



## سنگ‌شناسی، زمین‌شیمی و جایگاه چینه‌شناختی اجتماعات دایکی دیابازی قطع‌کننده توده گرانیتوئیدی بند هزارچاه (جنوب‌شرق شاهرود) شاهدهی بر ماگماتیسم سیمیرین میانی

سید حسین حسینی<sup>۱\*</sup>، محمود صادقیان<sup>۲</sup>، حبیب‌الله قاسمی<sup>۳</sup>.

۱- دانشجوی دکتری پترولوژی، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه شاهرود، شاهرود، ایران

۲- استادیار پترولوژی، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه شاهرود، شاهرود، ایران

۳- دانشیار پترولوژی، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه شاهرود، شاهرود، ایران

\* عهده‌دار مکاتبات: h.hoseini54@yahoo.com

دریافت مقاله: ۹۱/۹/۹، پذیرش مقاله: ۹۲/۲/۲۵

### چکیده

اجتماعات دایکی دیابازی متعددی توده گرانیتوئیدی بند هزارچاه (جنوب شرق شاهرود) و سنگ‌های میزبان آن شامل سنگ‌های متاپلیتی، متاسامیتی و گنیسی به سن اواخر نئوپروتریویک - اوایل کامبرین را قطع کرده‌اند. این دایک‌ها کنگلومرا، ماسه سنگ و شیل‌های متعلق به اواخر تریاس تا اوایل ژوراسیک (معادل سازند شمشک) را نیز قطع کرده‌اند ولی سنگ‌های جوان‌تر از جمله سنگ آهک‌های کرتاسه زیرین (نئوکومین) را قطع نکرده‌اند. دایک‌های دیابازی مورد نظر ترکیب گابروی دارند. این سنگ‌ها بافت ریزدانه، پورفیری و به‌ندرت پورفیروئیدی نشان می‌دهند. بر اساس ویژگی‌های زمین‌شیمیایی، سنگ‌های سازنده این دایک‌ها، ماهیت قلیایی تا کلسیمی - قلیایی دارند. ماگمای سازنده آنها از ذوب بخشی حدود ۸ تا ۲۰ درصدی منابع اسپینل لرزولیتی منشأ گرفته‌اند و در یک محیط زمین‌ساختی پشت‌کمانی مرتبط با فروانش صفحه اقیانوسی نئوتیس به زیر ایران مرکزی تشکیل شده‌اند. تشکیل این سنگ‌ها از پیامدهای ماگماتیسم مرتبط با فاز کوهزایی سیمیرین میانی است. بی‌هنجاری مثبت سرب و بالا بودن مقادیر Ba، Ce و K نشان‌دهنده آرایش پوسته‌ای ماگمای بازی سازنده این سنگ‌ها در طی صعود و جایگزینی آنهاست.

واژه‌های کلیدی: دایک‌های دیابازی، پشت‌کمان، کوهزایی سیمیرین میانی، بند هزارچاه.

### ۱- مقدمه

"پترولوژی و ژئوشیمی توده گرانیتوئیدی بند هزارچاه"، ویژگی‌های سنگ‌نگاری و زمین‌شیمیایی این توده را بررسی کرده است. البته بخشی از نتایج به‌دست آمده در این پایان‌نامه، به علت نداشتن دقت کافی در برداشت‌های صحرایی و تفسیر نادرست روابط صحرایی اشتباه است. عزیز، (۱۳۹۱) و چکنی، (۱۳۹۱) به ترتیب ویژگی‌های زمین‌شیمیایی و دیرینه‌مغناطیسی این دایک‌ها را در مناطق مجاور موسوم به سفیدسنگ و دلبر را مطالعه کرده‌اند. افزون بر این رحمتی ایلخچی و همکاران، (۲۰۰۹ و ۲۰۱۰) و شفاهی مقدم و همکاران، (۲۰۱۳) در دست چاپ) به ترتیب ویژگی‌های سنگ‌های آذرین و دگرگونی مناطق همجوار شامل شترکوه و چاه جام را مطالعه کردند. از آنجاکه هیچ مطالعه سنگ‌شناسی و زمین‌شیمی جامعی روی دایک‌های منطقه بند هزارچاه صورت نگرفته بود، بنابراین این تحقیق با هدف ارائه یک تصویر شفاف از وضعیت جایگاه چینه‌شناختی، و تعیین ویژگی‌های

در شرق و جنوب شرق شاهرود و به عبارت دقیق‌تر در فاصله ۳۰ کیلومتری جنوب غرب بیارجمند، توده گرانیتوئیدی بند هزارچاه رخنمون دارد (شکل ۱ الف و ب). این توده گرانیتوئیدی به سن اواخر نئوپروتریویک - اوایل کامبرین (حسن‌زاده و همکاران، ۲۰۰۸) به همراه سنگ‌های دگرگونی میزبان و همچنین توالی تخریبی - رسوبی پوشاننده توسط صدها دایک بازی، قطع شده است. این تعداد زیاد دایک را می‌توان فوج دایک نامید. در نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ طرود (هوشمند زاده و همکاران، ۱۳۵۷) و خارتوران (نویی و همکاران، ۱۳۶۵) و ۱:۱۰۰۰۰۰ ادره دای (قاسمی و حاج حسینی، ۱۳۸۳) و رزوه (رحمتی ایلخچی، ۱۳۸۶) به وجود این دایک‌ها اشاره شده است. حسینی، (۱۳۷۴) در قالب پایان‌نامه کارشناسی ارشد با عنوان

سنگ شناختی و زمین شیمیایی به مطالعه دایک‌های بازی اختصاص یافته است. دسته دیگری از دایک‌ها و توده‌های بازی - حدواسط با ترکیب دیوریت تا کوارتز دیوریت که به شدت دگرشکل شده هستند و در برخی موارد، احتمالاً دچار دگرگونی و دگرسانی نیز شده‌اند. بررسی این دسته از سنگ‌های بازی در این مقاله نمی‌گنجد و در مقاله‌ای دیگر به بحث و بررسی آنها خواهیم پرداخت.

