

بررسی زمین‌شیمیایی، سنگ‌شناختی، ژئودینامیک و سن‌یابی پرتوسنجی توده نفوذی آق دره (شمال تکاب) شمال باختر ایران

نوشته: دکتر محمدحسین خلغی* و دکتر منصور وثوقی عابدینی**

Geochemical, Petrological, Geodynamic and Radiometric Age Dating Investigation of Aqdarreh Intrusion Massive (North of Takab) Northwest of Iran

By: Dr. M. H. Kholghi* and Dr. M. Vossoughi Abedini**

چکیده

توده نفوذی آق دره، باتولیتی است با وسعت حدود 30 کیلومتر مربع که در شمال باختر ایران (34 کیلومتری شمال شهرستان تکاب) واقع است. این توده در زون زمین‌ساختی ایران مرکزی قرار دارد و سنگهای پالئوزویک را بریده است. سن پرتوسنجی باتولیت آق دره به روش K-Ar، 48/38 میلیون سال تعیین شده که با ماگماتیسم ائوسن همزمان است. توده نفوذی آق دره، از تونالیت، گرانودیوریت، فلدسپار قلیایی، گرانیت و مونزوگرانیت تشکیل شده و کانی تیره آن بیوتیت است. هیچ‌گونه آنکلاوی در آن دیده نمی‌شود.

بررسی ویژگیهای نمونه‌های مورد مطالعه، نشان‌دهنده وجود دوگانگی زایشی بین آنها است. این توده در برخی از نمودارهای زمین‌شیمیایی، ویژگیهای گرانیتوئیدهای تیپ I (کلسیمی- قلیایی) و در برخی از نمودارها، ویژگیهای گرانیتوئیدهای تیپ A (قلیایی) را نشان می‌دهد. علت این امر، به آغشتگی مواد پوسته با ماگمای تشکیل دهنده اولیه این توده نسبت داده شده و ماگمای اولیه گوشته‌ای از نوع قلیایی فرض شده است.

نمودارهای زمین‌شیمیایی عناصر کمیاب نشان می‌دهد که موقعیت زمین‌ساختی توده نفوذی آق دره، با گرانیتوئیدهای پس از کوهزایی (POG) قابل مقایسه است.

کلید واژه‌ها: آق دره، ایران، گرانیت تیپ A آغشته شده، ائوسن، بیوتیت، کلسیمی - قلیایی، قلیایی، متآلومین - پرآلومین، سن پرتوسنجی.

Abstract

Aqdarreh intrusi body with an area of 30 km² is located in 34 km north of Takab, northwest of Iran. This batholith is situated in Central Iran, cutting Paleozoic rocks. Radiometric age of Aqdarreh batholith by K-Ar method is 48.38 m. a., corresponding to Eocene magmatism.

Aqdarreh intrusive body consists of tonalite, granodiorite, alkali feldspar granite and monzogranite in which the main mafic mineral is biotite. Further more, there is not any enclave in these rocks.

Study of the investigated samples shows that Aqdarreh intrusive rocks have two different generations. Part of the collected samples belongs to I-type granite (calc-alkaline) and others represent the A-type granite (alkaline). It seems that this process is created by the contaminaton of alkaline magma by crustal materials.

Geochemistry of the rare earth elements shows that the tectonic setting of the body is compatible with Post Orogenic Granitoids (POG).

Key Word: Aqdarreh, Iran, contaminated A-Type granite, Eocene, biotite, calc-alkaline - alkaline, metaluminous - peraluminous, radiometric age dating.





- مقدمه

صورت رگچه‌هایی نیز در متن سنگ قابل مشاهده است که قسمتهایی از آنها در اثر نیروهای زمین‌ساختی به صورت بودیناز ظاهر شده است. فلدسپارهای قلیایی عمدتاً به صورت درشت بلور بوده و اندازه آنها بزرگ‌تر از 3 میلی‌متر است. این بلورها، در سنگهای مختلف کم و بیش به صورت شکل‌دار تا نیمه شکل‌دار و از نوع ارتوکلاز، میکروکلین و اورتوز پرتیت هستند. مقدار ارتوکلاز پرتیت بیشتر از دیگر فلدسپارهای قلیایی است. پلاژیوکلازها دارای ترکیب شیمیایی سدیمی از گونه الیگوکلاز هستند. پلاژیوکلازها شکل‌دار تا نیمه شکل‌دار هستند و اندازه بلورها از 0/5 تا 2 میلی‌متر است. فلدسپارها نزدیک به 35 تا 65 درصد حجم کل سنگ را تشکیل می‌دهند. در بخشهایی از توده نفوذی، مقدار فلدسپارهای قلیایی، به حد قابل توجهی زیاد شده و میزان پلاژیوکلازها به کمتر از 10 درصد می‌رسد و بدین ترتیب توده نفوذی به سمت آلکالی فلدسپار گرانیات (حاشیه توده نفوذی) متمایل می‌شود. بخشهایی از فلدسپارها به کانیهای رسی و سریسیت تجزیه شده اند. سریسیتها، در اثر نیروهای زمین‌ساختی، تبلور دوباره یافته و به مسکوویت تبدیل شده اند. بیوتیت تنها کانی فرومنیزین این سنگهاست که نیمه شکل‌دار بوده واز گونه بیوتیت‌های سبز و قهوه‌ای است. اندازه بیوتیت 0/2 تا 1 میلی‌متر است و بخشهایی از آنها خردشده است. بیوتیتها، 2 تا 7 درصد حجم کل سنگ را تشکیل می‌دهند. در نمونه‌های مورد بررسی توده نفوذی آق دره، آمفیبول وجود ندارد. سریسیت، مسکوویت، کلریت، کانیهای رسی و کانیهای تیره، کانیهای فرعی را تشکیل می‌دهند.

در توده نفوذی آق دره دایک‌هایی ناشی از تفریق ماگمای گرانیتویدی به صورت آپلیت و رگه‌های سیلیسی ملاحظه می‌شود و ضمناً ماگمای بازی منطقه به شکل دایکهای بازی‌تر در توده نفوذی آق دره قابل مشاهده است. هیچ‌گونه آنکلاوی در سنگهای این توده نفوذی وجود ندارد.

3- نامگذاری

سنگهای توده نفوذی آق دره، علاوه بر نامگذاری مودال، با استفاده از تجزیه شیمیایی (جدول شماره 1) نیز نامگذاری شده است. در نامگذاری شیمیایی، از نمودار Le QAP (Maitre 1989) براساس کانیهای نورماتو، پارامترهای R2, R1 (De La Roche et al. 1980)، نمودارهای Middlemost (1985) و Anderiva et al. (1981) براساس درصد وزنی اکسیدهای قلیایی و سیلیس استفاده شده است (شکل‌های 3، 4، 5، 6). انواع نامگذاری در جدول

توده نفوذی آق دره بین طولهای جغرافیایی 46 درجه و 56 دقیقه تا 47 درجه و 2 دقیقه خاوری و عرضهای جغرافیایی 36 درجه و 40 دقیقه تا 36 درجه و 44 دقیقه شمالی و به مساحت تقریبی 30 کیلومترمربع در 34 کیلومتری شمال باخترشهرستان تکاب در شمال باختر ایران قرار دارد (شکل 1). این توده نفوذی، در زون ساختاری ایران مرکزی و زیر زون البرز - آذربایجان جای دارد. توده نفوذی آق دره، در نقشه زمین شناسی با مقیاس

1 : 250,000 تکاب، به پرکامبرین (Alavi - Naini, M., 1982) در نقشه زمین‌شناسی با مقیاس 100,000 : 1 شاهین دژ، با توجه به مشاهدات صحرایی و شواهد چینه نگاری، بخش باختری آن به سن پس از پرکامبرین - پالئوژن و با احتمال زیاد به الیگوسن (خلقی خسرقي، 1373) و در نقشه زمین‌شناسی با مقیاس 100,000 : 1 تخت سلیمان به ژوراسیک (؟) (باباخانی و قلمقاش، 1376) نسبت داده شده است. در این پژوهش، افزون بر بررسی مسائل سنگ نگاری، زمین شیمی، سنگ زایی و خاستگاه زمین‌ساختی- ماگمایی، سن پرتوسنجی آن نیز معین گردیده است. برای انجام این پژوهش، 33 نمونه سنگی از توده نفوذی آق دره برای تهیه مقاطع نازک برداشت شد و از 25 نمونه (شکل 2) به روش XRF در آزمایشگاههای سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تجزیه عناصر اصلی و فرعی به عمل آمد (جدول 1). همچنین، از نمونه‌هایی به صورت سنگ کل و کانی فلدسپار قلیایی به روش (K-Ar) در کشور چین در آزمایشگاه شرکت اکتشافات زمین فیزیکی در زمین‌شیمیایی در Xiangtangzhen, Nanchang, Jiandxi، چین، سن پرتو سنجی آنها تعیین گردید.

