



## پتروژنز و ژئوشیمی گرانیتوئید منطقه تاریک دره تربت جام

### و کانه‌سازی طلای مرتبط با آن

محمد عظیم یوسفی<sup>1</sup>، مرتضی رزم آرا<sup>2</sup>، ناهید کاووسی<sup>3</sup>

1- دانشجوی کارشناسی ارشد پترولوژی گروه زمین‌شناسی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران

Mohammad\_azim35@yahoo.com

2- عضو هیئت علمی گروه زمین‌شناسی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران

Mortezarazmara@gmail.com

3- دانشجوی دکتری GIS و سنجش از دور گروه عمران، دانشگاه UPM، مالزی

Kavoosyn@yahoo.com

#### چکیده

استوک گرانیتوئید تربت جام، با استفاده از روش‌های XRD، XRF، ICP-MS و RS مورد بررسی قرار گرفت. در این منطقه از داده‌های ماهواره‌ای ETM<sup>+</sup> لندست استفاده شد. گیرنده‌های TM قادر به جذب طیف‌های الکترومغناطیسی با طول موج 45 μm تا 2/35 μm هستند که در 7 باند قرار می‌گیرند. باند هفتم (2/08-2/35)، باند مهمی برای تفکیک واحدهای سنگی و بویژه برای تشخیص مناطق آلتراسیونی هیدروترمال است. با استفاده از نرم‌افزار سنجش از دور ENVI تفکیک لیتولوژی در 4 گروه عمده و 12 زیرگروه فرعی امکان‌پذیر گردید.

استوک ارتوکلاز-پلاژیوکلاز-بیوتیت‌دار جام، توده‌ای نفوذی پرآلومینوس (A/CNK = 0.8-1.6) و کالکوآلکان (Na<sub>2</sub>O>K<sub>2</sub>O) است. در داخل توده، کانه‌سازی در داخل رگه‌های کوارتزارتدار صورت گرفته و پدیده‌های سیلیسی‌شدن، سریسیتی‌شدن و کلریتی‌شدن (بویژه در بیوتیت‌ها) به صورت گسترده‌ای قابل مشاهده می‌باشد. غنی‌شدگی از عناصر Au, Mo, Co, K, متعاقب پدیده تفریق صورت گرفته و بویژه غنی‌شدگی طلا همراه با غنی‌شدگی آنتیموان می‌باشد. نسبت Na<sub>2</sub>O/K<sub>2</sub>O در اغلب نمونه‌ها معمولاً بیشتر از یک بوده ولی تغییرات بین 0/7 تا 2 نیز قابل مشاهده است که تیپیک گرانیت‌های نوع I می‌باشد اما نسبت MgO/FeO (T) پایین تا متوسط می‌باشد که در محدوده 0/3 تا 0/9 تغییر می‌نماید.

آتومالی در بالاتر از حد میانگین پوسته‌ای از بعضی عناصر همچون طلا (متوسط 2/4 ppm)، آنتیموان (متوسط 0/9 ppm)، بیسموت (متوسط 0/15 ppm) و کبالت (متوسط 12/8 ppm) در توده گرانیتوئیدی به خوبی نشان‌دهنده غنی‌شدگی ماگما در طی تفریق از این عناصر می‌باشد. بر مبنای داده‌های REE از توده گرانیتوئیدی جام می‌توان آنرا در محدوده نوع I تعیین نمود. میانگین فراوانی عناصر کمیاب گرانیتوئید جام، میانگین مقادیر عناصر HFSE و LILE نیز بسیار مشابه با گرانیت‌های نوع I می‌باشد.

**واژه‌های کلیدی:** عناصر نادر (REE)، HFSE، LILE، تربت جام، سنجش از دور (RS)، XRD، XRF، ICP-MS

#### Abstract

The granitoid stock at Tarik dareh, Torbat-e-Jam was investigated using RS, ICP-MS, XRF and XRD methods. In the area, Landsat Thematic Mapper (TM) data was used. The TM sensor records energy in the 0.45- 2.35 regions of the electromagnetic spectrum in 7 bands. As band 7 (2.08- 2.35μm) is an important band for segregation of geologic rock formations especially, it would be efficient for distinguishing hydrothermal alteration area. By using ENVI (Environment for Visualizing Images) software, the lithology of area was segregated (as 4 main unit and 12 subunit) and the software provided a means of estimating mineral abundance without a past knowledge.

The orthoclase-plagioclase-biotite granitoid stock of Torbat-e-Jam is weakly peraluminous (A/CNK= 0.8 - 1.6) and calcoalcine (Na<sub>2</sub>O>K<sub>2</sub>O).

The gold-bearing quartz-vein mineralization within the stock was occurred and silicification, sericitization and chloritization of the stock associated with quartz-vein mineralization are enriched in Au, As, K, Mo, Co and Sb. These mineralization fluids may be due to differentiation of the same granitoid magma crystallization at depth. The gold mineralization associated with an antimony mineralization episode.

The samples have Na<sub>2</sub>O/K<sub>2</sub>O ratio between 0.7 to 2 as is typical of I-type granitoid rocks. In addition, the specimens have low to intermediate MgO/Feo (T) ratios ranging from 0.3 to 0.9.

The anomalous concentrations of Au (2.4 ppm), Sb (0.9 ppm), Bi (0.15 ppm) and Co (12.8 ppm) in the granitoid are well above of crustal averages suggest that the magma enrichment during of differentiation of granitoid magma crystallization at depth. Based on REE data, the Jam granitoid can be classified as I-type granite as well.

The average trace element abundance of the Jam granitoid is very similar to the I-type granite, average in its low large ion lithophile elements (LILE) contents and high high field strength elements (HFSE) contents.

