

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

سپیده رضاییک^۱، عبدالله سعیدی^{۲*}، مهران آرزین^۳ و علی سربی^۴

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

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

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

۴. استادیار، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج، البرز، ایران

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۱/۱۷

تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۴/۲۹

چکیده

پهنه مورد مطالعه در بخش شمالی پهنه برخوردی زاگرس واقع شده است. وجود واحدهایی از نهشته‌های ژرف بستر اقیانوس، افیولیت‌ها و سنگ‌های رسوبی کربناته زاگرس چین‌خورده در کنارهم 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 هم‌یوغ و سطح محوری چین‌خوردگی‌ها هستند. الگوهای ثبت تنش در این پژوهش برای داده‌ها روش وارون‌سازی 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 دگر شکلی به دست آمد. با استفاده از روش وارون‌سازی موقعیت تنش‌های اصلی σ_1 ، σ_2 و σ_3 در گستره مورد پژوهش به ترتیب ۰،۵۹، ۳۰۴ و ۱۹۴ و با کمک چین‌ها ۰،۲۹، ۱۲۷ و ۲۳۴ 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 کم‌وبیش یکسان بوده است. در نتیجه جهت کوتاه‌شدگی ثابت بوده است بنابراین گسل‌های منتسب به کوتاه‌شدگی همگی یک جهت تنش را نشان می‌دهند.

واژه‌های کلیدی: چین‌خوردگی، تحلیل خش لغزهای گسلی، تنش، روش وارون‌سازی چند مرتبه‌ای، کرمانشاه.

مقدمه

فرا دیواره گسل‌های راندگی متوالی نسبت به یکدیگر سبب تشکیل درزه‌ها و گسل‌های مزدوج^۲ بسیاری شده است. در مجموعه رادیولاریتی کرمانشاه، شواهدی ناشی از گسلش گوناگون وجود دارد، ولی به دلیل به سطح نرسیدن آنها قابل شناسایی نیست (گسل‌های کور^۳، بربریان، ۱۹۹۵). در شکل (۱-الف و ب) ایستگاه‌های مورد بررسی و مقایسه جهت تنش‌ها در چین‌ها و گسل‌های برداشت شده روی نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ زمین‌شناسی گستره کرمانشاه نمایش داده شده است.

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 ۱). 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.

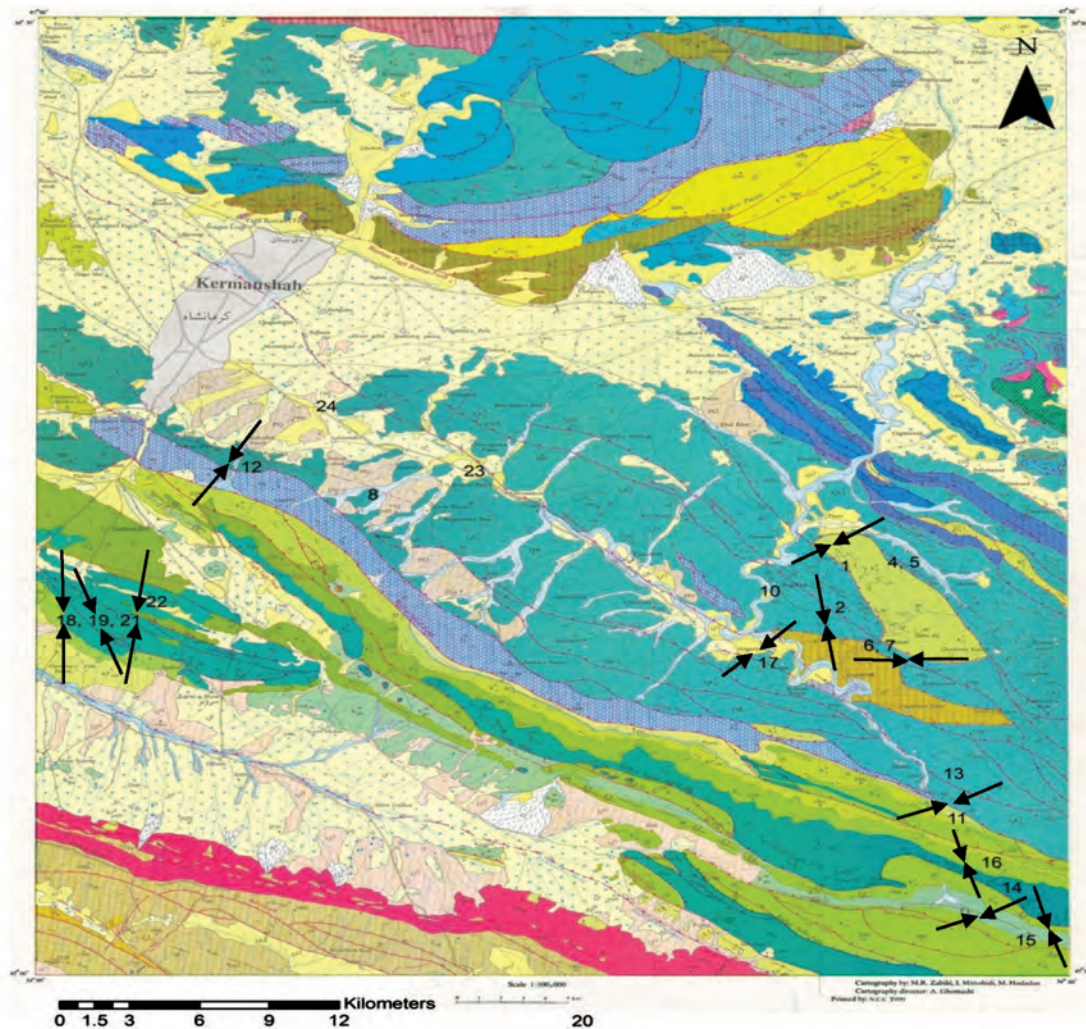
ب- زاگرس-بخش بیشتر گستره مورد پژوهش که در جنوب گسل مروارید-صحنه جای دارند ویژگی‌های رسوبی و ساختاری بخش شمال غربی زاگرس را دارند که شامل دو زیر پهنه زاگرس مرتفع و زاگرس چین خورده است. مرز بین این دو زیر پهنه از لحاظ رئولوژیکی چندان آشکار نیست و به نظر می‌رسد که گذر از زاگرس مرتفع به زاگرس چین خورده تدریجی است ولی الگوی ساختاری این دو زیر پهنه تفاوت‌های آشکار دارد. الگوی

