

# بررسی سنگ‌نگاری، سنگ‌شناسی و ژئوشیمی سنگهای پلوتونیک منطقه خاور

## هریس، آذربایجان خاوری – شمال باختر ایران

نوشته: دکتر علی عامری\*، ناصر اشرفی\* و حسین کریمی قره‌بابا\*

### Petrological, petrographical and geochemical Study of the plutonic rocks from East of Heris, East Azarbaijan, NW Iran

By: Dr. A. Ameri\*, N. Ashrafi\* & H. Karimi Gharebaba \*

#### چکیده

منطقه مورد مطالعه در شمال باختری ایران و در حدود ۲۰ کیلومتری خاور شهرستان هریس واقع شده و بخشی از زون البرز- آذربایجان است. سنگهای پلوتونیک منطقه مورد مطالعه، دیوریت، گرانودیوریت، دیوریت کوارتزار و مونزودیوریت کوارتزار با سن ائوسن میانی - بالایی است که در سنگهای آتشفشانی ائوسن نفوذ کرده‌اند و سیالهای ماگمایی و گرمایی حاصل از این توده‌ها باعث دگرسانی خود توده و سنگهای آتشفشانی اطراف شده است. بافت این گرانیتوئیدها دانه‌ای و ریزدانه پورفیری بوده و کانیهای سنگ ساز مهم آنها شامل پلاژیوکلاز، فلدسپار قلیایی، کوارتز، اوژیت، هورنبلند، زیرکن و آپاتیت است. بررسیهای سنگ‌نگاری نشانگر وجود بافتهای ناتعادلی مانند آپاتیت‌های سوزنی، هورنبلندهای اسکلتی و پلاژیوکلازهای با زون‌بندی غیر عادی در این سنگهاست که می‌توانند به‌عنوان شواهد آمیختگی ماگمای اسید و بازی باشند. بر اساس بررسیهای صحرایی، سنگ‌شناسی و ژئوشیمی گرانیتوئیدهای منطقه از نوع I می‌باشد. این سنگها کلسیمی قلیایی پر پتاسیم و متاآلومینوس بوده و به کمانهای قاره‌ای یا کمانهای پس از برخورد تعلق دارند.

**کلید واژه‌ها:** هریس، گرانیتوئید، آمیختگی ماگمایی، کمان پس از برخورد

#### Abstract

The study area, a part of Alborz-Azarbaijan zone, is located in about 20 km east of Heris district, NW Iran. The plutonic rocks are diorite, granodiorite, quartzdiorite and quartz-monzodiorite of the Middle-Upper Eocene, intruded into the Eocene volcanic rocks. Magmatic and hydrothermal fluids derived from the magma altered both plutonic and volcanic rocks. The texture of granitoid rocks are granular, porphyritic nicto granular and the rock - forming minerals are plagioclase, alkali feldspar, quartz, augite, hornblende, zircon and apatite. Petrographical studies show that nonequilibrium textures such as acicular apatites, skeletal hornblendes and abnormal zoning in plagioclases can be regarded as an evidence of mixing of an acid and basic magma. Field, petrological and geochemical investigations show that the granitoids are I-type, high K, calc alkaline, meta-aluminous and belong to continental arc or post collision arc.

**Keywords:** Heris, Granitoid, Magma mixing, Post collision arc

#### مقدمه

مطالعه به ترتیب در زون ایران مرکزی، زون البرز، زون البرز- آذربایجان و زون گودال خزر جنوبی واقع شده است. زون البرز- آذربایجان از زونهای پویا از لحاظ ماگماتیسیم، بویژه در طول دوران سنوزویک است. در این دوران، ماگماتیسیم عظیمی رخ داده که اوج این فعالیت در ائوسن و اولیگوسن بوده است. در این مقاله به ویژگیهای صحرایی، سنگ‌نگاری، سنگ‌شناسی و ژئوشیمی بخشی از این پلوتونیسیم در شمال باختر ایران

منطقه مورد مطالعه به طولهای جغرافیایی ۱۳° ۴۷' و ۱۷° ۴۷' خاوری و عرضهای جغرافیایی ۱۱° ۳۸' و ۱۴° ۳۸' شمالی محدود بوده (شکل ۱) و در استان آذربایجان خاوری قرار گرفته است. از سال ۱۹۶۸ زون‌بندیهای زیادی توسط افراد مختلف برای پوسته ایران ارائه شده که در این مورد می‌توان کارهای (Stocklin (1977)، Stampfli (1978)، نبوی (۱۳۵۵) و افتخارنژاد (۱۳۵۹) را نام برد. براساس این رده‌بندیها، محدوده مورد

آتشفشانی ائوسن نفوذ کرده‌اند در نقاط زیادی از آذربایجان و حوالی منطقه مورد مطالعه گزارش شده است، با این تفاوت که سن آنها اولیگومیوسن است (طلایی، ۱۳۷۶؛ عیوض خانی، ۱۳۷۶؛ توحیدی، ۱۳۷۹؛ زمانی، ۱۳۷۹ و سفیدی، ۱۳۸۱).

یکی از ویژگی‌های سنگ‌های آذرین منطقه (به جز آتشفشانی‌های جوان) تأثیرات دگرسانی گرمایی در آنهاست. سنگ‌های مورد مطالعه توسط شکستگیها و دره‌های گسلی متعددی بریده شده و از طرفی فاز سیال ماگمایی نیز، رگه‌های سیلیسی، زونهای خرد شده و شبکه استوک ورکی را در این سنگها به وجود آورده است که در سراسر محدوده مورد مطالعه نمود دارند. آهنگ فرسایش در سنگ‌های پلوتونیک گرانودیوریتی نسبت به انواع دیوریتی بیشتر است. در بیشتر سنگ‌های مورد مطالعه، آنکلاوها و قطعات مافیکی دیده می‌شود (شکل ۳)، که در بحث آمیختگی ماگمایی، این آنکلاوها را به عنوان قطره‌های ماگمای مافیک در مذاب فلسیک در زمان آمیختگی دو ماگما در نظر می‌گیرند (Dorais et al., 1990).

#### نامگذاری و رده‌بندی

برای نامگذاری سنگ‌های پلوتونیک از نمودارهای مناسبی که توسط محققان مختلف بدین منظور ارائه شده، استفاده گردید. برخی از این نمودارها بر مبنای کانی شناسی مودال طراحی شده و مبتنی بر درصد حجمی کانیهای اصلی تشکیل دهنده سنگ‌های آذرین مانند کوارتز، فلدسپار قلیایی و پلاژیوکلاز است، مانند نمودار (Streckeisen (1976). براین اساس سنگ‌های پلوتونیک و نیمه عمیق در حد دیوریت، مونزودیوریت کوارتزار و گرانودیوریت هستند (شکل ۴، جدول ۱). سنگ‌های گرانیتوئیدی منطقه براساس نمودار مثلثی آنورتیت-آلیت-ارتوکلاز (O'Connor, 1965) که یک نوع رده‌بندی براساس کانیهای نورم است، به‌طور عمده از نوع گرانودیوریت هستند (شکل ۵). کانیهای نورم به روش CIPW و با استفاده از نرم افزارهای Newpet و Minpet تعیین شده است. از رده‌بندی شیمیایی (جدول ۱) نیز برای نامگذاری سنگ‌های پلوتونیک استفاده شد. این رده‌بندیها اغلب بر مبنای اکسیدهای عناصر اصلی مانند  $\text{SiO}_2$ ،  $\text{K}_2\text{O}$  و  $\text{Na}_2\text{O}$  استوار هستند، نمودارهای TAS از این نوعند. سنگ‌های پلوتونیک منطقه در نمودار Middlemost (1994) بیشتر در محدوده دیوریت و گرانودیوریت قرار می‌گیرند (شکل ۶).

#### سنگ نگاری

چنانچه در بخش نامگذاری و رده‌بندی سنگ‌های پلوتونیک و نیمه عمیق ذکر شد، این سنگها به طور کلی به دیوریتها، سنگ‌های حد واسط

پرداخته شده و در این بین توجه ویژه‌ای به تحولات ماگمایی و خاستگاه زمین‌ساختی ماگمایی آن شده است.

در این مطالعه، با استفاده از عکسهای هوایی ۱:۲۰۰۰۰ منطقه، نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ و ۱:۱۰۰۰۰۰۰، و با استفاده از نتایج حاصل از پیمایشهای صحرایی و مطالعات سنگ‌نگاری نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه تهیه گردید (شکل ۲). از بین نمونه‌های سنگی برداشت شده، ۶۰ عدد مقطع نازک تهیه و ۱۶ نمونه برای تجزیه XRD و XRF انتخاب و به شرکت کانساران بینالود فرستاده شد.