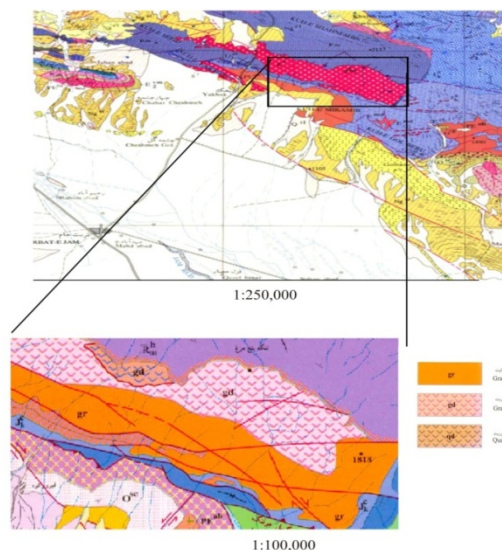
**Key words:**REE, LILE, HFSE, Torbat-e-jam, Remote Sensing (RS), XRD, XRF, ICP-MS.

## مقدمه

توده گرانیتوئیدی جام یک استوک با رخمنونی با وسعت 45 کیلومتر مربع است که در 35 کیلومتری شمال شرق تربت جام در استان خراسان رضوی واقع است که بخش شرقی منطقه تاریک دره را تشکیل می دهد (شکل 1). این توده نفوذی دارای روند شمال غرب - جنوب شرق است و بعضی از محققین آنرا جزئی از کمربند بینالود در نظر گرفته اند (علوی نائینی، 1377). از نظر ارتباط سنی این توده با سازند میانکوهی با لیتولوژی شیل قهوه‌ای زغال‌دار، با توجه به وجود هورنفلس‌های درجه پایین تا متوسط، سن جوانتری از این سازند را برای آن در نظر گرفته‌اند. بنابراین سن این توده پس از نورین و قبل از بازوسین (اواخر تریاس تا اواسط ژوراسیک) است (علوی نائینی، 1377). وجود منطقه‌بندی نامتقارن حاکی از تفریق بلوری در این توده است که از شمال به سمت جنوب تغییر ترکیبی از حدواسط به سمت اسیدی است. قسمت حدواسط آن کوآرتزدیوریت و کوآرتز مونوزودیوریت و قسمت اسیدی از مونزوگرانیت تا سینوگرانیت تغییر می‌کند (علوی نائینی، 1377). با توجه به قرارگیری قسمت حدواسط توده در حاشیه شمالی می-توان استنتاج نمود که نفوذ توده بدون وقفه صورت گرفته است زیرا اگر نفوذ توده با وقفه همراه بود بخش حدواسط تاحدی دچار انجماد می‌شد و نفوذهای بعدی با ترکیب اسیدی‌تر به ناچار در اطراف این بخش صورت می‌گرفت. وجود آلتراسیون پتاسیک و نفوذ محلول‌های غنی از پتاسیم بر اهمیت بررسی این توده می‌افزاید. در این تحقیق به بررسی تغییرات و روند ژئوشیمیایی توده به منظور بدست آوردن نوع ماگمای گرانیتوئیدی، رفتار ماگما در حین نفوذ و محیط تکتونیکی و نیز کانه‌سازی طلای مرتبط با آن پرداخته شده است.

## زمین شناسی منطقه

منطقه مورد نظر مطابق شکل 1 به ترتیب قدیم به جدید دارای لیتولوژی‌های اسلیت و شیل‌های قهوه‌ای زغال‌دار (سازند میانکوهی) در شمال منطقه، توده گرانیتوئیدی در مرکز و بر روی آنها کنگلومرای قاعده‌ای سازند کشف‌رود و ماسه‌سنگ‌های آهکی به طور دگرشیب قرار می‌گیرند که در جنوب منطقه قرار دارند و پس از یک توقف چینه‌ای سنگ‌های ولکانیکی پالئوسن با ترکیب آندزیت-بازالت را داریم (علوی نائینی، 1377).

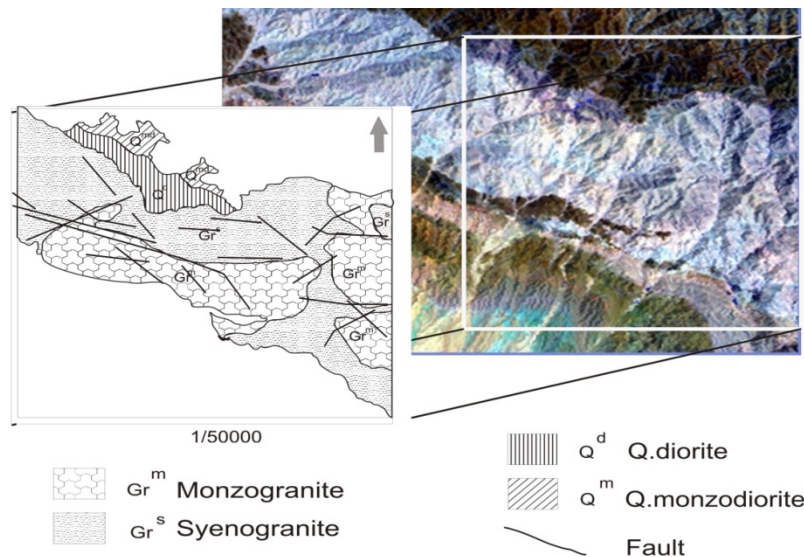


شکل 1\_ نقشه منطقه مورد مطالعه با تفکیک واحدهای لیتولوژی آن در منطقه تاریک دره

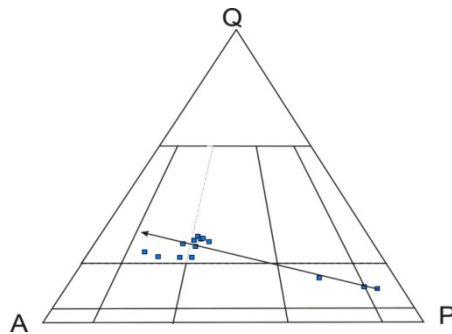
گسل‌های منطقه به صورت معکوس با مولفه راست گرد هستند که دارای روند شمال غرب - جنوب شرق هستند و از روند کلی منطقه تبعیت می‌کنند. با توجه به گسل خوردگی توده نفوذی، سن عملکرد گسل بعد از نفوذ توده گرانیتوئیدی بوده است. وجود این نوع گسل‌ها بیانگر رژیم فشارشی در منطقه است.