## ۲- اهمیت زمین‌شناسی اجتماعات دایکی دیابازی

فوج دایک، یک از پدیده‌های زمین‌شناسی بزرگ مقیاس است که گروه زیادی از دایک‌های عمدتاً موزی را شامل می‌شوند. تعداد این دایک‌ها به صدها و گاه تا هزاران دایک می‌رسد. این دایک‌ها عمدتاً دارای ترکیب بازی (گابرویی و دیوریتی یا معادل بیرونی آنها بازالتی و آندزیتی و یا به طور کلی دیابازی) هستند و در درون پوسته قاره‌ای جایگزین شده‌اند. این دایک‌ها معمولاً شواهدی از یک فاز کششی بزرگ مقیاس به شمار می‌آیند (لارسن و همکاران، ۲۰۰۹). مطالعه سیستماتیک دایک‌ها به ویژه فوج دایک‌های دیابازی، در حل مسائل زمین‌شناسی نقش مهمی دارند. فوج دایک در فهم فرایندهای ژئودینامیکی نیز دارای نقش کلیدی هستند. تاریخچه زمین سرشار از رویدادهای تولید و جایگزینی حجم زیادی از ماگماهای مافیک و در عین حال بی‌ارتباط با فرورانش و گسترش بستر اقیانوس هاست. مطالعه فوج دایک‌ها می‌تواند به عنوان ابزاری مهم در بازسازی قاره‌های قدیمی استفاده شود. فوج دایک‌ها در مقیاسی ناحیه‌ای، می‌تواند با دیگر نفوذی‌های همزمان، فعالیت آتشفشانی و ماگمایی فلسیک مرتبط باشد. از این مطالعات می‌توان در شناسایی ایالت‌های آذرین وسیع استفاده کرد. هر چقدر فوج دایک‌های بیشتری در جهان تعیین سن می‌شوند، تعلق این دایک‌ها به ایالت‌های آذرین بزرگ بیشتر آشکار می‌شود. در برخی موارد، ایالت‌های آذرین وسیع با کربناتیت‌ها و حتی کیمبرلیت‌ها همراه هستند.

افزون بر این، ایالت‌های آذرین بزرگ با کانسارهای فلزی ماگمایی (مانند Ni, Cu, PGE, Cr, Ti-Fe-V) و کانسارهای گرمایی حاصل چرخش سیالات کانسارساز در ارتباط هستند. همچنین ایالت‌های آذرین بزرگ می‌توانند به روش‌های زیر در اکتشاف نفت نقش داشته باشند: ۱- فلات‌های اقیانوسی مربوط به ایالت‌های آذرین بزرگ می‌توانند باعث اکسیژن‌زدایی و تشکیل مقادیر بسیار زیاد شیل‌های سیاه (سنگ منشأ نفت) شوند، ۲- ایالت‌های آذرین وسیع می‌توانند با ایجاد یک شار گرمایی سبب بلوغ گرمایی نفت خام شوند و ۳- سیل‌ها نیز می‌توانند تله‌های نفتی ایجاد کنند. افزون بر این، دایک‌ها و سیل‌ها بر چرخش آب زیرزمینی و شکل هندسی آبخوان‌ها تأثیر می‌گذارند (واستاوا،

۲۰۱۰).

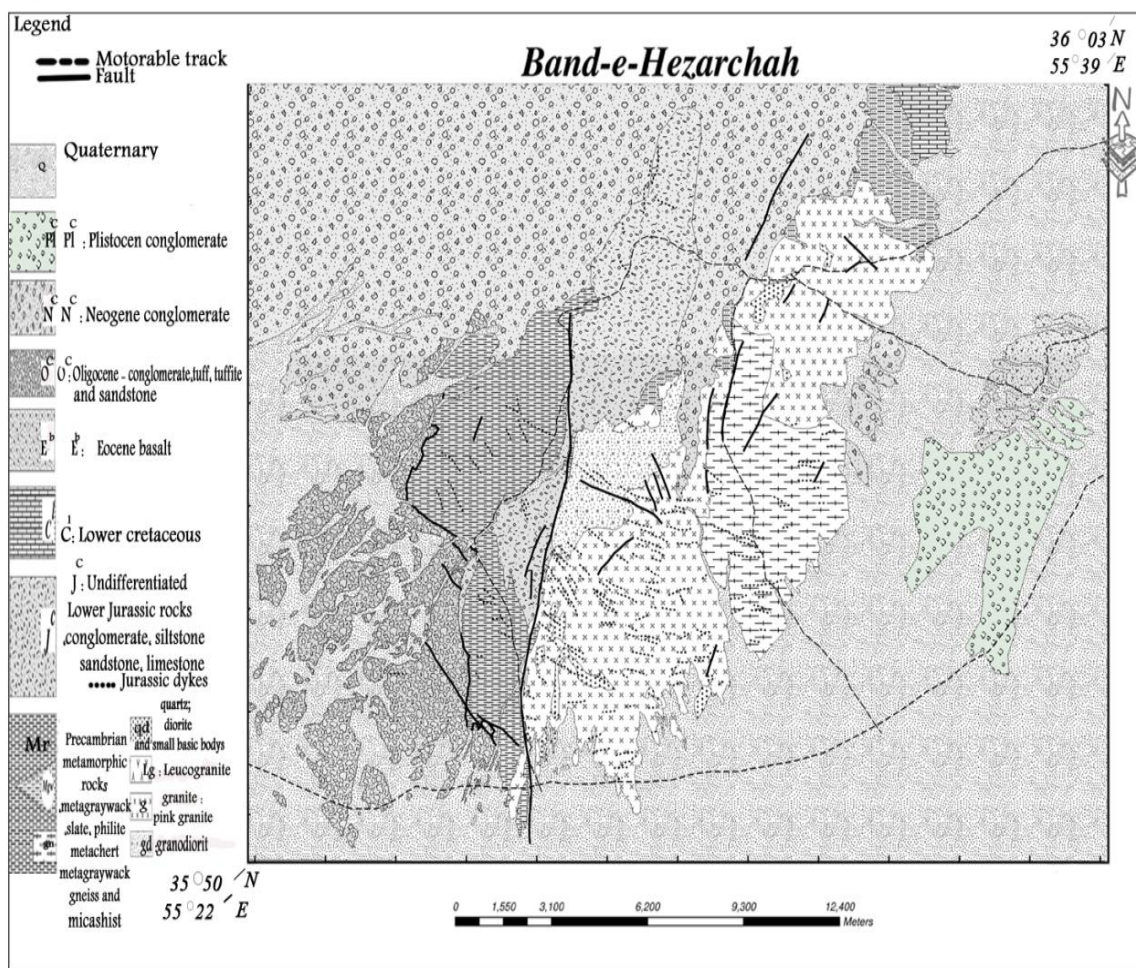
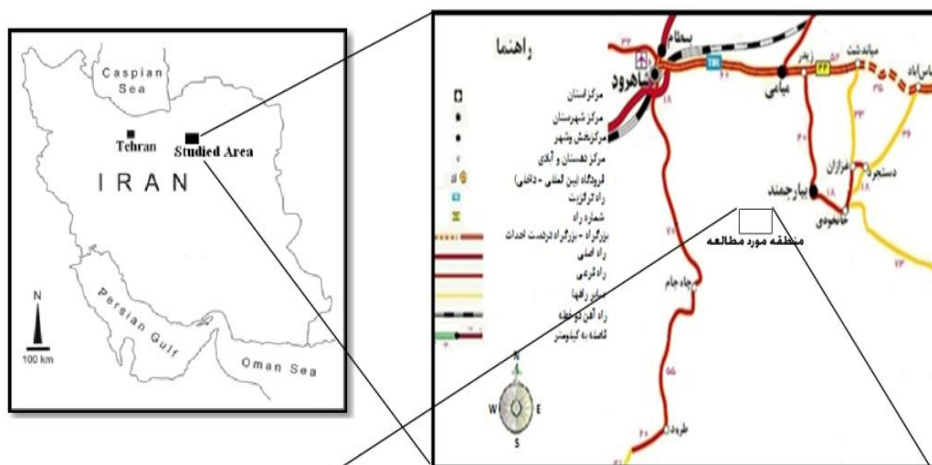
## ۳- روش انجام پژوهش

