

# بررسی گرانیتوئید کلاه قاضی با تأکید بر

## دگرگونی مجاورتی آن

نوشته: دکتر موسی نقره‌ئیان\* و سیدمحسن طباطبایی منش\*

### چکیده

توده نفوذی کلامقازی در ۵۰ کیلومتری جنوب- جنوب خاوری اصفهان و در زون ساختمانی سنندج- سیرجان جای دارد. ترکیب این توده نفوذی، گرانیتوئیدی بوده و سه گروه عمده گرانودیوریت، مونزوگرانیت و سینوگرانیت تشکیل دهنده سنگ‌های آن هستند. دیاگرام‌های ژئوشیمیایی و پترولوژی، وجود هم‌خوانی بین سنگ‌های مختلف این توده، ماگمای نوع کالکو آکالین و طبیعت پراکومینه را برای این سنگ‌ها پیشنهاد می‌کنند. در نظر گرفتن شاخص‌های مهمی از جمله، درشت بلورهای فراوانی از انواع آلومینو سیلیکات‌ها (آندالوزیت، سیلیمانیت و دیستن)، طبیعت پراکومینه، آنکلاوهای بسیار برمیکا و وجود بیشتر از ۱٪ کروندوم در نورم بر خاستگاه S-Type این توده دلالت دارد. دیاگرام‌های ژئوشیمیایی و شواهد منطقه‌ای، محیط تکتونیکی (POG) را برای این سنگ‌ها تأیید می‌نماید.

آثار دگرگونی مجاورتی این توده بر شیل‌ها و ماسه سنگ‌های زوراسیک بالایی، تشکیل شیست‌های لکه‌ای با لکه‌هایی از بیوتیت بوده است.

با توجه به شواهد پتروگرافی، چینه‌شناسی و صحرایی سن جای‌گیری این توده زوراسیک بالایی پیشنهاد می‌شود.

### Abstract

The Kolah- Ghazi intrusive body is located about 50 Km south and south east of Esfahan within the Sannandaj- Sirjan structural zone. This granitoid body composed mainly of granodiorite, monzogranite and syenogranite. Geochemical and petrological diagrams show the consanguinity between different rocks of this intrusive body, calc-alkaline type of magma, and peraluminous nature of these rocks.

Important characteristics such as coarse aluminosilicate minerals (andalusite, sillimanite and Kyanite), peraluminous nature of body, surmicaceous enclaves and existence of more than 1% normative corundum suggests the S-Type origin of this intrusive body.

Geochemical diagrams and regional evidences support the (POG) tectonite environment of these rocks. Contact metamorphism effect of this body with Upper- Jurassic shales and sandstones results in the formation of spotted schists with spots of biotite.

On the basis of the petrographical, stratigraphical and field evidences, the emplacement age of this body is upper- Jurassic.

The Study of Kolah- Ghazi granitoid and the effect of contact metamorphism

By: Dr. Moussa Noghreyan \* and Seyed Mohsen Tabatabaeeemaneh \*

۱- مقدمه

۲-۱- زمین شناسی عمومی منطقه

نهبشته‌های مزوزوئیک به طور اساسی تشکیل دهنده پیکره زمین‌شناسی منطقه کلاه‌قازی می‌باشد. رخنمون‌های ژوراسیک در منطقه کلاه‌قازی از ماسه‌سنگ و لای‌سنگ‌هایی تشکیل شده که دارای ستبرای حدود ۵۰۰ تا ۷۰۰ متر می‌باشد. این نهبشته‌ها در برخی نقاط دارای عدسی‌هایی از آهک حاوی مرجان- بریوزوئر، جلبک و دو کفه‌ای می‌باشد.

رسوبات کرتاسه در منطقه کلاه‌قازی دارای ستبرای یکصد و بیست متر و شامل آهک‌های ستبر لایه تا توده‌ای به رنگ خاکستری می‌باشد که بر اساس گزارش سیدامامی و همکاران (۱۹۷۱) ستی معادل بارمین بالایی را دارا هستند. در این منطقه شیل‌های تیره رنگ آپسین زیرین روی آهک‌های اربیتولین‌دار زیرین را می‌پوشاند. این شیل‌ها با میان لایه‌هایی از آهک حاوی سنگواره‌های دو کفه‌ای، اربیتولین و رودیست همراه بوده و ستبرای آن در منطقه کلاه‌قازی حدود ۶۵ متر است. همچنین روی شیل‌های آپسین زیرین را آهک ستبر لایه با ستی معادل آپسین بالایی می‌پوشاند (سیدامامی و همکاران ۱۹۷۱).

در جنوب اصفهان شیل‌های حاوی بورانتی سراس آهک‌های اربیتولین‌دار بالایی را می‌پوشاند و بر روی شیل‌های آلپین به طور ناپیوسته نهبشته‌های آهکی گلوکونیت‌دار قرار گرفته و شیل‌های آهکی گلوکونیت‌دار را آهک‌های اینوسراموس‌دار (Zahedi 1976) با سن تورونین، کونیاسین می‌پوشاند.

۲- سنگ‌شناسی و کانی‌شناسی سنگ‌های آذرین نفوذی کلاه‌قازی

۲-۱- سنگ شناسی

جهت طبقه‌بندی سنگ‌های آذرین درونی در منطقه از سه روش

رشته کوه کلاه‌قازی در فاصله ۲۰ کیلومتری جنوب- جنوب خاوری اصفهان قرار گرفته و تشکیل رشته کوهی به همین نام با راستای شمال باختری- جنوب خاوری را می‌دهد. محل مورد مطالعه موضوع این مقاله در فاصله ۵۰ کیلومتری جنوب خاوری شهر اصفهان و در مختصات عرض شمالی ۳۰، ۳۱، ۳۲ و طول خاوری ۵۱، ۵۲ واقع شده و در میان رشته ارتفاعات کلاه‌قازی بیرون زدگی دارد (شکل ۱).

حالت هورست و گرابنی زون سنندج- سیرجان با دشت‌های فروافتاده و دره‌های گسلی با روند شمال باختری- جنوب خاوری از نمودهای ریخت‌شناسی این منطقه است. تنوع سنگ‌های شیلی و کربناته و عملکرد فرآیندهای ساختمانی به صورت گسلش و چین‌خوردگی، ریخت خاصی را به منطقه تحمیل نموده که می‌توان از پرتگاه‌های بزرگ گسلی و کوآستاهای متعدد نام برد. با توجه به این که توده مذکور را حاصل فعالیت‌های پلوتونیک مزوزوئیک (زاهدی ۱۹۷۶) برشمرده‌اند و تا کنون هیچگونه مطالعه پترولوژی و پتروگرافی ویژه‌ای بر آن انجام نگردیده، سعی شد مطالعات مذکور با تکیه بر سنگ‌شناسی، کانی‌شناسی، ژئوشیمی، پترولوژی، تکوینی و بررسی حالت دگرگونی مجاورتی آن انجام گردد.

۱-۱- روش مطالعه

جهت انجام این مطالعه نزدیک به یکصد مقطع نازک تهیه و از یازده نمونه آن به روش XRF در مرکز تحقیقات نوس آذر وابسته به شرکت ملی فولاد ایران آنالیز کمی از عناصر اصلی و تعدادی از عناصر فرعی به عمل آمد. همچنین سه نمونه جهت مطالعه با میکروسکوپ الکترونی اسکن (SEM) و دو نمونه جهت آنالیز XRD انتخاب گردید.

متداول استفاده گردید که عبارت‌اند از:

طبقه‌بندی مدال - طبقه‌بندی نرماتیو و طبقه‌بندی شیمیایی

در طبقه‌بندی مدال پس از شمارش کانی‌ها از دیاگرام LeMaitre et al. (1989) و اشتریک‌ایزن و در طبقه‌بندی نرماتیو از رده‌بندی O'Connor (1965) و در تقسیم‌بندی‌های شیمیایی از روش Middlemost (1985) و Cox et al. (1979) استفاده شده است.

### ۲-۱-۱ - طبقه‌بندی مدال

در این رده‌بندی تمام سنگ‌های گستره مورد بررسی در بخش QAP دیاگرام اشتریک‌ایزن قرار گرفته و همگی دارای کانی مافیک M (بیوتیت) کمتر از ۱۰٪ می‌باشند (Le Maitre et al (1989) با استفاده از درصد آنورتیت پلاژیوکلاز نرماتیو و یا ایجاد ضریب مناسب از داده‌های P, A, Q نرماتیو بر روی دیاگرام مدال اشتریک‌ایزن استفاده نمود که این روش هماهنگی کاملی را با داده‌های مدال نشان می‌دهد همانطور که در شکل ۲ مشخص شده است، سنگ‌های این منطقه سه محدوده سینوگرانیت، مونزوگرانیت (Intermediate Granite) و گرانودیوریت را اشغال می‌کنند.

