

# بررسی ساختاری مجموعه دگرگونی سورسات (شاهین‌دژ)

نوشته: دکتر عباس قاسمی\* و دکتر محسن پور کرمانی\*\*

## Structural Study of Soresat Metamorphic Complex (Shahin-Dej)

By: Dr. A.Ghasemi\* & Dr. M.Pour-Kermani\*\*

### چکیده

سنگ‌های دگرگونی با منشأ رسوبی و گرانیتوئیدهای مجموعه دگرگونی سورسات در حاشیه شمالی پهنه سندج - سیرجان، در شمال باختر ایران برونزد دارد. مطالعات صحرایی و سنگ شناسی این سنگ‌های رسوبی دگرگون شده نشانگر سنگ مادری متشکل از شیل، سیلت استون، گری وک با درون لایه‌های کربناتی، ماسه سنگ آركوزی و سنگ‌های آذرآواری می‌باشد. پرفیروبلست‌های آندالوزیت، سیلیمانیت (فیبرولیت)، استارولیت و کردیریت در بخش‌هایی از سنگ‌های رسوبی دگرگون شده که غنی از کانی‌های رسی هستند، عمومیت دارند.

چهار رویداد دگرشکلی اصلی در این مجموعه دگرگونی ثبت شده است (D1-D4). رویدادهای D1 و D2 که به وسیله چین‌های F1 و F2 و سطوح برگوارگی S1 و S2 ثبت شده‌اند، نشانگر اعمال کوتاه شدگی با راستای شمال شمال خاوری - جنوب جنوب باختری به منطقه می‌باشند. بافت ایجاد شده در اثر D1 به طور وسیعی توسط رویداد دگرشکلی D2 متأثر شده و تنها بقایای آن به صورت آثار برگوارگی (S1) در نواحی میکروولیتون برگوارگی چیره منطقه (S2) و آثار درونباری مستقیم در پرفیروبلست‌های درون-زمین ساخت (inter-tectonic porphyroblasts) آندالوزیت و استارولیت حفظ شده است. برگوارگی ناحیه‌ای و چیره منطقه (S2) عموماً موازی با لایه بندی اولیه (S1) در سنگ‌های رسوبی دگرگونی است. S2 موازی سطح محوری چین یال موازی برگشته (isoclinal overturned fold) ایجاد شده در اثر اعمال رویداد دگرریختی D2 است. هیچگونه برگوارگی در ارتباط با رویداد دگرریختی D3 شناخته نشده است. چین‌های مورب ایجاد شده در اثر اعمال رویداد دگرریختی D3، چین برگشته D2 را مجدداً چین داده است. رویداد D3 در اثر اعمال کوتاه شدگی افقی با راستای شمال شمال باختر - جنوب جنوب خاور به منطقه مورد مطالعه ایجاد شده است. رویداد D4 به وسیله گسلش عادی لغز که به همراه فرسایش موجب برونزد مجموعه دگرگونی سورسات شده است، مشخص می‌شود.

**کلید واژه‌ها:** پرفیروبلست درون-زمین ساخت، رویداد دگرشکلی، چین یال موازی برگشته، سفره چین.

### Abstract

The meta-sedimentary and granitoid rocks of the Soresat metamorphic complex (SMC) occur along the northern margin of the Sanandaj-Sirjan zone in NW Iran. Field and petrographic studies indicate that the protoliths of the meta-sediments were shale, siltstone and graywacke with carbonate, arkosic sandstone and pyroclastic intercalations. Porphyroblasts of andalusite, sillimanite (fibrolite), staurolite and cordierite are common in the meta-sedimentary rocks that were rich in clay minerals. Four different deformational events are recorded in SMC (D1-D4). D1 and D2 events are recorded by F1 and F2 folds and S1 and S2 foliations, which indicate NNE-SSW regional shortening. The D1 fabric has been largely over-printed during D2 and only relics of S1 foliation survive either in S2 microlithons, or as inclusion trails within inter-tectonic porphyroblasts of andalusite and staurolite. The prominent, regional penetrative foliation (S2) generally parallels bedding planes (S0) within meta-sedimentary rocks. S2 is axial planar to an isoclinal overturned fold of regional scale that was generated by D2. No foliation was recognised for D3. Inclined D3 folds refold the overturned D2 structure. D3 resulted from NNW-SSE horizontal shortening. D4 event is recorded by normal faulting, which, together with erosion, exposed the Soresat metamorphic complex.