## بحث و بررسی

تغییرات کانی‌شناسی محدود اما با اهمیتی در توده نفوذی منطقه قابل مشاهده است که با توجه به این موضوع و نواری بودن توده، نمونه‌برداری به روش چینه‌سان احتمالی (Random Stratified) انجام شده است. با تلفیق اطلاعات پتروگرافی و RS تفکیک لیتولوژی با دقت زیادی امکان‌پذیر گردید به گونه‌ای که در گرانیتوئید منطقه جام، امکان تفکیک چهار واحد عمده و 12 زیرواحد فرعی با کمک آنالیزهای RS فراهم گردید (شکل 2). با انجام آنالیز مدال، قسمت شمالی که بخش حدواسط توده را تشکیل می‌دهد. سنگ‌های این منطقه در محدوده کوارتز دیوریت و کوارتز مونوزودیوریت قرار می‌گیرند و مرکب از کانی‌های پلاژیوکلاز (از نوع آندزین)، ارتوکلاز و کوارتز می‌باشند. کانی‌های فرعی آن نیز شامل هورنبلند (از نوع فروپارگاسیت)، بیوتیت، زیرکن، آپاتیت و کانی‌های اپیک آن از نوع مگنتیت با حاشیه تبدیلی به هماتیت است. نتایج آنالیز مدال توده بر روی دیاگرام IUGS در شکل 3 رسم شده است. دگرسانی در منطقه باعث تبدیل هورنبلند به بیوتیت و بیوتیت به کلریت شده است. در پایین دست توده و در بخش اسیدی منطقه، سنگها از مونزوگرنایت تا سینوگرنایت تغییر می‌کنند. کانی‌های اصلی این سنگها به ترتیب فراوانی ارتوز، پلاژیوکلاز (از نوع الیگوکلاز)، کوارتز می‌باشند. کانی‌های فرعی نیز شامل بیوتیت، هورنبلند (از نوع فروپارگاسیت)، آپاتیت و زیرکن است. مقدار آپاتیت و زیرکن در سنگ‌های این زون کمتر از زون حدواسط است. در برخی از نمونه‌های سینوگرنایت و مونزوگرنایت نیز کانی آلانیت را داریم. هیچ گونه کانی اپیکی در این بخش قابل مشاهده نیست و دگرسانی در این سنگ‌ها هم با شدت کمتر قابل مشاهده است. بافت سنگ‌ها در قسمت کوارتز دیوریتی به صورت پورفیروئیدی تا هیپیدئومورف گرانولار و در قسمت مونزو و سینوگرنایتی دارای بافت هیپیدئومورف گرانولار می‌باشند. ارتوکلازها نیز دارای بافت پرتیت و میکروپرتیت هستند و در برخی از مقاطع بافت میرمیکیتی و گرانوفیری را داریم. با توجه به نتایج آنالیز مدال از سنگهای منطقه بر روی دیاگرام IUGS، روند تفریق در منطقه از نوع کالکوآلکانل پتاسیم متوسط تعیین گردید (شکل 3). در قسمت سینو و مونزوگرنایتی توده نفوذی انکاو های مدور میکرو انگولار مافیک (MME)، به صورت پراکنده وجود دارند که با فاصله از قسمت های حدواسط از مقدار و اندازه آنها کاسته می‌شود. پتروگرافی این بخش مشابه با بخش کوارتز دیوریتی است اما میزان بیوتیت و کوارتز افزایش پیدا کرده است. در بین دو بخش حد واسط و اسیدی هم آمیختگی زیادی دیده می‌شود که اختلاف دمای کم و عدم وقفه بین مراحل نفوذ را نشان می‌دهد.



شکل 2\_ نقشه تفکیک لیتولوژی با استفاده از تلفیق اطلاعات RS (Remote Sensing) و پتروگرافی از منطقه.



شکل 3\_ نمودار IUGS برای سنگ‌های منطقه و قرار گرفتن آنها در چهار محدوده کوارتز دیوریت، کوارتز مونزودیوریت، مونزوگرنایت و سینوگرنایت که روند قرار گرفتن آنها در نمودار، ماهیت کالکوآلکالین پتاسیم متوسط را به نمایش می‌گذارد.

در زون‌های فرورانش معمولاً ماگماهای با خاستگاه آذرین می‌توانند از دو منطقه مشتمل بر ورقه اقیانوسی فرورونده (متابازالت) و گوه گوشته‌ای روی آن (استنوسفر) سرچشمه بگیرند. گرچه معمولاً در این مناطق سیالات حاصل از آب‌زدایی ورقه اقیانوسی فرورونده با ورود به گوه گوشته‌ای آنرا متاسوماتیزه، غنی شده از عناصر ناسازگار و دستخوش ذوب بخشی و ایجاد ماگما می‌کنند، ولی در این موارد، غالباً بخشی از پوسته اقیانوسی نیز ذوب می‌شود و در تشکیل ماگماهای برخاسته از این مناطق مشارکت می‌کند. اثبات نقش و میزان هر یک از این خاستگاه‌ها در تولید ماگما، مستلزم بررسی‌های گسترده و دقیق است. آنالیز بالک XRF و ICP-MS بر روی نمونه‌های منطقه انجام شده است که نتایج آن در جدول‌های 1 تا 3 آمده است. با توجه به آنالیزهای ICP-MS و XRF و با رسم نمودارهای ژئوشیمیایی می‌توان به بسیاری از خصوصیات توده نفوذی پی برد. میزان کم LOI نشان‌دهنده دگرسانی کم نمونه‌ها است اما نمونه‌های مربوط به کوارتز دیوریت و انکلاوها دارای مقادیر بالاتری نسبت به دو نمونه اسیدی‌تر دیگر است. (جدول 1) نسبت K/Na در نمونه‌ها متغیر است اما نسبت Fe/Mg پایین تا متوسط (0.3 تا 0.9) است. دیاگرام AFM نیز کالکوآلکالین بودن توده را تایید می‌نماید (شکل 4). از اینرو می‌توانیم پی ببریم که توده نفوذی در محل برخورد مرتبط با کوهزایی بوجود آمده است.