2- سنگ نگاری

اجزای سنگهای توده نفوذی آق دره در رخنمون‌های صحرایی، کم و بیش دگرسانی نشان می‌دهند. رنگ نمونه دستی آنها سفید، خاکستری روشن، قهوه‌ای روشن تا زرد بوده و دارای بافت دانه‌ای هستند. بلورهای کوارتز سنگهای این توده نفوذی، سطحی به نسبت خشن ایجاد کرده‌اند. این سنگها در مطالعات میکروسکوپی، بافت دانه‌ای نشان می‌دهند. کوارتز، فلدسپار قلیایی و پلاژیوکلاز، کانی‌های اصلی آنها را تشکیل می‌دهند. کانی فرومنیزین آنها بیوتیت است. کوارتز 30 تا 40 درصد حجم کل سنگ را تشکیل می‌دهد و بلورهای آن در دو اندازه، بزرگ‌تر از 3 میلی‌متر (فنونکریست) و بلورهای ریزتر دیده می‌شود. بلورهای کوارتز شکل‌دار (گرانوفیر) تا نیمه شکل‌دار و دارای خاموشی موجی است. کوارتز به





شماره 2 نشان داده شده است. محدوده ترکیب شیمیایی این سنگها، عمدتاً تونالیت، گرانودیوریت، آلکالی فلدسپار گرانیت و مونزوگرانیت است.

حاکي از این است که بخشی از سنگهای این توده، دارای ویژگیهایی از گرانیتوئیدهای تیپ "A" و بخشی نیز دارای ویژگیهایی از گرانیتوئیدهای تیپ "I" هستند. ویژگیهای این توده عبارتند از:

- 1- توده نفوذی آق دره به صورت باتولیت منفرد بوده و ترکیب سنگشناسی آن تونالیت، گرانودیوریت، آلکالی فلدسپار گرانیت و مونزوگرانیت است.
- 2- هیچ گونه آنکلاوی در آن دیده نمی‌شود.
- 3- کانی مافیک این توده، بیوتیت است. فلدسپارهای قلیایی عموماً به صورت پرتیت هستند. این گرانیتها از گونه هیبرسولوس بوده و به واسطه گذر از مرحله اوتکتیک هم‌رشدی‌های گرانوفیری در آن دیده می‌شود.
- 4- میانگین مقادیر SiO_2 ، 76 درصد و مجموع قلیایی، 7/81 درصد است.
- 5- از لحاظ شاخص آلومین، پرآلومین تا پرقلیایی و در نورم CIPW کانیها، دیوپسید وجود ندارد و یا در بعضی از نمونه‌ها بسیار جزئی است. میانگین کوندوم 1/29 درصد است.
- 6- درصد وزنی Na_2O در این توده نفوذی 4/23 درصد است.
- 7- میانگین مجموع اکسیدهای $FeO(t)+MgO+MnO$ $+TiO_2$ نزدیک به 2/17 درصد است. تغییرات عناصر در نمودارهای دوتایی، خطی است.
- 8- در نمودارهای نسبت SiO_2 در برابر Y و Zr (Furnes et al. 1996) سنگهای مورد مطالعه در محدوده گرانیتوئیدی قابل مقایسه با انواع I و A قرار می‌گیرند اما گرایش به سمت گرانیتوئیدی نوع I بیشتر است (شکل‌های 13 و 14).
- 9- نمونه‌های مورد بررسی، با گرانیتوئیدی تیپ A و I در نمودارهای چند عنصری (عنکبوتی) که توسط (Whalen et al. 1987) ارائه گردیده، مقایسه شده است. در این نمودارها، یک سری از عناصر با گرانیتوئیدهای تیپ A و یک سری دیگر از عناصر با گرانیتوئیدهای تیپ I مطابقت دارد (شکل‌های 15 و 16).
- 10- در نمودار $Y+Ce+Nb+Zr$ در برابر KO_2+N_2aO (Whalen et al. 1987) /CaO، بیشتر نمونه‌های این توده نفوذی در محدوده گرانیتوئیدی تیپ "A" و تعدادی نیز بیرون از آن هستند (شکل 17).

4-4 مطالعات زمین ساختی ماگمایی توده نفوذی آق دره

به منظور دست یابی به محیط زمین ساختی تشکیل توده نفوذی آق دره، از پژوهشهای (Maniar and Piccoli 1989)

شماره 2 نشان داده شده است. محدوده ترکیب شیمیایی این سنگها، عمدتاً تونالیت، گرانودیوریت، آلکالی فلدسپار گرانیت و مونزوگرانیت است.

4-4 زمین‌شیمی توده نفوذی آق دره

برای بررسی زمین‌شیمیایی سنگهای مورد مطالعه، از 25 نمونه توده نفوذی آق دره به روش XRF در آزمایشگاههای سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور تجزیه عناصر اصلی و فرعی به عمل آمد. نتیجه آزمایش در جدول شماره 1 آورده شده است.

1-4 ارتباط زایشی سنگهای مورد مطالعه

برای مشخص شدن فرایب زایشی بین نمونه‌های مورد بررسی، از نمودارهای تغییرات عناصر اصلی و کمیاب در برابر SiO_2 استفاده شد (Harker, 1909). باوجود اینکه تمام نمونه‌های موجود به یک توده تعلق دارند، اما در بیشتر نمودارها، نمونه‌ها پراکندگی نشان می‌دهند (شکل‌های 7 و 8). علت این مسئله با احتمال زیاد پدیده آغشتگی در ماگمای تشکیل دهنده توده آق دره است که در مباحث بعدی توضیح داده خواهد شد.

2-4 بررسی سری ماگمایی و شاخص آلومین در سنگهای توده نفوذی آق دره

برای بررسی سری ماگمایی و یا ماهیت ماگمای تشکیل دهنده سنگهای مورد مطالعه از نمودارهای (Irvine & Baragar 1971) استفاده شده است. در نمودار SiO_2 در برابر K_2O+Na_2O نمونه‌ها در محدوده نیمه قلیایی (شکل 9) و در نمودار AFM در محدوده کلسیمی - قلیایی قرار می‌گیرند (شکل 10). براساس مطالعات شاخص آلومین در نمودار (Maniar and Piccoli 1989) که بر اساس A/CNK مقابل A/NK می‌باشد، نمونه‌ها عمدتاً در محدوده پرآلومین که متعلق به سنگهای کلسیمی-قلیایی (محیطهای قاره‌ای - برخورد قاره‌ای) و مقداری نیز در محدوده پرقلیایی متعلق به سنگهای قلیایی (مربوط به کافتیهای قاره‌ای و یا فراخاست خشکی زایی قاره‌ای) قرار می‌گیرند (شکل 11). تعلق این سنگها به این دو محدوده در نمودار پیشنهادی (Shand 1974) نیز به خوبی نمایان است (شکل 12).

