



فصلنامه زمین ساخت  
زمستان ۱۳۹۷، سال دوم، شماره ۸

## نگرشی نو بر فرانهادگی برش راست گرد بر گرانیت میلونیتی ده زمان، گستره کوه سرهنگی، شمال باختر بلوک لوت

زهرا سودمند<sup>۱</sup>، سعید معدنی پور<sup>\*۱</sup>، رضا نوزعیم<sup>۲</sup>

- ۱- کارشناسی ارشد زمین شناسی، گروه زمین شناسی، دانشگاه تربیت مدرس.
- ۲- استادیار، دانشکده علوم پایه، گروه زمین شناسی، دانشگاه تربیت مدرس.
- ۳- استادیار، دانشکده زمین شناسی، پردیس علوم، دانشگاه تهران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۴/۰۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۲/۲۰



### چکیده

توسعه بر گوارگی میلونیتی با راستای میانگین جنوب شرقی (S) 62 (E) و با شیب حدود  $80^\circ$  به سمت شمال شرق از ساختارهای شاخص گرانیت میلونیتی ده زمان به سن تقریبی 561-Ma در پهنه برشی کوه سرهنگی با راستای  $Ev \cdot N$  در شمال باختر بلوک لوت است. موقعیت خطواره کشیدگی با میانگین زاویه افتادگی  $35^\circ$  به سمت شرق تا جنوب شرقی و همچنین ریزساختارهای ثبت شده در آن (به ویژه بلورهای فلدسپار)، مؤید برش غالب راستالغز چپ گرد با اندکی مؤلفه فشارشی است. برش چپگرد احتمالاً اندکی پس از جایگیری توده‌های گرانیتی و در دمای 300 الی 500 درجه سانتی‌گراد در بازه زمانی کامبرین آغازین روی داده است. بررسی‌های تکمیلی و یافته‌های نوین در این پژوهش در خصوص نشانگرهای سوی برش ثبت شده در بلورهای کوارتز و میکا بیانگر فرانهادگی قابل توجه برش راستالغز راست گرد بر روی برش قدیمی چپ گرد است. با توجه به نبود داده‌های سنی رادیومتریک از میلونیت‌های منطقه اظهار نظر قطعی در خصوص زمان برش دشوار است اما با توجه به شواهد چینه شناسی و ساختاری موجود در پهنه کوه سرهنگی، این برش جوانتر احتمالاً در زمان کرتاسه-پالئوسن روی داده است. این تغییر سوی برش با چارچوب تکامل زمین ساختی منطقه کوه سرهنگی که در آن نوع برش به دفعات تغییر کرده است، سازگار است.

**کلید واژه‌ها:** فرانهادگی، ریزساختار، گرانیت میلونیتی ده زمان، کوه سرهنگی، بلوک لوت.

## ۱- مقدمه

معرفی شده است. در این مطالعه ضمن بررسی دقیق ریزساختاری بر روی این گرانیت میلوئیتی علاوه بر شناسایی شواهد برش چپ گرد قدیمی، شواهدی از برش راست گرد جوان که بر روی برش قدیمی فرانهاده شده، معرفی شده است.

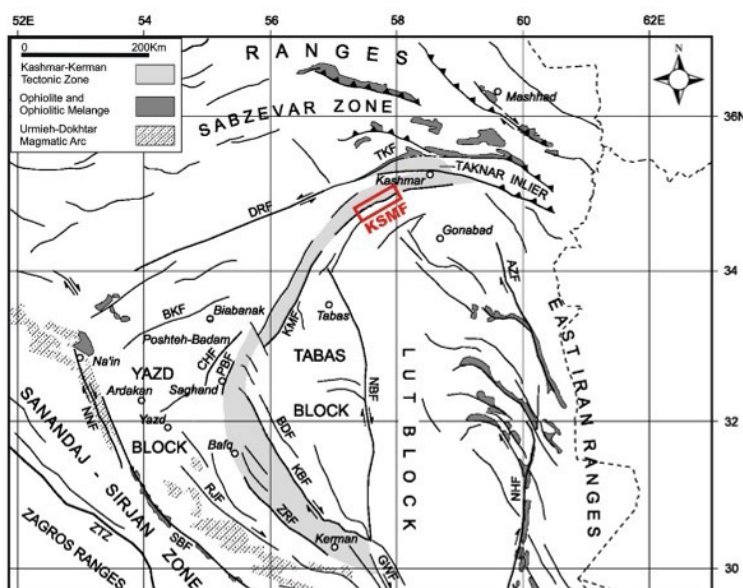
## ۲- روش تحقیق

پهنه‌های برشی دارای میزان بالایی از کرنش برشی بوده و بر اثر دگرریختی حاصل از آن ریزساختارهای بازگوکننده شرایط دگرریختی پدید می‌آیند. بررسی سازوکارها و فرآیندهایی که در مقیاس دانه‌های سنگ و شبکه بلوری کانی‌ها روی می‌دهند و به تغییرات ماکروسکوپی منجر می‌شوند، همراه با بررسی هندسه و ماهیت ریزساختارهای موجود در ساختار غالب منطقه یعنی میلوئیت‌ها و ارتباط آن‌ها با یکدیگر در پاسخ به ابهامات مرتبط با نوع دگرریختی حاکم، جهت برش و میزان تنش و کرنش مرتبط با آن بسیار سودمند است (Passchier and Trouw, 2005).

