

تعیین موقعیت تنش دیرین بر پایه مطالعه ناپیوستگی‌ها و چین خوردگی‌های موجود در پهنه برخوردی زاگرس - مطالعه موردی منطقه کرمانشاه

سپیده رضاییک¹، عبدالله سعیدی^{2*}، مهران آرین³ و علی سربی⁴

¹دانشجوی دکترا، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

²استادیار، پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران

³استاد، گروه علوم زمین، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

⁴استادیار، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج، البرز، ایران

چکیده

پهنه مورد مطالعه در بخش شمالی پهنه برخوردی زاگرس واقع شده است. وجود واحدهایی از نهشته‌های ژرف بستر اقیانوس، افولیت‌ها و سنگ‌های رسوبی کربناته زاگرس چین خورده در کنار هم نشان‌دهنده یک سیستم تکتونیکی فشارشی از کرتاسه پسین تا زمان کنونی است. در نتیجه این همگرایی، زمین ساخت و ساختارهای پیچیده‌ای در این پهنه به وجود آورده است. هدف اصلی این پژوهش، تحلیل و تعیین موقعیت تنش در پهنه ساختاری زاگرس (کرمانشاه) است. برای شناخت و بررسی آرایش محورهای تنش، برداشت‌های ساختاری به روش مستقیم صحرایی صورت گرفته است. برداشت‌ها شامل صفحات گسلی، سطوح لغزش گسلی، درزهای هم یوغ و سطح محوری چین خوردگی‌ها هستند. الگوهای ثبت تنش در این پژوهش برای داده‌ها روش وارون سازی و مقایسه آن با موقعیت تنش با کمک سطح محوری چین‌ها است. براساس تعیین موقعیت تنش و روندهای کوتاه‌شدگی ناشی از فشردگی بر روی ساختارهای موجود در گستره تنها یک مرحله دگرشکلی به دست آمد. با استفاده از روش وارون سازی موقعیت تنش‌های اصلی σ_1 ، σ_2 و σ_3 در گستره مورد پژوهش به ترتیب 059، 304 و 194 و با کمک چین‌ها 029، 127 و 234 به دست آمده است. برپایه بررسی‌های انجام شده در منطقه مورد پژوهش و اندازه‌گیری‌های انجام شده بر روی سنگ‌های به سن کرتاسه و نتایج نشان می‌دهند که جهت تنش اصلی حداکثر از زمان کرتاسه تاکنون با تغییرات نه‌چندان زیادی رو به شمال شرقی بوده است. برآورد جهت تنش هم در چین‌ها و هم در گسل‌ها کم‌ویش یکسان بوده است. در نتیجه جهت کوتاه‌شدگی ثابت بوده است بنابراین گسل‌های منتسب به کوتاه‌شدگی همگی یک جهت تنش را نشان می‌دهند.

واژه‌های کلیدی: چین خوردگی، تحلیل خش لغزهای گسلی، تنش، روش وارونه‌سازی چند مرتبه‌ای، کرمانشاه

* نویسنده مرتبط: abdollahsaidi@yahoo.fr

پهنه زمین درز زاگرس یکی از نقاط کلیدی برخورد قاره- قاره ایران زمین بین صفحه عربی و ایران است. این پهنه از یک سو به پهنه زاگرس مرتفع و پهنه زاگرس چین خورده و از سوی دیگر به پهنه سنندج- سیرجان و در بخش شمالی زمین درز چسبیده است. روند زمین درز موازی با روند ساختارهای شکل گرفته شمال غرب- جنوب شرقی می باشد. مطالعات متفاوتی بر روی تنش دیرینه در مناطق مختلفی از کشور به وسیله پژوهشگران مختلف صورت گرفته است. از جمله این پژوهش ها می توان به الیاسی (1380)؛ نواب پور و همکاران (1385)؛ سعادت و همکاران (1387)؛ شهیدی و همکاران (1390)؛ موسوی و همکاران (1389) اشاره کرد. در پهنه برخورد (گستره پژوهش) سنگ ها و نهشته های موجود بر پایه ویژگی های رئولوژیکی شان رفتارهای متفاوتی در برابر فرایندهای همگرایی نشان داده اند. هدف از این پژوهش، بررسی الگوهای ساختاری در واحدهای سنگ چینه ای و نیز موقعیت و تغییرات جهت تنش در بازه های زمانی متفاوت بوده است. جهت های تنش فشارشی به دست آمده از داده های برداشت شده از ویژگی های هندسی و کینماتیکی گسل ها می باشد.

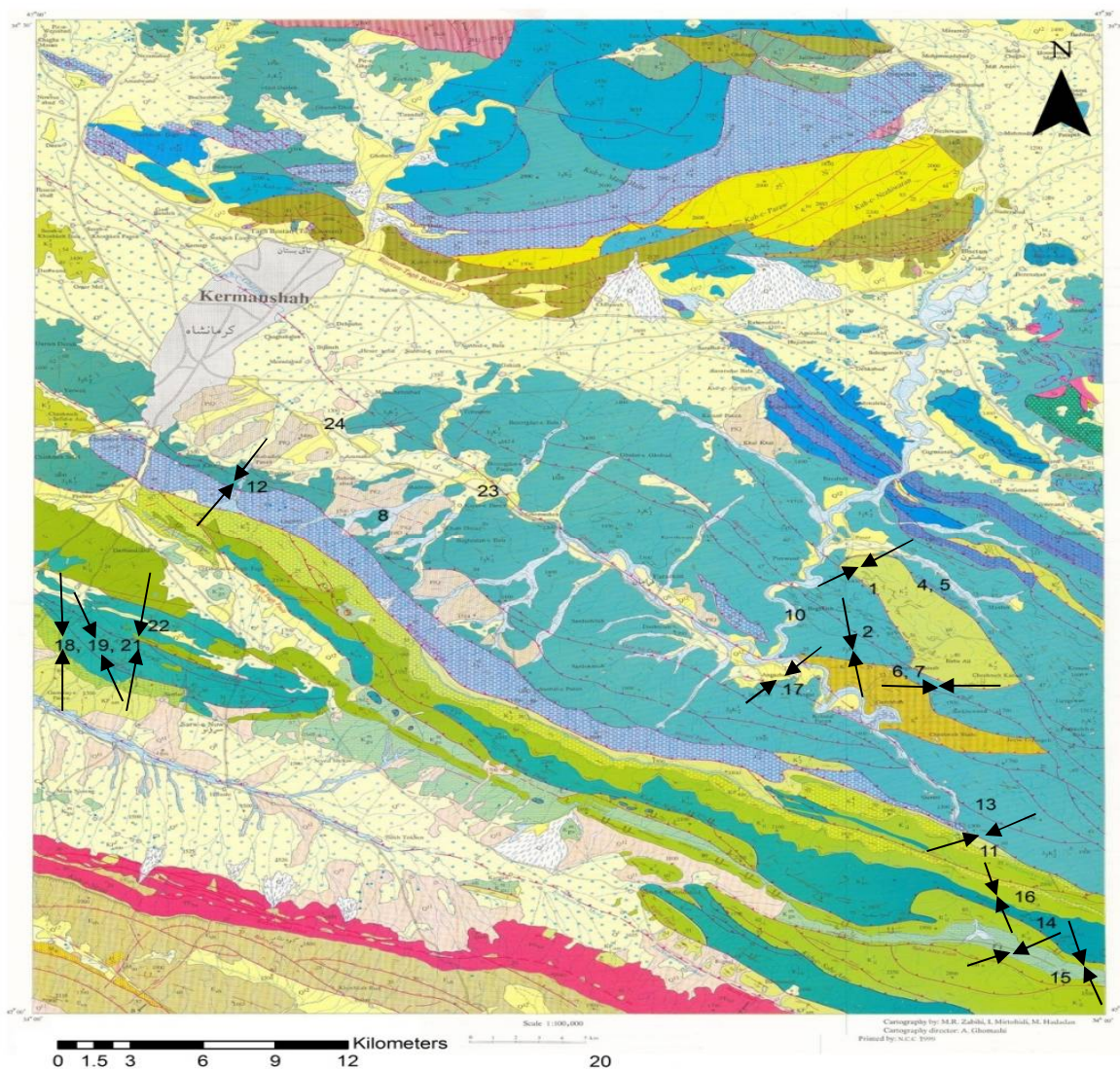
جایگاه و ویژگی های زمین ساختی و زمین شناسی گستره مورد پژوهش

از نظر زمین ساختی گستره مورد پژوهش گستره برخورد صفحه های قاره ای ایران و عربی و بسته شدن حوضه تیس جوان است. ساختار زمین شناسی ناحیه کرمانشاه از برگه های نازک رانده شده ای به صورت ساختمان های دوپلکس و سفره های رانده پدیدار شده اند. گسل های رانده گی بیشتر از نوع ¹Listric Contractional هستند و جهت حرکت آن ها از شمال- شمال شرقی به سمت جنوب- جنوب غربی است (گزارش نقشه 1:100000 هر سین). پنجره های تکتونیک متعددی از رادیولاریت ها و افیولیت ها در کوه های بیستون- پرآو، از لابه لای سازندهای کربناتی بیستون نمایان شده اند. جهت بزرگترین محور تنش بیشتر شمال- شمال شرقی، جنوب- جنوب غربی است. حرکت بلوک های فرا دیواره گسل های رانده گی متوالی نسبت به یکدیگر سبب تشکیل درزه ها و گسل های مزدوج² بسیاری شده است. در مجموعه رادیولاریتی کرمانشاه، شواهدی ناشی از گسلش گوناگون وجود دارد، ولی به

