



بررسی تنش دیرین در محدوده سد و نیار (شمال خاور تبریز)

فاطمه مصباحی (نویسنده مسئول)^۱، لیلا باقراسکویی^۲، بهزاد زمانی قره چمنی^۳

^۱ گروه علوم زمین، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز، شهر تبریز mesbahifatemeh@gmail.com

^۲ گروه علوم زمین، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز، شهر تبریز l.baghero@gmail.com

^۳ گروه علوم زمین، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز، شهر تبریز zamanibehzad@gmail.com

چکیده

محدوده مورد مطالعه در شمال باختری ایران و در ۵ کیلومتری شمال خاوری شهر تبریز واقع شده است. قدیمی ترین واحد سنگی که در منطقه مشاهده می شود مربوط به سنگهای آذرین بازالتی کرتاسه فوقانی است. سنگهای جوانتر میوسن با یک نبود چینه شناسی طولانی از کرتاسه تا نئوژن بر روی آنها قرار دارد. برای تحلیل تنش دیرین در منطقه، شیب، سمت شیب و سوی لغزش ۵۱ سطح گسلی واجد خش خط و نشانگرهای سوی برش واقع در ۸ ایستگاه در سنگهای بازالتی کرتاسه فوقانی اندازه گیری شد. تجزیه و تحلیل نهایی براساس روش وارون سازی چند مرتبه ای و با استفاده از نرم افزارهای Tectonics FP و همینطور نرم افزار یاماجی که قابلیت تفکیک فازهای تنش را دارد، انجام گرفت. نتایج حاصل از تحلیل تنش دیرین در محدوده سد و نیار با استفاده از نرم افزار Yamaji دو فاز تنش را برای منطقه نشان می دهد. فاز (الف)، یک فاز امتداد لغز با مولفه فشاری و با مشخصات $\sigma_1: 065/68$ ، $\sigma_2: 216/16$ ، $\sigma_3: 101/37$ و شکل میدان $0/9$ است. فاز (ب)، یک فاز کششی با مشخصات $\sigma_1: 196/07$ ، $\sigma_2: 295/52$ ، $\sigma_3: 309/09$ و شکل میدان $0/5$ است. بر اساس رابطه قطع شدگی خش لغزشهای مربوط به دو فاز، فاز (الف) جوانتر از فاز (ب) می باشد. فاز کششی (ب) احتمالاً مربوط به فازهای کششی نئوژن است که باعث توسعه حوضه رسوبی میوسن شده است.