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 می‌باشد. مطالعات متفاوتی بر روی تنش دیرینه در مناطق مختلفی از کشور به وسیله پژوهشگران مختلف صورت گرفته است. از جمله این پژوهش‌ها می‌توان به الیاسی (۱۳۸۰)؛ نواب پور و همکاران (۱۳۸۵)؛ سعادت و همکاران (۱۳۸۷)؛ شهیدی و همکاران (۱۳۹۰)؛ موسوی و همکاران (۱۳۸۹) اشاره کرد. در پهنه برخورد (گستره پژوهش) سنگ‌ها و نهشته‌های موجود بر پایه ویژگی‌های رئولوژیکی‌شان رفتارهای متفاوتی در برابر فرایندهای همگرایی نشان داده‌اند. هدف از این پژوهش، بررسی الگوهای ساختاری در واحدهای سنگ چینه‌ای و نیز موقعیت و تغییرات جهت تنش در بازه‌های زمانی متفاوت بوده است. جهت‌های تنش فشارشی به دست آمده از داده‌های برداشت شده از ویژگی‌های هندسی و کینماتیکی گسل‌ها می‌باشد.

جایگاه و ویژگی‌های زمین ساختی و زمین‌شناسی گستره مورد پژوهش

از نظر زمین ساختی گستره مورد پژوهش گستره برخورد صفحه‌های قاره‌ای ایران و عربی و بسته شدن حوضه تتیس جوان است. ساختار زمین‌شناسی ناحیه کرمانشاه از برگه‌های نازک رانده شده‌ای به صورت ساختمان‌های دوپلکس و سفره‌های رانده پدیدار شده‌اند. گسل‌های راندگی بیشتر از نوع 'Listric Contractional' هستند و جهت حرکت آن‌ها از شمال-شمال شرقی به سمت جنوب-جنوب غربی است (گزارش نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ هرسین). پنجره‌های تکتونیکی متعددی از رادیولاریت‌ها و افیولیت‌ها در کوه‌های بیستون-پرو، از لا به لای سازندهای کربناتی بیستون نمایان شده‌اند. جهت بزرگترین محور تنش بیشتر شمال-شمال شرقی، جنوب-جنوب غربی است. حرکت بلوک‌های

1. Listric Contractional
2. Conjugate
3. Blind fault

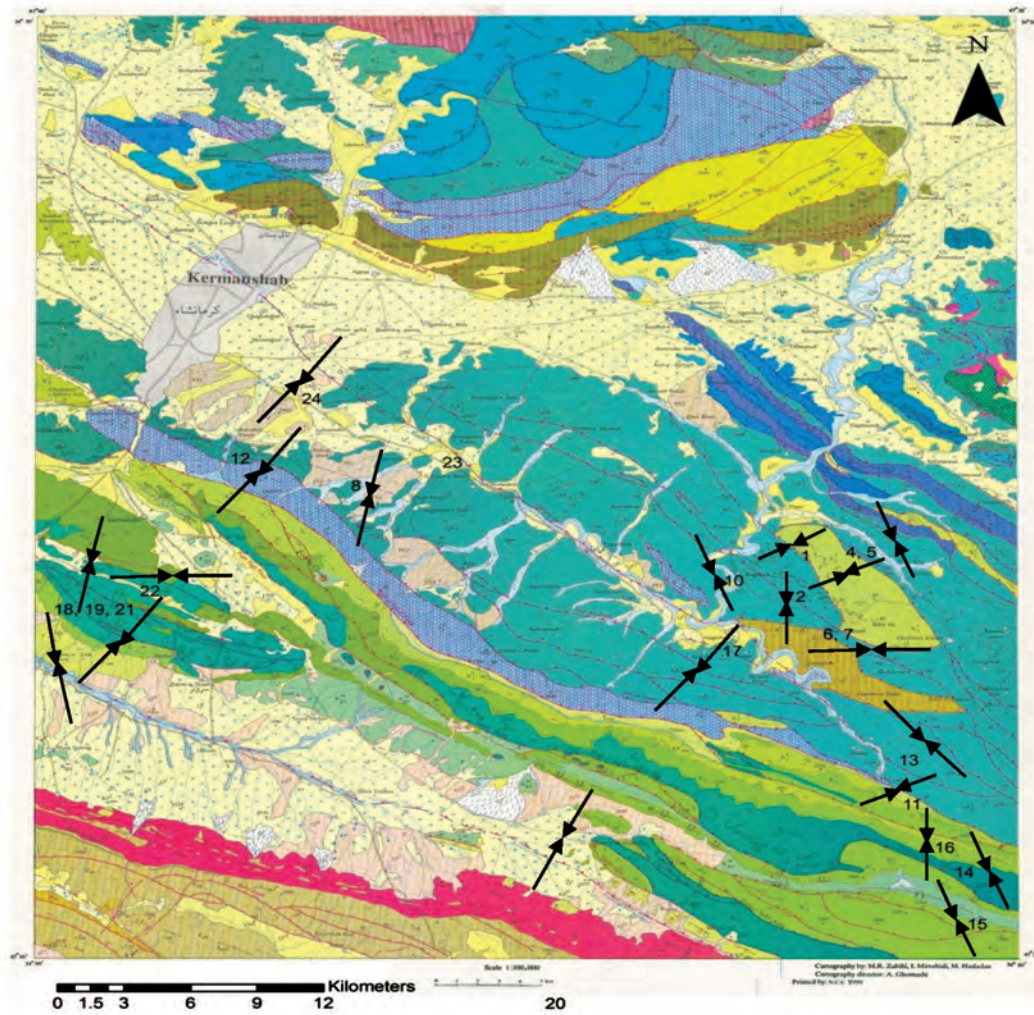


شکل ۱. الف) نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ منطقه کرمانشاه (کریمی باوندپور، ۱۹۹۹) به همراه جهت تنش چین‌های برداشت شده در هر ایستگاه

