

تعیین الگوی جریان در محفظه ماگما با استفاده از آنالیز جهت یابی ترجیحی شکل کانی‌ها (SPO) در گرانیت‌ها، مطالعه موردی در باتولیت الوند

لیلی ایزدی کیان^{1*}، نسرين پیری

گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

چکیده

ساخت‌های اولیه در توده‌های گرانیتی می‌توانند الگوی جریان ماگما را قبل از سرد شدن کامل آن ثبت کنند. از طریق مطالعه ساخت‌های اولیه می‌توان تا حدودی به نحوه تکامل ماگما و وقایعی که حین صعود و جایگیری آن رخ می‌دهد، پی برد. هدف از این پژوهش معرفی روشی برای تعیین الگوی جریان ماگما با استفاده از ساختارهای ماگمایی است. یکی از ساخت‌های اولیه مفید، جهت‌یابی ترجیحی کانی‌های شکل‌دار فلدسپار پتاسیم در گرانیت‌ها است. با استفاده از جهت‌یابی ترجیحی پتاسیم فلدسپار می‌توان بیضی و انتش را در سه رخنمون از یک منطقه توسط نرم افزار SPO تعیین کرد و سپس آنها را توسط نرم‌افزار Ellipsoid تلفیق کرده و بیضوی و انتش را بدست آورد. با این روش در سه منطقه مختلف از بخش جنوبی توده الوند شکل بیضی و انتش بدست آمده است. با توجه به شکل بیضوی و انتش نوع جریان ماگما در بخش جنوبی توده الوند از نوع غیریکنواخت و آگرا تعیین گردید. در این نوع جریان ماگما از منطقه باریک به منطقه وسیعی وارد می‌شود و سرعت آن کاهش می‌یابد. این نوع الگوی جریان در توده‌هایی که جایگزینی آنها تحت تاثیر نیروهای تکتونیکی منطقه است تشکیل می‌شود.

واژه‌های کلیدی: جهت‌یابی ترجیحی، الگوی جریان، گرانیت، الوند، همدان.

¹ * L.izadi@basu.ac.ir

Flow pattern determination in magma chamber from mineral Shape preferred orientation (SPO) analysis in Granites, a case study in Alvand Batholite

Leili Izadi kian*, Nasrin Piri

Department of Geology, Faculty of Science, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

Abstract:

The primary structures of granitic body can recording flow pattern before completely cooling. Through the construction study of primary structure can be realized partly how evolution magma during ascent and the events that occur during emplacement it. This study introduce the way for determine of magma flow from primary structure. one of the useful primary structures in granite is preferred orientation of the uhedral minerals of potassium feldspar. With using the Preferred orientation of K-feldspar the strain ellipse in three exposures determined from a software SPO and Then integrated them with software Ellipsoid and obtained Strain ellipsoid. However, in three different areas of the southern part of the Alvand batholite strain ellipsoid shape is obtained . due to the Strain ellipsoid shape of the magma flow pattern in the south of Alvand is non-uniform divergent flow. In this typeof flow pattern , magma intruded from a narrow pipe into a wide area, and its ascent slowly. This type of flow pattern is made up in the igneous body that have syntectonic emplacement.

Keywords: Shape preferred orientation, Flow pattern, Granite, Alvand, Hamedan

1- مقدمه

یکی از مسائل مهم در بررسی ساختاری توده‌های پلوتونیک به ویژه گرانیت‌ها تعیین ساخت‌های اولیه‌ای است که در هنگام انجماد ماگما یا در مراحل پایانی تبلور ماگما تشکیل می‌گردد. از طریق مطالعه ساخت‌های اولیه می‌توان تا حدودی به نحوه تکامل ماگما و وقایعی که حین صعود و جایگیری آن رخ می‌دهد، پی برد. نخستین بار (Clous, 1922) ساخت‌های اولیه درون توده‌های گرانیتی را مورد بررسی و شناسایی قرارداد و ساخت‌های این توده‌ها را بطور مدون دسته‌بندی نمود. او اعتقاد داشت که موقعیت هندسی این ساخت‌ها جنبش توده را از مرحله ذوب بخشی تا جایگیری کامل منعکس می‌نماید.

جهت‌یابی ترجیحی در کانی‌ها را می‌توان به دو دسته کلی تقسیم کرد (Shelly, 1992): الف) جهت‌یابی ترجیحی شکل ذرات (SPO, Shape preferred orientation) که نحوه آرایش آنیزوتروپی ذرات غیر هم بعد را توصیف می‌کند که محورهای کوتاه و بلند دارند و ب) جهت‌یابی ترجیحی شبکه (LPO, Lattice preferred orientation)، که نحوه آرایش آنیزوتروپی شبکه بلور در میان انبوهی از ذرات کانی‌ها را توصیف می‌کند. فابریک جهت‌یابی درشت بلورهای فلدسپار پتاسیم (KFs) بعنوان نشانه‌هایی، جهت دسترسی به جهت‌یابی ترجیحی شکل ذرات (SPO) در گرانیت‌ها استفاده می‌شود (Fernandez and Castro, 1999؛ Fernandez et al., 2012). با توجه به جهت‌یابی ترجیحی پورفیرهای فلدسپار که یکی از شواهد اصلی فابریک ماگمایی (جریان اولیه) است، می‌توان بیضوی و انتش (Strain) را تعیین نمود.

اغلب جهت‌یابی راستای بلورها به کینماتیک جریان (Flow kinematic) در یک توده نفوذی مرتبط است. بلورهایی که در آنالیز جهت‌یابی جریان مفید هستند شامل بلورهای سوزنی هورنبلند، بلورهای تخت (Tabular) فلدسپار پتاسیم و میکای صفحه‌ای می‌باشند (Davis, 1984). آرایش موازی تا نیمه موازی بلورهای کشیده شکل دار (فلدسپار، پروکسن،

آمفیبول) که تغییر شکل درونی ندارند نشان از آزادی کافی بلورها و ضعیف بودن محیط درون شبکه‌ای می‌باشد (Vernon, 2000). امتداد کانی‌های طویل مانند هورنبلند و یا فلدسپار خطواره ایجاد می‌کند. معمولاً خطواره کانی‌ها (Mineral lineation) موازی جهت جریان ماگمایی، جهت‌یابی دارد (Davis, 1984). از طرفی آرایش این بلورها تا زمانی که ویسکوزیته ماگما به اندازه کافی بالا نرود در فابریک سنگ حفظ نمی‌شود و توسط جریان‌های بعدی از بین می‌رود بنابراین نگهداری چنین جهت‌گیری ترجیحی بطور متداولی در مراحل آخر انجماد ماگما رخ می‌دهد (Paterson et al., 1989). در منطقه الوند گرانیت‌های پورفیروئید رخنمون دارند که فلدسپارهای پتاسیم آن جهت‌یابی ترجیحی را نشان می‌دهند، این ساخت به جریان ماگمایی مربوط می‌شود که بصورت برهم کنش ذره به ذره و تبلور مجدد بعدی تحت شرایط استاتیک محدود می‌گردد (Zibra et al., 2012).

