

Petrology and Geochemistry of Shakh Sefid Granitoid and related skarn in the North of Rayen (southeastern of Kerman)

Habib Biabangard*, Samaneh Sepehr and Mohammad Boomeri

Department of Geology, Faculty of Science, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran

Abstract

The Shakh Sefid Granitoid pluton and related Skarn are located 80 Km in the southeastern of Kerman and 20 Km north of Rayen. This area is geologically located in the southeastern of the Lut block in the Central Iran. The Shakh Sefid Granitoid with Eocene-Oligocene age cuts the Cretaceous sedimentary rocks and led to the formation of Skarn. The granitoids are granite and granodiorite in composition composing of quartz, plagioclase, orthoclase, as primary minerals, biotite as minor and chlorite and sericite as secondary minerals. The sedimentary rocks are shale, sandstone, siltstone and limestone. Metamorphic rocks are marble and Skarns. The Skarn is calcic type. Garnet (grossular-andradite), tremolite and magnetite are the main minerals that are often accompanied with hematite, goethite and limonite. Pyrite, chalcopyrite and copper carbonate (malachite and azurite) are the other minerals in Skarn. Geochemical studies show that the amount of major and minor elements of granitoid with increasing SiO₂ content do not change due to the uniform mass, low dispersion of elements which result from heterogeneous textures and low alteration zone. Spider diagrams from minor elements normalized to Chondrite and primitive mantle show enrichment of all elements except for Ti, positive anomalies of Th, Pb and negative anomalies of Ti, P and Sr for the Sakh Sefid granitoids are probably due to crustal contamination. They are enriched in light rare earth elements (LREE) between 10 to 100 times and heavy elements (HREE) enrichment between 1 to 10 times compared to the reference (chondrite) and regular pattern with approximately the same slope, the parallel trends indicate that the granitoid rocks share a common source rock. The Shakh Sefid granitoid is I-type, metaluminous to peraluminous belonging to an active continental margin. Mineral and Mineralization in Kuh Shakh Sefid skarn is remarkably similar to iron skarn deposits. Minerals such as garnet and magnetite were formed in an anhydrous prograde stage at T<470°C and fO_2 10⁻²¹ to 10⁻²⁴ oxygen Fugacity and minerals such as epidote, tremolite, calcite and quartz were formed in a retrograde stage at T<450°C and about fO_2 10⁻²¹ oxygen Fugacity.

Key words: Shakh Sefid Granitoid, Skarn, Iron mineralization, Kerman

* h.biabangard@science.usb.ac.ir

سنگ‌شناسی و زمین‌شیمی گرانیتوئید و اسکارن آهن کوه شاخ‌سفید در شمال راین (جنوب‌خاوری کرمان)

حبیب بیابانگرد*، سمانه سپهر و محمد بومری

گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران

چکیده

توده گرانیتوئیدی کوه شاخ‌سفید و اسکارن وابسته به آن در ۷۰ کیلومتری جنوب‌خاوری کرمان جای دارد و از دیدگاه زمین‌شناسی، در پهنه ایران مرکزی و حاشیه جنوبی بلوک لوت است. این توده به سن پالئوژن (اوسن-الیگوسن) درون سنگ‌های رسوبی منطقه به سن کرتاسه نفوذ کرده و در آنها اسکارن پدید آورده است. ترکیب سنگ‌شناسی توده یکنواخت و بیشتر از گرانیت و گرانودیوریت است. کوارتز، پلاژیوکلاز، آرتوکلاز از کانی‌های اصلی، بیوتیت کانی فرعی و کلریت و سربست از کانی‌های ثانویه این سنگ‌ها هستند. شیل، ماسه‌سنگ، سیلتستون و سنگ‌آهک و سنگ‌های دگرگونه مرمر و اسکارن‌ها سنگ‌های رسوبی هستند که میزبان توده آذرین هستند. اسکارن‌ها از نوع کلسیک بوده و کانی‌های اصلی آن‌ها گارنت، گروسولار-آندرادیت، ترمولیت، منیتیت، به‌همراه هماتیت، گوتیت و لیمونیت هستند. پیریت، کالکوپیریت و کربنات‌های مس (مالاکیت، آزوریت) از دیگر کانی‌های اسکارنی هستند. بررسی‌های زمین‌شیمیایی عنصرهای اصلی و فرعی در این توده گرانیتوئیدی نشان می‌دهد با افزایش مقدار SiO_2 ، تغییرات چندانی در مقدار اکسیدهای دیگر دیده نمی‌شود؛ زیرا ترکیب توده یکنواختی داشته و پراکندگی برخی عنصرها پیامد بافت‌های ناهمگن و دگرسانی‌های منطقه است. نمودارهای عنکبوتی، عنصرهای فرعی به‌نکار شده به ترکیب کندریت و گوشته اولیه، غنی‌شدگی از بیشتر عنصرها، به‌ویژه عنصرهای Th و Pb و آنومالی منفی Ti، P و Sr در توده گرانیتوئیدی را نشان می‌دهند. این ویژگی‌ها شاید پیامد تأثیر آلایش پوسته‌ای روی توده یادشده باشد. غنی‌شدگی از عنصرهای خاکی نادر سبک (LREE) ۱۰ تا ۱۰۰ برابر و عنصرهای خاکی نادر سنگین (HREE) ۱ تا ۱۰ برابر غنی‌شدگی تر از ترکیب مرجع (کندریت)، همچنین، الگوی منظم با شیب کمابیش یکسان، روند موازی و همانند آنها نشان‌دهنده خاستگاه یکسان سنگ‌های سازنده توده هستند. توده گرانیتوئیدی کوه شاخ‌سفید از نوع I، متالومین تا پرآلومین هستند و از دیدگاه جایگاه زمین‌ساختی به پهنه حاشیه فعال قاره‌ای وابستگی نشان می‌دهد. کانی و کانه‌زایی اسکارن کوه شاخ‌سفید به کانسارهای اسکارنی نوع آهن شباهت چشمگیری دارد. کانی‌های بی‌آب مانند گارنت و منیتیت در مرحله‌های پیش‌رونده و در دماهای کمتر از ۴۷۰ درجه سانتیگراد، در محدوده گریزندگی اکسیژن 10^{-23} تا 10^{-30} و کانی‌های اپیدوت، ترمولیت، کلریت، کلسیت و کوارتز در مرحله پس‌رونده و در دمای کمتر از ۴۵۰ درجه سانتیگراد و گریزندگی اکسیژن سیال نزدیک به 10^{-23} در این اسکارن پدید آمده‌اند.

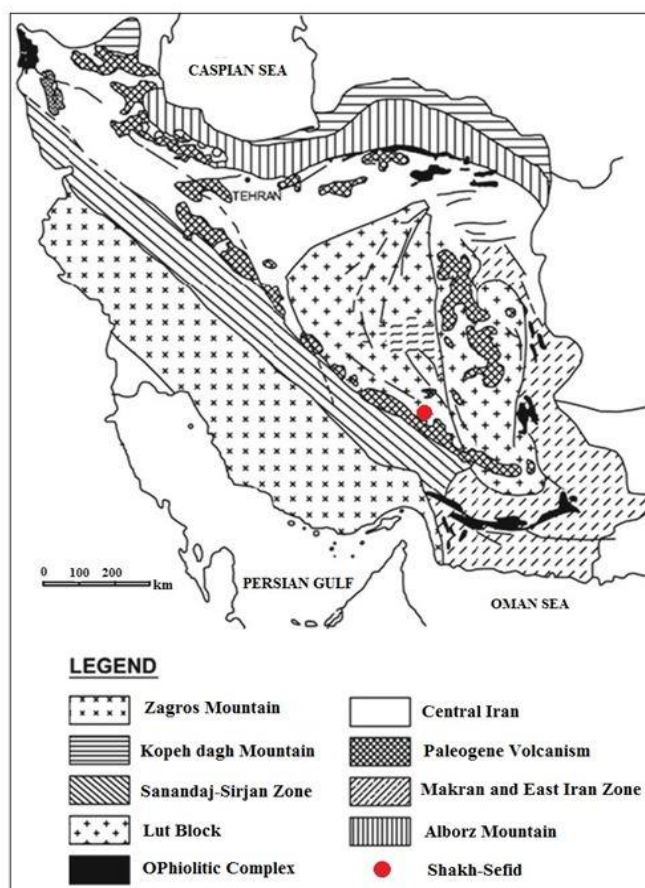
واژه‌های کلیدی: گرانیتوئید، اسکارن، کانه‌زایی آهن، کوه شاخ‌سفید، کرمان

* h.biabangard@science.usb.ac.ir

مقدمه

توده گرانیتوییدی کوه شاخ سفید در فاصله ۷۰ کیلومتری جنوب خاوری کرمان و ۲۰ کیلومتری شمال شهر راین، در طول جغرافیایی $57^{\circ} 18'$ تا $57^{\circ} 21'$ شمالی و عرض جغرافیایی $29^{\circ} 46'$ تا $29^{\circ} 48'$ شمالی

رخنمون دارد. برپایه بررسی‌های Stöcklin (۱۹۷۷)، (۱۹۶۸) و از دیدگاه پهنه‌بندی زمین‌شناسی ایران، این منطقه در پهنه ایران مرکزی و حاشیه جنوبی بلوک لوت (شکل ۱) و در پهنه‌بندی زمین‌شناسی استان کرمان، در بلوک جوپار جای دارد (Dimitrijevic, 1973).



شکل ۱- مهم‌ترین پهنه‌های رسوبی- ساختمانی ایران Stöcklin (۱۹۷۷، ۱۹۶۸) و محدوده کوه شاخ سفید در جنوب خاوری ایران مرکزی و در مرز بلوک لوت

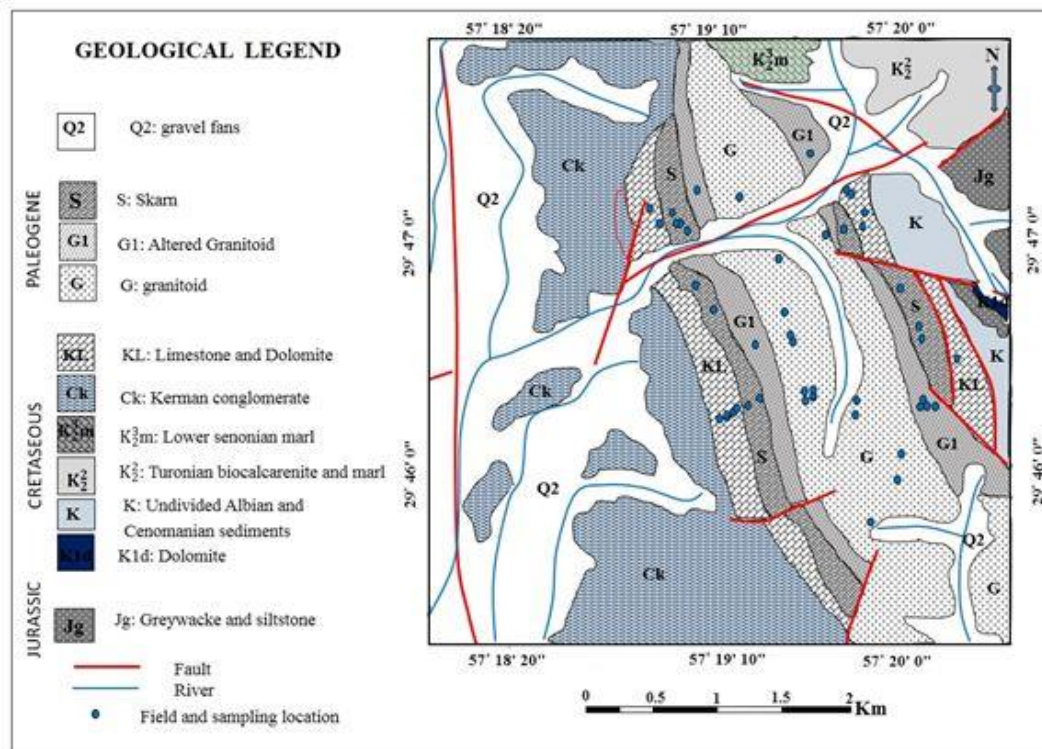
بررسی‌های پیشین روی توده کوه شاخ سفید تنها به تهیه نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ راین به دست Djokovic و همکاران (۱۹۵۹)؛ با نظارت سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور) محدود شده‌اند؛ اما بررسی‌های سنگ‌شناختی این توده و اسکارن آهن مرتبط با آن، برای نخستین بار انجام می‌گیرد. در این نوشتار تلاش شده است ویژگی‌های گوناگون سنگ‌شناسی و زمین‌شیمی توده گرانیتوییدی و اسکارن آهن مرتبط با آن بررسی شود.

