

بررسی تنش بر پایه مطالعه شکستگی‌های موجود در پهنه بر خوردی زاگرس منطقه کرمانشاه

سپیده رضاییک^۱، عبدالله سعیدی^۲، مهران آراین^۳ و علی سربی^۴

^۱دانشجوی دکترا، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

^۲دکترا، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران

^۳استاد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

^۴استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج، کرج، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۲/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۶/۱۳

چکیده

پهنه مورد مطالعه در بخش شمالی پهنه برخورد قرار گرفته است؛ جایی که نهشته‌های ژرف بستر اقیانوس، مانده پوسته اقیانوس تیسس جوان (افیولیت‌ها) و سنگ‌های رسوبی کربناته پوسته قاره‌ای عربی (زاگرس چین خورده) در کنار هم رخنمون دارند. جایگیری این واحد در کنار هم نشانه یک سیستم زمین‌ساختی فشارشی درازمدت از کرتاسه پسین تا زمان کنونی است. در نتیجه این همگرایی زمین‌ساخت و ساختارهای پیچیده‌ای در این پهنه به وجود آورده است. هدف اصلی این پژوهش، تحلیل تاریخچه تنش در منطقه کرمانشاه در پهنه ساختاری زاگرس است. در این پژوهش برای تحلیل تنش، گسل‌های هم‌یوغ و گسل‌های دارای خشل‌لغز که نوع و سوی حرکت در آنها تعیین شده، به کار گرفته شده‌اند. این داده‌ها بیشتر روی واحدهای سنگ‌آهکی رادیولاریتی و شیل‌های کرتاسه پسین جمع‌آوری شده است. برای شناخت و بررسی آرایش محورهای تنش در این پژوهش، برداشت‌های ساختاری به روش مستقیم صحرایی صورت گرفت. برداشت‌ها شامل صفحات گسلی، سطوح لغزش گسلی، درزهای هم‌یوغ و چین‌خوردگی و الگوهای ثبت تنش در این پژوهش برای داده‌ها روش دوجهی عمود برهم است. در این پژوهش بیشتر گسل‌ها دارای روند NW-SE با سازوکار فشارشی هستند. اما گسل‌هایی با سازوکار امتدادلغزی وجود دارند که امتداد آنها با گسل‌های فشارشی تفاوت دارد (NE-SW). از طرف دیگر گسل‌های نرمال جوان‌تر از گسل‌های فشارشی با امتداد یکسان در منطقه مورد مطالعه دیده شده است. با استفاده از روش دو وجهی عمود برهم موقعیت تنش‌های اصلی σ_1 ، σ_2 و σ_3 در منطقه مورد پژوهش به ترتیب ۰،۵۹، ۳۰۵ و ۱۹۵ به دست آمده است.

کلیدواژه‌ها: گسل‌های مزدوج، تحلیل خشل‌لغزهای گسلی، تنش، روش دوجهی عمود برهم، کرمانشاه.

*نویسنده مسئول: عبدالله سعیدی

E-mail: abdollahsaidi@yahoo.fr

۱- پیش‌نوشتار

– **(الف) سندج – سیرجان:** گوشه شمال خاوری منطقه مورد پژوهش بخش ناچیزی از پهنه دگرگون شده سندج- 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 مزوزویک (مجموعه ولکانیکی آهکی سنقر) و اوایل سنوزویک هستند و به لحاظ عملکرد تنش‌های فشارشی ساختار پیچیده‌ای دارند.

– **(ب) زاگرس:** بیشترین بخش منطقه مورد پژوهش که در جنوب گسل مروارید- صحنه قرار دارد؛ دارای خصوصیات رسوبی و ساختاری بخش شمال باختری زاگرس و شامل دو زیرپهنه زاگرس مرتفع و زاگرس چین‌خورده است. مرز بین این دو زیرپهنه چندان آشکار نیست و به نظر می‌رسد که گذر از زاگرس مرتفع به زاگرس چین‌خورده تدریجی است. ولی الگوی ساختاری این دو زیرپهنه تفاوت‌های آشکار دارد. بخش قیاس شده با زاگرس مرتفع در بخش شمال خاوری استان قرار دارد. الگوی ساختاری این بخش استان کرمانشاه حاصل عملکرد گسل‌های رانندگی است که با جابه‌جایی قابل توجه رخنمون‌های سنگی و ستبر شدن پوسته همراه است. جابه‌جایی حاصل از تنش فشارشی رانندگی‌ها به صورت خردشدگی در سنگ‌ها نمود دارد (شکل ۱).

پهنه زمین‌درز زاگرس (ZSZ; Zagros Suture Zone) یکی از نقاط کلیدی برخورد قاره- قاره ایران زمین بین صفحه عربی و ایران است. این پهنه از سویی به پهنه زاگرس مرتفع (High Zagros Zone) و پهنه زاگرس چین‌خورده (Zagros Simply Fold Zone) چسبیده و از سوی دیگر به پهنه سندج- سیرجان (Sanandaj- Sirjan Zone) و در بخش شمالی این زمین‌درز جای گرفته است. روند زمین‌درز موازی با روند ساختارهای شکل گرفته شمال باختر- جنوب خاور اجزای زمین ساخت برخوردی زاگرس است. شناسایی جهت تنش بخشی از تحلیل دینامیکی که پایه و اساس تحلیل جنبشی (سینماتیک) را تشکیل می‌دهد. مطالعات متفاوتی بر روی تنش دیرینه در مناطق مختلفی از کشور توسط پژوهشگران مختلف صورت گرفته است. از جمله این مطالعات می‌توان به الیاسی (۱۳۸۰)، نواب‌پور و همکاران (۱۳۸۵)، سعادت و سعیدی (۱۳۸۷)، شهیدی و همکاران (۱۳۹۰) و موسوی و همکاران (۱۳۸۹) اشاره کرد. در پهنه برخورد (منطقه پژوهش) سنگ‌ها و نهشته‌های موجود بر پایه ویژگی‌های رئولوژیکی‌شان رفتارهای متفاوتی در برابر فرایندهای همگرایی داشته‌اند. هدف از پژوهش پیش‌رو، بررسی الگوهای ساختاری در واحدهای سنگ‌چینه‌ای با ویژگی‌های فیزیکی- مکانیکی و نیز تغییرات جهت تنش در بازه‌های زمانی متفاوت بوده است. جهت‌های تنش فشارشی به دست آمده از داده‌های برداشت شده از ویژگی‌های هندسی و کینماتیکی گسل‌هاست.

