



دانشکده علوم زمین

زمین شناسی - پترولوژی

پتروژنز و ژئوشیمی توده گرانیتوئیدی زون فریمان تربت - جام

حسین گلی خطیر

استاد راهنما

دکتر حسین مهدیزاده

استاد مشاور

دکتر فرج اله فردوست

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد در رشته زمین شناسی

(گرایش پترولوژی)

بهمن ۱۳۸۹

رَسُولُ اللَّهِ ﷺ :

كُلُّ أَمْرٍ ذِي بَالٍ لَا يُبْدَأُ فِيهِ
بِ« بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ » أَقْطَعُ

هر کار مهمی که با « بسم الله الرحمن الرحيم »
آغاز نشود بی فرجام است .

تقدیم به

سلطان محبت، مادرم



تقدیم به

سلطان رنج، روح پدرم

تقدیم به

استاد بزرگوارم و کسانی که دوستشان

می دارم

تشکر و قدر دانی

اکنون که با یاری ایزد متعال، فصلی دیگر از زندگی و مقطعی دیگر از تحصیل را به پایان رسانده‌ام شایسته می‌دانم، زحمات و راهنمایی‌های کلیه کسانی را که در طی دوران تحصیلم به من یاری رسانده‌اند ارج نهاده و مراتب تشکر قلبی خویش را از نقش اساسی و ماندگار آن‌ها ابراز دارم. ادعان می‌دارم که اتمام این پایان نامه بدون یاری عزیزانی که ذکر نام همگی آن‌ها امکان پذیر نیست، محقق نمی‌گردید. واژه‌ها قاصر از درک زحمات و تلاش‌های این بزرگواران است، بنابراین خود لازم می‌دانم و شایسته است، مراتب تشکر و قدردانی خود را ابراز نمایم.

در ابتدا از مادر عزیزم، برادران خوبم به خاطر فراهم نمودن مسیر پیشرفت‌هایم در عرصه‌های مختلف بی‌نهایت سپاس‌گزاری می‌نمایم.

از آقای دکتر حسین مهدیزاده که بی‌دریغ عمر و وقت خود را در خدمت به دانشجویان دانشکده علوم زمین قرار داده‌اند، و همچنین به عنوان استاد راهنما اینجانب را در بررسی‌های صحرائی و نمونه‌برداری یاری رسانیدند، کمال تشکر و امتنان را دارم.

از استاد مشاور بزرگوارم جناب آقای دکتر فرج‌ا... فردوست که با راهنمایی‌های خود در به ثمر رسیدن این پایان نامه مرا یاری نمودند متشکر و سپاس‌گذارم.

مراتب تشکر و سپاس خود را از آقایان دکتر محمود صادقیان، دکتر حبیب‌ا... قاسمی، دکتر شفاهی و خانم دکتر شبیبی و نیز کارشناسان آزمایشگاه، آقایان مهندس میرباقری و مهندس علیرضا خانعلی‌زاده جهت همکاری در پیشبرد رساله ابراز می‌دارم.

از اساتید و کارمندان محترم دانشکده علوم زمین دانشگاه صنعتی شاهرود، آقایان دکتر کرمی، دکتر امیدی، دکتر رضانی اومالی و خانم‌ها سعیدی و فارسی کمال تشکر و امتنان را دارم.

کمک‌های دوستان عزیزم آقایان محمد برهمند، احمد بسکابادی، مهدی خداپرست، علی صادقی، حامد فیضی، کاظم کاظمی، مجتبی گراوند و خانم‌ها تیموری، دلاور غفاری و که هر یک به نوعی در بخش‌های مختلف این رساله سهیم بوده‌اند، قابل تقدیر است.

حمایت‌ها و پشتیبانی خانواده عزیز و بزرگوارم در تمامی مراحل زندگی شامل حال من بوده و ضمن تشکر، سلامتی آن‌ها را از درگاه خداوند متعال خواستارم.

دانشجو تأیید می نماید که مطالب مندرج در این پایان نامه نتیجه تحقیقات خودش می باشد و در صورت استفاده از نتایج دیگران مرجع آن را ذکر نموده است. کلیه حقوق مادی مرتبت از نتایج مطالعات، آزمایشات و نوآوری ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد.