#### مطالعات صحرایی

سنگ‌شناسی کلی محدوده مورد مطالعه عبارت است از سنگ‌های آتشفشانی و آذرآواری ائوسن، سنگ‌های پلوتونیک و نیمه عمیق ائوسن میانی - بالایی و به‌طور محدودتر سنگ‌های جوان دوره کواترنری. سنگ‌های پلوتونیک منطقه به طور کلی به دیوریتها و سنگ‌های حد واسط کوارتزار و گرانودیوریتی تقسیم می‌شود (شکل ۲). سنگ‌های دیوریتی بیشتر در ضلع خاوری محدوده مورد مطالعه و جنوب خاوری روستای اینچه‌کندی برونزد دارند. این سنگها به رنگ خاکستری تیره بوده و کانیهای پلاژیوکلاز و مافیک آنها در نمونه‌های دستی کاملاً مشخص هستند و از نظر توپوگرافی نسبت به سنگ‌های گرانودیوریتی و نیمه عمیق در ارتفاع پایین‌تری یافت می‌شوند. سنگ‌های گرانودیوریتی و کوارتزار بیشتر در قسمتهای بالایی دیوریتها و بیشتر در بخش باختری منطقه رخنمون دارند. این سنگها در برخی نقاط با نشان دادن بافت پورفیری و ریزدانه به‌طور نیمه آتشفشانی نیز ظاهر شده‌اند و در مقایسه با سنگ‌های دیوریتی رنگ روشنی داشته و کانیهای سازنده آنها اغلب با چشم نامسلح قابل مشاهده است. سنگ‌های پلوتونیک، که مربوط به فعالیت‌های ماگمایی ائوسن-اولیگوسن آذربایجان است و به‌طور عمده ترکیبی در حد دیوریت، مونزودیوریت کوارتزار و گرانودیوریت دارند، روند تقریباً E-W داشته و در منطقه به صورت بلندیهای کم شیب دیده می‌شوند. سنگ‌های پلوتونیک در دو منطقه مجزا برونزد داشته و در فاصله بین این دو به دلیل پوشش خاکی - گیاهی و نیز پوشیدگی توسط سنگ‌های آتشفشانی و آذرآواری ائوسن ارتباطی بین این دو رخنمون مشاهده نمی‌شود ولی به دلیل شباهت سنگ شناختی هر دو برونزد، در اعماق به یک ماگمای واحد وابسته‌اند. با توجه به علائمی مانند وجود آپوفیزها، دایک‌هایی از سنگ‌های گرانیتوئیدی در آتشفشانیهای ائوسن و ایجاد دگرسانی گرمایی در آنها می‌توان گفت که سنگ‌های پلوتونیک ائوسن میانی - بالایی ذکر شده در آتشفشانیهای محدوده مورد مطالعه نفوذ کرده و آنها را تحت تأثیر قرار داده است (دگرسانی گرمایی). نظیر چنین توده‌های گرانیتوئیدی که در مجموعه

فلدسپار قلیایی: فراوانی این کانی در سنگهای پلوتونیک در مقایسه با پلاژیوکلازها چندان بالا نبوده و بیشتر در سنگهای گرانودیوریتی و تا اندازه‌ای در کوارتز مونوزودیوریتها دیده می‌شود. بلورهای فلدسپار قلیایی بیشتر به صورت بی‌شکل و به ندرت نیمه شکل‌دار ظاهر شده و در بعضی مواقع دارای ماکل کارلسباد است. سریسیت و کانیهای رسی عمده کانیهایی هستند که در اثر دگرسانی گرمایی جایگزین فلدسپارهای قلیایی شده‌اند.

پیروکسنا: فراوان‌ترین کانیهای مافیک در سنگهای پلوتونیک هستند. این کانی در سنگهای دیوریتی فراوان‌تر است. کلینوپیکروکسن از نوع اوژیت و اغلب درشت بلور و شکل‌دار تا نیمه شکل‌دار می‌باشند که این امر بیانگر تبلور زودتر این کانیها نسبت به بلورهای فلدسپار است. بر پایه نمودارهای فازی تجربی، هرگاه در زمان تبلور پلاژیوکلازها و پیروکسنا میزان فشار بخار آب حلشده در مذابهای سیلیکاتی اولیه بالا باشد، نقطه ذوب پلاژیوکلازها پایین آمده (Philpotts, 1991) و در این حالت، احتمالاً بلورهای کلینوپیکروکسن اولین فاز جامدی هستند که از مایع لیکویدوس متبلور می‌شوند. عملکرد دگرسانی گرمایی منجر به تجزیه کلینوپیکروکسنا به کلریت، اکسیدهای آهن و به مقدار اندک به اپیدوت، کلسیت و سیلیس گردیده است.

آمفیبولها: آمفیبولهای موجود از نوع هورنبلند بوده و به همراه بیوتیتها، کانیهای آبدار این سنگها را تشکیل می‌دهند. بیشتر بلورهای هورنبلند شکل‌دار تا نیمه‌شکل‌دار بوده اما در تعدادی از نمونه‌ها، به صورت بافت اسکلتی نیز دیده می‌شوند. پیدایش بافتهای اسکلتی، دندریتی و اسفرولیتی (بافت‌های ناتعادلی) را به حاکم بودن شرایط ناپایدار و نامتعادل در هنگام تبلور ماگما نسبت می‌دهند (Shelley, 1993). هرچند سرعت بالای سردشدگی در سنگهای آتشفشانی و نیمه عمیق امری متداول است، اما به اعتقاد افرادی مانند Sutcliffe et al. (1990) و Vernon (1990) وقتی یک ماگمای مافیک با ماگمای فلسیک برخورد کند، سرعت سرد شدگی به‌طور ناگهانی افزایش یافته و بافتهای مذکور ظاهر می‌شوند. هورنبلند تحت تأثیر دگرسانی گرمایی قرار گرفته و به کلریت، کلسیت و اپیدوت تجزیه شده و اکسیدهای آهن آزاد کرده است.

بیوتیتها: بیوتیتها اغلب نیمه شکل‌دار تا بی‌شکل هستند به رنگ قهوه‌ای تیره و مانند دیگر کانیها، فرایندهای دگرسانی گرمایی را متحمل شده و بیشتر به کلریت و اکسیدهای آهن تجزیه شده‌اند و در این کانیها میانبراهای زیرکن دیده می‌شوند.

کوارتز: حضور این کانی در سنگهای کوارتزار، بویژه گرانودیوریتها به صورت بی‌شکل و پرکننده فضای بین دانه‌ها کاملاً نمایان است.

کوارتزار و گرانودیوریتی قابل تقسیم هستند. سنگهای دیوریتی اغلب به‌رنگ خاکستری تیره بوده و کانیهای پلاژیوکلاز و مافیک آنها در نمونه‌های دستی کاملاً مشخص هستند. سنگهای گرانودیوریتی و کوارتزار در مقایسه با سنگهای دیوریتی رنگ روشنی داشته و کانیهای سازنده آنها اغلب با چشم نامسلح قابل مشاهده است. بافت عمومی سنگهای پلوتونیک دانه‌ای بوده و سنگهای نیمه عمیق بافت ریزدانه پورفیری نیز نشان می‌دهند. به‌طور کلی، در این سنگها کانیهای زیر مشاهده می‌شود: پلاژیوکلاز، پیروکسن، آمفیبول، بیوتیت، فلدسپار قلیایی، کوارتز، زیرکن، آپاتیت، کانیهای کدر و کانیهای ثانویه. در مطالعه سنگ‌نگاری این سنگها، درکنار بررسی کانی‌شناسی و بافت، به یک سری مفاهیم سنگ‌شناسی که مبین سری فرایندهای ماگمایی دخیل در پیدایش سنگهای مذکور هستند، نیز اشاره شده است تا بحث سنگ‌نگاری از قالب توصیفی خارج شده و ماهیت سنگ‌شناسی (سنگ‌زایی) پیدا کند.

پلاژیوکلاز: پلاژیوکلاز جزء اصلی‌ترین سازندگان سنگهای پلوتونیک به شمار می‌آیند. براساس زاویه خاموشی، نوع آن اولیگوکلاز-آندزین و بر اساس نرم CIPW نوع آنها آندزین تعیین گردیده است. این کانیها اغلب نیمه شکل‌دار تا شکل‌دار بوده و بیشتر دارای دوقلوی آلیتی و توأم آلیتی-کارلسباد هستند. تأثیر فرایندهای دگرسانی گرمایی موجب ظهور کانیهای ثانویه مانند سریسیت، کلسیت، کانیهای رسی و اپیدوت در برخی پلاژیوکلازها گردیده است. در برخی نمونه‌ها، کانی فلدسپار قلیایی به صورت هاله‌های احاطه‌کننده در پیرامون پلاژیوکلازها رشد کرده و تشکیل بافت آنتی‌راپاکیوی (بافت مونوزیتی) را داده‌اند. این بافت به عنوان یکی از علائم آمیختگی ماگمایی به‌شمار می‌رود و در سنگهای کوارتز مونوزودیوریت و گرانودیوریتی منطقه دیده می‌شود (شکل ۷الف). درکنار پدیده‌های زون بندی عادی، زون بندی غیرعادی (نوسانی و یا معکوس) در بیشتر نمونه‌ها، به‌ویژه سنگهای کوارتز مونوزیتی و گرانودیوریت بسیار مشهود است. بدین صورت که در برخی بلورهای زونه، بخشهای داخلی و میانی به‌خاطر کلسیمی‌تر بودن دگرسان شده (زون بندی عادی و نوسانی) و در برخی، بخشهای خارجی‌تر دچار دگرسانی شده و به کانیهای رسی و سریسیت تبدیل گشته است (احتمالاً زون‌بندی معکوس)، از لحاظ زاویه خاموشی نیز در برخی بلورها زاویه خاموشی از مرکز به اطراف بتدریج تغییر می‌کند (زون‌بندی عادی یا معکوس) و در برخی دیگر زونهای جداگانه، زوایای خاموشی یکسان دارند (زون بندی نوسانی) (شکل ۷ب). بروز چنین ویژگیهایی در کانیها، نشان دهنده رخداد تغییرات ترکیبی ناگهانی در زمان تبلور این کانیها بوده و خود مستلزم تغییرات ناگهانی در شرایط دینامیکی تبلور است (Shelley, 1993).