از زمان پرکامبرین پسین تا تریاس میانی، بخش‌های شمالی و جنوبی ایران مرکزی یک سکو بوده‌اند (Stöcklin, 1977) و پس از آن، این دو صفحه از یکدیگر جدا شده‌اند. ایران مرکزی پس از جدایش، به سوی شمال خاوری جابجا شده و پس از برخورد با ابرقاره اوراسیا و بستن اقیانوس تتیس کهن، بخشی از اوراسیا شده است. از کرتاسه پسین، ایران مرکزی به دنبال بسته شدن تتیس جوان میان دو کمر بند زاگرس و کپه‌داغ به دام افتاده است (Berberian, 1983).

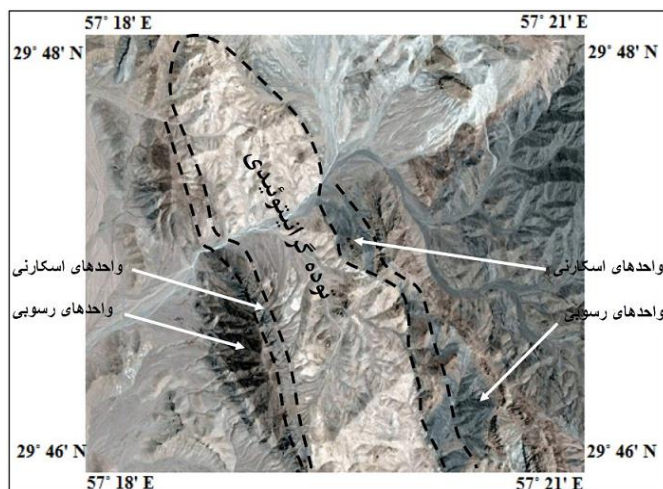
زمین‌شناسی منطقه

برپایه نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ راین (Djokovic *et al.*, 1959)، بررسی‌های صحرایی و تصویرهای ماهواره‌ای، نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۰۰۰۰ از این منطقه رسم شد (شکل ۲). واحدها از قدیم به

جدید، عبارتند از: سنگ‌های رسوبی، کنگلومرای کرمان، گرانیتوئید کوه شاخ‌سفید و نهشته‌های جوان کوآترنری (شکل ۲). در شکل ۳، توده گرانیتی و واحدهای پیرامون آن در تصویر ماهواره‌ای نشان داده شده است.



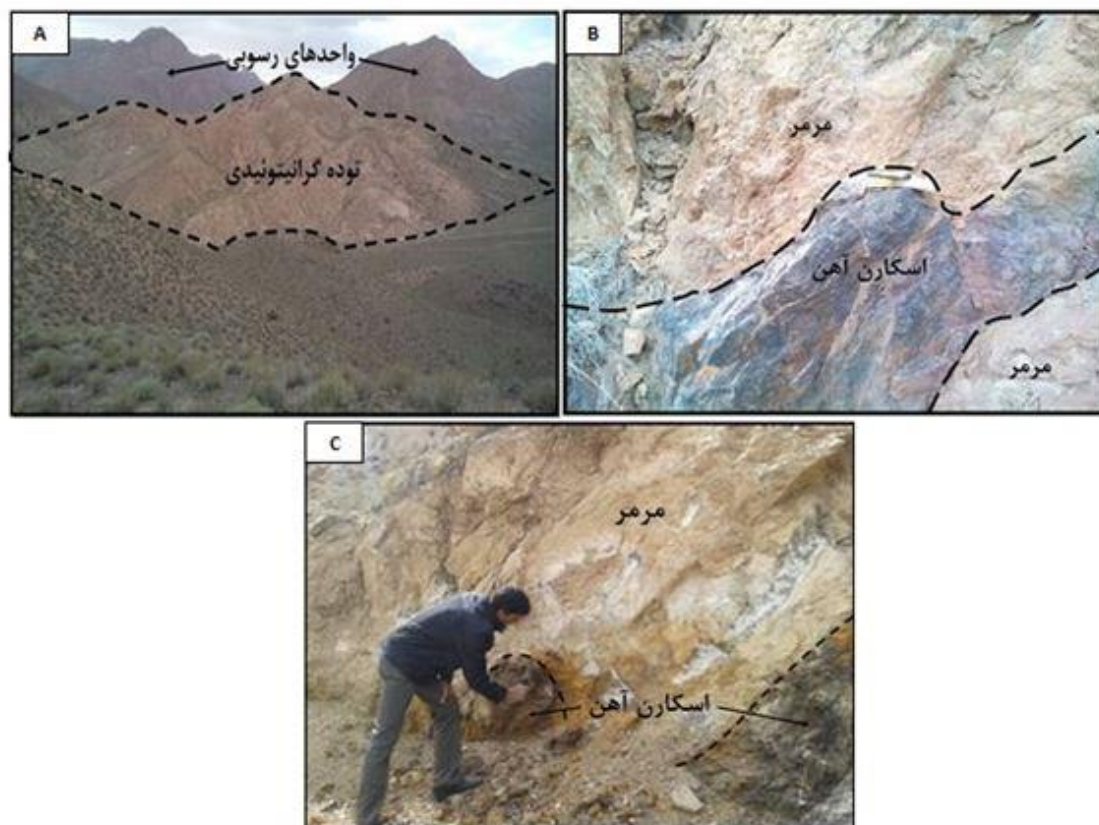
شکل ۲- نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۰۰۰۰ گرانیتوئید کوه شاخ‌سفید برپایه بررسی‌های صحرایی و تصویرهای ماهواره‌ای



شکل ۳- تصویر ماهواره‌ای از توده گرانیتوئیدی کوه شاخ‌سفید (جنوب‌خاوری کرمان) و بخش‌های پیرامون آن

است. این توده دارای ترکیب گرانیت، گرانودیوریت، و گرانیت گنیس است (شکل ۴- A). نفوذ این توده آذرین، دگرگونی سنگ‌های رسوبی و اسکارن‌زایی در آن‌ها را در پی داشته است (شکل‌های ۴- B و ۴- C).

روند عمومی این توده شمال‌باختری- جنوب‌خاوری بوده و درازای آن نزدیک به ۳/۵ کیلومتر و پهنای آن ۱/۲ کیلومتر است. توده گرانیتوئیدی کوه شاخ‌سفید به شکل عدسی در میان مجموعه‌های رسوبی جای‌گیری کرده



شکل ۴- جایگاه توده گرانیتوئیدی کوه شاخ‌سفید (جنوب‌خاوری): (A) در میان مجموعه‌های رسوبی؛ (B) اسکارن‌های آهن‌دار به‌صورت زبانه‌ای و کشیده در داخل واحدهای مرمری؛ (C) اسکارن‌های آهن‌دار به‌صورت توده‌ای و پراکنده درون مجموعه‌های رسوبی و مرمری منطقه (اکسیدهای آهن به رنگ‌های زرد، قرمز، قهوه‌ای و لیمویی به‌خوبی دیده می‌شوند)

روش انجام پژوهش

پس از بررسی‌های نخستین سنگ‌های گوناگون در چندین بازدید میدانی، شمار ۹۳ نمونه سنگی برداشت شد. سپس از آنها مقاطع نازک و صیقلی ساخته و بررسی دقیق سنگ‌نگاری روی آنها انجام شد. از میان آنها، شمار ۲۵ نمونه (۱۳ نمونه گرانیتوئیدی، ۳

نمونه رسوبی و ۹ نمونه اسکارنی) برگزیده شد. برای اندازه‌گیری فراوانی عنصرهای اصلی به روش XRF (برپایه درصد وزنی) و عنصرهای فرعی و خاکی نادر به روش ICP-MS (برپایه ppm) به آزمایشگاه زرازمای ماهان در کرمان فرستاده و تجزیه شدند (جدول‌های ۱ و ۲).

جدول ۱- داده‌های زمین‌شیمیایی به‌دست‌آمده از تجزیه نمونه‌های سنگی گرانیتوئیدی کوه شاخ‌سفید (جنوب‌خاوری کرمان) پس از تصحیح (عنصرهای اصلی به روش XRF و بر پایه درصد وزنی و عنصرهای فرعی و کمیاب به روش ICP و بر پایه ppm به‌دست آمده‌اند)

Sample No.	SS-27	SS-28	SS-29	SS-43	SS-44	SS-45	SS-48	54	55	57	60	62	71
SiO ₂	74.33	74.45	73.99	73.4	74.84	75.48	76.59	74.11	74.54	74.79	74.77	75.48	75.93
TiO ₂	0.04	0.03	0.04	0.08	0.09	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.06	0.06	0.04
Al ₂ O ₃	14.21	13.99	14.25	14.43	14.16	14.46	14.06	13.89	14.02	14	14.47	14.5	14.3
Cr ₂ O ₃	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
FeO _t	1.44	1.36	1.4	1.49	0.92	1.22	0.53	1.65	1.37	1.3	0.63	0.87	1.07
MnO	0.03	0.03	0.05	0.03	0.03	0.02	0.01	0.06	0.03	0.02	0.02	0.01	0.02
MgO	0.09	0.12	0.05	0.22	0.05	0.08	0.03	0.15	0.06	0.06	0.03	0.07	0.04
CaO	0.85	1.04	0.73	2.35	1.58	0.23	0.29	1.05	0.66	0.59	0.51	0.71	0.32
Na ₂ O	4.25	4.18	4.56	7.09	7.97	6.58	8.23	4.16	4.22	4.4	8.18	6.96	8.07
K ₂ O	4.63	4.67	4.82	0.47	0.08	1.71	0.13	4.78	4.93	4.69	0.19	1.13	0.1
P ₂ O ₅	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01
BaO	0.06	0.07	0.07	0.01	0.01	0.03	0.01	0.06	0.06	0.06	0.01	0.04	0.01
Total	99.98	100	100	99.81	99.91	99.94	99.96	100	99.96	99.98	99.97	99.93	99.97
Li	11	17	20	4	3	31	4	9	5	8	4	6	3
Be	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Sc	2.5	2.5	2.6	2.7	2.8	1.8	0.5	2.9	2.5	2.3	2.5	2.2	1.7
V	4	4	3	6	7	4	4	4	3	4	4	4	4
Cr	12	13	33	12	7	17	7	26	23	15	9	17	13
Co	1	1	1	1	1	1	1.1	1	1	1	1	1	1
Ni	3	3	3	3	3	3	3	5	3	3	2	3	4
Cu	4	3	4	19	4	44	3	3	3	3	3	4	4
Zn	34	25	25	101	5	10	6	28	26	28	7	10	7
Se	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Rb	68	62	68	4	1	19	1	65	64	61	1	12	1
Sr	32.3	30.9	32.5	67.3	21.8	31.5	18.3	30.4	33.3	31.7	23.1	26.4	10.9
Y	11.2	11.1	10.3	8.6	5.9	11.5	6.7	10.4	9.3	10.7	5.2	8.6	5.9
Zr	9	14	10	15	6	38	39	10	10	10	32	33	31
Nb	8.9	7.9	8.9	6.3	6.5	8.9	8.1	8.6	7.8	7.9	7	6.8	8.1
Mo	0.5	0.1	0.1	5.1	2.1	0.1	0.1	0.2	0.4	0.2	0.1	0.1	0.6
Ag	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.1	0.3	0.1
Cd	0.1	0.1	0.1	4.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Sn	4.7	3	3.1	1.6	2.5	2.1	1.3	2.9	2.6	2.9	4.4	1.8	2.8
Sb	0.5	0.6	0.5	4	0.7	1.1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.8	0.5
Te	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.12	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Cs	1.6	1.8	1.9	0.5	0.5	0.6	0.5	1.7	1.4	1.3	0.5	0.5	0.5
Ba	484	489	535	121	24	234	35	509	539	501	97	317	25
Tl	0.56	0.51	0.54	0.1	0.1	0.15	0.1	0.54	0.58	0.53	0.1	0.11	0.1
La	43.21	38.92	42.11	21.15	18.67	35.76	58.37	32.55	41.68	40.01	39.16	33.78	68.25
Ce	44	43	45	54	47	43	37	42	44	44	42	32	48
Pr	3.93	3.77	3.85	4.03	4.2	3.97	2.81	3.84	3.67	3.66	4.01	2.73	4.5
Nd	17	16.6	16.4	15.8	17.6	16.5	12.7	16.9	15.9	15.8	17.3	13.1	19
Sm	3.81	3.68	3.66	2.8	3.32	3.5	2.7	3.81	3.5	3.58	3.33	2.78	3.73
Eu	0.48	0.43	0.44	0.26	0.46	0.35	0.25	0.44	0.44	0.41	0.56	0.33	0.53
Gd	3.95	3.75	3.61	2.71	2.63	3.9	2.38	4	3.69	3.7	2.7	2.8	3.15
Tb	0.63	0.59	0.58	0.43	0.39	0.61	0.38	0.63	0.56	0.59	0.37	0.45	0.44
Dy	3.31	2.95	2.88	2.2	1.79	2.23	1.82	3.19	2.71	3	1.56	2.21	1.84
Er	1.5	1.39	1.37	1.29	0.77	1.59	0.84	1.52	1.25	1.48	0.61	1.26	0.99
Tm	0.12	0.2	0.18	0.2	0.12	0.22	0.11	0.19	0.18	0.2	0.1	0.2	0.12
Yb	2.1	1.8	1.7	2	1.2	2.2	1.2	1.8	1.6	1.8	1.2	1.8	1.3
Lu	0.21	0.21	0.21	0.25	0.16	0.24	0.14	0.2	0.2	0.21	0.17	0.23	0.17
Hf	0.5	0.61	0.5	0.64	0.5	1.26	1.04	0.5	0.5	0.5	0.95	1.11	1.28
Ta	0.78	0.65	0.79	0.8	0.49	0.67	0.58	0.99	0.71	0.61	0.61	0.68	0.8
Pb	7		9	105	5	4	3	8	8	6	3	5	3
Bi	0.1	0.1	0.1	3.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
U	1.8	0.9	1.5	11.7	0.9	4	3.44	1.3	1.2	1.2	1	1.6	1.8
Th	14.38	10.3	15.38	16.79	8.7	18.42	13.29	10.57	10.17	10.32	9.23	9.43	10.02

