (کربنیفر زیرین) و رسوبات کواترنری و در قسمتی از جنوب باختری روستای تیل آباد، نیز مرز بین سازندهای مبارک و خوش ییلاق را تشکیل می‌دهد (شکل ۳-۱-الف). این گسل یکی از گسل‌های اصلی منطقه و دارای امتدادی تقریباً شمال خاوری - جنوب باختری و شیب به سمت شمال باختری می‌باشد، با توجه به قرار گرفتن روستای محمد علی آباد بر روی زون گسلی دارای اهمیت خاصی می‌باشد. با استفاده از شواهد چین‌نگاری یعنی رانده شده سازند مبارک (کربنیفر زیرین) بر روی نهشته‌های کواترنری می‌توان به سازوکار مولفه شیب‌لغزی گسل که معکوس می‌باشد، پی برد. خطواره این گسل در تصویر ماهواره‌ای (شکل ۳-۱-ب) به خوبی قابل مشاهده است.

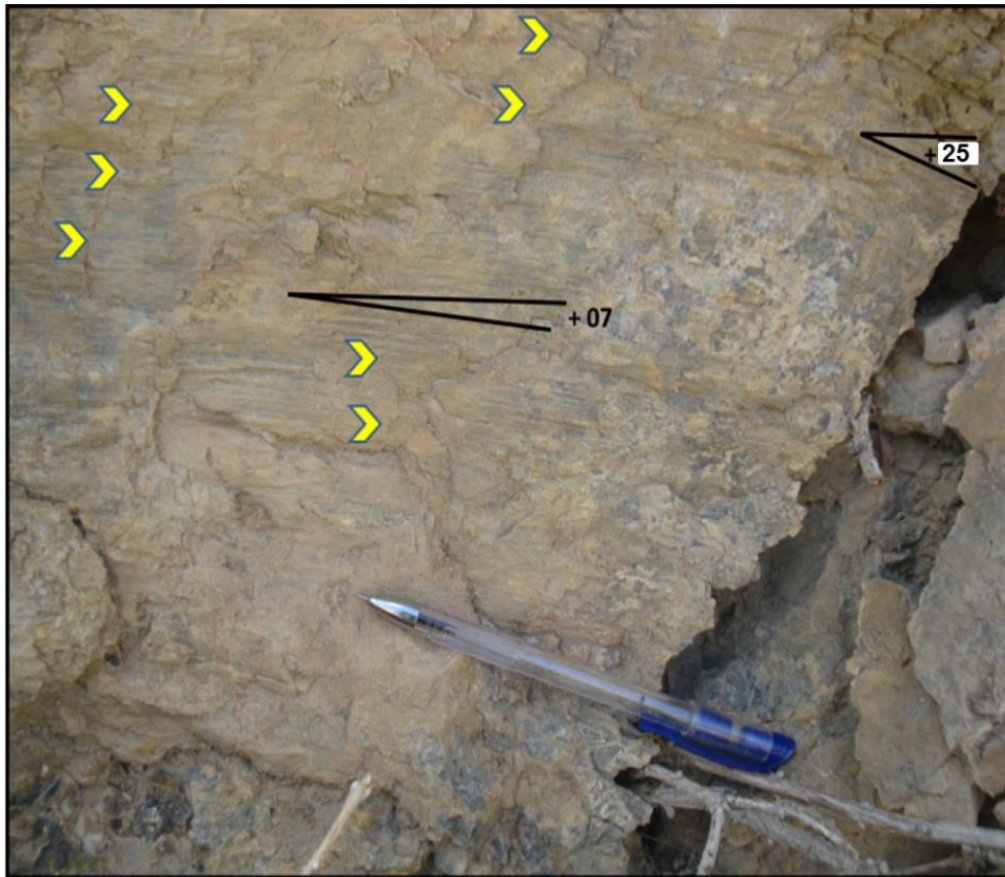
هندسه و سازوکار گسل تیل آباد

این گسل در محدوده مطالعاتی در ۴ ایستگاه برداشت و مورد مطالعه قرار گرفته است. در همه ایستگاه‌ها فرادیواره گسل، سازند مبارک (کربنیفر زیرین) و فرودیواره رسوبات کواترنری می‌باشد. موقعیت گسل تیل آباد و ایستگاه‌های برداشت صحرایی بر روی تصویر ماهواره‌ای (برگرفته از Google earth) قابل مشاهده می‌باشد (شکل ۳-۱-ب). در شکل ۳-۲ تصویر صحرایی رانده شدن سازند مبارک بر روی رسوبات کواترنری را مشاهده نمود.



موقعیت جغرافیایی این ایستگاه $15.1^{\circ} 56' 36''$ شمالی و $51.0^{\circ} 29' 55''$ خاوری می‌باشد. در این ایستگاه رخنمونی از سطح گسل تیل‌آباد با موقعیت میانگین $N40^{\circ}E, 61^{\circ}NW$ برداشت گردیده است (شکل ۳-۳). در این ایستگاه می‌توان دو دسته خراش گسلی که به ترتیب ریک ۲۵ درجه ساعتگرد و ۰۷ درجه ساعتگرد را مشاهده نمود. در شکل ۳-۳ سطح گسل تیل‌آباد با روند شمال خاوری - جنوب باختری و شیب به سمت شمال باختری را نشان می‌دهد، پله‌های گسلی و دو نسل خراش گسلی با زاویه ریک ۲۵

و ۰۷ درجه بر روی آن مشخص شده است آخرین فاز حرکتی مربوط به این گسل به صورت مورب- لغزچپ بر با کمی مولفه شیب لغز معکوس می باشد.

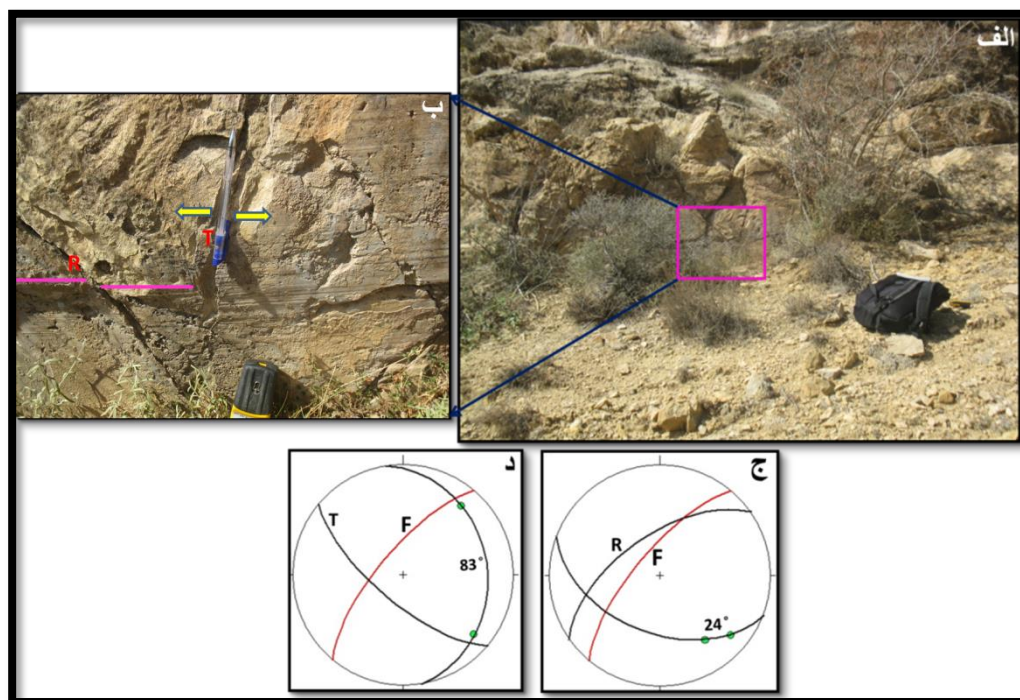


شکل ۳-۳- نمای نزدیک از سطح گسل تیل آباد در ایستگاه اول، وجود دو دسته خش لغز و پله های گسل با جهت نشان داده شده است

ایستگاه دوم:

در موقعیت جغرافیایی $36^{\circ} 55' 46.8''$ شمالی و $55^{\circ} 29' 07.8''$ خاوری می باشد، در این ایستگاه رخنمونی از سطح گسل با موقعیت $N40E, 72NW$ برداشت شده است (شکل ۳-۴-الف). با توجه به خراش های گسلی افقی نشان دهنده سازوکار امتداد لغز برای این ایستگاه می باشد، وجود برشی های ریدل مولفه راستالغزی چپ بر را تایید می نماید. برشی R با موقعیت $N35E, 60NW$ با سطح گسل زاویه 24° درجه می سازد. وجود شکستگی های T با موقعیت $N50W, 70SW$ که به صورت بازشدگی عمود بر

خراش‌های افقی در سطح گسل ایجاد شده‌اند و با سطح گسل زاویه 83° درجه‌ای می‌سازد، نوک گوه‌ای که شکستگی T با سطح گسل می‌سازد در جهت خلاف حرکت بلوک گم شده می‌باشد. در نتیجه سازوکار گسل بصورت چپ‌بر می‌باشد.

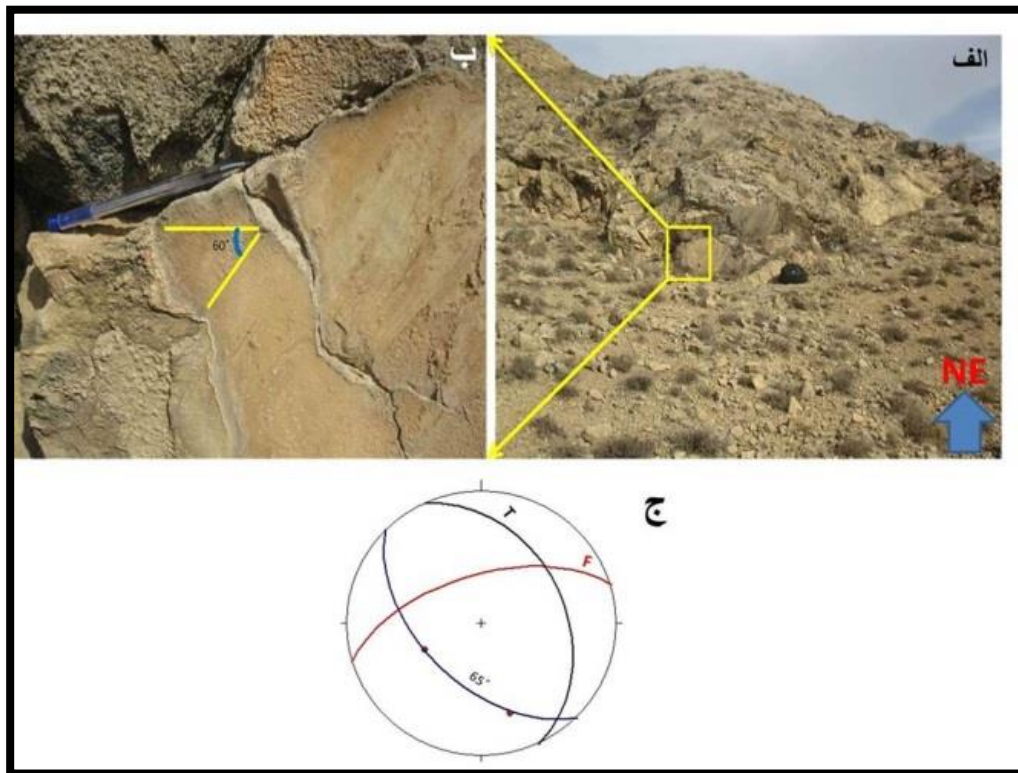


شکل ۳-۴- نمایی از گسل تیل‌آباد در ایستگاه دوم الف- نمایی از سطح گسل با موقعیت $N40^\circ E, 72^\circ NW$ (دید به سمت شمال باختری)، ب- نمایی نزدیک از کادر بنفش رنگ در تصویر الف برای نشان دادن شکستگی‌های T, R (برداشت بر روی بلوک فرادیواره)، ج و د - برای نشان دادن استریوگرام و زاویه بین شکستگی‌های ریدل با سطح گسل.

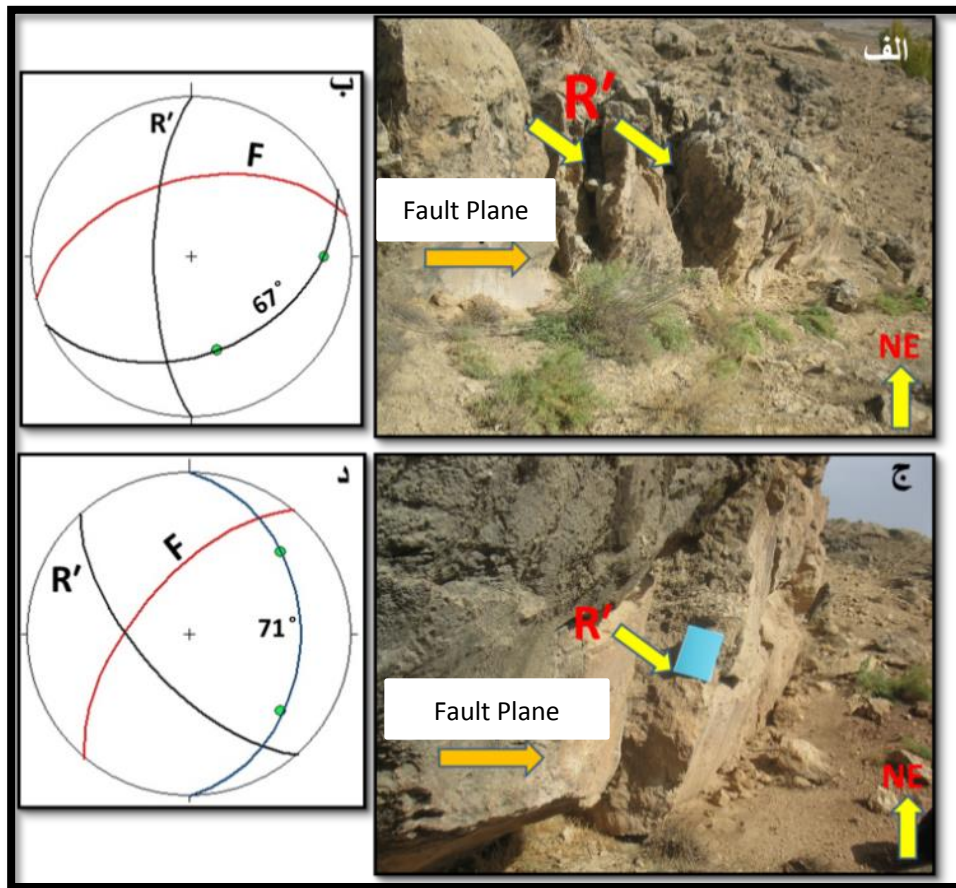
ایستگاه سوم:

در موقعیت جغرافیایی $36^\circ 55' 01.7''$ شمالی و $55^\circ 28' 18.0''$ خاوری می‌باشد، در این ایستگاه رخنمونی از سطح گسل تیل‌آباد با موقعیت میانگین $N60^\circ E, 60^\circ NW$ برداشت گردیده است (شکل ۳-۵- الف). در این ایستگاه تعیین سازوکار شیب‌لغز گسل بوسیله چینه نگاری، با توجه به قرار گیری سازند مبارک بر روی نهشته‌های کواترنری معکوس تشخیص داده شده است. حضور برشی‌های ریدل نیز مولفه امتدادی این گسل را چپ‌بر نمایان می‌کند. وجود شکستگی‌های T با موقعیت $N20^\circ W, 40^\circ NE$ که از آن

در سطح گسل به صورت عمود بر خراش‌های گسلی می‌باشد و با سطح گسل زاویه ۶۵ درجه می‌سازد. در شکستگی‌های کششی جهت حرکت بلوک گم شده در جهت شیب شکستگی T می‌باشد، که با توجه به این قاعده و شکستگی هلالی موجود در شکل که نوک گوه خلاف جهت حرکت بلوک کم شده را نشان می‌دهد، مولفه امتدادی این گسل چپ‌بر می‌باشد. علاوه بر این وجود برشی‌های R' که در سطح گسل بصورت مانعی در مقابل حرکت بلوک گم شده می‌باشند و حرکت بلوک گم شده را سخت‌تر میکند در این ایستگاه در دو قسمت مشاهده و برداشت شده است که به ترتیب دارای موقعیت‌های $N40^{\circ}E, 71^{\circ}W$ و $N42^{\circ}W, 65^{\circ}SW$ و با سطح گسل نیز زاویه‌ای به ترتیب ۶۷ و ۷۱ درجه می‌سازد. شکستگی‌های R' مولفه امتدادی گسل را چپ‌بر نشان می‌دهد (شکل ۳-۶).



شکل ۳-۵- الف - تصویر صحرایی از گسل تیل‌آباد در ایستگاه سوم در شمال روستای تیل‌آباد با موقعیت $N60^{\circ}E, 65^{\circ}NW$ (دید به سمت شمال خاوری)، ب - نمای نزدیک از کادر زرد رنگ که در قسمت الف برای نشان دادن شکستگی T، خش- لغز و شکستگی هلالی، ج - استریوگرام نشان دهنده زاویه بین سطح گسل و شکستگی T.

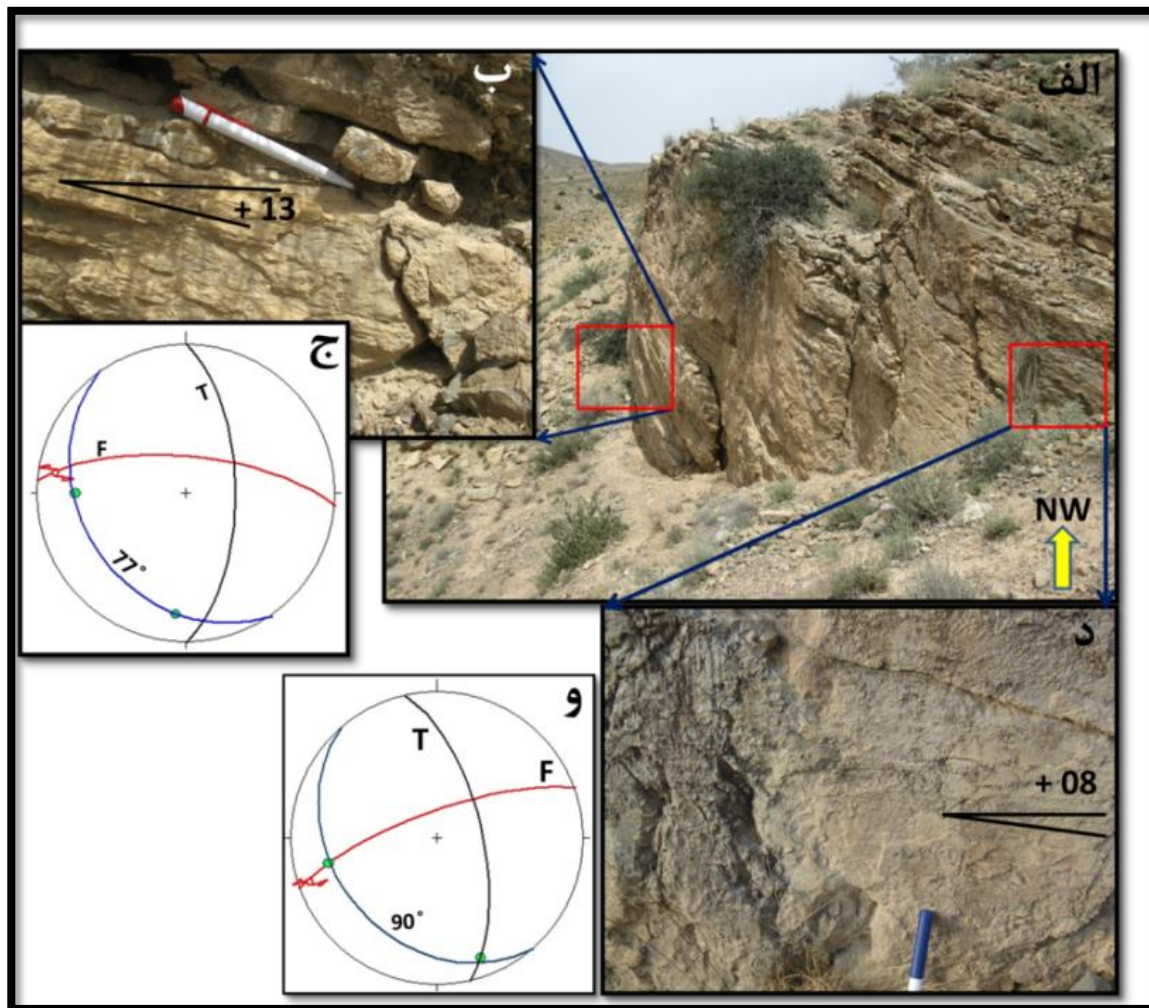


شکل ۳-۶- نمایشی از سطح گسل (دید به سمت شمال خاوری) برای نشان دادن شکستگی R' در ایستگاه سوم، الف - تصویر صحرایی از سطح گسل تیل آباد و شکستگی R' ، ب - برای نشان دادن استریوگرام و زاویه بین شکستگی‌های ریدل R' با سطح گسل، ج - نمایشی از سطح گسل و شکستگی R' ، د - استریوگرام نشان دهنده زاویه بین سطح گسل و شکستگی R' .

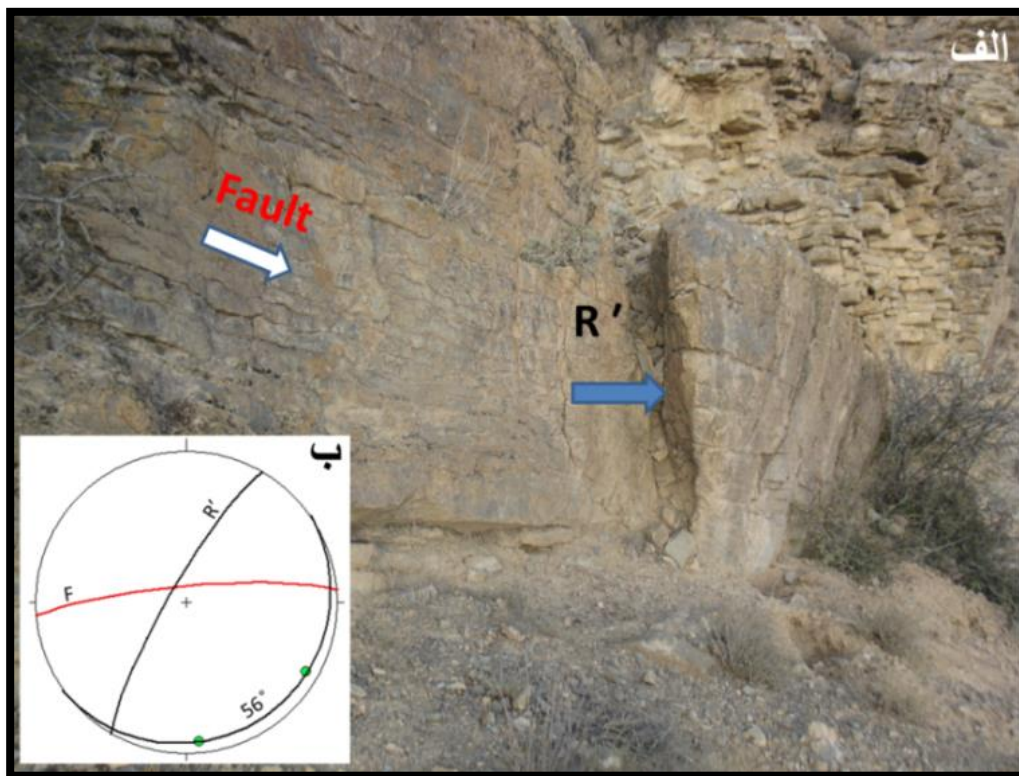
ایستگاه چهارم:

در موقعیت جغرافیایی $36^{\circ} 54' 30.0''$ شمالی و $55^{\circ} 26' 58.7''$ خاوری می‌باشد، در این ایستگاه رخنمونی از سطح گسل تیل آباد با موقعیت میانگین $N73E, 81N$ برداشت گردیده است (شکل ۳-۷). با وجود شکستگی‌های برشی T در دو مکان با موقعیت، که این شکستگی‌ها به ترتیب $N-S, 63E$ و $N13W, 70E$ و با خراش‌های گسلی به صورت عمود می‌باشند. با سطح گسل نیز این شکستگی‌ها با زاویه 90° و 77° درجه قرار گرفته‌اند. برشی ریدل دیگری که در این ایستگاه برداشت شده شکستگی R' بود که با موقعیت $N30E, 80NW$ می‌باشد (شکل ۳-۸)، که بصورت ناسازگار در مقابل حرکت بلوک گم شده،

حرکت گسل را سخت کرده است و با سطح گسل زاویه ۵۶ درجه می‌سازد. با توجه به برشی‌های ریدل برداشت شده، مولفه راستالغزی این گسل در این ایستگاه بصورت چپ‌بر می‌باشد.

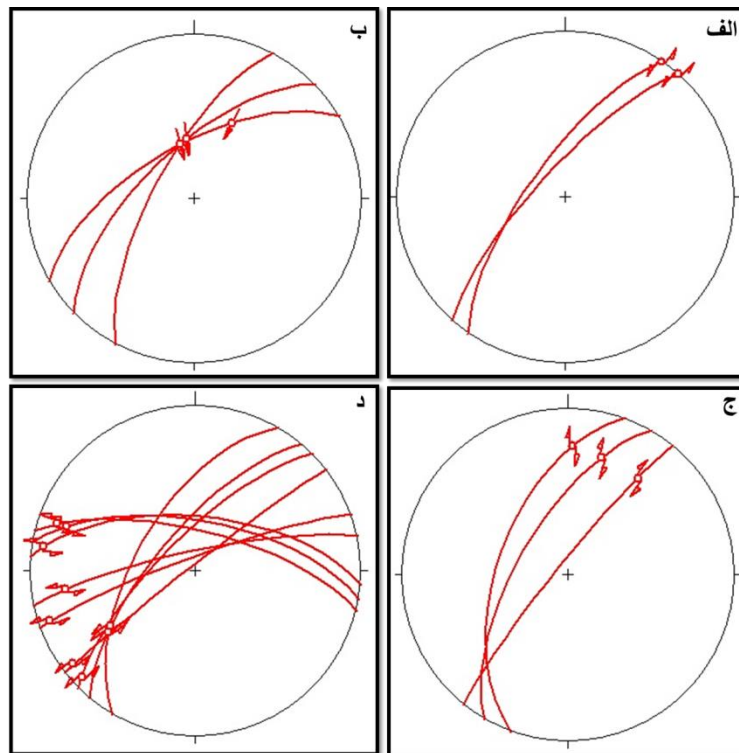


شکل ۳-۷- تصویر صحرایی از گسل تیل‌آباد در ایستگاه چهارم در جنوب روستای تیل‌آباد (دید به سمت شمال باختری)،
 الف - نمای کلی گسل در ایستگاه و محل برداشت سطح گسل و شکستگی‌های کششی در شکل با کادر قرمز رنگ نشان
 داده شده است، ب - نمای نزدیک از گسل با موقعیت $N 85^{\circ}W, 70^{\circ}N$ و شکستگی T که عمود بر خشلغز می‌باشد، ج -
 استریوگرام نشان دهنده زاویه بین سطح گسل و شکستگی T، د - نمای نزدیک از گسل با موقعیت $N 70^{\circ}E, 80^{\circ}NW$ و
 شکستگی T که عمود بر خشلغز می‌باشد، و - استریوگرام نشان دهنده زاویه بین سطح گسل و شکستگی T.



شکل ۳-۸- نمایی صحرایی از سطح گسل تیل آباد در ایستگاه چهارم با موقعیت $N^{۸۵}E, ۸۱^{\circ}N$ (دید به سمت شمال خاوری) الف - تصویر صحرایی از سطح گسل تیل آباد و شکستگی R' با موقعیت $N^{۳۰}E, ۸۰^{\circ}NW$ ، ب - برای نشان دادن استریوگرام و زاویه بین شکستگی ریدل R' با سطح گسل.

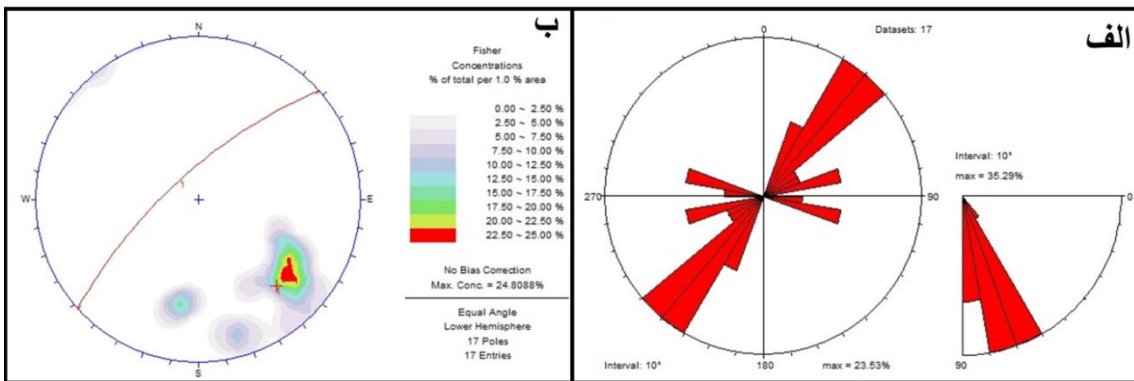
استریوگرام‌های مربوط به داده‌های برداشت شده (پیوست ۱) از سطوح گسل تیل آباد در ایستگاه‌های مختلف، که استریوگرام هر کدام از فازهای رخ داده بر روی گسل بصورت جداگانه همراه با خش‌لغز نشان داده شده است (شکل ۳-۹)، که موقعیت میانگین این خراش‌های گسلی به ترتیب $۰۰/۰۳۸$ ، $۲۶/۰۱۲$ ، $۵۸/۰۰۰$ و $۱۰/۲۷۰$ می‌باشند.



شکل ۳-۹- استریوگرام مربوط به داده‌های برداشت شده از سطح گسل تیل‌آباد همراه با موقعیت خراش‌های گسلی، الف - سطوح گسلی دارای خراش‌های افقی مربوط به اولین فاز رخ داده بر روی گسل تیل‌آباد با مولفه راست‌الغز چپ‌بر، ب - سطوح گسلی دارای خراش‌های با ریک پادساعتگرد مربوط به دومین فاز رخ داده بر روی گسل تیل‌آباد با مولفه شیب‌الغز معکوس و کمی مولفه امتدادی، ج - سطوح گسلی دارای خراش‌های با ریک پادساعتگرد مربوط به سومین فاز رخ داده بر روی گسل تیل‌آباد با مولفه مورب‌الغز راست‌بر با کمی مولفه شیب‌الغز معکوس د - سطوح گسلی دارای خراش‌های با ریک ساعتگرد مربوط به جدیدترین فاز رخ داده بر روی گسل تیل‌آباد با مولفه مورب‌الغز چپ‌بر با کمی مولفه شیب‌الغز معکوس. با توجه به ترسیم نمودار گل سرخی امتدادی و شیبی برای داده‌های برداشت شده از سطح گسل تیل‌آباد

(شکل ۳-۱۰- الف) نشان می‌دهد که ۲۳.۵۰ درصد داده‌های اندازه‌گیری شده از سطح گسل دارای امتدادی ۳۰-۵۰ درجه می‌باشند، همچنین ۳۵.۲۹ درصد داده‌ها شیبی بین ۸۰ - ۶۰ درجه دارند. بنابراین گسل تیل‌آباد، یک گسل با روند شمال خاوری - جنوب باختری و با شیبی به سمت شمال باختری است. در نتیجه با ترسیم نمودار هم‌تراز قطب داده‌های برداشت شده از سطح گسل در ۴ ایستگاه،

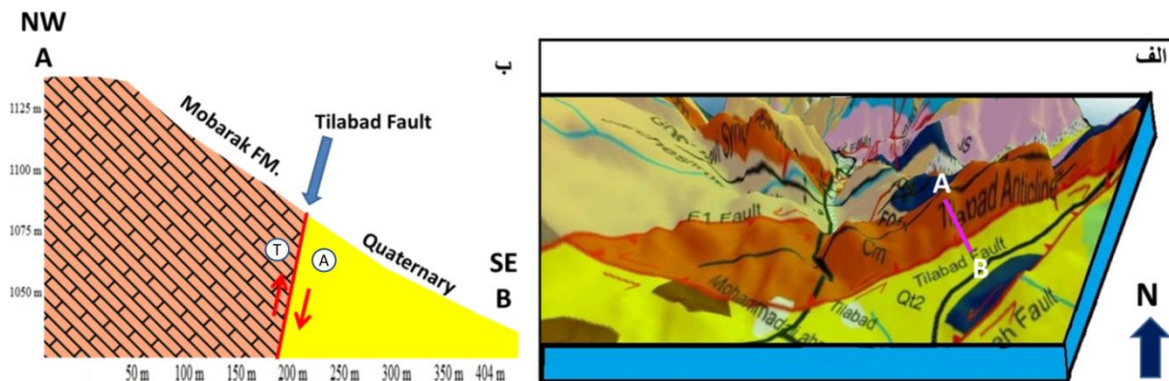
وضعیت این گسل از نظر هندسی دارای موقعیت میانگین $N47^{\circ}E, 73^{\circ}NW$ می‌باشد (شکل ۳-۱۰- ب).



شکل ۳-۱۰- نمودار گل سرخی شیبی و امتدادی مربوط به داده‌های برداشت شده از سطح گسل تیل آباد در چهار ایستگاه برداشت شده، ب - کنتوردیگرام تراکم قطب صفحات گسلی و بدست آوردن موقعیت غالب NW^{۷۳}E^{۴۷}N برای گسل تیل آباد.

با توجه به شواهد چینه‌شناسی و نیز ریخت‌شناسی سطوح گسلی برداشت شده، می‌توان به این نکته پی برد که گسل مورد بحث در طول زمان زمین شناسی حداقل چهار فاز حرکتی مختلف را تحمل نموده است. ولی نکته‌ای که بر روی این گسل قابل توجه می‌باشد، این است که در هیچ کدام از ایستگاه‌ها خراش‌های گسلی مشاهده شده همدیگر را بصورت پیوسته قطع نکرده‌اند، تا بتوانیم به ترتیب زمانی فازهای رخ داده پی ببریم.

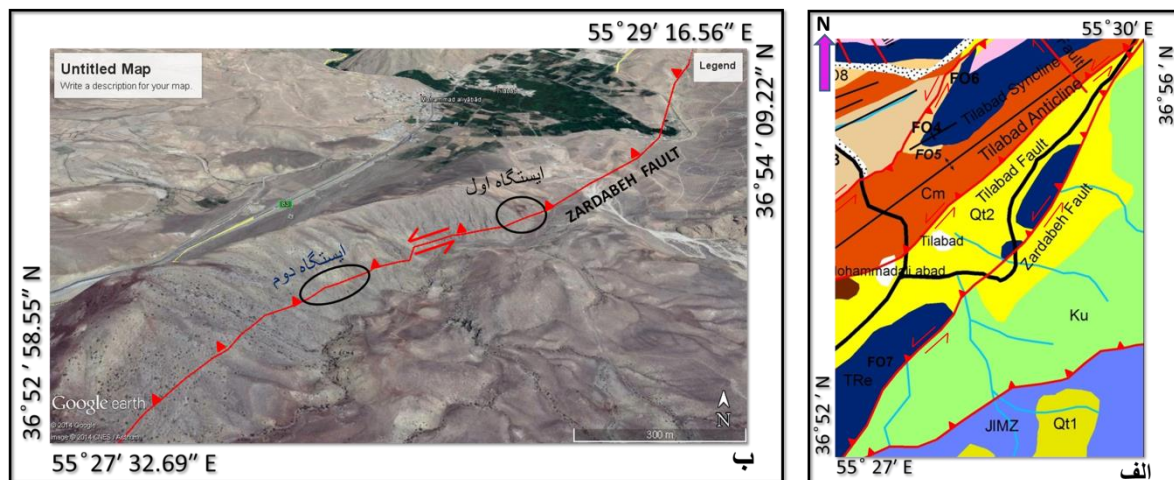
عملکرد گسل تیل آباد در این منطقه باعث برخاستگی سازند مبارک بر روی رسوبات کواترنری شده است. می‌توان در (شکل ۳-۱۱) مقطع عرضی این گسل را مشاهده نمود.



شکل ۳-۱۱- الف- تصویر سه بعدی از ترکیب داده‌های SRTM و نقشه زمین شناسی منطقه. ب- مقطع عرضی نمادین ترسیم شده از گسل تیل آباد که در راستای AB بر روی شکل الف مشخص شده است (اغراق در جهت قائم).

۱-۲-۱- گسل زردابه

اولین بار گسل زردابه توسط علوی و همکاران (۱۳۶۹) در نقشه زمین شناسی گرگان با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ به صورت یک خطواره نشان داده شده است. جعفریان و همکاران (۱۳۸۳) در نقشه زمین شناسی خوش ییلاق با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ این گسل را با توجه به همجوار بودن با روستای زردابه نام گسل را زردابه نامیده‌اند. گسل زردابه دارای ۲۰ کیلومتر طول می‌باشد، ۸.۵ کیلومتر این گسل در محدوده مورد مطالعه قرار داشته که در نقشه زمین شناسی تهیه شده از منطقه (شکل ۳-۱۲-الف) و تصویر ماهواره‌ای Google earth (شکل ۳-۱۲-ب) دیده می‌شود، این گسل با راستای شمال خاوری - جنوب باختری امتداد می‌یابد. یکی از معیارهای تشخیص گسل‌های فعال قطع رسوبات کواترنری توسط گسل می‌باشد که در شرق روستای تیل‌آباد بخشی از گسل، رسوبات کواترنری قطع کرده است. در نتیجه می‌توان این گسل را در رده گسل‌های کواترنری حساب کرد. در شکل ۳-۱۳- تصویر صحرایی رانده شدن سازند الیکا بر روی واحدهای کرتاسه بالایی را مشاهده نمود.



شکل ۳-۱۲- الف- بخشی از نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه که گسل زردابه بر روی آن مشخص شده است (تهیه شده بر پایه نقشه زمین شناسی چهار گوش خوش ییلاق با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ با اضافات و تغییرات). ب - موقعیت ایستگاه‌های برداشت داده از گسل زردابه بر روی تصویر ماهواره‌ای لندست بر گرفته از (Google earth).



شکل ۳-۱۳- نمای صحرایی رانده شدن سازند الیکا (تریاس زیرین) بر روی آهک‌های کرتاسه بالایی دید به سمت جنوب باختری

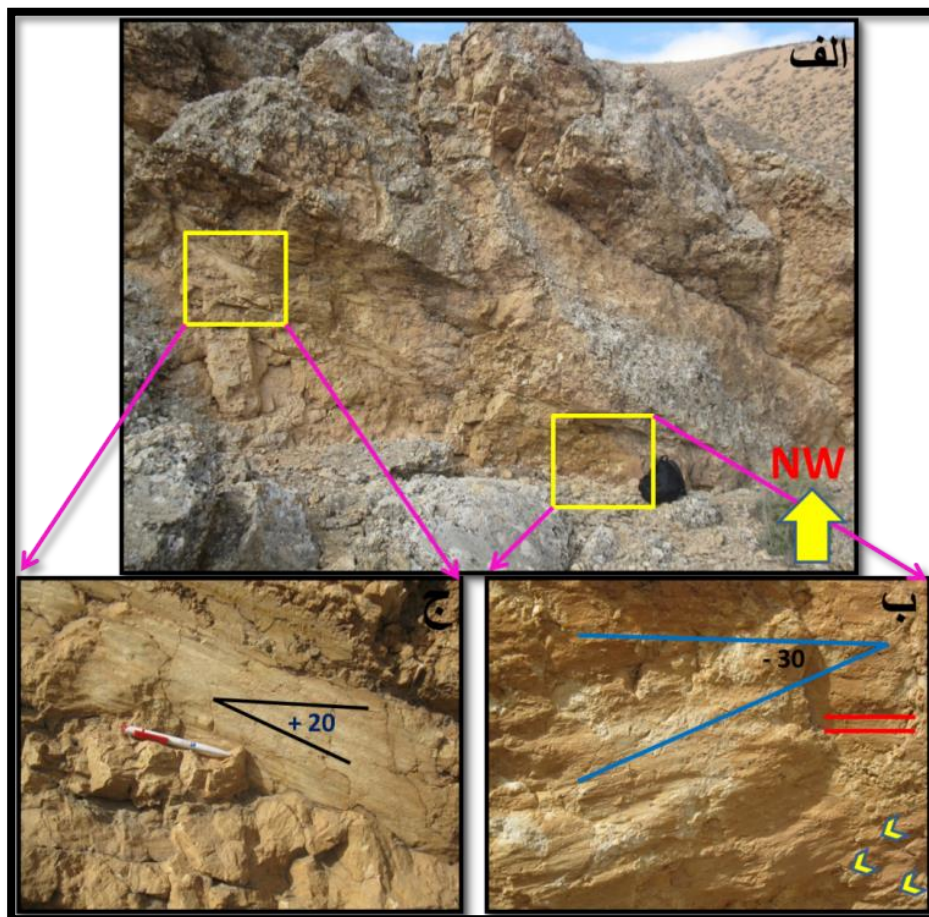
هندسه و سازوکار گسل زردابه

هندسه و سازوکار گسل زردابه در دو ایستگاه قابل برداشت و مطالعه بود. موقعیت گسل زردابه و ایستگاه-های برداشت شده بر روی این گسل در تصاویر دورسنجی (بر گرفته از Google earth) در (شکل ۳-۱۲- الف) قابل مشاهده می‌باشد.

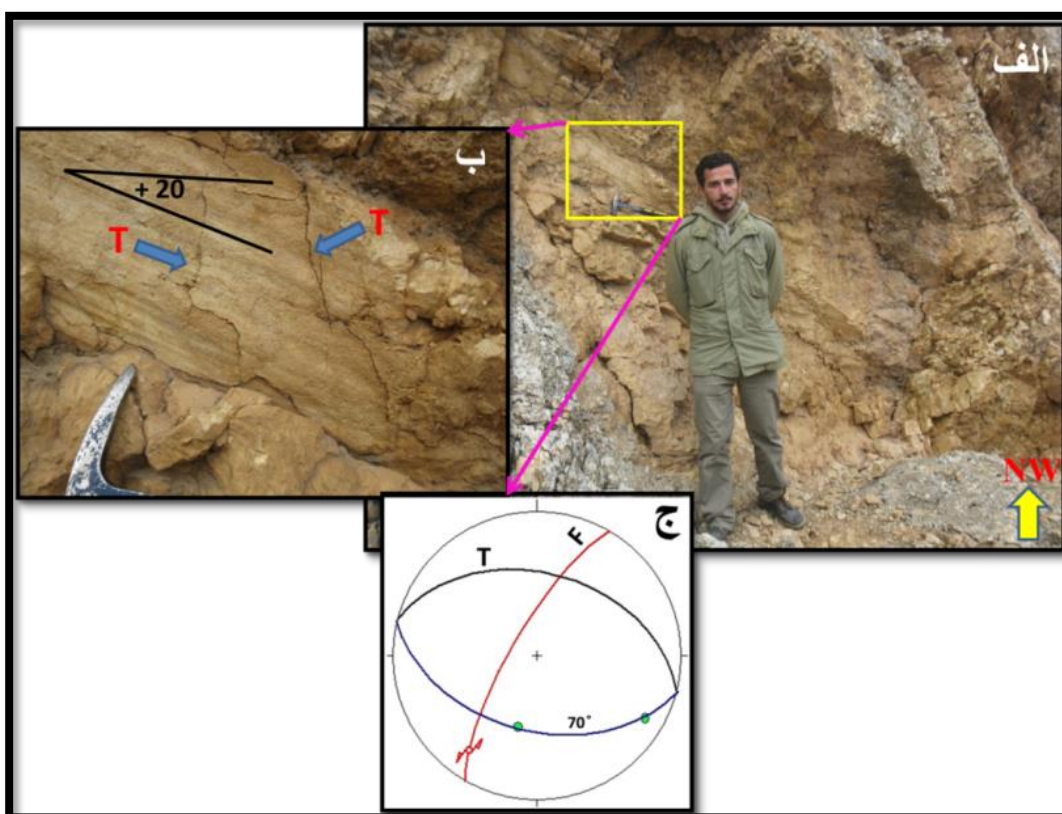
ایستگاه اول:

در موقعیت جغرافیایی $36^{\circ} 53' 48.1''$ شمالی تا $55^{\circ} 28' 16.2''$ خاوری این گسل مرز بین سازندهای الیکا (تریاس زیرین) در فرادیواره و آهک‌های کرتاسه بالایی در فرودیواره را تشکیل داده است. با توجه به شواهد چینه نگاری، مولفه شیب لغز گسل از نوع معکوس می‌باشد. در این ایستگاه، ۳ دسته خراش گسلی

در فرادیواره به ترتیب با ریک افقی، ۳۰ درجه پادساعتگرد و ۲۰ درجه ساعتگرد قابل مشاهده می‌باشد. که با توجه به قاعده برش قدیمی‌ترین فاز با ریک افقی و جدیدترین فاز نیز با زاویه ریک ۲۰ درجه ساعتگرد می‌باشد (شکل ۳-۱۴). در این ایستگاه رخنمون سطح گسل زردابه با موقعیت میانگین $N40^{\circ}E, 70^{\circ}NW$ می‌باشد، وجود شکستگی‌های ریدل از نوع T با موقعیت $N70^{\circ}W, 42^{\circ}NE$ که به صورت بازشدگی عمود بر خراش‌های گسلی می‌باشد (شکل ۳-۱۵)، که زاویه‌ای ۷۰ درجه با سطح گسل می‌سازد. نوک گوه‌ای که شکستگی T با سطح گسل می‌سازد در جهت خلاف حرکت بلوک گم شده می‌باشد. که با توجه به این قاعده مولفه این گسل به صورت مورب‌لغز چپ‌بر با کمی مولفه شیب‌لغز معکوس می‌باشد.



شکل ۳-۱۴ - الف - تصویر صحرایی از گسل زردابه در ایستگاه اول در جنوب روستای تیل‌آباد با موقعیت $N40^{\circ}E, 70^{\circ}NW$ (دید به سمت شمال باختری)، ب - نمای نزدیک از کادرهای زرد رنگ مشخص شده در قسمت الف برای نشان دادن تقاطع خش‌لغزهای موجود در سطح گسل.

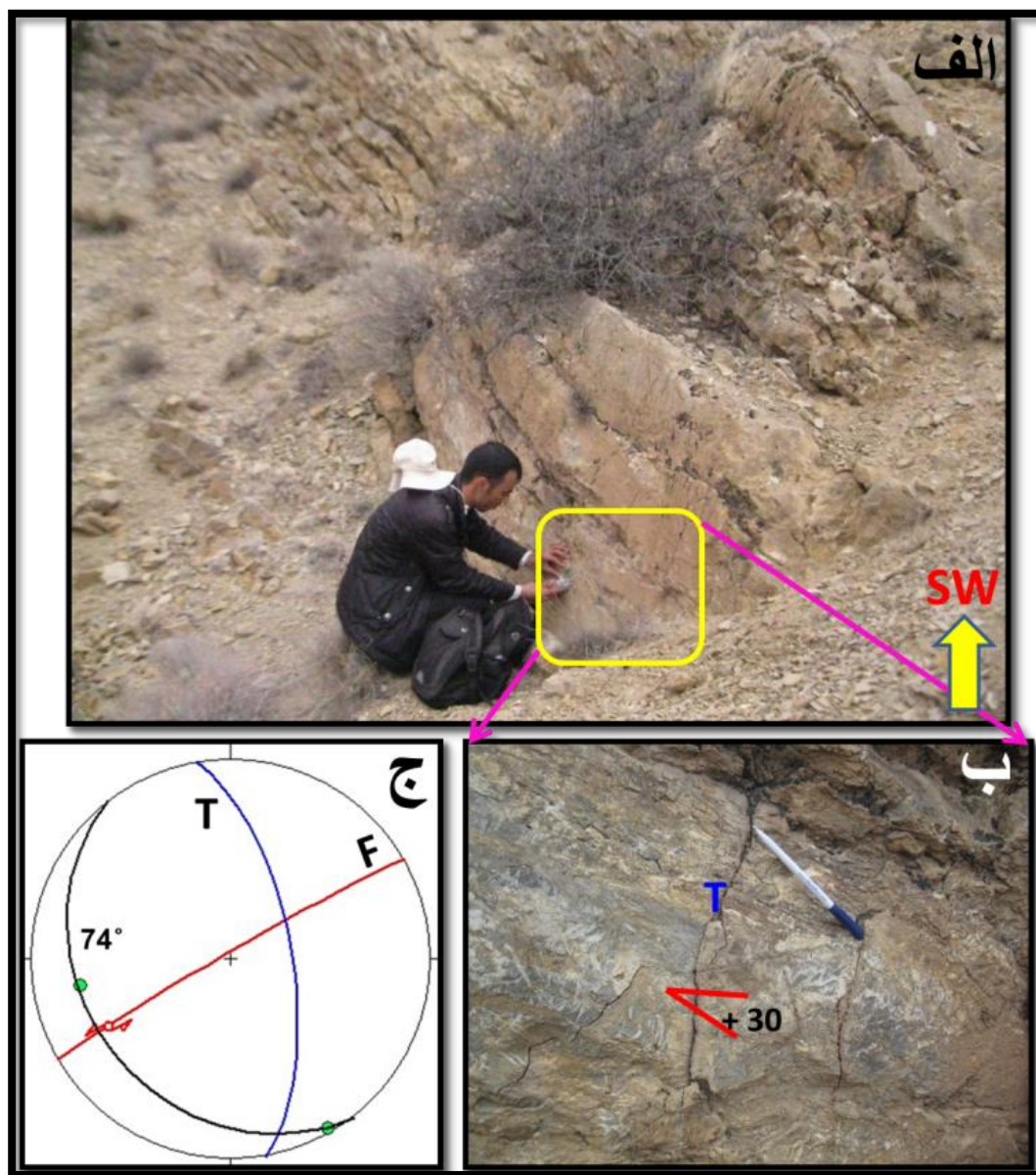


شکل ۳-۱۵- نمایی از سطح گسل (دید به سمت شمال باختری) ایستگاه اول، الف - تصویر صحرایی از سطح گسل زردابه با موقعیت $N40^{\circ}E, 70^{\circ}NW$ ، ب - تصویر نزدیک از گسل برای نشان دادن خراش گسلی، شکستگی T، ج - استریوگرام نشان دهنده زاویه بین سطح گسل و شکستگی T.