¹ Listric Contractional

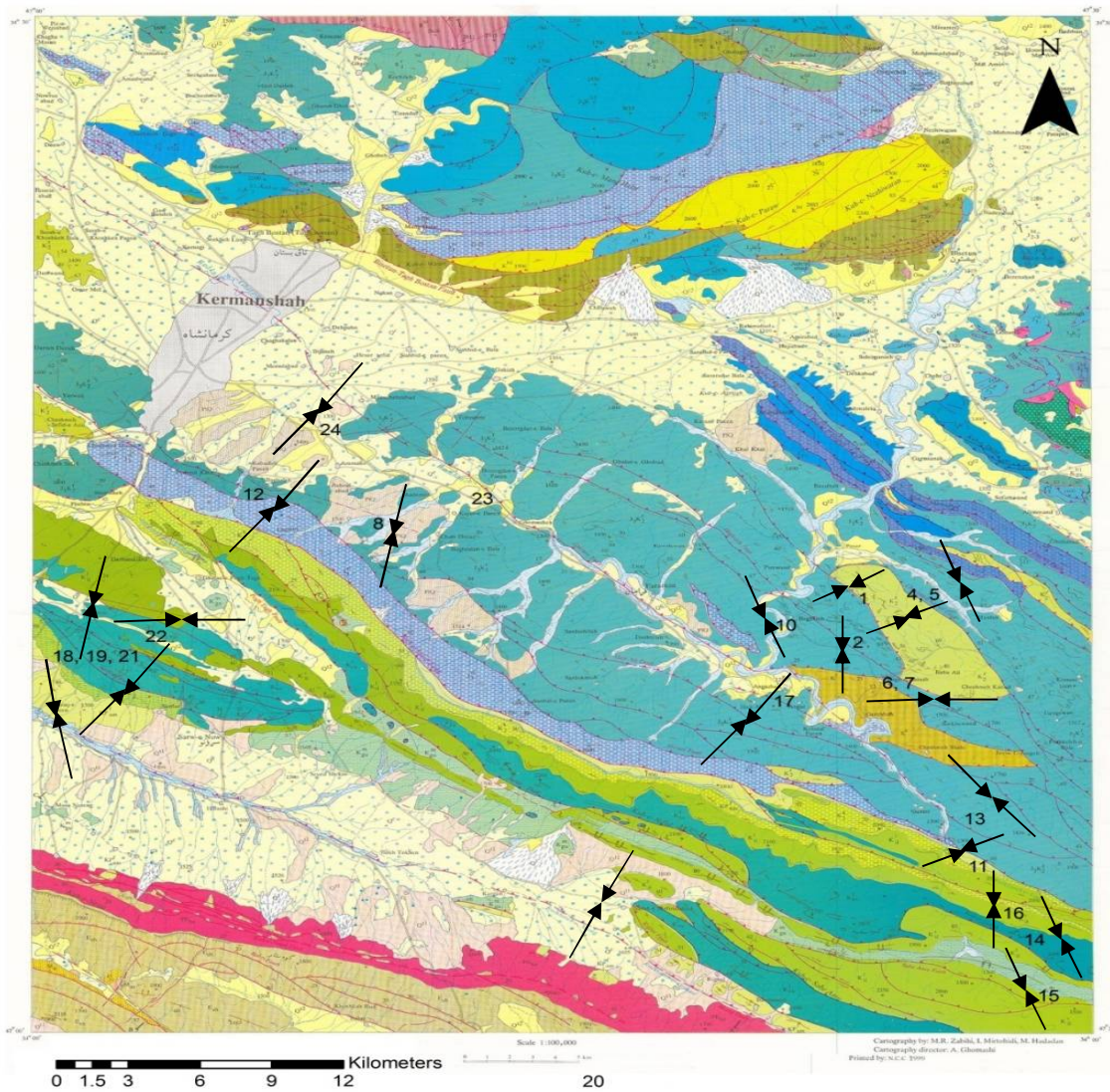
² Conjugate

دلیل به سطح نرسیدن آنها قابل شناسایی نیست (گسل‌های کور¹، بربریان، 1995). در شکل (1-الف و ب) ایستگاه‌های مورد بررسی و مقایسه جهت تنش‌ها در چین‌ها و گسل‌های برداشت شده روی نقشه 1:100000 زمین‌شناسی گستره کرمانشاه نمایش داده شده است.



شکل 1. الف) نقشه زمین‌شناسی 1:100000 منطقه کرمانشاه (سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، علیرضا کریمی باوندپور، 1999) به همراه جهت تنش چین‌های برداشت شده در هر ایستگاه

¹ Blind fault



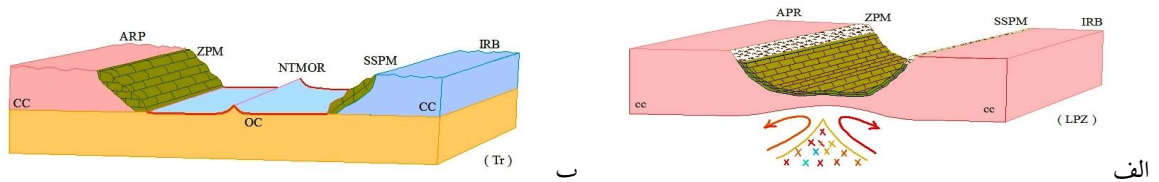
شکل 1. ب) نقشه زمین شناسی 1:100000 منطقه کرمانشاه (سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، علیرضا کریمی باوندپور، 1999)

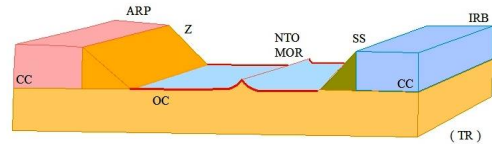
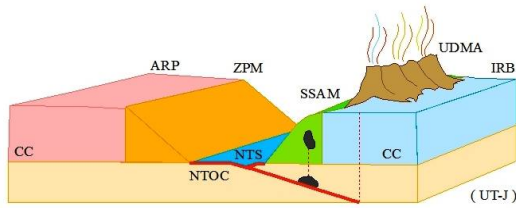
به همراه جهت تنش گسل های برداشت شده در هر ایستگاه

داده‌های زمین‌شناسی سراسری و منطقه‌ای نشان می‌دهد که بخش بیشتر ناحیه مورد پژوهش حوضه رسوبی - ساختاری زاگرس و گوشه شمال شرقی آن ویژگی‌های زمین‌شناسی پهنه سنندج - سیرجان را دارد (شکل 1). در نتیجه گستره استان را می‌توان به دو زیر پهنه جدا تقسیم کرد که مرز بین آن‌ها با گسل‌های جوان و لرزه‌زای مروارید و صحنه مشخص می‌شود:

الف: سنندج - سیرجان - گوشه شمال شرقی گستره مورد پژوهش بخش ناچیزی از پهنه دگرگون شده سنندج - سیرجان است که به وسیله یکی از گسل‌های جوان و لرزه‌زای زاگرس (گسل‌های مروارید - صحنه) از سایر قسمت‌های استان جدا شده است. در این پهنه رخنمون‌های سنگی شامل دگرگونه‌های مزوزوئیک (مجموعه ولکانیکی - آهکی سنقر) و اوایل سنوزوئیک هستند و به دلیل عملکرد تنش‌های فشارشی ساختار پیچیده دارند.

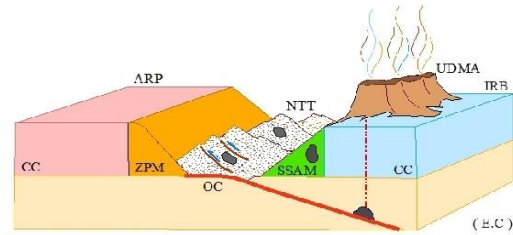
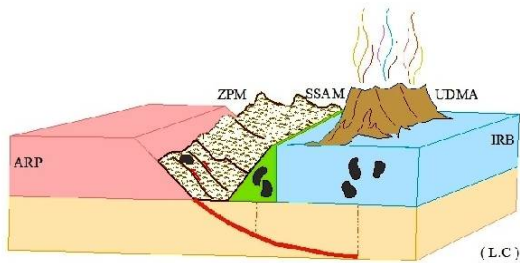
ب: زاگرس - بخش بیشتر گستره مورد پژوهش که در جنوب گسل مروارید - صحنه جای دارند ویژگی‌های رسوبی و ساختاری بخش شمال غربی زاگرس را دارند که شامل دو زیر پهنه زاگرس مرتفع و زاگرس چین‌خورده است. مرز بین این دو زیر پهنه از لحاظ رئولوژیکی چندان آشکار نیست و به نظر می‌رسد که گذر از زاگرس مرتفع به زاگرس چین‌خورده تدریجی است ولی الگوی ساختاری این دو زیر پهنه تفاوت‌های آشکار دارد. الگوی ساختاری این بخش استان کرمانشاه نتیجه عملکرد گسل‌های راندگی است که با جابه‌جایی‌های قابل توجه رخنمون‌های سنگی و سبتر شدن پوسته همراه است. جابه‌جایی ناشی از تنش فشارشی راندگی‌ها به صورت خردشدگی در سنگ‌ها نمود دارد. در زیرالگوی ژئودینامیکی برخورد دو صفحه ایران و عربی از زمان گسترش ریف درون‌قاره‌ای تا شکل‌گیری کنونی زاگرس در پایان میوسن - پلیوسن رسم شده است (شکل 2) (رضابیک و همکاران، 1396).