جدول ۲- داده‌های زمین‌شیمیایی به‌دست‌آمده از تجزیه نمونه‌اسکارن‌های کوه شاخ‌سفید (جنوب‌خاوری کرمان) پس از تصحیح (عنصرهای اصلی به روش XRF و بر پایه درصد وزنی و عنصرهای فرعی و کمیاب به روش ICP و بر پایه ppm به‌دست آمده‌اند)

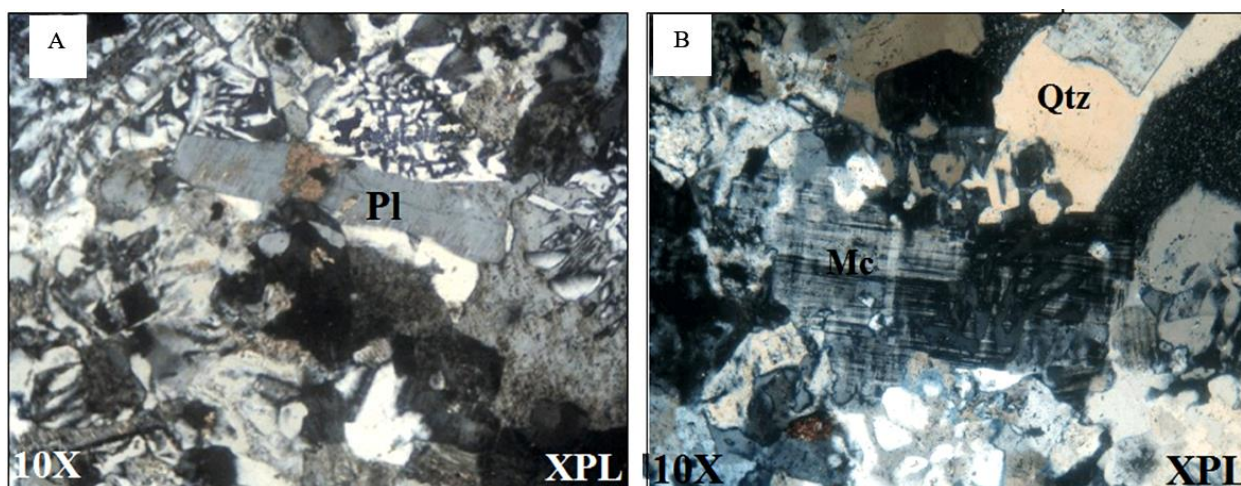
Sample No.	SS-4	SS-7	8	15	18	21	26	35	67
SiO ₂	10.5	39.56	11.43	7.42	22.01	21.98	52.91	8.1	3.29
TiO ₂	0.03	0.046	0.05	0.03	0.03	0.01	0.11	0.07	0.05
Al ₂ O ₃	0.35	8.62	0.82	0.85	0.42	0.21	9.8	0.96	1.01
FeOt	60.52	21.55	50.23	60.47	33.9	47.92	12.96	43.43	60.4
MnO	0.01	0.16	0.02	0.03	0.11	0.04	0.74	0.02	0.07
MgO	0.21	2.59	0.44	0.8	4.03	4.47	0.65	0.33	1.3
CaO	0.81	22.27	7.74	0.65	15.88	2.26	2.06	0.45	3.86
Na ₂ O	0.19	2.84	0.29	0.23	0.35	0.54	3.42	0.22	0.13
K ₂ O	0.12	0.18	0.08	0.09	0.07	0.15	2.18	0.17	0.02
P ₂ O ₅	0.01	0.03	0.01	0.01	0.02	0.01	0.13	0.04	0.45
Cr ₂ O ₃	0.02	0.01	0.01	0.4	0.12	0.01	0.01	0.02	0.01
BaO	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.02	0.01
Co	9	2.5	7	8	4	7.5	6.5	8	9.5
Cu	38	3	42	25	8	18	137	35	28
Rb	9	1	24	31	15	34	11	28	21
Pb	16	3	12	25	5	19	13	33	26
Sr	132	55.5	152	86	46	76	112	89	73
Ni	13	9	26	18	8	37	24	29	31
Zn	52	46	46	48	12	41	35	57	49
V	57	48	38	54	45	37	51	47	59

سنگ‌شناسی

گرانیت، گرانودیوریت و مجموعه‌های اسکارنی (گارانیت اسکارن و اسکارن ترمولیت‌دار) از سنگ‌های سازنده توده گرانیتوئیدی کوه شاخ‌سفید هستند.

مونزوگرانیت: بخش اصلی کوه شاخ‌سفید ترکیب گرانیتی (مونزوگرانیت) دارد. در نمونه‌دستی به رنگ‌های خاکستری رنگ‌پریده، کرم و سفید رنگ دیده می‌شوند. در مقاطع میکروسکوپی، بافت بیشتر این سنگ‌ها گرانولار تا پورفیروئیدی است. کانی‌های اصلی سازنده آنها کوارتز به‌صورت نیمه‌شکل‌دار تا

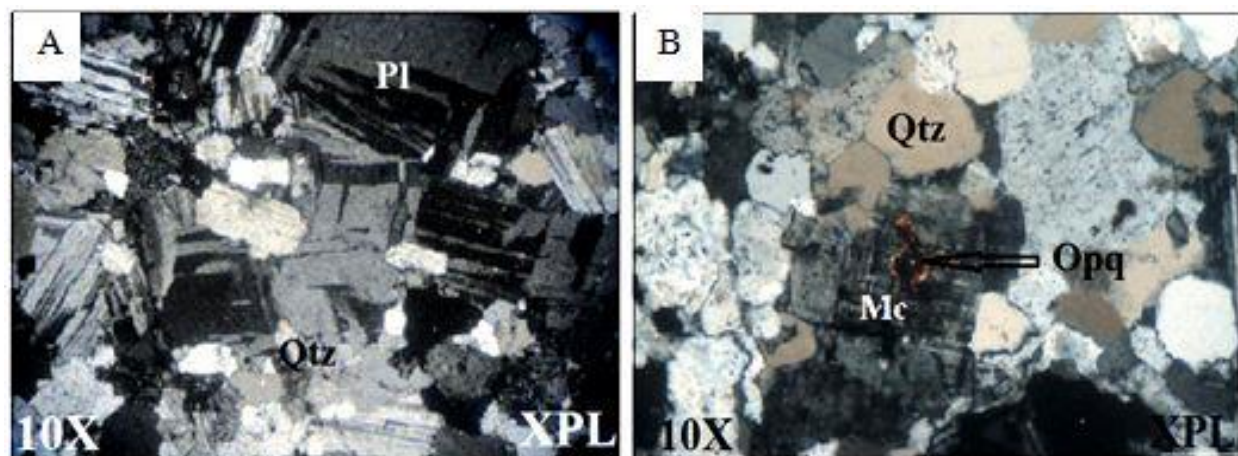
بی‌شکل (۳۰ تا ۴۵ درصد حجمی)، پلاژیوکلاز شکل‌دار تا نیمه‌شکل‌دار، با ماکل پلی‌سنتیک و مرکب (۲۰ تا ۲۵ درصد حجمی) و آلکالی‌فلدسپارهای اُرتوکلاز و میکروکلین (۱۵ تا ۲۰ درصد حجمی) هستند. در برخی نمونه‌ها، از هم‌رشدی پلاژیوکلاز با بلورهای کرمی‌شکل کوارتز بافت گرافیک پدید آمده است (شکل ۵- A). همچنین، میکروکلین با بافت مشبک نیز در آنها دیده می‌شود (شکل ۵- B). کانی‌های کدر (بیشتر اکسیدهای آهن) و کانی‌های ثانویه سریسیت ریزدانه از کانی‌های فرعی در این سنگ‌ها هستند.



شکل ۵- تصویرهای میکروسکوپی از واحد گرانیتی کوه شاخ‌سفید (جنوب‌خاوری کرمان). (A) بافت گرافیک در کنار پلاژیوکلاز خودشکل؛ (B) کانی میکروکلین با بافت مشبک (در همه مقاطع میکروسکوپی نماد اختصاری کانی‌ها از Kretz (۱۹۸۳) برگرفته شده است)

درصد حجمی)، پلاژیوکلازهایی که بیشترشان سالم (گاه برخی از آنها کمی سرسیتی شده‌اند) و شکل‌دار (۱۵ تا ۲۰ درصد حجمی) با ماکل پلی‌سنتتیک (شکل ۶- A) و همچنین، ارتوکلاز و میکروکلین (۲۰ تا ۲۵ درصد حجمی) از کانی‌های سازنده آنها هستند (شکل ۶- B).

