

پetroگرافی، ژئوشیمی و محیط زمین ساختی - ماگمایی توده گرانیتوئیدی حاجی آباد (جنوب بوئین زهرا)

الهام صفرزاده، منصور وثوقی عابدینی، منصور قربانی

گروه زمین شناسی، دانشگاه شهیدبهشتی، تهران، ایران

تاریخ پذیرش: ۸۸/۴/۲۱

تاریخ دریافت: ۸۶/۱۲/۵

چکیده

مقدمه: توده گرانیتوئیدی حاجی آباد با وسعت تقریبی ۹۰ کیلومتر مربع در ۱۳۵ کیلومتری جنوب غرب تهران ۷، کیلومتری جنوب شهرستان بوئین زهرا واقع شده است. این توده با سن تقریبی 39.2 ± 3.2 میلیون سال^(۱) در بخش مرکزی زون ارومیه - دختر تزریق و جایگزین شده است.

هدف: در این مقاله به بررسی دقیق سنگ شناسی توده نفوذی مذکور، جنبه های ژنتیکی و تکنوماگمایی توده فوق براساس تحقیقات جدیدی که تا کنون بر روی این گونه سنگ ها انجام گرفته است پرداخته ایم.

روش بررسی: برای انجام این پژوهش ابتدا بررسی های صحرایی و نمونه برداری در منطقه صورت گرفت. با استفاده از روش XRF تجزیه عناصر اصلی و فرعی به عمل آمد و به روش XRD جهت بررسی های کانی شناسی تجزیه به عمل آمد.

نتایج: توده نفوذی حاجی آباد دارای طیف ترکیبی سینوگرانیت، مونزوگرانیت و گرانودیوریت و گرانوفیر می باشد ($\text{SiO}_2 = 63-72 \text{wt}\%$). از لحاظ سری ماگمایی از نوع کالک آلکالن پتاسیم متوسط تا بالا و از لحاظ شاخص اشباع از آلومین، متآلومین می باشد و از نوع گرانیتوئیدهای تیپ I و معادل سری مگنتیتی هستند از لحاظ جایگاه تکتونیکی جزو گرانیتوئیدهای CAG قوس قاره ای و دیاگرام های مختلف تمایز محیط تکتونیکی نیز جایگاه گرانیتوئیدهای قوس های آتشفشانی (VAG) حاشیه قاره را برای آنها محرز می نمایند.

نتیجه گیری: این توده نفوذی در یک محیط کوهزایی مرتبط با رژیم فرورانشی و همزمان با برخورد تشکیل شده است (در جریان فرورانش لبه اقیانوسی نوتتیس به سمت شمال در مزوزوئیک پیشین - سنوزوئیک) شواهد صحرائی، پتروگرافی و ژئوشیمی حاکی از آن است که فرایندهای تفریق ماگمایی در تشکیل این توده نقش بارزی ایفا نموده است.

واژه های کلیدی: حاجی آباد، زون ارومیه-دختر، متآلومین، گرانیتوئید تیپ I

مقدمه

توده نفوذی حاجی آباد بین محدوده طولهای جغرافیایی ۴۹ درجه و ۵۶ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۳ دقیقه شرقی و عرضهای جغرافیایی ۳۵ درجه و ۳۴ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۳۹ دقیقه شمالی و به مساحت تقریبی ۹۰ کیلومتر مربع در ۱۳۵ کیلومتری جنوب غرب تهران، ۷ کیلومتری جنوب شهرستان بوئین زهرا قرار دارد. این منطقه براساس تقسیم بندی ساختارهای اصلی که توسط نوگل سادات تهیه شده^(۱) جزئی از یک واحد زمین ساختی ماگمایی مهم با عنوان مجموعه ماگمایی ارومیه - دختر می باشد (شکل ۱). فعالیت ماگمایی این کمان از ائوسن شروع شده و تا کواترنر ادامه یافته است.^(۳) به طور کلی در نواحی مختلف ایران مرکزی پلوتونیزم ائوسن - میوسن به صورت گرانیت تا گابرو مشاهده می شود. توده فوق، که جزو مجموعه گرانیت تا دیوریت اشتهارد - ساوه (الیگوسن آغازی) می باشد، نیز از آن جمله است. سنگ نگاری و روابط صحرایی سنگهای آذرین منطقه توسط محققان مختلف در سالهای دور مورد بررسی قرار گرفته است.^(۵) از آنجائی که توده های گرانیتوئیدی حجم قابل توجهی از ماگماتیزم منطقه مورد مطالعه را تشکیل می دهند، لذا جهت روشن شدن وضعیت ماگماتیزم و مسائل تکتنوماگمایی منطقه، بررسی مسائل سنگ شناسی توده های مزبور ضرورت می یابد، براین اساس توده نفوذی حاجی آباد به عنوان بخشی از توده های گرانیتوئیدی منطقه برای مطالعات دقیق تر و بررسی ویژگی های پترولوژیکی انتخاب گردید.

زمین شناسی ناحیه

منطقه مورد مطالعه بخشی از نقشه زمین شناسی چهارگوش ساوه^(۲) (شکل ۲)، نقشه زمین شناسی اشتهارد^(۳) و نقشه زمین شناسی دانسفهان^(۴) می باشد. در این منطقه سازندهای قدیمی تر از ائوسن رخنمون ندارد و سنگهای ائوسن میانی کهن ترین سنگهای دارای رخنمون در این منطقه اند. به طور کلی ولکانیزم در ائوسن زیرین آغاز و سپس در ائوسن میانی به بالاترین مرز تکاپوی خود می رسد و سرانجام در پایان ائوسن به تدریج تحلیل می رود. ولکانیزم در ائوسن زیرین و میانی به طور عمده اسیدی است و در ائوسن بالای از اسیدی به سمت میانه تا بازیک تغییر می کند. در فاز پیرنه ئن در اواخر ائوسن - اوایل الیگوسن منطقه تحت تاثیر چین خوردگی و بالا آمدگی عمومی همراه با تزریق توده های نفوذی با ترکیب گرانیتی تا دیوریتی قرار می گیرد که واحدهای ائوسن بالای و میانی را قطع می کنند. توده مورد مطالعه نیز جزو این توده ها بوده و در شمال روستای حاجی آباد واقع شده است، از شمال به آبرفت های کواترنر و توده های ولکانیکی و از شرق و غرب و جنوب نیز با توف و سنگهای ولکانیکی

متنوع محصور شده است (شکل های ۲ و ۳). مرز بین توده و سنگ های ولکانیکی بویژه آندزیت بازالتی در بخش شرقی و سنگ های آذرآواری در بخش جنوبی کاملاً مشخص است. نفوذ توده حاجی آباد در این سنگ ها بدلیل کم بودن اختلاف دمای تشکیل، دگرگونی شاخصی که منجر به ایجاد کانی ها، ساخت ها و بافت های شاخص دگرگونی شود نشده است و فقط محدود به جهت یافتگی جزئی در این سنگ ها شده است. توده نفوذی حاجی آباد به صورت مجموعه تپه های کم ارتفاع می باشد، سنگ های ولکانیکی اطراف دارای ارتفاع بیشتری می باشند، که در اثر فرسایش حالت قله قله که فرسایش خاص سنگ های گرانیتی است در آن دیده می شود. این توده از نظر پتروگرافی متشکل از گرانودیوریت و گرانیت به همراه فیلون هائی از آپلیت و انکلاوهای ولکانیکی است. قسمت عمده توده را مونزوگرانیت ها تشکیل می دهند که بیشتر در بخش های مرکزی توده تمرکز دارند و سپس گرانودیوریت ها فراوان تر هستند و بیشتر در بخش جنوبی توده متمرکز هستند. در بخش کوچکی از توده سنگ هایی با ترکیب کوارتز گابرو رخنمون دارند که بازیک تر از توده گرانیتوئیدی بوده و با توجه به این که هیچ سنگ حد واسطی بین کوارتز گابرو و گرانیتوئیدها در منطقه دیده نشده است، احتمالاً دارای ماگمای مولد جدا از ماگمای مولد توده گرانیتوئیدی باشد ($\text{SiO}_2 = 66-69\text{wt}\%$) انکلاوهای ولکانیکی سبز رنگ زاویه دار تا گرد شده از نوع میکروگرانولار فلسیک و مافیک با ترکیب سنگ شناسی میکروگرانودیوریت، کوارتز دیوریت و دیوریت می باشند که در اندازه های ۲-۳۵ سانتی متر توسط سنگ های توده نفوذی دربر گرفته شده اند. این انکلاوها بسیار فراوان هستند، ولی با این وجود فقط ۱ تا ۲ درصد حجم توده نفوذی را به خود اختصاص داده اند، دارای ساخت آفانتیک بوده و مربوط به ائوسن می باشند، ترکیب آن ها مشابه با سنگ های ولکانیکی اطراف توده است (شکل ۴). دایکهای آپلیتی که ناشی از تفریق ماگمای گرانیتوئیدی می باشند به صورت رگه هایی به رنگ صورتی روشن با ضخامت های متفاوت در بخش های مختلف هم در حاشیه و هم در مرکز توده دیده می شوند، از نظر کانی شناسی مشابه سنگ های توده نفوذی بوده و فقط از نظر بافتی ریز بلورمی باشند.