3-4 بررسی تیپ توده نفوذی گرانیتوئیدی آق دره

در مطالعات سنگ نگاری، به علت عدم وجود کانیهای دگرگونی، آنکلاو و ویژگیهای دیگر در رابطه با گرانیت‌های تیپ S، این سنگها با گرانیتوئیدی تیپ A و I مقایسه شده اند. بررسی زایشی سنگهای گرانیتوئیدی توده نفوذی آق دره





ماگمای اسیدی و تشکیل مذاب غنی از سیلیسیم و قلیایی را باعث شده که سرانجام به شکل توده نفوذی سرشار از قلیایی (نوع A) ظاهر می‌گردد.

5- سن توده نفوذی آق دره

توده نفوذی آق دره، در نقشه زمین شناسی با مقیاس 1:100,000، 1:250,000 تکاب، به گرانیت دوران به سن پرکامبرین نسبت داده شده است (Alavi - Naini, M., 1982). در نقشه زمین شناسی با مقیاس 1:100,000، 1:100,000 شاهین دژ، با توجه به موقعیت چینه نگاری و بریده شدن رسوبات پالئوزویک توسط توده نفوذی آق دره، سن پس از کامبرین - پالئوژن و احتمالاً الیگوسن برای بخش باختری آن پیشنهاد شده است (خلفی خسرقي، 1370 و 1373). در نقشه زمین شناسی با مقیاس 1:100,000، 1:100,000 تخت سلیمان، بخش خاور توده نفوذی آق دره به ژوراسیک (؟) نسبت داده شده است (باباخانی و قلمقاش، 1376). در این پژوهش، از مونوزوگرانیت‌ها که سالم بوده و تحت تاثیر نیروهای زمین ساختمانی قرار نگرفته‌اند به روش K-Ar تعیین سن پرتو سنجی به عمل آمده و سنی معادل 48/38 میلیون سال برای سنگ کل و 66/32 میلیون سال برای تبلور تک بلورهای فلدسپار قلیایی تعیین گردید. بر این اساس، انجماد نهایی توده نفوذی آق دره با قدمت فوق، با ماگماتیسم ائوسن همزمان است.

6- نتیجه‌گیری

توده نفوذی آق دره در زون ساختاری ایران مرکزی واقع است. بر اساس شواهد صحرایی و تعیین سن پرتو سنجی بر روی سنگ کل و فلدسپارهای قلیایی، سن آنها معادل ائوسن (48/38 میلیون سال) است. این توده باگسترش حدود 30 کیلو متر مربع در 34 کیلومتری شمال شهرستان تکاب در شمال باختر ایران واقع است و عمدتاً از توانالیت، گرانودیوریت، آلکالی فلدسپار گرانیت و مونوزوگرانیت تشکیل شده است. بررسی کانی‌شناسی و دیگر ویژگی‌های نمونه‌های مورد مطالعه، دو نوع سنگ گرانیتوئیدی معرفی می‌کند. این توده در برخی از نمودارهای زمین‌شیمیایی ویژگی‌هایی گرانیتوئیدی تیب I (کلسیمی - قلیایی) و در برخی از نمودارها ویژگی‌های گرانیتوئیدی تیب A (قلیایی) را نشان می‌دهد. علت این امر، همان گونه که اشاره شد به احتمال زیاد نتیجه هجوم ماگمای بازی گوشته‌ای به درون پوسته، ذوب پوسته و آمیختگی ماگمای اسیدی و بازی و در نتیجه تشکیل انواع I خواهد بود. ضمناً تمرکز ماگمای اسیدی غنی از قلیایی‌ها نوع A را در منطقه ایجاد کرده و

برمبنای عناصر اصلی استفاده شد (شکل 18). مانیار و پیکولی (1989) با استفاده از عناصر اصلی و کمپاب، گرانیتوئیدها را به هفت گروه تقسیم کرده‌اند. از میان هفت گروه، گروه‌های POG, CCG, CAG, IAG در رده گرانیتوئیدهای کوهزایی و گروه‌های CEUG, RRG در رده گرانیتوئیدهای ناکوهزایی (AG) قرار می‌گیرند.

بر اساس تقسیم‌بندی‌های بالا، نمونه‌های توده نفوذی آق دره پراکندگی نشان OP می‌دهند اما بیشتر به قطب گرانیتوئیدهای پس از کوهزایی تمایل دارند. این ویژگی، تا حدودی در نمودار تغییرات پارامترهای R1 و R2 برای تفکیک محیط زمین ساختمانی گرانیتوئیدها (Batchelor and Bowden 1985) نیز تأیید می‌شود (شکل 19).

نتیجه بررسی ویژگی‌های زمین‌شیمیایی نمونه‌های مورد بررسی نشان می‌دهد که ترکیب شیمیایی ماگمای تشکیل دهنده سنگ‌های مورد مطالعه از دوگانگی خاصی برخوردار است. یک سری از این سنگ‌ها ماهیت قلیایی و سری دیگر ماهیت کلسیمی - قلیایی نشان می‌دهند. نمودارهای استفاده شده حاکی از آن است که برخی از سنگ‌های توده نفوذی آق دره، قابل مقایسه با گرانیت‌های نوع A و برخی نیز با نوع I هستند. به نظر می‌رسد ماگمای تشکیل دهنده این سنگ‌ها، ناشی از آغشتگی یک ماگمای بازی به مواد پوسته‌ای باشد که شاید دایک‌های بازی موجود، نشانه‌ای از ماگماتیسم بازی مزبور باشد. این آغشتگی باعث شده است که ماگما، ماهیت قلیایی خود را کم و بیش از دست داده و به سمت ماگمای کلسیمی - قلیایی سوق پیدا کند.

کولینز و دیگران (1982) و والن و دیگران (1987) بر این باورند که ترکیب گرانیت‌های تیب "A" تغییرات قابل توجهی داشته و بتدریج به سمت گرانیت‌های تیب "I" و "S" متمایل می‌شوند. آنها علت این امر را اختلاف ترکیب سنگ‌های منشأ می‌دانند.

وجود دایک‌های بازی در منطقه، نشانگر فعالیت ماگماتیسم بازی بوده و این مسئله را تداعی می‌کند که می‌تواند یکی از عوامل ذوب مواد پوسته‌ای و همچنین آغشته کننده ماگماتیسم اسیدی در منطقه باشد. به این ترتیب که ماگمای گوشته‌ای (بازالتی) ضمن نفوذ در پوسته، باعث ذوب بخشی و ایجاد ماگمای اسیدی شده و سپس خود با این ماگما آمیخته شده است.

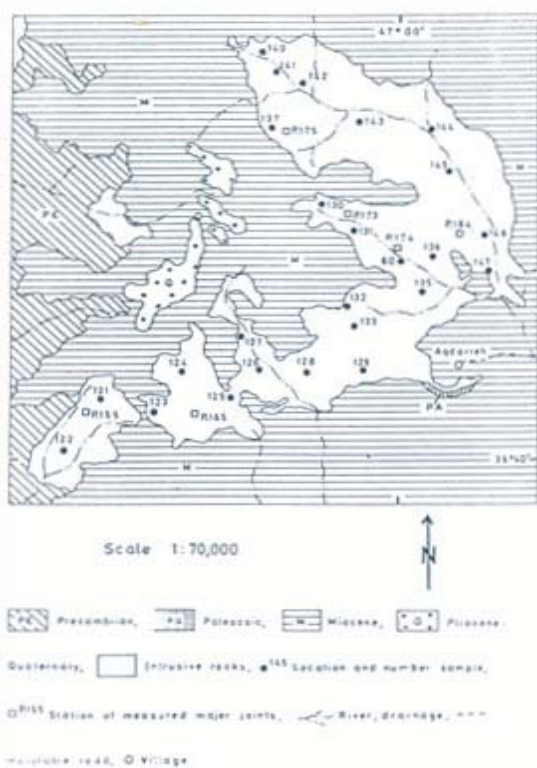
(نوع I). ماگمای تشکیل دهنده دایک‌های بازی در توده نفوذی آق دره، می‌تواند نماینده ماگمای گوشته‌ای باشد که در اواخر جایگیری توده گرانیتوئیدی و پس از سرد شدن آن نیز در توده تریق شده است. ضمناً تمرکز مواد قلیایی در