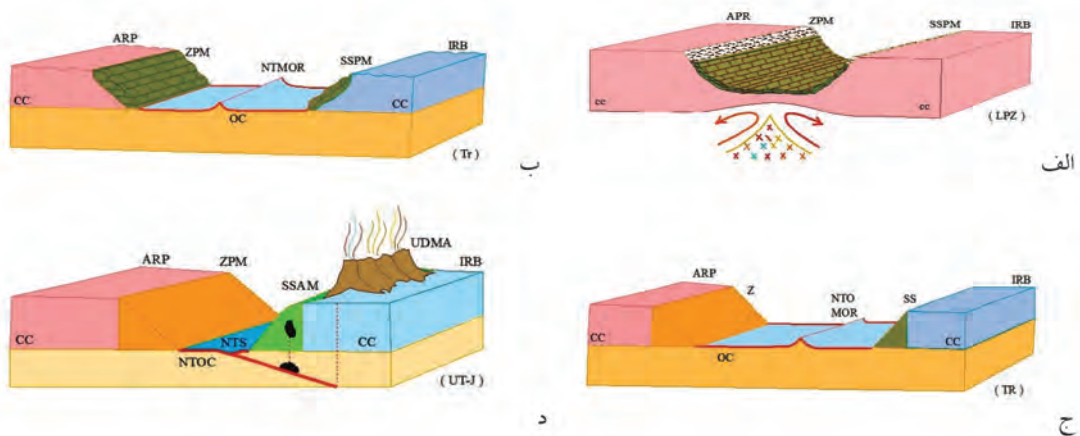
ویژگی‌های سنگ چینه‌ای گستره مورد پژوهش

در پهنه زاگرس قدیمی‌ترین واحد رخنمون یافته در منطقه را سنگ‌های کرتاسه پایینی تشکیل داده است، بخش پایین این واحد، شامل دولومیت و سنگ آهک‌های دولومیتی برشی شده است. سنگ‌های کرتاسه پسین شامل سنگ آهک‌ها و مارن می‌باشند که سنگ آهک‌های سازند کرمانشاه همراه با سازند امیران به سن ماستریشین بر روی سنگ‌های کرتاسه پایینی به صورت هم ساز جای می‌گیرند.

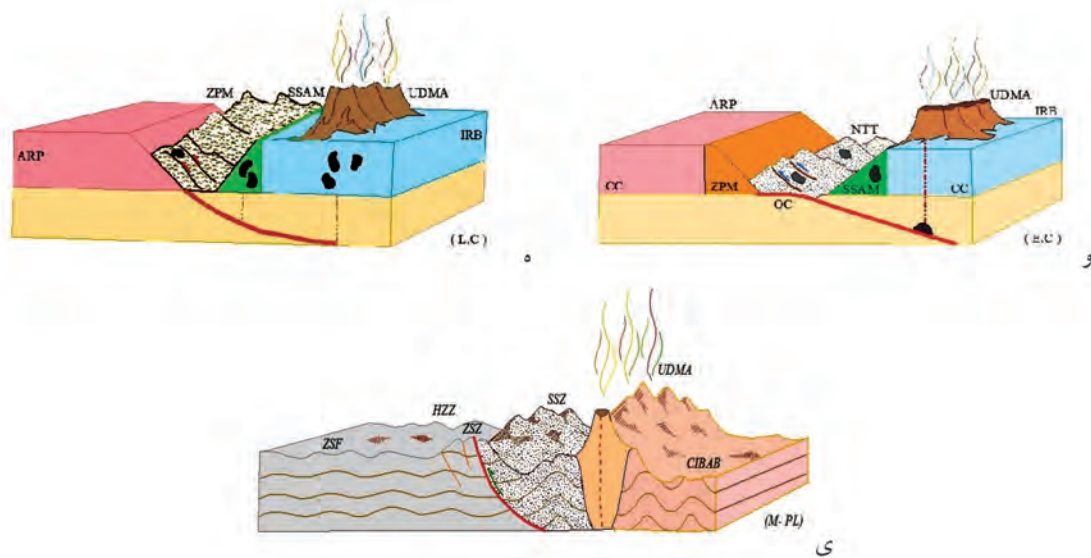
ساختاری این بخش استان کرمانشاه نتیجه عملکرد گسل‌های راندگی است که با جابه‌جایی‌های قابل توجه رخنمون‌های سنگی و ستبر شدن پوسته همراه است. جابه‌جایی ناشی از تنش فشارشی راندگی‌ها به صورت خردشدگی در سنگ‌ها نمود دارد. در زیر الگوی ژئودینامیکی برخورد دو صفحه ایران و عربی از زمان گسترش ریف درون قاره‌ای تا شکل‌گیری کنونی زاگرس در پایان میوسن-پلیوسن رسم شده است (شکل ۲) (رضابیک و همکاران، ۱۳۹۶).



شکل ۱. (ب) نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ منطقه کرمانشاه (سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، علیرضا کریمی باندپور، ۱۹۹۹) به همراه جهت تنش گسل های برداشت شده در هر ایستگاه



شکل ۲. 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) فرو رانش پوسته اقیانوسی جوان به زیر لیتوسفر قاره ای بلوک ایران



ادامه شکل ۲. (و) تاثیر فرایندهای زمین ساختی و ماگماتیسم به صورت چین خوردگی، گسلش و بالآمدگی مواد دگر شکل شده، (ه) بالا آمدن بستر حوضه همزمان با واگرایی دو بلوک درگیر، (ی) شکل گیری کنونی زاگرس در پایان میوسن-پلیوسن

سازند تله زنگ به سن ائوسن پیشین بر روی سازند امیران قرار گرفته است. رسوبات ائوسن پسین از دولومیت‌های توده‌ای 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 ۳).