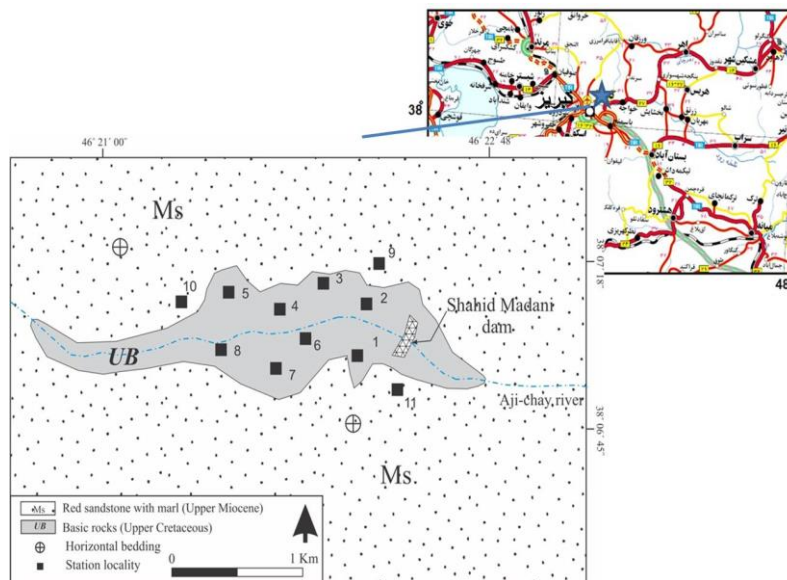
واژه های کلیدی

بررسی تنش دیرین، سد و نیار، شمال خاور تبریز، روش وارون سازی چندمرتبه ای، فاز تنش



۱. مقدمه

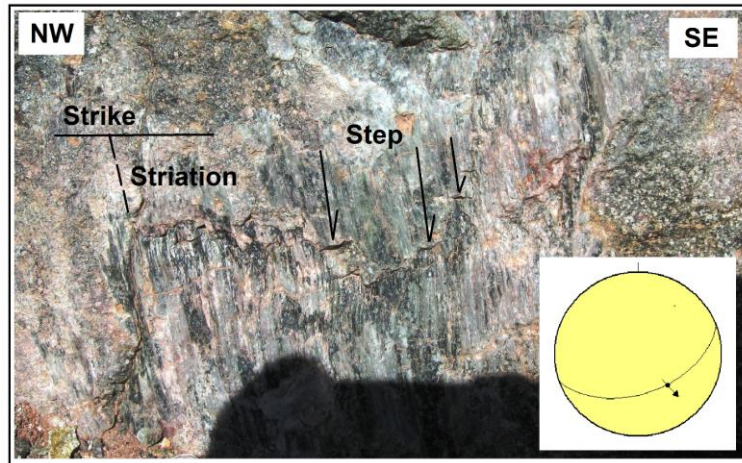
منطقه مورد مطالعه در ۵ کیلومتری شمال خاوری شهر تبریز و ۳ کیلومتری گسل تبریز واقع شده است. جنس سنگهای منطقه بر اساس نقشه زمین شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ تبریز [1] بازالتی و به سن کرتاسه فوقانی میباشد. این سنگها با رسوبات قرمز رنگ میوسن فوقانی به صورت ناپیوسته پوشیده شده اند [1]. رسوبات میوسن در محدوده سد دارای لایه بندی تقریباً افقی بوده و در عملیاتیهای صحرایی انجام شده بر روی این واحدها، گسل خوردگی محدود و بدون نشانگرهای سوی برش مشاهده شد (ایستگاههای ۹، ۱۰ و در شکل ۱). بنابراین، برای تحلیل تنشهای دیرین از سطوح گسلی واجد خش خط و نشانگر سوی برش، بر روی واحدهای سنگی بازالتی کرتاسه فوقانی استفاده شده است.



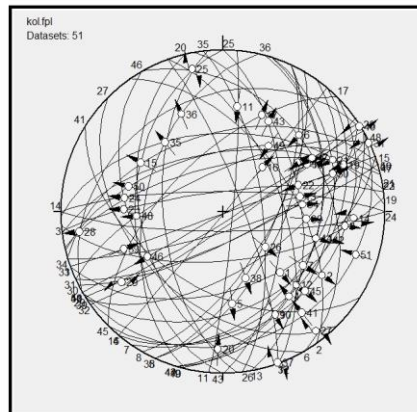
شکل ۱. نقشه زمین شناسی نشانگر موقعیت منطقه مورد مطالعه، واحدهای سنگی و ایستگاههای اندازه گیری

۲. بررسی تنش دیرین در منطقه

روشهای تحلیل تنسور تنش بر پایه دادههای صحرایی لغزش گسلها سالهاست مورد توجه پژوهشگران واقع شده است [9,10,11]. در ایران نیز مطالعات زیادی در مورد تحلیل تنشهای دیرین توسط محققین مختل انجام گرفته است [2,3,4,5,6,7,8]. در این بخش، طی چندین عملیات صحرایی، اندازه گیری و جمع آوری دادههای لغزش گسلها در محدوده سد و نیار صورت پذیرفت. در شکل ۲ نمونه ای از گسلهای واجد خش لغزش و نشانگر سوی برش نشان داده شده است. در نهایت، تعداد ۵۱ داده گسلی که واجد خش لغزش و سوی برش قابل اعتماد بودند براساس روش وارون سازی چند مرتبه ای و با استفاده از نرم افزارهای Tectonic FP و Yamaji پردازش شدند و تحلیل رژیم متوسط تنش ناحیه ای در محدوده، صورت گرفت. شکل ۳ استریونوت مربوط به صفحات گسلی برداشت شده در ایستگاههای ۱ تا ۸ را به همراه خطوط خش لغزش و سوی برشهای مربوطه نشان می دهد.



شکل ۲. سطح لغزش گسلی با روند NE-SW و حرکت عادی چپگرد در ایستگاه شماره ۸ در واحدهای بازالتی کرتاسه فوقانی، خطوط خش لغزش و پله های کنیایی. موقعیت ایستگاه در شکل ۱ نشان داده شده است.