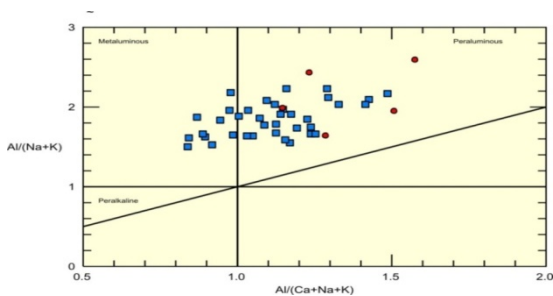
با استفاده از طبقه‌بندی Shand، بیشتر نمونه‌ها در محدوده پرآلومینوس قرار می‌گیرند که این می‌تواند ناشی از آغشتگی با پوسته باشد (شکل 5). در نمودارهای دو محوره هارکر با توجه آنالیزهای ICP، تغییرات نسبت به  $Al_2O_3$  سنجیده شده است (شکل 6). شیب‌های مثبت  $Al_2O_3$  در برابر  $K_2O$  و  $FeO_1$  و شیب منفی  $CaO$  که با پراکندگی نمونه‌ها همراه هستند، نشان از وجود تفریق بلوری است. نکته جالب اینکه همه نمونه‌ها بیشترین تفریق را در مرکز توده نشان می‌دهند.

جدول 1\_ آنالیز عناصر اصلی با استفاده از XRF بر حسب درصد وزنی. (نمونه انکلاو MME) A-1-E نمونه کوارتز دیوریتی A-1-Qd نمونه مونزوگرنایتی C-1-Gd نمونه سینوگرنایتی A-1-G

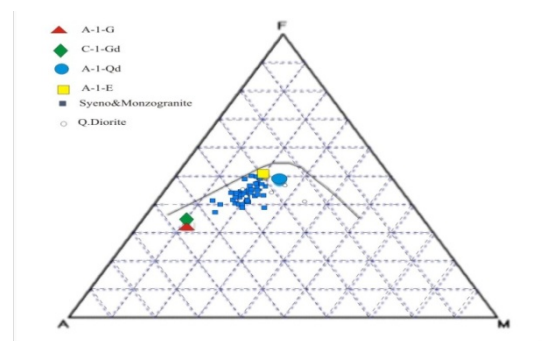
Sample Number	C-1-Gd	A-1-E	A-1-Qd	A-1-G
SiO <sub>2</sub>	64.6	52.1	55.8	66.3
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.3	16.8	13.9	15.3
Na <sub>2</sub> O	3.03	3.15	2.13	2.79
MgO	1.51	4.28	4.66	1.5
K <sub>2</sub> O	4.35	3.12	2.89	4.18
TiO <sub>2</sub>	0.48	1.04	0.88	0.45
MnO	0.07	0.24	0.17	0.07
CaO	3.62	5.53	7.13	3.3
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.12	0.4	0.28	0.12
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	4.35	10.4	9.11	4.02
LOI	1.15	2.4	2.68	1.6

جدول (2) - آنالیز عناصر اصلی بوسیله ICP-MS از تمام توده نفوذی بر حسب ppm.