توده نفوذی الوند در جنوب و جنوب خاور شهر همدان قرار گرفته است. این توده از نظر تقسیمات ساختاری-چینه‌شناسی ایران جزء زون سنندج-سیرجان (Stocklin, 1968) به‌شمار می‌آید (شکل 1). بر اساس آخرین تعیین سن‌های رادیومتری سن 162-165 میلیون سال قبل برای جایگیری گرانیتوئیدها بدست آمده است (Shahbazi et al., 2010؛ Mahmoudi et al., 2011). جایگزینی توده الوند در چندین مرحله متوالی صورت گرفته است اما در کل سه نوع ماگما در این پلوتونیسیم شرکت داشته‌اند. اغلب سنگ‌های موجود در منطقه سنگ‌های اسیدی از سینوگرانیت تا مونزوگرانیت می‌باشد و همچنین سنگ‌های حدواسط شامل دیوریت و کوارتز دیوریت که اغلب این گرانیت‌ها بصورت پورفیروئید دانه درشت است (سپاهی گرو، 1378). سنگ‌های حاشیه توده الوند نخست تحت تاثیر حرارت ناحیه‌ای متحمل دگرگونی دیناموترمال و سپس در مرحله بعدی دستخوش دگرگونی مجاورتی شده

منطقه مشاهده گردید لایه بندی شلیرن (Schlieren layering) در سنگ های هورنفلس منطقه می باشد. (شکل 2-C). لایه بندی شلیرن در غیاب تغییر شکل پلاستیک کانی های درگیر، شاخص واضحی از جریان ماگمایی است (Paterson et al., 1989)، این لایه بندی به دلیل بخش های جریان با شیب بیشتر نسبت به بخش های گرانشی ایجاد می شود (Vernon, 2000).

فلدسپارهای جهت یافته شده در منطقه در چند رخنمون مختلف اندازه گیری شده اند و نمودار هم مساحت و رز دیگرام مربوط به هر رخنمون ترسیم گردیده است و راستای غالب کشیدگی آن ها بدست آمده است. جهت یابی فلدسپارها و قرارگیری آنها در یک راستا جهت غالب جریان ماگمایی که در مراحل پایانی انجماد ماگما، با افزایش ویسکوزیته مذاب در آن حفظ شده است را در منطقه نشان می دهد. با توجه به اندازه گیری ها راستای غالب درشت بلورهای فلدسپار در منطقه به سمت شمال باختر - جنوب خاور (NW-SE) می باشد و میل (Plung) آن ها به سمت جنوب خاور می باشد. (شکل 3-A). جهت گیری غالب آنکلاوهای اندازه گیری شده بصورت خطواره در منطقه سیلوار نیز به سمت شمال باختر - جنوب خاور (NW-SE) می باشد و میل آن ها به سمت شمال باختر است (شکل 3-B). با تلفیق اندازه گیری جهت یابی فلدسپار و جهت یابی آنکلاوها و ترسیم یک نمودار کلی، جهت غالب جریان ماگمایی در منطقه بدست می آید (شکل 3-C). با توجه به نمودار کلی بدست آمده جهت غالب جریان ماگمایی در منطقه به سمت شمال باختر - جنوب خاور (NW-SE) می باشد. این ساخت به جریان ماگمایی مربوط می شود که بصورت برهم کنش ذره به ذره و تبلور مجدد بعدی تحت شرایط استاتیک محدود می گردد.

در این منطقه صفحه XY و بیضوی واتنش در منطقه بصورتی که در شکل 4 نشان داده شده تعیین گردیده است. بنابراین با استفاده از اندازه گیری های انجام شده در منطقه مورد مطالعه و همچنین با استفاده از بیضی هایی که در سه

انده توده های عامل این دگرگونی ها شامل انواع مختلف بازیک تا اسیدی است (سپاهی و همکاران، 1393).

2- روش کار

برای دستیابی به جهت یابی بلورهای فلدسپار پتاسیم و تعیین بیضوی واتنش به وسیله آنها در ابتدا سه تصویر مختلف از رخنمون های مختلف یک توده گرانیت پورفیری تهیه می شود. سپس هریک از تصاویر را با استفاده از نرم افزار CorelDraw بازسازی نموده و تصاویر بازسازی شده به نرم افزار SPO 2003 وارد می شود. این نرم افزار از هریک از تصاویر بیضی هایی ایجاد می نماید که نمایی از سه بعد مختلف در منطقه می باشد. بعد از این مرحله این اطلاعات و بیضی ها را به نرم افزار Ellipsoid 2003 انتقال داده و در نهایت صفحه XY و بیضوی تنش در منطقه تعیین می شود. برای بدست آوردن بیضوی از برش سه عدد یا تعداد بیشتری بیضی جهت یافته، استفاده از نرم افزار Ellipsoid 2003، پیشنهاد شده است (Robin, 2002؛ Launeau and Robin, 2005). با استفاده از این روش بیضوی واتنش در سه منطقه سیلوار، سیمین و باباپیر در بخش جنوبی باتولیت الوند بدست آمده است.

