

## توده‌های تأخیری در کمپلکس جبال بارز

الهام یزدان‌فر، فریبرز مسعودی، منصور قربانی

گروه زمین‌شناسی، دانشگاه شهید بهشتی تهران

### چکیده

کمپلکس جبال بارز، توده باتولیتی عدسی شکل بزرگی است که بر اثر عملکرد رویداد ماگمایی الیگوسن-میوسن در سنگ‌های ولکانیکی ائوسن نفوذ کرده است. ترکیب سنگ شناسی این توده را دیوریت، تونالیت و گرانیت تشکیل می‌دهد. بر اثر عملکرد دو فاز ماگمایی تأخیری توده‌های نفوذی کوچکی به درون کمپلکس جبال بارز نفوذ کرده‌اند که از آن جمله می‌توان توده‌های تأخیری میجان، کرور، دره حمزه و هیشین را نام برد که از تنوع ترکیب سنگ شناسی زیادی برخوردارند. سنگ‌های توده‌های تأخیری مورد مطالعه از نظر سرشت ماگمایی در قلمرو سری ساب‌آلکان - کالکوالکان قرار می‌گیرند. انطباق زیادی بین ویژگی‌های کانی شناسی و ژئوشیمیایی این سنگ‌ها با گرانیت‌های تیپ I وجود دارد. بررسی نمودارهای مانیار و پیکولی (۱۹۸۹) و پیرس و همکاران (۱۹۸۴) به منظور تعیین محیط تکتونیکی این سنگ‌ها نشانگر یک محیط تکتونوماگمایی حاشیه فعال قاره‌ای برای این سنگ‌ها می‌باشد و به نظر می‌رسد که این سنگ‌ها از فرورانش پوسته اقیانوسی نئوتتیس به زیر پوسته قاره‌ای ایران مرکزی حاصل شده‌اند.

**واژه‌های کلیدی:** کمپلکس جبال بارز، توده‌های نفوذی تأخیری، فرورانش، ماگماتیسزم، پتروژنز.

## مقدمه

کمپلکس جبال بارز با طول تقریبی ۵۰ کیلومتر از شمال به کفه ریگان و از جنوب به فرونشست جازموریان محدود شده است. توده نفوذی مذکور از نظر ساختاری یک آنتی فورم با محور شمال باختری- جنوب خاوری است که به سمت جنوب پلانژ شده است. عرض این توده در پهن ترین قسمت ۱۴ کیلومتر و در کم عرض ترین قسمت یعنی در انتهای جنوبی آن، جایی که باتولیت به زیر ولکانیک‌های ائوسن پلانژ می‌شود ۲/۵ تا ۵ کیلومتر است.

رخداد ماگمایی الیگوسن- میوسن موجب نفوذ و جایگیری این توده باتولیتی چند مرحله‌ای در سنگ‌های ولکانیکی ائوسن شده است.

سه فاز اصلی تشکیل دهنده کمپلکس جبال بارز به ترتیب جایگزینی شامل دیوریت، تونالیت و گرانیت می‌باشد.

- اولین فاز نفوذی تنها بخش کوچکی از باتولیت کلی را شامل می‌شود.
- سنگ‌های تونالیتی، ناحیه وسیع‌تری را در برگرفته‌اند و یک روند شمال باختر- جنوب خاور دارند و گسترش آنها به سمت جنوب یعنی ناحیه‌ای که بخش اصلی توده نفوذی رخنمون دارد، افزایش می‌یابد.
- انواع سنگ‌های گرانیتی، بخش اصلی باتولیت مورد نظر را ساخته‌اند و در آخرین مرحله پلوتونیسیم در ناحیه نفوذ نموده‌اند.

یک سری توده‌های تأخیری کوچک به درون کمپلکس جبال بارز نفوذ کرده‌اند که از آن جمله می‌توان توده‌های تأخیری میجان، دره حمزه، هیشین و کرور را نام برد. در تشکیل توده‌های تأخیری نامبرده در کمپلکس جبال بارز، با در نظر گرفتن فاز ماگمایی سازنده باتولیت جبال بارز به عنوان فاز ماگمایی اصلی، دو فاز ماگمایی تأخیری که به ترتیب دارای ترکیب دیوریتی و تونالیتی بوده‌اند، را نیز می‌توان متصور نمود. به این ترتیب که در توده نفوذی میجان هر دو فاز ماگمایی تأخیری و در توده‌های نفوذی دره حمزه، کرور و هیشین فقط دومین فاز ماگمایی تأخیری مؤثر بوده است.