عنصری است که اساساً در پوسته قاره‌ای به فراوانی یافت می‌شود. از این رو تعیین میزان این عنصر در پلوتون گرانیتیویدی منطقه می‌تواند در تعیین خاستگاه و منشاء آنها و میزان دخالت پوسته قاره‌ای در تشکیل این سنگها مؤثر باشد. برای این منظور از نمودار (Maniar & Piccoli, 1989) که براساس ضریب Shand استوار است، استفاده گردید. در این نمودار سنگهای منطقه جزو سنگهای متاآلومینوس به شمار می‌آیند (شکل ۱۱ف) لازم به یادآوری است که زونهای فرورانش حاشیه قاره‌ها و جزایر کمانی، محیط مناسبی برای کسب این ویژگی است. سنگهای گرانیتیویدی توسط محققان متعددی چون (Chappel & White, 1974)، (Pitcher, 1982) و (Whalen, 1987) به تیپهای مختلف مانند M, I, A و S تقسیم شده است. سنگهای گرانیتیویدی منطقه مورد مطالعه با توجه به ویژگیهایی مانند دارا بودن هورنبلند و اوژیت، ویژگی متاآلومینوس، همراهی با توده‌های دیوریتی، واقع شدن در یک نوار کوهزایی، عدم وجود سنگهای دگرگونی گرمایی درجه بالا، فراوانی آنکلاوهای مافیک ریزدانه و میزان پایین کروندم نورماتیو، جزو تیپ I هستند. براساس رده‌بندی (Barbarin, 1999) گرانیتیویدهای منطقه از نوع ACG (گرانیتیویدهای کلسیمی - قلیایی آمفیبول‌دار) و KCG (گرانیتیویدهای کلسیمی - قلیایی پتاسیم بالا) است.

### توزیع عناصر کمیاب ناسازگار

یکی از شواهد با ارزش در روشن ساختن مسائل سنگ زایی سنگهای پلوتونیک، بهره‌گیری از چگونگی توزیع و پراکندگی عناصر ناسازگار و کمیاب در آنهاست که برای این منظور از نمودارهای عنکبوتی (Spider diagrams) استفاده شده است. برای سنگهای گرانیتیویدی منطقه از نمودار عنکبوتی که به گرانیتیهای پشته اقیانوسی (ORG) بهنجارسازی شده است، به‌منظور تعیین میزان تهی‌شدگی و غنی‌شدگی عناصر مختلف و انطباق با الگوهای پیشنهادی (Pearce et al., 1984) که برای موقعیتهای مختلف زمین‌ساختی ارائه شده استفاده شد. چنان که از شکل ۱۲ پیداست، نمونه معرف منطقه مورد مطالعه، که در این نمودارها با عنوان گرانیتیوید هریس معرفی شده، غنی‌شدگی مشخصی در عناصری مانند Rb, Ba, Th, K و تهی‌شدگی مشخصی در عناصری چون Nb, Ce, Zr, Y نسبت به ORG نشان می‌دهد. تهی‌شدگی مشخص از عناصر Y, Zr و Ce در این سنگها و غنی‌شدگی از Rb یکی از شاخصهای اصلی گرانیت‌های برخوردی و پس از برخورد بوده (Pearce et al., 1984) و نشانگر این است که توده‌های مذکور در پوسته قاره‌ای با ضخامت متوسط تا زیاد جایگیری کرده و از

آپاتیت: با وجود جزئی و عارضه‌ای بودن آپاتیت، توزیع این کانی به صورت سوزنی در سنگهای پلوتونیک منطقه قابل ملاحظه است. در خصوص بروز شکل‌های سوزنی همانند بافت‌های اسکلتی و اسفرولیتی در سنگهای آذرین به نقش سرد شدن ناگهانی ماگما و به‌خصوص در اثر آمیختگی ماگمای مافیک با فلسیک تأکید شده است (Didier et al., 1982). این کانی به‌صورت میانبار در کانیهای پلاژیوکلاز دیده می‌شوند.

اسفن و زیرکن: کانیهای مذکور به‌صورت میانبارهای نیمه شکل‌دار و شکل‌دار در کانیهای مافیک سنگهای پلوتونیک بویژه بیوتیت‌ها قابل مشاهده هستند.

کانیهای کدر: در سنگهای پلوتونیک اکسیدهای آهن بیشتر مگنتیت است. نقطه قابل توجه این که، در این سنگها مگنتیت به‌صورت اولیه و دانه درشت اغلب در کنار کانیهای بیوتیت رشد کرده‌اند که این می‌تواند دلیلی بر بالا بودن فوگاسیته اکسیژن در ماگمای والد باشد (Sack, 1980).

کانیهای ثانویه: کانیهای کلریت، اپیدوت، سریسیت، کلسیت، سیلیس، کانیهای رسی و اکسیدهای آهن عمده کانیهای ثانویه‌ای هستند که از تجزیه دوتریک کانیهای اولیه سنگهای پلوتونیک تشکیل شده‌اند.

### ویژگیهای ژئوشیمیایی و سنگ‌شناختی

با توجه به اهمیت شناخت سری ماگمایی در رسم سرگذشت ماگمای به‌وجود آورنده سنگهای پلوتونیک و نیز مقایسه ویژگیهای ژئوشیمیایی، کانی‌شناسی و زمین‌ساختی، سری ماگمایی تعیین گردید. برای این کار، نخست از نمودار  $\text{SiO}_2$  در برابر  $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$  (Irvine & Baragar, 1971) استفاده شد (شکل ۸). بر این اساس، نمونه‌های پلوتونیک به‌طور عمده در محدوده سریهای نیمه‌قلیایی واقع شده‌اند. برای تعیین سری ماگمایی در یک مجموعه نیمه‌قلیایی از نمودار  $\text{SiO}_2$  در برابر  $(\text{FeO}/\text{MgO})$  (Miyashiro, 1970) استفاده شد، که بر پایه این نمودار، سنگهای منطقه در سری کلسیمی - قلیایی قرار می‌گیرند (شکل ۹). برای تعیین خاستگاه ماگماها و مشخص شدن نقش پوسته قاره‌ای در تکوین مذابها و سنگها (بویژه در سری کلسیمی - قلیایی) از میزان فراوانی و توزیع عناصری مانند پتاسیم در آنها استفاده می‌شود، به طوری که هر چه این مقدار بیشتر باشد، می‌تواند به‌عنوان دلیلی در دخالت پوسته قاره‌ای و متاسوماتیسم گوشته‌ای در به‌وجود آمدن سنگهای مورد نظر مطرح شود. برای این منظور، از نمودار  $\text{SiO}_2$  در برابر  $\text{K}_2\text{O}$  (Le Maitre et al., 1989) استفاده شد که نشان می‌دهد سنگهای پلوتونیک پتاسیم متوسط تا بالا هستند (شکل ۱۰). آلومینیم هم از جمله

فرایندهای ذوب بخشی و آرایش پوسته‌ای متأثر شده‌اند که Harris (1983) از آن با عنوان تسلط پوسته‌ای یاد کرده است.