### ۲-۱-۲ - طبقه‌بندی نرماتیو

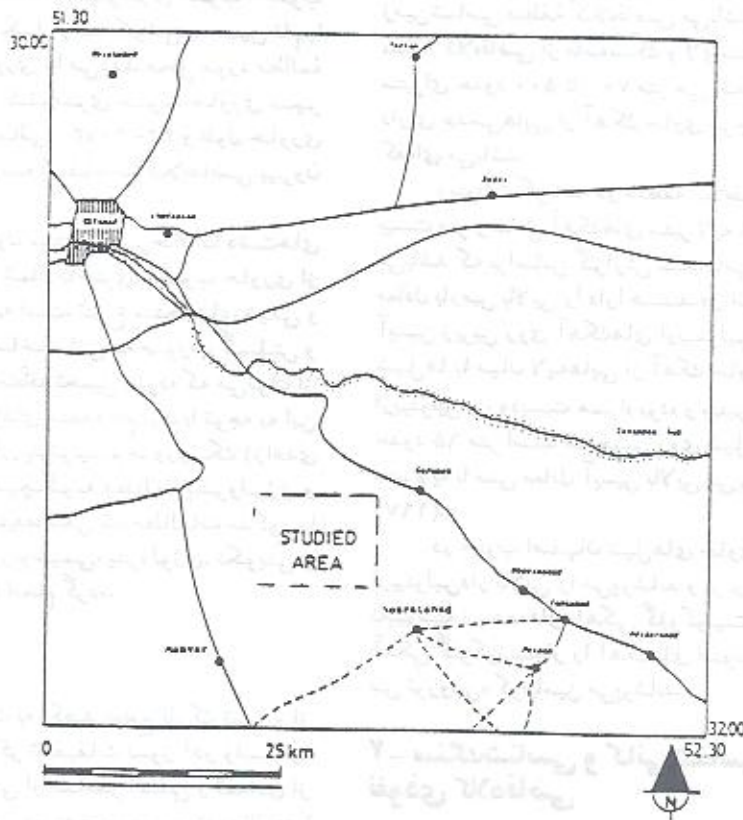
در این طبقه‌بندی از روش O'conner (1965) ، Barker (1979) و Abdel Rahman (1990) و با استفاده از دیاگرام مثلثی Ab- An- Or برای سنگ‌هایی که بیش از ۱۰٪ کوارتز نرماتیو دارند استفاده می‌گردد. سنگ‌های مورد نظر به‌جز یک مورد در محدوده‌های گرانیت، گرانودیوریت و کوارتز مونزونیت قرار می‌گیرند (شکل ۳).

### ۲-۱-۳ - طبقه‌بندی شیمیایی

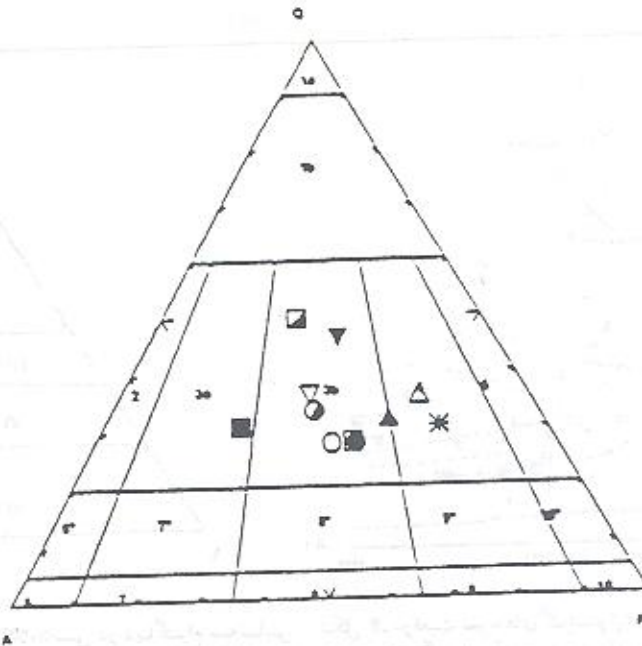
جهت انجام طبقه‌بندی سنگ‌ها براساس درصد وزنی عناصر اصلی و یا نسبت‌های کاتیونی آن‌ها از سه متد دیاگرام‌های R1- R2 دولاروش دیاگرام پیشنهادی Cox et al. (1979) و دیاگرام پیشنهادی Middlemost (1985) استفاده می‌گردد. در دیاگرام R1-R2 دولاروش مقادیر R1، R2 براساس نسبت‌های کاتیونی به شرح ذیل محاسبه می‌گردد.

$$R1 = 4Si - 11 (Na + k) - 2 (Fe + Ti)$$

$$R2 = 6Ca + 2Mg + AL$$



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه کلامقازی و راه‌های ارتباطی آن.



شکل ۲- موقعیت قرارگیری سنگ‌های آذرین درونی کلاهماضی در دیاگرام مدال QAPF لیبس و استریکازن (۱۹۹۱).  
 علانم

- ▼ 8 محدوده‌ها: کوارتزولیت (سیلکسیت) lb گرانیتوئید غنی از کوارتز 2:
- 32 آلکالی فلدسپات گرانیت 3a: سینوگرانیت: 3b مونزوگرانیت 4:
- ▽ 13 گرانودیوریت 5: تونالیت \* 6 کوارتز آلکالی فلدسپات سینیت: \* 7:
- 33 کوارتز سینیت \* 8: کوارتز مونزونیت \* 9: کوارتز مونزوودیوریت یا کوارتز
- ▲ 44 مونزوگابرو. \* 10: کوارتز دیوریت کوارتز گابرو. کوارتز آنورتوزیت 6: آلکالی
- 5 فلدسپات سینیت 7: سینیت 8: مونزونیت 9: مونزوودیوریت یا مونزوگابرو.
- 26 10: دیوریت گابرو. آنورتوزیت
- ▲ 97
- 3
- 2G

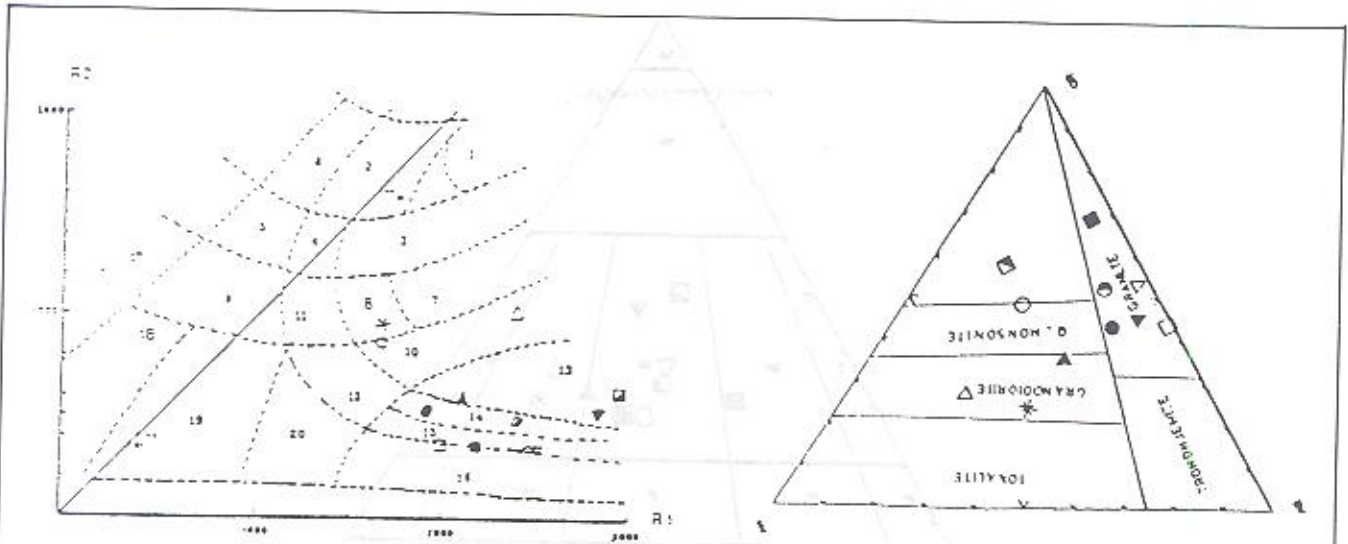
شیمیایی و مدال تفاوت‌هایی حاصل می‌گردد و چنانچه Middlemost (1985) معتقد است چنانچه در تقسیم‌بندی‌هایی مدال سنگ‌های گرانیتوئیدی کانی‌های مافیک (M) بین ۹۰-۰ تغییر نمایند همگی این سنگ‌ها گرانیت هستند ولی این تعریف می‌تواند از تعریف شیمیایی ساده گرانیت خیلی منحرف شود.  
 در منطقه کلاهماضی گرانودیوریت‌ها و مونزوگرانیت‌ها بیشترین حجم را دارا بوده و سینوگرانیت‌ها در وسعت کمتری گسترش دارند. توده‌ها و رگه‌های آپلتی کم و بیش زیادی توده اصلی گرانیتوئیدی را قطع می‌نماید که این توده‌ها و رگه‌ها ترکیب سینوگرانیتی از خود نشان می‌دهند.