۳- ویژگی‌های سنگ‌چینه‌ای گستره مورد پژوهش

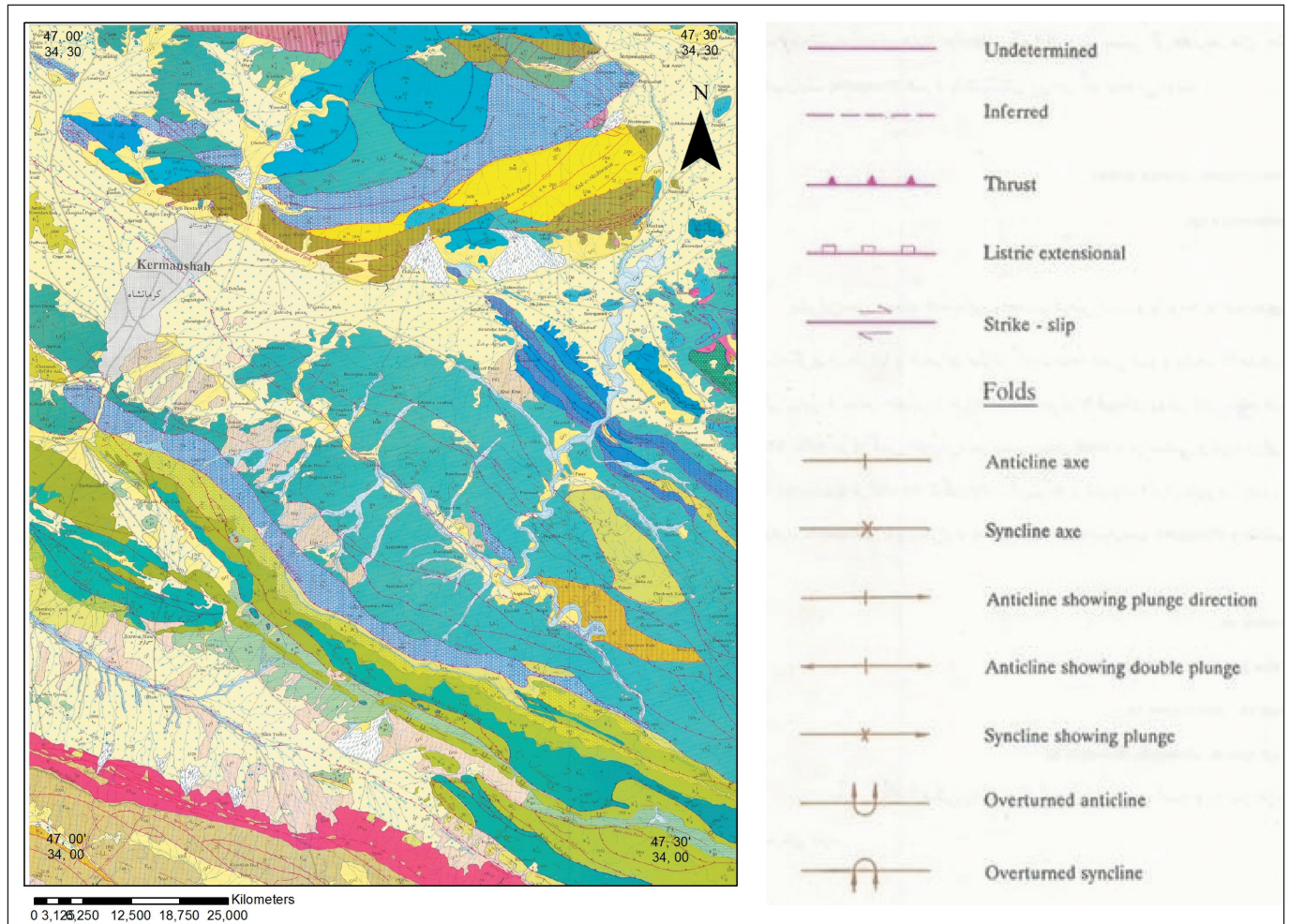
در پهنه زاگرس، قدیمی‌ترین واحد رخنمون یافته در منطقه را سنگ‌های کرتاسه پایینی تشکیل داده است. بخش پایین این واحد، شامل دولومیت و سنگ‌آهک‌های دولومیتی برشی شده است. سنگ‌های کرتاسه بالایی شامل سنگ‌های آهکی و مارن هستند که سنگ‌آهک‌های سازند کرمانشاه همراه با سازند امیران به سن ماسترتیشین بر روی سنگ‌های کرتاسه پایینی به صورت هم ساز قرار می‌گیرند. سازند تله‌زنگ به سن ائوسن پایینی بر روی سازند امیران قرار گرفته است. رسوبات ائوسن بالایی از دولومیت‌های توده‌ای سازند شهبازان تشکیل شده است که مرز پایین آن با سازند

۲- جایگاه و ویژگی‌های زمین‌شناسی گستره مورد پژوهش

نخستین بررسی‌های اکتشافی نفت در سال ۱۸۸۱، توسط یک محقق فرانسوی به نام «مورگان» در ناحیه مورد پژوهش صورت گرفته است. داده‌های زمین‌شناسی سراسری و منطقه‌ای نشان می‌دهد که بیشترین بخش ناحیه مورد پژوهش از آن حوضه رسوبی- ساختاری زاگرس است. بنابراین گوشه شمال خاوری آن ویژگی‌های زمین‌شناسی پهنه سندج- سیرجان را دارد. 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:

بخش کمربند خرد شده، واحد سنگی بخش پهنه زاگرس چین خورده به واحدهای مجزا تقسیم می‌شود: ۱) رادیولاریت‌های کرمانشاه، ۲) سنگ آهک‌های بیستون، ۳) توده‌های نفوذی آتشفشانی و توف‌ها.