### موقعیت زمین‌ساختی

برای تعیین جایگاه زمین‌ساختی سنگ‌های منطقه از نمودارهایی که توسط Maniar & Piccoli (1989)، Pearce et al. (1984) و Muller & Groves (1997) ارائه شده، استفاده گردید. الگوی عناصر ناسازگار و کمیاب در نمودارهای عنکبوتی و انطباق آن با الگوی به‌دست آمده برای سنگ‌های گرانیتیویدی که دارای موقعیتهای زمین‌ساختی مشخصی هستند نشان می‌دهد که گرانیتیوید خاور هریس شباهت ژئوشیمیایی خوبی با گرانیتیویدهای کمان آتشفشانی (بویژه کمان جاماییکا)، گرانیتیویدهای همزمان با برخورد و گرانیتیویدهای پس از برخورد دارد (شکل ۱۲). در نمودار Rb در برابر (Y+Nb) که توسط Pearce et al. (1984) ارائه شده، سنگ‌های پلوتونیک منطقه در محدوده گرانیتیویدهای کمان آتشفشانی (VAG) قرار می‌گیرند (شکل ۱۳). رسم نمونه‌های مورد بررسی در نمودارهای گام به گام Maniar & Piccoli (1989) که بر شیمی عناصر اصلی استوار است، نشان می‌دهد که گرانیتیویدهای منطقه مورد مطالعه جزو گرانیتیویدهای جزایر کمانی (IAG)، کمان قاره‌ای (CAG) یا برخورد قاره‌ای (CCG) هستند (شکل ۱۱). رسم نمونه‌ها در نمودارهای Muller & Groves (1997) که برای تفکیک محیط زمین‌ساختی سنگ‌های پتاسیک مناسب هستند، نشان می‌دهد که سنگ‌های نفوذی منطقه مورد مطالعه جزو سنگ‌های مرتبط با کمان آتشفشانی بوده و به‌طور مشخص از محیط زمین‌ساختی درون صفحه‌ای مجزا می‌شوند (شکل ۱۴ الف). این محققان معتقدند دو نوع کمان آتشفشانی وجود دارد، کمانهای فرورانش (مانند حاشیه فعال قاره‌ای) و کمانهای پس از برخورد چنان که از نمودار شکل ۱۴ ب پیداست، سنگ‌های مورد بررسی بیشتر در محدوده کمانهای قاره‌ای قرار می‌گیرند. Dercourt et al. (1986) معتقدند که عمل فرورانش پوسته اقیانوسی نوتیس در ایران تا ۳۵ میلیون سال پیش ادامه داشته است. این محققان با نظریه مصرف شدن کامل پوسته اقیانوسی نوتیس در کرتاسه پسین - پالئوسن موافق نیستند و بر این باورند که عمل فرورانش تا اولیگوسن پیشین و یا تا میوسن پیشین ادامه داشته است. اگر این نظریه را بپذیریم، محیط زمین‌ساختی گرانیتیوید خاور هریس را باید کمان قاره‌ای در نظر گرفت.

جایگاه زمین‌ساختی سنگ‌های گرانیتیویدی خاور هریس، با فرض خاتمه فرورانش اقیانوس نوتیس در کرتاسه پسین، که نتیجه آن برخورد صفحه

عربی با بلوک ایران مرکزی بوده است، محیط پس از برخورد می‌باشد. بنابراین، کششهای پس از برخورد در زمان پالئوژن، بویژه در ائوسن (فاز کششی پیرنه) احتمالاً موجب تولید مذابهای هیبرید و ظهور آتشفشانهای متعدد و پراکنده در زونهای البرز- آذربایجان گردیده است. لازم به ذکر است که گرانیتیویدهای پس از برخورد می‌توانند هم در اثر ذوب پوسته بالایی به‌خاطر آزاد شدن گرما به دنبال برخورد و هم در اثر ذوب گوشته بالایی به‌خاطر صعود آدیاباتیک که با بالازدگی پس از برخورد و فرسایش همراه است، تشکیل شوند (Pearce et al., 1984). Pearce (1996) در نمودار (Y+Nb) در برابر Rb (شکل ۱۳) محدوده گرانیتیویدهای پس از برخورد را در محل تقاطع سه محیط کمان آتشفشانی، درون صفحه‌ای و همزمان با برخورد مشخص کرده است (محدوده بیضی شکل)، که نشان می‌دهد تا چه اندازه گرانیتیویدهای پس از برخورد می‌توانند از لحاظ ترکیب شیمیایی متغیر باشند. گرانیتیویدهای منطقه مورد مطالعه در محدوده مذکور قرار می‌گیرند.

### نتیجه‌گیری

از بررسی سنگ‌شناسی و ژئوشیمیایی سنگ‌های گرانیتیویدی خاور هریس نتایج زیر به دست آمده است:

۱- سنگ‌های پلوتونیک منطقه مورد مطالعه با ترکیب دیوریت، کوارتز دیوریت، کوارتز مونوزودیوریت و گرانودیوریت در سنگ‌های آتشفشانی نفوذ کرده و سیالهای ماگمایی و گرمایی از آنها موجب دگرسانی گرمایی خود توده و سنگ‌های آتشفشانی در برگرفته شده است.

۲- وجود بافت‌های ناعادلی مانند بافت اسکلتی در هورنبلندها، آپاتیت‌های سوزنی و منطقه‌بندی غیرعادی در پلاژیوکلازها می‌تواند معلول آمیختگی مذابهای مافیک گوشته‌ای و فلسیک حاصل از ذوب بخشی مواد پوسته‌ای باشند.

۳- حضور کانیه‌های آبدار مانند بیوتیت و هورنبلند، دو نوع فلدسپار مجزا (فلدسپار قلیایی و پلاژیوکلاز) در کنار یکدیگر، عدم وجود بافت‌های بریت و آنتی‌بریت و گستردگی زونهای گرمایی در پیرامون سنگ‌های گرانیتیویدی، ویژگی ساب‌سولوس آنها را نشان می‌دهد.

۴- همراهی کانیه‌های مگنیتیت و بیوتیت در بسیاری از مقاطع سنگ‌ها نشانگر بالا بودن میزان فوگاسیته اکسژن در ماگمای والد این سنگ‌هاست.

۵- سری ماگمایی سنگ‌های پلوتونیک کلسیمی - قلیایی با پتاسیم متوسط تا بالا بوده و از نظر شاخص اشباع از آلومینیم جز و سنگ‌های متا آلومینوس

است که بیانگر موقعیت زمین‌ساخت برخوردی و پس از برخورد و همچنین نشانگر نفوذ توده در یک پوسته ضخیم شده و نقش آرایش پوسته‌ای در آن می‌باشد.

۱۱- با توجه به شواهد صحرایی، سنگ‌نگاری و ژئوشیمیایی موجود محیط زمین‌ساختی گرانیتوئید خاور هریس کمان قاره‌ای یا کمان پس از برخورد است. با وجود اینکه شواهد ژئوشیمیایی موجود در مورد تعلق داشتن این سنگها به کمان قاره‌ای بیشتر از کمان پس از برخورد است ولی نمی‌توان با قطعیت یکی از دو محیط زمین‌ساختی را برای اینها در نظر گرفت.

### تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله از مرکز تحصیلات تکمیلی دانشگاه تبریز و شرکت مس ایران بخاطر حمایت‌های مالی‌شان، تشکر و قدردانی می‌نمایند.

محسوب می‌شوند.

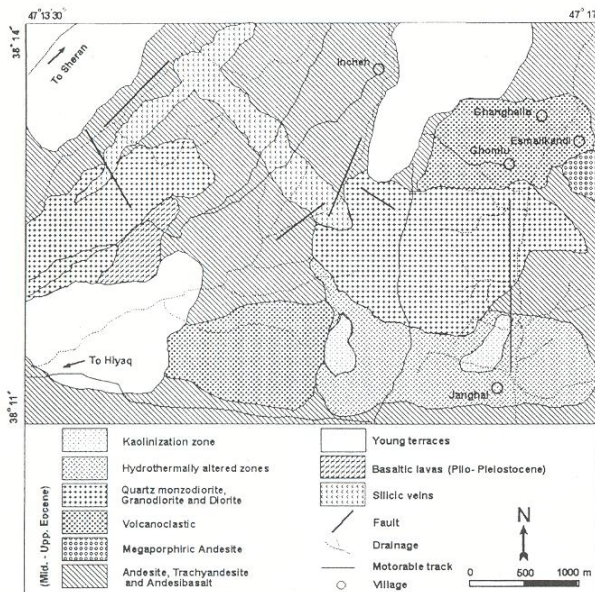
۶- تیپ گرانیتوئیدی سنگهای پلوتونیک از نوع I و کلسیمی - قلیایی با پتاسیم بالا است.

۷- بر اساس نمودارهای گام به گام (Maniar & Piccoli 1989) محیط زمین‌ساختی گرانیتوئید خاور هریس، کمان قاره‌ای، برخورد قاره‌ای یا جزایر کمانی است.