۲-۲- کانی‌شناسی گرانیتوئیدها

کانی‌های اصلی گرانیتوئیدها را کوارتزهای گزنومورف با بافت غربالی، پلاژیوکلازهای اتومورف تا ساب اتومورف و گاهی دارای ساخت منطقه‌ای، فلدسپات‌های آلکالن و در بعضی موارد بیوتیت تشکیل می‌دهند.

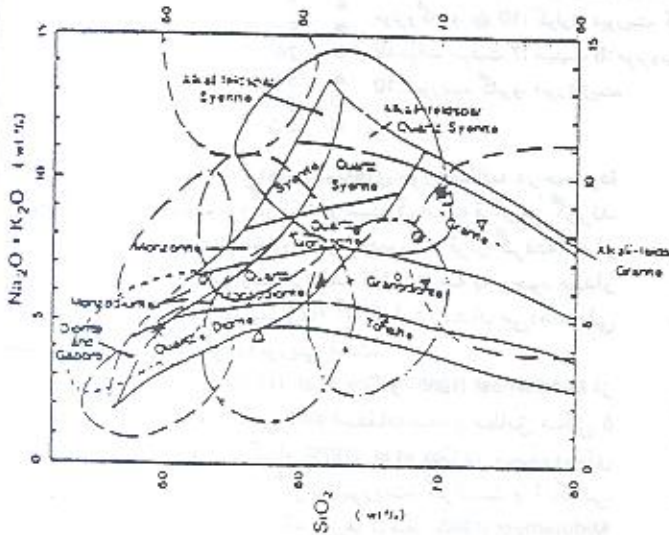
همان‌طور که شکل ۴ نشان می‌دهد، نمونه‌های مورد مطالعه در محدوده تونالیت، گرانودیوریت، مونزوگرانیت و سینوگرانیت قرار می‌گیرند در این دیاگرام یک نمونه در محدوده مونزوودیوریت قرار گرفته که از گزنولیت‌های سرشار از بیوتیت می‌باشد لذا با توجه به وجود مقدار نسبتاً زیاد کانی مافیک (بیوتیت) R2 آن افزایش نشان می‌دهد، ولی ترکیب اصلی این سنگ گرانودیوریتی است.

در طبقه‌بندی (1979) Cox et al. و Middlemost (1985) از پارامتر  $(Na_2O + K_2O)/NK$  در مقابل  $SiO_2$  استفاده شده و مطابق شکل ۵ نمونه‌های مورد مطالعه در دیاگرام Cox et al. (1979) در محدوده‌های گابرو، دیوریت، سینودیوریت، گرانودیوریت، گرانیت و آلکالی گرانیت قرار گرفته و در شکل ۶ که مرزها توسط Middlemost (1985) ترسیم شده نمونه‌های مورد مطالعه در محدوده گرانیت، گرانودیوریت، مونزوودیوریت، کوارتز مونزوودیوریت، دیوریت و گابرو قرار می‌گیرد. شایان ذکر است که با توجه به این که در تقسیم‌بندی‌های شیمیایی، شیمی کل سنگ جهت جدایش انواع سنگ‌ها مدنظر قرار می‌گیرد، لذا در سنگ‌های گرانیتوئیدی که میزان کانی مافیک آن (بیوتیت) فراوان است در انطباق نتایج حاصل از تقسیم‌بندی‌های



شکل ۳- قرارگیری نمونه‌های گرانیتوئیدی کلاه‌قازی در دیاگرام سه‌نمایی Abdol Rahman 1995, Barker 1979, An- Ab- Or (1965) O'Connor (علائم شبیه شکل ۲).

شکل ۴- موقعیت نمونه‌های گرانیتوئیدی کلاه‌قازی در دیاگرام R1-R2 برای طبقه‌بندی سنگ‌های آذرین درونی (دولاروش و همکاران ۱۹۸۰). (علائم شبیه شکل ۲).  
محدوده‌ها  
۱- گابرونوریت ۲- البون گابرو ۳- گابرو ۴- مونزوگابرو ۵- سینوگابرو ۶- آلکالی گابرو ۷- دیوریت ۸- مونزودیوریت ۹- سینودیوریت ۱۰- تونالیت ۱۱- مونزونیت ۱۲- کوارتز مونزونیت ۱۳- گرانودیوریت ۱۴- مونزوگرانیت ۱۵- یینوگرانیت ۱۶- آلکالی گرانیت ۱۷- اسکیت ۱۸- نقلین سینت ۱۹- سینیت ۲۰- کوارتز سینیت.



شکل ۵- دیاگرام  $Na_2O + K_2O$  در مقابل  $SiO_2$  برای تقسیم‌بندی انواع سنگ‌های آذرین درونی (Cox et al. 1979) و موقعیت قرارگیری نمونه‌های کلاه‌قازی بر روی این دیاگرام (علائم شبیه شکل ۲).

شکل ۶- دیاگرام  $Na_2O + K_2O$  در مقابل  $SiO_2$  برای تقسیم‌بندی انواع سنگ‌های آذرین درونی (Middlemost 1985) و موقعیت قرارگیری نمونه‌های کلاه‌قازی بر روی این دیاگرام (علائم شبیه شکل ۲).



شکل ۷- تصویر میکروسکوپی از کانی آپاتیت در یک نمونه از گرانودیوریت های کلاهقاسی بدون آنالیزور (X ۲۵).

در تمام پیک‌های گرفته شده، یک پیک مربوطه به (Au) وجود دارد که به دلیل پوشش مصنوعی طلا بر سطح نمونه جهت آزمایش می‌باشد. شکل ۱۲ تصویر SEM یک فنوکریست در سینئوگرانیت‌های کلاهقاسی است که دو بخش مرکزی و حاشیه‌ای آن بوضوح قابل تشخیص است. شکل ۱۳ آنالیز نقطه‌ای بخش مرکزی بلور را نشان می‌دهد. ترکیب کلی این بخش از بلور را سیلیسیم و آلومینیم تشکیل می‌دهد، که با آنچه از مطالعات میکروسکوپی به دست آمده کاملاً منطبق می‌باشد. شکل ۱۴ بخش بیرونی کریستال مذکور را با بزرگ‌نمایی هزار برابر نشان می‌دهد. این بخش از پولک‌های ریز سفیدرنگی تشکیل شده که نتایج آنالیز نقطه‌ای آن در شکل ۱۵ نشان داده شده و در این شکل پیک‌های اصلی ترکیب شیمیایی را آلومینیم، سیلیسیم، پتاسیم و آهن تشکیل داده که نتایج آن با مطالعات میکروسکوپی که وجود پولک‌های ریز سرسیت حاصل از تجزیه آلومینو سیلیکات را بیان می‌کند کاملاً منطبق است. نتایج حاصل از SEM در همه درشت بلورهایی که با مطالعات میکروسکوپی پلی‌مورف‌های آندالوزیت، کیانیت و سیلیمانیت را خود نشان می‌دهند با ترکیب  $Si_2Al$  می‌باشد که کاملاً با یکدیگر هماهنگی نشان می‌دهد.

بیوتیت در سینوگرانیت‌ها به مقدار حداقل و در گرانودیوریت‌ها به میزان حداکثر وجود دارد و در بعضی از گرانودیوریت‌ها تا حداکثر ۲۰٪ مدال سنگ را تشکیل می‌دهد. بیوتیت در این سنگ‌ها به‌طور عموم در حال تجزیه به کلریت از نوع پنین می‌باشند. در گرانیتوئیدهای کلاهقاسی کانی‌های فرعی از قبیل زیرکن با هاله پلئوکروئیک، آپاتیت (شکل ۷)، ایلمنیت (شکل ۸) با ساختمان اسکلتی، گروناهای خرد شده (شکل ۹) و از جمله درشت بلورهایی از آندالوزیت، کیانیت، سیلیمانیت (شکل ۱۰) با حاشیه سیاه رنگ وجود دارد. حاشیه سیاه رنگ این درشت بلورها را سرسیت و اسپنیل از نوع هرسی نیت تشکیل داده است (شکل ۱۱).

جهت آگاهی هرچه بهتر نسبت به ترکیب شیمیایی کانی‌هایی که به صورت درشت بلور در گرانیتوئیدهای کلاهقاسی وجود دارند و گاهی ویژگی‌های نوری غیرعادی از خودشان می‌دهند و همچنین ترکیب کانی‌شناسی حاشیه تیره آنها و ترکیب گروناها اقدام به چند نمونه آنالیز نقطه‌ای توسط میکروسکوپ الکترونی اسکن (SEM) بر روی آنها گردید. آنالیز این نمونه‌ها به صورت نقطه‌ای و فقط از لحاظ کیفی انجام گرفت.



شکل ۸- تصویر میکروسکوپی از کانی ایلمنیت در گرانیتوئیدهای کلاهقاسی، بدون آنالیزور (X۲۵).



شکل ۹- بلورهای بدون شکل و خردشده گرونا در گرانیتوئیدهای کلاهقاسی، بدون آنالیزور (X۱۰۰).



شکل ۱۰- تصویر میکروسکوپی از کانی دیتن نیزه‌ای در ممتنی از سیلیمانیت منشور بدون آنالیزور (x100).