مواد و روش ها

برای انجام این پژوهش ابتدا بررسی های صحرایی و نمونه برداری در منطقه به صورت پروفیل های افقی و عمودی صورت گرفت (شکل ۳) که بیش از ۱۷۰ نمونه دستی برداشت گردید و از این تعداد ۱۰۵ نمونه جهت مطالعات سنگ شناسی (مقطع نازک)، ۲۸ نمونه جهت تعیین مقدار حجمی فلدسپات آلکالن (رنگ آمیزی) و ۵ نمونه نیز برای شناسایی کانی های فلزی (مقطع صیقلی) مورد بررسی قرار گرفت. همچنین از ۱۶ نمونه به روش XRF در آزمایشگاه کانساران بینالود تجزیه عناصر اصلی و فرعی (جدول ۱) و ۴ نمونه نیز به روش XRD جهت بررسی کانی شناسی تجزیه به عمل آمد.

نتایج و بحث

پتروگرافی توده نفوذی حاجی آباد: توده نفوذی حاجی آباد دارای طیف ترکیبی سینوگرانیت، مونزوگرانیت و گرانودیوریت و گرانوفیر می باشد و در بخش های کوچکی از توده سنگ هائی بازیک تر با ترکیب کوارتز گابرو

داریم. این سنگ‌ها در رخنمون صحرایی کم و بیش دگرسانی نشان می‌دهند، در زیر به توصیف این سنگ‌ها می‌پردازیم:

سینوگرانیت ها: بخش کوچکی از توده مورد مطالعه را تشکیل می‌دهند و بیشتر در بخشهای شمالی توده تمرکز یافته اند. این سنگ‌ها هولوکریستالین بوده و ضریب رنگینی آنها با سنگ‌های لوکوکرات مطابقت دارد. اغلب دارای بافت گرانولار دانه متوسط تا دانه ریز می‌باشند (چند دهم میلیمتر تا ۳ میلیمتر). بافت گرافیکی که از هم رشدی کوارتز و فلدسپات آلکالن حاصل شده است در قسمت‌هایی از مقطع دیده می‌شود. کانی‌های اصلی آنها شامل کوارتزهای ریزدانه در حد ۰/۸ میلیمتر (براساس آنالیز مودال ۲۹-۳۵ درصد حجمی سنگ را تشکیل می‌دهند)، ارتوز و ارتوز پرتیتی بی شکل تا نیمه شکل دار (۳۰-۳۵wt%) و پلاژیوکلاز شکل دار تا نیمه شکل دار در اندازه‌های ۰,۹ تا ۳,۳ میلیمتر (۱۸-۲۱wt%)، کانی‌های فرعی از نوع بیوتیت (۱,۵-۳wt%)، آمفیبول (و اپک، کانی‌های جزئی از نوع اسفن (۰,۲-۱wt%) و آپاتیت (۰,۱-۱wt%) می‌باشد. در این سنگ‌ها پلاژیوکلازها دارای ماکل پلی سنتتیک بوده و بر اساس اندازه گیری‌های عمل آمده با استفاده از روش میشل لوی و اندازه گیری زاویه خاموشی دارای ترکیب الیگوکلاز هستند و در برخی قسمت‌ها پلاژیوکلازها دارای ساخت منطقه بندی می‌باشند که با توجه به ویژگی‌های نوری از نوع منطقه بندی عادی می‌باشند. در پلاژیوکلازهای دگرسان شده سریسیت و کانی‌های رسی و کلسیت دیده می‌شود. فلدسپات‌های پتاسیم نیز با ماکل کارلسباد و بافت پرتیتی مشاهده می‌گردند که به کانی‌های رسی تجزیه شده اند. (شکل ۵) آمفیبول‌ها نیز با توجه به ویژگی‌های نوری از نوع هورنبلند تشخیص داده شده اند که تبدیل شدگی به کلریت و بیوتیت از خود نشان می‌دهند. بیوتیت و اسفن به صورت اولیه و ثانویه (حاصل تجزیه کانی‌های فرومنیزین) دیده می‌شوند، بیشتر اسفن‌هایی که در اطراف بیوتیت‌ها دیده می‌شوند فاقد شکل مشخص می‌باشند (اسفن ثانویه حاصل آلتراسیون بیوتیت). آپاتیت‌ها نیز اغلب به صورت ادخال در پلاژیوکلازها دیده می‌شوند.

مونوزوگرانیت ها: بخش اعظم توده را تشکیل داده و در بیشتر بخشهای توده به ویژه در بخش مرکزی رخنمون دارند. در سطح تازه رنگ خاکستری روشن دارند. بافت غالب این سنگ‌ها گرانولار است و بافت‌های گرافیکی و میرمیکیتی نیز گاهی دیده می‌شود. کانی‌های اصلی آن شامل کوارتز (۲۱-۳۶ wt%)، پلاژیوکلاز (۲۰-۳۶wt%)، ارتوز و ارتوز پرتیتی (۲۲-۳۳wt%)، کانی‌های فرعی از نوع هورنبلند سبز (۰,۱-۶wt%)، بیوتیت (۰,۱-۸ wt%) و اپک، کانی‌های جزئی از نوع آپاتیت (به صورت ادخال درون پلاژیوکلاز)، اسفن و اپیدوت که در مجموع ۲ درصد کانی‌ها را تشکیل می‌دهند. پلاژیوکلازها در این سنگ‌ها از نوع الیگوکلاز - آندزین بوده (با توجه به ویژگی‌های نوری) به صورت شکل دار تا نیمه شکل دار (۰,۸-۴,۵mm) دارای ماکل اولیه پلی سنتتیک و در برخی نمونه‌ها دارای ماکل پری کلین می‌باشند (شکل ۶). پلاژیوکلاز با ساخت منطقه ای در اکثر مقاطع دیده می‌شود در مقاطع میکروسکوپی مورد مطالعه مرکز پلاژیوکلازهای زونه ای بیشتر از حاشیه آن‌ها تجزیه و دگرسانی نشان می‌داد که این امر در نتیجه اختلاف شیمیائی مرکز با حاشیه بلور و کلسیک تر بودن مرکز پلاژیوکلازها نسبت به حاشیه و سدیک تر بودن حاشیه آن است در نتیجه با توجه به سایر ویژگی‌های نوری آن‌ها منطقه بندی از نوع عادی می‌باشد (شکل ۷). پلاژیوکلازها در اثر دگرسانی تا حدی سریسیتی، رسی و کربناتی و

اپیدوتی شده اند. فلدسپات‌های آلکالن دارای ماکل کارلسباد و بافت پرتیتی اکثراً از نوع ارتوز بوده و به ندرت از نوع میکروکلین می باشند و در اثر دگرسانی به کانی های رسی تبدیل شده اند. هم‌رشدی کوارتز و فلدسپات آلکالن در این سنگ ها ندرتاً دیده می شود. کوارتزها به صورت بی شکل تا نیمه شکل دار (۰,۵-۱,۵mm) فضای بین دانه ها را پر کرده اند. هورنبلندها در اثر دگرسانی بیوتیتی و کلریتی شده اند. بیوتیت ها به صورت اولیه و ثانویه، حاصل تجزیه آمفیبول، در مقطع دیده می شوند که در برخی قسمت‌ها ادخال‌هایی از کانی های اپک در آنها دیده می شود و در اثر دگرسانی تبدیل شدگی به کلریت پنین و اکسید آهن از خود نشان می دهند.

گرانودیوریت‌ها: بعد از مونزوگرانیت ها فراوان‌ترین سنگ‌های دارای رخنمون در توده مورد مطالعه می باشند. این سنگ ها در نمونه دستی به رنگ خاکستری روشن دیده می شوند. بافت غالب آن‌ها گرانولار دانه متوسط می باشد بافت پوئیکلیتیک نیز به صورت جزئی در آن‌ها دیده می شود. کانی های اصلی این سنگ ها شامل کوارتز (۲۳-۲۷wt%)، پلاژیوکلاز (۳۶-۴۴wt%)، فلدسپات آلکالن (ارتوز) (۱۰-۱۸wt%) می باشد. کانی های فرعی شامل و هورنبلند سبز (۴-۸wt%)، بیوتیت (۰,۱-۳,۵wt%)، اپک و کانی های جزئی از نوع زیرکن، اسفن، آپاتیت و اپیدوت می باشد. پلاژیوکلازها با توجه به خصوصیات نوری ترکیب الیگوکلاز تا آندزین داشته و برخی از آن‌ها دارای منطقه بندی عادی بوده و در قسمت‌هایی از نمونه ها تبدیل شدگی به سریسیت، کلسیت و اپیدوت نشان می دهند. فلدسپات های آلکالن از نوع ارتوز پرتیتی می باشد و بیشتر به صورت یک فاز تاخیری رشد نموده و در نتیجه سایر کانی ها از جمله پلاژیوکلاز و هورنبلند را در برگرفته است به همین دلیل اکثراً بی شکل بوده و اندازه بلورهای آن از چند دهم میلیمتر تا چند میلیمتر متغیر است تا اندازه ای نیز به کانی های رسی تجزیه شده اند. اپیدوتها به صورت قطعات بی شکل و ریزدانه یافت می شوند و حاصل آلتراسیون پلاژیوکلازها می باشند، زیرکن به صورت ادخال در درون بیوتیت و سوزن‌های ریز آپاتیت نیز به صورت ادخال در درون پلاژیوکلاز و کوارتز دیده می شوند (شکل ۸).