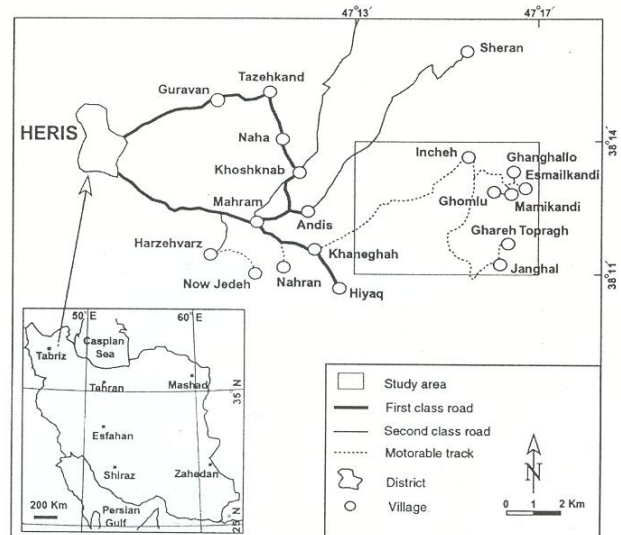
۸- نمودار (Y+Nb) در برابر Rb موقعیت زمین‌ساختی کمان آتشفشانی و پس از برخورد را برای این سنگها نشان می‌دهد.

۹- نمودارهای Zr در برابر  $Zr/TiO_2$  در برابر  $Ce/P_2O_5$  نشان می‌دهد که سنگهای پلوتونیک خاور هریس در ارتباط با کمان و کمانهای قاره‌ای است.

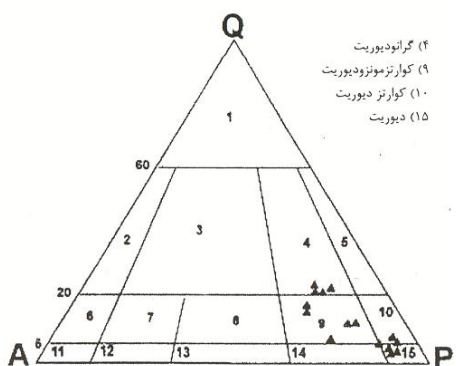
۱۰- الگوی عناصر کمیاب برای سنگهای مزبور در نمودارهای عنکبوتی نشان دهنده تپه‌ی شدگی نسبی آنها در عناصری مانند Ce, Zr, Nb, Y و غنی شدگی آنها در عناصری چون K, Ba, Rb و Th نسبت به ORG



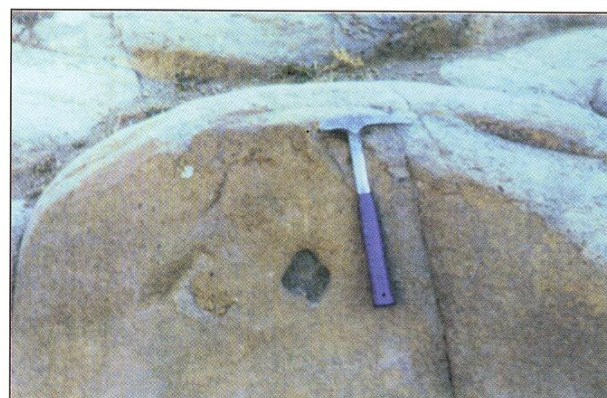
شکل ۲- نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه که با استفاده از عکسهای هوایی ۱:۲۰۰۰۰ تهیه گردیده است.



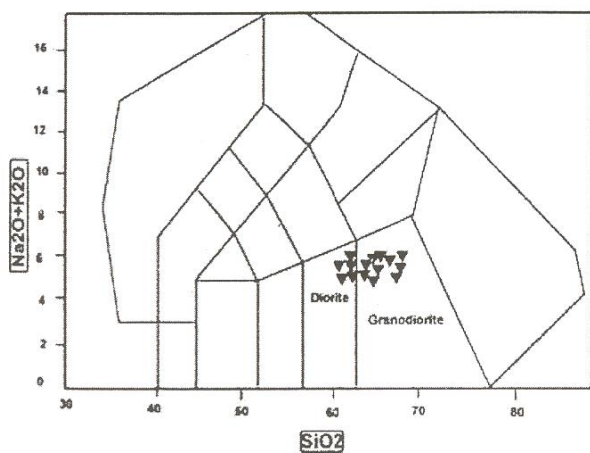
شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه و راههای ارتباطی آن



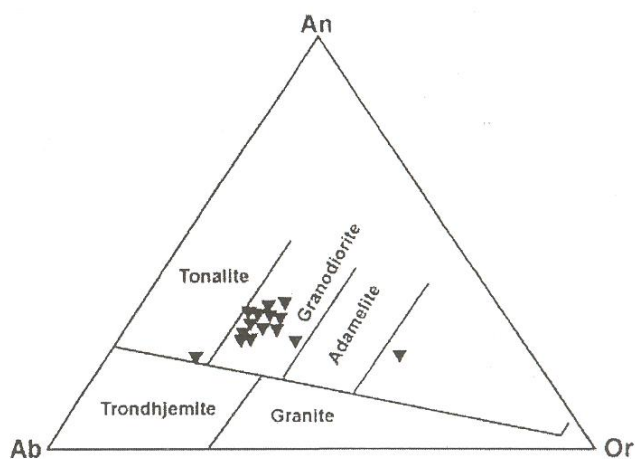
شکل ۴- رده‌بندی سنگ‌های گرانیتوئیدی منطقه مورد مطالعه بر اساس ترکیب مودال (Streckeisen, 1976)،  
(ترکیب مودال سنگ‌های مورد بررسی در جدول ۱ آورده شده است).



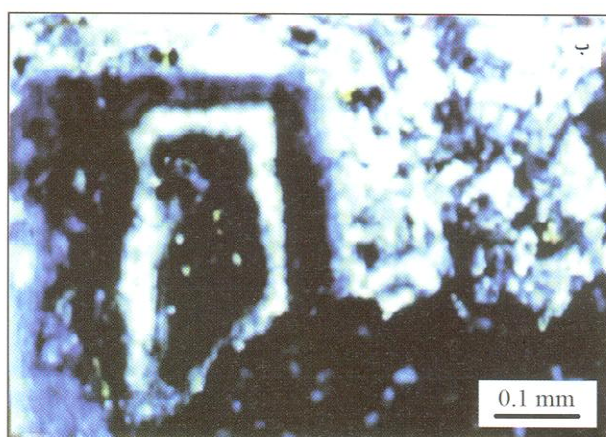
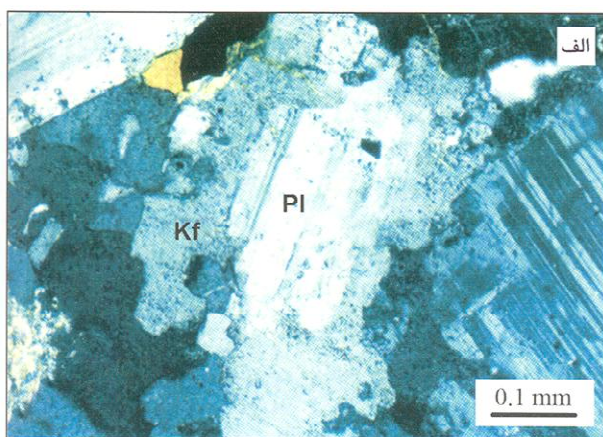
شکل ۳- تصویری از آنکلاوهای دانه‌ریز مافیک در سنگ‌های پلوتونیک منطقه مورد مطالعه



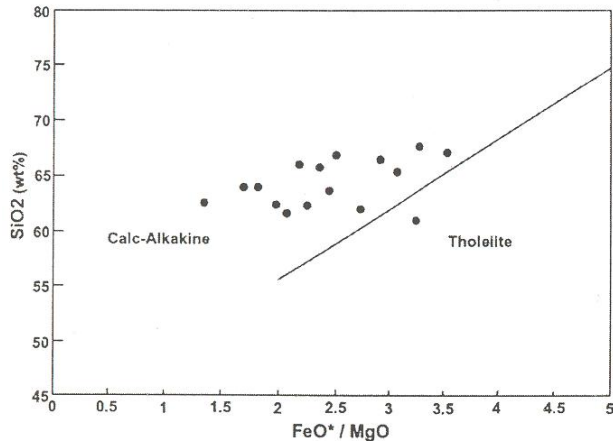
شکل ۶- نامگذاری سنگ‌های گرانیتوئیدی منطقه مورد مطالعه بر اساس نمودار TAS (Middlemost, 1994).



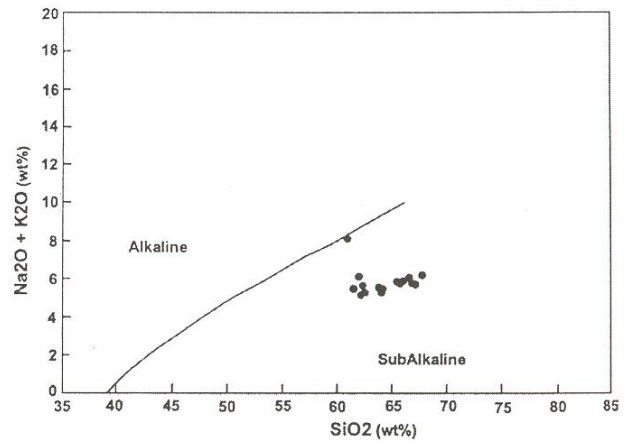
شکل ۵- موقعیت سنگ‌های گرانیتوئیدی منطقه مورد مطالعه در نمودار O'Connor (1965).