منطقه سیلوار

این منطقه در بخش جنوبی توده الوند قرار دارد. بخش اعظم منطقه را گرانیت های پورفیروئید تشکیل می دهند. در این منطقه درشت بلورهای پتاسیم فلدسپار مشاهده می شوند. این درشت بلورها دارای جهت یابی ترجیحی خوبی می باشند (شکل 2-A) و تغییر شکل پلاستیکی داخلی در این درشت بلورها مشاهده نمی شود. همچنین در منطقه آنکلاوهای دیوریتی که در راستای درشت بلورهای فلدسپار جهت یافته شده اند نیز قابل مشاهده می باشد. قرارگیری آنکلاوها در راستای درشت بلورهای فلدسپار نشان می دهد که این آنکلاوها نیز تحت تأثیر جریان ماگمایی کشیده شده اند (شکل 2-B). همچنین از دیگر شواهد جریان ماگما که در

منطقه شواهد قابل استنادی از جریان ماگمایی به ویژه در محل همبری توده با سنگ میزبان مشاهده گردیده است. یکی از واضح ترین شواهد جریان ماگما در منطقه جهت-یابی درشت بلورهای فلدسپار می باشد. این ساختار در چند رخنمون از منطقه مشاهده گردیده است (شکل 7). وجود شواهد کج شدگی کانی ها در درشت بلورهای فلدسپار پتاسیم بدون تغییر شکل داخلی و جهت یابی آنکلاوها، در منطقه دلیل دیگری بر وجود جریان ماگما در منطقه می-باشد.

بر اساس برداشت های انجام شده در چند رخنمون مختلف در منطقه باباپیر، نمودار هم مساحت جهت یابی درشت بلورهای فلدسپار پتاسیم در رخنمون ها ترسیم گردید. بر طبق این اندازه گیری ها می توان راستای غالب جهت یابی درشت بلورهای فلدسپار پتاسیم در منطقه را تعیین نمود. این درشت بلورها راستای غالب شمال خاور - جنوب باختر (NE-SW) را دارند و آنها در دو جهت شمال خاور و جنوب باختر میل دارند (شکل 8). راستای بیشترین کشیدگی آنکلاوها در جهت شمال خاور - جنوب باختر (NE-SW) می باشد و شیب آنکلاوها به سمت جنوب باختر قرار دارد. از ترکیب اندازه گیری های مربوط به جهت یابی درشت بلورهای فلدسپار و کشیدگی آنکلاوها می توان، راستای غالب جریان ماگمایی در منطقه را تعیین نمود. با توجه به مشخص بودن برگوارگی ماگمایی در منطقه می توان گفت که منطقه از تنش های تکتونیکی دور مانده است و توده گرانیتهی مقداری از جریان ماگما را در خود حفظ نموده است. نمودار هم مساحت و رز دیاگرام ترسیم شده، راستای غالب جریان ماگمایی ماگمایی را در جهت شمال خاور - جنوب باختر (NE-SW) نشان می-دهد که به دو جهت شمال خاور و جنوب باختر میل دارند (شکل 8).

بیضی های و اتنش در این منطقه در شکل 9 نشان داده شده است. همان طور که در شکل نیز مشخص می باشد، صفحه XY برگوارگی جریان در راستای شمال خاور - جنوب

بعد مختلف در منطقه بدست آمده، نوع بیضوی و اتنش در منطقه با توجه به اینکه عدد $K=0/399$ می باشد، بصورت کلوچه ای شکل تعیین گردید. صفحه XY برگوارگی راستای شمال باختر - جنوب خاور دارد.

منطقه سیمین

منطقه سیمین در جنوب خاوری توده الوند واقع گردیده است. جهت یابی فلدسپارها در این منطقه نیز یکی از نشانه های مهم جریان ماگمایی می باشد که این فلدسپارها نیز بدون تغییر شکل داخلی می باشند. با ترسیم رز دیاگرام و نمودار هم مساحت جهت یابی درشت بلورهای فلدسپار پتاسیم اندازه گیری شده در چهار رخنمون در منطقه که بصورت خطواره اندازه گیری شده اند، جهت جریان ماگمایی در این رخنمون ها مشخص گردیده است. با ترکیب تمام اندازه گیری ها راستای جریان ماگمایی غالب در منطقه بدست آمده است. راستای جهت یابی ماگما در منطقه سیمین به دو سمت می باشد یکی به سمت شمال خاور - جنوب باختر (NE-SW) می باشد و دیگری به سمت جنوب خاور - شمال باختر (NW-SE) است اما راستای غالب با توجه به نمودار هم مساحت و رز دیاگرام به سمت شمال خاور - جنوب باختر قرار دارد و بیشترین شیب به سمت شمال خاور است (شکل 5).

در این منطقه نیز با توجه به اندازه گیری فلدسپارها در سه رخنمون مختلف در یک منطقه و استفاده از نرم افزارهای مربوطه، بیضی های و اتنش و سپس بیضوی و اتنش بدست آمده است (شکل 6). با توجه به اینکه مقدار $K=0/82$ بنابراین می توان گفت که شکل بیضوی و اتنش در این منطقه نیز کلوچه ای شکل می باشد. راستای برگوارگی ماگمایی در این منطقه در جهت شمال خاور - جنوب باختر می باشد.

منطقه باباپیر

این منطقه یکی از روستاهای شهرستان تویسرکان می باشد که در جنوب باختری منطقه مورد مطالعه قرار دارد. در این

باختر واقع شده است که با راستای جریان ماگمایی در این منطقه مطابقت دارد. همچنین با توجه به مقدار $K=0/8617$ ، شکل بیضوی واتنش در این منطقه نیز بصورت کلوچه ای می باشد.

3- بحث

اصطلاح جریان اولیه ترکیبی از سه مفهوم جدا در یک فاز است که شامل مکانیسم تغییر شکل در مقیاس دانه، ارتباط فابریک هندسی با فازهای جایگیری و نیروهای شکل دهنده فابریک می باشد (Paterson et al., 1998). فابریک بلورهای (مگا کریستال های) فلدسپار پتاسیم (KFs) بعنوان نشانه هایی، جهت دستیابی به فابریک جهت یابی ترجیحی شکل (SPO) استفاده می شود (Fernandez et al., 2012). فابریک ماگمایی (Magmatic fabric) به جهت یابی برگوارگی و خطواره کانی های ماگمایی که بعلت جریان ماگما در حالت نیمه جامد ایجاد می شود، گفته می شود. در مطالعات اخیر با این نظریه که راستای کانی های آذرین، واتنش را در طول جریان و تبلور رئولوژیکی خمیره نرم ثبت می کنند، موافقت (Bergantz and Dawes, 1994; Ildefonse et al., 1997). طبق نظر (Balk, 1937) فابریک جریان ماگمایی (فابریک اولیه) در نتیجه قرارگیری هیدرودینامیکی ذرات کانی ها بصورت سوسپانسیون در مذاب است، و توسط فرایندهای درونی محفظه ماگمایی شکل می گیرد. سه نوع جریان در محفظه ماگمایی به نام جریان یکنواخت، جریان غیریکنواخت و جریان متلاطم رخ می دهد (شکل 11):