پس از مطالعات صحرایی و نمونه‌برداری‌های میدانی از دایک‌های بازی به سن ژوراسیک میانی منطقه بند هزارچاه، بیش از ۱۰۰ مقطع نازک میکروسکوپی برای بررسی‌های سنگ‌نگاری تهیه شد. از بین نمونه‌های کمتر دگرسان شده و سالم، ۱۰ نمونه سنگی انتخاب و برای تعیین میزان عناصر اصلی، کمیاب و کمیاب خاکی، در آزمایشگاه زمین‌شیمی ACME کانادا با بسته ترکیبی 4A-4B به روش ICP تجزیه شیمیایی شد. فراوانی اکسیدهای عناصر اصلی سنگ‌ها با روش پلاسما جفتیده القایی طیف‌سنجی گسیلی (ICP-ES) و با دقت ۰/۱ درصد تعیین شده است. فراوانی عناصر جزئی و خاکی کمیاب با روش پلاسما جفتیده القایی طیف‌سنجی جرمی (ICP-MS) با دقت ۰/۱ تا ۰/۰۱ پی‌پی‌ام تعیین شده است. برای اطلاعات بیشتر می‌توان به پایگاه WWW.ACME LABS مراجعه کرد. نتایج حاصل از تجزیه شیمیایی نمونه‌ها با هدف بررسی ویژگی‌های زمین‌شیمیایی توسط نرم‌افزارهای سنگ‌شناختی مختلف پردازش شد (جدول ۱).

در این مقاله صرفاً به بررسی دایک‌های دیابازی ژوراسیک میانی تا بالایی قطع‌کننده توده گرانیتوئیدی بند هزارچاه توجه شده و نتایج حاصل از مطالعات صحرایی، زمین‌شیمیایی و شواهد و مستندات جدید ارائه خواهد شد.

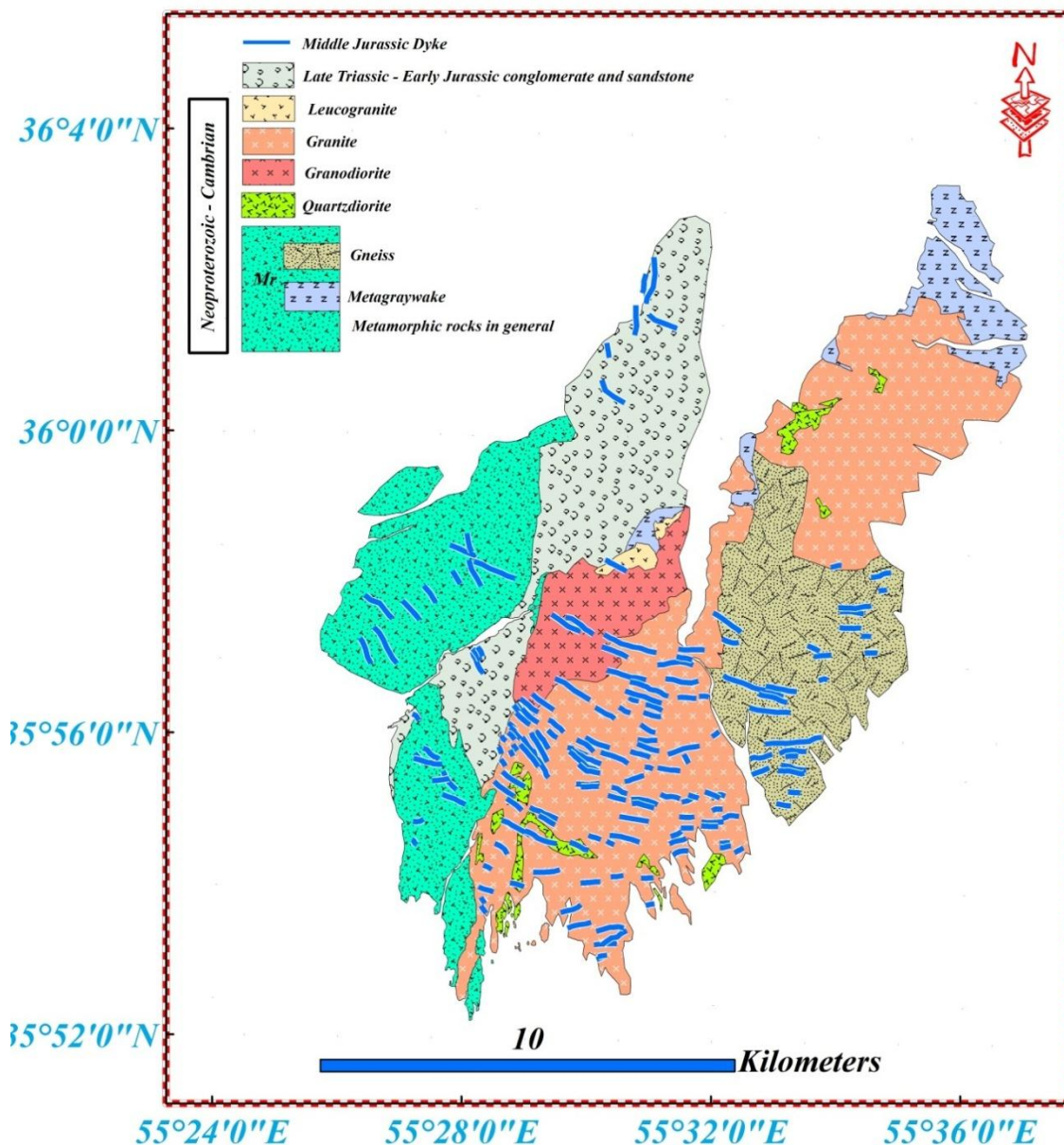
## ۴- زمین‌شناسی و روابط صحرایی

توده گرانیتوئیدی بند هزارچاه، در حاشیه شمالی زون ساختاری ایران مرکزی واقع است (شکل ۱). توده گرانیتوئیدی بند هزارچاه بخش‌هایی از نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ طرود (هوشمندزاده و همکاران، ۱۳۵۷) ۱:۲۵۰۰۰۰ جاجرم (افتخارنژاد و همکاران، ۱۳۷۱)، ۱:۲۵۰۰۰۰ خارتوران (نوایی و همکاران، ۱۳۶۶)، ۱:۱۰۰۰۰۰ رزوه (رحمتی ایلخچی، ۱۳۸۱) را به خود اختصاص می‌دهد. در تمامی این نقشه‌ها به وجود دایک‌های دیابازی اشاره شده است و ترکیبات سنگی و همچنین سن‌های متفاوتی به آنها نسبت داده شده است. با توجه به تصاویر ماهواره‌ای و مطالعات صحرایی انجام‌شده در منطقه بند هزارچاه، این دایک‌ها تمرکز زیادی دارند و تعداد آنها به صدها دایک می‌رسد (شکل‌های ۱ و ۲). روند دایک‌ها عمدتاً شرقی- غربی است. تراکم این دایک‌ها در بخش میانی توده گرانیتوئیدی بیشتر بوده و در بخش شمال شرقی دایک‌های کمتری رخمون دارند. ضخامت دایک‌ها از چند سانتی‌متر تا چند متر متغیر است (شکل ۳).