حسین گلی خطیر

زمستان ۱۳۸۹

چکیده

توده گرانیتوئیدی نوار فریمان - تربت جام در استان خراسان رضوی و در ۳۵ کیلومتری جنوب شرق شهرستان فریمان واقع شده است. این توده در شیل‌های ژوراسیک نفوذ نموده است. با توجه به مطالعات صحرایی، پتروگرافی و ژئوشیمیایی این توده دارای طیف ترکیبی شامل گرانیت، آلکالی گرانیت، گرانودیوریت و دایک‌های میکروگابرویی می‌باشد. کانی‌های موجود در این توده نشانه‌هایی از دگر ریختی را نشان می‌دهند. از جمله این علائم می‌توان به خاموشی موجی شدید، خرد شدگی و تبلور مجدد کوارتزها، ماکل‌های ثانویه، خمش ماکل و ساخت‌های ساب ماگمایی در پلاژیوکلازها، تبدیل ارتوز به میکروکیلین در اثر فشار و ایجاد عدسی‌های ارتوز در درجات بالای دگر ریختی، خمیدگی رخ‌ها و تبدیل به تجمعات ریزتری از کلریت در دگر ریختی‌های شدید، در بیوتیت‌ها می‌باشد، اشاره نمود. این نشانه‌ها در نتیجه‌ی پدیده‌ی میلونیتی شدن در این گرانیتوئیدها می‌باشند. روندهای تغییرات اکسیدهای عناصر اصلی و کمیاب نمونه‌های مورد مطالعه خطی و مشابه هم است. الگوی نمودارهای REE بهنجار شده کندریتی با غنی شدگی از عناصر کمیاب خاکی سبک و تهی شدگی از عناصر کمیاب خاکی سنگین مشخص می‌شوند. مقادیر بالای Th, K, Rb و مقادیر پائین Nb, Ti, P, Sr بیانگر آلودگی ماگما به وسیله پوسته یا ماگماتیسم به همراه فرورانش می‌باشد. مطالعات ژئوشیمیایی نشان می‌دهند که ماگمای والد توده مورد مطالعه پرآلومین ضعیف تا متآلومین بوده و دارای ماهیت پتاسیم متوسط تا بالا می‌باشند. تبلور تفریقی و آرایش عامل اصلی در تحول ماگمای سازنده توده مورد مطالعه می‌باشد. نمودارهای تمایز تکتونیک‌ی نشان می‌دهد که این توده به محیط‌های قوس قاره‌ای و قوس حواشی فعال قاره‌ای تعلق دارد و احتمالاً در طی رخداد کوهزایی سیمیرین میانی و زون فرورانش صفحه اقیانوسی نئوتتیس به زیر صفحه قاره‌ای ایران مرکزی منجر به تشکیل ماگمای آندزیتی کالکوآلکان شده است، سپس این ماگماها در پوسته زیرین جایگزین شده و در نتیجه ذوب بخش آن، ماگماهای گرانیتی با ماهیت پرآلومین ضعیف و متآلومین را ایجاد نموده است، در ادامه با ادامه یافتن تبلور تفریقی این مذاب‌ها این سنگ‌های گرانیتی می‌توانسته ایجاد شود.

مقالات مستخرج از این پایان نامه

- شواهد دگرریختی در توده گرانیتوئیدی نوار فریمان - تربت جام. هجدهمین همایش بلور شناسی و کانی شناسی ایران، دانشگاه تبریز، تابستان ۱۳۸۹.
- بررسی پتروگرافی و شواهد متاسوماتیسم در توده گرانیتوئیدی نوار فریمان- تربت جام. چهاردهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران و بیست و هشتمین گردهمایی علوم زمین، دانشگاه ارومیه، تابستان ۱۳۸۹.
- طبیعت و منشأ توده گرانیتوئیدی گرانیتوئیدی نوار فریمان- تربت جام. چهارمین همایش ملی زمین شناسی دانشگاه پیام نور، دانشگاه پیام نور مشهد، پاییز ۱۳۸۹.

فهرست مطالب

عنوان

صفحه

فصل اول (کلیات)

۱-۱- مقدمه.....	۲
۱-۲- موقعیت جغرافیایی و راههای ارتباطی منطقه مورد مطالعه.....	۲
۱-۳- آب و هوا، پوشش گیاهی و مشاغل.....	۳
۱-۴- ژئومورفولوژی.....	۴
۱-۵- تاریخچه مطالعات قبلی.....	۵
۱-۶- هدف کلی از مطالعه	۶
۱-۷- روش های مطالعاتی.....	۶

فصل دوم (زمین شناسی عمومی منطقه)

۱-۲- مقدمه.....	۹
۲-۲- خلاصه ای از پیکره های سنگی منطقه ی مورد مطالعه.....	۱۳
۲-۲-۱- پروتروزوئیک.....	۱۳
۲-۲-۲- پالئوزوئیک	۱۴
۲-۲-۳- مزوزوئیک.....	۱۵
۲-۲-۴- سنوزوئیک	۱۶
۲-۳- توصیف صحرایی سنگ های آذرین منطقه ی مورد مطالعه.....	۱۷
۲-۳-۱- اختصاصات سنگ شناسی میکروگابروها.....	۱۷
۲-۳-۲- اختصاصات سنگ شناسی گرانودیوریت ها.....	۱۸
۲-۳-۳- اختصاصات سنگ شناسی گرانیت ها	۱۹
۲-۳-۴- اختصاصات سنگ شناسی آلکالی گرانیت ها.....	۱۹
۲-۳-۵- اختصاصات سنگ شناسی گرانیت های دگرشکل شده.....	۲۰
۲-۳-۶- اختصاصات سنگ شناسی توده های آندزیتی.....	۲۱
۲-۴- انکلاوها	۲۱

- ۲۲.....۵-۲- پتانسیل‌های معدنی منطقه مورد مطالعه.....
- ۲۳.....۶-۲- تکتونیک و زمین‌شناسی ساختمانی منطقه مورد مطالعه.....

فصل سوم (پتروگرافی)

- ۲۷.....۱-۳- مقدمه.....
- ۲۷.....۲-۳- میکروگابرو.....
- ۳۱.....۳-۳- گرانودیوریت‌ها.....
- ۳۵.....۴-۳- گرانیت‌ها.....
- ۳۸.....۵-۳- آلکالی فلدسپات گرانیت‌ها.....
- ۴۳.....۶-۳- توده‌های آندزیتی.....
- ۴۵.....۷-۳- شواهد دگرریختی در توده گرانیتوئیدی نوار فریمان- تربت جام.....
- ۴۹.....۸-۳- تجزیه و تحلیل بافت‌های مشاهده شده در مقاطع نازک.....
- ۵۲.....۹-۳- انکلاوها.....
- ۵۴.....۱۰-۳- ترتیب تبلور سنگ‌های توده گرانیتوئیدی زون فریمان - تربت جام.....
- ۵۶.....۱۱-۳- خلاصه فصل.....