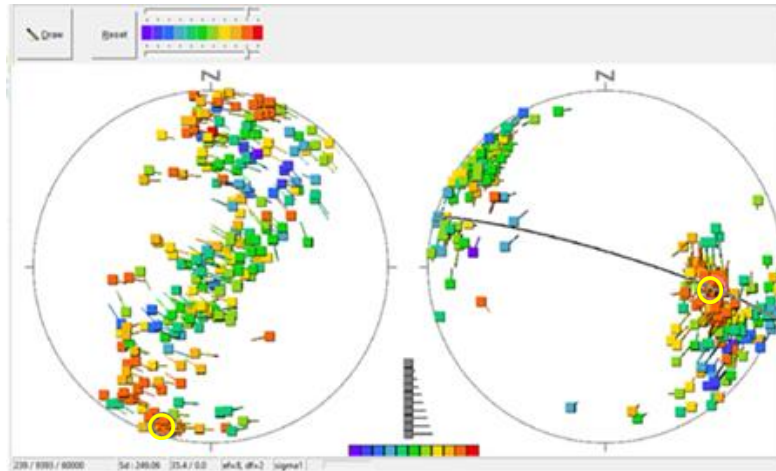
شکل ۳. نمایش تمامی صفحات گسلی همراه با سوی لغزش بر روی استریونت

۱.۲. تحلیل تنش دیرین با استفاده از نرم افزار یاماجی (Yamaji)

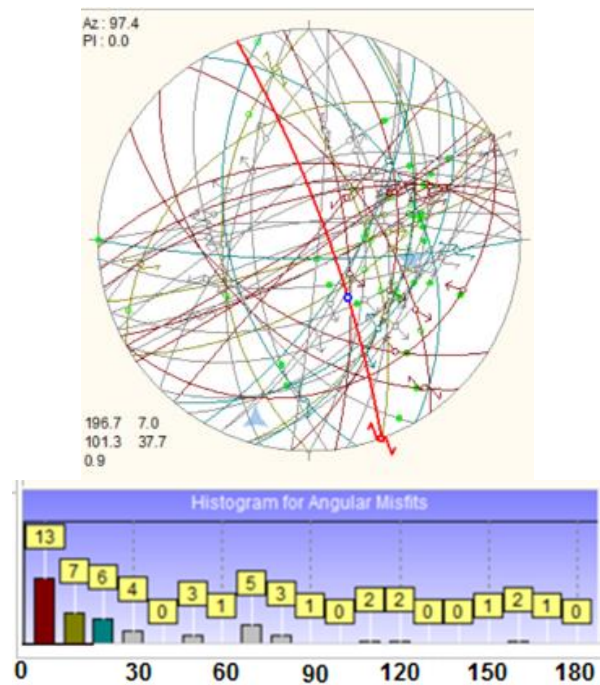
برای به دست آوردن تنسور تنش دیرین در منطقه، بعد از مرتب کردن داده‌های برداشت شده، آنها را در نرم افزار یاماجی (Yamaji) تجزیه و تحلیل کردیم. در نهایت برای ۵۱ داده گسلی دو فاز تنشی در منطقه بدست آمد.

۱.۱.۲. فاز (الف)

با توجه به تحلیل صورت گرفته، فاز الف بدست آمده مربوط به یک فاز امتدادلغز با مولفه فشارشی در منطقه است. شکل ۴ موقعیت محورهای σ_1 : 196/07 و σ_3 : 101/37 و شکل میدان 0.9 را نشان میدهد. در شکل ۵ در قسمت پایین هیستوگرام (نمودار میله‌ای) زوایای نبرازش فاز الف را به نمایش می‌گذارد. مقادیر این زوایا در محور افقی هیستوگرام از ۰ تا ۱۸۰ درجه متغیر است و محور عمودی فراوانی این داده‌ها را نشان می‌دهد. دامنه تغییرات قابل قبول زاویه نبرازش بین ۰ تا ۳۰ درجه می‌باشد. مقادیر قابل قبول به صورت ستون‌های رنگی قرمز، سبز زیتونی و آبی نمایش داده شده است. به طور کلی هر چقدر این زاویه کوچکتر باشد تطابق بیشتری بین لغزش محاسبه شده و لغزش برداشت شده می‌باشد. شکل منطقی این نمودار از منحنی گوس تبعیت می‌کند که نشان دهنده توزیع صحیح داده‌ها در فاز تفکیک شده می‌باشد [12]. در قسمت بالایی شکل ۵، صفحات گسلی از روی مقدار زاویه نبرازش با رنگهای مربوطه (براساس نمودار هیستوگرام زاویه نبرازش) ترسیم شده اند. در فاز (الف) تعداد ۲۶ داده گسلی زاویه نبرازش کمتر از ۳۰ دارند.