شکل ۱- الف- نقشه زمین‌شناسی توده گرانیتوئیدی بند هزارچاه.

**Geological map of Band-e-Hezarchah granitoid pluton**



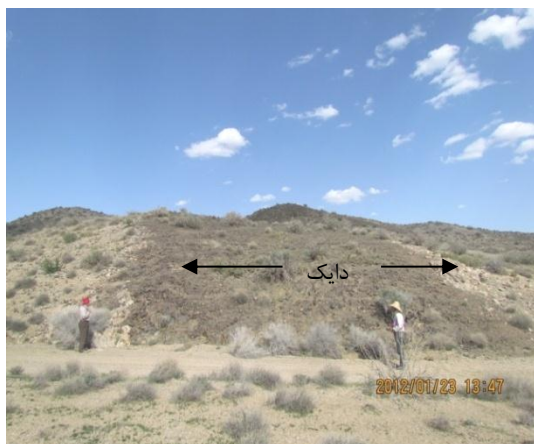
شکل ۱-ب- نقشه زمین‌شناسی توده گرانیتوئیدی بند هزارچاه. به‌منظور نمایش بهتر فوج دایک‌های قطع‌کننده آن به سن ژوراسیک میانی

گلوومروپورفیری نشان می‌دهند (شکل ۵). کلینوپیروکسن، پلاژیوکلاز و کانی‌های مات به ترتیب کانی‌های اصلی تشکیل‌دهنده آنها هستند (شکل‌های ۶ و ۷). پلاژیوکلازها به صورت نیمه خودشکل بوده و عمدتاً به سریسیت، کانی‌های رسی، کلسیت و گاه اپیدوت تبدیل شده‌اند. کلینوپیروکسن‌ها نیمه خودشکل تا خودشکل هستند. کانی‌های مات، بافت اسکلتی نشان می‌دهند. از کانی‌های فرعی می‌توان به آپاتیت اشاره کرد. با توجه به ترکیب کانی‌شناسی و ویژگی‌های بافتی آنها، می‌توان آنها را میکروگابرو یا دایباز نامید.

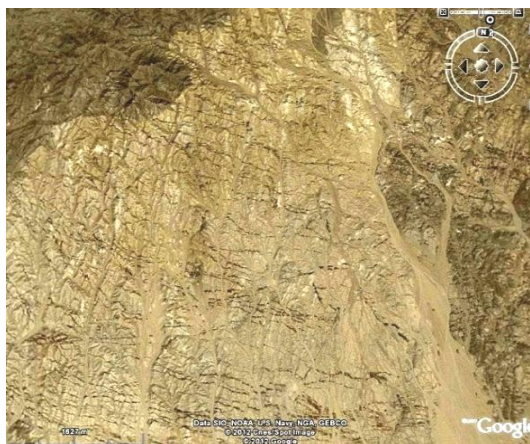
این دایک‌های دایبازی، کنگلومراهای سرشار از قلوه سنگ‌های گرانیتی و گنیسی و ماسه‌سنگ‌های آرکوزی پوشاننده توده گرانیتوئیدی بند هزارچاه به سن اواخر تریاس تا ژوراسیک پیشین که ضخامت آنها گاه تا بیش از ۱۵۰۰ متر است، را قطع کرده‌اند (شکل ۴) لیکن سنگ‌های جوان‌تر از جمله سنگ‌های آهکی کرتاسه زیرین را قطع نکرده‌اند. این دایک‌ها تیره‌رنگ و ریزدانه هستند و در نمونه دستی به ندرت تشخیص کانی‌ها ممکن است. سنگ‌های دایبازی مورد نظر در مقاطع نازک بافت میان‌دانه‌ای، افیتیک، ساب‌افیتیک، پورفیری و

جدول ۱- نتایج تجزیه شیمیایی اکسیدهای عناصر اصلی، عناصر جزئی و خاکی کمیاب نمونه‌های مافیک در مناطق مورد مطالعه