فصل چهارم (ژئوشیمی)

- ۵۹.....۱-۴- مقدمه.....
- ۵۰.....۲-۴- منابع بروز خطا در طی آماده سازی و تجزیه شیمیایی نمونه‌ها.....
- ۶۲.....۳-۴- تصحیح داده‌های تجزیه ژئوشیمیایی.....
- ۶۲.....۱-۳-۴- تصحیح مربوط به حذف مواد فرآر (L.O.I).....
- ۶۲.....۲-۳-۴- تصحیح نسبت Fe_2O_3/FeO
- ۶۶.....۴-۴- کاربرد داده‌های ژئوشیمیایی.....
- ۶۶.....۱-۴-۴- عناصر اصلی.....
- ۶۷.....۲-۴-۴- عناصر فرعی.....
- ۶۷.....۳-۴-۴- عناصر کمیاب.....
- ۶۷.....۵-۴- رده بندی سنگ‌های مورد مطالعه.....
- ۶۷.....۱-۵-۴- رده بندی نورماتیو.....
- ۶۸.....الف- رده بندی نورماتیو QAP (اشترکایزن و لو متره، ۱۹۷۹).....

- ب- رده بندی (اوکانر، ۱۹۶۵)..... ۶۸
- ۴-۵-۲- رده بندی شیمیایی ۶۹
- الف- نمودار SiO_2 در برار مجموع آلكالی (كاكس، ۱۹۷۹؛ ویلسون، ۱۹۸۹) ۶۹
- ب- رده بندی (دولاروش و همكاران، ۱۹۸۰)..... ۷۰
- پ- رده بندی (میدلموست، ۱۹۸۵)..... ۷۱
- ت- رده بندی (میدلموست، ۱۹۹۴) ۷۱
- ۴-۶- تغییرات شیمیایی ۷۲
- ۴-۶-۱- مطالعه بر روی تغییرات ایجاد شده در ماگما و سنگ‌های حاصل از آن با کمک روش‌های ژئوشیمیایی..... ۷۲
- ۴-۶-۲- بررسی تغییر و تحولات ژئوشیمیایی به کمک نمودارهای تغییرات ۷۳
- ۴-۶-۳- بررسی روند تغییرات عناصر اصلی در مقابل SiO_2 (نمودار های هارکر)..... ۷۳
- ۴-۶-۴- کاربرد عناصر کمیاب و کمیاب خاکی در بررسی روند تحولات ماگما ۷۶
- نمودارهای تغییرات عناصر کمیاب در برابر SiO_2 ۷۷
- ۴-۷- فرایندهای مؤثر در تحولات ماگمایی ۸۲
- الف- نمودار تغییرات عناصر ناسازگار در مقابل ناسازگار..... ۸۳
- ب- نمودار تغییرات عناصر سازگار در مقابل ناسازگار..... ۸۴
- پ- نمودار تغییرات نسبت- نسبت..... ۸۵
- نمودار تغییرات La/Sm در مقابل La..... ۸۶
- نمودار تغییرات Th/Sm در مقابل Th/Yb ۸۶
- نمودار تغییرات Rb/Th در مقابل Rb..... ۸۷
- ت- سایر نمودارها ۸۷
- نمودار Y/Zr (ترویل و جورن، ۱۹۷۵؛ عبدالله و همكاران، ۱۹۹۷)..... ۸۷
- نمودار Nb/Y در برابر Nb، (ترویل و جورن، ۱۹۷۹)..... ۸۸
- ۴-۸- درجه اشباع از آلومین (ASI)..... ۸۸
- رده بندی (دوبون لوفور، ۱۹۸۳) به همراه پارامترهای A ، B (اصلاحی ویلاسکا، ۱۹۹۸) ۸۹
- ۴-۹- تعیین میزان سدیک و پتاسیک سنگ های منطقه مورد مطالعه..... ۹۰
- نمودار Ce/Yb در مقابل Ta/Yb (ورنیک و منزس، ۲۰۰۱)..... ۹۰

- ۴-۱۰- تعیین سری ماگمایی..... ۹۱
- الف- نمودار تفکیک آلكالی - ساب آلكالی، (ایروین- باراگار، ۱۹۷۱) ۹۱
- ب- نمودار مثلثی AFM ۹۱
- پ- نمودار K_2O در مقابل SiO_2 (پکسریلو و تیلور، ۱۹۷۶)..... ۹۲
- ت- نمودار K_2O در مقابل SiO_2 (لومتر، ۲۰۰۲)..... ۹۳
- ۴-۱۱- روند تغییرات عناصر کمیاب ۹۴
- ۴-۱۱-۱- نمودارهای چندعنصری عادی سازی (نمودارهای عنکبوتی)..... ۹۴
- الف- نمودارهای عنکبوتی بهنجار شده نسبت به کندریت..... ۹۴
- نمودار سان و مک دونو (سان و مک دونو، ۱۹۸۰)..... ۹۴
- ب- نمودارهای عنکبوتی بهنجار شده عناصر کمیاب خاکی (REES) نسبت به کندریت..... ۹۷
- نمودار (بوینتن، ۱۹۸۴)..... ۹۷
- پ- نمودارهای عنکبوتی بهنجار شده نسبت به گوشته اولیه..... ۹۹
- نمودار (سان و مک دونو، ۱۹۸۹)..... ۹۹
- ث- تغییرات عناصر کمیاب خاکی در نمودارهای بهنجار شده نسبت به پوسته قاره‌ای..... ۱۰۱
- ۴-۱۲- خلاصه فصل ۱۰۳