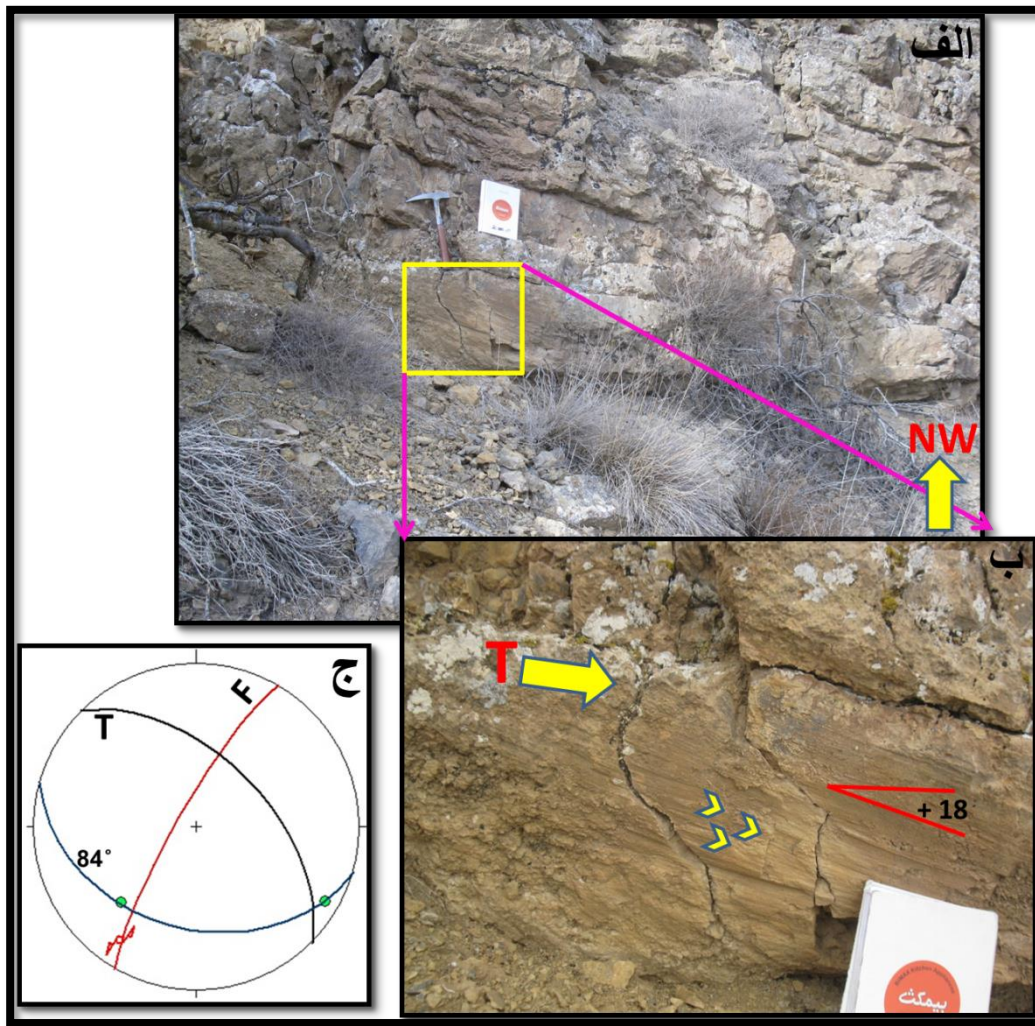
ایستگاه دوم:

در این ایستگاه رخنمون سطح گسل در دو موقعیت جغرافیایی برداشت شده است. اولین نقطه در موقعیت جغرافیایی $36^{\circ}53'19.4''$ شمالی تا $55^{\circ}27'43.3''$ خاوری با موقعیت گسل $N60^{\circ}E, 87^{\circ}NW$ می باشد و وجود شکستگی T که عمود بر خشلغز با موقعیت $N10^{\circ}W, 60^{\circ}E$ و با سطح گسل زاویه 74° درجه می سازد. با توجه به جهت شیب شکستگی های T نحوه حرکت این گسل را چپ بر نشان می دهد (شکل ۳-۱۶). دومین نقطه در موقعیت جغرافیایی $36^{\circ}53'21.7''$ شمالی تا $55^{\circ}27'46.2''$ خاوری با موقعیت گسل $N30^{\circ}E, 80^{\circ}NW$ و وجود شکستگی T که عمود بر خشلغز با موقعیت $N40^{\circ}W, 50^{\circ}NE$ و با سطح گسل زاویه 84° درجه می سازد. نوک گوه ای که شکستگی T با سطح گسل می سازد در جهت خلاف

حرکت بلوک گم شده می‌باشد. نوک گوه‌ای که شکستگی T با سطح گسل می‌سازد در جهت خلاف حرکت بلوک گم شده می‌باشد. و علاوه بر این وجود پله‌های گسلی نحوه حرکت این گسل را به صورت چپ‌بر نشان می‌دهد (شکل ۳-۱۷).

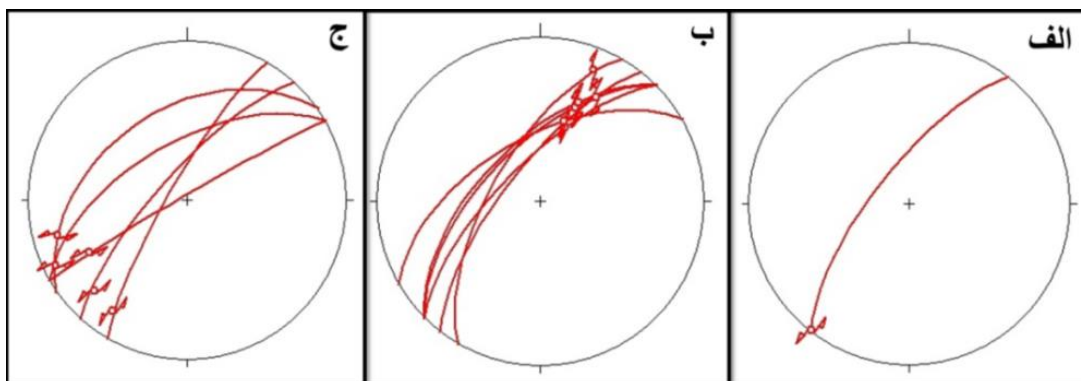


شکل ۳-۱۶ - الف - تصویری از سطح گسل زردابه در ایستگاه دوم با موقعیت $N60^{\circ}E, 87^{\circ}NW$ (دید به سمت جنوب باختری)، ب - نمای نزدیک از گسل زردابه شکستگی هلالی، خش‌لغز و شکستگی T، ج - استریوگرام نشان دهنده زاویه بین سطح گسل و شکستگی T.



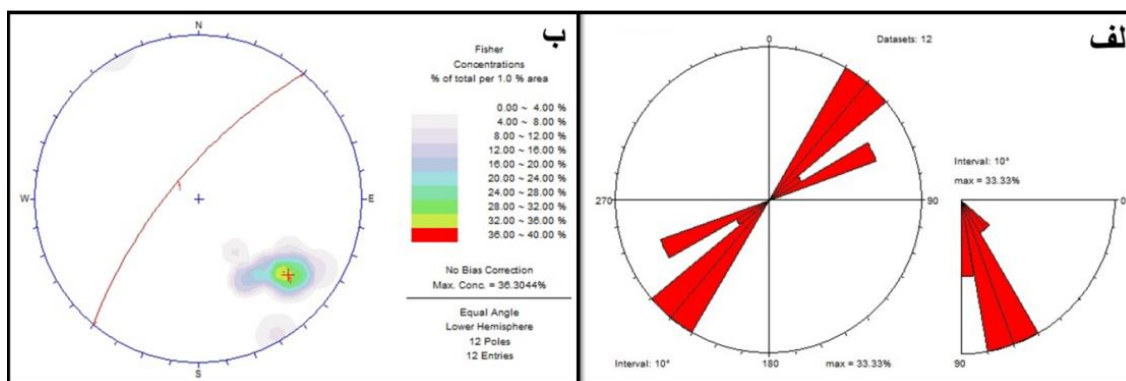
شکل ۳-۱۷- الف - رخنمون سطح گسل زردابه با موقعیت $N45^{\circ}E, 80^{\circ}NW$ در سازند الیکا در ایستگاه دوم (دید به سمت شمال باختری)، ب - تصویر نزدیک از کادر زرد رنگ مشخص شده در شکل الف برای نشان دادن شکستگی T، خش لغز و پله‌های گسل، تلفیق این داده‌ها سازوکار گسل امتداد لغز چپ‌بر با کمی مولفه شیب لغز معکوس می‌باشد، ج - استریوگرام نشان دهنده زاویه بین سطح گسل و شکستگی T.

برداشت داده‌های ساختاری از گسل زردابه در پیوست ۲ آورده شده است. استریوگرام‌های مربوط به این داده‌ها برای هر کدام از فازهای رخ داده بر روی گسل بصورت جداگانه همراه با خش لغز نشان داده شده است (شکل ۳-۱۸)، که موقعیت میانگین این خراش‌های گسلی از قدیمی‌ترین به جدیدترین فاز به ترتیب ۱۷/۲۳۸ و ۴۰/۰۱۷، ۰۰/۲۱۸ می‌باشند.



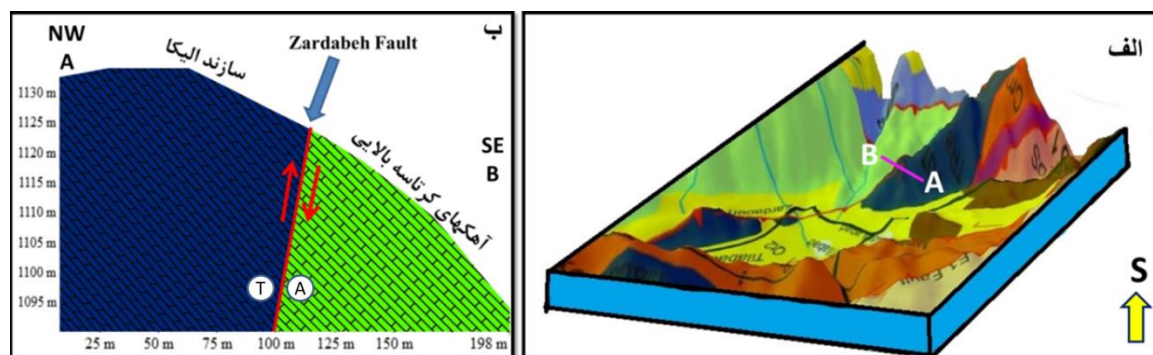
شکل ۳-۱۸ - استریوگرام مربوط به داده‌های برداشت شده از سطح گسل زردابه همراه با موقعیت خراش‌های گسلی، الف - سطوح گسلی دارای خراش‌های افقی مربوط به اولین فاز رخ داده بر روی گسل زردابه با مولفه راست‌الغز چپ‌بر، ب - سطوح گسلی دارای خراش‌های با ریک پادساعتگرد مربوط به دومین فاز رخ داده بر روی گسل زردابه با مولفه مورب‌الغز راست‌بر با کمی مولفه شیب‌الغز معکوس، ج - سطوح گسلی دارای خراش‌های با ریک ساعتگرد مربوط به جدیدترین فاز رخ داده بر روی گسل زردابه با مولفه مورب‌الغز چپ‌بر با کمی مولفه شیب‌الغز معکوس.

با توجه به ترسیم نمودار گل سرخی امتدادی و شیبی برای داده‌های برداشت شده از سطح گسل زردابه (شکل ۳-۱۹-الف) نشان می‌دهد که ۳۳.۳۳ درصد داده‌های اندازه‌گیری شده از سطح گسل دارای امتدادی ۵۰-۳۰ درجه می‌باشند، همچنین ۳۳.۳۳ درصد داده‌ها شیبی بین ۸۰ - ۶۰ درجه دارند. بنابراین گسل زردابه، یک گسل با روند شمال خاوری - جنوب باختری و با شیبی به سمت شمال باختری است. در نتیجه با ترسیم نمودار هم‌تراز قطب داده‌های برداشت شده از سطح گسل، وضعیت این گسل از نظر هندسی دارای موقعیت میانگین $N40^{\circ}E, 70^{\circ}NW$ می‌باشد (شکل ۳-۱۹-ب).



شکل ۳-۱۹ - نمودار گل سرخی و امتدادی مربوط به داده‌های برداشت شده از سطح گسل زردابه در دو ایستگاه برداشت شده، ب - کنتوردیگرام تراکم قطب صفحات گسلی و بدست آوردن موقعیت غالب $N40^{\circ}E, 70^{\circ}NW$ برای گسل زردابه.

با توجه به شواهد ریخت شناسی سطح گسل و چینه‌شناسی در ایستگاه‌های مختلف، در برداشت‌های صحرایی وجود سه دسته خراش گسلی بر روی گسل زردابه را نمایان می‌کنند. این فازهای رخ داده بر روی گسل عبارتند از: راستالغز چپ‌بر، موربلغز راست‌بر با کمی مولفه شیب‌لغز معکوس و موربلغز چپ‌بر با کمی مولفه شیب‌لغز معکوس می‌باشند. با توجه به قاعده برش که خراش‌هایی که خراش‌های دیگر را قطع کرده است، جدیدترین فاز رخ داده بر روی گسل می‌باشد، با این حساب جدیدترین فاز موربلغز چپ‌بر با کمی مولفه شیب‌لغز معکوس می‌باشد. عملکرد گسل زردابه در این منطقه باعث برخاستگی سازند الیکا بر روی واحدهای کرتاسه بالایی شده است. گسل زردابه در امتداد خود در جنوب روستای تیل‌آباد سبب ایجاد دره گسلی شده است که در نتیجه فرسایش صورت گرفته، بر اثر جریان یافتن آب به دره نسبتاً عریضی تبدیل شده است (شکل ۳-۲۱). می‌توان در (شکل ۳-۲۰) مقطع عرضی این گسل را مشاهده نمود.



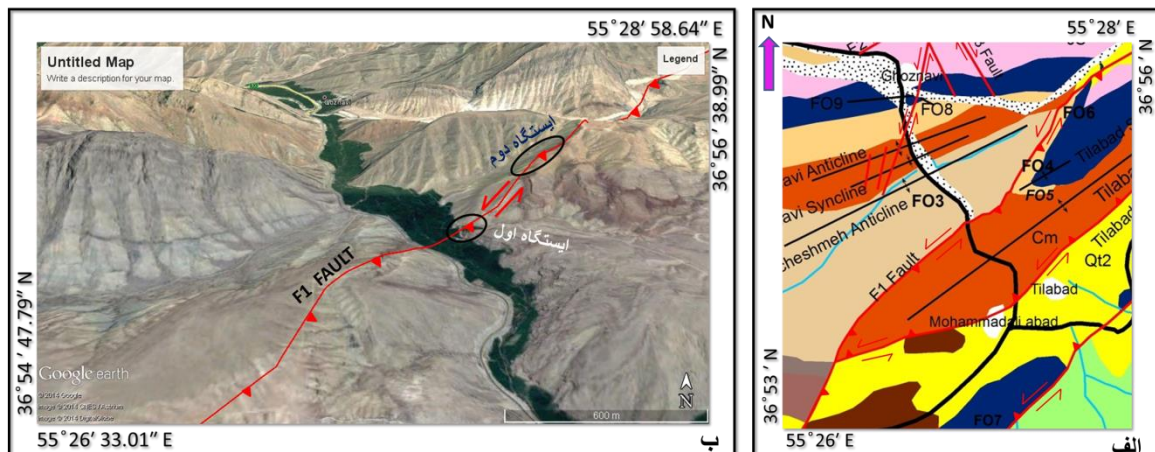
شکل ۳-۲۰-الف- تصویر سه بعدی از ترکیب داده‌های SRTM و نقشه زمین شناسی منطقه. ب- مقطع عرضی نمادین ترسیم شده از گسل زردابه که در راستای AB بر روی شکل الف مشخص شده است (اغراق در جهت قائم).



شکل ۳-۲۱- دره گسلی ایجاد شده توسط گسل زردابه در جنوب روستای تیل آباد و قرار گیری سازندهای الیکا (تریاس زیرین) و آهکهای کرتاسه بالایی در کنار هم (دید به سمت شمال خاوری).

۱-۳-۱- گسل F_1

گسل F_1 تقریباً در مرکز محدوده مورد مطالعه و به طول ۱۲ کیلومتر با روند شمال خاوری - جنوب باختری و شیب به سمت جنوب خاوری می باشد. بخش اعظم گسل مرز بین سازندهای خوش ییلاق (دونین میانی) در قسمت فرودیواره، سازند مبارک (کربنیفر زیرین) و سازند دورود (پرمین زیرین) فرادیواره را تشکیل می دهد (شکل ۳-۲۲-الف). در برخی قسمت های گسل بطور متناوب در فرادیواره و فرودیواره سازندهای سلطان میدان، خوش ییلاق، مبارک، الیکا و رسوبات کواترنری قرار می گیرد. با توجه به بریده شدن رسوبات کواترنری توسط گسل می توان، این گسل را گسل فعال نامید. در شکل ۳-۲۳- تصویر صحرایی رانده شدن سازند دورود بر روی سازند خوش ییلاق را مشاهده نمود.



شکل ۳-۲۲- الف- بخشی از نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه که گسل F_1 بر روی آن مشخص شده است (تهیه شده بر پایه نقشه زمین شناسی چهار گوش خوش ییلاق با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ با اضافات و تغییرات). ب- موقعیت ایستگاه-های برداشت داده از گسل F_1 بر روی تصویر ماهواره‌ای لندست بر گرفته از (Google earth).

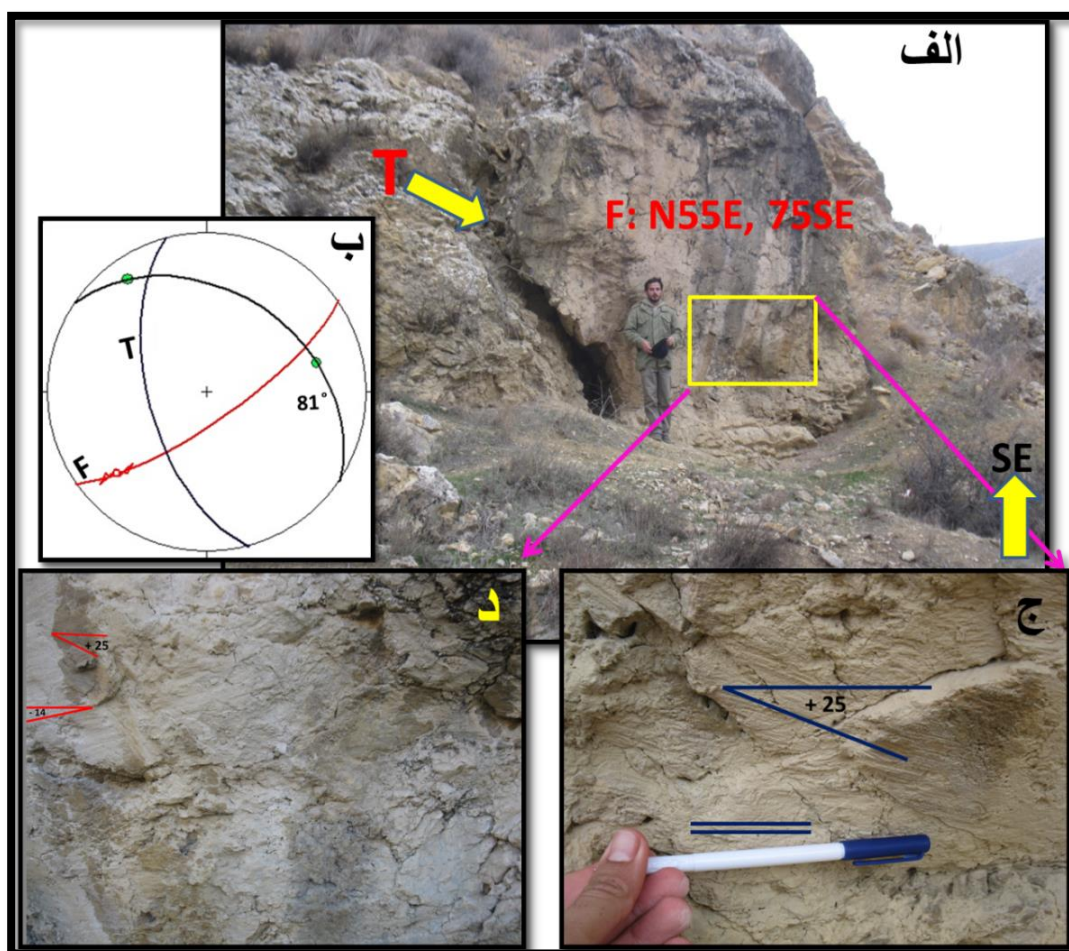


شکل ۳-۲۳- تصویر صحرایی رانده شدن سازند دورود (پرمین زیرین) بر روی سازند خوش ییلاق (دونین زیرین) دید به سمت شمال خاوری

هندسه و سازوکار گسل F_۱

بررسی ویژگی‌های هندسی و جنبشی گسل F_۱ در ۲ ایستگاه مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است که در تصویر ماهواره‌ای (Google earth) نشان داده شده است (شکل ۳-۲۲-ب).

ایستگاه اول، در موقعیت جغرافیایی $36^{\circ} 55' 25.8''$ شمالی و $55^{\circ} 27' 37.3''$ خاوری می‌باشد. در این ایستگاه فرادیواره گسل را سازند مبارک (کربنفر زیرین) و سازند خوش ییلاق (دونین میانی) فرودیواره گسل را تشکیل می‌دهند (شکل ۳-۲۴-الف). با توجه به قرار گرفتن این گسل در مرز سازندهای مبارک و خوش ییلاق سبب بهم ریختگی چینه شناسی نشده و ترتیب سنی سازندها تغییر نکرده است، قرار گرفتن سازند مبارک بر روی سازند خوش ییلاق از نظر ترتیب توالی چینه شناسی در منطقه مرز طبیعی بین این دو سازند است. برای بررسی سازوکار گسل در ایستگاه نمی‌توان از شواهد چینه نگاری استفاده کرد، با توجه به مشاهده سطح گسل و خراش‌های گسلی می‌توان به گسلی بودن این مرز پی برد. در این ایستگاه رخنمونی از سطح گسل F_۱ با موقعیت میانگین $N50^{\circ}E, 70^{\circ}SE$ برداشت گردیده است (شکل ۳-۲۴-الف). وجود ۳ دسته خراش گسلی که به ترتیب ریک افقی، ۱۴ درجه پادساعتگرد و ۲۵ درجه ساعتگرد را مشاهده نمود (شکل ۳-۲۴-ج، د). با توجه به قطع شدگی خراش‌های گسلی با ریک افقی و ۱۴ درجه پادساعتگرد توسط خراش گسلی با ریک ۲۵ درجه ساعتگرد بر روی این سطح طبق قاعده برش، خراش گسلی قطع کننده خراش‌های گسلی دیگر از نظر سنی جوان تر است. با توجه به این قاعده آخرین فاز حرکتی مربوط به خراش گسلی با ریک ۲۵ درجه می‌باشد. با توجه به وجود شکستگی T با موقعیت $N10^{\circ}W, 60^{\circ}SW$ که عمود بر خراش گسلی با ریک ۲۵ درجه می‌باشد و با سطح گسل زاویه ۸۰ درجه می‌سازد (شکل ۳-۲۴-ب). از آنجا که نوک گوه‌ای که شکستگی T با سطح گسل می‌سازد در جهت خلاف حرکت بلوک گم شده می‌باشد. بنابراین سازوکار گسل مورب لغز چپ‌بر با کمی مولفه شیب‌لغزی معکوس می‌باشد.

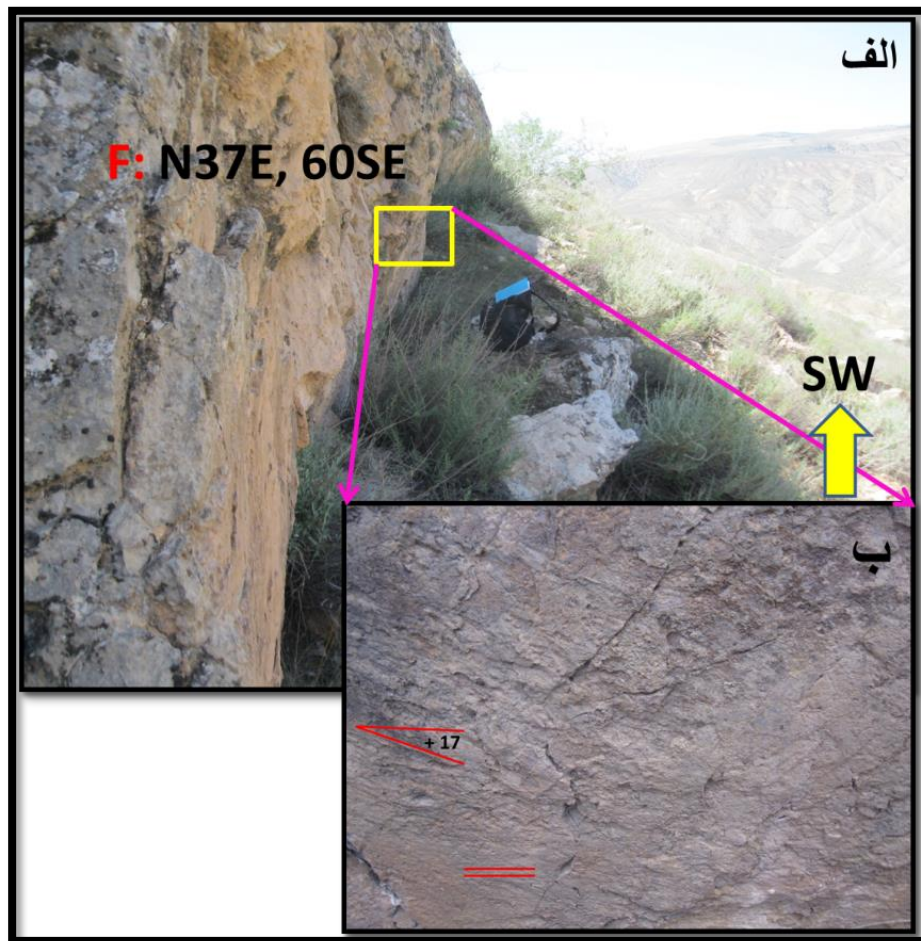


شکل ۳-۲۴- تصویر دیواره گسل F_1 با موقعیت $N55E, 75SE$ بر روی سازند مبارک در ایستگاه اول و شکستگی T که عمود بر خش لغز ۲۵ درجه می باشد (دید به سمت جنوب خاوری)، ب - استریوگرام نشان دهنده زاویه بین سطح گسل و شکستگی T، ج و د - نمایی نزدیک از تقاطع خراش های گسلی موجود در سطح گسل.

ایستگاه دوم:

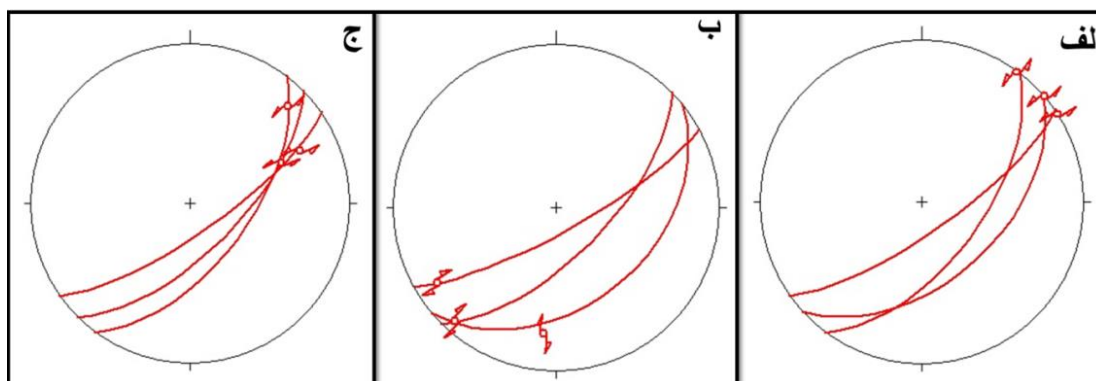
ایستگاه دوم، در موقعیت جغرافیایی $36^{\circ} 55' 25.8''$ شمالی و $55^{\circ} 27' 37.3''$ خاوری می باشد. در این ایستگاه فرادیواره گسل سازند دورود (پرمین زیرین) و سازند خوش ییلاق (دونین میانی) فرودیواره گسل را تشکیل می دهد. حضور دو نسل خش لغز بر روی سطحی با موقعیت $N37E, 60SE$ با زاویه ریک ۱۷ درجه ساعتگرد و افقی می توان مشاهده نمود (شکل ۳-۲۵-ب). از آنجا که خراش های با ریک افقی توسط خراش های ۱۷ درجه قطع گردیده است، بنابراین طبق قاعده برش خراش گسلی که خراش دیگر را قطع

کرده است از نظر سنی جوانترین فاز می باشد. با توجه به این قاعده جدیدترین فاز رخ داده بر روی این گسل از نوع مورب لغز چپ بر با کمی مولفه شیب لغز معکوس می باشد.



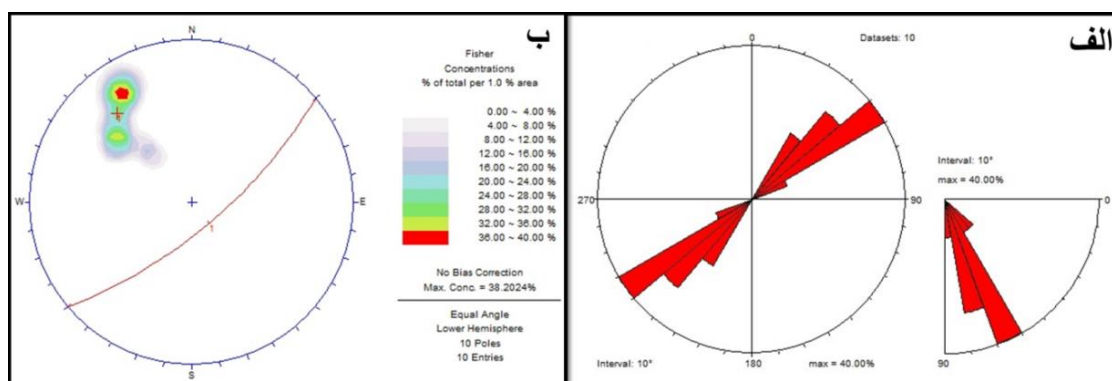
شکل ۳-۲۵- الف - نمایی از سطح گسل F_1 در ایستگاه دوم با موقعیت $N37E, 60SE$ بر روی سازند دورود برداشت بر روی فرادیواره می باشد (دید به سمت جنوب باختری)، ب - نمایی نزدیک از تقاطع خراش های گسلی موجود در سطح گسل و پله های گسلی.

استریوگرام های مربوط به داده های برداشت شده (پیوست ۳) از سطوح گسل F_1 در ایستگاه های مختلف، استریوگرام هر کدام از فازهای رخ داده بر روی گسل بصورت جداگانه همراه با خشلغز نشان داده شده است، که موقعیت میانگین این خراش های گسلی از قدیمی ترین به جدیدترین فاز به ترتیب ۰۰/۰۴۷، ۱۵/۲۰۷ و ۲۵/۰۵۸ می باشند (شکل ۳-۲۶).



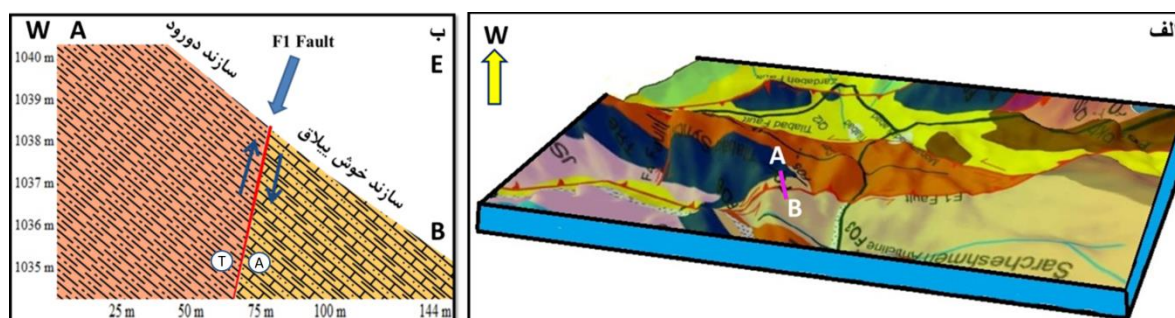
شکل ۳-۲۶- استریوگرام مربوط به داده‌های برداشت شده از سطح گسل F_1 همراه با موقعیت خراش‌های گسلی، الف - سطوح گسلی دارای خراش‌های افقی مربوط به اولین فاز رخ داده بر روی گسل F_1 با مولفه راست‌الغز چپ‌بر، ب - سطوح گسلی دارای خراش‌های با ریک پادساعتگرد مربوط به دومین فاز رخ داده بر روی گسل F_1 با مولفه مورب‌الغز راست‌بر با کمی مولفه شیب‌الغز معکوس، ج - سطوح گسلی دارای خراش‌های با ریک ساعتگرد مربوط به جدیدترین فاز رخ داده بر روی گسل F_1 با مولفه مورب‌الغز چپ‌بر با کمی مولفه شیب‌الغز معکوس.

با توجه به ترسیم نمودار گل سرخی امتدادی و شیبی برای داده‌های برداشت شده از سطح گسل F_1 (شکل ۳-۲۷- الف) نشان می‌دهد که ۴۰ درصد داده‌های اندازه‌گیری شده از سطح گسل F_1 دارای امتدادی ۵۰-۶۰ درجه می‌باشند، همچنین ۴۰ درصد داده‌ها شیبی بین ۷۰ - ۶۰ درجه دارند. بنابراین گسل F_1 ، یک گسل با روند شمال خاوری - جنوب باختری و با شیبی به سمت جنوب خاوری است. در نتیجه با ترسیم نمودار هم‌تراز قطب داده‌های برداشت شده از سطح گسل، وضعیت این گسل از نظر هندسی دارای موقعیت میانگین $N^{50}E, 70SE$ می‌باشد (شکل ۳-۲۷-ب).



شکل ۳-۲۷- نمودار گل سرخی و امتدادی مربوط به داده‌های برداشت شده از سطح گسل F_1 در دو ایستگاه برداشت شده، ب - کنتوردیگرام تراکم قطب صفحات گسلی و بدست آوردن موقعیت غالب $N^{50}E, 70SE$ برای گسل F_1 .

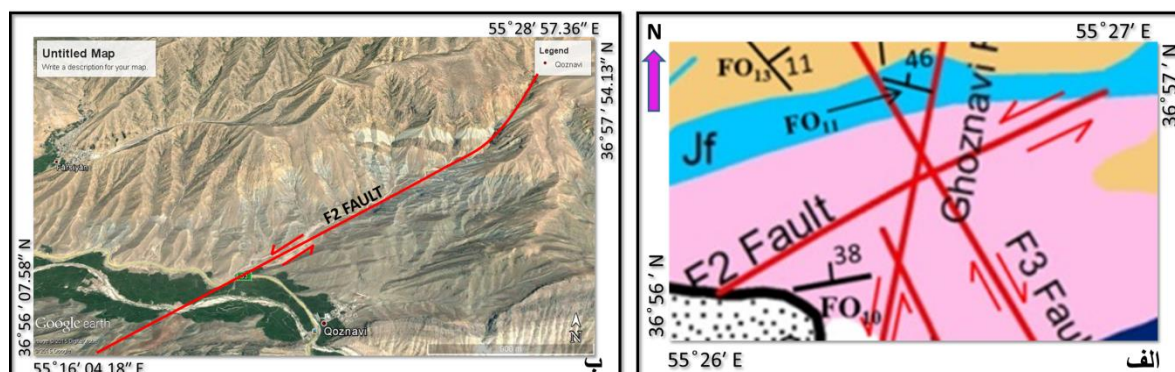
با توجه به شواهد ریخت شناسی سطح گسل در برداشت‌های صحرایی وجود سه دسته خراش گسلی بر روی گسل F_1 را نمایان می‌کنند. این فازهای رخ داده بر روی گسل عبارتند از: راستالغز چپبر، موربلغز راستبر با کمی مولفه شیب‌لغز معکوس و موربلغز چپبر با کمی مولفه شیب‌لغز معکوس می‌باشند. با توجه به قاعده برش که خراش‌هایی که خراش‌های دیگر را قطع کرده است، جدیدترین فاز رخ داده بر روی گسل می‌باشند، با این حساب جدیدترین فاز رخ داده بر روی این گسل موربلغز چپبر با کمی مولفه شیب‌لغز معکوس می‌باشد. می‌توان در (شکل ۳-۱۱) مقطع عرضی و تلفیق نقشه منطقه مورد مطالعه و ترکیب داده‌های SRTM برای این گسل را مشاهده نمود.



شکل ۳-۲۸- الف- تصویر سه بعدی از ترکیب داده‌های SRTM و نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه. ب- مقطع عرضی نمادین ترسیم شده از گسل F_1 که در راستای AB بر روی شکل الف مشخص شده است (اغراق در جهت قائم).

۱-۴- گسل F_2

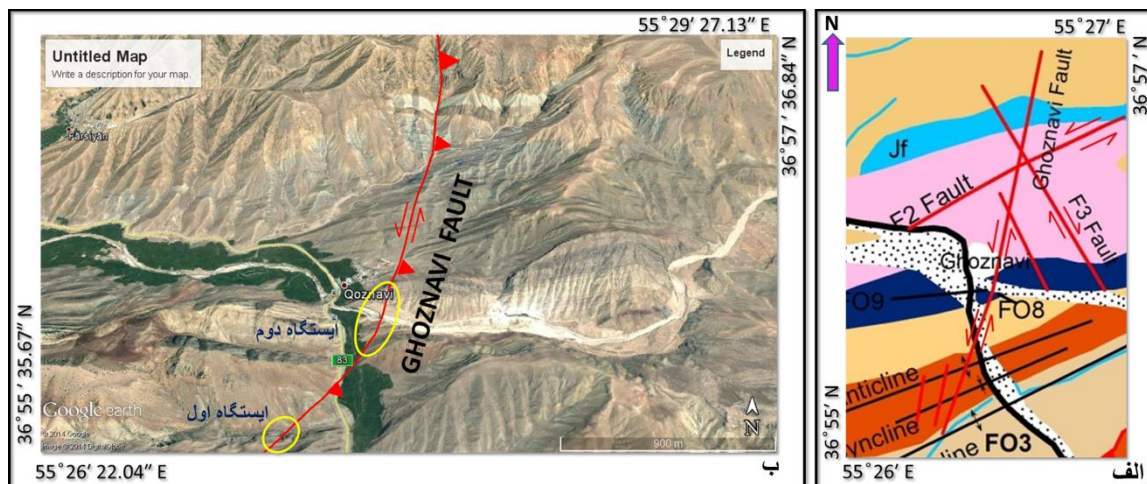
این گسل به طول تقریبی ۳ کیلومتر در شمال روستای غزنوی در داخل دره منتهی به معدن زغال سنگ غزنوی می‌باشد (شکل ۳-۲۹). با توجه به اینکه گسل F_2 در داخل سازندی با لیتولوژی فرسایش پذیر (سازند شمشک) می‌باشد، در مطالعات صحرایی سطح گسل قابل رخنمون نبود، با این شرایط ما در مورد مولفه شیب‌لغزی گسل با قاطعیت نمی‌توانیم اظهار نظر کنیم، ولی با توجه هم راستا و نزدیکی گسل F_2 با گسل‌های طولی محدوده مورد مطالعه انتظار می‌رود که مولفه شیب‌لغزی مشابه داشته باشند. با جابجایی ایجاد شده در طرفین بلوک گسلی می‌توان به مولفه امتدادی گسل پی‌برد. در نتیجه سازوکار گسل F_2 انتظار می‌رود موربلغز چپبر با مولفه شیب‌لغز معکوس باشد.



شکل ۳-۲۹- بخشی از نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه که گسل F_2 بر روی آن مشخص شده است (تهیه شده بر پایه نقشه زمین شناسی چهار گوش خوش ییلاق با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ با اضافات و تغییرات). ب - تصویر ماهواره‌ای گسل F_2 بر روی تصویر ماهواره‌ای لندست بر گرفته از (Google earth).

۱-۱-۵- گسل غزنوی :

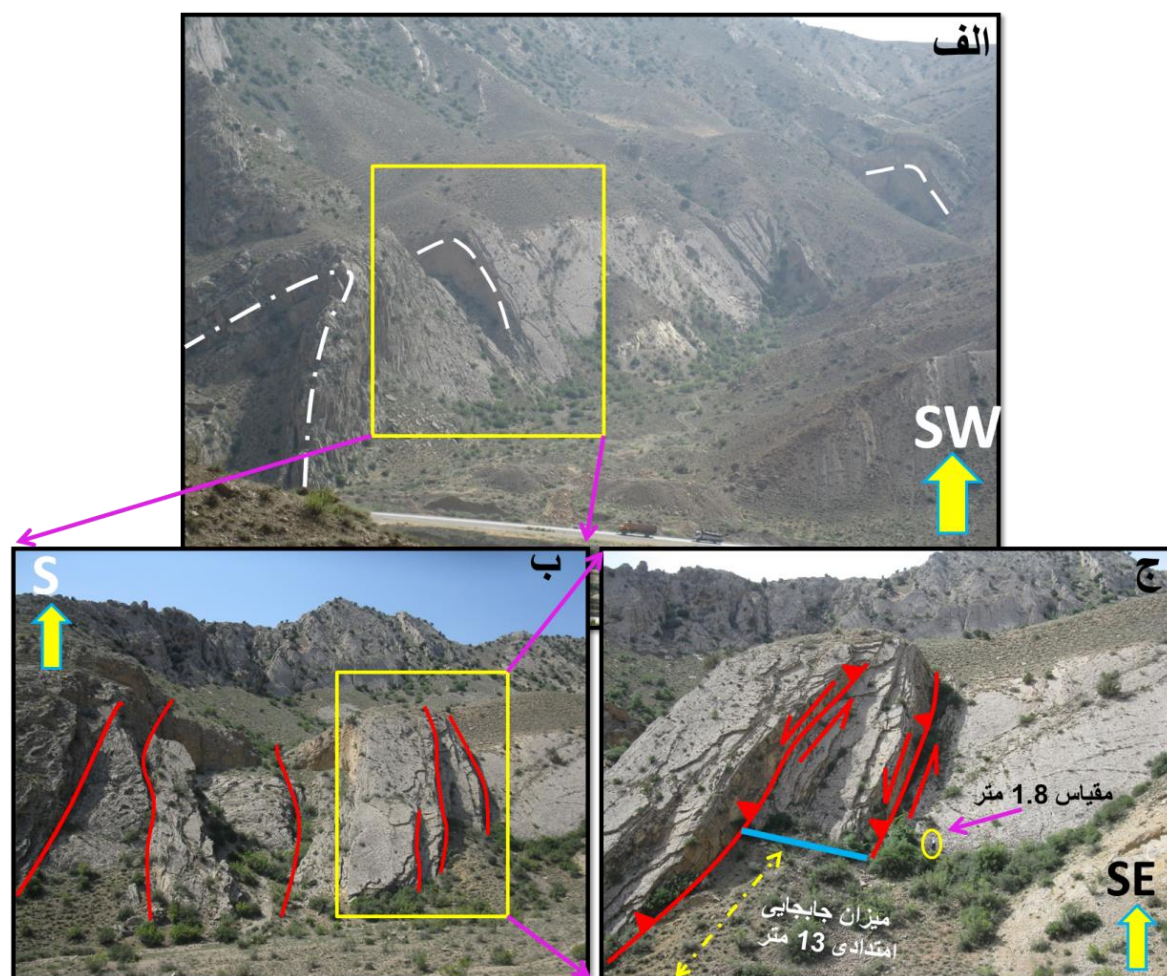
این زون گسلی اولین بار توسط جعفریان و همکاران (۱۳۸۳) در نقشه زمین شناسی خوش ییلاق با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ تنها به صورت یک خطواره کوچک در شمال روستای غزنوی نشان داده شده است. با بررسی تصاویر دورسنجی و بازدیدهای صحرایی می‌توان به این نکته پی‌برد که این منطقه یک گسل نیست بلکه بصورت یک زون گسله با عرض تقریباً ۲۰۰ متر می‌باشد. که دارای امتدادی تقریباً شمالی - جنوبی و به طول ۴ کیلومتر می‌باشد. زون گسله موجود برای اولین بار در این پژوهش شناسایی و نامگذاری شده است. با توجه به این که این زون گسله همجوار با روستای غزنوی می‌باشد، نام گسل، غزنوی نامگذاری شده است. این زون گسلی باعث دگرریختی سازندهای خوش ییلاق (دونین زیرین)، مبارک (کربنیفر زیرین)، دورود (پرمین زیرین)، روته (پرمین میانی)، الیکا (تریاس زیرین)، شمشک (ژوراسیک)، فارسیان (ژوراسیک بالایی) و نهشته‌های پلیوسن گردیده است (شکل ۳-۳۰- الف). با توجه به اینکه این گسل باعث دگرریختی نهشته‌های پلیوسن شده است می‌توان استنباط کرد که در بازه نوزمین ساختمانی نیز فعالیتی داشته است. با توجه به جابجایی‌های طرفین سطح گسل در تصاویر دورسنجی، مشاهدات صحرایی و شاخص‌های زمین شناسی دیگر می‌توان به مولفه امتدادی این گسل به صورت چپ‌بر در منطقه پی‌برد (شکل ۳-۳۰- ب).



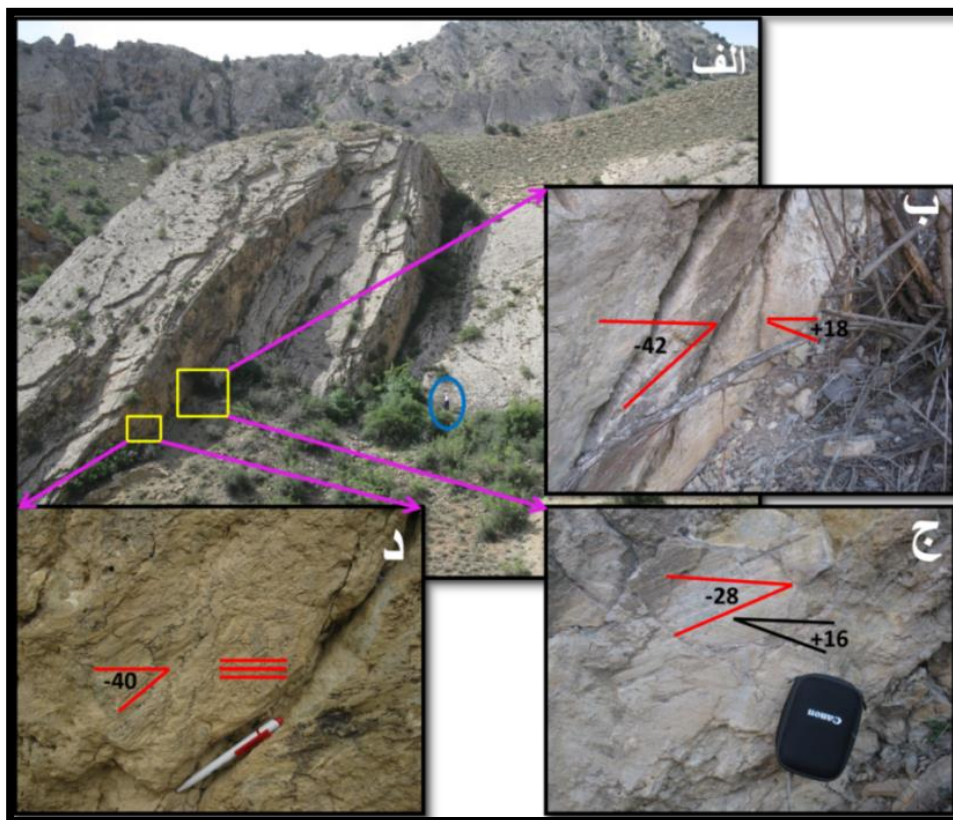
شکل ۳-۳۰- الف- بخشی از نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه که گسل غزنوی بر روی آن مشخص شده است (تهیه شده بر پایه نقشه زمین شناسی چهار گوش خوش بیلاق با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ با اضافات و تغییرات). ب- موقعیت ایستگاه- های برداشت داده از گسل غزنوی بر روی تصویر ماهواره‌ای لندست بر گرفته از (Google earth)

هندسه و سازوکار گسل غزنوی

این گسل در محدوده مطالعاتی در ۲ ایستگاه برداشت و مورد مطالعه قرار گرفته است، محل ایستگاه‌های را می‌توان در تصویر ماهواره‌ای که از (Google earth) گرفته شده است، مشاهده نمود (شکل ۳-۴- ب). ایستگاه اول، در موقعیت جغرافیایی $36^{\circ}55'42.05''$ شمالی و $55^{\circ}27'00.60''$ خاوری می‌باشد. در این ایستگاه طرفین سطح گسل آهک‌های مبارک می‌باشند. در این ایستگاه می‌توان تعدادی زیادی گسل با فاصله نزدیک به هم مشاهده نمود که باعث دگرریختی زیادی را در سازند مبارک شده است (شکل ۳-۳۱). حضور سه نسل خش‌لغز بر روی سطحی با موقعیت $N01^{\circ}W, 80^{\circ}E$ که به ترتیب با زاویه ریک ۴۰ درجه پادساعتگرد، افقی و ۱۷ درجه ساعتگرد را مشاهده نمود (شکل ۳-۳۲). یعنی این گسل حداقل سه فاز حرکتی را تحمل کرده است، با توجه به قاعده برش خراش گسلی قطع کننده خراش‌های گسلی دیگر از نظر سنی جوان‌تر بوده و در نتیجه خراش گسلی با زاویه ریک ۴۰ درجه پادساعتگرد قدیمی‌ترین فاز و جدیدترین حرکت نیز مربوط به خراش‌های ۱۷ درجه ساعتگرد می‌باشد. با توجه به جابجایی‌های طرفین سطح گسل که تقریباً ۱۳ متر می‌باشد، می‌توان به مولفه امتدادی چپ‌بر گسل پی‌برد.