Age	Geological	SW Kermanshah Stratigraphic Units	NE	Tectonic history
1.8	Cenozoic	Pleistocene		Authemayou et al., 2006 Initiation of the MRF Main folding of the ZSFB Homke et al., 2004
5.3		Pliocene		
11.2		Agha Jari		
16.4	Oligocene	Gachsaran		Main folding & thrusting of the HZB Molinaro et al., 2005a
23.8		Asmari		
33.7	Eocene	Shahbazan		Onset of folding Sherkati et al., 2005 Onset of collision Agard et al., 2005
54.8		Kashkan		
65		Taleh Zang		
	Palaeocene	Amiran		Neo-Tethyan closure
	Mesozoic	Shelf & marine Carbonates & marls		Ophiolite obduction Ricou et al., 1977 NE-Arabian passive margin
250	Palaeozoic	Epicontinental detrital deposits		Neo-Tethyan opening Berberian & King, 1981
540	Precambrian	Arabian Basement		

شکل ۳. نمودار چین‌شناسی منطقه مورد پژوهش (Beydoun et al., 1992; Motiei, 1993)

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 ۴ 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 ۵ 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 جا به جا شده‌اند.

بر روی گروه فارس سازند بختیاری به صورت ناهمساز جای می‌گیرند. در بخش کمربند خرد شده، واحدهای سنگی بخش پهنه زاگرس چین خورده به واحدهای جدا از هم تقسیم می‌شود. (۱) رادیولاریت‌های کرمانشاه، (۲) سنگ آهک‌های بیستون، (۳) توده‌های 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 سستبر لایه، رادیولاریت‌های دارای چین‌بندی نامنظم همراه مارن و سنگ آهک‌ها و خرده‌های سیلیسی تریاس تشکیل شده‌اند. در پهنه سندرچ-سیرجان از نظر زمین ساختی بیشتر از ساختمان‌های دوپلکس مرکب بزرگ مقیاس و سیستم‌های ایمبریکیت کوچک و بزرگ زاویه با شیب به سمت شمال خاوری تشکیل شده است.



شکل ۴. سطوح گسل‌های راندگی و معکوس بزرگ زاویه عمود بر هم به همراه نمودار گل سرخی و استریوگرام آن (دید به سمت جنوب)



شکل ۵. شدت دگرشکلی در لایه‌های شیلی-رادیولاریتی به همراه نمودار گل سرخی و استریوگرام آن (دید به سمت جنوب باختر)

در شکل ۶ صفحه یک گسل معکوس خالص در آهک‌های بیستون با خط خش‌های موازی با امتداد صفحه گسل نشان داده شده است.

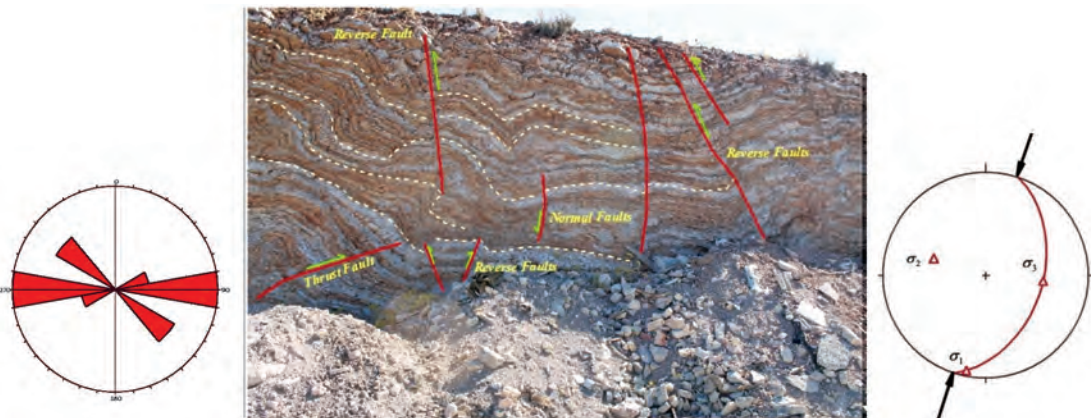


شکل ۶. صفحه گسل معکوس خالص در آهک‌های بیستون با خط خش‌های موازی با امتداد صفحه گسل به همراه نمودار گل سرخی و استریوگرام آن (دید به سمت شمال)

در این پهنه برشی الگوی‌های فراوانی از گسل‌های راندگی، چین‌های پیچیده، چین‌های جعبه‌ای، جناغی، خوابیده، تغییر الگوی یک چین به چین دیگر، در پهنه گسل‌های راندگی، پس راندگی و نرمال مورد بررسی قرار گرفته است (شکل‌های ۸، ۹، ۱۰ و ۱۱). بخشی از پهنه مورد پژوهش منطبق بر مرز بین زاگرس مرتفع و ساندج-سیرجان بود. یک سری ساختار دریک پهنه گسلیده، برشی و به شدت به هم ریخته وجود دارد که رخساره سنگ‌های این پهنه شیل و سنگ آهک و نیز رادیولاریت به شدت بریده شده است. بنابراین به دلیل جای گرفتن آن‌ها در پهنه برخورد تمامی چین‌ها ساخت اولیه خود را از دست داده‌اند.

ویژگی‌های هندسی و کینماتیکی چین‌های منطقه مورد پژوهش

در برخی ایستگاه‌های شکل ۷-شکل‌گیری کنونی زاگرس در پایان میوسن-پلیوسن مورد پژوهش پهنه‌هایی دیده می‌شود که الگوی چین‌های پر دامنه 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 ۷).

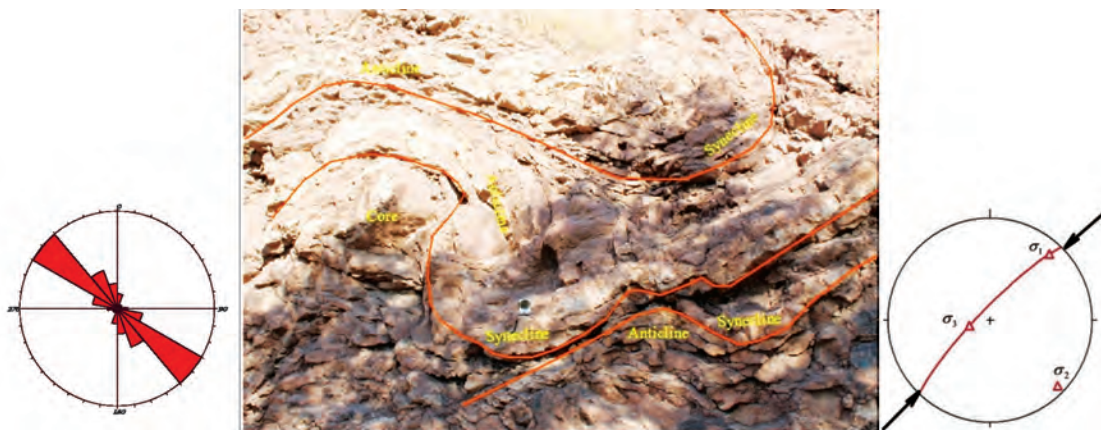


شکل ۷. الگوی چین‌های پر دامنه و باز در یک ردیف رسوبی (سنگ آهک و شیل‌های سرخ) به همراه نمودار گل سرخی و استریوگرام آن (دید به سمت جنوب باحتر)