فصل پنجم (جایگاه تکتونیک و پتروژنز)

- ۵-۱- مقدمه..... ۱۰۵
- ۵-۲- انواع تقسیم بندی گرانیتوئیدها..... ۱۰۵
- ۵-۲-۱- تقسیم بندی ژنتیکی انواع گرانیتوئید های (S-I-A-M)..... ۱۰۶
- ۵-۲-۲- ویژگی‌های توده گرانیتوئیدی مورد مطالعه..... ۱۰۸
- ۵-۲-۳- نمودارهای ژئوشیمیایی متمایز کننده انواع گرانیتوئیدها..... ۱۱۱
- الف- تفکیک گرانیت‌های نوع I و S از گرانیت‌های نوع A ۱۱۱
- نمودار Zr در مقابل SiO_2 و Ce در مقابل SiO_2 (کالینز و همکاران، ۱۹۸۲)..... ۱۱۱
- نمودارهای Ga در مقابل Al_2O_3 (وایت و چاپل، ۱۹۸۳) ۱۱۱
- نمودارهای (والن و همکاران، ۱۹۸۷)..... ۱۱۲
- نمودار Nb در مقابل SiO_2 (کلمن و توویست، ۱۹۸۹ در فارنتز و همکاران، ۱۹۹۶)..... ۱۱۳
- نمودار Y در مقابل SiO_2 (فارنتز و همکاران، ۱۹۹۶) ۱۱۳
- نمودار Na_2O در مقابل K_2O (چاپل و وایت، ۲۰۰۱)..... ۱۱۴

- ب- تفکیک گرانیت‌های نوع I از S ۱۱۴
- نمودار A/CNK-SiO₂ (عبدالرحمن ، ۱۹۹۰) ۱۱۴
- نمودار P₂O₅ در مقابل SiO₂ (چاپل و وایت، ۱۹۹۲)..... ۱۱۴
- نمودار K₂O در مقابل Na₂O (چاپل و وایت، ۲۰۰۱)..... ۱۱۵
- ۳-۵- تعیین محیط تکتونیکی گرانیتوئیدها ۱۱۶
- ۱-۳-۵- رده‌بندی محیط‌های تکتونیکی گرانیتوئیدها با استفاده از عناصر اصلی ۱۱۶
- الف- رده بندی (باچلور و بودن، ۱۹۸۵)..... ۱۱۶
- ب- نمودار(مانیار و پیکولی، ۱۹۸۹)..... ۱۱۷
- پ - رده بندی (بارباریان، ۱۹۹۰) ۱۱۸
- ۵-۳-۲- رده بندی محیط‌های تکتونیکی گرانیتوئیدها با استفاده از عناصر کمیاب ۱۲۰
- الف- نمودارهای محیط تکتونیکی (هریس و همکاران، ۱۹۸۶) ۱۲۰
- نمودار Rb/Zr در مقابل SiO₂ ۱۲۱
- ب- رده‌بندی (پیرس و همکاران، ۱۹۸۴ و ۱۹۹۶)..... ۱۲۱
- پ- نمودار La/Yb در مقابل Th/Yb (کوندی، ۱۹۸۹)..... ۱۲۳
- ت - نمودار Al₂O₃ در مقابل TiO₂..... ۱۲۴
- نمودار Y در مقابل Zr (مولر و گرووز، ۲۰۰۰)..... ۱۲۴
- ۴-۵- تعیین محیط تکتونیکی میکروگابروها..... ۱۲۴
- نمودار مثلثی TiO₂-Y/20-K₂O..... ۱۲۵
- نمودارهای Ta/ Ta در مقابل Ta/Yb و Th/ Hf در مقابل Ta/ Hf (گورتون و شاندر، ۲۰۰۲)..... ۱۲۵
- ۵-۵- پتروژنز توده گرانیتوئیدی نوار فریمان - تربت جام..... ۱۲۶
- ۵-۶- الگوی تکتونوماگمایی ۱۲۹
- ۵-۷- تخمین شرایط دما، فشار و عمق تشکیل توده مورد مطالعه ۱۳۲
- ۵-۸- خلاصه مطالب فصل پنجم..... ۱۳۴
- فصل ششم (نتیجه گیری و پیشنهادات)**
- ۶-۱- نتیجه گیری..... ۱۳۶
- ۶-۲- پیشنهادات..... ۱۳۸

فهرست اشکال

فصل اول

- شکل ۱-۱- نقشه راههای ارتباطی منطقه مورد مطالعه..... ۳
- شکل ۱-۲- نمایی از پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه ۴
- شکل ۱-۳- دورنمایی از منطقه مورد مطالعه..... ۴
- شکل ۱-۴- تصویر ماهواره ای توده‌ی گرانیتوئیدی فریمان - تربت جام با استفاده از ماهواره‌ی (Land Sat) ۵
- شکل ۱-۵- تصویر سه بعدی از منطقه‌ی مورد مطالعه که توسط نرم‌افزار Global maper پردازش شده است..... ۵