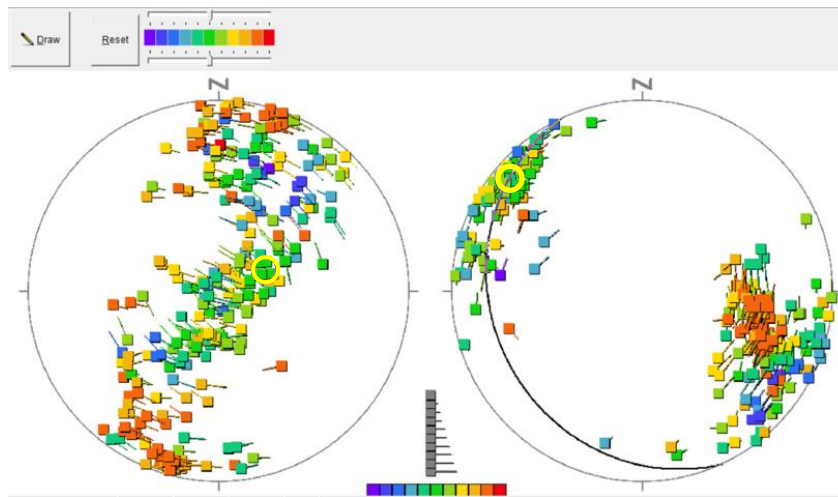
شکل ۴. استریوگرام سمت چپ نشانگر موقعیت محور σ_1 و سمت راست محور σ_3 در فاز (الف) می باشد (نشانگر دایره ای). طیف رنگین مربوط به تغییرات شکل میدان از (دوکی) رنگ بنفش به (کلوچه ای) رنگ سرخ را نشان می دهد.



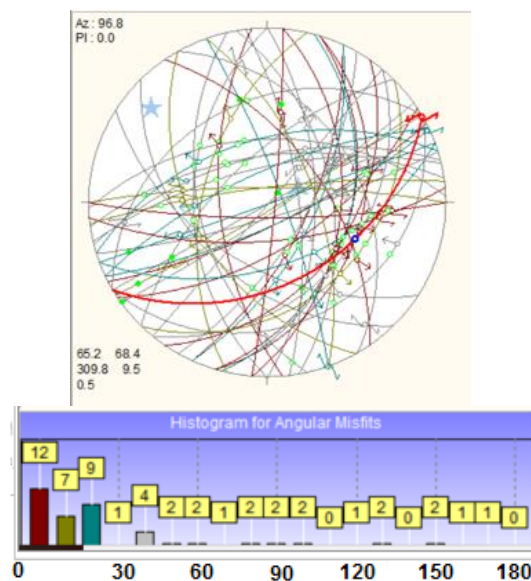
شکل ۵. استریونوت مربوط به تمامی صفحات گسلی همراه با خش خط و سوی لغزش که در تحلیل شرکت نموده‌اند به همراه موقعیت تنش بیشینه σ_1 (ستاره سه پر آبی) و تنش کمینه σ_3 (ستاره پنج پر آبی) و مشخصات این تنش‌ها به همراه میزان شکل میدان در قسمت سمت چپ استریونوت آورده شده است. نمودار زاوایای نابرازش در قسمت پایین شکل به نمایش درآمده است.



در تحلیل بعدی توسط نرم افزار یاماچی که منتج به پی بردن به یک فاز دیگری یعنی فاز (ب) در این منطقه شد، شکل میدان بیضوی است ($\Phi=0.5$). تنش بیشینه σ_1 تقریباً قائم (065/68) و تنش کمینه σ_3 تقریباً افقی (309/09) می باشد (شکل ۶). براساس موقعیت تنشهای اصلی رژیم تکتونیکی فاز دو از نوع کششی می باشد. در شکل ۷ نیز استریونت مربوط به سطوح گسلی به همراه نمودار زاوایی نابرازش آورده شده است. براساس این فاز، تعداد ۲۸ داده گسلی زاویه نابرازش صفر تا سی درجه دارند.