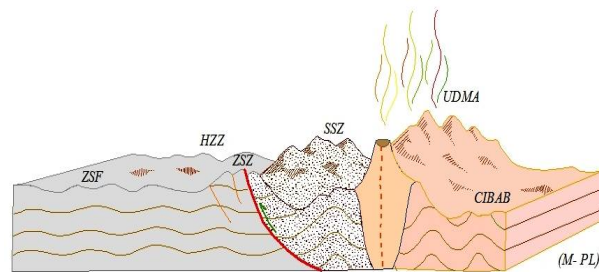
د

ج



ه

و



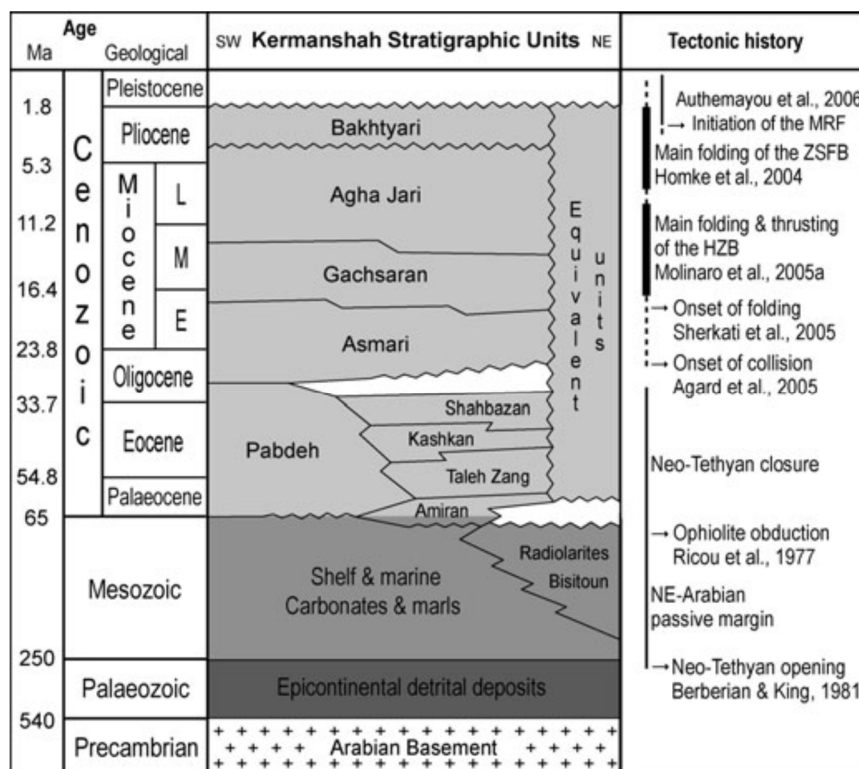
ی

شکل 2. الف) گسترش ریف درون قاره و شکل گیری حوضه دریایی به همراه نازک شدن پوسته قاره ای، ب) انباشت متشکل از رخساره های تخریبی حاشیه ای تا سکوی قاره و رسوبات منطقه ژرف بستر دریا، ج) تبدیل حوضه رسوبی از یک حوضه درون قاره به یک حوضه اقیانوسی باز، د) فرورانش پوسته اقیانوسی جوان به زیر لیتوسفر قاره ای بلوک ایران، و) تاثیر فرایندهای زمین ساختی و ماگماتیسم به صورت چین خوردگی، گسلش و بالا آمدگی مواد دگرشکل شده، ه) بالا آمدن بستر حوضه هم زمان با واگرایی دو بلوک درگیر، ی) شکل گیری کنونی زاگرس در پایان میوسن - پلیوسن

ویژگی های سنگ چینه ای گستره مورد پژوهش

در پهنه زاگرس قدیمی ترین واحد رخنمون یافته در منطقه را سنگ های کرتاسه پائینی تشکیل داده است، بخش پائین این واحد، شامل دولومیت و سنگ آهک های دولومیتی برشی شده است. سنگ های کرتاسه پسین شامل سنگ آهک ها و مارن می باشند که سنگ آهک های سازند کرمانشاه همراه با سازند امیران به سن ماستریشین بر روی سنگ های کرتاسه پائینی به صورت هم ساز جای

می‌گیرند. سازند تله زنگک به سن ائوسن پیشین بر روی سازند امیران قرار گرفته است. رسوبات ائوسن پسین از دولومیت‌های توده ای سازند شهبازان تشکیل شده است که مرز پایین آن با سازند آواری کشکان تدریجی و هم‌شیب است و در بالا به وسیله ناپیوستگی فرسایشی به وسیله واحدهای سنگی گروه فارس (میشان و آغاچاری) به سن میوسن پوشیده شده است (شکل 3).



شکل 3. نمودار چین‌شناسی منطقه مورد پژوهش (Beydoun et al., 1992 and Motiei, 1993)

بر روی گروه فارس سازند بختیاری به صورت ناهمساز جای می‌گیرند. در بخش کمر بند خرد شده، واحدهای سنگی بخش پهنه زاگرس چین خورده به واحدهای جدا از هم تقسیم می‌شود. (1) رادیولاریت‌های کرمانشاه، (2) سنگ آهک‌های بیستون، (3) توده های نفوذی آتشفشانی و توف‌ها می‌باشد. قدیمی‌ترین واحد سنگی رخنمون یافته در این پهنه واحدهای سنگی تریاس است که در زیر پهنه رادیولاریتی کرمانشاه از رادیولاریت‌های قرمز تا سبز رنگ قرار دارند. در زیر پهنه بیستون کهن‌ترین نهشته‌ها از سنگ آهک، رادیولاریت‌های ستر لایه، رادیولاریت‌های دارای چین‌بندی نامنظم همراه مارن و سنگ آهک‌ها و خرده‌های سیلیسی

تریاس تشکیل شده‌اند. در پهنه سنندج - سیرجان از نظر زمین ساختی بیشتر از ساختمان‌های دوپلکس مرکب بزرگ مقیاس و سیستم های ایمبریکیت کوچک و بزرگ زاویه با شیب به سمت شمال خاوری تشکیل شده است.

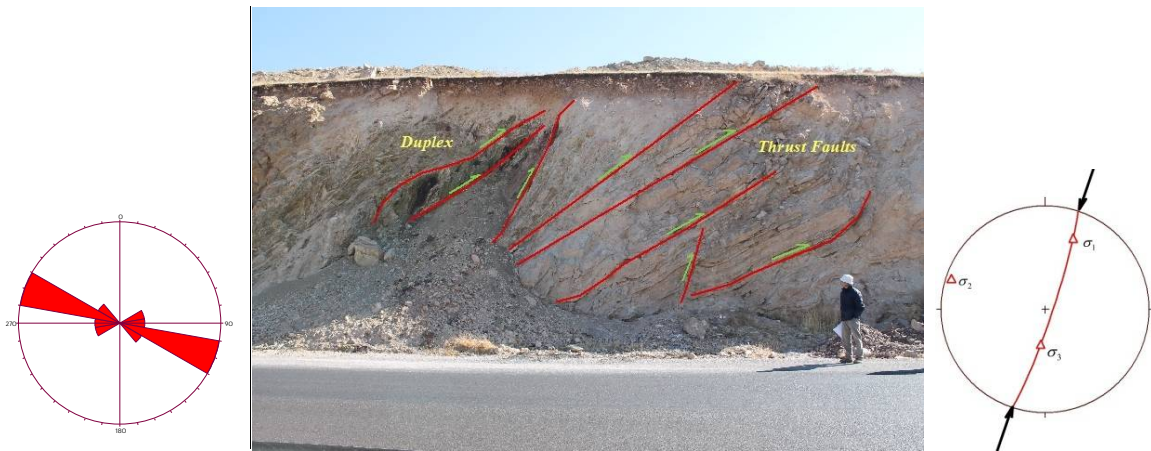
ساختارها

ویژگی‌های هندسی و کینماتیکی گسل‌های منطقه مورد پژوهش

در این پژوهش گسل‌های هم یوغ (مزدوج) با سازو کار امتداد لغزی، گسل‌های شیب لغز و گسل‌های دارای خش لغز که نوع و سوی حرکت در آن‌ها تعیین شده به کار گرفته شده است. این داده‌ها بیشتر روی واحدهای سنگ آهک‌ها و شیل‌های رادیولاریتی کرتاسه پسین برداشت شده است. در زیر به بررسی ویژگی‌های هندسی و کینماتیکی گسل‌های منطقه پرداخته شده است. در شکل 4 سطوح گسل‌های راندگی و گسل‌های معکوس بزرگ زاویه به همراه نمودار گل سرخی و استریوگرام آن‌ها دیده می‌شود که این گسل‌ها عمود بر هم شکل گرفته‌اند. در شکل 5 شدت دگرشکلی در لایه‌های شیلی - رادیولاریتی نشان داده شده است. بر روی فرادیواره گسل راندگی، شیل‌ها به وسیله گسل‌های دوپلکس کوچکتر بریده و به سوی بالا جابه‌جا شده‌اند.



شکل 4. سطوح گسل‌های راندگی و معکوس بزرگ زاویه عمود بر هم به همراه نمودار گل سرخی و استریوگرام آن (دید به سمت جنوب)



شکل 5. شدت دگرشکلی در لایه‌های شیلی - رادیولاریتی به همراه نمودار گل سرخی و استریوگرام آن (دید به سمت جنوب باختر)

در شکل 6 صفحه یک گسل معکوس خالص در آهک‌های بیستون با خط خش‌های موازی با امتداد صفحه گسل نشان داده شده است.



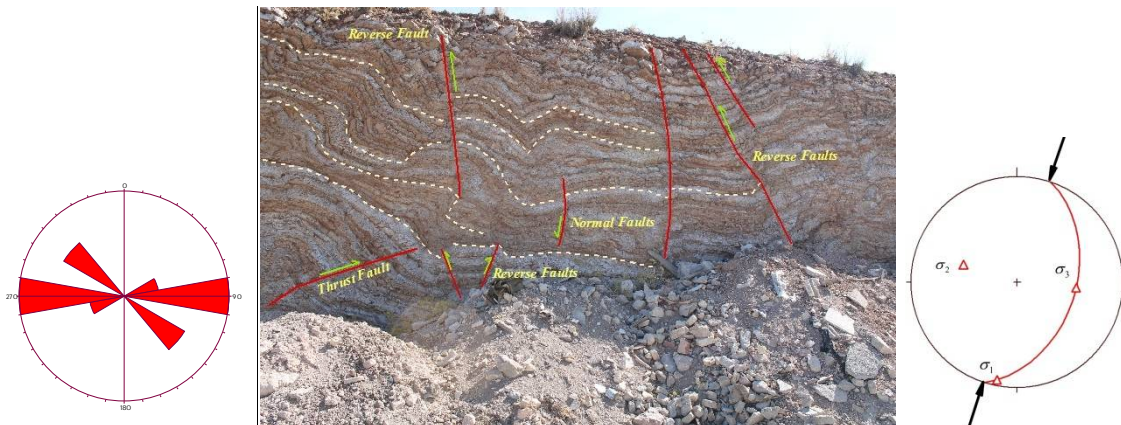
شکل 6. صفحه گسل معکوس خالص در آهک‌های بیستون با خط خش‌های موازی با امتداد صفحه گسل به همراه نمودار گل سرخی و استریوگرام آن (دید به سمت شمال)

ویژگی‌های هندسی و کینماتیکی چین‌های منطقه مورد پژوهش

در برخی ایستگاه‌های شکل ی - شکل گیری کنونی زاگرس در پایان میوسن - پلیوسن مورد پژوهش پهنه‌هایی دیده می‌شود که الگوی چین‌های پردامنه و باز در یک ردیف رسوبی شامل سنگ آهک‌های متوسط لایه و شیل‌های سرخ رنگ در آن شکل گرفته‌اند. این

ردیف رسوبی به وسیله گسل‌های معکوس بزرگ زاویه بریده و جابه‌جا شده است. در این پهنه به روشنی افزایش شدت دگرشکلی

(چین خوردگی) به سوی جنوب شرق (سمت چپ) به چشم می‌خورد (شکل 7).