تعیین موقعیت تنش دیرین بر پایه مطالعه ناپیوستگی‌ها و چین خوردگی‌های ...



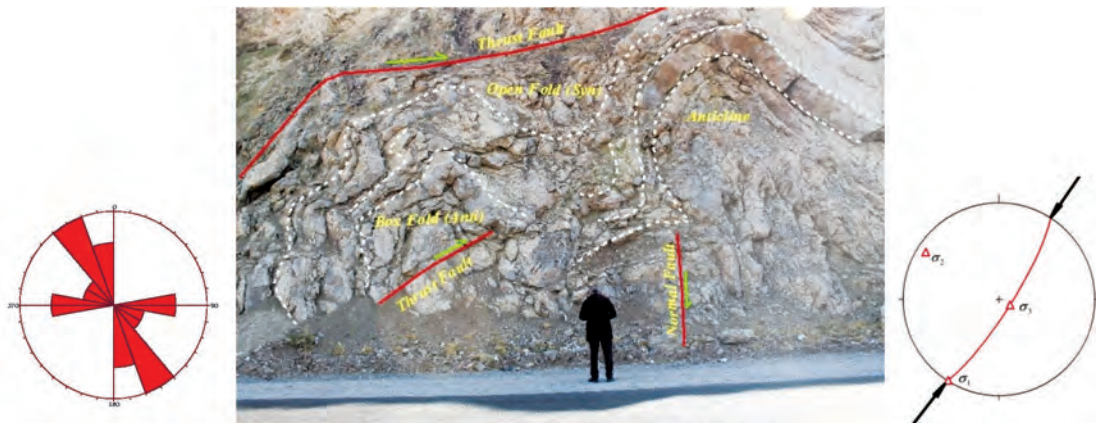
شکل ۸. شدت چین خوردگی در سنگ آهک‌های رادیولاریتی و به هم ریختگی الگودراثر تداوم کوتاه شدگی (دید به سمت شمال باختر)



شکل ۹. الگوهای پیچیده از چین خوردگی در سنگ آهک‌های رادیولاریتی شامل یک تاقدیس به نسبت متقارن، یک ناودیس خوابیده در یال خاوری تاقدیس و یک ناودیس خوابیده بر روی ناودیس اول به همراه نمودار گل سرخی و استریوگرام آن (دید به سمت شمال)



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 باختر)



شکل ۱۱. شکل‌گیری چین‌های بسیار فشرده و کنارهم در داخل سنگ آهک‌های ستبر لایه کرتاسه پسین (دید به سمت جنوب)

برآورد جهت تنش دیرین بر پایه ویژگی‌های کینماتیکی گسل‌ها و چین‌ها روش تعیین تنش دیرین با استفاده از روش وارون‌سازی (Multiple Inverse Method)

دهنده 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^۴ & Schmid^۵, 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 ترفشارش ($0 < R < 0.25$) تغییر می‌کند. در حالت σ_3 عمودی نسبت تنش از ترفشارش ($0 < R < 0.25$)، فشارش محض ($0.25 < R < 0.75$) تا فشارش شعاعی ($0.75 < R < 1$) متغیر می‌باشد (Matenco & Schmid, 1999). بنابراین در چنین رژیم تنش می‌توان ترکیبی از گسل‌ها نظیر امتدادلغز، راندگی و مورب لغز داشته باشیم. نتایج وارون‌سازی داده‌ها، زمانی مورد پذیرش است که ۸۰ درصد انحراف زاویه‌ای بین S و τ کمتر از ۲۰ درجه باشد. داده‌های ایده‌آل شامل گسل‌هایی هستند که دارای شیب به دو سو بوده و امتداد متفاوت داشته باشند (مثل گسل‌های هم‌یوغ و مزدوج). در جدول‌های (۱)، (۲)، (۳) و (۴) با استفاده از این روش وارون‌سازی با کمک نرم‌افزار Tectonics FP^۶ و Dips^۷ در همه ایستگاه‌های مورد بررسی برای گسل‌ها و چین خوردگی‌ها، بصورت جداگانه، مقادیر تنش و R به دست آمده است.^۱

روش وارون‌سازی چند مرتبه‌ای روشی برای تفکیک مراحل تنش است. در این روش مقادیر مطلق تنش‌های اصلی به دست نمی‌آید 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 می‌شود که خط خش (S) در جهت تنش برشی حداکثر (تنش مماسی که از تصویر تنش اعمالی روی سطح گسل به دست می‌آید) روی هریک از سطوح گسلی که از قبل موجود بوده‌اند، رخ می‌دهد. نتیجه وارون‌سازی، تنسور تنش تفریقی با بهترین سازگاری نسبت به مجموعه گسل‌هایی است که اندازه‌گیری شده‌اند و این کار با به حداقل رساندن انحراف زاویه‌ای بین بردار لغزش پیش‌بینی شده (τ) و بردار مشاهده شده (S) عملی می‌شود (Carey^۱, 1979; Angelier^۲, 1984; Mercier^۳ et al., 1991). در این روش همچنین فرض می‌شود که جابجایی بلوک‌های 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 می‌شود:

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

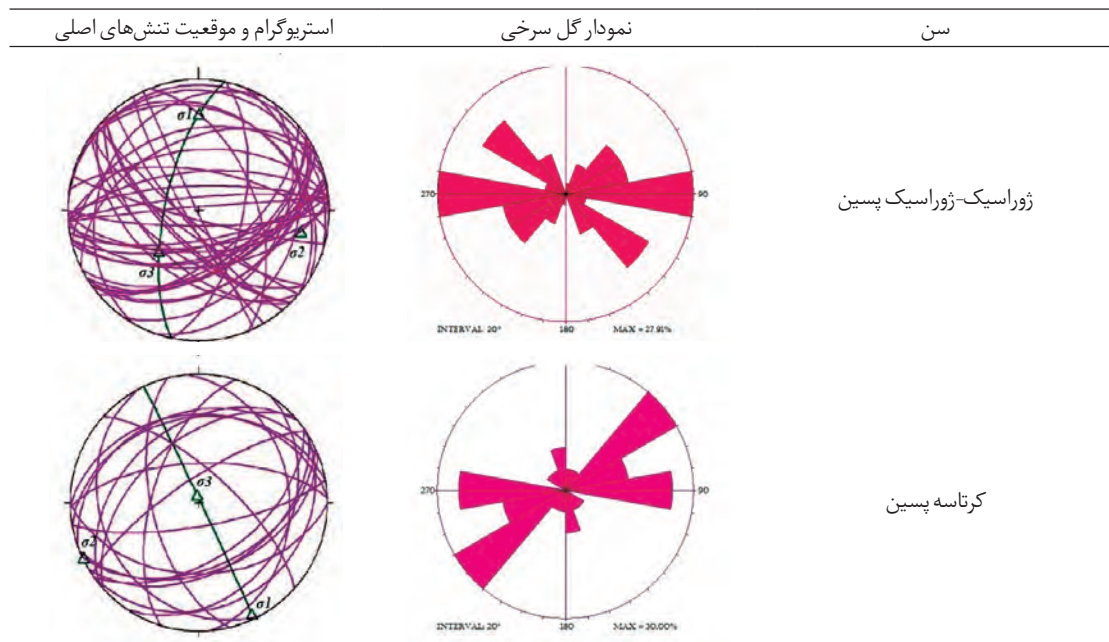
در رابطه بالا σ_1 ، σ_2 و σ_3 به ترتیب محورهای تنش حداکثر، متوسط و حداقل است. در یک مجموعه صفحات گسلی اندازه‌گیری شده داده‌ها را که ممکن است نشان

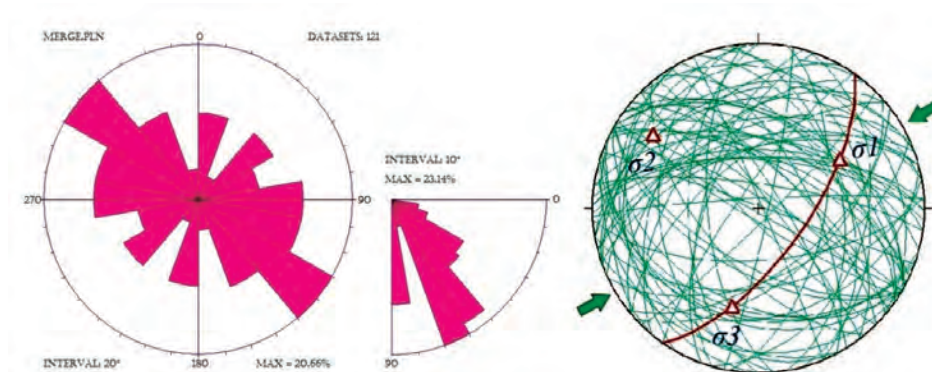
1. Carey
2. Angelier
3. Mercier
4. Matenco
5. Schmid
6. Tectonics FP
7. Dips

جدول ۱. تحلیل داده‌های لغزش گسل و جهت یابی تنش در میدان تنش در منطقه مورد مطالعه

ایستگاه	موقعیت جغرافیایی	سنگ‌شناسی	سن	R	σ_1		σ_2		σ_3	
					Azimuth	Plunge	Azimuth	Plunge	Azimuth	Plunge
۲	$N=3417598'$ $E = 47^{\circ}24'59.7''$	چرت، رادیولاریت و سنگ آهک	ژوراسیک پسین	۱	۰۱۵	۲۰	۲۸۶	۰۰	۱۹۴	۶۹
۳	$N = 34^{\circ}17'58.6''$ $E=4724593'$	رادیولاریت، سنگ آهک	ژوراسیک پسین- کرتاسه پیشین	۱	۱۳۰	۱۴	۰۴۰	۰۲	۳۰۸	۷۸
۴	$N=3418'523'$ $E=4725'065'$	شیل و سنگ آهک رادیولاریتی	ژوراسیک پسین- کرتاسه پیشین	۱	۰۹۰	۱۷	۰۰۰	۰۱	۲۶۸	۷۳
۵	$N=3418'114'$ $E=4725'189'$	شیل و سنگ آهک رادیولاریتی	ژوراسیک پسین- کرتاسه پیشین	۱	۳۱۰	۰۴	۲۲۰	۰۱	۱۳۸	۸۶
۱۰	$N=3417527'$ $E=4722'192'$	گل سنگ، سنگ آهک و لایه‌های رادیولاریتی	ژوراسیک پسین- ماستریختین	۱	۲۱۵	۴۲	۰۴۰	۴۷	۳۰۷	۰۴
۱۸	$N=3416'08'$ $E=4703'0.5'$	سنگ آهک‌های توده‌ای و نازک لایه	کرتاسه پسین	۰/۹۱	۰۰۸	۴۰	۲۷۶	۰۰	۱۸۳	۴۹
۱۹	$N=3416'10'$ $E=4803'02'$	سنگ آهک‌های توده‌ای و نازک لایه	کرتاسه پسین	۰/۴۲	۰۰۸	۱۴	۱۱۰	۱۰	۲۰۵	۷۵
۲۰	$N=3416'198'$ $E=4703'6.4'$	سنگ آهک و شیل‌های رادیولاریتی	ژوراسیک پسین- کرتاسه پیشین	۰/۸۵	۱۲۶	۷۶	۰۹۷	۰۱	۰۱۰	۱۱
۲۴	$N=3423'164'$ $E=4709'131'$	سنگ آهک و شیل‌های رادیولاریتی	ژوراسیک پسین- کرتاسه پیشین	۰/۶۷	۰۸۸	۲۹	۱۷۳	۰	۲۳۹	۷۰