فصل دوم

- شکل ۲-۱- واحد های ساختمانی رسوبی ایران (نبوی، ۱۳۵۵)..... ۹
- شکل ۲-۲- حدود البرز و کپه داغ و رسوبات پلیو - کواترنر خزر (مجیدی، ۱۹۷۸)..... ۱۰
- نقشه تقسیم بندی زون های ساختاری ایران (اشتوکیلین، ۱۹۶۸، ۱۹۷۷، نبوی، ۱۹۷۶: نظافتی، ۲۰۰۶-۱۰)..... ۱۰
- شکل ۲-۴- تصویر بخشی از نقشه زمین‌شناسی کهریزنو با مقیاس ۱/۱۰۰۰۰۰ و موقعیت توده گرانیتوئیدی مورد مطالعه در آن (چاپ سازمان زمین شناسی کشور)..... ۱۲
- شکل ۲-۵- نمایی از سنگ‌های دگرگون شده (در حد اسلیت)..... ۱۵
- شکل ۲-۶- رخنمون صحرایی دایک‌های میکروگابرویی موجود در گرانیت‌ها..... ۱۸
- شکل ۲-۷- دایک‌های میکروگابرویی موجود در آکالی گرانیت‌ها..... ۱۸
- شکل ۲-۸- نمایی از گرانودیوریت‌ها و رگه‌ی ارتوز موجود در آن‌ها (دید به سمت شرق)..... ۱۹
- شکل ۲-۹- گرانودیوریتی که سطح آن با دی اکسید منگنز پوشیده شده است..... ۱۹
- شکل ۲-۱۰- نمایی کلی از سنگ‌های گرانیتی (دید به سمت شمال)..... ۱۹
- شکل ۲-۱۱- نمایی از کنتاکت سنگ‌های گرانیتی و سنگ‌های دگرگونه (شیست‌ها)..... ۱۹
- شکل ۲-۱۲- نمایی کلی از آکالی گرانیت‌های پلورزه..... ۲۰
- شکل ۲-۱۳- نمایی کلی از کانی ارتوکلاز در ابعاد چند سانتیمتری (دید به سمت غرب) ۲۰

- شکل ۲-۱۴- نمایی از حالت گنیسی ایجاد شده در اثر فشار جهت‌دار در آلکالی گرانیته‌ها ۲۱
- شکل ۲-۱۵- نمایی از توده‌های آندزیتی موجود در نزدیکی روستای پلورزه ۲۱
- شکل ۲-۱۶- نمایی از انکلاوهای میکروگرانولار مافیک در میان آلکالی گرانیته‌ها ۲۲
- شکل ۲-۱۷- نمایی از قلوه سنگ‌های هماتیته موجود در گرانیته‌های منطقه مورد مطالعه ۲۳
- شکل ۲-۱۸- نمایی از کانسار سازی اولیژیست در سنگ‌های گرانیته ۲۳
- شکل ۲-۱۹- نقشه‌ی پراکندگی گسل‌ها در ورقه‌ی کهرئیز نو (منبع: مرکز تحقیقات ذخایر معدنی شرق ایران) ۲۵

فصل سوم

- شکل ۳-۱- تصویر میکروسکوپی از بافت اینترگرانولارد در سنگ‌های میکروگابرویی (XpL) ۳۰
- شکل ۳-۲- حضور بلور بی‌شکل اوژیت در سنگ‌های میکروگابرویی (XPL) ۳۰
- شکل ۳-۳- تصویر میکروسکوپی از اورالیتی شدن پیروکسن در سنگ‌های میکروگابرویی (XpL) ۳۰
- شکل ۳-۴- بلور فلوگوپیت به همراه کانی‌های اوپک در سنگ‌های میکروگابرویی (PPL) ۳۰
- شکل ۳-۵- حضور سوزن‌های ریز آپاتیت در متن بلور پلاژیوکلاز در سنگ‌های میکروگابرویی (XPL) ۳۱
- شکل ۳-۶- نمایی از مگنتیت‌های اسکلتی در سنگ‌های میکروگابرویی (ppL) ۳۱
- شکل ۳-۷- نمایی از کلریتی شدن پیروکسن در سنگ‌های میکروگابرویی (ppL) ۳۱
- شکل ۳-۸- دگرسانی مراکز بلور پلاژیوکلاز به داموریت در سنگ‌های میکروگابرویی (XPL) ۳۱
- شکل ۳-۹- حضور بلورهای ریز و شعاعی اپیدوت در حفرات سنگ‌های میکروگابرویی (XPL) ۳۱
- شکل ۳-۱۰- آمفیبول‌ها در سنگ‌های میکروگابرویی عمدتاً حاصل از دگرسانی فلوگوپیت (XPL) ۳۱
- شکل ۳-۱۱- بافت دانه‌ای نیمه شکل‌دار موجود در گرانودیوریت‌ها (XPL) ۳۴
- شکل ۳-۱۲- منطقه بندی پلاژیوکلاز موجود در گرانودیوریت‌ها (XPL) ۳۴
- شکل ۳-۱۳- ماکل کارلسباد موجود در فلدسپات‌های آلکالن (XPL) ۳۴
- شکل ۳-۱۴- نمایی از اجتماعات بیوتیت‌ها به صورت گلومرول (XPL) ۳۴
- شکل ۳-۱۵- نمایی از هورنبلندهای موجود در گرانودیوریت‌ها با ماکل اوژیتی (XPL) ۳۴
- شکل ۳-۱۶- سوزن‌های ریز آپاتیت موجود در متن سنگ (XPL) ۳۴
- شکل ۳-۱۷- بلور زیرکن موجود در کوارتز موجود در گرانودیوریت‌ها (XPL) ۳۵
- شکل ۳-۱۸- دگرسانی مراکز بلور پلاژیوکلازها به کلریت (XPL) ۳۵
- شکل ۳-۱۹- دگرسانی مراکز بلور پلاژیوکلازها به داموریت (XPL) ۳۵