آواری کشکان تدریجی و همشیب بوده و در بالا به وسیله ناپیوستگی فرسایشی با واحدهای سنگی گروه فارس (میشان و آجاجاری) به سن میوسن پوشیده شده است. بر روی گروه فارس سازند بختیاری به صورت ناهم‌ساز قرار می‌گیرد. در



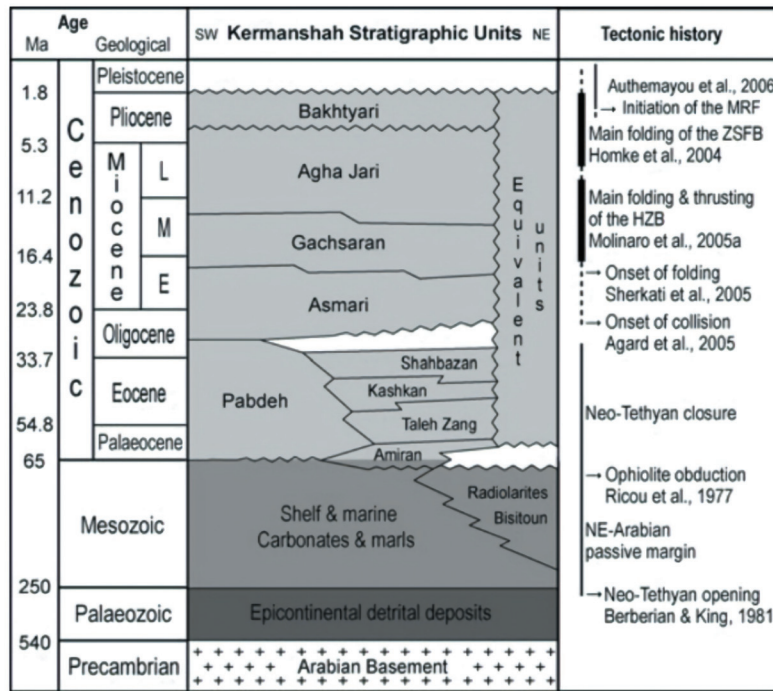
شکل ۱- تصویری از نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ منطقه کرمانشاه (کریمی باوندپور، ۱۳۷۸).

رانده شده‌ای تشکیل شده است که به صورت ساختمان‌های دوپلکس (Duplex) و سفره‌های رانده (Nappes) پدیدار شده‌اند. گسل‌های راندگی بیشتر از نوع Listric Contractional هستند و جهت حرکت آنها از شمال-شمال خاوری به جنوب-جنوب باختری است (شهدی و نظری، ۱۳۷۶). پنجره‌های زمین‌ساختی متعددی از رادیولاریت‌ها و افولیت‌ها در کوه‌های بیستون-پرآو، از لابه‌لای سازندهای کربناتی بیستون نمایان شده‌اند. شیب راندگی‌ها به طور عموم کمتر از ۴۵ درجه است ولی شیب‌های بیشتر (تا ۷۰ درجه) نیز دیده می‌شود که این ویژگی در دوپلکس‌های نوع شیب‌کرانه‌ای (Hinterland dip Duplex) امری طبیعی به شمار می‌رود. جهت بزرگ‌ترین محور تنش بیشتر شمال-شمال خاوری، جنوب-جنوب باختری است. حرکت بلوک‌های فرادواره گسل‌های راندگی متوالی نسبت به یکدیگر سبب تشکیل درزه‌ها و گسل‌های مزدوج (Conjugate) 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 (Berberian, 1995)؛ (Blind Fault)).

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 دارد. در زیر پهنه بیستون کهن‌ترین نهشته‌ها از سنگ آهک، رادیولاریت‌های ضخیم‌لایه، رادیولاریت‌های دارای چین‌بندی نامنظم همراه مارن و سنگ آهک‌ها و خرده‌های سیلیسی تریاس تشکیل شده‌اند. پهنه سندج-سیرجان از نظر زمین‌ساختی بیشتر از ساختمان‌های دوپلکس مرکب بزرگ‌مقیاس و سیستم‌های ایمبریکیت کوچک و بزرگ‌زاویه با شیب به سمت شمال خاوری تشکیل شده است (شهدی و نظری، ۱۳۷۶). در شکل ۲ نمودار چین‌شناسی منطقه مورد پژوهش آورده شده است (Beydoun et al., 1992; Motiei, 1993).