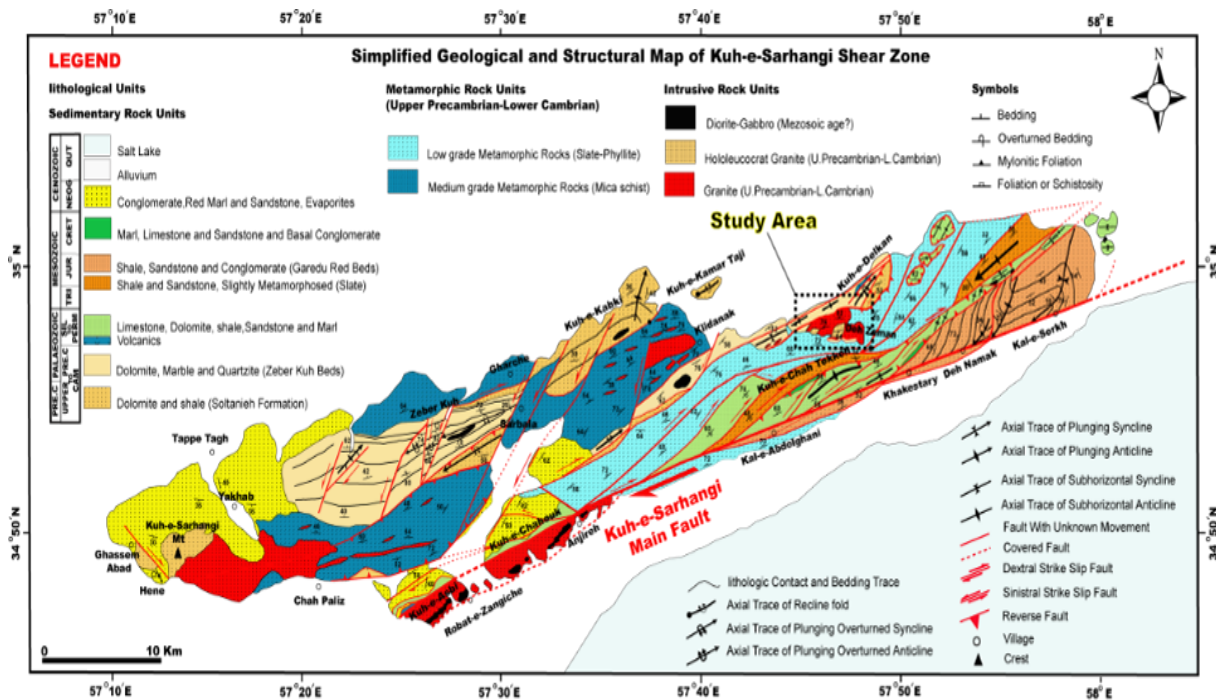
در این پژوهش ضمن بررسی شواهد صحرائی و اندازه‌گیری موقعیت هندسی بر گواره میلوئیتی و خطواره کششی، تعداد ۵۱ عدد نمونه جهت دار از نقاط مختلف گرانیت میلوئیتی ده زمان برداشته شد و ضمن تهیه مقاطع نازک جهت دار (به موازات خطواره کششی و عمود بر بر گوارگی میلوئیتی) از آنها، شواهد ریز ساختاری بر اساس دستورالعمل مطالعات ریز ساختاری اشاره شده توسط Passchier and Trouw, 2005 مورد بررسی قرار گرفت.

ایران مرکزی محصور بین رشته کوه‌های البرز و زاگرس است. پهنه زمین ساختی کاشمر-کرمان بین بلوک طبس و یزد از جمله زیرپهنه‌های برشی شکل‌پذیر (Ductile shear Zones) آن بوده و حاوی برون‌زد سنگ‌های آذرین و دگرگونی پرکامبرین بالایی که دستخوش دگرشکلی شدیدی است (شکل ۱).

منطقه کوه سرهنگی (هوشمندزاده و نبوی، ۱۳۶۵) به‌عنوان بخشی از ارتفاعات ایران مرکزی به‌صورت یک پهنه برشی راستالغز با راستای  $NV0^{\circ}E$  در بخش شمال شرقی پهنه زمین ساختی کاشمر-کرمان قرار دارد (اشکال ۱ و ۲). از نظر سنگ‌شناسی در منطقه انواع سنگ‌های آذرین، رسوبی و دگرگونی به‌شدت دگرریخت شده، که طی مراحل مختلف کوهزایی به‌وجود آمده‌اند، با آرایش نواری و به‌صورت دوگانه‌های راستالغز قابل مشاهده‌اند (شکل ۲). محدوده ده زمان در شمال شرق این گستره، در جنوب غرب شهرستان بردسکن متشکل از دو توده گرانیتی، توف‌های دگرگون شده و اسلیت-فیلیت است. در مطالعات تعیین سن که به روش رادیومتریک بر روی توده‌های گرانیتی ده زمان انجام شده، محدوده سنی حدود ۵۵۰ میلیون سال (کامبرین آغازین) را برای آن تعیین نموده است (Rossetti et al., 2015 and Hajimirzajan et al., 2019). سازو کار برش در گرانیت میلوئیت ده زمان بر اساس مطالعات ریزساختاری در مطالعات نوزیم، ۱۳۹۱ به‌صورت چپ گرد



شکل ۱. نقشه زمین ساختی پهنه زمین ساختی کاشمر-کرمان (Ramezani and Tucker, 2003). مستطیل قرمز رنگ موقعیت پهنه برشی کوه سرهنگی را نشان می‌دهد.



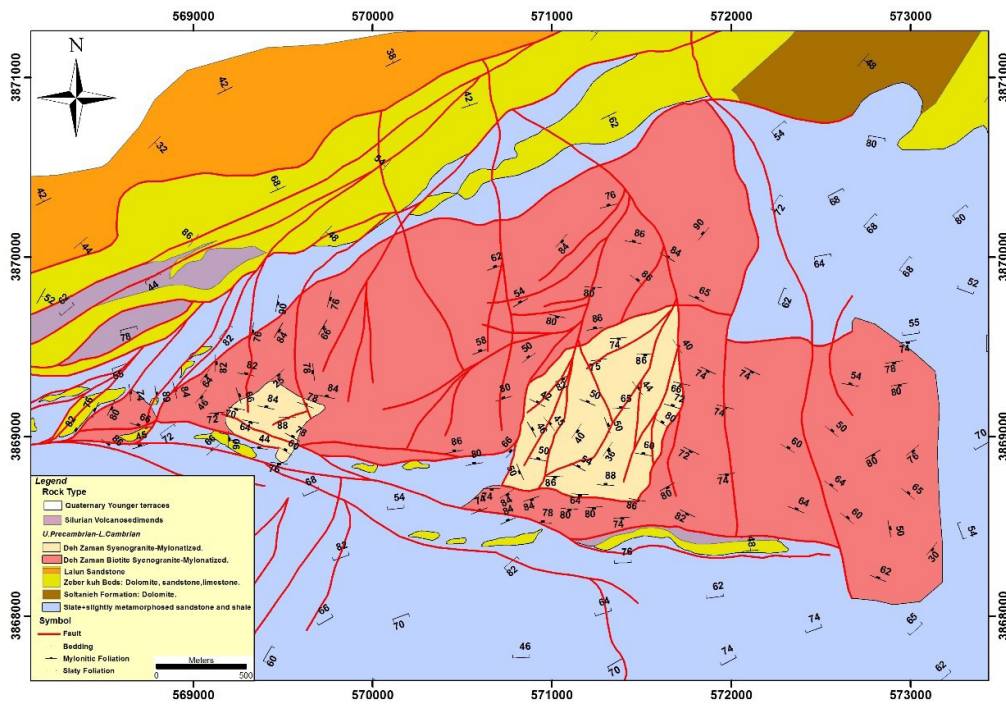
شکل ۲. نقشه ساده زمین‌شناسی و ساختاری پهنه برشی کوه سرهنگی و جایگاه منطقه مورد مطالعه در آن (برگرفته از نوزعیم، ۱۳۹۱).

ریزساختارهای بلورهای کوارتز و فلدسپار، دمای دگرریختی گرانیت ده زمان ۰۰۳-۰۰۵ درجه سانتی گراد برآورد شده و به صورت یک میلونیت دما پایین (Low grade Mylonite) است. نوزعیم، ۱۹۳۱ و رحیمی، ۶۹۳۱ در بررسی شواهد ساختاری و ریز ساختاری منطقه بیان می‌کند که ده زمان تحت برش راست گرد قرار گرفته و میلونیت‌های آن درجه پایین است.