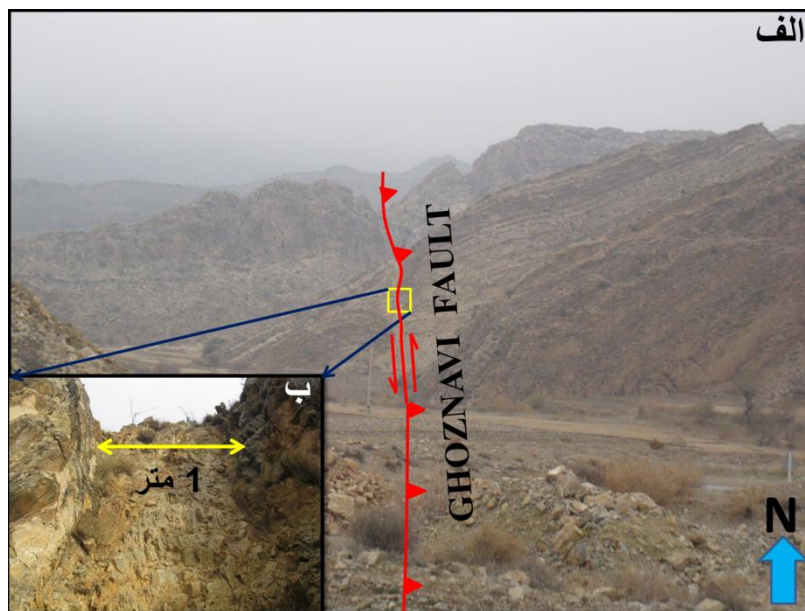
شکل ۳-۳۱- الف - نمای صحرایی دور از زون گسلی در ایستگاه اول در جنوب روستای غزنوی (دید به سمت شمال باختری)، ب - نمای نزدیک از کادر زرد رنگ مشخص شده در قسمت الف برای نشان دادن دگرریختگی‌های ایجاد شده توسط گسل‌های موجود در این زون گسلی، ج - نمای نزدیک از کادر زرد رنگ مشخص شده در قسمت ب برای نشان دادن میزان جابجایی‌های ایجاد شده که به میزان ۱۳ متر می‌باشد و مولفه امتدادی این گسل چپ‌بر می‌باشد.



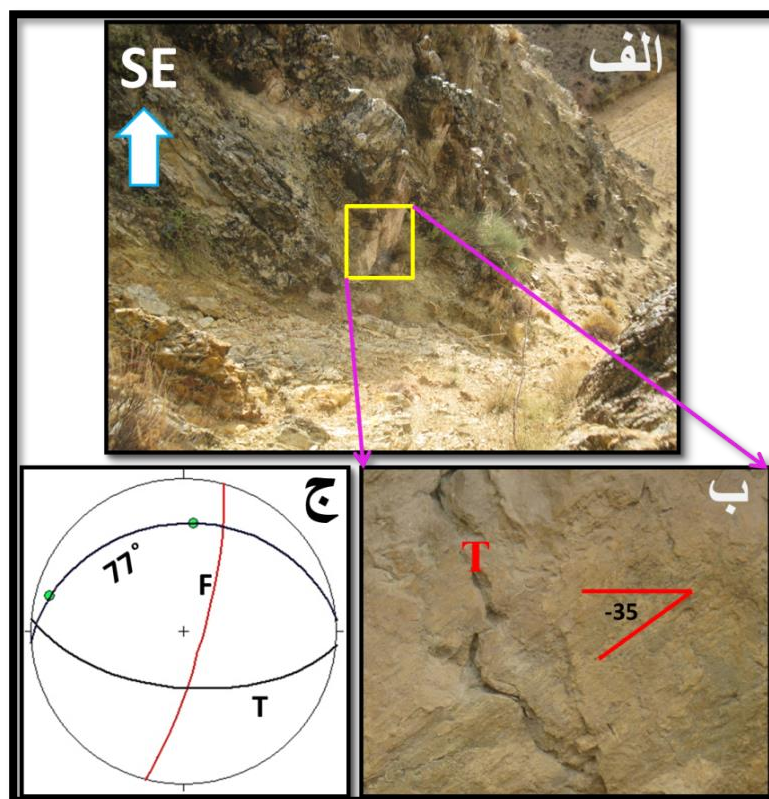
شکل ۳-۳۲- نمایی از سطح گسل (دید به سمت شمال باختری) ایستگاه اول، الف - تصویر صحرایی از سطح گسل غزنوی با موقعیت $N 01^{\circ} W, 80^{\circ} E$ ، ب، ج، د- نمای نزدیک از سطح گسل برای نشان دادن خراش‌های موجود در گسل.

ایستگاه دوم، در موقعیت جغرافیایی $36^{\circ} 56' 04.24''$ شمالی تا $55^{\circ} 27' 13.03''$ خاوری در سمت خاوری پل تاریخی روستای غزنوی می‌باشد. در این ایستگاه هر دو بلوک گسلی از سازند الیکا (تریاس زیرین) تشکیل شده است. در این ایستگاه عملکرد گسل باعث ایجاد زون خرد شده‌ای در آهک‌های الیکا ایجاد کرده است، این منطقه گسلی (Fault Zone) با عرض حدود یک متر در شکل نشان داده شده است (شکل ۳-۳۳- ب).

در این ایستگاه میانگین موقعیت سطح گسل $N 1^{\circ} E, 78^{\circ} SE$ می‌باشد و وجود شکستگی ریدل از نوع T که عمود بر خش‌لغز با موقعیت $N 8^{\circ} W, 60^{\circ} S$ و با سطح گسل زاویه 77° درجه می‌سازد. با توجه به اینکه نوک گوه‌ای که شکستگی T با سطح گسل می‌سازد در جهت خلاف حرکت بلوک گم شده می‌باشد. در نتیجه جهت حرکت گسل بصورت چپ‌بر می‌باشد (شکل ۳-۳۴).

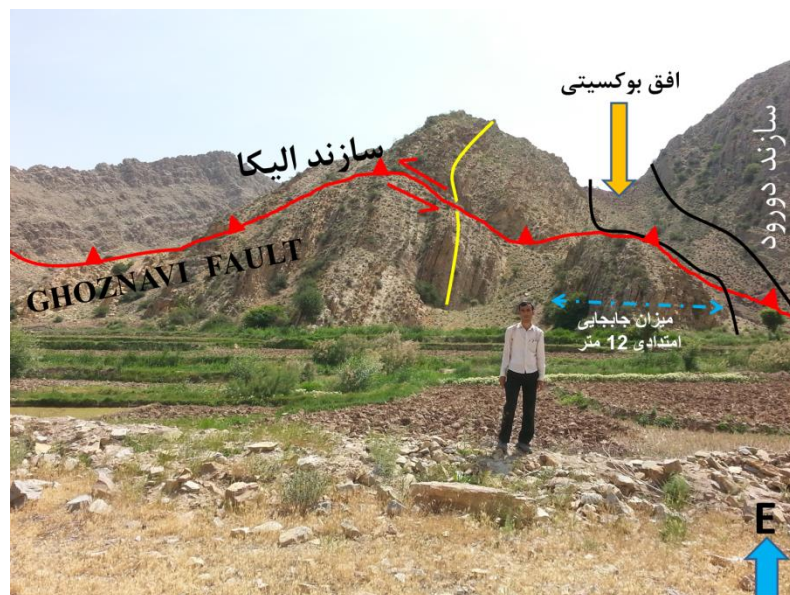


شکل ۳-۳۳- الف- نمایی صحرایی از ایستگاه دوم بر روی گسل غزنوی (دید به سمت شمال)، ب - نمای نزدیک از کادر مشخص شده در شکل الف، منطقه گسلی (Fault Zone) ایجاد شده توسط گسل غزنوی به میزان یک متر.



شکل ۳-۳۴- الف- نمایی از سطح گسل غزنوی در ایستگاه دوم با موقعیت $N1^{\circ}E, 78^{\circ}SE$ در داخل سازند الیکا (دید به سمت جنوب خاوری)، ب - نمایی نزدیک از کادر مشخص شده در شکل الف، شکستگی T و تقاطع خراش‌های گسلی موجود در سطح گسل، ج - استریوگرام نشان دهنده زاویه بین سطح گسل و شکستگی T.

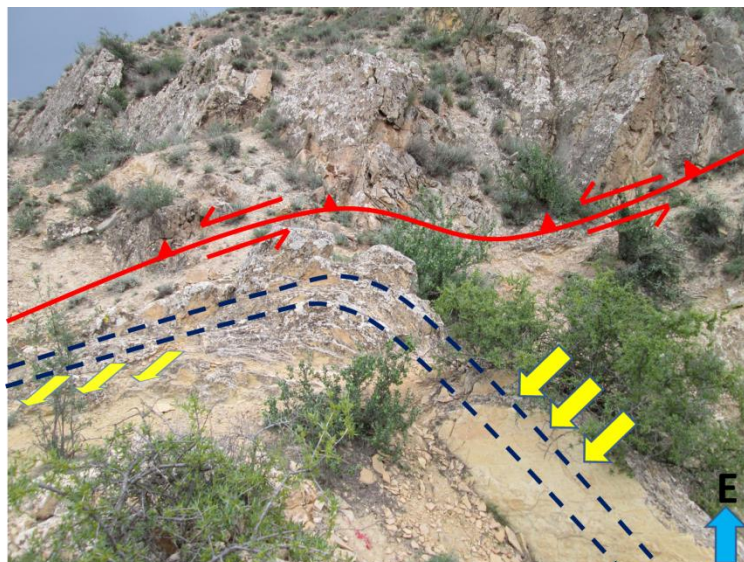
شاهد دیگری که مولفه چپ‌بر بودن این گسل را تایید می‌نماید، جابجایی‌های اتفاق افتاده در دو طرف بلوک‌های گسلی در مرز بین سازند الیکا و دورود می‌باشد، که حداقل جابجایی اتفاق افتاده در سمت شرق جاده آسفalte شاهرود به آزادشهر در نزدیکی پل غزنوی به میزان ۱۲ متر می‌باشد (شکل ۳-۳۵).



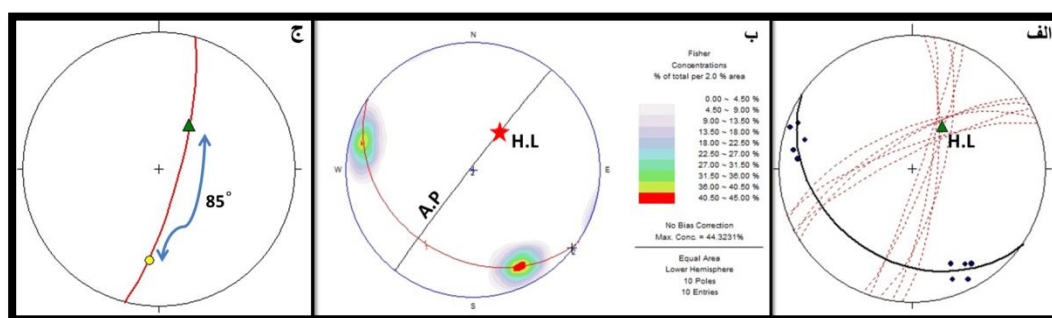
شکل ۳-۳۵- نمایی از گسل غزنوی در ایستگاه دوم (دید به سمت خاوری) میزان جابجایی‌های امتدادی در این ایستگاه به اندازه ۱۲ متر می‌باشد که در شکل نشان داده شده است.

موقعیت لایه‌بندی سازند الیکا در این ایستگاه در کنار گسل دچار چین‌خوردگی گردیده است. با برداشت موقعیت میانگین یال‌های این چین می‌توان به سازوکار این گسل پی‌برد. با توجه به فاصله اندک این چین‌خوردگی با گسل می‌توان این چین را نوعی چین کشیده (Drag fold) حساب کرد (شکل ۳-۳۶). از نشانه‌های هندسی چین‌های کشیده می‌توان به این استناد کرد که موقعیت لایه‌بندی واحدهای رسوبی در نزدیکی گسل متفاوت‌تر از نواحی دورتر از گسل می‌باشد، موقعیت خط لولای چین نیز بر سطح گسل منطبق و با خش‌لغز نیز زاویه ۹۰ درجه می‌سازد. با برداشت موقعیت لایه‌بندی سازند الیکا در نقاط دورتر از گسل به صورت میانگین $N70^{\circ}E, 60^{\circ}NW$ می‌باشد، در نزدیکی گسل موقعیت لایه‌بندی تغییر کرده و به صورت شمالی - جنوبی قرار گرفته است. داده‌های صحرایی برداشت شده از این چین (پیوست ۲۸)، استریوگرام‌های حاصل از این برداشت در (شکل ۳-۳۷- الف، ب) مشاهده می‌شود. بر اساس استریوگرام-

های حاصل، خط لولای این چین دارای موقعیت $58/034$ و سطح محوری آن دارای موقعیت $316/84$ می‌باشد. موقعیت خط لولا بر سطح گسل منطبق و با خش‌لغز که دارای موقعیت $186/34$ است، زاویه 85 درجه‌ای می‌سازد (شکل ۳-۳۷-ج). در چین‌های کشیده سمت خمیدگی چین جهت حرکت بلوک حامل را نشان می‌دهد، با توجه به این اصل نحوه حرکت در این ایستگاه بصورت چپ‌بر می‌باشد.



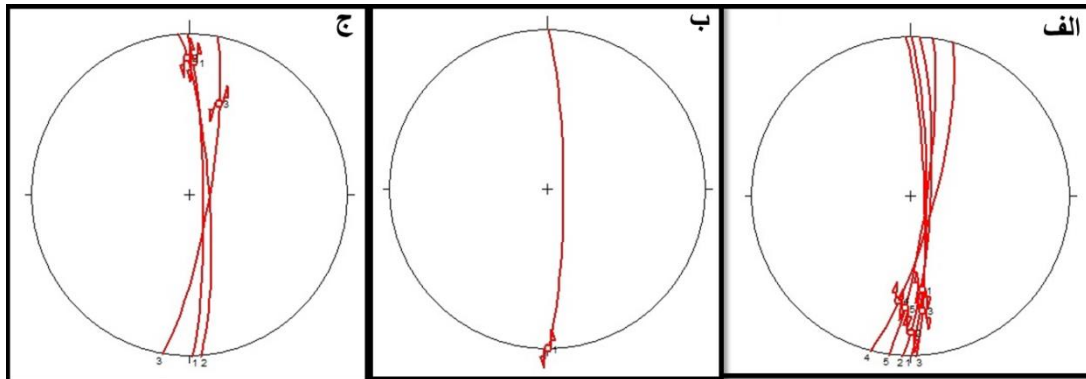
شکل ۳-۳۶- نمایشی از چین کشیده (Drag fold) که تحت تاثیر گسل غزنوی با موقعیت $N10E, 78SE$ ایجاد شده است (دید به سمت شرق)



شکل ۳-۳۷- استریوگرام حاصل از داده‌های برداشت شده از چین کشیده، الف- نمودار β و نمودار π و تعیین خط لولا (H.L) با موقعیت $(58/034)$. ب: نمودار کنتور یال‌های چین به منظور تعیین زاویه بین یالی (59) ، و تعیین موقعیت سطح محوری (A.P) با موقعیت $(316/84)$ ، ج - استریوگرام رسم شده از چین و سطح گسل غزنوی، موقعیت لولا، خش- لغز و زاویه بین آنها که 85 درجه می‌باشد در استریوگرام نشان داده شده است.

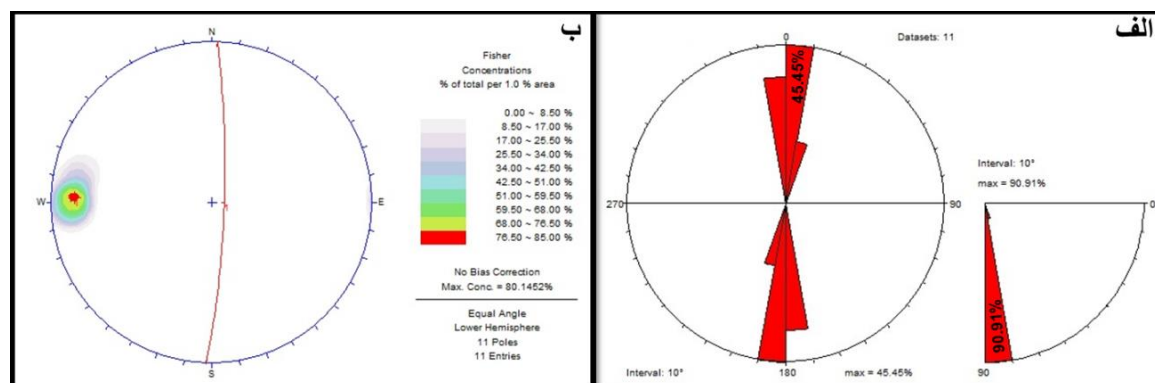
استریوگرام‌های مربوط به داده‌های برداشت شده (پیوست ۴) از سطوح گسل غزنوی در ایستگاه‌های مختلف، که استریوگرام هر کدام از فازهای رخ داده بر روی گسل بصورت جداگانه همراه با خش‌لغز نشان

داده شده است (شکل ۳-۳۸)، که موقعیت میانگین این خراش‌های گسلی از قدیمی‌ترین به جدیدترین فاز به ترتیب ۳۳/۱۷۹، ۰۰/۱۸۰ و ۲۷/۰۰۷ می‌باشند.



شکل ۳-۳۸- استریوگرام مربوط به داده‌های برداشت شده از سطح گسل غزنوی همراه با موقعیت خراش‌های گسلی، الف- سطوح گسلی دارای خراش‌های با زاویه ریک پادساعتگرد مربوط به اولین فاز رخ داده بر روی گسل غزنوی با مولفه مورب‌لغز راست‌بر و کمی مولفه شیب‌لغز معکوس، ب - سطوح گسلی دارای خراش‌های افقی مربوط به دومین فاز رخ داده بر روی گسل غزنوی با مولفه راست‌لغز، ج - سطوح گسلی دارای خراش‌های با ریک ساعتگرد مربوط به جدیدترین فاز رخ داده بر روی گسل غزنوی با مولفه مورب‌لغز چپ‌بر با کمی مولفه شیب‌لغز معکوس.

با توجه به ترسیم نمودار گل سرخی امتدادی و شیبی برای داده‌های برداشت شده از سطح گسل غزنوی (شکل ۳-۳۹-الف) نشان می‌دهد که ۴۵.۴۵ درصد داده‌های اندازه‌گیری شده از سطح گسل زردابه دارای امتدادی ۱۰-۰ درجه می‌باشند، همچنین ۹۰.۹۱ درصد داده‌ها شیبی بین ۹۰ - ۸۰ درجه شیب دارند. بنابراین گسل غزنوی، یک گسل با روند تقریباً شمالی - جنوبی و با شیبی به سمت خاوری است. در نتیجه با ترسیم نمودار همتراز قطب داده‌های برداشت شده از سطح گسل، وضعیت این گسل از نظر هندسی دارای موقعیت میانگین $N 0^{\circ} E, 81^{\circ} E$ می‌باشد (شکل ۳-۳۹-ب).

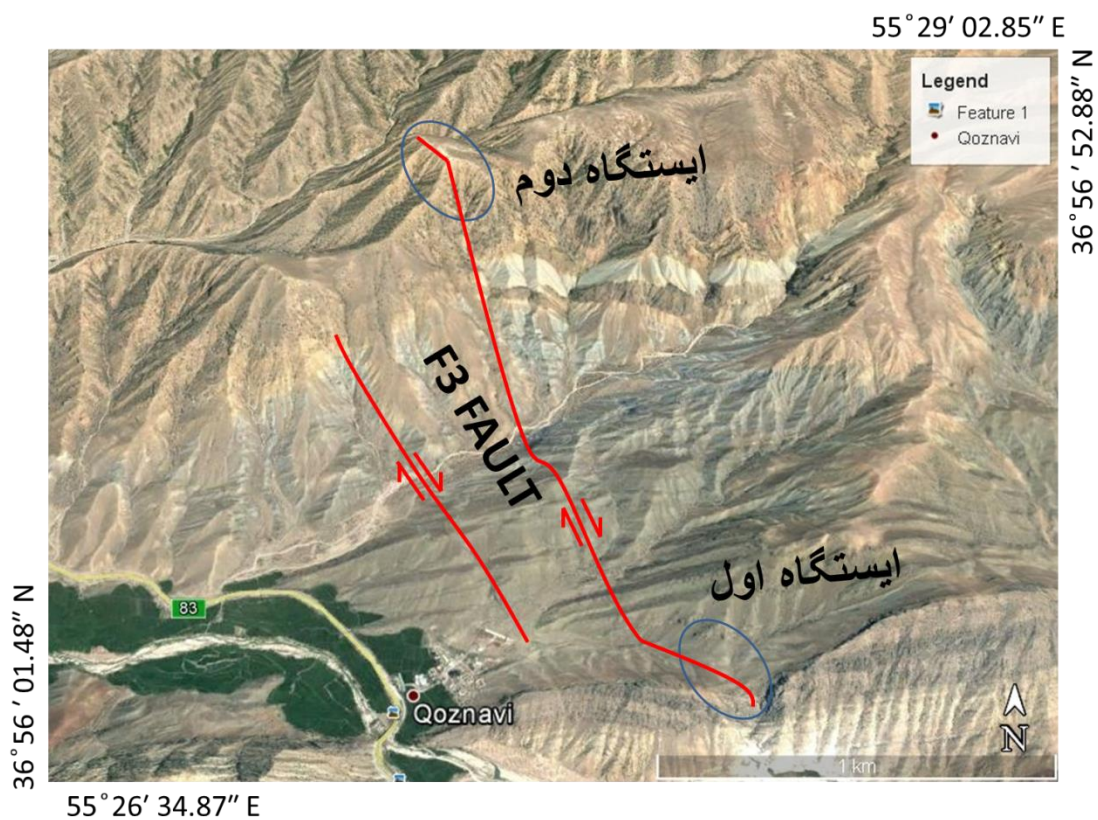


شکل ۳-۳۹- الف- نمودار گل سرخی شیبی و امتدادی مربوط به داده‌های برداشت شده از سطح گسل غزنوی در دو ایستگاه برداشت شده، ب - کنتوردیگرام تراکم قطب صفحات گسلی و بدست آوردن موقعیت غالب $N 0^{\circ} 3' E, 81^{\circ} E$ برای گسل غزنوی.

۱-۱-۶- گسل F_3

در منطقه غزنوی علاوه بر گسل‌های عرضی با راستای تقریباً شمالی - جنوبی گسل‌های دیگری نیز با راستای شمال باختری - جنوب خاوری وجود دارند. همانطور که در (شکل ۳-۴۰) برخی از این گسل‌ها را مشاهده می‌کنید، این گسل‌ها در سمت شمال خاوری روستا غزنوی با راستای شمال باختری - جنوب خاوری و شیب به سمت شمال خاوری قرار دارند. این دسته گسل‌ها با توجه به اینکه طول بیشتر آنها در سازند شمشک با جنس فرسایش پذیر می‌باشد، نمیتوان سطح گسل را مشاهده نمود. ولی امتداد این دسته گسل در سازند آهکی الیکا (تریاس زیرین) و نهشته‌های پلیوسن نیز رخنمون دارد. با توجه به این که این دسته گسل‌ها رسوبات نهشته‌های پلیوسن را قطع کرده‌اند، می‌توان استنباط کرد که این گسل‌ها در بازه نوزمین ساختی نیز فعالیت داشته‌اند. ما در این دسته گسل‌ها برای برداشت داده‌های سطح گسل بر روی سازند الیکا و نهشته پلیوسن ایستگاه‌هایی داشتیم که می‌توان موقعیت این ایستگاه‌ها را در (شکل ۳-۴۰) مشاهده نمود. در این ایستگاه‌ها میانگین موقعیت سطح گسل $N 3^{\circ} 1' W, 80^{\circ} NE$ بدست آمده است. با توجه به جابه‌جایی‌های رخ داده در واحدهای سنگی طرفین سطح و جابه‌جایی آبراهه‌ها می‌توان به مولفه امتدادی راست‌بر برای این دسته گسل‌ها پی‌برد (شکل ۳-۴۰-ب). در ایستگاه دوم بر روی نهشته-

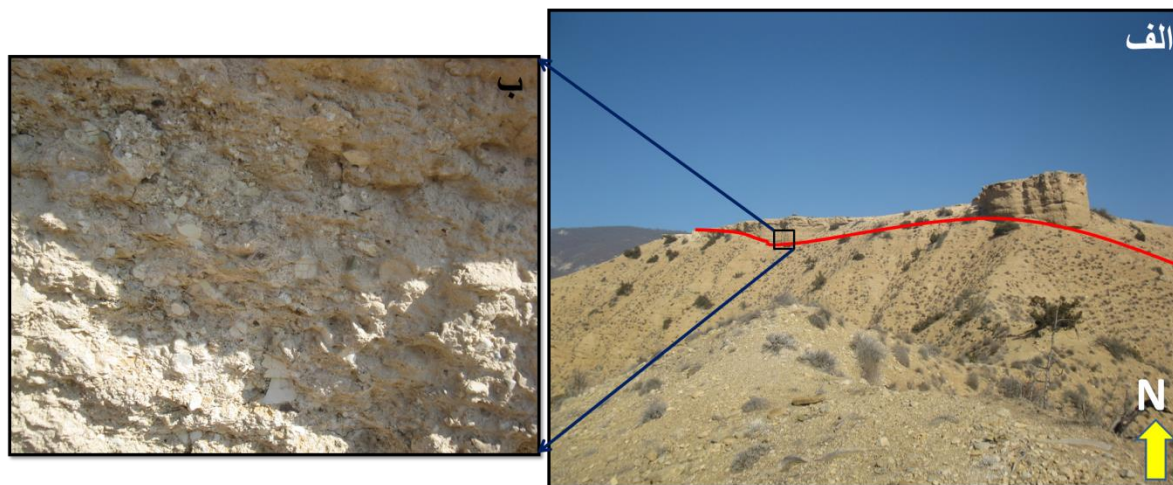
های پلیوسن در سطح گسل می‌توان شکستگی‌های قطعات کنگلومرا که توسط گسل ایجاد شده‌اند را مشاهده نمود (شکل ۳-۴۲).



شکل ۳-۴۰- موقعیت ایستگاه‌های برداشت داده از گسل‌های بر روی تصویر ماهواره‌ای لندست بر گرفته از (Google earth)



شکل ۳-۴۱- الف- نمایی صحرایی از ایستگاه اول بر روی گسل‌های عرضی (دید به سمت شمال)

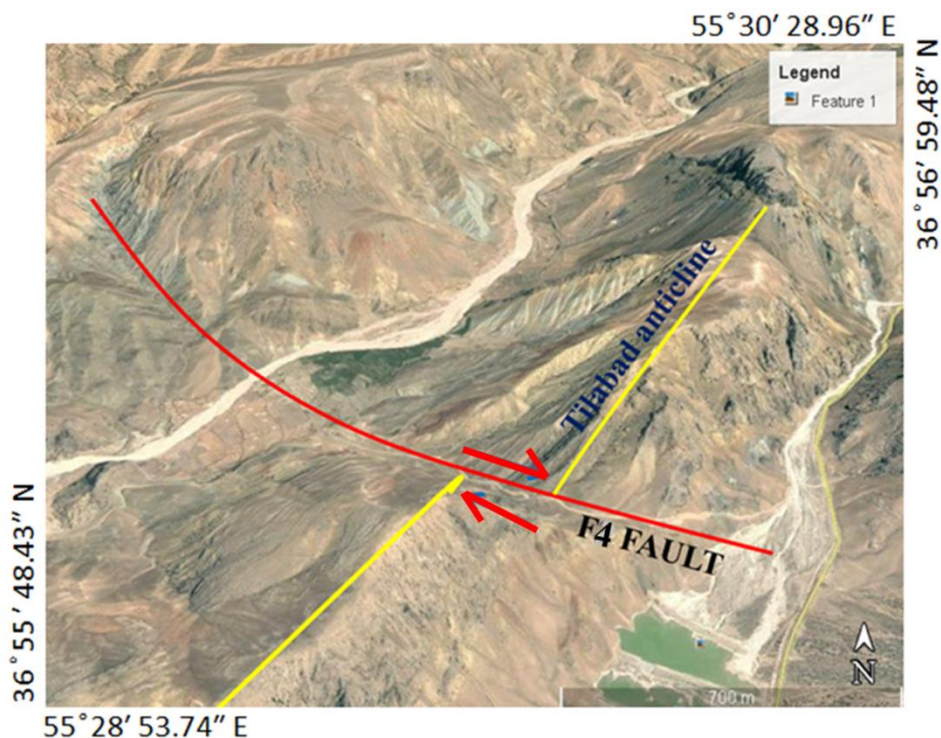


شکل ۳-۴۲- الف - نمای صحرایی دور از گسل عرضی در ایستگاه دوم شمال روستای غزنوی (دید به سمت شمال)، ب - نمای نزدیک از کادر مشخص شده در قسمت الف برای نشان دادن شکستگی قطعات کنگلومرا در سطح گسل.

۱-۷-۱- گسل F

این گسل یکی دیگر از گسل‌های عرضی محدوده مورد مطالعه در شمال خاوری روستای تیل‌آباد می‌باشد، به طول تقریبی ۲ کیلومتر می‌باشد. گسل F تقریباً عمود بر تاق‌دیس تیل‌آباد و به صورت عرضی نسبت به

گسل‌های طولی منطقه ایجاد شده است. این گسل باعث دگرخیتی و ایجاد دره گسلی را در سازندهای مبارک، الیکا، شمشک با راستای شمال باختری - جنوب خاوری گشته است. در مطالعات صحرایی سطح گسل قابل رخنمون نبود، در مورد مولفه راستالغزی گسل با توجه به جابجایی‌های ایجاد شده در بلوک-های طرفین گسل مثل سطح محوری تاقدیس تیل‌آباد و سازندهای مقابل به مولفه امتدادی این گسل بصورت راست‌بر می‌باشد (شکل ۳-۴۳).



شکل ۳-۴۳- گسل F_4 بر روی تصویر ماهواره‌ای لندست بر گرفته از (Google earth)

۱-۲- چین خوردگی‌ها

چین‌ها به صورت اشکال موجی شکلی می‌باشند، که در طی دگرشکلی لایه‌های سنگی، مانند طبقات رسوبی توسعه می‌یابند. وقتی که طبقات سنگی تحت تاثیر نیروهای تکتونیکی قرار می‌گیرند، با گذشت زمان خمیده و از حالت اولیه خارج شده و چین می‌خورند (تویس و مور^۱، ۱۹۹۲). ابعاد چین‌ها از چند

^۱ Twiss and Moores

میلیمتر تا چندین کیلومتر در تغییر بوده و یکی از پرجاذبه‌ترین ساختارهای زمین شناسی هستند، که در هرنوع سنگی، محیطی و عمقی قابل مشاهده می‌باشند. معنا و مفهوم چین‌خوردگی در طی گذشت زمان تغییرات زیادی را تجربه کرده است، از دهه ۱۹۶۰ به بعد شکل امروزی تئوری چین‌ها مطرح شده است. چین‌ها بصورت مهمترین پنجره‌ای هستند که سرگذشت دگرریختی پوسته زمین را برای ما روشن می‌کنند. چین‌ها از نظر اقتصادی برای شناسایی تله‌های نفتی و از نظر اکتشافات کانسارها و سایر کانی‌ها از ارزش بسیار زیادی برخوردار می‌باشند (فوزن، ۲۰۱۰).

مطالعات دورسنجی در منطقه مورد مطالعه وجود چین‌هایی با مقیاس بزرگ و کوچک را بصورت تاقدیس و ناودیس و رخنمونی از لایه‌های تک شیب، در سازندهای با سن مختلف را نشان می‌دهد، مشاهدات صحرائی نیز این اطلاعات بدست آمده را تایید می‌نماید. برخی از این چین‌های بزرگ در مطالعات قبلی نام‌هایی از قبیل تاقدیس تیل‌آباد و غزنوی بر آنها نهاده شده است. برخی از این چین‌های بزرگ برای اولین بار در این پژوهش شناسایی و مورد مطالعه قرار گرفته است که اسم این چین‌ها در این پژوهش ناودیس تیل‌آباد، ناودیس غزنوی و تاقدیس سرچشمه نامگذاری شده است.

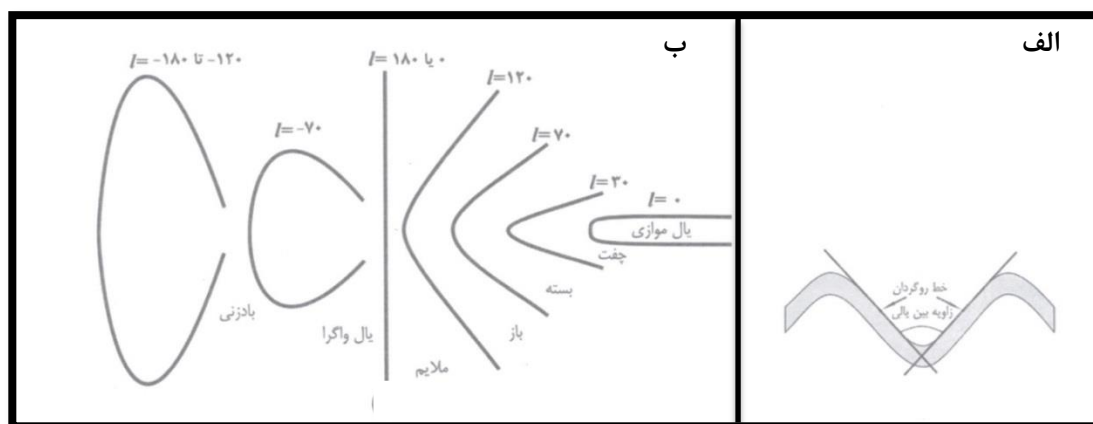
اندازه‌گیری چین‌های منطقه مورد مطالعه با برداشت تقریباً ۴۳۲ بار موقعیت صفحه لایه‌بندی که نتیجه آن مربوط به ۲۸ چین بوده است. اطلاعات بدست آمده با استفاده از این چین‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای استریوگرافیک مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و جایگاه آنها بر اساس طبقه بندی فلوتی (۱۹۶۴) و ریکارد (۱۹۷۱) مشخص شده است. نتایج بدست آمده از این مطالعات روند غالب چین خوردگی در این ناحیه را شمال خاوری – جنوب باختری نشان می‌دهد.

طبقه بندی چین‌ها:

چین ها را می توان از نظرهای گوناگون طبقه بندی کرد. در این پژوهش ما طبقه بندی چین ها را بر اساس زاویه بین یالی (فلوتی، ۱۹۶۴)، در تقسیم بندی دیگر بر اساس شیب سطح محوری و میل لولا (فلوتی، ۱۹۶۴) و طبقه بندی ریکارد (۱۹۷۱) استفاده شده است.

تقسیم بندی بر اساس زاویه بین یالی:

زاویه بین یالی عبارت است از زاویه بین دو سطح که از محل خط روگردان (inflection line) بر دو یال متقابل چین منطبق می گردند (شکل ۳-۴). با کاهش طول موج چین (در حالی که دامنه چین متناسب با آن کاهش نیابد) یا افزایش دامنه چین (در حالی که طول موج متناسب با آن افزایش نیابد) زاویه بین یالی کاهش می یابد و به عکس. دسته بندی چین ها از دیدگاه زاویه بین یالی در شکل ۳-۴ خلاصه شده است. (قاسمی، ۱۳۷۸).

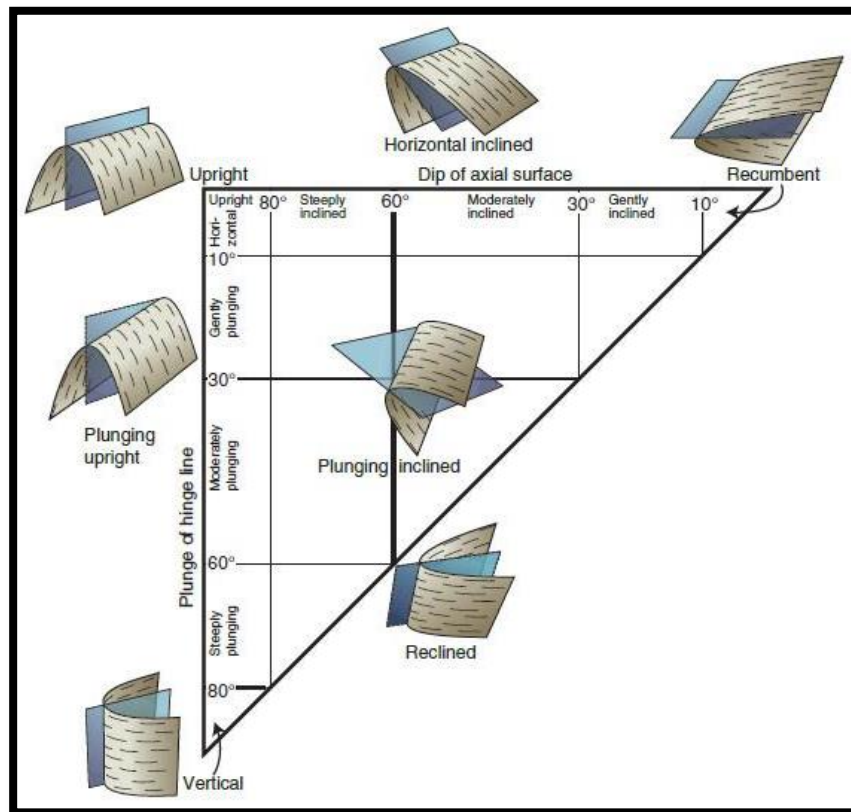


شکل ۳-۴- نامگذاری چین ها بر پایه زاویه بین یالی آنها. L زاویه بین یالی است. هم ارزی انگلیسی کلمات به شرح زیر می باشد: (isoclinal) یال موازی، tight- چفت (فشرده)، close- بسته، open- باز، gentle- ملایم، fan- بادبزن، involute- یال واگرا)

رده بندی چین ها از دیدگاه هندسه :

یکی از روش های رده بندی چین ها بر پایه وضعیت سطح محوری و خط لولای آن ها می باشد (شکل ۳-۴). از معمولی ترین اصطلاحات این تقسیم بندی چین ایستاده (Upright folds)، دارای سطح محوری عمودی

و خط لولای افقی، چین‌های عمودی (Vertical folds)، دارای سطح محوری و خط لولای عمودی و چین‌های خوابیده (Recumbent folds)، دارای سطح محوری و خط لولای افقی می‌باشد (فلوتی، ۱۹۶۴).

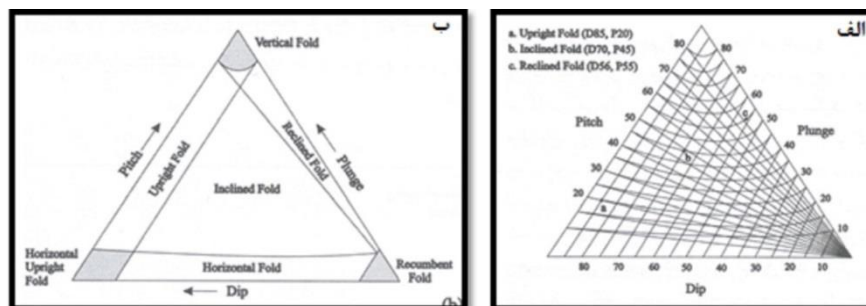


شکل ۳-۴۵- رده بندی چین‌ها با توجه به وضعیت صفحه محوری و خط لولا (فلوتی^۲، ۱۹۶۴) (برگرفته از فوزن^۳، ۲۰۱۰)

طبقه بندی ریکارد:

ریکارد طبقه‌بندی فلوتی را بسط بیشتری داد و دیاگرام مثلی (شکل ۳-۴۶-الف) را ارائه کرد (ریگن^۴، ۲۰۰۹). این دیاگرام بر اساس شیب محور، سطح محوری و ریک (زاویه بین امتداد و خط روی صفحه مایل) محور روی سطح محوری طراحی شده است. با داشتن دو پارامتر، پارامتر سوم را می‌توان به دست آورد. پس از آنکه محل چین را روی دیاگرام مثلی مشخص کردیم (شکل ۳-۴۶-الف) به کمک دیاگرام دیگر (شکل ۳-۴۶-ب) نام چین به راحتی معلوم خواهد شد.

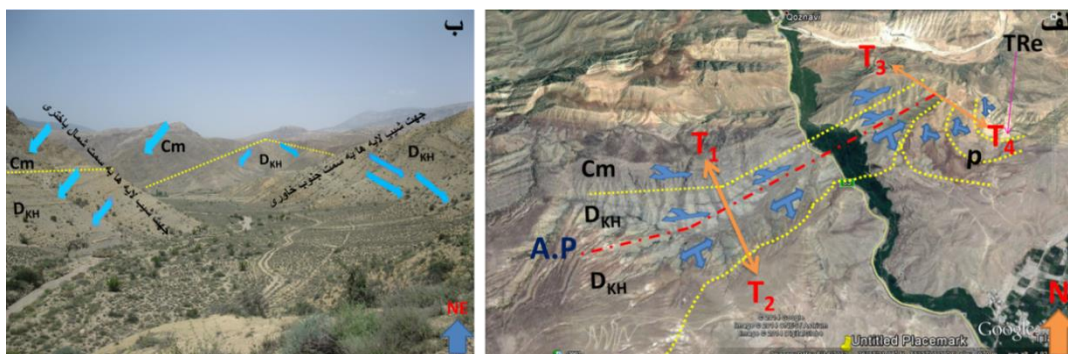
^۲ Fleuty
^۳ Fossen
^۴ Ragan



شکل ۳-۴۶- رده بندی چین ها از دیدگاه ریکارد (۱۹۷۱)

۱-۲-۱- تاقدیس سرچشمه

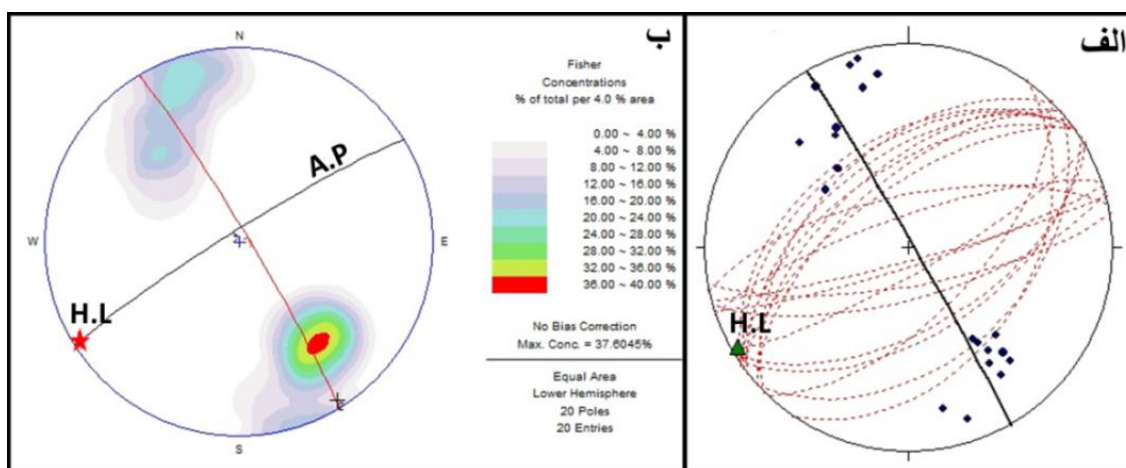
این تاقدیس در مرکز محدوده مورد مطالعه به طول ۳ کیلومتر، حفاصل روستای تیل آباد - غزنوی برای اولین بار در این پژوهش شناسایی و نامگذاری شده است. این تاقدیس دارای محور شمال خاوری - جنوب باختری می باشد. برای مطالعه ویژگی های هندسی این تاقدیس دو پیمایش، T_1T_2 و T_3T_4 بر روی این تاقدیس صورت گرفته است (شکل ۳-۴۷-الف). در پیمایش T_1T_2 واحدهای سنگی رخنمون یافته در یال شمال باختری سازند خوش ییلاق، مبارک و در یال جنوب خاوری فقط سازند خوش ییلاق می باشد. اما در پیمایش T_3T_4 در یال شمال خاوری سازندهای الیکا، روته، دورود و خوش ییلاق و در یال شمال باختری نیز سازند خوش ییلاق و مبارک رخنمون دارد. هسته این تاقدیس در بخش بالایی سازند خوش ییلاق (شیل و آهک) می باشد (شکل ۳-۴۷-ب).



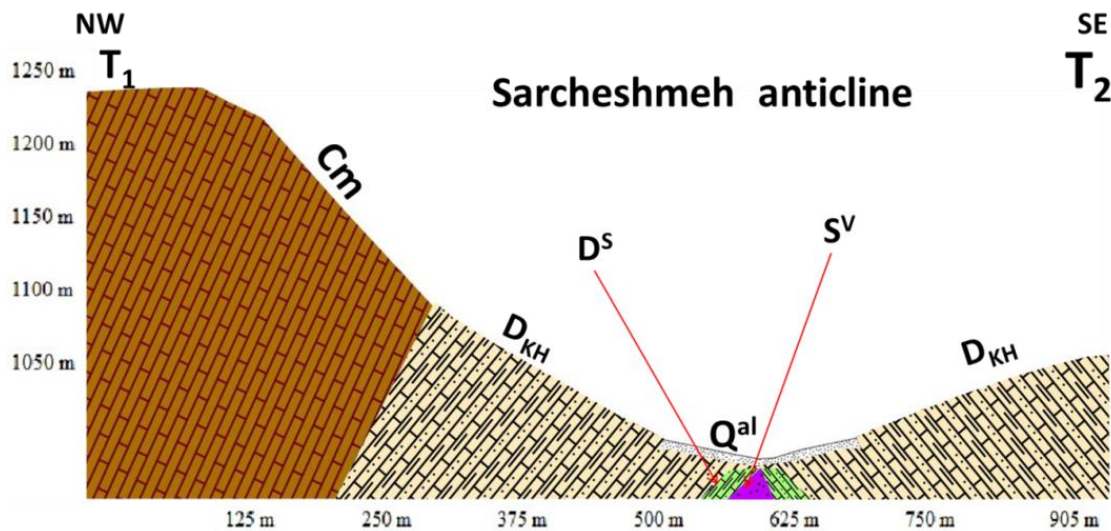
شکل ۳-۴۷- الف: تصویر ماهواره ای لندست (Google earth) از تاقدیس سرچشمه - T_1T_2 و T_3T_4 مسیر پیمایش ها جهت برداشت مشخصات هندسی لایه بندی تاقدیس و رسم مقطع شماتیک از تاقدیس (شکل ۳-۴۹). سطح محوری، D_{KH} سازند خوش ییلاق (دونین میانی)، Cm سازند مبارک (کربنیفر بالایی)، p سازند دورود و روته (پرمین) و TRe سازند الیکا (تریاس میانی). خط چین های زرد رنگ مرز چینه شناسی واحدهای سنگی می باشد، و در تصاویر با فلش هایی جهت شیب لایه بندی مشخص شده است. ب: تصویر صحرایی از تاقدیس روی سازند خوش ییلاق (دید به سمت شمال خاوری)

۱-۱-۲-۱- تاقدیس سرچشمه در پیمایش T_1T_2 :

این پیمایش در جنوب باختری این تاقدیس صورت گرفته است. با بررسی استریوگرام‌های به دست آمده از موقعیت لایه‌بندی یال‌های این تاقدیس، موقعیت خط لولا به صورت $0.4/240$ و سطح محوری آن نیز با موقعیت $330/84$ به دست آمده است (شکل ۳-۴۸). زاویه بین دو یال این تاقدیس 57 درجه است و بنابر تقسیم‌بندی چین‌ها بر اساس زاویه بین دو یال در رده بسته (Close) و براساس شیب سطح محوری و میل لولا در رده چین‌های ایستاده و خط لولا افقی (Upright – Horizontal) می‌باشد. در تقسیم‌بندی ریکارد در رده چین‌های ایستاده (Upright Horizontal Fold) قرار می‌گیرد. برش نمادین از این تاقدیس را می‌توان در (شکل ۳-۴۹) مشاهده نمود. داده‌های اندازه‌گیری شده در این پیمایش در (پیوست ۶) آورده شده است.