گرانوفیر: سنگ‌های دانه متوسط هستند که بافت میکرو گرافیکی و گرانوفیریک دارند (شکل ۹). ترکیب آنها از مونزوگرانیت تا سینوگرانیت متغیر است. در نمونه دستی در سطح تازه این سنگ‌ها به رنگ سفید تا خاکستری روشن هستند. اندازه دانه های این نمونه ها کوچک‌تر از گروه‌های قبلی است. کانی های اصلی این سنگ ها شامل کوارتز، ارتوز، پلاژیوکلاز (الیگوکلاز) و کانی های فرعی از نوع پیروکسن (اوژیت) بیوتیت و آمفیبول و کانی های جزئی آن شامل اسفن، آپاتیت و اپیدوت می باشد. کانی های ثانویه از نوع سریسیت و کلسیت (حاصل دگرسانی پلاژیوکلازها)، بیوتیت و کلریت (از دگرسانی آمفیبول، پیروکسن) هستند. پلاژیوکلازها در برخی قسمت‌ها هم‌رشدی کمی با کوارتز دارد که البته در حد میرمکیتی شدن نمی باشد. آمفیبول فراوان‌ترین کانی مافیک در گرانوفیرها است به صورت شکل دار (چند وجهی های ناقص) تا سوزنی شکل یافت می شوند در اثر دگرسانی به بیوتیت و کلریت تجزیه شده اند، این دگرسانی بیشتر در آمفیبول های سوزنی دیده می شود. پیروکسن ها با توجه به خصوصیات نوری از نوع اوژیت بوده و دارای ماکل دوقلولوی می باشند که به صورت شکل دار (هشت وجهی های ناقص) و بدون شکل و گرد شده در برخی از نمونه های گرانوفیر دیده می شوند و احتمالاً در مکان‌هایی که عمل آرایش با سنگ‌های ولکانیکی صورت گرفته مشاهده می شود.

کوارتز گابرو: این سنگ‌ها هولوکریستالین، دانه متوسط و لوکوکرات هستند. رنگ آن‌ها در نمونه دستی خاکستری روشن متمایل به سبز می باشد، حجم آنها نسبت به توده گرانیتوئیدی بسیار کم بوده و فقط در بخش کوچکی از شمال توده رخنمون دارند. دارای بافت گرانولار هستند کانی های اصلی شامل پلاژیوکلاز (۵۱-۴۹ wt%)، کوارتز (۱۷-۱۴ wt%)، پیروکسن (۱۷-۱۵ wt%) می باشد، کانی های فرعی شامل آمفیبول (هورنبلند سبز) (۷ wt%) و اپک (۱ wt%) و کانی های ثانویه از نوع بیوتیت، کلریت، اسفن، سریسیست، کربنات می باشد. پلاژیوکلازها با توجه به خواص نوری از نوع الیگوکلاز بوده و نسبت به سنگ‌های گرانیتی سالمتر هستند و دگرسانی کمتری را تحمل کرده اند در برخی قسمت‌ها سریسیستی، رسی و کربناتی شده اند. پیروکسن ها به صورت شکل دار (هشت وجهی با دو سیستم رخ ۹۰ درجه) و گرد شده دیده می شوند، با توجه به ویژگی های نوری و مطالعه با یونیورسال استیج از نوع دیوپسید بوده ($2V=59-60^\circ$ و $nz:c=40-45$) و در اثر دگرسانی در برخی قسمت‌ها تبدیل شدگی به بیوتیت و کلریت نشان می دهند.

کانی های اپک با توجه به مطالعه بر روی مقاطع صیقلی اکثراً از نوع مگنتیت بوده و در اکثر مقاطع میکروسکوپی دیده می شوند که نشان دهنده فوگاسیته بالای اکسیژن در زمان تبلور آن‌ها است. دو نسل بیوتیت در مقاطع میکروسکوپی قابل تشخیص است:

- ۱- بیوتیت هایی که مستقل از کانی های مافیک مثل هورنبلند و پیروکسن بوده و در مجاورت آن‌ها دیده نمی شوند که می توان آن‌ها را اولیه و حاصل تبلور ماگما دانست.
- ۲- بیوتیت هایی که اکثراً در ارتباط با هورنبلندها بوده و حتی در برخی موارد انکلزیون‌هایی از آن‌ها را به همراه داشته این نسل را می توان حاصل دگرسانی هورنبلندها محسوب کرد.

دایک‌های آپلیتی: آپلیتها در نمونه دستی دارای رنگ سفید متمایل به زرد می باشند تمام بلورین و دانه ریز هستند. دارای بافت گرانولار ریزدانه، گرانوفیریک و پورفیروئیدی هستند اکثر کانی های این سنگ‌ها بی شکل و دانه ریز می باشند. کانی های اصلی آن شامل ارتوز، پلاژیوکلاز با ترکیب آلبیت-الیگوکلاز، کوارتز و کانی های فرعی بیوتیت، آمفیبول (هورنبلندسبز) و آپاتیت می باشد. ارتوزها که سازنده اصلی آپلیت ها هستند تا حدی سریسیستی و رسی شده اند. پلاژیوکلازها دانه متوسط تا دانه ریز با ماکل پلی سنتتیک بوده که سریسیستی شده اند. کوارتزها بی شکل بوده و فضاهای بین دانه ای را پر کرده اند و دارای حواشی مضررس می باشند، در برخی قسمت‌ها در اثر هم‌رشدی با ارتوز بافت گرانوفیری ایجاد کرده اند. آمفیبول ها به صورت سوزنهای ریز و پراکنده در فضای بین کانی ها دیده می شوند که در اثر دگرسانی بیوتیتی و کلریتی شده اند.

نامگذاری: برای رده بندی نمونه های سنگی منطقه مورد مطالعه از نتایج تجزیه مودال و شیمیایی استفاده شده است (جدول ۱). در نامگذاری مودال از نمودار اشتريکایزن^(۱) و در نامگذاری شیمیایی از نمودار کاکس و همکاران^(۲) براساس پارامترهای R1, R2 و نمودار دلاروش و همکاران (۱۹۸۰)^(۳) براساس در صد وزنی اکسیدهای قلیایی و سیلیس استفاده شده است (شکل های ۱۱ و ۱۲). که غالباً در محدوده های گرانیت (سینوگرانیت و مونزوگرانیت) گرانودیوریت و کوارتز گابرو واقع شده اند. برای شمارش دقیق تر فلدسپات آلکالن در نامگذاری مودال، از روش

رنگ آمیزی فلدسپات آلکالن به وسیله نیترات سدیم کبالت استفاده کرده ایم که آلکالی فلدسپات‌ها به رنگ زرد درآمده اند (شکل ۱۰).

ژئوشیمی: نتایج تجزیه شیمیایی عناصر اصلی، جزئی و خاکی کمیاب ۱۶ نمونه از سنگ‌های توده نفوذی حاجی آباد در جدول ۱ آورده شده است. به منظور بررسی ارتباط ژنتیکی میان نمونه‌ها، از نمودارهای تغییرات اکسیدهای عناصر اصلی و کمیاب در مقابل SiO_2 استفاده شد.^(۱۰) ترتیب قرار گیری سنگ‌ها در نمودارها، اگرچه به دلیل دگرسانی پراکندگی جزئی نشان می‌دهند، نمایانگر وجود هم‌خوانی و قرابت سنگ‌های توده نفوذی حاجی آباد و تشکیل آن‌ها از یک ماگما در اثر فرایند تفریق است (شکل ۱۳).

با رسم نمودارهای عنکبوتی برای نمونه‌های مورد مطالعه، بررسی و مطالعه آنها نتایج زیر حاصل می‌گردد همان‌گونه که در شکل ۱۴ مشاهده می‌شود در نمونه‌های مورد مطالعه عناصر نادر سبک نسبت به عناصر نادر سنگین غنی شدگی نشان می‌دهند. این مسأله به نرخ ذوب بخشی بستگی دارد هرچه اختلاف مقدار عناصر نادر سبک و سنگین بیشتر باشد درجه ذوب بخشی بیشتر است پس با توجه به الگوی روند کاهش این عناصر در نمودارهای مربوط به نمونه‌های مورد مطالعه می‌توان نتیجه گرفت که درجه ذوب بخشی تشکیل دهنده سنگ‌ها متوسط تا زیاد است.

سری ماگمایی توده نفوذی مورد مطالعه براساس دیاگرام TAS^(۱۱) (شکل ۱۵ الف) و نمودار مثلثی AFM^(۱۱) (شکل ۱۵ ب) از نوع ساب آلکالن (کالکوآلکالن) تعیین شده است. همچنین بر اساس طبقه بندی فورست و همکاران^(۱۲) تمامی نمونه‌های مورد مطالعه در محدوده گرانیت‌های منیزین یا کالکوآلکالن قرار می‌گیرند (۱۹۹۷) (شکل ۱۶). تمامی سنگ‌های توده نفوذی حاجی آباد از نظر درجه اشباع آلومین (ASI)، در محدوده متآلومین قرار دارند (شکل ۱۷). در نمودارهای Pb و P_2O_5 در مقابل SiO_2 ^(۱۳) روند تغییرات این عناصر در مقابل SiO_2 در دو تیپ I و S نشان داده شده است. با توجه به این روندها تمامی نمونه‌های مورد مطالعه از روند تغییرات تیپ I تبعیت می‌کند (شکل ۱۸ b و c). همچنین براساس نمودار K_2O در مقابل Na_2O ^(۱۴) نمونه‌های برداشت شده از این توده نفوذی از نوع I می‌باشند (شکل ۱۸ a).