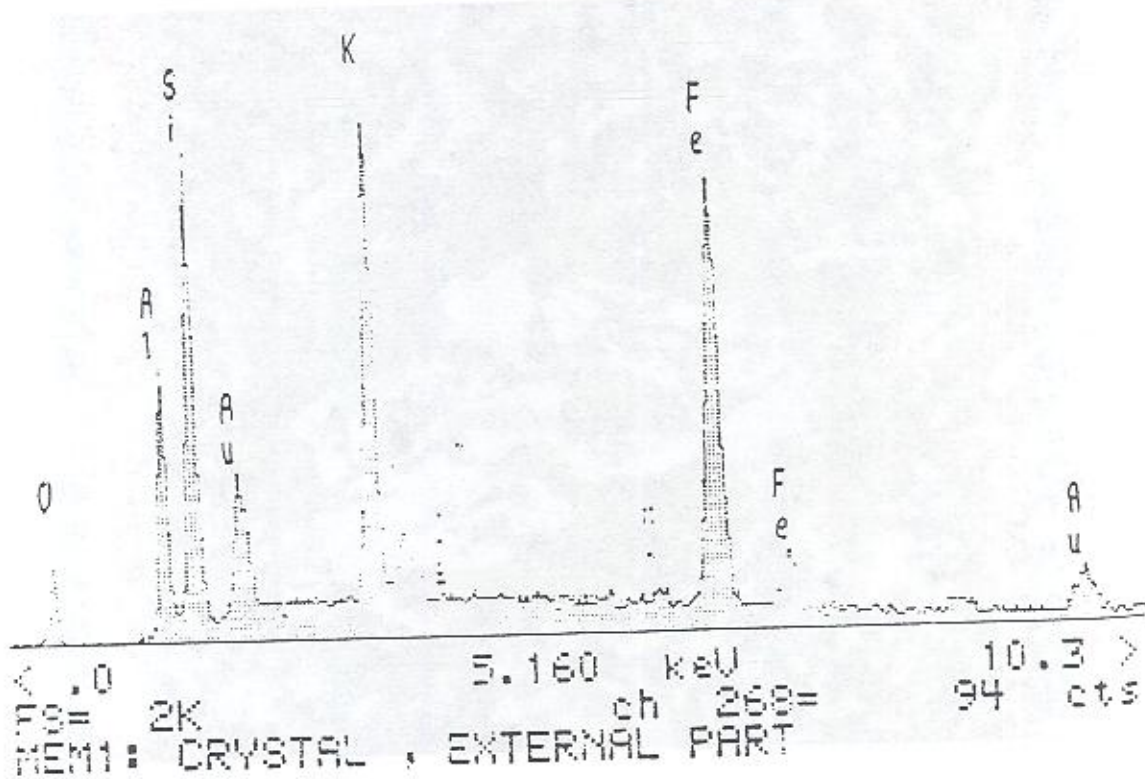


شکل ۱۱- رشد اسپینل‌های ثانویه در اطراف یک فنوکرسیت آلومینوسیلیکاته بدون آنالیزور (x25).





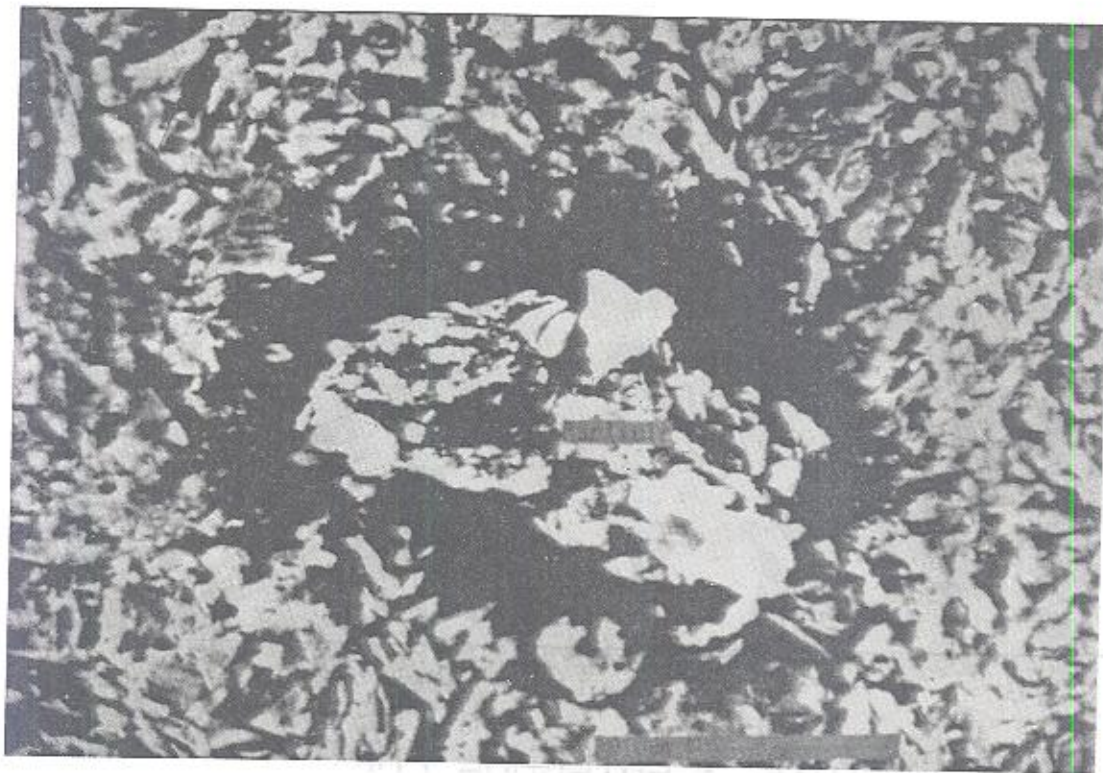
شکل ۱۴- تصویر SEM از بخش خارجی یک فنوکریست در سینیوگرانیت‌ها که نشان‌دهنده پولک‌های بسیار ریز می‌باشد (بزرگنمایی ۱۵x).



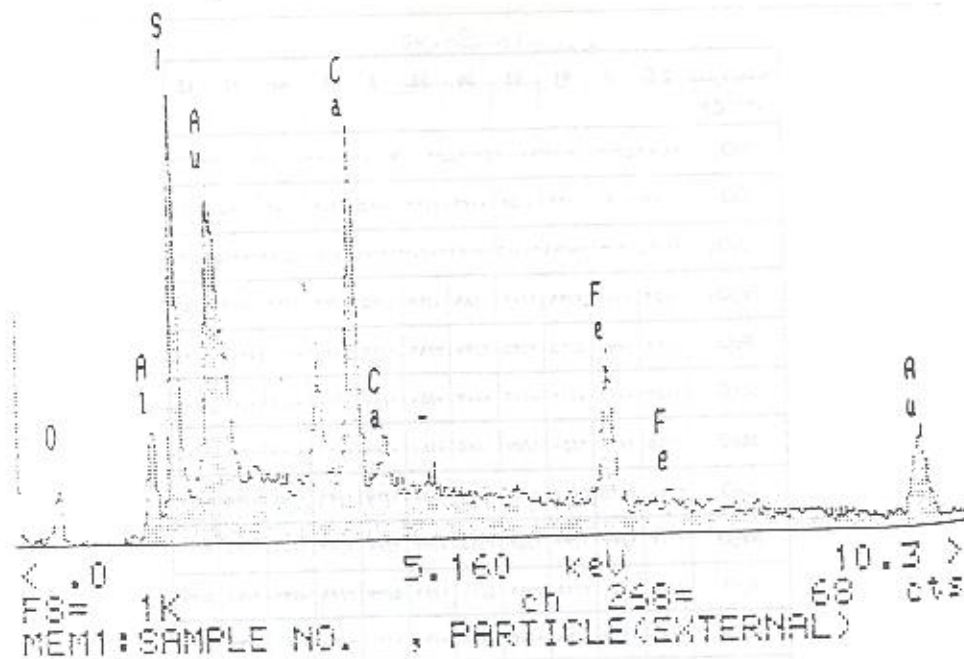
شکل ۱۵- نمودار آنالیز نقطه‌ای پولک‌های بخش خارجی فنوکریست‌های آلومینوسیلیکاته در سینیوگرانیت‌های کلافاضی (پیک AU مصنوعی است).

و به طور عموم در حال تبدیل به بیوتیت، کلریت و یا کاردیریت می‌باشند.  
 امروزه در ارتباط با وجود آلومینوسیلیکات‌ها از جمله آندالوزیت، سیلیمانیت، دیستن و گروناها در سنگ‌های گرانیتوئیدی نظریات متفاوتی ابراز شده است از جمله:  
 (1987) Middlemost این بلورها را به عنوان بیگانه بلور قلمداد کرده و وجود آن‌ها را نشانه ذوب بخشی سنگ‌های پوسته‌ای در نظر می‌گیرد.  
 (1983) Friend حضور گرونا در سنگ‌های گرانیتوئیدی را به منشأ رسوبی دگرگون شده سرشار از آلومین نسبت می‌دهد.  
 (1993) Pitcher وجود آلومینو سیلیکات‌ها از جمله سیلیمانیت در گرانیتوئیدها را به عنوان رستیت قلمداد می‌کند.  
 در هر حال وجود این بیگانه بلورها در سنگ‌های گرانیتوئیدی کلاه‌قازی می‌تواند دلیل قاطعی در ارتباط با ذوب رسوبات پوسته‌ای دگرگون شده و تائیدی بر (S-Type) بودن این توده باشد.