شکل ۶. استریوگرام سمت چپ نشانگر موقعیت محور σ_1 و سمت راست محور σ_3 در فاز (ب) می باشد (نشانگر دایره ای). طیف رنگین مربوط به تغییرات شکل میدان از (دوکی) رنگ بنفش به (کلوچه ای) رنگ سرخ را نشان می دهد.

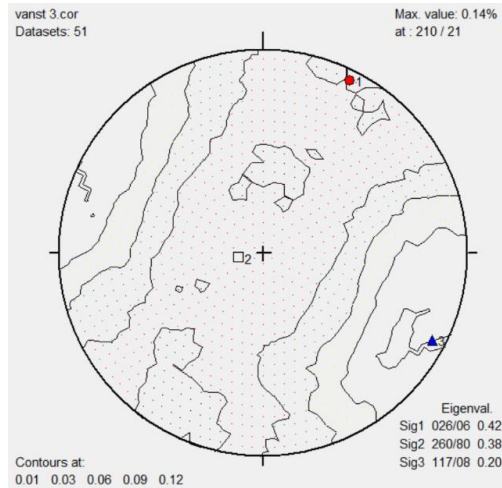


شکل ۷. استریونت مربوط به صفحات گسلی همراه با خش خط و سوی لغزش به همراه موقعیت σ_1 (ستاره سه پر ای) و تنش σ_3 (ستاره پنج پر ای). نمودار زاوایی نابرازش در قسمت پایین شکل به نمایش درآمده است.



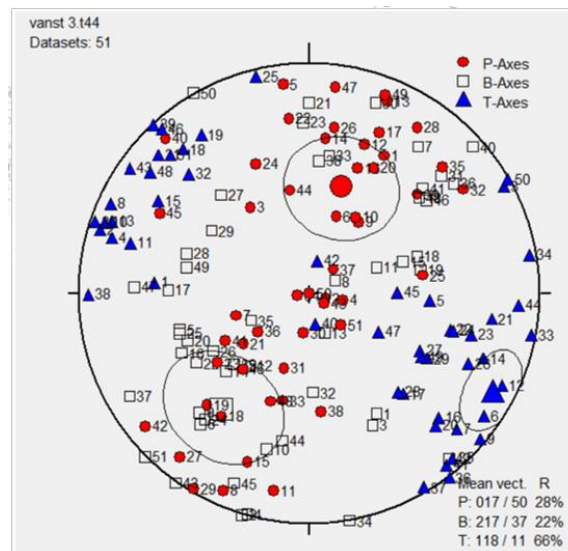
۲.۲. تحلیل تنش دیرین با استفاده از نرم افزار Tectonic FP

در این تحقیق با استفاده از نرم افزار Tectonic FP نیز داده‌های گسلی منطقه مورد مطالعه برای به دست آوردن پارامترهای تنش دیرین تجزیه و تحلیل شد. با استفاده از روش Dihedral موقعیت تنشهای اصلی ($\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$) در منطقه بدست آمد (شکل ۸). بطوریکه $\sigma_1 : 026/06, \sigma_2 : 260/80, \sigma_3 : 117/08$ می باشد که با توجه به موقعیت تقریباً قائم تنش σ_2 یک فاز امتدادلغز است. محورهای اصلی تنش در این روش بسیار نزدیک به تحلیل فاز (الف) با استفاده از نرم افزار Yamaji است (شکل ۵ و ۴).



شکل ۸. مشخصات محورهای تنش اصلی در منطقه با استفاده از روش Dihedral

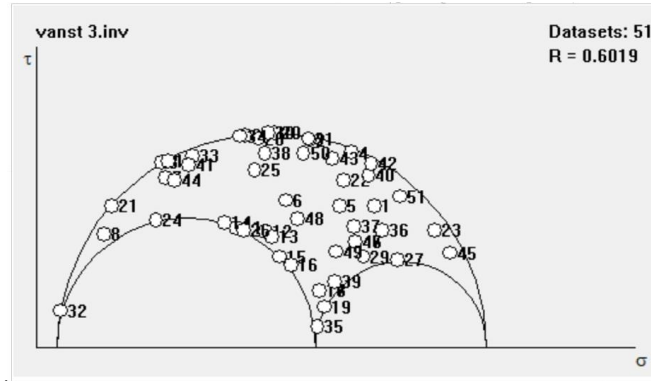
با استفاده از روش PT axes (روش تعیین محورهای فشار و کشش) نیز موقعیت تنشهای اصلی تعیین شد (شکل ۹). همانطور که در شکل ۹ دیده می شود موقعیت محورهای اصلی تنش به صورت $\sigma_1 : 017/50, \sigma_2 : 217/37, \sigma_3 : 118/11$ است که با توجه به موقعیت تقریباً افقی تنش σ_3 مولفه غالب کششی دارد و قابل مقایسه با فاز (ب) تحلیل تنش بدست آمده توسط نرم افزار Yamaji است.