محیط زمین‌ساختی و ماگمایی

به منظور دست‌یابی به محیط زمین‌ساختی تشکیل توده نفوذی حاجی آباد از نمودار تغییرات پارامترهای R1 و R2 باچلور و همکار (۱۹۸۵)^(۱۵) و نمودار $\text{FeO(T)}/(\text{FeO(T)}+\text{MgO})$ در مقابل SiO_2 مانیار و همکار (۱۹۸۹)^(۱۶) استفاده شد. براساس نمودار باچلور و همکار (۱۹۸۵)^(۱۵) نمونه‌های گرانیتی و گرانودیوریتی در قلمرو گرانیتوئیدهای قبل از برخورد تا همزمان با برخورد قرار می‌گیرند. (شکل ۱۹ الف). در نمودار مانیار و پیکولی^(۱۷) نمونه‌های ذکر شده در قلمرو گرانیتوئیدهای مرتبط با کوهزایی قرار می‌گیرند (شکل ۱۹ ب). مجموع شواهد زمین‌شناسی و ژئوشیمیایی نشان می‌دهد که گرانیتوئیدهای مورد مطالعه از نوع گرانیتوئیدهای قوس قاره‌ای (CAG) می‌باشند. در نمودار Nb در مقابل Y نمونه‌های برداشت شده از توده نفوذی مورد مطالعه در قلمرو VAG و Syn-COLG واقع می‌شوند (شکل ۲۰ الف). و در نمودار Rb در مقابل Y+Nb نیز نمونه‌های ذکر شده در قلمرو VAG قرار می‌گیرند (شکل ۲۰ ب). این موضوع بیانگر آن است که این توده گرانیتوئیدی به احتمال خیلی زیاد حاصل فرورانش

یک ورقه اقیانوسی به زیر یک ورقه قاره ای می باشد که با شرایط زمین شناسی منطقه نیز تطابق دارد، همان گونه که قبلاً ذکر شد، این منطقه جزو کمان ماگمایی ارومیه دختر بوده و این سنگ‌ها نتیجه ماگماتیسیم جزیره کمانی در جریان فرورانش لبه اقیانوسی نئوتتیس به سمت شمال در مزوزوئیک پیشین - سنوزویک می باشند. الگوی عناصر کمیاب نرمالیز شده به ORG (گرانیتوئیدهای پشته های اقیانوسی) در مورد سنگ های مورد مطالعه و مقایسه آن با الگوهای ترسیم شده برای سنگ های گرانیتوئیدی از محیط های مختلف تکتونیک^(۱۷) تطابق خوبی با الگوی گرانیتوئیدهای قوس آتشفشانی (VAG) نشان می دهند (شکل ۲۱). همچنین دیاگرام‌های بهنجار شده عناصر کمیاب و ناسازگار این سنگ‌ها نسبت به کندریت و گوشته اولیه غنی شدگی آنها را از عناصر کمیاب سبک و ناسازگار و تهی شدگی از عناصر کمیاب سنگین را نشان می دهد. این ویژگی از خصوصیات بارز سنگ‌های کالکوالکالن قوس آتشفشانی

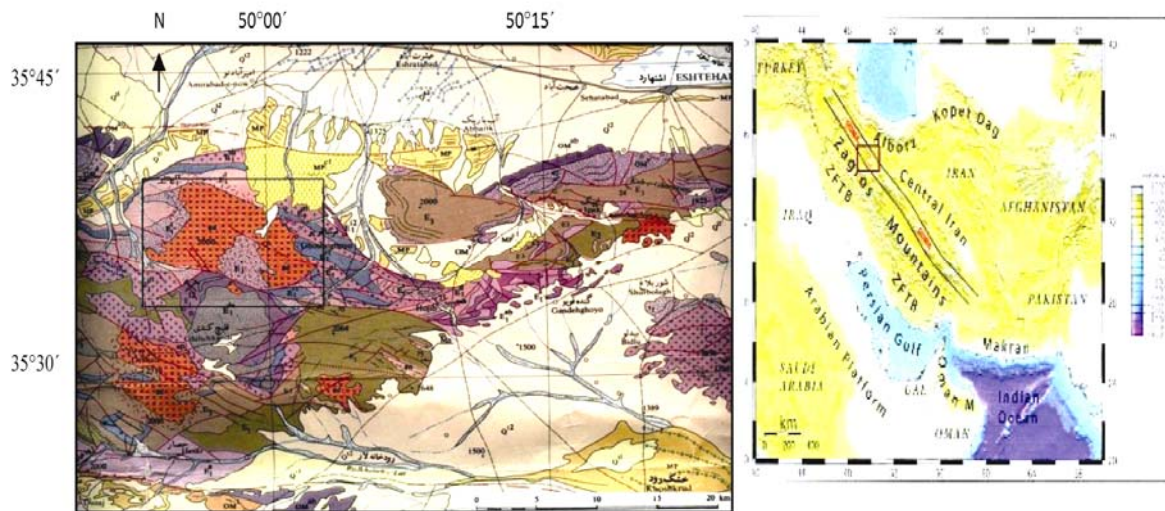
زون های فرورانش حاشیه قاره ای است (شکل ۱۴ الف و ب).

تشکیل و ژنز توده گرانیتوئیدی حاجی آباد احتمالاً به این صورت اتفاق افتاده است:

از ذوب بخشی گوه گوشته ای با درجات متفاوت، ماگمای بازیک تشکیل شده که زبانه هایی از آن به صورت استوک به بخش های بالاتر پوسته نفوذ می کند با توجه به حضور سنگ‌های کوارتز گابرویی، احتمالاً این ماگما ترکیب گابرویی داشته است.

ماگمای بازیک مزبور حرارت بالایی داشته و در طی فاز فشاری بعدی به ترازهای بالاتر و درون بخش زیرین پوسته تحتانی منتقل می شود و منجر به افزایش حرارت در این بخش می گردد. فاز سیال به همراه افزایش حرارت ناشی از نفوذ ماگمای بازیک به این بخش پوسته، سبب ذوب بخشی پوسته تحتانی شده و ماگمایی با ترکیب گرانودیوریتی و از نوع کالک آلکالن تولید می کند. در حد فاصل این دو ماگمای بازیک و حدواسط جریان همرفتی حرارتی و شیمیایی سبب دربرگرفتن قطعاتی از ماگمای بازیک یا بخش های تفریق یافته آن (انکلاوهای میکرو گرانولار مافیک) می شود که نشانه تهاجم ماگمای بازیک توسط ماگمای سیلیسی تر می باشد. با به هم پیوستن اتاقک های کوچک ماگمایی باتولیت عظیمی را تشکیل داده و به بخش های بالای پوسته صعود می کند و در ترازهای بالاتر متبلور می شود. در خاتمه استوک هایی از باتولیت گابرویی به سمت بالا صعود کرده و توده حاجی آباد را قطع می کند. (شکل ۲۲)

پس به طور کلی می توان گفت که ماگمای گرانیتوئیدی حاجی آباد، در اثر ذوب بخشی قسمت تحتانی پوسته زیرین توسط حرارت ماگمای گابرویی تشکیل شده است و همچنین دچار تفریق شده و طیفی از سنگ‌های گرانودیوریتی تا سینوگرانیتی را تشکیل داده است. در بیشتر نمونه ها انکلاوهای بازیک به همراه داشته و در ارتباط با زون های فرورانش حاشیه قاره می باشد.