جریان یکنواخت: در این نوع جریان درون ماگما، بردارهای سرعت حرکت ماگما و بردارهای مغناطیس جهت یابی مشابه دارند. **جریان غیر یکنواخت:** خود به سه دسته تقسیم می شود که شامل

1. **جریان همگرا:** در جایی که ماگما از منطقه عریض به منطقه باریک وارد می شود رخ می دهد که نتیجه

واتنش های فشاری و تمایل قرارگیری کریستال ها در راستای محور طولشان با محور X بیضوی ماگماست. بنابراین در واتنش بالا یک فابریک شکل دوکی (prolate) موازی با جریان شکل می گیرد (فابریک $L \gg S$).

2. **جریان واگرا:** در جایی که ماگما از منطقه باریک به منطقه وسیعی وارد می شود و سرعت ماگما کاهش میابد، رخ می دهد. ذرات در جهت بزرگترین سطح کریستال ها با صفحه XY بیضوی واتنش تمایل دارند و بنابراین برگوارگی تشکیل می شود که با صفحه و جهت جریان زاویه بزرگی می سازد و در نتیجه فابریک شکل کلوچه ای (Oblate) ایجاد می گردد (فابریک $S \gg L$).

3. **جریان غیر هم محور:** هر گاه در سطح مرزی کشیدگی وجود داشته باشد، رخ می دهد و فابریک شکل آنها متغیر است (فابریک $S=L$).

جریان متلاطم: لایه های ممتدی هستند که بصورت ناپایدار قرار گرفته اند. هر زمان که یک جریان بصورت ناپایدار تغییر کند، می توان جزئیات جریانی که کاهش می یابد را پیش گویی نمود (Paterson et al., 1998).

با رسم مقادیر K بدست آمده در دیاگرام فیلین مشخص می شود که مقدار $0 < K < 1$ قرار دارد (Ramsay and Huber, 1989). بنابراین با توجه به محاسبه شکل بیضوی واتنش در چند منطقه در نیمه جنوبی توده ی نفوذی الوند، شکل بیضوی واتنش کلوچه ای است و می توان جایگیری توده به صورت یک جریان غیریکنواخت واگرا دانست (شکل 11). نتایج به دست آمده با نتایج به دست آمده از روش ناهمسانگردی پذیرفتاری مغناطیس (اصلانی و همکاران، 1393) تطبیق دارد. در این روش بیضوی شکل کلوچه ای است و احتمال ساختار سیل یا مانند آن را در این بخش های توده تأیید می کند. با مشاهده برگوارگی های مغناطیسی و خطوارگی های مغناطیسی با شیب زیاد در بخش مرکزی توده که با دور شدن از این بخش شیب

چند منطقه از بخش جنوبی توده الوند به دست آمده است. بیضوی واتنش به دست آمده از سه منطقه مقدار درجه بیضویت را $0 < K < 1$ نشان می‌دهد و این مقدار شکل بیضوی واتنش توده را بصورت کلوچه‌ای نشان می‌دهد. این بیضوی در نتیجه جریان غیریکنواخت ماگما و از نوع جریان واگرا تشکیل می‌شود. که در این نوع جریان ماگما از منطقه باریک به منطقه وسیعی وارد می‌شود و سرعت آن کاهش می‌یابد.

تقدیر و تشکر

نویسندگان از راهنمایی‌های جناب آقای دکتر الیاسی کمال تشکر و قدردانی را دارند.

آنها کم می‌شود می‌توان محل اصلی تزریق توده را در این بخش دانست که حجم زیادی از ماگما با شیب زیاد از این بخش بالا آمده است (اصلانی و همکاران، 1393).