## شرح و بحث

### پتروگرافی توده‌های تأخیری کمپلکس جبال بارز

براساس مطالعات میکروسکوپی توده‌های تأخیری مورد مطالعه ترکیبی گرانیتوئیدی دارند به این ترتیب که ترکیب سنگ شناسی توده‌های تأخیری میجان و دره حمزه شامل آلکالی گرانیت، گرانیت، گرانودیوریت، کوارتز سینیت و کوارتز دیوریت می‌باشد و ترکیب سنگ شناسی توده‌های تأخیری کرور و هیشین را آلکالی گرانیت، سینوگرانیت و مونزوگرانیت تشکیل می‌دهد.

از نظر کانی‌شناسی کانی‌های کوارتز، آلکالی‌فلدسپات و پلاژیوکلاز کانی‌های اصلی و بیوتیت و آمفیبول کانی‌های فرعی سنگ‌های مورد مطالعه را تشکیل می‌دهند. کانی‌های اپک و اسفن نیز به صورت کانی‌های جزئی در این سنگ‌ها مشاهده می‌شوند.

بیوتیت به عنوان اصلی‌ترین کانی مافیک سنگ‌های مورد مطالعه پلی‌کروئیسیمی از زرد کاهی تا قهوه‌ای تیره نشان می‌دهد که این ویژگی از خصوصیات بیوتیت‌های تشکیل‌شده در محیط اکسیدان است. از این رو بیوتیت‌های سنگ‌های گرانیتوئیدی مورد مطالعه با بیوتیت‌ها، گرانیت‌های نوع I تطابق دارند. همچنین در این سنگ‌ها کانی‌های شاخص دگرگونی از قبیل کردیریت، گارنت و سیلیکات‌های آلومینیوم دیده نمی‌شود و نیز فاقد موسکویت می‌باشند که این امر نیز می‌تواند تأیید میکروسکوپی دیگری بر تیپ I بودن این گرانیتوئیدها باشد.

### ژئوشیمی عناصر اصلی

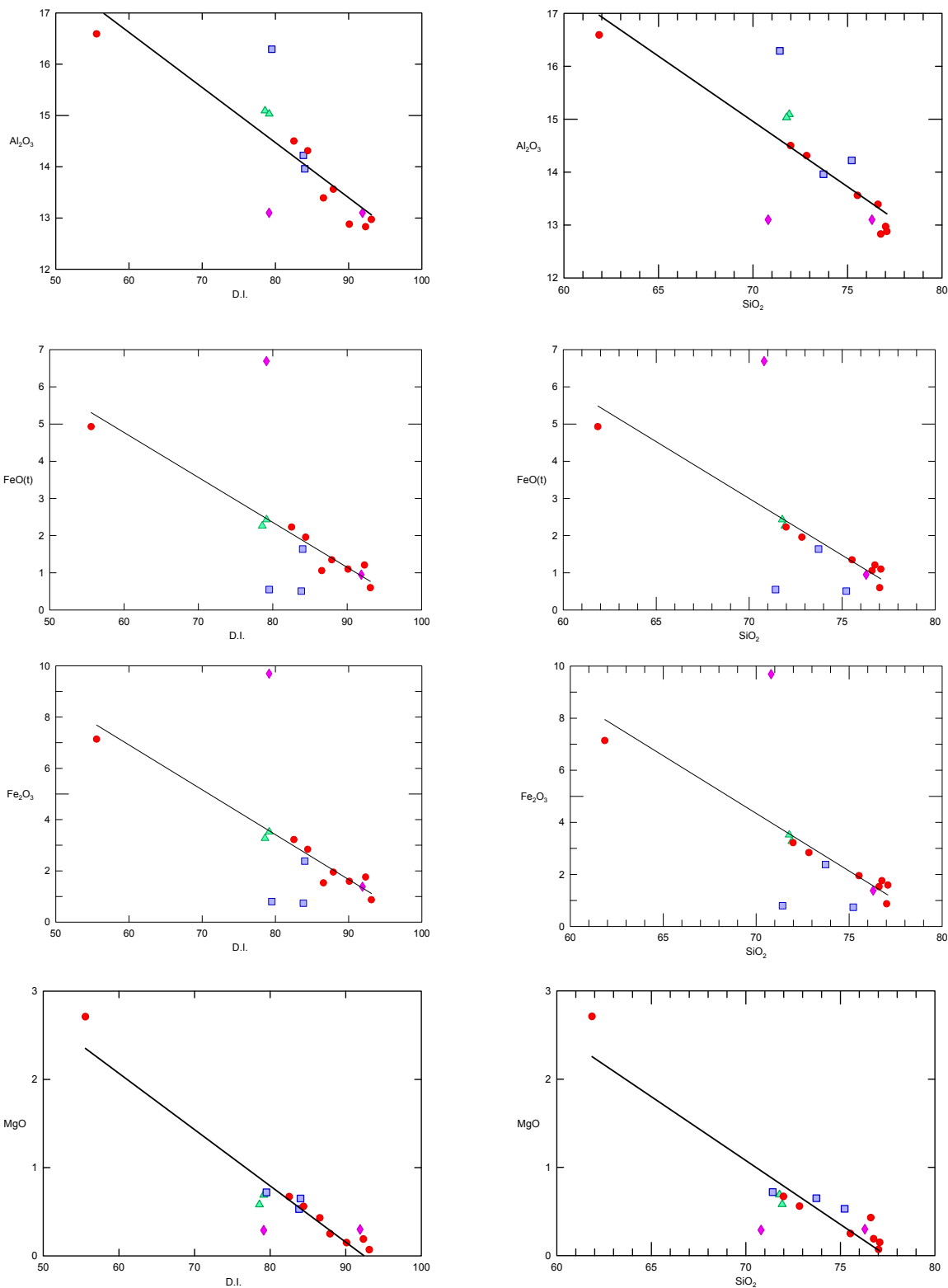
در این بخش از نمودارهای هارکر (۱۹۰۹) و تورنتون و تاتل (۱۹۶۰) که می‌توانند معرف روند تحولات اکسیدهای عناصر اصلی ماگمای تشکیل‌دهنده سنگ‌های توده‌های تأخیری مورد مطالعه باشند استفاده شده است و نتایج زیر حاصل گردیده است:

(لازم به ذکر است که در تمامی نمودارها نمونه‌های توده‌های تأخیری میجان، هیشین، کرور و دره حمزه به ترتیب با نمادهای دایره، مربع، لوزی و مثلث نمایش داده شده‌اند).

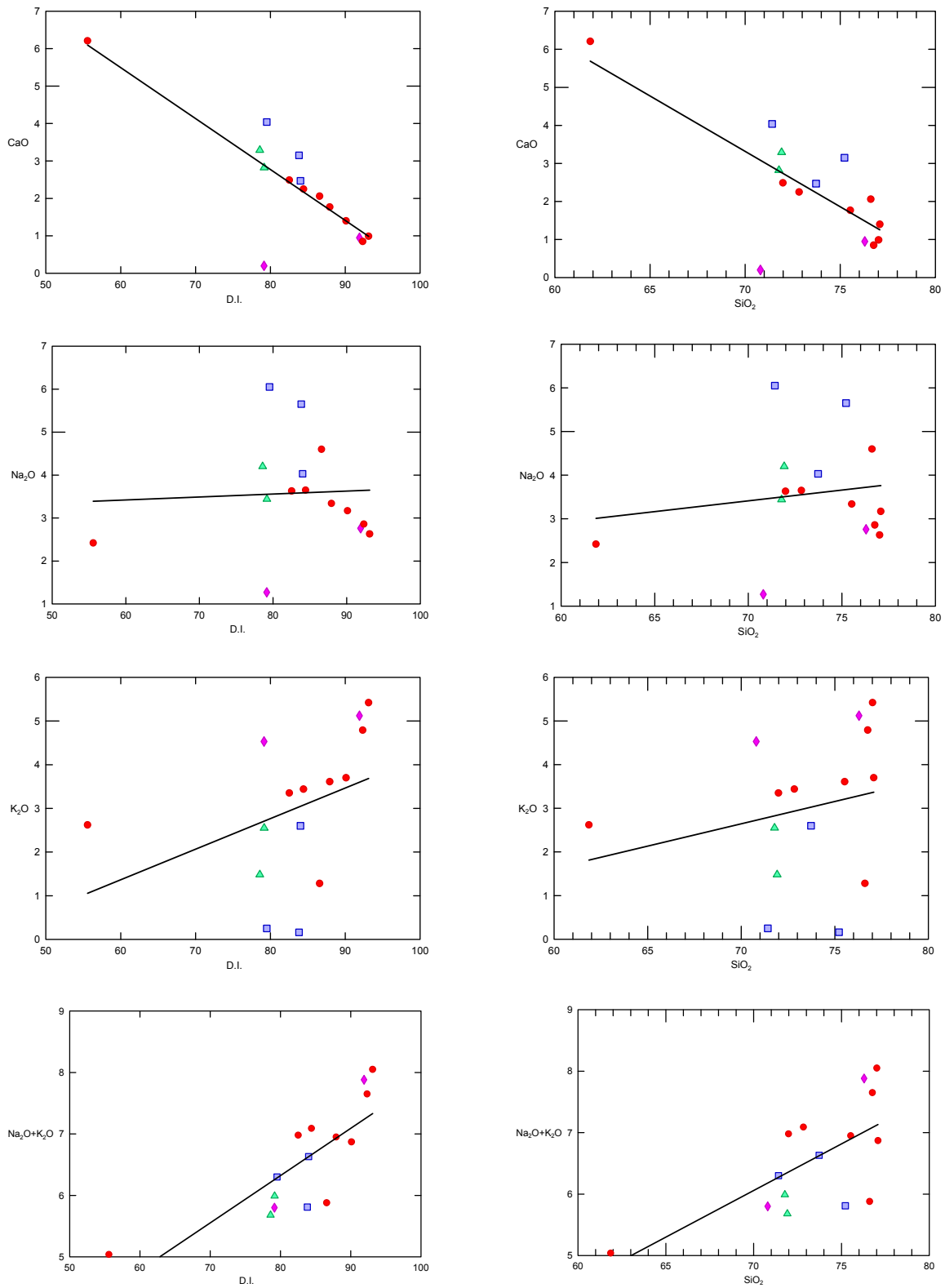
– روند تغییرات اکسیدهای عناصر اصلی نمونه‌های توده‌های تأخیری مورد مطالعه نسبت سیلیس ( $\text{SiO}_2$ ) و مقایسه آنها با نمودارهای ترسیم شده نسبت به اندیس تفریق (D.I) مشابهت روند تغییرات این اکسیدها نسبت به دو پارامتر مزبور را نشان می‌دهد.