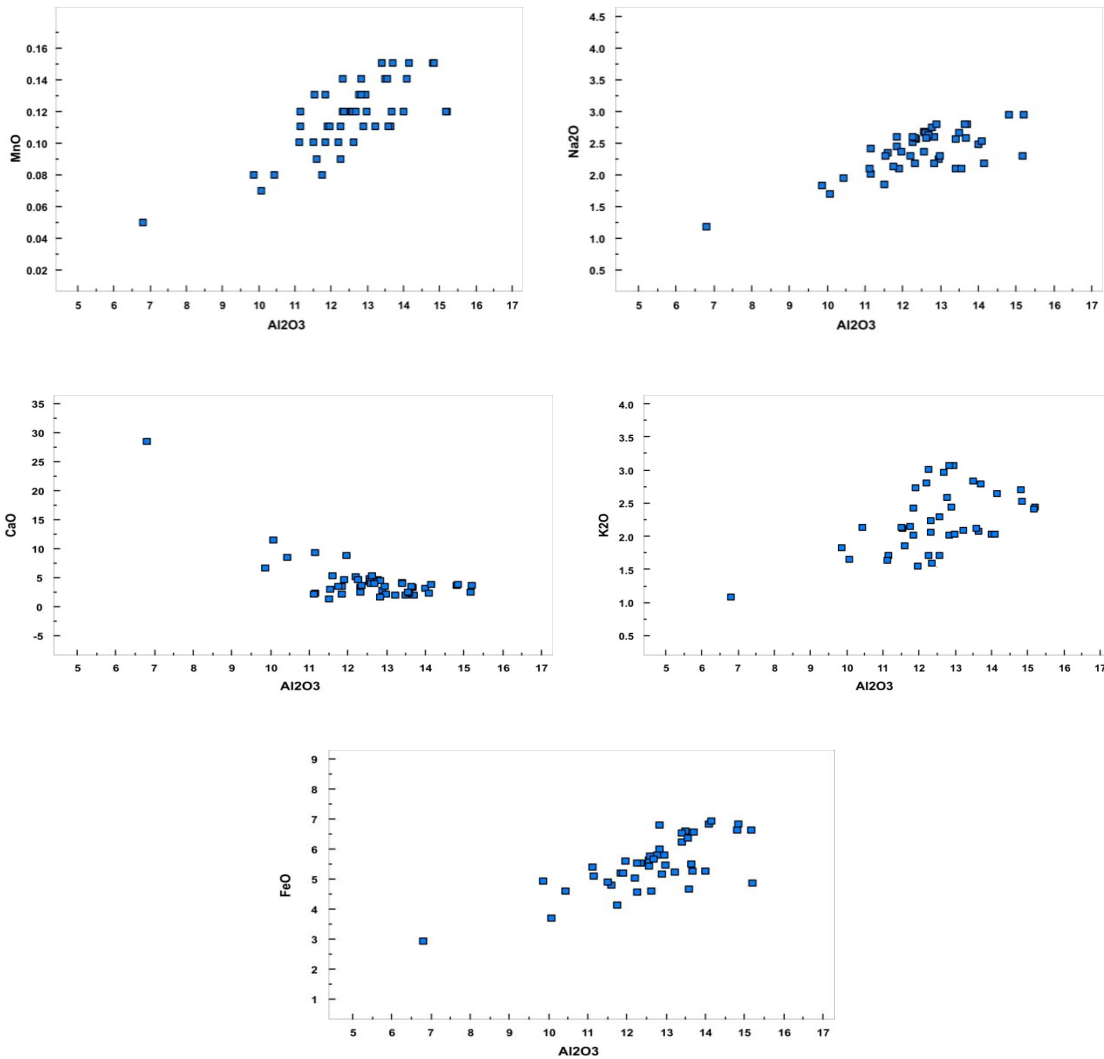
SN	Ti	Fe	Al	Ca	P	Mg	K	Na	S	Mn
335	4340	36800	74200	22000	850	14200	16800	18300	120	926
344	4380	36800	72400	23400	1030	13600	13400	19100	80	928
345	2150	20400	36000	203000	509	7800	8950	8660	600	361
363	3560	40500	67600	33200	833	15200	21400	20400	200	972
382	3840	39400	66600	33500	1070	17300	18900	17500	220	929
386	3920	46100	71500	13600	825	16500	23500	19700	150	1120
388	4090	49900	62800	14500	1010	15100	16700	19300	170	1030
393	3770	36200	62700	24900	936	16000	20100	18100	170	810
397	5140	47600	74700	16600	998	19800	16800	18800	80	1050
398	4490	38600	65200	23200	914	18300	17000	16200	120	904
415	4030	38000	66600	30000	950	14900	14200	19800	110	902
418	4550	40300	66800	28600	1170	15700	12300	19700	100	963
419	4220	38700	65400	25900	953	15800	13100	19000	100	894
424	4410	45600	71000	29000	874	15600	12900	19000	100	1160
431	3670	38500	72300	25000	738	14000	17200	20800	25	883
451	3350	39600	67100	28400	654	14200	24600	19500	90	903
453	3720	35200	64700	36000	727	14800	23200	17000	150	795
454	3730	36300	63100	32400	745	16400	22600	15500	160	822
456	4230	40600	68600	24100	789	17800	25400	16700	240	979
557	4210	45900	59100	15900	848	15900	14100	17900	230	925
559	3710	37700	58900	15200	811	13600	13500	15500	200	794
561	3070	32100	55300	59700	584	10600	17600	14500	330	585
562	3250	36500	70000	14200	596	11800	17300	28000	140	819
565	4460	46100	61200	21400	773	18000	17500	17000	170	981
568	4170	38200	68800	14600	886	16900	16800	17000	160	907
575	3010	25900	53300	81400	455	15000	13600	12600	240	538
576	3010	31900	65000	32800	549	11300	14100	19200	100	719
581	3150	28800	62200	24000	740	13300	17800	15800	520	630
584	2710	32500	71900	16300	559	11600	17500	28100	50	814
499	4560	41900	67900	11000	876	17000	25400	16100	160	1040
578	4400	43400	70900	27900	927	31600	13700	15500	190	1190
579	4620	44500	71700	17600	1280	22300	12200	15500	180	1090
589	4770	48400	75000	27000	1080	23700	21800	16100	170	1130
591	3580	34200	60900	8880	910	11600	17600	13700	180	749
592	3650	39200	63300	62000	880	16100	12900	17500	470	854



شکل (5) - استفاده از اندیس Shand که بیشتر نمونه ها در محدوده پر آلومینوس قرار دارند (نمونه های کوارتز دیوریتی و موارتز مونزو دیوریتی نقاط دایره ای و نمونه های سینو و مونزو گرانیتی نقاط مربعی)



شکل (4) - قرار گرفتن نمونه ها در محدوده کالکو آلکان نمودار AFM.



شکل (6) \_ دیاگرام های هارکر که روند تغییرات عناصر را نسبت به  $Al_2O_3$  را نشان می دهد.