**Key words:** Inter-tectonic porphyroblast, Deformational event, Isoclinal overturned fold, Fold nappe.

**مقدمه**

این مجموعه سنگی متعلق به مجموعه دگرگونی تکاب بوده و مجموعه سورات نامیده شده است (درویش زاده، ۱۳۷۰). مجموعه دگرگونی سورات در طول لبه خاوری پهنه سندرچ-سیرجان، جنوب خاور شهر شاهین دژ در جنوب استان آذربایجان باختسری بین عرض‌های جغرافیایی  $30^{\circ} 36'$  تا  $40^{\circ} 46'$  و طول‌های جغرافیایی  $45^{\circ} 46'$  تا  $55^{\circ} 46'$  قرار دارد. این مجموعه یک تاریخچه دگرشکلی پیچیده را در خود حفظ کرده است. بر اساس مطالعات پالینولوژی، سن سنگ مادر این مجموعه کامبرین زیرین است (خلقی، ۱۳۷۳). رویدادهای تغییر شکلی ثبت شده در این مجموعه با رویدادهای دگرگونی همراه بوده است. سنگ‌های آذرین درونی موجود در مجموعه دگرگونی سورات را سنگ‌های گرانیتوئیدی تشکیل می‌دهند. در راستای بررسی ساختاری سنگ‌های دگرگونی این مجموعه، چندین برش عرضی در منطقه پیمایش شد و ۱۱۵ مقطع نازک جهت‌دار برای بررسی‌های سنگ‌نگاری، کانی‌شناسی، ریزبافتی و ریزساختاری از سنگ‌های منطقه در جهت عمود بر برگوارگی و به موازات و عمود بر خطوارگی موجود در سنگ‌ها تهیه شد. سامانه مختصات مقاطع نازک مطالعه شده با استفاده از قانون دست راست انتخاب شده اند؛ به گونه‌ای که محور  $Y+$  موازی برگوارگی، پیکان علامت‌گذاری شده بر روی برش نازک — موازی محور  $X+$  (عمود بر برگوارگی) و محور  $Z+$  عمود بر مقطع نازک باشد.

**سنگ‌شناسی مجموعه دگرگونی**

واحدهای چینه سنگی مجموعه سورات را می‌توان به دو دسته اصلی تقسیم کرد. دسته اول شامل سنگ‌های گرانیتوئیدی و دسته دوم شامل سنگ‌های رسوبی دگرگون شده است. سنگ‌های گرانیتوئیدی را می‌توان به چند مرحله تزریق متفاوت نسبت داد. در اولین مرحله تزریق، سنگ‌های گرانیتوئیدی همزمان با زمین ساخت به داخل سنگ‌های مجموعه سورات نفوذ کرده که از بقایای آن می‌توان به ورقه‌های گرانیت گنیسی خاور و شمال روستای خان‌قلی اشاره کرد (شکل ۱). S2 از داخل این ورقه‌های گذشته و در اثر اعمال رویداد تغییر شکلی D2 این ورقه‌ها چین خورده‌اند، که این امر می‌تواند دلیلی بر تزریق آنها همزمان یا پیش از تشکیل S2 باشد. در دومین مرحله تزریق سنگ‌های گرانیتوئیدی مربوط به کمان آتشفشانی (همچون گرانودیوریت پیچاقچی و سورات) و به داخل این مجموعه نفوذ کرده‌اند (شکل ۱). S2 از داخل برخی از این توده‌ها همچون گرانودیوریت سورات گذشته و در پیرامون سایر توده‌ها همچون گرانودیوریت پیچاقچی دچار انحراف

شده و به دور آنها می‌چرخد. سنگ‌های دگرگونی مجاورتی با ستریای حداکثر تا ۱/۵ متر در پیرامون این توده‌ها مشاهده می‌شوند. با توجه به رابطه بین S2 و این توده‌ها می‌توان چنین نتیجه گرفت که این سنگ‌ها می‌بایستی در مراحل انتهائی تشکیل و پس از تشکیل S2 به داخل مجموعه دگرگونی سورات نفوذ کرده باشند. نفوذ توده‌های مشابه این توده‌های گرانیتوئیدی به داخل واحدهای کربناته کرتاسه فوقانی در شمال روستای سنانجود (شکل ۱) و سن سنجی پتاسیم-آرگون انجام شده بر روی یک نمونه کوارتز دیوریت از توده پیچاقچی (۷۴/۲ میلیون سال، Kholghi, 1999) نشانگر نفوذ این توده‌ها به داخل مجموعه دگرگونی سورات در کرتاسه بالایی است. آخرین گروه سنگ‌های گرانیتوئیدی را توده‌های آلکالی گرانیت تشکیل می‌دهند. S2 در پیرامون این توده‌ها دچار انحراف شده و به دور آنها می‌چرخد. با توجه به قرارگیری سازندهای قرمز زیرین به سن الیگوسن و سازند قم به سن الیگو-میوسن با ناپوستگی زاویه‌دار بر روی مجموعه دگرگونی سورات، سن این توده‌ها بایستی پس از کرتاسه بالا — پیش از الیگومیوسن باشد.