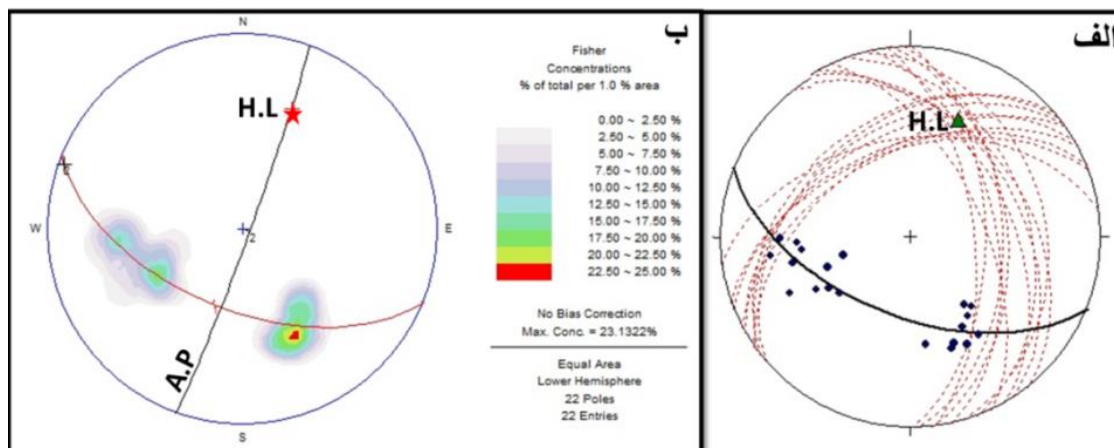
شکل ۳-۴۸- استریوگرام حاصل از داده‌های برداشت شده از تاقدیس سرچشمه در پیمایش T_1T_2 : الف - نمودار β و نمودار π و تعیین خط لولا (H.L.) با موقعیت $(0.4/240)$. ب: نمودار کنتور یال‌های چین به منظور تعیین زاویه بین یالی (57) ، و تعیین موقعیت سطح محوری (A.P.) با موقعیت $(330/84)$.



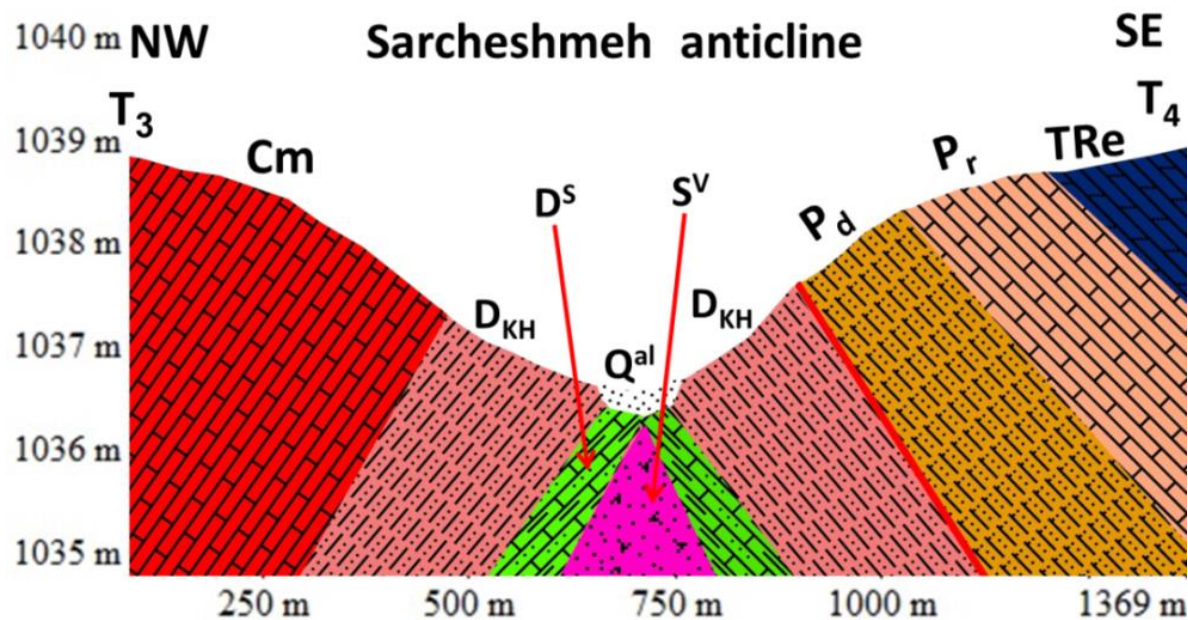
شکل ۳-۴۹- مقطع نمادین از تاقدیس سرچشمه در برش T_1T_2 بر روی تصاویر ماهواره‌ای لندست (Google earth) در (شکل ۳-۴۷- الف) نشان داده شده است، جهت مقطع شمال باختری - جنوب خاوری می‌باشد (اغراق در جهت قائم). S^V سازند سلطان میدان، D^S سازند پادها، D_{KH} سازند خوش ییلاق (دونین میانی)، Cm سازند مبارک (کربنیفر بالایی) و Q^{al} رسوبات آبرفتی رودخانه.

۱-۲-۲- تاقدیس سرچشمه در پیمایش T_1T_2 :

این پیمایش در شمال خاوری این تاقدیس صورت گرفته است. استریوگرام‌های مربوط به داده‌های این پیمایش در (شکل ۳-۵۰) مشاهده می‌شود. بر اساس استریوگرام‌های حاصل، خط لولای این چین دارای موقعیت $34/022$ و سطح محوری آن دارای موقعیت $108/87$ می‌باشد. زاویه بین دویال این چین 110 درجه می‌باشد. بر اساس تقسیم بندی چین‌ها بر اساس زاویه بین یالی (فلوتی، 1964) در رده چین‌های باز (Open) قرار دارد و در تقسیم بندی دیگر بر اساس شیب سطح محوری و میل لولا (فلوتی، 1964) در رده چین‌های ایستاده و با میل کم (Upright - Gently Plunging) قرار می‌گیرد. در تقسیم بندی دیگر بر اساس روش ریکارد در رده چین‌های ایستاده (Upright Fold) قرار دارد. داده‌های اندازه گیری شده در این پیمایش در (پیوست ۷) آورده شده است. برش نمادین از این پیمایش را می‌توان در (شکل ۳-۵۱) مشاهده نمود.



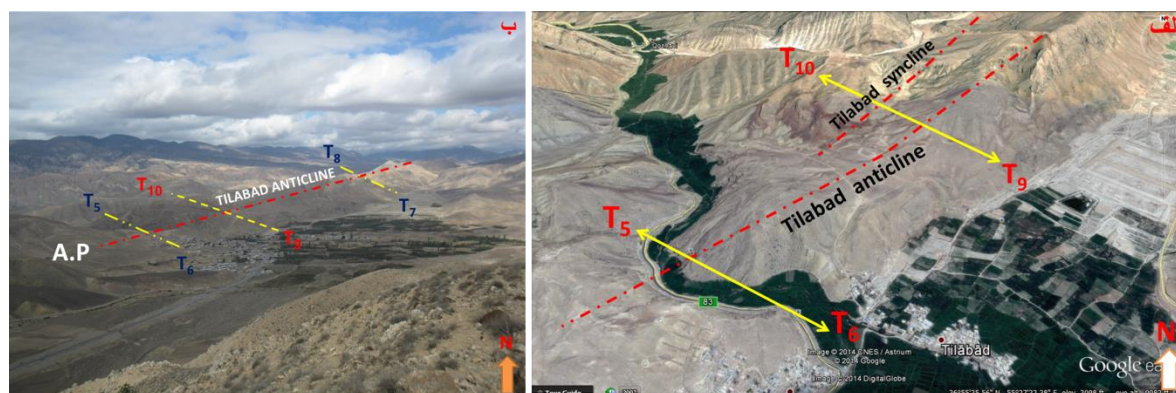
شکل ۳-۵- استریوگرام حاصل از داده‌های برداشت شده از تاق‌دیس سرچشمه در پیمایش T_3T_4 : الف - نمودار β و نمودار π و تعیین خط لولا (H.L) با موقعیت (۳۴/۰۲۲). ب: نمودار کنترل یال‌های چین به منظور تعیین زاویه بین یالی (۱۱۰°)، و تعیین موقعیت سطح محوری (A.P) با موقعیت (۱۰۸/۸۷).



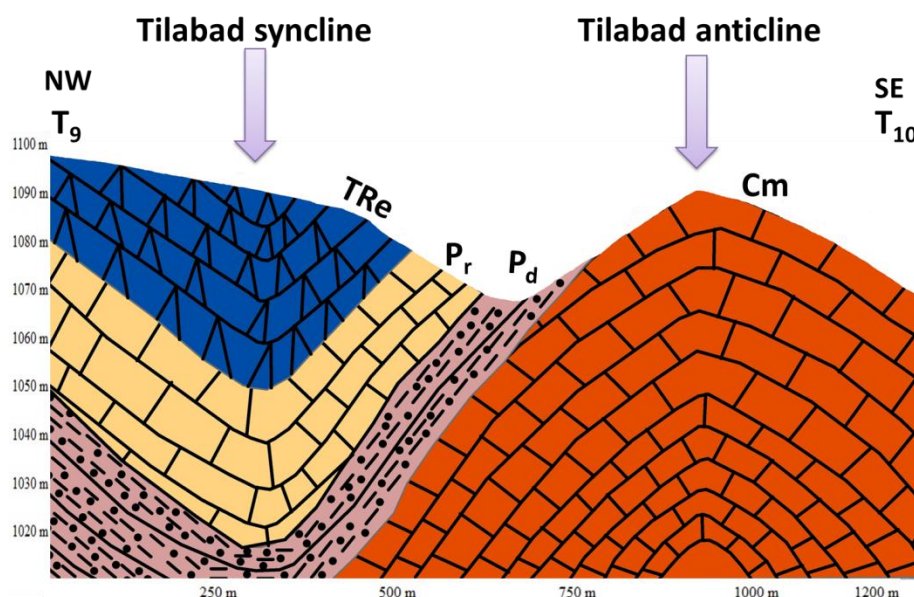
شکل ۳-۵۱- مقطع نمادین از تاق‌دیس سرچشمه در برش T_3T_4 خط پیمایش بر روی تصاویر ماهواره‌ای لندست (Google earth) در (شکل ۳-۴۷- الف) نشان داده شده است، جهت مقطع شمال باختری - جنوب خاوری می‌باشد (اغراق در جهت قائم). S^v سازند سلطان میدان، D^s سازند پادها، D_{KH} سازند خوش ییلاق (دونین میانی)، Cm سازند مبارک (کرنیفر بالایی)، P_d سازند دورود (پرمین زیرین)، P_r روته (پرمین میانی)، TRe سازند الیکا (تریاس میانی) و Q^{al} رسوبات آبرفتی رودخانه.

۱-۲-۲- تاقدیس تیل آباد

نام تیل آباد برای این تاقدیس بر گرفته از نقشه زمین شناسی خوش ییلاق (جعفریان و همکاران، ۱۳۸۳) می باشد. تاقدیس تیل آباد دارای راستای شمال خاوری - جنوب باختری و دارای ۶ کیلومتر طول می باشد، برای مطالعه ویژگی های هندسی این تاقدیس دو پیمایش، T_5T_6 و T_7T_8 بر روی تاقدیس صورت گرفته است (شکل ۳-۵۲). بررسی های صحرایی در پیمایش T_5T_6 تنها واحد سنگی که در یال های این تاقدیس رخنمون یافته است، مربوط به آهک های مبارک (کربنیفر زیرین) می باشد. اما در پیمایش T_7T_8 در یال جنوب خاوری فقط سازند مبارک ولی در یال شمال باختری علاوه بر سازند مبارک نیز می توان رخنمون واحدهای سنگی الیکا و شمشک را نیز مشاهده نمود. رخنمون این تاقدیس را می توان از مرکز محدوده مورد مطالعه تا شمال خاوری منطقه دنبال کرد. در سمت شمال باختری این تاقدیس، ناودیس وجود دارد که در مطالعات قبلی هیچ اشاره ای به وجود این ناودیس نشده است. برای اولین بار در این پژوهش شناسایی و با توجه به همجوار بودن با تاقدیس تیل آباد اسم این ناودیس را تیل آباد نامگذاری شده است، که در (شکل ۳-۵۳) می توانید مقطعی نمادین از این تاقدیس و ناودیس را در پیمایش T_9T_{10} (شکل ۳-۵۲-ب) مشاهده نمایید.



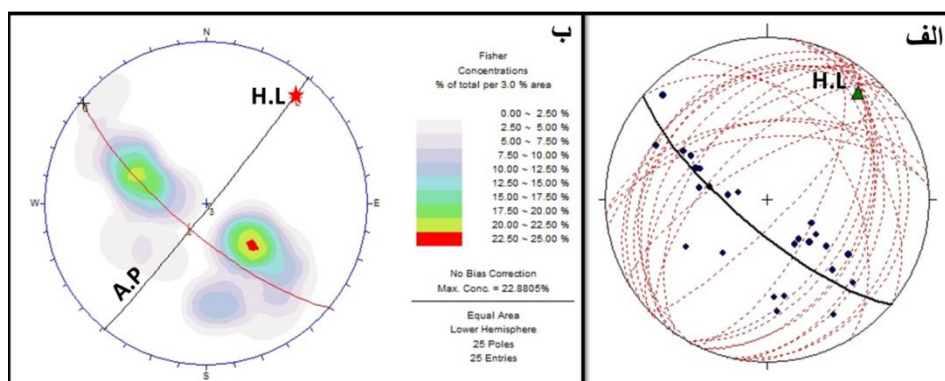
شکل ۳-۵۲- الف- تصویر ماهواره ای لندست (Google earth) از تاقدیس و ناودیس تیل آباد در پیمایش T_5T_6 و T_9T_{10} جهت دید به سمت شمال می باشد. ب: تصویر صحرایی از تاقدیس تیل آباد بر روی سازند مبارک (دید به سمت شمال).



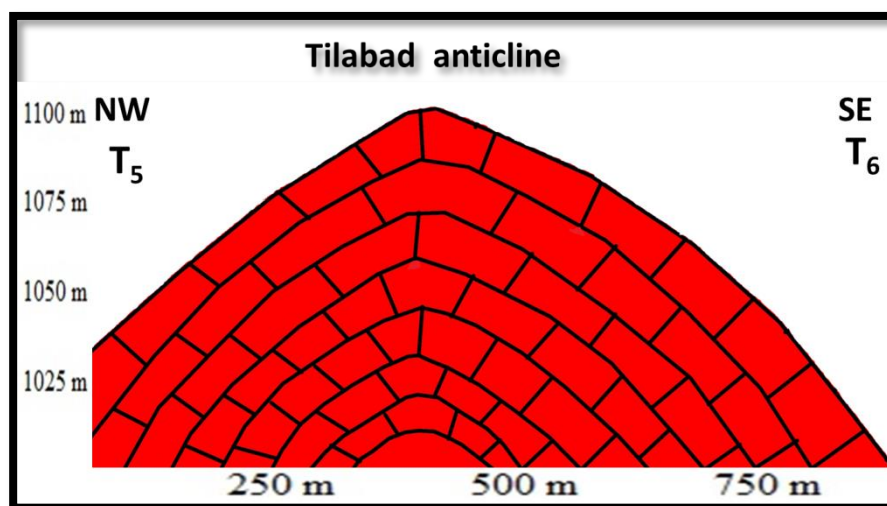
شکل ۳-۵۳- مقطع نمادین از تاقدیس و ناودیس تیل‌آباد در برش T_9T_{10} بر روی تصاویر ماهواره‌ای لندست (Google earth) در (شکل ۳-۵۲- الف) نشان داده شده است، جهت مقطع شمال باختری - جنوب خاوری می‌باشد (اغراق در جهت قائم). Cm سازند مبارک (کربنیفر بالایی)، P_d سازند دورود (پرمین زیرین)، P_r روته (پرمین میانی)، TRe سازند الیکا (تریاس میانی)، J_s سازند شمشک (ژوراسیک).

۱-۲-۲-۱- تاقدیس تیل‌آباد در پیمایش T_0T_1

استریوگرام‌های مربوط به داده‌های پیمایش T_0T_1 (پیوست ۸) در (شکل ۳-۵۴) مشاهده می‌شود. بر اساس استریوگرام‌های حاصل، خط لولای این تاقدیس دارای موقعیت $15/040$ و سطح محوری آن دارای موقعیت $134/88$ می‌باشد. زاویه بین دویال این چین 110 درجه می‌باشد. که بر اساس تقسیم‌بندی چین‌ها بر اساس زاویه بین یالی (فلوتی، ۱۹۶۴) در رده چین‌های باز (Open) قرار دارد و در تقسیم بندی دیگر بر اساس شیب سطح محوری و میل لولا (فلوتی، ۱۹۶۴) در رده چین‌های ایستاده با تمایل کم (Upright Gently Plunging) قرار می‌گیرد. در تقسیم بندی دیگر بر اساس روش ریکارد در رده چین‌های ایستاده (Upright Fold) قرار دارد. برش نمادین از این تاقدیس در برش T_0T_1 را می‌توان در (شکل ۳-۵۵) مشاهده نمود.



شکل ۳-۵۴- استریوگرام حاصل از داده‌های برداشت شده از تاق‌دیس تیل‌آباد در برش $T_6 \cdot T_5$: الف - نمودار β و نمودار π و تعیین خط لولا (H.L.) با موقعیت (۱۵/۰۴۰). ب: نمودار کنترل یال‌های چین به منظور تعیین زاویه بین یالی (۱۱۰°) و تعیین موقعیت سطح محوری (A.P.) با موقعیت (۱۳۴/۸۸).



شکل ۳-۵۵- مقطع نمادین از تاق‌دیس تیل‌آباد در برش $T_6 \cdot T_5$ بر روی تصاویر ماهواره‌ای لندست (Google earth) در (شکل ۳-۵۲- الف) نشان داده شده است، جهت مقطع شمال باختری - جنوب خاوری می‌باشد (اغراق در جهت قائم).

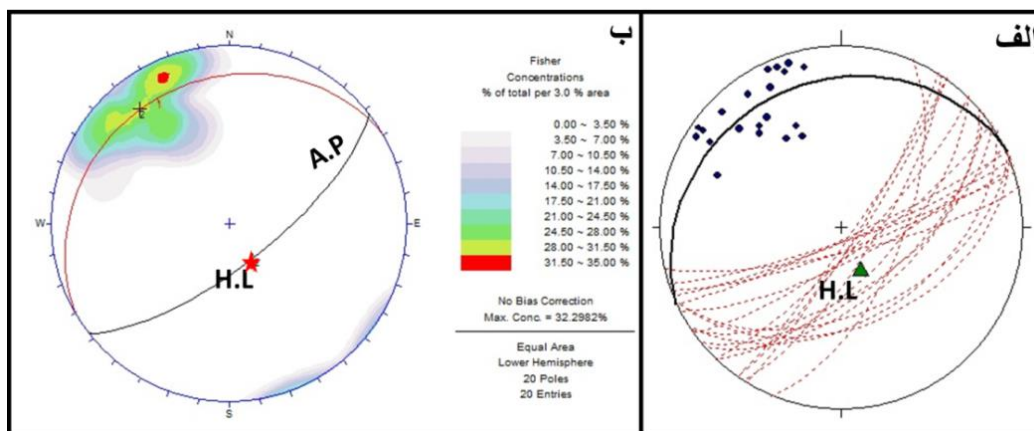
۱-۲-۲- تاق‌دیس تیل‌آباد در پیمایش $T_8 \cdot T_7$

تصویر ماهواره‌ای و صحرایی این برش را در (شکل ۳-۵۶) و مقطع نمادین از این پیمایش را در (شکل ۳-۵۸) مشاهده نمود. استریوگرام‌های مربوط به داده‌های پیمایش $T_8 \cdot T_7$ (پیوست ۹) در (شکل ۳-۵۷) مشاهده می‌شود. بر اساس استریوگرام‌های حاصل، خط لولای این چین دارای موقعیت صورت ۷۰/۱۵۵ و سطح محوری آن دارای موقعیت ۷۱/۱۴۳ می‌باشد. زاویه بین دویال این چین ۲۵ درجه می‌باشد. که بر اساس تقسیم بندی چین‌ها بر اساس زاویه بین یالی (فلوتی، ۱۹۶۴) در رده چین‌های فشرده (Tight) قرار

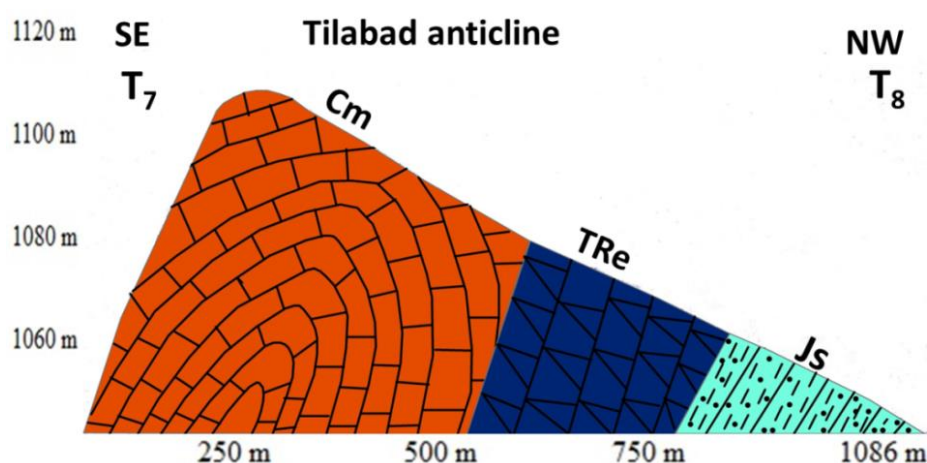
دارد و در تقسیم بندی دیگر بر اساس شیب سطح محوری و میل لولا (فلوتی، ۱۹۶۴) در رده چین های پرشیب با میل زیاد (Steeply inclined – Steeply Plunging) قرار می گیرد. در تقسیم بندی دیگر بر اساس روش ریکارد در رده چین های کج شده (Inclined Fold) قرار دارد.



شکل ۳-۵۶- الف- تصویر ماهواره ای لندست (Google earth) از تاقدیس تیل آباد در پیمایش T_7T_8 جهت دید به سمت جنوب می باشد. A.P. سطح محوری، Cm سازند مبارک (کربنیفر بالایی)، TRe سازند الیکا (تریاس میانی) و Js سازند شمشک (ژوراسیک). خط چین های زرد رنگ مرز چینه شناسی واحدهای سنگی می باشد، و در تصویر با فلش هایی جهت شیب لایه بندی مشخص شده است. ب: تصویر صحرایی از تاقدیس تیل آباد در پیمایش T_7T_8



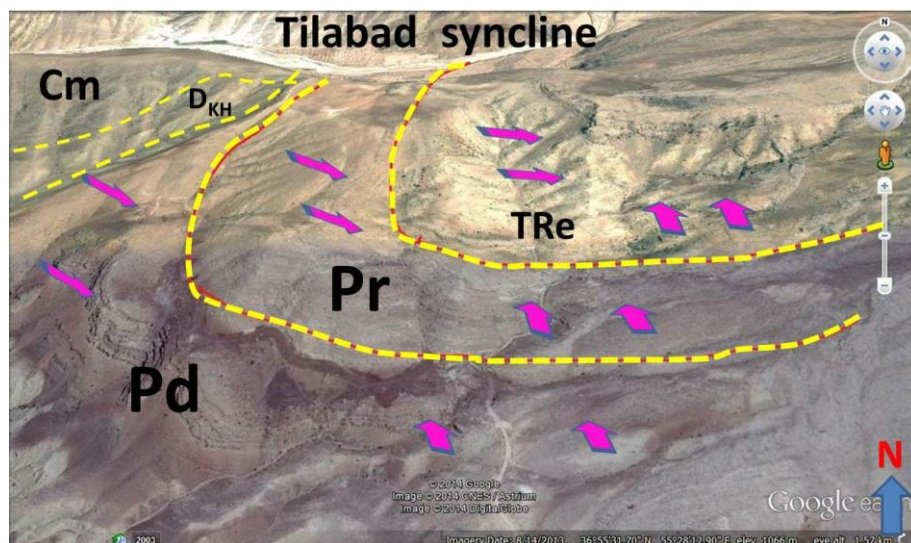
شکل ۳-۵۷- استریوگرام حاصل از داده های برداشت شده از تاقدیس تیل آباد در برش T_7T_8 : الف- نمودار β و نمودار π و تعیین خط لولا (H.L.) با موقعیت (۷۰/۱۵۵). ب: نمودار کنتور یال های چین به منظور تعیین زاویه بین یالی (۲۵)، و تعیین موقعیت سطح محوری (A.P.) با موقعیت (۱۴۳/۷۱).



شکل ۳-۵۸- مقطع نمادین از تاقدیس تیل آباد در برش T_7T_8 بر روی تصاویر ماهواره‌ای لندست در Google earth در شکل ۳-۵۶- الف نشان داده شده است، جهت مقطع شمال باختری - جنوب خاوری می‌باشد (اغراق در جهت قائم). Cm سازند مبارک (کربنیفر بالایی)، TRe سازند الیکا (تریاس میانی) و Js سازند شمشک (ژوراسیک).

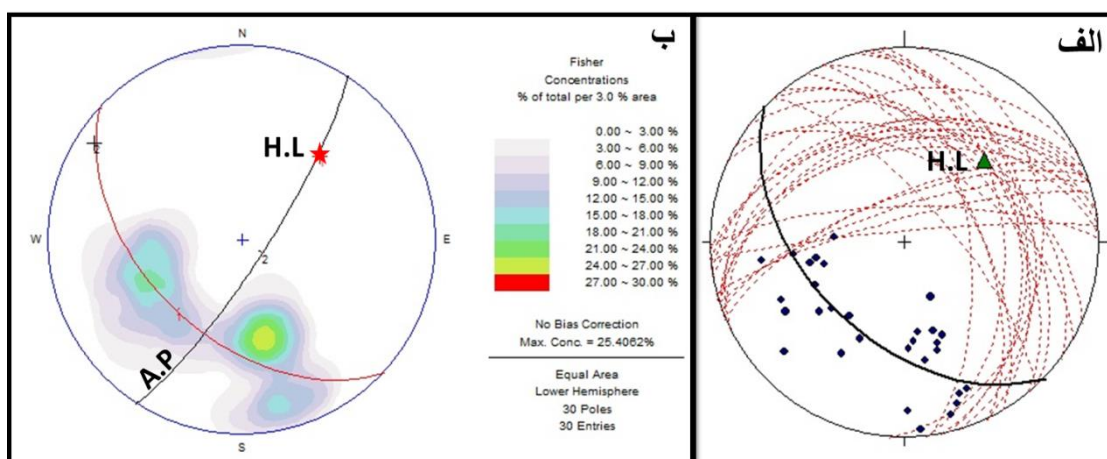
۳-۲-۱- ناودیس تیل آباد

این ناودیس در شمال باختری تاقدیس تیل آباد قرار داشته، بررسی و مطالعات صحرایی نشان می‌دهد که واحدهای سنگی رخنمون یافته در یال‌های این چین از قدیم به جدید خوش‌بیلاق، سازند درود، روته و الیکا تشکیل شده است (شکل ۳-۵۹).



شکل ۳-۵۹- تصویر ماهواره‌ای لندست (Google earth) از ناودیس تیل آباد جهت دید به سمت شمال می‌باشد. D_{KH} سازند خوش بیلاق (دونین میانی)، Cm سازند مبارک (کربنیفر بالایی)، Pd سازند درود (پرمین زیرین)، Pr سازند روته (پرمین میانی) و TRe سازند الیکا (تریاس میانی). خط چین‌های زرد رنگ مرز چین‌ه‌شناسی واحدهای سنگی می‌باشد، و در تصویر با فلش‌هایی جهت شیب لایه بندی مشخص شده است.

طبق نمودار π ، موقعیت خط لولای این ناودیس $41/044$ می باشد، موقعیت سطح محوری به صورت $127/79$ و زاویه بین یالی 129 درجه است (شکل ۳-۶۰). بر اساس تقسیم بندی چین ها بر اساس زاویه بین دو یال در رده چین های ملایم (Gentle) قرار می گیرد. در تقسیم بندی دیگر که بر اساس شیب سطح محوری و میل لولا در رده چین های با شیب زیاد با میل متوسط (Moderately – Steeply Inclined – Plunging) قرار گرفته است. بر اساس طبقه بندی ریکارد در رده چین های کج شده (Inclined Fold) قرار می گیرد. داده های مربوط به این پیمایش را می توان در (پیوست ۱۰) مشاهده نمود.



شکل ۳-۶۰- استریوگرام حاصل از داده های برداشت شده از ناودیس تیل آباد: الف- نمودار β و نمودار π و تعیین خط لولا (H.L.) با موقعیت ($41/044$). ب: نمودار کنتور یال های چین به منظور تعیین زاویه بین یالی (129)، و تعیین موقعیت سطح محوری (A.P.) با موقعیت ($127/79$).

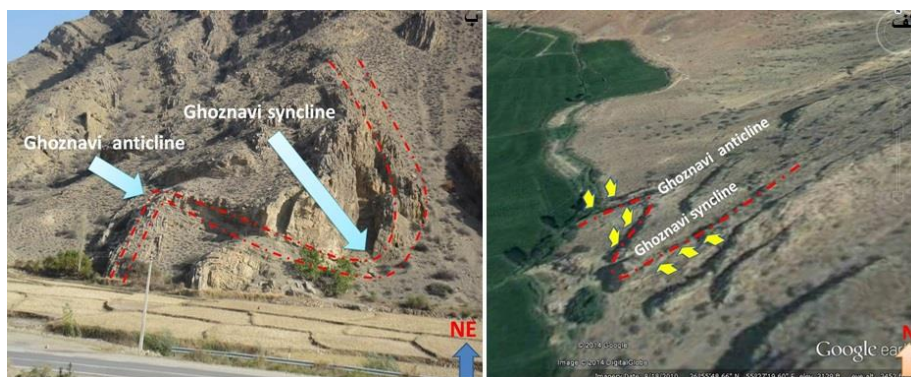
۱-۲-۴- ناودیس غزنوی

این ناودیس برای اولین بار در این پژوهش شناسایی و نامگذاری شده است. موقعیت جغرافیایی این ناودیس در جنوب روستای غزنوی قرار دارد، هسته و یال های این چین را آهک های سازند مبارک تشکیل می دهند. این ناودیس بین دو تاقدیس دیگر که یکی از آنها در سمت شمال باختری به نام تاقدیس غزنوی و تاقدیس دیگری به نام تاقدیس سرچشمه در سمت جنوب خاوری این ناودیس قرار داشته، که حالت M را در پروفیل چین بوجود آورده اند. برای بررسی ویژگی های هندسی این ناودیس را در دو برش عرضی که

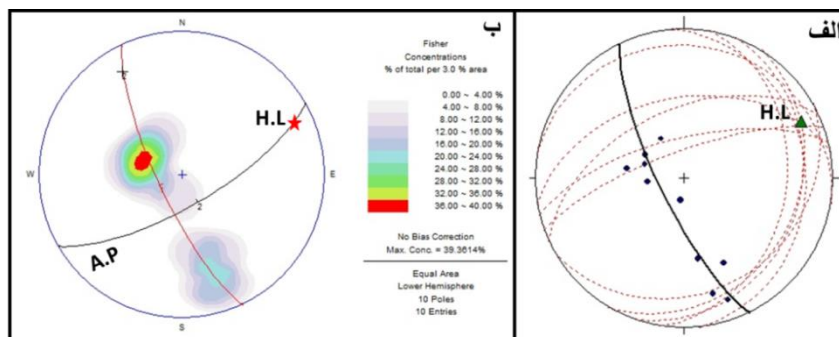
یکی از آنها سمت شرق جاده و دیگری سمت غرب جاده آسفalte شاهرود به آزادشهر می باشد، مورد مطالعه قرار گرفته است.

۱-۴-۲-۱- ناودیس غزنوی در برش A

داده های اندازه گیری شده ناودیس غزنوی در برش A (پیوست ۱۱)، تصویر صحرایی و ماهواره ای این ناودیس در برش A (شکل ۳-۶۱) و استریوگرام آن را در شکل (۳-۶۲) مشاهده می شوند. این برش در سمت شرق جاده آسفalte شاهرود به آزادشهر با موقعیت جغرافیایی $36^{\circ}55'47.17''$ شمالی و $18.70''$ $55^{\circ}27'$ شرقی برداشت شده است (شکل ۳-۶۱). طبق نمودار π ، موقعیت خط لولای ناودیس $14/064$ می باشد و موقعیت سطح محوری این ناودیس به صورت $149/72$ به دست آمده است. زاویه بین یالی ۷۷ درجه است. بر اساس تقسیم بندی چین ها بر اساس زاویه بین دو یال در رده چین های باز (Open) قرار می گیرد. در تقسیم بندی دیگر که بر اساس شیب سطح محوری و میل لولا در رده چین های با شیب زیاد با تمایل کم (Steeply Inclined – Gently Plunging) قرار گرفته است. بر اساس طبقه بندی ریکارد در رده چین های کج شده (Inclined Fold) قرار می گیرد.



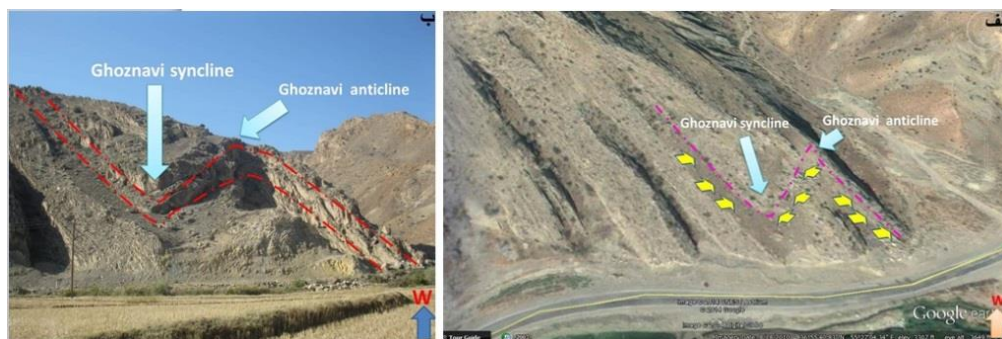
شکل ۳-۶۱- الف - تصویر ماهواره ای لندست (Google earth) از تاقدیس و ناودیس غزنوی در برش A، در سمت شرق جاده آسفalte شاهرود به آزاد شهر و جهت شیب لایه بندی یال های چین با فلش های زرد رنگ نشان داده شده است (جهت دید به سمت شمال). ب: تصویر صحرایی از تاقدیس و ناودیس غزنوی در برش A بر روی سازند مبارک (دید به سمت شمال خاوری).



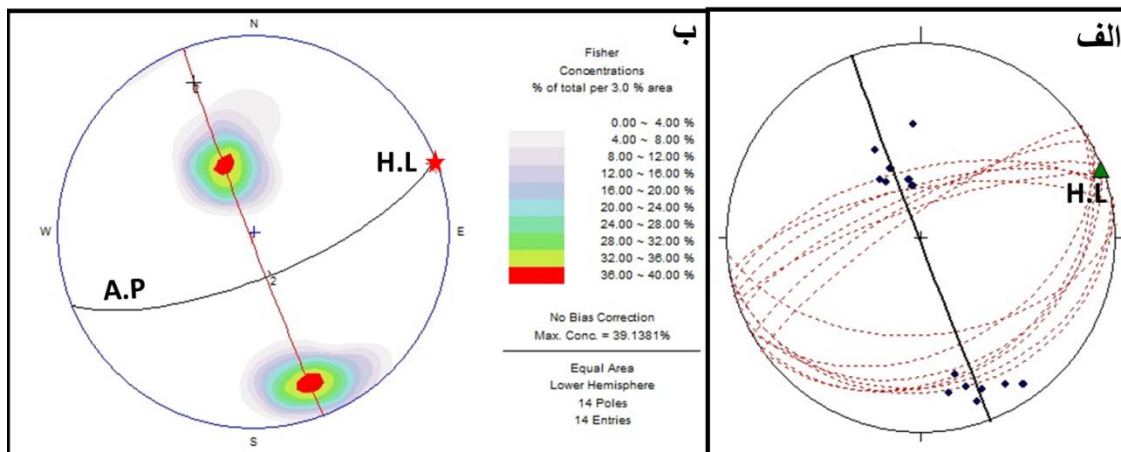
شکل ۳-۶۲- استریوگرام حاصل از داده‌های برداشت شده از ناودیس غزنوی در برش A: الف- نمودار β و نمودار π و تعیین خط لولا (H.L.) با موقعیت (۱۴/۰۶۴). ب: نمودار کنتور یال‌های چین به منظور تعیین زاویه بین یالی (۷۷)، و تعیین موقعیت سطح محوری (A.P.) با موقعیت (۱۴۹/۷۲).

۱-۲-۴-۲- ناودیس غزنوی در برش B

داده‌های اندازه‌گیری شده برای ناودیس غزنوی در برش B (پیوست ۱۲)، تصویر ماهواره‌ای و صحرایی این ناودیس در (شکل ۳-۶۳) و استریوگرام آن را در (شکل ۳-۶۴) مشاهده می‌شوند. بر اساس استریوگرام-های حاصل، موقعیت خط لولای ناودیس صورت $0.2/0.69$ و موقعیت سطح محوری آن به صورت $159/71$ به دست آمده است. زاویه بین یالی 80° درجه می‌باشد. بر اساس تقسیم بندی چین‌ها بر اساس زاویه بین دو یال در رده چین‌های باز (Open) قرار می‌گیرد. در تقسیم بندی دیگر که بر اساس شیب سطح محوری و میل لولا در رده چین‌های با شیب زیاد و افقی (Steeply Inclined - Horizontal) قرار گرفته است. بر اساس طبقه بندی ریکارد در رده چین‌های افقی (Horizontal Fold) قرار می‌گیرد.



شکل ۳-۶۳- الف - تصویر ماهواره‌ای لندست (Google earth) از تاقدیس و ناودیس غزنوی در برش B، در سمت چپ جاده آسفالت شاهرود به آزاد شهر و جهت شیب لایه‌بندی یال‌های چین با فلش‌های زرد رنگ نشان داده شده است (جهت دید به سمت باختر). ب: تصویر صحرایی از تاقدیس و ناودیس غزنوی در برش B بر روی سازند مبارک (دید به سمت باختر).



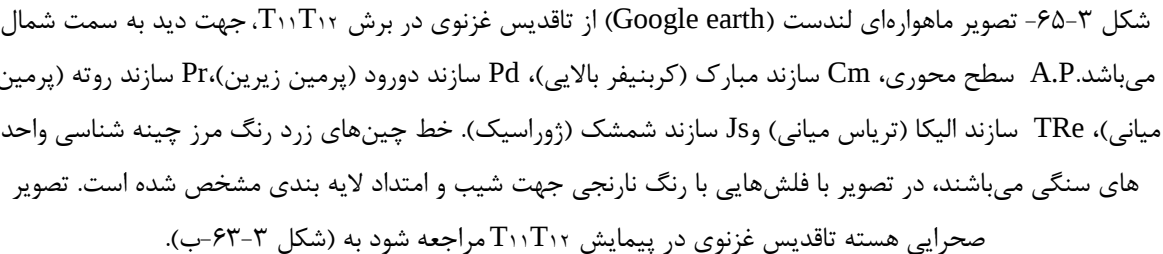
شکل ۳-۶۴- استریوگرام حاصل از داده‌های برداشت شده از ناودیس غزنوی در برش B: الف- نمودار β و نمودار π و تعیین خط لولا (H.L.) با موقعیت (۰۲/۰۶۹). ب: نمودار کنتور یال‌های چین به منظور تعیین زاویه بین یالی (۸۰)، و تعیین موقعیت سطح محوری (A.P.) با موقعیت (۱۵۹/۷۱).

۵-۲-۱- تاقدیس غزنوی

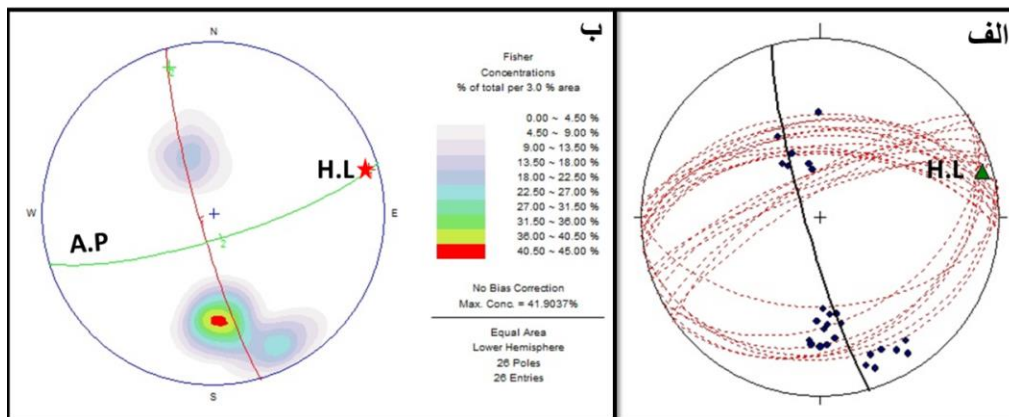
موقعیت جغرافیایی تاقدیس غزنوی در جنوب روستای غزنوی می‌باشد. هسته این تاقدیس در آهک‌های کربنیفر (سازند مبارک)، به طول تقریباً ۴ کیلومتر می‌باشد. ویژگی‌های هندسی این تاقدیس در دو پیمایش $T_{11}T_{12}$ ، $T_{11}T_{14}$ ، $T_{13}T_{14}$ مورد مطالعه قرار گرفته است. یکی از این پیمایش‌ها در برش جاده آسفalte شاهرود به آزادشهر و دیگری در دره رودخانه وامنان می‌باشد. این تاقدیس دارای محور شمال خاوری - جنوب باختری می‌باشد.

۵-۲-۱-۱- تاقدیس غزنوی در پیمایش $T_{11}T_{12}$:

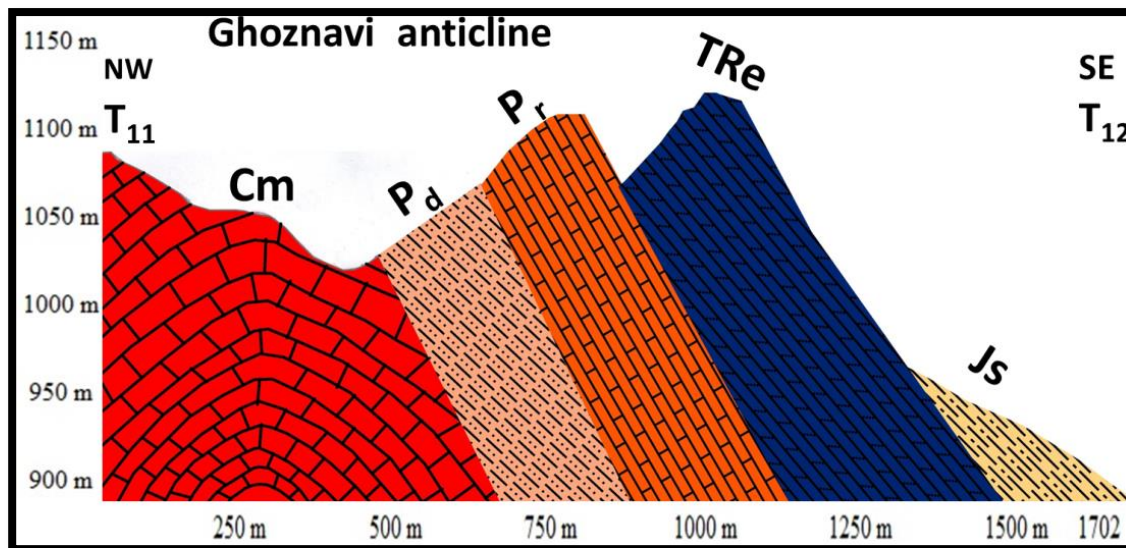
این پیمایش در کنار جاده آسفalte شاهرود به آزادشهر در سمت غرب جاده صورت گرفته است. در یال شمال باختری رخنمون سازندهای مبارک، دورود، روته، الیکا و شمشک می‌باشد، ولی در یال جنوب خاوری فقط سازند مبارک رخنمون دارد (شکل ۳-۶۵).



97



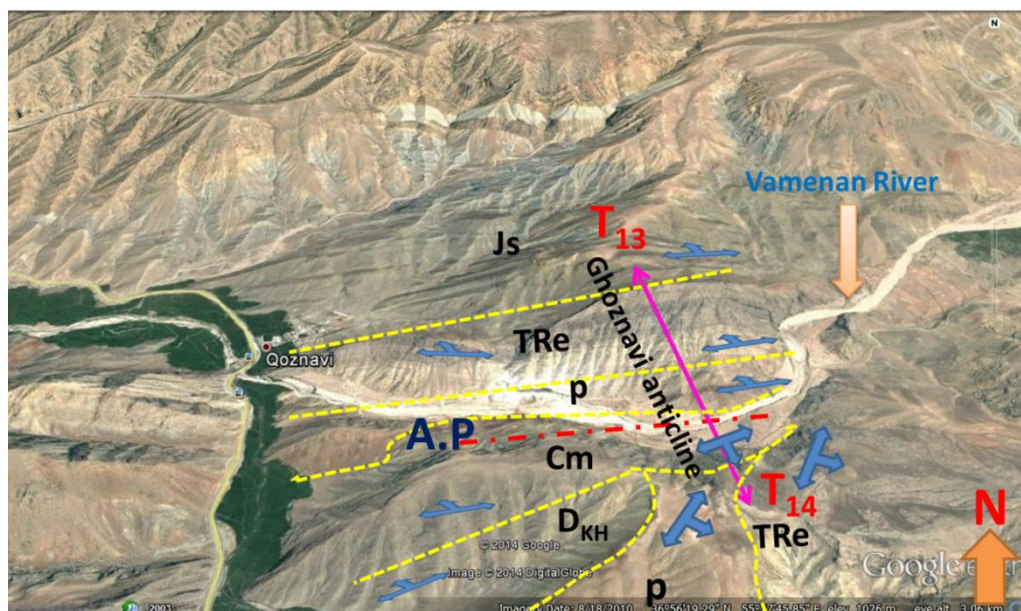
شکل ۳-۶۶- استریوگرام حاصل از داده‌های برداشت شده از تاق‌دیس غزنوی در برش $T_{11}T_{12}$: الف- نمودار β و نمودار π و تعیین خط لولا (H.L.) با موقعیت (۰۷/۰۷۴). ب: نمودار کنتور یال‌های چین به منظور تعیین زاویه بین یالی (۸۷)، و تعیین موقعیت سطح محوری (A.P.) با موقعیت (۱۶۴/۷۸).



شکل ۳-۶۷- مقطع نمادین از تاق‌دیس غزنوی در برش $T_{11}T_{12}$ بر روی تصاویر ماهواره‌ای لندست Google earth در (شکل ۳-۶۵) نشان داده شده است، جهت مقطع شمال باختری - جنوب خاوری می‌باشد (اغراق در جهت قائم). Cm سازند مبارک (کربنیفر بالایی)، P_r سازند دورود، P_d روته (پرمین زیرین - میانی)، TRe سازند الیکا (تریاس میانی)، Js سازند شمشک (ژوراسیک).

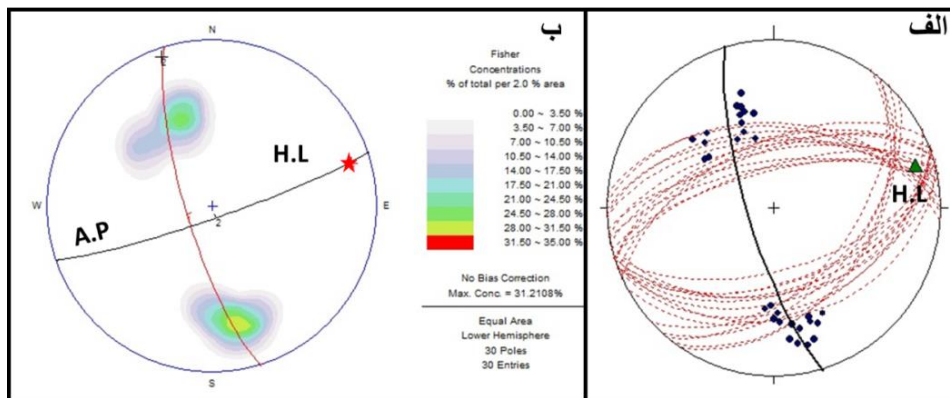
۳-۵-۲-۱- تاق‌دیس غزنوی در پیمایش $T_{13}T_{14}$:

این پیمایش در شمال خاوری تاق‌دیس و در داخل دره رودخانه وامنان صورت گرفته است. در یال شمال باختری رخنمون سازندهای دورود، روته، الیکا و شمشک، ولی در یال جنوب خاوری سازندهای مبارک، دورود، روته و الیکا رخنمون دارد (۳-۶۸).