- شکل ۳-۲۰- دگرسانی پلاژیوکلازها به کانی‌های رسی (XPL)..... ۳۵
- شکل ۳-۲۱- نمایی از اپیدوتی شدن پلاژیوکلازها (XPL)..... ۳۵
- شکل ۳-۲۲- نمایی از بافت پورفیروئیدی در سنگ‌های گرانیتی (XPL)..... ۳۸
- شکل ۳-۲۳- خاموشی موجی شدید کوارتزهای موجود در سنگ‌های گرانیتی (XPL)..... ۳۸
- شکل ۳-۲۴- بلور پلاژیوکلاز کوچک درون پلاژیوکلاز بزرگ (XPL)..... ۳۸
- شکل ۳-۲۵- نمایی از بافت گرانوفیری موجود در گرانیت‌ها (XPL)..... ۳۸
- شکل ۳-۲۶- نمایی از ادخال‌های اوپک و زیرکن موجود در بیوتیت‌ها (XPL)..... ۳۹
- شکل ۳-۲۷- دگرسانی هورنبلند به کانی‌های ثانویه کلریت و اپیدوت (XPL)..... ۳۹
- شکل ۳-۲۸- نمایی از زیرکن موجود در گرانیت‌ها (XPL)..... ۳۹
- شکل ۳-۲۹- حضور آلانیت اولیه در گرانیت‌ها (PPL)..... ۳۹
- شکل ۳-۳۰- نمایی از کالکوپیریت موجود در گرانیت‌ها (PPL)..... ۳۹
- شکل ۳-۳۱- نمایی از کانی‌های ثانویه اسفن، اوپک‌ها و تورمالین (PPL)..... ۳۹
- شکل ۳-۳۲- دگرسانی پلاژیوکلاز به سریسیت (XPL)..... ۴۰
- شکل ۳-۳۳- دگرسانی فلدسپات‌های آلکان به کانی‌های رسی (PPL)..... ۴۰
- شکل ۳-۳۴- نمایی از تورمالین‌های موجود در گرانیت‌ها (PPL)..... ۴۰
- شکل ۳-۳۵- دگرسانی پلاژیوکلاز به اپیدوت تحت فرایند سوسوریتیزاسیون (XPL)..... ۴۰
- شکل ۳-۳۶- رگه کلسیتی پرکننده فضای خالی در سنگ‌های گرانیتی (XPL)..... ۴۰
- شکل ۳-۳۷- نمایی از بافت نیمه دانه‌ای موجود در آلکالی گرانیت‌ها (XPL)..... ۴۲
- شکل ۳-۳۸- فلدسپات آلکان با ماکل کارلسباد (XPL)..... ۴۲
- شکل ۳-۳۹- فلدسپات آلکان به صورت ارتوز و میکروکیلین (XPL)..... ۴۲
- شکل ۳-۴۰- بافت‌های پرتیتی موجود در آلکالی گرانیت‌ها (XPL)..... ۴۲
- شکل ۳-۴۱- سرستی شدن پلاژیوکلازها (XPL)..... ۴۳
- شکل ۳-۴۲- نمایی از بیوتیت‌های موجود در آلکالی گرانیت‌ها (PPL)..... ۴۳
- شکل ۳-۴۳- نمایی از کلریتی شدن بیوتیت‌ها (PPL)..... ۴۳
- شکل ۳-۴۴- بافت میکروگرانولار پورفیری در سنگ‌های آندزیتی (XPL)..... ۴۵
- شکل ۳-۴۵- کلریتی شدن پلاژیوکلازها (PPL)..... ۴۵
- شکل ۳-۴۶- نمایی از اکسی هورنبلند‌های موجود در آندزیت‌ها (PPL)..... ۴۵
- شکل ۳-۴۷- اجتماعاتی از کانی‌های اوپک (PPL)..... ۴۵

- شکل ۳-۴۸- نمایی از آپاتیت‌های سوزنی (PPL)..... ۴۵
- شکل ۳-۴۹- نمایی از اسفن‌های اولیه (PPL)..... ۴۵
- شکل ۳-۵۰- خاموشی موجی و ساب‌گرین شدن کوارتز (XPL)..... ۴۷
- شکل ۳-۵۱- کوارتزهای نواری معرف دگرشکلی درجه حرارت بالا (XPL)..... ۴۷
- شکل ۳-۵۲- تجدید تبلور کوارتزها به صورت مهاجرت مرز دانه‌ای (XPL)..... ۴۷
- شکل ۳-۵۳- تجدید تبلور ایستایی و ایجاد کوارتزها به حالت دانه‌های پلی‌گونال (XPL)..... ۴۷
- شکل ۳-۵۴- تجدید تبلور دینامیکی کوارتزها (XPL)..... ۴۸
- شکل ۳-۵۵- شکستگی و ایجاد خمش در ماکل پلاژیوکلاز (XPL)..... ۴۸
- شکل ۳-۵۶- بافت‌های ساب‌ماگمایی در پلاژیوکلازها (XPL)..... ۴۸
- شکل ۳-۵۷- تبدیل ارتوز به میکروکیلین در اثر فشار جهت‌دار (XPL)..... ۴۸
- شکل ۳-۵۸- نمایی از فلدسپات‌های آلکالن که در اثر فشار به صورت عدسی درآمده اند (PL)..... ۴۸
- شکل ۳-۵۹- پیچ و تاب خوردن و ایجاد خمش در رخ‌های بیوتیت‌ها (XPL)..... ۴۸
- شکل ۳-۶۰- تجزیه بیوتیت به کلریت (XPL)..... ۴۹
- شکل ۳-۶۱- نمایی از مسکویت‌های ناشی از تجزیه بیوتیت‌ها (XPL)..... ۴۹
- شکل ۳-۶۲- برگوارگی بیوتیت‌ها در میلونیت‌ها (XPL)..... ۴۹
- شکل ۳-۶۳- نمایی از انکلاوهای موجود در سنگ‌های گرانیتی (XPL)..... ۵۴