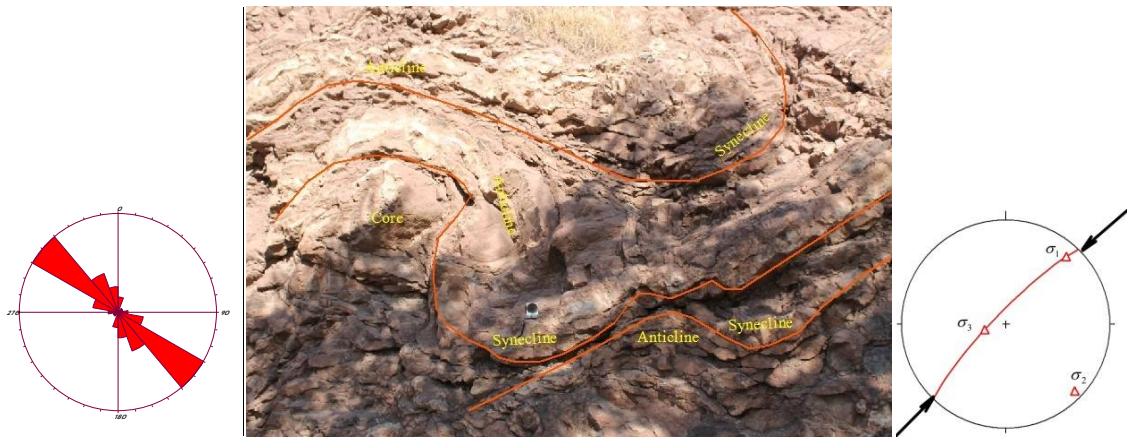
شکل 7. الگوی چین‌های پر دامنه و باز در یک ردیف رسوبی (سنگ آهک و شیل‌های سرخ) به همراه نمودار گل سرخی و استریوگرام آن

(دید به سمت جنوب غرب)



شکل 8. شدت چین خوردگی در سنگ آهک‌های رادیولاریتی و به هم ریختگی الگو در اثر تداوم کوتاه شدگی (دید به سمت شمال

غرب)

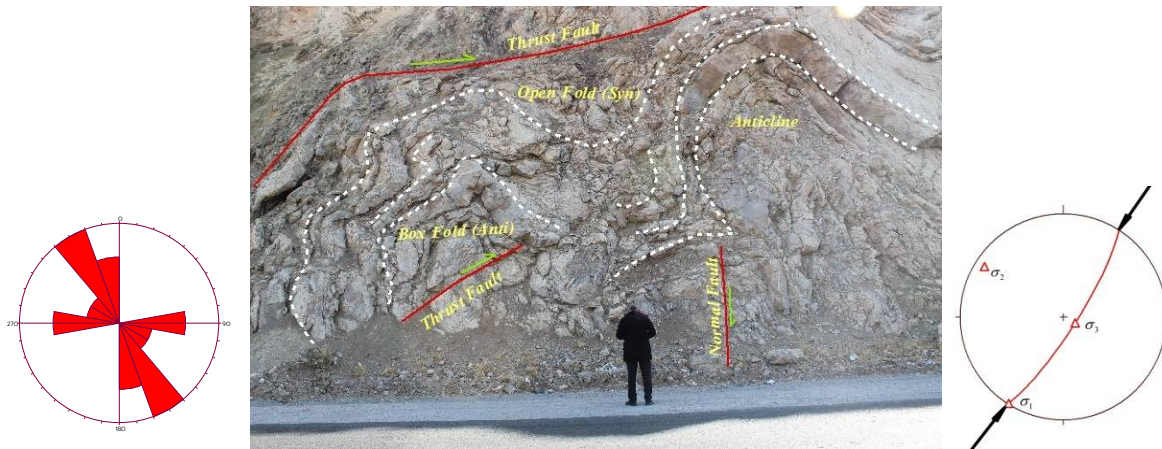


شکل 9. الگوهای پیچیده از چین خوردگی در سنگ آهک های رادیولاریتی شامل یک تاقدیس به نسبت متقارن، یک ناودیس خوابیده در یال شرقی تاقدیس و یک ناودیس خوابیده بر روی ناودیس اول به همراه نمودار گل سرخی و استریوگرام آن (دید به سمت شمال)

در این پهنه برشی الگوی های فراوانی از گسل های رانندگی، چین های پیچیده، چین های جعبه ای، جناغی، خوابیده، تغییر الگوی یک چین به چین دیگر، در پهنه گسل های رانندگی، پس رانندگی و نرمال مورد بررسی قرار گرفته است (شکل های ۱۰، ۹ و ۱۱). بخشی از پهنه مورد پژوهش منطبق بر مرز بین زاگرس مرتفع و سنندج - سیرجان بود. یک سری ساختار در یک پهنه گسلیده، برشی و به شدت به هم ریخته وجود دارد که رخساره سنگ های این پهنه شیل و سنگ آهک و نیز رادیولاریت به شدت بریده شده است. بنابراین به دلیل جای گرفتن آن ها در پهنه برخورد تمامی چین ها ساخت اولیه خود را از دست داده اند.



شکل ۱۰. الگوی یک چین جناغی خوابیده که هر دو یال آن به وسیله گسل نرمال (در یال بالایی) و گسل معکوس (در یال پایینی) بریده شده است (دید به سمت جنوب غرب)



شکل 11. شکل گیری چین های بسیار فشرده و کنار هم در داخل سنگ آهک های ستبر لایه کرتاسه پسین (دید به سمت جنوب)

بر آورد جهت تنش دیرین بر پایه ویژگی های کینماتیکی گسل ها و چین ها

روش تعیین تنش دیرین با استفاده از روش وارون سازی¹

روش وارون سازی چند مرتبه ای روشی برای تفکیک مراحل تنش است. در این روش مقادیر مطلق تنش های اصلی به دست نمی آید بلکه وضعیت تنش (R) یا همان اختلاف مقادیر تنش اصلی، بیانگر وضعیت تنش سه بعدی در یک نقطه از جسم است. در این روش فرض می شود که خط خش (S) در جهت تنش برشی حداکثر (تنش مماسی که از تصویر تنش اعمالی روی سطح گسل به دست می آید) روی هر یک از سطوح گسلی که از قبل موجود بوده اند، رخ می دهد. نتیجه وارون سازی، تنسور تنش تفریقی با بهترین سازگاری نسبت به مجموعه گسل هایی است که اندازه گیری شده اند و این کار با به حداقل رساندن انحراف زاویه ای بین بردار لغزش پیش بینی شده (τ) و بردار مشاهده شده (S) عملی می شود (Carey 1979; Angelier 1984; Mercier et al., 1991). در این روش همچنین فرض می شود که جابه جایی بلوک های گسلی نسبت به هم مستقل بوده و حاصل این تحلیل جهت محورهای تنش اساسی تنسور تفریقی و همچنین پارامتر شکل تنش (R) است. پارامتر شکل تنش طبق رابطه زیر محاسبه می شود:

¹ Multiple Inverse Method

$$R = (\sigma_2 - \sigma_1) / (\sigma_2 - \sigma_3)$$

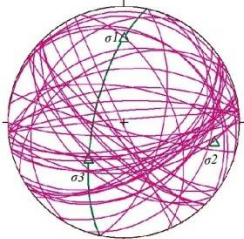
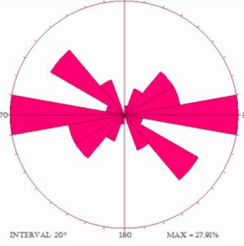
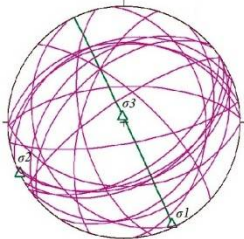
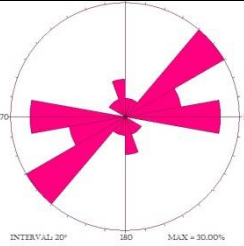
در رابطه بالا σ_1 ، σ_2 و σ_3 به ترتیب محورهای تنش حداکثر، متوسط و حداقل است. در یک مجموعه صفحات گسلی اندازه‌گیری شده داده‌ها را که ممکن است نشان‌دهنده دو رویداد جداگانه باشند باید از هم متمایز ساخت. با تعیین کردن نسبت تنش اطلاعاتی در مورد نوع میدان تنش مشخص می‌گردد، به طوری که در حالت کششی (σ_1 عمودی) شرایط از کشش شعاعی ($0 < R < 0.25$)، کشش محض ($0.25 < R < 0.75$) تا تراکشی ($0.75 < R < 1$) متغیر می‌باشد (Matenco and Schmid, 1999). در میدان تنش راستالغز که σ_2 عمودی است نسبت تنش از شرایط راستالغز محض ($0.25 < R < 0.75$)، تراکشی ($0.75 < R < 1$) تا ترافشارش ($0 < R < 0.25$) تغییر می‌کند. در حالت σ_3 عمودی نسبت تنش از ترافشارش ($0 < R < 0.25$)، فشارش محض ($0.25 < R < 0.75$) تا فشارش شعاعی ($0.75 < R < 1$) متغیر می‌باشد (Matenco and Schmid, 1999). بنابراین در چنین رژیم تنش می‌توان ترکیبی از گسل‌ها نظیر امتداد لغز، رانندگی و مورب لغز داشته باشیم. نتایج وارون سازی داده‌ها، زمانی مورد پذیرش است که 80 درصد انحراف زاویه‌ای بین S و τ کمتر از 20 درجه باشد. داده‌های ایده‌آل شامل گسل‌هایی هستند که دارای شیب به دو سو بوده و امتداد متفاوت داشته باشند (مثل گسل‌های هم یوغ و مزدوج). در جدول‌های 1 و 3 با استفاده از این روش وارون سازی با کمک نرم‌افزار Tectonics FP و Dips در همه ایستگاه‌های مورد بررسی برای گسل‌ها و چین خوردگی‌ها، به صورت جداگانه، مقادیر تنش و R به دست آمده است.