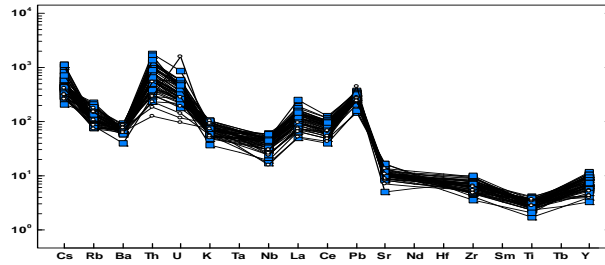
با استفاده از عناصر فرعی (جدول 3) محیط تکنونیک، ارتباط این عناصر با یکدیگر و بررسی تفریق بلوری در توده نفوذی بررسی گردید. با نرمالایز کردن نمونه‌ها نسبت به گوشته اولیه می‌توان پی برد که توده نسبت به LREE و HFSE ناهنجاری مثبت و نسبت به LILE ناهنجاری منفی نشان می‌دهد و همچنین نسبت به Pb ناهنجاری مثبت داریم. (شکل 7)

استفاده از عناصر LILE و HFSE در دیاگرام‌های تعیین موقعیت تکنونیک سنگ‌های پلوتونیک نشان داد که سنگ‌های منطقه بیشتر از نوع درون‌قاره‌ای (WPG) است ولی بخش‌های کوارتزدیوریتی در محدوده گرانیت‌های کمان ماگمایی (VAG) قرار می‌گیرند (شکل 8).

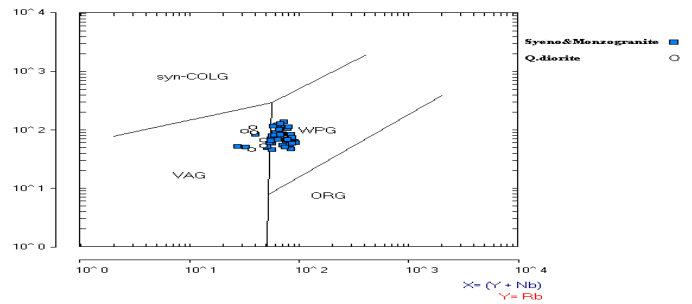
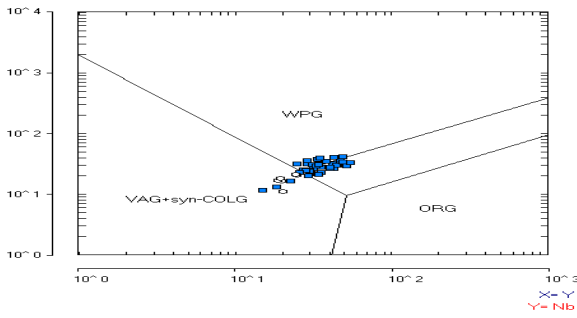
با بررسی رفتار عناصر LILE نظیر K, Rb و عناصر HFSE نظیر Y, Zr می‌توان به رفتار ماگما در حین تبلور پی ببریم. دیاگرام‌های K\_Rb/Sr و Y\_Zr تبلور تفریقی را در این توده به خوبی نشان می‌دهند. (شکل 9)

جدول 3\_ آنالیز ICP-MS برای عناصر فرعی، کمیاب و REE برای کل توده بر حسب ppm.