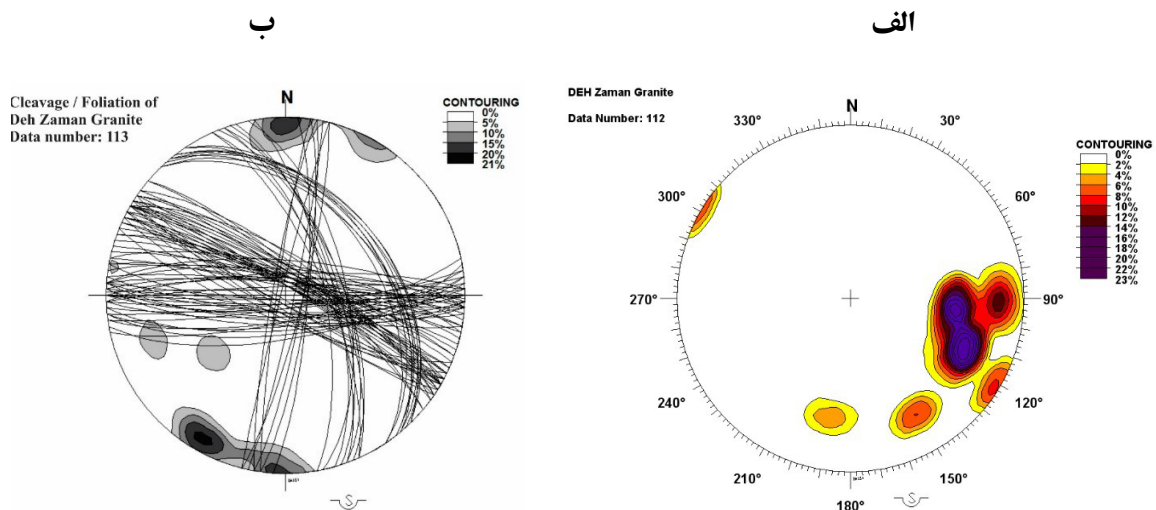
از دیدگاه پتروژنز مطالعات ژئوشیمیایی انجام گرفته در منطقه مورد مطالعه، عموماً گرانیت‌های محدوده ده زمان را از نوع کالک آلکالین، نوع I تا I&S و به صورت گرانیت VAG و در مواردی VAG-SYN.Col.G معرفی نموده اند (رجوع شود به: نوزعیم و همکاران، ۱۳۹۴؛ Rossetti et al., 2015 و Hajimirzajan et al., 2019). اما در مجموعه مطالعات فوق بر اینکه گرانیت‌های ده زمان مرتبط با کوهزایی و فروانش اقیانوس پروتوتیس هستند هم نظر می‌باشند.

### زمین‌شناسی منطقه ده زمان

در محدوده ده زمان از سمت شمال غرب به سمت جنوب شرقی، واحدهای سنگی زیرکوه، گرانیت‌های به شدت میلونیتی شده ده زمان، اسلیت‌های چین خورده پرکامبرین و واحدهای رسوبی پرکامبرین عموماً با همبندی گسلی در کنار همدیگر قرار گرفته‌اند (شکل ۳). در محدوده ده زمان دو توده گرانیتی با ماهیت بیوتیت سینو گرانیت (با رنگ نسبتاً تیره) و سینو گرانیت (به رنگ روشن) با مرزهای کاملاً واضح وجود دارد (Hajimirzajan et al., 2019) و سن سنجی به روش سری اورانیم سرب به ترتیب سن حدود  $4,755 \pm 0,4$  و  $0,3 \pm 0,165$  میلیون سال را برای آن برآورد می‌کند (Rossetti et al., 2015). در دو توده گرانیتی بر گواره میلونیتی به خوبی در راستای تقریبی  $E 06^{\circ}N$  و با شیب حدود  $08^{\circ}$  درجه به سمت شمال شرق توسعه یافته است (شکل ۴). بر مبنای شواهد ریزساختاری تشکیل ساختار میلونیتی ده زمان طی سازوکار برشی چپ گرد صورت گرفته است و بر اساس

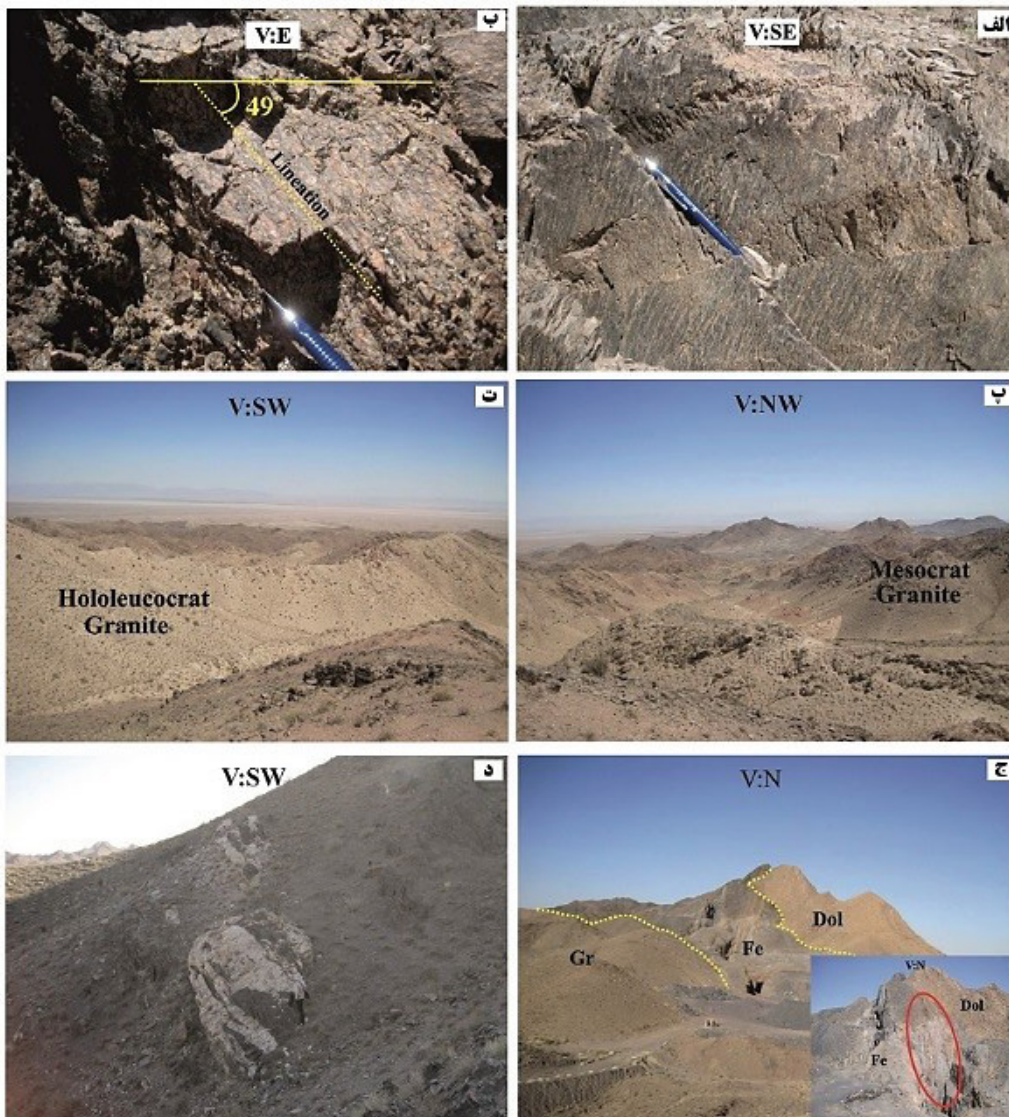


شکل ۳. نقشه ساده شده زمین شناسی ساختاری گرانیت ده زمان در پهنه برشی کوه سرهنگی در UTM Zone 40N (با تغییرات از نوزعیف، ۱۳۹۱).