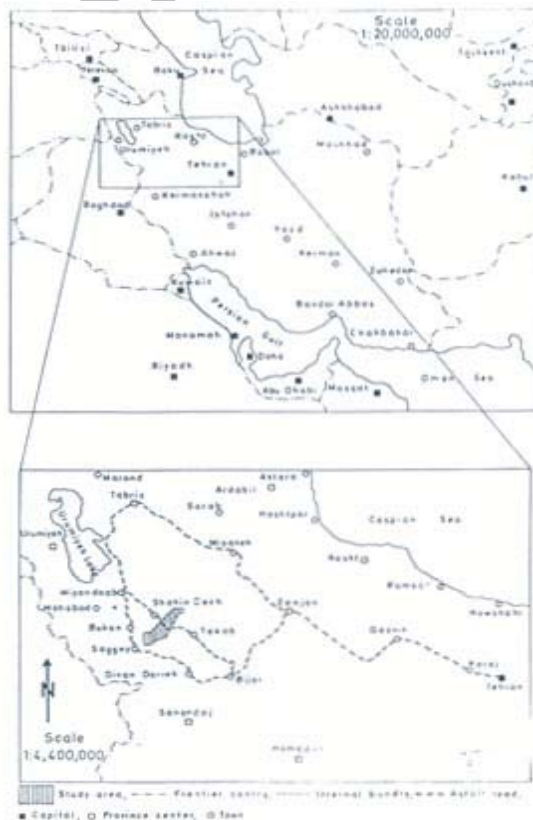


است، اما برخی از ویژگی‌های زمین‌شیمیایی ماگمای قلیایی اولیه (وجود آلپیت و رگه های کوارتز) هنوز در توده آق دره به طور ضعیف بر جا مانده و به همین علت دوگانگی زمین شیمیایی در سنگ‌های توده مورد مطالعه مشاهده می‌شود. از نظر ژئودینامیکی، پس از فاز لارامید و کاهش تنش‌های فشارشی ناشی از این فاز، شکستگی عمیق موجب صعود ماگمای بازی گوشته به درون پوسته در شمال باختر ایران شده است و به دنبال گرم شدن پوسته، ماگمای اسیدی تشکیل شده است و آمیختگی آنها، انواع سنگ‌های نفوذی را ایجاد کرده است. لذا این توده نفوذی (آق دره) از دیدگاه زمین‌ساختی با گرانیتوئیدهای پس از کوهزائی (POG) (پس از لارامید) قابل مقایسه است.

و موجب آغشتگی مواد بیگانه با ماگمای تشکیل دهنده اولیه این توده شده است. وجود دایک‌های بازی در توده نفوذی آق دره، یکی از دلایل آغشتگی ماگمای اولیه و آمیختگی آن با ماگمای گوشته‌ای است. بدین ترتیب که ماگمای گوشته‌ای ضمن نفوذ به درون پوسته، باعث ذوب و ایجاد ماگمای اسیدی شده و سپس ماگمای بازی و اسیدی خود با آن آمیخته شده است. به نظر می‌رسد آمیختگی ماگمای گوشته‌ای با ماگمای اسیدی، باعث شده که ماگمای اسیدی نوع I حاصل شود و اشتقاق بخشی از ماگمای اسیدی سرشار از قلیایی (ناشی از تفریق و عوامل دیگر) موجب ظهور یک ماگمای نسبتاً غنی از قلیایی (نوع A) در منطقه شده و لذا ماگمای ویژگی اولیه خود را از دست داده و کم و بیش ویژگی ماگمای کلسیمی- قلیایی را به دست آورده



شکل 2- نقشه زمین شناسی توده نفوذی آق دره و موقعیت جغرافیایی نمونه‌های مورد بررسی.



شکل 1- موقعیت جغرافیایی توده نفوذی آق دره و راه‌های ارتباطی آن.

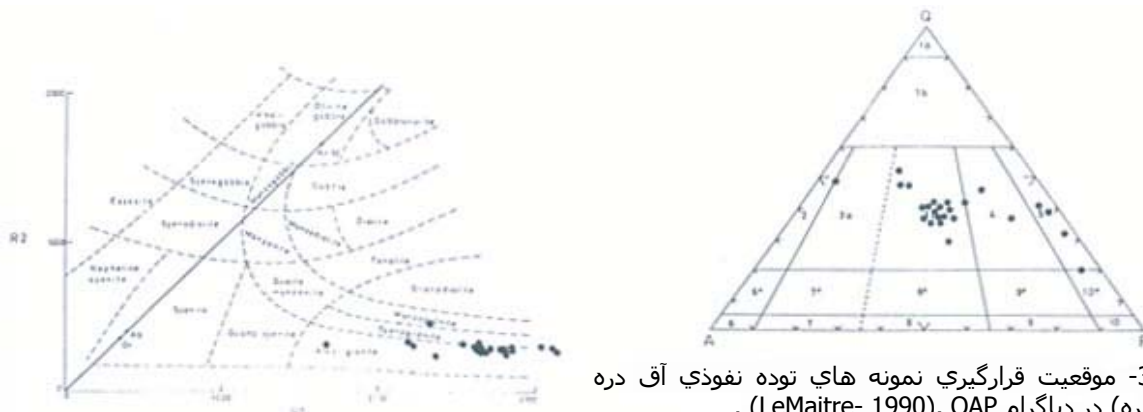




Element	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360	361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378	379	380	381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399	400	401	402	403	404	405	406	407	408	409	410	411	412	413	414	415	416	417	418	419	420	421	422	423	424	425	426	427	428	429	430	431	432	433	434	435	436	437	438	439	440	441	442	443	444	445	446	447	448	449	450	451	452	453	454	455	456	457	458	459	460	461	462	463	464	465	466	467	468	469	470	471	472	473	474	475	476	477	478	479	480	481	482	483	484	485	486	487	488	489	490	491	492	493	494	495	496	497	498	499	500	501	502	503	504	505	506	507	508	509	510	511	512	513	514	515	516	517	518	519	520	521	522	523	524	525	526	527	528	529	530	531	532	533	534	535	536	537	538	539	540	541	542	543	544	545	546	547	548	549	550	551	552	553	554	555	556	557	558	559	560	561	562	563	564	565	566	567	568	569	570	571	572	573	574	575	576	577	578	579	580	581	582	583	584	585	586	587	588	589	590	591	592	593	594	595	596	597	598	599	600	601	602	603	604	605	606	607	608	609	610	611	612	613	614	615	616	617	618	619	620	621	622	623	624	625	626	627	628	629	630	631	632	633	634	635	636	637	638	639	640	641	642	643	644	645	646	647	648	649	650	651	652	653	654	655	656	657	658	659	660	661	662	663	664	665	666	667	668	669	670	671	672	673	674	675	676	677	678	679	680	681	682	683	684	685	686	687	688	689	690	691	692	693	694	695	696	697	698	699	700	701	702	703	704	705	706	707	708	709	710	711	712	713	714	715	716	717	718	719	720	721	722	723	724	725	726	727	728	729	730	731	732	733	734	735	736	737	738	739	740	741	742	743	744	745	746	747	748	749	750	751	752	753	754	755	756	757	758	759	760	761	762	763	764	765	766	767	768	769	770	771	772	773	774	775	776	777	778	779	780	781	782	783	784	785	786	787	788	789	790	791	792	793	794	795	796	797	798	799	800	801	802	803	804	805	806	807	808	809	810	811	812	813	814	815	816	817	818	819	820	821	822	823	824	825	826	827	828	829	830	831	832	833	834	835	836	837	838	839	840	841	842	843	844	845	846	847	848	849	850	851	852	853	854	855	856	857	858	859	860	861	862	863	864	865	866	867	868	869	870	871	872	873	874	875	876	877	878	879	880	881	882	883	884	885	886	887	888	889	890	891	892	893	894	895	896	897	898	899	900	901	902	903	904	905	906	907	908	909	910	911	912	913	914	915	916	917	918	919	920	921	922	923	924	925	926	927	928	929	930	931	932	933	934	935	936	937	938	939	940	941	942	943	944	945	946	947	948	949	950	951	952	953	954	955	956	957	958	959	960	961	962	963	964	965	966	967	968	969	970	971	972	973	974	975	976	977	978	979	980	981	982	983	984	985	986	987	988	989	990	991	992	993	994	995	996	997	998	999	1000
---------	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------