مطالعات صحرایی و سنگ‌نگاری مقاطع نازک، نشانگر سنگ مادری شامل تناوبی از شیل، سیلستون و گریوک با درون لایه‌های کربناتی، ماسه سنگ آركوزی و سنگ‌های آذرآواری برای سنگ‌های رسوبی دگرگون شده مجموعه سورات است. سنگ‌های رسوبی دگرگون شده، شامل انواع مختلفی از شیست بوده و کانی‌های اصلی دگرگونی همچون آندالوزیت، استارولیت، کردیریت، و گارنت و فیرولیت‌های سیلیمانیت در آنها یافت می‌شوند. بافت سنگ‌های این دسته اکثراً از نوع لیبیدوبلاستیک و پرفیروبلاستیک است. برگوارگی چیره موجود در این سنگ‌ها موازی با لایه‌بندی اولیه سنگ‌های رسوبی است. بر مبنای هندسه آثار درونباری انواع مختلفی از پرفیروبلست‌ها در سنگ‌های رسوبی دگرگون شده مجموعه سورات قابل تشخیص‌اند. این آثار شامل آثار درونباری مستقیم ناهمخوان با بافت خارجی (external fabric) تا آثار درونباری همخوان با بافت خارجی هستند. آثار مستقیم درونباری S1، با ناهمخوانی آشکار نسبت به بافت خارجی S2، بصورت رشد استاتیک پرفیروبلست بر روی یک برگوارگی اولیه (S1) که خود به وسیله یک بافت ثانویه S2 دنبال شده به صورت پرفیروبلست‌های درون زمین ساختی (inter-tectonic porphyroblast) توصیف می‌گردد. آثار مستقیم درونباری S1، ناهمخوان با بافت خارجی S2 اما متصل به آن نشانگر رشد سریع پرفیروبلست پس از تشکیل برگوارگی اولیه و پیش از رویداد تغییر شکلی ایجاد کننده برگوارگی ثانویه است. این ارتباط بین برگوارگی خارجی و داخلی، به صورت پرفیروبلست‌های

برگوارگی D1 که خود موازی با سطح محوری چین مشاهده نشده F1 است، در نظر گرفته شده است (شکل ۵).

### رویداد D2

پس از رویداد D1، رویداد D2 در اثر شکل‌گیری یک سری چین خوردگی‌های یال‌موازی برگشته در منطقه ایجاد شده‌اند (شکل‌های ۱ و ۵). سطح محوری تاقدیس برونزد یافته D2 (AP2، شکل ۵) دارای شیب کم ( $10^{\circ}$ - $30^{\circ}$ ) به سمت شمال، شمال‌خاور بوده و امتداد آن به واسطه چین خوردگی‌های بعدی (F3) متغییر است. مشخصات محور چین خوردگی‌های متوسط مقیاس F2 نشانگر میل کم ( $5^{\circ}$ - $30^{\circ}$ ) تاقدیس یال‌موازی برگشته (F2) است. برگوارگی چیره S2 به موازات سطح محوری چین F2 بوده و اغلب موازی لایه بندی اولیه مشاهده شده در سنگ‌های رسوبی دگرگون شده مجموعه سورات است. رویداد D2 مستلزم کوتاه‌شدگی در راستای شمال، شمال‌خاور - جنوب، جنوب‌باختر در نتیجه گسترش یک سفره چین (Fold nappe) با همگرایی به سمت جنوب، جنوب‌باختر است (شکل ۵). ایزوگرادهای آندالوزیت و استارولیت پیش و همزمان با S2 نشانگر برونزد سنگ‌های با درجه دگرگونی بالا در طول ناحیه لولایی ساختمان سفره چین اصلی D2 است (شکل ۱).