۴- زمین‌ساخت گستره مورد پژوهش

منطقه مورد پژوهش گستره برخورد صفحه‌های قاره‌ای ایران و عربی و بسته شدن حوضه تیس جوان است. پهنه برخورد، بحرانی‌ترین و پیچیده‌ترین بخش یک فرایند کوهزایی است. ساختار زمین‌شناسی ناحیه کرمانشاه از برگه‌های نازک



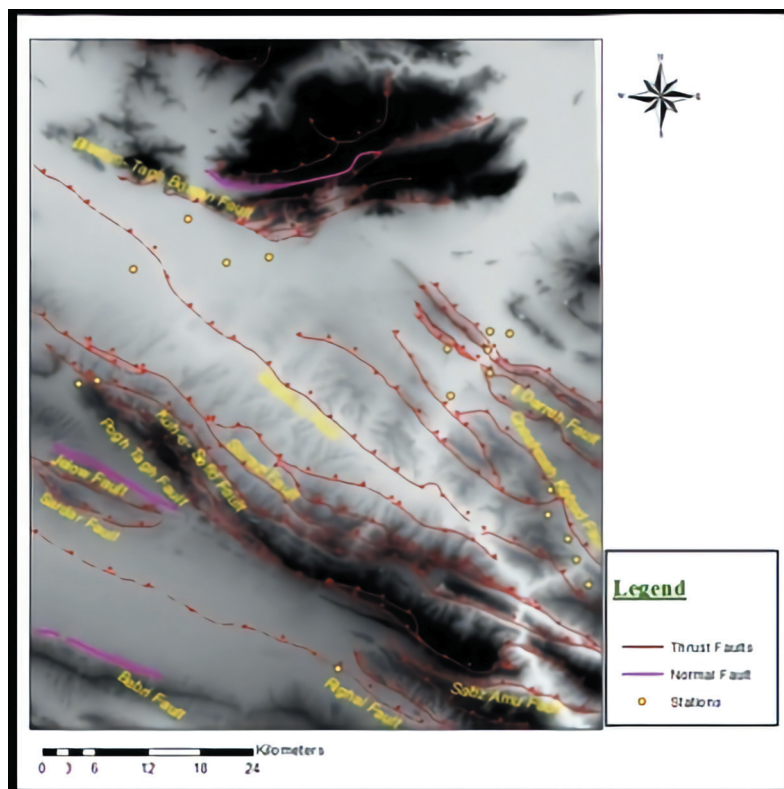
شکل ۲- نمودار چینه شناسی منطقه مورد پژوهش (Beydoun et al., 1992; Motiei, 1993).

۵- ساختارها

۵-۱. گسل‌های اصلی

جلو، چشمه کیود، باقاله، کوه سفید، سراب، سبز عمو، بیستون- تاق بستان و غیره از جمله گسل‌های مهم استان به شمار می‌آیند که در شکل ۳ مشخص شده است (الیاس زاده و محجل، ۱۳۸۸).

چین خوردگی زاگرس که منطقه مورد پژوهش بر روی آن واقع شده است گسل‌های متعددی دارد که در گذشته فعال بوده و باعث ایجاد زمین‌لرزه‌های بزرگ شده‌اند.



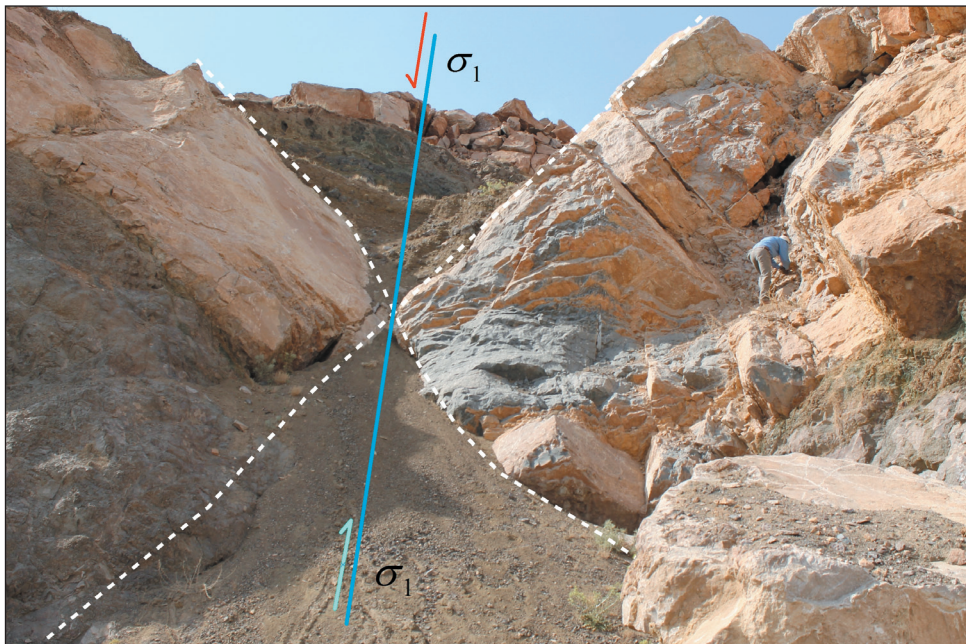
شکل ۳- گسل‌های اصلی منطقه مورد پژوهش روی DEM منطقه.