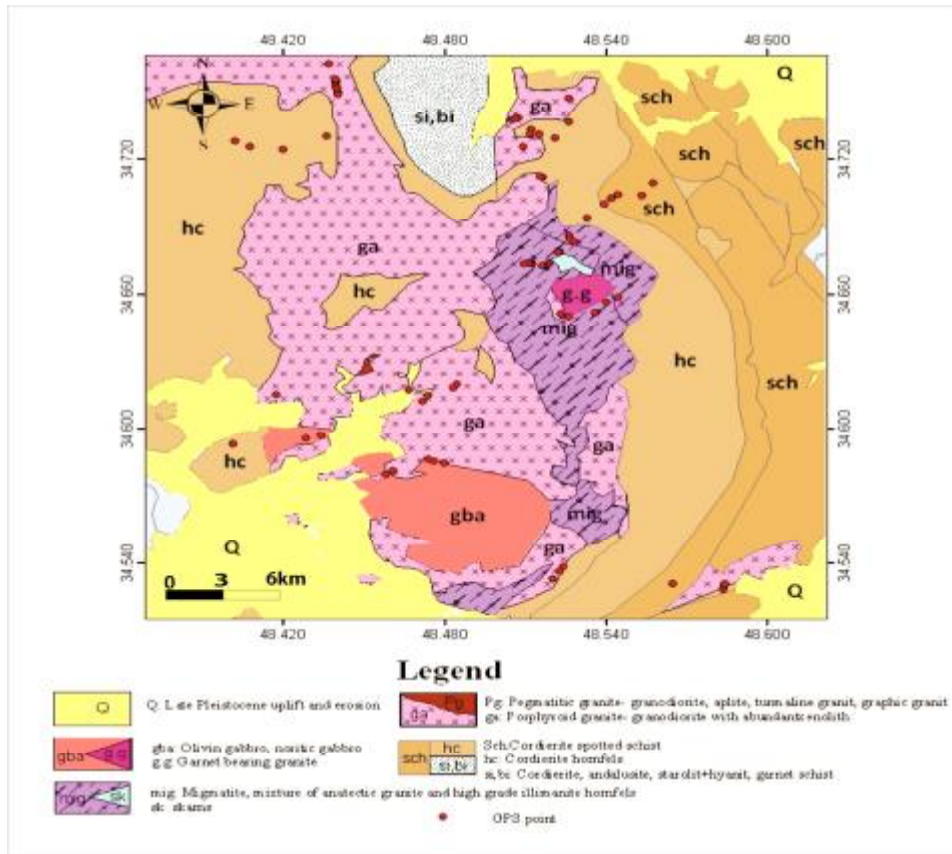
4- نتیجه گیری

یکی از ساخت‌های اولیه موجود در گرانتیت‌ها جهت یابی ترجیحی بلورهای شکل دار فلدسپار پتاسیم است. این جهت یابی فابریک ماگمایی را ایجاد می‌کند که بعلت جریان ماگما در حالت نیمه جامد در توده گرانتیتی ایجاد می‌شود و پس از سرد شدن اطلاعاتی در مورد نحوه جریان ماگما در اختیار می‌گذارد. در توده گرانتیتی الوند نیز فابریک اولیه ناشی از جهت یابی فلدسپارهای پتاسیم در بخش‌هایی حفظ شده است. با استفاده از این جهت یابی بیضوی واتنش در

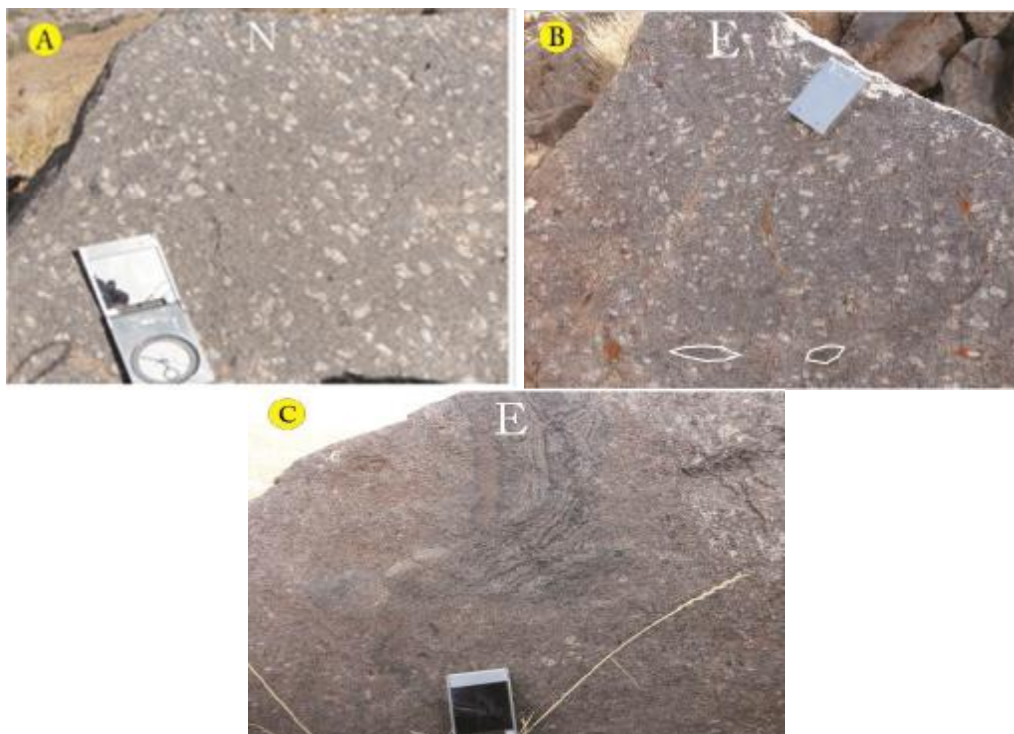
منابع

- اشراقی، ص.، 1381. نقشه زمین شناسی 1:100000 ورقه تویسرکان. سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- اقلیمی، ب.، 1379. نقشه زمین شناسی 1/100000 ورقه همدان. سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- اصلانی، ع.، علیمحمدیان، ح.، قلمقاش، ج و نظری، ح.، 1393. مطالعه ریز ساختاری و الگوی جایگیری نیمه جنوبی باتولیت الوند با استفاده از ناهمسانگردی پذیرفتاری مغناطیسی (AMS). شماره 94، صفحه 1 تا 137.
- سپاهی گرو، ع. ا.، 1378. پترولوژی مجموعه پلوتونیک الوند با نگرش ویژه بر گرانتیوئیدها، رساله دکتری (پترولوژی)، دانشگاه تربیت معلم تهران.
- سپاهی، ع. ا.، اسدی، ن. و سلامی، ص. 1393 مطالعه پتروژنز، شیمی کانی‌ها و دما- فشارسنجی سنگ‌های دگرگونی مجاورتی حاشیه توده الوند، همدان. مجله پترولوژی دانشگاه اصفهان، شماره 2، جلد 26، صفحه 175 تا 186.
- Balk, R. 1937 structural behavior of igneous rocks. Geology Society of America Memoir 5:177.
- Bergantz, G. W. and Dawes, R. 1994 Aspects of magma generation and ascent in the continental lithosphere. In: Ryan, M. Magmatic Systems. Academic Press, San Diego.
- Clous, H. 1922. Uber Ausbou Anwendung der granittektonischen Method: Preussinschen Geologischen Landesanstalt. 89: 1-18.
- Davis, G. H., Reynolds, S.J., Kluth, C.f. 1984. Structural geology of rocs and regions. New York, Wiley.
- Fernandez, C., Alvarado, J. D., Azpiroz, M.D., Castro. A. and Ventas, I.M. 2012 Fabric evidence for granodiorite emplacement with extensional shear zones in the Variscan Gredos bodyif (Spanish Central System). Journal of Structural Geology 42 : 74- 90.
- Fernandez, C. And Castro, A. 1999 Brittle behaviour of granitic magma: thw example of Puente del Congosto, Iberian Bodyif, Spain. Geology Society, London, Special Publications 168:191-206.
- Ildefonse, B., Albaret, L., Diot, H. 1997 Rigid particles in simple shear flow: is their preferred orientation periodic or steady state In: Bouchez. Kluwer Academic Publishers, the Netherlands 8 : 177-185.
- Launeau, P. and Robin, P.Y.F. 2005 Determination of fabric and strain ellipsoids