شکل ۱۶ تصویر SEM یک نمونه از گروناهای موجود در مونزوگرانیت‌های کلاه‌قازی را نشان می‌دهد همان‌طور که از شکل مشخص است، این کانی بی‌شکل بوده و به شدت خرد شده می‌باشد. نتایج آنالیز نقطه‌ای بر روی این کانی نشان دهنده پیک‌های اصلی Si، Fe، Ca، Al، در ساختمان آن است که این ترکیب بیانگر گرونا از انواع آهن و کلسیم‌دار می‌باشد (شکل ۱۷).  
 در هر حال آنچه از بررسی این کانی‌ها به دست می‌آید این است که وجود کانی‌هایی همچون کیانیت و سیلیمانیت (شکل ۱۰) در کنار پیکدیگر مطابق دیاگرام Richardson et al. (1969) شرایط حرارت و فشار متفاوتی را در تشکیل آن‌ها ارائه می‌نماید. رشد اسپینل از نوع هرسی‌نیت و همچنین وجود پولک‌های ریز سرسیت در اطراف این آلومینوسیلیکات‌ها نشان دهنده انجام واکنش زیر می‌باشد:  
 آب + سکویت + اسپینل → بیوتیت + آندالوزیت (سیلیمانیت، کیانیت) + کوارتز  
 گارت‌های موجود در این سنگ‌ها به شدت خرد شده، و تجزیه شده‌اند



شکل ۱۶- تصویر SEM از یک گرونا در مونزوگرانیت‌های کلاه‌قازی (بزرگمایی ۱۰۰۰x)



شکل ۱۷- نمودار آنالیز نقطه‌ای بر گرونیای مورد بحث در شکل ۱۶ (پیک AU مصنوعی است).

### ۳-۱- جایگاه سنگ‌های نفوذی کلاه‌قازی از دیدگاه میزان آلومین

هایندمن (۱۹۸۵) سنگ‌های آذرین را از لحاظ درجه اشباع آلومین با توجه به مقادیر مولکولی  $K_2O$ ,  $Na_2O$ ,  $CaO$ ,  $Al_2O_3$  به چهار گروه پر آلومین  $A > NK$ ، متا آلومین  $CN > A > NK$ ، ساب آلومین  $A = NK$  و پر آلکالن  $A < NK$  تقسیم‌بندی می‌نماید. سنگ‌های منطقه کلاه‌قازی همگی دارای نسبت  $A > CNK$  بوده و در رده پر آلومین قرار می‌گیرند. همچنین قرارگیری نمونه‌های موردنظر در دیاگرام‌های (شکل ۲۳) Abdel Rahman (۱۹۶۰) و (شکل ۲۲) Maniar and Piccoli (۱۹۸۹) محدودهای پر آلومین را اشغال می‌نماید.

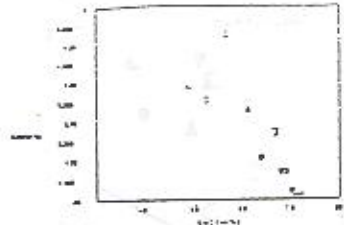
### ۳-۲- خاستگاه گرانیتوئیدهای کلاه‌قازی

امروزه تقسیم‌بندی‌های مختلفی بر روی سنگ‌های گرانیتی به عمل آمده و از دیدگاه ژنتیکی تقسیم‌بندی گرانیتوئیدها به انواع S-Type، I-Type عنوان گردید (Chappel and White 1992). Ishihara (1977) گرانیتوئیدها را براساس ماهیت آنکلاوها به دو گروه M,C تقسیم‌بندی نموده و تقسیم‌بندی‌های دیگری نیز تا به امروز وجود دارد که هر کدام به نحوی با انواع S,I مطابقت دارند. جهت تمایز گرانیتوئیدهای نوع S معیارهای مختلفی ارائه شده که تطابق این معیارها با ویژگی‌های توده نفوذی کلاه‌قازی بیانگر S-Type بودن (سری ایلمنیت) این توده است. این ویژگی‌ها عبارت‌اند از:

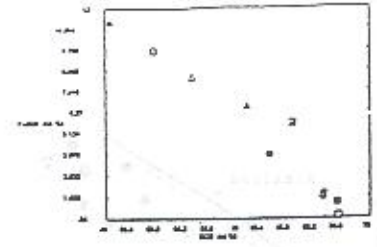
### ۳- ژئوشیمی، پترولوژی و وزن گرانیتوئیدهای کلاه‌قازی

جهت بررسی و مطالعه ژئوشیمی عناصر اصلی و فرعی و همچنین نوع ماگمای سازنده توده نفوذی کلاه‌قازی از یازده نمونه سنگ‌های نفوذی منطقه آنالیز کمی عناصر به عمل آمد (جدول ۱). برای مشخص شدن هم‌خوانی بین سنگ‌های مختلف این توده نفوذی از دیاگرام‌های معروفی که در این زمینه وجود دارند از جمله دیاگرام‌های هارکر (شکل ۱۸) و دیاگرام تغییرات عناصر اصلی در مقابل اندیس تفریق تورنتن تاتل (۱۹۶۰) و دیاگرام تغییرات تعدادی از عناصر اصلی در مقابل عناصر کمیاب استفاده گردیده که جهت اختصار از ارائه دیاگرام‌های اندیس تفریق خودداری می‌نماییم. نحوه قرارگیری این نمونه‌ها بر روی خطوط پیوسته بیانگر وجود هم‌خوانی بین سنگ‌های مختلف و تشکیل شدن آنها از یک ماگمای مادر می‌باشد. جهت تشخیص نوع ماگمای سازنده سنگ‌های نفوذی کلاه‌قازی از دیاگرام‌های مختلفی از جمله، دیاگرام تغییرات آلکالینیتی Wright (1969) (شکل ۱۹)، دیاگرام مجموع آلکالن در مقابل  $SiO_2$  Irvin and Baragar (1971) (شکل ۲۰) و دیاگرام تغییرات درصد کوارتز نرماتیو در مقابل درصد (آنورتیت + ارتوز) آنورتیت نرماتیو Lind (1984) (شکل ۲۱) استفاده شده است. علاوه بر این که معیارهای کانی‌شناسی بیانگر وجود یک ماگمای ساب آلکالن (کالکو آلکالن) را تایید می‌نماید، نمونه‌های موردنظر در دیاگرام‌های یاد شده محدوده‌های ساب آلکالن و کالکو آلکالن را اشغال می‌نمایند.

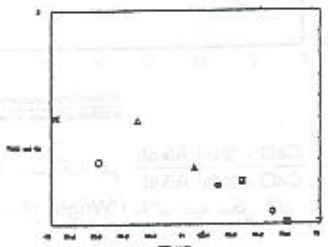




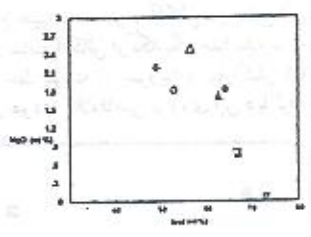
رابطه میان کلسیم اکسید و سیلیسیم دی‌اکسید در سنگ‌های آذرین منطقه کوه زمین



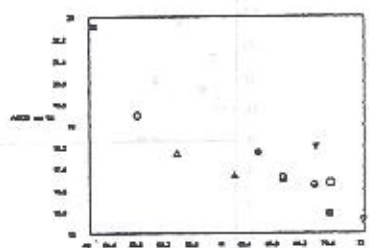
رابطه میان کلسیم اکسید و سدیم اکسید در سنگ‌های آذرین منطقه کوه زمین



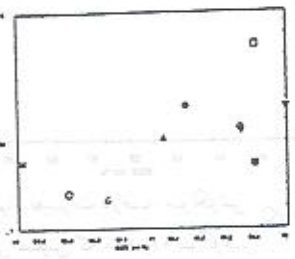
رابطه میان کلسیم اکسید و پتاسیم اکسید در سنگ‌های آذرین منطقه کوه زمین



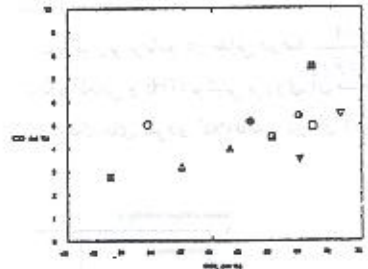
رابطه میان کلسیم اکسید و منگنز اکسید در سنگ‌های آذرین منطقه کوه زمین