شکل ۷- الف) بافت آنتی راپاکیوی و ب) زون بندی نوسانی در گرانیتوئیدهای مورد بررسی، (XPL).



شکل ۹- نمودار تفکیک کننده سری ماگمایی تولیتی از کلسیمی - قلیایی (Miyashiro, 1974).



شکل ۸- نمودار تفکیک کننده سری ماگمایی قلیایی از نیمه قلیایی (Irvine & Baragar, 1971).

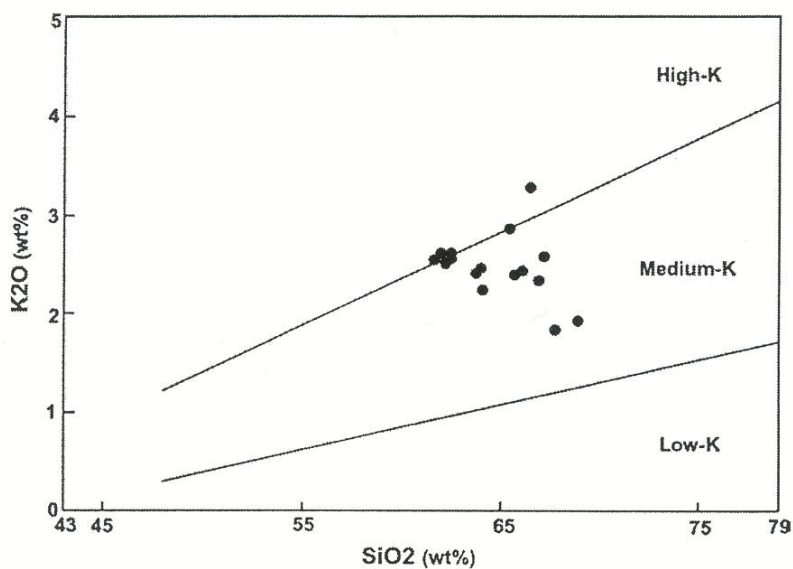
جدول ۱- نتایج تجزیه‌های شیمیایی سنگهای گرانیتوئیدی منطقه مورد مطالعه به روش XRF به همراه درصد کانیهای نورماتو و ترکیب مودال آنها

Major Oxides (wt%)	HK1	HK2	HK3	HK4	HK5	HK6	HK7	HK8	HK9	HK10	HK11	HK12	HK13	HK14	HK15	HK16
SiO2	62.35	67.11	67.66	61.57	63.74	63.99	64.01	66.42	66.85	65.72	62.50	65.98	60.92	61.98	65.39	62.17
TiO2	0.46	0.47	0.36	0.46	0.49	0.44	0.54	0.42	0.39	0.43	0.47	0.35	0.65	0.50	0.56	0.63
Al2O3	15.03	14.56	14.24	14.69	14.91	15.19	14.62	13.71	14.70	15.20	14.11	14.43	15.42	15.23	14.53	13.89
Fe2O3	2.52	1.73	1.4	2.37	2.19	2.04	2.33	1.72	1.70	1.89	1.56	1.77	2.79	2.19	2.15	2.64
FeO	2.96	1.80	1.46	2.79	2.47	2.30	2.73	1.79	1.85	2.05	1.83	1.92	2.48	2.38	2.33	3.10
MnO	0.11	0.09	0.06	0.11	0.09	0.10	0.10	0.08	0.08	0.09	0.12	0.08	0.17	0.12	0.09	0.14
MgO	2.63	0.95	0.83	2.38	1.82	2.29	2.85	1.15	1.35	1.59	2.39	1.61	1.54	1.59	1.39	2.44
CaO	5.20	5.74	3.74	5.28	5.75	5.13	4.95	4.51	4.87	5.44	6.29	4.72	6.05	5.75	5.37	6.51
Na2O	3.12	3.19	4.41	2.94	3.13	3.22	2.92	2.82	3.44	3.41	2.75	3.49	1.88	3.59	2.99	2.71
K2O	2.57	2.58	1.84	2.56	2.42	2.24	2.46	3.27	2.34	2.40	2.61	2.43	6.25	2.61	2.86	2.52
P2O5	0.25	0.18	0.14	0.25	0.24	0.23	0.22	0.19	0.19	0.22	0.24	0.18	0.26	0.29	0.23	0.23
Total	97.20	98.39	96.13	95.38	97.25	97.17	97.73	96.09	97.76	98.44	94.87	96.99	98.40	96.22	97.89	96.98
Mg	47.27	33.53	35.23	46.18	42.21	49.67	51.27	38.04	41.58	43.03	56.84	44.96	35.48	39.44	36.74	44.26

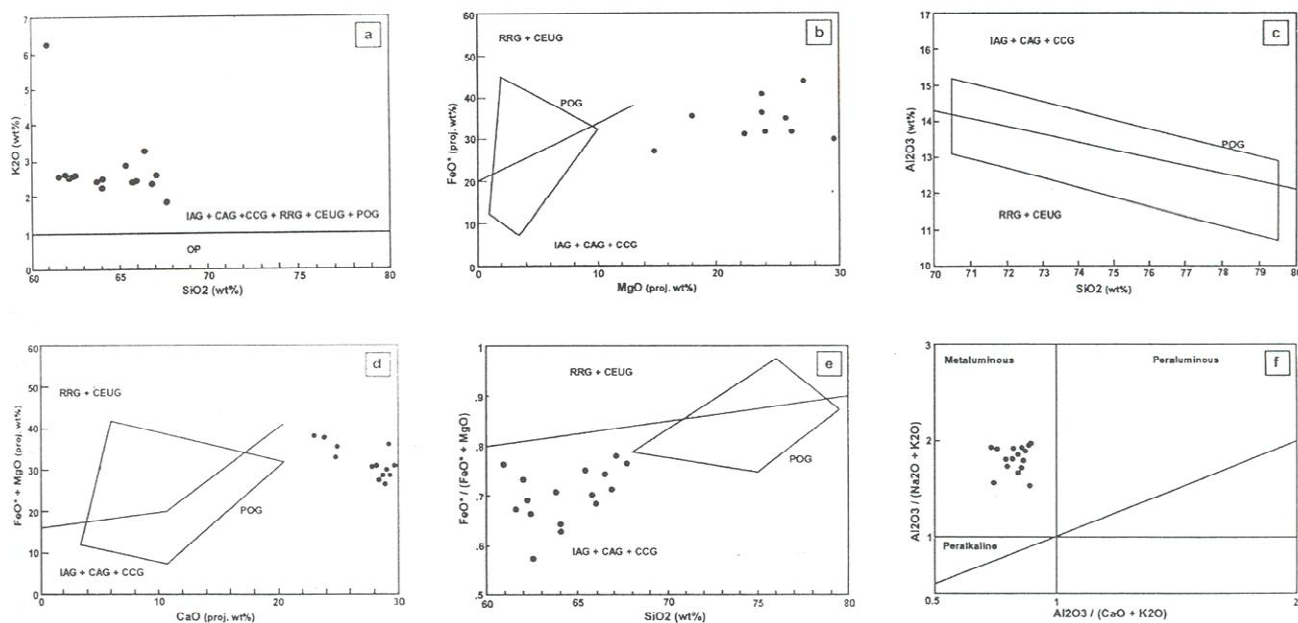
CIPW Norm	Q	Z	Or	Ab	An	Di	Wo	Hf	Mt	Il	Ap	Total				
Q	19.64	26.83	26.39	20.35	22.46	27.68	22.96	27.25	26.30	23.81	21.77	24.76	13.53	18.15	24.80	21.18
Z	0.02	0.03	0.03	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.03	0.02	0.03	0.03
Or	15.22	15.28	10.89	15.16	14.33	13.26	14.57	19.37	13.86	14.21	15.46	14.39	37.02	15.45	16.94	14.92
Ab	26.4	26.99	37.31	24.87	26.48	27.24	24.71	23.86	29.11	28.85	23.27	29.53	15.91	30.37	25.30	22.93
An	19.48	17.85	13.70	19.39	19.55	20.46	19.58	15.14	17.83	19.14	18.50	16.59	15.21	17.79	17.83	18.33
Di	4.20	7.50	3.63	4.61	6.41	3.22	3.21	5.19	4.54	5.61	9.26	4.96	11.08	7.59	6.31	10.42
Wo	-	0.33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hf	3.34	-	1.37	6.30	3.55	6.17	3.96	1.70	2.67	2.95	3.08	3.24	0.03	2.26	2.17	3.79
Mt	3.65	2.51	2.03	3.44	3.17	2.96	3.38	2.49	2.46	2.74	2.26	2.57	4.04	3.17	3.12	3.83
Il	0.87	0.89	0.68	0.87	0.92	0.83	1.03	0.80	0.75	0.81	0.89	0.71	1.23	0.95	1.07	1.21
Ap	0.60	0.42	0.34	0.59	0.58	0.56	0.51	0.47	0.46	0.52	0.58	0.44	0.61	0.69	0.54	0.54
Total	97.43	98.63	96.36	95.61	97.47	97.40	97.93	96.30	97.99	98.66	95.08	97.21	98.69	96.45	98.10	97.18