جدول ۲. موقعیت تنش‌های اصلی و نمودار گل سرخی برداشت شده در دو زمان ژوراسیک و کرتاسه پسین



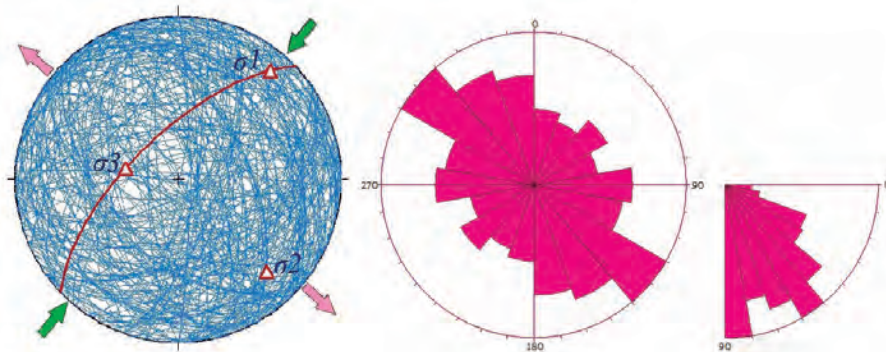
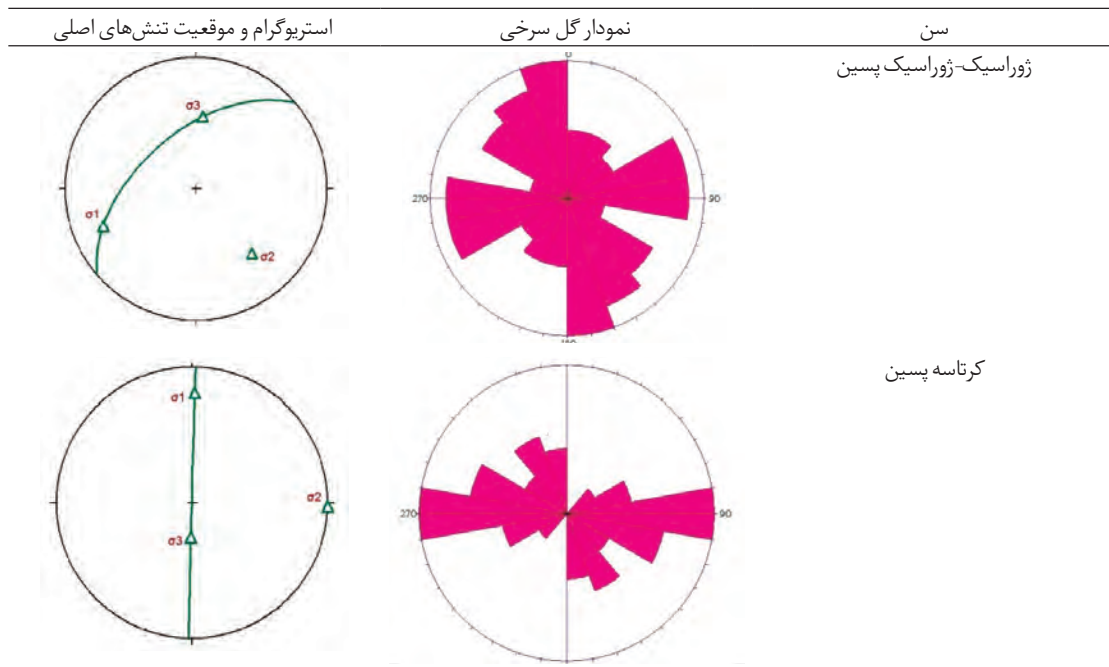