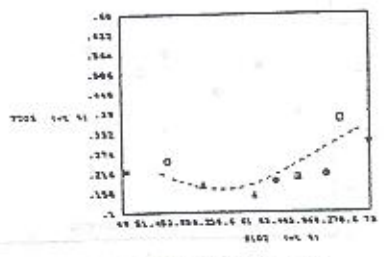
رابطه میان کلسیم اکسید و آهن اکسید در سنگ‌های آذرین منطقه کوه زمین



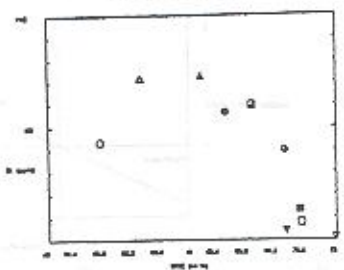
رابطه میان کلسیم اکسید و تیتانیوم دی‌اکسید در سنگ‌های آذرین منطقه کوه زمین



رابطه میان کلسیم اکسید و منگنز دی‌اکسید در سنگ‌های آذرین منطقه کوه زمین

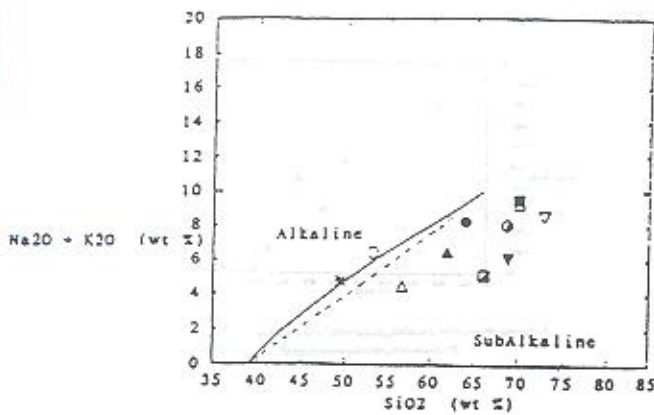


رابطه میان کلسیم اکسید و فسفر پنتا‌اکسید در سنگ‌های آذرین منطقه کوه زمین

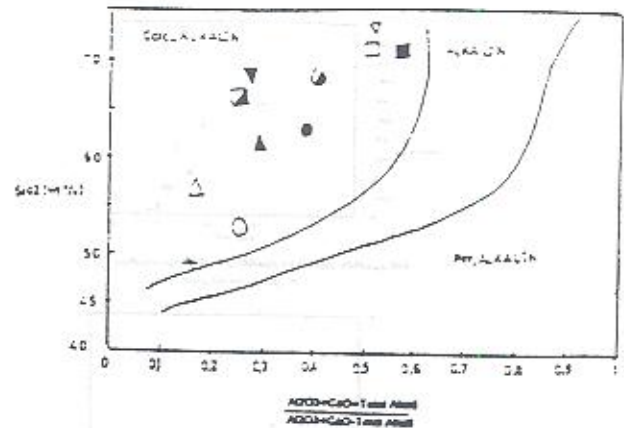


رابطه میان کلسیم اکسید و سولفوریک اسید در سنگ‌های آذرین منطقه کوه زمین

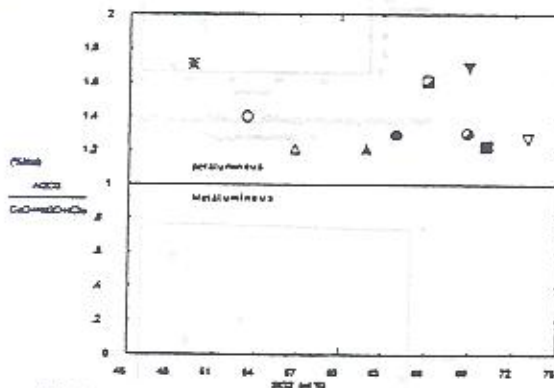
شکل ۱۸- دیاگرام تغییر عناصر اصلی در مقابل SiO2



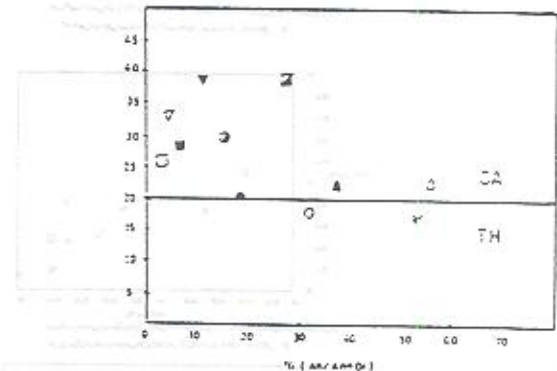
شکل ۲۰- دیاگرام تغییرات مجموع آلکان در مقابل اکسید سیلیسیم که در آن دو محدوده آلکان و ساب آلکان از یکدیگر جدا شده‌اند (خط مقطع از مکت دونالد و کاتسورا ۱۹۶۲- خط بیسته از ایروین و بارانگار ۱۹۷۱) و محل قرارگیری سنگ‌های آذرین نفوذی کلاه‌قاسی بر روی این دیاگرام (علائم شبیه شکل ۲).



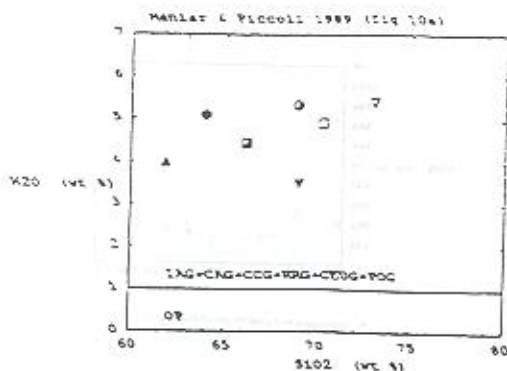
شکل ۱۹- دیاگرام تغییرات لگاریتم  $\frac{Al_2O_3 + CaO - total\ Alkali}{Al_2O_3 + CaO - total\ Alkali}$  در مقابل درصد وزنی سیلیس (Wright 1969) (علائم شبیه شکل ۲).



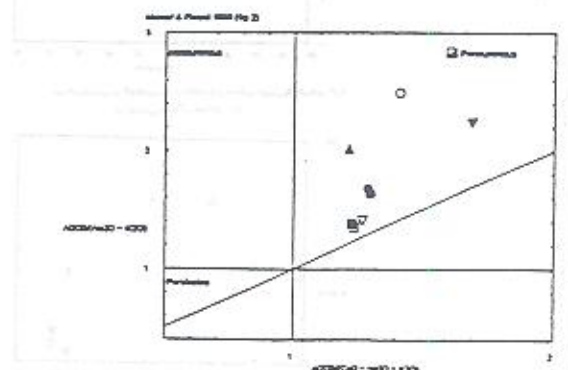
شکل ۲۲- دیاگرام تغییرات درصد مولکولی  $\frac{Al_2O_3}{CaO + Na_2O + K_2O}$  در مقابل درصد وزنی سیلیس که محدوده پراآلمین را از متاآلمین جدا می‌کند (Abdol Rahman 1995).



شکل ۲۱- دیاگرام تغییرات درصد کوارتز نرمانیو در مقابل درصد (آنورتیت) ارنور- آنورتیت برمانیو که دو محدوده (CA) کالکو آلکان و (TH) تولینی بر روی آن مشخص است (لنید ۱۹۸۴) و محل قرارگیری سنگ‌های نفوذی کلاه‌قاسی در آن (علائم شبیه شکل ۲).



شکل ۲۴- دیاگرام تغییرات K2O در مقابل SiO2 که محدوده گرانیتوئیدهای OP را از دیگر انواع گرانیتوئیدی مجزا می‌کند (Maniar and Piccoli 1989) و موقعیت قرارگیری گرانیتوئیدهای کلاه‌قاسی بر روی آن (علائم شبیه شکل ۲).



شکل ۲۳- محل قرارگیری سنگ‌های گرانیتوئیدی کلاه‌قاسی در دیاگرام  $\frac{A}{NK}$  در مقابل  $\frac{A}{CNK}$  (Maniar and Piccoli 1989).