– در این نمودارها روند تغییرات اکسیدهای  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{FeO}$  (t),  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$  روندی کاهشی بوده و این در حالی که روند تغییرات  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  و مجموع آلکالی‌ها افزایشی می‌باشد.

– این تغییرات مبین انجام تفریق ماگمایی گسترده و پیوسته‌ای در بین سنگ‌های گرانیتوئیدی مورد مطالعه در طی تبلور می‌باشد.



شکل ۱: روند تغییرات اکسیدهای عناصر اصلی در مقابل سیلیس (SiO<sub>2</sub>) و ضریب تفریق (D.I.)



شکل ۲: روند تغییرات اکسیدهای عناصر اصلی در مقابل سیلیس ( $\text{SiO}_2$ ) و ضریب تفریق (D.I.)

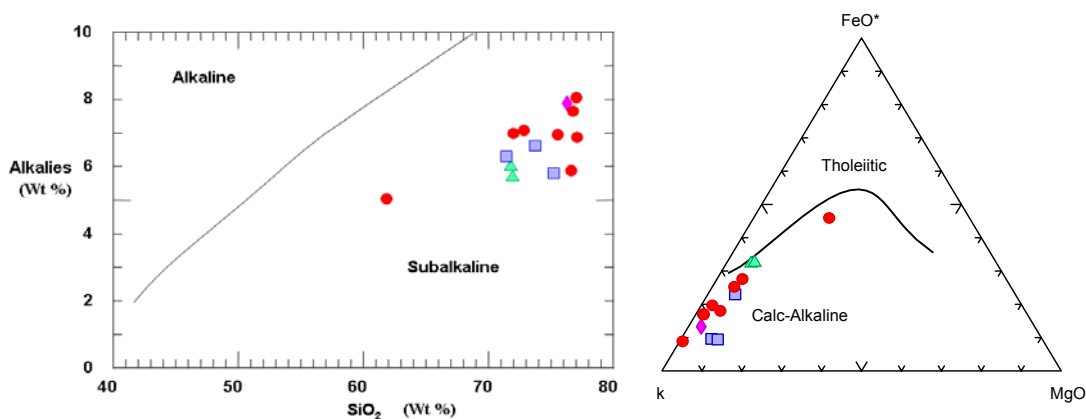
### تعیین سری ماگمایی توده‌های تأخیری کمپلکس جبال بارز

نمودارهای ابروین و باراگار (۱۹۷۱)