### رویداد D3

رویداد D3 ساختمان‌های D2 را به وسیله چین خوردگی‌های مایل F3 با سطوح محوری پرتیب به سمت خاور، جنوب‌خاور و با محوری با میل ملایم ( $10^{\circ}$ ) به سمت  $056^{\circ}$  مجدداً چین داده است (شکل ۶). ساخت‌های بودین در طول یال‌های چین خوردگی F3 گسترش یافته‌اند. نتایج رویداد D2 عبارتند از:

چین خوردگی دوباره F2 به وسیله چین‌های مایل با طول موجی در حدود ۵-۱۰ کیلومتر.  
گسل‌های معکوس با جهت شیب به سمت جنوب، جنوب‌خاور در طول یال‌های چین خوردگی F3 (شکل ۷).  
چین‌های متوسط مقیاس جناغی و شکنجی با طول موجی در حدود چند صد متر (شکل ۶).

### رویداد D4

ساختمان‌های D4 آخرین رویداد دگرشکلی روی داده در مجموعه سورات است. این رویداد، یک دسته گسل‌های مزدوج عادی را به وجود آورده است. تصویر استریوگرافیک این گسل‌های مزدوج عادی نشانگر پلانژی در حدود  $9^{\circ}$  به سمت  $335^{\circ}$  برای محور اصلی کشش

همزمان با زمین‌ساخت (S2 syn) توصیف می‌گردد. تشخیص پرفیروبلست‌های همزمان با زمین‌ساخت و پرفیروبلست‌های درون زمین‌ساختی معمولاً بسیار مشکل است. مشاهدات دقیق بیانگر انحراف برگوارگی در پیرامون پرفیروبلست‌های همزمان تا پیش از S2 است. تشخیص پرفیروبلست‌های پس از زمین‌ساخت با رشد استاتیک آنها بر روی بافت S3 در این سنگ‌ها بسیار ساده است. اغلب این کانی‌ها با دگرگونی همبری و نفوذ گروه دوم توده‌های گرانیتویدی مرتبط هستند. به هر حال پرفیروبلست‌های استارولیت در بین S1 و S2 (inter-tectonic porphyroblasts، شکل ۲) و همزمان با S2 (شکل ۳) رشد کرده‌اند. پرفیروبلست‌های آندالوزیت نه تنها در بین S1 و S2 (شکل ۲) بلکه پس از S3 نیز رشد کرده‌اند. بنابر این بایستی فشار در حد فاصل تشکیل برگوارگی‌های S1 و S2 با تشکیل کانی‌های استارولیت و آندالوزیت به بالاترین میزان خود رسیده باشد. حداکثر درجه حرارت بوسیله رشد پرفیروبلست‌های کردیریت، آندالوزیت پس از S2 و S3 (شکل ۴) و فیروبلت‌های سیلیمانیت مشخص می‌شود. ارتباط روشنی میان فیروبلت‌های سیلیمانیت و پرفیروبلست‌های آندالوزیت وجود نداشته و فیروبلت‌های سیلیمانیت بر روی تیغه‌های بیوتیتی تشکیل دهنده S2 شکل گرفته‌اند.

### زمین‌شناسی ساختاری

بر اساس مقاطع نازک مطالعه شده و مشاهده صحرایی و تحلیل داده‌های صحرایی و دستگاهی در مقیاس بزرگ، رویداد مجموعه دگرگونی سورات را می‌توان نتیجه چهار رویداد دگرشکلی D1 تا D4 در نظر گرفت که در زیر به تشریح هر کدام پرداخته می‌شود.