شکل ۴. الف) تصویر استریوگرافیک بر گوارگی میلوئیتی و نمودار کنتوری قطب بر گوارگی، ب) نمودار کنتوری قطب خطواره کششی در گرانیت میلوئیتی ده زمان.





شکل ۵. مشاهدات ساختاری در منطقه؛ الف) چین شکنجی در برگوارگی میلونیتی، گرانیته روشن ده زمان، ب) برگوارگی و خطواره میلونیتی بر روی آن، پ و ت) گرانیته روشن و نیمه روشن ده زمان، ج) لیتولوژی دولومیت (Dol) و گرانیته (Gr) در مجاورت کانسار آهن (Fe)، دولومیت های برش یافته سازند سلطانیه درون متاتوف ها همراه با لزه های آهن دار، د) اسلیت های منطقه دارای رگه های کوارتز، حروف اختصاری کافی ها با اقتباس از (Whitney and Evans, 2010).

در گرانیته ده زمان برگوارگی میلونیتی به صورت پرشیب توسعه یافته و شواهد دگرریختی شکل پذیر در آن مشهود است. چین خوردگی برگوارگی گاه به شکل نوار شکنجی نیز مشاهده می شود (شکل ۵، الف). راستای میانگین برگواره میلونیتی در منطقه  $2^{\circ}S6^{\circ}E$ ،  $80^{\circ}NE$  است و زاویه افتادگی خطواره کشیدگی روی برگوارگی میلونیتی حدود  $35^{\circ}$  و میل محور چین های شکنجی حدود  $75^{\circ}$  به سمت شرق و جنوب شرقی است (شکل ۵، ب). لازم به ذکر است که برگوارگی میلونیتی در تمام توده گرانیته قابل مشاهده نیست. از جمله شواهد کاهش درجه میلونیتی در لزه های

### ۳- شواهد صحرائی و میکروسکوپی ریزساختارهای نشانگر برش در پهنه برشی ده زمان

#### ۱-۳) شواهد ساختاری - صحرائی زمین شناسی ساختاری گرانیته میلونیتی ده زمان

در بخش جنوب شرقی ده زمان گسل های راستالغز با شیب نزدیک به قائم و با روند عمومی N-NE بوده و زاویه افتادگی خطواره کششی در آن ها از ۴۰ درجه به سمت شمال شرقی - جنوب غربی تا حالت افقی متغیر است. طول گسل های نمایش داده شده در شکل (۳) حدود ۵ کیلومتر است.



داده بدین صورت که در آن‌ها اجزاء گوشه‌دارتر با اندازه‌های مختلف و حاشیه‌های بریده شده در داخل خمیره دانه‌ریز قرار دارند. در برخی قطعات بزرگ و یا پورفیر و کلاست‌ها، گسستگی‌های جوش خورده توسط بلورهای ریزدانه جدید حاصل از باز تبلور دیده می‌شوند. بلورهای فلدسپار خاموشی موحی داشته و بیانگر شدت دگرریختی کم‌تر است (شکل ۵، د). این کانی ساختارهای نامتقارن چون زیگما و زیگموئید، ساختارهای دومینو تشکیل می‌دهند. همبری بلورهای قدیمی و کم‌تر دگرریخت شده، نامنظم و در بلورهای جدید به حالت گرد است. مرزها دارای فرورفتگی‌های مضرسی ریز بوده و از حالت زاویه‌دار خارج شده‌اند.

دگرریختی در بلورهای کوارتز به شکل تحلیل رفتگی و انحنای مشخص در مرز بلورها، دانه‌های تجدید تبلور یافته در بسیاری موارد به صورت تجمعات پلی‌گونال دیده می‌شوند. این بلورها از نظر اندازه درشت‌تر از newgrain های فلدسپاری هستند و اندازه آن‌ها غالباً در محدوده ۵۰ میکرون است. در فابریک‌های دارای باز تبلور دینامیکی موضعی، دانه‌هایی با اندازه برابر دیده می‌شوند که در بین دانه‌های بزرگ‌تر دارای خاموشی موحی قرار دارند. اندازه یکسان زیر دانه‌های جدید، ناشی از دگرریختی و باز تبلور در یک تنش تفریقی است. در این کانی شواهد برشی همراه با باز تبلور چون ساختار زیگما به چشم می‌خورد (شکل ۶، پ، ج، د). نیز ساختارهایی چون S-C و بر گوارگی مورب دارای جهت گیری غالب راست‌بر دیده می‌شود. حضور نسبتاً گسترده ساختارهای نامتقارن به‌عنوان نشانگرهای برش درجه پایین میلونیت منطقه را تأیید می‌کند (شکل ۵، پ، ت و شکل ۶، پ، ت، ج، د).

### ۳-۲-۱- شواهد برش چپ‌گرد

در گرانیته میلونیتی ده زمان ساختارهای دومینو که به دو صورت همسو و ناهم‌سو با برش تشکیل شده‌اند، به صورت قطعات مجاور هم یا جدا شده دیده می‌شوند. این ساختار در قطعات فلدسپاری به دو صورت هم‌شیب (شکل ۵، الف) و ناهم‌شیب (شکل ۵، ب) به صورت برش چپ‌بر مشاهده می‌شوند. در نوع ناهم‌شیب جهت افتادگی بلوک‌ها و جهت برش خلاف هم بوده و در نوع هم‌شیب یکسان است. در برخی از دومینوها میان دو بلوک فاصله افتاده و فضای ایجاد شده با ریزدانه‌هایی از فلدسپار پر شده است (شکل ۵، ب). گاه زاویه قرارگیری آن‌ها با بر گوارگی عمومی پرشیب (شکل ۵، ب) و گاه کم‌شیب (شکل ۵، الف) است.