۵-۲. گسل‌های مزدوج

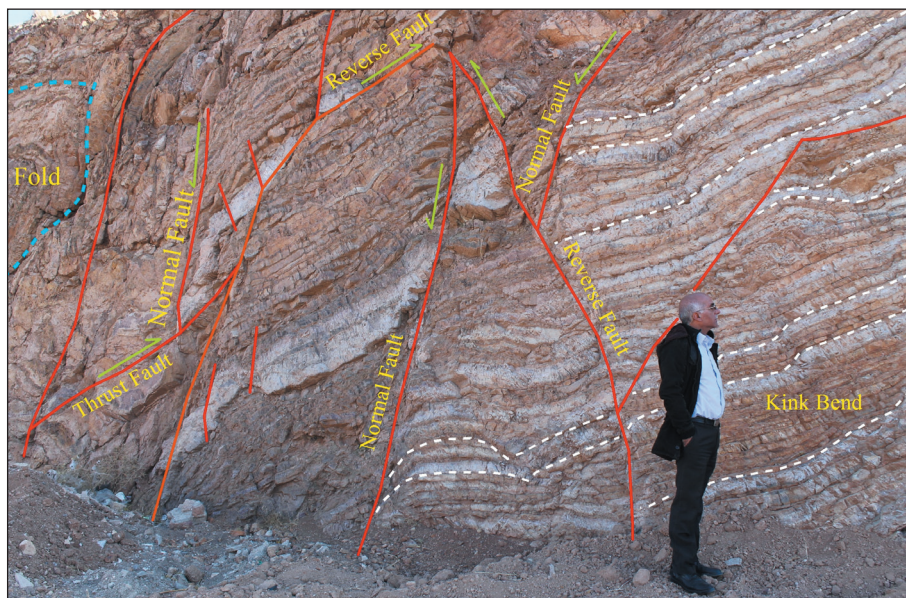
وقتی نمونه‌ای از سنگ تحت تأثیر تنش فشارشی قرار می‌گیرد، اولین دسته شکستگی‌های ایجاد شده در نمونه، درزه‌های مزدوج است. زاویه حاده تشکیل شده معادل α_2 و زاویه منفرجه به وجود آمده معادل 2θ است (α زاویه راستای σ_1 با سطح شکستگی و θ زاویه بین راستای σ_1 و قطب سطح شکستگی معرفی می‌شود). از این ساختارها می‌توان جهت یافتن راستای تنش بیشینه محدوده استفاده کرد؛ به این ترتیب که نیمساز زاویه حاده (2α) معادل محور σ_1 است. طی مطالعات صحرائی انجام شده در محدوده مورد مطالعه، ۲۴ گسل مزدوج در نقاط مختلف شناسایی و برداشت شد. در شکل ۴ نمونه‌ای از این گسل‌ها و موقعیت محور σ_1 آنها با توجه به مطالب بیان شده در بالا آمده است.

۶- ویژگی‌های هندسی و کینماتیکی گسل‌های منطقه مورد پژوهش

در این پژوهش گسل‌های هم‌بوغ (مزدوج) با مکانیزم امتدادلغزی و گسل‌های دارای خش‌لغز که نوع و سوی حرکت در آنها تعیین شده است، به کار رفته‌اند. این داده‌ها بیشتر از واحدهای سنگ آهک‌ها و شیل‌های رادیولاریتی کرتاسه پسین برداشت شده است. در ادامه به بررسی ویژگی‌های هندسی و کینماتیکی گسل‌های منطقه پرداخته شده است. در شکل ۵ تعدادی از گسل‌های نرمال و رانندگی دیده می‌شود که روندی یکسان با هم دارند. گسل‌های نرمال در شکل ۵ از نظر تشکیل جوان‌تر از گسل‌های رانندگی هستند و سیستم کشتی بعد از سیستم فشارشی حاکم شده است.



شکل ۴- نمونه‌ای از یک گسل مزدوج و تعیین موقعیت تنش بیشینه از طریق آن (دید به سوی شمال خاور).



شکل ۵- گسل‌های معکوس و ویژگی نازک‌شدگی سنگ آهک سبیرلایه بر روی فرادایواره گسل نرمال (دید به سوی جنوب باختر).

سنگ آهک‌های رادیولاریتی (شکل ۶) و پله‌های گسلی روی بلوک زیرین گسل معکوس بزرگ زاویه (شکل ۷)، نشان‌دهنده سیستم حرکتی این گسل‌هاست.

دلیل تشکیل این گسل‌های نرمال به دلیل میل به برگشت پوسته چین‌خورده به حالت اولیه پیش از دگرشکلی در منطقه است. خش‌لغزها و پله‌های گسلی بر روی



شکل ۷- پله‌های گسلی روی بلوک زیرین گسل معکوس بزرگ زاویه نشان‌دهنده سیستم حرکتی این گسل (دید به سوی شمال).



شکل ۶- خش‌لغزها و پله‌های گسلی بر روی سنگ آهک‌های رادیولاریتی نشان‌دهنده حرکت امتدادلغزی راست‌گرد.

وجهی‌های عمود بر هم است که برای اولین بار توسط Angelier and Mechler (1977) انجام شد. در واقع روش دووجهی‌های عمود بر هم مشابه روشی است که در تحلیل سازوکار کانونی زمین‌لرزه استفاده می‌شود. با این تفاوت که در بررسی سازوکار زمین‌لرزه‌ها دو صفحه گره به دست می‌آید که یکی از آنها گسل است. اما در بررسی و تحلیل صفحه گسل بر اساس روش دووجهی‌های عمود بر هم نیاز به تشخیص و تفکیک صفحه گسل از صفحه کمکی نیست، زیرا هدف تعیین محورهای اصلی تنش دیرین است. در روش دووجهی‌های عمود بر هم برای هر دسته از داده‌ها (گسل و بردار لغزش) می‌توان یک صفحه گسل و یک صفحه کمکی رسم کرد. صفحه کمکی عمود بر صفحه گسل، به شکلی ترسیم می‌شود که از قطب گسل و عمود بر بردار لغزش روی سطح گسل بگذرد. در این صورت محدوده تحت گسلش به دو بخش فشارش که دربرگیرنده محور فشارش است (P) و دو بخش کشش که دربرگیرنده محور کشش است (T) تقسیم می‌شود که دو ربع فشارشی و کششی روبه‌روی هم قرار می‌گیرند (شکل ۸).