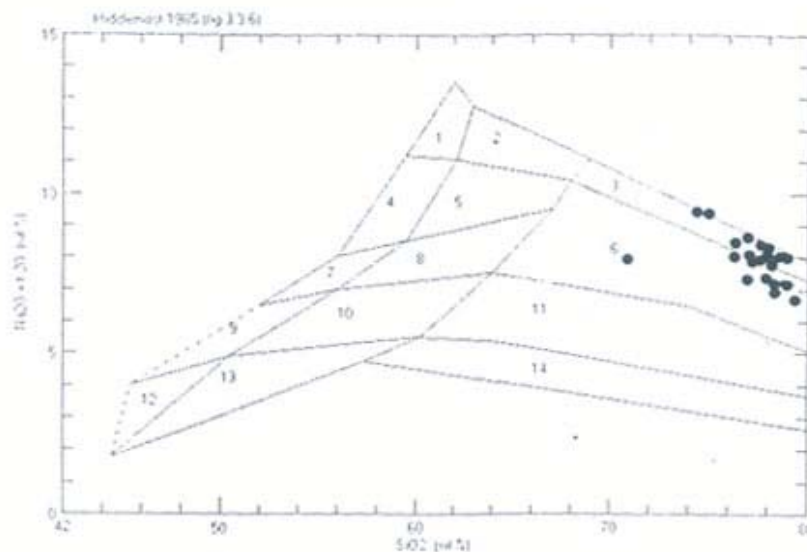
جدول شماره 1- نتایج آنالیزهای شیمیایی، پارامترهای R1 و R2 و محاسبه نرم نمونه‌های توده نفوذی آق دره





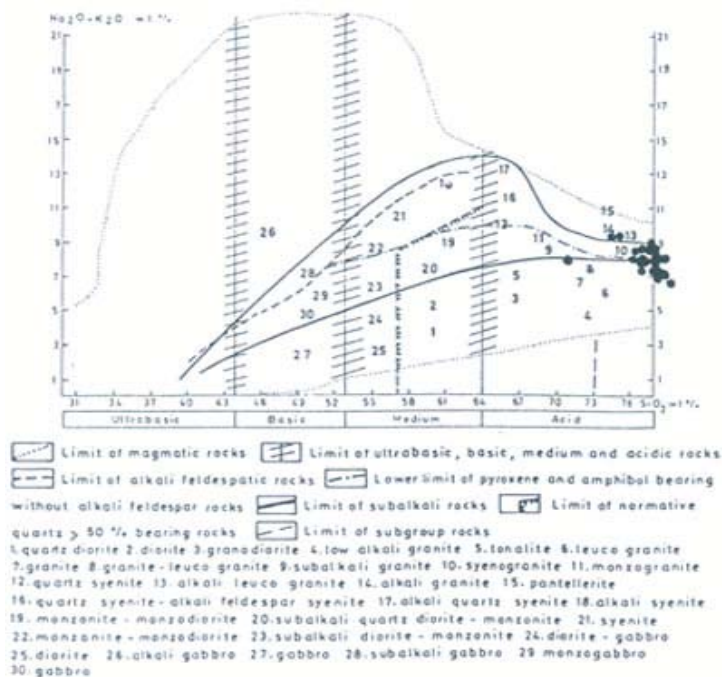
شکل 3- موقعیت قرارگیری نمونه های توده نفوذی آق دره (نقاط تیره) در دیاگرام QAP (LeMaitre- 1990).
 قلمروها: 1- کوارتزولیت (سیلکسیت) 2- گرانیتویدهای غنی از کوارتز 3- آلکالی فلدسپار گرانیت 4- سینیوگرانیت 5- مونزوگرانیت 6- گرانودیوریت 7- تونالیت 8- کوارتز آلکالی فلدسپار سینییت 9- کوارتز مونزونیت 10- کوارتز مونزو دیوریت - کوارتز مونزو گابرو 11- کوارتز دیوریت - کوارتز گابرو 12- آلکالی فلدسپار سینییت 13- سینییت 14- مونزونیت 15- مونزودیوریت - مونزوغابرو 16- دیوریت - گابرو.

شکل 4- موقعیت قرارگیری نمونه های توده نفوذی آق دره در دیاگرام R1 و R2 برای طبقه بندی سنگ های آذرین درونی (دولاروش و همکاران - 1980) (علائم شبیه شکل - 3).



شکل 5- دیاگرام $Ni\ 2\ O + K\ 2\ O$ در مقابل SiO_2 برای تقسیم بندی انواع سنگ های آذرین درونی (Middlemost - 1985) و موقعیت قرارگیری نمونه های توده نفوذی آق دره بر روی این دیاگرام (علائم شبیه شکل - 3).
 قلمروها: 1- آلکالی فلدسپار سینییت 2- آلکالی فلدسپار کوارتز سینییت 3- آلکالی فلدسپار گرانیت 4- سینییت 5- کوارتز سینییت 6- گرانیت 7- مونزونیت 8- کوارتز مونزونیت 9- مونزودیوریت 10- کوارتز مونزودیوریت 11- گرانودیوریت 12- دیوریت / گابرو 13- تونالیت.





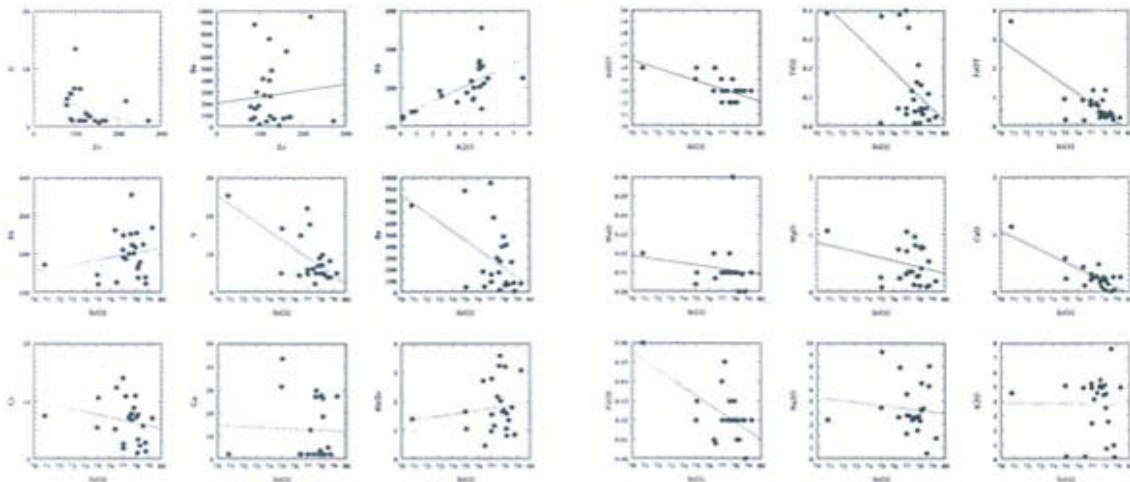
شکل 6- دیاگرام $Ni\ 2\ O + K\ 2\ O$ در مقابل SiO_2 برای تقسیم بندی انواع سنگ های آذرین درونی -Anderiva et al (1987) و موقعیت قرارگیری نمونه های توده نفوذی آق دره بر روی دیاگرام (علائم شبیه شکل 3-).