شکل ۹. استریوگرام محورهای فشار و کشش.



براساس دایره موهر بدست آمده شکل میدان بیضوی است ($\Phi=0.6$). است که با شکل میدان در فاز ب بدست آمده از تحلیل در نرم افزار Yamaji مطابقت دارد (شکل ۱۰)

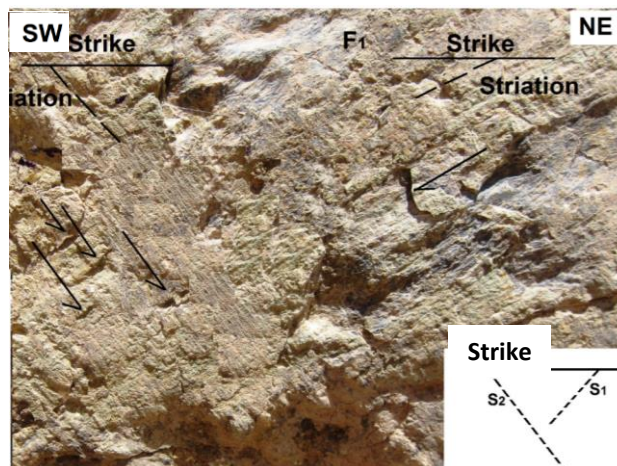


شکل ۱۰. دایره مور بدون مقیاس برای داده های منطقه مورد مطالعه

۳. بحث و نتیجه گیری

۵۱ داده گسلی دارای خش لغزش و سوی برش قابل اعتماد برای تحلیل تنش دیرین در محدوده سد و نیار استفاده شدند. با استفاده از نرم افزار یاماجی که قابلیت تفکیک فازهای تنش را دارد، داده‌های گسلی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. با توجه به نتایج حاصل، دو فاز تنشی در منطقه قابل تشخیص است فاز(الف) یک فاز امتدادلغز همراه با مولفه فشاری با مشخصات: $\sigma_1: 196/07$, $\sigma_2: 295/52$, $\sigma_3: 101/37$ و شکل میدان 0.9 است.

فاز (ب) یک فاز کششی با مشخصات $\sigma_1: 065/68$, $\sigma_2: 216/16$, $\sigma_3: 309/09$ و شکل میدان 0.5 است. در مورد ترتیب سنی این دو فاز می‌توان از سطوح گسلی که دو سری خش لغزش مربوط به دو فاز تنشی بر روی آن اثر کرده است، استفاده کرد. در منطقه مورد مطالعه، در چند مورد دو دسته خش لغزش روی سطوح گسلی واحد مشاهده می‌شود. در یکی از سطوح گسلی در ایستگاه شماره ۵ از روی قطع شدگی یکی از خش خطها توسط دیگری در مورد ترتیب سنی فازها می‌توان اظهار نظر کرد. همانطور که در شکل ۱۱ دیده می‌شود در سطح گسلی یکسان خش خط S_2 خش خط S_1 را قطع کرده است و لذا S_2 از S_1 جوانتر است. براساس نتایج بدست آمده از نرم افزار یاماجی، زاویه نابرازش گسل با خش خط S_2 در فاز تنشی الف $15/8$ درجه است ولی نسبت به فاز ب $78/8$ درجه می‌باشد لذا خش خط جوانتر S_2 متعلق به فاز تنشی (الف) است. این وضعیت در مورد خش خط قدیمی تر S_1 برعکس است بطوریکه زاویه نابرازش S_1 در فاز تنشی الف $73/9$ درجه است ولی نسبت به فاز (ب) $10/9$ درجه می‌باشد. این امر نشانگر تعلق خش خط S_1 به فاز (ب) می‌باشد. بنابراین براساس توضیحات فوق فاز تنشی امتدادلغز (الف) از فاز کششی (ب) جوانتر است.