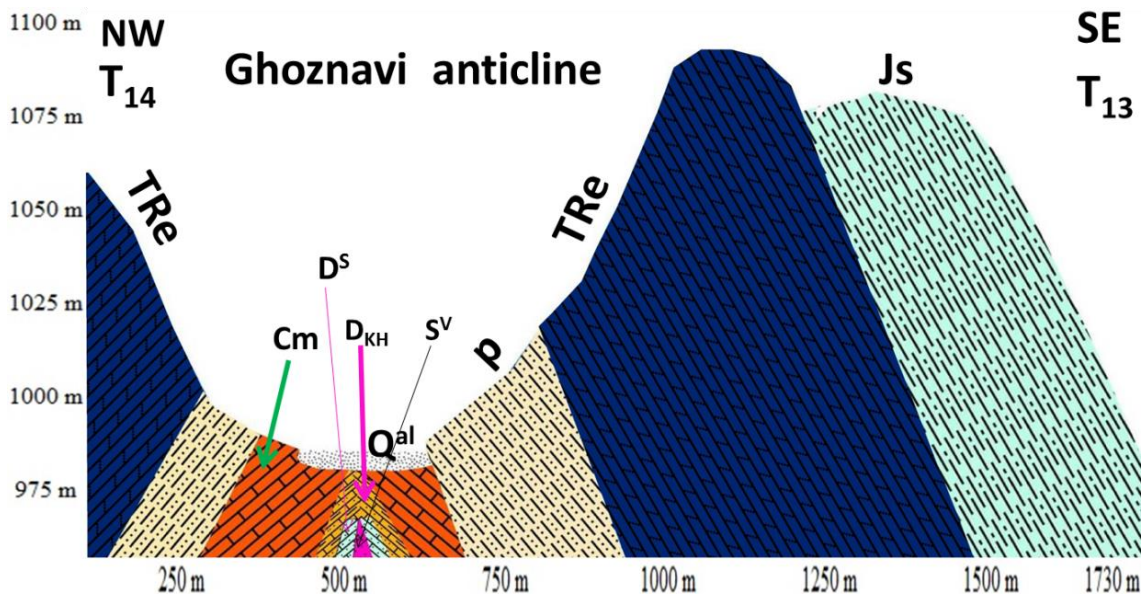


شکل ۳-۶۸- تصویر ماهواره‌ای لندست (Google earth) از تاقدیس غزنوی در برش $T_{13}T_{14}$. جهت دید به سمت شمال می‌باشد. A.P. سطح محوری، D_{KH} سازند خوش ییلاق (دونین میانی)، Cm سازند مبارک (کربنیفر بالایی)، P سازند دورود و روته (پرمین زیرین - میانی)، TRe سازند الیکا (تریاس میانی) و Js سازند شمشک (ژوراسیک). خط چین‌های زرد رنگ مرز چین‌ه‌شناسی واحدهای سنگی می‌باشد، و در تصویر با فلش‌هایی با رنگ آبی جهت شیب و امتداد لایه بندی مشخص شده است

داده‌های اندازه‌گیری شده تاقدیس غزنوی در این پیمایش در (پیوست ۱۴) آورده شده است. بر اساس استریوگرام‌های حاصل از برداشت یال‌های این تاقدیس، موقعیت خط لولای این چین به صورت $۱۳/۰۷۳$ همچنین سطح محوری چین نیز با موقعیت $۱۶۲/۸۴$ به دست آمده است. زاویه بین دو یال ۷۴ درجه است و بنابر تقسیم‌بندی چین‌ها بر اساس زاویه بین دو یال در رده باز (Open) قرار می‌گیرد (شکل ۳-۶۹). در تقسیم بندی دیگر براساس شیب سطح محوری و میل لولا در رده چین‌های ایستاده و خط لولا با میل ملایم (Upright – Gently Plunging) قرار می‌گیرد. در تقسیم بندی ریکارد در رده چین‌های ایستاده (Upright Fold) قرار می‌گیرد. در شکل ۳-۷۰ نیز می‌توان مقطعی نمادین از این پیمایش را مشاهده نمود.

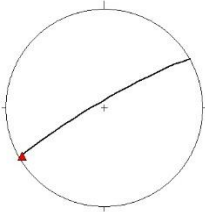
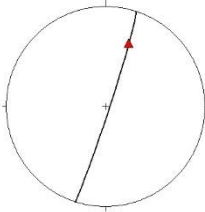
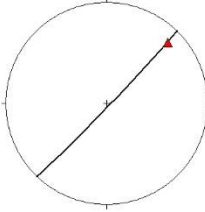
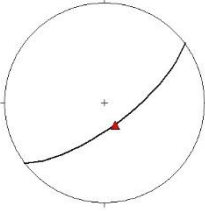
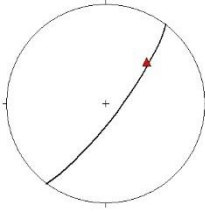
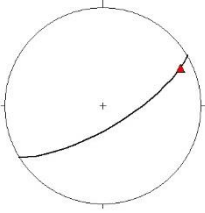


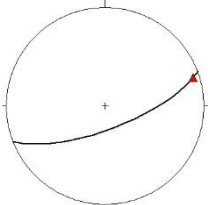
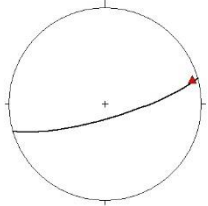
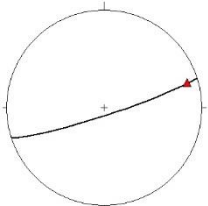
شکل ۳-۶۹- استریوگرام حاصل از داده‌های برداشت شده از تاق‌دیس غزنوی در برش $T_{13}T_{14}$: الف- نمودار β و نمودار π و تعیین خط لولا (H.L.) با موقعیت (۱۳/۰۷۳). ب: نمودار کنتور یال‌های چین به منظور تعیین زاویه بین یالی (۷۴)، و تعیین موقعیت سطح محوری (A.P.) با موقعیت (۱۶۲/۸۴).



شکل ۳-۷۰- مقطع نمادین از تاق‌دیس غزنوی در برش $T_{13}T_{14}$ بر روی تصاویر ماهواره‌ای لندست (Google earth) در (شکل ۳-۶۸) نشان داده شده است، جهت مقطع شمال باختری - جنوب خاوری می‌باشد (اغراق در جهت قائم). S^v سازند سلطان میدان، D^s سازند پادها، D_{KH} سازند خوش ییلاق (دونین میانی)، Cm سازند مبارک (کربنیفر بالایی)، P سازند دورود و روته (پرمین زیرین - میانی)، TRE سازند الیکا (تریاس میانی)، Js سازند شمشک (ژوراسیک) و Q^{al} رسوبات آبرفتی رودخانه.

جدول ۳-۱- خصوصیات هندسی چین‌های ماکروسکوپی برداشت شده در محدوده مورد مطالعه

نام چین	موقعیت خط لولا	موقعیت سطح محوری	زاویه بین یالی	پیمایش	استریوگرام
تاق‌دیس سرچشمه	۰۴/۲۴۰	۳۳۰/۸۴	۸۴	T_1T_2	
تاق‌دیس سرچشمه	۳۴/۰۲۲	۱۰۸/۸۷	۱۱۰	T_2T_3	
تاق‌دیس تیل آباد	۱۵/۰۴۰	۱۳۴/۸۸	۱۱۰	T_5T_6	
تاق‌دیس تیل آباد	۷۰ / ۱۵۵	۱۴۳ / ۷۱	۲۵	T_7T_8	
ناودیس تیل آباد	۴۱/۰۴۴	۱۲۷/۷۹	۱۲۹	-	
ناودیس غرنوی	۱۴/۰۶۴	۱۴۹/۷۲	۷۷	A	

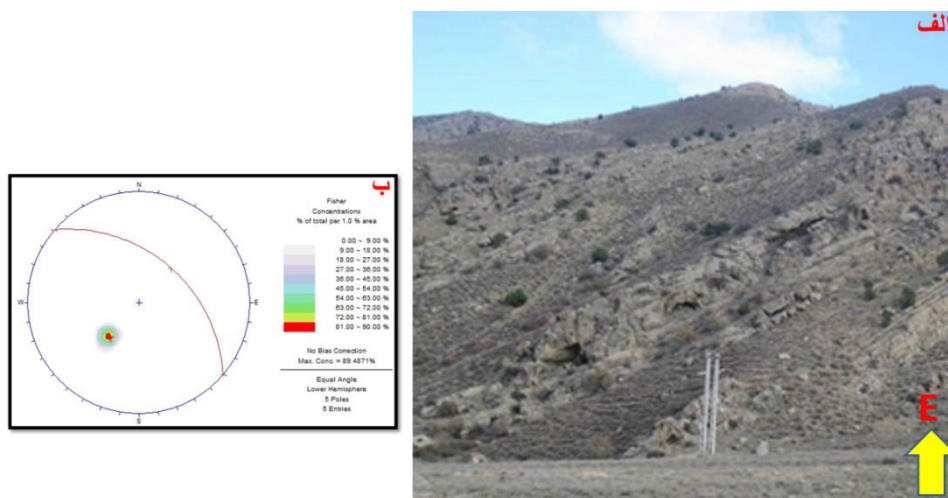
	B	۸۰	۱۵۹/۷۱	۰۲/۰۶۹	ناودیس غرنوی
	$T_{11}T_{12}$	۸۷	۱۶۴/۷۸	۰۷/۰۷۴	تاقدیس غرنوی
	$T_{12}T_{14}$	۷۴	۱۶۲/۸۴	۱۳/۰۷۳	تاقدیس غرنوی

جدول ۳-۲- جایگاه چین خوردگی‌های ماکروسکوپی برداشت شده در محدوده مورد مطالعه در تقسیم بندی‌های (فلوتی، ۱۹۶۴) و (ریکارد، ۱۹۷۱).

نام چین	توصیف هندسی چین بر مبنای زاویه بین یالی (Fleuty ۱۹۶۴)	توصیف هندسی چین بر مبنای وضعیت لولا و سطح محوری (Fleuty ۱۹۶۴)	طبقه بندی بر اساس ریکارد
تاقدیس سرچشمه در پیمایش T_0T_2	Close	Upright – Horizontal	Upright Horizontal Fold
تاقدیس سرچشمه در پیمایش T_2T_4	Open	Upright – Gently Plunging	Upright Fold
تاقدیس تیل آباد در پیمایش T_4T_6	Open	Upright – Gently Plunging	Upright Fold
تاقدیس تیل آباد در پیمایش T_6T_8	Tight	Steeply Inclined - Steeply Plunging	Inclined Fold
ناودیس تیل آباد	Gentle	Steeply Inclined – Moderatly Plunging	Inclined Fold
ناودیس غرنوی در برش A	Open	Steeply Inclined – Gently Plunging	Inclined Fold
ناودیس غرنوی در برش B	Open	Steeply Inclined –Horizontal	Horizontal Fold
تاقدیس غرنوی $T_{11}T_{12}$	Open	Steeply Inclined –Horizontal	Horizontal Fold
تاقدیس غرنوی $T_{12}T_{14}$	close	Upright – Gently Plunging	Upright Fold

۱-۲-۶- سازند پادها:

سازند پادها با جنس ماسه سنگ قهوه‌ای و سفید، ماسه سنگ کوارتزیتی با کنگلومرای قاعده‌ای به سن دونین زیرین می‌باشد. با توجه به تنش‌های وارده لایه‌بندی این سازند از حالت افقی خارج شده و به صورت شیب‌دار ظاهر گشته‌اند. طی برداشت‌های میدانی لایه‌های شیب‌دار این سازند را در موقعیت جغرافیایی $36^{\circ} 52' 19.61''$ عرض شمالی و $41.92^{\circ} 25' 55''$ طول خاوری اندازه‌گیری شده است. تصویر صحرایی از لایه‌های تک شیب سازند پادها را در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد (شکل ۳-۷۱-الف). محل این رخنمون در نقشه زمین شناسی با عنوان FO_۱ تعیین شده است (شکل ۲-۲۱). داده‌های اندازه‌گیری شده از رخنمون این چین در (پیوست ۱۵) آورده شده است. استریوگرام (شکل ۳-۷۱-ب) موقعیت میانگین سطح لایه بندی این سازند را به صورت $N48^{\circ}W$, $44^{\circ}NE$ نشان می‌دهد.



شکل ۳-۷۱- تصویر صحرایی چین FO_۱ در سازند پادها (دید به سمت خاور). ب: تصویر سیکلوگرافیک لایه‌بندی؛ میانگین سطوح لایه بندی سازند پادها به صورت $N48^{\circ}W$, $44^{\circ}NE$ می‌باشد.

۱-۲-۷- سازند خوش ییلاق

سازند خوش ییلاق به سن دونین میانی - بالایی، جنس این سازند در منطقه مورد مطالعه عمدتاً از تناوب کنگلومرا، ماسه سنگ، آهک بیوکلاستیک، ماسه سنگ کوارتزیتی قرمز و آهک‌های نازک لایه تا ضخیم لایه با میان لایه شیل و آهک‌های شیلی تیره رنگ تشکیل شده است. برای شناسایی و مطالعه چین‌های

موجود در این سازند در ۲ رخمون برداشت شده است که موقعیت آنها در نقشه زمین شناسی تهیه شده از منطقه (شکل ۲-۲۱) نشان داده شده است. این چین به ترتیب FO_2 و FO_3 نام گذاری شده اند.

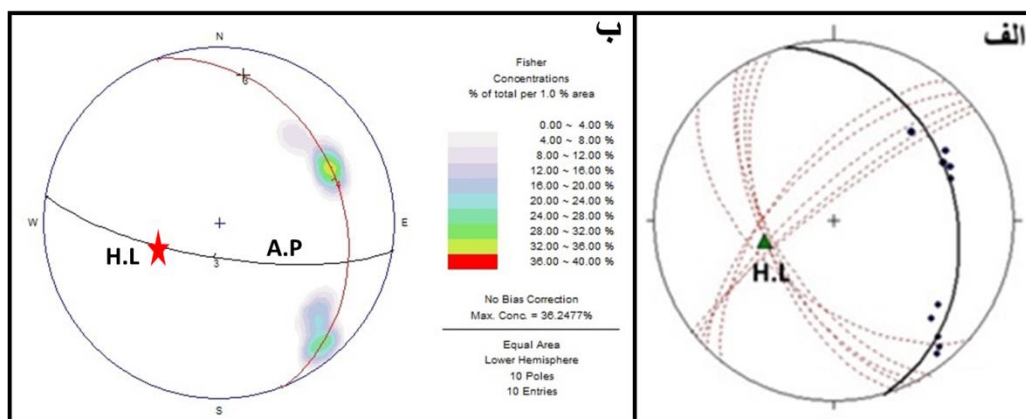
۱-۷-۲-۱- چین FO_2

این چین در کنار جاده ارتباطی شاهرود- آزادشهر، حدفاصل روستای تیل آباد- خوش ییلاق در موقعیت جغرافیایی $36^{\circ}54'58.9''$ شمالی و $55^{\circ}27'39.7''$ شرقی قرار دارد (شکل ۳-۷۲). داده های اندازه گیری این چین در (پیوست ۱۶) و استریوگرام داده های برداشت شده از آن را در (شکل ۳-۷۳) مشاهده می شوند.



شکل ۳-۷۲- تصویر صحرایی چین FO_2 لایه بندی با خط چین های قرمز رنگ و جهت شیب لایه بندی نیز با فلش نشان داده شده است (دید به سمت شمال باختری).

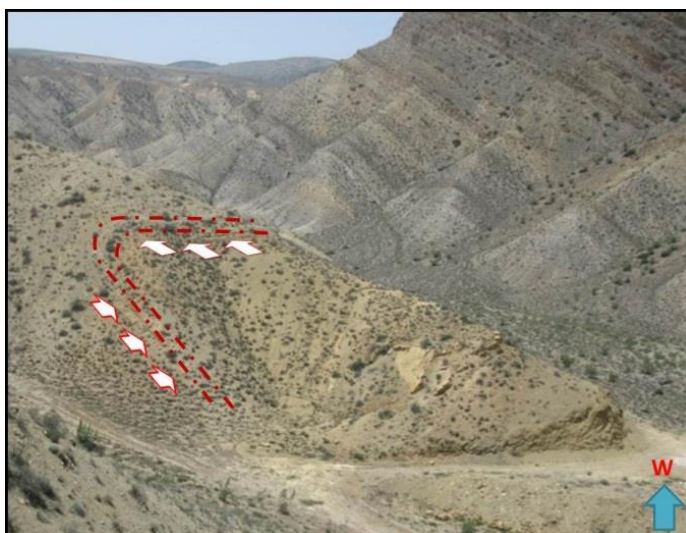
بر اساس استریوگرام های حاصل از برداشت لایه های این چین، خط لولای این چین دارای موقعیت $59/252$ و سطح محوری آن دارای موقعیت $188/74$ می باشد. زاویه بین دویال این چین 68 درجه، که بر اساس تقسیم بندی چین ها بر اساس زاویه بین یالی (فلوتی، ۱۹۶۴) در رده چین های بسته (Close) قرار می گیرد و در تقسیم بندی دیگر بر اساس شیب سطح محوری و میل لولا (فلوتی، ۱۹۶۴) در رده چین های با شیب زیاد و تمایل متوسط (Steeplly Inclined- Moderately Plunging)، در تقسیم بندی بر اساس ریکارد در رده چین های کج شده (Inclined Fold) قرار دارد.



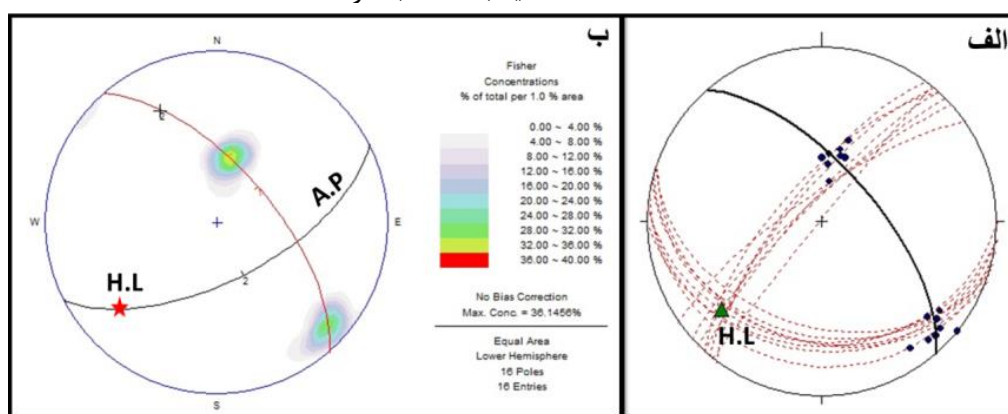
شکل ۳-۷۲- استریوگرام حاصل از داده‌های برداشت شده از چین FO_2 : الف- نمودار β و نمودار π و تعیین خط لولا (H.L.) با موقعیت (۵۷/۲۵۴). ب: نمودار کنتور یال های چین به منظور تعیین زاویه بین یالی (۶۸)، و تعیین موقعیت سطح محوری (A.P.) با موقعیت (۲۸۰/۶۰).

۱-۲-۷-۲- چین FO_3

این ناودیس در موقعیت جغرافیایی $۱۰.۹' ۵۵''$ شمالی و $۱۰.۹' ۲۷'' ۵۵''$ شرقی در سازند خوش ییلاق شناسایی شده است (شکل ۳-۷۴). داده‌های صحرایی برداشت شده از این چین در (پیوست ۱۷) و استریوگرام حاصل از آن در (شکل ۳-۷۵) مشاهده می‌گردد. طبق نمودار π ، موقعیت خط لولای چین ۲۵/۲۲۹ می باشد و موقعیت سطح محوری این تاقدیس به صورت $۱۵۴/۶۲$ به دست آمده است. زاویه بین یالی ۸۵ درجه است. بر اساس تقسیم بندی چین‌ها بر اساس زاویه بین دو یال در رده چین‌های باز (Open) قرار می‌گیرد. در تقسیم بندی دیگر که بر اساس شیب سطح محوری و میل لولا در رده چین‌های با شیب متوسط و با تمایل متوسط (Steeply Inclined – Gently Plunging)، و بر اساس طبقه بندی ریکارد در رده چین‌های کج شده (Inclined Fold) قرار می‌گیرد.



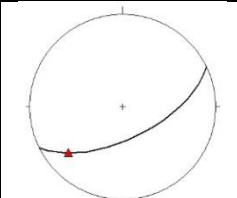
شکل ۳-۷۴- تصویر صحرایی چین FO_3 لایه بندی با خط چین های قرمز رنگ و جهت شیب لایه بندی نیز با فلش نشان داده شده است (دید به سمت باختر).



شکل ۳-۷۵- استریوگرام حاصل از داده های برداشت شده از چین FO_3 : الف- نمودار β و نمودار π و تعیین خط لولا (H.L.) با موقعیت (۲۵/۲۲۹). ب: نمودار کنتر یال های چین به منظور تعیین زاویه بین یالی (۸۵)، و تعیین موقعیت سطح محوری (A.P.) با موقعیت (۱۵۴/۶۲).

جدول ۳-۳- خصوصیات هندسی چین های برداشت شده در سازند خوش ییلاق

نام چین	موقعیت خط لولا	موقعیت سطح محوری	زاویه بین یالی	پیمایش	استریوگرام
FO_2	۵۹/۲۵۲	۱۸۸/۷۴	۶۸	-	

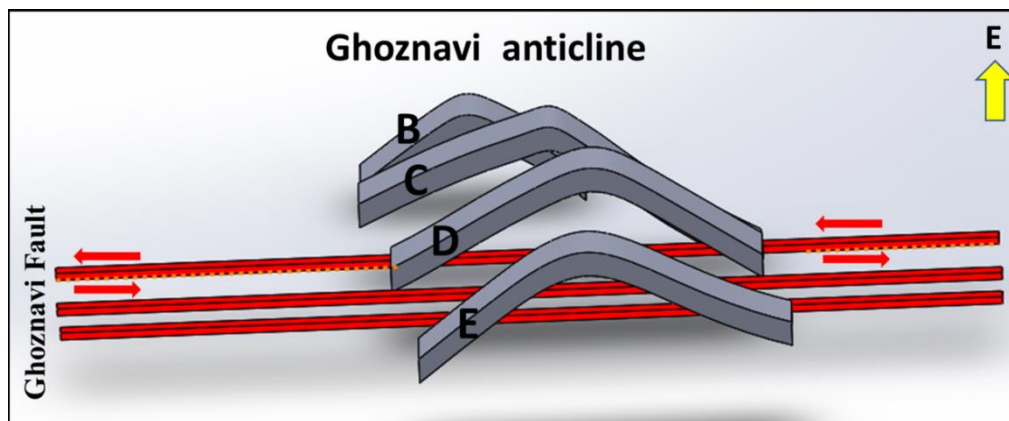
	-	۸۵	۱۵۴/۶۲	۲۵/۲۲۹	FO _۳
---	---	----	--------	--------	-----------------

جدول ۳-۴- جایگاه چین خوردگی‌های سازند خوش ییلاق در تقسیم بندی (Fleuty, ۱۹۶۴) و (Rikard, ۱۹۷۱).

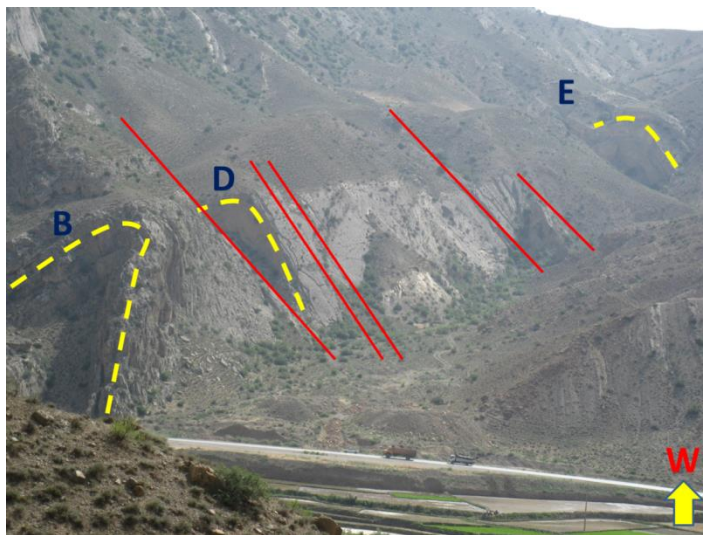
نام چین	توصیف هندسی چین برمبنای زاویه بین یالی (Fleuty ۱۹۶۴)	توصیف هندسی چین برمبنای وضعیت لولا و سطح محوری (Fleuty ۱۹۶۴)	طبقه بندی بر اساس ریکارد
FO _۲	Close	Steeply Inclined- Moderately Plunging	Inclined Fold
FO _۳	Open	Steeply Inclined – Gently Plunging	Inclined Fold

۸-۲-۱- سازند مبارک:

سازند مبارک به سن کربنیفر زیرین، جنس این سازند در منطقه مورد مطالعه عمدتاً از تناوب آهک‌های نازک لایه تا ضخیم لایه با میان لایه شیل و آهک‌های شیلی تیره رنگ تشکیل شده است. سازند مبارک در این منطقه به صورت همشیب بر روی سازند خوش ییلاق و با ناپیوستگی فرسایشی زیر سازند درود قرار دارد و لایه‌های قرمز رنگ بوکسیت نشانگر ناپیوستگی مرز فوقانی سازند مذکور می‌باشد. برای شناسایی و مطالعه چین‌های موجود در این سازند در ۵ برش چین‌ها برداشت شده است. تاکدیس غزنوی را میتوان بر روی سازند مبارک در چند مقطع عرضی مشاهده نمود (شکل ۳-۷۷). نکته قابل توجه در این مقاطع عرضی بر روی تاکدیس غزنوی هرچه از سمت شرق به غرب می‌رویم زاویه بین یالی افزایش می‌یابد (شکل ۳-۷۶).



شکل ۳-۷۶- مدل سه بعدی تاقدیس غزنوی و پهنه گسلی غزنوی

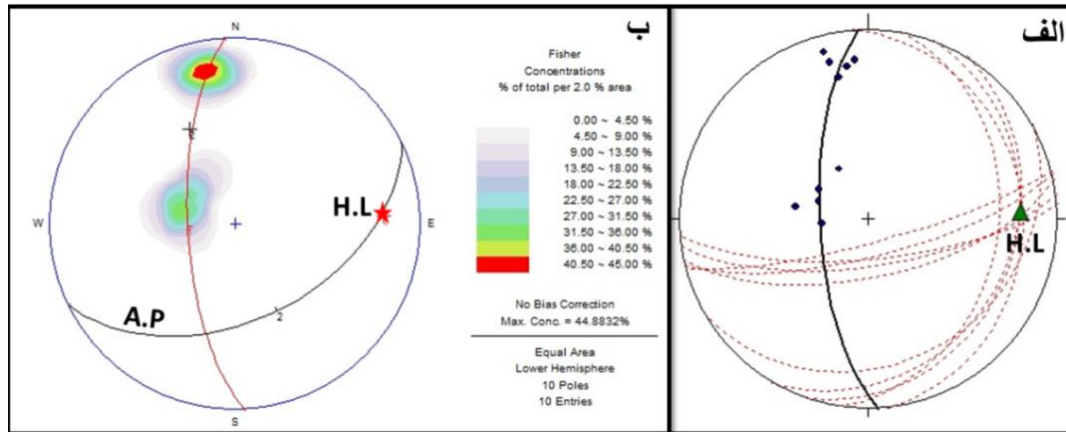


شکل ۳-۷۷- نمایی صحرایی از برش‌های تاقدیس غزنوی و پهنه گسلی غزنوی (دید به سمت یاختر).

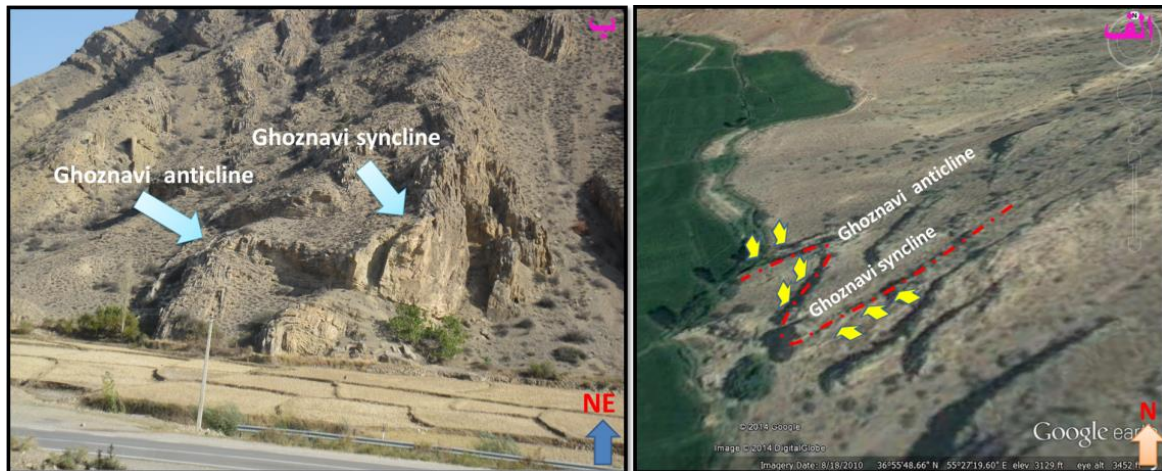
۱-۸-۲-۱- تاقدیس غزنوی در برش A

این چین یک تاقدیس برگشته در سمت شرق جاده آسفالت‌شده شاهرود به آزادشهر با موقعیت جغرافیایی $36^{\circ} 55' 48.74''$ شمالی و $55^{\circ} 27' 18.76''$ شرقی برداشت شده است (شکل ۳-۷۹). داده‌های برداشت میدانی مرتبط با این تاقدیس در (پیوست ۱۸) آورده شده است. بر اساس استریوگرام‌های حاصل از برداشت یال‌های این تاقدیس (شکل ۳-۷۸)، موقعیت خط لولای این چین به صورت $21/087$ و سطح محوری آن دارای موقعیت $154/46$ می‌باشد. زاویه بین دویال این چین 65 درجه می‌باشد. که بر اساس تقسیم بندی چین‌ها بر اساس زاویه بین یالی (فلوتی، ۱۹۶۴) در رده چین‌های بسته (Close) قرار دارد و

در تقسیم بندی دیگر بر اساس شیب سطح محوری و میل لولا (Fleuty, ۱۹۶۴) در رده چین‌های با شیب متوسط و با میل ملایم (Moderately Inclined – Gently Plunging) قرار می‌گیرد. در تقسیم بندی دیگر بر اساس روش ریکارد در رده چین‌های کج شده (Inclined Fold) قرار دارد.



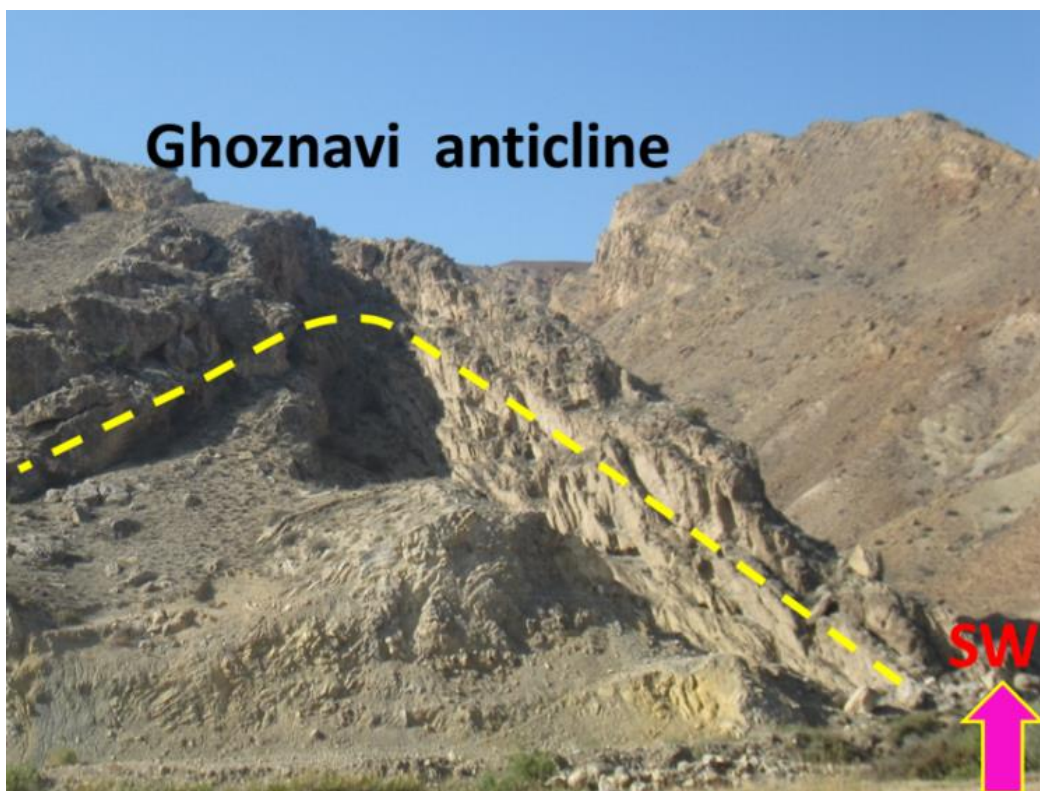
شکل ۳-۷۸- استریوگرام حاصل از داده‌های برداشت شده از تاقدیس غزنوی در مقطع A: الف- نمودار β و نمودار π و تعیین خط لولا (H.L.) با موقعیت (۲۱/۰۸۷). ب: نمودار کنتور یال‌های چین به منظور تعیین زاویه بین یالی (۶۵)، و تعیین موقعیت سطح محوری (A.P.) با موقعیت (۱۵۴/۴۶).



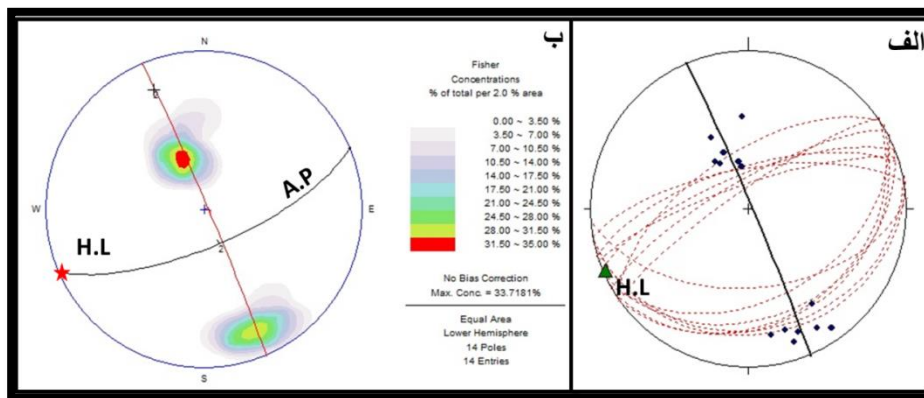
شکل ۳-۷۹- الف - تصویر ماهواره‌ای لندست (Google earth) از تاقدیس و ناودیس غزنوی در برش A، در سمت راست جاده آسفالته شاهرود به آزاد شهر و جهت شیب لایه‌بندی یال‌های چین با فلش‌های زرد نشان داده شده است (جهت دید به سمت شمال). ب: تصویر صحرایی از تاقدیس و ناودیس غزنوی در برش A بر روی سازند مبارک (دید به سمت شمال خاوری).

۱-۲-۸-۲- تاقدیس غزنوی در برش B

این برش در جنوب روستای غزنوی در موقعیت جغرافیایی $36^{\circ} 55' 44.40''$ شمالی و $55^{\circ} 27' 07.56''$ شرقی قرار دارد (شکل ۳-۸۰). داده‌های اندازه گیری شده این چین در (پیوست ۱۹) و استریوگرام آن را در (شکل ۳-۸۱) مشاهده می‌شوند. با بررسی این استریوگرام‌ها، موقعیت خط لولای این تاقدیس به صورت $0.5 / 0.76$ می‌باشد. همچنین سطح محوری چین نیز با موقعیت $163/67$ به دست آمده است. زاویه بین دو یال 80 درجه و بنابر تقسیم‌بندی چین‌ها بر اساس زاویه بین دو یال در رده باز (Open) قرار می‌گیرد. در تقسیم بندی دیگر براساس شیب سطح محوری و میل لولا در رده چین‌های با سطح محوری پرشیب و خط لولای افقی (Steeplly Inclined – Horizontal) قرار می‌گیرد. بر اساس تقسیم بندی ریکارد در رده چین‌های کج شده (Horizontal Fold) قرار می‌گیرد.



شکل ۳-۸۰- تصویر صحرایی تاقدیس غزنوی در برش B، لایه بندی با خط چین‌های زرد رنگ نشان داده شده است (دید به سمت شمال خاوری).



شکل ۳-۸-۱- استریوگرام حاصل از داده‌های برداشت شده از تاقدیس غزنوی در مقطع A: الف- نمودار β و نمودار π و تعیین خط لولا (H.L) با موقعیت (۰۵/۰۷۶). ب: نمودار کنتور یال‌های چین به منظور تعیین زاویه بین یالی (۸۰)، و تعیین موقعیت سطح محوری (A.P) با موقعیت (۱۶۳/۶۷).

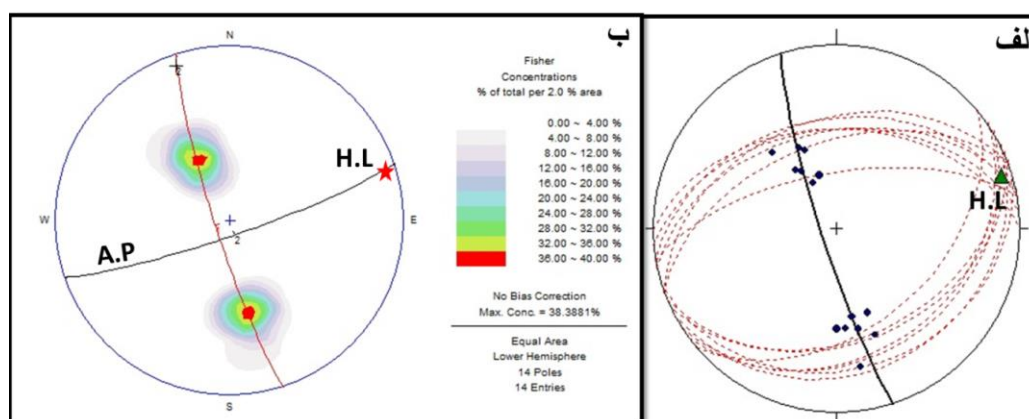
۳-۸-۲-۱ تاقدیس غزنوی در برش C

این مقطع در کنار جاده ارتباطی شاهرود - آزادشهر در موقعیت جغرافیایی $36^{\circ} 55' 42.18''$ شمالی و $55^{\circ} 27' 02.25''$ شرقی در جنوب روستای غزنوی قرار دارد (شکل ۳-۸۲). داده‌های اندازه‌گیری این چین در (پیوست ۲۰) و استریوگرام آن را در (شکل ۳-۸۳) مشاهده می‌شوند.



شکل ۳-۸۲- تصویر صحرایی تاقدیس غزنوی در برش C، لایه بندی با خط چین‌های قرمز رنگ نشان داده شده است (دید به سمت شمال خاوری).

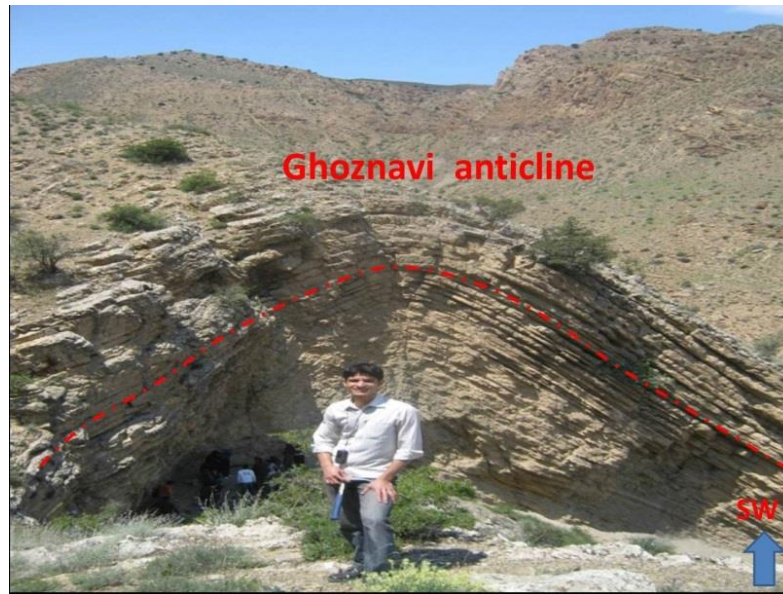
با بررسی این استریوگرام‌ها، موقعیت خط لولای این تاقدیس به صورت $07/072$ می‌باشد. همچنین سطح محوری چین نیز با موقعیت $166/84$ به دست آمده است. زاویه بین دو یال 104 درجه است و بنابر تقسیم‌بندی چین‌ها بر اساس زاویه بین دو یال در رده باز (Open) قرار می‌گیرد. در تقسیم بندی دیگر براساس شیب سطح محوری و میل لولا در رده چین‌های با سطح محوری ایستاده و خط لولای افقی (Upright –Horizontal) قرار می‌گیرد. و در تقسیم بندی ریکارد در رده چین‌های افقی ایستاده (Horizontal Upright Fold) قرار می‌گیرد.



شکل ۳-۸۳- استریوگرام حاصل از داده‌های برداشت شده از چین: الف- نمودار β و نمودار π و تعیین خط لولا (H.L.) با موقعیت ($07/072$). ب: نمودار کنتور یال های چین به منظور تعیین زاویه بین یالی (104)، و تعیین موقعیت سطح محوری (A.P) با موقعیت ($166/84$).

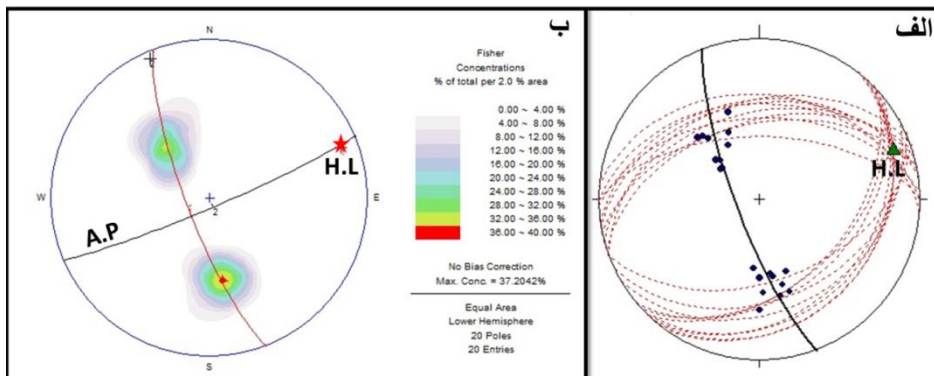
۱-۲-۸-۴- تاقدیس غزنوی در برش D

این برش در جنوب روستای غزنوی در موقعیت جغرافیایی $36^{\circ}55'41.98''$ شمالی و $55^{\circ}27'01.02''$ شرقی در سازند مبارک برداشت شده است (شکل ۳-۸۴). برداشت‌های میدانی مرتبط با این چین در (پیوست ۲۱)، استریوگرام‌های رسم شده از این برداشت‌ها که در نیمکره زیرین شبکه اشمیت می‌باشد (شکل ۳-۸۵).



شکل ۳-۸۴- تصویر صحرایی تاقدیس غزنوی در برش D، لایه بندی با خط چین‌های قرمز رنگ نشان داده شده است (دید به سمت جنوب باختری).

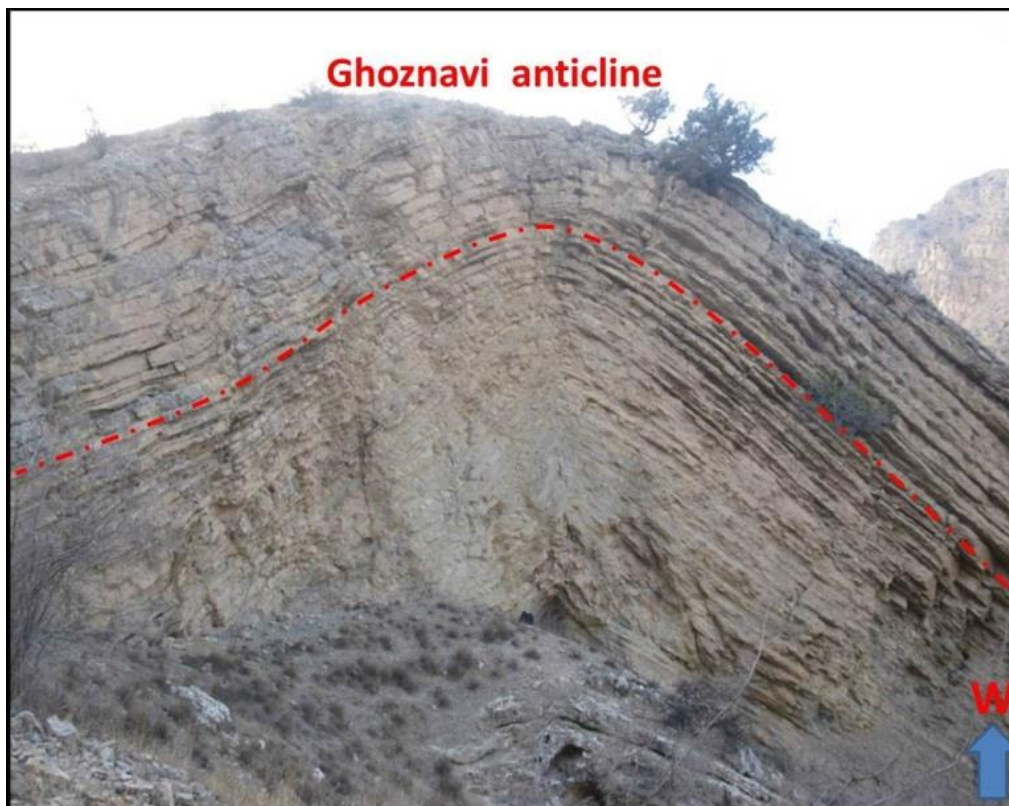
طبق نمودار π ، موقعیت خط لولای چین صورت $12/069$ می‌باشد و موقعیت سطح محوری این تاقدیس به صورت $158/85$ به دست آمده است. زاویه بین یالی 106 درجه است. بر اساس تقسیم بندی چین‌ها بر اساس زاویه بین دو یال در رده چین‌های باز (Open)، در تقسیم بندی دیگر که بر اساس شیب سطح محوری و میل لولا در رده چین‌های ایستاده با میل ملایم (Upright – Gently plunging) قرار گرفته است. بر اساس طبقه بندی ریکارد در رده چین‌های چین‌های ایستاده (Upright Fold) قرار می‌گیرد.



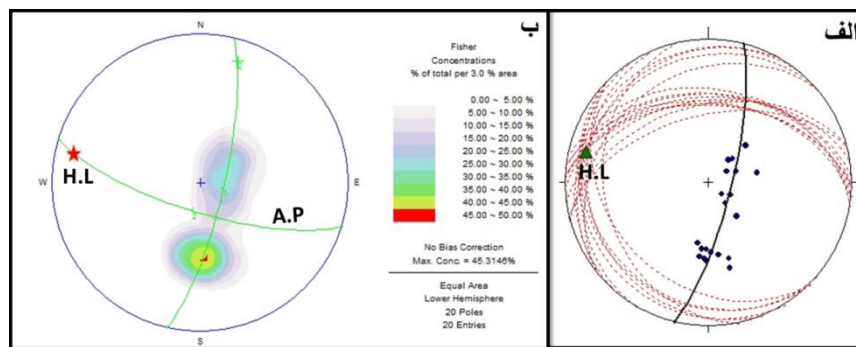
شکل ۳-۸۵- استریوگرام حاصل از داده‌های برداشت شده از چین: الف- نمودار β و نمودار π و تعیین خط لولا (H.L) با موقعیت $(12/069)$. ب: نمودار کنتور یال های چین به منظور تعیین زاویه بین یالی (106) ، و تعیین موقعیت سطح محوری (A.P) با موقعیت $(158/85)$.