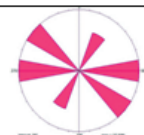
در جدول ۱ استریوگرام و نمودار گل‌سرخ‌ی گسل‌های هم‌یوغ در همه ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه با هم مقایسه شده‌اند. در جدول ۲ نیز اطلاعات مربوط به گسل‌های دارای خش‌لغز به همراه موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های محل برداشت، موقعیت تنش‌های اصلی، لیتولوژی و مقدار نسبت تنش در هر ایستگاه، در جدول ۳، اطلاعات مربوط به گسل‌های مزدوج به همراه موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های محل برداشت، سن، موقعیت تنش‌های اصلی، لیتولوژی و مقدار نسبت تنش در هر ایستگاه و در جدول ۴ موقعیت تنش‌های اصلی و نمودار گل‌سرخ‌ی در دو زمان ژوراسیک و کرتاسه پسین آورده شده است.

۷- برآورد جهت تنش دیرین بر پایه ویژگی‌های کینماتیکی گسل‌ها

۷-۱. روش تعیین تنش دیرین با استفاده از روش دووجهی‌های عمود بر هم (Right Dihedral Method)

یکی از کاربردی‌ترین روش‌های گرافیکی برای تعیین و تحلیل تنش دیرین، روش دو

جدول ۱- استریوگرام و نمودار گل‌سرخ‌ی گسل‌های هم‌یوغ در همه ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه.

ایستگاه	نوع	موقعیت جغرافیایی	نمودار گل‌سرخ‌ی	استریوگرام	ایستگاه	نوع	موقعیت جغرافیایی	نمودار گل‌سرخ‌ی	استریوگرام
۱	امتدادلغز	$N = 34^{\circ}18'11.5''$ $E = 47^{\circ}24'53.4''$			۱۳	امتدادلغز	$N = 34^{\circ}11'15.3''$ $E = 47^{\circ}27'21.7''$		
۱۱	امتدادلغز	$N = 34^{\circ}10'47.0''$ $E = 47^{\circ}27'21.0''$			۱۷	امتدادلغز	$N = 34^{\circ}15'12.7''$ $E = 47^{\circ}22'50.1''$		

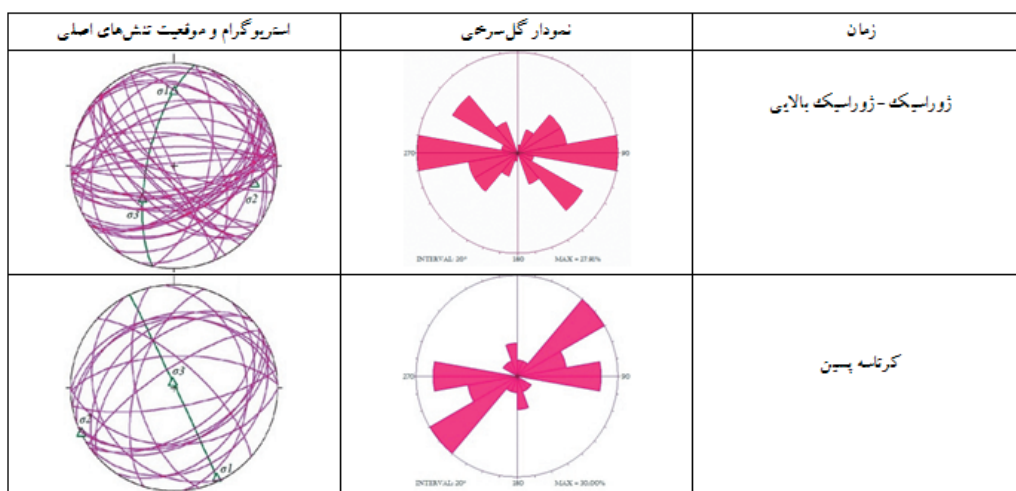
جدول ۲- تحلیل داده‌های لغزش گسل و جهت یابی تنش در میدان تنش در منطقه مورد مطالعه.

ایستگاه	موقعیت جغرافیایی	سنگ‌شناسی	سن	Φ	σ_1		σ_2		σ_3	
					Azimuth	Plunge	Azimuth	Plunge	Azimuth	Plunge
۲	$N=34^{\circ}17'59.8''$ $E=47^{\circ}24'59.7''$	چرت، رادیولاریت و سنگ آهک	زوراسیک بالایی	۱	۱۵۰	۲۰	۲۸۶	۰۰	۱۹۴	۶۹
۳	$N=34^{\circ}17'58.6''$ $E=47^{\circ}24'59.3''$	رادیولاریت، سنگ آهک	زوراسیک بالایی - کرتاسه پایینی	۱	۱۳۰	۱۴	۰۴۰	۰۲	۳۰۸	۷۸
۴	$N=34^{\circ}18'52.3''$ $E=47^{\circ}25'06.5''$	شیل و سنگ آهک رادیولاریتی	زوراسیک بالایی - کرتاسه پایینی	۱	۰۹۰	۱۷	۰۰۰	۰۱	۲۶۸	۷۳
۵	$N=34^{\circ}18'11.4''$ $E=47^{\circ}25'18.9''$	شیل و سنگ آهک رادیولاریتی	زوراسیک بالایی - کرتاسه پایینی	۱	۳۱۰	۰۴	۲۲۰	۰۱	۱۳۸	۸۶
۱۰	$N=34^{\circ}17'52.7''$ $E=47^{\circ}22'19.2''$	گل سنگ، سنگ آهک و لایه‌های رادیولاریتی	زوراسیک بالایی - ماستریشین	۱	۲۱۵	۴۲	۰۴۰	۴۷	۳۰۷	۰۴
۱۸	$N=34^{\circ}16.1'08''$ $E=47^{\circ}03'0.5''$	سنگ آهک‌های توده‌ای و نازک لایه	کرتاسه بالایی	۰/۹۱	۰۰۸	۴۰	۲۷۶	۰۰	۱۸۳	۴۹
۱۹	$N=34^{\circ}16'10''$ $E=48^{\circ}03'02''$	سنگ آهک‌های توده‌ای و نازک لایه	کرتاسه بالایی	۰/۴۲	۰۰۸	۱۴	۱۱۰	۱۰	۲۰۵	۷۵
۳۰	$N=34^{\circ}16'19.8''$ $E=47^{\circ}03'6.4''$	سنگ آهک و شیل‌های رادیولاریتی	زوراسیک بالایی - کرتاسه پایینی	۰/۸۵	۱۲۶	۷۶	۰۹۷	۰۱	۰۱۰	۱۱
۲۴	$N=34^{\circ}23'16.4''$ $E=47^{\circ}09'13.1''$	سنگ آهک و شیل‌های رادیولاریتی	زوراسیک بالایی - کرتاسه پایینی	۰/۶۷	۰۸۸	۲۹	۱۷۳	۰	۲۳۹	۷۰