شکل ۱۱. دو دسته خش لغزش موجود بر یک سطح گسلی و روابط قطع شدگی آنها

در تحلیل انجام شده توسط نرم افزار Tectonic FP، در روش Dihedral جهات تنش بدست آمده نشانگر وجود رژیم تنش امتدادلغز در منطقه است که با فاز (الف) حاصله از نرم افزار Yamaji مطابقت بیشتری دارد. در حالیکه در همین نرم افزار با استفاده از روش محوره‌های فشارش و کشش (PT axes) رژیم تنش کششی برای منطقه بدست می‌آید که با فاز تنش ب نرم افزار Yamaji مطابقت بیشتری دارد. بطور کلی در منطقه مورد مطالعه وجود دسته خط خش‌هایی با موقعیت متفاوت در سطوح گسلی یکسان، نتایج حاصل از نرم افزار Yamaji، وجود دو نتیجه متفاوت برای رژیم تنش دیرین منطقه در نرم افزار Tectonic FP و همچنین توزیع بسیار پراکنده محوره‌های فشارش و کشش در روش PT axes نشانگر وجود فازهای تنش جداگانه در منطقه مورد مطالعه است که در نرم افزار یاماجی به صورت دو فاز الف و فاز ب از هم جدا شدند. فاز (ب) که فاز تنش قدیمی تر است احتمالاً مربوط به فازهای کششی نئوژن می‌باشد و فاز (الف) به عنوان فاز جوانتر امتدادلغز می‌باشد.

منابع

- [1] اسدیان، عمران، افتخارنژاد، جمشید، ۱۳۷۲. نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ تبریز، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- [2] الیاسی، م.، و احمدیان، س.، ۱۳۸۷. آرایش هندسی مسیرهای σ_1 در گستره کن- کرج (بخش جنوبی البرز مرکزی) بر پایه وارون-سازی چند مرحله‌ای. فصلنامه علوم زمین، شماره ۶۷، ۱۴۹-۱۴۰.
- [3] الیاسی، محسن، محجل، محمد، مصباحی، فاطمه، ۱۳۸۷. تحلیل تنش دیرین در رسوب های افقی پلیوسن-کواترنری شمال باختر زنجان، مجله فیزیک زمین و فضا، دوره ۳۴، شماره ۲، ۴۲-۲۷.
- [4] بایسته هستی، ن.، سعیدی، ع.، شهیدی، ع.، ۱۳۹۳. تحلیل تنش دیرینه در سنگ های آذرین و رسوبی شمال قزوین در بازه زمانی ائوسن، فصلنامه علوم زمین، شماره ۹۴، ۱۲-۳.
- [5] صادقی، ر.، سعیدی، ع.، آری، م.، قرشی، م.، سلگی، ع.، ۱۳۹۵. تفکیک فازهای تنش دیرین با استفاده از داده‌های سطوح لغزش گسلی در منطقه خلخال، فصلنامه علوم زمین، شماره ۱۰۲، ۳۰۲-۲۹۷.
- [6] عباسی، م.، و شبانیان بروجنی، ا.، ۱۳۸۴. تعیین وضعیت تنش به کمک روش برگشتی از صفحه‌های گسلی لبه جنوبی البرز مرکزی، فصلنامه علوم زمین، شماره ۵۷، ۱۷-۲.
- [7] مشرفی فر، م.ر.، علوی، ا.، محجل، م.، ۱۳۸۷. تفکیک فازهای تنش دیرین بر پایه داده‌های گسلی ناهمگن در بخش مرکزی گسل دهشیر، فصلنامه علوم زمین، شماره ۶۹، ۷۳-۶۴.
- [8] یوسفی، ط.، یزدجردی، ک.، قرشی، م.، شهیدی، ع.، ۱۳۹۸. بازسازی تنش دیرین نهشته های مزوزوییک در پهنه فارس داخلی (خاور جنوب خاور شیراز)، فصلنامه علوم زمین، شماره ۱۱۱، ۶۴-۵۳.

- [9] Anderson, E. M., 1951. The Dynamic of faulting and dyke formation with application to Britain. Oliver & Boyd, Edinburgh, UK.
- [10] Angelier, J., 1989. From orientation to magnitudes in paleostress determination using fault slip data, J. Struct. Geol., 11(1/2) 37.
- [11] Angelier, J., 1990, Inversion of field data in fault tectonics to obtain the regional stress. A new rapid method by analytical means, Geophys. J. Int., 103, 363-376.
- [12] Yamaji, A., Sato, K., 2011. Multiple Inverse Method. Software package.