۱-۲-۸-۵- تاقدیس غزنوی در برش E

این برش در جنوب روستای غزنوی در موقعیت جغرافیایی $36^{\circ} 55' 38.79''$ شمالی و $55^{\circ} 26' 40.34''$ شرقی قرار دارد (شکل ۳-۸۶). داده‌های اندازه گیری شده این چین در (پیوست ۲۲) و استریوگرام آن را در (شکل ۳-۸۷) مشاهده می‌شوند. با بررسی این استریوگرام‌ها، موقعیت خط لولای این تاقدیس به صورت $13/284$ می‌باشد. همچنین سطح محوری چین نیز با موقعیت $195/74$ به دست آمده است. زاویه بین دو یالی 128 درجه و بنابر تقسیم‌بندی چین‌ها بر اساس زاویه بین دو یال در رده ملایم قرار می‌گیرد. در تقسیم بندی دیگر براساس شیب سطح محوری و میل لولا در رده چین‌های سطح محوری پرشیب و خط لولا با میل ملایم (Steeply Inclined – Gently Plunging) قرار می‌گیرد. در تقسیم بندی ریکارد در رده چین‌های کج شده (Inclined Fold) قرار می‌گیرد.



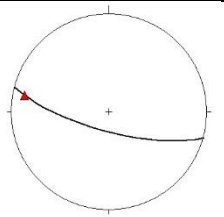
شکل ۳-۸۶- تصویر صحرایی تاقدیس غزنوی در برش E، لایه بندی با خط چین‌های قرمز رنگ نشان داده شده است (دید به سمت باختر).



شکل ۳-۸۷- استریوگرام حاصل از داده‌های برداشت شده از چین: الف- نمودار β و نمودار π و تعیین خط لولا (H.L) با موقعیت (۱۳/۲۸۴). ب: نمودار کنتور یال های چین به منظور تعیین زاویه بین یالی (۱۲۸)، و تعیین موقعیت سطح محوری (A.P) با موقعیت (۱۹۵/۷۴)

جدول ۳-۵- خصوصیات هندسی چین‌های برداشت شده در سازند مبارک

نام چین	موقعیت خط لولا	موقعیت سطح محوری	زاویه بین یالی	پیمایش	استریوگرام
تاقدیس غزنوی	۲۱/۰۸۷	۱۵۴/۴۶	۶۵	A	
تاقدیس غزنوی	۰۵/۰۷۶	۱۶۳/۶۷	۸۰	B	
تاقدیس غزنوی	۰۷/۰۷۲	۱۶۶/۸۴	۱۰۴	C	
تاقدیس غزنوی	۱۲/۰۶۹	۱۵۸/۸۵	۱۰۶	D	

	E	۱۲۸	۱۹۵/۷۴	۱۳/۲۸۴	تاقدیس غزنوی
---	---	-----	--------	--------	--------------

جدول ۳-۶- جایگاه چین خوردگی‌های سازند مبارک در تقسیم بندی (Fleuty, ۱۹۶۴) و (Rikard, ۱۹۷۱).

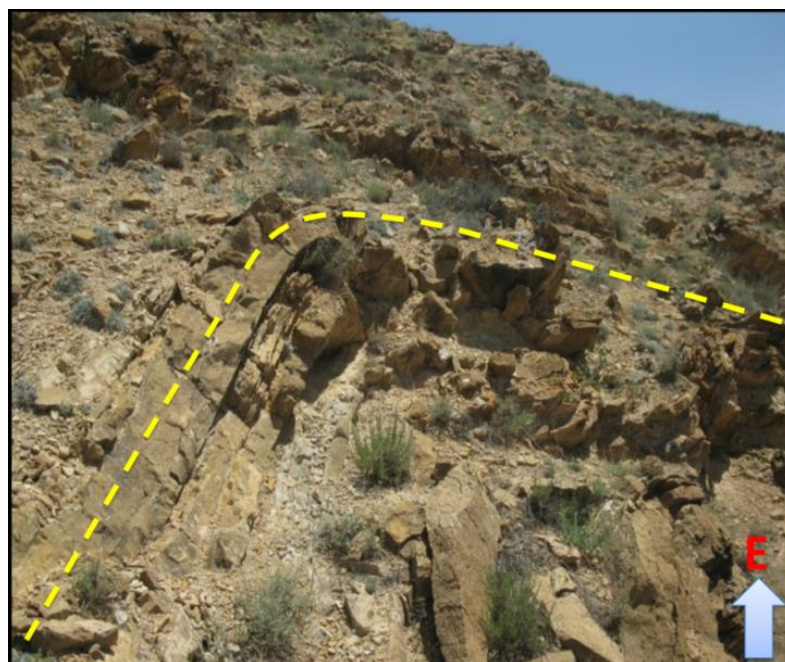
نام چین	توصیف هندسی چین بر مبنای زاویه بین یالی (Fleuty ۱۹۶۴)	توصیف هندسی چین بر مبنای وضعیت لولا و سطح محوری (Fleuty ۱۹۶۴)	طبقه بندی بر اساس ریکارد
تاقدیس غزنوی برش A	close	Steeply Inclined – Gently Plunging	Inclined Fold
تاقدیس غزنوی برش B	Open	Steeply Inclined – Horizontal	Horizontal Fold
تاقدیس غزنوی برش C	Open	Upright – Horizontal	Horizontal Upright Fold
تاقدیس غزنوی برش D	Open	Upright – Gently plunging	Upright Fold
تاقدیس غزنوی برش E	Gentle	Steeply Inclined – Gently Plunging	Inclined Fold

۱-۲-۹- سازند روته:

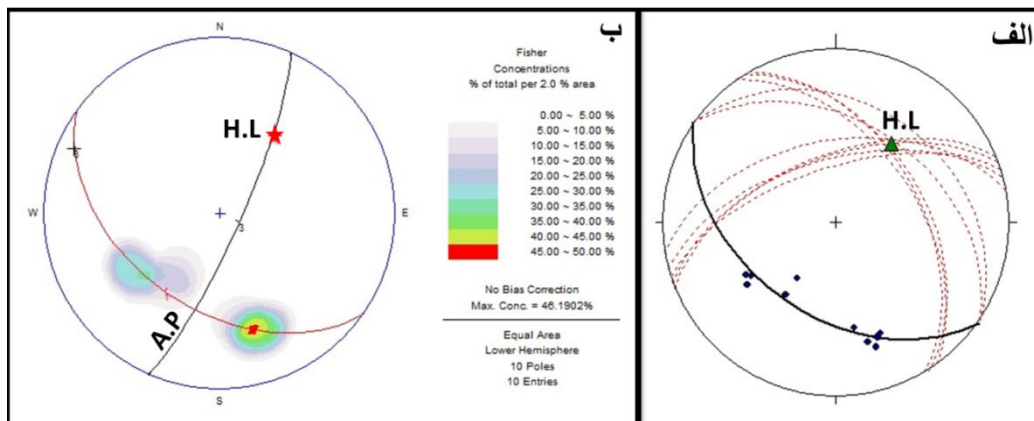
سازند روته با جنس آهک ضخیم لایه تا نازک لایه خاکستری تا کرم رنگ با میان لایه‌های آهک مارنی تشکیل شده است، که سن این سازند پرمین میانی می‌باشد که در منطقه مورد مطالعه بر روی سازند دورود (پرمین زیرین) و خود توسط آهک‌های ورمیکوله سازند الیکا پوشانده می‌شود. برای شناسایی و مطالعه چین‌های موجود در این سازند، در ۲ رخنمون چین‌ها برداشت شده است که موقعیت آنها در نقشه زمین شناسی تهیه شده از منطقه (شکل ۲-۲۱) نشان داده شده است. این چین به ترتیب FO_۱ و FO_۰ نام گذاری شده‌اند.

۱-۹-۲-۱- تاقدیس FO،

این تاقدیس حاصل چین خوردگی لایه‌های سازند روته در شمال باختری روستای تیل آباد در کنار معدن بوکسیت با موقعیت جغرافیایی $36^{\circ} 55' 32.42''$ شمالی و $55^{\circ} 28' 11.70''$ شرقی قرار دارد (شکل ۳-۸۸). برداشت‌های میدانی مرتبط با این چین در (پیوست ۲۳) آورده شده است، (شکل ۳-۸۹) نشان دهنده استریوگرام‌های رسم شده در نیمکره زیرین شبکه اشمیت برای این چین می باشد. طبق نمودار π ، موقعیت خط لولای چین به صورت $44/035$ می باشد و موقعیت سطح محوری این تاقدیس به مقدار $114/81$ به دست آمده است. زاویه بین یالی 127 درجه و بر اساس تقسیم بندی چین‌ها بر اساس زاویه بین دو یال در رده چین های ملایم (Gentle) قرار می گیرد. در تقسیم بندی دیگر که بر اساس شیب سطح محوری و میل لولا در رده چین‌های ایستاده با تمایل متوسط (Upright – Moderately Plunging) قرار گرفته است. بر اساس طبقه بندی ریکارد در رده چین های کج شده (Inclined Fold) قرار می گیرد.



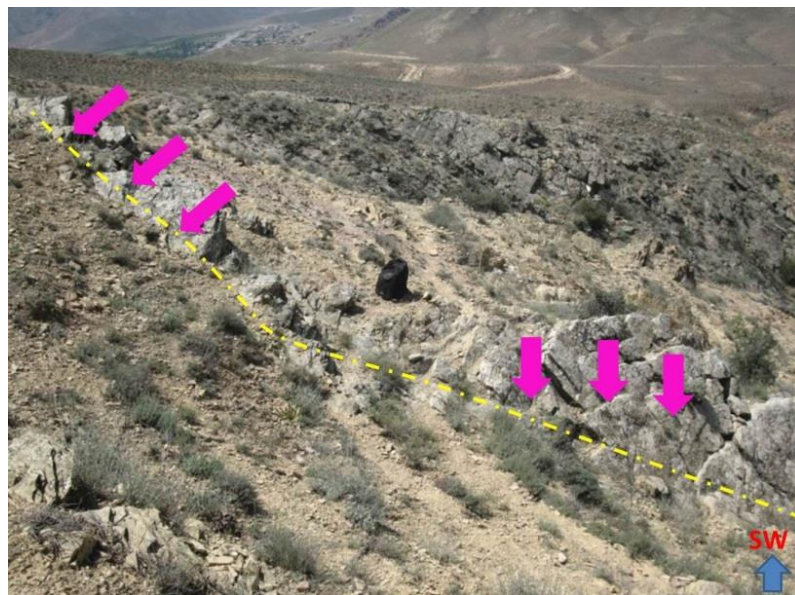
شکل ۳-۸۸- تصویر صحرایی تاقدیس FO، لایه بندی با خط چین‌های زرد رنگ نشان داده شده است (دید به سمت شرق).



شکل ۳-۸۹- استریوگرام حاصل از داده‌های برداشت شده از تاق‌دیس FO_۴: الف- نمودار β و نمودار π و تعیین خط لولا (H.L) با موقعیت (۴۴/۰۳۵). ب: نمودار کنتور یال‌های چین به منظور تعیین زاویه بین یالی (۱۲۷)، و تعیین موقعیت سطح محوری (A.P) با موقعیت (۱۱۴/۸۱).

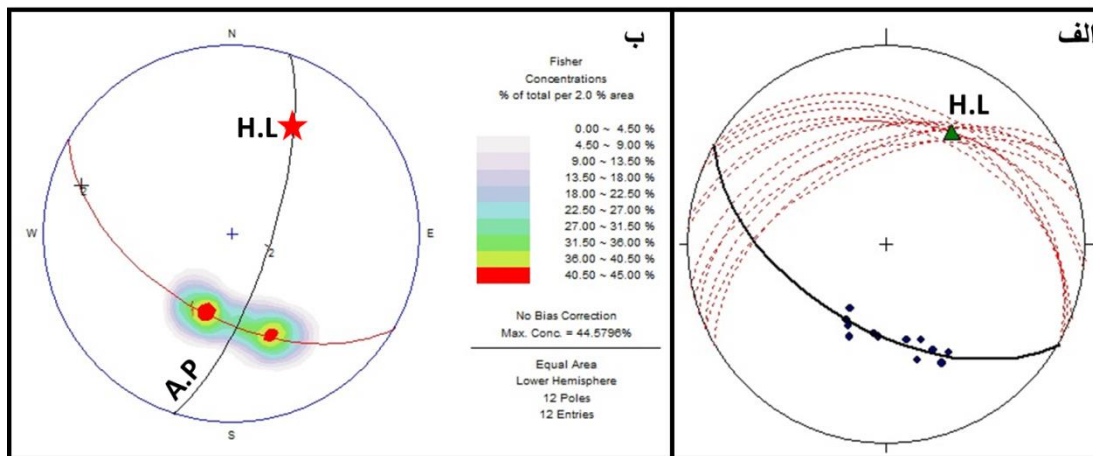
۱-۲-۹-۲- تاق‌دیس FO_۵

این چین در شمال باختری تیل‌آباد در موقعیت جغرافیایی $36^{\circ} 55' 35.92''$ شمالی و $55^{\circ} 28' 23.36''$ شرقی در سازند دروته برداشت شده است (شکل ۳-۹۰). می‌توان برداشت‌های میدانی مرتبط با این چین را در (پیوست ۲۴) مشاهده نمود، و (شکل ۳-۹۱) نشان دهنده استریوگرام‌های رسم شده مربوط با این چین می‌باشد.



شکل ۳-۹۰- تصویر صحرایی تاق‌دیس FO_۵ لایه بندی با خط چین‌های زرد رنگ و جهت شیب لایه‌ها نیز با فلش‌های نارنجی نشان داده شده است (دید به سمت جنوب باختری).

با بررسی استریوگرام‌های بدست آمده برای این چین، موقعیت خط لولا به صورت $35/030$ و موقعیت سطح محوری این تاقدیس به صورت $108/73$ می‌باشد. زاویه بین یالی این چین 151 درجه است. بر اساس تقسیم بندی چین‌ها بر اساس زاویه بین دو یال در رده چین های ملایم (Gentle) قرار می‌گیرد. در تقسیم بندی دیگر که بر اساس شیب سطح محوری و میل لولا در رده چین‌های با شیب زیاد و تمایل متوسط (Steeply Inclined – Moderately Plunging) قرار گرفته است. بر اساس طبقه بندی ریکارد در رده چین های چین‌های کج شده (Inclined Fold) قرار می‌گیرد.



شکل ۳-۹۱- استریوگرام حاصل از داده‌های برداشت شده از تاقدیس FO_۰: نمودار β و نمودار π و تعیین خط لولا (H.L.) با موقعیت $(35/030)$. ب: نمودار کنتور یال های چین به منظور تعیین زاویه بین یالی (151) ، و تعیین موقعیت سطح محوری (A.P.) با موقعیت $(108/73)$.

جدول ۳-۷- خصوصیات هندسی چین‌های برداشت شده در سازند دورود

نام چین	موقعیت خط لولا	موقعیت سطح محوری	زاویه بین یالی	استریوگرام
FO _۴	$44/035$	$114/81$	127	
FO _۰	$35/030$	$108/73$	151	

جدول ۳-۸- جایگاه چین خوردگی‌های سازند دورود در تقسیم بندی‌های (Fleuty, ۱۹۶۴) و (Rikard, ۱۹۷۱).

نام چین	توصیف هندسی چین برمبنای زاویه بین یالی (Fleuty ۱۹۶۴)	توصیف هندسی چین برمبنای وضعیت لولا و سطح محوری (Fleuty ۱۹۶۴)	طبقه بندی بر اساس ریکارد
FO _۴	Gentle	Upright – Moderately Plunging	Upright Fold
FO _۵	Gentle	Steeply Inclined – Moderately Plunging	Inclined Fold

۱-۲-۱۰- سازند الیکا :

سازند آهکی الیکا در این منطقه دارای دو بخش است. بخش زیرین این سازند با آهکهای نازک لایه ریزدانه شروع می‌شود و در بخش بالایی به سنگ آهک دولومیتی و دولومیت های ضخیم لایه تبدیل می‌شود. تحت تاثیر فشردگی و کوتاه شدگی که قرار گرفته، چین‌های مختلفی در منطقه بوجود آورده است. برای شناسایی و مطالعه چین‌های موجود در این سازند در ۴ رخنمون چین‌ها برداشت شده است که موقعیت آنها در نقشه زمین شناسی تهیه شده از منطقه در (شکل ۲-۲۱) نشان داده شده است. این چین به ترتیب FO_۶ تا FO_۹ نام گذاری شده اند.

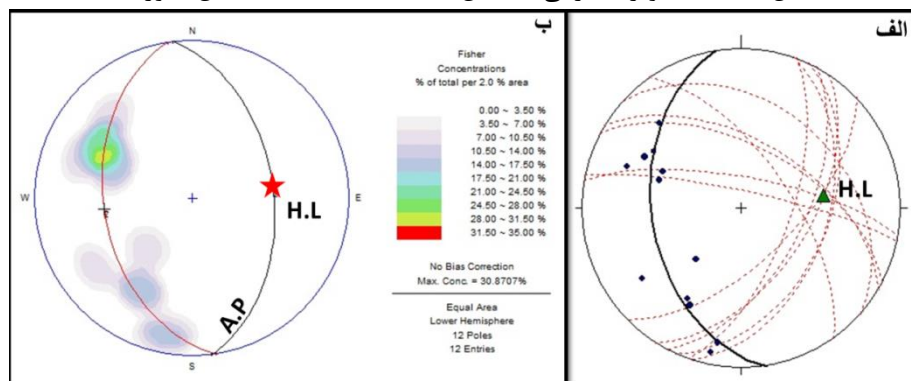
۱-۲-۱۰-۱- تاقدیس FO_۶

این چین به صورت تاقدیس برگشته در شمال روستای تیل‌آباد در موقعیت جغرافیایی ۳۶° ۵۵' ۵۵.۵۴" شمالی و ۵۵° ۲۸' ۱۲.۴۸" شرقی در سازند الیکا برداشت شده است (شکل ۳-۹۲). برداشت‌های میدانی مرتبط با این چین در (پیوست ۲۵) آورده شده است. (شکل ۳-۹۳) نشان دهنده استریوگرام‌های رسم شده مرتبط با این چین در نیمکره زیرین شبکه اشمیت می‌باشد. طبق نمودار π ، موقعیت خط لولای چین ۴۷/۰۸۱ می‌باشد، موقعیت سطح محوری این تاقدیس به صورت ۰۸۳/۴۷ به دست آمده است. زاویه بین یالی ۸۱ درجه و بر اساس تقسیم بندی چین‌ها بر اساس زاویه بین دو یال در رده چین‌های باز (Open) قرار می‌گیرد. در تقسیم بندی دیگر که بر اساس شیب سطح محوری و میل لولا در رده چین‌های

با سطح محوری شیب متوسط و خط لولای با میل متوسط (Moderatly Inclined– Moderatly Plunging) قرار گرفته است. بر اساس طبقه بندی ریکارد در رده چین‌های کج شده (Inclined Fold) قرار می‌گیرد.



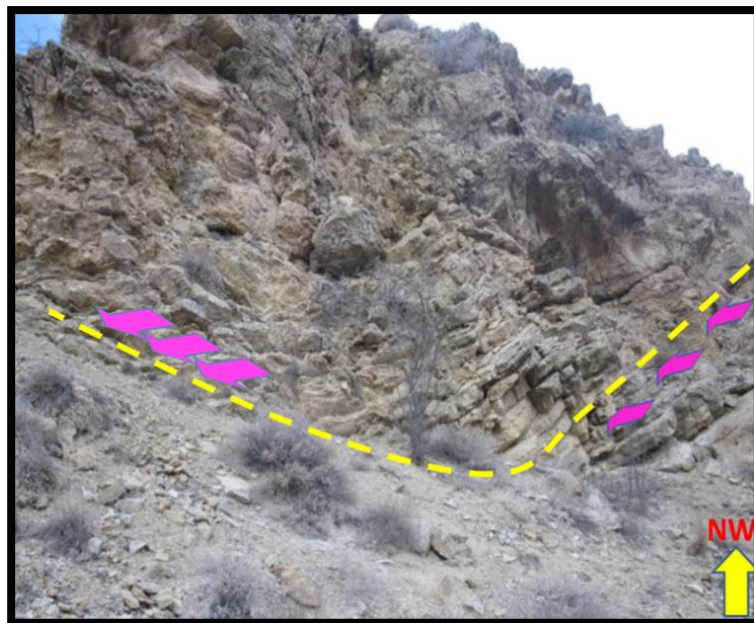
شکل ۳-۹۲- تصویر صحرایی تاقدیس FO_1 (دید به سمت شمال خاوری).



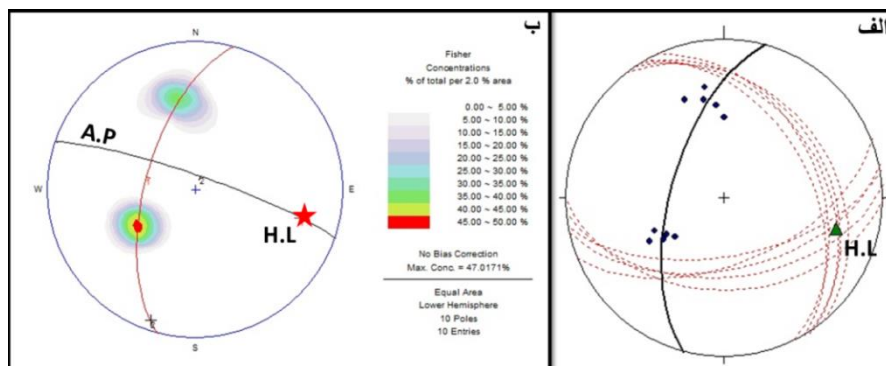
شکل ۳-۹۳- استریوگرام حاصل از داده‌های برداشت شده از تاقدیس FO_1 : نمودار β و نمودار π و تعیین خط لولا (H.L.) با موقعیت (۴۷/۰۸۱). ب: نمودار کنتور یال چین به منظور تعیین زاویه بین یالی (۸۱)، و تعیین موقعیت سطح محوری (A.P) با موقعیت (۰۸۳/۴۷).

۱-۲-۱۰-۲- ناودیس FO_v

این ناودیس در جنوب روستای تیل آباد در موقعیت جغرافیایی $20^{\circ} 53' 36''$ شمالی و $43^{\circ} 27' 27''$ شرقی شناسایی شده است (شکل ۳-۹۴). داده‌های اندازه گیری این چین در (پیوست ۲۶) و استریوگرام آن را در (شکل ۳-۹۵) مشاهده می‌شوند. با بررسی این استریوگرام‌ها، موقعیت خط لولا این ناودیس به صورت $28 / 105$ می‌باشد. همچنین سطح محوری چین نیز با موقعیت $019/82$ به دست آمده است. زاویه بین دو یال 107 درجه و بنابر تقسیم‌بندی چین‌ها بر اساس زاویه بین دو یال در رده باز (Open) قرار می‌گیرد. در تقسیم بندی دیگر براساس شیب سطح محوری و میل لولا در رده چین‌های ایستاده و خط لولا با میل ملایم (Upright – Gently Plunging) قرار می‌گیرد. در تقسیم بندی ریکارد در رده چین های ایستاده (Upright Fold) قرار می‌گیرد.



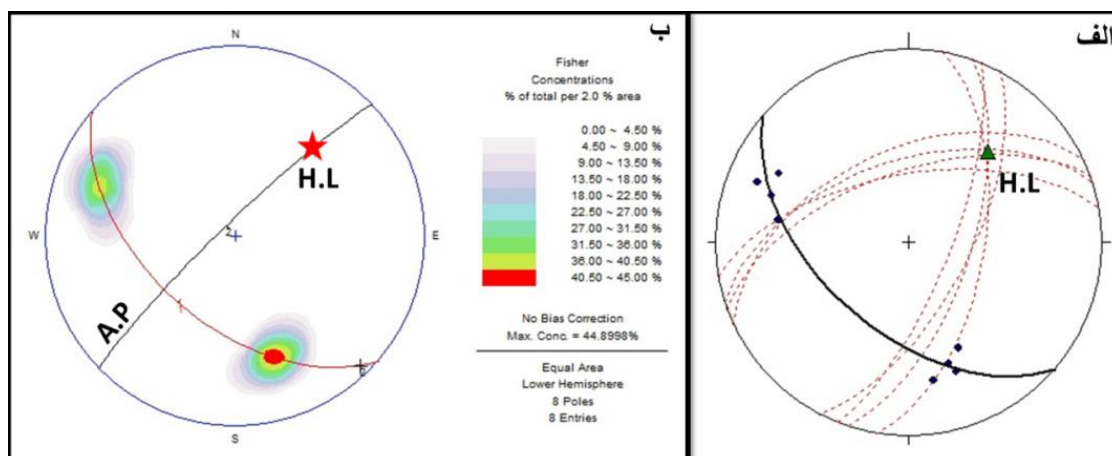
شکل ۳-۹۴- تصویر صحرایی ناودیس FO_v لایه بندی با خط چین‌های زرد رنگ و جهت شیب لایه‌ها نیز با فلش‌های نارنجی نشان داده شده است (دید به سمت شمال باختری).



شکل ۳-۹۵- استریوگرام حاصل از داده‌های برداشت شده از ناودیس FO_7 : الف- نمودار β و نمودار π و تعیین خط لولا (H.L.) با موقعیت (۲۸/۱۰۵). ب: نمودار کنتور یال های چین به منظور تعیین زاویه بین یالی (۱۰۷)، و تعیین موقعیت سطح محوری (A.P.) با موقعیت (۱۹/۸۲).

۳-۱۰-۲-۱- FO_8 تاقدیس

این تاقدیس در مرز بین سازند الیکا و روته در نزدیکی پل غزنوی در موقعیت جغرافیایی $36^{\circ}56'03.52''$ شمالی و $55^{\circ}27'17.88''$ شرقی در سازند الیکا شناسایی شده است (شکل ۳-۹۷). داده‌های صحرایی برداشت شده از این چین در (پیوست ۲۷) آورده شده است، و استریوگرام حاصل از این تاقدیس را در (شکل ۳-۹۶) مشاهده نمود. طبق نمودار π ، موقعیت خط لولای چین صورت $38/041$ می‌باشد و موقعیت سطح محوری این تاقدیس به مقدار $316/84$ به دست آمده است. زاویه بین یالی 79 درجه و بر اساس تقسیم بندی چین‌ها بر اساس زاویه بین دو یال در رده چین‌های باز (Open) قرار می‌گیرد. در تقسیم بندی دیگر که بر اساس شیب سطح محوری و میل لولا در رده چین‌های ایستاده با میل متوسط (Upright Moderately Plunging -) قرار گرفته است. بر اساس طبقه بندی ریکارد در رده چین‌های ایستاده (Upright Fold) قرار می‌گیرد.



شکل ۳-۹۶- استریوگرام حاصل از داده‌های برداشت شده از تاق‌دیس FO_8 : الف- نمودار β و نمودار π و تعیین خط لولا (H.L.) با موقعیت (۳۸/۰۴۱). ب: نمودار کنتور یال‌های چین به منظور تعیین زاویه بین یالی (۷۹)، و تعیین موقعیت سطح محوری (A.P.) با موقعیت (۳۱۶/۸۶).



شکل ۳-۹۷- تصویر صحرایی تاق‌دیس FO_8 لایه بندی با خط چین‌های زرد رنگ و جهت شیب لایه‌ها نیز با فلش‌های نارنجی نشان داده شده است (دید به سمت شمال خاوری).

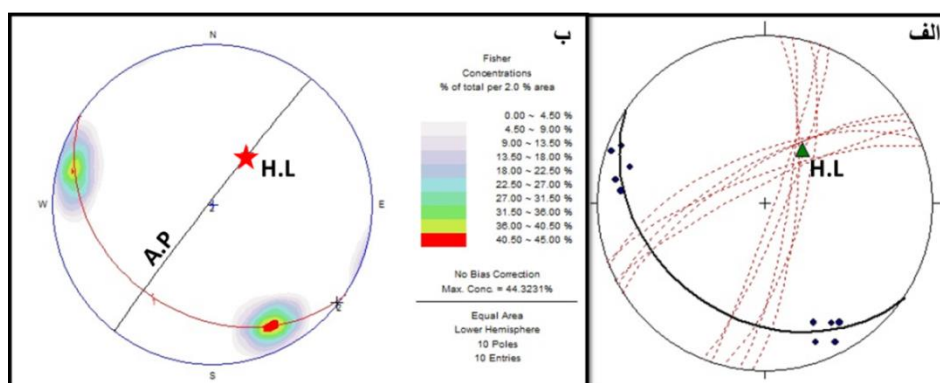
۱-۲-۱۰-۴- تاق‌دیس FO_9

این تاق‌دیس حاصل چین خوردگی لایه‌های سازند الیکا در جنوب روستای غزنوی در کنار پل غزنوی با موقعیت جغرافیایی $36^{\circ} 56' 06.71''$ شمالی و $55^{\circ} 27' 14.16''$ شرقی شناسایی شده است (شکل ۳-۹۸).



شکل ۳-۹۸- نمایی از تاقدیس FO_۹ در سازند الیکا (دید به سمت خاوری)

داده‌های صحرایی برداشت شده از این تاقدیس (پیوست ۲۸)، استریوگرام‌های حاصل از این برداشت در (شکل ۳-۹۹) مشاهده می‌شوند. بر اساس استریوگرام‌های حاصل، خط لولای این چین دارای موقعیت 58.034° و سطح محوری آن دارای موقعیت 309.87° می‌باشد. زاویه بین دویال این چین 59° و بر اساس تقسیم بندی چین‌ها بر اساس زاویه بین یالی (فلوتی، ۱۹۶۴) در رده چین‌های بسته (Close) قرار دارد، در تقسیم بندی دیگر بر اساس شیب سطح محوری و میل لولا (فلوتی، ۱۹۶۴) در رده چین‌های ایستاده با میل متوسط (Upright – Moderately Plunging) قرار می‌گیرد. در تقسیم بندی دیگر بر اساس ریکارد در رده چین‌های ایستاده (Upright Fold) قرار دارد.



شکل ۳-۹۹- استریوگرام حاصل از داده‌های برداشت شده از تاقدیس FO_۹ : الف- نمودار β و نمودار π و تعیین خط لولا (H.L.) با موقعیت (58.034°) . ب: نمودار کنتور یال های چین به منظور تعیین زاویه بین یالی (59°) ، و تعیین موقعیت سطح محوری (A.P.) با موقعیت (309.87°) .

جدول ۳-۹- خصوصیات هندسی چین‌های برداشت شده در سازند الیکا

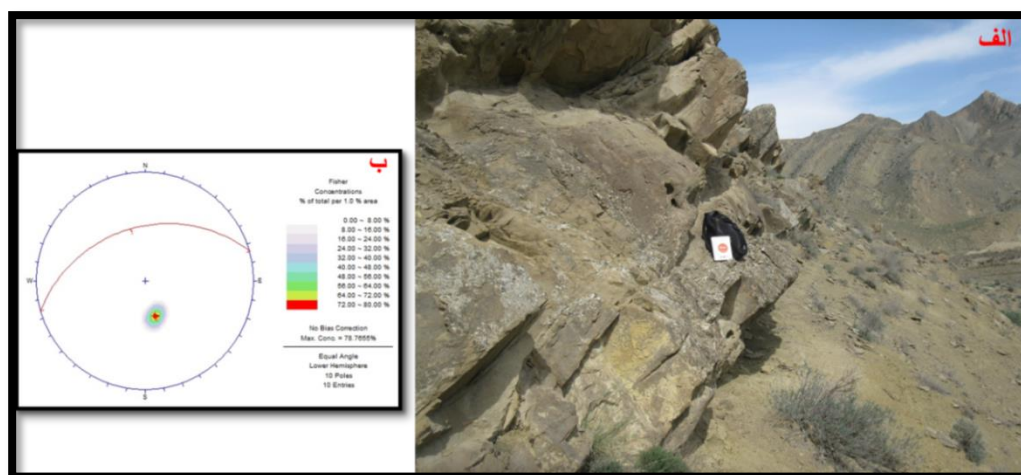
نام چین	موقعیت خط لولا	موقعیت سطح محوری	زاویه بین یالی	استریوگرام
FO _۱	۴۷/۰۸۱	۰۸۳/۴۷	۸۱	
FO _v	۲۸/۱۰۵	۰۱۹/۸۲	۱۱۰	
FO _۸	۳۹/۰۴۱	۳۱۶/۸۴	۷۹	
FO _۹	۵۸/۰۳۴	۳۰۹/۸۷	۵۹	

جدول ۳-۱۰- جایگاه چین خوردگی‌های سازند الیکا در تقسیم بندی (Fleuty, ۱۹۶۴) و (Rikard, ۱۹۷۱).

نام چین	توصیف هندسی چین بر مبنای زاویه بین یالی (Fleuty ۱۹۶۴)	توصیف هندسی چین بر مبنای وضعیت لولا و سطح محوری (Fleuty ۱۹۶۴)	طبقه بندی بر اساس ریکارد
FO _۱	Open	Moderatly Inclined- Moderatly Plunging	Inclined Fold
FO _v	Open	Upright – Gently Plunging	Upright Fold
FO _۸	Open	Upright – Moderately Plunging	Upright Fold
FO _۹	Close	Upright – Moderately Plunging	Upright Fold

۱-۲-۱۱- سازند شمشک :

سازند شمشک در اطراف روستای غزنوی رخنمون داشته، دارای ۳ تا ممبر می‌باشد. لیتولوژی این سازند تناوبی از ماسه سنگ، شیل و لایه‌های زغالدار می‌باشد. با توجه به تنش‌های وارده از حالت افقی خارج شده و به صورت لایه‌های تک شیب در محدوده مورد مطالعه رخنمون دارد. طی برداشت‌های میدانی لایه‌های شیب‌دار این سازند را در موقعیت جغرافیایی $36^{\circ} 56' 24.81''$ شمالی و $55^{\circ} 27' 03.71''$ شرقی اندازه‌گیری شده است. تصویری از لایه‌های سازند شمشک را در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد (شکل ۳-۱۰۰-الف). محل این رخنمون در نقشه زمین شناسی (شکل ۲-۲۲) با عنوان FO_{10} تعیین شده است. داده‌های اندازه‌گیری شده از این رخنمون در (پیوست ۲۹) آورده شده است. استریوگرام (شکل ۳-۱۰۰-ب) موقعیت میانگین سطح لایه بندی این سازند را به صورت $38NW$, $NY4E$ نشان می‌دهد.

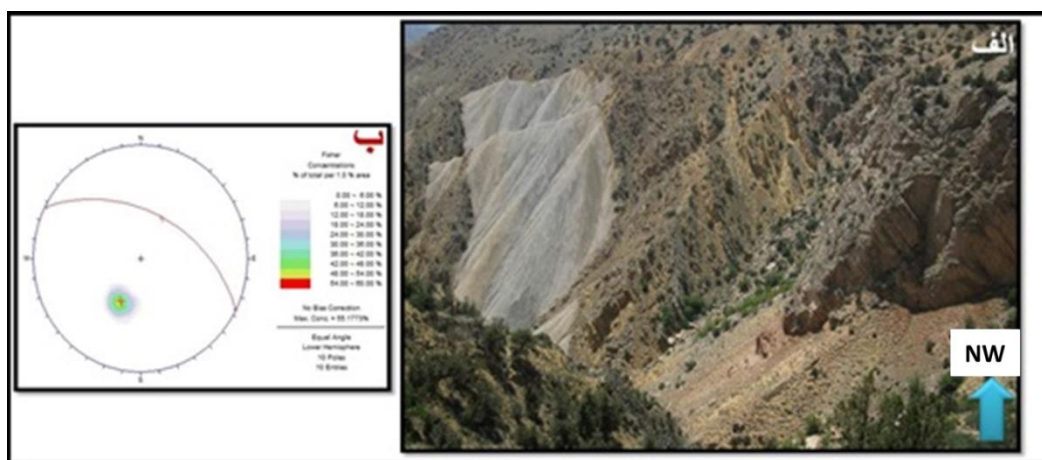


شکل ۳-۱۰۰- تصویر صحرایی چین FO_{10} در سازند شمشک (دید به سمت شمال خاوری). ب: تصویر سیکلوگرافیک لایه-بندی؛ میانگین سطوح لایه بندی سازند شمشک به صورت $38NW$, $NY4E$ می‌باشد.

۱-۲-۱۲- چین خوردگی سازند فارسینان :

سازند فارسینان با جنس ماسه سنگ آهکی، مارن و آهک‌های قرمز رنگ به سن ژوراسیک می‌باشد. با توجه به تنش‌های وارده از حالت افقی خارج شده و به صورت لایه‌های تک شیب در محدوده مورد مطالعه رخنمون دارد. طی برداشت‌های میدانی لایه‌های شیب‌دار این سازند را در موقعیت جغرافیایی $18.23''$

۵۷' ۳۶° شمالی و ۳۳.۱۶" ۲۷' ۵۵° شرقی اندازه گیری شده است. (شکل ۳-۱۰۱-الف) تصویری از لایه-های سازند فارسین را در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد. محل این رخنمون در نقشه زمین شناسی با عنوان FO_{۱۱} تعیین شده است (شکل ۲-۲۲). داده‌های اندازه گیری شده از این رخنمون در (پیوست ۳۰) آورده شده است. استریوگرام (شکل ۳-۱۰۱-ب) موقعیت میانگین سطح لایه بندی این سازند را به صورت N۶۱W, ۴۶NE نشان می‌دهد.

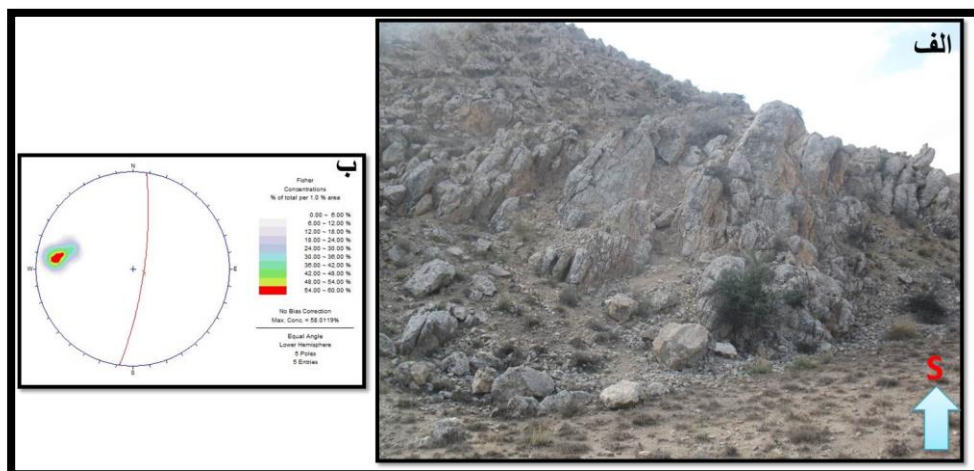


شکل ۳-۱۰۱- تصویر صحرایی چین FO_{۱۱} در سازند فارسین (دید به سمت شمال باختری). ب: تصویر سیکلوگرافیک لایه‌بندی؛ میانگین سطوح لایه بندی سازند فارسین به صورت N۶۱W, ۴۶NE می‌باشد.

۱-۳-۲- آهک‌های کرتاسه بالایی

این واحد در مجموع از آهک‌های سفید رنگ نازک تا متوسط لایه تشکیل شده است. با توجه به تنش‌های وارده لایه بندی این واحد از حالت افقی خارج شده و به صورت تک شیب ظاهر گشته‌اند. طی برداشت-های میدانی لایه‌های شیب دار این واحد در موقعیت جغرافیایی ۴۷.۴۰" ۵۳' ۳۶° شمالی و ۲۸' ۲۱.۱۰" شرقی اندازه گیری شده است. (شکل ۳-۱۰۲-الف) تصویری از لایه‌های آهک‌های کرتاسه بالایی را در محدوده مورد مطالعه نشان می‌دهد. محل این رخنمون در نقشه زمین شناسی (شکل ۲-۲۲) با عنوان FO_{۱۲} تعیین شده است. داده‌های اندازه گیری شده از این رخنمون در (پیوست ۳۱) آورده شده است.

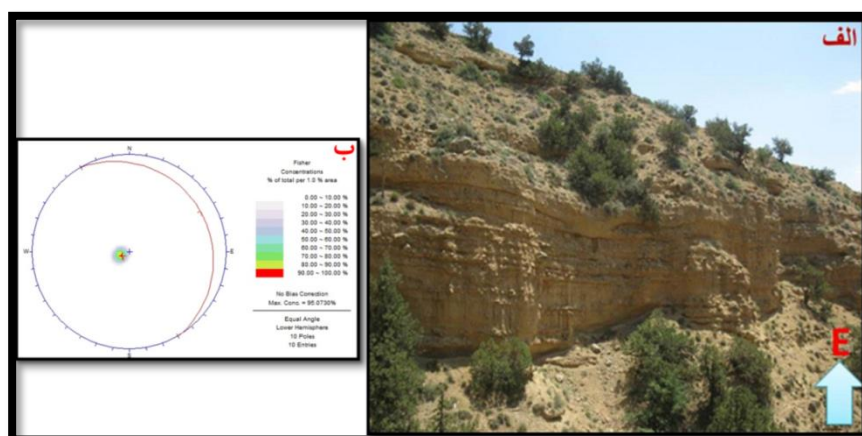
استریوگرام (شکل ۳-۱۰۲-ب) موقعیت میانگین سطح لایه بندی این واحد را به صورت $N09E, 76E$ نشان می‌دهد.



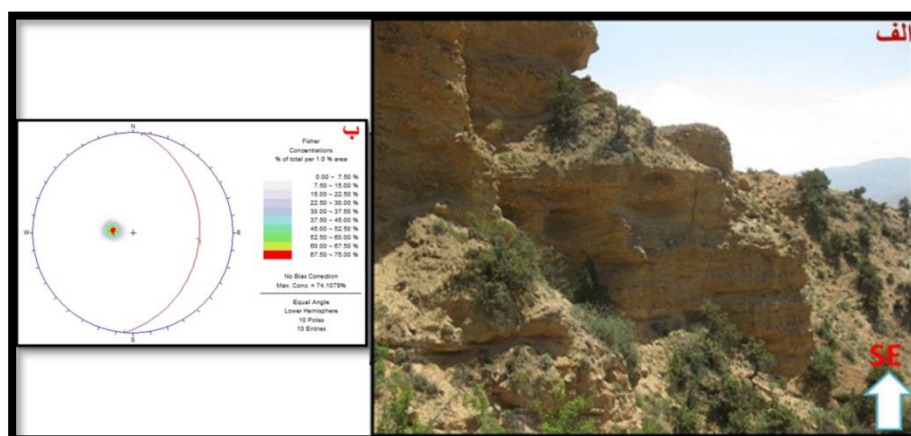
شکل ۳-۱۰۲- تصویر صحرایی چین FO_{12} در نهشته‌های پلیوسن ایستگاه دوم (دید به سمت جنوب). ب: تصویر سیکلوگرافیک لایه‌بندی؛ میانگین سطوح لایه بندی نهشته‌های پلیوسن به صورت $N09E, 76E$ می‌باشد.

۱-۲-۱۴- نهشته‌های پلیوسن:

نهشته‌های پلیوسن با جنس کنگلومرای با بین لایه‌های ماسه سنگی می‌باشد. با توجه به تنش‌های وارده لایه بندی این نهشته‌ها از حالت افقی خارج شده و به صورت شیب‌دار ظاهر گشته‌اند. طی برداشت‌های میدانی لایه‌های شیب دار این سازند را در دو ایستگاه با موقعیت‌های جغرافیایی $36^{\circ}57'24.98''$ شمالی و $55^{\circ}27'33.17''$ شرقی و $36^{\circ}57'20.84''$ شمالی و $55^{\circ}27'15.04''$ شرقی اندازه گیری شده است. (شکل ۳-۱۰۳-الف و ۳-۱۰۴-الف) تصویری از لایه‌های نهشته‌های پلیوسن را در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد. محل این رخنمون این ایستگاه‌ها در نقشه زمین شناسی با عنوان FO_{13} و FO_{14} تعیین شده است (شکل ۲-۲۲). داده‌های اندازه گیری شده از این ایستگاه‌ها در (پیوست ۳۲-۳۳) آورده شده است. استریوگرام (شکل ۳-۱۰۳-ب و ۳-۱۰۴-ب) موقعیت میانگین سطح لایه بندی این سازند را در ایستگاه اول به صورت $N27W, 11NE$ و در ایستگاه دوم به صورت $N04E, 23E$ نشان می‌دهد.



شکل ۳-۱۰۳- تصویر صحرایی چین FO_{13} در نهشته‌های پلیوسن ایستگاه اول (دید به سمت خاور). ب: تصویر سیکلوگرافیک لایه‌بندی؛ میانگین سطوح لایه بندی نهشته‌های پلیوسن به صورت $NE 11^\circ$, $N27W$ می‌باشد.



شکل ۳-۱۰۴- تصویر صحرایی چین FO_{14} در نهشته‌های پلیوسن ایستگاه دوم (دید به سمت جنوب خاوری). ب: تصویر سیکلوگرافیک لایه‌بندی؛ میانگین سطوح لایه بندی نهشته‌های پلیوسن به صورت $E 23^\circ$, $E 40^\circ N$ می‌باشد.

فصل چهارم

بحث و نتیجه گیری

الگوی گسلش در منطقه

۱-۱-۱- گسل تیل آباد

گسل تیل آباد با طول ۷ کیلومتر با راستای شمال خاوری - جنوب باختری و شیب به سمت شمال باختری ($N47^{\circ}E, 73^{\circ}NW$) یکی از گسل‌های اصلی محدوده مورد مطالعه می‌باشد. با توجه به برداشت‌های صحرایی در ایستگاه‌های مختلف چهار دسته خراش گسلی بر روی سطح گسل مشاهده شده است. در هیچ کدام از ایستگاه‌ها خراش‌های گسلی مشاهده شده به ترتیب همدیگر را قطع نکرده‌اند، تا بتوانیم به ترتیب زمانی فازهای رخ داده بر روی گسل پی‌ببریم. ولی با توجه به وجود دو گسل دیگر (گسل زردابه و گسل F۱) که تقریباً همراستا با گسل تیل آباد و با فاصله اندکی از یکدیگر قرار دارند، در این گسل‌ها هم دسته خراش‌های گسلی مشابه، گسل تیل آباد مشاهده شده است، که در این گسل‌ها خراش‌ها همدیگر را در برخی ایستگاه‌ها قطع کرده‌اند. در نتیجه با استناد به این گسل‌ها سه فاز بر روی گسل تیل آباد رخ داده است. جدیدترین فاز حرکتی بر روی این گسل به صورت مورب‌لغز چپ‌بر با کمی مولفه شیب‌لغز معکوس می‌باشد.

۱-۱-۲- گسل زردابه

گسل زردابه با طول ۸.۵ کیلومتر تقریباً همراستا با گسل تیل آباد با راستای شمال خاوری - جنوب باختری و شیب به سمت شمال باختری ($N40^{\circ}E, 70^{\circ}NW$) می‌باشد. با توجه به قطع شدن رسوبات کواترنری در شرق روستای تیل آباد، گسل مورد بحث یکی از شرایط فعال بودن در بازه نوزمین ساختی را دارا می‌باشد. در قسمت‌های جنوبی این گسل باعث برخاستگی سازند الیکا در مقابل آهک‌های کرتاسه بالایی گردیده است، که نشان از معکوس بودن مولفه شیب‌لغز گسل می‌باشد. برداشت‌های صحرایی وجود سه دسته خراش گسلی بر روی گسل زردابه را نمایان می‌کنند. با توجه به قاعده برش که خراش‌هایی که

خراش‌های دیگر را قطع کرده است، جدیدترین فاز رخ داده بر روی گسل می‌باشد. این فازهای رخ داده بر روی گسل عبارتند از: راستالغز چپ‌بر، موربلغز راست‌بر با کمی مولفه شیب‌لغز معکوس و موربلغز چپ‌بر با کمی مولفه شیب‌لغز معکوس می‌باشند.

۱-۳-۱-۱ گسل F_1

گسل F_1 با طول ۱۲ کیلومتر با راستای شمال خاوری - جنوب باختری و شیب به سمت جنوب خاوری ($N^{۵۰}E, ۷۰SE$) حد فاصل روستای تیل‌آباد و غزنوی می‌باشد. طی بررسی و مشاهدات صحرایی بر روی سطح گسل حضور سه نسل خراش گسلی با ریک‌های متفاوت حاکی از تاثیر سه فاز حرکتی بر روی این گسل می‌باشد. این فازهای رخ داده با توجه به قاعده برش بر روی این گسل از قدیم به جدید عبارتند از: راستالغز چپ‌بر، موربلغز راست‌بر با کمی مولفه شیب‌لغز معکوس و موربلغز چپ‌بر با کمی مولفه شیب-لغز معکوس می‌باشند.

۱-۴-۱-۱ گسل F_2

گسل F_2 به طول ۳ کیلومتر در شمال روستای غزنوی در داخل دره منتهی به معدن زغال سنگ با راستای شمال خاوری - جنوب باختری می‌باشد. علیرغم عدم مشاهده سطح گسل، با توجه هم راستا و نزدیک بودن، گسل F_2 با گسل‌های طولی محدوده مورد مطالعه انتظار می‌رود که مولفه شیب‌لغزی مشابهی داشته باشند. با توجه به جابجایی ایجاد شده در واحدهای سنگی در طرفین این گسل، می‌توان به سازوکار امتدادی این گسل پی‌برد، که این جابجایی به صورت چپ‌بر می‌باشد.

۱-۵-۱-۱ گسل غزنوی:

گسل غزنوی به صورت یک پهنه گسلی با عرض ۲۰۰ متر و با طول ۴ کیلومتر تقریباً با راستای شمالی-جنوبی و شیب به سمت خاوری ($N^{۰۳}E, ۸۱E$) می‌باشد. طی بررسی و مشاهدات صحرایی بر روی پهنه گسلی حضور سه نسل خراش گسلی با ریک‌های متفاوت حاکی از تاثیر سه فاز حرکتی بر روی این گسل

می‌باشد. با توجه به قاعده برش جدیدترین فاز حرکتی زاویه ریک ۱۷ درجه ساعتگرد دارد. به علاوه وجود چین کشیده (Drag Fold) در مجاورت سطح گسل و جابجایی‌های رخ داده در واحدهای سنگی طرفین سطح گسل می‌توان به سازوکار گسل که به صورت مورب‌لغز چپ‌بر با کمی مولفه شیب‌لغز معکوس می‌باشد، پی برد.