میلونیتی توده‌ای یا متورق دیده می‌شود. به‌ویژه در توده گرانیته تمام سفیدوش به علت تغییر در ترکیب کانی‌شناسی سنگ، در بخش‌هایی که میزان کانی‌های فیلسیلیکاته چون میکا کاهش داشته و درصد کوارتز و فلدسپار افزایش می‌یابد، از گسترش بر گوارگی کاسته شده و گاه قابل مشاهده نیست. رگه‌های کوارتز ظهور گسترده‌ای در سمت جنوب شرق ده زمان دارند که عموماً به موازات بر گوارگی با راستای تقریبی شرقی - غربی قرار گرفته‌اند (شکل ۵، د). از مهم‌ترین ساختارهای پیرامون گرانیته ده زمان وجود راندگی‌های بی‌ریشه<sup>۱</sup> از دولومیت و ماسه‌سنگ‌های سری زبرکوه بر روی ولکانیک‌های سیلورین و گرانیته ده زمان است. با توجه به لیتولوژی موجود در ناحیه ده زمان در زمان اعمال تنش، گرانیته‌ها و دولومیت‌ها که نسبت به اسلیت‌ها گرانیته بیشتری دارند، تکه‌تکه شده و به صورت برش یافته درآمده‌اند (شکل ۵، ج).

اخیراً بر اساس یافته‌های نوین میانگین سن گرانیته‌های منطقه کوه سرهنگی به روش اورانیوم-سرب، ۵۶۰ میلیون سال برآورد شده است. بر پایه مطالعات پیشین و مشاهدات صحرائی، در منطقه ده زمان برون‌زدهای گسترده‌ای از واحدهای آتش‌فشانی آهن‌دار سیلورین (نوزعیم، ۱۳۹۱) وجود دارد که در حال حاضر کانسار آهن آن استخراج می‌شود (کانسار آهن ده زمان یا الله‌آباد) (نوزعیم و همکاران، ۱۳۹۳) (شکل ۵، ج). این مطالعه با بررسی شواهد ریزساختاری و میکروسکوپی به تعیین سوی برش در مرحله نهایی دگرریختی<sup>۲</sup> می‌پردازد. در نهایت با در نظرگیری مجموعه شواهد و بر اساس مهم‌ترین نشانگرهای برش، نیز آمارگیری تقریبی از ریزساختارهای شاهد بر برش راست و چپ، تعیین سوی برش صورت می‌گیرد.

### ۳-۲-۲ شواهد میکروسکوپی

طی مطالعات ریزساختاری و میکروسکوپی نمونه‌های جهت‌دار منطقه جهت تعیین سوی برش، بررسی و شاهدی از ساختارهای نشانگر برش در بلورهای کوارتز، فلدسپار و میکا ارائه گردیده است. در این میان از انواع ریزساختارها، موارد مشاهده شده در برش‌های منطقه شامل بر گوارگی مایل، ساختارهای دومینو، جهت‌گیری پورفیر و کلاست‌ها، نوارهای برشی S-C و S-C<sup>۲</sup>، ساختارهای زیگما، زیگموئید، میکا ماهی و بیوتیت ماهی است. در برش‌های مذکور پورفیر و کلاست‌های فلدسپار دارای شکستگی و کاتا کلاست بوده، عموماً کوارتزها با فرآیندهای کریستال پلاستیك دگرریخت می‌شوند. فلدسپارها حالت کاتا کلاستی تری از خود نشان



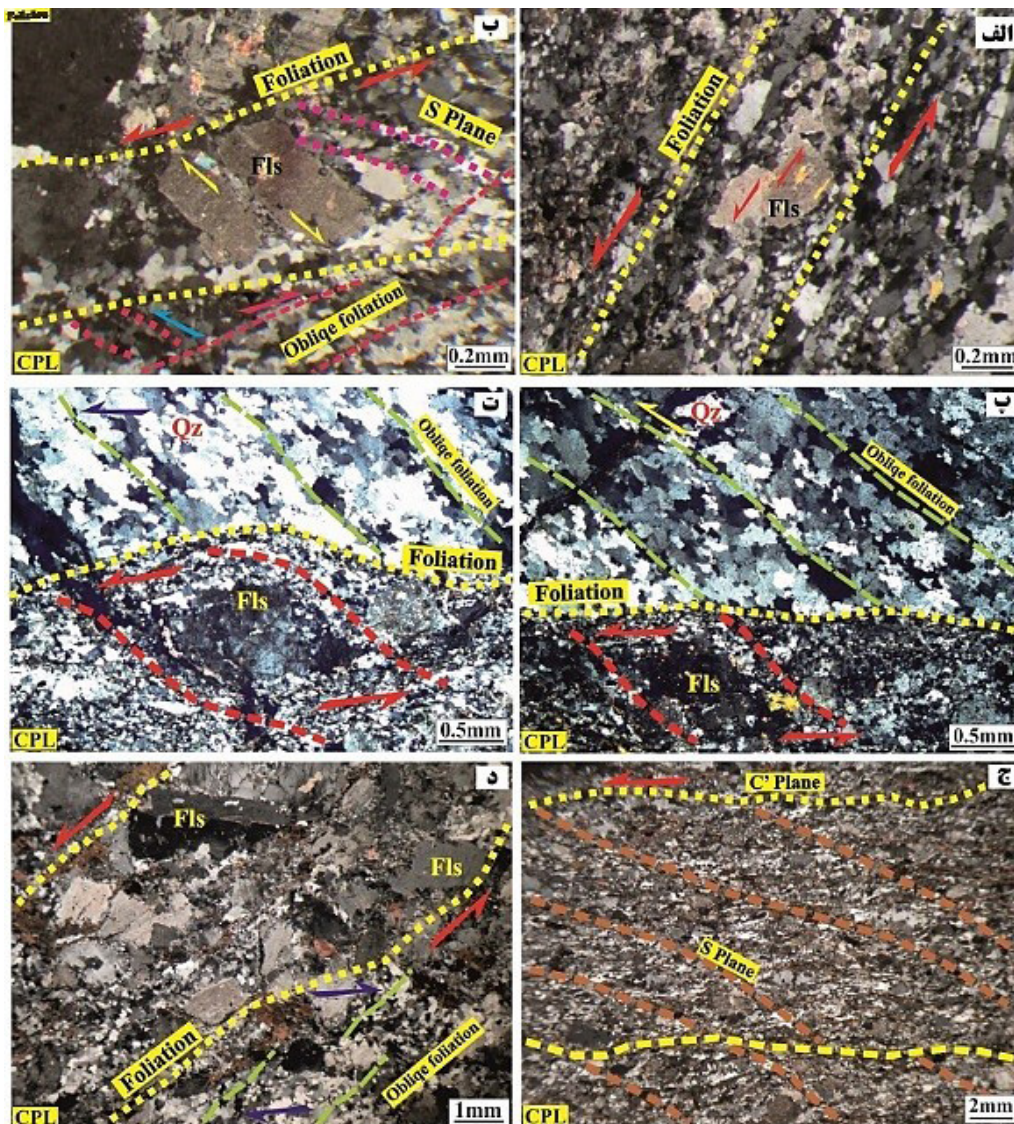


ساختار هسته-گوشته مشخصی تشکیل دهد (شکل ۵، پ، ت). در ساختار زیگمای کوارتز زمینه سرشار از کانی مسکویت و کوارتز بوده که در افزایش میزان پوشش مؤثر است (شکل ۶، د). در زیگمای فلدسپار به دلیل غنی بودن زمینه از کوارتز ضمن تشکیل ریزدانه‌های جدید پوشش چندانی به چشم نمی‌خورد (شکل ۵، پ، ت). این ساختار در بلورهای کانی کوارتز به صورت راست‌بر و در بلورهای فلدسپاری عموماً چپ‌بر است.