### رویداد D1

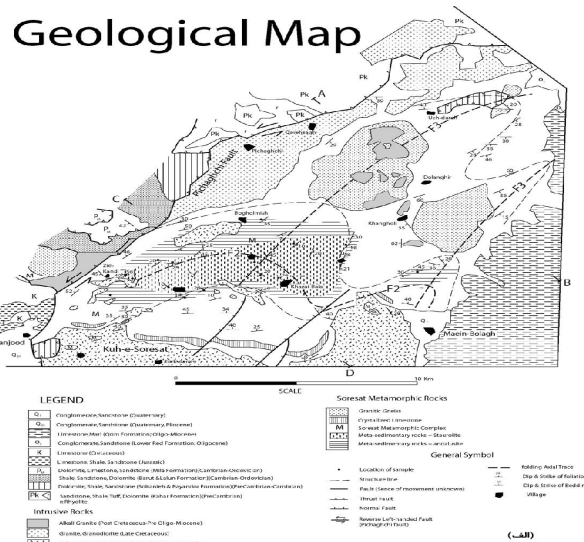
بافت D1 (S1) به طور وسیعی تحت تأثیر رویدادهای دگرشکلی بعدی به خصوص رویداد D2 قرار گرفته است. آثار این رویداد، تنها به صورت بقایای برگوارگی S1 در نواحی میکروبلتون S2 و با آثار درونباری مستقیم در داخل پرفیروبلست‌های آندالوزیت و استارولیت پیش از S2 حفظ شده است (شکل ۲). به دلیل محو آثار دگرشکلی D1 با رویداد دگرشکلی D2، بازسازی طرح دگرشکلی نهایی D1 بسیار مشکل است. به هر حال، با توجه به موقعیت زمین‌ساختی پهنه سندج-سیرجان و رویدادهای مشاهده شده در این پهنه (Alavi, 1994) که شامل گسل‌های رانده و سفره‌ها و چین خوردگی‌هایی با راستای شمال‌باختر - جنوب‌خاور است و زاویه‌ای زیاد موجود بین آثار درونباری مشاهده شده در پرفیروبلست‌های آندالوزیت و استارولیت پیش از S2 - پس از S1 با برگوارگی چیره منطقه (S2) راستایی با روند شمال، شمال‌باختر - جنوب، جنوب‌خاور برای

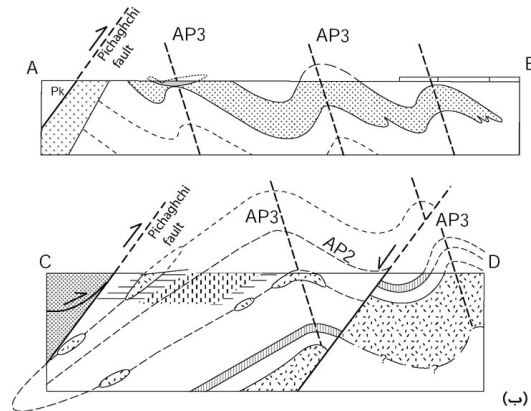
در رویدادهای دگرشکلی D1 و D2 در منطقه مورد بررسی، حاصل یک تغییر شکل پیشرونده که خود بر اثر عملکرد کوتاه شدگی در راستای شمال، شمال خاور - جنوب، جنوب باختر، در نتیجه فرورانش صفحه عربستان به زیر پهنه سندج - سیرجان در نظر گرفته شده‌اند. همگرایی پس از برخورد بین عربستان و ایران موجب ایجاد یک جا به جایی راست لغز، معکوس در حدود ۱۰۰ کیلو متر در طول خط درز زاگرس شده (Bushara, 1995) که این امر موجب ایجاد کوتاه شدگی افقی در راستای شمال، شمال باختر - جنوب، جنوب خاور ایجاد کننده رویداد تغییر شکلی D3 شده است. مجموعه دگرگونی سورسات در طی فرورانش سنگ کره اقیانوسی نئوتیس به زیر سندج - سیرجان شمالی و پس از برخورد بین عربستان و ایران در ائوسن زیرین - میانی تشکیل شده است. تعداد زیادی نفوذی‌های پس از برخورد مشاهده شده در طول گسل‌ها موجود در سندج - سیرجان شمالی را می‌توان به وسیله رویداد جدایش ورقه فرورو (Davies, 1995; Slab break-off) توجیه کرد. بالا آمدگی سریع کوهزایی زاگرس قابل انطباق با رویداد زمین‌ساختی (D4) است. ثبات نسبی منطقه پس از زمان ائوسن با ته‌نشست لایه‌های افقی الیگو - میوسن با ناپیوستگی فرسایشی بر روی مجموعه دگرگونی سورسات به اثبات می‌رسد.

در رویداد D4 است (شکل ۸). گسل پیچاقچی در حاشیه شمال - شمال باختر مجموعه دگرگونی سورسات (شکل ۱)، یکی از مهمترین گسله‌های منطقه است. در طول این گسل شیب سطح گسل متغییر است. به طور کلی جهت شیب این گسل به سمت شمال باختر است. در شمال روستای کندی (شکل ۱) سطح گسل دارای مشخصات 205/45NW بوده و نشانگرهای سوی برش بر روی سطح گسل نشانگر حرکت معکوس، چپ گرد برای آن است. به طور کلی حرکت معکوس با راستای جابجایی شمال خاور - جنوب باختر در تمامی گسل‌های معکوس واقع در کمر بالای گسل پیچاقچی مشاهده می‌شود. این گسل‌ها به گسل پیچاقچی ختم می‌شوند.