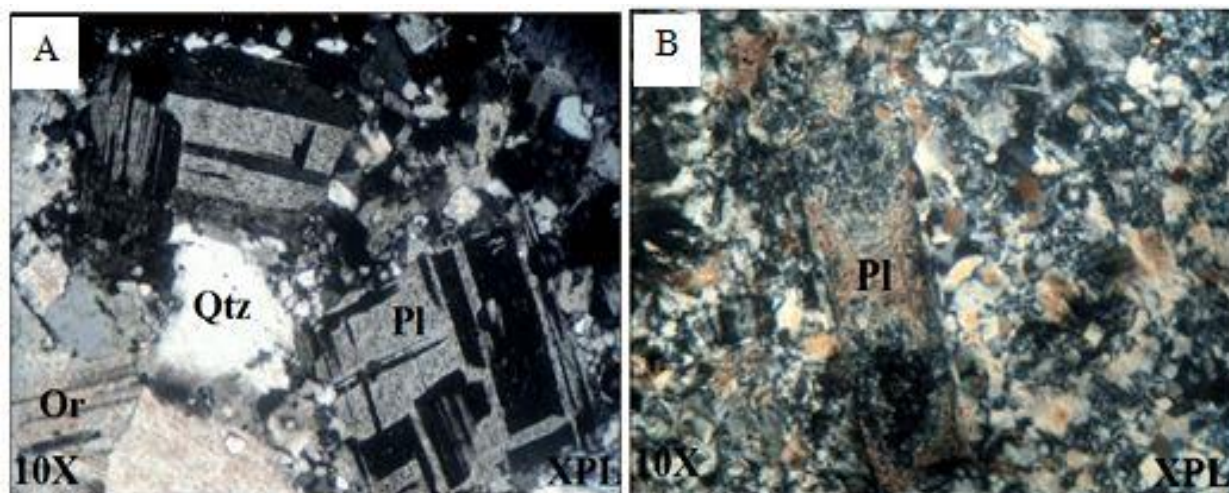
بخشی از واحد گرانیتی ترکیب مونوزوگرانیتی دارد و در نمونه‌دستی به رنگ صورتی کم‌رنگ است. در این سنگ‌ها می‌توان آلکالی‌فلدسپارها را دید. در مقاطع میکروسکوپی بیشتر دارای بافت گرانولار هستند. کوارتز شکل‌دار تا نیمه‌شکل‌دار در اندازه‌های گوناگون (نزدیک به ۳۵ تا ۵۵



شکل ۶- تصویرهای میکروسکوپی از واحد گرانیتی بخش مونوزوگرانیتی کوه شاخ‌سفید (جنوب‌خاوری کرمان). (A) درشت بلورهای پلاژیوکلاز با بافت پلی‌سنتتیک، کوارتز و ارتوکلاز؛ (B) کانی‌های نیمه شکل‌دار کوارتز و ارتوکلاز با مرزهای دندان‌ه‌ای، حضور کانی‌های کدر درون کانی میکروکلین

گرانودیوریت: گرانودیوریت‌ها در نمونه دستی خاکستری رنگ هستند. در مقاطع میکروسکوپی بافت میکروگرانولار تا پورفیری دارند. کوارتز (۲۰ تا ۳۰ درصد حجمی)، پلاژیوکلاز (۴۰ تا ۵۰ درصد حجمی) شکل‌دار تا

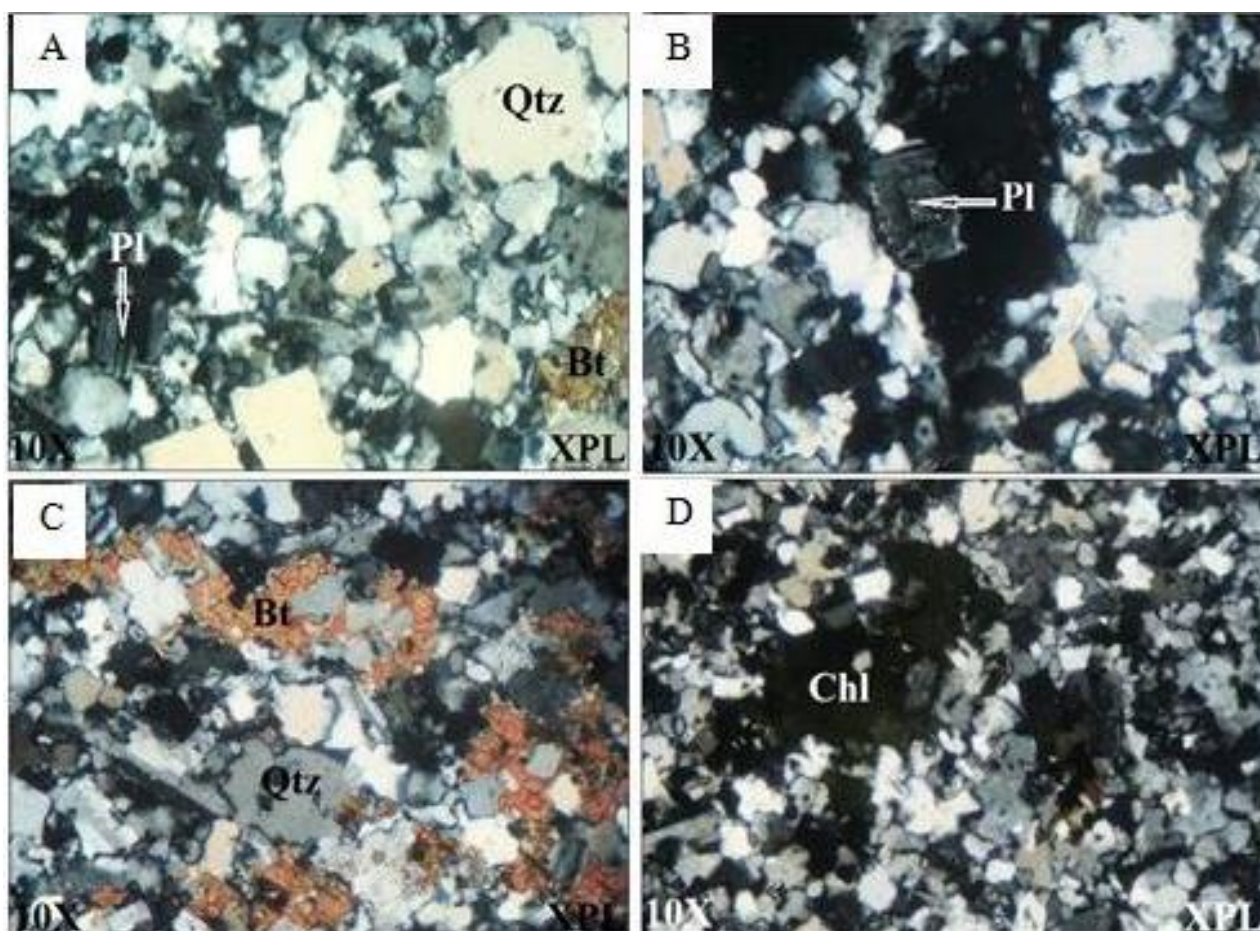
نیمه‌شکل‌دار (شکل ۷- A)، که برخی از آنها به سریسیت تجزیه شده‌اند (شکل ۷- B) و آرتوکلاز که معمولاً نیمه‌شکل‌دار (۲۰ درصد حجمی) و تجزیه شده است، از کانی‌های سازنده آنها هستند.



شکل ۷: گزیده‌ای از تصویرهای میکروسکوپی گرانودیوریت‌های کوه شاخ سفید (جنوب‌خاوری کرمان). A) درشت‌بلورهای شکل‌دار تا نیمه‌شکل‌دار پلاژیوکلاز و کوارتز؛ B) درشت‌بلور پلاژیوکلاز در حال تجزیه به سریسیت

بیوتیت گرانیت: بیوتیت‌گرانیت‌ها در نمونه دستی مزوکرات و به رنگ خاکستری دیده می‌شوند. در مقاطع میکروسکوپی، کانی‌های سازنده آنها بیشتر کوارتزهای شکل‌دار تا بی‌شکل (۳۰ تا ۵۵ درصد حجمی) و پلاژیوکلاز (۱۵ تا ۲۵ درصد حجمی)، با گهگاه ماکل پلی‌سنتیک هستند (شکل ۸- A). برخی از آنها منطقه‌بندی

کمی دارند (شکل ۸- B). بیوتیت‌ها (۱۰ تا ۱۵ درصد حجمی)، بسیار دگرسان شده و به شکل اسکلتی دیده می‌شوند (شکل ۸- C). کانی‌های کلریت از تجزیه کانی‌های فرومنیزیمی (مانند: بیوتیت) پدید می‌آیند. این کانی‌ها به صورت ثانویه و بی‌شکل دیده می‌شوند، اندازه آنها گوناگون و معمولاً به رنگ سبز دیده می‌شوند (شکل ۸- D).



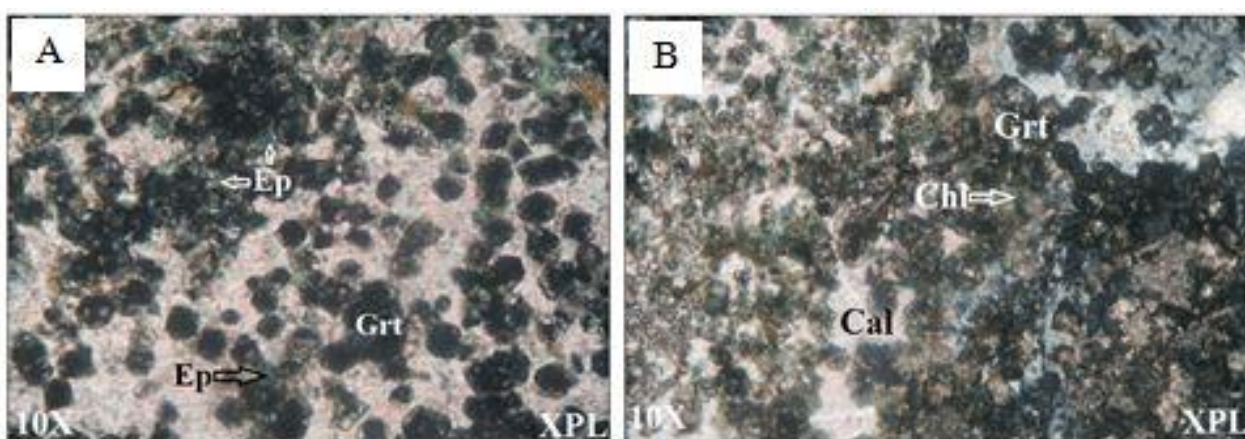
شکل ۸- گزیده‌ای از تصاویرهای میکروسکوپی واحد بیوتیت گرانیت کوه شاخ‌سفید (جنوب‌خاوری کرمان). (A) کان‌های کوارتز و پلاژیوکلاز خُردشده؛ (B) بلور پلاژیوکلاز با منطقه‌بندی اندک؛ (C) بیوتیت با شکل‌های اسکلتی و پراکنده؛ (D) کلریت پدیدآمده از تجزیه بیوتیت

مجموعه اسکارنی

این سنگ‌ها در نزدیکی توده گرانیتوئیدی منطقه با بزرگی و حجم کم در مرز سنگ‌های رسوبی و توده گرانیتوئیدی منطقه دیده می‌شوند. بخش‌های بالایی اسکارن‌ها در تماس با سنگ‌های کربناته مرز تدریجی دارند و در محل برخورد با توده گرانیتوئیدی در برخی نقاط مرز گسله دارند. اسکارن‌ها عبارتند از اسکارن‌های گارنت‌دار و ترمولیت‌دار:

گارنت اسکارن: در نمونه دستی به رنگ‌های خاکستری تا کرمی‌رنگ هستند و رگه‌هایی از

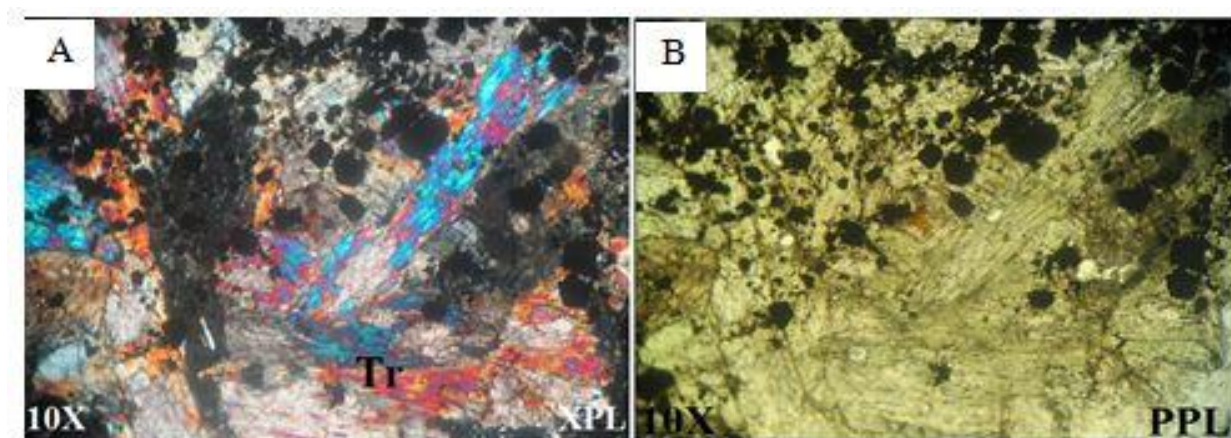
کلسیت و گارنت دارند. بیشترشان بافت گرانوبلاستیک و کمی برشی دارند. در مقاطع میکروسکوپی دارای کان‌های کلسیت و گارنت (گروسولار - آندرادیت تا ۷۰ درصد مولی) شکل‌دار (۶ وجهی) تا نیمه‌شکل‌دار هستند. در برخی نقاط، کان‌های کلریت و اپیدوت نیز دیده می‌شوند. بیشتر اپیدوت‌ها در کنار گارنت و کلریت دیده می‌شوند. کلریت به رنگ سبز تیره، به صورت صفحه‌ای و بی‌رخ است و گویا در پی تجزیه گارنت‌ها پدید آمده است (شکل‌های ۹-A و ۹-B).