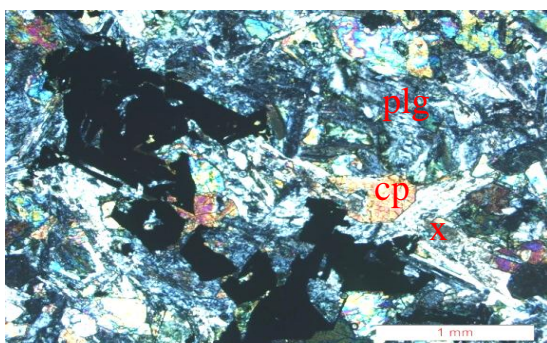
sample No.	25-5	55-2	89-2	88-1	9-12	4-1	9-1	4-5	3-4	6-1
<b>Major Oxides</b>										
SiO <sub>2</sub>	49.32	49.48	49.99	50.38	51.11	48.79	49.12	48.60	49.52	49.52
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.75	15.10	14.52	15.63	14.51	18.06	18.13	18.24	14.79	14.75
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> t	13.14	11.97	13.90	11.07	13.14	10.52	9.81	10.23	13.19	12.84
FeO	7.49	6.82	7.92	6.31	7.49	6.31	5.89	6.14	7.92	7.70
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.65	5.15	5.98	4.76	5.65	4.21	3.92	4.09	5.28	5.13
MgO	5.89	6.00	5.01	6.66	4.27	5.42	6.47	5.51	4.66	5.86
CaO	9.80	12.15	8.03	9.82	7.03	11.78	11.00	12.09	7.93	9.66
Na <sub>2</sub> O	4.10	2.91	4.32	3.92	5.61	3.16	3.21	3.04	4.24	3.82
K <sub>2</sub> O	0.42	0.25	1.34	0.54	0.22	0.34	0.48	0.38	1.47	0.70
TiO <sub>2</sub>	2.07	1.74	2.37	1.61	2.97	1.61	1.33	1.55	2.71	2.33
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.22	0.19	0.30	0.19	0.84	0.17	0.21	0.16	1.21	0.33
MnO	0.23	0.20	0.23	0.17	0.25	0.17	0.17	0.17	0.27	0.21
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.02	0.02	0.01	0.03	0.01	0.03	0.03	0.03	0.01	0.02
LOI	2.5	3.9	2.9	2.5	1.6	0.8	1.6	1.2	2.1	1.6
Sum	99.96	100.01	100.02	100.02	99.95	100.04	99.96	100.00	100.00	100.04
<b>Trace elements</b>										
Ni	52	46	0.8	61	44.5	29.4	49.1	31.8	10.3	42.9
Co	11.7	38.3	0.4	4.7	37.9	32.1	34.7	29.3	25.9	37.5
V	14	279	11	36	245	217	199	207	211	266
Sc	40	41	35	34	31	35	30	35	30	35
Rb	9.5	2.9	180.9	84.5	15.2	11	18.2	14.6	50.1	14.9
Sr	18.3	256.2	22.2	282.5	289.1	271.6	318.9	275.4	409.3	257.3
Ba	31	54	122	1066	67	35	77	34	301	103
Cs	0.2	0.9	1.9	2.4	0.6	1.5	0.8	1.3	0.8	1.1
Zr	105.2	110.4	54.5	232	133.3	101.4	89.4	97.5	166.5	228.9
Y	72.9	29.6	33.9	28.8	30.8	26.9	22.8	26.3	41.1	42.5
Nb	16	4.1	10.3	9	5.4	3.4	6.4	2.7	15.4	9.9
Ta	1.7	0.2	1	0.6	0.4	0.2	0.4	0.2	1	0.5
Hf	5.9	3.5	3.1	5.8	3.1	2.2	1.8	3.2	4.3	6.5
Th	26.3	0.5	13.9	8.3	1.5	0.6	0.6	0.6	3	2.8
U	2.5	0.3	2.1	1.1	0.3	0.3	0.1	0.1	1.2	0.7
Pb	1.6	1.3	4.5	2.7	1.6	3.7	2.5	1.5	10.8	3.4
<b>REE</b>										
La	1.7	7.2	9.5	45.8	9.2	6.1	8.7	5.6	27.2	15.9
Ce	3.3	18.5	23.3	96.9	22.8	16.2	19.1	15.9	59.1	38
Pr	0.45	2.74	3.28	10.27	3.21	2.42	2.77	2.27	7.93	5.13
Nd	1.1	13.5	14.3	38.1	15.5	12	13.6	11	32.9	23.9
Sm	1.27	3.94	5	7.82	4	3.29	3.18	3.35	7.71	5.93
Eu	0.13	1.43	0.22	1.42	1.44	1.25	1.22	1.24	2.63	1.97
Gd	3.77	4.95	5.76	6.54	4.81	4.14	3.55	4.08	7.8	6.82
Tb	1.05	0.99	1.13	1.13	0.99	0.82	0.74	0.78	1.44	1.37
Dy	7.47	5.51	6.17	5.43	5.18	4.63	3.98	4.92	8.12	8.49
Ho	2.25	1.28	1.45	1.23	1.34	1.15	0.88	1.1	1.6	1.71
Er	7.37	3.54	4.16	3.39	3.67	2.75	2.5	2.98	4.2	4.96
Tm	1.21	0.56	0.64	0.48	0.6	0.44	0.41	0.43	0.61	0.82
Yb	7.7	2.91	3.88	2.93	3.35	2.82	2.29	2.41	3.87	4.65
Lu	1.35	0.52	0.58	0.46	0.53	0.46	0.37	0.42	0.53	0.8



شکل ۳- تصویری از یک دایک دیابازی قطع کننده توده گرانیتوئیدی بند هزارچاه در حوالی چاه کامبو



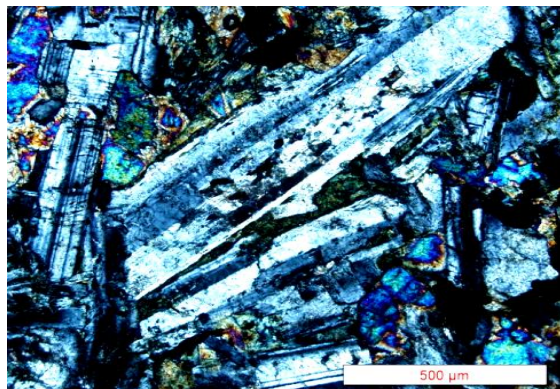
شکل ۲- تصویر ماهواره‌ای فوج دایک‌های بازی (به صورت خطوط موازی تیره) قطع کننده توده گرانیتوئیدی بند هزارچاه



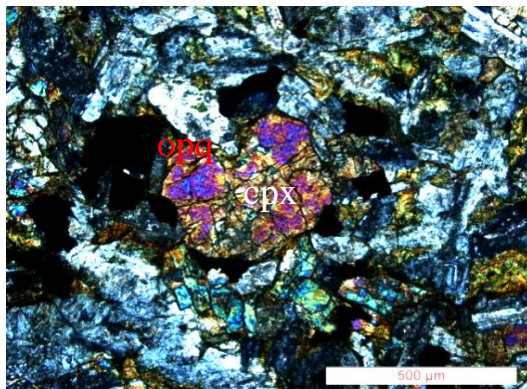
شکل ۵- تصویری از حضور بلورهای پلاژیوکلاز و اوژیت در دایک‌های دیابازی با بافت دانه‌ای



شکل ۴- دایک بازی قطع کننده کنگلومرای سرشار از قطعات گرانیتی به سن ژوراسیک پیشین



شکل ۷- تصویر بلورهای پلاژیوکلاز در یک دایک بازی



شکل ۶- تصویر کلینوپروکسن از نوع اوژیت و کانی‌های مات (تیتانومگنتیت) در یک دایک بازی

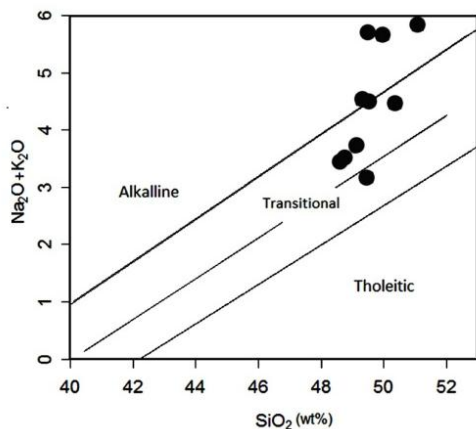
## ۵- زمین‌شناسی

عناصر سنگ دوست (لیتوفیل) درشت یون است (شکل‌های ۱۰ و ۱۱). با توجه به نمودارهای زمین‌شیمیایی تمرکز میانگین عناصر Yb, Sm و Ce در برابر عمق جدایش (لام و کاکس، ۱۹۹۱)، FeO کل در برابر SiO<sub>2</sub> (بیکر و استولپر، ۱۹۹۴؛ کوشیرو، ۱۹۹۶) Ce/Pb برابر MgO (فورمن، ۲۰۰۷)، نسبت Sm/Yb در برابر La/Sm (آلدانماز و همکاران، ۲۰۰۰، ژائو و ژو، ۲۰۰۷) و نمودار نسبت Ce/Sm در برابر Sm/Yb و Y در برابر Zr (سان و مک‌دونوف، ۱۹۸۹) (شکل‌های ۱۲ تا ۱۵) می‌توان گفت که به احتمال زیاد ماگمای تشکیل دهنده این دایک‌ها از یک منبع ماگمایی گوشته‌ای فاقد گارنت