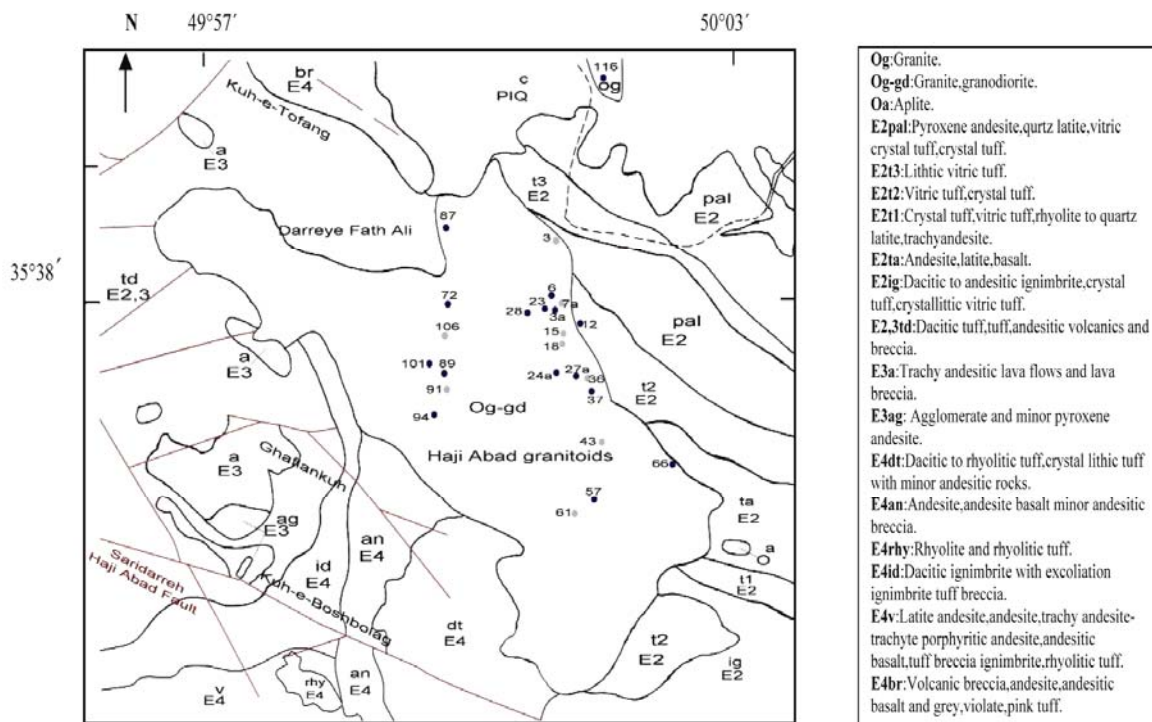


شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

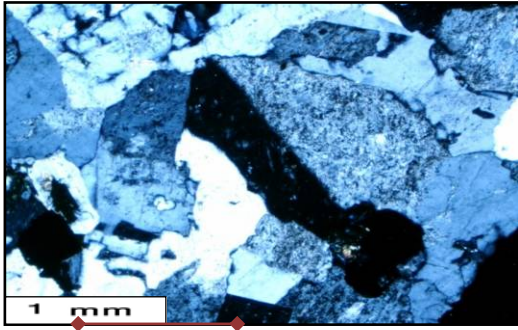
شکل ۲- نقشه زمین شناسی محدوده مورد مطالعه

در واحدهای ساختمانی ایران

شکل ۳- نقشه زمین شناسی چهارگوش ساوه (مقیاس ۱: ۲۵۰۰۰۰)



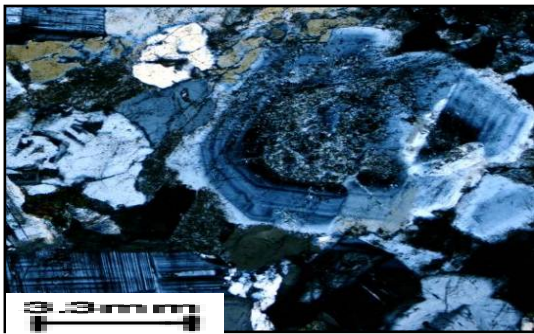
شکل ۳- نقشه نمونه برداری توده نفوذی حاجی آباد. در این نقشه محل نمونه هایی که مورد تجزیه قرار گرفته اند، آورده شده است. دوایر پررنگ: نمونه هایی که مورد آنالیز XRF قرار گرفته اند و دوایر کم رنگ: نمونه هایی که مورد آنالیز مودال قرار گرفته اند (اقتباس از نقشه های زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ دانشفهان و اشتهارد، مرزها اصلاح شده اند).



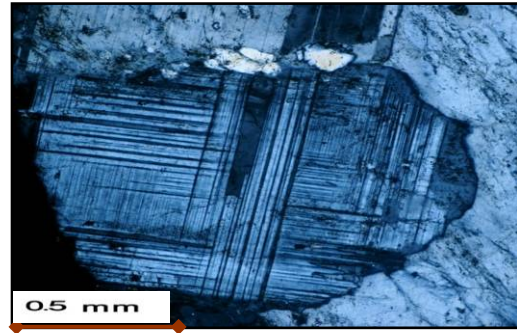
شکل ۵- فلدسپات پتاسیم با ماگل کارلسباد و بافت پرتیتی (XPL)



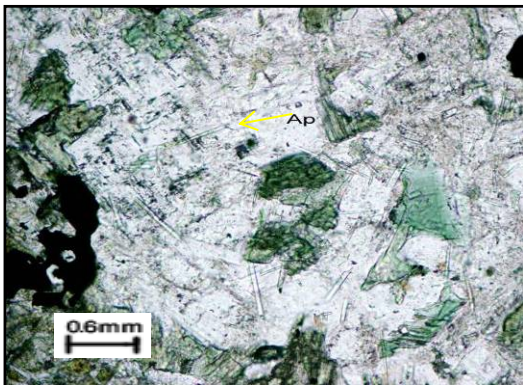
شکل ۴- نمائی از انکلاوهای موجود در توده گرانیتوئیدی



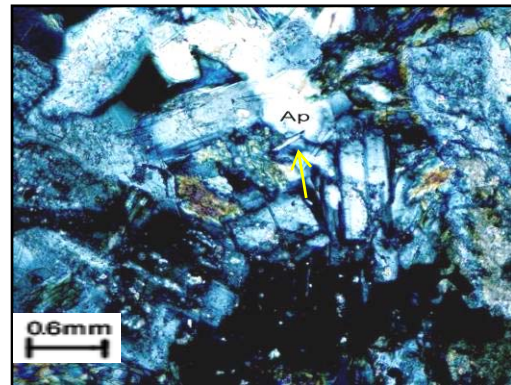
شکل ۷- بلور پلاژیوکلاز با ساخت منطقه ای (سرستی شدن از مرکز بلور شروع شده است) (XPL)



شکل ۶- ماگل آلبیت و پری کلین در بلور پلاژیوکلاز (XPL)

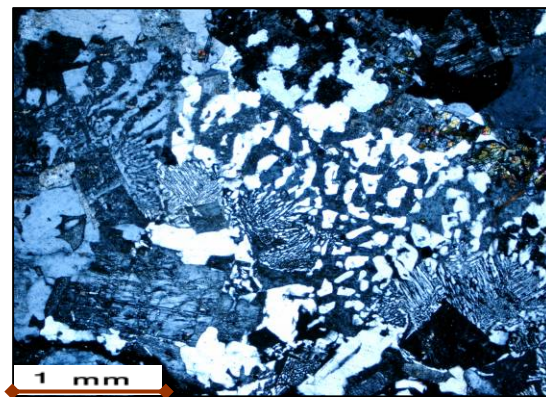


(PPL)

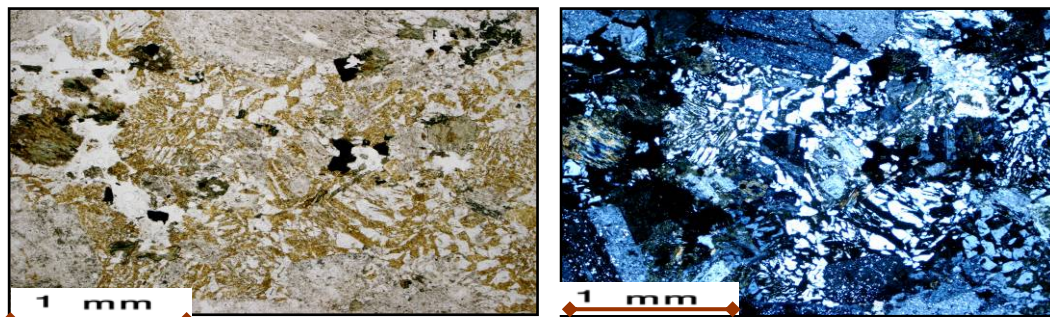


(XPL)

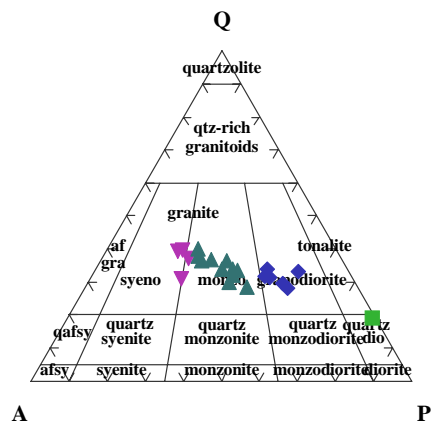
شکل ۸- بلورهای آپاتیت به صورت ادخال در پلاژیوکلاز در گرانودیوریت ها.