شکل ۹: گزیده‌ای از تصویرهای میکروسکوپی اسکارن‌های گارنت‌دار کوه شاخ‌سفید (جنوب‌خاوری کرمان). (A، B) بلورهای کمابیش شکل‌دار گارنت، کلریت، اپیدوت در زمینه‌ای از کلسیت

درصد حجمی) به‌صورت بلورهای منشوری بلند، کلسیت و اکسیدهای آهن هستند (شکل‌های ۱۰- A و ۱۰- B).

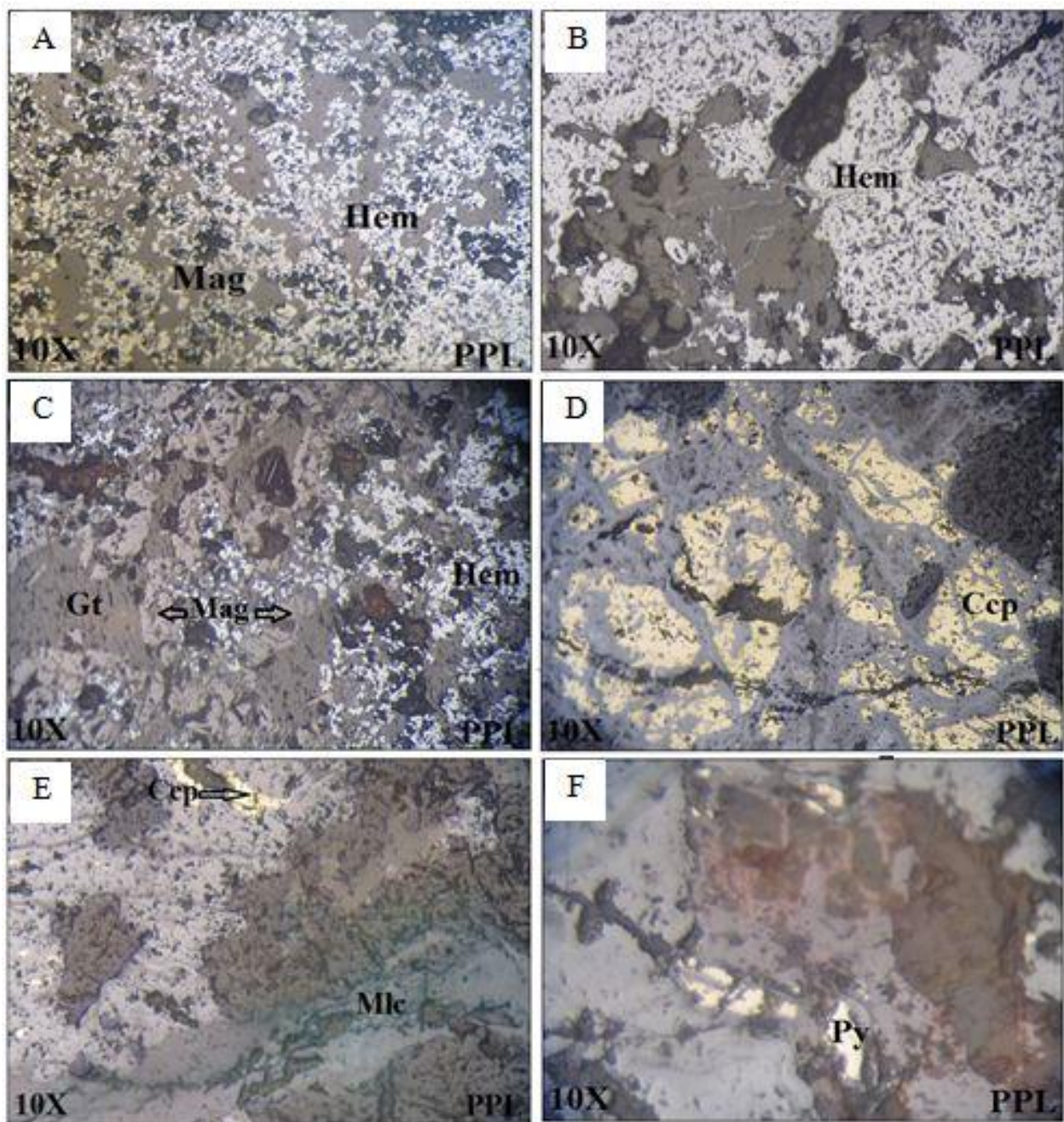
اسکارن ترمولیت‌دار: در نمونه‌دستی به رنگ خاکستری است. کانی‌های سازنده آنها در زیر میکروسکوپ، ترمولیت (۵۰ تا ۶۰



شکل ۱۰- A، B) بلورهای منشوری و کشیده ترمولیت در اسکارن‌های ترمولیت‌دار کوه شاخ‌سفید (جنوب‌خاوری کرمان)

هماتیت و لیمونیت، فراوان‌ترین کانه است. این کانه در مقاطع میکروسکوپی بافت‌های توده‌ای، جانشینی و پرکننده فضاهای تهی نشان می‌دهد. در برخی بخش‌ها نیز با هماتیت جایگزین شده است (شکل ۱۱- A).

کانه‌زایی: کانه‌زایی آهن به‌صورت رگه‌ای، توده‌ای، عدسی و پراکنده درون سنگ‌های اسکارنی با گسترش بسیار و در مرز توده‌های آذرین درونی دگرسان‌شده با سنگ‌های رسوبی دیده می‌شود. در این منطقه، منیتیت، به‌همراه



شکل ۱۱- کانه‌زایی در منطقه کوه شاخ‌سفید (جنوب‌خاوری کرمان). (A) منیتیت با بافت‌های توده‌ای و جانیشینی (در برخی بخش‌ها، منیتیت با هماتیت جایگزین شده است)؛ (B) هماتیت با بافت پرکننده فضاها؛ (C) گوتیت با بافت جانیشینی که در میان منیتیت‌ها به صورت بی‌شکل پدید آمده است؛ (D) کالکوپیریت با بافت شکافه پُرکن؛ (E) پیریت ریزدانه و بی‌شکل با بافت شکافه پُرکن؛ (F) ملاکیت‌های رگچه‌ای در کنار کانی گوتیت

پدید آمده، سپس محلول‌های گرمابی هماتیت را جایگزین آن کرده‌اند (شکل ۱۱- B). بیشتر گوتیت‌ها بافت جانیشینی دارند و در میان

هماتیت به صورت نیمه‌شکل‌دار تا بی‌شکل، با بافت جانیشینی و پُرکننده فضاها؛ (C) گوتیت با بافت جانیشینی که در میان منیتیت‌ها به صورت بی‌شکل پدید آمده است؛ (D) کالکوپیریت با بافت شکافه پُرکن؛ (E) پیریت ریزدانه و بی‌شکل با بافت شکافه پُرکن؛ (F) ملاکیت‌های رگچه‌ای در کنار کانی گوتیت

منیتیت‌ها و به‌صورت بی‌شکل پدید آمده‌اند (شکل ۱۱- C). کالکوپیریت‌ها کم و به‌صورت پراکنده بوده و بیشتر آنها بی‌شکل تا نیمه‌شکل‌دار، با بافت شکافه پُرکن هستند و فضای میان سنگ زمینه را پر کرده‌اند (شکل ۱۱- D). پیریت‌ها از کانی‌های سولفیدی دیگری هستند که به‌صورت پراکنده و به مقدار کم بوده و بیشتر آنها ریزدانه، بی‌شکل، با بافت شکافه پُرکن است (شکل ۱۱- E). مالاکیت و آزوریت به‌صورت رگچه‌ای و به مقدار کم دیده می‌شوند و بیشتر به‌صورت رگچه‌ای در کنار کانی گوتیت دیده می‌شوند (شکل ۱۱- F).

توالی کانی‌های همایند (کانی‌های پاراژنز) در اسکارن
در اسکارن آهن کوه شاخ‌سفید، مجموعه

کانیایی گارنت، کلسیت و کوارتز در مرحله پیشرونده پدید آمده‌اند. منیتیت در مرحله پیشرونده پدید آمده است؛ اما چون منیتیت در اسکارن‌ها به‌صورت جانشینی پدید می‌آید، شاید در مرحله پسرونده نیز پدید آمده باشد. هماتیت در مرحله اسکارن پسرونده، و لیمونیت از هوازگی کانی‌های آهن‌دار (مانند: منیتیت و هماتیت) در مرحله هوازگی پدید آمده است.

کانی‌های سولفیدی مانند پیریت و کالکوپیریت در مرحله پسرونده و کانی‌های مس مانند کربنات‌های مس (مالاکیت، آزوریت) در مرحله هوازگی پدید آمده‌اند. کانی‌های منیتیت، کالکوپیریت و پیریت به‌صورت اولیه و هماتیت، لیمونیت و گوتیت از هوازگی کانی‌های نخستین پدید آمده‌اند (جدول ۳).