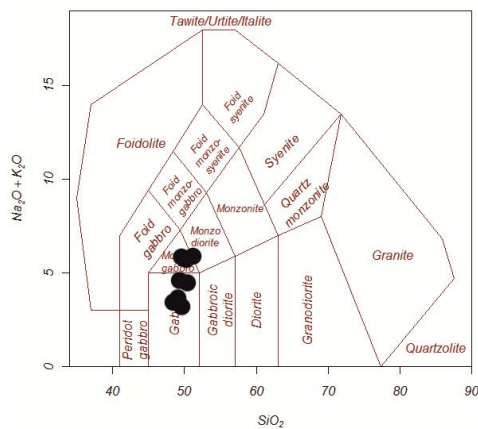
با توجه به ویژگی‌های زمین‌شیمیایی عناصر اصلی و بر اساس نمودار رده بندی میدل‌موست، دایک‌های دیابازی مورد مطالعه، در محدوده ترکیبی گابرو قرار گرفته‌اند (شکل ۸). این سنگ‌های مافیک دارای ماهیت انتقالی تا قلیایی هستند (شکل ۹). نمودار تغییرات عناصر خاکی کمیاب و نمودار عنکبوتی بهنجار شده به ترتیب نسبت به کندریت (ناکامورا، ۱۹۷۴) و گوشته اولیه (سان و مک‌دونوف، ۱۹۸۹) نشان دهنده غنی‌شدگی این دایک‌ها از عناصر خاکی کمیاب سبک و

بازی رخنمون یافته در حاشیه جنوبی البرز دارای ماهیت مشابهی هستند، اما براساس ویژگی‌های زمین‌شیمیایی از یک منبع گارنت لوزولیتی و از اعماق بیشتر منشا گرفته‌اند (جمشیدی، ۱۳۸۹).

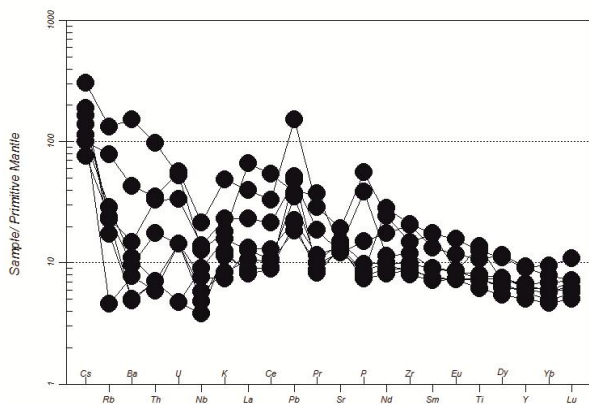
با ماهیت اسپینل لوزولیتی واقع در اعماق ۸۰ تا ۱۱۰ کیلومتری عمق زمین منشأ گرفته و در طی بالآمدن، ماگما دچار آلیش پوسته‌ای شده‌است. لازم به ذکر است که فوج دایکی مشابه و توده‌های کوچک



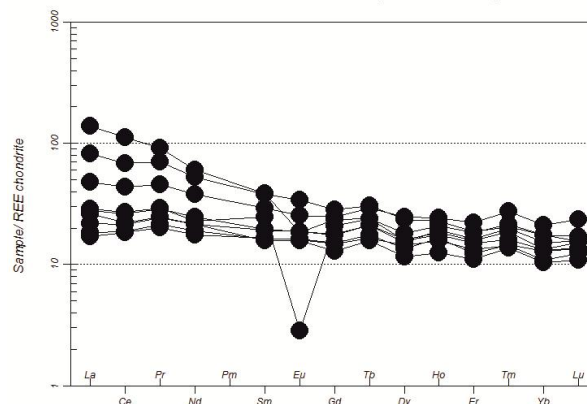
شکل ۹- موقعیت نمونه‌های مورد مطالعه بر روی نمودار  $Na_2O+K_2O$  در برابر درصد وزنی  $SiO_2$  (پسریلو و تیلور، ۱۹۷۹) در تعیین ماهیت کلی ماگمای سازنده دایک‌های بازی



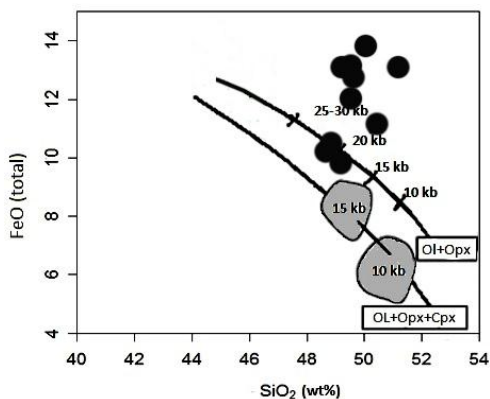
شکل ۸- موقعیت نمونه‌های مورد مطالعه بر روی نمودار  $Na_2O+K_2O$  در برابر  $SiO_2$  (میدل‌موست و همکاران، ۱۹۸۵)



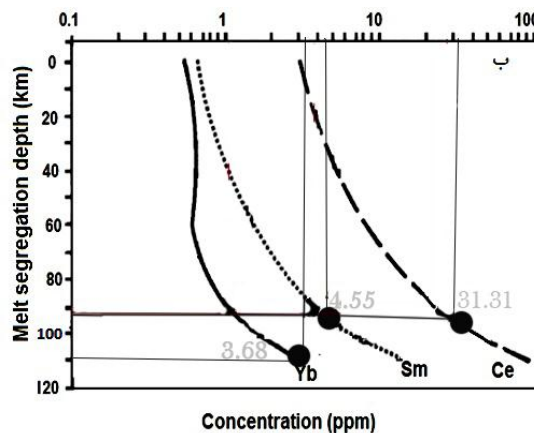
شکل ۱۱- نمودار عنکبوتی بهنجارشده نسبت به گوشته اولیه (سان و مک‌دونوف، ۱۹۸۹) برای نمونه‌های دیابازی مورد مطالعه