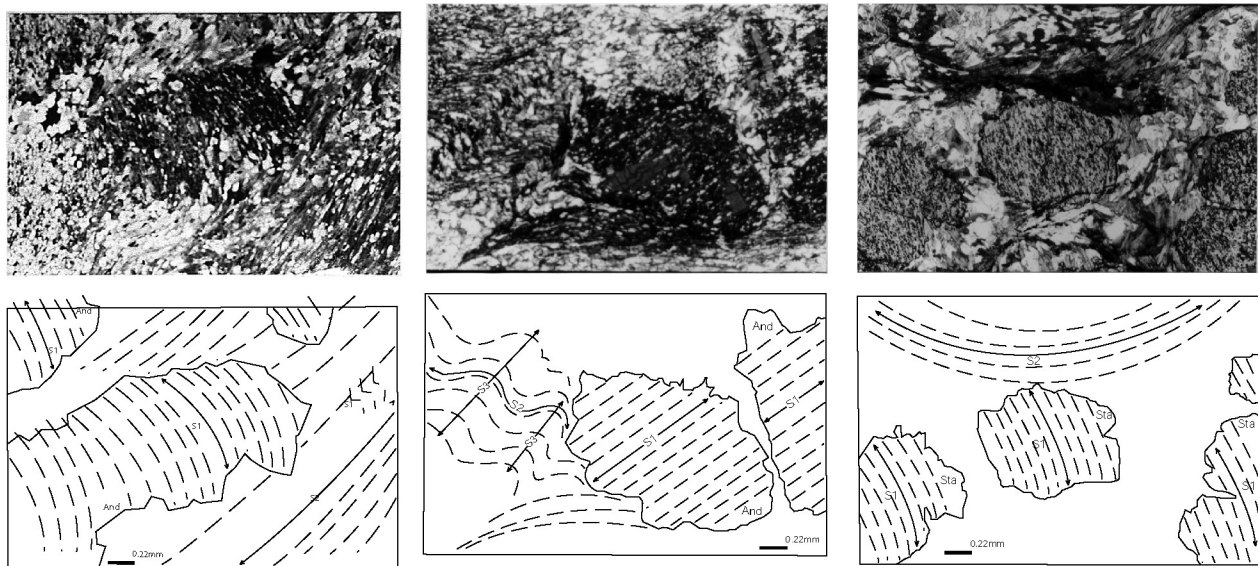
### بحث و نتیجه‌گیری

رویدادهای دگرگونی زمین‌ساختی اصلی همزمان و به دنبال نفوذ سنگ‌های گرانیتیویدی به داخل مجموعه دگرگونی سورسات روی داده است. اطلاعات پیرامون رویداد تغییر شکلی D1 بسیار اندک است. کوتاه شدگی در راستای شمال، شمال خاور - جنوب، جنوب باختر موجب ایجاد یک ساخت نپ اصلی در منطقه شده که خود نقشی اساسی در ایجاد نخستین رویداد دگر شکلی اصلی منطقه (D2)، پیش از نفوذ ورقه‌های گرانیتی به داخل مجموعه دگرگونی سورسات، شده است. اعمال کوتاه شدگی افقی با راستای شمال، شمال باختر - جنوب، جنوب باختر موجب چین خوردگی دوباره نپ چین F2 در طی رویداد دگرشکلی D3 شده





ب- مقاطع زمین شناسی

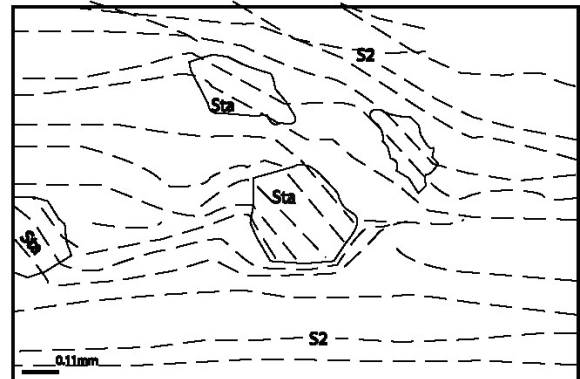
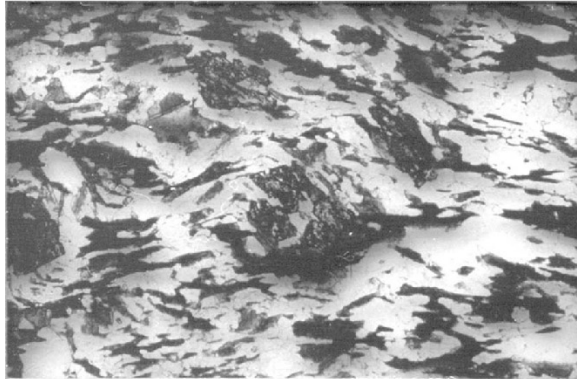