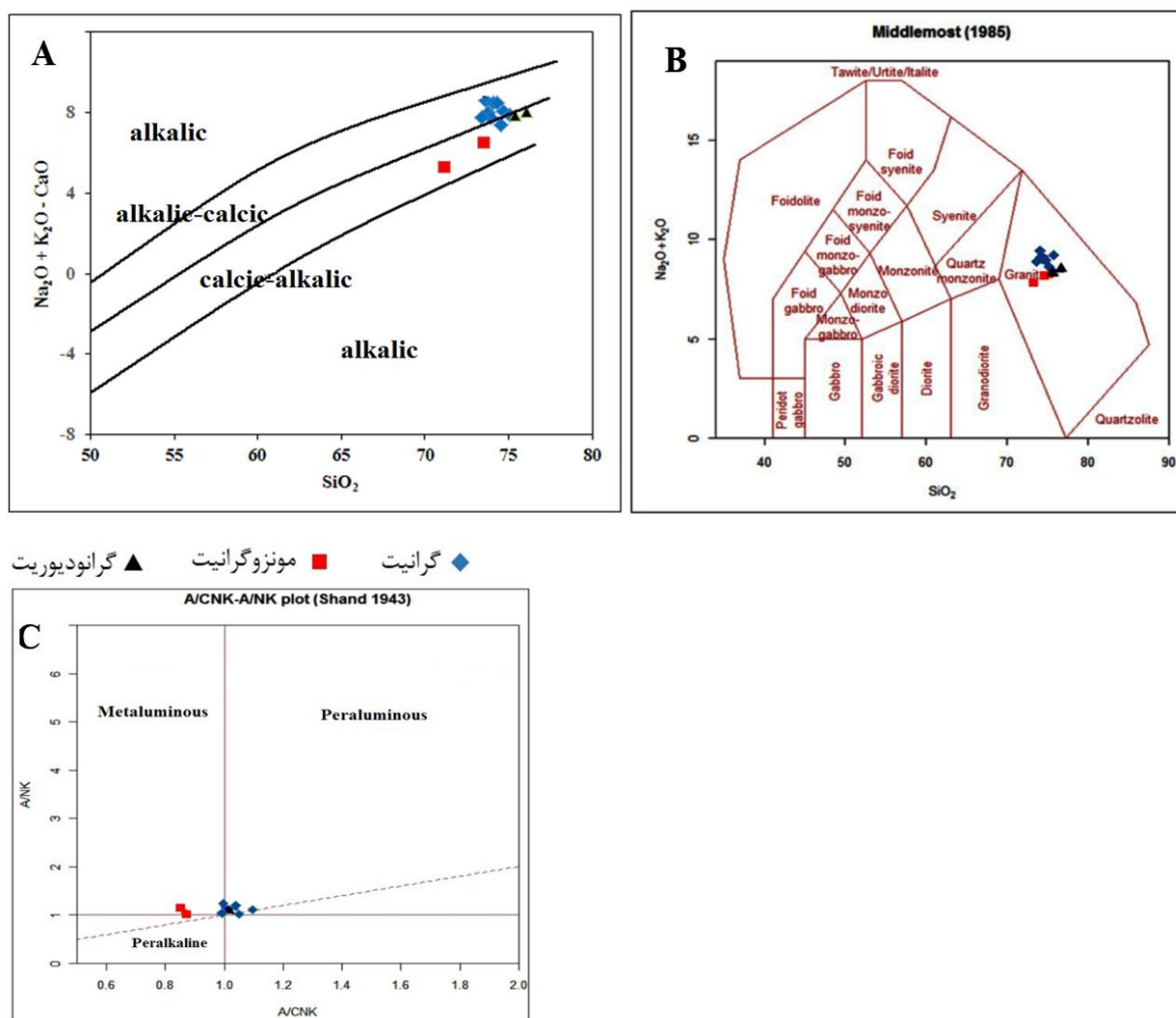
جدول ۳- توالی کانی‌های همایند (کانی‌های پاراژنز) در اسکارن کوه شاخ‌سفید (جنوب‌خاوری کرمان)

نوع کانی‌ها	مرحله متاسوماتیسم		هوازگی
	متامورفیسم	پیشرونده	پسرونده
گارنت			
کوارتز			
کلسیت			
اپیدوت			
ترمولیت			
کلریت			
منیتیت			
پیریت			
کالکوپیریت			
هماتیت			
مالاکیت			
گوتیت			
لیمونیت			

زمین‌شیمی

داده‌های تجزیه زمین‌شیمیایی سنگ‌های گرانیتوئیدی و اسکارن‌ها در جدول‌های ۱ و ۲ آورده شده‌اند. در نمودار قلیایی-سیلیسی Middlemost (۱۹۸۵)، سنگ‌های بررسی‌شده در بخش گرانیت جای گرفته‌اند (شکل ۱۲- A). از دیدگاه ضریب آکالی $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} - \text{CaO}$ (شاخص

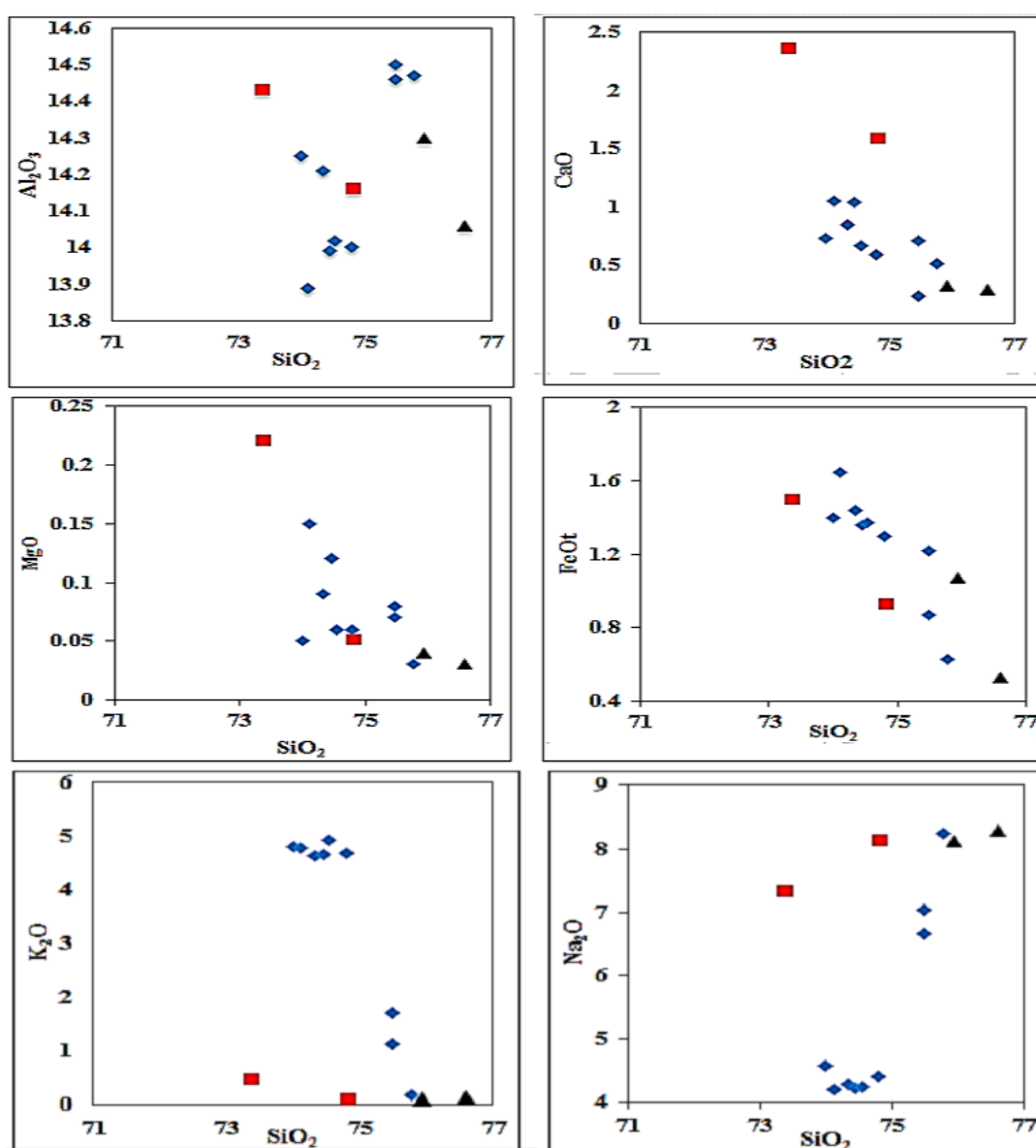
(MALI) در برابر SiO_2 (Frost et al., 2001)، سنگ‌های گرانیتوئیدی کوه شاخ‌سفید در بخش کلسیک-آکالی تا آکالی-کلسیک جای گرفته‌اند (شکل ۱۲- B). بر پایه شاخص اشباع‌شدگی از آلومینیم Shand (۱۹۴۳)، نمونه‌های گرانیتوئیدی کوه شاخ‌سفید در مرز محدوده‌های مت‌آلومین تا پ‌آلومین جای گرفته‌اند (شکل ۱۲- C).



شکل ۱۲- جایگاه سنگ‌های گرانیتوئیدی کوه شاخ‌سفید (جنوب‌خاوری کرمان) در: (A) در نمودار پیشنهادی Middlemost (۱۹۸۵)؛ (B) نمودار SiO_2 در برابر $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} - \text{CaO}$ (بر پایه درصد وزنی) (Frost et al., 2001)؛ (C) نمودار شاخص اشباع‌شدگی از آلومینیم (Shand, 1943) بر پایه شاخص اشباع از آلومینیم

از آنجایی که ترکیب سنگ‌ها یکنواخت است، بیشتر نمودارهای تغییرات عنصرهای اصلی در برابر سیلیس (Harker, 1909)، تغییرات روشنی را نشان نمی‌دهند. تغییرات دیده‌شده در برخی اکسیدها، مانند پراکندگی میزان Al_2O_3 معمولاً پیامد دگرسانی‌هاست (Karimzadeh Somarian, 2006). همچنین، روند کاهشی CaO شاید پیامد جدایش بلوری

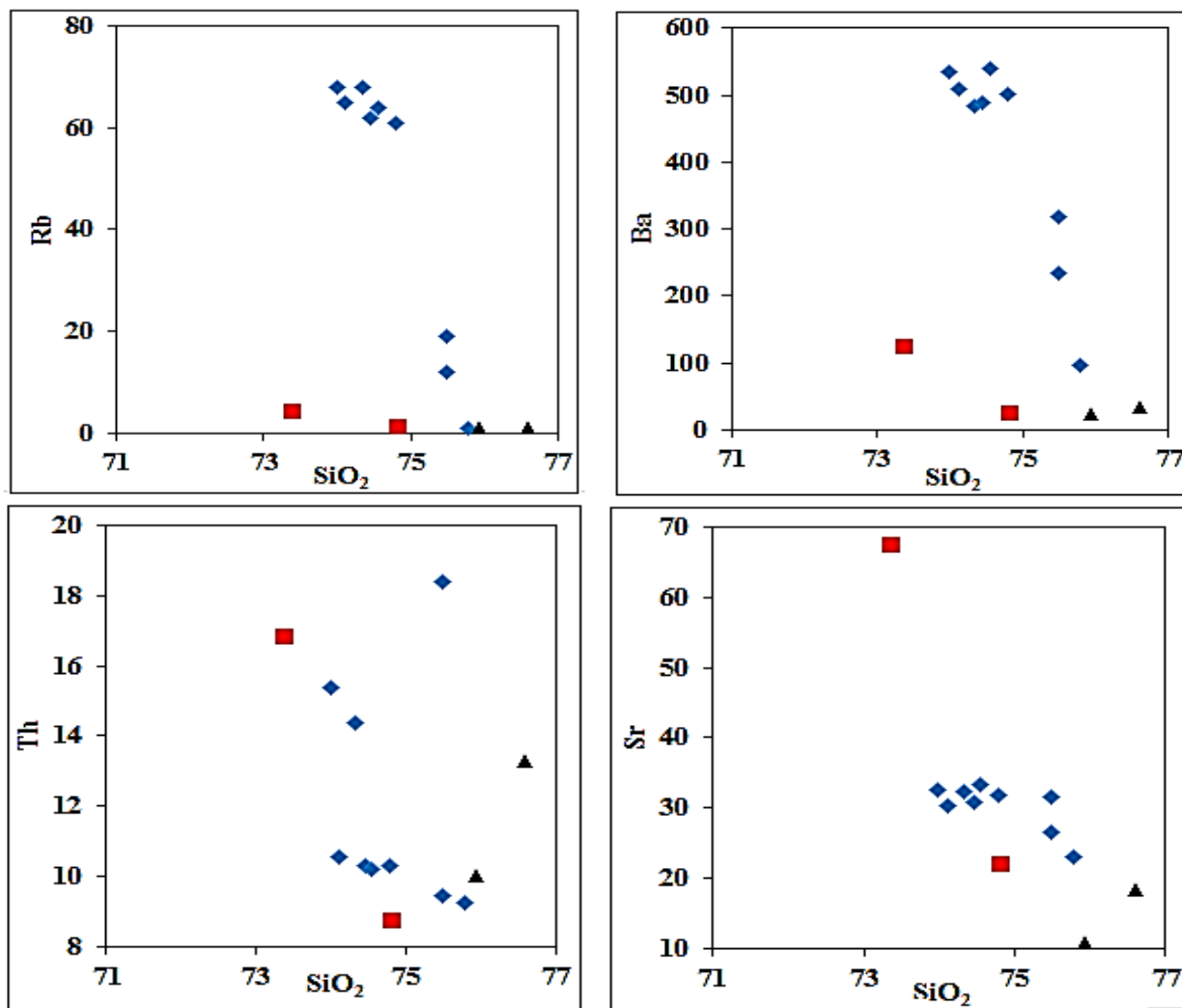
پلاژیوکلازهای کلسیک، کاهش MgO پیامد جدایش بلوری در سنگ‌های گرانیتویدی کوه شاخ‌سفید، روند کاهشی و پراکنده K_2O پیامد تجزیه فلدسپارها در برخی نمونه‌ها و پیدایش کانی‌های ثانویه‌ای (مانند: کلریت و کانی‌های رسی) (Karimzadeh Somarian, 2006) و روند افزایشی Na_2O پیامد جدایش بلوری هستند (شکل ۱۳).