گرچه در اکثر موارد برگوارگی‌های مورب موجود برش راست‌گرد را نشان می‌دهند، گاه به صورت چپ-گرد نیز دیده می‌شوند (شکل ۵، پ، ت، شکل ۶، الف، ت).

همچنین جنس بیشتر پورفیروکلاست‌ها فلدسپاری می‌باشند که همسویی با برش چپ‌گرد را نشان می‌دهند (شکل ۵، د).

در نمونه‌های منطقه مورد مطالعه نیز ریزساختار زیگما در بلورهای کوارتز و فلدسپار دیده می‌شود (شکل ۵، پ، ت و شکل ۶، پ، ج، د). به‌ویژه در بلورهای کوارتز دنباله‌های باز تبلور یافته آن به وضوح قابل تشخیص‌اند. اگر دمای باز تبلور افزایش یابد، بلورهای تجدید تبلور یافته در دنباله نیز درشت اندازه خواهند بود (شکل ۶، د). گرچه در پوشش‌ها اندازه دانه‌ها متغیر است، اما این مقادیر در آن‌ها از داخل به خارج پوشش کاهش می‌یابد که دلیلی است بر این که پوشش توسط چرخش زیردانه ایجاد شده و از طرف دیگر افزایش میزان تغییر شکل به دور از هسته را نشان می‌دهد. دانه‌ریز بودن زمینه در تشکیل این نوع ریزساختار دارای اهمیت است. اگر زمینه از جنس پورفیروکلاست باشد و یا کانی که در پاسخ به برش مقاومت چندانی نداشته باشد می‌تواند



شکل ۶. شواهد برش چپ‌گرد، الف و ب) برش چپ‌گرد در ساختار دومینو فلدسپار، افتادگی بلوک‌ها نیز به صورت چپ‌گرد است، پ و ت) سوگیری چپ‌گرد ساختار زیگما در فلدسپار، ج) کلیواژ نوار برشی چپ‌گرد، د) جهت‌گیری پورفیروکلاست‌های فلدسپار.



### ۳-۲-۲- شواهد برش راست گرد

ریزساختار کلیواژ نوار برشی از مطمئن ترین شواهد تعیین کننده نوع و سوی برش، در مقاطع نازک منطقه به وفور دیده می شود. غالب کلیواژهای برشی مشاهده شده C-S و C-S' به صورت راست گرد و در موارد بسیار معدودی چپ گرد دیده شدند. در مقاطع نازک منطقه مشخص ترین نوارهای برشی در نمونه های دارای میکای فراوان به هر دو شکل نوارهای برشی C-S و C-S' دیده می شود. این نوارها دارای برش راست بر و با زوایای نسبتاً پرسیبی نسبت به برگوارگی قرار دارند (شکل ۷، الف، ب).

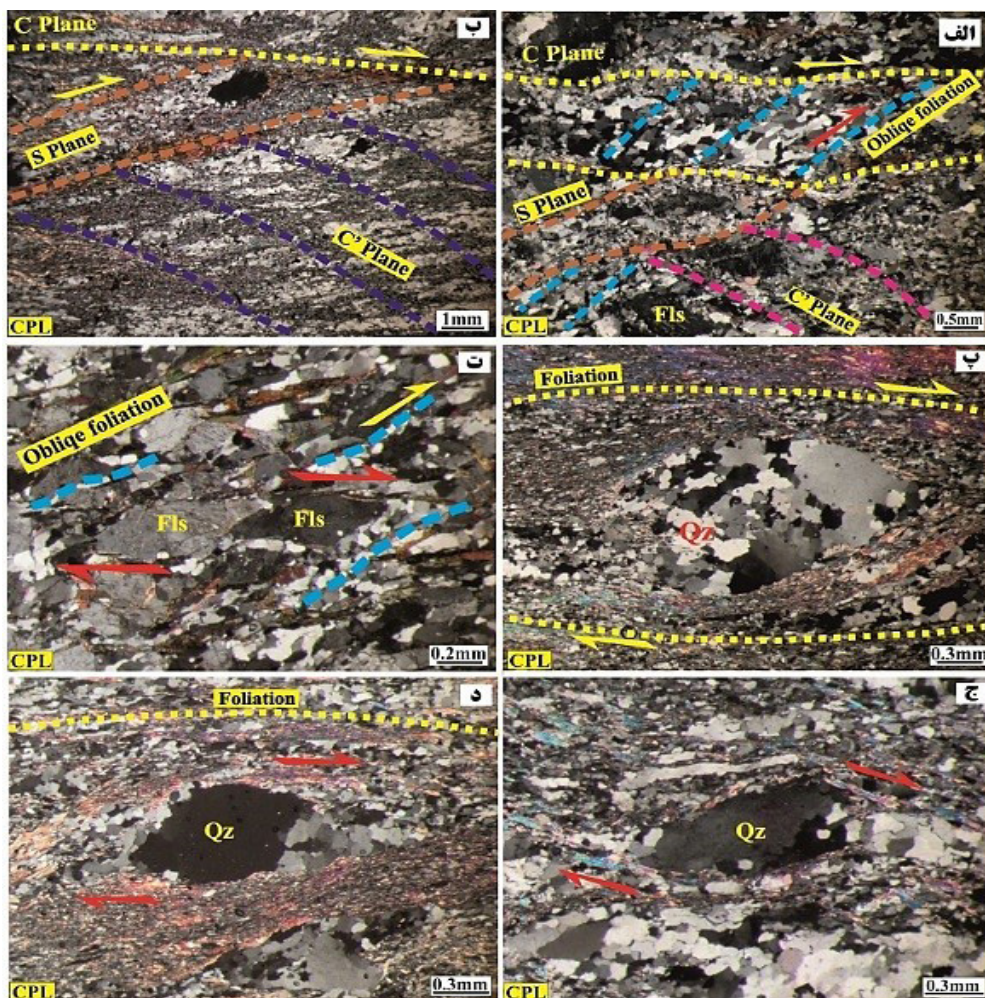
در برش های نازک نیز در مقیاس کوچک تر نوارهای سرشار از کوارتز مشاهده گردید. اکثر این باندها زاویه ۰۴ تا ۰۶ درجه با حاشیه برگوارگی می سازند (شکل ۷، الف).