شکل ۹- بافت گرافیکی تا گرانوفیریک در یک گرانوفیر (XPL)



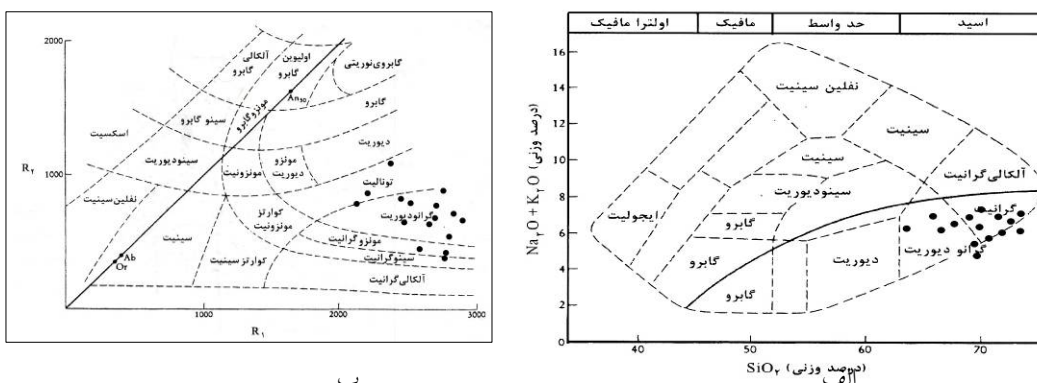
شکل ۱۰- نمونه ای از مقاطع رنگ شده (گرانوفیر) (XPL) (PPL)



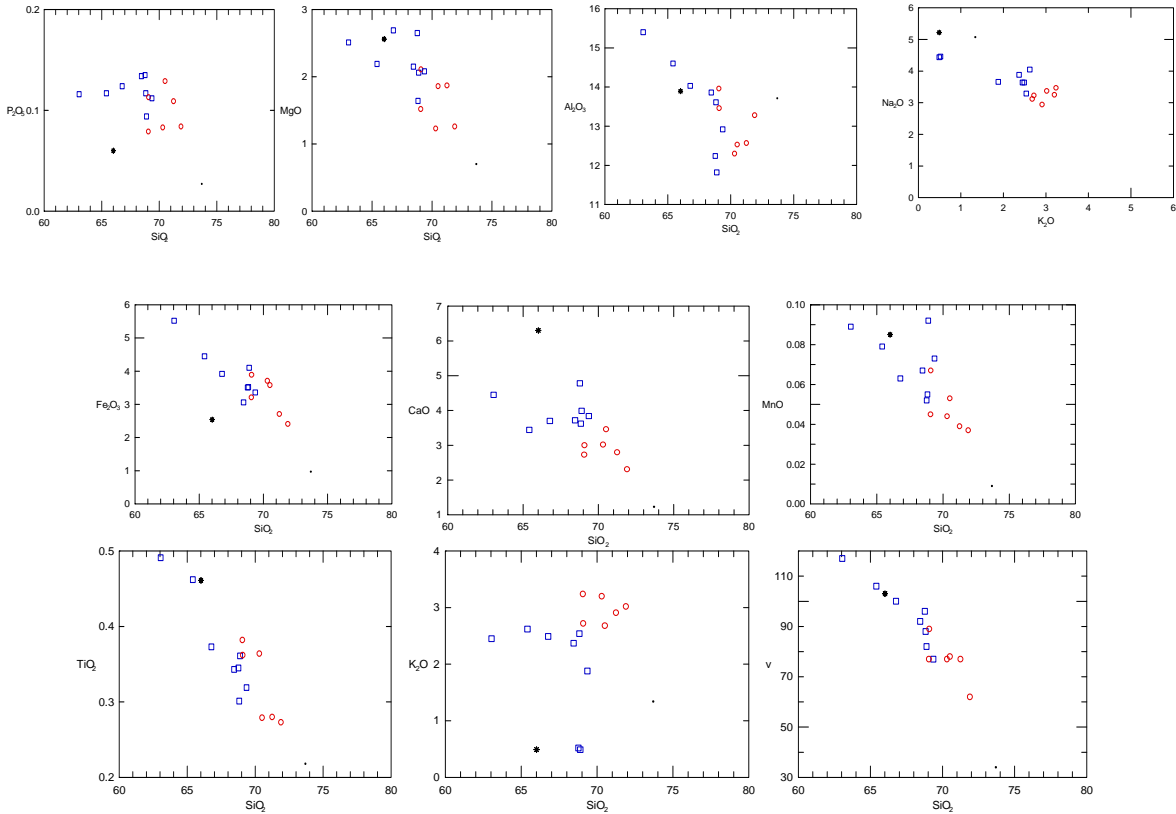
شکل ۱۱- ترکیب سنگ شناختی بخش‌های مختلف توده نفوذی حاجی آباد براساس آنالیز مودال^(۷).

■: Quartz gabbro , ◆: Granodiorit , ▲: Monzo – granite , ▼: Seyeno- granite

(modal results based on point counting)



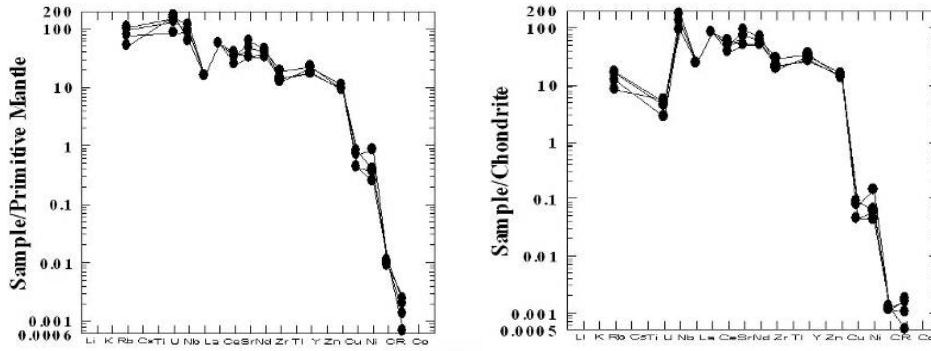
شکل ۱۲- (الف) طبقه بندی کاکس و همکاران^(۸)، (ب) طبقه بندی دلاروش و همکاران^(۹) (۱۹۸۰)



شکل ۱۳- نمودارهای تغییرات اکسیدهای عناصر اصلی در مقابل تغییرات سیلیس (۱۰).

اکسیدهای عناصر اصلی برحسب wt% عناصر کمیاب برحسب ppm

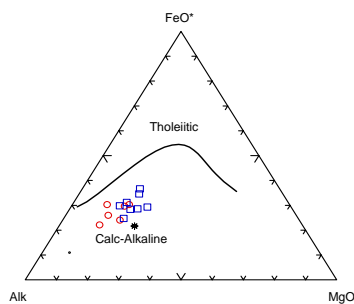
گرانیت (سینو گرانیت و مونزوگرانیت) ○ گرانودیوریت □ کوارتز گابرو *



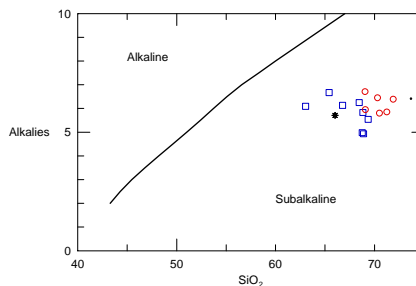
ب

الف

شکل ۱۴- دیاگرام به هنجار شده (الف) نسبت به کندریت (ب) نسبت به گوشته اولیه

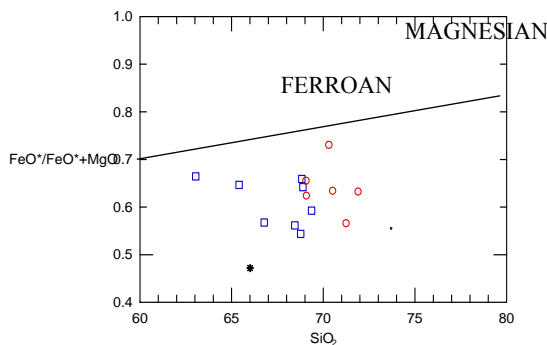
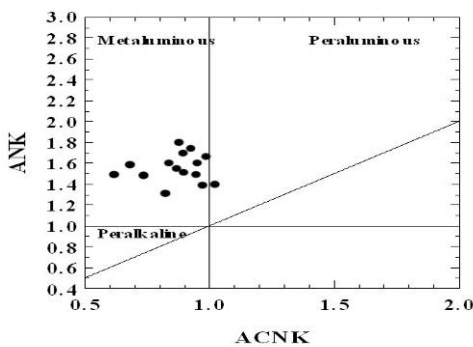


ب

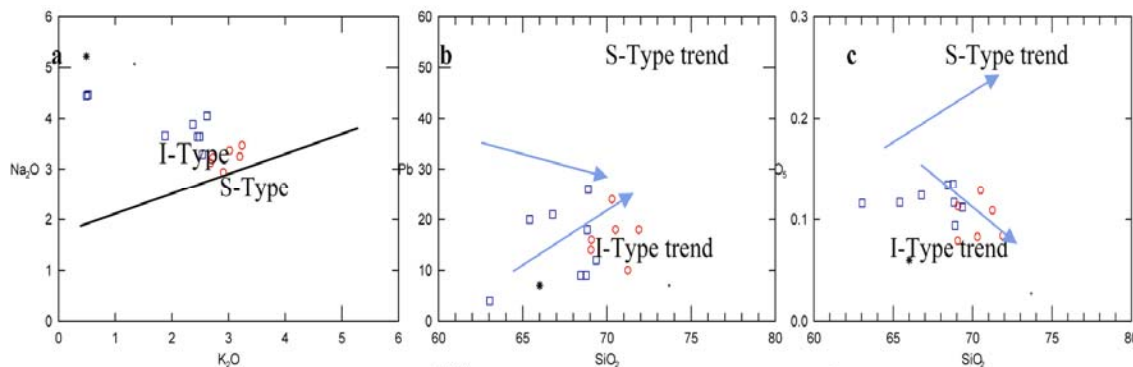


الف

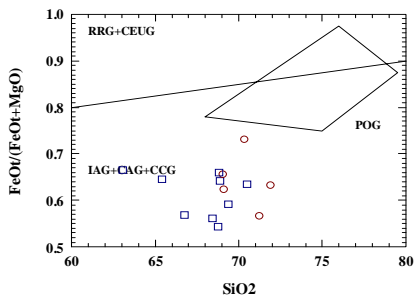
شکل ۱۵- موقعیت نمونه های منطقه مورد مطالعه الف: بر روی نمودار تفکیک سری آلکالن^(۱۱) ب: بر روی نمودار AFM^(۱۱) علایم مشابه شکل ۱۳ می باشند.