شکل ۱۳- جایگاه سنگ‌های گرانیتویدی کوه شاخ‌سفید (جنوب‌خاوری کرمان) در نمودار تغییرات عنصرهای اصلی (برپایه درصد وزنی)

کما بیش کاهش همراه با پراکندگی Th در پی آرایش پوسته‌ای (Wilson, 1989) و روند کاهش Sr در پی حضور و جانشینی آن با کلسیم و ورود به شبکه پلاژیوکلاز کلسیم‌دار در مراحل آغازین تبلور ماگماست (شکل ۱۴).

شکل ۱۴ تغییرات عنصرهای فرعی و کمیاب خاکی در برابر افزایش اکسید سیلیس را نشان می‌دهد. برخی تغییرات دیده‌شده، مانند روند کاهش Rb، جانشینی آن به جای کانی‌های پتاسیم‌دار، روند کاهش Ba در پی شرکت در جدایش بلوری آلکالی‌فلدسپارها و روند



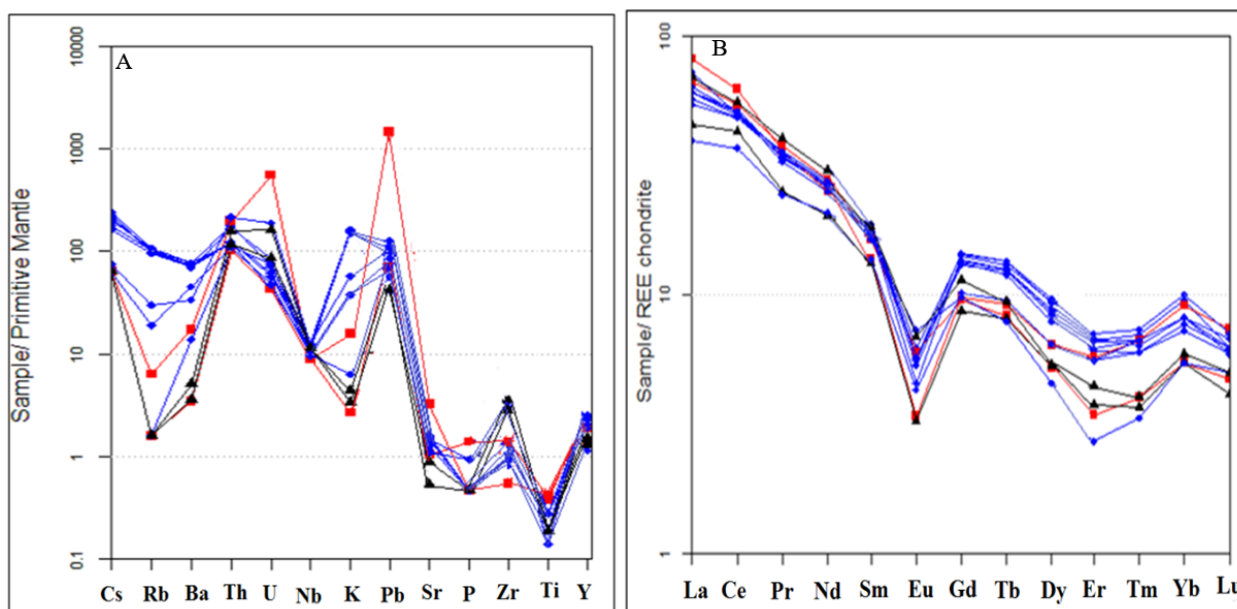
شکل ۱۴- نمودار تغییرات برخی عنصرهای فرعی در توده گرانیتوئیدی کوه شاخ‌سفید (جنوب‌خاوری کرمان)

ناهنجاری مثبت Pb (نسبت به ترکیب گوشته اولیه)، وابسته به متاسوماتیسم گوشت‌ای با سیال‌های برخاسته از پوسته اقیانوسی فرورو یا آرایش ماگما با پوسته دانسته می‌شود (Kamber

در نمودارهای عنکبوتی بهنجارشده (شکل ۱۵)، عنصرهای ناسازگار سبک (مانند: Cs, Th و Pb) در برابر عنصرهای ناسازگار سنگین، ۱۰ تا ۱۰۰۰ برابر غنی‌شدگی بیشتر نشان می‌دهند.

سنگ‌های کوه شاخ‌سفید نیز دیده می‌شود (شکل ۱۵- A). در نمودار عنکبوتی عنصرهای خاکی نادر در برابر ترکیب کندریت پیشنهادی Nakamura (۱۹۷۴)، همه نمونه‌ها به‌صورت هم‌روند و همانند با یکدیگر هستند (شکل ۱۵- B). این ویژگی نشان‌دهنده خاستگاه یکسان همه آنهاست. در شکل ۱۵- B، نمونه‌های سنگی بررسی‌شده تهی‌شدگی از Eu نشان می‌دهند پیامد جدایش بلوری پلاژیوکلاز دانسته می‌شود (Wu et al., 2003).

(et al., 2002). در نمونه‌های بررسی‌شده، سرب ۵۰ تا ۲۰۰ برابر غنی‌شدگی نشان می‌دهد. آنومالی منفی Nb و Ti می‌تواند مربوط به آرایش پوسته‌ای باشد (Wilson, 1989). از سوی دیگر، Gourgaud (۲۰۰۳)، آنومالی منفی در عنصرهای Nb و Ti را ویژگی سنگ‌های کمان ماگمایی می‌داند. ناهنجاری‌های مثبت عنصرهای Th و Zr و ناهنجاری منفی عنصرهای Nb، Sr و Ti از ویژگی‌های سنگ‌های وابسته به پهنه‌های فرورانش است (Wilson, 1989). این ویژگی‌ها در

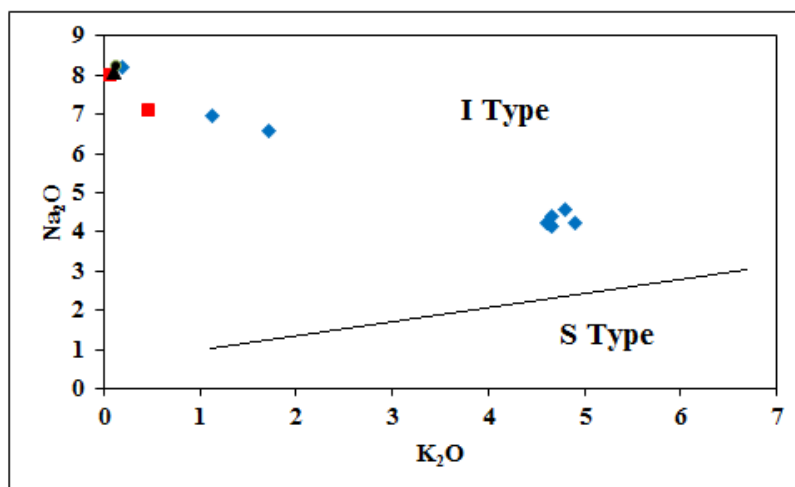


شکل ۱۵- ترکیب توده گرانیتوییدی کوه شاخ‌سفید (جنوب‌خاوری کرمان) در: A) نمودار عنکبوتی عنصرهای فرعی بهنجارشده به ترکیب گوشته اولیه (Sun and McDonough, 1989)؛ B) نمودار بهنجارشده به ترکیب کندریت (Nakamura, 1974)

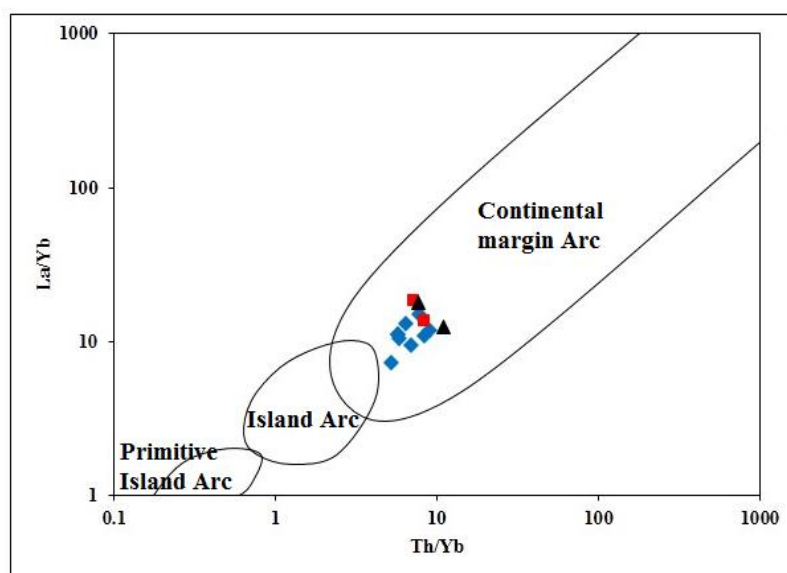
۱۶). همچنین، در نمودار Th/Yb در برابر La/Yb (Condie, 1989)، نسبت‌های La/Yb و Th/Yb با پیدایش نمونه‌های گرانیتوییدی کوه شاخ‌سفید در پهنه زمین‌ساختی حاشیه فعال قاره‌ای همخوانی دارد (شکل ۱۷).

شناسایی گرانیت‌های I و S

در نمودارهای شناسایی گرانیت‌های نوع I و S (نمودار K_2O در برابر Na_2O) (برپایه درصد وزنی؛ Chappell و White, ۲۰۰۱)، نمونه‌ها در گستره گرانیت‌های نوع I جای می‌گیرند (شکل



شکل ۱۶- نمونه‌های توده گرانیتوئیدی کوه شاخ‌سفید (جنوب‌خاوری کرمان) در نمودار K_2O در برابر Na_2O (برپایه درصد وزنی) (Chappell and White, 2001)

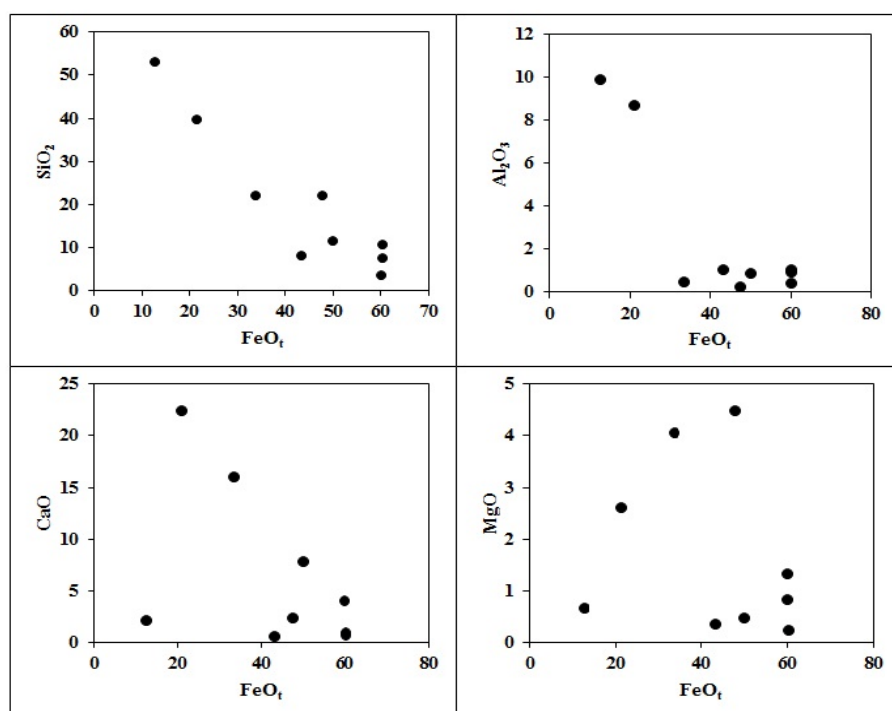


شکل ۱۷- ترکیب توده گرانیتوئیدی کوه شاخ‌سفید (جنوب‌خاوری کرمان) در نمودار Th/Yb در برابر La/Yb (Condie, 1989)

منفی آهن با Al_2O_3 و CaO شاید پیامد تمرکز آنها در پلاژیوکلاز ماگمای سازنده باشد؛ زیرا تبلور پلاژیوکلاز، کاهش Ca و Al در ماگما را در پی دارد. پراکندگی MgO با آهن نیز می‌تواند پیامد نبود کانی‌های مافیک باشد (شکل ۱۸).