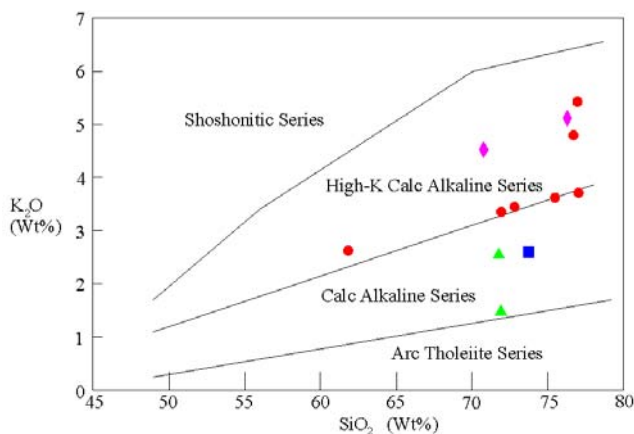
برای تعیین سری ماگمایی سنگ‌های آذرین توده‌های تأخیری مورد مطالعه از نمودارهای ابروین و باراگار (۱۹۷۱) استفاده شده است. در نمودار  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$  در مقابل  $\text{SiO}_2$ ، تمام نمونه‌ها در محدوده ساب آلکالن قرار می‌گیرند و در نمودار مثلثی  $\text{MgO}-\text{FeO}-(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$  تمام نمونه‌ها در محدوده کالکوالکالن قرار گرفته‌اند.

### نمودار $\text{K}_2\text{O}$ در مقابل $\text{SiO}_2$ رولینسون (۱۹۹۳)

این نمودار سری ساب‌آلکالن را به چهار گروه مختلف تقسیم می‌کند. نمونه‌های مورد مطالعه در محدوده کالکوالکالن با پتاسیم متوسط تا کالکوالکالن پتاسیم بالا قرار می‌گیرند.



شکل ۳: نمودارهای تعیین سری ماگمایی



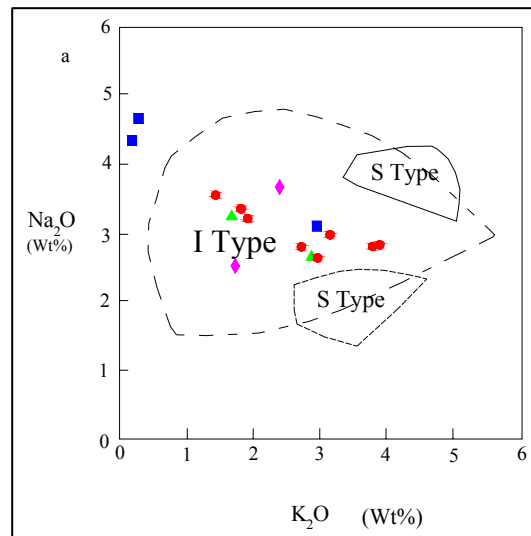
شکل ۴: نمودار  $\text{K}_2\text{O}$  در مقابل  $\text{SiO}_2$

### ویژگی‌های کلی گرانیتوئیدهای توده‌های تأخیری کمپلکس جبال بارز

- حضور کانی‌های اوپاک در سنگ‌های مورد مطالعه از مشخصات گرانیت‌های تیپ I می‌باشد.
- مقدار  $\text{SiO}_2$  در نمونه‌های توده‌های تأخیری مورد مطالعه از ۶۰/۴ تا ۷۶/۶ درصد متغیر است که با مقدار  $\text{SiO}_2$  در گرانیت‌های تیپ I مطابقت بیشتری دارد.
- مقدار نسبت مولی  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}+\text{CaO}$  نمونه‌های مورد مطالعه بیشتر از ۱/۱ است.
- سنگ‌های مورد مطالعه دارای سدیم بالایی هستند و میانگین  $\text{Na}_2\text{O}$  در آنها برابر با ۳/۵۴ درصد است.
- از نظر سری ماگمایی، سنگ‌های توده‌های تأخیری مورد مطالعه متعلق به سری کالکوالکان هستند و حجم قابل توجهی از گرانیت‌های تیپ I در این سری ماگمایی قرار می‌گیرند.
- با توجه به خصوصیات ذکر شده و مقایسه این ویژگی‌ها با خصوصیات انواع گرانیتوئیدها، به نظر می‌رسد که سنگ‌های توده‌های تأخیری مورد مطالعه در گروه گرانیتوئیدهای تیپ I قرار می‌گیرند.

### نمودار $\text{Na}_2\text{O}$ در مقابل $\text{K}_2\text{O}$

در این دیاگرام نیز که توسط چاپل و وایت (۲۰۰۱) به منظور تفکیک I-Type و S-Type گرانیت‌ها ارائه شده است تمامی نمونه‌های توده‌های تأخیری مورد مطالعه در محدوده گرانیت‌های نوع I قرار می‌گیرند.