جدول ۳- تحلیل مجموع داده‌های گسل‌های مزدوج و جهت یابی تنش در میدان تنش.

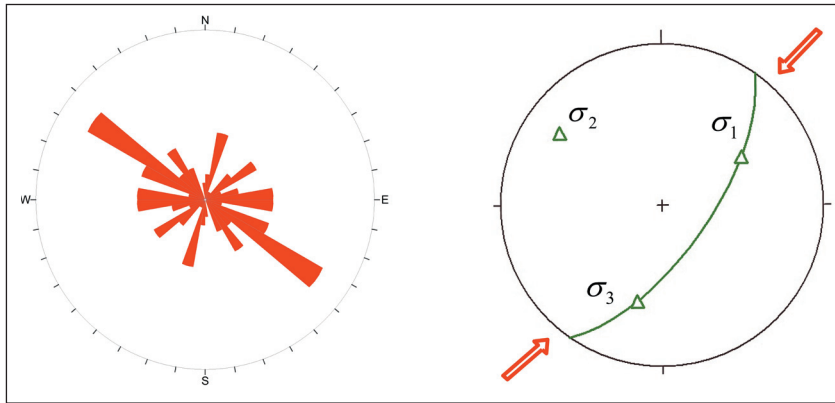
ایستگاه	موقعیت جغرافیایی	سنگ‌شناسی	سن	نوع	تعداد	σ_1		σ_2		σ_3		Φ
						Trend	Plunge	Trend	Plunge	Trend	Plunge	
۱	$N=34^{\circ}18'11.5''$ $E=47^{\circ}24'53.4''$	سنگ آهک‌های رادیولاریتی	زوراسیک بالایی	استادالغز	۱	۰۰۴	۵۳	۱۵۳	۳۳	۲۵۳	۱۵	۰/۷۲
۱۱	$N=34^{\circ}10'47.0''$ $E=47^{\circ}27'21.0''$	رادیولاریت، گل سنگ و سنگ آهک	زوراسیک - ماستریشین	استادالغز	۱	۳۴۲	۳۸	۱۷۲	۵۲	۰۷۷	۰۵	-
۱۳	$N=34^{\circ}11'15.3''$ $E=47^{\circ}27'21.7''$	رادیولاریت و سنگ آهک‌های چرتی	کرتاسه بالایی	استادالغز	۲	۲۰۶	۸۲	۰۳۶	۰۸	۳۰۶	۰۱	۰/۷۶
۱۷	$N=34^{\circ}15'12.7''$ $E=47^{\circ}22'50.1''$	سنگ آهک و شیل‌های رادیولاریتی	زوراسیک - کرتاسه بالایی	استادالغز	۴	۲۷۶	۷۲	۱۳۰	۱۵	۰۳۷	۱۰	۰/۱۹

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

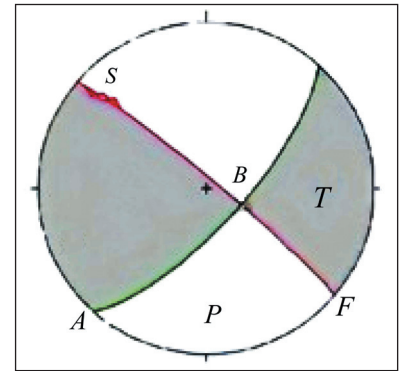


نشان داده شده است. در شکل ۹ استریوگرام و رزیدیاگرام گسل‌های دارای خش لغز در همه ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه باهم مقایسه شده‌اند.

در این پژوهش به وسیله نرم‌افزار Tectonics FP و Paint دوجهی‌های عمود برهم رسم و در جدول ۵ استریوگرام آنها به همراه موقعیت تنش‌های اصلی در هر ایستگاه



شکل ۹- الف) تصویر استریوگرافیک حاصل از تحلیل تنش. جهت گیری بیشینه تنش اصلی توسط فلش‌های سبز نمایش داده شده است؛ ب) نمودار گل سرخی همه گسل‌های برداشت شده منطقه مورد پژوهش.



شکل ۸- استریوگرام دو سطح کمکی و گسل و نواحی فشارش و کشش در نیمکره زیرین شبکه هم مساحت. بردار لغزش، S فصل مشترک گسل (F) و صفحه کمکی (A)، P ربع فشارش و T ربع کشش را نشان می‌دهد (برگرفته از Angelier and Melcher, 1977).

جدول ۵- استریوگرام محل تنش‌های اصلی در کل منطقه به همراه استریوگرام دوجهی عمود برهم در ایستگاه‌ها.