فصل چهارم

- شکل ۴-۱- رده بندی نورماتیو QAP (اشترکایزن لومتر، ۱۹۷۹)..... ۶۸
- شکل ۴-۲- رده بندی (اوکانر، ۱۹۶۵)..... ۶۹
- شکل ۴-۳- نمودار SiO_2 در برار مجموع آلکالی (کاکس، ۱۹۷۹؛ ویلسون، ۱۹۸۹)..... ۷۰
- شکل ۴-۴- رده بندی (دولاروش و همکاران، ۱۹۸۰)..... ۷۱
- شکل ۴-۵- رده بندی (میدلموست، ۱۹۸۵)..... ۷۱
- شکل ۴-۶- رده بندی (میدلموست، ۱۹۹۴)..... ۷۲
- شکل ۴-۷، الف تا خ- موقعیت نمونه‌های مورد مطالعه در نمودارهای تغییرات اکسیدهای عناصر اصلی در مقابل SiO_2 (نمودارهای هارکر)..... ۷۶
- شکل ۴-۸، الف تا ژ- موقعیت نمونه‌های مورد مطالعه در نمودارهای تغییرات اکسیدهای عناصر کمیاب در مقابل SiO_2 ۸۱
- شکل ۴-۹، الف تا ج- نمودارهای تغییرات عناصر ناسازگار در مقابل ناسازگار..... ۸۲

- شکل ۴-۱۰، الف تا ج - نمودارهای تغییرات عناصر ناسازگار در مقابل سازگار..... ۸۴
- شکل ۴-۱۱- نمودار La/Sm- La از ژانگ و همکاران (۲۰۰۷)، ۸۵
- شکل ۴-۱۲- نمودار تغییرات Th/Sm در مقابل Th/Yb و مورد مطالعه دارای روند خطی و صعودی نمونه‌ها..... ۸۵
- شکل ۴-۱۳- نمودار تغییرات نسبت Rb/Th در برابر Rb (چامنی و همکاران، ۲۰۰۶)..... ۸۶
- شکل ۴-۱۴- نمودار Y در مقابل Zr جهت تمایز تفریق بلوری (F.C)، فرایند تبلور تفریقی همراه با هضم (AFC) و ذوب بخشی (P.m) (ترویل و جورن، ۱۹۷۹ عبدالله و همکاران، ۱۹۹۷)..... ۸۷
- شکل ۴-۱۵- نمودار Nb/Y در برابر Nb، (ترویل و جورن، ۱۹۷۹) ۸۷
- شکل ۴-۱۶- رده بندی شیمیایی سنگ های آذرین درونی با استفاده از پارامترهای کاتیونی A , B (دبون و لوفور، ۱۹۸۳ و ویلاسکا و همکاران، ۱۹۹۸)..... ۸۹
- شکل ۴-۱۷- نمودار تغییرات Ce/Yb در مقابل Ta/Yb ۸۹
- شکل ۴-۱۸- نمودار Na₂O+K₂O در مقابل (ایروین و باراگار، ۱۹۷۱) جهت تعیین سری ماگمایی نمونه‌های مورد مطالعه..... ۹۰
- شکل ۴-۱۹- نمودار AFM (ایروین و باراگار، ۱۹۷۱)، اصلاحی (عبدالرحمن، ۱۹۹۰) و قرارگیری اکثر نمونه‌های منطقه در موقعیت سری کالک‌آلکان..... ۹۰
- شکل ۴-۲۰- نمودار (پکسریلو و تیلور، ۱۹۷۶)..... ۹۲
- شکل ۴-۲۱- نمودار (لی مایتره، ۲۰۰۲)..... ۹۲
- شکل ۴-۲۲- الف تا ت- نمودارهای عنکبوتی بهنجار شده نسبت به کندریت (سان و مک دونو، ۱۹۸۰) برای نمونه‌های گرانیتی، گرانودیوریتی، آلکالی فلدسپار گرانیتی و میکروگابروها..... ۹۲
- شکل ۴-۲۳- الف تا ت - نمودارهای عنکبوتی بهنجار شده REEها نسبت به کندریت (بوینتن،..... ۹۸
- شکل ۴-۲۴- الف تا ت- نمودارهای عنکبوتی بهنجار شده نسبت به گوشته اولیه (سان و مک دونو، ۱۹۸۹) (..... ۱۰۰
- شکل ۴-۲۵- الف تا پ- نمودارهای عنکبوتی بهنجار شده نسبت به پوسته قاره ای زیرین (تایلور و مک لنان، ۱۹۸۵) ۱۰۱
- فصل پنجم**
- شکل ۵-۱- نمودار Zr در مقابل SiO₂ (کولینز و همکاران، ۱۹۸۲)..... ۱۱۱
- شکل ۵-۲- نمودار Ce در مقابل SiO₂ (کولینز و همکاران، ۱۹۸۲)..... ۱۱۱