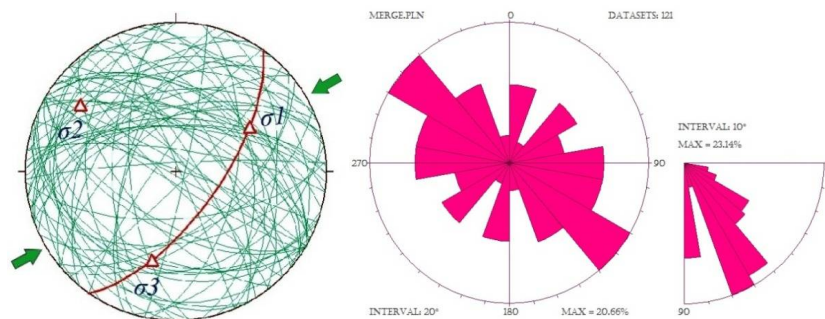
جدول 1. تحلیل داده‌های لغزش گسل و جهت‌یابی تنش در میدان تنش در منطقه مورد مطالعه

σ_3		σ_2		σ_1		R	سن	سنگ‌شناسی	موقعیت جغرافیایی	ایستگاه
Plunge	Azimuth	Plunge	Azimuth	Plunge	Azimuth					
۶۹	۱۹۴	۰۰	۲۸۶	۲۰	۰۱۵	۱	ژوراسیک پسین	چرت، رادیولاریت و سنگ‌آهک	$N=34^{\circ}17'59.8''$ $E = 47^{\circ}24'59.7''$	۲
۷۸	۳۰۸	۰۲	۰۴۰	۱۴	۱۳۰	۱	ژوراسیک پسین-کرتاسه پیشین	رادیولاریت، سنگ‌آهک	$N = 34^{\circ}17'58.6''$ $E=47^{\circ}24'59.3''$	۳
۷۳	۲۶۸	۰۱	۰۰۰	۱۷	۰۹۰	۱	ژوراسیک پسین-کرتاسه پیشین	شیل و سنگ‌آهک رادیولاریتی	$N=34^{\circ}18'52.3''$ $E=47^{\circ}25'06.5''$	۴

۸۶	۱۳۸	۰.۱	۲۲۰	۰.۴	۳۱۰	۱	ژوراسیک پسین- کرتاسه پیشین	شیل و سنگ آهک رادیولاریتی	$N=34^{\circ}18'11.4''$ $E=47^{\circ}25'18.9''$	۵
۰.۴	۳۰.۷	۴۷	۰.۴۰	۴۲	۲۱۵	۱	ژوراسیک پسین- ماستریشین	گل سنگ، سنگ آهک و لایه های رادیولاریتی	$N=34^{\circ}17'52''$ $E=47^{\circ}22'19.2''$	۱۰
۴۹	۱۸۳	۰.۰	۲۷۶	۴۰	۰.۰۸	۰/۹۱	کرتاسه پسین	سنگ آهک های توده ای و نازک لایه	$N=34^{\circ}16'10.8''$ $E=47^{\circ}03'0.5''$	۱۸
۷۵	۲۰.۵	۱.۰	۱۱۰	۱۴	۰.۰۸	۰/۴۲	کرتاسه پسین	سنگ آهک های توده ای و نازک لایه	$N=34^{\circ}16'10''$ $E=48^{\circ}03'02''$	۱۹
۱۱	۰.۱۰	۰.۱	۰.۹۷	۷۶	۱۲۶	۰/۸۵	ژوراسیک پسین- کرتاسه پیشین	سنگ آهک و شیل های رادیولاریتی	$N=34^{\circ}16'19.8''$ $E=47^{\circ}03'6.4''$	۲۰
۷۰	۲۳۹	۰	۱۷۳	۲۹	۰.۸۸	۰/۶۷	ژوراسیک پسین- کرتاسه پیشین	سنگ آهک و شیل های رادیولاریتی	$N=34^{\circ}23'16.4''$ $E=47^{\circ}09'13.1''$	۲۴

جدول 2 موقعیت تنش های اصلی و نمودار گل سرخی گسل های برداشت شده در دو زمان ژوراسیک و کرتاسه پسین

استریوگرام و موقعیت تنش های اصلی	نمودار گل سرخی	سن
		ژوراسیک - ژوراسیک پسین
		کرتاسه پسین



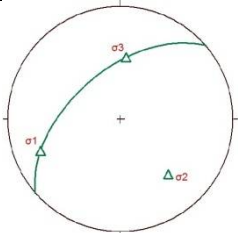
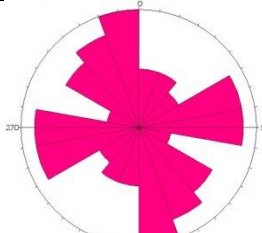
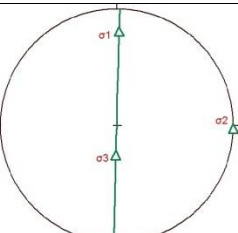
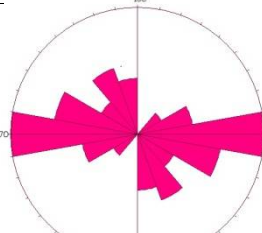
شکل 12. استریوگرام و رزدیاگرام گسل‌های منطقه جهت‌گیری بیشینه تنش اصلی

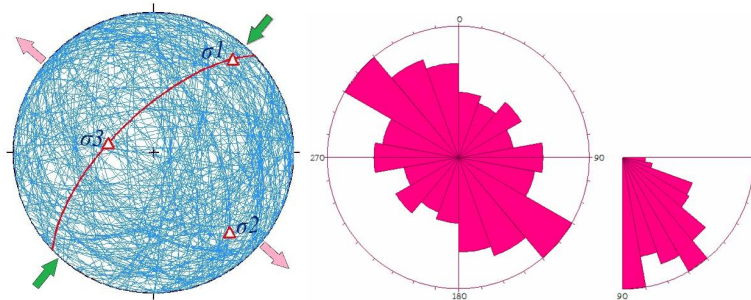
جدول 3. تحلیل چین‌خورده‌گی‌ها و جهت‌یابی تنش در میدان تنش در منطقه مورد مطالعه

R	σ_3		σ_2		σ_1		تعداد	سن	سنگ‌شناسی	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ایستگاه
	Plung	Trend	Plung	Trend	Plung	Trend						
0/6	70	300	06	163	16	021	4	ژوراسیک پسین	سنگ‌آهک رادیولاریتی	$E=47^{\circ}24'534''$	$N=34^{\circ}18'11.5''$	1
0/31	82	300	49	162	21	049	26	ژوراسیک پسین	چرت، رادیولاریت و سنگ‌آهک	$E=47^{\circ}24'59.7''$	$N=34^{\circ}17'598''$	2
0/83	30	003	50	136	24	258	25		رادیولاریت، سنگ‌آهک	$E=47^{\circ}24'593''$	$N=34^{\circ}17'586''$	3
0/94	72	074	08	190	16	283	6	ژوراسیک پسین	چرت، رادیولاریت و سنگ‌آهک	$E=47^{\circ}24'272''$	$N=34^{\circ}16'102''$	6
0/33	86	240	06	344	21	075	60	ژوراسیک پسین	چرت، رادیولاریت و سنگ‌آهک	$N=47^{\circ}24'230''$	$N=34^{\circ}16'074''$	7
0/44	70	261	05	140	15	239	53	ژوراسیک پسین - کواترنری	سنگ‌آهک و شیل‌های رادیولاریتی	$E=47^{\circ}06'28.5''$	$N=34^{\circ}21'44.5''$	12
0/26	66	040	49	108	11	239	14	کرتاسه پسین	چرت، رادیولاریت و سنگ‌آهک	$E=47^{\circ}27'21.7''$	$N=34^{\circ}11'15.3''$	13
0/6	70	144	44	158	26	036	15	ژوراسیک پسین - ماستریشین	گل‌سنگ، سنگ‌آهک و لایه‌های رادیولاریتی	$E=47^{\circ}28'569''$	$N=34^{\circ}08'12.7''$	14
0/55	57	292	35	073	16	180	4	ژوراسیک پسین - ماستریشین	گل‌سنگ، سنگ‌آهک و لایه‌های رادیولاریتی	$E=47^{\circ}28'27.7''$	$N=34^{\circ}09'42.3''$	16

0/14	49	342	26	032	16	088	92	کرتاسه پسین	سنگ آهک و شیل های رادیولاریتی	$E = 47^{\circ}40'28''$	$N = 34^{\circ}28'67''$	17
0/49	49	011	08	272	40	175	2	کرتاسه پسین	سنگ آهک های توده ای و نازک لایه	$E = 47^{\circ}03'05''$	$N = 34^{\circ}16'08''$	18
0/5	82	030	21	049	06	171	4	کرتاسه پسین	سنگ آهک های توده ای و نازک لایه	$E = 48^{\circ}03'02''$	$N = 34^{\circ}16'10''$	19
0/41	53	340	06	076	40	170	14	کرتاسه پسین	سنگ آهک و شیل های رادیولاریتی	$E = 47^{\circ}03'6.4''$	$N = 34^{\circ}16'198''$	20
0/9	78	220	11	070	11	030	8	کرتاسه پسین	سنگ آهک های توده ای و نازک لایه	$E = 47^{\circ}03'18.4''$	$N = 34^{\circ}16'345''$	21
0/49	53	133	35	305	06	038	11	کرتاسه پسین	سنگ آهک های توده ای و نازک لایه	$E = 47^{\circ}04'09''$	$N = 34^{\circ}16'6.9''$	22

جدول 4. موقعیت تنش های اصلی و نمودار گل سرخی چین های برداشت شده در دو زمان ژوراسیک و کرتاسه پسین

استریوگرام و موقعیت تنش های اصلی	نمودار گل سرخی	سن
		ژوراسیک - ژوراسیک پسین
		کرتاسه پسین