ریزساختار زیگموئید در گرانیت ده زمان در کانی کوارتز و فلدسپار نمود یافته، بدین صورت که در کوارتز هسته مرکزی پلی گونال و در فلدسپارها تک بلوری است. لنتهای مذکور در کوارتزها کمتر و در

فلدسپارها بیشتر به چشم می خورند. اکثر جهت گیری لنتها در مقاطع به صورت راست بر دیده می شود (شکل ۷، پ، ت).

میکاماهی های منطقه مورد مطالعه بسیار ریزدانه بوده و عموماً نشان دهنده برش راست هستند. ماهی بیوتیت از موارد نادری است که در یک نمونه از منطقه و بیشتر دارای برش چپ بر دیده شد. زاویه قرارگیری میکاماهی ها نسبت به راستای برش بسیار کوچک بوده و در اکثر برش ها از تشکیل دهنده های اصلی زمینه می باشند (شکل ۷، د). در مقاطع برشی موجود از گرانیت ده زمان، ضمن وجود شواهد ریزساختاری که مجموعاً غلبه برش چپ یا راست را در برخی مقاطع نشان می دهند، در مواردی نیز شواهد هر دو نوع برش هم زمان و مجاور یکدیگر مشاهده می شوند (شکل ۵، ب، د).

با توجه به وجود انواع ریزساختارهای نشانگر برش به دو صورت چپ گرد و راست گرد و با بررسی آماری از تمام شواهد موجود سمت و سوی دو نوع برش به بررسی و تحلیل شواهد پرداخته می شود.



شکل ۷. شواهد برش راست گرد، الف و ب) برگوارگی مورب، پ و ت) ریزساختار زیگموئید کانی فلدسپار و زیگموئید پلی-گونال کوارتز دارای برش راست گرد، ج و د) ساختار زیگما در کوارتز، در هر دو شکل بلورهای تجدید تبلور یافته در بخش پوشش دیده می شود.





## بحث

فرانهادگی برش در میلوئیتها امری نادر و کمیاب است. به دلیل اینکه بعد از سرد شدن توده میلوئیتی، کرنش خمیری در آن متوقف شده و ادامه کرنش به صورت شکنا در آن ادامه پیدا می کند. امام اگر دمای توده میلوئیتی به بیش از ۰۵۲ درجه سانتی گراد برسد و یا کمتر از آن تنزل پیدا نکند، شواهد برش های جوان تر می تواند در آن تشکیل و فرانهاده شود. نمونه این رویداد ساختاری توسط Trouw and Passchier, 2010 گزارش شده است. در گرانیتمیلونیتی ده زمان با توجه به مجموعه شواهد موجود و ارائه شده از ریزساختارهای ثبت شده در آن، مجموعاً سوگیری بر گواره میلوئیتی نسبت به مرزهای پهنه برشی کوه سرهنگی و ده زمان و همچنین ریزساختارهای ثبت شده بویژه در بلورهای فلدسپار؛ موید تاثیر چپ بر اولیه در تشکیل ساختار میلوئیتی ده زمان است. اما با بررسی دقیقتر نمونه های جهت دار می توان شواهد برش راستگرد را در میلوئیتها پرمیکا و غنی از کوارتز مشاهده کرد. نظر به اینکه کانی کوارتز عموماً بصورت بلورهای درون گرانیتم و رگه های موازی با بر گواره میلوئیتی و از ساختارهای جوان شکل گرفته در مراحل پایانی تغییر شکل منطقه است و از طرفی دیگر فلدسپارها به عنوان کانی با مقاومت برشی بالاتر، دارای شواهد تغییر شکلی شکنا و بنابراین از ساختارهای ثبت کننده شواهد قدیمی تر، امکان فرانهادگی برش راست بر روی برش چپ گرد مطابق با مطالعات پیشین صورت گرفته در منطقه قابل مشاهده است (نوزعیم، ۱۹۳۱)؛ اما از دیدگاه جنبشی و سوی برش در میلوئیت ده زمان بر اساس مطالعات نوزعیم، ۱۹۳۱، نوزعیم، همکاران، ۳۹۳۱ و Rossetti et al., 2015 در گریختی غالب حاکم بر گرانیتمیلونیتی ده زمان به صورت ترافشارشی چپ گرد است که شواهد برشی مربوطه بیشتر در ساختاری مرتبط با بلورهای فلدسپار محفوظ مانده است. شواهد برش چپ گرد علاوه بر ریزساختارهای حفظ شده در بلورهای فلدسپار در آرایش کلی بر گوارگی میلوئیتی نسبت به مرزهای پهنه برشی نیز قابل رهگیری است. شواهد ارائه شده در پژوهش پیش رو به ویژه در رگه ها و باندهای غنی از کوارتز که نسبت به بلورهای فلدسپار به دگریختی حساس ترند؛ شواهد برش راست گرد کاملاً مشهود و درخور تأمل است. وجود رگه های سیلیسی که در آن ها برش راست گرد ثبت شده است، بیانگر تراکشی برش راستگرد فرانهاده شده و جوان تر در گرانیتمیلونیتی ده زمان است. در خصوص زمان رویداد دو برش مذکور بدون در دست داشتن داده های تعیین سن رادیومترک (Ar/Ar) از میلوئیت های منطقه دشوار است. ولی با توجه به مجموع شواهد ساختاری و ریز ساختاری و همچنین اطلاعات هندسی-جنبشی ارائه شده از منطقه کوه سرهنگی توسط نوزعیم،

۱۹۳۱؛ به احتمال زیاد می توان برش ترافشارش چپگرد اولیه را اندکی پس از ماگماتیسیم گرانیتمی در بازه زمانی حدود ۰۶۵ میلیون سال و در دمای حدود ۰۰۳ الی ۰۰۵ درجه سانتی گراد و مرتبط با فروانش مورب اقیانوس پرتوتیس (نوزعیم، 1391؛ Rossetti et al., 2015)؛ Hajimirzajan et al., 2019 دانست. بر اساس شواهد ساختاری و چینه شناسی موجود در پهنه برشی کوه سرهنگی (۱۹۳۱، نوزعیم) برش تراکشی راستگرد فرانهاده شده می تواند با شروع برخورد ورقه عربی به ایران مرکزی در کرتاسه-پالئوسن مرتبط باشد که در پهنه سندانج-سیرجان و زاگرس مرتفع بصورت ساختارهای فشارشی ثبت شده است و با توجه به زاویه قرارگیری پهنه برشی کوه سرهنگی نسبت به جهت همگرایی دو ورق ایران مرکزی و عربستان، بصورت تراکشی راستگرد در میلوئیت ده زمان ثبت شده است.