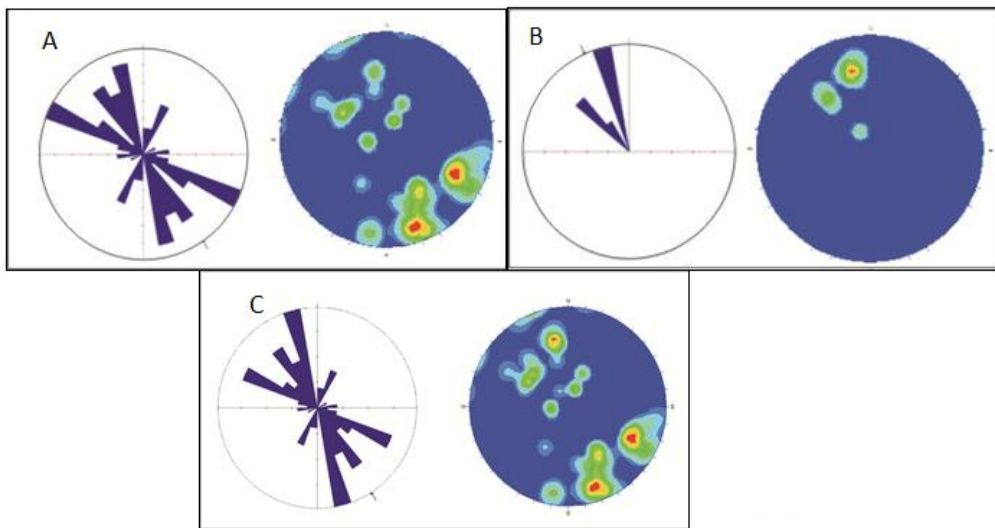
- Shabazi, H., Siebel, W., Pourmoafee, M., Ghorbani, M., Sepahi, A.A., Shang, C.K. and Vousoughi Abedini, m. 2010 Geochemistry and U-Pb zircon geochronology of the Alvand plutonic complex in Sanandaj-Sirjan Zone Iran: New evidence for Jurassic magmatism. *Journal of Asian Earth Science* 30: 668-683.
- Shelly, D. 1992 *Igneous and Metamorphic Rocks under the Microscope: Classification, textures, microstructures and mineral preferred orientation*, Chapman & Hall.
- Stocklin, J. 1968 Structural history and tectonics of Iran, A review. *American Association Petroleum Geologists*. 52:1229–1258.
- Vernon, R.H. 2000. Review of microstructural evidence of magmatic and solid- state flow. *Electronic Geosciences*. 5:2.
- Zibra, J.H., Kruhl, A., Motanini, R., Tribuzio, 2012. Shearing of magma along a high- grade shear zone: Evolution of microstructural during the transition from magmatic to solid- state flow. *Journal of Structural Geology*. 37: 150-160
- from measured sectional ellipses-implementation and application. *Journal of Structural Geology* 27: 2223-2233.
- Mahmoudi, Sh., Carfu, F., Masoudi, F., Mehrabi, B. and Mohajjel, M. 2011 U-Pb dating and emplacement history of granitoid pluton in the northern Sanandaj- Sirjan zon Iran. *Journal of Asian Earth Science* 41: 238-249.
- Paterson, S. R., Kenneth, F. Jr., Schmidt, K. L., Yoshinobu, A. S. and Semele Yuan, A., Miller, R.B. 1998 Interpreting magmatic fabric patterns in plutons. *Lithos*. 44: 53- 82.
- Paterson, S. R., Vernon, R. H., Tobisch, O.T. 1989. A review of criteria for the identification of magmatic and tectonic foliation in granitoids. *Journal of Structural Geology*. 11(3): 349-363.
- Ramsay, J.G. and Huber, M. 1989 *The techniques of modern structural geology*. Academic Press, Volume 1.
- Robin, P. Y. F. 2002 Determination of fabric and strain ellipsoids from measured sectional ellipses- theory. *Journal of Structural Geology* 24: 531-544.



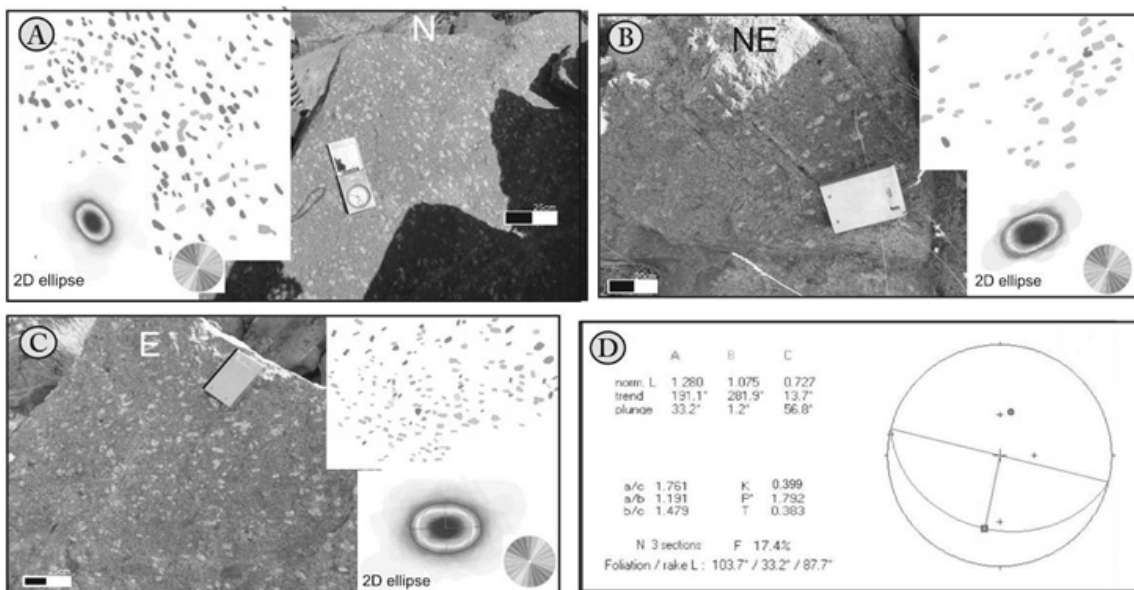
شکل 1: نقشه زمین شناسی بخش جنوبی توده الوند در جنوب همدان، تلفیقی از نقشه های 1:100000 همدان (اقليمی، 1379) و تویسرکان (اشراقی، 1381).