شکل 13. استریوگرام و رزدیاگرام چین‌های منطقه جهت‌گیری بیشینه تنش اصلی

نتیجه‌گیری

در این پژوهش، تنش دیرین در منطقه کرمانشاه مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته است. گسل‌های منطقه مورد مطالعه بیشتر دارای روند NW-SE با سازوکار معکوس (فشارش) هستند. با کمک گسل‌ها و سطح محوری چین‌ها وضعیت تنش‌های اصلی در 24 ایستگاه با هم مقایسه شده است. در شکل 12 استریوگرام و رزدیاگرام گسل‌های منطقه جهت‌گیری بیشینه تنش اصلی و در شکل 13 استریوگرام و رزدیاگرام چین‌های منطقه و جهت‌گیری بیشینه تنش اصلی نشان داده شده است. بر اساس مطالعه داده‌های لغزش گسلی و با کمک روش وارون‌سازی دو وجهی وضعیت تنش‌های اصلی σ_1 ، σ_2 و σ_3 به ترتیب عبارتند از: $43/059$ ، $24/304$ و $38/194$ و مقادیر تنش‌های اصلی به دست آمده با استفاده از چین‌خوردگی‌ها به ترتیب عبارتند از: $32/029$ ، $12/127$ و $56/234$. بر پایه بررسی‌های انجام شده در منطقه مورد پژوهش و اندازه‌گیری‌های انجام شده بر روی سنگ‌های به سن کرتاسه و پس از آن تاکنون (نواب پور و همکاران، 2007 و 2008) جهت تنش اصلی حداکثر، بدون تغییر نه چندان زیادی، روبه شمال شرقی بوده است. برآورد جهت تنش هم در چین‌ها و هم در گسل‌ها یکسان بوده است. در نتیجه جهت کوتاه‌شدگی ثابت بوده است بنابراین گسل‌های منتسب به کوتاه‌شدگی همگی یک جهت تنش را نشان می‌دهند. ساختارهای شکل گرفته در منطقه مورد پژوهش در دو محیط رئولوژیکی متفاوت تشکیل شده‌اند. منطقه بیستون چون در پیشانی راندگی است بنابراین چین‌های شکل گرفته در آن دارای یال‌های با شیب متفاوت هستند. به عبارتی یکی از یال‌های این چین‌ها دارای شیب بسیار زیاد و یال دیگر آن دارای شیب به نسبت افقی است. از سوی دیگر چین‌های شکل گرفته در نهشته‌های شیلی به دلیل شکل‌پذیری بالا و همچنین استمرار فشارش ثابت و پیوسته، در هسته چین‌ها الگوی تاقدیس‌ها و ناودیس‌ها نسبت به چین اصلی تغییر کرده و الگوی جناغی و بسته پیدا کرده‌اند.

منابع

الیاسی، م، 1380. ارزیابی تنسورهای تنش دیرین و نوع دگرریختی بر پایه تحلیل خش لغزهای گسلی در دامنه جنوبی البرز مرکزی. رساله دکتری، دانشکده علوم دانشگاه تربیت مدرس، 149.

رضاییک، س.، سعیدی، ع.، آراین، م. و سربی، ع.، 1396. بررسی تنش بر پایه مطالعه شکستگی‌های موجود در پهنه برخوردی زاگرس منطقه کرمانشاه. فصل‌نامه علوم زمین، 111، 281-288.

سعادت، م. و سعیدی، ع.، 1387. تحلیل تنش دیرینه در خاور و جنوب خاورری تهران (سرخه‌حصار - خجیر). فصل‌نامه علوم زمین، 67، 22-37.

شهیدی، ع. و نظری، ح.، 1376. گزارش پشت نقشه 1:100000 اهرسین. سازمان زمین‌شناسی کشور.

کریمی باوند پور، ع.، 1378. نقشه 1:100000 کرمانشاه. سازمان زمین‌شناسی کشور.

موسوی، س.م.، علوی، س.ا. و خطیب، م.م.، 1389. تفکیک فازهای تنش دیرین به روش برگشتی از صفحه‌های گسلی در منطقه جنوب بیرجند، فصلنامه زمین‌شناسی ایران، 4، 13، 27-38.

نظری، ح. و شهیدی، ع.، 1390. زمین‌ساخت البرز: پژوهشکده علوم زمین. سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، 97.

نواب پور، پ.، حیدرزاده، ق.، مافی، آ.، شیخ‌الاسلامی، م. و حقی پور، ن.، 1385. پیش‌درآمدی بر آرایش تنش‌های دیرینه در گستره کپه داغ پس از تریاس. فصل‌نامه علوم زمین، 59، 3-16.

Angelier, J., 1988, From orientation to magnitudes in paleostress determinations using fault slip data *Journal Structural Geology*, 1-2, 37-50.

Angelier, J. and Melcher, P. 1977. Sur un method graphique de recherche des contraintes principes egalement utilisable en tectonique et en seismologie: la methods des diedtes droites. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 7, 1309-1318.

Berberian, M., 1995. Master "blind" thrust faults hidden under the Zagros folds: active basement tectonics and surface morphotectonics. *Tectonophysics* 241, 193-224.

Matenco, L. and Schmid, S., 1999. Exhumation of the Danubian nappes system (South Carpathians) during the Early Tertiary: inference from kinematic and paleostress analysis at the Getic/Danubian nappes contact, 314, 4, 401-422.

Motiei, H., 199. *Stratigraphy of Zagros*, Geological Survey of Iran. 536.

Navabpour, P., Angelier, J. and Barrier, E., 2008. Stress state reconstruction of oblique collision and evolution of deformation partitioning in W-Zagros (Iran-Kermanshah). *Geophysical Journal International*, 175, 2, 755-782.

Navabpour, P., Angelier, J. and Barrier, E., 2007. Cenozoic post-collisional brittle tectonic history and stress reorientation in the High Zagros Belt (Iran, Fars Province). *Tectonophysics*, 432, 1-4, 101-131.

Determination of paleo-stress based on the study of discontinuities and folds in Zagros Collision Zone Case Study of Kermanshah Region

Rezabeyk, S.,¹ Saidi, A.,² Arian, M.³ and Sorbi, A.⁴

¹Ph.D. Student, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran

²Ph.D., Geological Survey of Iran, Tehran, Iran

³Professor, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran

⁴Assistant Professor, Islamic Azad University, Karaj Branch, Karaj, Iran

Abstract

The studied zone is in the Northern part of Zagros Suture Zone (Kermanshah) the existence deep sea sediments, oceanic crust remnants, platform carbonates, igneous and metamorphosed rock of active margin and carbonate sequence of passive margin that are assembled in the studied area show a tectonical pressure system from the late Cretaceous up to now. This convergent area has provided a very complicated structural zone. This convergent area has provided a very complicated structural zone. The main purpose of this study is stress characteristic analysis in Zagros Suture Zone (Kermanshah). To recognize and study the arrangement of stress axes a great amount of data has been gathered from the folds axial surface and the faults which are appeared within the rocks specially the radiolaritic rocks. The data includes characteristics of fault surface geometry, fault slip and lineation slip. The stress recording patterns for data in this study is Multiple Inverse Method and comparison with stress position by using folds axial surface. By studying folds we obtained the situation of main stress σ_1 , σ_2 and σ_3 respectively is 029, 127, 234 and by using the method Multiple Inverse Method, the situation of main stress is obtained 059, 304, 194. Based on the investigations in the study area and measurements on Cretaceous rocks, the results show that the main stress direction since Cretaceous up to now is northeastern with minor changes. The estimations of stress direction were the same in both cracks and faults. As a result, the shortening direction has been constant, so the shortening faults all show one direction of stress.

Keyword: Stress, Conjugate faults, Slip fault analysis Multiple Inverse Method, Folds, Kermanshah.

شماره برداشت	نوع ساختار	شیب و امتداد	توضیحات
1	Fault	45/120	Thrust
2	Fault	31/215	Thrust
3	Fault	30/188	Thrust
4	Fault	F ₁ : 39/117 F ₂ : 64/224	Conjugate Fault
5	Fault	35/174	Thrust
6	Fault	31/215	Thrust
7	Fault	30/188	Normal

مشخصات هندسی و سازوکار گسل های برداشت شده در ایستگاه اول

شماره برداشت ها	نوع ساختار	شیب و امتداد	توضیحات
1	Fold	L: 60/215 , 48/220 R: 68/225 , 82/240	Syncline (2)
2	Fold	L: 56/225, 70/225 Core: 89/245 R: 82/220, 75/215, 80/230	Syncline (1)
3	Fold	L: 50/149 R: 84/195	Syncline
4	Fold	L: 45/334 Nose: 62/102 R: 67/173	Anticline (تاق‌دیس خوابیده)

مشخصات هندسی و سازوکار چین های برداشت شده در ایستگاه اول

شماره برداشت ها	نوع ساختار	شیب و امتداد	توضیحات
1	Fault	50/015	Reverse(Pure)

مشخصات هندسی و سازوکار گسل های برداشت شده در ایستگاه دوم

توضیحات	شیب و امتداد	نوع ساختار	شماره برداشت ها
Syncline	L: 40/145, 40/148 Nose: 54/068 R: 64/178, 71/170, 65/009	Fold	1
Antiform Core (Antiform)	L: 38/345, 25/300, 75/358, 88/355, 50/ 153, 60/140 82/355 Nose: 05/000, 25/ 110 L: 52/145 R: 52/335, 55/145 R: 38/125, 60/165 58/167, 82/155	Fold	2
Syncline	L: 54/175 R: 25/032	Fold	3
Small Anticline	L: 25/032 24/038, 10/020	Fold	4
Anticline (تاق‌دیس خوابیده)	L: 25/040 R: 80/180 , 66/355, 80/169, 67/167	Fold	5

مشخصات هندسی و سازوکار گسل های برداشت شده در ایستگاه دوم

توضیحات	شیب و امتداد	نوع ساختار	شماره برداشت ها
Thrust(Pure)	43/130	Fault	1
Thrust	28/230	Fault	2