Minor Elements (ppm)	1	1	3	1	1	2	1	4	4	1	1	1	2	4	1	
Cr	5	4	4	5	2	1	5	5	2	4	6	12	9	5	9	5
Co	11	7	10	10	10	8	12	8	11	11	12	7	10	13	7	15
V	85	65	50	78	83	77	82	62	67	68	77	68	99	97	79	95
Cu	64	50	61	60	76	51	29	62	96	58	59	104	59	82	51	32
Pb	15	17	9	15	19	24	14	25	24	29	12	19	18	25	15	16
Zn	73	84	65	79	70	75	79	60	59	66	77	70	59	79	70	73
W	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Mo	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Rb	77	81	48	74	66	63	73	109	69	70	78	73	202	60	90	78
Ba	811	927	703	840	842	856	710	846	802	809	803	778	1294	774	790	737
Sr	805	791	936	774	797	864	627	634	843	824	715	831	754	815	619	598
Nb	2	5	5	2	2	6	8	13	6	6	3	4	8	7	9	8
Zr	122	148	127	106	120	107	142	149	121	112	102	127	97	123	149	127
Y	16	16	12	16	16	15	17	18	14	15	15	15	25	16	19	18
Th	2	4	2	2	3	2	2	11	1	3	4	2	1	5	5	5
U	1	-	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
Ce	10	29	33	45	19	12	10	30	23	32	27	22	14	29	12	33

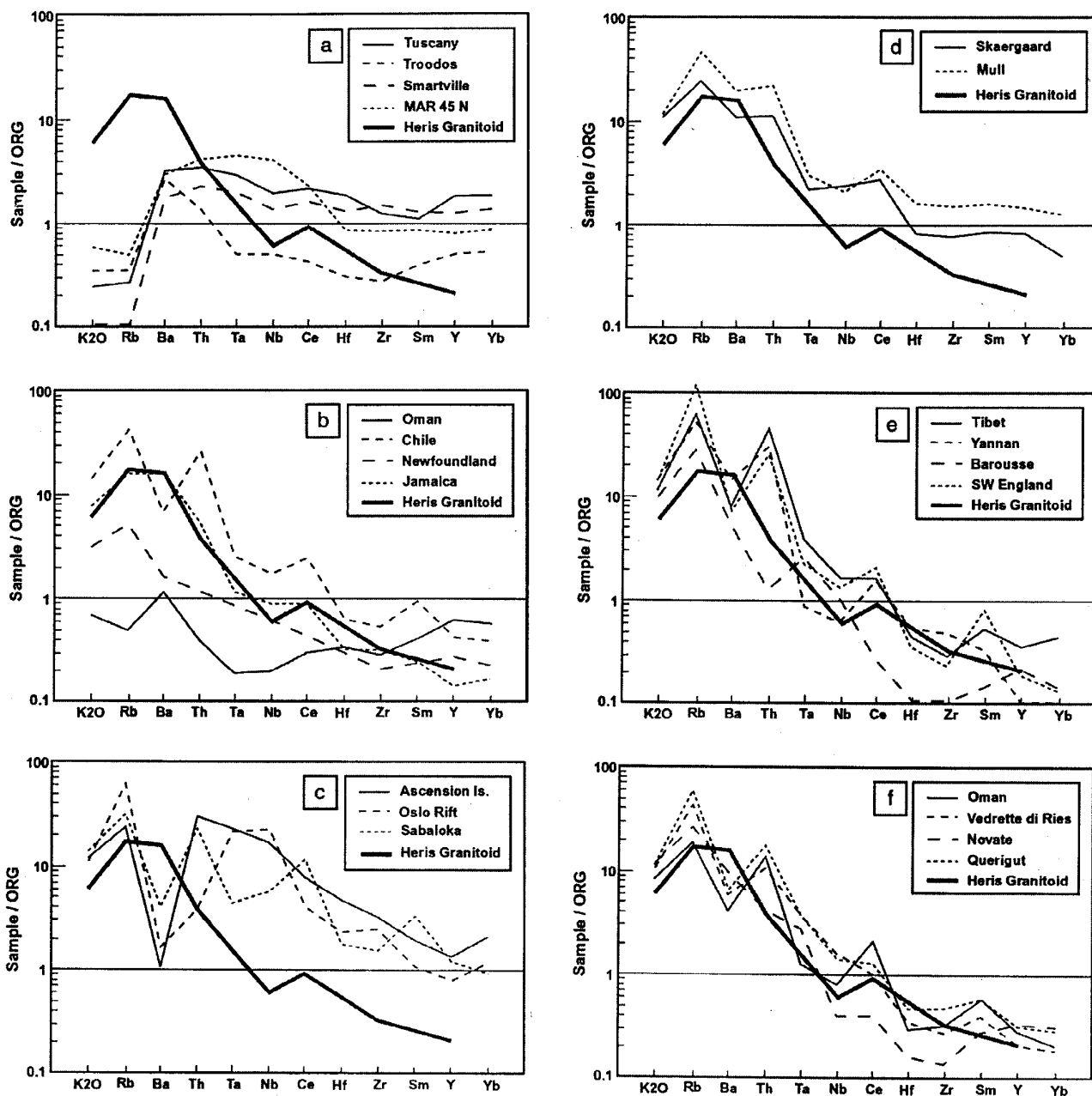
Modal Composition (V%)	4	21	22	3	7	7	10	19	19	11	5	16	2	3	14	3
Quartz	4	21	22	3	7	7	10	19	19	11	5	16	2	3	14	3
Plagioclase	72	58	54	78	75	61	67	55	57	64	77	53	77	75	54	77
Alkali feldspar	9	11	14	4	3	19	10	16	14	12	3	18	6	7	19	5
Chloropyroxene	3	4	3	3	4	4	4	4	4	5	3	5	-	4	4	4
Amphibole	4	-	-	4	2	1	1	-	-	-	4	-	3	2	1	2
Biotite	1	-	-	-	3	2	1	1	1	1	-	1	1	1	2	-
Opaque	3	2	2	3	3	3	3	2	2	3	3	3	3	2	3	2
Seco. and Acces. minerals	4	4	5	5	3	3	4	3	3	4	5	4	8	6	3	7
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100



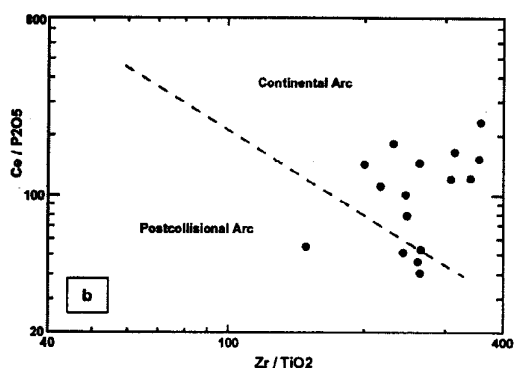
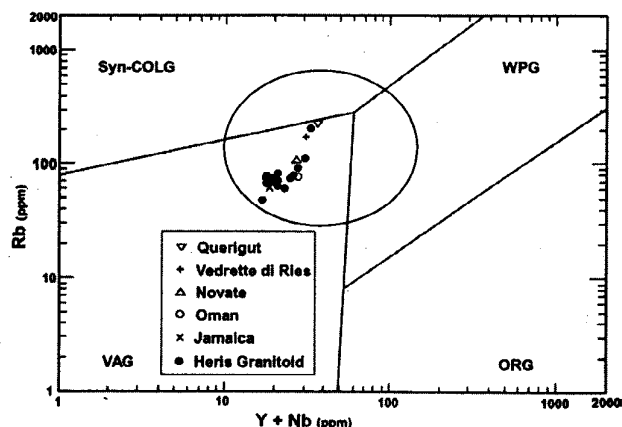
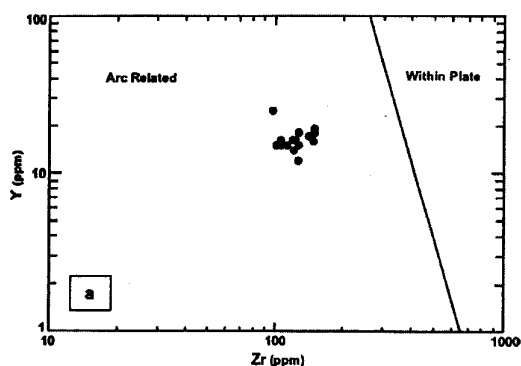
شکل ۱۰- نمودار (Le Maitre et al., 1989) برای تعیین میزان پتاسیم در گرانیتوید خاور هریس.