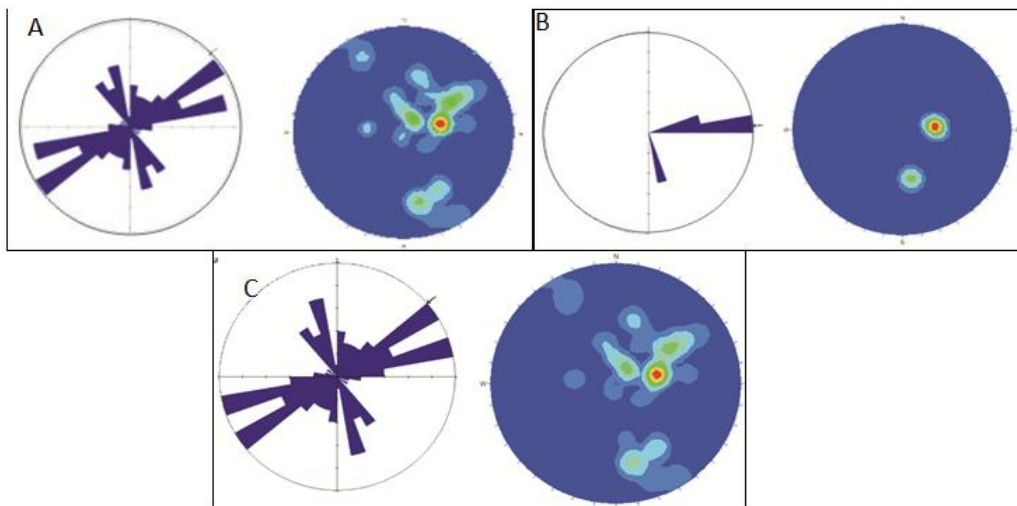
شکل 2: (A) جهت گیری فلدسپارها (B) جهت گیری آنکلاوها (C) لایه بندی شلیرن در گرانیت های منطقه سیلوار.



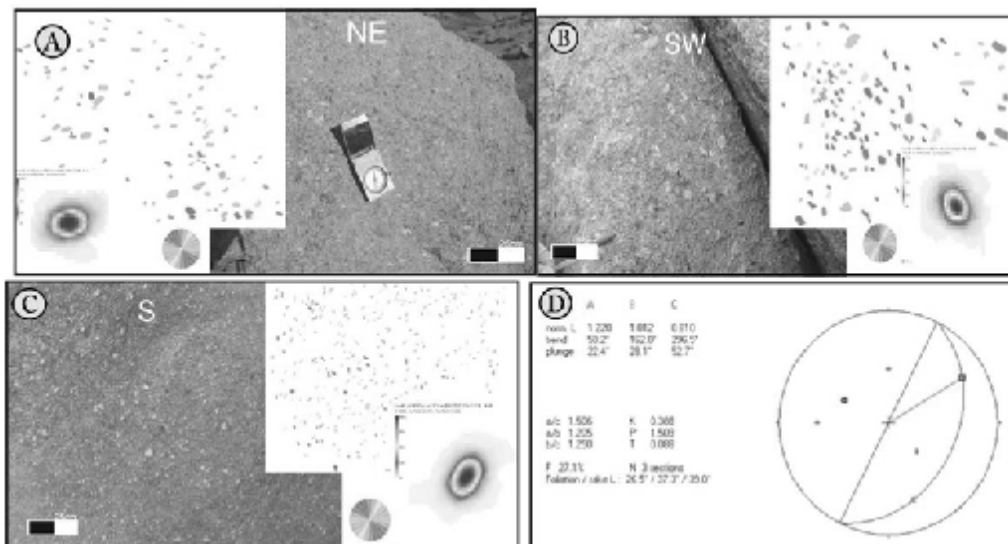
شکل 3: (A) نمودار هم مساحت و رز دیاگرام جهت یابی فلدسپار، (B) نمودار هم مساحت و رز دیاگرام جهت گیری غالب آنکلاوها (C) نمودار هم مساحت و رز دیاگرام مربوط به فولیاسیون ماگمایی در منطقه سیلوار



شکل 4: نتایج تعیین SPO در سیلوار (A، B، C) تعیین جهت یابی فلدسپارها از طریق نرم افزار SPO 2003 (D) تعیین جهت یابی و بیضوی واتنش با استفاده از نرم افزار Ellipsoid 2003



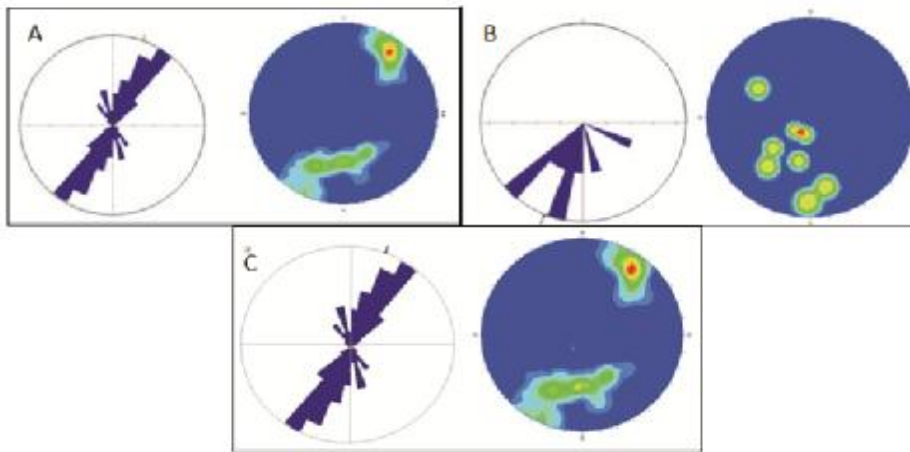
شکل 5: (A) نمودار هم مساحت و رز دیاگرام جهت یابی فلدسپار، (B) نمودار هم مساحت و رز دیاگرام جهت گیری غالب آنکلاو ها (C) نمودار هم مساحت و رز دیاگرام مربوط به فولیاسیون ماگمایی در منطقه سیمین