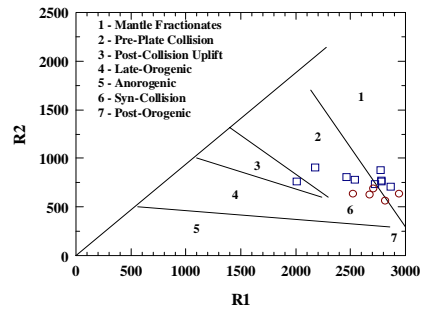
شکل ۱۶- تعیین سری ماگمایی سنگ های توده نفوذی حاجی آباد^(۱۲). شکل ۱۷- تعیین درجه غنی شدگی آلومین^(۱۶) علایم مشابه شکل ۱۳ می باشند.



شکل ۱۸- تعیین تیپ گرانیتوئیدهای حاجی آباد بر اساس a: نمودار Na₂O در مقابل K₂O^(۱۴) b: در مقابل P₂O₅ در مقابل Pb: c SiO₂ در مقابل SiO₂^(۱۳) این نمودارها نشان می دهند که نمونه های گرانیتی مورد مطالعه از روند تغییرات گرانیت های نوع I تبعیت می کند علایم مشابه شکل ۱۳ می باشند.

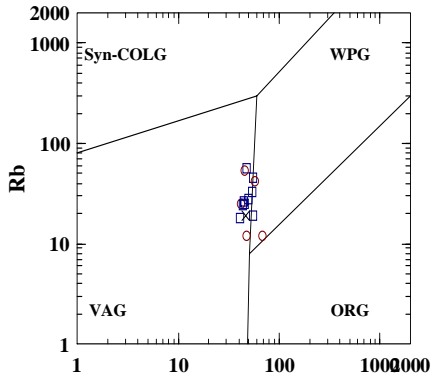


ب

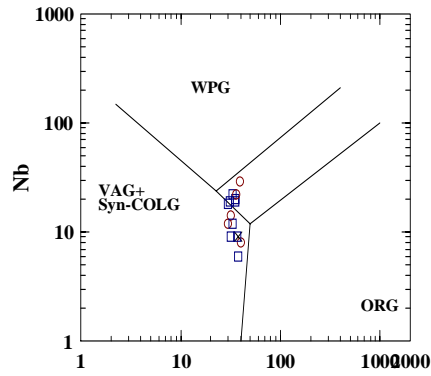


الف

شکل ۱۹- تعیین موقعیت تکتونیکی واحدهای سنگی مختلف توده نفوذی حاجی آباد (الف) براساس نمودار بچلور و بودن^(۱۵).
(ب) نمودار منیار و پیکولی^(۱۶). علائم مشابه شکل ۱۳ می باشند.

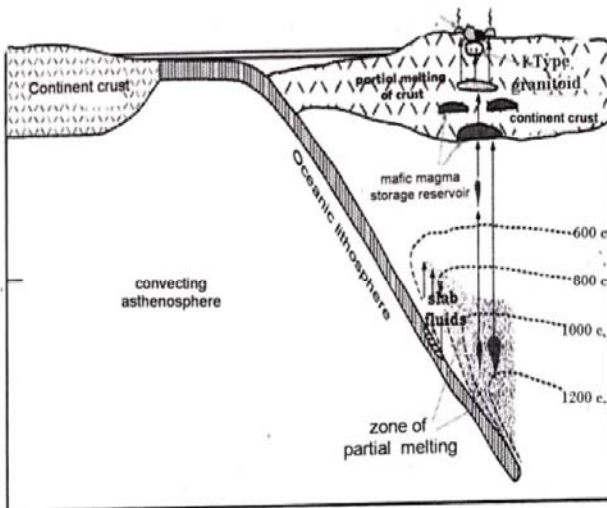


ب Y+Nb

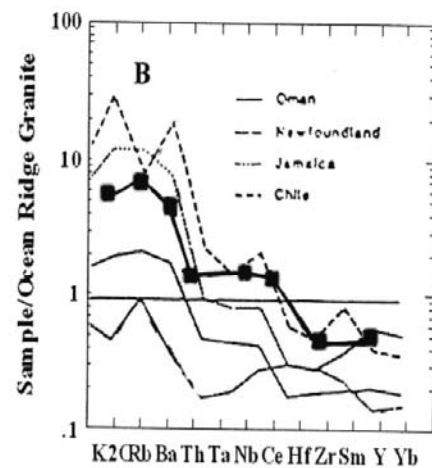


الف Y

شکل ۲۰- تعیین موقعیت تکتونیکی واحدهای سنگی مختلف توده نفوذی حاجی آباد (الف) براساس نمودار Nb در مقابل Y، (ب) Rb در مقابل Y+Nb^(۳).



شکل ۲۲- طرح گونه ای از نحوه تشکیل ماگمای اولیه



کل ۲۱- مقایسه ترکیب میانگین نمونه های مورد مطالعه

توده گرانیتوئیدی حاجی آباد

(مربع پر) با گرانیت های کمان های آتشفشانی (VAG)^(۳).

جدول ۱- نتایج تجزیه شیمیایی سنگهای توده نفوذی حاجی آباد (SG = سیتوگرازیت، MG = مغزودوریت، GR = گرانودوریت، GD = گرانودوریت، Es16 = کوارتز کاربرد)