جدول شماره 2- نامگذاری نمونه های توده نفوذی آق دره

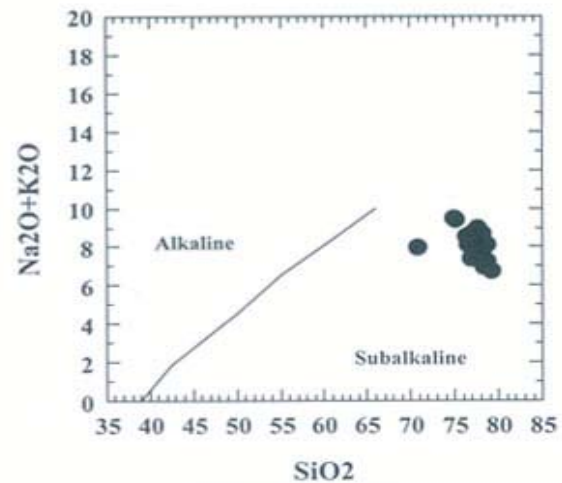
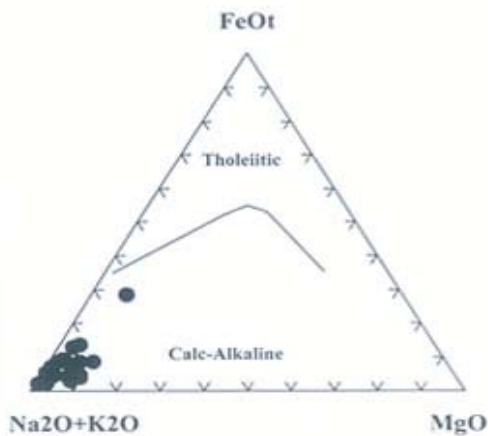
No Sample	De La Roche & et al, 1980	Middlemost 1985	Le Maitre 1989	Anderiva E.D., Bougatikov O.A. & et al. 1981	
	R_1 / R_2	$SiO_2 / K_2O + Na_2O$	Q, A, P	Oxides	$SiO_2 / K_2O + Na_2O$
60	alkali granite	granite	tonalite	leuco granite	—
121	alkali granite	—	monzo granite	alkali leuco granite	syenogranite
122	alkali granite	—	monzo granite	alkali leuco granite	alkali leuco granite
123	alkali granite	—	monzo granite	alkali leuco granite	syenogranite
124	alkali granite	alkali feldspar granite	monzo granite	alkali leuco granite	syenogranite
125	alkali granite	alkali feldspar granite	monzo granite	alkali leuco granite	alkali leuco granite
126	alkali granite	alkali feldspar granite	monzo granite	alkali leuco granite	syenogranite
127	alkali granite	alkali feldspar granite	quartz diorite	alkali leuco granite	alkali leuco granite
128	—	granite	quartz granite	leuco granite	—
129	—	granite	granodiorite	leuco granite	—
130	alkali granite	alkali feldspar granite	monzo granite	alkali leuco granite	syenogranite
131	alkali granite	alkali feldspar granite	granodiorite	leuco granite	syenogranite
132	syenogranite	alkali feldspar granite	monzogranite	alkali leuco granite	syenogranite
133	alkali granite	granite	tonalite	leuco granite	—
135	alkali granite	alkali feldspar granite	monzogranite-granodiorite	leuco granite	leuco granite
136	—	granite	monzogranite	leuco granite	leuco granite
137	alkali granite	alkali feldspar granite	monzogranite	leuco granite	leuco granite
140	alkali granite	alkali feldspar granite	tonalite	leuco granite	—
141+	—	—	—	alkali basalt	alkali basalt
142	alkali granite	alkali feldspar granite	monzogranite	leuco granite	syenogranite
143	alkali granite	granite	monzogranite	leuco granite	leuco granite
144	monzogranite	granite	monzogranite	granite	granite
145	alkali granite	granite	tonalite	leuco granite	syenogranite
146	—	granite	monzogranite	leuco granite	leuco granite
147	—	alkali feldspar granite	alkali feldspar granite	leuco granite	—

+)Dike



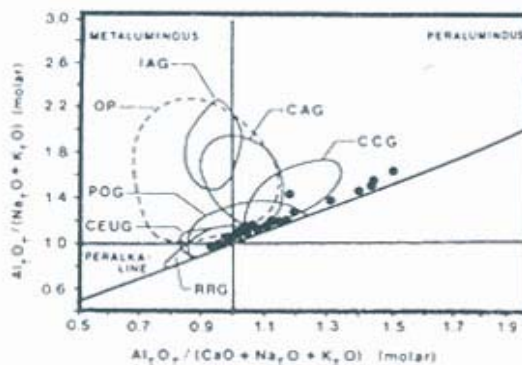
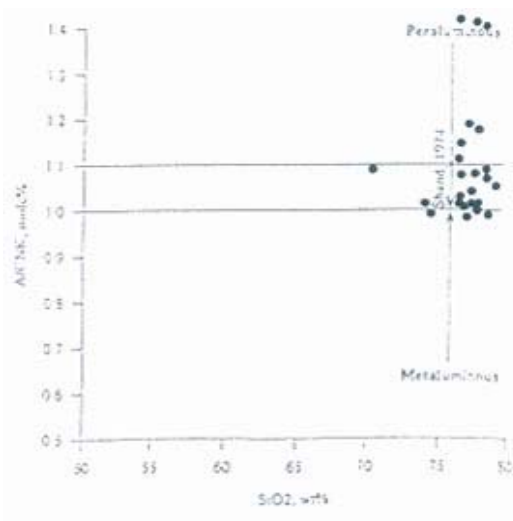


شکل 7- دیاگرام اکسید - اکسید (Harker (1909) و موقعیت نمونه‌های توده نفوذی آق دره بر روی آن (علائم شبیه شکل - 3).
شکل 8- دیاگرام تغییرات عناصر کمیاب Rb/Zr, Cr, V, Rb, Ba, Ga در مقابل SiO_2 و موقعیت نمونه‌های توده نفوذی آق دره بر روی آن (علائم شبیه شکل - 3).



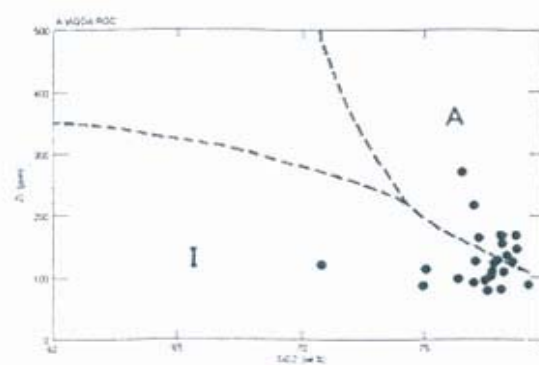
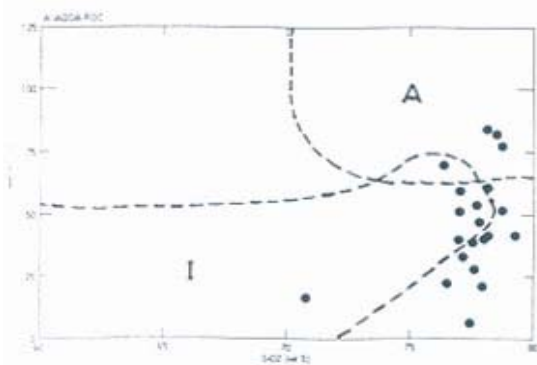
شکل 9- نمودار تغییرات مجموع آلکالن در مقابل سیلیس که در آن دو محدوده آلکالن و ساب آلکالن از یکدیگر جدا شده‌اند (Irvine & Baragar - 1971) و موقعیت نمونه‌های توده نفوذی آق دره بر روی آن .
شکل 10- AFM که سه قطب $A = Ni_2O + K_2O$ ، $F = FeO(t)$ و $M = MgO$ است و در آن محدوده کالکوالکالن و تولیت از هم تفکیک شده است (Irvine & Baragar - 1971) و موقعیت نمونه‌های توده نفوذی آق دره بر روی آن .