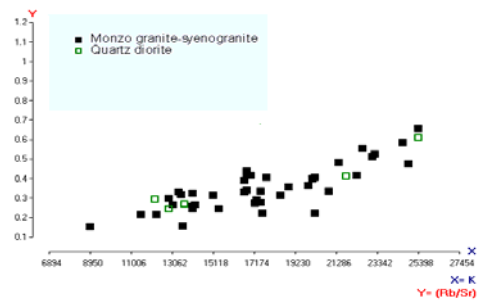
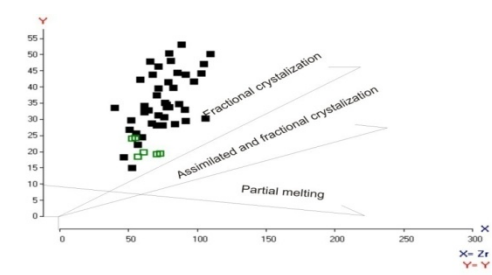
SN	Au	Cr	Sr	Ba	Zr	Ag	As	Bi	Cu	Mo	Pb	Sb	Zn	Sn	Cs	Nb	U	Rb	Th	Y	La
335	0	63	210	551	72	0.33	13	0.2	16.8	1.5	24.5	0.9	66.2	2.7	9.4	27.4	5.63	92	46.1	31.2	96
344	2	60	230	562	92	1.08	9.5	0.1	18.5	1.7	22	0.9	63.2	2.8	9.9	25.2	7.23	76	50.5	29.3	97
345	4	43	346	274	47	0.29	5.3	0.05	11.1	1	10.4	0.4	25.4	1.7	6.4	13.6	5.53	52.6	24.8	18.2	47
363	0.5	34	227	489	92	0.22	11.1	0.1	19.2	1.9	19.8	0.9	70.8	3	11.1	32.7	12.3	109	90	43.6	117
382	3	44	248	435	98	0.13	9.4	0.05	15.3	1.1	15.5	0.7	66.5	2.8	10.1	27.5	9.63	88.9	54.9	41.5	107
386	0.5	45	106	507	86	0.14	11.6	0.05	14.5	1.2	21.8	0.6	69.4	3.5	11.1	34.3	10.1	117	76.5	44.2	118
388	1	60	184	434	103	0.18	10.1	0.05	19	21	18.8	0.7	70.9	3.6	8.1	30.9	9.96	71.8	88.2	44	107
393	1	54	208	459	91	0.11	8.4	0.05	14	0.8	14.7	0.5	58.5	29	6.8	22.7	5.17	82.3	35.4	32.8	75
397	2	51	205	523	79	0.3	10.9	0.2	20.2	1.2	20.6	0.7	78.8	4	12	33	7.38	69.1	66.1	41.4	104
398	3	58	203	496	78	0.32	10.3	0.2	22.3	1.2	17.9	0.8	79.2	2.8	10.2	23.6	3.78	84.4	27	34.4	60
415	0.5	37	226	497	68	0.25	9.1	0.1	15.1	0.8	17.8	0.7	68.5	2.8	10.3	31.1	10.7	59.6	96.9	43.6	104
418	6	47	226	469	110	0.47	11.5	0.2	21.8	1	17.9	0.8	82.4	3.1	9.8	32.7	12.1	48.1	107	50	109
419	6	39	220	460	80	0.31	9.2	0.2	18.8	1	18.5	0.8	72.7	3.4	10.4	30.4	6.84	58.1	55.7	50.2	84
424	0.5	48	220	498	89	0.4	8	0.2	20	1.1	25.9	0.7	83.8	3.8	13.4	34.4	8.8	65.5	117	52.9	125
431	0.5	27	235	474	66	0.32	6	0.1	13.8	0.7	23.1	0.6	80.6	2.2	9.7	35.5	8.17	64.1	141	47.8	111
451	1	50	241	503	65	0.29	11.6	0.2	22.8	1.7	24.3	0.8	66.3	2.7	9.5	38.7	8.61	141	82.7	32.7	98
453	1	47	233	465	84	0.32	8.6	0.1	19.8	0.9	23.5	0.8	61.5	2.4	8.5	32.7	6.67	122	52.4	28.4	82
454	3	54	227	445	76	0.36	10.9	0.2	24.1	1.5	20.5	1	68	2.3	9.1	31.5	6.34	126	33.7	30.6	67
456	1	50	204	486	75	0.3	10.6	0.2	22.2	0.8	23.7	0.8	72.2	2.1	9.9	36.9	6.6	133	45.7	28.1	76
557	1	36	195	492	81	0.1	14.6	0.3	15.3	1.2	19	1.2	71.1	4.4	26.3	43.4	6.69	62.8	65.2	47.9	99
559	0.5	63	180	433	83	0.03	13.9	0.3	15.8	1.1	20.2	1.6	59	3.9	19.5	28.9	5.42	57.1	47.6	39.7	68
561	2	32	233	460	67	0.07	10.7	0.3	15.7	0.8	17.6	1.1	63	2.9	14.4	21.1	4.77	51.2	48.5	28.7	63
562	0.5	17	210	636	59	0.005	10.4	0.1	11.8	1.2	20.6	1	54.6	3.7	13.7	41.4	9.12	61.2	84.4	42.1	94
565	0.5	48	190	474	71	0.005	12.6	0.3	15.6	1	19.1	1.3	70.6	4	23.7	35.7	7.67	52.2	65.8	37.4	93
568	0.5	51	171	493	62	0.14	14.4	0.1	22.4	1.3	24.2	1.1	88.1	3	16.2	30.3	6.85	70.8	55.5	32.1	80
575	3	41	346	405	53	0.08	9.5	0.05	15.7	1.2	11.4	0.8	48.7	1.8	6.1	12.1	4.54	54.2	19.9	14.8	36
576	0.5	30	218	504	56	0.35	7.1	0.05	15.2	1.5	23.5	0.8	59.6	2.3	7.6	23.8	8.29	53.2	76.1	25.5	86
581	3	33	211	485	57	0.15	9.1	0.1	20.7	1.2	19.6	0.7	78.7	1.9	6.4	17.1	5.5	85.3	31.6	22.1	53
584	7	41	259	591	40	0.09	3.8	0.05	13.6	1.2	22.8	0.7	54.7	3.1	4.8	31.8	9.63	86.5	114	33.4	102
499	6	73	184	600	73	0.32	17.4	0.3	38.8	1.1	19.8	1	99.6	2.3	7.4	17.1	4.01	112	25.2	19.4	54
578	0.5	93	175	444	57	0.15	14.5	0.1	34.4	1.1	18.8	0.9	89.5	1.8	7.3	17.5	2.97	47	19.9	18.3	50
579	1	61	186	548	55	0.16	10.7	0.2	33.5	1.3	19.6	1.1	97.5	2.2	9.5	21.5	33.66	54.5	24.5	24.2	52
589	26	65	229	530	71	0.11	92.9	0.2	37.9	0.6	18	1.1	90	2.4	6.3	18.9	2.46	93.9	15.3	19.2	47
591	3	78	147	453	61	0.17	10.7	0.2	33	3.3	31.7	1.5	86.1	2.5	7.2	11.5	2	97.8	10.4	19.8	37
592	6	67	289	439	53	0.11	7.8	0.2	24.3	3.8	17.3	1	70.8	3.1	6.1	22	6.02	69.7	45.1	23.9	69



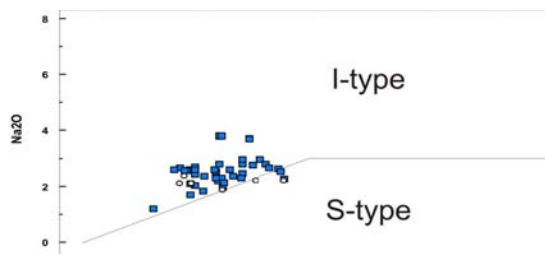
شکل 7\_ نمودار به هنجار شده چند عنصری نسبت به گوشته اولیه



شکل 8\_ دیاگرام های تعیین موقعیت تکتونیک سنگ های پلوتونیک که نشان می دهد سنگ های منطقه بیشتر از نوع درون قاره ای (WPG) است و قسمت های کوارتز دیوریتی در محدوده گرانیت های کمان ماگمایی (VAG) قرار می گیرند.



شکل 9\_ شیب مثبت و پیوستگی نمونه ها در نمودار K/Rb/Sr حاکی از عملکرد تفریق بلوری است. که در دیاگرام Y\_Zr به خوبی نشان داده شده است.