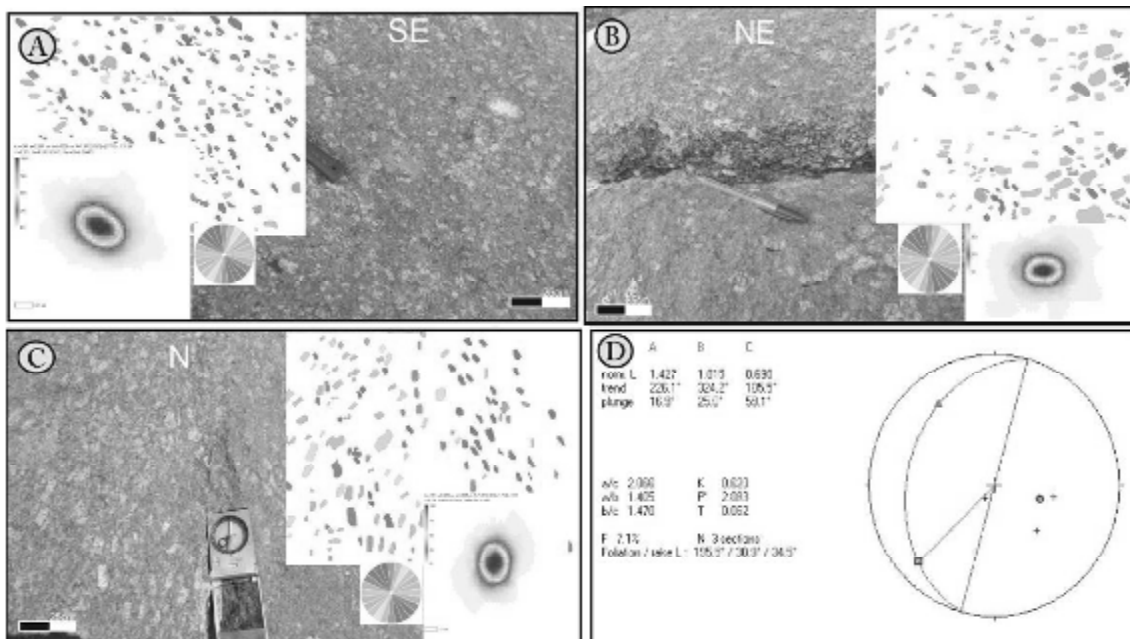
شکل 6: نتایج تعیین SPO در سیمین. A، B، C) تعیین جهت یابی فلدسپارها از طریق نرم افزار SPO 2003 و (D) تعیین جهت-یابی و بیضوی واتنش با استفاده از نرم افزار Ellipsoid 2003



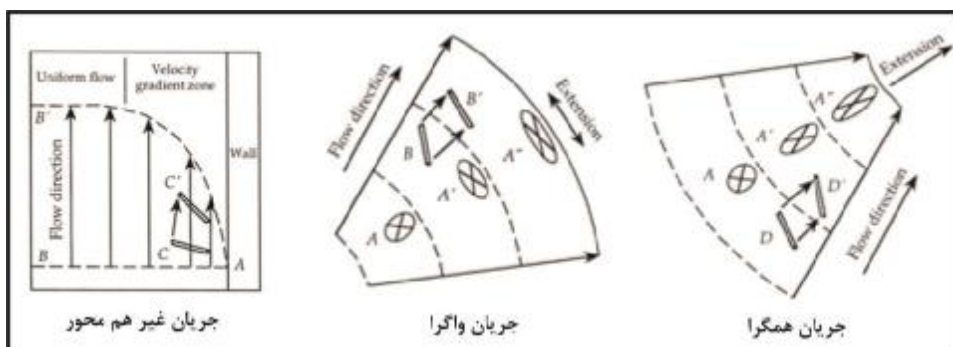
شکل 7: (A) جهت یابی درشت بلورهای فلدسپار پتاسیم و (B) کشیدگی آنکلاوهای میکروگرانیتی



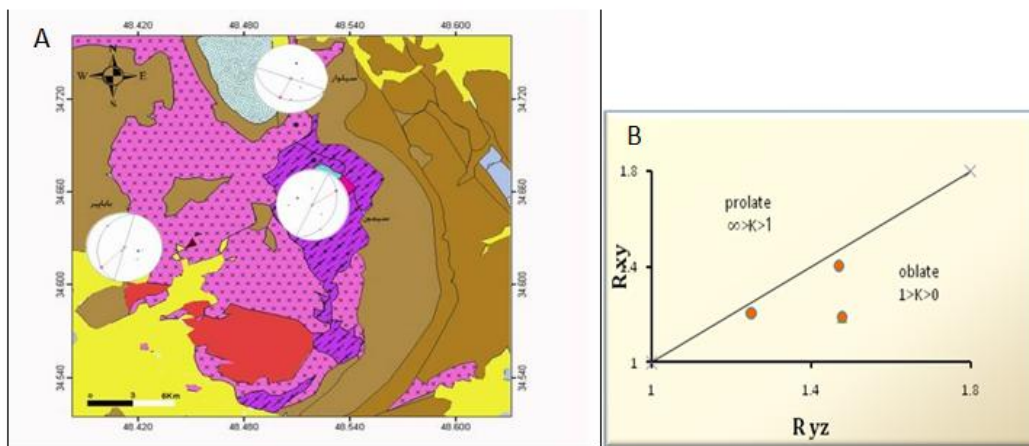
شکل 8: (A) موقعیت نمودار هم مساحت جهت یابی بلورهای فلدسپار (B) موقعیت نمودار هم مساحت جهت یابی انکلاوها (C) نمودار هم مساحت و رز دیاگرام جریان ماگمایی منطقه بابایر



شکل 9: نتایج تعیین SPO در بابایر. (A، B، C) تعیین جهت یابی فلدسپارها از طریق نرم افزار SPO 2003 و (D) تعیین جهت یابی و بیضوی واتنش با استفاده از نرم افزار Ellipsoid 2003



شکل 11: انواع جریان غیر یکنواخت (Paterson et al., 1998)



شکل 11: (A) موقعیت بیضوی واتنش در سه منطقه از بخش جنوبی باتولیت الوند (B) نمودار فیلین بیضوی های به دست آمده.