مشخصات هندسی و سازوکار گسل های برداشت شده در ایستگاه سوم

توضیحات	شیب و امتداد	نوع ساختار	شماره برداشت ها
Anticline & Bed	L: 89/198, 80/204, 66/192, 50/182, 55/175 R: 78/228, 76/232, 75/236	Fold	1
Syncline	L: 78/228, 76/232, 75/236 R: 45/210, 10/050, 05/050	Fold	2
Anticline	L: 85/220, 60/240, 57/105 Nose: 87/075 R: 50/135, 50/130	Fold	3
Syncline	L: 50/130 Nose: 57/125, 45/105 R: 52/210, 68/225	Fold	4

مشخصات هندسی و سازوکار گسل های برداشت شده در ایستگاه سوم

توضیحات	شیب و امتداد	نوع ساختار	شماره برداشت ها
.....	76 120	Bed	1
Thrust (Pure)	46/090	Fault	2
Fault Plain	75/085	Fault	3

مشخصات هندسی و سازوکار گسل های برداشت شده در ایستگاه چهارم

توضیحات	شیب و امتداد	نوع ساختار	شماره برداشت ها
Reverse(Pure)	34/310	Fault	1
گسل پارگی (tear Fault)	79/320	Fault	2

مشخصات هندسی و سازوکار گسل های برداشت شده در ایستگاه پنجم

توضیحات	شیب و امتداد	نوع ساختار	شماره برداشت ها
	82/110 65/098 65/108 50/114 89/101 80/104	Fold	1

مشخصات هندسی و سازوکار چین های برداشت شده در ایستگاه ششم

شماره برداشت ها	نوع ساختار	شیب و امتداد	توضیحات
1	Fault	82/068	Normal
2	Fault	84/090	Normal
3	Fault	45/297	Thrust
4	Fault	44/170	Thrust
5	Fault	64/354	Thrust
6	Fault	80/085	Reverse

مشخصات هندسی و سازوکار گسل های برداشت شده در ایستگاه هفتم

شماره برداشت ها	نوع ساختار	شیب و امتداد	توضیحات
1	Fold	L: 52/230 R: 59 /357	Syncline
2	Fold	L: 59/357 R: 54/064	Anticline
3	Fold	L: 65/084 R :.....	Box Fold Core
4	Fold	L: 54/064 R: 69/110	Syncline
5	Fold	L: 34/117 R: 70 /109	Syncline (بالای چین جعبه ای)
6	Fold	L: 81 /144 R: 55 /158	Syncline (داخل چین جعبه ای)
7	Fold	L : 81/144 R: 52/355	Anticline
8	Fold	R: 48/345 L: 52/355	Syncline
9	Fold	R: 48/345 L: 70/350	Box Fold Core
10	Fold	L: 10/348, 05/105 R: 85/090, 35/060	Syncline (بالای چین جعبه ای)

Box Fold	R: 75/270, 75/265 L: 85/090, 35/060	Fold	11
Syncline	R: 45/250, 40/241 L: 82/080, 80/095	Fold	12
Anticline	R: 45/250, 40/247 Nose: 80/265 L: 82/075, 60/075	Fold	13
Syncline	R: 80/065 L: 55/264, 42/270, 55/290	Fold	14
	R: 55/264, 42/270, 55/290 Nose: 59/065, 90/240 L: 90/055, 78/060	Fold	15
Anticline	R: 62/088, 20/230, 55/253 L: 55/070	Fold	16
Syncline	R: 55/070 کف ناودیس: 27/065 L: 45/260	Fold	17

مشخصات هندسی و سازوکار چین های برداشت شده در ایستگاه هفتم

توضیحات	شیب و امتداد	نوع ساختار	شماره برداشت ها
Anticline	L: 65/110, 45/120 نزدیک راس: 40/110 Nose: 30/150 کمی پایین تر: 30/210 پایین تر: 40/258 R: 85/275, 74/276	Fold	(7)

مشخصات هندسی و سازوکار چین های برداشت شده در ایستگاه هفتم

توضیحات	شیب و امتداد	نوع ساختار	شماره برداشت ها
Normal	75 212	Fault	1
Normal	80/210	Fault	2
Normal(فرعی)	85/215	Fault	3

مشخصات هندسی و سازوکار گسل های برداشت شده در ایستگاه هشتم

توضیحات	شیب و امتداد	نوع ساختار	شماره برداشت ها
Limestone	205/87	Bed	1
Radiolarite	07/018	Bed	2
Thrust Fault	25/100	Fault	3

مشخصات هندسی و سازوکار گسل ها و لایه های برداشت شده در ایستگاه نهم

توضیحات	شیب و امتداد	نوع ساختار	شماره برداشت ها
Thrust	66 217	Fault	1
Thrust	75/110	Fault	2
Thrust	36/292	Fault	3

مشخصات هندسی و سازوکار گسل های برداشت شده در ایستگاه دهم

توضیحات	شیب و امتداد	نوع ساختار	شماره برداشت ها
Main Thrust Fault (به عنوان سفره رورانده)	15/343	Fault	1
Reverse	65/136	Fault	2
Reverse	24/053	Fault	3
Thrust (گسل منظم بزرگ)	60/165	Fault	4
Biased Slip(Normal)	73/330 خش لغز: 40/245	Fault	5
Thrust	14/135	Fault	6

مشخصات هندسی و سازوکار گسل های برداشت شده در ایستگاه دهم ۲

توضیحات	شیب و امتداد	نوع ساختار	شماره برداشت ها
رسوبات شیلی	20/030	Bed	1
Thrust (موازی با سفره های رورانده)	37/350	Fault	2
گسل راستالغز راست بر با مولفه معکوس که جزء گسل های Tear رده بندی می شود	55/225	Fault	3
Thrust	27/190	Fault	4
Thrust	60/210	Fault	5
Thrust	40/260	Fault	6
(Conjugate Fault)	65/225 73/105	Fault	7
Thrust(گسل فرعی)	48/085	Fault	8

مشخصات هندسی و سازوکار گسل های برداشت شده در ایستگاه یازدهم

توضیحات	شیب و امتداد	نوع ساختار	شماره برداشت ها
Reverse	40/225	Fault	1
Reverse	55/035	Fault	2
Normal (Displacment=4 cm)	70/230	Fault	3

مشخصات هندسی و سازوکار گسل های برداشت شده در ایستگاه دوازدهم

توضیحات	شیب و امتداد	نوع ساختار	شماره برداشت ها
-	25/037	Bed	1
Anticline	L: 42/190 Nose: 20/015 R: 35/047	Fold	2

Syncline	L: 60/035 R: 40/183	Fold	3
Anticline	L: 37/220 R: 55/040	Fold	4
Anticline	L: 18/220 Nose: 20/175 R: 30/054	Fold	5
Syncline	L: 30/054 R: 37/220	Fold	6
Syncline	L: 35/205 R: 65/030	Fold	7
Anticline	L: 40/045 Nose: 75/070 R: 75/065	Fold	8
Anticline-Core	L: 39/040 Nose: 75/070 R: 75/076	Fold	9
Anticline	L: 34/240 Nose: 18/025 R: 05/040	Fold	10
Anticline	L: 20/234 R: 25/226	Fold	11
Anticline	L: 30/090 R: 65/226	Fold	12
Syncline	L: 65/226 R: 40/075	Fold	13
Synclitorium (چين جناغى)	L: 85/040 R: 75/255	Fold	14
Anticline	L: 50/090, 70/160 R: 20/200	Fold	15
Syncline	L: 75/084 R: 20/200	Fold	16

Anticline	غیر قابل اندازه گیری: L: R: 55/064	Fold	17
Syncline	L: 85/040 Core: 50/045 R: 25/083	Fold	18
Anticline	L: 55/230 Core: 25/095 R: 24/075	Fold	19
Box- Fold	L: 30/215 Base: 40/050 R: 70/032	Fold	20
Anticline (داخل چین جعبه ای بالا)	L: 55/204 R: 85/037	Fold	21
Syncline (داخل چین جعبه ای بالا، ناودیس تقریباً بازولی هسته آن کاملاً بسته)	L: 35/145 Core: 35/054 R: 40/032	Fold	22
Syncline (بالای چین جعبه ای بالا)	L: 30/055 R: 30/215	Fold	23

مشخصات هندسی و سازوکار چین های برداشت شده در ایستگاه دوازدهم

توضیحات	شیب و امتداد	نوع ساختار	شماره برداشت ها
Thrust	20/270	Fault	1
Thrust	40/264	Fault	2
Conjugate Faults	58/142 65/290	Fault	3
Reverse	80/305	Fault	4
Normal	34/165	Fault	5
Reverse	50/170	Fault	6
Reverse	55/155	Fault	7

Reverse	65/265	Fault	8
Conjugate Fault	50/310 84/135	Fault	9

مشخصات هندسی و سازوکار گسل های برداشت شده در ایستگاه سیزدهم

توضیحات	شیب و امتداد	نوع ساختار	شماره برداشت ها
Anticline	L: 60/287 R: 45/149	Fold	1
Anticline (Box-Fold Core)	L: 70/042 Nose: 20/145 R: 54/145	Fold	2
Box-Fold	R: 45/158 Nose: 25/242 L: 60/256	Fold	3
Anticline	L: 30/085 R: 30/124	Fold	4
Anticline	L: 40/320 R: 75/170	Fold	5
Anticline (جناغی)	L: 50/318 R: 48/155	Fold	6

مشخصات هندسی و انواع چین های برداشت شده در ایستگاه سیزدهم

توضیحات	شیب و امتداد	نوع ساختار	شماره برداشت ها
Thrust	54/138	Fault	1
Thrust	61/000	Fault	2
Thrust	47/035	Fault	3

مشخصات هندسی و سازوکار گسل های برداشت شده در ایستگاه چهاردهم

توضیحات	شیب و امتداد	نوع ساختار	شماره برداشت ها
Syncline	L: 83/162 Nose: 55/160 R: 45/170	Fold	1

Syncline	L: 45/170 R: 90/068	Fold	2
Anticline	L: 70/024 R: 51/225	Fold	3
Syncline	L: 51/225 Core: 88/217 R: 58/175	Fold	4
Syncline	L: 34/144 Nose: 78/284 R: 90/188	Fold	5
Anticline	L: 81/134 R: 80/204	Fold	6

مشخصات هندسی و انواع چین های برداشت شده در ایستگاه چهاردهم

توضیحات	شیب و امتداد	نوع ساختار	شماره برداشت ها
Normal	50/336	Fault	1
.....	25/340	Bed	2