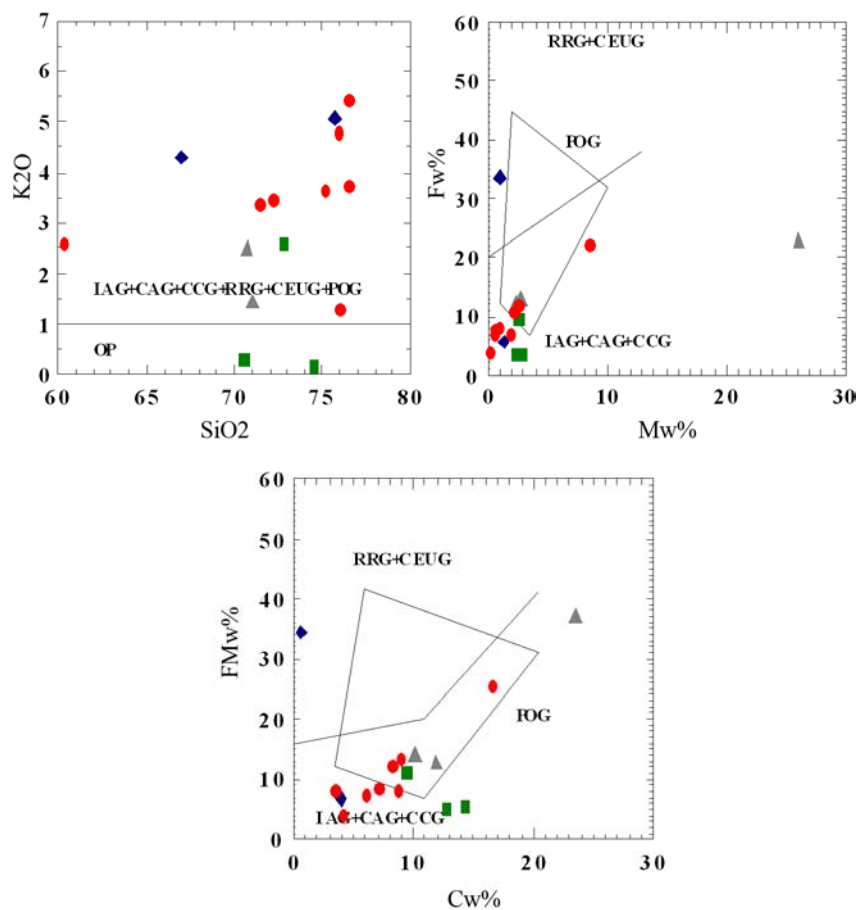
شکل ۵: نمودار تفکیکی انواع گرانیت‌ها

## محیط تکتونیکی

### تعیین محیط تکتونیکی بر اساس عناصر اصلی

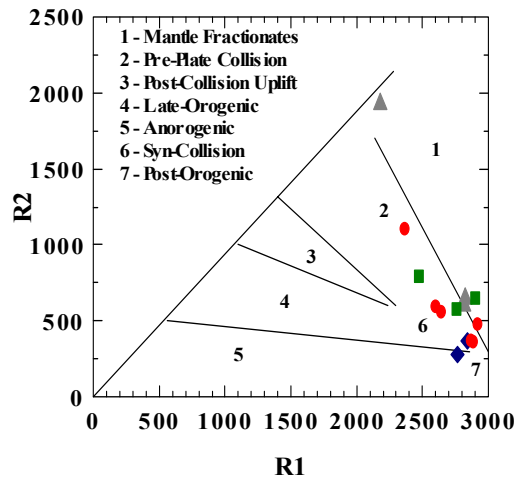
جهت تعیین محدوده‌های تکتونیکی سنگ‌های توده‌های تأخیری مورد مطالعه از طبقه‌بندی مانیار و پیکولی (۱۹۸۹) که بر اساس اکسیدهای عناصر اصلی و پارامترهای تعریف شده به کمک آنها می‌باشد، استفاده شده است. در این طبقه بندی تمام نمونه‌ها در محدوده گرانیتوئیدهای گروه (IAG+CAG+CCG) قرار گرفته‌اند.

در نمودار باچلور و بودن (۱۹۸۵) نیز که بر اساس پارامترهای کاتیونی  $R_1$  و  $R_2$  تعریف شده است. سنگ‌های توده‌های تأخیری مورد مطالعه بیشتر در محدوده ۲ و ۶ قرار دارند و از گرانیت‌های قبل از برخورد و هم‌زمان با برخورد به شمار می‌آیند.