- شکل ۳-۵- نمودارهای Ga در مقابل Al_2O_3 (وایت و چاپل، ۱۹۸۳) ۱۱۱
- شکل ۴-۵- نمودارهای والن و همکاران (۱۹۸۷) جهت تفکیک گرانیتوئیدهای نوع I و S ۱۱۲
- شکل ۵-۵- نمودار Nb در مقابل SiO_2 ۱۱۳
- شکل ۶-۵- نمودار Y در مقابل SiO_2 (فارنز و همکاران، ۱۹۹۶) جهت تفکیک گرانیتوئیدهای نوع I از A ۱۱۳
- شکل ۷-۵- نمودار Na_2O در مقابل K_2O جهت تفکیک گرانیتوئیدهای نوع I، S، و A ۱۱۳
- شکل ۸-۵- نمودار A/CNK- SiO_2 (عبدالرحمن، ۱۹۹۰) جهت تفکیک گرانیتوئید نوع I از S ۱۱۴
- شکل ۹-۵- نمودار تغییرات P_2O_5 در مقابل SiO_2 (چپل و وایت، ۱۹۹۲) جهت تفکیک گرانیتوئید نوع I از S ۱۱۴
- شکل ۱۰-۵- نمودار Na_2O در مقابل SiO_2 (چاپل و وایت، ۲۰۰۱) جهت تفکیک گرانیتوئید نوع I از S ۱۱۵
- شکل ۱۱-۵- رده بندی (باچلور و بودن، ۱۹۸۵) ۱۱۶
- شکل ۱۲-۵- نمودارهای تمایز محیط تکتونیکی (مانیاری و پیکولی، ۱۹۸۹) و موقعیت نمونه‌های مورد مطالعه بر روی آن ۱۱۷
- شکل ۱۳-۵- رده بندی گرانیتوئیدها بر اساس محیط ژئودینامیکیشان (بارباریان، ۱۹۹۰) ۱۱۹
- شکل ۱۴-۵- الف تا پ- نمودار مثلثی Hf ، $Rb/10$ و Ta^*3 ۱۲۰
- شکل ۱۵-۵- نمودار Rb/Zr در مقابل SiO_2 ۱۲۰
- شکل ۱۶-۵- نمودارهای $Ta-Yb$ ، $Nb-Y$ ، $Rb-(Ta+Yb)$ (پیرس و همکاران، ۱۹۸۴) و $Rb-(Y+Nb)$ ، (پیرس و همکاران، ۱۹۹۶) جهت تعیین جایگاه تکتونیکی سنگ‌های مورد مطالعه ۱۲۲
- شکل ۱۷-۵- نمودار La/Yb در مقابل Th/Yb (کندی، ۱۹۸۹) جهت تعیین محیط تکتونیکی توده‌های گرانیتوئیدی منطقه مورد مطالعه ۱۲۲
- شکل ۱۸-۵- نمودار Al_2O_3 در مقابل TiO_2 (مولر، ۱۹۹۳) ۱۲۳
- شکل ۱۹-۵- نمودار Y در مقابل Zr (مولر، ۱۹۹۳) ۱۲۳
- شکل ۲۰-۵- نمودار مثلثی $TiO_2-Y/20-K_2O$ (بیرمان، ۱۹۹۶) ۱۲۴
- شکل ۲۱-۵- نمودارهای Th/Ta در مقابل Ta/Yb و Th/Hf در مقابل Ta/Hf (گورتون و شاند، ۲۰۰۲) ۱۲۵

شکل ۵-۲۲- نمودار مولار $Al_2O_3/MgO+FeO_t$ در مقابل مولار $CaO/MgO+FeO_t$ (آلتر و همکاران، ۲۰۰۲) ۱۲۸

اشکال ۵-۲۳ و ۵-۲۴ نمودار مثلثی Or, Ab, Q ۱۳۲

شکل ۵-۲۵- نمودار لگاریتمی نسبت Rb در مقابل Sr (کوندی، ۱۹۸۹) ۱۳۲

فهرست جداول

فصل سوم

جدول ۳-۱- علائم اختصاری مورد استفاده در اشکال این فصل ۲۷

جدول ۳-۲- ترتیب تبلور سنگ‌های منطقه مورد مطالعه ۵۵

فصل چهارم

جدول ۴-۱- موقعیت جغرافیایی و مشخصات نمونه‌های سنگی انتخاب شده جهت تجزیه شیمیایی ۶۰

جدول ۴-۲- نتایج تجزیه شیمیایی عناصر اصلی، مقادیر کانی‌های نورماتیو، عناصر کمیاب و کمیاب خاکی نمونه‌های سنگی مناطق مورد مطالعه پس از حذف مواد فرّار و تصحیح مقادیر نسبت Fe_2O_3/FeO ۶۳

فصل پنجم

جدول ۵-۱- معیارهای صحرایی، کانی شناسی، پتروگرافی و شیمیائی گرانیتوئیدهای نوع S و I و مقایسه آن‌ها با ویژگی‌های توده گرانیتوئید مورد مطالعه ۱۰۹

فصل اول

کلیات