داده‌های فوق نشان می‌دهد که توده گرانیتوئیدی جام یک استوک با منطقه‌بندی عادی نامتقارن و حاوی انکلاوهای قابل توجهی میکروانگولار مافیک (MME) است و از نظر کانی‌شناسی دارای هورنبلند (فروپارگازیت) و آلانیت هستند، تمامی این شواهد می‌تواند دلیلی بر نوع منشا ماگمایی (I) بودن توده گرانیتوئیدی باشد. اما برخی از شواهد شیمیایی از قبیل اندیس Shand و قرار گرفتن تعداد زیادی از نمونه‌ها در محدوده پراآلومینوس نشان از آغشتگی قابل توجه توده با مواد پوسته قاره ای و هضم مقادیر زیادی از این مواد باشد. شواهد شیمیایی دیگر نیز همانند دیاگرام  $\text{Na}_2\text{O}-\text{K}_2\text{O}$ ، نمونه‌ها را در محدوده نوع I نشان می‌دهند (شکل 10). بررسی نمونه‌ها در این نمودار نشان می‌دهد که بخش S-type، نمونه‌هایی هستند که در مجاورت سنگ میزبان توده نفوذی (شیل‌های قهوه‌ای) قرار دارند.

پیوستگی نمونه‌ها در دیاگرام‌های هارکر و شیب مثبت  $\text{K}_2\text{O}$  و  $\text{FeO}$  و شیب منفی  $\text{CaO}$  به نقش تفریق بلوری در تشکیل این توده اشاره دارد. پراکندگی نمونه‌ها در دیاگرام-های هارکر می‌تواند به خاطر آغشتگی پوسته‌ای و یا دگرسانی خفیف نمونه‌ها مرتبط باشد. علاوه بر این برای اثبات خاستگاه تفریقی توده از نمودار Y-Zr استفاده شد که این نمودار نیز نقش مهم پدیده تفریق را به خوبی نشان می‌دهد.

وجود ناهنجاری منفی Nb در نمونه‌هایی که نسبت به گوشته اولیه به هنجار شده است، زون فرورانش در منطقه را به نمایش می‌گذارد (شکل 9) که می‌تواند شاخص سنگ‌های قاره‌ای باشد. همچنین ناهنجاری منفی عناصری از قبیل Ti, Zr, Ba, Sr که عناصر متحرکی هستند می‌تواند ناشی از عملکرد ضعیف سیالات باشد. ناهنجاری مثبت Pb هم می‌تواند به اختلاط پوسته‌ای مرتبط باشد.

## نتیجه‌گیری

1- با تلفیق اطلاعات پتروگرافی و RS تفکیک لیتولوژی با دقت زیادی امکان‌پذیر گردید به گونه‌ای که در گرانیتوئید منطقه جام، امکان تفکیک چهار واحد اصلی و 12 زیرواحد فرعی با کمک آنالیزهای RS فراهم گردید.

2- آنالیز سنگهای منطقه و پیاده کردن آنها بر روی دیاگرام IUGS، روند تفریق در منطقه از نوع کالکوالکالن پتاسیم متوسط تعیین گردید. دیاگرام AFM نیز کالکوالکالنی توده را تایید می‌نماید.

3- شیب‌های مثبت  $\text{Al}_2\text{O}_3$  در برابر  $\text{K}_2\text{O}$  و  $\text{FeO}_t$  و شیب منفی  $\text{CaO}$ ، نشان از وجود تفریق بلوری در ماده مذاب دارد. اما قرار گرفتن تعداد زیادی از نمونه‌ها در محدوده پراآلومینوس می‌تواند ناشی از آغشتگی ماده مذاب با پوسته قاره‌ای باشد.

4- استفاده از عناصر LILE و HFSE در دیاگرام‌های تعیین موقعیت تکتونیکی سنگ‌های پلوتونیک نشان از نوع درون‌قاره‌ای (WPG) بودن بیشتر سنگ‌های منطقه است ولی بخش‌های کوارتز دیوریتی در محدوده گرانیت‌های کمان ماگمایی (VAG) قرار می‌گیرند.

## تقدیر و تشکر

از سازمان صنایع و معادن خراسان رضوی و بخش مدیریت طرح‌های عمرانی به خاطر تامین بخشی از آنالیزها، تشکر می‌نمایم.

## منابع :

Yang, X, Lentz, D.R., and Chi, G., 2002: Petrochemistry of Lake George granodioritestock and related gold mineralization, York country, New Brunswick; Geological Survey of Canada, Current Research, 2002-d7, 10p

Zulkarnain, I: Geochemical Signature of Mesozoic Volcanic and Granitic Rocks in Madina Regency Area, North Sumatra, Indonesia, and its Tectonic Implication, Jurnal Geologi Indonesia, Vol.4 No. 2 Juni 2009: 117-131

Jensen J.R., Remote Sensing of the Environment", Pearson Prentice Hall, Second Edition, 2007



چهاردهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران  
و بیست و هشتمین گردهمایی علوم زمین  
25 الی 27 شهریور ماه 1389؛ دانشگاه ارومیه



J. W. Boardman and F. A. Kruse, "Automated spectral analysis: A geologic example using AVIRIS data, North Grapevine Mountains, Nevada," in *Proce. 10th Thematic Conf. on Geologic Remote Sensing*, Ann Arbor, MI, 1994, pp. I-407–I-418.

R. N. Clark, T. V. V. King, M. Klejwa, and G. A. Swayze, "High spectral resolution spectroscopy of minerals," *J. Geophys. Res.*, vol. 95, noB8, pp. 12 653–12 680, 1990.

علوی نائینی، م. نقشه زمین‌شناسی 1/100000 تربت جام، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

قاسمی، ح. (1388). ساز و کار شکل‌گیری باتولیت گرانیتوئیدی زاهدان، جنوب شرق ایران، دانشکده علوم زمین دانشگاه صنعتی شاهرود.

قاسمی، ح. (1386). سنگ‌شناسی، ژئوشیمی و جایگاه زمین‌ساختی \_ ماگمایی توده آذرین نفوذی سیلیچرد، شمال باختر ساوه، دانشکده علوم زمین دانشگاه صنعتی شاهرود.