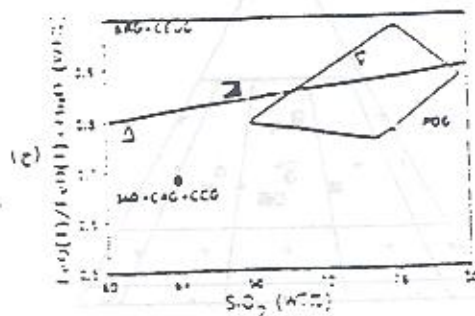
- ۲- گرانیتوئیدهای قوس قاره‌ای (CAG)
- ۳- گرانیتوئیدهای برخورد قاره‌ای (CCG)
- ۴- گرانیتوئیدهای پس از کوه‌زایی (POG)
- ۵- گرانیتوئیدهای مرتبط با ریف‌ت (RRG)
- ۶- گرانیتوئیدهای بالا آمدگی خشکی زایی قاره‌ای (CEUG)
- ۷- پلاژیو گرانیت‌های اقیانوسی (OP)

بر پایه دیاگرام‌های شکل ۲۹-۲۴ سنگ‌های گرانیتوئیدی منطقه از لحاظ ترکیب کانی‌شناسی و طبیعت پر آلومین در محدوده گرانیتوئیدهای پس از کوه‌زایی یا (POG) قرار می‌گیرند. رخنمون توده نفوذی کلاه‌قازی بیانگر بیرون‌زدگی این توده از بین سنگ‌های شیلی ژوراسیک می‌باشد که آثار آن به صورت دگرگونی مجاورتی بر روی این سنگ‌ها مشهود است. از سوی دیگر قرارگیری قطعاتی از سنگ‌های گرانیتوئیدی در کنگلومرای قاعده کرتاسه نشانه عدم تأثیر حرارتی این توده بر روی رسوبات کرتاسه می‌باشد. نتایج سن‌یابی به روش پرتوسنجی که به تازگی بر روی این توده به عمل آمده سن  $22 \pm 643$  میلیون سال (گفتگوی شفاهی با دکتر هوشمندزاده) را به روش سن سنجی اورانیوم-سرب بر روی زیرکن‌ها نشان می‌دهد. ولی این سن با آنچه از لحاظ جینه‌شناسی و موقعیت قرارگیری این توده نسبت به سنگ‌های دربرگیرنده نشان می‌دهد، تفاوت آشکاری دارد. از دیدگاه شواهد لیتولوژیکی و زمین‌شناسی از جمله قرارگیری زئولیت‌های بزرگی از سنگ‌های شیلی ژوراسیک در داخل این توده (شکل ۳۰) زمان جای‌گیری این گرانیتوئیدها به حداکثر ژوراسیک بالایی ختم می‌شود، لذا با در نظر گرفتن تنوری‌های فوق و این که فاز کوه‌زایی کیمبرین پسین در منطقه عمل نموده و چنانچه عملکرد این فاز به صورت فشارشی باشد، چنین می‌توان پنداشت که قرارگیری گرانیتوئیدهای کلاه‌قازی در محدوده (POG) منطقی است.

- ۱- قرارگیری این توده در نوار دگرگونی سندج-سیرجان
- ۲- واقع شدن اکثر سنگ‌ها در محدوده مونزوگرنایت و گرانودیوریت
- ۳- عدم وجود هورنبلند
- ۴- عدم وجود اسفن اولیه
- ۵- تنوع کانی‌های آلومینوسیلیکات نظیر آندالوزیت، سیلیمانیت، کیانیت و همچنین وجود گارنت
- ۶- حضور آنکلاوهای بسیار پرمیکا با بیوتیت فراوان و عدم وجود آنکلاوهای بازیک
- ۷- نسبت مولی  $Al_2O_3/CaO + Na_2O + K_2O$  بیشتر از ۱/۱ در تمامی نمونه‌ها
- ۸- درصد وزنی  $Na_2O$  کمتر از ۳/۲ در سنگ‌هایی که دارای ۵٪ وزنی  $K_2O$  هستند
- ۹- نسبت متوسط  $Fe_2O_3/FeO$  در تعدادی از سنگ‌ها برابر ۴٪ می‌باشد (هوازگی در افزایش این پارامتر اثر داشته است).
- ۱۰- مقدار عناصر کمیاب و اصلی در سنگ‌های دارای ۶۶٪ وزنی  $SiO_2$  به طور متوسط عبارت‌اند از:  
 $CaO$  3.7% Wt و حدوداً برابر ۱/۷۷ درصد وزنی  
 $Cr$  45 و حدوداً برابر 204 PPM
- ۱۱- ساخته شدن بیشتر از ۱٪ کروندوم در نورم تمامی نمونه‌ها
- ۱۲- وجود مسکویت اولیه
- ۱۳- اکسید آهن بیشتر به صورت ایلمینت است.

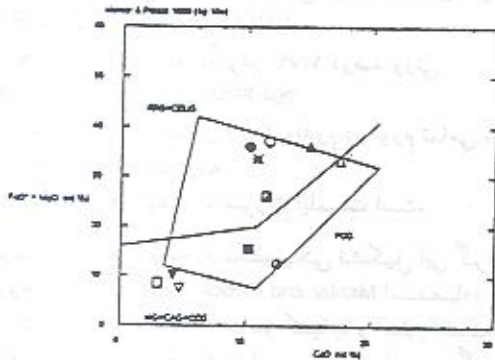
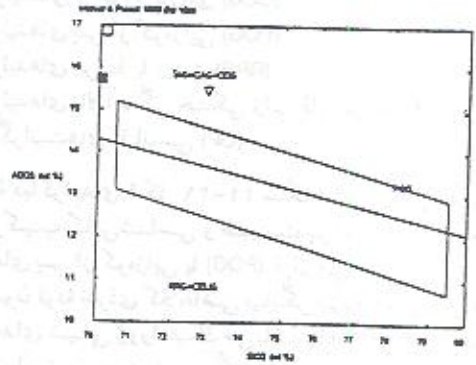
جهت دست‌یابی به محیط تکتونیکی تشکیل این گرانیتوئیدها از پژوهش‌های (Maniar and Piccoli 1989) استفاده گردید. این پژوهش‌گران با استفاده از عناصر کمیاب و اصلی نسبت به تقسیم‌بندی گرانیتوئیدها بر این مبنا اقدام نموده‌اند و این سنگ‌ها را بر اساس استفاده از عناصر اصلی به هفت گروه به شرح ذیل تقسیم نموده‌اند:

۱- گرانیتوئیدهای جزایر قوسی (IAG)

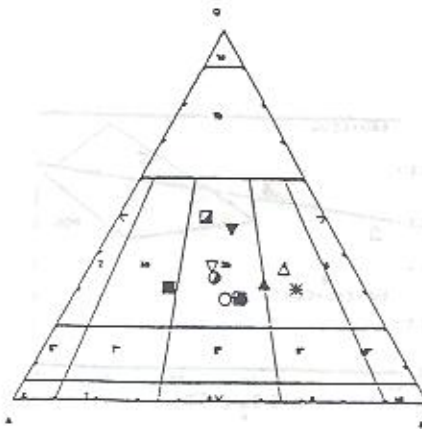


شکل ۲۵- دیاگرام تغییرات درصد وزنی  $FeO(t)$  در مقابل  $SiO_2$  که محدوده‌های  $FeO(t) + MgO$  را از یکدیگر مجزا می‌کند (Piccoli 1989) و موقعیت قرارگیری گرانیتوئیدهای کلاه‌قازی بر روی آن (علائم شبیه شکل Maniar and

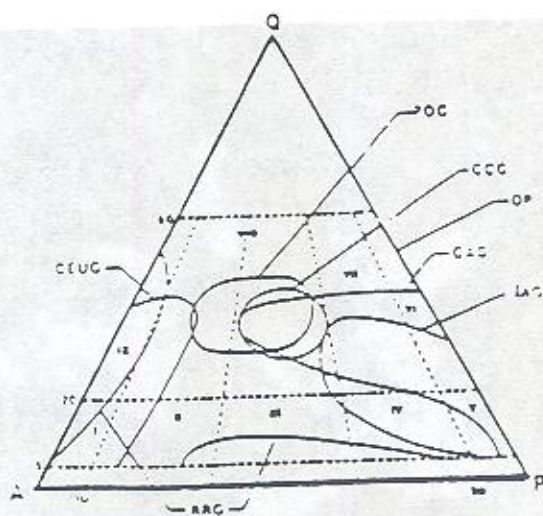
شکل ۲۶- دیاگرام تغییرات درصد وزنی  $Al_2O_3$  در مقابل  $SiO_2$  که سه محدوده POG، CCG،  $IAG + CAG + RRG + CEUG$  را از یکدیگر مجزای کند (Maniar and Piccoli 1989) و موقعیت قرارگیری گرانیتوئیدهای کلافاقی بر روی آن (علامت شبیه شکل ۲).



شکل ۲۷- بخشی از دیاگرام ACF که در آن سه محدوده POG، CCG،  $IAG + CAG + RRG + CEUG$  را از یکدیگر مجزای کند (Maniar and Piccoli 1989) و موقعیت قرارگیری گرانیتوئیدهای کلافاقی بر روی آن (علامت شبیه شکل ۲).