شکل ۲) تصاویر نمادین رسم شده از روی تصاویر میکروسکوپی که نشانگر روابط مختلف بین آثار درونباری با برگوارگی چیره موجود در سنگ‌ها است (And آندالوزیت، Sta استارولیت).

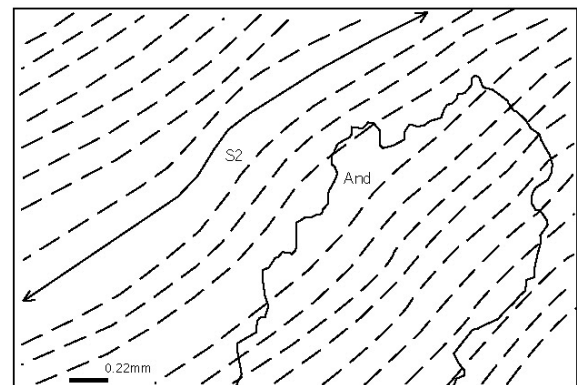
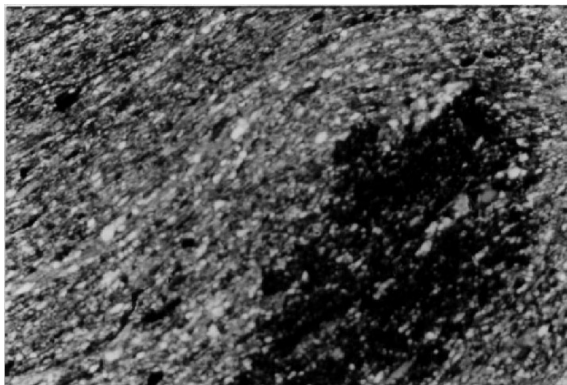
الف) ورقه‌های بیوتیت تشکیل دهنده S1 به صورت آثار درونباری مستقیم و ناهمخوان با برگوارگی چیره (S2) در داخل پرفیروبلست آندالوزیت (پیش از S2- پس از S1، inter-tectonic porphyroblasts) مشاهده می‌شوند. آثار برگوارگی اولیه S1 را می‌توان به خوبی در نواحی میکرولیتون برگوارگی S2 نیز مشاهده کرد.

ب) پرفیروبلست‌های آندالوزیت (پیش از S2- پس از S1، inter-tectonic porphyroblasts) با آثار درونباری مستقیم و ناهمخوان با برگوارگی غالب (S2)، برگوارگی S2 خود چین خورده و سطح S3 به موازات سطح محوری این چین‌ها در نظر گرفته شده است.

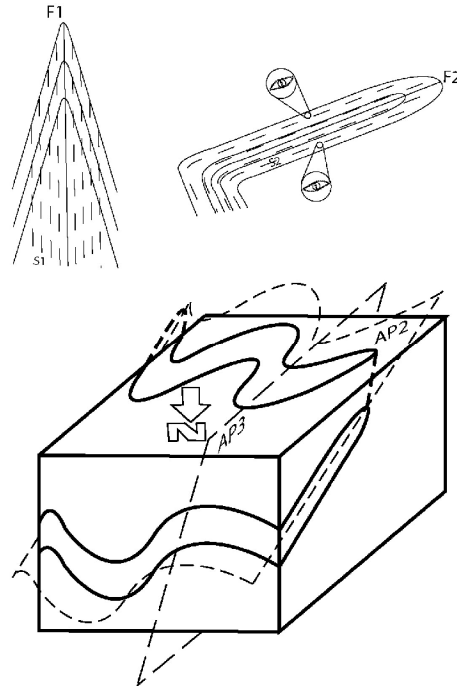
ج) پرفیروبلست‌های استارولیت (پیش از S2، پس از S1) با آثار درونباری مستقیم (S1) و ناهمخوان با برگوارگی احاطه کننده آنها (S2).