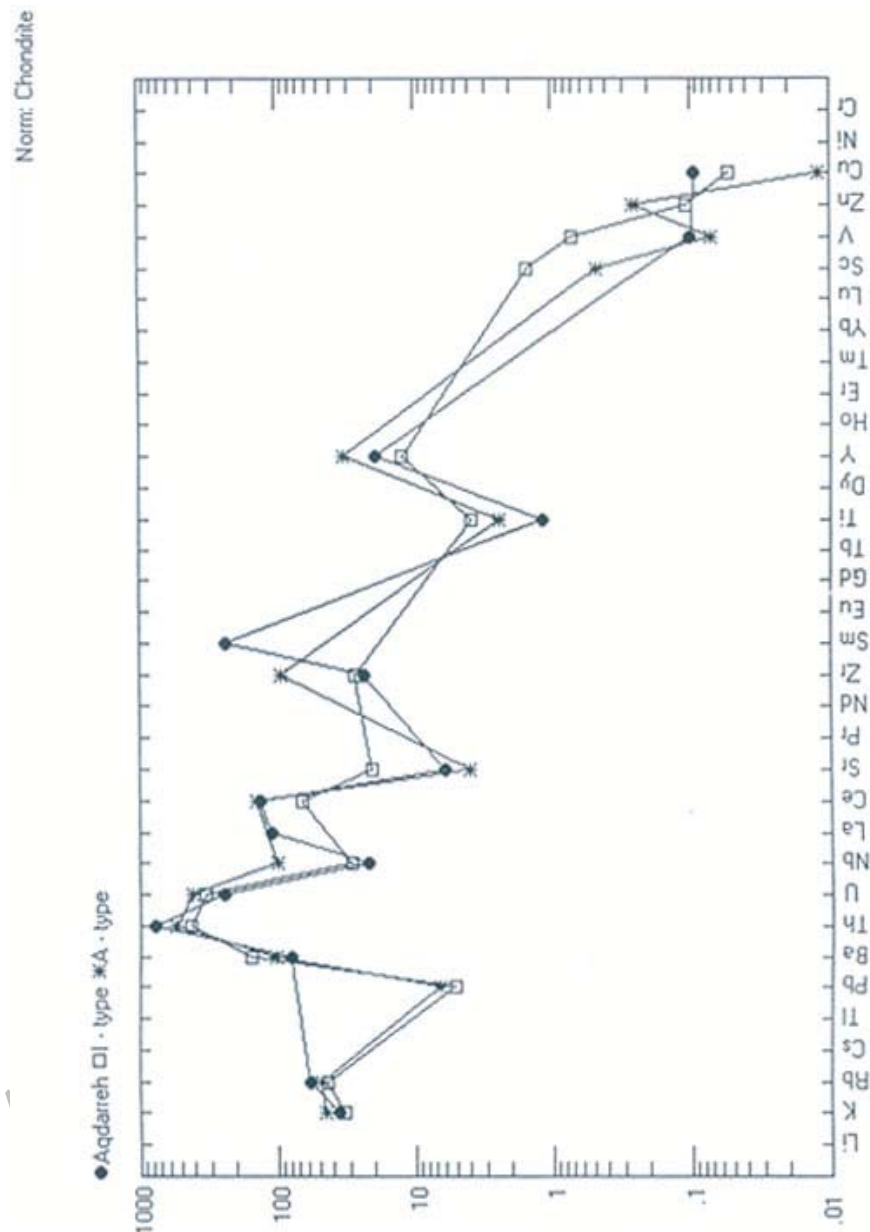
شکل 11- موقعیت نمونه‌های توده نفوذی آق دره در دیاگرام A/CNK در مقابل A/NK (Maniar & Piccoli- 1989).

شکل 12- موقعیت نمونه‌های توده نفوذی آق دره در دیاگرام A/CNK در مقابل SiO₂ (Shand – 1974).

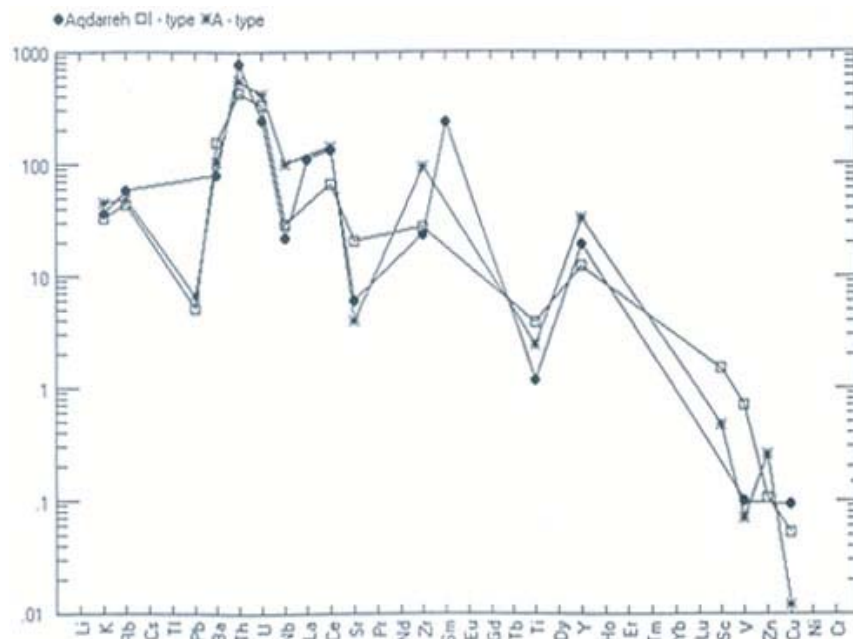


شکل 13- دیاگرام تغییرات SiO₂ در مقابل عنصر Zr برای تفکیک تیپ‌های I و A (Furnes & et al., 1996).

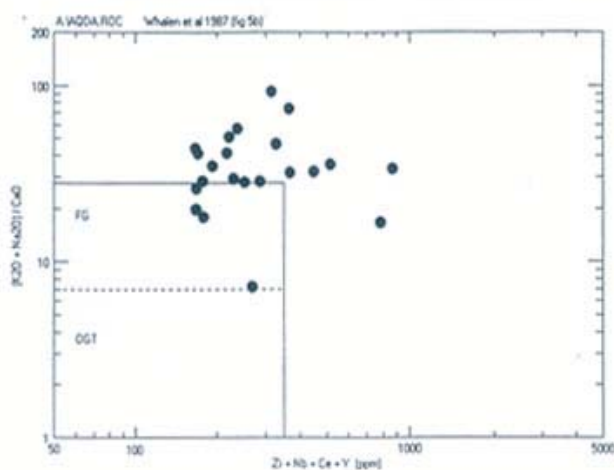
شکل 14- دیاگرام تغییرات SiO₂ در مقابل عنصر Zr برای تفکیک تیپ‌های I و A (Furnes & et al., 1996).