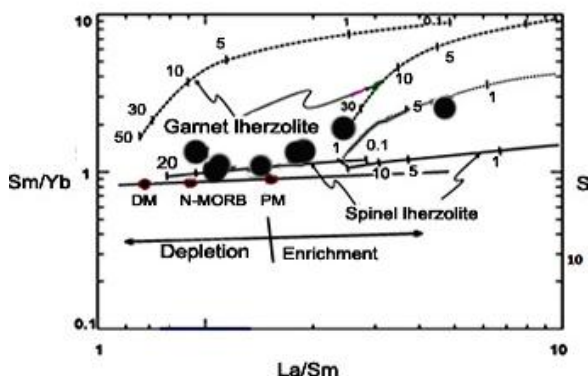
شکل ۱۰- نمودار بهنجارشده نسبت به REE کندریت (ناکامورا، ۱۹۷۴) برای نمونه‌های دیابازی مورد مطالعه



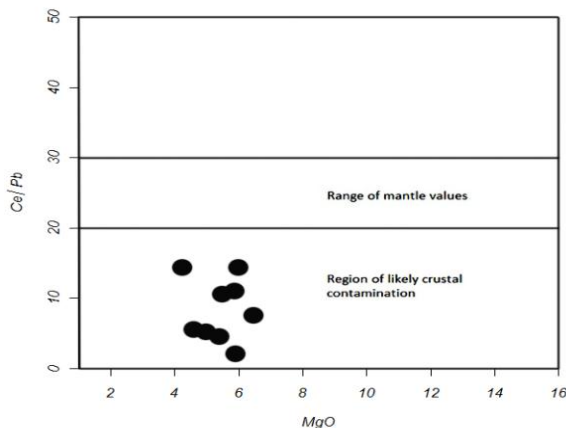
شکل ۱۳- نمودار  $FeO$  کل در برابر  $SiO_2$  برای نمونه‌های مورد مطالعه (بیکر و استولپر، ۱۹۹۴؛ کوشیرو، ۱۹۹۶)



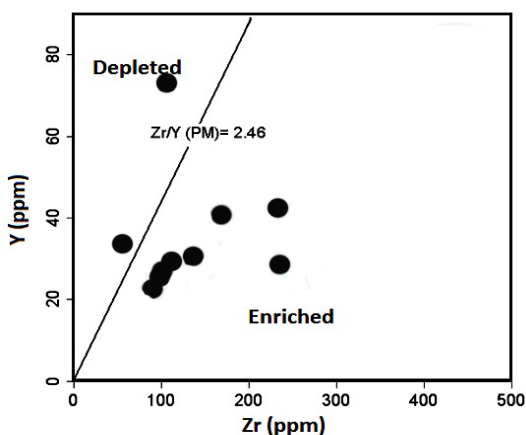
شکل ۱۲- نمودار تمرکز میانگین عناصر  $Yb$ ،  $Sm$  و  $Ce$  در برابر عمق جدایش برای نمونه‌های مورد مطالعه (الام کاکس، ۱۹۹۱)



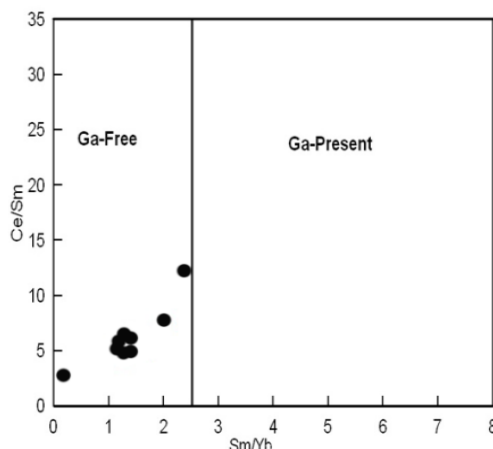
شکل ۱۵- نمودار نسبت Sm/Yb در برابر La/Sm (الدانماز و همکاران، ۲۰۰۰، ژائو و ژو، ۲۰۰۷)



شکل ۱۴- نمودار در برابر MgO برای تعیین آرایش پوسته‌های ماگمای نمونه‌های مورد مطالعه (فورمن، ۲۰۰۷)



شکل ۱۴- نمودار نسبت Y در برابر Zr (سان و مک دونوف، ۱۹۸۹) برای نمونه‌های دیابازی مورد مطالعه



شکل ۱۳- نمودار نسبت Ce/Sm در برابر Sm/Yb (سان و مک دونوف، ۱۹۸۹) برای نمونه‌های دایکی مورد مطالعه

شکستگی‌ها و گسل، به درون پوسته صعود کنند و فوج دایک‌های بازی (دیابازی) را ایجاد کنند.

### نتیجه‌گیری

دایک‌های دیابازی منطقه بند هزارچاه ترکیب کلی گابرویی دارند. براساس جایگاه چینه‌شناسی، روابط صحرایی و تفسیر ویژگی‌های زمین‌شیمیایی، در مجموع ماگمای سازنده دایک‌های مورد نظر در ژوراسیک میانی در ارتباط با فعالیت ماگمایی مرتبط با یک محیط زمین‌ساختی کمان‌قاره‌ای تا پشت‌کمانی تشکیل شده است. ویژگی‌های زمین‌شیمیایی این دایک‌ها از جمله تغییرات Nb/Th در برابر Y و Ta+Yb در برابر Rb و غنی‌شدگی آنها از Nb این موضوع را تأیید می‌کند. در ژوراسیک میانی، فرورانش پوسته اقیانوسی نوتتیس به زیر خردقاره ایران مرکزی به ایجاد کشش‌هایی در پوسته قاره‌ای کمانی منجر شده و افزایش شار گرمایی گوشته و نفوذ سیال‌های منشأ گرفته از صفحه اقیانوسی فرورونده به ذوب‌بخشی سنگ‌کره زیرقاره‌ای و ایجاد ماگماهای مافیک منجر شده است. ماگمای سازنده این سنگ‌ها از ذوب بخشی ۸ تا ۲۰ درصدی یک منبع اسپینل لروزولیتی تا گارنت لروزولیتی منشأ گرفته است. بی‌هنجاری مثبت

با توجه به کلیه ویژگی‌های زمین‌شیمیایی سنگ‌های مورد مطالعه و همچنین نمودار تغییرات نسبت Zr در برابر Zr/Y (سان و مک دونوف، ۱۹۸۹)، این سنگ‌ها دارای ماهیت درون صفحه‌ای هستند. در واقع، جایگاه زمین‌ساختی تشکیل این سنگ‌ها، با محیط‌های کمان‌قاره‌ای و پشت‌کمانی مطابقت دارد که تحت تأثیر کشش‌های محلی قرار گرفته و در ارتباط با گسل‌های امتدادلغز بزرگ مقیاس و ایجاد حوضه‌هایی از نوع کشیدگی (Pull apart) در یک محیط درون صفحه‌ای از نوع قاره‌ای تشکیل شده‌اند. با توجه به نمودار درصد وزنی TiO<sub>2</sub> در برابر Fe<sub>2</sub>O<sub>3t</sub> (فالون و همکاران، ۱۹۸۸)، در مجموع، این سنگ‌ها از مذاب‌های تقریباً غنی شده حاصل از ۸ تا ۲۰ درصد ذوب بخشی پریدوتیت‌ها (اسپینل لروزولیت تا گارنت لروزولیتی)؟ و در اعماق مختلف ۸۰ تا ۱۱۰ کیلومتری منشأ گرفته‌اند (شکل ۱۲). غنی‌شدگی این سنگ‌ها از عناصر Pb و K، ناشی از آرایش پوسته‌های ماگما و یا فرایندهای متاسوماتیکی تحمیل شده بر آن است. در ژوراسیک میانی، پوسته اقیانوسی نوتتیس به زیر خردقاره ایران مرکزی فرورانش کرده و پوسته قاره‌ای مقابل آن، تحت تأثیر یک رژیم زمین‌ساختی تراکمی قرار گرفته است. با این وجود، به دلیل عملکرد گسل‌های امتدادلغز و ایجاد فضاهای کششی بزرگ مقیاس، ماگماهای مافیک والد این دایک‌های دیابازی، توانسته‌اند در امتداد



**Furman, T. 2007**, "Geochemistry of East African Rift basalts: An overview", *Journal of African Earth Sciences* 48, P. 147-160.