Sample	Es3a	Es6	Es12	Es23	Es24a	Es27a	Es28	Es37	Es57	Es66	Es72	Es87	Es89	Es94	Es101	Es16
Rock type	SG	MG	AP	MG	MG	GR	QG	GD	MG	GD	GD	GD	GD	GD	GD	MG
Sio2(wt%)	۶۹٫۶	۷۱٫۵	۷۳٫۲	۷۱٫۹	۷۰٫۳	۶۳٫۴	۶۶٫۱	۶۸٫۸	۷۰٫۵	۶۸٫۸	۶۹٫۸	۶۸٫۷	۶۵٫۴	۶۸٫۵	۶۹٫۳	۶۶٫۷
Tio2	۰٫۳۸	۰٫۲۸	۰٫۱۲	۰٫۲۳	۰٫۳۴	۰٫۲۹	۰٫۳۶	۰٫۳۶	۰٫۲۹	۰٫۳۱	۰٫۳۲	۰٫۳۵	۰٫۳۲	۰٫۳۳	۰٫۳۱	۰٫۳۲
Al2o3	۱۳٫۴۶	۱۲٫۵	۱۳٫۲۸	۱۳٫۲۸	۱۲٫۳	۱۵٫۳	۱۳٫۸	۱۱٫۸	۱۲٫۵۳	۱۳٫۶	۱۳٫۴۶	۱۲٫۲۴	۱۳٫۶	۱۳٫۶	۱۲٫۹۲	۱۲٫۳
Fe2o3	۳٫۲۱	۲٫۷	۰٫۹	۲٫۶۱	۲٫۷۱	۵٫۵۲	۲٫۵۴	۲٫۱	۳٫۵۸	۲٫۵۲	۲٫۸۹	۳٫۵	۲٫۵	۳٫۰۶	۳٫۳۶	۳٫۹۲
Mno	۰٫۰۲۵	۰٫۰۳۹	۰٫۰۹	۰٫۰۳۷	۰٫۰۴۴	۰٫۰۸۹	۰٫۰۸۵	۰٫۰۹۲	۰٫۰۵۳	۰٫۰۵۳	۰٫۰۶۷	۰٫۰۵۲	۰٫۰۷۹	۰٫۰۶۷	۰٫۰۷۳	۰٫۰۶۳
Mgo	۱٫۵۲	۱٫۸۷	۰٫۷	۱٫۲۶	۱٫۳۳	۲٫۵۱	۲٫۵۶	۲٫۰۶	۱٫۶۶	۱٫۶۴	۲٫۱۱	۲٫۶۵	۲٫۱۹	۲٫۱۵	۲٫۰۸	۲٫۶۹
Cao	۲٫۷۳	۲٫۸	۱٫۲۲	۲٫۲۱	۲٫۰۲	۲٫۵	۲٫۳	۳٫۹۹	۳٫۳۶	۳٫۶۲	۳٫۰	۲٫۷۸	۳٫۲۴	۳٫۲۷	۳٫۸۴	۳٫۷
Na2o	۳٫۲۷	۲٫۵۴	۵٫۰۷	۳٫۲۷	۳٫۵	۳٫۴	۵٫۲۲	۴٫۴۴	۳٫۱۲	۳٫۲۹	۴٫۳۳	۴٫۳۶	۴٫۰۵	۳٫۸۸	۳٫۶۶	۴٫۲
K2o	۳٫۲۴	۲٫۹۱	۱٫۳۴	۳٫۰۲	۳٫۲	۳٫۵	۰٫۴۹	۰٫۴۹	۲٫۶۸	۲٫۵۴	۲٫۷۲	۰٫۵۲	۲٫۶۲	۲٫۳۷	۱٫۸۸	۲٫۹
P2o5	۰٫۰۹	۰٫۱۰۹	۰٫۰۲۷	۰٫۰۸۴	۰٫۰۸۳	۰٫۱۱۶	۰٫۰۶	۰٫۰۹۴	۰٫۱۲۹	۰٫۱۱۷	۰٫۱۱۳	۰٫۱۳	۰٫۱۱۷	۰٫۱۳۴	۰٫۱۱۲	۰٫۱۲۴
L.O.I	۱٫۴۳	۱٫۸۷	۲٫۸۶	۱٫۸۹	۲٫۰۷	۲٫۰۷	۱٫۵۷	۲٫۵۷	۱٫۳۴	۱٫۹۸	۱٫۶۸	۲٫۱۳	۱٫۹۸	۱٫۷۷	۲٫۰۵	۲٫۱۲
Total	۹۹٫۶۳	۹۹٫۳۵	۹۹٫۸۴	۹۹٫۸۳	۹۹٫۵۸	۹۹٫۷۸	۹۹٫۱۸	۹۹٫۱	۹۹٫۵۴	۹۹٫۵۱	۹۹٫۷۱	۹۹٫۶	۹۹٫۴	۹۹٫۸	۹۹٫۶۵	۹۹٫۹۳
D.I	۷۷٫۵	۷۷٫۳۵	۸۸٫۶۷	۸۱٫۱۴	۷۹٫۸	۶۴٫۳۶	۶۷٫۹۹	۷۳٫۸۶	۷۵٫۰۸	۷۳٫۶۶	۷۳٫۷۱	۷۰٫۴	۷۳٫۰۵	۷۳٫۸۶	۷۳٫۳۵	۷۰٫۴
Na2o+K2o	۶٫۷۱	۵٫۸۵	۶٫۴۱	۶٫۳۹	۶٫۵	۶٫۰۹	۵٫۷۱	۴٫۹۳	۵٫۸	۵٫۵۳۸	۵٫۵۵۹	۴٫۹۸	۶٫۶۷	۶٫۲۵	۵٫۵۴	۶٫۳۱
Cl(pm)	۱۶۸	۱۳۱	۷۵	۱۲۹	۱۵۸	۱۸۷	۱۲۵	۹۴	۲۰۵	۱۸۶	۱۷۶	۱۶۰	۲۱۰	۱۹۹	۱۷۶	۲۱۹
Ba	۶۵	۷۵	۲۴	۲۲۸	۵۲	۲۲۱	۱۰۳	۲۰	۳۹۹	۵۹۷	۲۵۸	۱۷	۳۰۶	۲۳۶	۳۲۴	۳۰۴
Sr	۱۲۸	۲۲۱	۱۵۳	۲۰۷	۱۴۶	۱۸۶	۴۱۱	۳۷۹	۲۵۵	۳۳۶	۲۵۸	۳۲۱	۲۴۸	۲۹۷	۲۹۱	۳۷۸
Cu	۳۲	۱۰	۲۶	۱۴	۲۹	۱۹	۶۵	۳۰	۱۷	۷	۱۱	۲۲	۲۴	۲۶	۱۱	۲۴
Zn	۲۲	۲۱	۱۷	۲۸	۱۶	۲۵	۳۲	۲۱	۱۹	۲۱	۲۵	۲۵	۲۵	۲۱	۲۵	۲۱
Pb	۱۴	۱۰	۷	۱۸	۲۴	۴	۷	۲۶	۱۸	۱۸	۱۶	۹	۲۰	۹	۱۲	۲۱
V	۷۷	۷۷	۳۴	۶۲	۷۷	۱۱۷	۱۰۳	۸۲	۷۸	۸۸	۸۹	۹۶	۱۰۶	۹۲	۷۷	۱۰۰
Ce	۲۴	۵۵	۵۴	۳۵	۶۱	۶۲	۸۲	۳۵	۲۳	۵۷	۴۷	۵۵	۶۵	۶۴	۵۵	۷۸
La	۱۷	۱۸	۱۳	۱۳	۳۵	۲۲	۲۵	۱۰	۲۵	۲۶	۱۸	۲۶	۳۳	۲۹	۳۳	۱۲
Mo	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
Nb	۲۹	۲۲	۱۳	۱۲	۸	۹	۴	۶	۲۲	۱۸	۱۴	۴	۱۹	۱۲	۱۹	۲۰
Zr	۱۱۹	۱۷۷	۱۸۹	۱۵۷	۱۲۱	۱۴۴	۱۵۸	۱۴۲	۱۶۹	۱۸۸	۱۳۳	۱۶۹	۱۵۱	۱۴۶	۱۶۳	۱۴۱
Y	۳۹	۳۶	۲۷	۳۰	۴۰	۳۲	۳۸	۳۸	۳۳	۳۰	۳۲	۳۷	۳۱	۳۳	۳۵	۳۵
Rb	۱۲	۲۲	۶	۲۵	۱۲	۱۸	۱۹	۲۴	۴۶	۵۷	۵۳	۲۵	۲۸	۲۶	۳۳	۱۹
Ni	۱۹	۲۱	۱۸	۱۹	۲۰	۱۹	۱۷	۱۴	۱۷	۲۰	۱۸	۱۸	۱۹	۲۲	۲۱	۱۷
Cr	۲	۶	۵	۳	۵	۲	۳	۵	۲	۲	۷	۵	۴	۲	۳	۶
Co	۴	۷	۹	۱۲	۱۴	۱۱	۱۴	۷	۸	۳	۱۴	۵	۱۰	۸	۱۲	۹

Model sample	Es3a	Es6	Es15	Es18	Es23	Es28	Es37	Es43	Es66	Es72	Es87	Es89	Es91	Es94	Es101	Es106	Es116	Es7a	Es24a
Q	۳۷٫۲	۳۴	۴۰	۳۶٫۵	۳۸	۲۵	۲۸٫۵	۳۲	۳۴	۳۳	۳۱٫۶	۲۹٫۵	۳۳٫۳	۳۱٫۲	۲۸٫۲	۳۹٫۲	۳۰	۳۳٫۶	۳۶٫۵
A	۴۱	۳۳	۴۰	۳۲	۳۷	-	۲۹	۳۱	۳۰	۲۱	۱۸٫۷	۱۹٫۲	۱۳٫۱	۲۱٫۷	۱۸٫۴	۳۷	۳۳	۲۹	۳۰٫۳
P	۲۱٫۸	۳۳	۲۴	۳۱٫۵	۲۵	۲۵	۲۱٫۵	۲۷	۲۶	۲۵	۲۹٫۷	۵۱٫۳	۵۳٫۶	۴۷٫۱	۵۳٫۴	۳۰٫۱	۳۷	۳۷٫۴	۳۳٫۰

Reference:

1. Calliat, C., Delavi, P., Martel-Jantin, B., *Geologie la region de Saveh (Iran).contributi on a letude du volcanisme et du plutonism tertiaies de la zone de iran central : These 3 emecycle.*, Univetsity Grenoble, France (1978).
2. Nogolsadat, A.A., and Hoshmandzadeh, A., *Saveh Geological Geological Map*, Scaleg 1:250000, Iran (1984).
3. Pearce, J.A., Harris, N.B.W., and Tindle, A.G., *Journal of Petrology*, **25**, 956 (1984).
4. Shabani , A., Ms Thesis: *Petrogeraphy and Petrology of Boin zahra igneouse intrusive Bodies*, Tarbiat Moalem University, Tehran (1990).
5. Yosefi, M., *Eshtehard Geological Map*, Scaleg 1:100000, Iran (2000).
6. Eghlimi, B., *Danesphahan Geological Map*, Scaleg 1:100000, Iran (2000).
7. Streckeisen, A., and Le Maitre, R.W., *A chemical approximation to the modal QAPF classification of the igneous rocks. Neues Jahrb. Mineral. Abh.*, **136**, 169 (1979).
8. Cox, K.G., Bell, J.D., and Pankhurst, R.Y., *The interpretation of igneous rocks*, George Allen and Unwin , London (1979).
9. De La Roch, H., Leterritr, J., Grand, P., and Marchel, M., *Chem. Geo.*, **29**, 183 (1980).
10. Harker, A., *The natural history of igneous rocks*, Methneu , London (1909).
11. Irvine, T.N., and Baragar, W.R.A., *Can. J. Earth. Sci.*, **8**, 523 (1971).
12. Forster, H.J., Tischendorf, G., and Trumbull, R.B., *Lithos*, **40**, 261(1997).
13. Chappel, B.W., A.J.R., *I-Type and S-Type granites in the Lachlan Fold Belt. Transe. R. Soc. Edinb. Earth Sci.*, **8391**, 26 (1992).
14. Chappell, B.W., and White, .A.J.R., *Two contrasting granite types: 25 years later.Australian Journal of Earth Scince*, **48**, 489 (2001).
15. Bachelor, R.A., and Bowden,P., *Petrologic Interpretation of granitoid rocks series using multicationic parameters.Chemical Geology*, **48**,43 (1985).
16. Maniar, P.D., and Piccoli, P.M., *Tectonic discrimination of granitoids. Geological Society of America Bulletin*, **101**, 635 (1989).
17. Pearce, J.A., Harris, N.B.W., and Tindle, A.G., *Journal of Petrology*, **25**, 956 (1984).