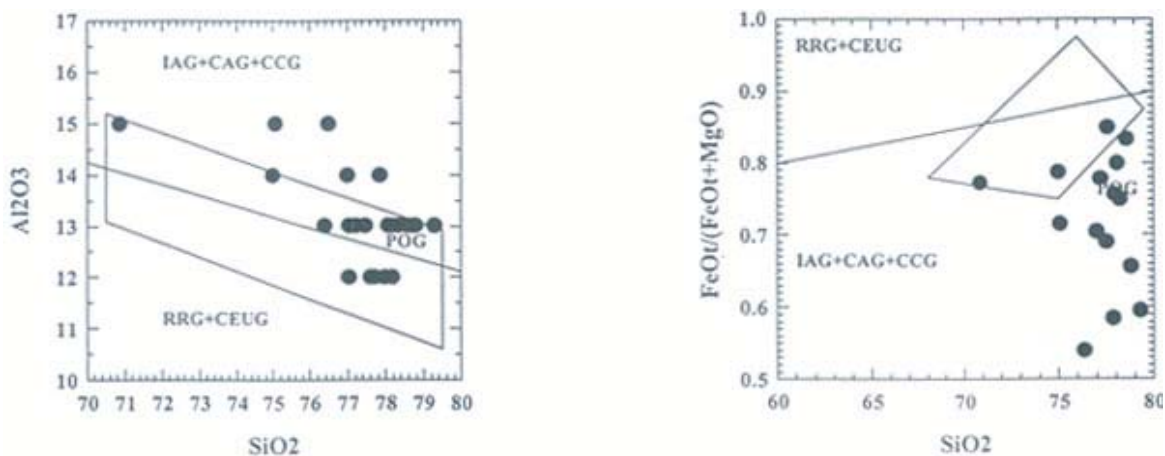
شکل 15- دیاگرام چند عنصر (Spider Diagrams) و موقعیت میانگین مقادیر عناصر کمیاب نمونه های توده نفوذی آف دره و گرانیتهای تیب "A" و "I" (Whalen et al.-1987) عادی شده بر پایه ترکیب کندریتها.



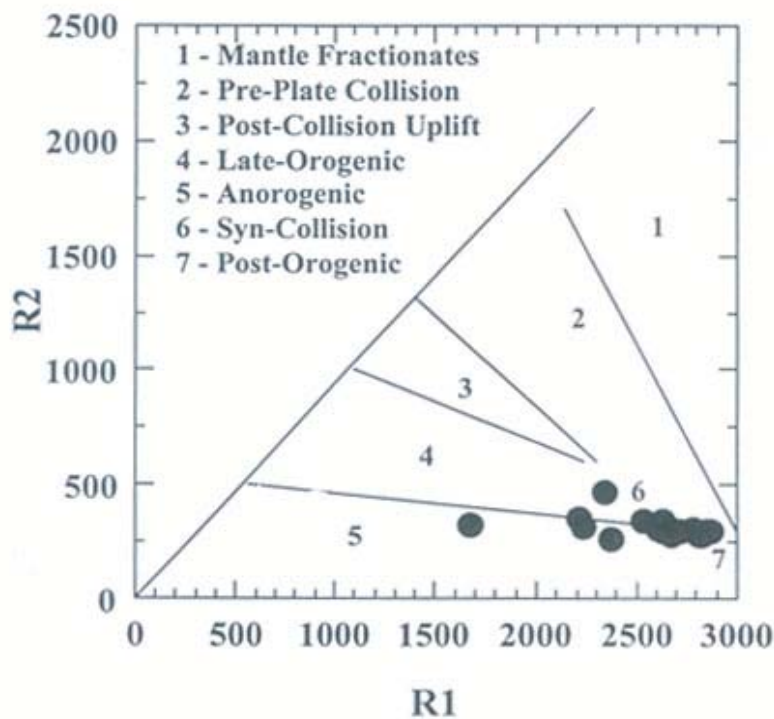
شکل 16- دیاگرام چند عنصری (Spider Diagrams) و موقعیت میانگین مقادیر عناصر کیمیا نمونه‌های توده نفوذی آق دره و گرانیت‌های تیپ "A" و "I" (Whalen et al. 1987) عادی شده بر پایه ترکیب ماگمای گوشته .



شکل 17- دیاگرام تغییرات $Y+Ce+Nb+Zr$ در مقابل $(K_2O + Ni_2O) / CaO$ جهت تفکیک گرانیت های تیپ "A" گرانیت های تفریق یافته (FG) و گرانیت های تفریق نشده تیپ‌های S,I,M (OGT) (Whalen et al.- 1987).



شکل 18- دیاگرام های تغییرات Al_2O_3 در مقابل SiO_2 جهت تفکیک محیط تکتونیکی گرانیتوئیدها (Maniar & Piccoli-1989) و موقعیت نمونه های توده نفوذی آق دره بر روی آنها.



شکل 19- دیاگرام تغییرات پارامترهای R1 و R2 و جهت تفکیک محیط تکتونیکی گرانیتوئیدها (Batchelor & Bowden – 1985) موقعیت نمونه های توده نفوذی آق دره بر روی آن .

کتابنگاری

بابا خانی، قلمقاش، 1376- نقشه زمین شناسی ورقه 000 ، 100 : 1 تخت سلیمان ، سازمان زمین شناسی کشور.
خلقی خسرقی، 1380 - بررسی پترولوژی، ژئوشیمیایی و تعیین سن توده های نفوذی شمال باختر ایران (تکاب - شاهین دژ)، پایان نامه دکتری ، انستیتو زمین شناسی ، آکادمی علوم جمهوری آذربایجان ، باکو، 358 صفحه .
خلقی خسرقی، 1379 - نقشه زمین شناسی ورقه 000 ، 100 : 1 ایرانخواه (چاپان)، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور .
خلقی خسرقی، 1373 - نقشه زمین شناسی ورق 000، 100 : 1 شاهین دژ، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
خلقی خسرقی، 1370 - متامورفیسم ، پلوتونیسم و استراتیگرافی شرق شاهین دژ، پایان نامه کارشناسی ارشد ، دانشکده علوم ، دانشگاه تهران ، 260 صفحه .

References

- Alavi – Naini, M., Hajian, J., Amidi, A., Bolurchi, H., 1982 - Geology of Takab - Saein Qaleh : Explanatory note of 1:250,000 map of Takab quadrangl , Geological Survey of Iran , Report No. 50.
- Anderiva, E.D. et al., 1981 - Magmatic rocks, Moscova, Nedna Publications.
- Batchelor, R. A. and Bowden, P., 1985 - Petrogenetic interpretation of granitoid rocks series, using multicationic parameters, Chem. Geol., No. 48, 43-55.
- Collins, W. Y., Beams, S. D., White, A.J.R. & Chappell, B.W., 1982 - Nature and origin of A - type granite with particular reference to south eastern Australia (Con. Min. Petrol., Vol. 80).
- De la Roche, H., Leterrier, J., Grand Claude, P., Marcher, M., 1980 - A classification of Volcanic and Plutonic rocks using R1 - R2 diagrams and major element analysis, chem .Geol ., Vol. 29: 183 - 210.
- Furnes, H., El - Sayed, M., M., Khalil, S., O., & Hassanen, M., A., 1996 - Pan - African magmatism in the wadi El - Imra district, central Desert, Egypt: geochemistry & tectonic environment. Jou. Geo. Soc. Vol. 153.
- Harker, A., 1909 - The natural history of igneous rocks Methuen . London .348 PP.
- Irvine, T.N., Barager, W.R.A., 1971 - A guide to the chemical classification of the common Volcanic rocks, Can. J. Earth sei 8, 523 - 548.
- LeMaitre, R.W., Bateman, P., Keller, J., Lameyre Le Bas, H. J., Sabine, P. A., Schmid, R., Sorensen, H., Streckeisen, A., Woolley, A.R. and Zanettin, B., 1989 - A classification 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., 1987 - Magmas and magmatic rocks, Longman.
- Middlemost, E.A.K., 1991 - Towards a comprehensive classification of igneous rocks and magmas, Earth Sci. Rev. 31: 73 - 87.
- Shand, S. J., 1974 - Eruptive rocks, their genesis, composition, classification and their relation to ore - deposits. 3rd edition, J. Wiley and Sons, New York, 488 p.
- Whalen, J.B., Currie, K.L., Chappell, B.W., 1987 - A - Type ganite: Geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis (cont. Min. Petrol. Vol. 95).

*Geological Survey of Iran

**Earth Science, Faculty, Shahid Beheshti University.

*سازمان زمین شناسی کشور و اکتشافات معدنی کشور

**دانشکده علوم زمین ، دانشگاه شهید بهشتی