مشخصات هندسی و سازوکار گسل های برداشت شده در ایستگاه پانزدهم

توضیحات	شیب و امتداد	نوع ساختار	شماره برداشت ها
Anticline	L: 28/314 R: 36/170	Fold	1

مشخصات هندسی و انواع چین های برداشت شده در ایستگاه شانزدهم

توضیحات	شیب و امتداد	نوع ساختار	شماره برداشت ها
Thrust	64/025	Fault	1
Thrust	54/035	Fault	2

مشخصات هندسی و سازوکار گسل های برداشت شده در ایستگاه شانزدهم

توضیحات	شیب و امتداد	نوع ساختار	شماره برداشت ها
Anticline	L: 45/030 R: 81/158	Fold	1
Syncline	L: 65/158 R: 45/030	Fold	2

مشخصات هندسی و انواع چین های برداشت شده در ایستگاه شانزدهم

توضیحات	شیب و امتداد	نوع ساختار	شماره برداشت ها
Anticline	L: 09/025 R: 57/217	Fold	1
Anticline	L: 29/065 Nose: 75/015 R: 62/320	Fold	2
Syncline	L: 57/217 R: 29/065	Fold	3
Syncline	L: 27/004 R: 29/065	Fold	4
Syncline	L: 59/022 R: 80/135	Fold	5
Anticline	L: 66/105 Nose: 44/269 R: 86/320	Fold	6
Anticline	L: 30/012 R: 70/308	Fold	7
Syncline	L: 01/115 R: 24/095	Fold	8
Syncline	L: 85/102 R: 80/090	Fold	9
Syncline	L: 65/040 R: 40/120	Fold	10
Anticline	L: 11/255 R: 80/130	Fold	11
Syncline	R: 72/230 L: 65/124	Fold	12

Anticline	L: 22/315 R: 65/124	Fold	13
Anticline	L: 20/242 R: 70/132	Fold	14
Syncline	L: 52/124 R: 20/242	Fold	15
Anticline	L: 05/252 R: 52/124	Fold	16
Syncline	L: 50/222 R: 60/045	Fold	17
Anticline	L: 80/215 R: 72/205	Fold	18
Syncline	R: 68/110 L: 40/142	Fold	19
Syncline	L: 68/110 R: 55/063	Fold	20
Anticline	L: 55/063 R: 67/220	Fold	21
Syncline	L: 65/310 R: 28/044	Fold	22
Anticline	L: 50/312 R: 45/214	Fold	23
Syncline	L: 45/214 R: 88/190	Fold	24
Anticline	Up: 58/085 Down: 75/105	Fold	25
Anticline	Up: 60/110 Down: 38/153	Fold	26
Anticline	Up: 65/075 Nose: 75/060 Down: 64/065	Fold	27
Anticline	L: 59/075 R: 72/104	Fold	28

Syncline	L: 82/230 R: 85/102	Fold	29
Syncline	L: 55/225 R: 75/122	Fold	30
Syncline	L: 56/205 R: 55/280	Fold	31
Box- Fold	L: 49/240 R: 78/118 Base: 35/107	Fold	32
Box- Fold	L: 19/205 R: 81/100 Roof: 69/082	Fold	33
Anticline	L: 49/220 R: 45/089	Fold	34
Anticline	L: 48/234 R: 07/107	Fold	35
Anticline (خوابیده)	L: 00/305 R: 59/205	Fold	36
Syncline	L: 50/222 R: 60/045	Fold	37
Anticline	L: 80/215 R: 72/205	Fold	38
Syncline	R: 68/110 L: 40/142	Fold	39
Syncline	L: 68/110 R: 55/063	Fold	40
Anticline	L: 55/063 R: 67/220	Fold	41
Syncline	L: 65/310 R: 28/044	Fold	42
Anticline	L: 50/312 R: 45/214	Fold	43
Syncline	L: 45/214 R: 88/190	Fold	44

مشخصات هندسی و انواع چین های برداشت شده در ایستگاه هفدهم

توضیحات	شیب و امتداد	نوع ساختار	شماره برداشت ها
.....	01/335	Bed	1
.....	35/287	Bed	2
Conjugate Faults	39/300 85/102	Fault	3
Thrust	43/030	Fault	4
Thrust	15/207	Fault	5
Thrust	20/242	Fault	6
Thrust	61/340	Fault	7
Normal	82/038	Fault	8
Thrust	67/027	Fault	9
Conjugate Faults	18/310 55/008	Fault	10
Thrust	63/286	Fault	11
Thrust	57/100	Fault	12
Thrust	55/270	Fault	13
Thrust	45/320	Fault	14
Thrust	45/350	Fault	15
Thrust	65/320	Fault	16

Conjugate Faults	35/198 50/053	Fault	17
Reverse	35/075	Fault	18
Conjugate Faults	84/212 90/020	Fault	19
Thrust	65/062	Fault	20
Thrust	58/210	Fault	21
Thrust	62/230	Fault	22
Thrust	62/210	Fault	23
Thrust	25/240	Fault	24
Thrust	42/210	Fault	25
Thrust	70/045	Fault	26
Thrust	84/052	Fault	27
Thrust	35/107	Fault	28
Thrust	82/038	Fault	29
Thrust	67/027	Fault	30
Thrust	18/310	Fault	31
Thrust	55/008	Fault	32
Reverse	63/286	Fault	33
Reverse	57/100	Fault	34
Thrust	55/270	Fault	35
Thrust	45/320	Fault	36
Thrust	45/350	Fault	37
Thrust	65/320	Fault	38

مشخصات هندسی و سازوکار گسل های برداشت شده در ایستگاه هفدهم

توضیحات	شیب و امتداد	نوع ساختار	شماره برداشت ها
---------	--------------	------------	-----------------

Reverse (Pure)	85/357 (Rake = 90)	Fault	1
Reverse (Pure)	55/015 (Rake = 90)	Fault	2

مشخصات هندسی و سازوکار گسل های برداشت شده در ایستگاه هجدهم

توضیحات	شیب و امتداد	نوع ساختار	شماره برداشت ها
Anticline (Drage Fold)	L:34/350 R: 65/358	Fold	1

مشخصات هندسی و سازوکار چین برداشت شده در ایستگاه هجدهم

توضیحات	شیب و امتداد	نوع ساختار	شماره برداشت ها
Reverse	85/040 (Rake = 24)	Fault	1
Reverse(Pure)	58/028 (Rake = 90)	Fault	2
Thrust(Pure)	33/195	Fault	3
Back Thrust(Pure) (R=90)	38/200	Fault	4
Back Thrust(Pure) (R=90)	31/205	Fault	5
Thrust(Pure)	30/339 (Rake = 90)	Fault	6
Reverse (Pure)	66/004 (Rake = 90)	Fault	7

مشخصات هندسی و سازوکار گسل های برداشت شده در ایستگاه نوزدهم

توضیحات	شیب و امتداد	نوع ساختار	شماره برداشت ها
Anticline	L:30/340 R: 44/180	Fold	1
Anticline	L: 32/358 R: 75/326	Fold	2

مشخصات هندسی و انواع چین های برداشت شده در ایستگاه نوزدهم

توضیحات	شیب و امتداد	نوع ساختار	شماره برداشت ها
---------	--------------	------------	-----------------

Normal(Pure)	83/210	Fault	1
Normal	78/008	Fault	2
Reverse	64/176	Fault	3
Normal	65/000	Fault	4
Normal	84/225	Fault	5
Normal(فاشتی)	60/345	Fault	6

مشخصات هندسی و سازوکار گسل های برداشت شده در ایستگاه بیستم

توضیحات	شیب و امتداد	نوع ساختار	شماره برداشت ها
Anticline	L:35/230 R: 12/018	Fold	1
Syncline	L: 32/358 R: 75/326	Fold	2
Anticline	L: 81/005 R: 80/344	Fold	3
Anticline	L: 81/005 R: 80/344	Fold	4
Anticline	L: 22/010 R: 71/180	Fold	5
Syncline	L: 78/349 R: 22/010	Fold	6
Syncline	L: 71/180 R: 19/088	Fold	7

مشخصات هندسی و نوع چین های برداشت شده در ایستگاه بیستم

توضیحات	شیب و امتداد	نوع ساختار	شماره برداشت ها
Anticline (چین ملایم و باز)	L:28/036 R: 08/210	Fold	1
Anticline (چین ملایم و باز)	L: 08/210 R: 30/028	Fold	2
Anticline	L: 12/088 R: 22/130	Fold	3

Syncline (چین ملایم و باز)	L: 22/130 R: 35/050	Fold	4
-------------------------------	------------------------	------	---

مشخصات هندسی و نوع چین های برداشت شده در ایستگاه بیست و یکم

توضیحات	شیب و امتداد	نوع ساختار	شماره برداشت ها
Normal	70/040	Fault	1

مشخصات هندسی و سازوکار گسل برداشت شده در ایستگاه بیست و یکم

توضیحات	شیب و امتداد	نوع ساختار	شماره برداشت ها
.....	1:10/050 2: 24/205 3: 18/059	Fold	1
(چین مرتبط با گسل)	L: 35/030 R: 24/240	Fold	2
Box Fold	L: 87/003 R: 58/255	Fold	3
Open Fold	L: 58/255 R: 52/005	Fold	4
(Nose: Tight Fold)	L: 52/005 R: 47/250	Fold	5

مشخصات هندسی و نوع چین های برداشت شده در ایستگاه بیست و دوم

توضیحات	شیب و امتداد	نوع ساختار	شماره برداشت ها
Reverse	45/030	Fault	1

مشخصات هندسی و سازوکار گسل برداشت شده در ایستگاه بیست و دوم

توضیحات	شیب و امتداد	نوع ساختار	شماره برداشت ها
Thrust پ (Rake = 57)	20/042 (90/035)	Fault	1

Strike Sleep(Pure)	26/340	Fault	2
.....	54/008	Bed	3
Reverse(Pure)	46/068	Fault	4
Reverse(Pure)	79/058	Fault	5
Reverse(Pure)	48/080	Fault	6

مشخصات هندسی و سازوکار گسل های برداشت شده در ایستگاه بیست و چهارم