شکل ۶: نمودارهای تفکیک محیط تکتونیکی گرانیتوئیدها بر اساس عناصر اصلی

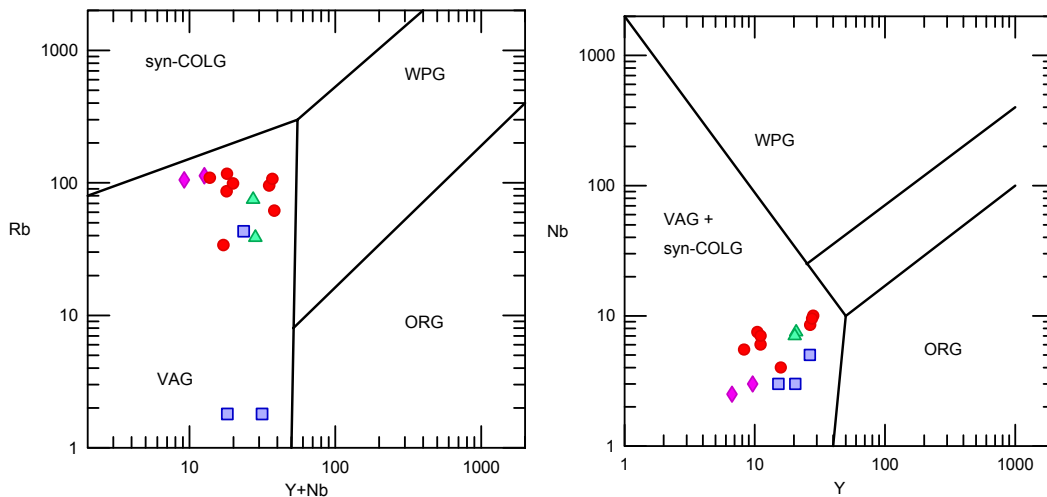




شکل ۷: نمودار تفکیک محیط تکتونیکی گرانیتوئیدها براساس پارامترهای کاتیونی

### تعیین محیط تکتونیکی بر اساس عناصر کمیاب

همچنین به منظور تعیین جایگاه تکتونیکی سنگ‌های توده‌های تأخیری مورد مطالعه از نمودارهای لگاریتمی پیرس و همکاران (۱۹۸۴) استفاده شده است. در نمودار Y-Nb تمام نمونه‌ها در محدوده VAG+SynCOLG قرار می‌گیرند. نمودار Rb در مقابل Y+Nb به طور خیلی مؤثری گرانیت‌های همزمان با برخورد را از گرانیت‌های قوس‌های آتشفشانی متمایز می‌کند. در این نمودار نمونه‌ها در محدوده گرانیتوئیدهای VAG قرار می‌گیرند.



شکل ۸: نمودارهای تفکیک محیط تکتونیکی گرانیتوئیدها براساس عناصر کمیاب

### پتروژنز

مدل ماگمایی که تا حدود زیادی می‌تواند شرایط تشکیل توده های تأخیری مورد مطالعه را توجیه کند، مدل فروراش می باشد. با توجه به قرارگیری این توده ها در انتهای جنوب شرقی زون ارومیه - دختر ساب داکشن در منطقه را می‌توان حاصل فرورانش پوسته اقیانوسی نئوتتیس به زیر پوسته قاره‌ای ایران مرکزی بر شمرد و می‌توان تشکیل و ژنز توده های تأخیری مورد مطالعه را به صورت زیر در نظر گرفت:

بر اثر ذوب بخشی گوه گوشته‌ای با درجات متفاوت، ماگمای بازیکی تشکیل شده و به صورت توده عظیمی در زیر منطقه قرار گرفته است. ماگمای بازیکی مزبور حرارت بالایی داشته و طی فاز کمپرسیونی بعدی به ترازهای بالاتر یعنی به درون بخش زیرین پوسته تحتانی صعود کرده و سبب افزایش حرارت در این بخش گردیده است. فاز سیال به همراه افزایش حرارت ناشی از نفوذ ماگمای بازیکی به این بخش پوسته، سبب ذوب بخشی پوسته تحتانی گردیده و ماگمایی با ترکیب گرانودیوریتی و از نوع کالکوالکالان ایجاد کرده است. از بهم پیوستن اتاقک‌های ماگمایی کوچک باتولیت عظیمی شکل گرفته و به بخش‌های بالای پوسته صعود کرده و در ترازهای بالاتر متبلور گردیده است.

این توده عظیم باتولیتی همچنین متحمل تفریق شده و طیفی از سنگ های دیوریتی تا آلکالی گرانیتی را تشکیل داده است. این سنگ های تفریق یافته به صورت توده های نفوذی تأخیری میجان، کرور، دره حمزه و هیشین در منطقه رخنمون یافته اند و خود حاصل تفریق یافتگی ماگمای تشکیل دهنده باتولیت عظیم جبال بارز در منطقه مورد مطالعه می‌باشند.