**Hassanzadeh, J., Stockli, D., Horton, B., Axen, G., Stockli, L., Grove, M., Shmitt, A., Walker, D., 2008**, "U-Pb zircon geochronology of late Neoproterozoic–Early Cambrian granitoids in Iran: Implications for paleogeography, magmatism, and exhumation history of Iranian basement", *Tectonophysics* 451, P. 71-96.

**Kushiro, I., 1996**, "Partial melting of a fertile mantle peridotite at high pressures: an experimental study using aggregates of diamond, In: Basu, A., Hart, S. (Eds.): *Earth Processes, Reading the Isotopic Code*", *American Geophysical Union*, P.109-122.

**Larsen, L.M., Heaman, L.M., Creaser, R.A., Duncan, R.A., Frei, R., Hutchison, M., 2009**, "Tectonomagmatic Events during Stretching and Basin Formation in the Labrador Sea and the Davis Strait: Evidence from Age and Composition of Mesozoic to Palaeogene Dyke Swarms in West Greenland", *Journal of the Geological Society*, Vol. P.166.

**Middlemost E.A.K. 1985**, "Magma and magmatic rocks", *Longman Group, London*.

**Nakamura N. 1974**, "Determination of REE, Ba, Fe, Mg, Na and K in carbonaceous and ordinary chondrites", *Geochim. Cosmochim. Acta*, 38, P.757-775.

**Peccerillo, R. and Taylor, S.R., 1976**, "Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, northern Turkey" *Contrib. Mineralogy and Petrology* 58: P.63-81.

**Rahmati-Ilkhchi, M., Faryad, S.W., Holub, F., Košler, J., Frank, W., 2009**, "Magmatic and metamorphic evolution of the Shotur Kuh metamorphic complex (Central Iran)", *International Journal of Earth Sciences*.

**Rahmati-Ilkhchi, M., Jerabek, P., Faryad, S.W., Koyi, H.A., 2010**, "Mid-Cimmerian, Early Alpine and Late Cenozoic orogenic events in the Shotur Kuh Metamorphic complex, Great Kavir Block, NE Iran", *Tectonophysics* 494, P.101-117.

**Schandl, E. S.; Gorton, M. P. 2002**, "Application of high field strength elements to discriminate tectonic setting in VMS environments", *Economic Geology*, Vol. 97, P. 629-642.

**ShafahiMoghadam, H., Khademi, M., Hu, Z., Stern, R.J., Santos, J.F., Wu, Y., 2013**, "Cadomian (Ediacaran–Cambrian) arc magmatism in the ChahJam–Biarjmandmetamorphic complex (Iran): Magmatism along the northern active margin of Gondwana", *Gondwana Research* 01177, P.14.

**Srivastava, K.R. 2010**, "Dyke Swarms: Keys for Geodynamic Interpretation", P. 637.

**Sun, S.-S., McDonough, W.F. 1989**, "Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes", In: *Saunders, A.D., Norry, M.J. (Eds.), Magmatism in the Ocean Basins, Geol. Soc. London Spec. Publ.* 42, P. 313-345.

سرب و بالا بودن مقادیر LILE مانند Ba، Ce و K، نشان‌دهنده آلیایش پوسته‌ای ماگمای بازی سازنده این دایک‌ها در طی صعود و جایگزینی آنهاست. در پایان باید یادآوری کرد که پیامدهای ماگمایی فاز کوهزایی سیمرین میانی تاکنون کمتر مورد توجه قرار گرفته و به بررسی‌های بیشتر و دقیق‌تری نیاز دارد.

## تقدیر و تشکر

این پژوهش، بخشی از نتایج به‌دست آمده از انجام طرح پژوهشی به شماره ۹۱۰۰۰۵۴۸ صندوق حمایت از پژوهشگران معاونت علمی و فناوری ریاست محترم جمهوری است. بنابراین بر خود لازم می‌دانیم که از حمایت‌های مادی و معنوی مسئولان محترم آن صندوق و همچنین از پشتیبانی ارزنده حوزه معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه شاهرود سپاسگزار می‌نمایم.

## مراجع

افتخارنژاد، ج.، آقانیاتی، ا.، خان‌ناظر، ن.ه.، ۱۳۷۱، "نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ جاجرم" انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور.

جمشیدی، خ.، ۱۳۸۹، "مطالعه ماگماتیسم مافیک قاعده سازند شمشک در زون البرز شرقی" پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شاهرود، ۱۵۲ صفحه.

رحمتی ایلخچی، م.، ۱۳۸۱، "نگرشی دوباره بر مجموعه سنگ‌های دگرگونه شمال خاوری تروند" بیست و یکمین گردهمایی علوم زمین، تهران، صفحه، ۴۵۰-۴۵۲.

قاسمی، ا. حاجی حسینی، م.، ۱۳۸۴، "نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰۰ دره دابی" انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور.

نوابی، ا.، صالحی راد، م.، مجیدی، ب.، ۱۳۶۶، "نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ خارتوران" انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور.

هوشمندزاده، ع.و.، ۱۳۵۷، "نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ طرود" انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور.

**Baker, M.B. and Stolper, E.M., 1994**, "Determining the composition of high pressure mantle melts using diamond aggregates", *Geochemical et Cosmochimica Acta* 58, P.2811-2827.

**Coban, H. 2007**, "Basalt magma genesis and fractionation in collision-and extension-related provinces: A comparison between eastern, central and western Anatolia", *Earth-Science Reviews* 80, P.219-238.

**Ellam, R.M., 1992**, "Lithospheric thickness as a control on basalt geochemistry", *Geology* 20, P.153- 156.

**Falloon, T.J., Green, D.H., Hatton, C.J., Harris, K.L., 1988**, "Anhydrous partial melting of a fertile and depleted peridotite from 2 to 30kb and application to basalt petrogenesis", *Journal of Petrology* 29, P.1257-1282.