۱-۱-۶- گسل F_2

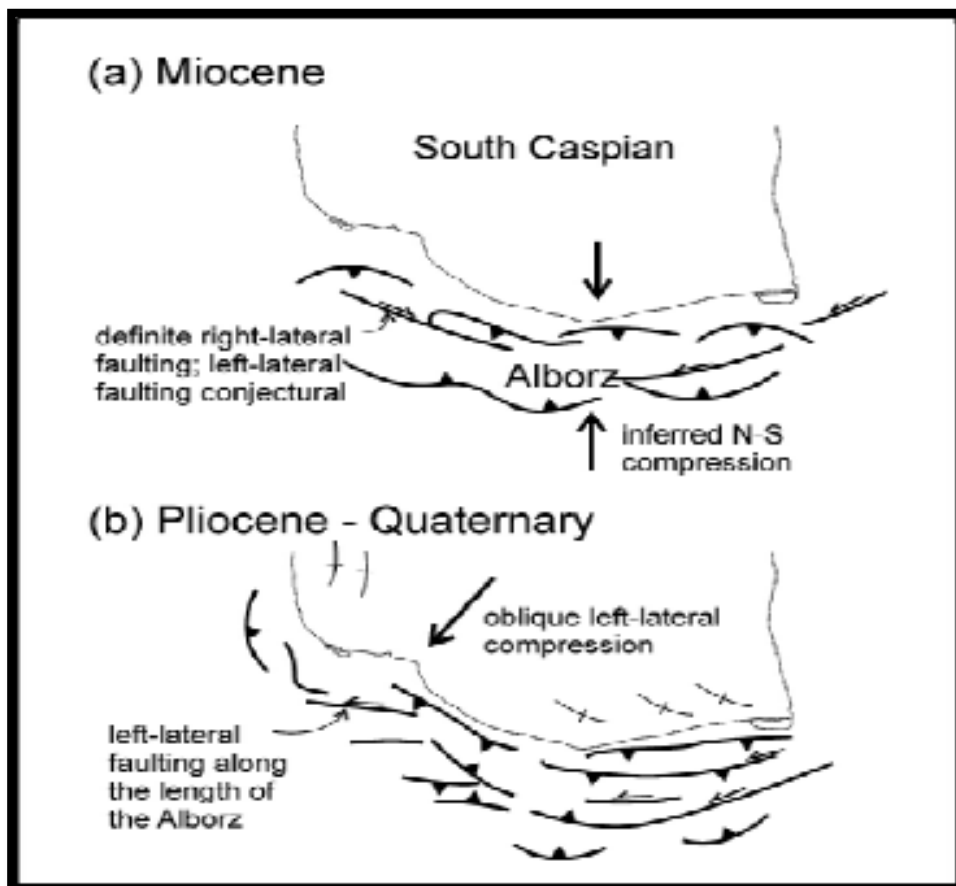
گسل F_2 به صورت پهنه گسلی یکی دیگر از گسل‌های عرضی منطقه به طول ۲.۵ کیلومتر با راستای شمال باختری - جنوب خاوری و شیب به سمت شمال خاوری ($N^{36}W, 80^{\circ}NE$) می‌باشد. با توجه به جابه‌جایی‌های رخ داده در آبراهه‌ها و واحدهای سنگی طرفین سطح گسل می‌توان به مولفه امتدادی این دسته گسل به صورت راست‌بر می‌باشد، پی برد.

۱-۱-۷- گسل F_4

یکی دیگر از گسل‌های عرضی منطقه با راستای شمال باختری - جنوب خاوری و تقریباً به طول ۲ کیلومتر در شمال خاوری روستای تیل‌آباد قرار دارد. علیرغم عدم مشاهده سطح گسل، با توجه به قطع شدگی تاقدیس تیل‌آباد توسط این گسل و جابجایی که در سطح محوری تاقدیس و واحدهای سنگی که در طرفین سطح گسل ایجاد کرده است، می‌توان به مولفه امتدادی راست‌بر این گسل پی برد.

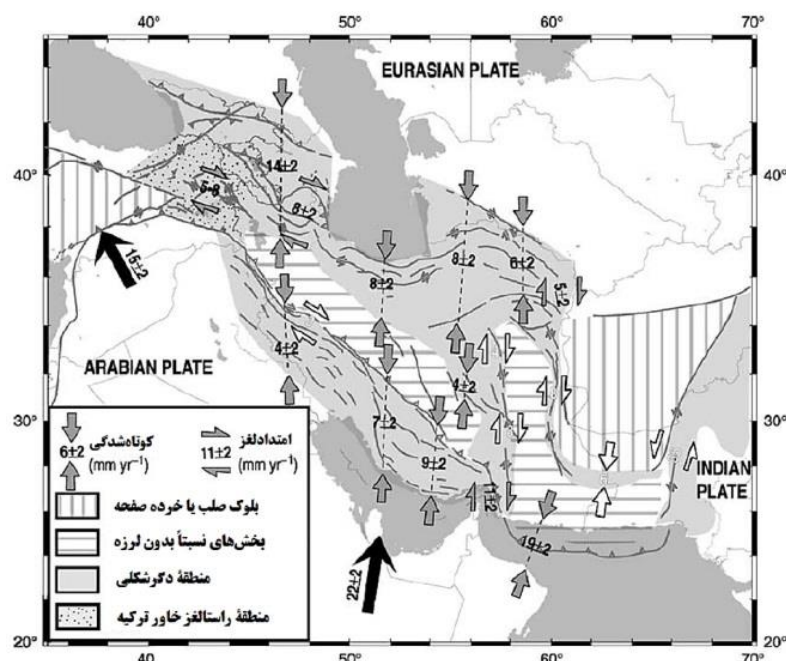
با استناد به مطالعات آلن و همکاران (۲۰۰۳)، در دوران سنوزوئیک تغییر شکل فشارشی حاکم بر البرز از زمان میوسن (یا کمی پیش‌تر) بر اثر اولین برخورد صفحات عربستان و اوراسیا آغاز گشته است که در آن زمان جهت گیری حداکثر تنش در البرز شمالی - جنوبی بوده و این منطقه تحت تنش فشارشی قرار داشته است. با گذشت زمان و غلبه تنش اعمال شده از صفحه عربی و در زمان پلیوسن با شروع حرکت پی‌سنگ خزر جنوبی به سمت باختر نسب به ایران جهت تنش حداکثر ناحیه‌ای از حالت شمالی - جنوبی

به حالت شمال خاوری - جنوب باختری تغییر جهت داده است (شکل ۴-۱-الف) این تغییر جهت باعث فراهم شدن شرایط دگرشکلی فشارشی به چپ‌لغز شده است (شکل ۴-۱-ب).



شکل ۴-۱- تکامل ساختاری البرز در اواخر دوران سنوزوئیک، تغییر شکل در میوسن بیشتر به صورت فشارشی همراه با حرکات راستالغز و بعد از میوسن به سبب جابجایی به سمت باختر خزر جنوبی، حرکات به طور عمده از نوع چپ‌بر می‌باشد (برگرفته از آلن و همکاران، ۲۰۰۳).

با اندازه‌گیری‌های GPS که بر روی البرز توسط ورنانت و همکاران (۲۰۰۴) صورت گرفته است، میزان کوتاه شدگی را برای این ناحیه (البرز خاوری) به مقدار 8 ± 2 میلی‌متر در سال برآورد شده است (شکل ۴-۲).



شکل ۴-۲- نتایج بررسی‌های ورنانت و همکاران (۲۰۰۴)، پیکان‌های سیاه رنگ میزان حرکت صفحه عربستان نسبت به اوراسیا می‌باشد. پیکان‌های خاکستری رنگ میزان دگرشکلی اندازه‌گیری شده توسط GPS را نشان می‌دهد. پیکان‌های سفید رنگ نشان دهنده میزان برآورد شده توسط GPS، زلزله‌شناسی و شواهد زمین‌شناسی می‌باشند. تمامی داده‌های بدست آمده بر حسب میلی متر در سال می‌باشد.

با توجه به مطالعات جمور و بایر^۱ (۲۰۰۵) که بر اساس اندازه‌گیرهای ژئودرزی در البرز صورت گرفته است و نتایج آنها به این صورت می‌باشد که کوتاه شدگی‌های کنونی را عمدتاً مربوط به قسمت‌های دامنه شمالی و حرکت‌های امتدادی چپ‌بر نیز در دامنه جنوبی برروی گسل‌های اصلی متمرکز می‌باشد.

امیدی و همکاران (۱۳۸۱) با مطالعه در نیمه جنوبی البرز خاوری در بازسازی تنش کواترنری، جهت تنش بیشینه حاکم بر منطقه را به سمت شمال - شمال خاوری معرفی کرده‌اند.

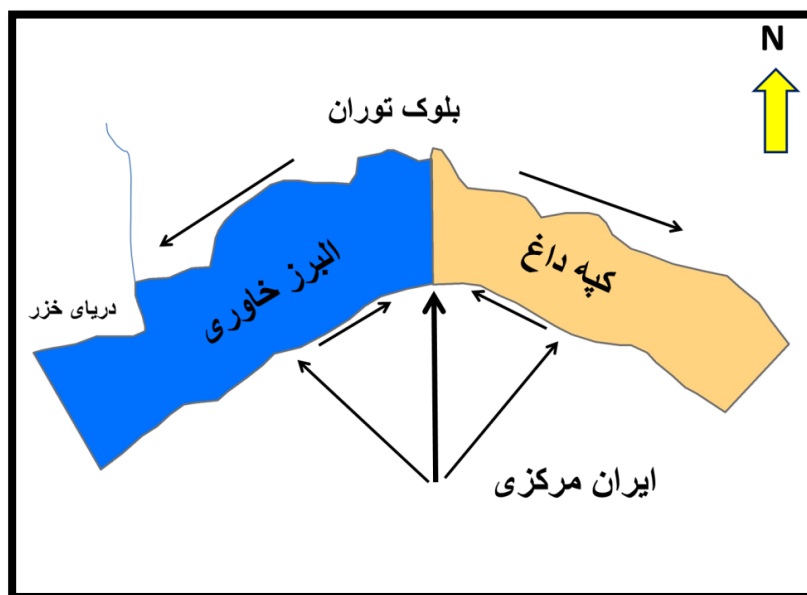
جاویدفخر و همکاران^۲ (۲۰۱۱) در جنوب منطقه تیل‌آباد به مطالعه زمین ساخت فعال در البرز خاوری پرداخته‌اند. نتایج آنها نیز وجود گسل‌های امتدادلغز چپ‌بر با راستای شمال خاوری - جنوب باختری در البرز خاوری را تایید می‌نمایند. جهت تنش بیشینه حاکم بر منطقه را در راستای شمال خاوری - جنوب باختری برآورد کرده‌اند.

^۱ Djamour and Bayer

^۲ Javidfakhr

۱-۲- الگوی چین خوردگی و گسلش در منطقه مورد مطالعه:

فرم ساختاری البرز خاوری و کپه داغ در شمال ایران حالت قوس مانند و بصورت تاقدیس می باشد. با توجه به حرکت روبه سمت شمال صفحه عربستان و همگرایی آن با صفحه توران می توان اینطور بیان کرد که بردار حرکتی رو به شمال صفحه ایران را می توان به دو مولفه عمودی و مماسی تجزیه نمود (شکل ۴-۳). جهت بردار مماسی (برشی) در این بخش از البرز رو به سمت شمال خاوری می باشد.



شکل ۴-۳- طرح شماتیک تجزیه بردار حرکتی صفحه ایران در زون رسوبی - ساختاری البرز خاوری و کپه داغ در زون برشی امتدادلغز همگرا

زون برشی امتدادلغز همگرا^۱ قابل انطباق با منطقه مورد مطالعه می باشد، این مدل در آزمایشگاه با استفاده از رس شبیه سازی شده است (ویلکاکس و همکاران^۲، ۱۹۷۳). نتایج این مدل را می توان اینطور بیان کرد، در مراحل اولیه این آزمایش چین ها ایجاد می شوند که تجمع این چین ها بیشتر در بخش مرکزی می باشد (والدرون^۳، ۲۰۰۵ و مک کلای و همکاران^۴، ۲۰۰۱). چین های ایجاد شده در این مدل نسبت به هم

^۱ Stepover

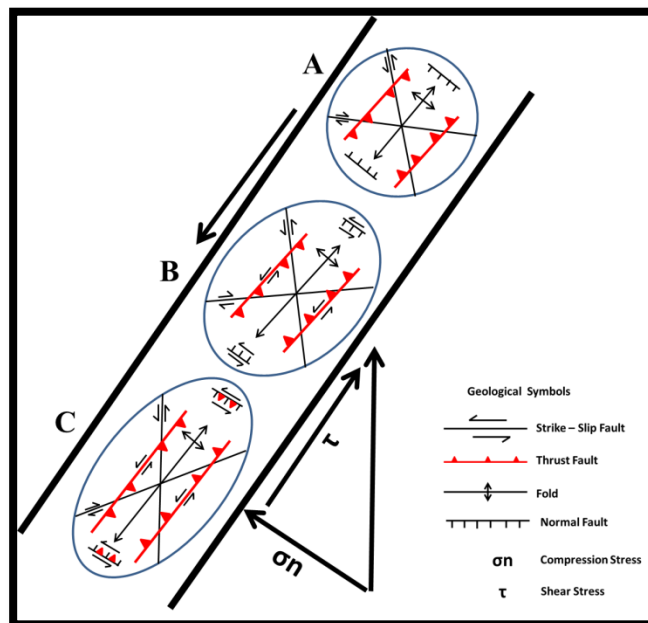
^۲ Wilcox

^۳ Waldron

^۴ McClay

بصورت موازی هستند. با جابجایی بیشتر مولفه برشی تعدادی شکستگی (گسل‌های Synthetic) ایجاد می‌گردند. با پیشروی زون برشی چین‌های ایجاد شده در مراحل قبلی توسط این گسل‌های Synthetic اولیه بریده و جابجا می‌شوند. با ادامه پیشروی تعداد کمی گسل‌های (Antithetic) نیز شکل می‌گیرند که این نوع گسل‌ها در این مدل از اهمیت کمتری قرار دارند (ویلکاکس و همکاران، ۱۹۷۳).

در ناحیه مورد مطالعه محور چین‌ها توسط گسل‌های امتدادلغز بریده شده است. چرخش محور چین‌ها با توجه به جابجایی گسل‌ها و اعمال زون برشی چپ‌بر در کل منطقه، در جهت خلاف عقربه‌های ساعت صورت می‌گیرد. با این شرایط می‌توان مدل تکتونیکی ساختارهای زمین شناسی برای البرز خاوری به صورت ذیل ارائه کنیم (شکل ۴-۴).



شکل ۴-۴- مدل پیشنهادی برای تشکیل چین‌ها، گسل‌های معکوس و امتدادلغز در منطقه البرز خاوری

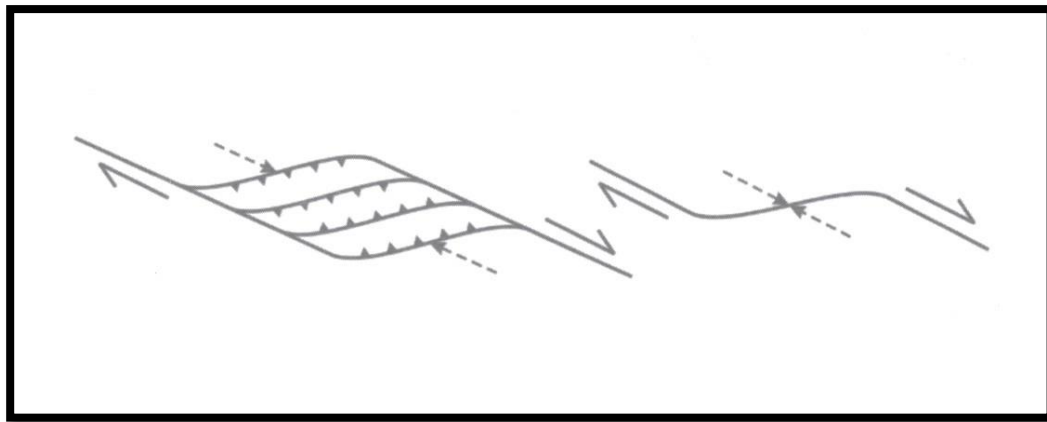
عارضه‌های همراه با گسله‌های راستالغز:

به طور کلی سه نوع جایگاه برای گسله‌های راستالغز می‌توان در نظر گرفت: همگرا (Convergent)، واگرا (Divergent) و موازی (Parallel) که هریک با دسته‌ای از ساختارهای ویژه‌ای همراه هستند. با توجه به ساختارهای مشاهده شده در منطقه مورد مطالعه مدل راستالغز با جایگاه همگرا سازگاری

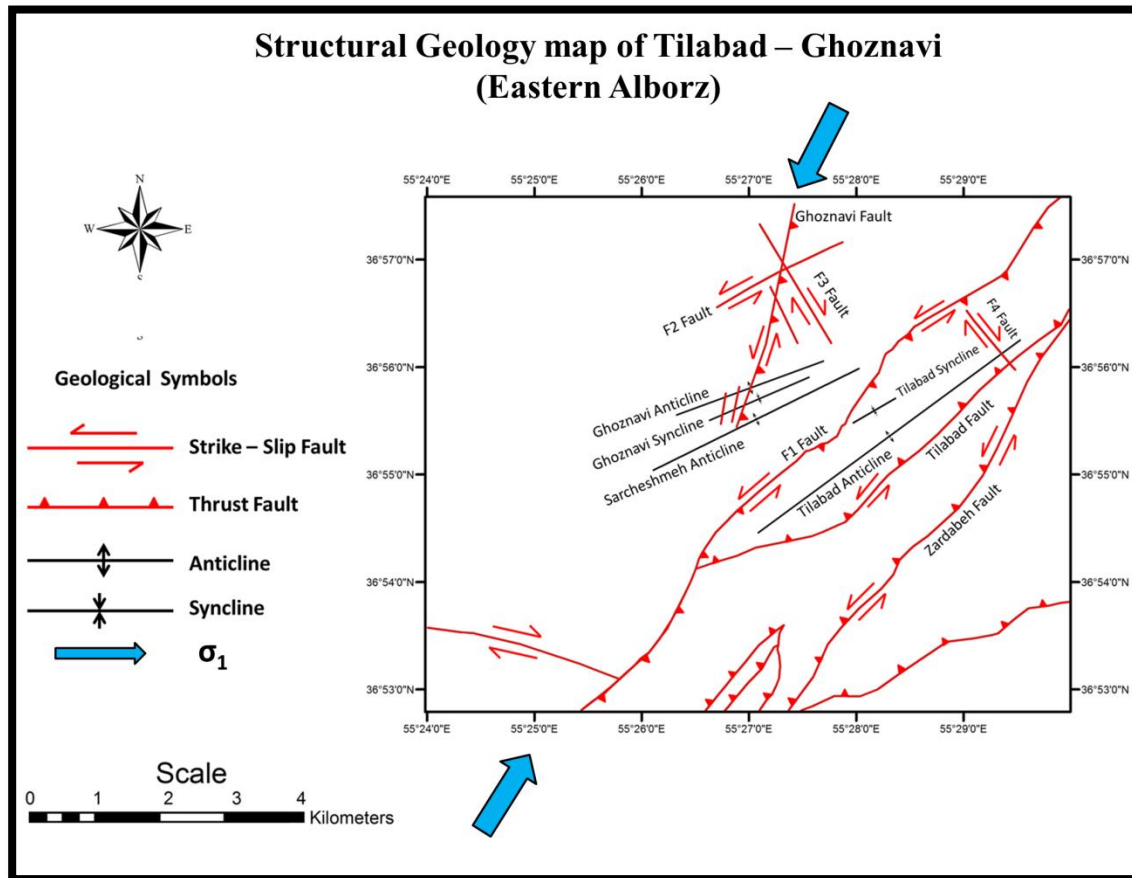
بیشتری با این ناحیه دارد. در این گونه جایگاه، گسله‌های راستالغز علاوه بر ویژگی‌های راستالغز محض، از خود ویژگی‌های گسلش‌های معکوس را نیز نشان می‌دهند، از همین رو این گونه جایگاه را گاهی جایگاه ترافشارشی (transpressional) نیز می‌خوانند.

ساخت‌هایی که در جایگاه گسله‌های راستالغز همگرا می‌توان مشاهده نمود به شرح ذیل می‌باشد. شکستگی‌های ریدل، گسله‌های معکوس به صورت به تقریب موازی با محور چین‌ها و تشکیل گل ساخت مثبت (Positive flower structure) و ... می‌باشند (قاسمی، ۱۳۸۷).

با توجه به وجود گسل‌های طولی در منطقه مورد مطالعه با راستای شمال خاوری - جنوب باختری (گسل‌های تیل‌آباد، زردابه و F_1) ولی جهت شیب آنها (گسل‌های تیل‌آباد و زردابه به سمت شمال باختری - گسل F_1 به سمت جنوب خاوری) با یکدیگر 180° درجه اختلاف دارد. این اختلاف در جهت شیب گسل‌های منطقه را می‌توان به مدل گل ساخت مثبت که در مناطق ترافشارشی ایجاد می‌شود ارتباط داد (شکل ۴-۵). در محدوده مورد مطالعه گسل‌های طولی که سازوکار معکوس دارند تقریباً به موازات سطح محوری چین‌ها تشکیل شده‌اند، علاوه بر این شکستگی‌های ریدل که یکی از ویژگی‌های مناطق ترافشارشی می‌باشد در این منطقه قابل مشاهده می‌باشد.



شکل ۴-۵- شکل گیری ساخت‌های فشارشی در بخش‌هایی از گسله‌های راستالغز که حالت همگرا دارند (برگرفته از قاسمی، ۱۳۸۷).

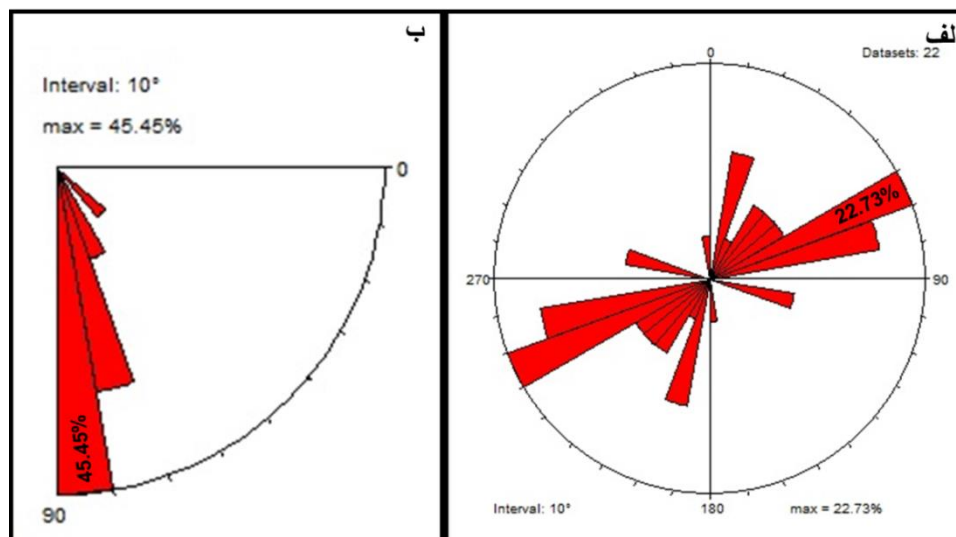


شکل ۴-۶- نقشه ساختاری تهیه شده از منطقه مورد مطالعه

۱-۳- الگوی چین خوردگی

با توجه به بررسی وضعیت چین‌های منطقه مورد مطالعه، اکثر چین‌ها موجود در منطقه به طور میانگین دارای سطح محوری شمال خاوری - جنوب باختری می‌باشند. با توجه به ترسیم نمودار گل سرخی برای سطح محوری چین‌ها نشان می‌دهد که ۲۲.۷۳ درصد داده‌های اندازه‌گیری شده از سطح محوری چین‌ها دارای امتدادی ۶۰ - ۷۰ می‌باشد، که این نشان دهنده پیروی کردن غالب آنها از روند ساختاری البرز خاوری (شمال خاوری - جنوب باختری) می‌باشد (شکل ۴-۷- الف). با توجه به رزیدیاگرام شیبی بدست آمده برای سطح محوری چین‌های مطالعه شده، بیشتر سطح محوری‌ها چین‌ها دارای شیب ۸۰ تا ۹۰

درجه می‌باشند، میزان ۴۵.۴۵ درصد سطح محوری چین‌های منطقه دارای شیبی در بازه ۸۰ تا ۹۰ می- باشد (شکل ۷-۴ ب).



شکل ۷-۴ - نمودار گل سرخی مربوط به سطح محوری چین‌ها؛ الف - نمودار گل سرخی امتدادی که روند غالب شمال خاوری- جنوب باختری را نشان می‌دهد؛ ب- نمودار گل سرخی شیبی؛ اغلب سطح محوری چین‌ها دارای شیب بین ۸۰ تا ۹۰ درجه می‌باشد.

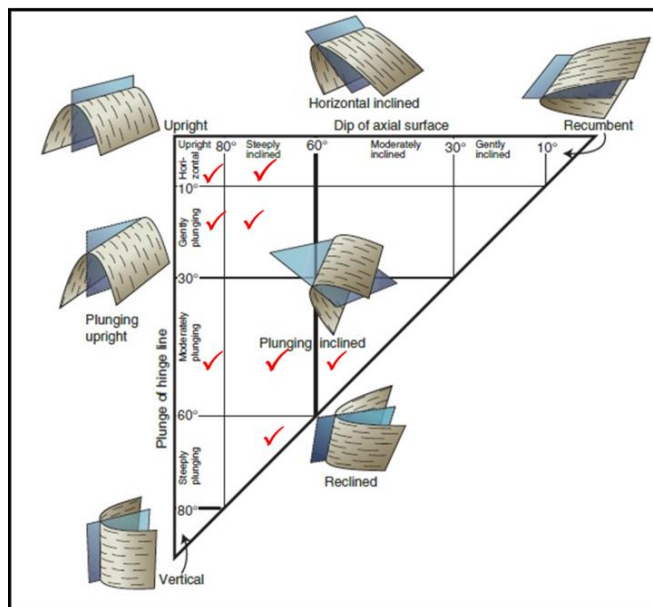
با توجه به رده بندی دیگری که بر مبنای زاویه بین دو یال صورت می‌گیرد (Fleuty, ۱۹۶۴)، چین‌های منطقه مورد مطالعه به طور عمده در رده باز (Open)، تعداد محدودتری در رده های ملایم (Gentle) و بسته (Close) قرار می‌گیرند (جدول ۱-۴).

جدول ۱-۴- طبقه بندی چین‌ها بر اساس زاویه بین یال‌ها (Fleuty, ۱۹۶۴)

frequency	Formation	Description of fold	Interlimb angle
۴	Mobarak – Ruteh	Gentle	۱۲۰ - ۱۸۰
۱۲	Khoshyeilagh – Mobarak - Elik	Open	۷۰ - ۱۲۰
۵	Mobarak – Elik	Close	۳۰ - ۷۰
۱	-	Tight	۰ - ۳۰
-	-	Isoclinal	۰

بررسی وضعیت هندسی چین خوردگی‌ها نشان می‌دهد که طبق رده بندی فلویتی (Fleuty, ۱۹۶۴)، بر اساس شیب سطح محوری و میل لولا، چین‌های منطقه به طور عمده در دو رده قرار می‌گیرد که عبارتند

از: ۱- چین ایستاده و با میل ملایم (Upright – Gently Plunging)، ۲- چین پرشیب با میل ملایم (Steeply Inclined - Gently Plunging) قرار می گیرند (شکل ۴-۱۰) و بقیه چین ها مطالعه شده نیز در رده های دیگر این رده بندی قرار می گیرد که در (جدول ۴-۲) آورده شده است.



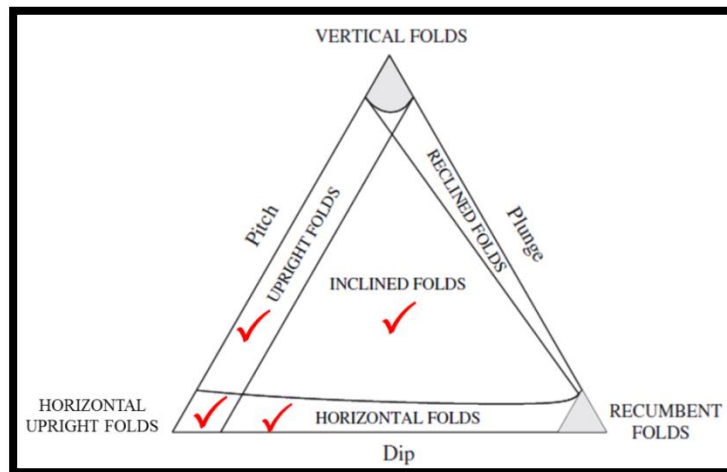
شکل ۴-۸- رده بندی چین ها بر اساس شیب سطح محوری و میل لولای چین (فلوتی، ۱۹۶۴) (برگرفته از فوزن، ۲۰۱۰). جایگاه چین های منطقه مورد مطالعه در این رده بندی بر روی شکل نشان داده شده است.

جدول ۴-۱- مقدار فراوانی چین ها بر اساس شیب سطح محوری و میل لولای چین (Fleuty, ۱۹۶۴) در منطقه مورد مطالعه.

frequency	Description of fold
۵	Upright – Gently Plunging
۴	Steeply Inclined - Gently Plunging
۳	Upright - Moderately Plunging
۳	Steeply Inclined – Horizontal
۳	Steeply Inclined - Moderately Plunging
۲	Upright - Horizontal
۱	Steeply Inclined - Steeply Plunging

بر اساس طبقه بندی ریکارد که بر پایه شیب محور، سطح محوری و ریک (زاویه بین امتداد و خط روی صفحه مایل) محور روی سطح محوری طراحی شده است. بیشتر چین خوردگی های مطالعه شده در رده چین های کج شده (Inclined Fold)، در رده دوم نیز چین های ایستاده (Upright Fold) و اندکی نیز در

رده چین‌های افقی (Horizontal Fold) و ایستاده افقی (Upright Horizontal Fold) قرار می‌گیرد (شکل ۹-۴). در (جدول ۳-۴) مقدار فراوانی این تقسیم بندی را می‌توان مشاهده نمود.



شکل ۹-۴- طبقه بندی چین‌ها از دیدگاه ریکارد (۱۹۷۱) در منطقه مورد مطالعه

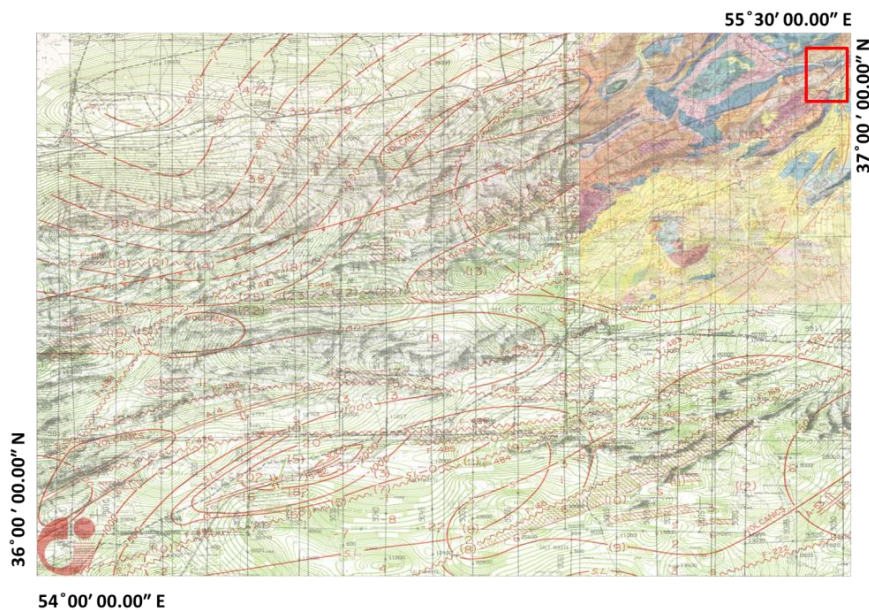
جدول ۳-۴- مقدار فراوانی چین‌ها از دیدگاه ریکارد در منطقه مورد مطالعه

frequency	Description of fold
۸	Upright Fold
۹	Inclined Fold
۳	Horizontal Fold
۲	Horizontal Upright Fold
-	Reclined Fold
-	Recumbent Fold
-	Vertical Fold

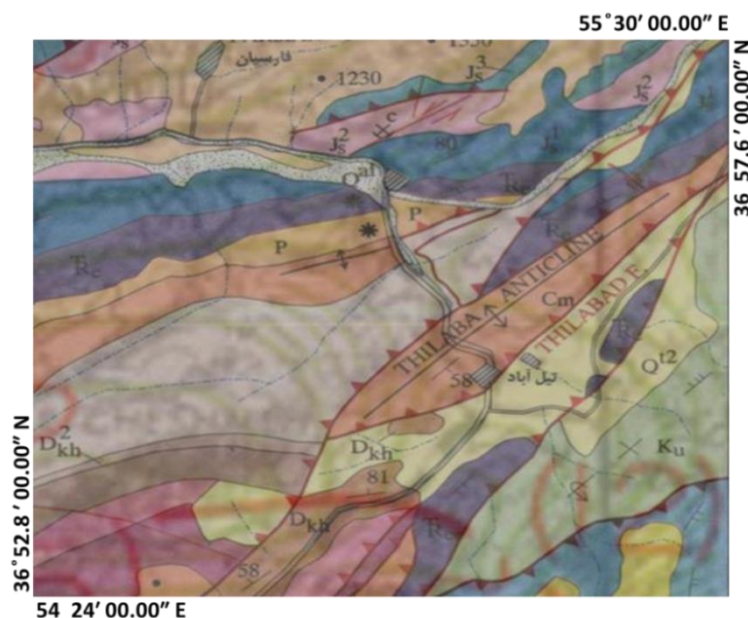
یکی از کارهایی دیگری که در این پژوهش انجام شده، با استفاده از نرم‌افزار ۱۲ Global Mapper با زمین مرجع کردن نقشه‌های هوا مغناطیس ورقه گرگان با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ و انطباق آن با نقشه زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه برای شناسایی گسل‌های پی‌سنگی صورت گرفته است (شکل ۴-۱۰). همانطور که در نقشه محدوده مورد مطالعه گسل‌ها و چین‌هایی مشاهده می‌شود که در برداشت‌های صحرایی نیز وجود آنها مشخص شده است، با هیچ کدام از خطواره‌های مغناطیسی که در نقشه هوا مغناطیس ورقه گرگان مشخص شده است، بر روی یکدیگر نیفتاده‌اند و با این شرایط به این نتیجه می‌رسیم که هیچ کدام از

فصل چهارم: بحث و نتیجه گیری

ساختارهای منطقه مورد مطالعه پی‌سنگی نمی‌باشد (شکل ۴-۱۱). با توجه به نبود خطواره‌های مغناطیسی همراستا با گسل‌های عرضی منطقه با راستای تقریباً شمالی - جنوبی و شمال باختری - جنوب خاوری می‌توان به این نتیجه برسیم که این گسل‌ها نیز پی‌سنگی نمی‌باشند.



شکل ۴-۱۰- تلفیق نقشه مغناطیس‌های گرگان با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ و نقشه زمین‌شناسی خوش‌یلاق با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ و محدوده مورد مطالعه با کادر مشخص شده است.



شکل ۴-۱۱- تلفیق نقشه مغناطیس‌های و نقشه زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه که در شکل با کادر مشخص شده است.

۱-۴- پیشنهادات

- ادامه مطالعات ساختاری به سمت بخش‌های شمالی و شمال خاوری منطقه مورد مطالعه جهت شناسایی فعالیت و ادامه روند گسل‌های تیل‌آباد، زردابه، F_1 و غزنوی.
- انجام مطالعات تنش دیرین (Paleostress) بر مبنای لغزش گسل‌ها جهت شناخت میدان تنش حاکم بر منطقه و تفکیک فازهای رخ داده در منطقه.
- با توجه به اینکه ساختارهای موجود در منطقه سازندهای سنوزوئیکی را قطع کرده‌اند انجام مطالعات نو زمین ساختی.

پیوست

پیوست ۱- داده‌های برداشت شده از سطح گسل تیل آباد.

* جهت حرکت فرادیواره: ۱: روبه بالا (معکوس)؛ ۲: روبه پایین (نرمال)؛ ۳: راست‌بر؛ ۴: چپ‌بر

Fault Plane		Slicken Lines			Station	Geographic Setting	
Dip.	Dip.Dir	Azimuth	Plungs	Sense *		Latitude	Longitude
۸۷	۳۲۲	۲۳۳	۰.۸	۴	۲	۳۶° ۵۵' ۵۶.۶۳"	۵۵° ۲۹' ۱۵.۲۹"
۵۵	۲۹۰	۰۰۲	۲۴	۳	۱	۳۶° ۵۶' ۱۵.۱۷"	۵۵° ۲۹' ۵۱.۰۰"
۶۵	۳۰۰	۰۱۶	۲۸	۳	۱	۳۶° ۵۶' ۱۵.۱۷"	۵۵° ۲۹' ۵۱.۰۰"
۷۰	۳۱۰	۲۳۷	۳۹	۴	۱	۳۶° ۵۶' ۱۵.۱۷"	۵۵° ۲۹' ۵۱.۰۰"
۷۳	۳۱۵	۲۲۷	۰.۷	۴	۱	۳۶° ۵۶' ۱۵.۵۲"	۵۵° ۲۹' ۵۱.۴۰"
۷۰	۲۹۸	۳۴۵	۶۲	۱	۱	۳۶° ۵۶' ۱۵.۵۲"	۵۵° ۲۹' ۵۱.۴۰"
۷۲	۳۰۵	۰۳۵	۰.۰	۴	۲	۳۶° ۵۵' ۴۷.۰۰"	۵۵° ۲۹' ۰۷.۲۸"
۷۶	۳۱۲	۰۴۲	۰.۰	۴	۲	۳۶° ۵۵' ۴۷.۰۰"	۵۵° ۲۹' ۰۷.۹۰"
۸۴	۳۰۹	۰۳۶	۲۹	۳	۲	۳۶° ۵۵' ۵۶.۳۲"	۵۵° ۲۹' ۱۵.۸۰"
۶۳	۳۳۰	۰۲۶	۴۸	۱	۳	۳۶° ۵۵' ۰۰.۷۸"	۵۵° ۲۸' ۱۶.۶۵"
۶۵	۳۱۶	۳۵۲	۶۰	۱	۳	۳۶° ۵۵' ۰۰.۹۰"	۵۵° ۲۸' ۱۷.۲۰"
۶۰	۳۰۰	۲۳۵	۳۶	۴	۳	۳۶° ۵۵' ۰۴.۷۲"	۵۵° ۲۸' ۲۰.۸۰"
۷۰	۰۱۴	۲۸۹	۱۳	۴	۴	۳۶° ۵۴' ۲۹.۶۲"	۵۵° ۲۶' ۵۷.۴۴"
۶۳	۰۰۵	۲۷۹	۰.۸	۴	۴	۳۶° ۵۴' ۲۹.۶۲"	۵۵° ۲۶' ۵۷.۴۴"
۶۵	۰۱۰	۲۸۹	۱۹	۴	۴	۳۶° ۵۴' ۲۹.۶۲"	۵۵° ۲۶' ۵۷.۴۴"
۵۳	۳۴۰	۲۵۱	۰.۸	۴	۴	۳۶° ۵۴' ۳۰.۰۰"	۵۵° ۲۶' ۵۸.۷۰"
۸۰	۳۴۸	۲۶۲	۲۲	۴	۴	۳۶° ۵۴' ۳۰.۰۰"	۵۵° ۲۶' ۵۸.۷۰"

پیوست ۲- داده‌های برداشت شده از سطح گسل زردابه.

* جهت حرکت فرادیواره: ۱: روبه بالا (معکوس)؛ ۲: روبه پایین (نرمال)؛ ۳: راست‌بر؛ ۴: چپ‌بر

Fault Plane		Slicken Lines			Station	Geographic Setting	
Dip.	Dip.Dir	Azimuth	Plungs	*Sense		Latitude	Longitude
۷۲	۳۰۸	۰۲۸	۲۹	۳	۱	۳۶° ۵۳' ۴۸.۱۲"	۵۵° ۲۸' ۱۶.۲۵"
۷۲	۳۰۸	۲۱۸	۰.۰	۴	۱	۳۶° ۵۳' ۴۸.۱۲"	۵۵° ۲۸' ۱۶.۲۵"
۷۵	۳۱۲	۲۲۶	۲۰	۴	۱	۳۶° ۵۳' ۴۸.۱۲"	۵۵° ۲۸' ۱۶.۲۵"
۶۵	۳۰۰	۰۲۲	۱۵	۳	۱	۳۶° ۵۳' ۴۸.۶۰"	۵۵° ۲۸' ۱۶.۴۰"
۷۰	۳۱۵	۰۱۸	۵۱	۱	۱	۳۶° ۵۳' ۳۵.۸۸"	۵۵° ۲۸' ۵۴.۹۶"
۶۲	۳۱۵	۰۲۰	۳۹	۳	۱	۳۶° ۵۳' ۲۱.۶۲"	۵۵° ۲۷' ۴۴.۴۵"
۸۰	۳۰۰	۲۱۴	۱۸	۴	۲	۳۶° ۵۳' ۲۱.۷۰"	۵۵° ۲۷' ۴۶.۲۲"
۸۷	۳۳۰	۲۴۲	۳۱	۴	۲	۳۶° ۵۳' ۱۹.۴۱"	۵۵° ۲۷' ۴۳.۳۳"
۶۰	۳۱۵	۰۲۱	۳۶	۳	۲	۳۶° ۵۳' ۲۱.۳۰"	۵۵° ۲۷' ۴۴.۸۳"
۴۲	۳۲۵	۲۵۵	۱۷	۴	۲	۳۶° ۵۳' ۲۱.۲۵"	۵۵° ۲۷' ۴۳.۵۰"
۶۰	۳۳۰	۲۴۴	۰.۹	۴	۲	۳۶° ۵۳' ۱۹.۷۷"	۵۵° ۲۷' ۴۴.۳۰"
۵۸	۳۳۰	۰۱۶	۴۸	۱	۲	۳۶° ۵۳' ۱۵.۳۰"	۵۵° ۲۷' ۳۸.۱۱"

پیوست ۳- داده‌های برداشت شده از سطح گسل F^۱.

* جهت حرکت فرادیواره: ۱: روبه بالا (معکوس)؛ ۲: روبه پایین (نرمال)؛ ۳: راست‌بر؛ ۴: چپ‌بر

Fault Plane		Slicken Lines			Station	Geographic Setting	
Dip.	Dip.Dir	Azimuth	Plungs	*Sense		Latitude	Longitude
۷۵	۱۴۵	۰۵۷	۰۰	۴	۱	۳۶° ۵۵' ۲۵.۸۲"	۵۵° ۲۷' ۳۷.۲۵"
۷۵	۱۴۵	۰۶۴	۲۵	۳	۱	۳۶° ۵۵' ۲۵.۸۲"	۵۵° ۲۷' ۳۷.۲۵"
۷۸	۱۵۱	۲۳۸	۱۵	۴	۱	۳۶° ۵۵' ۲۵.۸۲"	۵۵° ۲۷' ۳۷.۲۵"
۸۰	۱۴۸	-	-	-	۱	۳۶° ۵۵' ۲۶.۴۶"	۵۵° ۲۷' ۳۶.۱۹"
۴۰	۱۴۰	۱۸۶	۲۴	۳	۲	۳۶° ۵۵' ۴۲.۰۰"	۵۵° ۲۷' ۵۴.۱۲"
۵۰	۱۳۸	۰۴۹	۰۰	۴	۲	۳۶° ۵۵' ۴۲.۰۰"	۵۵° ۲۷' ۵۳.۴۰"
۶۶	۱۳۵	۰۶۶	۳۸	۴	۲	۳۶° ۵۵' ۴۱.۴۴"	۵۵° ۲۷' ۵۲.۵۱"
۶۶	۱۳۵	۲۲۲	۰۸	۳	۲	۳۶° ۵۵' ۴۱.۴۴"	۵۵° ۲۷' ۵۲.۵۱"
۶۰	۱۲۷	۰۴۵	۱۵	۴	۲	۳۶° ۵۵' ۲۵.۸۲"	۵۵° ۲۷' ۳۷.۲۳"
۶۰	۱۲۷	۰۳۶	۰۰	۴	۲	۳۶° ۵۵' ۲۵.۸۲"	۵۵° ۲۷' ۳۷.۲۳"

پیوست ۴- داده‌های برداشت شده از سطح گسل غزنوی.