### نتیجه‌گیری

- از نظر پتروگرافی توده‌های تأخیری میجان، دره حمزه، کرور و هیشین ترکیبی گرانیتوئیدی دارند و از تنوع ترکیب سنگ شناسی از کوارتز دیوریت تا آلکالی گرانیت برخوردارند.
- در نمودار های هارکر (۱۹۰۹) و تورنتون و تاتل (۱۹۶۰) اکسیدهای  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $FeO$  (t),  $Na_2O$ ,  $K_2O$  و اکسیدهای  $MgO$ ,  $CaO$  روندی کاهشی و اکسیدهای  $Na_2O$ ,  $K_2O$  و مجموع آلکالین‌ها روندی افزایشی را به نمایش می‌گذارند که کاملاً مطابق با اصل تفریق بوده و این امر مبین انجام تفریق ماگمایی گسترده و پیوسته‌ای در بین سنگ‌های توده‌های تأخیری مورد مطالعه می‌باشد.
- نمونه‌های توده های تأخیری مورد مطالعه از نظر سری ماگمایی در قلمرو سری ساب آلکالین- کالکوالکالان قرار می‌گیرند.
- ویژگی های کانی شناسی و شیمیایی سنگ های توده های تأخیری مورد مطالعه مطابقت زیادی با گرانیتوئیدهای تیپ I نشان می‌دهند.

- بر اساس اکسیدهای عناصر اصلی و پارامترهای تعریف شده به کمک آنها، سنگ‌های توده‌های تأخیری مورد مطالعه از نظر جایگاه تکتونیکی در محدوده گرانیتوئیدهای (CAG+CCG+IAG) قرار می‌گیرند و از گرانیت‌های قبل از برخورد و هم‌زمان با برخورد به شمار می‌آیند.
- با استفاده از نمودارهای لگاریتمی به منظور تعیین محیط تکتونیکی تشکیل سنگ‌های توده‌های تأخیری مورد مطالعه، نمونه‌ها در محدوده گرانیت‌های قوس‌های آتشفشانی (VAG) جای می‌گیرند.
- مدل ماگمای توجیه کننده سنگ‌های توده‌های تأخیری مورد مطالعه، مدل ماگمایی فرورانش است.
- با توجه به موقعیت قرارگیری این توده‌ها در زون ارومیه- دختر سنگ‌های نفوذی مورد مطالعه حاصل فرورانش پوسته اقیانوسی نئوتتیس به زیر پوسته قاره‌ای ایران مرکزی می‌باشند و از نوع گرانیت‌های کمان قاره‌ای (CAG) می‌باشند.
- عمل تفریق در باتولیت جبال بارز طیفی از سنگ‌های دیوریتی تا آلکالی گرانیتی را تشکیل داده است و این سنگ‌های تفریق یافته به صورت توده‌های نفوذی تأخیری میجان، کرور، دره حمزه و هیشین در منطقه رخنمون یافته‌اند.

## منابع

۱. آل طه، بابک، (۱۳۸۲)، پتروگرافی و پترولوژی سنگ‌های آذرین و کانه‌زایی مرتبط با آن در منطقه جنوب‌شرق بم (جبال‌بارز)، رساله دکترا، دانشگاه شهیدبهشتی
۲. خوبی، ناصر، تاج‌بخش، پیمان، قربانی، منصور، کانسارهای مس در ایران، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
۳. قربانی، منصور، (۱۳۸۱)، ماگماتیسم و متامورفیسم ایران، جزوه درسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهیدبهشتی.
4. Bachelor, R. A. and Bowden, P., (1985) Petrologic interpretation granitoid rocks series using multicatuionic parameters chemical geology 48, 43-55.
5. Chappell, B. W. and White, A.J.R., (2001), two contrasting granite types: 25 years later. A Ustralian Journal of earth science 48, 489-499
6. Harker, A., (1909) the natural history of igneous rocks Methneu, Lond., P. 344
7. Irvin, T. N. and Baragar, W. R. A., (1971) A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. Can. J Earth. Sci, 8, 523-548.
8. Maniar, P.D., and Picoli, Pm., 1989, tectonic discrimination of granitoids. Geological society of America Bulletin 101, 635-643
9. Pearce, J. A., Harris, N. B. W. and Tindle, A. G., (1984), trace element discrimination diagrams for tectonic interpretation of granitic rocks. Journal of petrology 25, 956- 983.
10. Rolinson, H. R., (1993) Using geological data, evolution, presentation, interpretation, Longman Ltd. Publication, PP 214.
11. Thornton, C. P. & Tuttle, O. F. (1960) chemistry of igneous rocks., differentiation index. A.M.J. Sci. 258.