ایستگاه	فوکال مکانیزم	ایستگاه	فوکال مکانیزم	ایستگاه	فوکال مکانیزم	ایستگاه	فوکال مکانیزم
۱		۵		۱۷		۲۴	
۲		۱۰		۱۸		تنش	
۳		۱۱		۱۹		نمودار گل سرخی	
۴		۱۳		۲۰		-	-

۸- نتیجه‌گیری

تنش‌های اصلی در ۲۴ ایستگاه با هم مقایسه شده است. بر اساس مطالعه داده‌های لغزش گسلی و شکستگی‌های لغزشی مربوط به آنها با داده‌های ترکیبی از ۲۴ ایستگاه به وسیله روش دوجبهی‌های عمود بر هم وضعیت تنش‌های اصلی σ_1 ، σ_2 و σ_3 به دست آمد که به ترتیب عبارتند از: ۰۵۹، ۳۰۵ و ۱۹۵.

سپاسگزاری

بدین وسیله از جناب آقای خدایار همتی و خانم مهندس روزان همتی به خاطر کمک‌های بی‌دریغشان در زمینه بررسی‌های صحرایی و همچنین از آقایان مهندس میرزایی، مهندس فراهانی و مهندس پیریایی برای کمک‌هایشان در زمینه آموزش نرم‌افزارهای لازم تشکر و قدردانی می‌شود.

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. اما در برخی ایستگاه‌ها مثل ایستگاه ۱ گسل‌هایی با سازوکار امتدادلغزی چپ‌بر برداشت شده که روند این گسل‌ها NE-SW است. در برخی ایستگاه‌ها نمونه‌ای از گسل‌های نرمال با جابه‌جایی‌های متفاوت در پهنه فشارشی دیده شده است که روند آنها با گسل‌های فشارشی منطقه یکسان است. این گسل‌ها جوان‌تر از گسل‌های راندگی منطقه هستند و علت ایجاد آنها فرایندهای تلی است. چندین گسل نرمال در منطقه مورد پژوهش دیده شده است که با زاویه تقریباً عمود گسل‌های معکوس را بریده‌اند و دارای روند NE-SW هستند. این گسل‌ها در ابتدا شکستگی‌های کششی عرضی بوده‌اند که بعد به گسل نرمال تبدیل شده‌اند. وضعیت

کتابنگاری

- الیاسی، م.، ۱۳۸۰- ارزیابی تنسورهای تنش دیرین و نوع دگرریختی بر پایه تحلیل خش لغزهای گسلی در دامنه جنوبی البرز مرکزی، رساله دکتر، دانشکده علوم دانشگاه تربیت مدرس.
- الیاس‌زاده، ر. و محجل، م.، ۱۳۸۸- بررسی ساختاری پهنه زاگرس بلند با تاکید بر سامانه گسل‌های جنوب خاور کرمانشاه، فصلنامه علوم زمین، شماره ۷۸.
- سعادت، م. و سعیدی، ع.، ۱۳۸۷- تحلیل تنش دیرینه در خاور و جنوب خاور تهران (سرخه حصار- خجیر)، فصل نامه علوم زمین، شماره ۶۷.
- شهیدی، ع.، باریر، ا.، فرانسوا برون، م. و سعیدی، ع.، ۱۳۹۰- فرگشت ساختاری البرز در میان زیستی و نوزیستی، فصلنامه علوم زمین، شماره ۱۰۲.
- شهیدی، ع. و نظری، ح.، ۱۳۷۶- گزارش پشت نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ هرسین، سازمان زمین‌شناسی کشور.
- کریمی باوندپور، 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، فصل نامه زمین‌شناسی ایران، سال چهارم، شماره سیزدهم، صص. ۲۷ تا ۳۸.
- نواب پور، پ.، حیدرزاده، ق.، مافی، آ.، شیخ‌الاسلامی، م. و حقی پور، ن.، ۱۳۸۵- پیش درآمدی بر آرایش تنش‌های دیرینه در گستره کپه‌داغ پس از تریاس، فصل نامه علوم زمین، شماره ۵۹.

References

- Angelier, J. and Mechler, P., 1977- Surun method graphique de recherché des contraintes principes egalement utisiable en tectonique et en seismologie: la methods des diectes droites: Bull. Soc. Geol. F. V. 7, p. 1309- 1318.
- Berberian, M., 1995- Master "blind" thrust faults hidden under the Zagros folds: active basement tectonics and surface morphotectonics. Tectonophysics 241, p.193- 224.
- Beydoun, Z. R., Hughes Clarke, M. W. and Stoneley, R., 1992- Petroleum in the Zagros basin: a Late Tertiary foreland basin overprinted onto the outer edge of a vast hydrocarbon-rich Palaeozoic- Mesozoic passive margin shelf. Am. Assoc. Petrol. Geol. Mem. 55, p.309- 339.
- Motiei, H., 1993- Stratigraphy of Zagros, Geological Survey of Iran. 536p.

Investigation of stress based on fracture study in Zagros collision zone of Kermanshah region

S. Rezabeyk¹, A. Saidi^{2*}, M. Arian³ and A. Sorbi⁴

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

Received: 2017 May 14

Accepted: 2017 September 04

Abstract

In the Northern part of Suture Zone (Kermanshah) the deep sea sediments, oceanic crust remnants, platform carbonates, igneous and metamorphosed rock of active margin and carbonate sequence of passive margin are assembled in this studied area. This convergent area has provided a very complicated structural zone. The main purpose of this study is stress characteristic analysis. A great data has gathered from 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 related. By using the method Right Dihedral, the position of main stress was obtained. The great number of reverse faults have a NW- SW trend, while the strike- slip faults, show a NE- SW direction. The Normal faults with a different displacements appeared younger than the other faults. The result of this study that we obtained the situation of main stress σ_1 , σ_2 and σ_3 respectively is 059, 305 and 195.

Keywords: Conjugate faults, Slip fault analysis, Stress, Right Dihedral Method, Kermanshah

For Persian Version see pages 281 to 288

*Corresponding author: A. Saidi; E-mail: abdollahsaidi@yahoo.fr