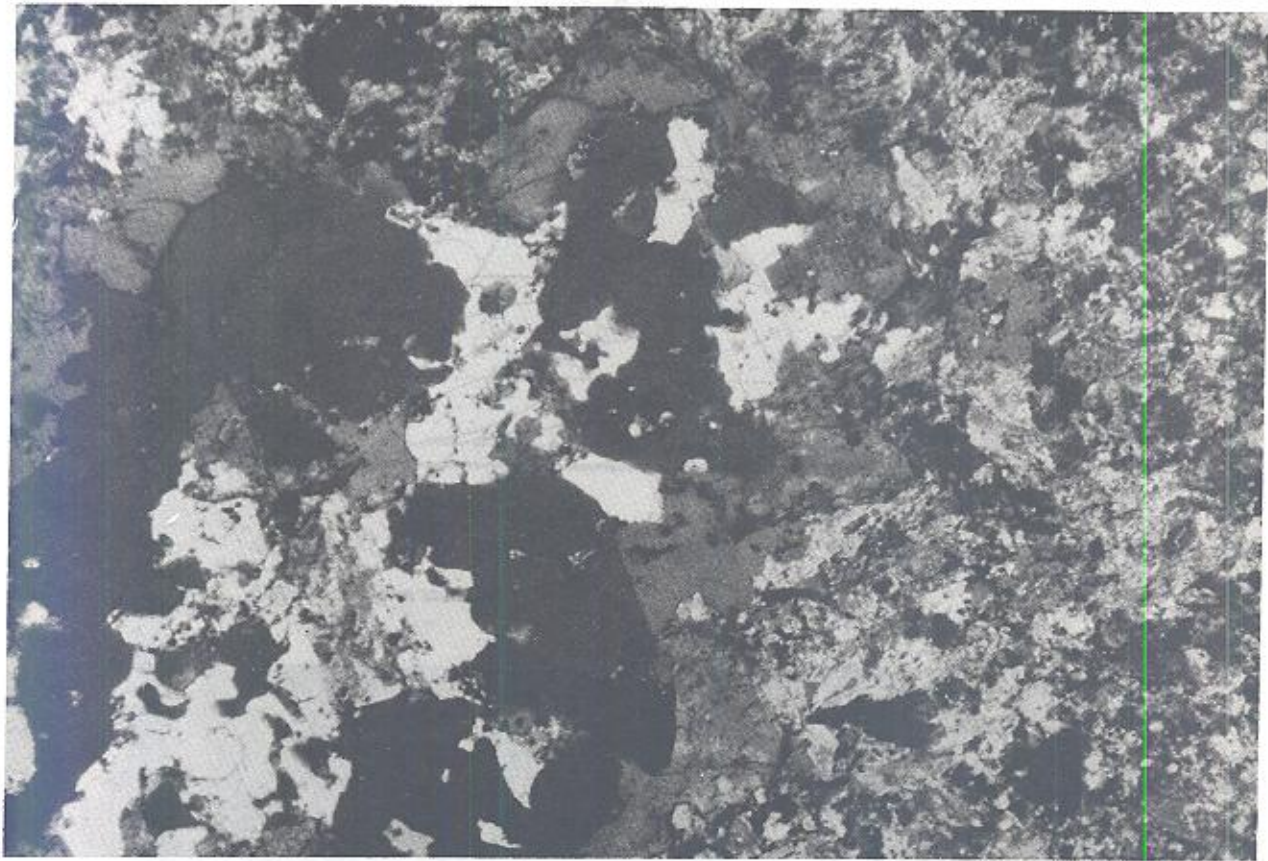
شکل ۲۸- محل قرارگیری سنگ‌های گرانیتوئیدی کلافاقی در دیاگرام QAP جهت جدایش محیط نکتونیک آن‌ها (علامت شبیه شکل ۲).



شکل ۲۹- دیاگرام QAPF اشتربکایزن جهت تمایز تکتونیک انواع سنگ‌های گرانیتوئیدی  
(Maniar and Piccoli 1989).



شکل ۳۰- قطعه‌ای از یک زئولیت در گرانیتوئیدهای کلاه قاضی.



شکل ۳۱- تصویر میکروسکوپی یک شیبست لکه‌ای با لکه‌های بزرگی از بیوتیت با آنالیزور (x ۲۵)

## ۲- دگرگونی مجاورتی در سنگ‌های دربرگیرنده توده نفوذی کلاه قاضی

حاصل از یک توده ماگمایی کم‌ژرف در سنگ‌های دربرگیرنده شیلی بیان می‌کند به طور کامل مطابقت دارد او بر این باور است این زون‌ها به صورت اسلیت‌ها یا شیبست‌های لکه‌دار ظاهر می‌شوند که لکه‌ها از میکا یا کلریت است. این پدیده در گستره مورد بررسی به صورت اسلیت‌های لکه‌ای با لکه‌هایی از بیوتیت ظاهر شده است (شکل ۳۱). بیشترین تأثیر دگرگونی مجاورتی در ناحیه کلاه‌قاضی در همین حد بوده و با دور شدن از توده نفوذی به تدریج به سنگ‌های نادگرگونی می‌رسیم. آثار نفوذ محلول‌های هیدروترمال در سنگ‌های دربرگیرنده با تشکیل تورمالین در این سنگ‌ها مشخص است.

جهت انجام مطالعات پتروگرافی بر سنگ‌های دربرگیرنده گرانیتوئیدهای کلاه قاضی اقدام به نمونه‌برداری سیستماتیک از مجاورت بلافصل توده و در جهت دور شدن از آن گردید. در سنگ‌های منطقه که در مجاورت توده نفوذی قرار دارند، پورفیرهایی از بیوتیت تشکیل گردیده که مطالعات XRD نوع آنیست را برای آن مشخص می‌نمایند. در این سنگ‌ها پاراژنزی از میکای سفید + بیوتیت + کلریت + کوارتز وجود دارد که این پاراژنز با زون دومی که (Winkler 1975) در دگرگونی مجاورتی

طباطبایی منش، میدمحسن (۱۳۷۳) بررسی زمین‌شناسی و پترولوژی توده نفوذی کلاه‌قازی (جنوب، جنوب شرق اصفهان) پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشکده علوم دانشگاه اصفهان

## References

- Abdel Rahman. A. F. M., 1990- petrogenesis of early- orogenic diorites, tonalites and post- orogenic trondhjemites in the Nubina Shield. *J. petrol.* 31: 1285- 1312.
- Baker, F., 1979- Trondhjemite: Definition, environment and hypotheses of origin. In: Baker, F. (ed.), *Trondhjemites, dacites and related rocks.* Elsevier, Amsterdam, 1-12.
- Barker, F., Arth. J. G. and Stern. T.W., 1986- Evolution of the coast batholith along the skagway Traverse, Alaska and British Columbia. *Am. Min.* 71: 632-643.
- Batchelor. R. A. and Bowden. P., 1985- Petrogenetic interpretation of granitoid rocks series using multicationic parameters. *chem. Geol.* 48: 43- 55.
- Chappell. B. W. and Stephen S. W., 1988- Origin of infracrustal (I-Type) granite magmas. *Earth sciences.* Edinburgh: 71- 86.
- Chappell. B. W. and white. A.J.R. 1992- I and S-Type granites in the Lachlan Fole Belt. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh: Earth Sciences* 83. 1-26.
- Cox, K. F, Bell J. D. and Pankhurst R. J., 1979- The interpretation in three basaltic suites. *Contrib. Mineral. Petrol.* 79, 268- 278.
- Friend. C. R. L., 1983- The link between charnokite formation and granite production: evidence form kabaldurga. Karnataka. India. In: *Migmatites. melting and metamorphism.* Atherton and Gribble (eds). Shivapublishing Ltd. 264- 276.
- Harker, A., 1909- *The natural history of igneous rocks.* Methuen. London.
- Hyndman. D. W., 1985- *Petrology of igneous and metamorphic rocks.* MacGraw-Hill. New York. 786 pp.
- Irvine, T. N. and Baragar W.R. A., 1971- A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Can. J. Earth Sei,* 8, 523- 548.
- Le Maitre, R. W., Bateman P., Dudek, A., Keller J., Lemeyre Le Bas H. J, Sabine P. A, Schmid R., Sorensen H., Streckeisen A., Woolley A. R. and Zanettin B., 1989- *A classification of igneous rocks and glossary of terms.* Blackwell, Oxford.
- Maniar. P. D. and Piccoli. P. M., 1989- Tectonic discrimination of granites. *Geol. Soe. Am. Bull.* 101: 635- 643.
- Middlemost. E. A. K., 1985- *Magma and magmatic rocks: An Interoduction to igneous petrology.* Longman group UK. 266 pp.
- O'Connor, J. T., 1965- A classification for gnartz-rich igneous rock based on feldspar ratios. *J. S. Geol. Surv.* Prof. Paper, 525B, B79- B84.
- Patison. D. R. M., Carmichael. D. M. and St. Onge. M. R., 1982- Geothermometry and geobarometry applied to early paleozoic "S- type" granitoid plutons. *Wopmag Oroggn. Contrib. Mineral. Petrol.* 79: 394- 404.
- Pitcher. W. S., 1993- *The Nature and Origine of Granite.* Chapman and Hall. Pub.
- Streckeisen, A., 1976- To each plutonic rock its proper name, *Earth, Sei., Rev.,* 12, 1-33.
- Winkler. H. G. F., 1979- *Petrogenesis of Metamorphic rocks.* 5d. ed. Springer.
- Wright, J. B. 1969- Olivine nodules in trachyte from the Jos Plateau, Nigeria, *Nature,* 223, 285-6.
- Zahedi, M., 1976- Geological map of the Esfahan quadrangle (scale 1:250,000), *Geol Surv, Iran.*

\* گروه زمین‌شناسی دانشگاه اصفهان

\* Geology Department, Esfahan University.