* جهت حرکت فرادیواره: ۱: روبه بالا (معکوس)؛ ۲: روبه پایین (نرمال)؛ ۳: راست‌بر؛ ۴: چپ‌بر

Fault Plane		Slicken Lines			Station	Geographic Setting	
Dip.	Dip.Dir	Azimuth	Plungs	*Sense		Latitude	Longitude
۸۲	۰۹۰	۱۷۳	۴۱	۳	۱	۳۶° ۵۳' ۴۸.۱۲"	۵۵° ۲۸' ۱۶.۲۵"
۸۰	۰۹۳	۱۸۰	۱۶	۳	۱	۳۶° ۵۳' ۴۸.۱۲"	۵۵° ۲۸' ۱۶.۲۵"
۸۳	۰۸۸	۱۷۴	۲۹	۳	۱	۳۶° ۵۳' ۴۸.۱۲"	۵۵° ۲۸' ۱۶.۲۵"
۸۲	۰۹۰	۱۸۰	۰۰	۴	۱	۳۶° ۵۳' ۴۸.۶۰"	۵۵° ۲۸' ۱۶.۴۰"
۸۳	۰۸۹	۰۰۲	۱۹	۴	۱	۳۶° ۵۳' ۳۵.۸۸"	۵۵° ۲۸' ۵۴.۹۶"
۸۰	۰۸۶	۳۵۹	۱۶	۴	۱	۳۶° ۵۳' ۲۱.۶۲"	۵۵° ۲۷' ۴۴.۴۵"
۷۸	۱۰۵	۱۸۷	۳۵	۳	۲	۳۶° ۵۳' ۲۱.۷۰"	۵۵° ۲۷' ۴۶.۲۲"
۸۰	۱۰۰	۰۱۸	۴۰	۴	۲	۳۶° ۵۳' ۱۹.۴۱"	۵۵° ۲۷' ۴۳.۳۳"
۸۲	۰۹۸	۱۸۳	۳۱	۳	۲	۳۶° ۵۳' ۲۱.۳۰"	۵۵° ۲۷' ۴۴.۸۳"
۸۰	۰۹۲	-	-	-	۲	۳۶° ۵۳' ۲۱.۲۵"	۵۵° ۲۷' ۴۳.۵۰"
۸۳	۰۸۸	-	-	-	۲	۳۶° ۵۳' ۱۹.۷۷"	۵۵° ۲۷' ۴۴.۳۰"

پیوست ۵- داده‌های گسل‌های عرضی با امتداد شمال باختری

Fault Plane		Station	Geographic Setting	
Dip.	Dip.Dir		Latitude	Longitude
۷۰	۰۵۵	۲	۳۶° ۵۷' ۲۱.۹۴"	۵۵° ۲۷' ۱۲.۴۸"
۸۲	۰۳۸	۲	۳۶° ۵۷' ۲۷.۷۴"	۵۵° ۲۷' ۱۰.۳۵.۰۲"
۷۵	۰۴۶	۲	۳۶° ۵۷' ۲۷.۷۵"	۵۵° ۲۷' ۰۸.۲۷"
۷۴	۰۵۳	۲	۳۶° ۵۷' ۲۷.۷۵"	۵۵° ۲۷' ۰۸.۲۷"
۸۰	۰۴۵	۱	۳۶° ۵۶' ۱۲.۵۸"	۵۵° ۲۷' ۴۴.۹۰"
۷۸	۰۴۳	۱	۳۶° ۵۶' ۱۲.۵۸"	۵۵° ۲۷' ۴۴.۹۰"
۸۳	۰۴۸	۱	۳۶° ۵۶' ۱۲.۵۸"	۵۵° ۲۷' ۴۴.۹۰"

پیوست ۶ - داده‌های برداشت شده از تاق‌دیس سرچشمه در پیمایش T_۱ T_۲

N o.	Dip. Dir	Dip	Latitude	longitude	N o.	Dip. Dir	Dip	Latitude	Longitude
۱	۱۶۵	۸۵	۳۶° ۵۵' ۰۳.۴۸"	۵۵° ۲۶' ۴۰.۵۳"	۱	۳۲۵	۴۵	۳۶° ۵۵' ۱۲.۵۶"	۵۵° ۲۶' ۴۰.۲۴"
۲	۱۷۰	۷۵	۳۶° ۵۵' ۰۳.۴۸"	۵۵° ۲۶' ۴۰.۵۳"	۲	۳۱۵	۵۰	۳۶° ۵۵' ۱۲.۵۶"	۵۵° ۲۶' ۴۰.۲۴"
۳	۱۶۴	۷۰	۳۶° ۵۵' ۰۳.۴۸"	۵۵° ۲۶' ۴۰.۵۳"	۳	۳۱۸	۵۸	۳۶° ۵۵' ۱۲.۵۶"	۵۵° ۲۶' ۴۰.۲۴"
۴	۱۶۲	۸۳	۳۶° ۵۵' ۰۳.۴۸"	۵۵° ۲۶' ۴۰.۵۳"	۴	۳۲۴	۴۸	۳۶° ۵۵' ۱۲.۵۶"	۵۵° ۲۶' ۴۰.۲۴"
۵	۱۵۰	۸۰	۳۶° ۵۵' ۰۳.۴۸"	۵۵° ۲۶' ۴۰.۵۳"	۵	۳۲۲	۵۳	۳۶° ۵۵' ۱۲.۵۶"	۵۵° ۲۶' ۴۰.۲۴"
۶	۱۳۸	۴۳	۳۶° ۵۴' ۴۶.۱۲"	۵۵° ۲۶' ۳۹.۲۶"	۶	۳۲۵	۵۸	۳۶° ۵۵' ۴۰.۲۴"	۵۵° ۲۶' ۳۷.۸۹"
۷	۱۴۹	۵۸	۳۶° ۵۴' ۴۶.۱۲"	۵۵° ۲۶' ۳۹.۲۶"	۷	۳۴۱	۷۷	۳۶° ۵۵' ۴۰.۲۴"	۵۵° ۲۶' ۳۷.۸۹"
۸	۱۳۴	۶۳	۳۶° ۵۴' ۴۶.۱۲"	۵۵° ۲۶' ۳۹.۲۶"	۸	۳۴۸	۶۹	۳۶° ۵۵' ۴۰.۲۴"	۵۵° ۲۶' ۳۷.۸۹"
۹	۱۴۷	۵۵	۳۶° ۵۴' ۴۶.۱۲"	۵۵° ۲۶' ۳۹.۲۶"	۹	۳۲۴	۶۶	۳۶° ۵۵' ۴۰.۲۴"	۵۵° ۲۶' ۳۷.۸۹"
۱۰	۱۲۵	۴۱	۳۶° ۵۴' ۴۶.۱۲"	۵۵° ۲۶' ۳۹.۲۶"	۱۰	۳۱۸	۶۳	۳۶° ۵۵' ۴۰.۲۴"	۵۵° ۲۶' ۳۷.۸۹"

پیوست ۷ - داده‌های برداشت شده از تاق‌دیس سرچشمه در پیمایش T_۳ T_۴

No .	Dip. Dir	Dip	Latitude	longitude	No.	Dip. Dir	Dip	Latitude	Longitude
۱	۳۴۰	۵۲	۳۶° ۵۵' ۴۷.۳۶"	۵۵° ۲۷' ۴۷.۳۳"	۱	۰۷۵	۳۰	۳۶° ۵۵' ۴۱.۴۴"	۵۵° ۲۸' ۱۷.۰۰"
۲	۳۴۵	۴۷	۳۶° ۵۵' ۴۷.۳۶"	۵۵° ۲۷' ۴۷.۳۳"	۲	۰۷۰	۳۸	۳۶° ۵۵' ۴۱.۴۴"	۵۵° ۲۸' ۱۷.۰۰"
۳	۳۳۸	۵۰	۳۶° ۵۵' ۴۷.۳۶"	۵۵° ۲۷' ۴۷.۳۳"	۳	۰۶۸	۴۱	۳۶° ۵۵' ۴۱.۴۴"	۵۵° ۲۸' ۱۷.۰۰"
۴	۳۳۲	۵۷	۳۶° ۵۵' ۴۷.۳۶"	۵۵° ۲۷' ۴۷.۳۳"	۴	۰۸۳	۶۳	۳۶° ۵۵' ۳۶.۸۵"	۵۵° ۲۸' ۰۲.۲۲"
۵	۳۳۸	۵۳	۳۶° ۵۵' ۴۷.۳۶"	۵۵° ۲۷' ۴۷.۳۳"	۵	۰۸۴	۴۸	۳۶° ۵۵' ۳۶.۸۵"	۵۵° ۲۸' ۰۲.۲۲"
۶	۳۲۴	۴۲	۳۶° ۵۵' ۴۴.۲۰"	۵۵° ۲۷' ۴۵.۷۱"	۶	۰۶۵	۵۹	۳۶° ۵۵' ۳۶.۸۵"	۵۵° ۲۸' ۰۲.۲۲"
۷	۳۳۰	۴۵	۳۶° ۵۵' ۴۴.۲۰"	۵۵° ۲۷' ۴۵.۷۱"	۷	۰۶۱	۴۷	۳۶° ۵۵' ۳۶.۱۱"	۵۵° ۲۷' ۵۳.۳۳"
۸	۳۱۹	۴۰	۳۶° ۵۵' ۴۴.۲۰"	۵۵° ۲۷' ۴۵.۷۱"	۸	۰۵۸	۴۲	۳۶° ۵۵' ۳۶.۱۱"	۵۵° ۲۷' ۵۳.۳۳"
۹	۳۲۵	۵۲	۳۶° ۵۵' ۴۴.۲۰"	۵۵° ۲۷' ۴۵.۷۱"	۹	۰۵۲	۳۹	۳۶° ۵۵' ۳۶.۱۱"	۵۵° ۲۷' ۵۳.۳۳"
۱۰	۳۲۲	۳۷	۳۶° ۵۵' ۴۴.۲۰"	۵۵° ۲۷' ۴۵.۷۱"	۱۰	۰۹۰	۵۸	۳۶° ۵۵' ۴۲.۹۸"	۵۵° ۲۷' ۵۰.۸۵"
۱۱	۰۸۸	۵۰	۳۶° ۵۵' ۴۲.۹۸"	۵۵° ۲۷' ۵۰.۸۵"	۱۱	۰۷۸	۵۳	۳۶° ۵۵' ۴۲.۹۸"	۵۵° ۲۷' ۵۰.۸۵"

پیوست ۸ - داده‌های برداشت شده از تاق‌دیس تیل‌آباد در پیمایش T_۵T_۶

No.	Dip.Dir	Dip	Latitude	longitude	N o.	Dip.Dir	Dip	Latitude	Longitude
۱	۲۹۸	۲۵	۳۶° ۵۵' ۰۶.۳۰"	۵۵° ۲۷' ۳۳.۰۰"	۱	۱۱۴	۴۰	۳۶° ۵۵' ۰۱.۱۲"	۵۵° ۲۷' ۳۳.۲۵"
۲	۳۱۷	۴۹	۳۶° ۵۵' ۰۶.۳۰"	۵۵° ۲۷' ۳۳.۰۰"	۲	۱۲۰	۴۵	۳۶° ۵۵' ۰۱.۱۲"	۵۵° ۲۷' ۳۳.۲۵"
۳	۳۰۵	۳۰	۳۶° ۵۵' ۰۶.۳۰"	۵۵° ۲۷' ۳۳.۰۰"	۳	۱۰۰	۳۵	۳۶° ۵۵' ۰۱.۱۲"	۵۵° ۲۷' ۳۳.۲۵"
۴	۳۵۰	۵۰	۳۶° ۵۵' ۰۳.۷۱"	۵۵° ۲۷' ۵۹.۶۸"	۴	۱۱۵	۳۸	۳۶° ۵۵' ۵۷.۱۸"	۵۵° ۲۷' ۳۵.۵۲"
۵	۳۳۰	۷۰	۳۶° ۵۵' ۰۳.۷۱"	۵۵° ۲۷' ۵۹.۶۸"	۵	۱۲۰	۵۰	۳۶° ۵۵' ۰۹.۷۲"	۵۵° ۲۷' ۵۵.۷۹"
۶	۳۵۵	۵۸	۳۶° ۵۵' ۰۳.۷۱"	۵۵° ۲۷' ۵۹.۶۸"	۶	۱۱۶	۶۵	۳۶° ۵۵' ۰۹.۷۲"	۵۵° ۲۷' ۵۵.۷۹"
۷	۳۱۴	۶۲	۳۶° ۵۵' ۰۹.۷۰"	۵۵° ۲۷' ۵۵.۷۹"	۷	۱۳۵	۸۰	۳۶° ۵۵' ۰۹.۷۲"	۵۵° ۲۷' ۵۵.۷۹"
۸	۳۰۸	۳۸	۳۶° ۵۵' ۰۹.۷۰"	۵۵° ۲۷' ۵۵.۷۹"	۸	۰۴۰	۳۵	۳۶° ۵۴' ۵۷.۳۱"	۵۵° ۲۷' ۵۶.۸۹"
۹	۳۰۴	۵۰	۳۶° ۵۵' ۰۹.۷۰"	۵۵° ۲۷' ۵۵.۷۹"	۹	۳۵۶	۵۰	۳۶° ۵۴' ۵۷.۳۱"	۵۵° ۲۷' ۵۶.۸۹"
۱۰	۳۲۱	۲۵	۳۶° ۵۵' ۴۶.۷۴"	۵۵° ۲۷' ۴۸.۴۸"	۱۰	۰۶۵	۴۸	۳۶° ۵۴' ۵۷.۳۱"	۵۵° ۲۷' ۵۶.۸۹"
۱۱	۳۲۸	۲۶	۳۶° ۵۵' ۴۶.۷۴"	۵۵° ۲۷' ۴۸.۴۸"	۱۱	۱۰۳	۳۰	۳۶° ۵۴' ۵۲.۱۵"	۵۵° ۲۷' ۳۵.۶۰"
۱۲	۳۱۵	۳۰	۳۶° ۵۵' ۴۶.۷۴"	۵۵° ۲۷' ۴۸.۴۸"	۱۲	۱۰۵	۱۵	۳۶° ۵۴' ۵۲.۱۵"	۵۵° ۲۷' ۳۵.۶۰"
۱۳					۱۳	۰۹۸	۲۰	۳۶° ۵۴' ۵۲.۱۵"	۵۵° ۲۷' ۳۵.۶۰"

پیوست ۹ - داده‌های برداشت شده از تاق‌دیس تیل‌آباد در پیمایش T_۷T_۸

N o.	Dip. Dir	Dip	Latitude	longitude	N o.	Dip. Dir	Dip	Latitude	Longitude
۱	۱۲۵	۸۲	۳۶° ۵۶' ۱۲.۱۲"	۵۵° ۲۹' ۱۹.۸۰"	۱	۱۵۵	۸۵	۳۶° ۵۶' ۱۴.۰۰"	۵۵° ۲۹' ۱۶.۳۰"
۲	۱۳۴	۶۷	۳۶° ۵۶' ۱۲.۱۲"	۵۵° ۲۹' ۱۹.۸۰"	۲	۱۵۸	۸۴	۳۶° ۵۶' ۱۴.۰۰"	۵۵° ۲۹' ۱۶.۳۰"
۳	۱۲۳	۷۵	۳۶° ۵۶' ۱۰.۹۰"	۵۵° ۲۹' ۲۰.۶۰"	۳	۱۶۰	۸۰	۳۶° ۵۶' ۱۵.۱۲"	۵۵° ۲۹' ۱۴.۸۱"
۴	۱۲۲	۸۳	۳۶° ۵۶' ۱۰.۹۰"	۵۵° ۲۹' ۲۰.۶۰"	۴	۱۶۲	۸۴	۳۶° ۵۶' ۱۵.۱۲"	۵۵° ۲۹' ۱۴.۸۱"
۵	۱۱۳	۶۳	۳۶° ۵۶' ۰۹.۳۲"	۵۵° ۲۹' ۲۲.۴۲"	۵	۱۴۵	۷۸	۳۶° ۵۶' ۱۵.۲۹"	۵۵° ۲۹' ۱۴.۴۵"
۶	۱۲۵	۸۵	۳۶° ۵۶' ۰۹.۳۲"	۵۵° ۲۹' ۲۲.۴۲"	۶	۱۵۳	۷۵	۳۶° ۵۶' ۱۵.۲۹"	۵۵° ۲۹' ۱۴.۴۵"
۷	۱۳۴	۸۰	۳۶° ۵۶' ۰۹.۳۲"	۵۵° ۲۹' ۲۲.۴۲"	۷	۱۶۷	۷۹	۳۶° ۵۶' ۱۵.۲۹"	۵۵° ۲۹' ۱۴.۴۵"
۸	۱۵۷	۴۵	۳۶° ۵۶' ۱۳.۰۲"	۵۵° ۲۸' ۴۶.۳۴"	۸	۱۴۶	۶۲	۳۶° ۵۶' ۱۶.۵۸"	۵۵° ۲۹' ۰۹.۰۷"
۹	۱۵۶	۵۱	۳۶° ۵۶' ۱۳.۰۲"	۵۵° ۲۸' ۴۶.۳۴"	۹	۱۳۹	۵۸	۳۶° ۵۶' ۱۶.۵۸"	۵۵° ۲۹' ۰۹.۰۷"
۱۰	۱۴۸	۴۸	۳۶° ۵۶' ۱۳.۰۲"	۵۵° ۲۸' ۴۶.۳۴"	۱۰	۱۴۱	۶۱	۳۶° ۵۶' ۱۶.۵۸"	۵۵° ۲۹' ۰۹.۰۷"

پیوست ۱۰ - داده‌های برداشت شده از ناودیس تیل آباد در پیمایش $T_9 T_{10}$

No.	Dip.	Dip	Latitude	longitude	No.	Dip.	Dip	Latitude	Longitude
.	Dir					Dir			
۱	-۹۵	۳۰	۳۶° ۵۵' ۴۲.۹۹"	۵۵° ۲۸' ۱۷.۱۸"	۱	۳۴۵	۸۰	۳۶° ۵۵' ۳۹.۴۴"	۵۵° ۲۸' ۲۷.۶۲"
۲	-۸۰	۳۸	۳۶° ۵۵' ۴۲.۹۹"	۵۵° ۲۸' ۱۷.۱۸"	۲	۳۴۲	۷۵	۳۶° ۵۵' ۳۹.۴۴"	۵۵° ۲۸' ۲۷.۶۲"
۳	-۷۸	۴۱	۳۶° ۵۵' ۴۲.۹۹"	۵۵° ۲۸' ۱۷.۱۸"	۳	۳۴۰	۷۱	۳۶° ۵۵' ۳۹.۴۴"	۵۵° ۲۸' ۲۷.۶۲"
۴	-۷۵	۳۵	۳۶° ۵۵' ۴۲.۹۹"	۵۵° ۲۸' ۱۷.۱۸"	۴	۳۵۵	۸۵	۳۶° ۵۵' ۳۹.۴۴"	۵۵° ۲۸' ۲۷.۶۲"
۵	-۶۵	۴۲	۳۶° ۵۵' ۴۲.۹۹"	۵۵° ۲۸' ۱۷.۱۸"	۵	۳۵۹	۷۵	۳۶° ۵۵' ۳۹.۴۴"	۵۵° ۲۸' ۲۷.۶۲"
۶	-۸۳	۶۳	۳۶° ۵۵' ۳۵.۹۷"	۵۵° ۲۸' ۰۲.۴۹"	۶	۳۵۲	۳۸	۳۶° ۵۵' ۲۸.۹۸"	۵۵° ۲۸' ۱۲.۵۸"
۷	-۶۰	۶۰	۳۶° ۵۵' ۳۵.۹۷"	۵۵° ۲۸' ۰۲.۴۹"	۷	۳۴۲	۳۹	۳۶° ۵۵' ۲۸.۹۸"	۵۵° ۲۸' ۱۲.۵۸"
۸	-۴۸	۷۲	۳۶° ۵۵' ۳۵.۹۷"	۵۵° ۲۸' ۰۲.۴۹"	۸	۳۵۸	۴۵	۳۶° ۵۵' ۲۸.۹۸"	۵۵° ۲۸' ۱۲.۵۸"
۹	-۸۴	۴۸	۳۶° ۵۵' ۳۵.۹۷"	۵۵° ۲۸' ۰۲.۴۹"	۹	۳۴۳	۴۸	۳۶° ۵۵' ۲۸.۹۸"	۵۵° ۲۸' ۱۲.۵۸"
۱۰	-۶۵	۵۹	۳۶° ۵۵' ۳۵.۹۷"	۵۵° ۲۸' ۰۲.۴۹"	۱۰	۳۳۸	۴۲	۳۶° ۵۵' ۲۸.۹۸"	۵۵° ۲۸' ۱۲.۵۸"
۱۱	-۲۵	۴۵	۳۶° ۵۵' ۳۲.۸۰"	۵۵° ۲۷' ۵۵.۵۴"	۱۱	۳۵۵	۴۲	۳۶° ۵۵' ۲۵.۰۲"	۵۵° ۲۸' ۰۵.۵۷"
۱۲	-۵۱	۴۷	۳۶° ۵۵' ۳۲.۸۰"	۵۵° ۲۷' ۵۵.۵۴"	۱۲	۳۵۰	۵۱	۳۶° ۵۵' ۲۵.۰۲"	۵۵° ۲۸' ۰۵.۵۷"
۱۳	-۳۰	۵۵	۳۶° ۵۵' ۳۲.۸۰"	۵۵° ۲۷' ۵۵.۵۴"	۱۳	۳۴۲	۴۵	۳۶° ۵۵' ۲۵.۰۲"	۵۵° ۲۸' ۰۵.۵۷"
۱۴	-۴۸	۴۲	۳۶° ۵۵' ۳۲.۸۰"	۵۵° ۲۷' ۵۵.۵۴"	۱۴	۳۳۷	۷۰	۳۶° ۵۵' ۲۵.۰۲"	۵۵° ۲۸' ۰۵.۵۷"
۱۵	-۳۷	۳۹	۳۶° ۵۵' ۳۲.۸۰"	۵۵° ۲۷' ۵۵.۵۴"	۱۵	۳۳۴	۲۵	۳۶° ۵۵' ۲۵.۰۲"	۵۵° ۲۸' ۰۵.۵۷"

پیوست ۱۱ - داده‌های برداشت شده از ناودیس غزنوی در برش A

No.	Dip.Dir	Dip	No.	Dip.Dir	Dip
۱	۱۱۰	۲۳	۱	۰۱۰	۱۲
۲	۱۲۱	۲۵	۲	۳۵۰	۴۵
۳	۰۸۵	۲۰	۳	۳۳۵	۵۲
۴	۱۵۰	۲۵	۴	۳۴۰	۷۵
۵	۱۰۰	۳۲	۵	۳۴۶	۶۸

پیوست ۱۲ - داده‌های برداشت شده از ناودیس غزنوی در برش B

No.	Dip.Dir	Dip	No.	Dip.Dir	Dip
۱	۱۴۵	۳۰	۱	۳۲۵	۸۰
۲	۱۵۲	۴۲	۲	۳۳۰	۷۵
۳	۱۷۰	۲۲	۳	۳۳۸	۷۲
۴	۱۶۸	۲۵	۴	۳۴۱	۷۷
۵	۱۵۶	۳۲	۵	۳۵۰	۶۹
۶	۱۴۸	۲۸	۶	۳۴۳	۶۸
۷	۱۷۶	۴۹	۷	۳۴۶	۶۱

پیوست ۱۳ - داده‌های برداشت شده از تاق‌دیس غزنوی در پیمایش T_{۱۱} T_{۱۲}

No.	Dip.	Dip	Latitude	longitude	No.	Dip.	Dip	Latitude	Longitude
.	Dir				.	Dir			
۱	۳۵۰	۴۵	۳۶° ۵۶' ۱۱.۷۰"	۵۵° ۲۶' ۳۸.۴۳"	۱	۳۳۰	۷۴	۳۶° ۵۵' ۴۴.۷۰"	۵۵° ۲۷' ۰۸.۳۶"
۲	۳۵۸	۴۲	۳۶° ۵۶' ۱۱.۷۰"	۵۵° ۲۶' ۳۸.۴۳"	۲	۳۴۰	۷۸	۳۶° ۵۵' ۴۴.۷۰"	۵۵° ۲۷' ۰۸.۳۶"
۳	۰۰۲	۴۸	۳۶° ۵۶' ۱۱.۷۰"	۵۵° ۲۶' ۳۸.۴۳"	۳	۳۴۳	۷۵	۳۶° ۵۵' ۴۴.۷۰"	۵۵° ۲۷' ۰۸.۳۶"
۴	۰۰۴	۶۰	۳۶° ۵۶' ۰۵.۸۲"	۵۵° ۲۷' ۰۳.۸۰"	۴	۳۴۰	۷۰	۳۶° ۵۵' ۴۴.۷۰"	۵۵° ۲۷' ۰۸.۳۶"
۵	۰۰۵	۵۸	۳۶° ۵۶' ۰۵.۸۲"	۵۵° ۲۷' ۰۳.۸۰"	۵	۳۲۷	۷۹	۳۶° ۵۵' ۴۴.۷۰"	۵۵° ۲۷' ۰۸.۳۶"
۶	۰۰۰	۶۱	۳۶° ۵۶' ۰۵.۸۲"	۵۵° ۲۷' ۰۳.۸۰"	۶	۳۲۵	۷۲	۳۶° ۵۵' ۴۴.۷۰"	۵۵° ۲۷' ۰۸.۳۶"
۷	۳۵۶	۵۰	۳۶° ۵۵' ۵۷.۵۷"	۵۵° ۲۷' ۰۳.۸۸"	۷	۱۴۵	۳۰	۳۶° ۵۵' ۴۳.۶۱"	۵۵° ۲۷' ۰۸.۴۴"
۸	۳۵۳	۵۷	۳۶° ۵۵' ۵۷.۵۷"	۵۵° ۲۷' ۰۳.۸۸"	۸	۱۵۲	۴۲	۳۶° ۵۵' ۴۳.۶۱"	۵۵° ۲۷' ۰۸.۴۴"
۹	۳۵۷	۶۰	۳۶° ۵۵' ۵۷.۵۷"	۵۵° ۲۷' ۰۳.۸۸"	۹	۱۷۰	۲۲	۳۶° ۵۵' ۴۳.۶۱"	۵۵° ۲۷' ۰۸.۴۴"
۱۰	۳۴۹	۵۰	۳۶° ۵۵' ۵۱.۳۷"	۵۵° ۲۶' ۵۵.۵۹"	۱۰	۱۶۸	۲۵	۳۶° ۵۵' ۴۳.۶۱"	۵۵° ۲۷' ۰۸.۴۴"
۱۱	۳۵۸	۵۲	۳۶° ۵۵' ۵۱.۳۷"	۵۵° ۲۶' ۵۵.۵۹"	۱۱	۱۵۶	۳۲	۳۶° ۵۵' ۴۳.۶۱"	۵۵° ۲۷' ۰۸.۴۴"
۱۲	۳۵۴	۴۵	۳۶° ۵۵' ۵۱.۳۷"	۵۵° ۲۶' ۵۵.۵۹"	۱۲	۱۴۸	۲۸	۳۶° ۵۵' ۴۳.۶۱"	۵۵° ۲۷' ۰۸.۴۴"
۱۳	۳۳۵	۷۰	۳۶° ۵۵' ۴۴.۷۰"	۵۵° ۲۷' ۰۸.۳۶"	۱۳	۱۷۹	۴۹	۳۶° ۵۵' ۴۳.۶۱"	۵۵° ۲۷' ۰۸.۴۴"

پیوست ۱۴ - داده‌های برداشت شده از تاق‌دیس غزنوی در پیمایش T_{۱۲} T_{۱۴}

No.	Dip.	Dip	Latitude	longitude	No.	Dip.	Dip	Latitude	Longitude
.	Dir				.	Dir			
۱	۳۵۸	۵۲	۳۶° ۵۶' ۲۹.۵۶"	۵۵° ۲۸' ۰۹.۹۳"	۱	۱۶۰	۴۹	۳۶° ۵۵' ۵۵.۹۶"	۵۵° ۲۸' ۰۹.۳۱"
۲	۳۵۷	۵۷	۳۶° ۵۶' ۲۹.۵۶"	۵۵° ۲۸' ۰۹.۹۳"	۲	۱۵۸	۴۰	۳۶° ۵۵' ۵۵.۹۶"	۵۵° ۲۸' ۰۹.۳۱"
۳	۰۰۲	۴۸	۳۶° ۵۶' ۲۹.۵۶"	۵۵° ۲۸' ۰۹.۹۳"	۳	۱۶۵	۳۵	۳۶° ۵۵' ۵۵.۹۶"	۵۵° ۲۸' ۰۹.۳۱"
۴	۰۰۰	۵۵	۳۶° ۵۶' ۲۹.۵۶"	۵۵° ۲۸' ۰۹.۹۳"	۴	۱۵۲	۳۸	۳۶° ۵۵' ۵۵.۹۶"	۵۵° ۲۸' ۰۹.۳۱"
۵	۰۰۵	۵۰	۳۶° ۵۶' ۲۹.۵۶"	۵۵° ۲۸' ۰۹.۹۳"	۵	۱۶۰	۵۴	۳۶° ۵۵' ۵۵.۹۶"	۵۵° ۲۸' ۰۹.۳۱"
۶	۳۵۰	۷۰	۳۶° ۵۶' ۱۶.۲۳"	۵۵° ۲۸' ۲۳.۶۱"	۶	۱۲۵	۴۲	۳۶° ۵۵' ۵۳.۷۶"	۵۵° ۲۸' ۱۳.۶۱"
۷	۳۵۳	۶۷	۳۶° ۵۶' ۱۶.۲۳"	۵۵° ۲۸' ۲۳.۶۱"	۷	۱۳۸	۵۰	۳۶° ۵۵' ۵۳.۷۶"	۵۵° ۲۸' ۱۳.۶۱"
۸	۳۴۸	۶۲	۳۶° ۵۶' ۱۶.۲۳"	۵۵° ۲۸' ۲۳.۶۱"	۸	۱۳۳	۴۷	۳۶° ۵۵' ۵۳.۷۶"	۵۵° ۲۸' ۱۳.۶۱"
۹	۳۴۲	۶۰	۳۶° ۵۶' ۱۶.۲۳"	۵۵° ۲۸' ۲۳.۶۱"	۹	۱۲۸	۴۱	۳۶° ۵۵' ۵۳.۷۶"	۵۵° ۲۸' ۱۳.۶۱"
۱۰	۳۴۶	۷۲	۳۶° ۵۶' ۱۶.۲۳"	۵۵° ۲۸' ۲۳.۶۱"	۱۰	۱۳۰	۵۳	۳۶° ۵۵' ۵۳.۷۶"	۵۵° ۲۸' ۱۳.۶۱"
۱۱	۳۴۳	۷۰	۳۶° ۵۶' ۰۹.۵۷"	۵۵° ۲۸' ۱۷.۶۵"	۱۱	۱۶۳	۵۰	۳۶° ۵۵' ۵۴.۶۳"	۵۵° ۲۸' ۱۴.۵۵"
۱۲	۳۳۵	۵۸	۳۶° ۵۶' ۰۹.۵۷"	۵۵° ۲۸' ۱۷.۶۵"	۱۲	۱۵۹	۴۵	۳۶° ۵۵' ۵۴.۶۳"	۵۵° ۲۸' ۱۴.۵۵"
۱۳	۳۳۹	۶۲	۳۶° ۵۶' ۰۹.۵۷"	۵۵° ۲۸' ۱۷.۶۵"	۱۳	۱۶۸	۴۸	۳۶° ۵۵' ۵۴.۶۳"	۵۵° ۲۸' ۱۴.۵۵"
۱۴	۳۵۱	۵۹	۳۶° ۵۶' ۰۹.۵۷"	۵۵° ۲۸' ۱۷.۶۵"	۱۴	۱۶۴	۶۰	۳۶° ۵۵' ۵۴.۶۳"	۵۵° ۲۸' ۱۴.۵۵"
۱۵	۳۴۲	۵۷	۳۶° ۵۶' ۰۹.۵۷"	۵۵° ۲۸' ۱۷.۶۵"	۱۵	۱۶۲	۵۳	۳۶° ۵۵' ۵۴.۶۳"	۵۵° ۲۸' ۱۴.۵۵"

پیوست ۱۵ - داده‌های برداشت شده از چین خوردگی سازند پادها

No.	Dip.Dir	Dip
۱	۰۳۸	۴۰
۲	۰۴۲	۴۵
۳	۰۴۷	۴۲
۴	۰۴۰	۵۰
۵	۰۴۶	۴۵

پیوست ۱۶ - داده‌های برداشت شده از چین FO ۲

No.	Dip.Dir	Dip.	No.	Dip.Dir	Dip.
۱	۳۲۰	۸۰	۱	۲۵۰	۵۸
۲	۳۱۵	۶۵	۲	۲۴۵	۶۰
۳	۳۱۸	۷۵	۳	۲۲۱	۵۵
۴	۳۲۲	۸۲	۴	۲۴۲	۵۸
۵	۳۰۹	۶۳	۵	۲۳۸	۶۲

پیوست ۱۷ - داده‌های برداشت شده از چین FO ۳

No.	Dip.Dir	Dip.	No.	Dip.Dir	Dip.
۱	۱۹۸	۴۰	۱	۳۱۲	۸۰
۲	۱۸۰	۳۰	۲	۳۱۰	۷۵
۳	۱۹۰	۱۹	۳	۳۱۲	۷۰
۴	۱۹۴	۳۵	۴	۳۰۷	۷۳
۵	۱۹۶	۳۲	۵	۳۱۸	۸۰
۶	۱۸۶	۲۷	۶	۳۰۹	۸۹
۷	۱۸۶	۳۲	۷	۳۲۵	۷۷
۸	۲۰۰	۳۲	۸	۳۱۵	۸۱

پیوست ۱۸ - داده‌های برداشت شده از تاق‌دیس غزنوی در برش A

No.	Dip.Dir	Dip	No.	Dip.Dir	Dip
۱	۱۷۵	۷۳	۱	۱۱۰	۲۳
۲	۱۷۲	۷۰	۲	۱۲۱	۲۵
۳	۱۶۸	۶۵	۳	۰۸۵	۲۰
۴	۱۶۵	۸۰	۴	۱۵۰	۲۵
۵	۱۶۶	۷۴	۵	۱۰۰	۳۲

پیوست ۱۹ - داده‌های برداشت شده از تاق‌دیس غزنوی در برش B

No.	Dip.Dir	Dip	No.	Dip.Dir	Dip
۱	۱۴۵	۳۰	۱	۳۲۵	۸۰
۲	۱۵۲	۴۲	۲	۳۳۰	۷۵
۳	۱۷۰	۲۲	۳	۳۳۸	۷۲
۴	۱۶۸	۲۵	۴	۳۴۱	۷۷
۵	۱۵۶	۳۲	۵	۳۵۰	۶۹
۶	۱۴۸	۲۸	۶	۳۴۳	۶۸
۷	۱۷۶	۴۹	۷	۳۲۶	۶۱

پیوست ۲۰ - داده‌های برداشت شده از تاق‌دیس غزنوی در برش C

NO.	Dip	Dip.Dir	NO.	Dip	Dip.Dir
۱	۵۱	۳۴۰	۱	۴۰	۱۵۵
۲	۶۵	۳۵۰	۲	۳۸	۱۵۸
۳	۴۵	۳۵۵	۳	۳۲	۱۴۵
۴	۴۰	۳۴۰	۴	۲۳	۱۵۳
۵	۴۵	...	۵	۳۰	۱۴۸
۶	۴۶	۳۴۸	۶	۲۵	۱۶۲
۷	۴۰	۳۵۰	۷	۴۵	۱۴۰

پیوست ۲۱ - داده‌های برداشت شده از تاق‌دیس غزنوی در برش D

NO	Dip	Dip.Dir	NO	Dip	Dip.Dir
۱	۵۸	...	۱	۴۵	۱۳۵
۲	۴۵	۳۴۵	۲	۳۸	۱۵۵
۳	۴۸	۳۵۸	۳	۲۵	۱۳۰
۴	۵۱	۳۴۸	۴	۳۲	۱۵۰
۵	۵۰	۳۴۲	۵	۴۸	۶۰
۶	۴۰	...	۶	۴۱	۱۴۰
۷	۳۵	۰۰۵	۷	۴۴	۱۳۸
۸	۳۹	۳۴۰	۸	۲۸	۱۳۵
۹	۴۰	۳۵۰	۹	۳۰	۱۳۲
۱۰	۳۸	۳۵۲	۱۰	۲۵	۱۲۸

پیوست ۲۲ - داده‌های برداشت شده از تاق‌دیس غزنوی در برش E

NO	Dip	Dip.Dir	NO	Dip	Dip.Dir
۱	۳۸	۰۰۶	۱	۱۵	۳۲۰
۲	۵۱	۳۴۶	۲	۱۷	۲۴۸
۳	۴۵	۰۰۲	۳	۱۰	۳۱۰
۴	۴۳	۰۰۷	۴	۲۵	۳۲۰
۵	۴۰	۳۵۸	۵	۳۰	۲۲۵
۶	۴۴	۰۰۳	۶	۱۷	۲۲۱
۷	۳۵	۰۱۰	۷	۱۹	۲۲۵

۸	۴۲	۳۵۲	۸	۲۸	۲۵۸
۹	۴۵	۳۴۵	۹	۱۴	۳۰۰
۱۰	۳۸	۰۰۲	۱۰	۱۲	۲۳۸

پیوست ۲۳ - داده‌های برداشت شده از چین ۴ FO

No.	Dip	Dip.Dir	No	Dip	Dip.Dir
۱	۶۴	۳۴۲	۱	۴۲	۰۳۵
۲	۵۱	۳۵۰	۲	۵۰	۰۶۰
۳	۶۰	۳۴۵	۳	۵۲	۰۵۵
۴	۵۸	۳۳۸	۴	۳۲	۰۳۵
۵	۵۹	۳۴۰	۵	۴۸	۰۵۸

پیوست ۲۴ - داده‌های برداشت شده از چین ۵ FO

NO.	Dip	Dip.Dir	NO.	Dip	Dip.Dir
۱	۳۷	۰۲۵	۱	۵۲	۳۳۰
۲	۳۵	۰۲۸	۲	۴۲	۳۴۰
۳	۳۰	۰۳۰	۳	۴۸	۳۳۶
۴	۴۱	۰۲۲	۴	۵۰	۳۴۵
۵	۳۸	۰۰۵	۵	۴۰	۳۴۸
۶	۳۷	۰۰۸	۶	۵۵	۳۳۵

پیوست ۲۵ - داده‌های برداشت شده از چین ۶ FO

No	Dip	Dip.Dir	No	Dip	Dip.Dir
۱	۶۵	۱۱۰	۱	۵۵	۰۳۱
۲	۶۳	۱۳۶	۲	۳۵	۰۴۲
۳	۴۵	۱۰۹	۳	۷۴	۰۱۰
۴	۵۵	۱۲۳	۴	۵۸	۰۲۸
۵	۵۸	۱۱۸	۵	۶۵	۰۵۵
۶	۴۵	۱۱۵	۶	۸۱	۰۱۲

پیوست ۲۶ - داده‌های برداشت شده از چین FO ۷

No	Dip	Dip.Dir	No	Dip	Dip.Dir
۱	۱۵۸	۵۶	۶	۰۶۰	۴۵
۲	۱۸۰	۴۲	۷	۰۵۸	۳۵
۳	۱۷۰	۶۰	۸	۰۵۲	۳۲
۴	۱۶۸	۵۳	۹	۰۵۶	۳۸
۵	۱۷۵	۴۹	۱۰	۰۶۵	۴۰

پیوست ۲۷ - داده‌های برداشت شده از چین FO ۸

No.	Dip	Dip.Dir	No.	Dip	Dip.Dir
۱	۷۳	۱۱۲	۱	۵۰	۳۳۵
۲	۶۵	۱۱۸	۲	۶۰	۳۴۰
۳	۵۸	۱۰۰	۳	۶۱	۳۵۰
۴	۶۴	۱۰۹	۴	۵۵	۳۴۲

پیوست ۲۸ - داده‌های برداشت شده از چین FO ۹

No.	Dip	Dip.Dir	No.	Dip	Dip.Dir
۱	۳۳۳	۸۱	۱	۱۰۹	۸۶
۲	۳۴۰	۷۶	۲	۱۱۲	۸۱
۳	۳۳۸	۶۵	۳	۰۹۹	۷۹
۴	۳۳۱	۷۰	۴	۰۹۵	۷۵
۵	۳۲۸	۷۲	۵	۱۰۵	۷۲

پیوست ۲۹ - داده‌های برداشت شده از لایه بندی سازند شمشک چین FO ۱۰

No.	Dip.Dir	Dip	No.	Dip.Dir	Dip
۱	۳۵۰	۳۵	۶	۳۳۴	۳۵
۲	۳۳۵	۳۲	۷	۳۵۰	۳۷
۳	۳۴۸	۴۰	۸	۳۴۶	۴۲
۴	۳۴۱	۳۸	۹	۳۳۶	۳۰
۵	۳۵۲	۴۳	۱۰	۳۴۲	۳۶

پیوست ۳۰ - داده‌های برداشت شده از لایه بندی سازند فارسین چین ۱۱ FO

No.	Dip.Dir	Dip
۱	۰۲۸	۳۸
۲	۰۳۲	۵۰
۳	۰۴۰	۴۰
۴	۰۲۲	۴۸
۵	۰۳۵	۴۶
۶	۰۱۰	۴۵
۷	۰۱۸	۵۵
۸	۰۲۹	۴۷
۹	۰۲۸	۵۲
۱۰	۰۱۷	۴۲

پیوست ۳۱ - داده‌های برداشت شده از لایه بندی آهک های کرتاسه بالایی چین ۱۲ FO

No.	Dip.Dir	Dip
۱	۱۰۵	۶۵
۲	۰۹۵	۷۵
۳	۰۹۸	۸۰
۴	۱۰۰	۷۸
۵	۱۱۰	۱۰۰

پیوست ۳۲ - داده‌های برداشت شده از لایه بندی نهشته‌های پلیوسن چین ۱۳ FO

No.	Dip.Dir	Dip	No.	Dip.Dir	Dip
۱	۰۶۰	۱۴	۶	۰۷۸	۱۳
۲	۰۷۰	۱۲	۷	۰۶۸	۰۶
۳	۰۷۴	۱۰	۸	۰۸۱	۱۰
۴	۰۶۵	۸	۹	۰۸۳	۰۹
۵	۰۶۳	۱۴	۱۰	۰۶۵	۱۵

پیوست ۳۳ - داده‌های برداشت شده از لایه بندی نهشته‌های پلیوسن چین ۱۴ FO

No.	Dip.Dir	Dip	No.	Dip.Dir	Dip
۱	۰۹۵	۲۴	۶	۰۸۳	۱۷
۲	۰۸۷	۲۳	۷	۰۹۰	۳۰
۳	۱۰۳	۲۵	۸	۱۰۰	۲۸
۴	۱۰۹	۱۵	۹	۰۹۸	۲۵
۵	۰۹۴	۱۸	۱۰	۱۱۲	۲۴

منابع

- آقائباتی، س.ع.، (۱۳۸۳)، "زمین شناسی ایران"، انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۴۵۵ص.
- آقائباتی، س.ع.، (۱۳۷۷)، "چینه شناسی ژوراسیک در ایران"، جلد دوم، انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی، ۳۵۵ص.
- الیاسی، م.، (۱۳۹۲)، "مبانی زمین شناسی ساختمانی"، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۲۰ ص.
- امیدی، پ.، نوگل سادات، م.، قریشی، م.، (۱۳۸۱)، "بازسازی تنش کواترنری بر اساس تحلیل لغزش در نیمه جنوبی البرز خاوری"، فصلنامه علوم زمین، شماره ۴۵-۴۶، ص ۴۸-۶۳.
- جعفریان، م.ب.، جلالی، ع.، (۱۳۸۳)، "نقشه زمین شناسی خوش ییلاق به مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰"، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی.
- حسنی، ر.، موسوی، م.، لنکرانی، م.، اهری پور، ر.، (۱۳۹۱)، "رخساره‌ها، محیط‌های رسوب گذاری و چینه‌نگاری سکانشی توالی رسوبی پرمین در ناحیه خوش ییلاق"، فصلنامه زمین شناسی ایران، شماره ۲۴، ص ۱۹-۳۲.
- درویش زاده، ع.، (۱۳۷۰)، "زمین شناسی ایران"، انتشارات نشر دانش امروز، ص ۸۷۳.
- درویش زاده، ع.، (۱۳۸۳)، "زمین شناسی ایران"، انتشارات امیرکبیر.
- درخشان، ا.، خاکسار، ک.، محمدی، م.، (۱۳۹۱)، "محیط رسوبی دیرین سازند الیکا در برش تیل آباد (شمال شرق شاهرود - البرز شرقی)"، ششمین همایش ملی زمین شناسی دانشگاه پیام نور، کرمان

- رحیمی، ب.، (۱۳۸۱)، پایان نامه دکتری: " مطالعات ساختاری رشته کوه البرز در شمال دامغان"، دانشگاه شهید بهشتی.
- سعیدی، ز.، مصدق ح.، بابازاده ا.، کبریایی زاده م.ر.، (۱۳۹۱)، " تحلیل رخساره‌های رسوبی سازند مبارک در برش تیل آباد (البرز شرقی)"، شانزدهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، شیراز.
- شهبازی، ح.، (۱۳۹۳)، " تحلیل هندسی و جنبشی چین خوردگی در منطقه تیل آباد (البرز شرقی)"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه دامغان، ۱۱۶ص.
- شهریاری، س.، موسوی حرمی، ر.، رحیمی، ب.، (۱۳۸۲)، " تکوین و تکامل ساختاری البرز و تحولات رسوبگذاری مرتبط با آن"، فصلنامه علوم دانشگاه تربیت معلم، شماره ۳-۴، ص ۱۴۱-۱۶۲.
- قاسمی، م.ر.، (۱۳۸۷)، " پایه‌های زمین شناسی ساختمانی"، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی، ۳۲۰ص.
- قرشی، م.، آرین، م.، (۱۳۸۹)، "تکتونیک ایران"، انتشارات مربع آبی، ۳۱۵ص.
- لاسمی، ی.، جهانی، د.، کهنسال قدیم‌وند، ن.، (۱۳۷۹)، " بررسی سازند الیکا در غرب البرز شرقی (ناحیه غزنوی): رخساره‌ها محیط‌های رسوبی و چین‌نگاری سکansı"، چهارمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، تبریز.
- مختارپور، ح.، (۱۳۷۶)، " سنگ شناسی و محیط رسوبی سنگ‌های آواری پرمین زیرین (سازند دورود) در ناحیه البرز"، فصلنامه علوم زمین، شماره ۲۵-۲۶، ص ۷۲-۹۰.
- میرباقری، س.ر.، (۱۳۸۶)، " مشخصات سنگ‌شناسی، محیط رسوبی و سکانس استراتیگرافی سازند شمشک در ناحیه خوش ییلاق"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، ۱۱۴ص.

- نورافکن، ا.، (۱۳۹۰)، " تحلیل ساختاری چین‌خوردگی و گسلش در ناحیه چهل دختر (شمال خاوری شاهرود) "، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شاهرود، ۱۳۶ ص.
- تصاویر ماهواره‌ای لندست (برگرفته از Google earth, 2014).
- Aharipour, R., Moussavi, M.R., Mosaddegh, H., Mistiaen, B., (2010), "Facies features and paleoenvironmental reconstruction of the Early to Middle Devonian syn-rift volcano-sedimentary succession (Padeha formation) in the Eastern- Alborz Mountain, NE Iran", *Facies* 56: 279-294.
- Alavi, M., (1996), "Tectonostratigraphy synthesis and structural style of the Alborz mountain system in Northern Iran", *Geodynamic*, 21(1), 1-33.
- Allen, M.B., Ghassemi, M.R., Shahrabi, M., Qorashi, M., (2003), "Accommodation of late Cenozoic oblique shortening in the Alborz range, northern Iran", *Journal of Structural Geology*, v.25, pp. 659-627.
- Berberian, M., King, G.G., (1981), "Towards a paleogeography and tectonic evolution of Iran", *Canadian Journal Earth Science*, 18: 210-265.
- Bozorgnia, F., (1973), "Paleozoic foraminiferal biostratigraphy of central and east Alborz Mountains, Iran". NIOC, Geological laboratories, 4:1-185.
- Davis G.H., (1984), "Structural geology of rocks and regions", Jhon Wiley and Sons. New york, P 492.
- Doblasi M., (1998), "Slickensid kinematic indicators", *Journal of Tectonophysics*, Vol 295, PP 187–197.

- Djamour, Y., Bayer, R., (2005), "Contribution of the geodetic observations (GPS and Leveling) to study the tectonic deformation and seismic hazard on the Central Alborz, Iran", Geophys. Res. Abstracts, Vol. 7, 1P.
- Ehteshami Moinabadi M., Yassaghi A., (2006), "Geometry and kinematics of the Mosha fault, south central Alborz Range, Iran: An example of basement involved thrusting", Journal of Asian Earth Sciences, doi: 10.1016,
- Fleuty, M.J., (1964), "The description of fold, Proceedings of the Geologist Association", vol. 35, pp. 461-492.
- Fossen, H., (2010), "Structural Geology", Cambridge University Press, New York.
- Jackson, J., Priestly, K., Allen, M., Berberian, M., (2002), "Active tectonic of the South Caspian Basin", Geophysical Journal International, v.148, p. 214-245.
- 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.
- Javidfakhr, B., Bellier, O., Shabanian, E., Ahmadian, S., Saidi, A., (2011b), "Plio-Quaternary tectonic regime changes in the transition zone between Alborz and Kopeh Dag mountain ranges (NE Iran)", Journal of Tectonophysics, doi: 10.1016.
- McClay, K., Bonora, M., 2001, Analog models of restraining stepover in strike-slip fault systems, AAPG, Vol,85, NO.2, pp233-260.

- Marshak, S., Mitra, G., (1988), "Basic methods of structural geology", Newjersey: prentice Hall, Englewood Cliffs.
- Ramsay, J.G., Huber, M.I., (1987), "The techniques of modern structural geology", Volume 2: Fold and Fractures, London: Academic Press.
- Stocklin, J., (1968), "Structural history and tectonics of Iran, A review", American Association of petroleum Geologists Bulletin. v. 52, pp. 1229-1258.
- Tatar, M., (2001), "Etude seismotectonique de deux zones de collision continental: Le Zagros Central et l' Alborz (Iran)", PhD. Thesis, University de Joseph Fourier.
- Petit J.P., (1987), "Criteria for the sense of movment on fault surfaces in brittle rocks", Journal of structural geology, 9, No.5/6, PP 597-608.
- Ritz, J. F., Nazari, H., Ghassemi, A., Salamati, R., Shafei, A., Solaymani, S. Vernant, P. (2006). "Active transtension inside Central Alborz: a new insight into the northern Iran-southern Caspian geodynamics." Geology, 34(6), pp. 477-480.
- Stampfli, G.M., (1978), "Etude geologique generale de Elburz oriental au S.Gonbad –e – qabus, (Iran, NE)", these fac. Sei. Univ. Geneve, 1-315.
- Twiss R.J., and Moores E.M., (1992), "Structural Geology", W. H. Freeman and company New York, PP 532.
- Vail P. R., Mitchum R. M. and Thompson III. S., (1977), "Seismic stratigraphy and global changes of sea level", part 4. In: Global cycles of relative changes of sea level. AAPG Mem. Vol 26, PP 83-97.
- Vernant, Ph., Nilforoushan, F., Hatzfeld, D., Abbassi, M.R., Vigny, C., Masson. F., Nankali, H., Martinod, J., Ashtiani, A., Bayer, R, Tavakoli,

- F., Chery, J., (2004), "Present-day crustal deformation and plate kinematics in the Middle East constrained by GPS measurements in Iran and northern Oman, *Geophys. J. Int.*, Vol. 157, PP. 381-398.
- Waldron, J.W.F., 2005, External fault arrays in strike-slip and transtension, *Journal of Structural Geology*, No. 25, pp 23-34.
 - Wilcox, R. E., T.P., Harding, Seely, D.R., 1973, Basic Wrench Tectonics, *AAPG Vol.57, NO.1*.

Abstract

The study area is located in the Northern part of Eastern Alborz. This area located in the Golestan province in 45 km South East of Azadshahr city. In this area Paleozoic, Mesozoic and Cenozoic formation affected by folding and faulting tectonic activity. The faults that their strikes are northeast-southwest such as Tilabad, Zardabeh, F_1 and F_2 have left lateral reverse mechanism. Transverse faults in the region are in two groups. Faults with an almost north-south strike-slip mechanism and normal faults left on NW-SE also have a right-lateral mechanism. This geometrical arrangement and kinematics of faults is compatible with regional left lateral transpression. Based on interlimb angle of fold (Fleuty 1964), most of the fold have taken place in open field and with less frequently is gentle, Close and Tight. Based on the dip of axial plane and plunge of hinge line, the studied fold are classified into two domains: 1- Upright – Gently Plunging, 2- Steeply Inclined - Gently Plunging. Classification of Folds in the region, according to Ricard in the classes (Upright Fold) and (Inclined Fold) are placed. Geomorphologic features of studied area highly affected by tectonic elements such as folds and faults.

Key Word: Eastern Alborz, Tilabad, Ghosnavi, Zardabeh



**Shahrood University
Faculty of Earth Sciences
Tectonic Group**

**Geometric and kinematic analysis of geological structures in the area of
Tilabad – Ghoznavi (Eastern Alborz)**

Omid basham

Supervisor:

Dr. R. Ramazani Oomali

Advisor:

Dr. A. Taheri

February 2015