## ۴- نتیجه گیری

برداشت های ساختاری انجام شده بر روی گرانیتمیلونیتی ده زمان، حاکی از گسترش بر گوارگی با راستای میانگین  $E^{\circ} 26S$ ،  $NE^{\circ} 08$  است و زاویه افتادگی خطواره کشیدگی روی بر گوارگی میلوئیتی حدود  $53^{\circ}$  و میل محور چین های شکنجی حدود  $57^{\circ}$  به سمت شرق و جنوب شرقی است. شیب زیاد بر گواره میلوئیتی، میل کم خطواره کششی و میل نسبتاً زیاد محور ریز چین های شکنجی موجود بر روی بر گواره میلوئیتی و وجود رگه های اندک موازی با بر گوارگی مبین حاکم بودن سازو کار غالب راستالغز در منطقه است. موقعیت هندسی بر گوارگی میلوئیتی نسبت به پهنه برشی کوه سرهنگی و همچنین ریز چین ها و شواهد برشی ثبت شده در بلورهای فلدسپار مؤید برش غالب راستالغز چپ گرد قدیمی در منطقه است اما شواهد ریز ساختاری حفظ شده و ثبت شده در بلورها و رگه های کوارتز نشان گر فرانهاده شدن برش راست گرد بر روی برش چپ گرد قدیمی تر است. در خصوص زمان رویداد برش راست گرد مذکور، سن رادیومتریک در اختیار نیست ولی بر اساس اطلاعات ساختاری و چینه شناسی منطقه، احتمالاً برش راست گرد در زمان کرتاسه-پالئوسن روی داده است. این رویداد ساختاری در صورت صحت زمانی می تواند در اثر همگرایی ورقه عربی و ایران مرکزی (کوهزاد همزمان بالا رامید) و تأثیر متقابل آن بر گسل های ایران مرکزی نسبت داد. در صورت تعیین سن رادیومتریک ساختارهای برش های ثبت شده در میلوئیت ده زمان به روش (Ar/Ar)، یافته های این پژوهش می تواند کمک درخور توجهی به درک روابط ساختاری، ریز ساختاری و همچنین تغییر رژیم زمین ساختی حاکم در ایران مرکزی نماید و همچنین می تواند به عنوان الگوی برای مطالعه در سایر توده های میلوئیتی باشد.



## منابع فارسی

- در شمال باختر بلوک لوت، رساله دکتری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.
- نوزعیم، ر. و همکاران، ۱۳۹۳. تحلیل ساختاری و تعیین شرایط دگرشکلی پهنه برشی کوه سرهنگی در گرانتیت ده زمان، شمال باختر بلوک لوت، مجله بلورشناسی و کانی-شناسی ایران، سال بیست و دوم، شماره ۱.
- رضا نوزعیم، محسن نصرآبادی، محمد محجل، علی یساقی، ۱۳۹۴: کانی شناسی، پتروژنز و تفسیر جایگاه تکتونیکی گرانتیت های منطقه کوه سرهنگی (شمال غرب بلوک لوت). پترولوژی، سال ششم، صفحه ۱۷۹-۱۹۹.
- هوشمندزاده، ع و نبوی، م. ح.، ۱۳۶۵. نقشه ۱/۲۵۰۰۰۰ پهنه های دگرگونی ایران، انتشارات سازمان زمین شناسی کشور.
- سهندی م. ر.، قاسمی م. ر.، اختیارآبادی ی.، ۱۳۸۹. نقشه زمین شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ قاسم آباد، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- صفری، م.، ۱۳۸۱. پترولوژی و ژئوشیمی توده های ماگمایی کوه سرهنگی، با نگرشی بر پتانسیل اقتصادی منطقه. پایان نامه کارشناسی ارشد گرایش پترولوژی، دانشکده زمین شناسی، دانشگاه تربیت معلم تهران.
- رحیمی دهگلان، ف.، ۱۳۹۶. بررسی ساختاری و تحلیل شرایط دگرریختی در ناحیه قاسم آباد، جنوب باختر کاشمر. پایان نامه کارشناسی ارشد گرایش زمین ساخت، دانشکده زمین شناسی، سازمان زمین شناسی کشور.
- نوزعیم، ر.، ۱۳۹۱. تحلیل دگر ریختی گستره کوه سرهنگی



## References

- Hajimirzajan, H., Homam, M., Malekzadeh Shafaroudi, A., Hidarian Shahri, M., Santos, J. F., (2019). Geochronological and geochemical characteristics of the Deh-zaman intrusive and volcanic rocks (NE Iran): Implication for a Cadomian magmatism. *Periodico di Mineralogia*, 88, 33-56.
- Nozaem, R., Mohajjel, Rossetti, F., Della Seta, M., Vignaroli, G., Yassaghi, A., Salvini, F., Eliassi, M., (2013). Post-Neogene right-lateral strike-slip tectonics at the northwestern edge of the Lut-Block (Kuh-e-Sarhangi Fault), Central Iran. *Tectonophysics*, 589 p 220-233.
- Passchier, C.W., Trouw, R.A.J., (2005). *Microtectonics*. Springer, Berlin, Heidelberg, New York.
- Ramezani, J., Tucker, R. D., (2003). The Saghand region, central Iran: U-Pb geochronology, petrogenesis and implications for Gondwana tectonics. *American Journal of science*, 303, 7, 622-665
- Rossetti, F., Nozaem, R., Lucci, F., Vignaroli, G., Gerdes, A., Nasrabadi, M., Theye, T., (2015). Tectonic setting and geochronology of the Cadomian (Ediacaran-Cambrian) magmatism in Central Iran, kuh-e-Sarhangi region (NW Lut Block), *Journal of Asian Earth Sciences*, 102, 24-44.
- Whitney, D.L., Evans, W.E., 2010. Abbreviations for names of rock-forming minerals. *American Mineralogist*, Volume 95, pages 185-187.



**Insights in to the overprinting of the dextral shearing on the Deh Zaman mylonitic granite, Kuh-e-Sarhangi Area, northwest edge of the Lut Block**

**Zahra Soudmand<sup>1</sup>, Saeed Madanipour<sup>1\*</sup>, Reza Nozaem<sup>2</sup>**

1. Department of Geology, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

2. School of Geology, College of Science, University of Tehran, Iran.



**Abstract:**

SE trending (S62E) and NE dipping (80NE) mylonitic foliation is the main structural feature developed in ~557-561Ma Deh-Zaman mylonitic granite in the N70°E trending Kuh-e-Sarhangi shear zone at the northwest of the Lut Block. 35° plunge of the stretching lineation on this mylonitic foliation in combined with microstructural evidence, especially on feldspar crystals confirmed dominant sinistral shear with the little compressional component. Sinistral shear proposed to initiate after emplacement of the granitic body and deformed it at ~300-500°C during Early Cambrian. Our new and detailed microstructural analysis indicates considerable overprinting of dextral shear on the former older sinistral shear in the Deh-Zaman mylonitic granite. There is no radiometric age constraint on the timing of the shearing shift from sinistral to dextral kinematics; however, based on the structural and stratigraphic evidence, we propose post-Late Cretaceous- Paleocene age of the kinematic change. This shear sense change matches with Structural evolution of the Kuh-e-Sarhangi region in which sense of shear has been changed several times during its evolution.

**Keywords:** Overprinting, microstructure, Deh -Zaman mylonitic granite, Lut Block.

---

\* Madanipour.Saeed@Modares.ac.ir.