شکل ۱۲. استریوگرام و نمودار گل سرخی گسل‌های منطقه و جهت‌گیری بیشینه تنش اصلی

جدول ۳. تحلیل چین خوردگی‌ها و جهت‌یابی تنش در میدان تنش در منطقه مورد مطالعه

ایستگاه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	سنگ‌شناسی	سن	تعداد	σ_1		σ_2		σ_3		R
						Trend	Plung	Trend	Plung	Trend	Plung	
۱	$N=34^{\circ}18'11.5''$	$E=47^{\circ}24'53.4''$	سنگ آهک رادیولاریتی	ژوراسیک پسین	۴	۰.۲۱	۱۶	۱۶۳	۰.۶	۳۰۰	۷۰	۰/۱۶
۲	$N=34^{\circ}17'59.8''$	$E=47^{\circ}24'59.7''$	چرت، رادیولاریت و سنگ آهک	ژوراسیک پسین	۲۶	۰.۴۹	۲۱	۱۶۲	۴۹	۳۰۰	۸۲	۰/۳۱
۳	$N=34^{\circ}17'58.6''$	$E=47^{\circ}24'59.3''$	رادیولاریت، سنگ آهک	ژوراسیک پسین	۲۵	۲۵۸	۲۴	۱۳۶	۵۰	۰۰۳	۳۰	۰/۸۳
۶	$N=34^{\circ}16'10.2''$	$E=47^{\circ}24'27.2''$	چرت، رادیولاریت و سنگ آهک	ژوراسیک پسین	۶	۲۸۳	۱۶	۱۹۰	۰.۸	۰.۷۴	۷۲	۰/۹۴
۷	$N=34^{\circ}16'07.4''$	$E=47^{\circ}24'23.0''$	چرت، رادیولاریت و سنگ آهک	ژوراسیک پسین	۶۰	۰.۷۵	۲۱	۳۴۴	۰.۶	۲۴۰	۸۶	۰/۳۳
۱۲	$N=34^{\circ}21'44.5''$	$E=47^{\circ}06'28.5''$	سنگ آهک و شیل‌های رادیولاریتی	ژوراسیک پسین- کواترنری	۵۳	۲۳۹	۱۵	۱۴۰	۰.۵	۲۶۱	۷۰	۰/۴۴
۱۳	$N=34^{\circ}11'15.3''$	$E=47^{\circ}27'21.7''$	چرت، رادیولاریت و سنگ آهک	کرتاسه پسین	۱۴	۲۳۹	۱۱	۱۰۸	۴۹	۰.۴۰	۶۶	۰/۲۶
۱۴	$N=34^{\circ}08'12.7''$	$E=47^{\circ}28'56.9''$	گل سنگ، سنگ آهک و لایه‌های رادیولاریتی	ژوراسیک پسین- ماستریشترین	۱۵	۰.۳۶	۲۶	۱۵۸	۴۴	۱۴۴	۷۰	۰/۱۶
۱۶	$N=34^{\circ}09'42.3''$	$E=47^{\circ}28'27.7''$	گل سنگ، سنگ آهک و لایه‌های رادیولاریتی	ژوراسیک پسین- ماستریشترین	۴	۱۸۰	۱۶	۰.۷۳	۳۵	۲۹۲	۵۷	۰/۵۵
۱۷	$N=34^{\circ}28'6.7''$	$E=47^{\circ}4'0.28''$	سنگ آهک و شیل‌های رادیولاریتی	کرتاسه پسین	۹۲	۰.۸۸	۱۶	۰.۳۲	۲۶	۳۴۲	۴۹	۰/۱۴
۱۸	$N=34^{\circ}16'10.8''$	$E=47^{\circ}03'0.5''$	سنگ آهک‌های توده‌ای و نازک لایه	کرتاسه پسین	۲	۱۷۵	۴۰	۲۷۲	۰.۸	۰.۱۱	۴۹	۰/۴۹
۱۹	$N=34^{\circ}16'10''$	$E=48^{\circ}03'0.2''$	سنگ آهک‌های توده‌ای و نازک لایه	کرتاسه پسین	۴	۱۷۱	۰.۶	۰.۴۹	۲۱	۰.۳۰	۸۲	۰/۵
۲۰	$N=34^{\circ}16'19.8''$	$E=47^{\circ}03'6.4''$	سنگ آهک و شیل‌های رادیولاریتی	کرتاسه پسین	۱۴	۱۷۰	۴۰	۰.۷۶	۰.۶	۳۴۰	۵۳	۰/۴۱
۲۱	$N=34^{\circ}16'34.5''$	$E=47^{\circ}03'18.4''$	سنگ آهک‌های توده‌ای و نازک لایه	کرتاسه پسین	۸	۰.۳۰	۱۱	۰.۷۰	۱۱	۲۲۰	۷۸	۰/۹
۲۲	$N=34^{\circ}16'6.9''$	$E=47^{\circ}04'0.9''$	سنگ آهک‌های توده‌ای و نازک لایه	کرتاسه پسین	۱۱	۰.۳۸	۰.۶	۳۰.۵	۳.۵	۱۳۳	۵۳	۰/۴۹

جدول ۴. موقعیت تنش‌های اصلی و نمودار گل سرخی چین‌های برداشت شده در دو زمان ژوراسیک و کرتاسه پسین



شکل ۱۳. استریوگرام و رزداگرام چین‌های منطقه و جهت‌گیری بیشینه تنش اصلی

نتیجه‌گیری

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 چین خوردگی‌ها به ترتیب عبارتند از: $32/029$ ، $12/127$ و $56/234$. برپایه 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 خاوری بوده است. برآورد جهت تنش هم در چین‌ها و هم در گسل‌ها یکسان بوده است. در

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 سازو کار معکوس (فشارش) هستند. با کمک گسل‌ها و سطح محوری چین‌ها وضعیت تنش‌های اصلی در 24 ایستگاه با هم مقایسه شده است. در شکل (۱۲) استریوگرام و رزداگرام گسل‌های منطقه و جهت‌گیری بیشینه تنش اصلی در شکل (۱۳) استریوگرام و نمودار گل سرخی چین‌های منطقه و جهت‌گیری بیشینه تنش اصلی نشان داده شده است. بر اساس مطالعه داده‌های

- نظری، ح.، شهیدی، ع.، ۱۳۹۰، زمین ساخت البرز: پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۹۷.

- نواب پور، پ.، حیدرزاده، ق.، مافی، آ.، شیخ الاسلامی، م.، حقی پور، ن.، ۱۳۸۵ پیش درآمدی بر آرایش تنش‌های دیرینه در گستره کپه داغ پس از تریاس، فصل نامه علوم زمین، ۵۹.

- 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. Surun method graphique de recherché des contraintes principes egalement utisiabile en tectonique et en seismologie: la methods des diedtes droites: *Bulletin Society Geology*, 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 Motiei, H., 1993-Stratigraphy of Zagros, *Geological Survey of Iran*. 536.

- Navabpour, P., Angelier, J., 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., 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.

نتیجه جهت کوتاه شدگی ثابت بوده است بنابراین گسل‌های منتسب به کوتاه شدگی 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 شکل پذیری 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.، ۱۳۸۰-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.

- رضابیک، س.، سعیدی، ع.، آرین، م.، سربی، ع.، ۱۳۹۶، بررسی تنش بر پایه مطالعه شکستگی‌های موجود در پهنه برخوردی زاگرس منطقه کرمانشاه، فصل نامه علوم زمین، ۱۱۱، ۲۸۱-۲۸۸.

- سعادت، م.، سعیدی، ع.، ۱۳۸۷، تحلیل تنش دیرینه در خاور و جنوب خاورری تهران (سرخه حصار-خجیر)، فصل‌نامه علوم زمین، ۶۷.

- شهیدی، ع. و نظری، ح.، ۱۳۷۶-گزارش پشت نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰هرسین، سازمان زمین‌شناسی کشور.

- کریمی باوند پور، ع.، ۱۳۷۸-نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ کرمانشاه، سازمان زمین‌شناسی کشور.

- موسوی، س.م.، علوی، س.ا. و خطیب، م.م.، ۱۳۸۹، تفکیک فازهای تنش دیرین به روش برگشتی از صفحه‌های گسلی در منطقه جنوب بیرجند، فصلنامه زمین‌شناسی ایران، سال چهارم، شماره سیزدهم، صفحات ۲۷-۳۸.

* جدول مربوط به اطلاعات این مقاله را می‌توان از پژوهشگرهای مقاله در صورت نیاز دریافت نمود.