شکل ۳) تصویر نمادین رسم شده از روی تصویر میکروسکوپی که در آن برگوارگی چیره سنگ (S2) پرفیروبلست‌های استارولیت با انحراف از روند فعلی آنها دنبال می‌شود. این امر نشانگر تبلور این کانی‌ها به صورت همزمان با S2 است.



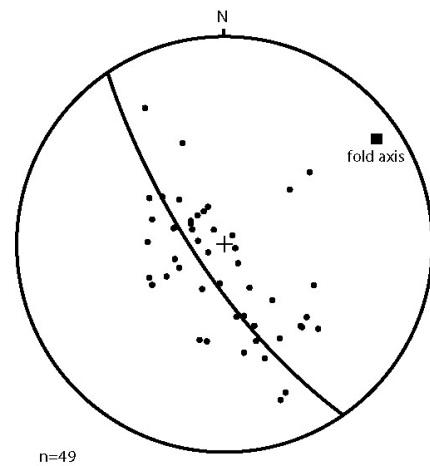
شکل ۴) تصویر نمادین رسم شده از روی تصویر میکروسکوپی که در آن کانی آندالوزیت دارای آثار درونباری همخوان با برگوارگی احاطه کننده آن (S2) است. این امر نشانگر تشکیل آن پس از تشکیل برگوارگی چیره سنگ (S2) است.



شکل ۵) سیر تحول ساختاری نمادین منطقه مورد بررسی  
 الف) ایجاد یک تاقدیس ایستاده در اثر رویداد دگرشکلی (F1) D1.  
 ب) ایجاد یک چین یال موازی برگشته در اثر رویداد دگر شکلی (F2) D2.  
 ج) نمودار بلوکی نمادین ساختمان‌های بزرگ مقیاس منطقه مورد بررسی.

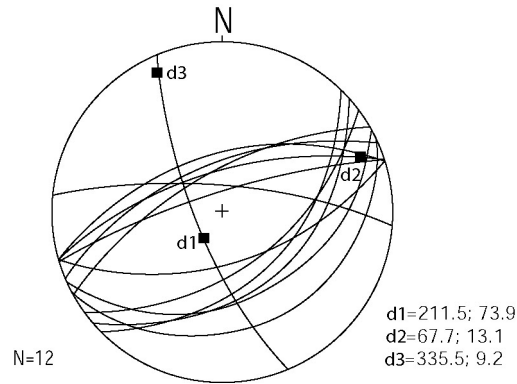


شکل ۷) گسل‌های معکوس ایجاد شده در یال چین‌های F3 با حرکت به سمت شمال - شمال‌باختر (نگاه به سمت باختر).



شکل ۶) تصویر استریوگرافیک قطب لایه‌های چین خورده بر اثر F3





شکل ۸) تصویر استریوگرافیک گسل‌های مزدوج عادی ایجاد شده در اثر رویداد دگر شکلی D4.

### کتابنگاری

خلقی، م.ح.، ۱۳۷۳- نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ شاهین دژ، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور. درویش زاده، ع.، ۱۳۷۰- زمین شناسی ایران، دانش امروز.

### References

- Alavi, M., 1994- Tectonics of Zagros Orogenic Belt of Iran, new data and interpretation. *Tectonophysics* 229, 211-238.
- Bushara, M. N., 1995-Subsurface structure of the eastern edge of the Zagros basin as inferred from gravity and satellite data. *AAPG Bulletin* 79, 1259-1274.
- Davies, J.H., Blackenburg, F., 1995- Slab breakoff: A model of lithosphere detachment and its test in the magmatism and deformation of collisional orogens. *Earth and Planetary Science Letters* 129, 85-102.
- Kholghi Khasraghi, M. H., 1999- Petrology and Geochemistry of intrusive rocks of the Takab-Shahindej area in Northwest Iran, Ph.D. thesis. Baku University.

\* دانشگاه شهید بهشتی تهران، دانشکده علوم زمین؛ نشانی کنونی، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور  
 \*\*دانشگاه شهید بهشتی تهران، دانشکده علوم زمین، تهران، ایران

\* Shahid Beheshti University, Faculty of Earth Sciences; Present address, Geological Survey of Iran.

\*\*Shahid Beheshti University, Faculty of Earth Sciences, Tehran, Iran.