شکل ۱۱- موقعیت سنگ‌های گرانیتویدی منطقه مورد مطالعه در نمودارهای گام به گام (Maniar & Piccoli 1989) که بر اساس اکسیدهای عناصر اصلی استوار است. گرانیتویدهای کوهزایی شامل: IAG (گرانیتوید جزایر کمانی)، CAG (گرانیتوید کمان قاره‌ای)، CCG (گرانیتوید برخورد قاره‌ای)، POG (گرانیتوید پس کوهزایی)؛ و گرانیتویدهای ناکوهزایی شامل: RRG (گرانیتوید مرتبط با کافت)؛ CEUG (گرانیتوید بالاآمدگی خشکی‌زایی قاره‌ای)؛ OP (پلاژیوگرانیت اقیانوسی).



شکل ۱۲- الگوهای ژئوشیمیایی بهنجارسازی شده به ORG برای برخی گرانیتوئیدهای شاخص دنیا و مقایسه آنها با گرانیتوئید خاور هریس. (a) گرانیت‌های پشته اقیانوسی؛ (b) گرانیت‌های کمان آتشفشانی؛ (c) گرانیت‌های درون صفحه‌ای؛ (d) گرانیت‌های درون صفحه‌ای (سنگ کره قاره‌ای تحلیل رفته)؛ (e) گرانیت‌های همزمان با برخورد؛ (f) گرانیت‌های پس از برخورد (Pearce et al., 1984).



شکل ۱۳- نمودار (Y+Nb) در برابر Rb که در آن موقعیت برخی گرانیتوئیدهای پس از برخورد شاخص دنیا، گرانیتوئید کمان آتشفشانی جامائیکا و گرانیتوئید منطقه مورد مطالعه نشان داده شده است. محدوده بیضی شکل موقعیت گرانیتوئیدهای پس از برخورد را نشان می‌دهد. گرانیت همزمان با برخورد (Syn-COLG)؛ گرانیت کمان آتشفشانی (VAG)؛ گرانیت درون صفحه‌ای (WPG)؛ گرانیت پشته اقیانوسی (ORG)؛ (Pearce et al., 1984).

شکل ۱۴- محیط زمین ساختی سنگهای گرانیتوئیدی خاور هریس بر اساس نمودار Zr در برابر Y (a) و نمودار Zr/TiO<sub>2</sub> در مقابل Ce/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (b) (Muller & Groves, 1997).

### کتابنگاری

- افتخار نژاد، ج.، ۱۳۵۹- تفکیک بخشهای مختلف ایران از نظر وضع ساختمانی در ارتباط با حوزه‌های رسوبی. نشریه انجمن نفت، شماره ۸۲، صفحه ۲۸-۱۹.
- توحیدی زرتق، ف.، ۱۳۷۹- بررسی پترولوژی و زمین‌شناسی سنگهای آذرین منطقه شیشه (توده نفوذی دوه سراغ - شمال شرق اهر). رساله کارشناسی ارشد، گرایش پترولوژی، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز.
- سفیدی، م.، ۱۳۸۱- مطالعه پترولوژیکی سنگهای آذرین منطقه مهمان (جنوب شرق قره‌چمن). رساله کارشناسی ارشد، گرایش پترولوژی، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز.
- زمانی، ر.، ۱۳۷۹- بررسی پترولوژی و پتروگرافی سنگهای آذرین نفوذی اطراف روستای خان باز (شمال غرب مشکین شهر). رساله کارشناسی ارشد، گرایش پترولوژی، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز.
- عیوض خانی، م.، ۱۳۷۶- بررسی پتروگرافی و پتروژنز توده نفوذی ونه آباد (شمال شرق اهر)، رساله کارشناسی ارشد، گرایش پترولوژی، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز.
- طلایی دولتی، ر.، ۱۳۷۶- مطالعه زمین‌شناسی و پتروشیمیایی سنگهای پلوتونیک و ولکانیک توده‌های جنوب غرب مشکین شهر در ارتباط با ژئوس و مولیدن. رساله کارشناسی ارشد، گرایش پترولوژی، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز.
- نبوی، م.، ح.، ۱۳۵۵- دیباچه‌ای بر زمین‌شناسی ایران. سازمان زمین‌شناسی کشور. ۱۰۹ صفحه.

## References

- Barbarin, B., 1999- A review of the relationships between granitoid types, their origins and their geodynamic environments. *Lithos*, 46: 605-626.
- Chappel, B. W. and White, A.J.R., 1974 - Two contrasting granite types, *Pacific Geology*, 8: 173-174.
- Didier, J., Duthou, J.L., and Lameyre, J., 1982 - Mantle and crustal granites: genetic classification of orogenic granites and the nature of their enclaves. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 14: 125-132.
- Dercourt, J., Zonenshain, L.P., Ricou, L.E., Kazmin, V.G., Le Pichon, X., Knipper, A.L., Grandjacquet, C., Sbertshikov, I.M., Geysant, J., Lepvrier, C., Pechersky, D.H., Boulin, J., Sibuet, J.C., Savostin, L.A., Sorokhtin, O., Westphal, M., Bazhenov, M.L., Lauer, J.P., and BiJu Duval, B., 1986. Geological evolution of the Tethys belt from the Atlantic to the Pamirs Since the Lias. *Tectonophysics*, 123: 242-315.
- Dorais, M. J., Whitney, J. A. and Rodon, M. F., 1990- Origion of mafic enclaves in the Dinkey Creek Pluton, Central Sierra Nevada Batholith, California. *J. Pet.*, 31: 853-881.
- Harris, N. B. W. , Duyverman, H. J., & Almond, D. C., 1983- The trace element and isotopic geochemistry of the Sabaioka igneous complex. *Sudan. J.geol. Soc. Lond.* 140: 245-256.
- Irvine, T.N. and Baragar. W.R.A., 1971- A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Canadian Journal of Earth Sciences* 8: 523-548.
- Le Maitre, R.W., 1989- A classification of Igneous rocks and Glassory of terms, Blackwell. Oxford. 193 p.
- Maniar, P.O., and Piccoli, P.M., 1989- Tectonic discrimination of granitoids. *Geol. Soc. Am. Bull.* 101: 635-643.
- Middlemost, E. A. K., 1994 - Naming materials in the magma and igneous rock system. *Earth. Sci. Rev.* 37: 215-224.
- Miyashiro, A., 1974 - Volcanic rock series in island arcs and active continental margins. *Am. J. Sci.* 274: 321-355.
- Muller, D., Groves, D. I., 1997- Potassic igneous rocks and associated gold– copper mineralization, Sec. Updated. Springer Vrelag. 242pp.
- O’connor, J.T., 1965 - A classification for quartz-rich igneous rock based on feldspar ratios. *U. S. Geol. Surv. Prof. Paper* 525B, B79-B84.
- Pearce, J.A., Hariss, N.B.W. and Tindle, A.G., 1984 - Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *Journal of Petrology.* 25: 956-983.
- Pearce, J., 1996- Sources and settings of granitic rocks. *Episodes*, vol. 19, No. 4.
- Philpotts, A. R., 1991- Principles of igneous and metamorphic petrology. Prentice Hall, Englewood cliffs. New Jersey. 498pp.
- Pitcher, W.S., 1982- Granite types and tectonic environment: Ch. 1-3, pp. 19-40 in Hsu, K.J. (ed.), *Mountain Building Processes*, Academic Press. London.
- Sack, R.O., Carmichael, I.S.E., Rivers, M. & Chiorso, M.S., 1980- Ferric-Ferrous equilibria in natural silicates liquids at 1bar, *C.M.T.*75: 369-76.
- Shelley, D., 1993- Igneous and metamorphic rocks under the microscope. Chapman & Hall.
- Stampfli, G.M., 1978- Etude gelogique general l’lboarz oriental au sude Gonbad-e-Qabus. *Iran. These Geneve*, 329 p.
- Stocklin, J., 1977- Structural corrolation of Alpain ranges between Iran and central Asia. *Memorie horse seris*, No 8dela Soc. *Geol. De France*, 8: 333-353.
- Streckeisen, A. and Le Maitre, R.W., 1979- A chemical approximation to the modal & APF classification of the igneous rocks. *Neues Jb. Mineral. Abh.* 136: 169-206.
- Sutcliffe, R.H., Smith, A.R., and Doherty, W. 1990- Mantle derivation of Archean amphibole- bearing granitoid and associated mafic rocks: evidence from the Southern Superior Province, Canada. *Contrib. Min. Petr.* 105: 255-747.
- Vernon, R.H., 1990- Crystallization and hybridism in microgranitoid enclave magmas: Microstructural evidence. *J. Geophys. Res.* 95: 17849-17859.
- Whalen, J. B., Currie, K. L., and Chappell, B. W., 1987- A–type granites: geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis. *Contrib. Min. Pet.*, 95: 407-419.

\* گروه زمین‌شناسی دانشگاه تبریز

\* Dept. Of Geology, Faculty of Natural Sciences, University of Tabriz, Iran