زمین‌شیمی عنصرهای اصلی اسکارنها

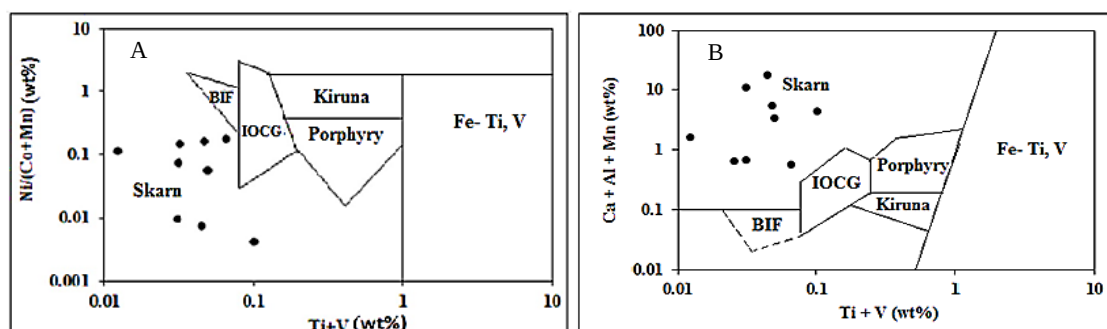
روند تغییرات SiO_2 ، Al_2O_3 و CaO در برابر اکسید آهن نشان می‌دهد با افزایش مقدار آهن، مقدار این عناصر کاهش می‌یابد. این پدیده نشان‌دهنده همبستگی منفی این عناصر با آهن است. همبستگی



شکل ۱۸- تغییرات اکسیدهای عنصرهای اصلی در برابر اکسید آهن در اسکارن‌های کوه شاخ سفید (جنوب‌خاوری کرمان)

نمونه‌های کانسار آهن کوه شاخ سفید در محدوده کانسارهای آهن اسکارنی جای گرفته‌اند (شکل‌های ۱۹-A و ۱۹-B).

در نمودارهای نسبت $Ti+V$ در برابر $Ca+Al+Mn$ و $Ni/(Co+Mn)$ برای شناسایی کانسارهای آهن (Beaudoin et al., 2007)،



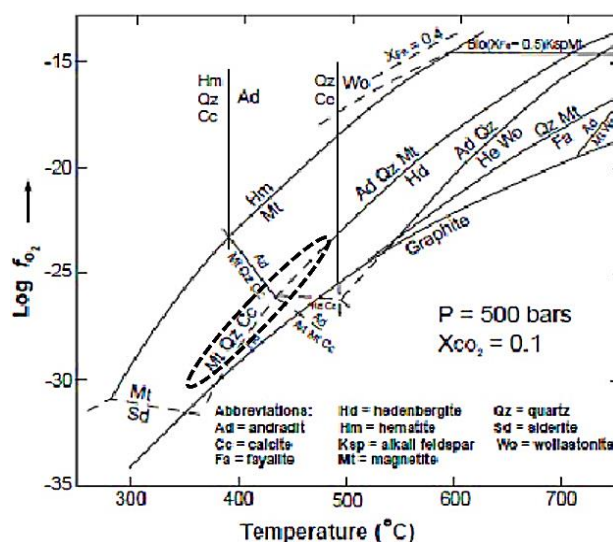
شکل ۱۹- جایگاه سنگ‌های گرانیتیویدی کوه شاخ سفید (جنوب‌خاوری کرمان) در: A، B نمودارهای شناسایی کانسارهای آهن گوناگون (Beaudoin et al., 2007)

منیتیت و در دمای کمتر از ۴۵۰ درجه سانتیگراد و گریزندگی اکسیژن بیشتر از 10^{-21} به مجموعه کوارتز، کلسیت و هماتیت تبدیل می‌شود (Einaudi, 1982). با توجه به پیدایش مجموعه هماتیت، کلسیت و کوارتز در مرحله پسرونده (در دمای کمتر

نبود ولاستونیت همراه با گارنت در اسکارن آهن کوه شاخ سفید نشان‌دهنده اینست که گارنت (آندرادیت-گروسولار) در دماهای کمتر از ۴۷۰ درجه سانتیگراد و در محدوده گریزندگی اکسیژن 10^{-24} تا 10^{-21} به مجموعه کوارتز، کلسیت و

سیلیکات کلسیم بی‌آب چندان در تعادل باشند و شاید آغاز دگرسانی پسرونده مجموعه‌های سیلیکات‌های کلسیم بی‌آب در دمای کمتر از ۴۳۰ درجه سانتیگراد را در پی داشته‌اند (شکل ۲۰).

از ۴۵۰ درجه سانتیگراد، گریزندگی اکسیژن سیال در آغاز نزدیک به 10^{-21} بوده است. در دمای بیشتر از ۴۶۰ درجه سانتیگراد شارهای در تعادل با توده آذرین درونی نمی‌توانند با مجموعه‌های



شکل ۲۰- نمودار دما در برابر $\text{Log } f_{\text{O}_2}$ در فشار شار ۵۰۰ بار و $\text{XCO}_2 = 0.1$ در سیستم Ca-Fe-Si-C-O-H (Einaudi and Burt, 1982) برای اسکارن کوه شاخ‌سفید که در دمای کمتر از ۴۷۰ درجه سانتیگراد پدید آمده است (بازه دمای پیدایش اسکارن کوه شاخ سفید (جنوب‌خاوری کرمان) با نقطه چین نشان داده شده است)

نتیجه‌گیری

آلومینیم (ASI)، پرآلومین تا متآلومین است. بررسی‌های زمین‌شیمیایی توده‌های گرانیتوئیدی این منطقه نشان می‌دهند این توده در بخش کلسیک-آلکالی تا آلکالی-کلسیک جای گرفته است. از آنجایی که اسکارن آهن منطقه کوه شاخ‌سفید (اگزواسکارن) کانی‌های گارنت، ترمولیت و کلریت دارد، از نوع کلسیک است. کانی‌های بی‌آب (مانند: گارنت و منیتیت) در مرحله‌های پیشرونده در دماهای کمتر از ۴۷۰ درجه سانتیگراد در محدوده گریزندگی اکسیژن 10^{-21} تا 10^{-24} و کانی‌های اپیدوت، ترمولیت، کلریت، کلسیت و کوارتز در مرحله پسرونده در دمای کمتر از ۴۵۰ درجه سانتیگراد و گریزندگی اکسیژن سیال نزدیک به 10^{-21} پدید آمده‌اند.

توده گرانیتوئیدی کوه شاخ‌سفید به درون سنگ‌های آهکی، ماسه‌سنگ و سیلتستون نفوذ کرده و در محل تماس اسکارن را پدید آورده است. ترکیب سنگ‌شناختی این توده گرانیت، گرانودیوریت و بیوتیت گرانیت است. سنگ آهک، ماسه‌سنگ، شیل و سیلتستون و سنگ‌های دگرگونی (مانند: مرمر) از سنگ‌های دربرگیرنده توده سنگ‌های رسوبی و اسکارن‌ها (مانند: گارنت اسکارن و ترمولیت اسکارن) هستند. کانه‌زایی منطقه شامل کانی‌های منیتیت، هماتیت، گوتیت، لیمونیت، کالکوپیریت، پیریت و کربنات‌های مس است. توده بررسی شده ویژگی‌های گرانیت‌های نوع I را نشان می‌دهد. همچنین، از دیدگاه شاخص اشباع‌شدگی از

منابع

- Beaudoin, G., Dupuis, C., Gosselin, P., and Jebrak, M. (2007) Mineral chemistry of iron oxides: application to Mineral exploration. In: Ninth Biennial SGA meeting (Ed. Andrew, C. J.) 497-500. SGA, Dublin.
- Berberian, M. (1983) Continental deformation in the Iranian plateau (Contribution) to the Seismotectonics of Iran. Part IV, Geological Survey of Iran publication, Tehran, Iran.
- Chappell, B. W. and White, A. J. R. (2001) Two contrasting granite types: 25 years later. *Australian Journal of Earth Sciences* (48): 489-500.
- Condie, K. C. (1989) *Plate tectonic and crustal evolution*. 3rd Edition, Pergamon Press, Oxford, UK.
- Dimitrijevic, M. D. (1973) *Geology of the Kerman region*. Geological Survey of Iran publication, Tehran, Iran.
- Djokovic, I., Dimitrijevic, M. N., Cvetic, S. and Halaviati, J. (1959) *Geological Map of Rayen*, 1:10000 Scale. Geological Survey of Iran publication, Tehran, Iran.
- Einaudi, M. T. (1982) Description of skarn associated with porphyry copper plutons, southwestern North American, In: *Advances in the geology of porphyry copper deposits* (Ed. Titley, S. R.) 139-184. The University of Arizona press, Tucson.
- Einaudi, M. T. and Burt, D. M. (1982) Introduction terminology, classification and composition of Skarn deposits. *Economic Geology* (77): 745-754.
- Frost, B. R., Barnes, C. G., Collins, W. J., Arculus, R. J., Ellis, D. J. and Frost, C. D. (2001) A Geochemical classification for Granite Rocks. *Journal of Petrology* (42): 2033-2048.
- Gourgaud, A. and Vincent, P. M. (2003) Petrology of two Continental alkaline intraplate series at Emi Koussi volcano, Tibesti chand. *Journal Volcanic Geology Research* (129): 261-272.
- Harker, A. (1909) *The Natural History of Igneous Rocks*. Methuen, London, UK.
- Kamber, B. S., Ewart, A., Collerson, K. D., Bruce, M. C. and McDonald, G. D. (2002) Fluid mobile trace element constraints on the role of slab melting and implications for Archean crustal growth models. *Contributions to Mineralogy and Petrology* (144): 38-56.
- Karimzadeh Somarian, A. (2006) Geology and geochemistry of the Mendejin plutonic rocks, Mianeh, Iran. *Journal of Asian Earth Sciences* 27:819-834.
- Kretz, R. (1983) Symbols for rock-forming minerals. *American Mineralogist* (68): 277-279.
- Middlemost, E. A. K. (1985) *Magmas and Magmatic Rocks. An Introduction to Igneous Petrology*. Longman Group Ltd., London, New York, US.
- Nakamura, N. (1974) Determination of REE, Be, Fe, Mg, Nu, and K in Carbonaceous and ordinary chondrites. *Geochimical Cosmochim Acta* (38): 757-775.
- Shand, S. J. (1943) *Eruptive rocks: their genesis, composition, classification, and their relation to ore-deposit with a chapter on meteorite*. 2nd Edition, John Wiley & Sons, New York, US.
- Stocklin, J. (1968) Structural history and tectonic of Iran. *Bulletin of the American Association of Petroleum Geology* (52): 1229-1258.
- Stocklin, J. (1977) Structural correlation of the Alpine ranges between Iran and Central Asia. *Memoir Hors- Serie N 8 de la Societe Geologique de France* (8): 333-353.
- Sun, S. S. and McDonough, W. F. A. (1989) Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: Implication for mantle composition and processes. In: *Magmatism in oceanic basins* (Eds. Saunders, A. D, Norry, M. J.) (42): 313- 345.: Geological Society of London, Special Publication.
- Wilson, M. (1989) *Igneous petrogenesis, A global tectonic approach*: Unwin Hyman London, UK.
- Wu, F. Y., Jahn, B. M., Wilde, S. A., Lo, C. H., Yui, T. F., Lin, Q., Ge, W.C. and Sun, D. Y. (2003) Highly fractionated I-type granites in China (I): geochronology and petrogenesis. *Lithos* (66): 241-273.